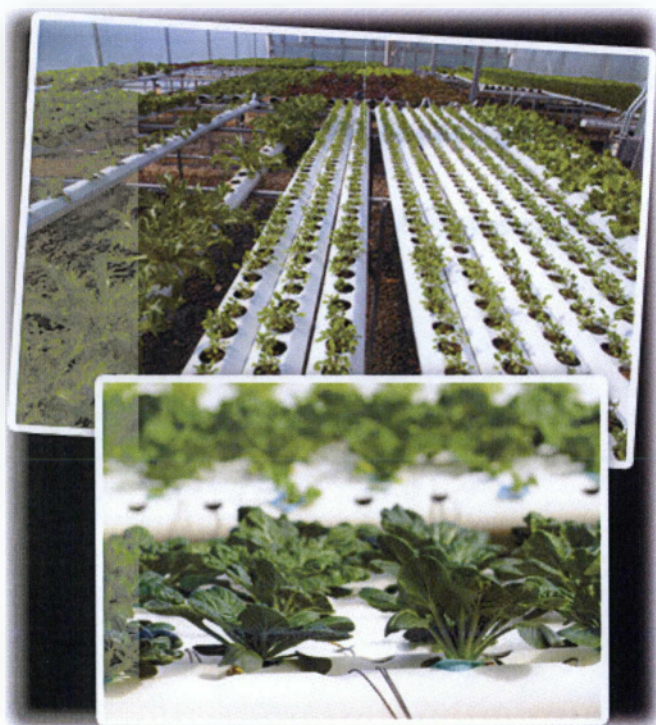




*Α.Τ.Ε.Ι. ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ*  
*ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ*  
*ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ*  
*ΚΑΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ*

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΥΔΑΤΟΚΑΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ  
ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ»**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΓΚΑΙΤΑΤΖΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΑΜ: 2002121**  
**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΩΤΣΙΡΑΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

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

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να γίνει μια γνωριμία των υδροπονικών συστημάτων που υπάρχουν περιγράφοντας καθένα από αυτά τα συστήματα. Ωστόσο ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην υδατοκαλλιέργεια και στα συστήματα που υπάγονται σε αυτήν, τα οποία είναι η καλλιέργεια σε N.F.T., η καλλιέργεια με το σύστημα επίπλευσης και η αεροπονία. Η καλλιέργεια με την χρήση οργανικών ή ανόργανων στερεών υποστρωμάτων είναι πολύ διαδεδομένη για την υδροπονία ωστόσο φαίνεται πως οι καλλιέργειες χωρίς στέρεο υπόστρωμα κερδίζουν ολοένα και περισσότερο έδαφος σε διαφορετικά καλλιεργούμενα είδη κυρίως θερμοκηπιακά, κηπευτικά και κάποια ανθοκομικά όπως η τριανταφυλλιά και η ζέρμπερα.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό νιώθω την υποχρέωση να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα Καθηγητή κ. **Κώτσιρα Αναστάσιο** για την πολύτιμη καθοδήγηση και την υποστήριξη του καθ' όλη την διάρκεια διεκπεραίωσης της παρούσας μελέτης.

Επίσης, νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω τους ανθρώπους της οικογένειάς μου, που μου συμπαραστάθηκαν με κάθε τρόπο όλα τα χρόνια της φοίτησής μου στο Α.Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας και από τα βάθη της καρδιάς μου τη γυναίκα της ζωής μου χωρίς που χωρίς την ασφυκτική της πίεση, την επιμονή και την υπομονή της δεν θα τα είχα καταφέρει!

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου στο Α.Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας κ. Παρασκευά Καλομενίδη για τον ενδιαφέρον του όλα αυτά τα χρόνια καθώς επίσης και την φίλη μου Χριστίνα Τσιρίγκα για την πολύτιμη βοήθειά της στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και για το usb memory stick που μου δάνεισε!

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> .....	9
ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ .....	9
1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ .....	9
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ .....	10
1.3 ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ .....	11
1.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ...	12
1.4.1 Πλεονεκτήματα υδροπονικών καλλιέργειών.....	12
1.4.2 Μειονεκτήματα υδροπονικών καλλιέργειών.....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> .....	17
ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΟ.....	17
ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ .....	17
2.1 ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ .....	17
2.1.1 Δεξαμενές.....	17
2.1.2 Αντλίες.....	18
2.1.3 Σύστημα αυτόματης ανάμειξης των πυκνών διαλυμάτων .....	19
2.1.4 Όργανα μέτρησης του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.....	19
2.1.5 Συστήματα άρδευσης – παροχής του θρεπτικού διαλύματος.....	20
2.1.6 Υποδοχείς υποστρωμάτων.....	20
2.1.7 Διάφοροι αυτοματισμοί .....	21
2.2 ΤΟ ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ.....	22
2.2.1 Ηλεκτρική αγωγιμότητα (Electrical Conductivity, EC) του θρεπτικού διαλύματος.....	24

2.2.2 Το pH του θρεπτικού διαλύματος .....	25
<b>2.3 ΤΟ ΝΕΡΟ ΚΑΙ Η ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ .....</b>	<b>26</b>
<b>2.4 ΛΙΠΑΝΣΗ .....</b>	<b>28</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> .....</b>	<b>34</b>
<b>ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ .....</b>	<b>34</b>
<b>3.1 ΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ Η ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΟΥΣ .....</b>	<b>34</b>
<b>3.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΣΕ ΣΤΕΡΕΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ.....</b>	<b>35</b>
3.2.1 Καλλιέργεια σε περλίτη.....	37
3.2.2 Καλλιέργεια σε χαλίκι.....	37
3.2.3 Καλλιέργεια σε άμμο .....	38
3.2.4 Καλλιέργεια σε πετροβάμβακα .....	39
3.2.5 Καλλιέργεια σε ελαφρόπετρα.....	39
3.2.6 Καλλιέργεια σε τύρφη .....	40
3.2.7 Καλλιέργεια σε Κοκοφοίνικα ή Τνες καρύδας (cocosoil).....	41
3.2.7 Καλλιέργεια σε βερμικουλίτη (vermiculite) .....	41
3.2.8 Καλλιέργεια σε διογκωμένη άργιλο .....	42
<b>3.3 ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ .....</b>	<b>42</b>
3.3.1 Πλαστικοί σάκοι διαφόρων μεγεθών.....	42
3.3.2 Γλάστρες από διάφορα υλικά και διαφόρων μεγεθών .....	43
3.3.3 Υποδοχείς κατακόρυφης τοποθέτησης.....	44
3.3.4 Υποδοχείς από πετροβάμβακα.....	45
3.3.5 Υποδοχείς για αεροπονία.....	45
<b>3.4 ΚΛΕΙΣΤΑ ΚΑΙ ΑΝΟΙΚΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....</b>	<b>45</b>
3.4.1 Ανοικτά συστήματα.....	45
3.4.2 Κλειστά συστήματα.....	46
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> .....</b>	<b>48</b>
<b>ΥΔΡΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ .....</b>	<b>48</b>
<b>4.1 ΓΕΝΙΚΑ .....</b>	<b>48</b>
<b>4.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΣΕ ΣΤΑΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ .....</b>	<b>49</b>

<b>4.3 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΣΕ ΑΝΑΚΥΚΛΟΥΜΕΝΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ .....</b>	<b>51</b>
4.3.1 <i>Καλλιέργεια σε N.F.T. (Nutrient Film/Flow Technique – Τεχνική Λεπτής</i>	
<i>Θρεπτικής Στοιβάδας).....</i>	<i>51</i>
4.3.2 <i>Καλλιέργεια σε σύστημα επίπλευσης (Floating system).....</i>	<i>53</i>
4.3.3 <i>Αεροπονία .....</i>	<i>55</i>
<b>4.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ .....</b>	<b>57</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> .....</b>	<b>61</b>
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>61</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>63</b>

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι εκτός εδάφους καλλιέργειες, που κατά κύριο λόγο πραγματοποιούνται μέσα σε θερμοκηπιακές κατασκευές, αποτελούν σήμερα μια από τις περισσότερες εξελιγμένες μορφές επιχειρηματικών καλλιεργειών. Αρχικά το βασικό χαρακτηριστικό αυτών των καλλιεργειών ήταν η πλήρης αποδέσμευσή τους από το έδαφος και τον παραδοσιακό τρόπο καλλιέργειας σε αυτό, με σκοπό αφ' ενός τη μεγιστοποίηση του ελέγχου των συνθηκών ανάπτυξης των φυτών και αφ' ετέρου την αποφυγή προβλημάτων που πιθανόν να σχετίζονται με την ποιότητα του νερού καθώς και με τη γονιμότητα και παθογένεια του εδάφους.

Σε αυτούς τους δυο λόγους οφείλεται κυρίως η ραγδαία παγκόσμια επέκταση των υδροπονικών καλλιεργειών κατά τις τρεις τελευταίες δεκαετίες. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα υδροπονικά συστήματα έχουν εξελιχθεί σε μεγάλο βαθμό τα τελευταία χρόνια. Ενδεικτικά, στην Ιαπωνία υπάρχουν σε εμπορική μορφή περισσότερα από 40 διαφορετικά είδη υδροπονικών συστημάτων (Nakano, 2007). Επίσης, θα πρέπει να τονισθεί ιδιαίτερος ότι η εφαρμογή της υδροπονίας αποτελεί μια εξαιρετική εναλλακτική λύση ενός παραγωγικού συστήματος το οποίο μπορεί να βοηθήσει στην επιβίωση της γεωργίας σε ένα ταχύτατα μεταβαλλόμενο περιβάλλον.

Οι σύγχρονες τάσεις στη γεωργία απαιτούν την παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας με ταυτόχρονη προστασία του περιβάλλοντος. Επιπρόσθετα, οι καταναλωτές προτιμούν τα νωπά λαχανοκομικά προϊόντα και είναι έτοιμοι να εμπιστευθούν λαχανικά που παράγονται σε μονάδες με φιλικές προς το περιβάλλον μεθόδους. Αντιθέτως, μειώνεται η προτίμηση για τα εισαγόμενα προϊόντα. Το έδαφος σε αυτές τις πρώτες εκτός εδάφους καλλιέργειες, αντικαταστάθηκε από ορισμένα οργανικής κυρίως προέλευσης υποστρώματα, με βασικό συστατικό την τύρφη, που κι αυτά στη συνέχεια αντικαταστάθηκαν από εντελώς ανόργανα ή αδρανή ή καλύτερα ανόργανα υλικά, όπως είναι ο περλίτης, ο πετροβάμβακας (rockwool) κ.α., περνώντας έτσι σταδιακά ένα μεγάλο μέρος των εκτός εδάφους καλλιεργειών σε καθαρά υδροπονικές καλλιέργειες.

Ωστόσο φαίνεται πως από τα διάφορα συστήματα υδροπονικών καλλιεργειών σημαντικό έδαφος έχουν κερδίσει οι υδατοκαλλιέργειες. Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται για τον χαρακτηρισμό ενός μόνο μέρους των μεθόδων καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους και συγκεκριμένα εκείνων, στις οποίες δεν χρησιμοποιείται κανένα στερεό υπόστρωμα και οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται απευθείας μέσα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα, όπως π.χ. το σύστημα NFT. Το θρεπτικό αυτό διάλυμα παρέχει στα φυτά όλα εκείνα τα θρεπτικά συστατικά που είναι αναγκαία για την ανάπτυξή τους. Με την απουσία του εδάφους και των διαφόρων εδαφικών υποστρωμάτων επιτυγχάνεται ευκολότερη απορρόφηση, λόγω καλύτερης κατανομής, των θρεπτικών συστατικών από τα φυτά αλλά και προστασία της καλλιέργειας από εδαφικά παθογόνα της ρίζας.



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

## ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

### 1.1 Ορισμός

Υδροπονία ή εκτός εδάφους καλλιέργεια, καλείται οποιαδήποτε ανάπτυξη των φυτών που δεν έχει σχέση με το έδαφος, είτε με, είτε χωρίς κάποιο μέσο (υπόστρωμα), όπου οι συνολικές απαιτήσεις των φυτών σε νερό και θρεπτικά στοιχεία παρέχονται από το σύστημα (Jensen, 1999; Hanger, 1993). Με άλλα λόγια η υδροπονική καλλιέργεια είναι μια προηγμένη και εξελιγμένη τεχνική καλλιέργειας, με την οποία τα φυτά αναπτύσσονται χωρίς την χρησιμοποίηση εδάφους ή εδαφικού μίγματος (Αναστασίου και Παπαγεωργίου, 1999). Η ανάπτυξη των φυτών γίνεται σε τεχνητά υποστρώματα ή κανάλια συνεχούς ροής θρεπτικού διαλύματος.

Στην Ελλάδα ως τεχνητό υπόστρωμα χρησιμοποιείται κυρίως ο περλίτης, γιατί είναι ένα εθνικό προϊόν, φθινό που έχει όλες τις απαραίτητες ιδιότητες για την υδροπονική καλλιέργεια, ενώ υπάρχουν και άλλα όπως η ελαφρόπετρα, άμμος και το χαλίκι. Το τεχνητό υπόστρωμα πρέπει να έχει μικρή εναλλακτική ικανότητα, δηλαδή τη δυνατότητα να μη δεσμεύει τα θρεπτικά στοιχεία από το διάλυμα, αλλά να τα αφήνει ελεύθερα να απορροφούνται από το φυτό. Με την μέθοδο αυτή η θρέψη του φυτού δεν βασίζεται στο χώμα, αλλά στο νερό και στα θρεπτικά στοιχεία που εμπεριέχονται σε αυτό. Το υπόστρωμα που είναι αδρανές, το μόνο που προσφέρει είναι να στηρίζει την καλλιέργεια και να παρέχει χώρο για την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος (<https://www.growshop.gr>).

## 1.2 Ιστορική αναδρομή

Ερευνητές ανακάλυψαν κατά τον 19ο αιώνα ότι τα φυτά απορροφούν απαραίτητα θρεπτικά συστατικά, όπως ανόργανα ιόντα από το νερό. Σε φυσικές συνθήκες, το έδαφος δρα ως δεξαμενή θρεπτικών συστατικών αλλά το ίδιο το χώμα δεν είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη των φυτών. Όταν τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους διαλυθούν στο νερό, οι ρίζες των φυτών είναι σε θέση να τα απορροφήσουν. Όταν τα απαιτούμενα θρεπτικά συστατικά εισαχθούν τεχνητά με την παροχή νερού στο φυτό, το έδαφος δεν είναι πλέον αναγκαίο για να ευδοκιμήσουν. Σχεδόν κάθε φυτό μπορεί να αναπτυχθεί με την μέθοδο της υδροπονίας.

Η πρώτη δημοσιευμένη εργασία όσον αφορά τις εκτός εδάφους καλλιέργειες φυτών ήταν το 1627, στο βιβλίο *Sylva Sylvarum* του Sir Francis Bacon, τυπωμένο ένα χρόνο μετά το θάνατό του. Η καλλιέργεια σε νερό έγινε μια δημοφιλής τεχνική έρευνας μετά από αυτό. Το 1699, ο John Woodward δημοσίευσε πειράματα καλλιέργειας δυόσμου σε νερό. Βρήκε ότι τα φυτά σε λιγότερο καθαρές πηγές νερού αναπτύσσονταν καλύτερα από τα φυτά σε αποσταγμένο νερό. Έως το 1842, είχε συλλεχθεί ένας κατάλογος με εννέα στοιχεία που πιστεύεται ότι είναι ουσιαστικής σημασίας για την ανάπτυξη των φυτών ενώ τα ευρήματα των γερμανών βοτανολόγων Julius von Sachs και Wilhelm Knop, κατά τα έτη 1859-1865, οδήγησαν σε ανάπτυξη της εκτός εδάφους καλλιέργειας. Γρήγορα έγινε ένα πρότυπο έρευνας και τεχνικής διδασκαλίας και χρησιμοποιείται ευρέως ακόμη και σήμερα.

