

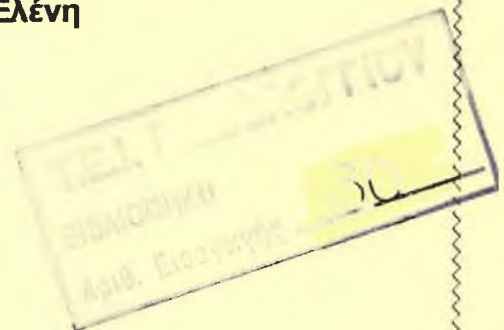
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Μεσολογγίου
Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας
Τμήμα Θερμοκηπιακών Κατασκευών & Ανθοκομίας

Κρομμύδας Γεώργιος

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

[Πτυχιακή εργασία]

Υπεύθυνος καθηγητής:
Κωνσταντοπούλου Ελένη



Μεσολόγγι 2002

Ευχαριστίες

Θεωρώ υποχρέωσή μου να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν με οποιονδήποτε τρόπο στην ολοκλήρωση της μελέτης αυτής.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες ανήκουν στον Επίκουρο Καθηγητή του Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου κ. Γεώργιο Καπότη και την Επιστημονική συνεργάτη του Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου κ. Ελένη Κωνσταντοπούλου για τον χρόνο που μου αφιέρωσαν κατά την διάρκεια της συγγραφής της μελέτης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	6
ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	7
ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	10
ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ.....	13
ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΓΚΑΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΡΕΨΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ	15
ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΤΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΦΥΤΟ	17
Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΜΑΚΡΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΟ ΦΥΤΟ	18
Άζωτο	18
Θείο	19
Φώσφορος.....	20
Μαγνήσιο	21
Ασβέστιο	22
Κάλιο.....	23
Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΟ ΦΥΤΟ	25
Σίδηρος.....	25
Μαγγάνιο	25
Χαλκός.....	26
Ψευδάργυρος.....	26
Μολυβδαίνιο	27
Βόριο	27
ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΣΕ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ.....	29
Υποδοχείς υποστρωμάτων	29
Τα υποστρώματα ανάπτυξης.....	30
Τύποι υποστρωμάτων	32
Άμμος	32

Χαλίκι	33
POUZZOLANE	34
Πετροβάμβακας (Rockwool)	34
Ελαφρόπετρα.....	36
Ζεόλιθοι.....	36
Περλίτης.....	37
Πολυστυρένιο.....	38
Βερμικουλίτης	39
Διογκωμένη άργιλος.....	40
Οργανικά υλικά	40
Λίπανση	42
ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ	45
Παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοτικότητα του θρεπτικού διαλύματος	51
Νερό	51
Οξύτητα	53
Ηλεκτρική αγωγιμότητα.....	56
Οξυγόνωση.....	60
Τροφοπενίες - Τοξικότητες.....	60
Έλεγχος και αναπροσαρμογή των θρεπτικών διαλυμάτων.....	61
Υλικά εγκατάστασης.....	66
Θερμοκήπιο	66
Συστήματα άρδευσης - λίπανσης και κυκλοφορίας του θρεπτικού διαλύματος.....	67
Σύστημα στήριξης της φυτείας	69
Συσκευές ελέγχου θρέψης και κλίματος	69
ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	72

Εισαγωγή.....	72
Τύποι υδροπονικών συστημάτων.....	72
Ανοικτά συστήματα.....	73
Κλειστά συστήματα.....	73
Καλλιέργεια σε πετροβάμβακα.....	75
Ποιότητα νερού.....	76
Υπολογισμός φυταρίων/ υπόστρωμα.....	76
Προετοιμασία θερμοκηπίου.....	76
Άρδευση.....	79
Συνταγή λίπανσης.....	82
Καλλιεργητική τεχνική.....	83
Καλλιέργεια σε περλίτη.....	84
Περλίτης σε φυτοδοχεία.....	85
Περλίτης σε φυτοδοχεία μέσα σε κανάλια.....	85
Οριζόντιοι σάκοι με περλίτη.....	87
Κάθετη καλλιέργεια σε σάκους.....	90
Σύστημα καλλιέργειας σε πλαστικούς σάκους με περλίτη που καλύπτονται εξωτερικά από πλαστικό μανδύα.....	93
Καλλιέργεια σε περλίτη που βρίσκεται σε διάτρητο πλαστικό που είναι εξωτερικά καλυμμένο από πλαστικό μανδύα.....	93
Κριτήρια για την επιλογή υποστρώματος υδροπονίας.....	94
Σύγκριση αποδόσεων και οικονομικών δεδομένων καλλιέργειας σε πετροβάμβακα και περλίτη.....	95
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	98
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	101

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Για τον γνώστη της επιστήμης της εδαφολογίας, ή ύπαρξη ενός εδάφους είναι το προϊόν της επίδρασης του κλίματος, της βλάστησης, των οργανικών υπολειμμάτων και των μικροοργανισμών, στα μητρικά πετρώματα, που οδηγεί σταδιακά στη δημιουργία ενός στερεού και εύπλαστου υποστρώματος κατάλληλου για την ανάπτυξη των φυτών.

Το έδαφος χαρακτηρίζεται από την παρουσία ενός μικρότερου ή μεγαλύτερου ποσοστού οργανικών ή ανόργανων σωματιδίων, κολλοειδούς διάστασης. Η παρουσία τους δίνει στο έδαφος καθοριστικές ιδιότητες όπως εκείνες της συγκράτησης του νερού και των ανόργανων ιόντων, χάρη στις οποίες είναι δυνατή η ανάπτυξη των φυτών .

Η ανάπτυξη καλλιεργειών "εκτός εδάφους" δεν έχει σκοπό να υποκαταστήσει τις παραδοσιακές καλλιέργειες σε πραγματικό έδαφος αλλά να καταστήσει την καλλιέργεια φυτών δυνατή εκεί όπου οι εδαφικές συνθήκες δεν το επιτρέπουν ή όταν η εντατικοποίηση της καλλιέργειας συνοδεύεται από σοβαρά προβλήματα στο έδαφος.

Με τον όρο υδροπονία νοείται κάθε καλλιέργεια φυτών σε υδάτινο περιβάλλον που μπορεί να παρέχει τα απαραίτητα για την ανάπτυξή τους θρεπτικά στοιχεία. Πρόκειται κατά συνέπεια για μια μορφή καλλιέργειας σε θρεπτικό διάλυμα. Ο ίδιος όρος αποδίδεται επίσης σε καλλιέργειες που αναπτύσσονται σε αδρανή υλικά από φυσικοχημική σκοπιά και τροφοδοτούνται με θρεπτικά διαλύματα. Συχνά χρησιμοποιούνται οι όροι καλλιέργεια σε υπόστρωμα, καλλιέργεια εκτός εδάφους και καλλιέργεια σε θρεπτικό διάλυμα.

Όποιο και αν είναι το υπόστρωμα, οι παραπάνω τύποι καλλιεργειών εκτός εδάφους έχουν σαν κοινό γνώρισμα την τροφοδοσία μέσω θρεπτικών διαλυμάτων.

Τα τελευταία χρόνια οι υδροπονικές καλλιέργειες παρουσιάζουν ραγδαία εξέλιξη, τόσο σε επίπεδο των χρησιμοποιούμενων τεχνικών καλλιέργειας, όσο και στο εύρος των φυτικών ειδών που περιλαμβάνουν.

ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Με την πλατειά έννοια του όρου υδροπονία ή ανέδαφος καλλιέργεια είναι η χρήση οποιασδήποτε μεθόδου καλλιέργειας που δεν χρησιμοποιεί ως υπόστρωμα το φυσικό έδαφος ή άλλα ειδικά εδαφικά μείγματα. Τα φυτά καλλιεργούνται σε υδάτινο περιβάλλον που μπορεί να παρέχει τα απαραίτητα για την ανάπτυξή τους θρεπτικά στοιχεία.



Υδροπονική καλλιέργεια τριανταφυλλιάς

Κατά συνέπεια πρόκειται για μια μορφή καλλιέργειας σε θρεπτικό διάλυμα. Ο ίδιος όρος αποδίδεται σε καλλιέργειες που αναπτύσσονται σε υλικά αδρανή από φυσικοχημική σκοπιά και τροφοδοτούνται με θρεπτικά διαλύματα. Συχνά χρησιμοποιούνται οι όροι καλλιέργεια σε υπόστρωμα, χημική καλλιέργεια, τεχνική καλλιέργεια, υδροκαλλιέργεια, ανέδαφος καλλιέργεια και καλλιέργεια σε θρεπτικό διάλυμα. Ο πιο γνωστός και διαδεδομένος όρος διεθνώς είναι η ελληνική λέξη υδροπονία (hydroponics).

Σήμερα η υδροπονική καλλιέργεια είναι μια διαρκώς επεκτεινόμενη δραστηριότητα διότι με τη βελτιστοποίηση του περιβάλλοντος της ρίζας που επιτυγχάνει αυξάνονται οι αποδόσεις των φυτών και βελτιώνεται η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Εκτός αυτών όμως παρέχει την δυνατότητα να

καλλιεργηθούν φυτά σε περιοχές με πολύ κακής ποιότητας εδάφη (πολύ αλατούχα, πολύ συνεκτικά κλπ) ή σε θέσεις με καθόλου φυσικό έδαφος.

Άλλα πλεονεκτήματα των υδροπονικών καλλιεργειών είναι:

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

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της υδροπονικής καλλιέργειας είναι:

- Απαιτούνται υψηλές δαπάνες αρχικής επένδυσης.
- Είναι σχετικά ευαίσθητο σύστημα καλλιέργειας χωρίς μεγάλες ανοχές λαθών.
- Απαιτούνται περισσότερες γνώσεις από τον καλλιεργητή.

Η υδροπονική καλλιέργεια, ιδιαίτερα όταν γίνεται (όπως συνήθως συμβαίνει) στο θερμοκήπιο, απαιτεί μεγάλο βαθμό τεχνικής επιδεξιότητας και καλής γνώσης της θρέψης των φυτών.

Οι περιπτώσεις των φυτών που καλλιεργούνται υδροπονικά διαφέρουν από τις αντίστοιχες των φυτών που καλλιεργούνται στο έδαφος ως προς την δημιουργία του περιβάλλοντος της ρίζας, είναι όμως ίδιες ως προς την δημιουργία του περιβάλλοντος της κόμης, καθώς και τις καλλιεργητικές εργασίες όπως το κλάδεμα, την γονιμοποίηση και τις καταπολεμήσεις των εχθρών της κόμης.

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

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Διάφοροι τρόποι καλλιέργειών εκτός εδάφους παρατηρούνται στην ιστορία πολύ πριν γίνουν από τους επιστήμονες τα πρώτα πειράματα υδροπονίας.

Στην Αρχαία Μεσοποταμία χρησιμοποιούσαν κανάλια και πηγάδια για να αρδεύουν καλλιέργειες που αναπτύσσονταν στην άμμο. Ενώ στην Νότιο Αμερική πληθυσμοί που κατοικούσαν σε πλεύσιμα σπήλια, καλλιεργούσαν φυτά σε σχεδίες από καλάμια, καλυμμένα από πηλό. Αυτός ο τρόπος καλλιέργειας συναντάται ακόμη και σήμερα σε μεγάλα υψόμετρα του Περού, στις όχθες των λιμνών όπου ζουν Ινδιάνοι σε πλωτές κατοικίες.

Επίσης ένα από τα επτά θαύματα του κόσμου, οι κρεμαστοί κήποι της Βαβυλώνας, δημιουργήθηκαν με χρήση ενός είδους υδροπονίας, όπου τα φυτά αναπτύσσονται σε υπόστρωμα από άμμο και λίγο έδαφος το οποίο τοποθετούνταν σε αναβαθμίδες με τοιχώματα από μεταλλικά φύλλα.

Στους μεταγενέστερους χρόνους η ανάπτυξη της επιστημονικής έρευνας οδήγησε τους επιστήμονες στα πρώτα πειράματα και μελέτες σχετικά με την βαθύτερη κατανόηση των μηχανισμών θρέψης και φυσιολογίας των φυτών, καθώς και με την δυνατότητα ανάπτυξής τους σε συνθήκες εκτός εδάφους.

Η αρχή της υδροπονικής καλλιέργειας εντοπίζεται στον 17ο αιώνα, με πρώτη γνωστή απόπειρα αυτή του Van Heimonst στα 1920 που κατόρθωσε να διατηρήσει ένα κλάδο ιτιάς μέσα σε νερό, καταλήγοντας μάλιστα στο συμπέρασμα ότι το νερό δημιούργησε όλη την φυτική μάζα που παράχθηκε σε αυτό το διάστημα από τον κλάδο της ιτιάς.

Το 1625 ο φημισμένος Ιρλανδός επιστήμονας R. Boule εφάρμοσε για πρώτη φορά την μέθοδο της υδροπονίας. Έβαλε σε μία γυάλα θρεπτικό διάλυμα, στο οποίο κρέμονταν οι ρίζες του φυτού το οποίο στηριζόταν μηχανικά.

Από το 1850 και μετά η μέθοδος της καλλιέργειας με νερό χρησιμοποιούνταν για την μελέτη της θρέψης των φυτών, δηλαδή για την ανακάλυψη του είδους των θρεπτικών στοιχείων που χρειάζεται ένα φυτό για να μεγαλώσει και να αναπτυχθεί.

Αργότερα τον 19ο αιώνα εξαιτίας του Γάλλου Bogssingault που συνέλαβε ένα σύστημα καλλιέργειας στην άμμο χρησιμοποιώντας και διάλυμα ανόργανων

στοιχείων, τα μεγάλα ονόματα της φυσιολογίας των φυτών (de Candolle, de Saussure, Liebig κα) κατόρθωσαν να ερευνήσουν σε βάθος τον τομέα της θρέψης των φυτών. Οι Γερμανοί Knop και Sachs, μελέτησαν την επίδραση των διαφόρων στοιχείων στην θρέψη των φυτών.

Ενώ η νέα αυτή μέθοδος καλλιέργειας χρησιμοποιείται στην Ευρώπη για επιστημονική έρευνα, οι Αμερικανοί ερευνητές αρχίζουν να την βελτιώνουν τεχνικά, ώστε να μπορέσουν να την μεταφέρουν σε πρακτικό επίπεδο.

Το 1921 οι Pender και Adams εκτελούν δοκιμές καλλιέργειας γαρίφαλου σε θερμοκήπιο πάνω σε πάγκους. Το 1928 στον πειραματικό σταθμό του New Jersey έφτασαν να γίνουν εμπορεύσιμα τα πρώτα ανθοκομικά προϊόντα που προέρχονταν από καλλιέργειες σε υποστρώματα χωρίς χώμα. Το 1929 ο Gericke επιχειρεί στην Καλιφόρνια να καλλιεργήσει φυτά μέσα σε νερό και δίνει σε αυτό το είδος της καλλιέργειας την ονομασία "υδροπονική".

Οι πρώτες επιχειρηματικές καλλιέργειες, πάνω σε άμμο και χαλίκια πραγματοποιούνται το 1936 στο Ohio και στο νησί Wake στον Ειρηνικό ωκεανό. Στην συνέχεια κατά την διάρκεια του 2ου παγκοσμίου πολέμου οι Αμερικανοί χρησιμοποιούν αυτές τις μορφές καλλιεργειών για την διατροφή των στρατευμάτων τους στα νησιά του Ειρηνικού.

Μετά τον Β' παγκόσμιο πόλεμο το ενδιαφέρον για την υδροπονία υπήρξε μεγάλο. Πολλοί ερευνητές αυτή την περίοδο ανέπτυξαν νέες μεθόδους καλλιέργειας φυτών χρησιμοποιώντας ως υπόστρωμα υποαρδευόμενη άμμο και χαλίκι. Η εφαρμογή στην συνέχεια αυτής της τεχνικής από παραγωγούς έδωσε καλής ποιότητας προϊόντα και σε γενικές γραμμές κερδοφορία, αλλά επειδή απαιτούσε υψηλό κόστους εγκαταστάσεις και επίβλεψη ειδικού επιστήμονα για την καλή διατροφή των φυτών, δεν διαδόθηκε πολύ κατά την δεκαετία του 1950.

Στις αρχές της δεκαετίας του '60 παρατηρείται στην Γαλλία μία υπερβολική αισιοδοξία για αυτή τη μέθοδο καλλιέργειας. Η έκδοση του βιβλίου "Καλλιέργειες χωρίς χώμα" σημείωσε μεγάλη επιτυχία. Την ίδια περίοδο επίσης στο INVUFLEC γίνονται οι πρώτες μελέτες πάνω στο αντικείμενο αυτό και κυρίως στην δυνατότητα ανάπτυξης μιας εγκατάστασης οικονομικής και συνάμα απλής σε λειτουργία. Αυτό έγινε δυνατό χάρις στην έναρξη

χρησιμοποίησης του πλαστικού ως υλικού των δοχείων, σε αντικατάσταση του τσιμέντου, ξύλου, ασφάλτου και τούβλων που χρησιμοποιούνταν μέχρι τότε.

Παράλληλα με τις ανωτέρω εξελίξεις στη Γαλλία, σημαντικές προσπάθειες γίνονταν και στη Γερμανία, τις Σκανδιναβικές χώρες και στις ΗΠΑ, τελειοποιώντας όλο και περισσότερο τα συστήματα που χρησιμοποιούνταν για την Παρασκευή υποστρωμάτων κυρίως την τύρφη, τον περλίτη και τον βερμικουλίτη.

Το 1955 με την ευκαιρία του 19ου Συνεδρίου Φυτολογίας στο Scheveningen, όλοι οι ερευνητές που ασχολούνταν με την υδροπονία συμφώνησαν για την ίδρυση του International Working Group on Soiless Culture (I.W.G.S.C.), έδρα του οποίου ορίσθηκε το Naaldwijk και είχε ως αντικείμενο την διαπραγμάτευση των ερωτημάτων της υδροπονίας σε διεθνή κλίμακα και την επίσπευση της διαδικασίας για την εφαρμογή των έως τότε αποκτηθέντων γνώσεων, με την αμοιβαία ανταλλαγή πειραματικών αποτελεσμάτων και την συναρμογή των ερευνητικών προγραμμάτων.

ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ

Η υδροπονική καλλιέργεια φυτών έχει γίνει σήμερα δημοφιλής σε πάρα πολλές περιοχές του κόσμου. Οι καλλιεργούμενες εκτάσεις στην Ολλανδία που ήταν περίπου 6.000 στρέμματα κατά την περίοδο 1981-1982, έφθασαν σχεδόν τα 70.000 στρέμματα την περίοδο 1991-92. Κατά την εκτίμηση του Isoosc η καλλιεργούμενη έκταση στις διάφορες χώρες σήμερα παρουσιάζονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1. Εφαρμογή υδροπονικής μεθόδου καλλιέργειας στον κόσμο.

Χώρα	Έκταση υδροπονικών καλλιεργειών (στρέμματα)
Ολλανδία	70.000
Μ. Βρατανία	8.000
Ιταλία	5.000
Ιαπωνία	90.000
Αυστραλία	4.000
Καναδάς	3.000
Ισραήλ	3.500

Η καλλιεργούμενη έκταση στην Ελλάδα είναι περίπου 350 στρέμματα και γίνεται κυρίως με τις μεθόδους του πετροβάμβακα, της μεμβράνης θρεπτικού διαλύματος και των σάκων περλίτη.

Η συνολική έκταση στον κόσμο εκτιμάται σε περίπου 200.000 στρέμματα. Τα κυριότερα εμπορικά συστήματα καλλιέργειας είναι:

- σε υπόστρωμα πετροβάμβακα (rockwool),
- σε υπόστρωμα περλίτη,
- σε φιλμ θρεπτικού διαλύματος (N.F.T.) και
- σε σάκους τύρφης (turf).

Άλλα συστήματα που χρησιμοποιούνται σε σημαντικό βαθμό είναι η καλλιέργεια σε άμμο (κυρίως σε τοπική άμμο π.χ. Ισραήλ), καλλιέργεια σε υπόστρωμα από πριονίδι (π.χ. στον Καναδά), καλλιέργεια σε σάκους από περλίτη, οριζόντιους ή κατακόρυφους (κυρίως στην Αγγλία, Ιταλία και Ελλάδα). Περιστασιακά χρησιμοποιείται και η καλλιέργεια σε χαλίκι μικρής διαμέτρου (φυσικό ή τεχνητό).

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΓΚΑΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΡΕΨΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

Τα φυτά όπως είναι γνωστό αντλούν τα απαραίτητα στοιχεία για την θρέψη τους από το έδαφος και τον αέρα. Οι ρίζες απορροφούν από το έδαφος νερό και ορισμένα ανόργανα στοιχεία που είναι λιγότερο ή περισσότερο διαλυτά στο νερό. Το νερό αποτελεί συγχρόνως τροφή για το φυτό (πηγή υδρογόνου και οξυγόνου) και μέσο μεταφοράς των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων τα οποία δεν μπορούν να απορροφηθούν αν προηγουμένως δεν έχουν διαλυθεί στο νερό.

Προκειμένου να προσλάβει τα απαραίτητα για την ανάπτυξή του θρεπτικά στοιχεία, το φυτό πρέπει να απορροφήσει ποσότητα νερού πολύ μεγαλύτερη από εκείνη που τελικά θα κρατήσει στους ιστούς του. Η ποσότητα που περισσεύει εξέρχεται στην ατμόσφαιρα μέσω της διαπνοής με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας που δέχεται το φύλλωμα. Η ποσότητα του νερού που διαφεύγει με την διαπνοή είναι σημαντική. Γενικά είναι αποδεκτό ότι για την δημιουργία ενός χιλιόγραμμου ξηρής φυτικής μάζας, το φυτό προσλαμβάνει κατά μέσο όρο 500 λίτρα νερό (από 350 μέχρι 850 λίτρα ανάλογα με το είδος). Ένα ανόργανο στοιχείο θεωρείται αναγκαίο στην ανάπτυξη των φυτών αν ισχύουν τα παρακάτω:

1. Το φυτό δεν μπορεί να συμπληρώσει τον βιολογικό του κύκλο αν υπάρχει έλλειψη του στοιχείου.
2. Η επίδραση του στοιχείου δεν μπορεί να υποκατασταθεί από κάποιο άλλο στοιχείο.
3. Το στοιχείο σχετίζεται άμεσα με τον μεταβολισμό του φυτού π.χ. αποτελεί δομικό στοιχείο ενός ενζύμου ή απαιτείται η παρουσία του για μια ενζυματική αντίδραση.

Σήμερα απαραίτητα θεωρούνται τα στοιχεία N, P, O, H, C, K, Mg, Ca, Fe, Mn, Cu, B, Mo, Co). Όσο οι αναλυτικές μέθοδοι γίνονται ακριβέστερες και παράγονται καθαρότερες χημικές ουσίες, πιθανόν να αυξάνεται και ο κατάλογος, όπως τελευταία βρέθηκε ότι για ορισμένα φυτά απαραίτητα είναι το Na, το Si και πιθανόν το Cl.

Τα απαραίτητα στοιχεία τα διακρίνουμε σε ιχνοστοιχεία και σε μακροστοιχεία (με βάση την ποσότητα που χρειάζονται τα φυτά). Τα μακροστοιχεία περιλαμβάνουν το άζωτο, τον φώσφορο, το κάλιο, το θείο, το ασβέστιο και το μαγνήσιο. Τα ιχνοστοιχεία είναι ο σίδηρος, ο χαλκός, το μαγγάνιο, ο ψευδάργυρος, το βόριο και το μολυβδαίνιο.

Τα περισσότερα ιχνοστοιχεία δρουν ως συστατικά του μορίου των ενζύμων και χρειάζονται επομένως σε πολύ μικρές ποσότητες. Αντίθετα τα μακροστοιχεία αποτελούν συστατικά οργανικών ενώσεων, όπως πρωτεΐνες, νουκλεϊκά οξέα κλπ ή δρουν ρυθμίζοντας τα οσμωτικά φαινόμενα.

Η διαφορά στην λειτουργικότητα δημιουργεί και την ανάγκη για μεγαλύτερη συγκέντρωση στο φυτό. Οποσδήποτε η συγκέντρωση που είναι αναγκαία για την ομαλή ανάπτυξη των φυτών, διαφέρει ανάλογα με το είδος του φυτού και με τη συγκέντρωση των άλλων στοιχείων.

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΤΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΦΥΤΟ

Υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ της συγκέντρωσης ιόντων στο εδαφικό διάλυμα και των ιόντων που απαιτεί το φυτό. Ο μηχανισμός απορρόφησης επομένως θα πρέπει να είναι επιλεκτικός.

Η επιλεκτικότητα γίνεται ιδιαίτερα αντιληπτή στα άλγη, όπου το εξωτερικό διάλυμα διαχωρίζεται μόνο από δύο μεμβράνες, την κυτταρική μεμβράνη και τον τονοπλάστη από αυτό που υπάρχει εντός του χυμοτοπίου του κυττάρου. Επίσης στα θαλάσσια φυτά, το Κ μέσα στα κύτταρα είναι υψηλότερης συγκέντρωσης, ενώ το Na χαμηλότερης από ότι στο θαλασσινό νερό.

Γενικά η απορρόφηση των ιόντων χαρακτηρίζεται από τα εξής:

1. **Επιλεκτικότητα.** Μερικά ιόντα προτιμούνται και απορροφούνται ενώ άλλα όχι.
2. **Συσώρευση.** Η συγκέντρωση ανόργανων στοιχείων στα κύτταρα μπορεί να είναι υψηλότερη από αυτή του εξωτερικού διαλύματος.
3. **Κληρονομικότητα.** Υπάρχουν συγκεκριμένες διαφορές μεταξύ των διαφόρων ειδών φυτών στην απορρόφηση ιόντων.

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΜΑΚΡΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΟ ΦΥΤΟ

Οι βασικές λειτουργίες των μακροστοιχείων στο φυτό είναι ότι χρησιμοποιούνται ως συστατικά πρωτεϊνών και νουκλειικών οξέων αλλά και ως συστατικά διαφόρων οργανικών ενώσεων.

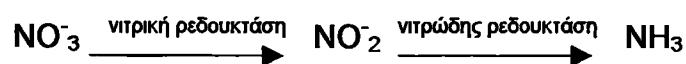
Η κύρια λειτουργία τους είναι:

- Αποτελούν βασικά συστατικά των δομικών μονάδων των φυτών π.χ. ο άνθρακας στην κυτταρίνη ή το άζωτο στις πρωτεΐνες.
- Συμμετέχουν σε οργανικά μόρια, που είναι βασικής σημασίας στον μεταβολισμό, όπως το Mg στη χλωροφύλλη.
- Λειτουργούν ως ενεργοποιητές ενζύμων, ή είναι απαραίτητα σε ορισμένες ενζυμικές αντιδράσεις. Το Mg για παράδειγμα δρα ως ενεργοποιητής ενζύμων σε αρκετά από τα ενζυμικά στάδια της γλυκόλυσης στη διαδικασία της αναπνοής και
- Υπό μορφή ιόντων βοηθούν στο να διατηρηθεί η ωσμωτική ισορροπία.

Αζωτο

Οι μεγαλύτερες πηγές ανόργανου αζώτου για τα φυτά είναι τα νιτρικά και αμμωνιακά ιόντα, που απορροφούνται από τη ρίζα. Η αμμωνία είναι τοξική ακόμη και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις μέσα στο κύτταρο, γι' αυτό σχηματίζονται αμινοξέα και αμίδια, ώστε να μην υπάρχει τοξικότητα. Συνήθως σχηματίζεται πρώτα το γλουταμινικό οξύ και από αυτό τα υπόλοιπα. Η αμμωνία πρέπει να ενσωματωθεί σε οργανικές ενώσεις στη ρίζα πριν μετακινηθεί, ενώ τα νιτρικά μετακινούνται μέσω των ξυλωδών σωλήνων ή μπορούν να αποθηκευθούν στα χυμοτόπια.

Τα νιτρικά όμως προκειμένου να χρησιμοποιηθούν και να ενσωματωθούν σε οργανικές ενώσεις, πρέπει να αναχθούν προηγουμένως σε αμμωνία μέσα στο φυτό.



Η αναγωγή γίνεται περισσότερο έντονη στα μέρη με γρήγορο πολλαπλασιασμό των κυτάρων. Τα νιτρικά δεν μετακινούνται μέσω του

ηθμού. Η ένταση του φωτός επηρεάζει θετικά την αναγωγή των νιτρικών στα φύλλα, όχι όμως και στην ρίζα. Σε ένα καλά αναπτυσσόμενο φυτό το άζωτο αποτελεί το 2-5% της ξηράς του ουσίας. Αν το άζωτο περιοριστεί κάτω από το άριστο επίπεδό του τότε:

- Η αύξηση του φυτού επιβραδύνεται.
- Το άζωτο μετακινείται στα ώριμα φύλλα και επαναμετακινείται στις περιοχές ανάπτυξης.

