

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (Τ.Ε.Ι)
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ
ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ:

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ
ΕΡΑΣΙΤΕΧΝΙΚΗΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ
ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**



Του σπουδαστή Βασιλόπουλου Ιάσωνα

Καλαμάτα, Οκτώβριος 2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος	2
1 Εισαγωγή	3
1.1 Γενικά	3
1.2 Ιστορική αναδρομή	3
1.3 Στατιστικά στοιχεία για τη χρήση της υδροπονίας	5
2 Υδροπονία	7
2.1 Γενικά (Ορισμοί)	7
2.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της υδροπονίας	8
2.3 Βασικά είδη υδροπονίας	10
2.3.1 Τρόπος διαχείρισης απορροών	10
2.3.1.1 Ανοικτά συστήματα	10
2.3.1.2 Κλειστά συστήματα	10
2.3.2 Μέσα ανάπτυξης ριζικού συστήματος	11
2.3.2.1 Καλλιέργεια σε θρεπτικά διαλύματα (Υδατοκαλλιέργεια)	11
2.3.2.1.1 Καλλιέργεια σε στατικό θρεπτικό διάλυμα	12
2.3.2.1.2 Καλλιέργεια με συνεχούς ροής διάλυμα	12
2.3.2.1.3 Αεροπονία	13
2.3.3 Υποστρώματα	13
2.3.3.1 Καλλιέργεια σε αδρανή υποστρώματα-Περλίτης, πετροβάμβακας, ελαφρόπετρα	13
2.3.3.2 Καλλιέργεια σε ενεργά υποστρώματα-Βερμικουλίτης, ξεόλιθος, ίνες καρύδας (cocosoil)	14
2.4 Εξοπλισμός υδροπονικών εγκαταστάσεων	15
2.5 Θρέψη υδροπονικών καλλιεργειών και χρησιμοποιούμενα λιπάσματα	18
2.5.1 Σύνθεση θρεπτικού διαλύματος	18
2.5.2 Χρησιμοποιούμενα λιπάσματα	19

3	Ερασιτεχνική υδροπονία.....	21
3.1	Γενικά.....	21
3.2	Ερασιτεχνικά υδροπονικά συστήματα.....	21
3.2.1	Παθητικό σύστημα με κορδόνια (Wick system).....	22
3.2.2	Επιπλέουσα υδροπονία-Υδατοκαλλιέργεια (Water culture system) ή D.F.T (Deep flow culture).....	23
3.2.3	Σύστημα πλημμυρίδας και άμπωτης (Ebb and flow system-Flood and drain)..	24
3.2.4	Καλλιέργεια σε στερεά υποστρώματα με στάγδην άρδευση (Dreep system, recovery-non recovery).....	25
3.2.5	Σύστημα καλλιέργειας σε λεπτή στιβάδα θρεπτικού διαλύματος (N.F.T Nutrient Film Technique).....	26
3.2.6	Αεροπονία (Aeroponics).....	27
3.3	Εξοπλισμός ερασιτεχνικών υδροπονικών συστημάτων.....	28
3.3.1	Υδροπονικά συστήματα στερεών υποστρωμάτων.....	28
3.3.1.1	Σύστημα 4 δοχείων.....	28
3.3.1.2	Σύστημα 8 δοχείων.....	29
3.3.1.3	Σύστημα μεμονωμένων δοχείων.....	30
3.3.1.4	Σύστημα ανάμικτης δεξαμενής ελέγχου του θρεπτικού διαλύματος (Controller).....	31
3.3.1.5	Στάγδην σύστημα εξάγωσης δεξαμενής.....	32
3.3.1.9	Συστήματα άμπωτης και πλημμυρίδας (Ebb and Flow).....	32
3.3.2	Συστήματα υδατοκαλλιέργειας.....	34
3.3.2.1	Συστήματα καλλιέργειας σε λεπτή στιβάδα θρεπτικού διαλύματος (N.F.T).....	34
3.3.2.4	Συστήματα υδατοκαλλιέργειας-επιπλέουσα υδροπονία.....	36
3.4	Θρεπτικά διαλύματα και οδηγίες εταιριών.....	39
3.4.1	Γενικά.....	39
3.4.2	Διαθέσιμα σκευάσματα.....	39
3.4.3	Οδηγίες εταιριών.....	44
3.4.4	Ενδεικτικά οικονομικά στοιχεία.....	46
4	Συμπεράσματα-εισηγήσεις.....	48