Το 1929, ο William Frederick Gericke του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας στο Berkeley άρχισε να προωθεί δημοσίως ότι η καλλιέργεια με διαλύματα πρέπει να χρησιμοποιείται για τη γεωργική παραγωγή φυτικών προϊόντων. Αρχικά ονόμασε τη μέθοδο αυτή υδατοκαλλιέργεια, αλλά αργότερα διαπιστώθηκε ότι η υδατοκαλλιέργεια είχε ήδη εφαρμοστεί για καλλιέργεια υδρόβιων οργανισμών. Ο Gericke δημιούργησε μια αίσθηση, καλλιεργώντας τομάτες είκοσι πέντε μέτρα ύψους στην πίσω αυλή του σε διαλύματα θρεπτικών συστατικών και όχι στο έδαφος. Με βάση τον αρχαίο ελληνικό όρο για τη γεωργία, γεωπονία, που αφορά την επιστήμη η οποία ασχολείται με την καλλιέργεια της γης, ο Gericke έπλασε τον όρο υδροπονία το 1937 (αν και ισχυρίζεται ότι ο όρος προτάθηκε από τον W.A. Setchell, του

Πανεπιστημίου της Καλιφόρνια) για την καλλιέργεια των φυτών σε νερό (από την ελληνικές λέξεις, ύδωρ= νερό και πόνος = εργασία) (<http://en.wikipedia.org>).

Η πρώτη φορά που χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της υδροπονίας ήταν στο πρώτο παγκόσμιο πόλεμο όπου τα αμερικανικά στρατεύματα που βρίσκονταν σε νησιά του ειρηνικού παρήγαγαν τα αναγκαία ναυπά προϊόντα σε μονάδες υδροπονίας. Ένα από τα σημαντικότερα σημεία στην ιστορία της υδροπονίας ήταν τη δεκαετία του 1970 όπου άρχισε να εντείνεται το ενδιαφέρον για τα πλεονεκτήματα της μεθόδου, λόγω της αυξημένης παραγωγής σε σχέση με την συμβατική γεωργία. Το 1950 αναπτύχθηκε από τον Steiner (Wabben and Steiner, 1953) η τεχνική της καλλιέργειας σε φιλμ θρεπτικού διαλύματος ή NFT, που από το 1966 παρουσίασε σημαντική εξάπλωση στη Μ. Βρετανία, με τις προσπάθειες του A. Cooper. Το 1976 αναπτύχθηκε για πρώτη φορά η τεχνική καλλιέργειας σε ορυκτοβάμβακα, μια μέθοδος η οποία χρησιμοποιείται κατά κόρον σήμερα (<http://www.getbluelab.com/Articles>).

Σήμερα η υδροπονία προσελκύει περισσότερους καλλιεργητές από ποτέ, δίνοντας λύσεις για προβλήματα όπως η πείνα, και προστατεύοντας το περιβάλλον περισσότερο από οποιαδήποτε μη βιολογική μέθοδο. Ακόμα και απλοί άνθρωποι έχουν κατασκευάσει υδροπονικά συστήματα για να παράγουν και να προσφέρουν στην οικογένεια τους. Επιπρόσθετα σε όλη αυτή τη βροχή ιδεών, έρχεται η αεροπονία να προσφέρει τροφή για νέες ιδέες και λύσεις. Είναι φανερό πως η ιδέα και η φιλοσοφία της υδροπονίας δεν είναι κάτι νέο, όμως η εξέλιξη της τεχνολογίας και η γνώση που μας προσέφερε, διαμόρφωσαν την υδροπονία όπως την ξέρουμε σήμερα.

### **1.3 Στόχοι της υδροπονικής καλλιέργειας**

Όταν η καλλιέργεια εφαρμόζεται σε ένα ιδανικό υδροπονικό σύστημα, στο περιβάλλον της ρίζας των φυτών παρέχεται όλο το οξυγόνο, το νερό και οι διαλυμένες θρεπτικές ουσίες στις συγκεντρώσεις και στη θερμοκρασία που τα φυτά απαιτούν σε κάθε στάδιο της αύξησης και ανάπτυξής τους. Τα φύλλα και ο βλαστός του φυτού απαιτούν φως του σωστού φάσματος, έντασης και χρονικού διαστήματος,

καθώς επίσης και σωστή θερμοκρασία, υγρασία και εναλλαγή του ατμοσφαιρικού αέρα (Soladome, 2001). Κατά συνέπεια το υδροπονικό σύστημα είναι ένα πλήρως ελεγχόμενο σύστημα παραγωγής.

Επομένως οι κυριότεροι στόχοι της υδροπονικής καλλιέργειας είναι:

- ◆ Εξοικονόμηση νερού,
- ◆ Βελτίωση της ποιότητας,
- ◆ Αύξηση της παραγωγής,
- ◆ Μειωμένη εφαρμογή λιπασμάτων,
- ◆ Ελαχιστοποίηση χρήσης φυτοφαρμάκων,
- ◆ Προστασία του περιβάλλοντος,
- ◆ Πλήρη έλεγχο του περιβάλλοντος και αυτοματοποίηση της παραγωγής.

## **1.4 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Υδροπονικών καλλιεργειών**

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

### **1.4.1 Πλεονεκτήματα υδροπονικών καλλιεργειών**

Οι υδροπονικές καλλιέργειες παρέχουν μια σειρά από σημαντικά πλεονεκτήματα, τα οποία αναλύονται στην συνέχεια:

- Δεν γίνεται χρήση του εδάφους. Το πρώτο και προφανέστερο πλεονέκτημα της υδροπονίας είναι η ριζική αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκαλούν στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες οι μεταδιδόμενες μέσω του εδάφους ασθένειες

(φουζάριο, βερτισίλλιο, πύθιο, πυρηνοχαίτη, έντομα εδάφους, νηματώδεις, ορισμένα βακτήρια και φυτοϊοί, κ.λπ.). Η απαλλαγή από τις ασθένειες εδάφους και το κόστος της απολύμανσής του αποφέρει μεγάλο κέρδος στον καλλιεργητή. Αποφεύγεται επομένως η εφαρμογή χημικών απολυμαντικών υψηλής τοξικότητας όπως το βρωμιούχο μέθυλιο, η χρήση των οποίων εγκυμονεί σοβαρούς κινδύνους για την υγεία τόσο των παραγωγών όσο και των καταναλωτών. Παράλληλα, μειώνεται δραστικά η ανάγκη εφαρμογής φυτοφαρμάκων για την αντιμετώπιση των ασθενειών του εδάφους.

➤ Το νερό παραμένει στο σύστημα και μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί, με αποτέλεσμα το χαμηλότερο κόστος του νερού. Με την εξοικονόμηση νερού και θρεπτικών στοιχείων περιορίζονται οι απώλειες από επιφανειακές διαρροές και η βαθειά διείσδυση του νερού στο έδαφος.

➤ Είναι δυνατός ο έλεγχος των επιπέδων διατροφής στο σύνολό τους και ως εκ τούτου, το χαμηλότερο κόστος διατροφής.

➤ Καμία ρύπανση δεν απελευθερώνεται στο περιβάλλον, λόγω του ελεγχόμενου συστήματος. Χάρη στην δυνατότητα συνεχούς ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος, όλα τα λιπάσματα που χορηγούνται στην καλλιέργεια αξιοποιούνται από τα φυτά με συνέπεια να μην διαφεύγουν στο περιβάλλον και μην το επιβαρύνουν. Το πλεονέκτημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε περιοχές στις οποίες το πόσιμο νερό είναι επιφανειακό ή προέρχεται από μικρό βάθος, με συνέπεια να μολύνεται εξαιτίας της έκλυσης ενός μέρους των λιπασμάτων. Σε τέτοιες περιπτώσεις δημιουργείται σοβαρό πρόβλημα κυρίως με τα αζωτούχα λιπάσματα, τα οποία είτε είναι νιτρικά άλατα είτε μετατρέπονται σε νιτρικά στο έδαφος με συνέπεια η περιεκτικότητα του πόσιμου νερού σε νιτρικά να αυξάνεται πάνω από τα όρια και να δημιουργούνται κίνδυνοι για την δημόσια υγεία. Στις περιπτώσεις αυτές, η καλλιέργεια των φυτών θερμοκηπίου σε κλειστά υδροπονικά συστήματα είναι η μόνη λύση η οποία μπορεί να προστατέψει αποτελεσματικά το πόσιμο νερό χωρίς να είναι αναγκαία η εφαρμογή περιορισμών στην καλλιέργεια φυτών με υψηλές λιπαντικές απαιτήσεις, όπως είναι οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες (Σάββας Δ., 2003).

➤ Έχουμε σταθερές και υψηλές αποδόσεις.

➤ Η διευκόλυνση της αυτοματοποίησης της άρδευσης και της λίπανσης. Στις υδροπονικές καλλιέργειες η θρέψη των φυτών είναι πολύ πιο ακριβής, μπορεί να ελέγχεται και να εποπτεύεται καλύτερα και με μεγαλύτερη αξιοπιστία και επίσης μπορεί να διορθώνεται ευκολότερα και ταχύτερα σε περιπτώσεις που έχει διαπραχθεί κάποιο λάθος. Στην υδροπονία όλα τα θρεπτικά στοιχεία παρέχονται σε συγκεκριμένες συγκεντρώσεις και αναλογίες μεταξύ τους, μέσω του θρεπτικού διαλύματος. Κατά συνέπεια, μια σειρά από μεταβλητές του εδάφους που επηρεάζουν την τροφοδοσία των φυτών με θρεπτικά στοιχεία, όπως π.χ. η μηχανική του σύσταση, η δομή του, η περιεκτικότητά του σε οργανική ουσία, η ανταλλακτική του ικανότητα, κλπ. αλλά και άλλοι παράγοντες όπως π.χ. αυτοί που επηρεάζουν την ταχύτητα ανοργανοποίησης της οργανικής ουσίας δεν ασκούν πλέον καμιά επίδραση στις καλλιέργειες, με τελικό αποτέλεσμα, η σχεδίαση ενός κατάλληλου σχήματος θρέψης των φυτών να καθίσταται πιο εύκολη.

➤ Η δημιουργία ευχάριστου περιβάλλοντος εργασίας για τον εργαζόμενο, με την απομόνωση του εδάφους και επομένως την απουσία οσμών και σκόνης.

➤ Η απλοποίηση του προγράμματος των εργασιών της παραγωγικής επιχείρησης, διότι δεν απαιτείται η δημιουργία ειδικών εδαφικών μιγμάτων για την ανάπτυξη των νεαρών φυτών

➤ Ο περιορισμός της σκληρής χειρωνακτικής εργασίας, που είναι αναγκαία στις καλλιέργειες εδάφους όπως όργωμα, φρεζάρισμα, βασική λίπανση, ζιζανιοκτονία κατεργασία εδάφους κτλ. με αποτέλεσμα, αφενός μεν να μειώνονται οι ανάγκες σε εργατικά και αφετέρου είναι δυνατή η εγκατάσταση νέας καλλιέργειας αμέσως μετά την απομάκρυνση της προηγούμενης. Αυτή η τελευταία δυνατότητα είναι πολύ χρήσιμη όταν το θερμοκήπιο αξιοποιείται όλο το χρόνο με περισσότερες από μια καλλιέργειες ανά ημερολογιακό έτος (π.χ. διαδοχικές καλλιέργειες μαρουλιού, χρυσανθέμων κλπ.).

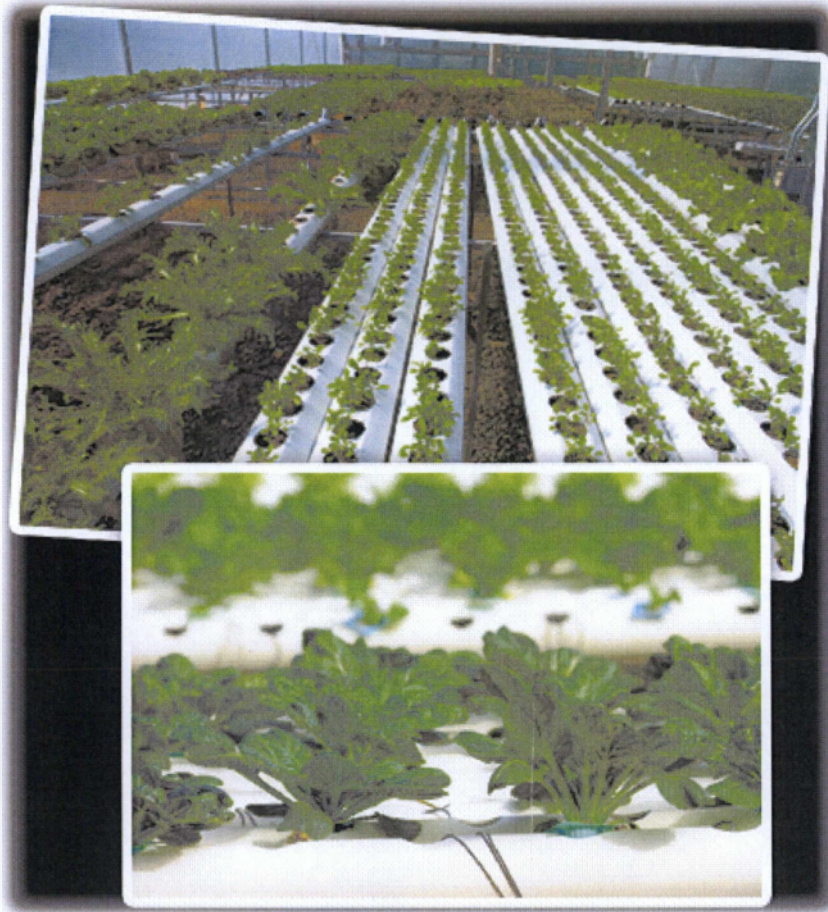
➤ Έχει αποδειχθεί ότι η καλλιέργεια τόσο σε υποστρώματα όσο και σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα (π.χ. NFT ) επιφέρει σημαντική πρωίμιση της καλλιέργειας. Αυτό οφείλεται κυρίως στις υψηλότερες θερμοκρασίες που διαμορφώνονται στον χώρο του

ριζοστρώματος όταν τα φυτά καλλιεργούνται εκτός εδάφους (Σάββας Δ., 2003).

#### ***1.4.2 Μειονεκτήματα υδροπονικών καλλιεργειών***

Οι υδροπονικές καλλιέργειες εμπεριέχουν όμως και κάποια μειονεκτήματα, τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω:

- Απαιτούνται σχετικά υψηλές δαπάνες κατά την αρχική εγκατάσταση της καλλιέργειας.
  
- Απαιτείται αρκετά υψηλή επιστημονική κατάρτιση και εμπειρία σε ότι αφορά την κατάρτιση της σύστασης των θρεπτικών διαλυμάτων (συνταγή θρέψης, διατήρηση σε επιθυμητά επίπεδα του pH και της αγωγιμότητας των διαλυμάτων, συχνότητα ποτισμάτων, διορθώσεις κλπ).
  
- Η λειτουργία του συστήματος έχει απαιτήσεις σε ενέργεια.
  
- Σε περιπτώσεις που η θερμοκρασία του θρεπτικού διαλύματος ανέλθει σε υψηλά επίπεδα (ειδικά σε συστήματα υδατοκαλλιεργειών) μπορεί να δημιουργηθούν σοβαρά προβλήματα με συνέπεια τη μείωση των αποδόσεων (NFT, DFT).
  
- Είναι σχετικά ευαίσθητο σύστημα καλλιέργειας χωρίς μεγάλες ανοχές λαθών (Σάββας Δ., 2003).