Τυπικό σύμπτωμα έλλειψης αζώτου είναι και η επιτάχυνση της γήρανσης των φύλλων. Η έλλειψη αζώτου επιδρά στη μείωση της παραγωγής των πρωτεϊνών και κατ'επέκταση των χλωροπλαστών, γι'αυτό με την έλλειψη εμφανίζεται ένα γενικό κιτρίνισμα των φύλλων.

Η συγκέντρωση αζώτου στο διάλυμα πάνω από το άριστο σημείο:

- Επιβραδύνει την γήρανση.
- Επιταχύνει την αύξηση.
- Προκαλεί επιμήκυνση του βλαστού.
- Επιδρά αρνητικά στην επιμήκυνση της ρίζας.
- Το πλάτος των φύλλων αυξάνει αλλά το πάχος τους μειώνεται.

Σε ορισμένα φυτά, ιδιαίτερα φυλλώδη λαχανικά όπως το σπανάκι και το μαρούλι, στα χυμοτόπια των φύλλων αποθηκεύονται πολλά νιτρικά. Επίσης κατά την αποθήκευση ή την επεξεργασία των τροφίμων μετά την συλλογή, συχνά σχηματίζονται νιτρώδη από τα νιτρικά που με την εισαγωγή τους στον ανθρώπινο οργανισμό μέσω της διατροφής, προκαλούν δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία.

Θείο

Το θείο αποτελεί βασικό συστατικό των αμινοξέων κυστεΐνη, κιστίνη και μεθειονίνη και επομένως των πρωτεϊνών συνενζύμων και άλλων συστατικών του φυτού. Τα ανώτερα φυτά έχουν την δυνατότητα να δεσμεύουν και να χρησιμοποιούν το SO_2 που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα. Η κύρια όμως πηγή του θείου είναι το έδαφος από όπου προσλαμβάνεται από τις ρίζες. Το δισθενές ιόν SO_4^{2-} απορροφάται από τη ρίζα σε σχετικά μικρές ποσότητες και

η μετακόμισή του σε μακρινές αποστάσεις περιορίζεται μέσα στα ξυλώδη αγγεία. Αντίθετα από το άζωτο, το θείο μπορεί να επανοξειδωθεί, κάτι που γίνεται με την αποδόμηση των πρωτεϊνών στα γηρασμένα φύλλα. Σε αυτή την αντίδραση το θείο της κυστεΐνης που έχει αναχθεί, μετατρέπεται σε θειικό.

Σε τροφοπενία θείου μειώνεται η παραγωγή πρωτεϊνών και επειδή στα φύλλα αυτές κατά το πλείστον βρίσκονται στους χλωροπλάστες, μειώνεται η χλωροφύλλη και τα φύλλα φαίνονται χλωρωτικά.

Το θείο αποτελεί συστατικό ορισμένων πτητικών ουσιών, όπως αυτών που δίνουν την χαρακτηριστική οσμή στο κρεμμύδι, το σκόρδο και την μουστάρδα.

Η απαιτούμενη ποσότητα θείου για άριστη ανάπτυξη ποικίλει μεταξύ 0,2 και 0,5% του ξηρού βάρους του φυτού.

Φώσφορος

Ο φώσφορος αποτελεί συστατικό των νουκλεοξέων, των φωσφορολιπιδίων και των φωσφορολιωμένων υδατανθράκων. Ο φώσφορος συμμετέχει στην αποταμίευση και μεταφορά της μεταβολικής ενέργειας του κυττάρου. Επειδή είναι απαραίτητο στοιχείο των νουκλεοξέων, βρίσκεται στα κύτταρα που πολλαπλασιάζονται και ειδικότερα στον πυρήνα τους. Γι'αυτό και οι καλλιέργειες έχουν περισσότερη ανάγκη φωσφόρου κατά το πρώτο στάδιο της ανάπτυξής τους. Στον ίδιο επίσης λόγο οφείλεται και η θετική επίδραση του φωσφόρου στην ανάπτυξη πλούσιου ριζικού συστήματος. Ο φώσφορος επιταχύνει την ωρίμανση των καρπών.

Η απαιτούμενη ποσότητα φωσφόρου για την άριστη ανάπτυξη κυμαίνεται από 0,3 έως 0,5% του ξηρού βάρους κατά την βλαστική ανάπτυξη.

Η έλλειψη φωσφόρου έχει ως αποτέλεσμα:

- Επιβράδυνση στην ανάπτυξη.
- Επιτάχυνση σχηματισμού ανθοκυανών που προσδίδουν ένα βιολετί χρωματισμό.
- Παρουσιάζεται μειωμένη υδραυλική αγωγιμότητα της ρίζας.

- Επειδή ο φώσφορος επιδρά στην ισορροπία του κυτοχρώματος, η έλλειψη φωσφόρου σχετίζεται με τον μειωμένο αριθμό των ανθέων στην ταξιανθία και την επιβράδυνση της διαφοροποίησης των οφθαλμών.
- Μειώνεται η ανθεκτικότητα των φυτών στις ασθένειες.

Μαγνήσιο

Το μαγνήσιο είναι ένα ισχυρά ηλεκτροθετικό δισθενές κατιόν. Το μαγνήσιο βρίσκεται σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς, είναι δε απόλυτα απαραίτητο για τη ζωή κάθε κυττάρου, με ευρύ φάσμα φυσιολογικών δράσεων, γιατί παίρνει μέρος σε πολλές μεταβολικές αντιδράσεις και ενεργοποιεί πολλά ένζυμα και διεργασίες. Επιπλέον αποτελεί συστατικό της χλωροφύλλης και γι'αυτό συνδέεται στενά με την λειτουργία της φωτοσύνθεσης.

Το μεγαλύτερο ποσοστό του μαγνησίου στα φυτά δεν βρίσκεται στην χλωροφύλλη. Μόνο ένα 20% βρίσκεται σε αυτή και το υπόλοιπο βρίσκεται στο φυτό με διάφορες άλλες μορφές. Το περισσότερο μαγνήσιο (60-85%) του συνολικού, απαντά υπό μορφή χαλαρού δεσμού, κυρίως με ένζυμα και κυτταρικά οργανίδια (χλωροπλάστες, μιτοχόνδρια, ριβοσώματα, πυρήνα κλπ).

Οι λειτουργίες του Mg^{++} στο φυτό σχετίζονται με:

- Την κινητικότητά του μέσα στα κύτταρα.
- Τη δράση του ως στοιχείου γέφυρας.
- Τη δυνατότητα που έχει να σχηματίζει διάφορες ενώσεις.
- Το γεγονός ότι ένα μεγάλο ποσοστό από το συνολικό Mg^{++} σχετίζεται με τη ρύθμιση του κυτταρικού pH και την ισορροπία κατιόντων - ανιόντων.

Κατά μέσο όρο οι απαιτήσεις σε Mg για άριστη ανάπτυξη του φυτού είναι 0,5% του ξηρού βάρους των βλαστικών μερών. Στην έλλειψη μαγνησίου το πιο φανερό σύμπτωμα είναι η χλώρωση των πλήρως εκπτυγμένων φύλλων.

Ακόμη στην έλλειψη μαγνησίου:

- Ο ρυθμός φωτοσύνθεσης αλλά και αναπνοής είναι μικρότερος από το φυσιολογικό.
- Παρουσιάζεται συσσώρευση αμύλου στα φύλλα.

- Μειώνεται ο ρυθμός ανάπτυξης της ρίζας (περισσότερο) αλλά και του βλαστού.

Στις εντατικές καλλιέργειες είναι απαραίτητη η λίπανση με μαγνήσιο.

Ασβέστιο

Το ασβέστιο είναι ένα δισθενές κατιόν. Είναι απαραίτητο σε μεγάλες ποσότητες κατά την κυτταρική διαίρεση και επενεργεί στην περατότητα των μεμβρανών και στο ηλεκτρικό τους δυναμικό.

Η περιεκτικότητα των ιστών σε ασβέστιο θεωρείται ότι αυξάνει με την ηλικία των ιστών, γιατί δεσμεύεται σε δυσδιάλυτες μορφές (πηκτινικού, οξαλικού, φωσφορικού, ανθρακικού κλπ ασβεστίου). Ο σχηματισμός αυτός των δυσδιάλυτων ενώσεων του ασβεστίου είναι και η αιτία που το στοιχείο αυτό, σε αντίθεση με τα N, P, K, και Mg δεν είναι μετακινήσιμο, δηλαδή δεν μεταφέρεται από ιστό σε ιστό και από όργανο σε όργανο. Το ασβέστιο αφού απορροφηθεί από τους ιστούς της ρίζας, θα κυκλοφορήσει μέσω των αγγείων του ξύλου και θα αποτεθεί στους διάφορους ιστούς. Στην συνέχεια δεν εξάγεται πάλι από αυτούς και δεν κυκλοφορεί με τον ηθμό σαν ελεύθερο ιόν, γιατί ακινητοποιείται μέσα στα κύτταρα του ηθμού. Σε ορισμένες όμως περιπτώσεις ένα μέρος του ασβεστίου των ιστών, ιδίως αυτό που είναι δεσμευμένο στην κυτίνη, μπορεί να κινητοποιείται και να κυκλοφορεί και μέσω του ηθμού και κατά πάσα πιθανότητα υπό μορφή χηλικών ενώσεων.

Οι μεγαλύτερες ποσότητες Ca^{++} στο κύτταρο βρίσκονται:

- Στη middle lamella, δηλαδή βρίσκεται μεταξύ δύο κυτταρικών τοιχωμάτων συνδεδεμένο με την R-COOH- των πολυγαλακτουρονικών οξέων.
- Στην εξωτερική πλευρά των κυτταρικών μεμβρανών.
- Στο χυμοτόπιο μαζί με τα οργανικά και ανόργανα οξέα.
- Στα μιτοχόνδρια (σε μεγάλη ποσότητα).
- Στο πρωτόπλασμα σε ελάχιστες ποσότητες.

Το ασβέστιο είναι απαραίτητο για την βλάστηση των γυρεοκόκκων και τη συμβίωση των βακτηρίων που αφομιώνουν το ατμοσφαιρικό άζωτο στις ρίζες των ψυχανθών.

Το στοιχείο αυτό παίζει ρόλο στην ανόργανη διατροφή των φυτών και έχει αμοιβαίες σχέσεις και αλληλεπιδράσεις με άλλα θρεπτικά στοιχεία. Έτσι το Ca^{++} σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις ευνοεί την απορρόφηση του K^+ , σε υψηλότερες όμως συγκεντρώσεις επιδρά δυσμενώς στην απορρόφηση του K^+ . Επίσης το Ca^{++} σε υψηλές συγκεντρώσεις επιδρά δυσμενώς στην απορρόφηση του Mg^{++} και ιδιαίτερα όταν αυτό βρίσκεται σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Κατά κάποιο τρόπο δηλαδή το Ca^{++} εξουδετερώνει τις τοξικές ενέργειες που δημιουργούνται από υψηλές συγκεντρώσεις άλλων στοιχείων όπως του K^+ , Mg^{++} και B.

Όταν υπάρχει έλλειψη ασβεστίου οι κυτταρικές μεμβράνες παρουσιάζουν διαρροή, δεν ασκούν έλεγχο στην κυκλοφορία των ιόντων και έτσι γίνεται αδύνατη η διατήρηση των ιδιαζόντων ηλεκτροχημικών χαρακτήρων των κυττάρων και η διατήρηση των διαφορών στις συγκεντρώσεις των ηλεκτρολυτών μεταξύ του ενδοκυτταρικού και του εξωτερικού μέσου.

Επομένως απουσίας ασβεστίου σημαίνει:

- Κατάλυση των χαρακτήρων της ημιπερατότητας και εκλεκτικότητας των μεμβρανών στην κυκλοφορία ιόντων.
- Αδυναμία των κυττάρων να πραγματοποιήσουν την ενεργό απορρόφηση.
- Αλλοίωση στους ηλεκτροχημικούς και φυσικοχημικούς χαρακτήρες του πρωτοπλάστη, γεγονός που δημιουργεί σοβαρές φυσιολογικές διαταραχές οι οποίες οδηγούν στην νέκρωση των κυττάρων. Η νέκρωση αυτή των κυττάρων που είναι αποτέλεσμα της έλλειψης ασβεστίου, είναι ιδιαίτερα αισθητή στην περιοχή των κορυφαίων μεριστωμάτων του βλαστού και της ρίζας.

Κάλιο

Το κάλιο είναι μονοσθενές κατιόν και προσλαμβάνεται από τα φυτά στη μεγαλύτερη ποσότητα απ'όλα τα άλλα θρεπτικά στοιχεία εκτός από το άζωτο και ίσως το ασβέστιο.

Το κάλιο, αντίθετα με το φώσφορο βρίσκεται σε σχετικά μεγάλες ποσότητες στα περισσότερα εδάφη.

Το κάλιο βρίσκεται στο πρωτόπλασμα, στο χυμοτόπιο και σε πολύ μικρές ποσότητες στον πυρήνα. Έχει βασική σημασία για την διατήρηση της περατότητας των βιολογικών μεμβρανών. Συμμετέχει στη λειτουργία της αναπνοής, στη φωτοσύνθεση, στη σύνθεση πρωτεϊνών, υδατανθράκων και κιτρικού οξέως.

Με την έλλειψη καλίου συμβαίνει συσσώρευση υδατανθράκων, μείωση του αμύλου και συσσώρευση των διαλυτών συνθέσεων του αζώτου (αμινοξέα, αμίνες, νιτρικά) διότι τα ρυθμιστικά ένζυμα εξαρτώνται πολύ από το K^+ .

Η έλλειψη καλίου αρχικά εμφανίζεται σε φύλλα που έχουν πρόσφατα ωριμάσει. Κατά την ανάπτυξη του φυτού τα συμπτώματα έλλειψης καλίου γίνονται πιο έντονα στην κορυφή και το περιθώριο των ηλικιωμένων φύλλων και ύστερα εμφανίζονται τα ίδια συμπτώματα και στα νεαρά φύλλα.

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΟ ΦΥΤΟ

Σίδηρος

Στα υποστρώματα, με παρουσία του ατμοσφαιρικού αέρα και με pH φυσιολογικού εύρους, οι συγκεντρώσεις των ιόντων Fe^{+++} και Fe^{++} είναι πολύ μικρές. Κατά κανόνα η μορφή Fe^{++} απορροφάται από τα φυτά είτε είναι καλλιέργεια στο έδαφος είτε είναι υδροπονική καλλιέργεια. Η μορφή Fe^{+++} επομένως πρέπει να αναχθεί σε Fe^{++} στην επιφάνεια της ρίζας πριν μεταφερθεί στο πρωτόπλασμα.

Ο σίδηρος παίζει σημαντικό ρόλο στην ενεργοποίηση πολλών ενζύμων των φυτών, που προκαλούν αντιδράσεις οξειδωσης και αναγωγής.

Το μεγαλύτερο ποσοστό του σιδήρου που απαιτείται από τα φυτά, χρησιμοποιείται για τον σχηματισμό των χλωροπλαστών.

Η έλλειψη σιδήρου εμφανίζεται πρώτα στα νεαρότερα και αναπτυσσόμενα φύλλα μεταξύ των νευρώσεων, ενώ τα ώριμα παραμένουν βαθιά πράσινα.

Αυτό δεν είναι γνωστό αν οφείλεται στην αδυναμία του φυτού να μεταφέρει το σίδηρο που περιέχει, από τα ώριμα φύλλα στα αναπτυσσόμενα ή στην αδυναμία του να διαπλάσει τις σιδηρούχες ενώσεις για να τις καταστήσει ευκίνητες. Εάν η έλλειψη σιδήρου είναι έντονη, τελικά όλο το φύλλο μαζί με τις νευρώσεις του κιτρινίζει.

Η τορφοπενία σιδήρου είναι συνήθως εικονική, δηλαδή υπάρχει σίδηρος αλλά δεν είναι αφομοιώσιμος, γιατί έχει οξειδωθεί από Fe^{++} σε Fe^{+++} .

Το οριακό επίπεδο έλλειψης του σιδήρου από τα φύλλα είναι μεταξύ 50-150 χιλιοστογραμμάριων ανά κιλό ξηρού βάρους.

Μαγγάνιο

Το μαγγάνιο απορροφάται κυρίως ως Mn^{++} και μετακινείται κυρίως ως ελεύθερο δισθενές κατιόν στα ξυλώδη αγγεία (από τη ρίζα στο βλαστό).

Μέσα στο φυτό το μαγγάνιο δεν κινείται εύκολα και γι'αυτό τα πρώτα συμπτώματα της έλλειψης κυμαίνονται μεταξύ 10-20 χιλιοστών του γραμμαρίου ανά γραμμάριο ξηρού βάρους στα ώριμα φύλλα.

Χαλκός

Ο χαλκός είναι απαραίτητο στοιχείο για την θρέψη των φυτών. Απαντά ως συστατικό πολλών ενζύμων, παίρνει μέρος στην φωτοσύνθεση και τη σύνθεση της χλωροφύλλης των φυτών, αν και αυξημένες ποσότητες χαλκού προκαλούν μείωση της φωτοσύνθεσης.

Δεν είναι πλήρως ξεκαθαρισμένο ακόμη αν ο χαλκός απορροφάται ως Cu^{++} ή ως χηλικός χαλκός. Στα θρεπτικά διαλύματα των υδροπονικών καλλιεργειών προστίθεται συνήθως ως θειικός χαλκός.

Το όριο έλλειψης είναι για τα βλαστικά μέρη 3-5 μικρογραμμάρια ανά γραμμάριο ξηρού βάρους. Τα συμπτώματα είναι μείωση των μεσογονάτιων διαστημάτων, κακοσχηματισμός νεαρών φύλλων, νέκρωση του επάκριου μεριστώματος και ξάσπρισμα των νεαρών φύλλων.

Ψευδάργυρος

Ο ρόλος του ψευδαργύρου στη ζωή του φυτού είναι σημαντικός. Συμμετέχει στον μεταβολισμό των υδατανθράκων, στο σχηματισμό της χλωροφύλλης και των αυξινών και είναι συστατικό πολλών ενζύμων.

Ο ψευδάργυρος απορροφάται κατά προτίμηση ως δισθενές κατιόν Zn^{++} . Σε υψηλότερα pH απορροφάται ως μονοσθενές κατιόν. Υψηλές συγκεντρώσεις άλλων δισθενών κατιόντων, όπως Ca^{++} , περιορίζουν κάπως την απορρόφηση του ψευδαργύρου.

Η μεταφορά του ψευδαργύρου σε μεγάλες αποστάσεις γίνεται κυρίως μέσω των ξυλωδών αγγείων, όπου ο ψευδάργυρος είναι είτε συνδεδεμένος με οργανικά οξέα ή υπάρχει ως ελεύθερο δισθενές κατιόν. Η απορρόφηση του Zn και η μετακίνησή του στους βλαστούς περιορίζεται πολύ από υψηλές συγκεντρώσεις HCO_3 .

Σύμπτωμα της έλλειψης ψευδαργύρου είναι η σμίκρυνση των μεσογονάτιων διαστημάτων και μεγάλη μείωση του μεγέθους των φύλλων που συχνά συνδυάζονται με χλώρωση. Όριο έλλειψης είναι τα 15-20mg Zn ανά κιλό ξηράς ουσίας φύλλων.

Μολυβδαίνιο

Αν και το μολυβδαίνιο είναι μέταλλο, στα διαλύματα βρίσκεται κυρίως ως μολυβδαινικό οξειανιόν MoO_4^- στην πιο οξειδωμένη του μορφή. Σε χαμηλό pH φωσφορικά και μολυβδαινικά συμπεριφέρονται όμοια. Η μορφή με την οποία μετακινείται το μολυβδαίνιο δεν είναι πλήρως γνωστή, αλλά φαίνεται από τις χημικές του ιδιότητες ότι πιθανότερα μετακινείται ως MoO_4^- παρά σε συνδεδεμένη μορφή.

Οι απαιτήσεις του φυτού σε μολυβδαίνιο είναι μικρότερες από όλα τα άλλα στοιχεία.

Το οριακό επίπεδο έλλειψης μολυβδαίνιου κυμαίνεται μεταξύ 0,1 και 1,0 mg ανα gr ξηρού βάρους φύλλων. Συνηθέστερο σύμπτωμα της έλλειψής του είναι το ακανόνιστο της περιφέρειας του φύλλου, που οφείλεται σε μη ανάπτυξη ιστών. Έλλειψη εμφανίζεται συνήθως σε όξινα εδάφη.

Βόριο

Το στοιχείο αυτό είναι απαραίτητο για την κανονική ανάπτυξη των περισσότερων φυτών, γιατί παίρνει μέρος στο μεταβολισμό των υδατανθράκων και το σχηματισμό κυτταρίνης και πηκτίνης στα κυτταρικά τοιχώματα. Αν και το βόριο είναι αμέταλλο, εν τούτοις, επηρεάζει τη δραστηριότητα ορισμένων ενζύμων ενεργοποιώντας κάποια από αυτά και αδρανοποιώντας κάποια άλλα.

Σε διαλύματα το βόριο συναντάται κυρίως ως βορικό οξύ H_3BO_3 ή $\text{B}(\text{OH})_3$. Είναι ένα πολύ ασθενές οξύ, που περισσότερο παίρνει OH^- παρά δίνει H^+ .

Το βόριο είναι από τα λιγότερο γνωστά στοιχεία ως προς τη δράση του στον μεταβολισμό. Παρόλα αυτά οι απαιτήσεις σε βόριο στο θρεπτικό διάλυμα είναι υψηλότερες από τα λοιπά ιχνοστοιχεία. Σύμφωνα με τον Lewis (1980), η λειτουργία του βορίου είναι κυρίως εκτός του κυττάρου και σχετίζεται με το σχηματισμό της λιγνίνης και της διαφοροποίησης του ξύλου.

Έλλειψη είναι συχνό φαινόμενο και κυρίως μετά από υψηλές βροχοπτώσεις. Η διαθεσιμότητα του μειώνεται με την αύξηση του pH, ιδιαίτερα στα ασβεστούχα εδάφη. Ανταγωνισμός μεταξύ άλλων ιόντων δεν φαίνεται να είναι μεγάλης σημασίας.

Συμπτώματα έλλειψης εμφανίζονται στους ακραίους οφθαλμούς και στα νεαρότερα φύλλα που αποχρωματίζονται και τελικά ξηραίνονται. Τα μεσογονάτια είναι κοντότερα και δίνουν στα φύλλα την εμφάνιση ροζέτας θάμνου. Επίσης μπορεί να εμφανιστεί χλώρωση μεταξύ των νεύρων, κακόσχημα φύλλα και πτώση οφθαλμών, ανθέων και καρπών. Στα φυλλώδη λαχανικά μπορεί επίσης να εμφανιστούν υδατώδεις και νεκρωτικές κηλίδες.

ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΣΕ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

Πριν αναπτύξουμε ορισμένες από τις πιο διαδεδομένες σήμερα μεθόδους καλλιέργειας εκτός εδάφους, θα ήταν χρήσιμη για την καλύτερη κατανόηση τους, μια γενικότερη αναφορά στα κυριότερα από τα υλικά, που χρησιμοποιούνται, τη χρήση τους και τα χαρακτηριστικά που θα πρέπει να διαθέτουν.

Για κάθε μέθοδο, από την πιο απλή ως την πιο πολύπλοκη, έχουμε και τα αντίστοιχα υλικά, ανάλογα με το σύστημα που διαλέξαμε και τον βαθμό αυτοματοποίησής του.

Τα βασικότερα υλικά που χρειάζονται σε όλες σχεδόν τις μεθόδους είναι τα εξής : το υπόστρωμα, το θρεπτικό διάλυμα, τα καλούπια (καναλέτα), η αντλία τροφοδοσίας του θρεπτικού διαλύματος, η δεξαμενή του θρεπτικού διαλύματος και το σύστημα διανομής του θρεπτικού διαλύματος.

Υποδοχείς υποστρωμάτων

Σε όλες σχεδόν τις υδροπονικές καλλιέργειες που χρησιμοποιείται κάποιο στερεό υπόστρωμα (υδροπονικές καλλιέργειες τριών φάσεων) είναι απαραίτητη η ύπαρξη κάποιου υποδοχέα στον οποίο θα τοποθετηθεί το στερεό υπόστρωμα.

Οι υποδοχείς αυτοί ουσιαστικά προσφέρουν τις ακόλουθες υπηρεσίες στην πραγματοποίηση υδροπονικών καλλιεργειών :

1. Συγκρατούν το υπόστρωμα και έτσι διευκολύνουν την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών μέσα σ' αυτό.
2. Δεν επιτρέπουν την είσοδο του ηλιακού φωτός κι έτσι αναπτύσσεται κανονικά το ριζικό σύστημα των φυτών και ταυτόχρονα παρεμποδίζεται η ανάπτυξη των ανεπιθύμητων αλγών.
3. Εξασφαλίζουν την ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος όπου αυτό είναι επιθυμητό.

4. Απομονώνουν το υπόστρωμα από την ανεπιθύμητη επαφή του με το έδαφος, όπου αυτό δεν εξασφαλίζεται με άλλο τρόπο.

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

1. Κανάλια στο έδαφος ή υπεράνω του εδάφους με επένδυση πλαστικού.
2. Πλαστικοί σάκοι διαφόρων μεγεθών (growth bags) :
 - 2.1. Σάκοι μικρού αριθμού φυτών
 - 2.2. Σάκοι μεγάλου μήκους οριζόντιας τοποθέτησης
 - 2.3. Σάκοι κατακόρυφης τοποθέτησης
3. Δοχεία σταθερού σχήματος :
 - 3.1. Γλάστρες από διάφορα υλικά και διαφόρων μεγεθών
 - 3.2. Γούρνες πολυστερίνης
4. Κατασκευές υποδοχής του πετροβάμβακα:
 - 4.1. Περιτύλιξη πλακών πετροβάμβακα με φύλλο πλαστικού
 - 4.2. Σταθερές κατασκευές υποδοχής πλακών πετροβάμβακα

Σκοπός πολλών ερευνητικών εργασιών είναι η ανεύρεση ενός τύπου υποδοχέα ο οποίος θα είναι φτηνός και εύκολος στη χρήση του για διάφορες καλλιέργειες.

Τα υποστρώματα ανάπτυξης

Υπόστρωμα είναι το υλικό ή το περιβάλλον εκείνο στο οποίο αναπτύσσεται το ριζικό σύστημα των φυτών και έρχεται σε επαφή με το θρεπτικό διάλυμα.

Για τη σωστή ανάπτυξη των φυτών, ένα υπόστρωμα πρέπει γενικά να χαρακτηρίζεται από τις εξής ιδιότητες :

- Να είναι χημικά αδρανές και χωρίς τοξικά στοιχεία για τα φυτά.
- Να διευκολύνει την κυκλοφορία των θρεπτικών στοιχείων στο νερό.
- Να εξασφαλίζει καλή οξυγόνωση του ριζικού συστήματος.

- Να μην αποσυντίθεται εύκολα.
- Να είναι απαλλαγμένο από παθογόνους μικροοργανισμούς.
- Να είναι εύχρηστο.
- Να έχει χαμηλό κόστος.
- Να απολυμαίνεται εύκολα.

Από τα φυσικά χαρακτηριστικά θα πρέπει να είναι γνωστά :

- Η μηχανική αντοχή.
- Το ειδικό βάρος.
- Το ολικό πορώδες.
- Η ποσότητα του νερού που μπορούν τα φυτά να απορροφήσουν εύκολα.

Από τα χημικά χαρακτηριστικά πρέπει να είναι γνωστά :

- Το pH
- Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων.

Θέλοντας στις καλλιέργειες σε υποστρώματα, να αντικαταστήσουμε ένα φυσικό έδαφος μ' ένα αδρανές υπόστρωμα, πρέπει να ξέρουμε δυο βασικά πράγματα:

- 1) Τι συνθήκες πρέπει να υπάρχουν στο περιβάλλον των ριζών.
- 2) Πως θα δημιουργήσουμε αυτές τις συνθήκες.

Αυτό φαίνεται πολύ απλό, στην πράξη όμως εμφανίζονται πολλά προβλήματα.

Στο περιβάλλον των ριζών πρέπει να επικρατούν οι εξής συνθήκες :

1. Επαρκής τροφοδότηση των ριζών με :
 - 1.1. νερό,
 - 1.2. οξυγόνο και
 - 1.3. θρεπτικά στοιχεία (μακροστοιχεία και ιχνοστοιχεία).
2. Επαρκής διαφυγή του CO₂ από το φυσικό περιβάλλον, που προέρχεται από την αναπνοή των ριζών και βακτηρίων.

3. Η θερμοκρασία να κυμαίνεται σε φυσιολογικά όρια.
4. Καλή υποστήριξη των φυτών, για να στέκεται το φυτό όρθιο, εκτός αν στηρίζεται από εναέριο μέσο.

Τύποι υποστρωμάτων

Τα στερεά υποστρώματα καλλιέργειας διακρίνονται στις παρακάτω κύριες κατηγορίες:

1. Ανόργανα υλικά

- φυσικά υλικά όπως η άμμος, το χαλίκι
- επεξεργασμένα υλικά. Πρόκειται για φυσικά υλικά που έχουν υποστεί θερμική επεξεργασία: διογκωμένος περλίτης, διογκωμένος πετροβάμβακας, τεχνητό χαλίκι, διογκωμένη άργιλος, βερμικουλίτης.