Πρόλογος

Σκοπός αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι η παρουσίαση και κατά το δυνατόν εξοικείωση με την ιδέα της ερασιτεχνικής υδροπονίας ως εναλλακτικής μορφής καλλιέργειας σε σχέση με τη συνηθισμένη μορφή οικιακής καλλιέργειας σε έδαφος και η παροχή πληροφοριών για συστήματα και θρεπτικά διαλύματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν καθώς και ενδεικτικές τιμές και τεχνικά χαρακτηριστικά τους.

Η ερασιτεχνική υδροπονική καλλιέργεια ως μικρογραφία των μεγάλης κλίμακας υδροπονικών καλλιεργειών στηρίζεται στις ίδιες βασικές αρχές και προσφέρεται για οικιακή χρήση όπου υπάρχουν περιορισμοί χώρου και δυνατότητας άρδευσης.

Με την ευκαιρία αυτής της εργασίας θέλω να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που μου στάθηκαν όλα αυτά τα χρόνια και εξακολουθούν να με στηρίζουν όποτε και όπου χρειάζεται. τους γονείς μου, Γιώργο και Μαρία, τον καθηγητή μου και εισηγητή αυτής της πτυχιακής κύριο Αναστάσιο Κώτσιρα, που μου παρείχε σημαντικές πληροφορίες, τον κύριο και δάσκαλο Κυριάκο Μαρκόπουλο για το ήθος και την παιδεία που δίδασκε και τέλος τον άνθρωπο που στεκόταν δίπλα μας σε ότι και αν του ζητούσαμε, ήταν και είναι πάντα πρόθυμος να μας βοηθήσει, υπεύθυνο της γραμματείας του τμήματος Θερμοκηπιακών καλλιεργειών, κύριο Αργύρη Σκάρλα.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1.Γενικά

Η υδροπονία είναι μια καλλιεργητική τεχνική που βασίζεται σε διαλύματα ανόργανων θρεπτικών στοιχείων, σε αντίθεση με τις συμβατικές καλλιέργειες εδάφους. Τα περισσότερα φυτά της γης θα μπορούσαν να αναπτυχθούν με τις ρίζες τους μέσα σε ανόργανα θρεπτικά διαλύματα ή σε αδρανή υποστρώματα όπως ο περλίτης, τα χαλίκια ή οι πέτρες. Μέχρι σήμερα έχουν χρησιμοποιηθεί πολλές τεχνικές υδροπονίας .

Ερευνητές της φυσιολογίας των φυτών ανακάλυψαν γύρω στο 1800¹, ότι τα φυτά απορροφούν ανόργανα θρεπτικά στοιχεία σε μορφή ιόντων, μέσω του νερού. Υπό φυσικές συνθήκες το έδαφος λειτουργεί ως αποθήκη θρεπτικών στοιχείων αλλά το ίδιο δεν είναι συνδεδεμένο με την ανάπτυξη του φυτού. Όταν τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους διαλυθούν σε νερό, οι ρίζες των φυτών είναι σε θέση να τα απορροφήσουν. Αν τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία, του παρέχονται μέσω του νερού τεχνητά, το έδαφος δεν είναι πλέον απαραίτητος παράγοντας για την ανάπτυξη του φυτού. Σχεδόν όλα τα φυτά μπορούν να καλλιεργηθούν με την υδροπονική μέθοδο αλλά ορισμένα καλύτερα από κάποια άλλα. Ως διαδικασία είναι σχετικά εύκολη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί απ'τον καθένα και ως χόμπυ. Είναι επίσης μια συνήθης τεχνική στη βιολογική έρευνα και διδασκαλία. Ωστόσο απαιτεί πιά ακριβό εξοπλισμό από τον παραδοσιακό τρόπο καλλιέργειας¹.