*Εικόνα 1.1: Υδροπονική καλλιέργεια  
(<http://healthyharvesthydro.com/about-hydroponics.shtml>).*



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

# ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ

### 2.1 Υδροπονικός εξοπλισμός

Ένα υδροπονικό σύστημα καλλιέργειας φυτών απαρτίζεται από δυο μέρη. Το πρώτο, σχετίζεται με την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος, τον έλεγχο και την ρύθμισή του και αποτελείται από: δεξαμενή παρασκευής και ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος, δοχεία αποθήκευσης των πυκνών διαλυμάτων, σύστημα ελέγχου, σύστημα ρύθμισης και αντλίες τροφοδοσίας. Το δεύτερο, περιλαμβάνει τον χώρο εγκατάστασης και ανάπτυξης των φυτών και αποτελείται από: τους αγωγούς τροφοδοσίας του θρεπτικού διαλύματος, τις υδρορροές ή κανάλια ανάπτυξης των φυτών και τα συστήματα για επίτευξη των άριστων κλιματικών παραμέτρων εντός του θερμοκηπίου. Ο εξοπλισμός των συστημάτων περιλαμβάνει επίσης την εγκατάσταση παροχής νερού (γεώτρηση, σύνδεση με αρδευτικό κ.λπ.) και τα φίλτρα καθαρισμού του νερού. Σύμφωνα με τον Σιώμο (2002), ο εξοπλισμός των υδροπονικών καλλιεργειών απαρτίζεται από τα παρακάτω μέρη:

#### 2.1.1 Δεξαμενές

Όταν τα διαλύματα είναι πυκνά και οι συγκεντρώσεις των ιόντων είναι υψηλές, είναι απαραίτητες δυο τουλάχιστον δεξαμενές για να διαχωρίζονται τα ανόργανα άλατα του ασβεστίου από τα θειικά και τα φωσφορικά, ώστε να αποφεύγεται ο σχηματισμός ιζημάτων. Οι δεξαμενές θα πρέπει να κατασκευάζονται ή να καλύπτονται από διαφανές υλικό, για να αποτρέπεται η ανάπτυξη φυκιών από την επίδραση του φωτός (εικόνα 2.1). Χρήσιμη είναι και μια τρίτη δεξαμενή για την

τοποθέτηση του οξέως, που είναι απαραίτητο για την ρύθμιση του pH του θρεπτικού διαλύματος. Σε περίπτωση έλλειψης τρίτης δεξαμενής, τότε το οξύ προστίθεται σε μια από τις δύο δεξαμενές ή και στις δυο ισόποσα.



*Εικόνα 2.1: Δεξαμενές τοποθέτησης του θρεπτικού διαλύματος και του οξέος για την ρύθμιση του pH (<http://www.agrek.gr/ydroponia-kaliergies.html>).*

### **2.1.2 Αντλίες**

Μια αντλία είναι απαραίτητη σε όλες τις υδροπονικές καλλιέργειες, για την παροχή του νερού προς την δεξαμενή ανάμειξης. Ακόμη, χρειάζεται ένα σύστημα αντλιών για την παροχή των πυκνών διαλυμάτων των ανόργανων αλάτων και του οξέος, από τις αντίστοιχες δεξαμενές προς την δεξαμενή ανάμειξης. Μια επιπλέον αντλία είναι απαραίτητη για την παροχή του θρεπτικού διαλύματος από την δεξαμενή ανάμειξης και μέσω τους συστήματος άρδευσης προς τα φυτά.

### **2.1.3 Σύστημα αυτόματης ανάμειξης των πυκνών διαλυμάτων**

Τα συστήματα αυτά έχουν ενσωματωμένο ηλεκτρονικό υπολογιστή υψηλής τεχνολογίας, ο οποίος εξασφαλίζει την ακριβή ανάμειξη νερού και πυκνών διαλυμάτων, ώστε να προκύπτει το θρεπτικό διάλυμα με την επιθυμητή σύσταση, pH και ηλεκτρική αγωγιμότητα. Μπορούν να τροφοδοτούν μέχρι και οκτώ καλλιέργειες που απαιτούν θρεπτικό διάλυμα διαφορετικής σύστασης (ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης των φυτών και το φυτικό είδος).



**Εικόνα 2.2:** Σύστημα αυτόματης ανάμειξης των πυκνών διαλυμάτων (<http://www.agrek.gr/vdroponia-kaliergies.html>).

### **2.1.4 Όργανα μέτρησης του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας**

Ο έλεγχος του θρεπτικού διαλύματος μπορεί να γίνει καθημερινώς με φορητά όργανα, το πεχάμετρο και το αγωγιμόμετρο. Εναλλακτικά σε μεγάλες μονάδες, ο έλεγχος μπορεί να γίνεται συνεχώς και αυτόματα από ένα σύστημα αντλιών που προσθέτουν ανάλογα πυκνό διάλυμα για την αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ή νερό για μείωση της αγωγιμότητας ή και οξύ για τη μείωση του pH.



*Εικόνα 2.3: Αριστερά, φορητό πεχάμετρο για την μέτρηση του pH του θρεπτικού διαλύματος και δεξιά, φορητό αγωγιμόμετρο για την μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (<http://www.hannagreece.gr>).*

### **2.1.5 Συστήματα άρδευσης – παροχής του θρεπτικού διαλύματος**

Το θρεπτικό διάλυμα παρέχεται στα φυτά συνήθως με σωληνάκια, με μια παροχή ανά φυτό, επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν συστήματα στάγδην άρδευσης και σπανιότερα συστήματα με μικροεκροξευτήρες (μπεκάκια). Θα πρέπει να εξασφαλίζεται σταθερή παροχή σε όλη την έκταση της καλλιέργειας.

### **2.1.6 Υποδοχείς υποστρώματων**

Σε αυτούς τοποθετείται το υπόστρωμα (στα συστήματα βέβαια που κάνουν χρήση κάποιου υποστρώματος) και εξασφαλίζουν τη συγκράτηση του υποστρώματος, την απομόνωσή του από το έδαφος, την απορροή του πλεονάζοντος θρεπτικού διαλύματος μέσω της κατάλληλης κλίσης που τους δίνεται και την διατήρηση καλύτερων συνθηκών για τη σωστή ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών. Οι υποδοχείς αυτοί μπορεί να έχουν την μορφή σάκου, τη μορφή φυτοδοχείων διαφόρων μεγεθών και τη μορφή κάποιας υδρορροής, δηλαδή ενός καναλιού ή ενός αυλακιού.



*Εικόνα 2.4: Πλαστικά κανάλια και ειδικά γλαστράκια υδροπονικής καλλιέργειας (<http://www.agrek.gr/vdroponia-kaliergies.html>).*

### **2.1.7 Διάφοροι αυτοματισμοί**

Οι αυτοματισμοί στα υδροπονικά συστήματα αναφέρονται στον προγραμματισμό των αρδεύσεων καθώς και στον έλεγχο και τη ρύθμιση του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του διαλύματος που χορηγείται στα φυτά. Εκτός των παραπάνω απαιτείται και η εφαρμογή εδαφοκάλυψης στο έδαφος του θερμοκηπίου. Η εδαφοκάλυψη σε μια υδροπονική εγκατάσταση, αναμφισβήτητα, αποτελεί ένα από τα πιο κύρια σημεία στην φιλοσοφία της υδροπονίας. Η κάλυψη του εδάφους με πλαστικό φιλμ αποσκοπεί στην απομόνωσή του από την καλλιέργεια, με την απομόνωση αυτή, αποτρέπεται η βλάστηση των ζιζανίων, αντιμετωπίζονται ριζικά οι ασθένειες των θερμοκηπιακών καλλιεργειών (φουζάριο, βερτισίλλιο, πύθιο), οι οποίες μεταδίδονται μέσω του εδάφους και η προσβολή από έντομα εδάφους, νηματώδεις, ορισμένα βακτήρια και φυτοϊοί κ.λπ.), ενώ μειώνονται στο ελάχιστο οι εργατοώρες για βοτανίσματα και σκάλισμα του εδάφους.



*Εικόνα 2.5: Εδαφοκάλυψη στο έδαφος του θερμοκηπίου (<http://www.agrek.gr/vdroponia-kaliergies.html>).*

## **2.2 Θρεπτικά διαλύματα**

Η θρέψη των φυτών, σε όλα τα υδροπονικά συστήματα, γίνεται αποκλειστικά και μόνο με θρεπτικά διαλύματα, λόγω της έλλειψης εδάφους. Ως θρεπτικό διάλυμα, ορίζεται μια ποσότητα νερού, στην οποία έχουμε διαλύσει τα κατάλληλα θρεπτικά στοιχεία στις ακριβείς ποσότητες και αναλογίες που χρειάζονται για την σωστή ανάπτυξη του κάθε φυτού και μάλιστα για κάθε στάδιο της ανάπτυξής του διαφορετικά.

Τα ποιοτικά στοιχεία του νερού που θα χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος πρέπει να είναι γνωστά, γι' αυτό και πρώτα από όλα, γίνεται ανάλυση του νερού γεώτρησης. Η περιεκτικότητα του νερού σε οξυανθρακικά ιόντα ( $\text{HCO}_3$ ) έχει ιδιαίτερη σημασία, γιατί η συγκέντρωσή τους αποτελεί μέτρο της ρυθμιστικής ικανότητάς του στις μεταβολές του pH. Όσο υψηλότερες ποσότητες οξυανθρακικών περιέχονται στο νερό, τόσο μεγαλύτερες ποσότητες οξέος απαιτούνται για την εξουδετέρωσή τους, ώστε να ρυθμίζεται το pH στην επιθυμητή τιμή (Σιώμος, 2002).

Το θρεπτικό διάλυμα ανάλογα με το υδροπονικό σύστημα που χρησιμοποιούμε, μπορεί να είναι μιας χρήσης ή ανακυκλώσιμο. Αποθηκεύεται σε κατάλληλο δοχείο από οξυάντοχο υλικό και καταλήγει στις ρίζες των φυτών, είτε μέσω σταλακτών σε σταγόνες, είτε μέσω ειδικών καναλιών, σε κάποιες περιπτώσεις με συνεχή ροή και εξαιτίας της βαρύτητας, ενώ υπάρχουν και περιπτώσεις που ψεκάζεται με ειδικά μπεκ σε πολύ μικρά σταγονίδια απευθείας στο ριζικό σύστημα των φυτών (αεροπονία).

Εφόσον η θρέψη των φυτών γίνεται με θρεπτικά διαλύματα αυτά πρέπει να είναι πλήρη, δηλαδή να περιέχουν όλα τα απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών θρεπτικά στοιχεία. Εξαιρούνται ο άνθρακας, τον οποίο τα φυτά προσλαμβάνουν ως διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα, το υδρογόνο και το οξυγόνο, που είναι συστατικά του νερού. Το χλώριο τις περισσότερες φορές εμπεριέχεται σε επαρκείς ποσότητες ως χλωριούχο ανιόν στο νερό που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του διαλύματος, καθώς επίσης και στις προσμίξεις των λιπασμάτων. Έτσι, ενώ τα απαραίτητα στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών είναι 16, μόνο τα 12 χρειάζεται να προστίθενται στο νερό κατά την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος, δηλαδή τα μακροστοιχεία N, P, S, K, Ca και Mg και τα ιχνοστοιχεία Fe, Mn, Zn, Cu, B και Mo.

Όλα τα θρεπτικά στοιχεία προστίθενται στο διάλυμα υπό μορφή ανόργανων αλάτων ή οξέων, ενώ ειδικά ο σίδηρος χορηγείται σε μορφή οργανομεταλλικών συμπλόκων (χηλικές ενώσεις σιδήρου). Επομένως, στο θρεπτικό διάλυμα τα στοιχεία βρίσκονται υπό μορφή ανόργανων ιόντων (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Όταν καθορίζεται η σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος για μια συγκεκριμένη καλλιέργεια, θα πρέπει αρχικά να καθορίζονται τα εξής:

- ◆ Το ύψος της συνολικής συγκέντρωσης αλάτων σε αυτό και
- ◆ Οι αναλογίες συγκεντρώσεως μεταξύ των θρεπτικών στοιχείων και συγκεκριμένα οι σχέσεις K:N, K:Ca:Mg και N:S:P.

Αφού καθοριστούν οι τιμές αυτών των παραμέτρων είναι εύκολο πλέον να υπολογιστούν και οι απόλυτες συγκεντρώσεις καθενός από τα ιόντα των έξι κύριων θρεπτικών στοιχείων ξεχωριστά. Οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων στα θρεπτικά διαλύματα είναι αμελητέες σε σύγκριση με αυτές των μακροστοιχείων οπότε δεν

παίζουν πρακτικά κανένα ρόλο στο ύψος της συνολικής συγκέντρωσης αλάτων σε αυτά (η συνολική συγκέντρωση ιχνοστοιχείων είναι περίπου το 1/500 αυτής των μακροστοιχείων). Για αυτό κατά τον καθορισμό της σύνθεσης ενός θρεπτικού διαλύματος οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων καθορίζονται ανεξάρτητα από αυτές των μακροστοιχείων.

### **2.2.1 Ηλεκτρική αγωγιμότητα (Electrical Conductivity, EC) του θρεπτικού διαλύματος**

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα, σαν φυσικό μέγεθος είναι το αντίστροφο της ειδικής αντίστασης ενός υλικού, έχει δηλαδή διαστάσεις ηλεκτρικής αντίστασης ανά μονάδα μήκους ([www.daedalus.math.uoi.gr](http://www.daedalus.math.uoi.gr), 2007). Στην πραγματικότητα πρόκειται για την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα, για χάρη συντομίας όμως έχει επικρατήσει να ονομάζεται απλώς ηλεκτρική αγωγιμότητα. Σήμερα, σαν μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας έχει καθιερωθεί διεθνώς το dS/m.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός υδατικού διαλύματος, για συγκεκριμένη θερμοκρασία είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των ιόντων που βρίσκονται διαλυμένα σε αυτό. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με την θερμοκρασία του διαλύματος και δεν παρέχει πληροφορίες για το είδος των αλάτων που είναι διαλυμένα σε ένα διάλυμα, αλλά μόνο για την συνολική τους συγκέντρωση. Πάρα ταύτα στην υδροπονική πράξη η αγωγιμότητα χρησιμοποιείται, τόσο κατά τον καθημερινό έλεγχο της κατάστασης του θρεπτικού διαλύματος στον χώρο του ριζικού συστήματος, όσο και για την πιστοποίηση της καταλληλότητας των νέων διαλυμάτων, εξαιτίας της ευκολίας με την οποία προσδιορίζεται (Σιώμος, 2002). Τα όργανα μέτρησης έχουν συνήθως το μηχανισμό για τη διόρθωση της μέτρησης βάση της θερμοκρασίας. Για την υδροπονική καλλιέργεια των περισσότερων ειδών, το άριστο εύρος της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο περιβάλλον του ριζικού συστήματος είναι συνήθως 1,5-3,5 ds/m και σπανιότερα για ορισμένα είδη 4ds/m.



### **2.2.2 Το pH του θρεπτικού διαλύματος**

Το pH του θρεπτικού διαλύματος, που αποτελεί μέτρο της περιεκτικότητάς του σε ιόντα υδρογόνου, δηλαδή της ενεργού οξύτητάς, είναι καθοριστικό κριτήριο για την καταλληλότητα του διαλύματος. Οι τιμές του pH κυμαίνονται από 0 έως 14 (0-6 όξινο, 7 ουδέτερο και 8-14 αλκαλικό). Η τιμή του pH αναφέρεται επομένως στην οξύτητα ή την αλκαλικότητα του θρεπτικού διαλύματος. Όταν το pH είναι υψηλότερο ή χαμηλότερο από κάποιες τιμές που θεωρούνται ως ανώτερα ή κατώτερα επιθυμητά όρια, πολλά θρεπτικά στοιχεία καθίστανται δυσδιάλυτα (κυρίως ο P, ο Fe, ο Mn σε υψηλό pH), οπότε η απορρόφησή τους από τα φυτά δυσχεραίνεται, ενώ άλλα απορροφώνται με ταχύτερους από τους συνήθεις ρυθμούς (π.χ. το Mn και το αργίλιο σε χαμηλό pH). Το αποτέλεσμα είναι να εμφανίζονται διαταραχές στη θρέψη των φυτών (τροφοπενίες, τοξικότητες κ.λπ.). για τα περισσότερα είδη φυτών, το pH του θρεπτικού διαλύματος στο χώρο των ριζών θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 5.5 και 6.5 (Σιώμος, 2002).