2. Οργανικά υλικά

- στα οργανικά υλικά ανήκουν κυρίως οι τύρφες, καθώς και οι φλοιοί του ρυζιού (kuntan) όπως υποστηρίζουν μερικοί.

3. Συνθετικά υλικά

- σ' αυτά περιλαμβάνονται οι διάφορες διογκωμένες πλαστικές ύλες όπως: πολυουρεθάνη, πολυστερίνη.

Επίσης σαν υπόστρωμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το μίγμα ενός οργανικού υλικού π.χ. τύρφη, με ένα ανόργανο π.χ. περλίτης, μιας και τα οργανικά υλικά σπάνια αποτελούν αμιγές υπόστρωμα.

Στην συνέχεια αναφέρονται τα πιο σημαντικά υποστρώματα που έχουν και την μεγαλύτερη εφαρμογή.

Άμμος

Η άμμος που χρησιμοποιείται σαν υπόστρωμα, είναι η πυριτική άμμος, η οποία είναι χημικά αδρανής και έχει μεγάλη διάρκεια ζωής.

Γενικά χαρακτηριστικά :

- Ικανότητα συγκράτησης νερού : σχετικά καλή
- Ικανότητα συγκράτησης κατιόντων : μηδαμινή

- Πυκνότητα :1500 kg/m³.

Πλεονεκτήματα :

- καλύτερη ικανότητα συγκράτησης νερού από άλλα ανόργανα φυσικά υλικά
- χημική αδράνεια
- μεγάλη διάρκεια χρήσης.

Μειονεκτήματα :

- συμπιεζόμενη η άμμος μπορεί να προκαλέσει συμπτώματα ασφυξίας
- βαρύ υλικό

Χαλίκι

Μπορούν να προέρχονται είτε από λατομεία είτε από κοίτες ποταμών. Στην πρώτη περίπτωση έχουμε πιο ομοιογενή υλικά απ' ότι στις κοίτες των ποταμών όπου συλλέγονται πολλά είδη από διαβρωθέντα πετρώματα. Η σύστασή τους εξαρτάται από το μητρικό υλικό. Στην βόρεια Ευρώπη χρησιμοποιούνται κυρίως πυριτικά υλικά. Βασική προϋπόθεση είναι να παρέχουν ανθρακικό ασβέστιο σε ποσοστό μικρότερο του 10%, κάτι σπάνιο για πολλές περιοχές της χώρας μας. Σε ορισμένες περιπτώσεις όμως ειδικών καλλιεργειών, όπως το γαρύφαλλο, τα ασβεστούχα υλικά θεωρούνται κατάλληλα, ορισμένοι μάλιστα ερευνητές τα συνιστούν. Τα χαλίκια έχουν γενικά διαστάσεις μεταξύ 5 και 15 χιλιοστών.

Γενικά χαρακτηριστικά :

- Ικανότητα συγκράτησης νερού : ελάχιστη
- Ικανότητα συγκράτησης κατιόντων : μηδενική
- Πυκνότητα :1500 -1800 kg/m³.
- Πορώδες : πολύ καλό
- Σταθερότητα δομής : πολύ καλή

Πλεονεκτήματα :

- υλικά που επιτρέπουν πολύ καλό αερισμό,

- χαμηλό συνήθως κόστος αγοράς
- απουσία παρασίτων
- εύκολη απολύμανση
- χημική αδράνεια (ανάλογα με την προέλευση)
- μεγάλη διάρκεια χρήσης

Μειονεκτήματα :

- βαριά υλικά.
- ασήμαντη ικανότητα συγκράτησης νερού.

POUZZOLANE

Στην κατηγορία των φυσικών ακατέργαστων υλικών ανήκει και το υλικό Pouzzolane (ονομασία από την πόλη Pouzzola πλησίον της Πομπηίας) που συνιστάται από το Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών της Γαλλίας και βρίσκει ευρεία χρήση στην χώρα αυτή. Πρόκειται για υλικό ηφαιστιογενούς προέλευσης. Παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα και ταυτόχρονα, χαμηλό κόστος αγοράς, ιδιαίτερα κοντά σε πηγές παραγωγής.

Πετροβάμβακας (Rockwool)

Ο πετροβάμβακας αρχικά χρησιμοποιήθηκε σαν μονωτικό υλικό, και μόνο πριν 10 χρόνια περίπου άρχισε να χρησιμοποιείται και σαν αδρανές υπόστρωμα στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες. Αρχικά κατασκευάστηκε από τους Δανούς, στην συνέχεια το χρησιμοποίησαν οι Ολλανδοί και τελικά, σαν αδρανές υλικό για καλλιέργειες, υιοθετήθηκε από τους Άγγλους και τους Γάλλους. Τελευταία εξαπλώθηκε σχεδόν σε όλη την Ευρώπη, Αμερική, Καναδά, Ν. Ζηλανδία και Αυστραλία.

Ο πετροβάμβακας παρασκευάζεται από διάφορους τύπους πετρωμάτων. Το πλέον κοινό (ορυκτό), που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του, είναι ένα είδος βασάλτη, που τήκεται στους 1500°C - 2000°C. Το λιωμένο ορυκτό στην συνέχεια οδηγείται σ' ένα κύλινδρο, που περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα και που μετατρέπει την λειωμένη μάζα σε ίνες. Το μήκος και το πάχος των ινών κανονίζεται από την ταχύτητα του κυλίνδρου, την θερμοκρασία και

άλλους παράγοντες. Αυτές οι λεπτομέρειες παρασκευής είναι σημαντικές, γιατί μέσω αυτών ελέγχεται το μέγεθος των πόρων του πετροβάμβακα και κατ' επέκταση η ικανότητα του για διάθεση νερού στην καλλιέργεια. Στην συνέχεια ο πετροβάμβακας εμπλουτίζεται με ασβεστόλιθο 20% και άλλα στοιχεία. Κατά τη διάρκεια ψύξης η προσθήκη ρητίνης, με βάση τη φαινόλη (είδος βακελίτη) τον βοηθά να έχει καλή απορρόφηση νερού με το να μειώνει την επιφανειακή του τάση. Το τελικό προϊόν είναι αδρανές, αποτελούμενο από διάφορα στοιχεία. Οι βασικές του ιδιότητες παρουσιάζονται στον πίνακα 2.

Πλεονεκτήματα:

- Υλικό καλά αεριζόμενο
- Εύκολη απολύμανση
- Χημική αδράνεια
- Απουσία παρασίτων τη στιγμή της διάθεσης

Μειονεκτήματα:

- Απώλεια πορώδους ύστερα από επανειλημμένες χρήσεις
- Υλικό ογκώδες (κατά την αποθήκευση)

Πρόσθετα έχει παρασκευαστεί πετροβάμβακας με μικρή πυκνότητα ινών και διατίθεται στην αγορά σε μικρότερη τιμή. Πιστεύεται ότι με το είδος αυτό θα βελτιωθεί ο αερισμός του ριζικού συστήματος των φυτών, αλλά θα χρησιμοποιείται μόνο για μια περίοδο. Αντίθετα ο πετροβάμβακας με κανονική πυκνότητα ινών μπορεί να απολυμανθεί με ατμό και να ξαναχρησιμοποιηθεί.

Ο πετροβάμβακας κυκλοφορεί σε κύβους ή με τη μορφή επιμηκών λωρίδων. Χρησιμεύει και σαν υλικό φύτευσης, αρχικής στήριξης και μεταφύτευσης φυταρίων σε καλλιέργειες που γίνονται αποκλειστικά σε νερό.

Ο πετροβάμβακας, ως μέσο ανάπτυξης των φυτών, δεν θεωρείται κατάλληλο για ερασιτέχνες.

Ελαφρόπετρα

Η ελαφρόπετρα είναι πορώδης ηφαιστειογενές ορυκτό, χημικά αδρανές, έχει παρόμοιες ιδιότητες και συμπεριφορά, όσον αφορά τη χρήση του στην υδροπονία, με τον περλίτη και εξάγεται από τη νήσο Νίσυρο. Οι βασικές ιδιότητες της ελαφρόπετρας παρουσιάζονται στον πίνακα 2.

Ζεόλιθοι

Οι Ζεόλιθοι είναι ηφαιστειογενή ορυκτά αλκαλίων και αλκαλικών γαιών, περιέχουν κυρίως ζεόλιθο, κλινοππιλόλιθο, ελανδίτη και ίχνη μορδελίτη και βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες στην Θράκη. Στην Ελλάδα χρησιμοποιήθηκε σε υδροπονία και τα μέχρι τώρα αποτελέσματα έδειξαν ότι είναι ένα πολλά υποσχόμενο υπόστρωμα, λόγω της υψηλής ιοντοανταλλακτικής του ικανότητας και του εύκολα διαθέσιμου νερού στο φυτό. Χρησιμοποιείται μόνο του ή σε μίγματα με περλίτη ή ελαφρόπετρα. Οι βασικές ιδιότητες των ζεόλιθων παρουσιάζονται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2. Φυσικές και χημικές ιδιότητες του περλίτη, της ελαφρόπετρας, του ζεόλιθου και του πετροβάμβακα.

	Περλίτης	Ελαφρό- πετρα	Ζεόλιθος	Πετρο- βάμβακας
Φυσικές ιδιότητες				
Ολικό πορώδες (V%)	95,6	75	78	95
Περιεκτικότητα πορώδους σε αέρα (v%)	74,5	65	17	20
Συγκράτηση νερού (%)	21,3-46,3	35	40	75
Εύκολα διαθέσιμο νερό (V%)	5,2	1,5-2,5	10	
Μέγεθος κόκκου (mm)	1,49-4,75	0,15-19	0,5-6,0	
Ολική πυκνότητα (gr/cm ³)	0,121	0,72	1,85	
Ρυθμιστική ικανότητα νερού (V%)	1,4			
Πυκνότητα συμπαγούς ύλης (tn/m ³)	2,2-2,4			
Θερμική αγωγιμότητα (kcal/hm ² °C)	0,034- 0,048			
Σημείο αλλαγής φάσης (°C)	871-1093			
Σημείο τήξης (°C)	1260- 1340			
Ειδική θερμότητα (cal/g°C)	0,2			
Χρώμα	Λευκό	Υπόλευκο	Υπόλευκο	Καφέ- κίτρινο
Χημική ανάλυση				
Διοξείδιο του πυριτίου	76,1	70,55	68,20	47
Οξείδιο του αργιλίου	13,78	12,24	11,32	
Οξείδιο του τιτανίου	0,13		0,07	1
Οξείδιο του σιδήρου	1,25	0,89	0,58	8
Οξείδιο του ασβεστίου	1,2	2,36	0,01	16
Οξείδιο του μαγνησίου	0,56	0,1	0,66	10
Οξείδιο του νατρίου	3,76	3,49	0,99	2
Οξείδιο του καλίου	3,12	4,21	3,12	1
Συνολικά θειικά	0,018	0,03		
Οξείδιο του φωσφόρου			0,01	
Απώλεια θερμότητας	0	5,1	12,42	
Απροσδιόριστα	0	1,03		
Οξείδιο του αλουμινίου				14
Οξείδιο του μαγγανίου				1
Χημικές ιδιότητες				
pH	6,5-7,5	8,5-9,0	6,5-8,0	5,8
Ιοντολανταλλακτική ικανότητα (meq/100gr)	0	0	75,7	0
Διαλυτά στο νερό (%)	0,008			
Διαλυτά σε 1:3 θερμό (HCl) (%)	1,6			
Οσμή	άοσμο	άοσμο	άοσμο	άοσμο

Περλίτης

Ο περλίτης είναι ανόργανο αργιλοπυριτικό υλικό ηφαιστιογενούς προέλευσης, με 3 - 4% κρυσταλλικό νερό. Χρησιμοποιείται διογκωμένο μετά από κατεργασία στους 1200°C σε ειδικούς φούρνους, (επί 5 λεπτά) τήκεται και αυξάνει τον όγκο του κατά 20 φορές σε σχέση με τον αρχικό, με εξάτμιση του κρυσταλλικού νερού. Δημιουργούνται έτσι λευκοί πορώδεις κόκκοι.

Οι βασικές του ιδιότητες παρουσιάζονται στον πίνακα 2. Οι χημική του σύσταση ποικίλει ανάλογα με την προέλευση του. Το μέγεθος των κόκκων κυμαίνεται μεταξύ 1,5 - 6 χλστ. Στην υδροπονία χρησιμοποιούνται κόκκοι μεγέθους 1,5 - 3 χλστ. Κοιτάσματα περλίτη έχουν επισημανθεί στα νησιά Μήλο (απ' όπου και εξάγεται), Κω, Αντίπαρο και Νίσυρο.

Πλεονεκτήματα :

- πολύ ελαφρύ υλικό
- χημική αδράνεια
- υλικό αποστειρωμένο τη στιγμή της πρώτης χρήσης
- καλή ικανότητα συγκράτησης νερού
- παρασκευάζεται στη χώρα μας
- διευκολύνει την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος.

Μειονεκτήματα :

- σχετικά ταχεία υποβάθμιση του υλικού (μικρή μηχανική αντίσταση και μετατροπή των κόκκων σε σκόνη).
- δυσκολία στην απολύμανση για δεύτερη χρήση
- δεν πρέπει να μπαίνει σε μεγάλο ύψος υποστρώματος γιατί διαφορετικά καθιζάνει.

Η διάρκεια χρήσης του περλίτη σε υδροπονική καλλιέργεια είναι συνάρτηση της ποιότητας του υλικού. Συνήθως χρησιμοποιείται για 1 -2 καλλιέργειες.

Πολυστυρένιο

Το πολυστυρένιο είναι συνθετικό υλικό το οποίο διογκώνεται με κατάλληλη επεξεργασία. Έχει pH ουδέτερο και είναι αδρανές. Δεν έχει όμως μεγάλη δυνατότητα συγκράτησης νερού και θρεπτικών στοιχείων. Θεωρείται ιδανικό υλικό για φυτά που χρειάζονται καλό αερισμό του ριζικού συστήματος. Ακόμα έχει μικρό βάρος. Το πολυστυρένιο βρίσκεται στο στάδιο του πειραματισμού και γι' αυτό δεν χρησιμοποιείται για εμπορικούς σκοπούς.

Βερμικουλίτης

Πρόκειται για σύμπλοκη φυλλώδη πυριτική ένωση που χρησιμοποιείται σε διογκωμένη μορφή. Η κατεργασία στους 100°C προκαλεί μια απότομη εξάτμιση των μορίων του νερού που βρίσκονται ανάμεσα στα λέπια και επιφέρει τη διογκωση τους κατά 10 -12 φορές σε σχέση με το αρχικό μέγεθος. Το τελικό προϊόν αποτελείται από τεμαχίδια 1-5 χλστ. σε μορφή ακορντεόν. Η χημική του σύσταση ποικίλει ανάλογα με το υλικό προέλευσης.

Βασικές ιδιότητες :

- pH :7-7,2
- Ικανότητα συγκράτησης νερού: 350 λίτρα περίπου σε 1 κυβικό μέτρο υλικού.
- Εναλλακτική ικανότητα : 66-140 MEQ ανά 100 gr.
- Πυκνότητα : 90 -140 kg/m³.
- Σταθερότητα δομής : κακή
- Πορώδες : 96%.

Πλεονεκτήματα :

- ελαφρύ υλικό
- αποστειρωμένο κατά τη στιγμή της διάθεσης
- καλή ικανότητα συγκράτησης νερού.

Μειονεκτήματα :

- πολύ ταχεία υποβάθμιση του υλικού. Τα λέπια αποχωρίζονται και η αρχική δομή καταστρέφεται
- υλικό ακριβό που δεν παρασκευάζεται στη χώρα μας
- δύσκολη απολύμανση όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για δεύτερη φορά
- υψηλή εναλλακτική ικανότητα

Στις υδροπονικές καλλιέργειες, ο βερμικουλίτης χρησιμοποιείται συνήθως για 1-2 καλλιέργειες.

Διογκωμένη άργιλος

Πρόκειται για ένα υλικό ελάχιστα γνωστό στη χώρα μας. Χρησιμοποιείται σε χώρες της κεντρικής Ευρώπης και ιδιαίτερα στην Ελβετία με ξεχωριστή επιτυχία κυρίως στην ανάπτυξη φυτών εσωτερικού χώρου. Αποτελείται από τεμαχίδια αργίλου που διογκώνονται ύστερα από κατεργασία στους 1100°C, Το τελικό προϊόν χαρακτηρίζεται από κόκκους διαμέτρου 1,5-10χλστ.

Βασικές ιδιότητες :

- pH: 5-7
- Ικανότητα συγκράτησης νερού :15% του βάρους.
- Εναλλακτική ικανότητα : μηδενική.
- Πυκνότητα : 300 - 600 kg/m³.
- Πορώδες : πολύ ικανοποιητικό.

Πλεονεκτήματα :

- σταθερή δομή και μεγάλη διάρκεια χρήσης
- χημική αδράνεια
- απουσία παρασίτων κατά τη διάθεση
- καλός αερισμός
- ευκολία στην απολύμανση μετά την πρώτη χρήση

Μειονεκτήματα :

- σχετικά χαμηλή ικανότητα συγκράτησης νερού
- βαρύ υλικό.

Οργανικά υλικά

Τα κυριότερα οργανικά υποστρώματα είναι οι τύρφες, το πριονίδι ξύλων (χρησιμοποιείται κυρίως στον Καναδά), ο φελλός και οι φλοιοί του πεύκου (PINUS MARITIMA) που αναπτύσσεται σε πυριτικά εδάφη. Στη χώρα μας χρησιμοποιούνται μόνο οι τύρφες. Διακρίνουμε δύο τύπους :

- Τις ινώδεις τύρφες γνωστές και σαν ξανθές τύρφες. Προέρχονται από την αποδόμηση φυτικών υλικών που φύονται σε ελώδεις περιοχές. Απαντούν κυρίως στα μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη (βόρεια Ευρώπη) όπου ονομάζονται και τύρφες Σφάγγων, από το φυτό Σφάγνο από το οποίο προέρχονται. Στη χώρα μας χρησιμοποιούνται σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες και εισάγονται συνήθως από τη Σοβιετική Ένωση. Εμφανίζουν την ιδιότητα της συγκράτησης ιόντων. Σε κάποιο όμως χρονικό διάστημα αναπτύσσεται μια ισορροπία μεταξύ των προσροφημένων ιόντων και εκείνων του θρεπτικού διαλύματος, έτσι ώστε η σύσταση του τελευταίου να παραμένει σταθερή και τα φυτά να τροφοδοτούνται με θρεπτικά στοιχεία από το διάλυμα. Έχουν συνήθως ισχυρά όξινο pH που σε ακραίες περιπτώσεις πρέπει να διορθώνεται προσεκτικά με προσθήκη ασβεστίου. Οι ινώδεις τύρφες συμπιέζονται σταδιακά έτσι ώστε η δομή τους να μεταβάλλεται με το χρόνο. Για το λόγο αυτό σπάνια χρησιμοποιούνται σαν αμιγές υπόστρωμα, αλλά σε μορφή μίγματος με κάποιο ανόργανο στερεό υλικό (π.χ. περλίτης). Εμφανίζουν καλή ικανότητα συγκράτησης νερού (10 -15 φορές το βάρος του υλικού) . Στα μειονεκτήματα πρέπει να αναφερθεί, η δυσκολία απολύμανσης για δεύτερη χρήση, η μη τυποποίηση του υλικού και η δυσκολία επανύγρανσης όταν έχει ξεραθεί.
- Οι μαύρες τύρφες απαντούν σε αρκετές περιοχές της χώρας μας. Σε σύγκριση με τις ινώδεις τύρφες εμφανίζουν πολλά μειονεκτήματα, κυριότερα από τα οποία είναι ότι δεν επιτρέπουν τον σωστό αερισμό του ριζικού συστήματος, και ότι περιέχουν ανόργανα στοιχεία. Δεν μπορούν να θεωρηθούν σαν καλό υπόστρωμα.

Λίπανση

Ο σχεδιασμός του προγράμματος της λίπανσης έχει σαν στόχο τη συνεχή προσφορά των απαραίτητων για τα φυτά μακρό - μικροστοιχείων, στην ιδανική κατά περίπτωση (είδος καλλιέργειας, κλιματικές συνθήκες) αναλογία. Εκτός από την ολική ποσότητα, του κάθε στοιχείου, μας ενδιαφέρουν και σχετικές αναλογίες μεταξύ τους. Όσον αφορά τα λιπάσματα που θα χρησιμοποιηθούν, η αγορά προσφέρει μεγάλη ποικιλία, αλλά η εκλογή θα πρέπει να είναι ορθολογιστική (απλά, ευδιάλυτα και χαμηλού κόστους).

Αναφορικά δίνουμε ορισμένα παραδείγματα από την ελληνική και παγκόσμια πρακτική :

- Νιτρικό οξύ*: Σαν μέσο εξουδετέρωσης των HCO_3^- του νερού άρδευσης και σαν πηγή αζώτου (N).
- Φωσφορικό οξύ*: Σαν μέσο εξουδετέρωσης των HCO_3^- του νερού άρδευσης, αλλά και σαν πηγή φωσφόρου (P).
- Νιτρικό κάλιο: σαν πηγή αζώτου (N), καλίου (K).
- Νιτρικό ασβέστιο: σαν πηγή αζώτου (N), ασβεστίου (Ca).
- Νιτρική αμμωνία : Σαν πηγή αζώτου (N) αλλά και σαν ρυθμιστής του pH στο υπόστρωμα. Το αμμώνιο (NH_4^+ έχει την ικανότητα να ελαττώνει το pH στο διάλυμα του υποστρώματος. Η χρήση της νιτρικής αμμωνίας πρέπει να είναι προσεκτική γιατί το NH_4^+ σε μεγάλες συγκεντρώσεις (12 ppm) μπορεί να καταστρέψει το ριζικό σύστημα (ειδικά νεαρών φυτών).
- Χηλικός σίδηρος : Σαν πηγή σιδήρου.
- Θειικό κάλιο : Σαν πηγή (K) αλλά και SO_4^{2-} όταν δεν μπορούμε να καλύψουμε τις ολικές ανάγκες του φυτού σε K από το νιτρικό κάλιο. Το θειικό κάλιο είναι σχετικά δυσδιάλυτο (μέγιστη συγκέντρωση στο πυκνό διάλυμα 4 kgf K_2SO_4 / 100 lt H_2O).

* Τα οξέα είναι καυστικά και επικίνδυνα όταν έρθουν σε επαφή με το ανθρώπινο σώμα.

➤ Θεικό μαγνήσιο : Σαν πηγή μαγνησίου και SO_4^{2-} .

Όσον αφορά τα ιχνοστοιχεία Mn, Zn, Cu, χρησιμοποιούνται οι θεικές ενώσεις τους, για το Mo χρησιμοποιείται μολυβδαινικό νάτριο και για το B χρησιμοποιείται βορικό οξύ, βόρακας, άλατα του βορικού οξέος κ.α.

Επίσης λιπάσματα όπως το MgNO_3 , φωσφορικό μονοκάλιο, φωσφορικό μονοαμμώνιο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανάλογα με το πρόγραμμα λίπανσης.

Ο πίνακας 3 περιλαμβάνει τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται συνήθως για τη σύνθεση των θρεπτικών διαλυμάτων. Δίδονται επίσης η χημική σύνθεση και το μοριακό βάρος των λιπασμάτων.

Πίνακας 3. Απλά υδατοδιαλυτά λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων στην υδροπονία.

Λίπασμα	Χημικός τύπος	Θρεπτικά στοιχεία (%)	Μοριακό βάρος
Νιτρικό αμμώνιο	NH_4NO_3	N: 35	80,0
Νιτρικό ασβέστιο	$5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}] \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3$	N: 15,5, Ca: 19	1080,5
Νιτρικό κάλιο	KNO_3	N: 13, K: 38	101,1
Νιτρικό μαγνήσιο	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	N: 11, Mg: 9	256,3
Νιτρικό οξύ	HNO_3	N: 22	63,0
Φωσφορικό μονοαμμώνιο	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	N:12, P: 27	115,0
Φωσφορικό μονοκάλιο	KH_2PO_4	P:23, K:28	136,1
Φωσφορικό οξύ	H_3PO_4	P: 32	98,0
Θειικό κάλιο	K_2SO_4	K:45, S: 18	174,3
Θειικό μαγνήσιο	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Mg: 9,7, S: 13	246,3
Οξυανθρακικό κάλιο	KHCO_3	K: 39	100,1
Χηλικός σίδηρος	Διαφόρων τύπων	Fe: 6-13	-
Θειικό μαγγάνιο	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Mn: 32	169,0
Θειικός ψευδάργυρος	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Zn: 23	287,5
Θειικός χαλκός	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Cu: 25	249,7
Βόρακας	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	B: 11	381,2
Βορικό οξύ	H_3BO_3	B: 17,5	61,8
Solubor	$\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	B: 20,5	412,4
Επταμολυβδαινικό αμμώνιο	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$	Mo: 58	1163,3
Μολυβδαινικό νάτριο	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Mo: 40	241,9

Πηγή: Κατσάνος (β), 1996.

ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

Το πιο σημαντικό μέρος των υδροπονικών καλλιεργειών είναι το θρεπτικό διάλυμα. Το θρεπτικό διάλυμα είναι το διάλυμα που παρέχει στα φυτά τα απαραίτητα γι' αυτά θρεπτικά στοιχεία, τα οποία είναι διαλυμένα στο νερό. Η θρέψη των φυτών στις υδροπονικές καλλιέργειες διασφαλίζεται με τα θρεπτικά διαλύματα τα οποία περιέχουν τα 12 απαραίτητα στοιχεία. Τα μακροστοιχεία που χρειάζονται σε μεγαλύτερες ποσότητες από τα φυτά είναι το (N, P, K, Ca, Mg, S). Τα ιχνοστοιχεία που χρειάζονται σε μικρότερες ποσότητες (ίχνη) από τα φυτά είναι (Fe, Mn, B, Mo, Cu, Zn). Όλα τα φυτά δεν έχουν ακριβώς τις ίδιες απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία. Για να έχουμε τις επιθυμητές αποδόσεις πρέπει να δίνουμε τα απαιτούμενα στοιχεία στο κάθε είδος και στις απαιτούμενες συγκεντρώσεις. Στον πίνακα 4 αναφέρονται οι συγκεντρώσεις για κάθε στοιχείο για ορισμένα φυτά.

Πίνακας 4. Οι συγκεντρώσεις σε ppm για κάθε στοιχείο για τα σημαντικότερα φυτά στην υδροπονία.

Στοιχεία	Φυτά				
	Τομάτα	Αγγούρι	Φράουλα	Μαρούλι	Τριανταφυλλιά
Αζωτο	120-200	286	150	100	132
Φώσφορος	20-60	50	50	60	70
Κάλιο	170-270	274	100	300	200
Ασβέστιο	170-270	350	300	104	143
Μαγνήσιο	0,6	15	0,5-5	50	30
Σίδηρος	0,8	3	2	4	3
Μαγγάνιο	30-70	50	50	40	20
Χαλκός	0,05	0,03	0,08	0,05	0,05
Ψευδάργυρος	0,3	0,2	0,8	0,05	0,05
Βόριο	0,3	0,1	1	0,5	0,4
Μολυβδίο	0,1	0,01	0,001-0,002	0,05	0,05

Πηγή: Μαυρογιαννόπουλος, 1994.

Τα θρεπτικά διαλύματα χαρακτηρίζονται από 3 παραμέτρους:

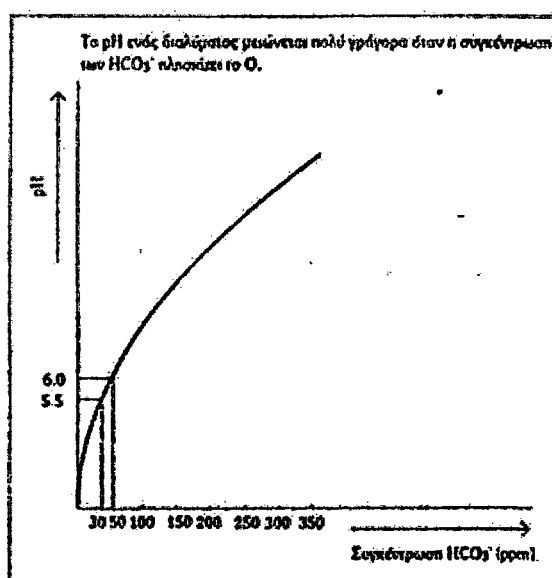
- 1) το pH,
- 2) την συγκέντρωση αλάτων και
- 3) την ιοντική ισορροπία.