Το pH του θρεπτικού διαλύματος εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την ποσότητα του φωτός, την εξάτμιση, την ποσότητα των θρεπτικών στοιχείων και την καθαρότητα του νερού της βρύσης. Ο περιοδικός έλεγχος του επιπέδου του pH του διαλύματος είναι ζωτικής σημασίας για την αύξηση και την ανάπτυξη των φυτών. Η ρύθμιση της τιμής του μπορεί να γίνει με την προσθήκη οξέος, όταν το διάλυμα είναι αλκαλικό και με την προσθήκη βάσης όταν είναι όξινο. Είναι εύκολο να ρυθμιστεί με την προσθήκη των μικρών ποσών διαλυτού ανθρακικού καλίου για την αύξηση της τιμής του ή φωσφορικού οξέος για την αύξηση του pH.

### **2.2.3 Αλλαγή του θρεπτικού διαλύματος**

Η αλλαγή του θρεπτικού διαλύματος δεν γίνεται σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα. Συνήθως η δεξαμενή συμπληρώνεται με νερό χωρίς να προστίθεται κανένα θρεπτικό στοιχείο. Αυτό συμβαίνει επειδή σημειώνονται απώλειες νερού λόγω εξάτμισης και απορρόφησης από τα φυτά. Παρόλα αυτά η θρεπτική αξία του διαλύματος δεν μειώνεται απαραίτητα με τη μείωση του επιπέδου του νερού. Σε μερικές περιπτώσεις παρατηρείται το φαινόμενο ενώ η στάθμη ύδατος της δεξαμενής

μειώνεται, η συγκέντρωση του διαλύματος να γίνεται μεγαλύτερη. Έτσι, προστίθεται μόνο νερό και ρυθμίζεται κατόπιν αναλόγως το pH. Ένα αρχείο είναι απαραίτητο για την καταγραφή της ποσότητας του νερού που προστίθεται κάθε φορά στη δεξαμενή, ώστε να γεμίσει μέχρι πάνω και όταν αυτή η συνολική ποσότητα που προστέθηκε στη δεξαμενή, είναι ίση με το μισό της συνολικής χωρητικότητας της δεξαμενής είναι ώρα να αλλαχτεί το διάλυμα. Για παράδειγμα, αν η δεξαμενή, έχει χωρητικότητα 80 λίτρα και κατά τη διάρκεια 12 ημερών λειτουργίας του συστήματος προστέθηκαν 40 λίτρα νερού, είναι καιρός να αλλαχτεί το θρεπτικό διάλυμα.

### 2.3 Το νερό και η ποιότητά του

Η ποιότητα του νερού που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος έχει ιδιαίτερη σημασία και γι' αυτό η ανάλυσή του είναι αναγκαία πριν από την εγκατάσταση της υδροπονικής καλλιέργειας. Το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), αλλά και η περιεκτικότητα του νερού σε επιμέρους στοιχεία έχουν ιδιαίτερη σημασία.

Νερό με υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα για άρδευση αποτελεί πρόβλημα για τη γεωργία γενικότερα. Ωστόσο, στην υδροπονία υπάρχει η δυνατότητα προσαρμογής της σύνθεσης του θρεπτικού διαλύματος, ανάλογα με τη σύνθεση του νερού. Έτσι, οι ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων που υπάρχουν στο νερό, αφαιρούνται από το σύνολο των ποσοτήτων που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος. Επίσης, εάν οι ποσότητες ορισμένων στοιχείων στο νερό είναι υψηλότερες από τις απαιτούμενες, τότε οι συγκεντρώσεις ορισμένων άλλων στοιχείων στο διάλυμα μπορεί να είναι αυξημένες ώστε να διατηρηθούν οι αναλογίες τους και να αποφεύγονται ανισορροπίες στοιχείων. Εκτός από αυτά, στην υδροπονία υπάρχει η δυνατότητα ευκολότερης και αποτελεσματικότερης έκπλυσης των συσσωρευμένων αλάτων από το υπόστρωμα, λόγω του περιορισμένου όγκου του.

Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα υπάρχει πρόβλημα με τη χρησιμοποίηση υψηλής αγωγιμότητας νερού. Στα συστήματα αυτά, η επαναχρησιμοποίηση του θρεπτικού διαλύματος που έχει παρασκευαστεί με χρησιμοποίηση αλατούχου νερού

συνεπάγεται την ανεξέλεγκτη συσσώρευση ιόντων (Na, Cl, αλλά συχνά και ορισμένων μακροστοιχείων όπως Ca, Mg, S καθώς επίσης και ορισμένων ιχνοστοιχείων) στο θρεπτικό διάλυμα. Αυτό συμβαίνει γιατί η συγκέντρωση των ιόντων αυτών στο διάλυμα απορροής που επιστρέφει στη δεξαμενή για επαναχρησιμοποίηση είναι υψηλότερη, με αποτέλεσμα τη σταδιακή αύξηση της συγκέντρωσης τους στο θρεπτικό διάλυμα. Προσοχή επίσης, χρειάζεται στην περιεκτικότητα του νερού σε οξυανθρακικά, καθώς η συγκέντρωσή τους είναι ένα μέτρο της ρυθμιστικής ικανότητας του νερού στις μεταβολές του pH. Υψηλές συγκεντρώσεις οξυανθρακικών στο θρεπτικό διάλυμα απαιτούν μεγάλες ποσότητες οξέος για την εξουδετέρωσή τους και τη ρύθμιση του pH στην επιθυμητή τιμή. Στη χώρα μας, σε πολλές περιπτώσεις το νερό που χρησιμοποιείται στην υδροπονία περιέχει περισσότερα από 120 ppm οξυανθρακικών.

Γενικά, όσο καλύτερης ποιότητας είναι το νερό που χρησιμοποιούμε τόσο μεγαλύτερη παραγωγή μπορούμε να προσδοκούμε. Το νερό που είναι κατάλληλο για καλλιέργεια στον αγρό δεν είναι απαραίτητα κατάλληλο και στην υδροπονική καλλιέργεια (όταν αποσκοπούμε σε υψηλές αποδόσεις). Η υψηλή συγκέντρωση χλωριούχου νατρίου στο νερό επιδρά σημαντικά στη μείωση της παραγωγής ή την καθιστά αδύνατη. Υψηλή συγκέντρωση μαγανίου, ψευδαργύρου ή βορίου, έχει αποτέλεσμα την ακαταλληλότητα του νερού, ενώ καλύτερα αποτελέσματα δίνει το βρόχινο ή αφαλατωμένο νερό.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα για το νερό άρδευσης είναι ένα μέσο μέτρησης της συνολικής ποσότητας των ιόντων που περιέχει. Δεν δίνει καμία ένδειξη για το ποια ιόντα βρίσκονται μέσα σε αυτό. Συνήθως στο νερό η ηλεκτρική αγωγιμότητα αφορά το Νάτριο και το Χλώριο. Αν η συγκέντρωση των ιόντων στο νερό έχει κάποια ισορροπία, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί η παρακάτω εκτίμηση για την ποιότητα του νερού άρδευσης στο θερμοκήπιο (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

<b>Πίνακας 2.1: Ποιότητες νερού άρδευσης</b>			
<b>Ποιότητα</b>	<b>EC mS/cm (25°C)</b>	<b>NA<sup>+</sup> mmol/l</b>	<b>Cl<sup>-</sup> mmol/l</b>
<b>1</b>	<b>&lt;0,5</b>	<b>&lt;0,5</b>	<b>&lt;1</b>
<b>2</b>	<b>&lt;0,5</b>	<b>&lt;1,5</b>	<b>&lt;1,5</b>
<b>3</b>	<b>0,5-1,0</b>	<b>1,5-3,0</b>	<b>1,5-3,0</b>
<b>4</b>	<b>1,0-1,5</b>	<b>3,0-4,5</b>	<b>3,0-4,5</b>

Πηγή: Μαυρογιαννόπουλος, 1994

Το νερό ποιότητας 1 μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις υδροπονικές καλλιέργειες και για την άρδευση οποιασδήποτε καλλιέργειας στο έδαφος με πολύ καλά αποτελέσματα. Το νερό ποιότητας 2 δεν συνιστάται πολύ για υδροπονικές καλλιέργειες ή για άλλες καλλιέργειες με περιορισμένο όγκο ριζικού συστήματος όπως αυτές σε γλάστρα. Το νερό ποιότητας 3 δεν είναι καθόλου κατάλληλο για ευαίσθητα φυτά στα άλατα και για αυτά που έχουν περιορισμένο ριζικό σύστημα. Τέλος η ποιότητα 4 είναι κατάλληλη μόνο για φυτά τα οποία είναι αρκετά ανθεκτικά στην αλατότητα.

## 2.4 Λίπανση

Στις συνήθεις επιχειρηματικής μορφής υδροπονικές καλλιέργειες η λίπανση και η άρδευση αποτελούν δυο αδιάφετες διαδικασίες, τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία (λιπάσματα) είναι διαλυμένα στο νερό της άρδευσης. Λίπανση γίνεται μόνο όταν γίνεται άρδευση και άρδευση γίνεται μόνο με νερό στο οποίο είναι διαλυμένα τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία (λιπάσματα). Το νερό το οποίο περιέχει διαλυμένα τα απαραίτητα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία για την ανάπτυξη και την παραγωγή των φυτών ονομάζεται θρεπτικό διάλυμα.

Η άρδευση εφαρμόζεται στα τεχνητά υποστρώματα με την λογική της συνεχούς διατήρησης της υγρασίας πλησίον της υδατοϊκανότητας του υποστρώματος με συχνές και μικρής ποσότητας νερού αρδεύσεις ώστε παράλληλα να εξασφαλίζεται τόσο η

ανανέωση του αέρα στο υπόστρωμα όσο και η συνεχής διατήρηση της συγκέντρωσης των θρεπτικών στοιχείων στις άριστες για την καλλιέργεια συνθήκες.

Όσον αφορά την συχνότητα των αρδεύσεων ο αριθμός μπορεί να κυμαίνεται από 1 μέχρι και 15 αρδεύσεις την ημέρα, ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος οι οποίες επηρεάζουν την ποσότητα του νερού που απαιτεί η καλλιέργεια. Σημαντικό σημείο που πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα είναι ότι για την αύξηση της ποσότητας του νερού που απαιτεί η καλλιέργεια δε αυξάνουμε τη δόση άρδευσης αλλά την συχνότητα των αρδεύσεων. Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι προκύπτει θέμα σπατάλης τόσο νερού όσο και λιπασμάτων παράλληλα με τον κίνδυνο μόλυνσης του φυσικού περιβάλλοντος και των υπόγειων νερών αν δεν ληφθούν μέτρα είτε επαναχρησιμοποίησης του νερού αποστράγγισης είτε διάθεσής του σε άλλες καλλιέργειες.

Βασική αρχή της προσέγγισης στη θρέψη της καλλιέργειας είναι ότι το υπόστρωμα θεωρείται αδρανές υλικό και δεν συμμετέχει, ή η συμμετοχή του είναι αμελητέα στη θρέψη του φυτού. με βάση την αρχή αυτή, είναι φανερό ότι τα θρεπτικά στοιχεία που το φυτό απαιτεί για την ανάπτυξή του και την επίτευξη της μέγιστης δυνατής παραγωγής πρέπει να του προσφερθούν διαμέσου του νερού αρδεύσεως σε τέτοιες αναλογίες, μορφή και συγκεντρώσεις τις οποίες η καλλιέργεια απαιτεί. Ο καθορισμός των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων στηρίζεται σε δεδομένα και πειράματα που έχουν γίνει ή που πρέπει να γίνουν για το συγκεκριμένο είδος καλλιέργειας αλλά και της συγκεκριμένης ποικιλίας παράλληλα με την αξιολόγηση που πρέπει να γίνεται καθ' όλη την διάρκεια της καλλιέργειας. Επιπρόσθετα, σημαντικό είναι να ληφθεί σοβαρά υπόψη τόσο η μορφή των στοιχείων που συνθέτουν το θρεπτικό διάλυμα, καθώς και η διαφοροποίηση των συγκεντρώσεων των στοιχείων του διαλύματος κατά στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας.

Για την ετοιμασία του θρεπτικού διαλύματος πρέπει να ληφθεί υπόψη, επίσης η πρακτική του συστήματος υδρολίπανσης που θα ακολουθηθεί. Υπάρχουν δυο μέθοδοι που ακολουθούνται ανάλογα με την πρακτική που εφαρμόζεται σχετικά με την ανακύκλωση ή όχι του νερού. Τα συστήματα αυτά θα αναλυθούν περαιτέρω σε επόμενο κεφάλαιο (Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών πόρων και Περιβάλλοντος, 1999).

Στον πίνακα 2.2 δίνονται ενδεικτικά οι συγκεντρώσεις των μακροστοιχείων για την παρασκευή ενός θρεπτικού διαλύματος (mg/l) ή μητρικού διαλύματος (kg/m<sup>3</sup>) αγγουριού με βρόχινο νερό.

**Πίνακας 2.2:** Μακροστοιχεία για την παρασκευή ενός θρεπτικού διαλύματος (mg/l) ή μητρικού διαλύματος (kg/m<sup>3</sup>) αγγουριού με βρόχινο νερό.

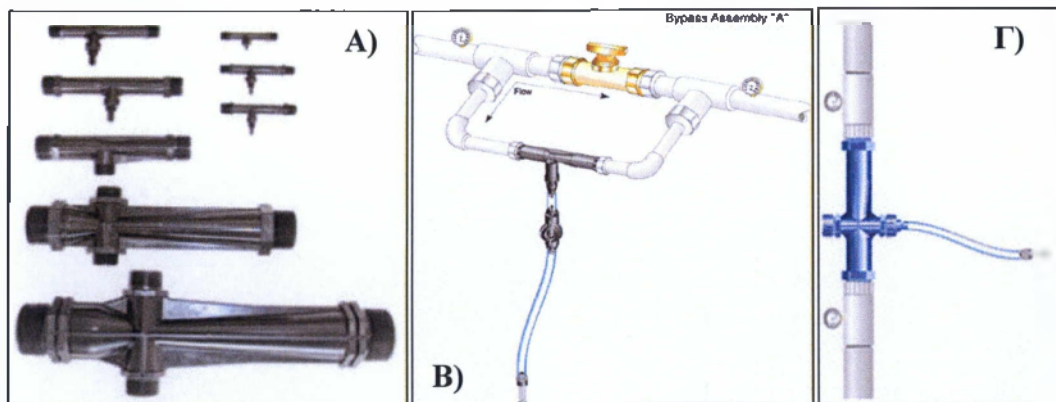
Λίπασμα		g/mol	mmol/l	Θρεπτικό Διάλυμα τροφοδοσίας mg/l	Μητρικό διάλυμα kg/m <sup>3</sup>
Νιτρικό ασβέστιο	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	(181)	4,90	887	88,7
Μαγνησία	MgSO <sub>4</sub>	246,3	1,40	345	34,5
Θευκό Κάλι	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	174,3	0,05	9	0,9
Νιτρική αμμωνία	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	80,0	0,50	40	4
Μονοφωσφορικό κάλι	KH <sub>2</sub> P <sub>04</sub>	136,1	1,25	170	17
Νιτρικό κάλι	KNO <sub>3</sub>	101,1	6,35	642	64,2

Η μεταφορά του θρεπτικού διαλύματος από τις δεξαμενές παρασκευής του μέχρι το ριζικό σύστημα των φυτών της υδροπονικής καλλιέργειας γίνεται μέσω της *κεφαλής υδρολίπανσης*. Ως κεφαλή υδρολίπανσης χαρακτηρίζεται ένα ολοκληρωμένο μηχανήμα ή σύστημα μηχανημάτων που εκτελεί αυτόματα τον έλεγχο του θρεπτικού διαλύματος.

Υπάρχουν τρεις κατηγορίες αυτοματισμών ελέγχου του θρεπτικού διαλύματος και κεφαλών υδρολίπανσης:

- ◆ *Απλές υδραυλικές εγκαταστάσεις*

Είναι υδραυλικές εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν την αντλία άρδευσης και δοσομετρικές αντλίες ή εγχυτικές αντλίες ventouri. Λειτουργούν απλά με βάση την αναλογία όγκου που αντλείται από πυκνά διαλύματα σε σχέση με τον όγκο νερού που αρδεύουμε. Όσον αφορά τις εγχυτικές αντλίες ventouri (εικόνα 2.4.1) η λειτουργία τους βασίζεται στο φαινόμενο Bernoulli. Μια ποσότητα υγρού που διαπερνά τη στένωση, προκειμένου να διατηρήσει το άθροισμα της ενέργειάς της δημιουργεί υποπίεση. Συνδέονται πάνω στη γραμμή άρδευσης είτε σε by pass.



*Εικόνα 2.6: Α) Εγχυτικές αντλίες ventouri, Β) συνδεόμενες σε by pass και Γ) συνδεόμενες στην γραμμή άρδευσης (ΑΓΡΕΚ, ΣΑΜΑΝΤΟΥΡΟΣ Α.Ε.).*

Όσον αφορά τις δοσομετρικές υδραυλικές αντλίες, χαρακτηριστικό είδος αυτών είναι οι αντλίες Dosatron, οι οποίες συνδέονται συνήθως παράλληλα με την γραμμή άρδευσης.

◆ *Αυτόματοι υδρολιπαντήρες*

Είναι ολοκληρωμένα μηχανήματα ή υδραυλικές εγκαταστάσεις που διαθέτουν ηλεκτρονικό ελεγκτή Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας και pH, ηλεκτρονικό προγραμματιστή άρδευσης, αισθητήρα ηλεκτρικής αγωγιμότητας, αισθητήρα pH, δοσομετρικές αντλίες ή εγχυτικές αντλίες ventouri για την άντληση των πυκνών θρεπτικών διαλυμάτων, ηλεκτροβαλβίδες για τον έλεγχο της ποσότητας των πυκνών διαλυμάτων καθώς επίσης και παροχόμετρα, ρυθμιστές πίεσης και κάποιες βοηθητικές υδραυλικές διατάξεις.

Συνήθως δεν διαθέτουν δική τους αντλία άρδευσης αλλά συνδέονται με αυτή του αρδευτικού δικτύου και ελέγχουν την λειτουργία της. Συνδέονται με ηλεκτροβάνες για άρδευση σε στάσεις. Ανάλογα με το μοντέλο από 2 έως 16, μερικές φορές και περισσότερες. Λειτουργούν λαμβάνοντας ενδείξεις από τα αισθητήρια που βρίσκονται στην γραμμή άρδευσης ή συνήθως σε παράλληλο κλάδο αυτής, ανάλογα δίνουν εντολές στις δοσομετρικές και ηλεκτροβαλβίδες για να ελέγξουν την ποσότητα του πυκνού διαλύματος. Δεν διαθέτουν δεξαμενή ανάμειξης του νερού με τα πυκνά διαλύματα αλλά η ανάμειξη γίνεται στην αντλία.



*Εικόνα 2.7: Ατόματοι υδρολίπαντήρες (ΑΓΡΕΚ, ΣΑΜΑΝΤΟΥΡΟΣ Α.Ε.)*

◆ *Κεφαλές υδρολίπανσης*

Είναι ολοκληρωμένα μηχανήματα ή συστήματα μηχανημάτων που διαθέτουν:

- Αισθητήρες EC και pH, τις περισσότερες φορές διπλά για λόγους ασφαλείας,
- Δυνατότητες συνεργασίας με αισθητήρες ακτινοβολίας, θερμοκρασίας, υγρασίας, αισθητήρες υγρασίας υποστρωμάτων, διατάξεις ελέγχου απορροών και άλλων πολλών αισθητήρων,



- Δοσομετρικές αντλίες ή εγχυτικές αντλίες ventouri για την άντληση των πυκνών διαλυμάτων,
- Ηλεκτροβαλβίδες για τον έλεγχο της ποσότητας των πυκνών διαλυμάτων,
- Παροχόμετρα, ρυθμιστές πίεσης και κάποιες βοηθητικές υδραυλικές διατάξεις.



*Εικόνα 2.8: Κεφαλές υδρολίπανσης (ΑΓΡΕΚ, ΣΑΜΑΝΤΟΥΡΟΣ Α.Ε.)*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

#### 3.1 Τα υδροπονικά συστήματα και η κατάταξή τους

Υπάρχουν πολλά συστήματα με τα οποία εφαρμόζονται υδροπονικές καλλιέργειες. Η κατάταξή τους γίνεται με διάφορα κριτήρια.

I. Με βάση την επαναχρησιμοποίηση ή μη του θρεπτικού διαλύματος, δύο είναι οι κατηγορίες υδροπονικών συστημάτων:

- i. Τα Ανοικτά συστήματα και
- ii. Τα Κλειστά συστήματα

Τα ανοικτά και κλειστά υδροπονικά συστήματα αποτελούν τους δυο κύριους τύπους εμπορικών συστημάτων φυτικής παραγωγής (Seymour, 1993).

II. Με βάση τον τρόπο παροχής του θρεπτικού διαλύματος, υπάρχουν δυο κατηγορίες υδροπονικών συστημάτων:

- i. Τα παθητικά συστήματα, που περιλαμβάνουν:
  1. Το σύστημα επίπλευσης (water culture system, Float system)
- ii. Τα ενεργά συστήματα που περιλαμβάνουν:
  1. Το σύστημα N.F.T. (nutrient film technique)
  2. Το σύστημα πλημμύρας και στράγγισης ή άμπωτης και ροής (flood and drain or ebb and flow system).
  3. Το σύστημα στάγδην εφαρμογής του θρεπτικού διαλύματος (drip feeding control)
  4. Την αεροπονία (aeroponics)

III. Με βάση τη χρήση ή μη υποστρώματος, υπάρχουν τρεις κατηγορίες υδροπονικών συστημάτων:

- i. Τα συστήματα με χρήση υποστρώματος, το οποίο μπορεί να είναι ανόργανο ή αδρανές και περιλαμβάνουν:

1. Καλλιέργεια σε άμμο
  2. Καλλιέργεια σε χαλίκι
  3. Καλλιέργεια σε πετροβάμβακα
  4. Καλλιέργεια σε περλίτη
  5. Καλλιέργεια σε βερμικουλίτη
  6. Καλλιέργεια σε ελαφρόπετρα
  7. Καλλιέργεια σε διογκωμένη άργιλο
- ii. Τα υγρά συστήματα ή συστήματα συνεχούς ροής που περιλαμβάνουν:
    1. Το σύστημα N.F.T.
  - iii. Το σύστημα αεροπονίας
- IV. Με βάση τον τρόπο συγκράτησης του υποστρώματος, υπάρχουν δυο κατηγορίες υδροπονικών συστημάτων:
- i. Καλλιέργεια σε σάκους ή σε φυτοδοχεία
  - ii. Καλλιέργεια σε υδρορροή υποστρώματος

### **3.2 Καλλιέργειες σε στερεά υποστρώματα**

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

Ο προφανέστερος τρόπος εξασφάλισης καλής και ισόρροπης θρέψης στα φυτά στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι η χρησιμοποίηση υποστρωμάτων που συμπεριφέρονται όπως ένα πολύ καλό και γόνιμο έδαφος. Σύμφωνα με αυτή της προσέγγιση του προβλήματος, τα χρησιμοποιούμενα υποστρώματα θα πρέπει να έχουν πολύ καλή και ομοιόμορφη δομή, υφή και σύσταση και να διαθέτουν υψηλό επίπεδο ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων. Θα πρέπει δηλαδή να μπορούν να συγκρατούν μεγάλες ποσότητες θρεπτικών ιόντων όταν αυτά υπάρχουν σε περίσσεια στο εδαφικό διάλυμα και αντίστοιχα, να μπορούν άμεσα να απελευθερώσουν

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

◆ Τα φυσικά χαρακτηριστικά ενός εδαφικού υποστρώματος είναι:

1. Το ολικό πορώδες, δηλαδή το ποσοστό % του όγκου των πόρων που είναι γεμάτοι με αέρα ή νερό και βρίσκονται ανάμεσα στα στερεά συστατικά του καθώς και η κατανομή του μεγέθους των πόρων του.
2. Η δομή, δηλαδή ο τρόπος κατανομής και το μέγεθος των συσσωματωμάτων των στερεών συστατικών του.
3. Οι υδατικές του ιδιότητες, δηλαδή το νερό που μπορεί να αποθηκευτεί και η ποσότητα του νερού που μπορούν τα φυτά να απορροφήσουν εύκολα.

◆ Από τα χημικά χαρακτηριστικά του υποστρώματος ενδιαφέρουν περισσότερο:

1. Το pH, δηλαδή η χημική του αντίδραση που όταν υπάρχει μεγάλο ποσοστό οργανικών ουσιών δεν είναι πάντα σταθερό.
2. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.), δηλαδή η περιεκτικότητα του σε διαλυτά άλατα που επηρεάζεται από την στράγγιση και από την προσθήκη λιπασμάτων.
3. Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (C.E.C).

Τα πλέον διαδεδομένα υποστρώματα υδροπονικών καλλιεργειών διεθνώς είναι ο πετροβάμβακας, η τύρφη, ο περλίτης, η ελαφρόπετρα το cocosoil, ο βερμικουλίτης και σε μικρότερο βαθμό η διογκωμένη άργιλλος, ο ζεόλιθος και η άμμος (Μαυρογιαννόπουλος, 1994; Σιώμος, 2002).

### **3.2.1 Καλλιέργεια σε περλίτη**

Ο περλίτης είναι ηφαιστειακό, υαλώδες αργιλλοπυριτικό πέτρωμα λευκού χρώματος, το οποίο περιέχει και κρυσταλλικό νερό σε ποσοστό 2-6 %. Το πρωτογενές ορυκτό, όταν θερμανθεί για σύντομο χρόνο στους 1200-13000 C, διογκώνεται και σχηματίζει μια αφρώδη μάζα δεκαπλάσιου έως εικοσαπλάσιου περίπου όγκου από τον αρχικό. Η ιδιότητά του αυτή χρησιμοποιείται από την βιομηχανία για την δημιουργία ενός κοκκώδους υλικού με πλούσιο πορώδες, το οποίο έχει μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού. Το νερό συγκρατείται κυρίως στους μικρούς πόρους, ενώ στους μεγαλύτερους που υπάρχουν μεταξύ των κόκκων του περλίτη παραμένει αέρας και μετά την διαβροχή του υλικού. Στην Ελλάδα υπάρχουν σημαντικά κοιτάσματα περλίτη στα νησιά Μήλο, Αντίπαρο, Νίσσυρο, Κώ, κ.λπ.. Σήμερα ο ελληνικός περλίτης προέρχεται κυρίως από τη Μήλο. Το μέγεθος των κόκκων που συνιστάται για υδροπονία είναι 6-4 mm (διάμετρος). Το ολικό πορώδες του περλίτη ανέρχεται στο 95 %, η ικανότητα συγκράτησης νερού σε 200-450 % του βάρους του (ανάλογα με τη κοκκομετρική του σύσταση) και το ειδικό του βάρος στα 40-150 Kgr/m<sup>3</sup>.

Μια ποσότητα 2-5 λίτρων περλίτη ανά φυτό είναι επαρκής για την καλλιέργεια των κυριότερων ανθοκομικών φυτών. Ο περλίτης μπορεί να τοποθετηθεί είτε σε σάκκους είτε σε γλάστρες είτε σε άλλου τύπου φυτοδοχεία. Μπορεί επίσης να απλωθεί μέσα σε υδρορροές οι οποίες στη συνέχεια καλύπτονται από πάνω με φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου. Το τελευταίο αυτό σύστημα όμως παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα, κυριότερο από τα οποία είναι η ανάγκη χρησιμοποίησης μεγαλύτερων ποσοτήτων περλίτη ανά φυτό (Μαυρογιαννόπουλος, 1994; Σιώμος, 2002).

### **3.2.2 Καλλιέργεια σε χαλίκι**

Το χαλίκι είναι ένα χονδρόκοκκο υπόστρωμα. Η χημική του σύσταση ποικίλλει και εξαρτάται από το μητρικό πέτρωμα από το οποίο προέρχεται. Η διάμετρος των 20 διαφόρων κοκκομετριών χαλικιού που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία κυμαίνεται μεταξύ 20-6 mm. Σαν υπόστρωμα έχει πρακτικά μηδενική ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και αμελητέα ικανότητα συγκράτησης νερού (πολύ πιο μικρή από την

αντίστοιχη της άμμου). Γι' αυτό η καλλιέργεια σε χαλίκι συνιστάται μόνο ως κλειστό υδροπονικό σύστημα.

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

### **3.2.3 Καλλιέργεια σε άμμο**

Συνήθως χρησιμοποιείται κρυσταλλική άμμος προερχόμενη από την κοίτη ποταμών, η οποία έχει περιεκτικότητα άνω του 50% σε διοξείδιο του πυριτίου και μηδενική πρακτικά ανταλλακτική ικανότητα. Η άμμος τοποθετείται σε ατομικά ή ομαδικά φυτοδοχεία, σε σάκκους ή σε υδρορροές, σε ποσότητα 15-20 λίτρα ανά φυτό. Τα φυτά τροφοδοτούνται με θρεπτικό διάλυμα μέσω ενός συνηθισμένου συστήματος στάγδην άρδευσης. Η παροχή του διαλύματος στα φυτά γίνεται είτε με μικροσωλήνες (spagetti tubes) είτε με ενσωματωμένους σταλάκτες εφόσον η άμμος είναι απλωμένη στην επιφάνεια του θερμοκηπίου ή κατά μήκος υδρορροών. Συνήθως υπάρχει ένας σταλάκτης ανά φυτό. Συχνή όμως είναι και η χρησιμοποίηση δύο σταλακτών ανά φυτό με στόχο την καλύτερη διαβροχή του υποστρώματος αλλά και την προστασία από αποφράξεις σταλακτών.

Τα πλεονεκτήματα της άμμου ως υποστρώματος υδροπονίας είναι ο καλός αερισμός του ριζικού συστήματος, το φθινό κόστος κτήσης της και η θεωρητικά απεριόριστη διάρκεια ζωής της. Για την αποφυγή εξάπλωσης εδαφογενών ασθενειών όμως, η άμμος θα ήταν καλύτερα να απολυμαίνεται πριν από την έναρξη κάθε νέας καλλιεργητικής περιόδου. Η απολύμανση της άμμου μπορεί να γίνει εύκολα και αποτελεσματικά με ατμό (Μαυρογιαννόπουλος, 1994; Σιώμος, 2002).

### **3.2.4 Καλλιέργεια σε πετροβάμβακα**

Ο πετροβάμβακας είναι το πλέον διαδεδομένο διεθνώς υπόστρωμα υδροπονικών καλλιεργειών. Είναι ένα ανόργανο ιώδες υλικό το οποίο παράγεται με θερμική επεξεργασία ενός μείγματος που αποτελείται κατά 60% από διαβάση, 20% από ασβεστόλιθο και 20% από άνθρακα. Για γεωργική χρήση ο πετροβάμβακας διατίθεται τόσο σε μορφή κύβων (για προβλάστηση και παραγωγή πολλαπλασιαστικού υλικού) όσο και σε μορφή ορθογώνιων πλακών με διαστάσεις ανάλογες με το είδος του φυτού που πρόκειται να καλλιεργηθεί πάνω τους.