Για την παρασκευή του ιδανικού θρεπτικού διαλύματος για μια καλλιέργεια πρέπει το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα και οι σχέσεις μεταξύ των ιόντων να είναι ιδανικές. Τα σημεία που πρέπει να προσεχθούν ιδιαίτερα κατά την παρασκευή ενός θρεπτικού διαλύματος είναι τα εξής:

1. Το pH του θρεπτικού διαλύματος επηρεάζεται από :
 - 1.1. Το pH του νερού άρδευσης. Η ενεργός οξύτητα του νερού μιας περιοχής εξαρτάται από α) το γεωλογικό υλικό της περιοχής , β) τις κλιματικές συνθήκες, γ) την εποχή του έτους. Στην χώρα μας τα νερά χαρακτηρίζονται συχνά από αλκαλική αντίδραση και σχετικά υψηλή συγκέντρωση όξινων ανθρακικών ιόντων. Έτσι η χρήση τους στα θρεπτικά διαλύματα, προϋποθέτει μια οξίνισή τους, με την χρήση οξέων. Τα οξέα που χρησιμοποιούνται κυρίως είναι το νιτρικό, το θειικό και το φωσφορικό. Πιο πολύ χρησιμοποιείται το HNO_3 (νιτρικό οξύ) που προσφέρει και μονάδες αζώτου στο διάλυμα, οι οποίες πρέπει από πριν να έχουν υπολογισθεί ώστε να μην υπάρχει υπερβολικό άζωτο στο διάλυμα.
 - 1.2. Το είδος των αλάτων που χρησιμοποιούνται για να συμπληρωθούν τα θρεπτικά στοιχεία στο διάλυμα.
2. Συγκέντρωση αλάτων στο θρεπτικό διάλυμα. Η συγκέντρωση αλάτων στο θρεπτικό διάλυμα μετράται με την ηλεκτρική αγωγιμότητα η οποία επηρεάζεται εκτός από τα άλατα που προστίθενται κατά την παρασκευή του, και από τα άλατα που βρίσκονται στο νερό άρδευσης. Υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού άρδευσης στην χώρα μας παρατηρείται κυρίως κοντά στις παραθαλάσσιες περιοχές και οφείλεται στην μετατόπιση της υφάλμυρης ζώνης. Τέλος χημικές αντιδράσεις μεταξύ του διαλύματος και του υποστρώματος μπορεί να οδηγήσουν σε υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα στην αρχή της υδροπονικής καλλιέργειας.
3. Ιοντική ισορροπία των θρεπτικών διαλυμάτων. Πρέπει να λαμβάνουμε σοβαρά υπόψη μας τον ανταγωνισμό των ιόντων σ' ένα θρεπτικό διάλυμα δεδομένου ότι το πλεόνασμα ενός στοιχείου μπορεί να εμποδίζει την απορρόφηση των άλλων.

Το κάλιο K^+	περιορίζει την απορρόφηση	του Mg^{++}
Το κάλιο K^+	περιορίζει την απορρόφηση	του Ca^{++}
Το ασβέστιο Ca^{++}	περιορίζει την απορρόφηση	του Mg^{++}
Το ασβέστιο Ca^{++}	περιορίζει την απορρόφηση	των ιχνοστοιχείων
Ο φώσφορος P	περιορίζει την απορρόφηση	του Zn^{++}
Ο σίδηρος Fe^{++}	περιορίζει την απορρόφηση	του Mo

Αν η σχέση των ιόντων είναι ισορροπημένη, τότε επεκτείνεται η διάρκεια ζωής στο σύστημα καλλιέργειας και συνεπώς επιτυγχάνεται μείωση εξόδων. Εκτός από τις 3 βασικές παραμέτρους των θρεπτικών διαλυμάτων που αναφέραμε πρέπει να προσεχθούν ακόμη μερικά σημεία κατά την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος



Σχηματική παράσταση μεταβολής pH του θρεπτικού διαλύματος συναρτήσει της συγκέντρωσης HCO_3^-

Τα λιπάσματα που επιλέγονται για την παρασκευή του διαλύματος πρέπει να διαλύονται πολύ καλά στο νερό. Επίσης μεγάλη σημασία έχει η αποφυγή ανάμιξης ορισμένων φωσφορικών ή θειικών ενώσεων με άλλες που έχουν σαν βάση το Ca. Για να αποφύγουμε τον σχηματισμό ιζημάτων πρέπει να χρησιμοποιούμε 2 ξεχωριστά δοχεία για την παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων.

Η διεθνής βιβλιογραφία περιέχει διάφορους τύπους θρεπτικών διαλυμάτων, ανάλογα με :

1. Το είδος και την ποικιλία του φυτού
2. Το στάδιο ανάπτυξης του φυτού
3. Το νερό της περιοχής
4. Το σύστημα καλλιέργειας, που θα χρησιμοποιήσουμε.
5. Την εποχή και τις καιρικές συνθήκες

Πολλά από αυτά τα θρεπτικά διαλύματα έχουν ως πηγή τα γεωργικά ερευνητικά ιδρύματα. Ορισμένα προτείνονται και από τις ίδιες τις εταιρίες παραγωγής υποστρωμάτων και συστημάτων καλλιέργειας. Τελευταία γίνεται προσπάθεια να καταγραφεί η κινητική των αναγκών κάθε ποικιλίας καλλιεργούμενου φυτού, έτσι ώστε να μπορεί τελικά να διαμορφωθεί ένα θρεπτικό διάλυμα εξελισσόμενο με βάση το στάδιο ανάπτυξης του φυτού. Με τον τρόπο αυτό ελαχιστοποιούνται οι απώλειες και ενδεχομένως ανεπιθύμητες επιπτώσεις στο φυτό, οφειλόμενες στην δυσαναλογία μεταξύ διάφορων στοιχείων.

Στην Ελλάδα, διαλύματα που να χρησιμοποιούνται αποκλειστικά σε καλλιέργειες εκτός εδάφους είναι ελάχιστα και για ορισμένα φυτά. Αντίθετα στο εξωτερικό, υπάρχει μεγαλύτερη ποικιλία σε μορφές τυποποιημένων διαλυμάτων για τα περισσότερα λαχανοκομικά και ανθοκομικά φυτά. Στους πίνακες 5 και 6 παρουσιάζονται τυπικές συνθέσεις θρεπτικών διαλυμάτων για λαχανοκομικά και ανθοκομικά φυτά αντίστοιχα.

Πίνακας 5. Σύνθεση θρεπτικού διαλύματος για υδροπονική καλλιέργεια λαχανοκομικών φυτών σε πετροβάμβακα (Verneer, 1994)

Προσ/σμοί	Αγγούρι	Τομάτα	Πιπεριά	Μελιτζάνα
NO ₃ -N (ppm)	140	126	140	133
H ₂ PO ₄ -P (ppm)	31	31	31	31
SO ₄ -S (ppm)	64	96	64	64
NH ₄ -N (ppm)	<7	<7	<7	<7
K (ppm)	176	195	195	176
Ca (ppm)	200	200	200	180
Mg (ppm)	50	50	61	73
Fe (ppm)	0,84	0,84	0,84	0,84
Mn (ppm)	0,38	0,38	0,38	0,38
Zn (ppm)	0,33	0,46	0,33	0,33
B (ppm)	0,54	0,54	0,54	0,54
Cu (ppm)	0,04	0,04	0,04	0,04

Πίνακας 6. Σύνθεση θρεπτικού διαλύματος για υδροπονική καλλιέργεια διαφόρων ανθοκομικών φυτών σε πετροβάμβακα ((Verneer, 1994)

Προσ/σμοί	Τριαντάφυλλο	Γαρύφαλλο	Ζέρμπερα	Ορχιδέες
NO ₃ -N (ppm)	147	161	126	53
H ₂ PO ₄ -P (ppm)	47	47	47	31
SO ₄ -S (ppm)	24	32	32	74
KH ₄ -N (ppm)	4	4	11	14
K (ppm)	225	225	225	125

Προσ/σμοί	Τριαντάφυλλο	Γαρύφαλλο	Ζέρμπερα	Ορχιδέες
Ca (ppm)	120	150	90	68
Mg (ppm)	18	18	18	22
Fe (ppm)	2,0	2,0	1,4	0,45
Mn (ppm)	0,3	0,41	0,55	1,10
Zn (ppm)	0,16	0,19	0,20	0,26
B (ppm)	0,22	0,21	0,22	0,21
Cu (ppm)	0,03	0,03	0,03	0,02
Mo (ppm)	0,05	0,05	0,05	0,04

Ενδεικτικά αναφέρεται ένα διάλυμα, το οποίο κυκλοφορεί σε μορφή δισκίου. Το δισκίο αυτό περιέχει τα θρεπτικά στοιχεία σε ορισμένη αναλογία και τοποθετείται μέσα στο υπόστρωμα κοντά στις ρίζες των φυτών. Τα δισκία αυτά, ανάλογα με την εταιρεία που τα κατασκευάζει, δίνουν θρεπτικά στοιχεία για έναν ως τρεις μήνες. Αυτά χρησιμοποιούνται μόνο σε καλλιέργειες με υπόστρωμα. Φυσικά και αυτά, όπως και τα υπόλοιπα τυποποιημένα θρεπτικά διαλύματα, που χρησιμοποιούνται στο εξωτερικό, δεν υπάρχουν στην Ελλάδα.

Πάντως υπάρχει η δυνατότητα ο καλλιεργητής να φτιάξει ένα θρεπτικό διάλυμα, όταν δυσκολεύεται στην εξεύρεσή ενός τυποποιημένου, για οικονομικούς είτε για άλλους λόγους. Μπορεί να χρησιμοποιήσει κοινά λιπάσματα για εδαφικές καλλιέργειες ή καθαρές χημικές ενώσεις. Ο καλλιεργητής πρέπει να γνωρίζει καλά την φυσιολογία του φυτού. Υπάρχει περίπτωση ο καλλιεργητής, θέλοντας να φτιάξει ένα συγκεκριμένο μίγμα, να βρει δυσκολίες στην εξεύρεση κάποιου συγκεκριμένου λιπάσματος. Τότε μπορεί να χρησιμοποιήσει κάποιο άλλο λίπασμα, το οποίο είναι διαθέσιμο, με διαφορετικές όμως αναλογίες στο μίγμα, γιατί μπορεί να είναι πυκνότερο ή αραιότερο στο απαιτούμενο στοιχείο.

Εκτός από τα παραπάνω, χρειάζεται να επισημάνουμε και ορισμένους παράγοντες, που παίζουν βασικό ρόλο στη δημιουργία ενός αποδοτικού

διαλύματος. Οι παράγοντες αυτοί, που αναφέρονται στη συνέχεια αναλυτικά, είναι οι εξής : 1) το νερό, 2) η οξύτητα (pH), 3) η ηλεκτρική αγωγιμότητα, 4) η οξυγόνωση, 5) τροφοπενίες και τοξικότητες.

Παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοτικότητα του θρεπτικού διαλύματος

Νερό

Το νερό είναι ένας από τους σπουδαιότερους παράγοντες για την ανάπτυξη των φυτών. Στις καλλιέργειες εκτός εδάφους χρησιμοποιείται τόσο για την άρδευση των φυτών όσο και για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων (Δρίμτζας, 1993).

Η ποιότητα του νερού πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη και αυτό γιατί μπορεί να διαφέρει σημαντικά ανάλογα :

- Με την προέλευση του νερού (πηγή, γεώτρηση, ποτάμι, βρόχινο νερό κ.λ.π.)
- Τις εποχιακές κλιματολογικές διακυμάνσεις.
- Την τοποθεσία και το εδαφικό ανάγλυφο (τύπος του πετρώματος της υδρολογικής λεκάνης που συγκρατεί το νερό, απόσταση από τη θάλασσα κλπ).
- Το επίπεδο μόλυνσης από βιομηχανικά απόβλητα, τόσο των επιφανειακών όσο και των υπόγειων υδάτων.

Επομένως είναι σημαντικό να ελέγχεται η πηγή σε τακτά χρονικά διαστήματα για κάθε μεταβολή της ποιότητας του παρεχομένου νερού. Επίσης συχνοί έλεγχοι της αγωγιμότητας του με φορητό αγωγιμόμετρο, είναι χρήσιμοι, ειδικά για γεωτρήσεις. Η ποιότητα του νερού εξαρτάται από την ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.) αλλά και από τα επιμέρους στοιχεία που μπορεί να υπάρχουν κατά περίπτωση. Η E.C. σαν μέσο μέτρησης της συνολικής συγκέντρωσης των ιόντων στο νερό δεν μας δίνει πληροφορίες για το ποια ιόντα βρίσκονται μέσα σ' αυτό. Νερό με E.C. > 1,5 ms / cm (25°C) θεωρείται ακατάλληλο για υδροπονία αν και μπορεί να ξεπεραστεί σ' ορισμένες περιπτώσεις με τον κατάλληλο προγραμματισμό άρδευσης. Αναφέρεται η

περίπτωση της περιοχής Aalmagia στην Ισπανία όπου καλλιεργούν υδροπονικά σε πετροβάμβακα χρησιμοποιώντας νερό άρδευσης με E.C. περίπου 2,5 - 3,0 ms / cm αλλά ποτίζοντας και κατά τη διάρκεια της νύχτας. Υπάρχουν φυτά πιο ανθεκτικά στην αλατότητα όπως η τομάτα, αλλά και ευαίσθητα όπως η αγγουριά και το πεπόνι, όταν χρησιμοποιείται νερό με υψηλή E. C. δεν πρέπει να αναμένονται μεγάλες αποδόσεις.

Όσον αφορά τα επιμέρους ανεπιθύμητα στοιχεία που μπορεί να περιέχονται στο νερό άρδευσης, στη χώρα μας είναι κυρίως το νάτριο (Na) και το χλώριο (Cl). Γενικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι η περιεκτικότητα του νερού σε $Cl^- > 150$ ppm και $Na^+ > 100$ ppm είναι επισφαλής για την επιτυχία της καλλιέργειας. Αλλά και σ' αυτή την περίπτωση εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας και τον προγραμματισμό άρδευσης (συχνότερα ποτίσματα, άρα μεγαλύτερη απορροή μειώνουν τον κίνδυνο συσσώρευσης επιβλαβών στοιχείων). Επίσης αναφέρουμε την περίπτωση καλλιέργειας ντομάτας σε πετροβάμβακα στην Ολλανδία και τη Μ. Βρετανία, όπου για να κρατήσουν την E.C. σε υψηλά επίπεδα (5 - 7 ms / cm) σ' ορισμένα καλλιεργητικά στάδια, προσφέρουν χλωριούχο νάτριο (NaCl) και οι ποσότητες νατρίου (Na), χλωρίου (Cl) που έχουν μετρηθεί στο υπόστρωμα ξεπερνούν τα 400 ppm χωρίς καμία επίδραση στην καλλιέργεια.

Άλλα στοιχεία που υπάρχουν στο νερό των γεωτρήσεων και μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα φυτοτοξικότητας είναι κυρίως το μαγγάνιο (συγκέντρωση Mn < 0,5 ppm), το βόριο (συγκέντρωση B < 0,3 ppm), ο ψευδάργυρος (συγκέντρωση Zn < 0,2 ppm) και ο χαλκός (συγκέντρωση Cu < 0,03 ppm).

Ένας επιπλέον παράγοντας που έχει σημαίνοντα ρόλο στην υδροπονία είναι η περιεκτικότητα του νερού σε διτανθρακικά (HCO_3^-). Η συγκέντρωση διτανθρακικών είναι ένα μέτρο της ρυθμιστικής ικανότητας του νερού στη μείωση του pH. Όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση σε HCO_3^- τόσο περισσότερο οξύ χρειάζεται για την εξουδετέρωσή του.

Στην Ελλάδα η περιεκτικότητα του νερού άρδευσης είναι μεγαλύτερη των 120 ppm. Έχοντας υπόψη για τα περισσότερα φυτά το ιδανικό pH στη ριζόσφαιρα

είναι 5,5 - 6,5, αφήνουμε μετά την εξουδετέρωση 30 - 50 ppm HCO_3^- στο νερό άρδευσης.

Συνοψίζοντας, η χημική ανάλυση του νερού άρδευσης αποτελεί προϋπόθεση για την έναρξη υδροπονικής καλλιέργειας. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αποτελούν τη βάση για το σχεδιασμό του προγράμματος λίπανσης. Μια πλήρης ανάλυση του νερού θα πρέπει να περιλαμβάνει τα στοιχεία: HCO_3^- , CO_3^- , SO_4^- , Cl^- (Θεοθώρου & Πασχαλίδης, 1999).

Το νερό με περιεκτικότητα μετάλλων και ιχνοστοιχείων, όπως βόριο (B), χαλκός (Cu) κ.λ.π. προτιμάται. Το καλύτερο νερό πάντως είναι το απιονισμένο.

Οξύτητα

Με εξαίρεση ορισμένα φυτά με συγκεκριμένες απαιτήσεις που μπορούν να καλλιεργούνται σε επίπεδα ακραίων τιμών pH, η μεγαλύτερη πλειοψηφία των καλλιεργούμενων ειδών προτιμά τιμές pH 5,5 έως 6,5. Οι μέσες αυτές τιμές pH παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα και σε χημικό επίπεδο μια και αποφεύγεται η ενδεχόμενη δέσμευση των φωσφορικών ενώσεων και ορισμένων ιχνοστοιχείων.

Η τελική τιμή pH ενός θρεπτικού διαλύματος είναι ταυτόχρονα συνάρτηση της τιμής pH του νερού που έχουμε στη διάθεση μας, και της φύσης των αλάτων του θρεπτικού διαλύματος.

Η χημική σύσταση του νερού είναι συνάρτηση του γεωλογικού υλικού της περιοχής, των κλιματολογικών συνθηκών και μεταβάλλεται από περιοχή σε περιοχή. Μεταβάλλεται επίσης κατά τη διάρκεια των διάφορων εποχών του χρόνου, μέσα στην ίδια περιοχή.

Στη χώρα μας, τα νερά χαρακτηρίζονται συχνά από αλκαλική αντίδραση και σχετικά υψηλή συγκέντρωση όξινων ανθρακικών ιόντων.

Μια σημαντική διαφορά των φυτών που αναπτύσσονται στο έδαφος και αυτών εκτός εδάφους είναι, ότι στη δεύτερη περίπτωση για τη ρύθμιση του pH απαιτούνται μικρές ποσότητες οξέος. Αυτό βοηθά στο να προλαβαίνουμε τις γρήγορες αλλαγές του pH, οι οποίες εξαρτώνται από την ανταλλαγή ιόντων.

Συνήθως χρησιμοποιούνται τρία οξέα : το φωσφορικό, το νιτρικό και το θειικό οξύ. Το φωσφορικό και το νιτρικό οξύ πλεονεκτούν κατά το ότι μπορούν να παίζουν διπλό ρόλο. Ταυτόχρονα με την οξίνιση του νερού, προσθέτουν φώσφορο και άζωτο, δύο από τα τρία βασικά στοιχεία θρέψης των φυτών. Σε σύγκριση όμως με το θειικό οξύ, εμφανίζουν μικρότερη ικανότητα ρύθμισης του pH κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, ιδιαίτερα σε ορισμένους τύπους υποστρωμάτων όπως η τύρφη. Συγχρόνως, τα ιόντα SO_4^- που εισέρχονται στο θρεπτικό διάλυμα με την προσθήκη του θειικού οξέος σε ποσότητα μεγαλύτερη από τις ανάγκες του φυτού στο στοιχείο θείο, δεν έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτών (όπως έχουν π.χ. τα ιόντα NO_3^-). Για τους λόγους αυτούς, στις περιπτώσεις οξίνισης του νερού με φωσφορικό ή νιτρικό οξύ, τα ιόντα NO_3^- και PO_4^- τα προερχόμενα από αυτά τα οξέα, πρέπει απαραίτητα να υπολογίζονται στη σύσταση του θρεπτικού διαλύματος, έργο σχετικά δύσκολο για τον παραγωγό.

Σε πρόσφατα πειράματα, διαπιστώθηκε ακόμη, ότι στις περιπτώσεις ανακυκλούμενων θρεπτικών διαλυμάτων, η οξίνιση με νιτρικό οξύ κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου, απαιτεί τέτοιες ποσότητες οξέος, ώστε συχνά να δημιουργείται πρόβλημα υπερβολικής προσφοράς αζώτου και να επιβάλλεται η αντικατάσταση του θρεπτικού διαλύματος με νέο.

Η επιλογή των κατάλληλων αλάτων μπορεί επίσης να επηρεάσει την αντίδραση του θρεπτικού διαλύματος. Στον πίνακα αναφέρεται ενδεικτικά το pH διαλυμάτων διαφόρων αλάτων που χρησιμοποιούνται συχνά στην παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων.

Πίνακας 7. pH απλών διαλυμάτων ορισμένων αλάτων που χρησιμοποιούνται κατά την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων

Άλας	Συγκέντρωση (gr/l)	pH
Νιτρικό κάλιο	101	6,3
Νιτρικό ασβέστιο	164	6,1
Νιτρικό μαγνήσιο	148	6,5
Δισόξινο φωσφορικό κάλιο	136	4,1
Δισόξινο φωσφορικό ασβέστιο	12,7	3,4
Όξινο φωσφορικό αμμώνιο	132	8,0
Θειικό κάλιο	174	6,0
Θειικό μαγνήσιο	120	5,6
Χλωριούχο κάλιο	149	6,6

Νιτρικό αμμώνιο	160	5,5
Κίτρικός σίδηρος	1	7,5
Διάλυμα ιχνοστοιχείων	10	4,3

Η χημική ενεργότητα του υποστρώματος μπορεί ακόμη να επηρεάσει αποφασιστικά την αντίδραση του διαλύματος. Αν το υπόστρωμα δεσμεύει κατιόντα (π.χ. η τύρφη), έχουμε οξίνιση. Η ιδιότητα αυτή επιβάλλει την ουδετεροποίηση της τύρφης. Αντίθετα αν το υπόστρωμα απελευθερώνει κατιόντα, έχουμε αλκαλίωση. Η επιλογή ενός υποστρώματος φυσικό -χημικά ανενεργού, μας απαλλάσσει από προβλήματα αυτής της μορφής.

Για την ικανοποιητική απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά πρέπει :

1. Το θρεπτικό στοιχείο να βρίσκεται στο θρεπτικό διάλυμα σε ποσότητα τέτοια, που να καλύπτει τον βαθμό απορρόφησής του , από το φυτό.
2. Το pH του θρεπτικού διαλύματος να βρίσκεται μεταξύ των ορίων εκείνων, που είναι δυνατή η απορρόφηση τόσο των μακροστοιχείων όσο και των μικροστοιχείων.

Από τα μακροστοιχεία, ο φώσφορος και από τα ιχνοστοιχεία ο σίδηρος (Fe), το μαγνήσιο (Mg), το βόριο (B), ο χαλκός (Cu), και ο ψευδάργυρος (Zn) γίνονται λιγότερο διαθέσιμα για τα φυτά όσο το pH αυξάνει. Το μαγγάνιο (Mn) και ο φώσφορος (P) είναι από τα πλέον ευαίσθητα και από τα πρώτα που απομακρύνονται από το διάλυμα.

Η πτώση του pH σε πολύ χαμηλά επίπεδα έχει ως συνέπεια την αποδόμηση των κυτταρικών μεμβρανών, με αποτέλεσμα το θάνατο του φυτού. Αυτό συμβαίνει γιατί το pH των φυτικών κυττάρων κυμαίνεται από 7 - 7,5, ενώ το pH του χυμού του φυτού από 5 - 6. Έτσι σε pH διαλύματος του 3 - 4 οι κυτταρικές μεμβράνες γίνονται παράτες και αδυνατούν να ελέγχουν τα εισερχόμενα ή εξερχόμενα θρεπτικά στοιχεία.

Στις μονάδες που λειτουργούν σε επιχειρηματική βάση είναι κοινή πρακτική να διατηρούν το pH του διαλύματος μεταξύ 5,5 - 6,5, χρησιμοποιώντας ένα αυτόματο μηχανισμό ελέγχου, ο οποίος είναι συνδεδεμένος με το γυάλινο ηλεκτρόδιο του πεχάμετρου, που καταλήγει στη συλλεκτήρια δεξαμενή. Για

περιορισμένης έκτασης καλλιέργειες ο έλεγχος του pH γίνεται με φορητά πεχάμετρα. Το pH πρέπει να ελέγχεται δύο φορές την εβδομάδα.

Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα σε φυσικό μέγεθος είναι το αντίστροφο της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης ενός υλικού, έχει δηλαδή διαστάσεις ηλεκτρικής αντίστασης ανά μονάδα μήκους. Στην πράξη όμως -για χάρη συντομίας- έχει επικρατήσει να ονομάζεται το μέγεθος αυτό απλώς ηλεκτρική αγωγιμότητα. Στην περίπτωση των ηλεκτρολυτικών διαλυμάτων εκφράζει την ικανότητα ενός διαλύματος που έχει τοποθετηθεί σε κύβο, πλευράς ίσης με τη μονάδα να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα, αν το διάλυμα μέσω δύο ηλεκτροδίων τεθεί υπό διαφορά δυναμικού.

Σήμερα, σαν μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας έχει καθιερωθεί διεθνώς το ds / m (σε ορισμένες περιπτώσεις 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 αποτελεί μέτρο της περιεκτικότητας τους σε θρεπτικά στοιχεία κι άλλα ανόργανα άλατα.

Βέβαια, τόσο το νερό όσο και τα θρεπτικά διαλύματα περιέχουν διαλυμένα περισσότερα του ενός είδους άλατα, τα οποία δεν συμπεριφέρονται με τον ίδιο τρόπο σε ένα υδατικό διάλυμα. Γι' αυτό, η συγκέντρωση του καθενός από αυτά δεν συνδέεται με την ίδια ακριβώς σχέση με την ηλεκτρική αγωγιμότητα του διαλύματος. Έχει βρεθεί ότι οι διαφορές μεταξύ των συνηθισμένων αλάτων που περιέχονται στα φυσικά νερά δεν είναι μεγάλες. Έτσι η συνολική τους συγκέντρωση μπορεί να εκτιμηθεί με αποδεκτή για πρακτικούς σκοπούς ακρίβεια μέσω της ηλεκτρικής τους αγωγιμότητας με την βοήθεια της εμπειρικής σχέσης $C=11 \times EC$, όπου C είναι η συνολική συγκέντρωση αλάτων στο νερό σε meq / l και EC η ηλεκτρική του αγωγιμότητα σε ds / m . Η ίδια σχέση μπορεί να εφαρμοστεί και για τη μετατροπή της αγωγιμότητας σε συγκέντρωση αλάτων και αντιστρόφως στα θρεπτικά διαλύματα που χρησιμοποιούνται στις υδροπονικές καλλιέργειες (Σάββας, 1995).

Παρόλο που η ηλεκτρική αγωγιμότητα δεν μας δίνει καμία πληροφορία για το είδος των αλάτων που είναι διαλυμένα σε ένα νερό ή θρεπτικό διάλυμα, παρά μόνο για τη συνολική τους συγκέντρωση, χρησιμοποιείται στην ως βασικό μέγεθος αναφοράς, τόσο κατά τον καθημερινό έλεγχο της κατάστασης του θρεπτικού διαλύματος στο χώρο του ριζικού συστήματος, όσο και για την πιστοποίηση της καταλληλότητας των διαλυμάτων που παρασκευάζονται, 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. Αντίστοιχα, τιμές υψηλότερες από ένα ανώτερο όριο σημαίνουν ότι η συνολική περιεκτικότητα του διαλύματος σε άλατα (θρεπτικών στοιχείων και μη) είναι τόσο μεγάλη, ώστε τα φυτά υφίσταται αλατούχο καταπόνηση ανάλογη με αυτή στην οποία είναι εκτεθειμένα όταν καλλιεργούνται σε αλατούχα εδάφη. Για τα περισσότερα λαχανοκομικά φυτά η ηλεκτρική αγωγιμότητα του διαλύματος πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 2 και 3, σπανιότερα μέχρι 4 ds/m. Ακόμη πιο σπάνια, κυρίως κατά τη διάρκεια βλαστικών σταδίων ανάπτυξης ορισμένων καρποδοτικών λαχανικών, η αγωγιμότητα μπορεί να αυξηθεί και πάνω από 4 ds/m με στόχο την αποφυγή μιας υπέρμετρης βλαστικής αύξησης των φυτών και συνεπώς την επίτευξη καλύτερης ισορροπίας μεταξύ βλάστησης και καρποφορίας.