Χημικά ο πετροβάμβακας συνίσταται από οξείδια διαφόρων ανόργανων στοιχείων και κυρίως του πυριτίου, του ασβεστίου, του σιδήρου, του μαγνησίου και του αργιλίου ο πετροβάμβακας θεωρείται ότι είναι ένα χημικά αδρανές υλικό. Έτσι η θρέψη των φυτών μπορεί να ελέγχεται και να ρυθμίζεται πλήρως μέσω της χορήγησης θρεπτικού διαλύματος κατάλληλης σύστασης.

Μολονότι ο πετροβάμβακας σε όλη την διάρκεια της καλλιέργειας συμπεριφέρεται ως ένα χημικά αδρανές υλικό, κατά την αρχική του διαβροχή με θρεπτικό διάλυμα η τιμή του pH ανυψώνεται κατά 1-2 μονάδες. Γι' αυτό το λόγο η τιμή του pH του θρεπτικού διαλύματος κατά την αρχική διαβροχή των πλακών του πετροβάμβακα θα πρέπει να είναι χαμηλότερη (pH περίπου 4,5-5,0) από την τιμή που θα έχει αργότερα (5,5 - 5,7), όταν δηλαδή τοποθετηθούν τα φυτά πάνω του. Με τον τρόπο αυτό, η τιμή του pH μέσα στις πλάκες του πετροβάμβακα γίνεται κατορθωτό να συγκρατηθεί μεταξύ 6,0-6,5 (Μαυρογιαννόπουλος, 1994; Σιώμος, 2002).

### **3.2.5 Καλλιέργεια σε ελαφρόπετρα**

Η ελαφρόπετρα είναι το κοινό όνομα του ορυκτού κιζιρίτης. Πρόκειται για ένα αργίλλοπυριτικό ηφαιστειογενές ορυκτό το οποίο δεν έχει την συμπαγή υφή άλλων πετρωμάτων αλλά φέρει εκτεταμένο πορώδες σε όλη του τη μάζα. Για να χρησιμοποιηθεί για καλλιέργεια φυτών θα πρέπει να θρυμματίζεται σε λατομεία σε μικρούς κόκκους μεγέθους μέχρι 4 ή το πολύ μέχρι 8 mm.

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

Η ελαφρόπετρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα υδροπονίας είτε ως έχει είτε μετά από κοσκίνισμα (ώστε να απομακρυνθεί το κονιοποιημένο κλάσμα) είτε μετά από ξέπλυμα. Από τα μέχρι σήμερα δεδομένα που έχουν προκύψει τόσο από την έρευνα όσο και από την καλλιεργητική τεχνική φαίνεται ότι τόσο το κοσκίνισμα όσο και το ξέπλυμα δεν βελτιώνουν την καλλιεργητική συμπεριφορά της ελαφρόπετρας ενώ αυξάνουν το κόστος εγκατάστασης της καλλιέργειας. Έχει διαπιστωθεί επίσης ότι το καταλληλότερο κοκκομετρικό κλάσμα ελαφρόπετρας για υδροπονικές καλλιέργειες είναι αυτό των 4-5 mm (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

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

### **3.2.6 Καλλιέργεια σε τύρφη**

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

Η τύρφη είναι φυσικό υλικό. Προέρχεται από την αποδόμηση της υδροχαρούς βλάστησης που φύεται σε ελώδεις περιοχές και γενικότερα σε υγρά τοπους. Σε τέτοιες



περιοχές, με την πάροδο του χρόνου έχουν σχηματισθεί ολόκληρα κοιτάσματα, από τα οποία η τύρφη εξορύσσεται, υφίσταται κάποια επεξεργασία (απολύμανση, άλεσμα, ομογενοποίηση, κ.λπ.) και συσκευάζεται σε βιομηχανική κλίμακα. Γενικά υπάρχουν δύο τύποι τύρφης, η ξανθιά και η μαύρη τύρφη.

### **3.2.7 Καλλιέργεια σε Κοκκοφοίνικα ή Ίνες καρύδας (cocosoil)**

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

### **3.2.7 Καλλιέργεια σε βερμικουλίτη (vermiculite)**

Ο ακατέργαστος βερμικουλίτης είναι ένα φυσικό μετάλλευμα της αργίλου. Η θέρμανση του κοσκινισμένου υλικού στους 1.000°C έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή διογκωμένου βερμικουλίτη. Το υπόστρωμα αυτό έχει μικρό ειδικό βάρος και υψηλό ολικό πορώδες (96%). Χρησιμοποιείται αμιγής κυρίως σε σπορεία και σε τραπέζια ριζοβολία μοσχευμάτων.

Το pH του είναι 7,0-7,5 και η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων αρκετά υψηλή (65-140meq/100g υποστρώματος). Είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί σε 1 ή 2 καλλιεργητικές περιόδους. Η χρήση του για καλλιέργειες μεγάλης περιόδου επιφέρει σταδιακή καταστροφή της δομής του με αποτέλεσμα τη μείωση του αερισμού και της

αποστράγγισης. Τα κυριότερα μειονεκτήματα του βερμικουλίτη είναι η υψηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, η μικρή διάρκεια ζωής και το υψηλό του κόστος. Η διάθεση του βερμικουλίτη δεν δημιουργεί προβλήματα στο περιβάλλον (Μαυρογιαννόπουλος, 1994; Σιώμος, 2002).

### **3.2.8 Καλλιέργεια σε διογκωμένη άργιλο**

Η διογκωμένη άργιλος είναι κοκκώδες προϊόν με κυψελοειδή δομή. Παράγεται με θέρμανση σχιστολίθου στους 1.100 °C. Σ' αυτή τη θερμοκρασία ελευθερώνονται αέρια με αποτέλεσμα αφ' ενός τη διόγκωση και αφ' ετέρου την αδρανοποίηση της άργιλου. Οι κόκκοι της έχουν μεγάλη ικανότητα συγκράτησης υγρασίας, μικρό ειδικό βάρος, pH γύρω στο 7, ενώ η αρχική τους περιεκτικότητα σε άλατα είναι σχετικά μικρή (εξαρτάται από το πρωτογενές υλικό). Η διογκωμένη άργιλος έχει σχετικά μεγάλη διάρκεια ζωής και το μόνο σημαντικό μειονέκτημα είναι το υψηλό κόστος της σε σχέση με τα άλλα υποστρώματα. Χρησιμοποιείται κυρίως σε ερασιτεχνικά υδροπονικά συστήματα (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

## **3.3 Υποδοχείς υποστρωμάτων**

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

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

### **3.3.1 Πλαστικοί σάκοι διαφόρων μεγεθών**

- ◆ *Κανάλια στο έδαφος ή υπεράνω του εδάφους με επένδυση πλαστικού:*

Το βασικό υλικό για την κατασκευή αυτών των υποδοχέων είναι το φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου. Το χρώμα του είναι συνήθως μαύρο ή μαύρο από την μια

πλευρά και γαλακτώδες από την άλλη και το πάχος του μεγαλύτερο των 200m. Το πλάτος του φύλλου είναι ανάλογο με την κατασκευή του καναλιού. Οι αποστάσεις εγκατάστασης των φυτών είναι παραπλήσιες με εκείνες που τηρούνται στις αντίστοιχες καλλιέργειες στο έδαφος.

◆ *Πλαστικοί σάκοι διαφόρων μεγεθών:*

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

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

### *3.3.2 Γλάστρες από διάφορα υλικά και διαφόρων μεγεθών*

Υπάρχουν σε μεγάλη ποικιλία από σχήματα και μεγέθη το υλικό κατασκευής είναι πλαστικό λόγω του μικρού κόστους του. Γλάστρες από πλαστικό υλικό το οποίο είναι διάτρητο προσφέροντας καλό αερισμό στο ριζικό σύστημα του φυτού (Net pots). Γλάστρες από πεπιεσμένο cocosoil, προσφέρουν καλό αερισμό και το υλικό κατασκευής είναι φιλικό προς το περιβάλλον (Coco pots). Εδώ να σημειωθεί πως οι γλάστρες σε σχήμα κώνου προσφέρουν καλύτερη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος.

### 3.3.3 Υποδοχείς κατακόρυφης τοποθέτησης

Οι υποδοχείς που χρησιμοποιούνται για την τοποθέτηση του υποστρώματος ανάπτυξης των φυτών και τη διαμόρφωση των κατακόρυφων στηλών είναι δύο τύπων. Ο ένας τύπος είναι μαλακοί πλαστικοί σωλήνες πολυαιθυλενίου, διαμέτρου γύρω στα 16 cm, με γαλακτώδες χρώμα εξωτερικά και μαύρο εσωτερικά. Το πάχος του πολυαιθυλενίου είναι συνήθως γύρω στα 200m. (0,2 mm).



*Εικόνα 3.1: Κατακόρυφη καλλιέργεια φράουλας.*

Ο άλλος τύπος υποδοχέα είναι γλάστρα από διογκωμένη πολυστερίνη, τετράγωνης διατομής, με ακμή κορυφής εξωτερικά 10,75 cm, πάτου 12,30 cm και ύψους 20,50 cm. Το πάχος των τοιχωμάτων της (διογκωμένης πολυστερίνης) είναι 2 cm. Με βάση τις ανωτέρω διαστάσεις της γλάστρας η χωρητικότητα της φτάνει τα 3,31L. Στον πάτο της η γλάστρα φέρει μία τρύπα στο κέντρο, διαμέτρου 1,5 cm και τέσσερις τρύπες, διαμέτρου 0,5 cm η καθεμία, περιφερειακά της μεγάλης. Στη μέση της κάθε ακμής της κορυφής υπάρχει τριγωνική εγκοπή, κατάλληλα διαμορφωμένη ώστε να είναι δυνατή η προσαρμογή του πάτου της επόμενης γλάστρας σε σταυροειδή τοποθέτηση κι έτσι με την τοποθέτηση της μιας γλάστρας να διαμορφώνεται η άλλη (Μαυρογιαννόπουλος, 1994; Σιώμος, 2002).

### **3.3.4 Υποδοχείς από πετροβάμβακα**

Διατίθεται τόσο σε μορφή κύβων (για προβλάστηση και παραγωγή πολλαπλασιαστικού υλικού) όσο και σε μορφή ορθογώνιων πλακών με διαστάσεις ανάλογες με το είδος του φυτού που πρόκειται να καλλιεργηθεί πάνω τους. Επιπλέον, το μήκος και το πλάτος των πλακών και των κύβων επιλέγεται και ανάλογα με την διάταξη των φυτών στο θερμοκήπιο και κυρίως ανάλογα με τον επιζητούμενο όγκο υποστρώματος ανά φυτό. Το ύψος όμως τόσο των πλακών όσο και των κύβων εκλέγεται κυρίως με βάση τις υδραυλικές ιδιότητες του υλικού .

### **3.3.5 Υποδοχείς για αεροπονία**

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

## **3.4 Κλειστά και ανοικτά συστήματα**

### **3.4.1 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, τα υγρά της αποστράγγισης δεν ανακυκλώνονται αλλά απορρίπτονται. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα αυξημένες απώλειες λιπασμάτων με την απορροή και ρύπανση του εδάφους και του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. Οι δυο αυτοί λόγοι οδήγησαν στην ανάπτυξη των κλειστών συστημάτων, που σε λίγα χρόνια θα διαδεχθούν τα ανοικτά.

Πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι:

- ◆ Το χαμηλό κόστος της επένδυσης που απαιτείται
- ◆ Η εύκολη διαχείριση του νερού και του θρεπτικού διαλύματος
- ◆ Η αποφυγή μολύνσεων του υποστρώματος από φυτονόσους
- ◆ Ο καλύτερος έλεγχος της αγωγιμότητας, του pH και της αύξησης των συγκεντρώσεων διαφόρων στοιχείων τόσο στο νερό άρδευσης όσο και στο υπόστρωμα.

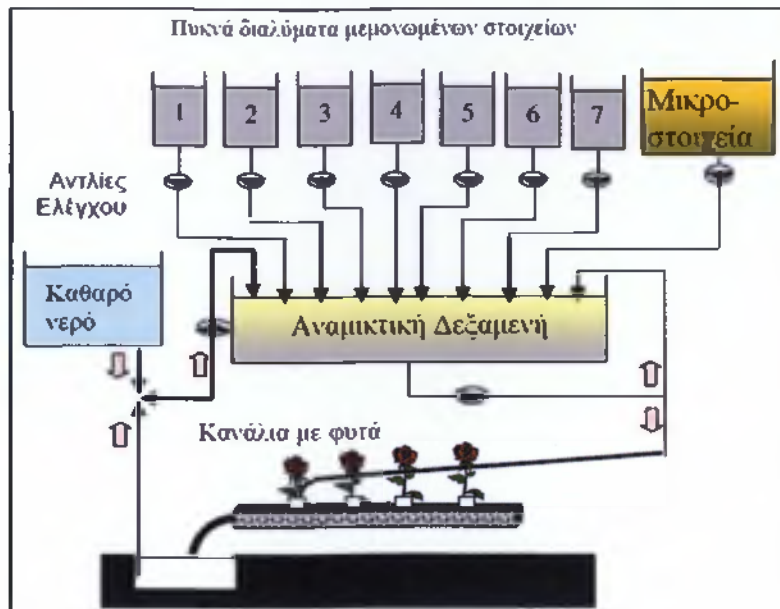
Μειονεκτήματα της μεθόδου είναι:

- ◆ Οι σημαντικές απώλειες νερού και λιπασμάτων με αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους λειτουργίας της μονάδας.
- ◆ Η μόλυνση του εδάφους και πιθανόν των υδροφόρων στρωμάτων της περιοχής στην οποία απορρίπτεται η αποστράγγιση.

### ***3.4.2 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 συνιστάται, για την παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων, η χρησιμοποίηση μεμονωμένων δεξαμενών για κάθε θρεπτικό στοιχείο. Αυτό κρίνεται απαραίτητο διότι σε κάθε κύκλο του θρεπτικού διαλύματος, λόγω της διαφορετικής απορρόφησης κάθε στοιχείου από τα φυτά, το ανακυκλούμενο διάλυμα χάνει την σωστή του σύσταση ακόμα και αν εμπλουτίζεται με φρέσκο διάλυμα. Με το σύστημα όμως των μεμονωμένων δεξαμενών η ρύθμιση του ανακυκλώμενου διαλύματος είναι ακριβής γιατί βασίζεται στην απορρόφηση κάθε στοιχείου χωριστά.



*Εικόνα 3.2: Σχεδιάγραμμα κλειστού υδροπονικού συστήματος δεξαμενών μεμονωμένων θρεπτικών στοιχείων, με χρήση αναμικτικής δεξαμενής.*

Πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι:

- ◆ Εξοικονόμηση νερού και λιπασμάτων
- ◆ Μείωση του λειτουργικού κόστους της μονάδας
- ◆ Προστασία του περιβάλλοντος από ρύπανση

Μειονεκτήματα της μεθόδου είναι:

- ◆ Το αυξημένο κόστος αρχικής επένδυσης
- ◆ Η πολυπλοκότητα στο χειρισμό του νερού και του θρεπτικού διαλύματος
- ◆ Οι απαιτήσεις σε νερό πολύ καλής ποιότητας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

#### 4.1 Γενικά

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

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



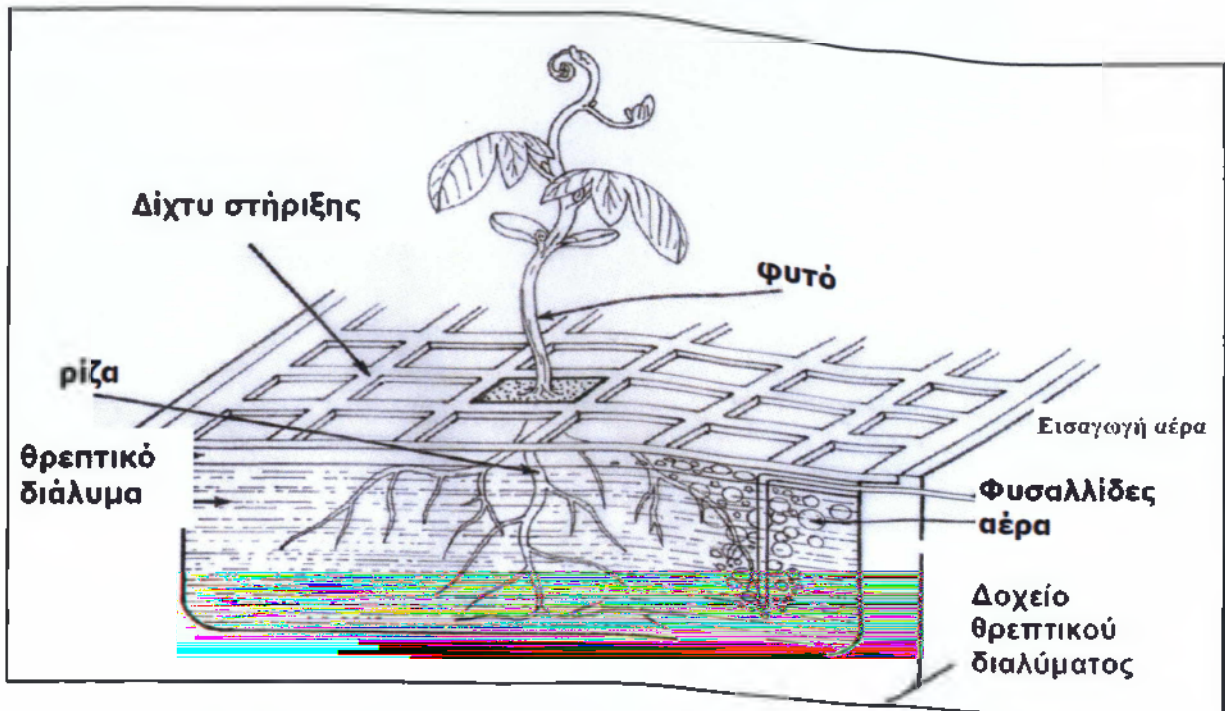
περισσότερες γλώσσες ως όρος που υπονοεί το σύνολο των μεθόδων και συστημάτων καλλιέργειας φυτών χωρίς την χρήση εδάφους.

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

## 4.2 Καλλιέργειες σε στατικά διαλύματα

Στις καλλιέργειες σε στατικά διαλύματα, τα φυτά καλλιεργούνται σε φυτοδοχεία με θρεπτικό διάλυμα όπως είναι βάζα, δοχεία ή δεξαμενές. Το θρεπτικό διάλυμα μπορεί να είναι ήπια αεριζόμενο ή και καθόλου. Στην δεύτερη περίπτωση όπου το θρεπτικό διάλυμα δεν αερίζεται, η στάθμη του παραμένει σε χαμηλά επίπεδα έτσι ώστε μεγάλο ποσοστό των ριζών να βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια του θρεπτικού διαλύματος ώστε να εξασφαλίζουν το απαραίτητο οξυγόνο. Στην πρώτη περίπτωση, τα φυτά τοποθετούνται σε ένα φύλλο από πλαστικό το οποίο επιπλέει στην επιφάνεια του θρεπτικού διαλύματος. Με αυτόν τον τρόπο, η στάθμη του θρεπτικού διαλύματος ουδέποτε πέφτει κάτω από τις ρίζες (εικόνα 4.1).

Για την εγκατάσταση των φυτών ανοίγονται τρύπες στο πάνω μέρος της δεξαμενής. Η αναλογία είναι μια τρύπα για κάθε φυτό. Το μέγεθος της δεξαμενής αλλάζει ανάλογα με το αναπτυξιακό στάδιο των καλλιεργούμενων φυτών. Στην εικόνα 4.1 δίνεται σχηματική απεικόνιση υδατοκαλλιέργειας σε θρεπτικό διάλυμα που διατηρείται στάσιμο.



*Εικόνα 4.1: Σχηματική απεικόνιση υδατοκαλλιέργειας σε θρεπτικό διάλυμα που διατηρείται στάσιμο (Jeffrey Winterborne. 2005).*

Σε τέτοιου είδους καλλιέργειες όπου το θρεπτικό διάλυμα παραμένει στάσιμο θα πρέπει να γίνεται αλλαγή του θρεπτικού διαλύματος είτε με βάση κάποιο χρονοδιάγραμμα π.χ. μια φορά την εβδομάδα, είτε με βάση την συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων στο νερό. η μέτρηση αυτή γίνεται με την βοήθεια αγωγιμόμετρου, όταν η συγκέντρωση των στοιχείων πέσει σε χαμηλά επίπεδα τότε πρέπει να επέλθει αλλαγή του θρεπτικού διαλύματος. Στην περίπτωση που η ποσότητα του θρεπτικού διαλύματος βρίσκεται κάτω από το απαιτούμενο επίπεδο τότε πρέπει είτε να προστεθεί νερό, είτε καινούριο-φρέσκο θρεπτικό διάλυμα ελέγχοντας πάντα την ηλεκτρική αγωγιμότητα και το pH του νέου διαλύματος. Βέβαια ο καλύτερος έλεγχος γίνεται με την χρήση κάποιας βαλβίδας με πλωτήρα η οποία διατηρεί αυτόματα το επίπεδο του θρεπτικού διαλύματος στα επιθυμητά επίπεδα (<http://en.wikipedia.org/wiki/Hydroponics>).

## 4.3 Καλλιέργειες σε ανακυκλούμενα διαλύματα

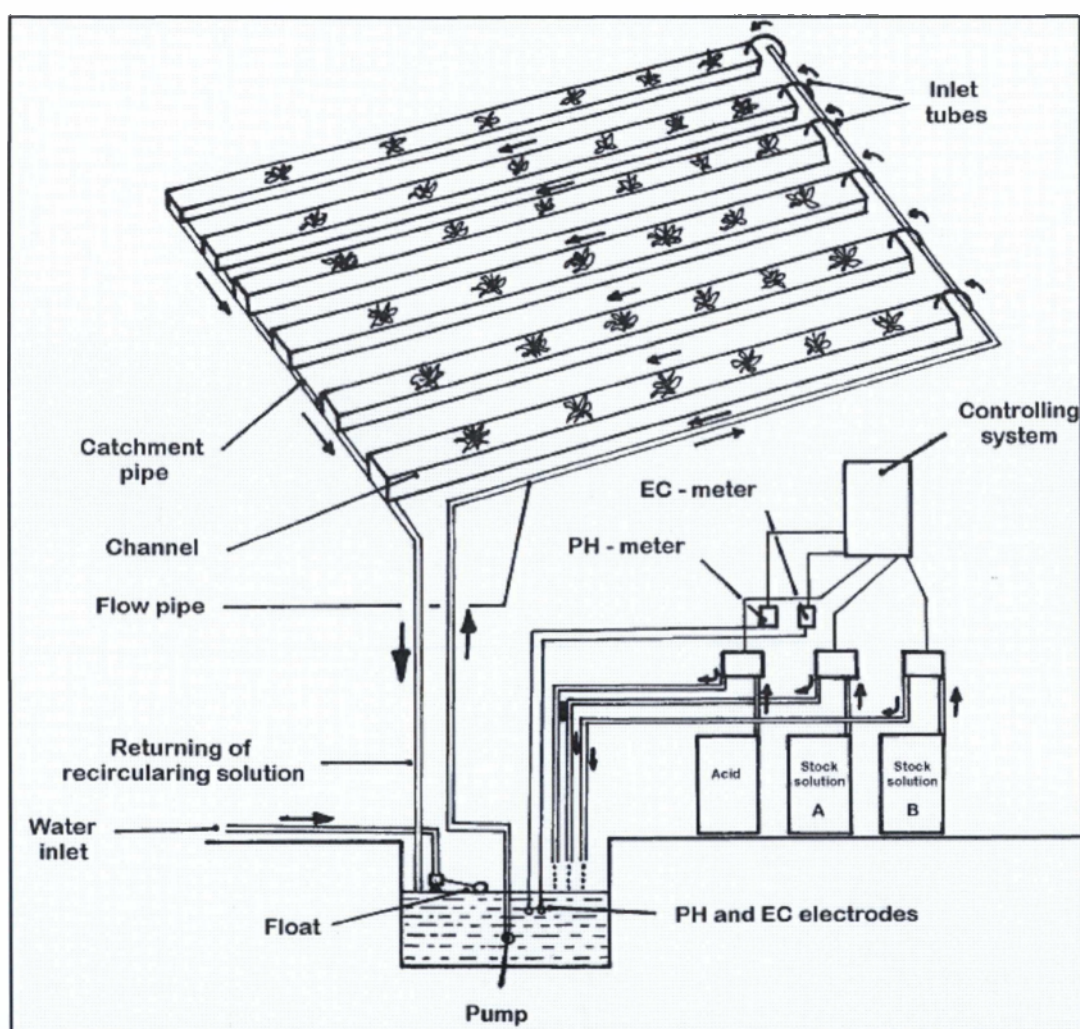
### 4.3.1 Καλλιέργεια σε N.F.T. (*Nutrient Film/Flow Technique – Τεχνική Λεπτής Θρεπτικής Στοιβάδας*)

Το σύστημα NFT (*Nutrient Film Technique* = Τεχνική λεπτής θρεπτικής στοιβάδας) είναι μία υδροπονική μέθοδος καλλιέργειας φυτών, στην οποία δεν γίνεται καθόλου χρήση στερεού υποστρώματος. Οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται μέσα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα, το οποίο όμως είναι τρεχούμενο, σε αντίθεση με το προαναφερθέν σύστημα καλλιέργειας σε δοχεία γεμισμένα με στάσιμο θρεπτικό διάλυμα. Το NFT είναι ένα κλειστό υδροπονικό σύστημα, δεδομένου ότι το θρεπτικό διάλυμα ανακυκλώνεται συνεχώς και επαναχρησιμοποιείται.

Μία εγκατάσταση NFT αποτελείται από ένα σύστημα παράλληλα τοποθετημένων υδρορροών (καναλιών), μέσα στις οποίες κυλάει θρεπτικό διάλυμα με ρυθμό ροής περίπου 2-3 λίτρων ανά λεπτό (l/min), από το σύστημα παρασκευής και διανομής του θρεπτικού διαλύματος στις υδρορροές, καθώς και από τις εγκαταστάσεις συλλογής του διαλύματος από τις υδρορροές και ανακύκλωσής του. Μέσα σε κάθε υδρορροή τοποθετούνται τα φυτά σε καθορισμένες αποστάσεις μεταξύ τους. Οι υδρορροές συνήθως είναι κατασκευασμένες από σκληρό πλαστικό πολυαιθυλένιο, ή από PVC, ή από άλλη πλαστική ύλη ή ακόμη και από γαλβανισμένο μέταλλο. Έχουν πλάτος 15-30 cm ανάλογα με το είδος του καλλιεργούμενου φυτού. Οι αποστάσεις μεταξύ των παράλληλα τοποθετημένων υδρορροών αντιστοιχούν στις αποστάσεις μεταξύ των γραμμών φύτευσης που επιλέγονται να εφαρμοσθούν στην εκάστοτε καλλιέργεια. Για να είναι δυνατή η ροή του διαλύματος μέσα στις υδρορροές, αυτές θα πρέπει να έχουν μια κλίση γύρω στο 1,5-2% κατά μήκος (εικόνα 4.2).

Το θρεπτικό διάλυμα, από την κεντρική εγκατάσταση παρασκευής του μεταφέρεται αρχικά στον χώρο ανάπτυξης των φυτών μέσω σωλήνων κατάλληλης διατομής (Φ50, Φ60) και στη συνέχεια διανέμεται σε μικρότερους σωλήνες οι οποίοι το οδηγούν στην αρχή κάθε υδρορροής. Αφού εισαχθεί στις υδρορροές, χάρις στην κλίση τους το διάλυμα αρχίζει να ρέει μέσα στην κοίτη τους. Κατά την διάρκεια της

ροής του το διάλυμα βρέχει τις ρίζες των φυτών και ένα μέρος του απορροφάται από αυτές. Το υπόλοιπο μέρος του διαλύματος διατρέχει όλη την υδρορροή κατά μήκος και αφού φθάσει στο τέλος της, απορρέει και μέσω ειδικά τοποθετημένων σωλήνων ή υδρορροών συλλέγεται και συγκεντρώνεται όλο μαζί σε κάποιο ειδικό δοχείο συγκέντρωσης. Από το δοχείο αυτό το διάλυμα οδηγείται ξανά στην κεντρική μονάδα παρασκευής και διανομής του διαλύματος, είτε μέσω μίας αντλίας, είτε μέσω ελεύθερης ροής, εφόσον υπάρχει υψομετρική διαφορά. Εκεί, το συλλεχθέν διάλυμα συμπληρώνεται με νερό και θρεπτικά στοιχεία ώστε να αποκτήσει ξανά τις επιθυμητές τιμές pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας και ξαναχρησιμοποιείται.



**Εικόνα 4.2:** Σχηματική απεικόνιση υδατοκαλλιέργειας που αναπτύσσεται σε ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα (Σύστημα N.F.T.) (Jeffrey Winterborne, 2005).

Το NFT δίνει τη δυνατότητα για ικανοποιητικό έλεγχο της θερμοκρασίας στο περιβάλλον του ριζικού συστήματος. Ανάλογα με τις συνθήκες, το θρεπτικό διάλυμα μπορεί να θερμαίνεται ή να ψύχεται, ώστε η θερμοκρασία στο περιβάλλον του ριζικού συστήματος να είναι υψηλότερη ή χαμηλότερη σε σχέση με τη θερμοκρασία του αέρα. Όμως, ο έλεγχος της θερμοκρασίας με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατός μόνο όταν η παροχή του θρεπτικού διαλύματος είναι συνεχής και όχι διακεκομμένη. Το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας του συστήματος περιορίζει την εφαρμογή του κυρίως σε καλλιέργειες υψηλής αξίας. Η πιο διαδεδομένη καλλιέργεια λαχανικών στο NFT είναι η καλλιέργεια της τομάτας.

Σε μια παραλλαγή του συστήματος NFT, για κάθε γραμμή καλλιέργειας υπάρχουν δυο κανάλια, στα οποία κυκλοφορούν θρεπτικά διαλύματα διαφορετικής σύστασης και το ριζικό σύστημα των φυτών μοιράζεται και στα δύο κανάλια (Jeffrey Winterborne, 2005; Τζωρτζιάκης, 2008).



*Εικόνα 4.3.2: Υδατοκαλλιέργεια αγγουριού με το σύστημα N.F.T.*

#### **4.3.2 Καλλιέργεια σε σύστημα επίπλευσης (Floating system)**

Στο σύστημα αυτό τα φυτά καλλιεργούνται σε επιπλέουσες "σχεδίες" που είναι κατασκευασμένες από ελαφρά συνθετικά υλικά (π.χ. εξηλασμένη πολυστερίνη). Οι σχεδίες αυτές επιπλέουν στο θρεπτικό διάλυμα μέσα σε ειδικά κατασκευασμένες

δεξαμενές. Οι δεξαμενές στεγανοποιούνται μέσω της επιστρώσεως φύλλων πολυαιθυλενίου και γεμίζονται με θρεπτικό διάλυμα. Μια παραλλαγή του συστήματος αυτού είναι η χρήση καναλιών αντί δεξαμενής. Το ύψος πληρώσεως της δεξαμενής ή των καναλιών με θρεπτικό διάλυμα, ποικίλει ανάλογα με το ακολουθούμενο σύστημα (συνήθως από 5-30 cm).