Όταν επικρατεί ζεστός καιρός και ηλιοφάνεια και γενικά συνθήκες που ευνοούν έντονους ρυθμούς διαπνοής, οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας θα πρέπει να τείνουν προς τα κατώτερα όρια, ενώ κάτω από συνθήκες χαμηλών ρυθμών διαπνοής (συννεφιά, υγρός καιρός κ.λ.π.) ενδείκνυται τιμές κοντά στα ανώτερα όρια που συνιστώνται για το συγκεκριμένο φυτό και στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας. Σε ορισμένα λαχανοκομικά φυτά όπως π.χ. η τομάτα, μικρή αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του διαλύματος της τάξεως των 1- 2 ds/m βελτιώνει την ποιότητα και την ικανότητα συντήρησης των καρπών. Φυτά όπως η τομάτα, που θεωρείται μέτρια ανθεκτική στην αλατότητα, συχνά παρουσιάζουν μικρότερες απώλειες σε παραγωγή από το κέρδος που προκύπτει λόγω της καλύτερης ποιότητας των καρπών, όταν βέβαια η αγωγιμότητα του διαλύματος αυξάνεται εντός ορισμένων ορίων. Γι'

αυτό σε ορισμένες περιπτώσεις συνίσταται μια μικρή αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του διαλύματος πάνω από τα συνηθισμένα όρια, με στόχο να βελτιωθεί η ποιότητα των καρπών, έστω και αν παράλληλα μειώνεται και η παραγωγή σε ένα μικρό βαθμό.

Μικρές αυξήσεις στην τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας επιτυγχάνονται μέσω ομοιόμορφης ανύψωσης της συγκέντρωσης όλων των θρεπτικών στοιχείων που εμπεριέχονται στο διάλυμα, έτσι ώστε οι μεταξύ τους αναλογίες να παραμένουν σταθερές. Πρακτικά, αυτό γίνεται αυξάνοντας την αναλογία αραίωσης των πυκνών διαλυμάτων π.χ. από 1 : 100 σε 1,2 : 100. Μεγαλύτερες αυξήσεις στην τιμή της αγωγιμότητας επιτυγχάνονται μέσω εκλεκτικής ανύψωσης της συγκέντρωσης ορισμένων μόνο μακροστοιχείων σε αρκετά υψηλότερα επίπεδα από τα συνηθισμένα ή προσθήκης χλωριούχου νατρίου. Στην περίπτωση αυτή η σύνθεση του διαλύματος προφανώς επανακαθορίζεται συνολικά.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού άρδευσης που χρησιμοποιείται για την παρασκευή των διαλυμάτων όχι σπάνια είναι πολύ ή και υπερβολικά υψηλή. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, το θρεπτικό διάλυμα που προκύπτει μετά την προσθήκη των απαιτούμενων ποσοτήτων λιπασμάτων στο νερό έχει μεγάλη συνολική συγκέντρωση αλάτων. Σ' αυτά τα νερά, οι συγκεντρώσεις ορισμένων ή και όλων των ιόντων που περιέχονται συνήθως στα φυτά, δηλαδή ιόντων χλωρίου, νατρίου, οξυανθρακικών, ασβεστίου μαγνησίου και θεικών είναι ήδη ψηλότερες από αυτές που επιδιώκονται συνήθως στα θρεπτικά διαλύματα. Βέβαια, τόσο μεγάλες περιεκτικότητες σε αυτά τα στοιχεία, ώστε να εμφανισθούν ειδικές τοξικότητες, π.χ. νατρίου και χλωρίου υφίσταται μόνο σε υφάλμυρα νερά.

Το πρόβλημα με τα νερά που έχουν μεν αυξημένη αγωγιμότητα, όχι όμως σε τέτοιο βαθμό ώστε να κατατάσσονται στα υφάλμυρα συνίσταται στη μείωση της παραγωγής λόγω γενικής αλατούχου επιβάρυνσης των φυτών, σε βαθμό ανάλογο με την ευαισθησία του εκάστοτε λαχανοκομικού είδους στην αλατότητα. Από σχετικά πειράματα έχει αποδειχθεί ότι στις υδροπονικές καλλιέργειες η παραγωγή μειώνεται γραμμικά όταν η αγωγιμότητα του διαλύματος αυξάνει πάνω από ένα ορισμένο όριο.

Φυσικά η άρδευση με αλατούχο νερό είναι ένα γενικότερο πρόβλημα στην γεωργική πράξη και όχι ένα ειδικό πρόβλημα της υδροπονίας. Αντίθετα μάλιστα, πρέπει να τονισθεί ότι το πρόβλημα της αναγκαστικής χρήσης νερού με υψηλή συγκέντρωση αλάτων είναι πολύ πιο εύκολο να αντιμετωπισθεί στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα σε σύγκριση με τις καλλιέργειες στο έδαφος. Αυτό οφείλεται κατ' αρχήν στη δυνατότητα προσαρμογής της σύνθεσης του θρεπτικού διαλύματος στη δεδομένη σύσταση του νερού σε θρεπτικά στοιχεία. Συγκεκριμένα, οι ποσότητες θρεπτικών στοιχείων που υπάρχουν στο νερό αφαιρούνται από το σύνολο των λιπασμάτων που θα προστεθούν, ενώ παράλληλα ανυψώνονται και οι συγκεντρώσεις των υπόλοιπων θρεπτικών στοιχείων που δεν περιέχονται σε υψηλές συγκεντρώσεις στο νερό, έτσι ώστε τουλάχιστο οι αναλογίες συγκεντρώσεων μεταξύ των θρεπτικών στοιχείων να μην εμφανίζουν ανισορροπία. Εκτός αυτού όμως, η έκπλυση των συσσωρευμένων αλάτων από τα υδροπονικά υποστρώματα μπορεί να γίνεται πολύ πιο συχνά και πιο αποτελεσματικά, λόγω του πολύ μικρότερου όγκου ριζοστρώματος ανά φυτό, όποτε δεν παρατηρείται εναλάτωση του χώρου ανάπτυξης των ριζών με την πάροδο του χρόνου.

Το πρόβλημα με τα επιβαρημένα με άλατα νερά είναι όμως πολύ σοβαρό στα κλειστά υδροπονικά συστήματα, στα οποία λαμβάνει χώρα συνεχής ανακύκλωση του διαλύματος. Στα θρεπτικά διαλύματα που παρασκευάζονται με αλατούχα νερά, η συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου και νατρίου, αλλά συχνά και ορισμένων μακροστοιχείων (κυρίως Ca, Mg και SO_4^{2-}) ή ιχνοστοιχείων, ξεπερνά την αναλογία ιόν / νερό, με την οποία αυτά απορροφούνται από τα φυτά. Έτσι η συνεχής επαναχρησιμοποίηση ενός θρεπτικού διαλύματος που έχει παρασκευασθεί με αλατούχο νερό συνεπάγεται την ανεξέλεγκτη συσσώρευση των ιόντων αυτών στο διάλυμα. Γι' αυτό προϋπόθεση για την εγκατάσταση κλειστού υδροπονικού συστήματος είναι η ύπαρξη νερού με χαμηλή περιεκτικότητα σε άλατα και επομένως με χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα. Είναι βέβαια ευνόητο, ότι τα νερά με υπερβολικές συγκεντρώσεις σε ιχνοστοιχεία είναι ακατάλληλα για κλειστά υδροπονικά συστήματα.

Οξυγόνωση

Η οξυγόνωση του ριζικού συστήματος παίζει σημαντικό ρόλο στις καλλιέργειες εκτός εδάφους. Είναι δε πολύ πιο απαραίτητη σ' αυτές, όπου τα φυτά βρίσκονται ολικώς ή μερικώς μέσα στο θρεπτικό διάλυμα, που ανακυκλώνεται.

Το οξυγόνο είναι πρακτικά αδιάλυτο μέσα στο νερό, η συγκέντρωση του όμως μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας του διαλύματος ($15^{\circ}\text{C} : 10,2 \text{ ppm}$, $25^{\circ}\text{C} : 8,5 \text{ ppm}$, $35^{\circ}\text{C} : 7,1 \text{ ppm}$).

Ο εμπλουτισμός του διαλύματος με οξυγόνο γίνεται ή με ελεύθερη πτώση ή με ανάδευση ή με προσθήκη οξυγόνου υπό πίεση. Ο βαθμός απορρόφησης του, είναι συνάρτηση της ταχύτητας ροής διαλύματος στα κανάλια.

Όταν υπάρχει έλλειψη οξυγόνου στο διάλυμα, τότε έχουμε μειωμένη ανάπτυξη των φυτών, γηρασμό, αποκόλληση των φύλλων και έκπτυξη ριζών από το βλαστό.

Τροφοπενίες - Τοξικότητες

Τα συστήματα, στα οποία το διάλυμα ανακυκλώνεται, είναι τα πιο οικονομικά, αλλά αντιμετωπίζουν τα εξής μειονεκτήματα : ξένα σώματα ή ανεπιθύμητα ιόντα από το νερό ή από τα χρησιμοποιούμενα χημικά είναι δυνατόν να συσσωρευτούν σε τοξικά επίπεδα για το φυτό και η επιθυμητή ισορροπία των στοιχείων στο διάλυμα να χαθεί. Για να αποφύγουμε κάτι τέτοιο, το θρεπτικό διάλυμα πρέπει να αναλύεται χημικά κάθε δύο εβδομάδες για τα μακροστοιχεία και κάθε 4 - 6 εβδομάδες για τα ιχνοστοιχεία.

Από την άλλη πλευρά όμως υπάρχει μικρή διαφορά στις ποσότητες των τοξικών στοιχείων, που συσσωρεύονται στο διάλυμα στις καλλιέργειες σε υποστρώματα από αυτές στο έδαφος. Πραγματικά οι πρώτες έχουν το πλεονέκτημα ότι αν υποψιαστούμε κάποια μόλυνση (χημική) του θρεπτικού διαλύματος έχουμε τη δυνατότητα να το ανανεώσουμε, κάτι που δεν μπορεί να γίνει στο έδαφος.

Η τροφοπενία φωσφόρου είναι σπάνια, αλλά μπορεί να συμβεί στα νεαρά φυτά αν η θερμοκρασία του διαλύματος πέσει κάτω από τους 13°C για αρκετά μεγάλη περίοδο.

Η εκδήλωση της τροφοπενίας ασβεστίου εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες μεταξύ των οποίων : η υγρασία, η κατάσταση του ριζικού συστήματος και το pH του διαλύματος.

Κατά την περίοδο της μάρανσης των ριζών, όταν υπάρχουν πολλοί καρποί στα φυτά, τα νεαρά φύλλα παρουσιάζουν συχνά συμπτώματα τροφοπενίας μαγγανίου και σιδήρου. Αυξάνοντας τη συγκέντρωσή τους στο διάλυμα δεν παρατηρείται μείωση της χλώρωσης. Έχει όμως διαπιστωθεί ότι 2 - 3 διαφυλλικοί ψεκασμοί ανά 7 ημέρες με 0,1% Fe - EDTA και 0,1 % $MgSO_4$, περιορίζουν πάρα πολύ τα συμπτώματα.

Η τοξικότητα ψευδαργύρου και χαλκού πιθανόν παρουσιάζεται επειδή τα στοιχεία αυτά περιέχονται στα γαλβανισμένα μέρη των σωληνώσεων του συστήματος κυκλοφορίας του διαλύματος.

Δεν έχει προσδιοριστεί η τιμή συγκέντρωσης του ψευδαργύρου και του χαλκού στο διάλυμα που τα καθιστά τοξικά για τα φυτά.

Άλλα βαριά μέταλλα, όπως το νικέλιο και το κάδμιο, μπορούν να βρεθούν σε υψηλές συγκεντρώσεις στο διάλυμα.

Πρέπει τέλος, να σημειωθεί ότι και τα φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούμε στο διάλυμα μπορούν να προκαλέσουν τοξικότητες.

Έλεγχος και αναπροσαρμογή των θρεπτικών διαλυμάτων

Όπως αναφερθήκαμε πιο πάνω, η υδροπονία βασίζεται στην τροφοδότηση των φυτών με θρεπτικά στοιχεία μέσω ενός τεχνητού θρεπτικού διαλύματος.

Τα συστήματα της υδροπονίας διακρίνονται σε ανοιχτά και σε κλειστά. Ένα υδροπονικό σύστημα ονομάζεται ανοιχτό, όταν το μέρος του θρεπτικού διαλύματος που ως πλεονάζον απορρέει από το χώρο των ριζών, δεν συλλέγεται αλλά αφήνεται να χαθεί στο περιβάλλον (συνήθως απορροφάται από το έδαφος του θερμοκηπίου). Κλειστό αντίθετα καλείται κάθε υδροπονικό σύστημα, στο οποίο το πλεονάζον θρεπτικό διάλυμα που απομακρύνεται από το ριζικό σύστημα συλλέγεται, ανανεώνεται, συμπληρώνεται και με την βοήθεια μιας αντλίας οδηγείται ξανά στα φυτά προς επαναχρησιμοποίηση. Στα κλειστά συστήματα έχουμε δηλαδή μια συνεχή κυκλική ροή του

διαλύματος (ανακύκλωση). Κατ' αυτόν τον τρόπο η ποσότητα νέου διαλύματος που εισάγεται στο σύστημα ισούται με την ποσότητα που καταναλώνεται από τα φυτά, στο βαθμό τουλάχιστο που δεν υπάρχουν διαρροές και οι αγωγοί, μέσα από τους οποίους ρέει το διάλυμα, είναι καλυμμένοι, οπότε οι απώλειες από εξάτμιση είναι αμελητέες.

Είναι γνωστό ότι και τα φυτά που καλλιεργούνται στο έδαφος εφοδιάζονται με θρεπτικά στοιχεία από ένα θρεπτικό διάλυμα, φυσικό όμως, το εδαφικό διάλυμα. Τόσο όμως στη περίπτωση που χρησιμοποιούνται υποστρώματα όσο και στη περίπτωση της καλλιέργειας σε αμιγές θρεπτικό διάλυμα, ο συνολικός όγκος του χώρου στον οποίο αναπτύσσεται η ρίζα και συνεπώς και ο όγκος του θρεπτικού διαλύματος ανά φυτό είναι δραστικά μειωμένος σε σχέση με τους αντίστοιχους όγκους που υφίστανται σε καλλιέργειες φυτών του ίδιου είδους στο έδαφος. Για παράδειγμα ένα φυτό ντομάτας, το οποίο αναπτύσσεται στο έδαφος θερμοκηπίου σε καλλιέργεια με πυκνότητα φύτευσης 2500 φυτά ανά στρέμμα ($0,4\text{m}^2/\text{φυτό}$) και με δεδομένο ένα βάθος ριζοστρώματος περί τα 0,5m εκμεταλλεύεται ένα όγκο εδάφους περίπου 200 lt. Αν θεωρηθεί μια συνήθης περιεκτικότητα του χρώματος σε υγρασία γύρω στα 30%, τότε αυτό το φυτό έχει περίπου 60 λίτρα εδαφικού διαλύματος στη διάθεσή του όταν είναι ποτισμένο. Στην καλλιέργεια σε πετροβάμβακα όμως για παράδειγμα, αντιστοιχούν μόνο 3,75 lt υπόστρωμα ανά φυτό ντομάτας (τρία φυτά ανά πλάκα πετροβάμβακα διαστάσεως $100 \times 15 \times 7,5 \text{ cm}$) . Με δεδομένη μια περιεκτικότητα του πετροβάμβακα σε θρεπτικό διάλυμα γύρω στα 75% σε κατάσταση κορεσμού, κάθε φυτό έχει στη διάθεση του 2,8 lt θρεπτικό διάλυμα. Σε ένα σύστημα NFT αντιστοιχούν συνήθως μόνο 2 λίτρα διαλύματος ανά φυτό. Ποσότητα 2 - 2,8 λίτρα διαλύματος καλύπτει τις ανάγκες ενός καρποφορούντος φυτού ντομάτας σε νερό και θρεπτικά στοιχεία μόνο για 1- 2 μέρες ενώ τα 60 λίτρα επαρκούν για 25 - 50 μέρες. Είναι φυσικά ευνόητο, ότι όταν ο όγκος του διαλύματος, από το οποίο τρέφεται ένα φυτό είναι 2 - 3 λίτρα οι μεταβολές στις συγκεντρώσεις των θρεπτικών ιόντων και στις μεταξύ τους αναλογίες σαν συνέπεια της εκλεκτικής απορρόφησης αυτών από το φυτό είναι πολύ πιο γρήγορες και πολύ πιο έντονες.

Από το παραπάνω παράδειγμα γίνεται φανερό πόσο ακριβής πρέπει να είναι η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος στην υδροπονία και πόσο τακτική η

παροχή του στο χώρο ανάπτυξης του ριζικού συστήματος, ώστε να εξασφαλίζεται η καλή θρέψη και ανάπτυξη των φυτών. Είναι επομένως απαραίτητο να ελέγχεται τακτικά η σύσταση και οι άλλες ιδιότητες του θρεπτικού διαλύματος στο χώρο των ριζών και όποτε υπάρχει ανάγκη τα μεγέθη αυτά να αναπροσαρμόζονται πάλι στα αρχικά επιθυμητά επίπεδα.

Από την άλλη πλευρά όμως, η αριστοποίηση της σύστασης του διαλύματος με το οποίο τρέφονται τα φυτά αλλά και η επέμβαση προς διόρθωση ανισορροπιών που τυχόν εμφανίζονται είναι πιο εύκολη στην υδροπονία, αφού σε κάθε φυτό αντιστοιχεί ένας τόσο μικρός όγκος ριζοστρώματος και θρεπτικού διαλύματος, το οποίο πολύ εύκολα και γρήγορα μπορεί να ανανεώνεται.

Πριν γίνει συγκεκριμένη αναφορά στους ελέγχους και τις αναπροσαρμογές που πρέπει να γίνονται στο θρεπτικό διάλυμα ώστε να εξασφαλίζεται σε όλα τα στάδια της καλλιέργειας η ισόρροπη θρέψη και ανάπτυξη των φυτών, θα πρέπει να τονιστεί ότι έλεγχοι πρέπει να γίνονται τόσο στο νωπό θρεπτικό διάλυμα που φτάνει στα φυτά μέσω του συστήματος παροχής, όσο και σε αυτό που υπάρχει στο χώρο των ριζών.

Στην περίπτωση των ανοιχτών υδροπονικών συστημάτων, η σύσταση του διαλύματος με το οποίο τροφοδοτούνται τα φυτά δεν είναι η ίδια με αυτή του διαλύματος που υπάρχει στο χώρο του ριζικού συστήματος, δηλαδή μέσα στο υπόστρωμα.

Πράγματι, το διάλυμα που παρέχεται στα φυτά είναι καινούργιο και στο βαθμό που παρασκευάζεται σωστά θα έχει γνωστές και δεδομένες συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων και επομένως θα χαρακτηρίζεται από τις επιθυμητές τιμές pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Έτσι στα ανοιχτά συστήματα το μόνο που χρειάζεται να γίνεται για να εξασφαλίζεται η καλή ποιότητα του διαλύματος που παρέχεται στα φυτά, είναι να ελέγχεται σε τακτά χρονικά διαστήματα (κάθε δύο ή τρεις μέρες) αν οι τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι αυτές που προβλέπονται από το σχήμα θρέψης που εφαρμόζεται.

Οι μετρήσεις αυτές γίνονται εύκολα και γρήγορα με απλά φορητά όργανα και αποσκοπούν στην έγκαιρη διάγνωση και διόρθωση ενδεχομένων λαθών ή βλαβών στο σύστημα μείξης και παροχής του διαλύματος.

Αντίθετα, τόσο οι συγκεντρώσεις σε θρεπτικά στοιχεία, όσο και οι τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του διαλύματος που βρίσκεται στο χώρο ανάπτυξης των ριζών δεν είναι ούτε δεδομένες, ούτε σταθερές. Οι μεταβολές που υφίσταται προσδιορίζονται από τρεις παράγοντες :

1. από το είδος και την ποσότητα του διαλύματος που φτάνει στον χώρο ριζοστρώματος μέσω του συστήματος παροχής (νέο διάλυμα με την συνιστώμενη σύνθεση σε θρεπτικά στοιχεία και τις επιθυμητές τιμές pH και αγωγιμότητας
2. από την πρόσληψη νερού και θρεπτικών στοιχείων από το φυτό (ποσότητες και αναλογίες μεταξύ τους) και
3. από την έκταση της απορροής διαλύματος από το χώρο των ριζών (δηλαδή από το υπόστρωμα καλλιέργειας) προς το έδαφος.

Στους προαναφερθέντες παράγοντες θα μπορούσε να προστεθεί και η εξάτμιση του διαλύματος από το χώρο του ριζοστρώματος. Σε ένα καλά εγκατεστημένο σύστημα υδροπονίας όμως, επειδή ο χώρος του ριζικού συστήματος καλύπτεται πλήρως με πλαστικό φύλλο, η εξάτμιση είναι πρακτικά πολύ μικρή.

Για την υδροπονική πράξη σημασία έχει, οι ιδιότητες του διαλύματος που βρίσκεται στο χώρο των ριζών να μεταβάλλονται όσο το δυνατόν πιο λίγο και πιο αργά σε σχέση με αυτές του καινούργιου διαλύματος, με το οποίο τροφοδοτούνται τα φυτά. Επομένως, όλοι οι καλλιεργητικοί χειρισμοί θα πρέπει να συντείνουν προς αυτό το στόχο.

Για να γίνονται όμως έγκαιρα αντιληπτές οι ανεπιθύμητες μεταβολές στη σύσταση και τις άλλες ιδιότητες του διαλύματος που υπάρχει στο χώρο των ριζών σαν αποτέλεσμα των προαναφερθέντων παραγόντων θα πρέπει το pH και η ηλεκτρική του αγωγιμότητα να μετρούνται τακτικά (κατά προτίμηση κάθε μέρα) ενώ σε αραιότερα χρονικά διαστήματα (κάθε 2-3 μήνες) θα πρέπει να προσδιορίζεται και η περιεκτικότητά του σε ανόργανα θρεπτικά στοιχεία. Αν οι τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ή κάποιες περιεκτικότητες σε

θρεπτικά στοιχεία αποκλίνουν σημαντικά από τις επιθυμητές τιμές που υφίστανται στο παρεχόμενο διάλυμα, θα πρέπει με κατάλληλους χειρισμούς αυτές να αναπροσαρμόζονται στα επιθυμητά επίπεδα.

Από τους παράγοντες που αναφέρθηκε προηγουμένως ότι καθορίζουν και τις ιδιότητες του διαλύματος στον χώρο ανάπτυξης των ριζών, το είδος και η ποσότητα του παρεχομένου διαλύματος ελέγχεται πλήρως από τον καλλιεργητή, ενώ μέσω αυτού του παράγοντα μπορεί να επηρεασθεί και η απορροφή διαλύματος από το υπόστρωμα. Αντίθετα, ο δεύτερος παράγοντας (απορρόφηση από το φυτό) ελέγχεται κυρίως από τα μορφολογικά και τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά του φυτού και τις καιρικές συνθήκες.

Επομένως οι οποιεσδήποτε μεταβολές και διορθώσεις στη σύσταση και τις ιδιότητες του διαλύματος που βρίσκεται στον χώρο ανάπτυξης των ριζών μπορούν να επιτευχθούν είτε μέσω αλλαγών στην ημερήσια συχνότητα και τη διάρκεια παροχής νωπού θρεπτικού διαλύματος στα φυτά είτε μέσω τροποποίησης της σύνθεσης αυτού του τελευταίου. Το είδος και η έκταση των επεμβάσεων θα πρέπει κάθε φορά να καθορίζεται με βάση τις ιδιότητες του υποστρώματος ανάπτυξης, τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες, τις ανάγκες του συγκεκριμένου είδους φυτού σε νερό και θρεπτικά στο συγκεκριμένο στάδιο ανάπτυξης, τον εξοπλισμό του θερμοκηπίου και της υδροπονικής εγκατάστασης κ.λ.π.

Στην περίπτωση των κλειστών συστημάτων υδροπονίας, υφίσταται συνεχής επανακυκλοφορία του ίδιου διαλύματος, το οποίο απλώς συμπληρώνεται (συνήθως αυτόματα) με την ποσότητα που απορροφάται από τα φυτά. Έτσι, η σύσταση και οι ιδιότητες του θρεπτικού διαλύματος που παρέχεται στα φυτά, δεν παραμένουν σταθερές όπως στα ανοιχτά συστήματα, αλλά μεταβάλλονται βαθμιαία σε σύγκριση με το αρχικό διάλυμα. Αιτία γι'αυτό είναι η εκλεκτική απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά και μάλιστα σε αναλογίες που μεταβάλλονται χρονικά, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και το στάδιο ανάπτυξης τους.

Γι' αυτό το λόγο είναι αναγκαίο να συλλέγονται δείγματα θρεπτικού διαλύματος τόσο από κάποιο σημείο του συστήματος παροχής του όσο και

από το χώρο του ριζικού συστήματος των φυτών σε τακτικά χρονικά διαστήματα.

Τέτοια δείγματα θα πρέπει να λαμβάνονται καθημερινά για τη μέτρηση του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και σε αραιότερα χρονικά διαστήματα για τον αναλυτικό προσδιορισμό των περιεκτικοτήτων σε ανόργανα θρεπτικά στοιχεία.

Συγκεκριμένα, χημικές αναλύσεις πρέπει να γίνονται κάθε 15 μέρες για τον προσδιορισμό των έξι μακροστοιχείων, του νατρίου και του χλωρίου και κάθε μήνα για τον προσδιορισμό των ιχνοστοιχείων. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων θα πρέπει να είναι στη διάθεση του καλλιεργητή το πολύ μέσα σε 1 - 2 μέρες από την ώρα συλλογής του δείγματος, ώστε η αναπροσαρμογή (διόρθωση) της σύστασης του διαλύματος με βάση την ανάλυση να γίνεται έγκαιρα.

Η αναπροσαρμογή της σύνθεσης του θρεπτικού διαλύματος που κυκλοφορεί μέσα σε ένα κλειστό σύστημα υδροπονίας επιτυγχάνεται μέσω αλλαγών στη σύσταση του θρεπτικού διαλύματος που παρέχεται στο σύστημα σε αντικατάσταση αυτού που απορροφάται από τα φυτά. Το είδος και η έκταση των αλλαγών υπαγορεύονται από τα αποτελέσματα των μετρήσεων και των χημικών αναλύσεων, καθώς και από άλλους παράγοντες που αναφέρθηκαν ήδη για τα ανοιχτά συστήματα.

Υλικά εγκατάστασης

Θερμοκήπιο

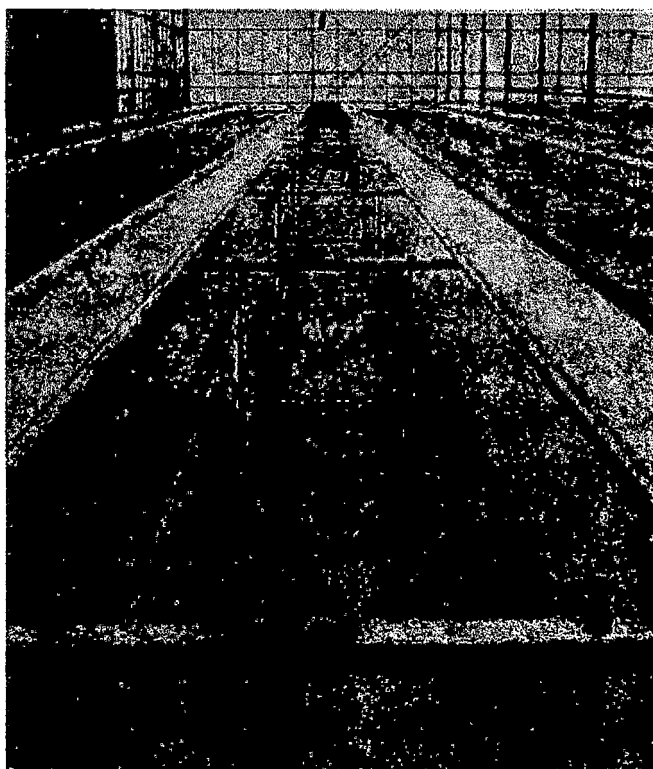
Όλες σχεδόν οι υδροπονικές καλλιέργειες που πραγματοποιούνται σήμερα σε επιχειρηματική βάση γίνονται μέσα σε θερμοκήπια. Οι υδροπονικές καλλιέργειες δεν έχουν κάποιες ιδιαίτερες απαιτήσεις ως προς τον τύπο ή άλλα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά στοιχεία του θερμοκηπίου. Ένα θερμοκήπιο που θεωρείται κατάλληλο για την καλλιέργεια κάποιων λαχανοκομικών ή ανθοκομικών φυτών θεωρείται εξίσου κατάλληλο για την υδροπονική καλλιέργεια των ίδιων φυτών. Τυπικές διαστάσεις για τα θερμοκήπια στην Ελλάδα δίνονται στις "Τεχνικές Προδιαγραφές Θερμοκηπίων" του Υπουργείου Γεωργίας και της Α.Τ.Ε. Τέλος επειδή η

υδροπονική καλλιέργεια είναι μια πρακτική απαιτητική είναι καλό το θερμοκήπιο να είναι επαρκώς εξοπλισμένο όσο αφορά τα συστήματα ρύθμισης τουλάχιστον της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του (Μάνιος, 1992).