Τα σπορόφυτα αναπτύσσονται με τους κλασσικούς τρόπους σε δίσκους με διάφορα υποστρώματα (πετροβάμβακας, περλίτης, βερμικουλίτης, ή οργανικά υποστρώματα). Όταν τα φυτά φθάσουν το στάδιο της μεταφυτεύσεως, τοποθετούνται στις "σχεδίες" στις οποίες έχουν δημιουργηθεί οι αντίστοιχες υποδοχές. Οι σχεδίες αποτελούν ουσιαστικά το μέσο στήριξης των φυτών και οι ρίζες των φυτών "κρέμονται" προς το θρεπτικό διάλυμα. Με αυτόν τον τρόπο οι ρίζες βρίσκονται σε ένα περιβάλλον ιδανικής συνθέσεως και επομένως το φυτό παρουσιάζει μία αλματώδη ανάπτυξη, που μόνο περιορισμό έχει την γενετική ταχύτητα μεταβολισμού του φυτού. Η σύσταση του διαλύματος σε θρεπτικά στοιχεία ελέγχεται συνεχώς μέσω των συστημάτων αυτόματου ελέγχου (όπως και στα κλασσικά υδροπονικά συστήματα) και διορθώνεται κατάλληλα έτσι ώστε το φυτό να δέχεται την ιδανική θρέψη σε όλα τα στάδια αναπτύξεώς του (εικόνα 4.3).

Παράλληλα, με συχνές εγχύσεις αέρα στην δεξαμενή καλλιέργειας (μέσω της συνεχούς ή διακοπτόμενης ανακυκλώσεως του θρεπτικού διαλύματος, μέσω ειδικών αεροσυμπιεστών ή με άλλους τρόπους) επιτυγχάνεται ο επαρκής αερισμός του διαλύματος και του ριζικού συστήματος του φυτών, γεγονός που προκαλεί την μέγιστη δυνατή επιτάχυνση του ρυθμού αναπτύξεως. Το αποτέλεσμα είναι να λαμβάνονται ποσοτικά μεγαλύτερες, ποιοτικά καλύτερες και αριθμητικά περισσότερες καλλιέργειες ανά έτος, από οποιοδήποτε άλλο γνωστό σύστημα καλλιέργειας (<http://olivenews.gr/el/article/478>).

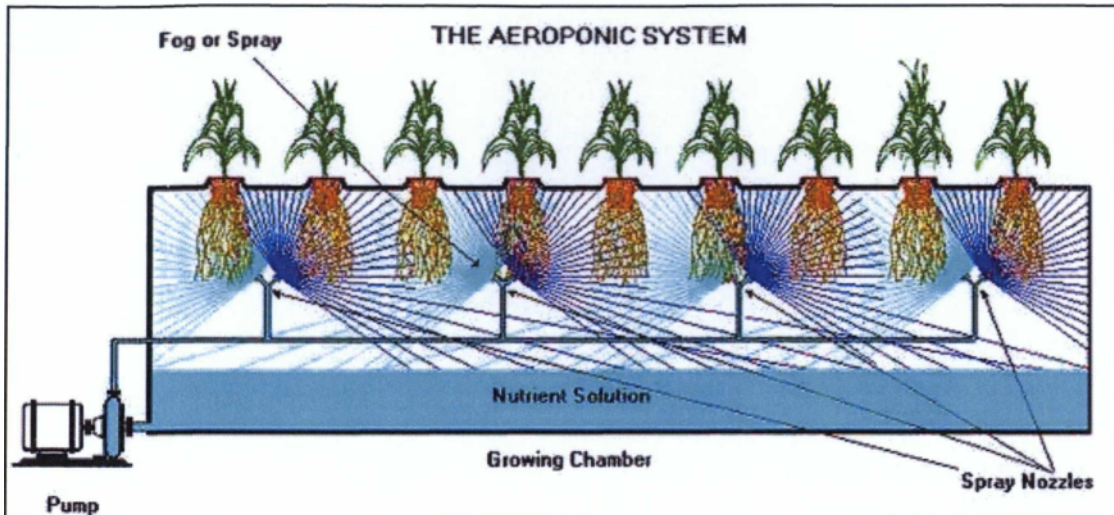


*Εικόνα 4.3: Υδατοκαλλιέργεια φράουλας με το σύστημα επίπλευσης (Floating system). (<http://olivenews.gr/el/article/478>).*

### **4.3.3 Αεροπονία**

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

παρασκευής του θρεπτικού διαλύματος και να συμπληρώνεται εκεί με νερό και θρεπτικά στοιχεία.



*Εικόνα 4.4: Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας αεροπονικής καλλιέργειας (Jeffrey Winterborne, 2005)*

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

Όπως και με το σύστημα NFT, η έλλειψη ενός στερεού υποστρώματος αυξάνει σημαντικά το ρίσκο της καταστροφής της καλλιέργειας σε περίπτωση που είτε η αντλία, είτε ο μίκτης των λιπασμάτων είτε κάποια ακροφύσια ψεκασμού παρουσιάσουν βλάβη με συνέπεια να διακοπεί για σημαντικό χρονικό διάστημα ο ψεκασμός των ριζών των φυτών με θρεπτικό διάλυμα. Όπως σε όλα τα κλειστά υδροπονικά συστήματα έτσι και στην αεροπονία είναι αυξημένος ο κίνδυνος εξάπλωσης παθογόνων σε όλη την καλλιέργεια μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος σε περίπτωση που προσβληθεί έστω και ένα φυτό από κάποιο παθογόνο. Γι αυτό το λόγο, όταν τα φυτά καλλιεργούνται σε αεροπονικό σύστημα στο οποίο εφαρμόζεται ανακύκλωση, είναι σκόπιμη η χρησιμοποίηση κάποιας εγκατάστασης για την απολύμανση του επαναχρησιμοποιούμενου θρεπτικού διαλύματος.





*Εικόνα 4.5: Αεροπονική καλλιέργεια μαρουλιού*

#### **4.5 Εφαρμογές της υδροπονίας**

Θεωρητικά κάθε είδος φυτού μπορεί να καλλιεργηθεί υδροπονικά, όμως στην πράξη και σε εμπορική κλίμακα η τεχνική αυτή εφαρμόζεται κυρίως σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες, διότι αυτές έχουν και μεγαλύτερα καλλιεργητικά προβλήματα από ότι οι υπαίθριες. Βέβαια και το αναμενόμενο εισόδημα είναι μεγαλύτερο επιτρέποντας δαπανηρότερες επενδύσεις, ενώ παράλληλα το θερμοκήπιο παρέχει προστασία από βροχοπτώσεις που θα μπορούσαν να αραιώσουν/αλλοιώσουν το θρεπτικό διάλυμα κατά την διάρκεια των βροχών.

Ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας αλλά και τα οικονομικά δεδομένα (κόστος - απόδοση) επιλέγεται και το καταλληλότερο υδροπονικό σύστημα π.χ. για το μαρούλι κυριαρχεί το σύστημα N.F.T.

Στο Ινστιτούτο Υποτροπικών Β Ελιάς Χανίων από το 1987 μέχρι σήμερα δοκιμάστηκαν διάφορες παραλλαγές του συστήματος N.F.T., διαφοροποιημένα θρεπτικά διαλύματα και συνθήκες εφαρμογής τους καθώς και η μελέτη διαφόρων υλικών για υποστρώματα σε διάφορες καλλιέργειες (τομάτα, πιπεριές, αγγουριά, πεπονιά, μαρούλι, φασολιά, κολοκυθιά, βασιλικός, διάφορα αρωματικά-φαρμακευτικά, γαριφαλιά, τριανταφυλλιά και λισιάνθος). Η παραγωγή όλων των παραπάνω ήταν υψηλότερη ποσοτικά και ποιοτικά από την αντίστοιχη σε συμβατική καλλιέργεια στο έδαφος (Οικονομάκης, 2006).



*Εικόνα 4.6: Υδροπονική καλλιέργεια τομάτας ([http://tro-fodo-tiko.blogspot.com/2010/10/k\\_03.html](http://tro-fodo-tiko.blogspot.com/2010/10/k_03.html)).*



**Εικόνα 4.7:** Υδροπονική καλλιέργεια φράουλας (<http://blog.ari.gov.cy>).



**Εικόνα 4.8:** Υδροπονική καλλιέργεια πιπεριάς  
(<http://www.agri.gr/site/piperia/imitaxea-sistimata-kalliergeias-piperias.html>).

Από πληροφορίες εκτιμάται πως στην χώρα μας σήμερα ελάχιστα έχει εφαρμοστεί η υδροπονική καλλιέργεια σε ανθοκομικά είδη (σε λιγότερα από 200 στρέμματα) με καλλιεργούμενα είδη την τριανταφυλλιά, τη ζέρμπερα και τη γυψοφίλλη πάντα σε υποστρώματα ανόργανα ή οργανικά. Ως υπόστρωμα χρησιμοποιούνται ο περλίτης, η ελαφρόπετρα, οι ίνες κοκκοφοίνικα, ο πετροβάμβακας, η πολυουρεθάνη, κλπ.



*Εικόνα 4.9: Υδροπονική καλλιέργεια τριανταφυλλιάς (<http://nefeli.lib.teicrete.gr>).*



*Εικόνα 4.10: Υδροπονική καλλιέργεια ζέρμπερας (Κατζόνης, 2007).*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

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

Τα πιο σημαντικά ωστόσο σημεία στα οποία υπερτερεί η υδροπονία έναντι της συμβατικής καλλιέργειας ακόμη και αυτής του θερμοκηπίου είναι:

- ◆ Η αύξηση, βελτίωση και πρωίμηση της παραγωγής. Πειραματικά δεδομένα σε ετήσια παραγωγή τομάτας έχουν δείξει πως η παραγωγή μέσω υδροπονικής καλλιέργειας αυξάνεται κατά 24 μονάδες από την συμβατική θερμοκηπίου και κατά 48 μονάδες από την συμβατική υπαίθρια καλλιέργεια.
- ◆ Η εξοικονόμηση νερού και λιπασμάτων και η προστασία του περιβάλλοντος με περιορισμό των χημικών αποβλήτων. Έχει δεχθεί πως οι ετήσιες απώλειες νερού στις συμβατικές καλλιέργειες φτάνουν τα  $6000\text{m}^3/\text{ha}$  ενώ το αντίστοιχο ποσό για το ανοικτό υδροπονικό σύστημα πέφτει στα  $3600\text{m}^3/\text{ha}$  και για το κλειστό μόλις στα  $450\text{m}^3/\text{ha}$ .
- ◆ Η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ένα σύγχρονο υδροπονικό θερμοκήπιο συμβάλει στην προστασία του περιβάλλοντος όχι μόνο με την αποτελεσματικότερη χρήση νερού και λιπασμάτων, αλλά εφαρμόζοντας για την θέρμανσή του και την παραγωγή ενέργειάς του κατάλληλες τεχνικές, με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, κυρίως βιομάζας και γεωθερμίας με εξοικονόμηση ενέργειας έως 60% (Σαμαντούρος, 2008).

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

Ειδικότερα, σε ότι αφορά τις υδατοκαλλιέργειες, φαίνεται να κερδίζουν όλο και περισσότερο έδαφος σε σχέση με τα άλλα υδροπονικά συστήματα, με κυρίαρχο το σύστημα N.F.T. Αυτό συμβαίνει διότι τα οργανικά και ανόργανα υποστρώματα έχουν πολύ μικρή διάρκεια ζωής με αποτέλεσμα μετά από 3-5 χρόνια να χρειάζονται αντικατάσταση. Αυτό όμως για τον παραγωγό μεταφράζεται ως δαπάνη χρήματος για αφαίρεση του παλιού υποστρώματος, προμήθεια και εγκατάσταση νέου ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Έτσι καθίστανται ασύμφορα συγκρινόμενα με το N.F.T αλλά και τα υπόλοιπα συστήματα υδατοκαλλιέργειας όπως είναι το σύστημα επίπλευσης και η αεροπονία, η οποία κερδίζει σιγά - σιγά έδαφος και βρίσκεται ακόμη σε πειραματικό στάδιο.

Συμπερασματικά, η υδροπονία στη χώρα μας αποτελεί μονόδρομο για τις θερμοκηπιακές καλλιέργειες και η ορθή εφαρμογή της συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος, του καλλιεργητή και του καταναλωτή με παράλληλη αύξηση του γεωργικού εισοδήματος. Η τεχνική υποδομή υπάρχει στην χώρα μας, απομένει μόνο η οργανωμένη, βάσει επιχειρηματικού σχεδίου, εκπαίδευση των γεωπόνων και η διασπορά της τεχνογνωσίας στον αγροτικό κόσμο.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Οικονομάκης, Κ., (2006)**, «Υδροπονική καλλιέργεια, το μέλλον», Ένθετο Θερμοκήπια και Θερμοκηπιακές καλλιέργειες, *Περιοδικό Profit: τρακτέρ και αγροτικά μηχανήματα*, Τεύχος: 01/112006
2. **Μαυρογιαννόπουλος, Γ.Ν., (1994)**, «Υδροπονικές καλλιέργειες και θρεπτικά διαλύματα», Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.
3. **Σάββας, Δ., (2003)**, «Γενική ανθοκομία», Εκδόσεις Έμβρυο, Αθήνα.
4. **Σαμαντούρος, Κ., (2008)**, «ΝΕΑ ΑΓΡΟΤΙΚΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ: Επιχειρηματικές Προτάσεις, Προϊόντα & Τεχνολογίες Αιχμής», Agrek-Samantouros A.E, Χαλκίδα, παρουσίαση για το Υπουργείο ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ και Υπουργείο ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ & ΤΡΟΦΙΜΩΝ
5. **Σιώμος, Α.Σ., (2002)**, «Καλλιέργεια λαχανικών στο θερμοκήπιο», Μέρος Β', Τμήμα εκδόσεως Πανεπιστημιακό τυπογραφείο, Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.
6. **Τζωρτζάκης, Ν., (2008)**, «Καλλιέργειες Εκτός Εδάφους», Σημειώσεις Μαθήματος Θεωρίας, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Α.Τ.Ε.Ι Κρήτης, Ηράκλειο.
7. **Jeffrey Winterborne, (2005)**, «Hydroponics Indoor Horticulture», Published Pukka Press Ltd, ISBN 0-9550112-0-5
8. **Seymour G., (1993)**, «Review of Commercial Hydroponic Crop Production System. In Commercial Hydroponics in Australia: A Guide For Growers», Pro-Set Pty Ltd, Hobart, Australia
9. **Soladome, (2001)**, Available on line:<http://www.olis.net.au/soladome/what.html>

10. **Wabben G., Steiner A.A., (1953)**, Soilless cultures, Serial number 175,588, application july 24, 1950. United States Patent Office, no 2639549.

### Δικτυακοί Τόποι

1. <https://www.growshop.gr>
2. <http://en.wikipedia.org>
3. <http://www.getbluelab.com/Articles>
4. <http://www.agrek.gr/ydroponia-kaliergies.html>
5. <http://healthyharvesthydro.com/about-hydroponics.shtml>
6. <http://en.wikipedia.org/wiki/Hydroponics>
7. <http://olivenews.gr/el/article/478>
8. [http://tro-fodo-tiko.blogspot.com/2010/10/k\\_03.html](http://tro-fodo-tiko.blogspot.com/2010/10/k_03.html)
9. <http://blog.ari.gov.cy>
10. <http://www.agri.gr/site/piperia/imitaxea-sistimata-kalliergeias-piperias.html>
11. <http://nefeli.lib.teicrete.gr>