Συστήματα άρδευσης - λίπανσης και κυκλοφορίας του θρεπτικού διαλύματος

A. Κανάλια (Καναλέτα) - Σωλήνες

Τα κανάλια, που χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες εκτός εδάφους, εξαρτώνται από τη μέθοδο που εφαρμόζεται σε κάθε καλλιέργεια. Έτσι έχουμε κανάλια με υποστρώματα και άλλα, που κυκλοφορεί σε αυτά μόνο το θρεπτικό διάλυμα. Τα κανάλια μπορούν να κατασκευαστούν από : μπετόν, ασφάλι, γαλβανισμένη λαμαρίνα, αλουμίνιο και πλαστικό.



Εγκατάσταση υπερυψωμένων καναλιών

Τα πιο οικονομικά είναι το μπετόν και το πλαστικό, ενώ το πιο ακριβό είναι το αλουμίνιο.

Για μεγαλύτερη προστασία των καναλιών μπορούμε να τα επενδύσουμε με ειδικό φύλλο πλαστικού, το οποίο δεν αντιδρά με τα θρεπτικά στοιχεία.

Στην κατασκευή των καναλιών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, τα εξής :

- Το μήκος τους δεν πρέπει να ξεπερνά τα 30,5 m.
- Το ύψος τους δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 0,5 m.
- Το πλάτος τους δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 0,6 m.
- Πρέπει να έχουν ή όχι κλίση από 1- 4 εκ., ανάλογα με το σύστημα.

Τέλος, υπάρχουν και πλαστικοί σωλήνες ή σάκοι κάθετοι ή οριζόντιοι. Οι πλαστικοί σωλήνες είναι από σκληρό PVC ή από ενισχυμένο φύλλο πολυαιθυλενίου, που έχουν συνήθως δίχρωμη όψη (μαύροι εσωτερικά και άσπροι εξωτερικά).

B. Αντλίες - Σωλήνες

Σε μια καλλιέργεια μπορούμε να έχουμε μια ή περισσότερες αντλίες. Συνήθως έχουμε:

1. Από μία μικρή δοσομετρική αντλία για κάθε μητρικό διάλυμα και το διάλυμα οξέος.
2. Από μία αντλία μεταφοράς του νερού στο δοχείο παρασκευής του θρεπτικού διαλύματος και στα δοχεία των μητρικών διαλυμάτων και
3. Μία αντλία για τη μεταφορά και διανομή στα φυτά του τελικού διαλύματος άρδευσης - λίπανσης.

Οι αντλίες αυτές θα πρέπει να έχουν φίλτρο καθαρισμού και να μη διαβρώνονται από τα διαλύματα που χρησιμοποιούνται.

Τα ίδια ισχύουν και για τους σωλήνες, στους οποίους η διάμετρος τους εξαρτάται από το σύστημα καλλιέργειας.

Η μικρότερη αντλία, που μπορούμε να χρησιμοποιούμε για ένα κανάλι μήκους 30,5 m. , πρέπει να έχει παροχή 100 lt / λεπτό. Συνήθως χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με χρονοδιακόπτη ή συνδέονται με υπολογιστή, αν υπάρχει. Πάντως, είναι σκόπιμο να υπάρχει και μια εφεδρική αντλία, γιατί σε περίπτωση βλάβης κινδυνεύει να καταστραφεί όλη η καλλιέργεια σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Γ. Δεξαμενές

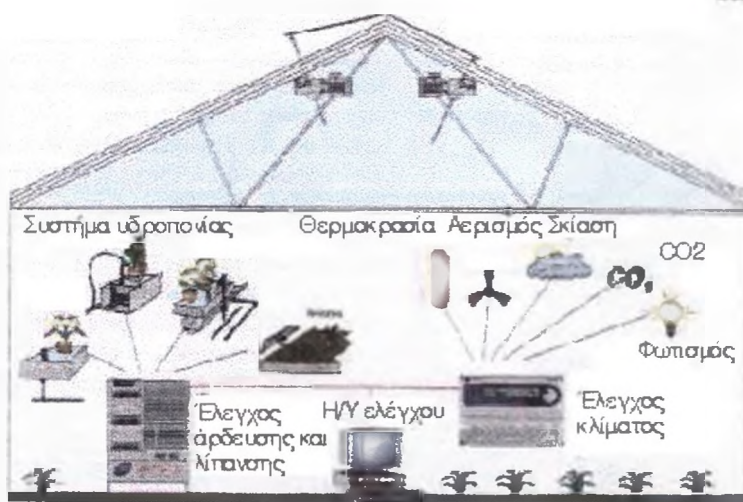
Οι δεξαμενές χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση νερού, μητρικών διαλυμάτων ή ξεχωριστών θρεπτικών στοιχείων αλλά και για το οξύ που χρησιμοποιείται για την ρύθμιση του pH. Οι δεξαμενές πρέπει να είναι από υλικό που δεν προσβάλλεται από το περιεχόμενό τους π.χ. αυτή που χρησιμοποιείται για το οξύ πρέπει να είναι απρόσβλητη από οξέα.

Σύστημα στήριξης της φυτείας

Στις υδροπονικές καλλιέργειες, κυρίως σε αυτές που γίνονται χωρίς τη χρήση κάποιου υποστρώματος, είναι απαραίτητη η χρήση ειδικών διατάξεων (σύρματα, σκοινιά, άγκιστρα) για την στήριξη των φυτών (Τζαμαλής, 2000).

Συσκευές ελέγχου θρέψης και κλίματος

Σε μία υδροπονική καλλιέργεια απαιτείται τουλάχιστον ένα πεχάμετρο και ένα αγωγιμόμετρο κατάλληλα συνδεδεμένα για τον έλεγχο του θρεπτικού διαλύματος.



Σχηματική παράσταση ελέγχου υδροπονικού συστήματος με Η/Υ

Όταν η καλλιέργεια γίνεται για εμπορικούς σκοπούς πρέπει να χρησιμοποιείται και υπολογιστής για καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά τον έλεγχο. Με τον Η/Υ ελέγχονται και ρυθμίζονται αυτόματα όλες οι απαραίτητες παράμετροι που αφορούν το θρεπτικό διάλυμα αλλά και επιπρόσθετα το κλίμα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου (στοιχείο απαραίτητο για την

βελτιστοποίηση των αποδόσεων). Οι παράμετροι αυτοί είναι οι εξής (Bakker, 1995):

1. Έλεγχος θρέψης

- pH,
- EC,
- Αναλογία μείξης πυκνών θρεπτικών διαλυμάτων,
- Καθορισμός χρόνου και διάρκειας άρδευσης βάσει των αναγκών της καλλιέργειας.

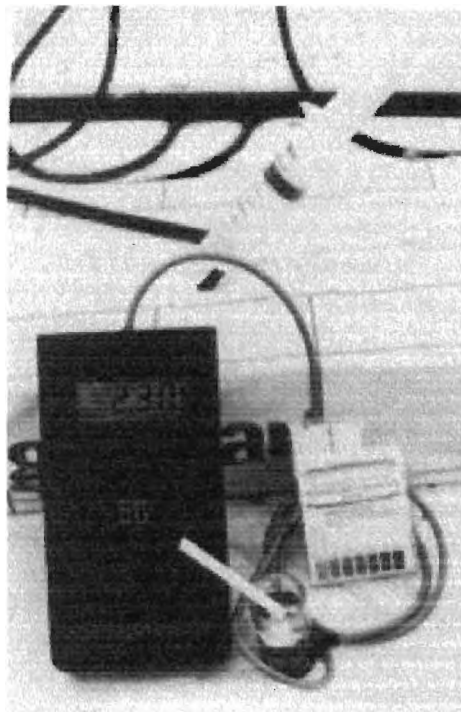
2. Έλεγχος κλίματος

- Θερμοκρασία,
- Υγρασία,
- εμπλουτισμός με CO₂,
- φωτισμός κλπ.

Στην περίπτωση όμως που δεν υπάρχει σύστημα υπολογιστή, για να μην αυξάνει το κόστος, ο καλλιεργητής μπορεί να χρησιμοποιήσει χρονοδιακόπτες για την λίπανση και άρδευση και να κάνει μόνος του τις υπόλοιπες μετρήσεις και συμπληρώσεις.



Ηλεκτρονικός υπολογιστής ελέγχου συστήματος υδροπονίας στο θερμοκήπιο



Χειρονακτικός έλεγχος pH και EC

ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Εισαγωγή

Η καλλιεργητική μέθοδος που θα ακολουθήσει κάποιος καλλιεργητής εξαρτάται από:

1. Τα φυτά που θέλει να καλλιεργήσει.
2. Το κόστος της επένδυσης.
3. Την παραγωγικότητα του συστήματος.
4. Την σταθερότητα της παραγωγής.

Τύποι υδροπονικών συστημάτων

Τα ποικίλα υδροπονικά συστήματα που έχουν αναπτυχθεί ταξινομούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες (Πίνακας 8). Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τα συστήματα στα οποία δεν συμμετέχει κάποιο υπόστρωμα και η καλλιέργεια των φυτών λαμβάνει χώρα απ' ευθείας επάνω στο θρεπτικό διάλυμα. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει υδροπονικά συστήματα στα οποία χρησιμοποιείται υπόστρωμα, οργανικής ή ανόργανης φύσης.

Πίνακας 8. Τύποι υδροπονικών συστημάτων

Με υπόστρωμα		Χωρίς υπόστρωμα
Στερεά υποστρώματα	Υπόστρωμα ο αέρας	
Ανόργανα	Αεροπονία	N.F.T.
Οργανικά		Επιπλέουσα υδροπονία
Μίγματα		



Συστήματα ανοικτά ή κλειστά



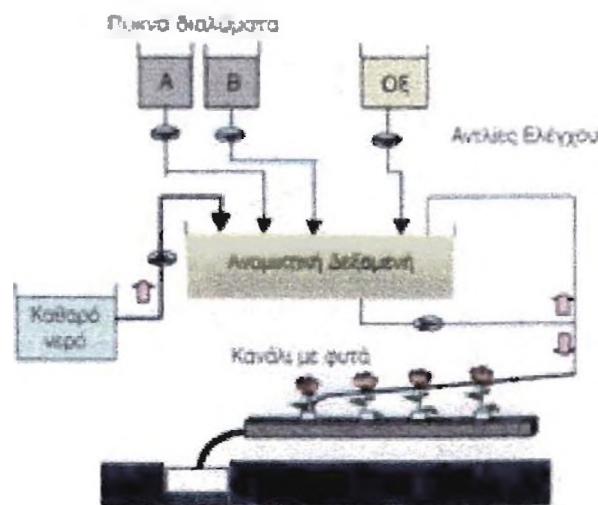
Συστήματα μόνο κλειστά

Στα διάφορα ήδη υποστρωμάτων έχει γίνει ήδη αναφορά. Στην συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά οι πιο σημαντικές από τις μεθόδους καλλιέργειας σε αδρανή υποστρώματα και πιο συγκεκριμένα η καλλιέργεια σε πετροβάμβακα και σε περλίτη.

Ένα άλλος διαχωρισμός των υδροπονικών συστημάτων είναι αυτός που γίνεται με βάση τον τρόπο διαχείρισης του υδροπονικού διαλύματος (Μπράτη Ν., Αναστασίου Α. 2001). Με βάση αυτόν το διαχωρισμό τα υδροπονικά συστήματα διακρίνονται σε ανοικτά και κλειστά (ανακυκλούμενα).

Ανοικτά συστήματα

Τα ανοικτά συστήματα είναι τα πιο απλά και χρονολογικά τα πρώτα που αναπτύχθηκαν. Έχουν διαδοθεί περισσότερο και έχουν λιγότερες απαιτήσεις. Στα συστήματα αυτά, το διάλυμα της αποστράγγισης δεν ανακυκλώνεται αλλά απορρίπτεται. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα αυξημένες απώλειες λιπασμάτων μέσω της απορροής, καθώς και ρύπανση του εδάφους και του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. Οι δύο αυτοί λόγοι οδήγησαν στην ανάπτυξη των κλειστών συστημάτων που σε λίγα χρόνια αναμένεται να αντικαταστήσουν πλήρως τα ανοικτά.



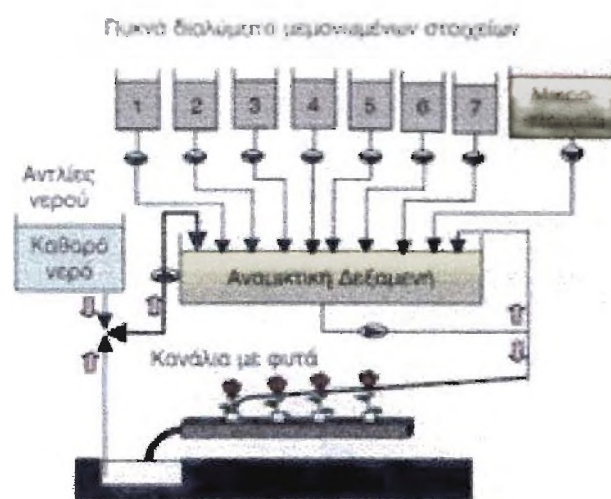
Ανοικτό υδροπονικό σύστημα

Κλειστά συστήματα

Στα κλειστά συστήματα το διάλυμα της απορροής ανακυκλώνεται και επαναχρησιμοποιείται σε μεγάλο ποσοστό. Με τον τρόπο αυτό έχουμε οικονομία στην κατανάλωση λιπασμάτων και σημαντική μείωση της ρύπανσης.

Κατά την εφαρμογή του κλειστού συστήματος συνίσταται, για την παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων, η χρησιμοποίηση μεμονωμένων δεξαμενών για κάθε θρεπτικό στοιχείο. Αυτό κρίνεται απαραίτητο, γιατί σε κάθε κύκλο του θρεπτικού διαλύματος, λόγω της διαφορετικής απορρόφησης κάθε στοιχείου από τα φυτά, το ανακυκλούμενο διάλυμα χάνει την αρχική του σύσταση ακόμη και αν εμπλουτίζεται με φρέσκο διάλυμα. Με το σύστημα όμως των μεμονωμένων δεξαμενών η ρύθμιση του ανακυκλούμενου διαλύματος είναι ακριβής, γιατί βασίζεται στην απορρόφηση κάθε στοιχείου ξεχωριστά. Στην πράξη, η τεχνική αυτή δεν εφαρμόζεται ακόμη αλλά προβλέπεται να επικρατήσει στο εγγύς μέλλον.

Τα κλειστά συστήματα είναι πιο ευαίσθητα σε επιμολύνσεις του ριζικού συστήματος και ένα σημαντικό μειονέκτημά τους είναι η πιθανή εξάπλωση ασθενειών σε όλα τα φυτά της καλλιέργειας. Το υψηλό κόστος επένδυσης σε εξοπλισμό απολύμανσης του διαλύματος που επανακυκλοφορεί, είναι ένας από τους περιοριστικούς παράγοντες διάδοσης του συστήματος. Όταν όμως ληφθούν ιδιαίτερα μέτρα αποφυγής επιμολύνσεων και διατήρησης καλών συνθηκών στην επανακυκλοφορία, είναι δυνατό να αποφευχθεί η ανάγκη για απολύμανση του διαλύματος.



Κλειστό υδροπονικό σύστημα

Από μελέτες οικονομικών, τεχνικών και περιβαλλοντικών στοιχείων κλειστών συστημάτων, για διάφορες ομάδες φυτών, έγινε ξεκάθαρο το γεγονός ότι με τα

κλειστά υδροπονικά συστήματα η κατανάλωση νερού και λιπασμάτων μπορεί να μειωθεί σημαντικά. Η διατήρηση εύρωστων φυτών και καλού εναέριου και ριζικού περιβάλλοντος, καθώς και η προσεκτική ρύθμιση της ανακύκλωσης είναι φυσικοί τρόποι της μείωσης της πιθανότητας μόλυνσης. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται καλή γνώση και συνεχής παρακολούθηση, ώστε να γίνεται ελάχιστη χρήση χημικών απολυμαντικών και μόνο όταν οι συνθήκες επιβάλουν προληπτικά μέτρα. Η χρήση βιολογικών φίλτρων είναι μία νέα μέθοδος, η οποία χρήζει διερεύνησης στις ελληνικές κοινωνικο-οικονομικές συνθήκες.

Σε πολλές χώρες η νομοθεσία θα οδηγήσει στην υποχρεωτική χρήση κλειστών συστημάτων, αποβλέποντας στην μείωση της ρύπανσης των εδαφών και των υπογείων υδάτων. Κατά την εγκατάσταση κλειστού συστήματος πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στο κύκλωμα επιστροφής (σκότος, καθαριότητα, χαμηλή θερμοκρασία, φίλτρο άμμου).

Η χρήση κλειστών υδροπονικών συστημάτων σε θερμοκήπια με σωστή διαχείριση της παροχής των θρεπτικών στοιχείων, μπορεί να μειώσει σημαντικά τόσο την μόλυνση όσο και τις ποσότητες νερού που χρησιμοποιούνται. Αυτό είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό πλεονέκτημα των κλειστών υδροπονικών συστημάτων, γιατί το πρόβλημα με το νερό αποτελεί ίσως το σπουδαιότερο πρόβλημα της σύγχρονης γεωργίας και είναι συνεχώς αυξανόμενο.

Καλλιέργεια σε πετροβάμβακα

Ο πετροβάμβακας κυκλοφορεί στην αγορά σε μορφή κύβων όγκου 0,4-0,65 λίτρων, στους οποίους φυτεύονται οι σπόροι. Στην αρχή οι σπόροι μπορούν να φυτευτούν σε μεγάλους κύβους και στην συνέχεια τα φυτά μεγαλώνοντας να μεταφυτευτούν σε μεγαλύτερους, χωρίς να καταστρέφεται το ριζικό τους σύστημα. Για τα μεταφυτευόμενα φυτά είναι πολύ σημαντικό να φυτεύονται στο ίδιο αδρανές υλικό που θα χρησιμοποιηθεί για την μετέπειτα καλλιέργειά τους. Η καλλιέργεια σε πετροβάμβακα μπορεί να γίνει ή με τη μέθοδο της μη ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος (ανοικτό σύστημα) ή με αυτή της ανακύκλωσης (κλειστό σύστημα).

Ποιότητα νερού

Για την καλλιέργεια σε πετροβάμβακα (όπως και σε κάθε υδροπονική καλλιέργεια) απαιτείται η ύπαρξη νερού καλής ποιότητας και σε ποσότητες ικανές να καλύψουν τις ανάγκες των φυτών κατά την διάρκεια της καλλιέργειας. Σχετικά με το νερό και την ποιότητά του έχει γίνει εκτενής αναφορά σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Υπολογισμός φυταρίων/ υπόστρωμα

Βασικός παράγοντας στον υπολογισμό αυτό είναι το είδος της καλλιέργειας και η κατασκευή του θερμοκηπίου. Όσο πιο σύγχρονη είναι η θερμοκηπιακή μονάδα (γεωμετρικά χαρακτηριστικά θερμοκηπίου, δυνατότητα θέρμανσης - αερισμού κλπ) τόσο καλύτερα μπορούμε να εκμεταλλευτούμε τον χώρο (μεγαλύτερη πυκνότητα φυτών). Παρατίθενται στην συνέχεια η πυκνότητα φύτευσης υδροπονικών καλλιεργειών σε πετροβάμβακα που εφαρμόζονται στο ελληνικό χώρο με επιτυχία (Πίνακας 9):

Πίνακας 9. Πυκνότητα φύτευσης σε πετροβάμβακα (Κάτσανος, 2001)

Καλλιέργεια	Πυκνότητα φύτευσης (φυτά / στρέμμα)
Τομάτα	2.600-4.000
Πιπεριά	2.500-2.700
Αγγούρι	1.700-2.000
Φασόλι	7.000-9.000
Ζέρμπερα	7.000
Τριαντάφυλλο	8.000-10.000

Προετοιμασία θερμοκηπίου

Μεγάλη σημασία έχει να ισοπεδωθεί το έδαφος του θερμοκηπίου πριν αρχίσει η εγκατάσταση και να δημιουργηθούν αυλάκια αποστράγγισης του νερού. Η κατά μήκος κλίση δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 1%. Αυτό επιβάλλεται από δύο κυρίως λόγους:

1. Η μεγάλη κλίση δυσχεραίνει το σχεδιασμό του συστήματος άρδευσης (διαφορετική παροχή, απόπλυση κλπ).
2. Η μεγάλη κλίση δημιουργεί ανισοροπία στην κατανομή του θρεπτικού διαλύματος μέσα στο υπόστρωμα, περιορίζονται τον ωφέλιμο χώρο για την ανάπτυξη της ρίζας.

Όταν η καλλιέργεια γίνεται χωρίς ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος χρησιμοποιείται συνήθως κλίση περίπου 0,3%, ενώ όταν εφαρμόζεται ανακύκλωση του διαλύματος η κλίση είναι μεγαλύτερη.



Προετοιμασία εδάφους θερμοκηπίου

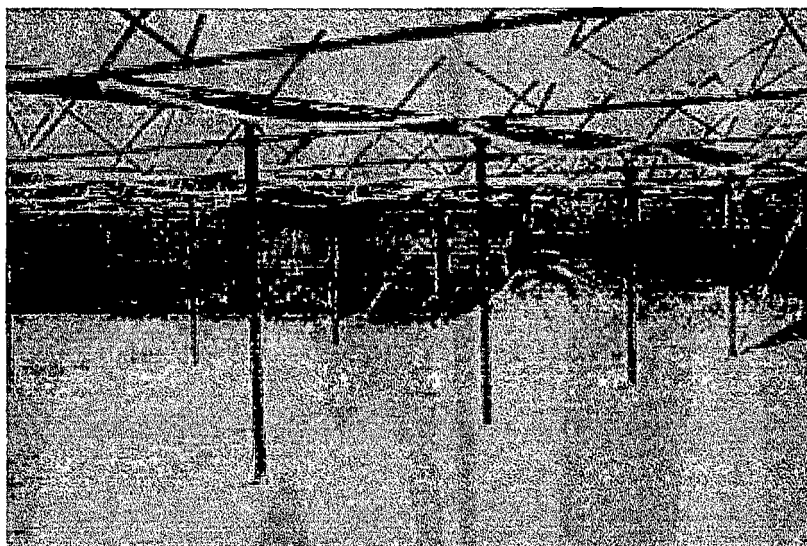
Όταν το έδαφος είναι έτοιμο, όλη η επιφάνεια του εδάφους του θερμοκηπίου καλύπτεται με φύλλο λευκού πλαστικού πάχους 0,2-0,8 mm ή διπλής όψεως λευκό επάνω και μαύρο στην κάτω επιφάνεια. Η τοποθέτηση του πλαστικού φύλλου αποσκοπεί στην απομόνωση του εδάφους από το χώρο της καλλιέργειας ώστε να:

- αποτραπεί η ανάπτυξη ζιζανίων στο χώρο του θερμοκηπίου,
- δημιουργηθεί καθαρό περιβάλλον και να αποφευχθούν οι μολύνσεις από ασθένειες εδάφους.

➤ να βελτιωθεί ο φυσικός φωτισμός των κατώτερων φύλλων με την αντανάκλαση του φωτός.

Ακολουθεί απολύμανση του χώρου του θερμοκηπίου. Ένας ψεκασμός με ένα εντομοκτόνο και ένα μυκητοκτόνο στα διάφορα σημεία του θερμοκηπίου καταπολεμά τυχόν υπολείμματα ασθενειών και εντόμων.

Στην συνέχεια, επάνω στο πλαστικό φύλλο τοποθετούνται λωρίδες από πλάκες πολυστερίνης πλάτους 15-25 εκ. και πάχους 2-3 εκ. Η απόσταση μεταξύ των λωρίδων πολυστερίνης είναι ίση με αυτή των γραμμών φύτευσης των φυτών. Κατά μήκος δημιουργείται ένα αυλάκι στις πλάκες πολυστερίνης μέσα στο οποίο τοποθετείται ο πλαστικός σωλήνας θέρμανσης διαμέτρου 1,6 εκ. ώστε να θερμαίνεται η ρίζα. Όταν χρησιμοποιείται σύστημα με ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος οι πλάκες πολυστερίνης έχουν πλάτος τόσο, όσο να εξυπηρετούν δύο γραμμές φύτευσης, ακόμη έχουν κεκλιμένη επιφάνεια, έτσι ώστε το διάλυμα που περισσεύει κατά το πότισμα να μαζεύεται με τη βαρύτητα στο χαμηλότερο σημείο της γραμμής και να επιστρέφει πάλι στο δοχείο του θρεπτικού διαλύματος.

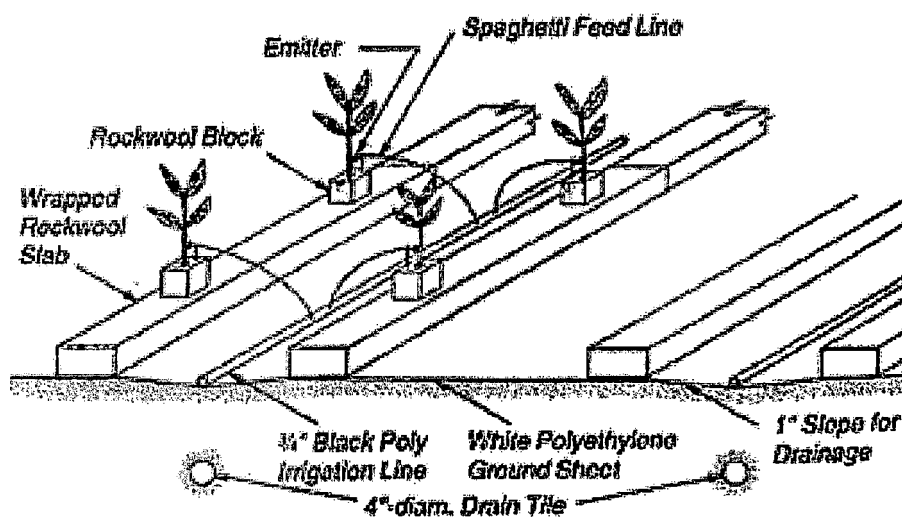


Στρώσιμο πλαστικού στο έδαφος του θερμοκηπίου

Επάνω στις γραμμές της πολυστερίνης τοποθετείται φύλλο λευκού πλαστικού, πλάτους 45-75 εκ., και επάνω του ο πετροβάμβακας σε ταμάχια μήκους 1,25 εκ., πάχους 7,5 εκ. και πλάτους 15-25 εκ.

Ανά 1-2μ. διακόπτεται η συνέχεια του καναλιού που σχηματίζεται με τράβηγμα λίγο προς τα επάνω του πλαστικού φύλλου. Μετά γυρίζονται οι άκρες του πλαστικού φύλλου, ώστε να καλύπτουν τον πετροβάμβακα και συγκρατούνται στη θέση τους με αγαλβάνιστες καρφίτσες.

Στο εμπόριο σήμερα κυκλοφορούν έτοιμα τυλιγμένα στο πλαστικό φύλλο τεμάχια πετροβάμβακα διαφόρων διαστάσεων. Στην επάνω πλευρά του πετροβάμβακα και στις επιθυμητές διαστάσεις -ανάλογα με την καλλιέργεια- κόβεται ένα τμήμα του πλαστικού φύλλου που τον καλύπτει, ώστε να μπορέσουν οι ρίζες των νεαρών φυταρίων που θα τοποθετηθούν αργότερα επάνω του να εισχωρήσουν μέσα στον πετροβάμβακα.



Σχηματική παράσταση διάταξης ανοικτού συστήματος με πετροβάμβακα

Άρδευση

Όπως προαναφέρθηκε ο πετροβάμβακας είναι αδρανές υλικό και τα απαραίτητα για τα φυτά θρεπτικά στοιχεία προστίθενται με το σύστημα άρδευσης. Οι γραμμές άρδευσης τοποθετούνται παράλληλα με τις γραμμές του πετροβάμβακα και τοποθετούνται οι σταλάκτες με τα σωληνάκια τους (σύστημα spaghetti), ένας σε κάθε θέση φύτευσης.

Ποτέ δεν αρδεύουμε με νερό αλλά πάντα με θρεπτικό διάλυμα ακολουθώντας την αρχή "λίγο και συχνά". Ο ιδανικός τρόπος άρδευσης είναι να ποτίζουμε όταν το υπόστρωμα έχει χάσει 20% του νερού που αντιστοιχεί στην υδατοικανότητά του. Παίρνουμε σαν παράδειγμα ένα τεμάχιο υποστρώματος με διαστάσεις 90cm X 20cm X 7,5cm (όγκος περίπου 13,5lt). Η ικανότητα συγκράτησης νερού είναι περίπου 10lt. Αυτό σημαίνει ότι όταν 10 lt νερού απορροφηθούν από τα φυτά ή εξατμιστούν επεμβαίνουμε με πότισμα. Η απαιτούμενη ποσότητα είναι 2,3 lt νερό (2lt για συμπλήρωμα και 0,3lt που υπολογίζεται περίπου η απορροή).

Στην πράξη ο αριθμός των ποτισμάτων καθώς και η διάρκεια του κάθε ποτίσματος εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας, το στάδιο ανάπτυξης του φυτού και τις κλιματικές συνθήκες. Παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη κατά τον προγραμματισμό της άρδευσης είναι οι εξής:

1. Το ποσοστό του διαλύματος που απορρέει. Σε κάθε πότισμα θα πρέπει το 15% της ποσότητας του διαλύματος που εφαρμόζεται να απορρέει.
2. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα στο υπόστρωμα θα πρέπει να είναι το πολύ 1-1,5ms/cm μεγαλύτερη του διαλύματος με το οποίο ποτίζουμε. Για Παράδειγμα όταν το διάλυμα με το οποίο αρδεύουμε έχει EC 2,0ms/cm και η αγωγιμότητα στο υπόστρωμα ξεπεράσει τα 3,0-3,5 ms/cm πρέπει να ποτίσουμε.
3. Οι ανάγκες του φυτού για νερό. Όσο καλύτερες είναι οι κλιματικές συνθήκες (ηλιοφάνεια, θερμοκρασία) τόσο εντονότερη είναι η εξατμισοδιαπνοή και επομένως οι ανάγκες του φυτού για νερό μεγαλύτερες.



Σύστημα υδροπονίας με πετροβάμβακα έτοιμο για την φύτευση των φυτών

Σαν παράδειγμα αναφέρεται ότι οι ανάγκες για νερό ενός φυτού αγγουριάς σε πλήρη ανάπτυξη κάτω από συνθήκες έντονης ηλιοφάνειας μπορεί να ξεπεράσουν τα 3 λίτρα ημερησίως. Χρησιμοποιώντας μπεκ (spaghetti) παροχής 3,5l/h και λαμβάνοντας υπόψη το ποσοστό απορροής (15%), καταλήγουμε στο ότι χρειάζονται 20 ποτίσματα των 3 λεπτών.

Επίσης η επανάληψη των ποτισμάτων θα πρέπει να είναι συχνότερη τις ώρες της ημέρας που οι απαιτήσεις για νερό είναι μεγαλύτερες (μεταξύ 12:00 και 17:30).

Η απορροή κατά την διάρκεια κάθε ποτίσματος είναι απαραίτητη διότι με τον τρόπο αυτό παραμένει στα επιθυμητά επίπεδα η σχέση των θρεπτικών στοιχείων στο περιβάλλον της ρίζας. Αν υποθέσουμε ότι υπάρχει απορροή μέσα από το υπόστρωμα τότε θα συμβούν τα εξής:

Η συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων που τα φυτά απορροφούν σε μεγαλύτερη ποσότητα όπως $N-NO_3$, K , PO_4^- , θα ελαττωθεί μέσα στο υπόστρωμα. Ταυτόχρονα η συγκέντρωση στοιχείων που απορροφώνται σε μικρότερο ποσοστό ή με μεγαλύτερη δυσκολία (φυσιολογία θρέψης) όπως τα SO_4^{2-} , Na^+ , Cl^- θα αυξάνεται. Η συνέχιση της διαδικασίας αυτής θα έχει ως αποτέλεσμα την ανισορροπία του θρεπτικού διαλύματος στο υπόστρωμα, την

αύξηση της EC καθότι θα συσσωρεύονται στοιχεία που το φυτό θα αδυνατεί να απορροφήσει και τέλος την αύξηση της συγκέντρωσης στοιχείων που μπορεί να δημιουργήσουν φυτοτοξικότητα όπως Na, B κλπ.



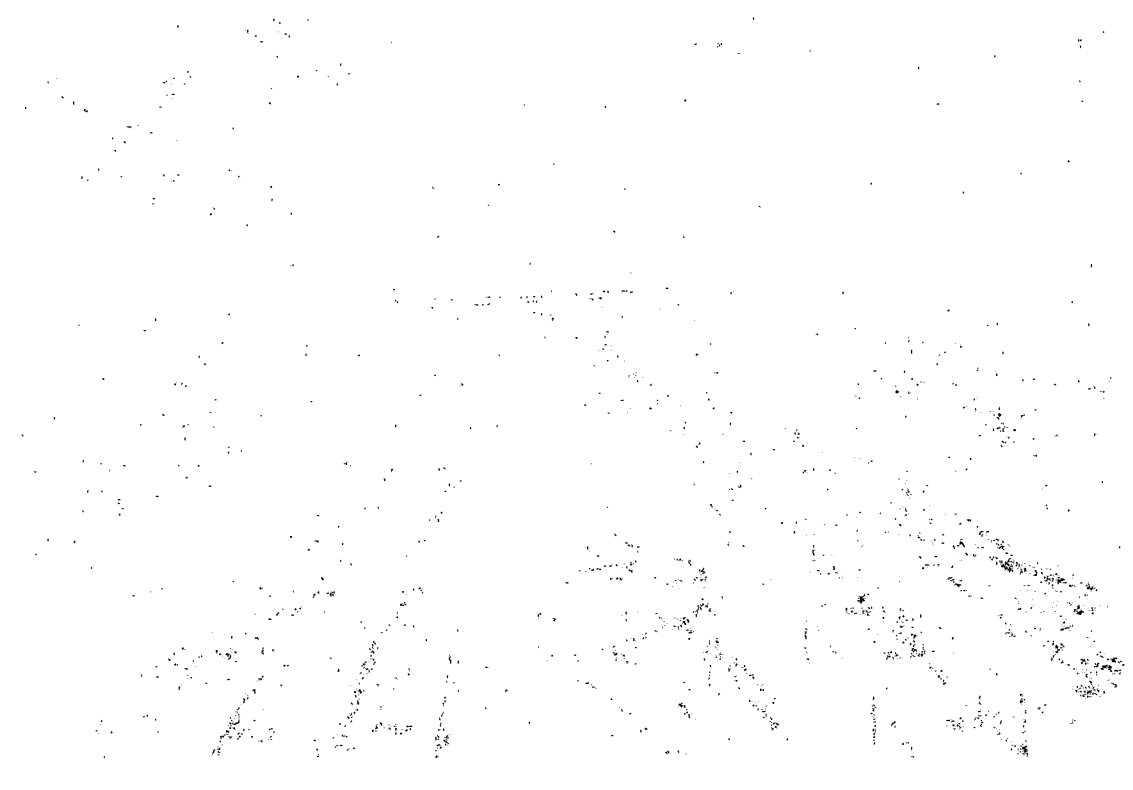
Καλλιέργεια σε σύστημα υδροπονίας με πετροβάμβακα

Συνταγή λίπανσης

Η συνταγή λίπανσης συντάσσεται κατά περίπτωση από τον τεχνικό σύμβουλο (γεωπόνος) και πρέπει να δίνεται σε απλή μορφή στον παραγωγό. Η βάση για το σχεδιασμό του προγράμματος λίπανσης είναι η ανάλυση του νερού άρδευσης. Στη συνέχεια η λίπανση προσαρμόζεται ανάλογα της καλλιέργειας, του σταδίου ανάπτυξης του φυτού και των κλιματικών συνθηκών. Αναπροσαρμογή της συνταγής μπορεί να γίνει κατόπιν ανάλυσης του θρεπτικού διαλύματος στο υπόστρωμα ή των θρεπτικών στοιχείων στους φυτικούς ιστούς (φυλλοδιαγνωστική).

Ο παραγωγός φτιάχνει πυκνά διαλύματα σε δοχεία των 100-200 λίτρων ή και μεγαλύτερα ανάλογα με την έκταση της καλλιέργειας. Η ύπαρξη δύο

ιστορία: με όμοιο σε αυτό είχαμε ιστορία... (The text is very faint and partially obscured by a large watermark, making it difficult to transcribe accurately. It appears to be a paragraph of text.)



... (Faint text centered below the image)

ΣΥΝΟΧΕΙΑ ΟΥΣΙΑ

... (Faint text paragraph following the section header)

... (Faint text paragraph at the bottom of the page)

τουλάχιστον πυκνών διαλυμάτων είναι υποχρεωτική. Με τον τρόπο αυτό ξεχωρίζουμε το ασβέστιο (Ca) από τα θειικά (SO_4^{2-}) και τα φωσφορικά (PO_4^{3-}) ώστε να αποφεύγουμε την δημιουργία ιζημάτων. Η ύπαρξη και του τρίτου δοχείου με νιτρικό οξύ δίνει τη δυνατότητα ακριβέστερου ελέγχου του pH. Όσον αφορά το pH του θρεπτικού διαλύματος τα περισσότερα φυτά αναπτύσσονται καλύτερα σε pH μεταξύ 5,5 και 6,5.

Η EC εξαρτάται από το φυτό, από το στάδιο ανάπτυξης και από τις κλιματικές συνθήκες. Όσο καλύτερες είναι οι συνθήκες του περιβάλλοντος (ηλιοφάνεια, θερμοκρασία κλπ) τόσο χαμηλότερη είναι η EC που πρέπει να εφαρμόζεται. Υπερβολική αύξηση του pH στο θρεπτικό διάλυμα δημιουργεί προϋποθέσεις για ελλιπή τροφοδότηση των φυτών με στοιχεία όπως Mn, P, Zn, Fe και ταυτόχρονη εμφάνιση τροφопενιών. Ο σωστός προγραμματισμός άρδευσης - λίπανσης σε συνδυασμό με την απορροφή συντείνει στην εξισορρόπηση τέτοιων καταστάσεων.

Καλλιεργητική τεχνική

Καταρχήν γίνεται πότισμα με θρεπτικό διάλυμα, αγωγιμότητας 3-6ms και pH 5-5,5 και αφήνονται οι σάκοι γεμάτοι τουλάχιστον 24 ώρες πριν να γίνει η φύτευση.

Τα νεαρά φυτά αναπτύσσονται στο σπορείο σε κύβους πετροβάμβακα, διαστάσεων συνήθως 10X10 εκ.

Όταν τα φυτά είναι έτοιμα για μεταφύτευση τοποθετείται σε κάθε θέση φύτευσης ένας κύβος πετροβάμβακα που φέρει το νεαρό φυτό του σπορείου. Δύο με τρεις ημέρες μετά την φύτευση γίνονται με το μαχαίρι σχισμές στράγγισης στις πλευρές των σάκων πετροβάμβακα στο μέσον μεταξύ των θέσεων άρδευσης.



Δημιουργία εγκοπών στράγγισης σε σάκους πετροβάμβακα

Τα φυτά αναπτύσσονται με τις ίδιες φροντίδες (κλάδεμα, κορυφολόγημα, φυτοπροστασία, αραίωμα κλπ) όπως και στην καλλιέργεια στο έδαφος με μόνη διαφορά τον προγραμματισμό άρδευσης - λίπανσης.

Το θρεπτικό διάλυμα δημιουργείται και ελέγχεται από σύστημα υδρολίπανσης. Το pH και η EC του υποστρώματος ελέγχονται κάθε 1-2 ημέρες με παραλαβή διαλύματος από το υπόστρωμα. Το ιδανικό πλήρως αυτοματοποιημένο σύστημα, που χρησιμοποιείται από επαγγελματίες παραγωγούς αποτελείται από δύο δεξαμενές με το διάλυμα και μία τρίτη με οξύ. Επίσης υπάρχει μία δεξαμενή ανάμειξης του διαλύματος και ένας μηχανισμός ελέγχου του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC).

Καλλιέργεια σε περλίτη

Η καλλιέργεια σε περλίτη είναι από τις πλέον διαδεδομένες πρακτικές υδροπονικής καλλιέργειας στην Ελλάδα. Οι απαιτήσεις, υποδομές και φροντίδα δεν διαφέρουν ουσιαστικά από αυτά που αφορούν τον πετροβάμβακα και έχουν ήδη αναφερθεί. Αυτό που διαφέρει είναι ότι έχουν αναπτυχθεί ορισμένες καλλιεργητικές τεχνικές που εφαρμόζονται κυρίως όταν το υπόστρωμα είναι περλίτης. Στην συνέχεια θα εξετάσουμε διάφορα

ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΟ ΣΥΜΦΩΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ

Το παρόν Συμφωνητικό αφορά στην προμήθεια των υπηρεσιών που περιγράφονται στο Πρόσκληση για Υποβολή Προτάσεων, με την οποία ο Ανάδοχος οφείλει να υποβάλει προσφορά για την παροχή των υπηρεσιών που περιγράφονται στο Πρόσκληση για Υποβολή Προτάσεων.

Ο Ανάδοχος οφείλει να υποβάλει προσφορά για την παροχή των υπηρεσιών που περιγράφονται στο Πρόσκληση για Υποβολή Προτάσεων, σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιγράφονται στο Πρόσκληση για Υποβολή Προτάσεων. Ο Ανάδοχος οφείλει να υποβάλει προσφορά για την παροχή των υπηρεσιών που περιγράφονται στο Πρόσκληση για Υποβολή Προτάσεων, σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιγράφονται στο Πρόσκληση για Υποβολή Προτάσεων. Ο Ανάδοχος οφείλει να υποβάλει προσφορά για την παροχή των υπηρεσιών που περιγράφονται στο Πρόσκληση για Υποβολή Προτάσεων, σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιγράφονται στο Πρόσκληση για Υποβολή Προτάσεων.

ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ

Η παροχή των υπηρεσιών που περιγράφονται στο Πρόσκληση για Υποβολή Προτάσεων, σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιγράφονται στο Πρόσκληση για Υποβολή Προτάσεων, θα πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιγράφονται στο Πρόσκληση για Υποβολή Προτάσεων. Ο Ανάδοχος οφείλει να υποβάλει προσφορά για την παροχή των υπηρεσιών που περιγράφονται στο Πρόσκληση για Υποβολή Προτάσεων, σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιγράφονται στο Πρόσκληση για Υποβολή Προτάσεων.

συστήματα ανάλογα με την σειρά που επικράτησαν στην εξέλιξη των υδροπονικών καλλιεργειών σε υπόστρωμα περλίτη.

Περλίτης σε φυτοδοχεία

Στην περίπτωση αυτή η άρδευση γίνεται με σταγόνες (στάγδην άρδευση) χωρίς συνεχή ροή και με διάλυμα που δεν ανακυκλώνεται. Το θρεπτικό διάλυμα παρέχεται στα φυτά μέσω των σωλήνων άρδευσης και υπάρχει ένας σταλάκτης σε κάθε φυτοδοχείο. Τα φυτοδοχεία είναι συνήθως κατασκευασμένα από πλαστική ύλη και έχουν διάφορα μεγέθη, σχήματα καθώς και θέση και αριθμό οπών στράγγισης.

Βασική προϋπόθεση για την σωστή ανάπτυξη των φυτών στο σύστημα καλλιέργειας αυτό είναι να υπάρχει η ανάλογη ζώνη αερισμού των ριζών, γιατί αλλιώς θα παρατηρούνται συμπτώματα ασφυξίας. Ο περλίτης εξασφαλίζει ικανοποιητική ζώνη αερισμού των ριζών αρκεί το θρεπτικό διάλυμα να μη ρέει συνεχώς αλλά σε διαστήματα ανάλογα με τις απαιτήσεις των φυτών.

Τα φυτά που αναπτύσσονται στο παραπάνω σύστημα καλλιέργειας είναι συνήθως λαχανικά-κηπευτικά αλλά και ανθοκομικά. Σε χώρες του εξωτερικού έχει αποκτήσει ευρεία διάδοση η καλλιέργεια σποροφύτων (δένδρων και καλλωπιστικών φυτών) κατά το σύστημα αυτό.

Σημειώνεται ότι έχουν γίνει προσπάθειες εφαρμογής του συστήματος αυτού με ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος.

Μία παραλλαγή του συστήματος αυτού όσον αφορά τη μορφή του μέσου ανάπτυξης (αντί για φυτοδοχεία χρησιμοποιούνται πλαστικά σακουλάκια που περιέχουν περλίτη) έχει αναπτυχθεί τελευταία σε διάφορες μορφές (οριζόντια ή κατακόρυφη καλλιέργεια) και η εφαρμογή της βρίσκει ταχεία εξάπλωση στη χώρα μας.

Περλίτης σε φυτοδοχεία μέσα σε κανάλια

Στο σύστημα αυτό χρησιμοποιούνται κανάλια ορθογωνικής διατομής πλάτους περίπου 50 εκατοστών (εξαρτώμενο από το είδος του φυτού). Το κανάλι είναι κατασκευασμένο από πλαστικό PVC ή γαλβανισμένη λαμαρίνα. Για να διασφαλίζεται η καλή κυκλοφορία του θρεπτικού διαλύματος δίνεται στο

κανάλι μία κλίση της τάξης του 1%. Πρέπει ακόμη να διασφαλιστεί η ομοιομορφία της κλίσης ώστε να αποφευχθεί η πιθανότητα να μένει στάσιμο το θρεπτικό διάλυμα σε ορισμένα σημεία όπου υπάρχει κίνδυνος να εμφανιστεί μείωση του διαλυτού O₂.

Τα κανάλια τοποθετούνται είτε πάνω στο έδαφος είτε σε στηρίγματα. Στην πρώτη περίπτωση πρέπει να διαμορφωθεί κατάλληλα η κλίση του εδάφους με ιδιαίτερη προσοχή ώστε να εκμηδενιστούν οι κίνδυνοι στασιμότητας του νερού είτε λόγω ανομοιομορφίας κλίσης είτε λόγω υποχώρησης του εδάφους.

Σε περίπτωση τοποθέτησης καναλιών σε στηρίγματα δεν απαιτείται προηγούμενη διαμόρφωση της κλίσης του εδάφους. Το μήκος των καναλιών δεν πρέπει να ξεπερνά τα 30 μέτρα και είναι σκόπιμη η τροφοδοσία ανά τμήματα των 10-15 μέτρων.

Η άρδευση γίνεται από τον πυθμένα (τριχοειδή φαινόμενα). Το θρεπτικό διάλυμα παρέχεται με μικρό πλαστικό σωλήνα στο πιο ψηλό σημείο του καναλιού και προχωρώντας προς το χαμηλότερο απορροφάται με τριχοειδή φαινόμενα.

Το διάλυμα συλλέγεται στο χαμηλότερο σημείο του καναλιού και με τον αγωγό συλλογής οδηγείται πάλι στην δεξαμενή όπου εμπλουτίζεται με νέα θρεπτικά στοιχεία, ελέγχεται το pH του, η ηλεκτρική του αγωγιμότητα και η ιοντική ισορροπία.

Η παροχή του θρεπτικού διαλύματος πρέπει να είναι συνεχής ειδικά στην αρχή της καλλιέργειας προκειμένου να εξασφαλιστεί η ταχεία ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Στην συνέχεια μπορεί να είναι διακοπτόμενη ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες των φυτών σε O₂.

Πλεονεκτήματα του συστήματος αυτού αποτελούν:

- ο καλός αερισμός των φυτών και το ότι
- είναι εύκολη η αυτοματοποίηση του συστήματος καλλιέργειας όπως άλλωστε σε όλα τα ανακυκλούμενα συστήματα.

Μειονεκτήματα αποτελούν:

- το υψηλό κόστος εγκατάστασης,

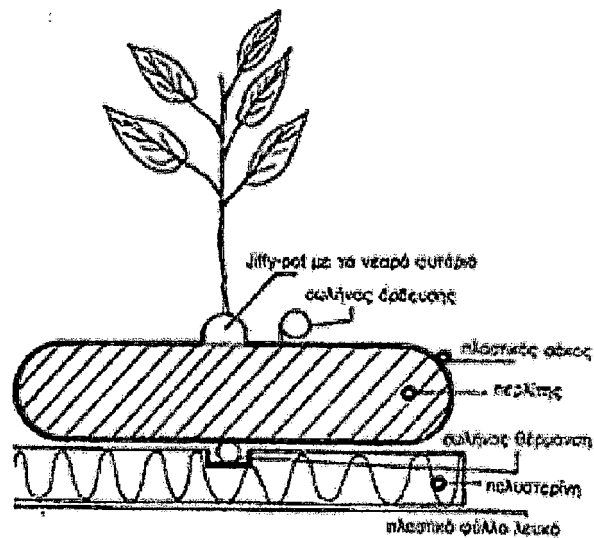
- ο κίνδυνος ταχείας διάδοσης ασθενειών
- ότι επιβάλλονται συχνοί έλεγχοι και αναλύσεις (πρέπει να υπάρχει εξειδικευμένος γεωτεχνικός να παρακολουθεί την μονάδα).
- Δεν ενδείκνυται για περιοχές με νερό κακής ποιότητας.

Οριζόντιοι σάκοι με περλίτη

Το σύστημα μπορεί να εφαρμοστεί είτε με ανακύκλωση είτε χωρίς ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος. Στην πρώτη περίπτωση μεγάλη σημασία για την επιτυχία του συστήματος έχει η σωστή ισοπέδωση του εδάφους. Η κατά μήκος κλίση δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 0,3%. Όταν το έδαφος είναι έτοιμο, όλη η επιφάνεια του θερμοκηπίου καλύπτεται με φύλλο λευκού πλαστικού. Πάνω του τοποθετούνται γραμμές με πλάκες πολυστερίνης πλάτους 30 εκατοστών και πάχους 2-3 εκατοστών. Κατά μήκος στο κέντρο της λωρίδας στις πλάκες της πολυστερίνης ή στις δύο άκρες δημιουργείται ένα άνοιγμα μέσα στο οποίο τοποθετείται ο πλαστικός σωλήνας θέρμανσης διαμέτρου 1,6 εκατοστών ώστε να θερμαίνει τους σάκους με τον περλίτη.

Πάνω στις γραμμές της πολυστερίνης τοποθετούνται σάκοι από πλαστικό, γεμάτοι με διογκωμένο περλίτη. Οι συνήθεις διαστάσεις των σάκων είναι 60cm (μήκος) X 30cm (πλάτος) X 10cm (ύψος). Στην επάνω πλευρά των σάκων και στις επιθυμητές διαστάσεις κόβεται ένα τμήμα του πλαστικού φύλλου του σάκου για να τοποθετηθούν τα νεαρά φυτά. Στον κάθε σάκο μπορούν να τοποθετηθούν 2-6 φυτά ανάλογα με το είδος του φυτού και τις διαστάσεις του σάκου.

Οι συνήθεις σάκοι έχουν όγκο 60lt . Σε ένα τέτοιο σάκο μπαίνουν συνήθως 2-3 φυτά και συνεπώς στο κάθε φυτό αναλογούν περίπου 20lt περλίτη. Στην αγορά κυκλοφορούν και πλαστικοί σάκοι με περλίτη μικρότερων διαστάσεων και μικρότερου όγκου από αυτόν που περιέχει 60lt. Υπάρχουν σάκοι των 15lt και 20lt που στον καθένα αντιστοιχεί ένα και δύο φυτά αντίστοιχα. Όμως μελέτες έχουν δείξει ότι ένα φυτό μπορεί να αναπτυχθεί και σε 5lt περλίτη.



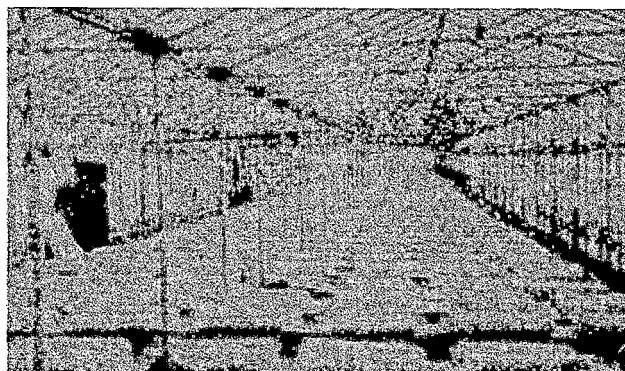
Σχηματική τομή συστήματος οριζόντιων σάκων περλίτη χωρίς ανακύκλωση



Σχηματική τομή συστήματος οριζόντιων σάκων περλίτη με ανακύκλωση

Η άρδευση γίνεται με το σύστημα της στάγδην άρδευσης όπου ένας σταλάκτης αναλογεί σε κάθε φυτό. Το θρεπτικό διάλυμα δεν ανακυκλώνεται και απομακρύνεται από τρύπες που γίνονται στο κάτω μέρος των σάκων.

Στην δεύτερη περίπτωση, δηλαδή όταν εφαρμόζεται επανακυκλοφορία του θρεπτικού διαλύματος, κατά μήκος των γραμμών όπου τοποθετούνται οι σάκοι δίνεται στο έδαφος μεγαλύτερη κλίση: 1,5-2%. Οι σάκοι τοποθετούνται κατά δίδυμες γραμμές ενώ στο μεταξύ των 2 γραμμών διάστημα σχηματίζεται αγωγός στον οποίο συγκεντρώνεται το θρεπτικό διάλυμα που στραγγίζει από τους σάκους.



Προετοιμασία συστήματος με οριζόντιους σάκους περλίτη

Το θρεπτικό διάλυμα παρέχεται από το υψηλότερο σημείο και μετακινείται με την βαρύτητα προς το χαμηλότερο σημείο του θερμοκηπίου από όπου οδηγείται στην δεξαμενή του θρεπτικού διαλύματος μέσω σωληνώσεων.



Εγκατάσταση συστήματος με οριζόντιους σάκους περλίτη

Από το δοχείο συγκέντρωσης το θρεπτικό διάλυμα αφού ελεγχθεί και διορθωθεί το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα και η ιοντική ισορροπία, ξαναστέλνεται στους σωλήνες άρδευσης με τη βοήθεια αντλίας.

Τα συστήματα αυτά (είτε χωρίς, είτε με ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος) έχουν εξαπλωθεί αρκετά στη χώρα μας.



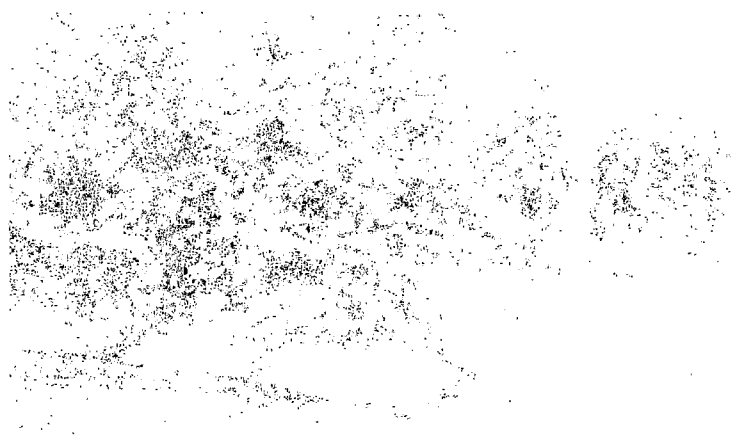
Καλλιέργεια τομάτας σε πλήρη ανάπτυξη σε οριζόντιους σάκους περλίτη

Κάθετη καλλιέργεια σε σάκους

Η κάθετη καλλιέργεια σε σάκους εξασφαλίζει την μεγαλύτερη δυνατή αξιοποίηση του χώρου του θερμοκηπίου. Το θερμοκήπιο όμως πρέπει να είναι έτσι κατασκευασμένο, ώστε να αντέχει το βάρος των σάκων που κρέμονται από την οροφή του.

Στην κάθετη καλλιέργεια που εφαρμόζεται κυρίως για καλλιέργεια φράουλας ή μαρουλιού χρησιμοποιείται φύλλο πλαστικού (μαύρο εσωτερικά και άσπρο εξωτερικά) το οποίο αποτελείται από τρία στρώματα πολυαιθυλενίου (PE) σε σωλήνες διαμέτρου 20cm που γεμίζονται με περλίτη και κρέμονται από το σκελετό του θερμοκηπίου. Το ύψος των σάκων είναι γύρω στα 2,2 μέτρα ενώ στο κάτω μέρος φέρουν άνοιγμα αποστράγγισης.

Κατά μήκος κάθε σάκου και στις επιθυμητές αποστάσεις γίνονται τρύπες όπου φυτεύονται τα φυτά. Σε κάθε σάκο τοποθετούνται 20-40 φυτά σε ρομβοειδή διάταξη ή στο ίδιο ύψος. Ο σάκος με τον περλίτη έχει διάρκεια ζωής 2-3 χρόνια το μέγιστο. Για την αντικατάσταση των σάκων που περιέχουν το περλίτη, που έχει υποβαθμιστεί και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για νέα καλλιέργεια, χρησιμοποιούμε νέους σάκους γεμάτους με περλίτη για να μην χάνουμε χρόνο στη διαδικασία αδειάσματος των σάκων του χρησιμοποιημένου περλίτη και γεμίσματος αυτών με νέο περλίτη.



Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, οι πληροφορίες που συλλέγονται είναι:

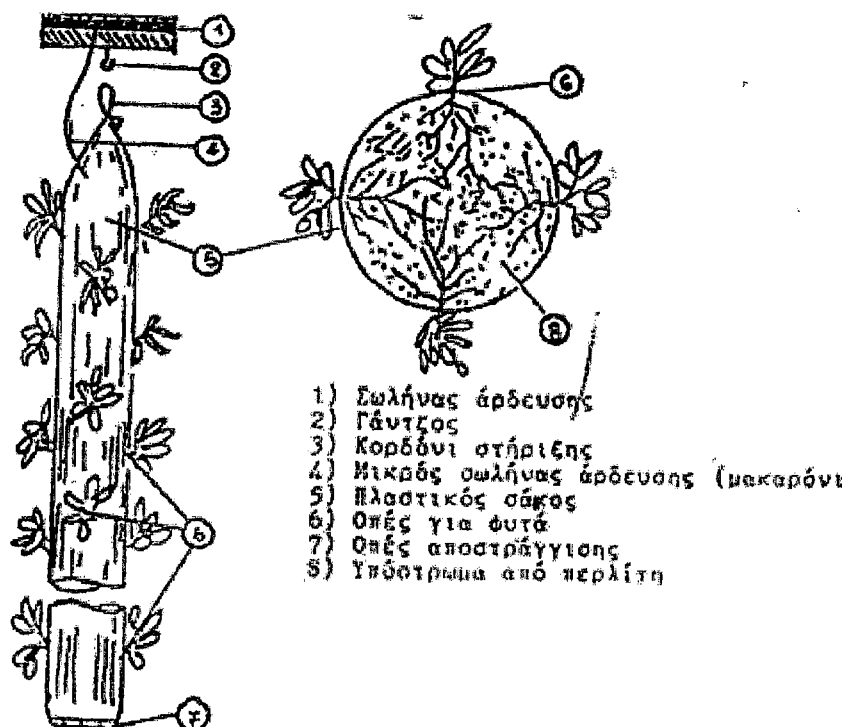
Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας

Η διαδικασία που περιγράφεται παραπάνω είναι η διαδικασία που ακολουθείται για την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέγονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Η διαδικασία αυτή είναι η διαδικασία που ακολουθείται για την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέγονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας.

Η διαδικασία που περιγράφεται παραπάνω είναι η διαδικασία που ακολουθείται για την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέγονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Η διαδικασία αυτή είναι η διαδικασία που ακολουθείται για την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέγονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας.

Η διαδικασία που περιγράφεται παραπάνω είναι η διαδικασία που ακολουθείται για την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέγονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Η διαδικασία αυτή είναι η διαδικασία που ακολουθείται για την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέγονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας.

Οι αποστάσεις των σάκων πάνω στη γραμμή είναι 80-100cm και μεταξύ των γραμμών 100cm. Οι σάκοι στερεώνονται στην κορυφή του σε ειδικές αλουμιένιες υποδοχές ενώ στην βάση τους σε πλαστικές υποδοχές που έρχονται σε επαφή με τους σωλήνες στράγγισης.



Κάθετη καλλιέργεια σε σάκους περλίτη

Το σύστημα άρδευσης που χρησιμοποιείται είναι η στάγδην άρδευση και τα σωληνάκια (spaghetti) τοποθετούνται ή ένα στην κορυφή ή περισσότερα σε διαφορετικό ύψος για καλύτερη κατανομή του διαλύματος. Συνήθως η άρδευση σε κάθε σάκο γίνεται με 2 σωληνάκια από τα οποία το ένα βρίσκεται στο πάνω εσωτερικό μέρος και το δεύτερο στο μέσο εσωτερικό μέρος. Με τα σωληνάκια αυτά παρέχεται το θρεπτικό διάλυμα. Επίσης τα φυτά ραντίζονται με το σύστημα της υδρονέφωσης.

Από την δεξαμενή θρεπτικού διαλύματος μία αντλία απορροφά το διάλυμα και το διοχετεύει σε εναέριους αγωγούς οι οποίοι καταλήγουν στα δύο σωληνάκια που έχει ο κάθε σάκος.

Ο κάθε σάκος μπορεί να αποτελέσει υπόστρωμα για 35 περίπου φυτά (ανάλογα με το είδος του φυτού). Έτσι σε κάθε στρέμμα μπορούμε να καλλιεργήσουμε 35.000 περίπου φυτά.

Όταν το διάλυμα ανακυκλώνεται το έδαφος πρέπει να έχει κλίση της τάξης του 2%.

Στα πλεονεκτήματα της κάθετης καλλιέργειας αναφέρονται τα εξής:

- Αυξάνεται πολύ ο αριθμός των φυτών ανά στρέμμα σε σχέση με τα υπόλοιπα συστήματα και την καλλιέργεια σε έδαφος,
- Διευκολύνεται η συλλογή των καρπών και το κλάδεμα των φυτών.
- Είναι εύκολος ο διαχωρισμός των προσβεβλημένων φυτών από ασθένειες, η απομάκρυνση και η καταστροφή τους.
- Επιτυγχάνεται μεγάλη πρωιμότητα στην παραγωγή. Για παράδειγμα στην κάθετη καλλιέργεια φράουλας παράγεται προϊόν έτοιμο για κατανάλωση από τον Δεκέμβριο-Απρίλιο, εποχή που δεν μπορεί να παραχθεί φράουλα με άλλη τεχνική καλλιέργειας.

Στα μειονεκτήματα της κάθετης καλλιέργειας αναφέρονται:

- Μεγάλο κόστος κατασκευής (ισχυρότερος σκελετός θερμοκηπίου κλπ).
- Η καθίζηση του περλίτη στους σάκους με το χρόνο και η υποβάθμιση του υλικού (μείωση ολικού πορώδους) ώστε να απαιτείται ανά δύο περίου χρόνια αντικατάσταση του υποστρώματος.
- Πρέπει να γίνεται συχνά έλεγχος του θρεπτικού διαλύματος στην περίπτωση που αυτό ανακυκλώνεται.

Το σύστημα της κάθετης καλλιέργειας σε σάκους δεν έχει ακόμη μεγάλη απήχηση στις επιχειρηματικές καλλιέργειες. Γίνονται ακόμη μελέτες για να αξιολογηθεί κατά πόσο τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι σημαντικότερα από τα μειονεκτήματα. Πρόσφατα πάντως διαπιστώθηκε ότι η κάθετη καλλιέργεια είναι αντιοικονομικό σύστημα καλλιέργειας αφού η καθίζηση και η υποβάθμιση του περλίτη δεν επιτρέπει την ομαλή διακίνηση του θρεπτικού διαλύματος με συνέπεια την εμφάνιση πολλών φυτών με προβλήματα θρέψης ή φυτοτοξικότητας.

Σύστημα καλλιέργειας σε πλαστικούς σάκους με περλίτη που καλύπτονται εξωτερικά από πλαστικό μανδύα

Αρχικά γίνεται ευθυγράμμιση του εδάφους. Μετά τοποθετούνται φύλλα φελιζολ διαστάσεων 1m (μήκους), 0,3m (πλάτους) και 2cm (πάχους), κατά μήκος κάθε γραμμής φύτευσης. Πάνω στο φελιζολ τοποθετούνται εγκάρσια τεμάχια από το ίδιο υλικό ύψους 2,5cm κατά διαστήματα με σκοπό την δημιουργία μικρών φραγμάτων στη ροή του θρεπτικού διαλύματος. Πάνω στο φελιζολ απλώνεται πλαστικό διπλής όψης (άσπρο από την εξωτερική πλευρά και μαύρο από την εσωτερική) που έχει πλάτος 0,8m.

Πάνω σε αυτό τοποθετούνται οι πλαστικοί σάκοι με τον περλίτη που στο κάτω μέρος φέρουν οπές. Κάθε σάκος περιέχει συνήθως 60lt περλίτη. Στην συνέχεια το πλαστικό συρράφεται ώστε να σχηματισθεί μανδύας σωληνοειδής με τους πλαστικούς σάκους στο εσωτερικό. Στο πάνω μέρος του μανδύα πλαστικού ανοίγονται έξι τρύπες σε αποστάσεις 25cm μεταξύ τους, ώστε να τοποθετηθούν τα σπορόφυτα. Η άρδευση γίνεται με διακεκομμένη παροχή από σωλήνα 1/2" στο ανώτερο σημείο του πλαστικού μανδύα που δημιουργείται από το εξωτερικό πλαστικό. Το θρεπτικό διάλυμα φτάνει στο ριζικό σύστημα του φυτού μέσω των τριχοειδών πόρων του περλίτη από κάτω προς τα επάνω και μέσω των μικρών οπών που έχουν ανοιχτεί στο κάτω και πλάγιο μέρος των σάκων.

Στο τέρμα του πλαστικού μανδύα υπάρχει κανάλι για την απομάκρυνση του πλεονάσματος του θρεπτικού διαλύματος.

Με αυτό το σύστημα καλλιεργείται κυρίως τομάτα.

Καλλιέργεια σε περλίτη που βρίσκεται σε διάτρητο πλαστικό που είναι εξωτερικά καλυμμένο από πλαστικό μανδύα.

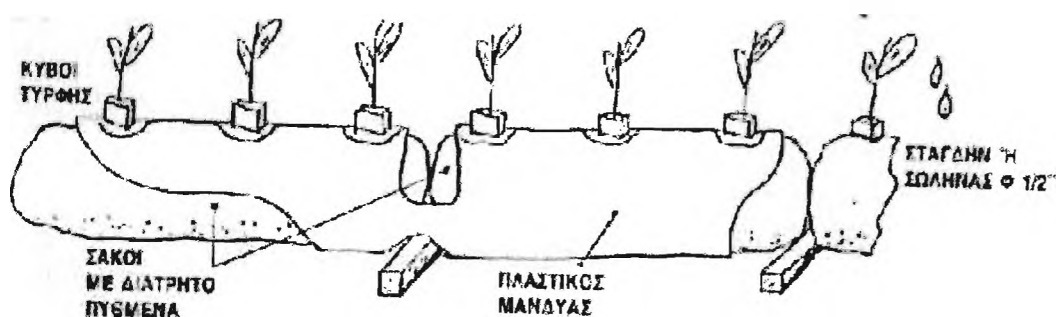
Μέσα σε θερμοκήπιο 1 στρέμματος δημιουργούνται 64 κανάλια από σωλήνες μήκους 22m και διαμέτρου 0,36m, τα οποία είναι υπερυψωμένα (σε ύψος 0,4m από το έδαφος) και βρίσκονται σε αποστάσεις 0,4m μεταξύ τους.

Μέσα στα κανάλια τοποθετείται κατά σειρά ένα ασπρόμαυρο πλαστικό πλάτους 0,7m και μήκους 22m. Στην συνέχεια πάνω σε αυτό τοποθετείται ειδικό διάτρητο πλαστικό φύλλο βάρους 15gr/m². Ο περλίτης χύνεται πάνω

σε αυτό το διάτρητο πλαστικό και γίνεται συρραφή των δύο πλαστικών κατά τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματισθεί σωλήνας πάνω στο οποίο ανοίγονται τρύπες ανά 20cm.

Η άρδευση γίνεται ή με διακεκομμένη παροχή από σωλήνα 1,2", που τοποθετείται στο ανώτερο σημείο του "σχηματισμένου πλαστικού σωλήνα" μέσα στα κανάλια. Το θρεπτικό διάλυμα δεν ανακυκλώνεται.

Οι καλλιέργεια που αναπτύσσεται σε αυτό το σύστημα είναι κυρίως η τομάτα.



Οριζόντιοι σάκοι περλίτη με πλαστικό μανδύα

Κριτήρια για την επιλογή υποστρώματος υδροπονίας

Οι κυριότεροι παράγοντες που παίζουν μεγάλο ρόλο κατά την επιλογή του υποστρώματος υδροπονίας είναι οι εξής (Γκρίλλας, 2001):

- Το κόστος εγκατάστασης και επαναφύτευσης του υποστρώματος.
- Η οικονομία νερού και λιπασμάτων που επιτυγχάνεται.
- Η δυνατότητα επαναδιαβροχής του υποστρώματος.
- Η απόδοση του υποστρώματος όταν χρησιμοποιούνται αλατούχα νερά.
- Η υδατοικανότητα του υποστρώματος.
- Η δυνατότητα σχηματισμού αποθήκης θρεπτικού διαλύματος.
- Το τριχοειδές φαινόμενο του υποστρώματος.
- Η αναλογία αέρα και νερού στο υπόστρωμα.

- Οι χημικές ιδιότητες του υποστρώματος.
- Η μονωτική ικανότητα του υποστρώματος.
- Η ικανότητα για άμεση στράγγιση-έκπλυση.
- Η ρύπανση που προκαλεί η απόθεση του υποστρώματος στο περιβάλλον.
- Η τεχνική υποστήριξη που συνοδεύει το υπόστρωμα.

Σύγκριση αποδόσεων και οικονομικών δεδομένων καλλιέργειας σε πετροβάμβακα και περλίτη

Στον ελληνικό χώρο δεν υπάρχουν ουσιαστικά αποτελέσματα-αποδόσεις υδροπονικών καλλιεργειών σε περλίτη και πετροβάμβακα συστηματοποιημένα παρά μόνο πληροφορίες που προέρχονται από την εμπειρία τεχνικών συμβούλων και παραγωγών. Παρόμοια έλλειψη θα μπορούσε να ειπωθεί ότι υπάρχει και σε πειραματικό επίπεδο για τον ελληνικό πάντα χώρο.

Αντίθετα υπάρχουν πολλά στοιχεία τόσο σε πειραματικό όσο και σε επιχειρηματικό επίπεδο για χώρες της Ευρώπης, τα οποία όμως για ευνόητους λόγους δεν μπορούν να θεωρηθούν ως πιθανά αποτελέσματα - αποδόσεις του ελληνικού χώρου και κυρίως λόγω έλλειψης εμπειρίας εφαρμογής του ήδη υπάρχοντος και δυνάμενου να εισαχθεί από το εξωτερικό know-how.

Για τους ανωτέρω λόγους θα παρατεθούν στην συνέχεια ορισμένα πειραματικά και άλλα αποτελέσματα - αποδόσεις και στο τέλος του κεφαλαίου αυτού θα επιχειρηθεί η συναγωγή ορισμένων συμπερασμάτων για τις αποδόσεις των επιχειρηματικών υδροπονικών καλλιεργειών σε περλίτη και πετροβάμβακα για τον ελληνικό χώρο. Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 10) παρουσιάζονται συνολικά αποτελέσματα από διάφορες σχετικές εργασίες για λαχανοκομικές καλλιέργειες αντίστοιχα (Blaabjerg, 1983, Χαρίτος 1989).

Πίνακας 10. Σύγκριση αποτελεσμάτων καλλιεργειών σε πετροβάμβακα και περλίτη για λαχανοκομικά φυτά.

Περιοχή	Υπόστρωμα	Καλλιέργεια	Πυκνότητα φύτευσης (φυτά/στρέμμα)	Ετήσια απόδοση καλλιέργειας (κιλά/στρέμμα)	Ετήσιο καλλιεργητικό κόστος (δρχ(ευρώ)/στρ έμμη)
Δανία ⁽¹⁾	Πετροβάμβακας	Αγγούρι	1.400	166.000	*
Ελλάδα /Ιεράπετρα Κρήτης ⁽²⁾	Πετροβάμβακας	Αγγούρι	*	41.500	*
Ελλάδα ⁽³⁾	Πετροβάμβακας	Αγγούρι	1.700	*	270.000 (792,36)
Δανία ⁽⁴⁾	Πετροβάμβακας	Τομάτα	2.500	39.500	*
Ελλάδα ⁽⁵⁾	Πετροβάμβακας	Τομάτα	*	23.000	*
Ελλάδα / Τυμπάκι Ηρακλείου ⁽⁶⁾	Πετροβάμβακας	Τομάτα	*	30.000	*
Ελλάδα ⁽⁷⁾	Πετροβάμβακας	Τομάτα	2.700	*	400.000 (1173,88)
Ελλάδα ⁽⁸⁾	Περλίτης	Τομάτα	*	30.000	*

(1), (4) Bakker, 1995

(2), (5) Χαρίτος, 1989

(3), (7) Στοιχεία από προσωπική έρευνα

(6) Δρίμτζας, 1993

(8) Τζεφρίδης

* Δεν υπήρχαν στοιχεία.

Δεδομένου ότι το κόστος γενικά των θερμοκηπιακών καλλιεργειών ποικίλει ευρέως ανάλογα με τον τύπο του θερμοκηπίου, την εφαρμογή ή όχι θέρμανσης κλπ. θεωρήθηκε σκόπιμο στο κεφάλαιο αυτό να παρατεθεί μόνο το επιπλέον κόστος που δημιουργείται από την εφαρμογή υδροπονικών καλλιεργειών σε περλίτη και πετροβάμβακα. Ακόμη όπως φαίνεται και από τα στοιχεία που ακολουθούν, αφαιρούνται από αυτό το κόστος, το κόστος ορισμένων εργασιών που παραλείπονται με την εφαρμογή του συστήματος των υδροπονικών καλλιεργειών όπως είναι π.χ. η καλλιέργεια του εδάφους, η απολύμανσή του κλπ.

Έτσι ένας καλλιεργητής που πραγματοποιεί σήμερα την όποια θερμοκηπιακή καλλιέργεια στο έδαφος και με τα δεδομένα που συνολικά διαθέτει στην θερμοκηπιακή μονάδα, να μπορεί να υπολογίσει το επιπλέον κόστος που μπορεί να διαμορφωθεί με την εφαρμογή της υδροπονικής καλλιέργειας σε περλίτη ή πετροβάμβακα.

Με βάση όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως, ως προς την τεχνική καλλιέργεια σε περλίτη και πετροβάμβακα, οι πρόσθετες δαπάνες για την καλλιέργεια ενός στρέμματος θερμοκηπίου χωρίς αυτοματισμούς και χωρίς ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος παρουσιάζονται στον πίνακα 11. Για τη μονάδα αυτόματου ελέγχου του συστήματος πρέπει να υπολογισθεί επιπλέον κόστος που κυμαίνεται από 3.000.000 έως 7.000.000 δρχ. (8.841,10 έως 20.542,92 Ευρώ) ανάλογα με το μέγεθος της μονάδας, το είδος του συστήματος και τον βαθμό αυτοματοποίησης που επιθυμούμε.

Όσο αφορά τέλος τα έξοδα καλλιέργειας δεν διαφέρουν σημαντικά σε σχέση με αυτά που απαιτούνται για την καλλιέργεια στο έδαφος.

Πίνακας 11. Πρόσθετες δαπάνες υδροπονικών καλλιεργειών σε περλίτη και πετροβάμβακα, χωρίς ανακύκλωση για ένα στρέμμα (τιμές χωρίς Φ.Π.Α.)*.

Περιγραφή δαπανών	Περλίτης		Πετροβάμβακας	
	Δρχ	Ευρώ	Δρχ	Ευρώ
Διαμόρφωση εδάφους με την απαραίτητη κλίση	65.000	190,76	65.000	190,76
Κάλυψη εδάφους με φύλλο γαλακτώδους/ μαύρου πλαστικού.	130.000	381,51	130.000	381,51
Πλαστικό περισυλλογής στραγγισμάτων ανά διπλή γραμμή φυτών και συνολικά.	65.000	190,76	65.000	190,76
Υπόστρωμα καλλιέργειας (σάκοι περλίτη, πλάκες πετροβάμβακα)	500.000	1467,35	800.000	2347,76
Σύστημα διανομής θρεπτικού διαλύματος (σωλήνες, βάνες, σταλάκτες)	270.000	792,37	270.000	792,37
Σύνολο	1.030.000	3.023	1.330.000	3.903

* οι τιμές του πίνακα συμπληρώθηκαν βάση πληροφοριών που δόθηκαν από τους υπεύθυνους των εταιριών ISOCON (περλίτης) και Agrosystem (πετροβάμβακας).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση τα όσο αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια μπορούμε να συνοψίσουμε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει μία καλλιέργεια αναπτυσσόμενη με την τεχνική της υδροπονίας σε σχέση με την καλλιέργεια στο έδαφος:

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης του ριζικού συστήματος.	Μεγάλες δαπάνες αρχικής επένδυσης.
Απαλλαγή από τις ασθένειες του εδάφους και το κόστος απολύμανσης που είναι σημαντικό.	Δεν παρέχει την πολυτέλεια λαθών. Είναι αρκετά ευαίσθητο σύστημα καλλιέργειας.
Αποφυγή καλλιεργητικών εργασιών (όργωμα, φρεζάρισμα, σκαλίσματα, ζιζανιοκτονία).	Απαιτούνται περισσότερες γνώσεις από τους καλλιεργητές.
Μικρές δόσεις φυτοφαρμάκων σε ριζοποτίσματα.	Δεν υπάρχουν πολλοί επιστήμονες ειδικοί της μεθόδου αυτής.
Άμεση απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων.	Μεγαλύτερο κόστος σε λιπάσματα.
Καλλιέργεια σε μέρη που τα εδάφη είναι ακατάλληλα για καλλιέργεια.	
Η άρδευση - λίπανση γίνονται αυτόματα	
Εξοικονόμηση νερού και θρεπτικών στοιχείων, γιατί περιορίζονται οι απώλειες από επιφανειακές διαρροές και βαθιά διείσδυση του νερού στο έδαφος.	
Αύξηση της παραγωγής μέχρι 100-300%.	
Δημιουργία ευχάριστου περιβάλλοντος για τους εργαζόμενους, με την απομόνωση	

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
του εδάφους και επομένως την απουσία οσμών και σκόνης.	
Αύξηση της φωτεινότητας του θερμοκηπίου λόγω αντανάκλασης.	

Από όλα αυτά βγαίνει το συμπέρασμα ότι τα υδροπονικά συστήματα είναι πολύ παραγωγικά, χρησιμοποιούν υψηλή τεχνολογία, εξοικονομούν νερό και καλλιεργήσιμη γη και προστατεύουν το περιβάλλον. Για τους λόγους αυτούς χρησιμοποιούνται όλα και περισσότερο παρά το ότι απαιτούν μεγάλες επενδύσεις κεφαλαίου. Έχει γίνει πλέον αποδεκτό ότι αποτελούν το επόμενο βήμα μετά την παραδοσιακή υπαίθρια καλλιέργεια.

Λαμβάνοντας όμως υπόψη τις συνθήκες που επικρατούν, δεν προβλέπεται ευρύτερη ή ταχύτερη διάδοση των υδροπονικών συστημάτων από αυτή που ήδη συμβαίνει και αυτό γιατί:

- Στις οικονομικά αναπτυγμένες χώρες τα συγκριτικά οικονομικά στοιχεία που έχουμε για τις υδροπονικές καλλιέργειες από τη μία και τις καλλιέργειες σε έδαφος από την άλλη, καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι υδροπονικές καλλιέργειες δεν μπορούν να ανταγωνισθούν τις υπαίθριες όταν οι τελευταίες είναι εύκολα διαθέσιμες.
- Στις λιγότερες αναπτυγμένες χώρες, λόγω της γενικότερης έλλειψης οργανωμένου δικτύου μεταφορών, σύγχρονης μεταποιητικής βιομηχανίας, επικοινωνιών πληροφόρησης και εξελιγμένου επιπέδου γνώσης η γεωργική παραγωγή βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα. Οι ελλείψεις αυτές, κάνουν εντονότερη την παρουσία τους όταν αναφερόμαστε σε νέες τεχνολογικά μεθόδους καλλιέργειας όπως η υδροπονία.

Παρά όμως τις δυσκολίες αυτές, υπάρχουν και άλλες δυνατότητες οι οποίες αν υλοποιηθούν σωστά συμβάλουν στην εξέλιξη των υδροπονικών συστημάτων με τους εξής τρόπους:

1. Να μειώσουν το σημερινό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας και να κάνουν τη νέα τεχνολογία πιο ανταγωνιστική. Η συνεχής έρευνα μπορεί να

οδηγήσει σε βελτιώσεις που θα προκαλέσουν αύξηση της παραγωγής και μείωση του κόστους ώστε η υδροπονία να γίνει περισσότερο ανταγωνιστική. Η έρευνα σήμερα εστιάζεται:

- 1.1. Στην ανάπτυξη χαμηλότερου κόστους κατασκευών και υλικών υδροπονικών συστημάτων καθώς και στην ανάπτυξη συστημάτων με μειωμένες απαιτήσεις σε ενέργεια και
 - 1.2. Στην παραγωγή νέων ποικιλιών περισσότερο κατάλληλων για το ελεγχόμενο περιβάλλον των μηχανοποιημένων συστημάτων και ανθεκτικών σε ασθένειες και εχθρούς.
2. Να μη γίνεται μόνο οικονομική αξιολόγηση των διαφόρων συστημάτων αλλά η αξιολόγησή τους να βασίζεται και σε άλλους παράγοντες. Σχετικά με αυτό η πολιτεία θα μπορούσε σε ορισμένες περιπτώσεις και ανάλογα με τις κατά τόπους εδαφοκλιματικές συνθήκες, να θεσπίσει ζώνες προώθησης των υδροπονικών καλλιεργειών και επιδοτήσεις σε υψηλά ποσοστά των επενδύσεων αυτών. Τέτοιες περιοχές, που μπορούν να επωφεληθούν από αυτές τις διατάξεις είναι περιοχές με έλλειψη νερού ή περιοχές με αντίξοες εδαφοκλιματικές συνθήκες που έχουν πρόβλημα παραγωγής διαφόρων προϊόντων π.χ. κηπευτικών ή ακόμη και συνδυασμός των δύο περιπτώσεων π.χ. στα νησιά.

Η υδροπονία δεν αποτελεί πανάκεια. Το θέμα πρέπει να ειδωθεί πολύπλευρα. Οι θερμοκηπιακές εκμεταλλεύσεις για να επιβιώσουν σήμερα πρέπει να γίνουν ανταγωνιστικές. Αυτό επιτυγχάνεται καταρχήν με την αύξηση των αποδόσεων και ταυτόχρονη βελτίωση της ποιότητας που θα οδηγήσει σε μεγαλύτερες τιμές πώλησης, άρα σε μεγαλύτερη κερδοφορία. Για το σκοπό αυτό εκτός από την υδροπονία, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν και άλλες πρωτοποριακές τεχνικές (ολοκληρωμένη καταπολέμηση εχθρών, επιλογή σωστών υβριδίων, φυσική γονιμοποίηση, ποιοτικός έλεγχος κλπ). Ο δρόμος της ταυτόχρονης αύξησης παραγωγής και ποιότητας είναι δύσκολος αλλά και ο μοναδικός που πρέπει να ακολουθήσουν οι θερμοκηπιακές εκμεταλλεύσεις για να επιβιώσουν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bakker J.C., "Greenhouse climate control an integrated approach", Wageningen Pers, Wageningen 1995.
- Blaabjerg J., "Information on the latest results of growing on Grodan", Acta Horticulturae, 1983.
- Resh H. M., "Hydroponic Food Production", Woodbridge, 1995.
- Verver F.L., "The possibilities of Grodan rockwool in horticulture", ISOSC Proceedings, Wageningen, 1994.
- Βασιλάκης Δ., "Υδροπονικές καλλιέργειες - Μπορούν να δώσουν λύσεις", Γεωργική Τεχνολογία, Νοέμβριος 1994.
- Γκρίλλας Ε., "Κριτήρια για την επιλογή υποστρώματος υδροπονίας", Φαρμ Consulting, No1, 2001, σελ. 48-54.
- Δρίμτζιας Ν., "Υδροπονική καλλιέργεια σε πετροβάμβακα", Γεωργία και Ανάπτυξη, Μάρτιος 1993.
- Θεοδώρου Μ., Πασχαλίδη Χ., "Εγχειρίδιο καλλιεργητή", Εκδόσεις Έμβρυο, Αθήνα 1999.
- Καράταγλης Σ., "Φυσιολογία Φυτών", Εκδόσεις Art of Text, Θεσσαλονίκη, 1992.
- Κάτσανος Χ.Δ., "Υδροπονική καλλιέργεια σε πετροβάμβακα", ΦΑΡΜ Consulting, No 1, 2001, σελ. 38-44
- Κατσάνος Χ.Δ. (β), "Θρέψη - Λίπανση", Λίπανση - Θρέψη '97, Γεωργική Τεχνολογία, Δεκέμβριος 1996, σελ. 74-82.
- Μαυρογιαννόπουλος Γ., "Υδροπονικές καλλιέργειες και θρεπτικά διαλύματα", Αθήνα - Πειραιάς 1994.
- Μπράτη Ν., Αναστασίου Α., "Υδροπονία, Ανακύκλωση - Ποιότητα νερού", Φαρμ Consulting, No1, 2001, σελ. 26 -37.
- Σάββας Δ., "Υδροπονικές καλλιέργειες", Επιστημονικές Σημειώσεις Λαχανοκομίας Τμήματος ΘΕΚΑ, ΤΕΙ Καλαμάτας 1995.

Τζαμαλής Π., "Εγκατάσταση συστημάτων υδροπονίας σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες ανθοκομικών και κηπευτικών", "Υδροπονικές καλλιέργειες", Εκδόσεις ΖΕΥΣ 2000, σελ. 114-134.

Τζεφρίδης Γ., "Ο περλίτης ως υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών", Αθήνα 1998.

Χαρίτος Ν.Κ., "Υδροπονικές καλλιέργειες σε θερμοκήπιο", Γεωργική Τεχνολογία, Μαΐος 1989.