1.2.Ιστορική αναδρομή

Αρχαίοι πολιτισμοί όπως οι Βαβυλώνιοι και οι Αζτέκοι, αντίθετα με όσα υποστηρίζουν κάποιες μοντέρνες πηγές, δεν πρέπει να χρησιμοποιούσαν την υδροπονία, αφού τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία που χρειάζονται στην υδροπονική καλλιέργεια δεν ανακαλύφθηκαν πριν το 1800 μ.χ. Οι καλούμενοι επιπλέοντες κήποι των Αζτέκων («chinampas») χρησιμοποιούσαν χώμα. Οι κρεμαστοί κήποι της Βαβυλώνας ήταν κήποι

οροφής (roof gardens) αλλά δεν υπάρχουν σαφείς ενδείξεις ότι χρησιμοποιούσαν την υδροπονική μέθοδο.

Η πιο παλιά δημοσιευμένη εργασία για καλλιέργεια φυτών υπό απουσία εδάφους αναφέρεται στα 1627 στο βιβλίο “*Sylva Sylvarum*” του Sir Francis Bacon. Μετά από αυτή τη δημοσίευση έγινε δημοφιλής η κουλτούρα της καλλιέργειας σε νερό και οι τεχνικές της. Το 1699, ο John Woodward εξέδωσε τα αποτελέσματα των πειραμάτων του πάνω στην καλλιέργεια μέντας μέσα στο νερό.

Ανακάλυψε ότι σε λιγότερο καθαρό νερό τα φυτά αναπτύσσονταν καλύτερα από ότι σε απεσταγμένο νερό. Ανόργανα θρεπτικά διαλύματα για εκτός εδάφους καλλιέργειες πρωτοτυποποιήθηκαν από τον Γερμανό βιολόγο Julius Von Sachs και τον Wilhelm Knor το 1860. Σύντομα καθιερώθηκε σε ερευνητικό και εκπαιδευτικό επίπεδο κάτι που ισχύει μέχρι και στις μέρες μας.

Το 1929, ο καθηγητής William Frederick Gericke¹ του πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας, ήταν ο πρώτος που πρότεινε, η γεωργία των διαλυμάτων (υδροπονία) να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή αγροτικών προϊόντων. Αρχικά την όρισε ως “*aquiculture*” αλλά αργότερα ανακάλυψε ότι αυτός ο ορισμός ήδη υπήρχε για την καλλιέργεια υδροχαρών οργανισμών. Ο Gericke δημιούργησε σάλο, καλλιεργώντας στην αυλή του τομάτα κι άλλα φυτά, τεράστια σε μέγεθος καρπών, με ανόργανα θρεπτικά διαλύματα εκτός εδάφους. Σε αναλογία με τους ελληνικούς όρους, γεωργία, γεωπονία, (επιστήμη της καλλιέργειας της γης), ο Gericke, συνέστησε τον όρο *hydroponics* (υδροπονία) το 1937 για την καλλιέργεια φυτών σε νερό (απ’ τον ελληνικό *hydro*, νερό και *ponos*, εργασία).

Τις υποθέσεις του Gericke ζητήθηκε να ερευνήσουν δύο άλλοι γεωπόνοι του πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας, ο Dennis R. Hoagland και ο Daniel I. Arnon¹. Στο γεωργικό τους εγχειρίδιο “*The water culture method for growing plants without soil*”, προσπάθησαν να απομυθοποιήσουν «γελοιοποιήσουν» τους “υπερβολικούς” ισχυρισμούς που διατυπώθηκαν γύρω απ’ το θέμα υδροπονία. Βρήκαν ότι η σοδειά από υδροπονική καλλιέργεια δεν ήταν σε τίποτα καλύτερη από τις καλλιέργειες εδάφους με καλής ποιότητας χώμα. Η σοδειά, υποστηρίζουν, περιοριζόταν λόγω άλλων παραγόντων (π.χ ο φωτισμός) και όχι λόγω έλλειψης θρεπτικών στοιχείων. Βέβαια εξέλιξαν κάποιες

φόρμουλες θρεπτικών διαλυμάτων, γνωστές ως “Hoagland solutions” οι οποίες χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα.

Μια απ’τις πρώτες επιτυχίες της υδροπονίας έλαβε χώρα στο Wake Island, μια βραχώδη κοραλιογενή νησίδα στον Ειρηνικό ωκεανό, στάση ανεφοδιασμού καυσίμων της Panamerican Airlines. Η υδροπονία χρησιμοποιήθηκε εκεί το 1930 για την παραγωγή λαχανοκομικών για τους επιβάτες. Η υδροπονία ήταν αναγκαιότητα για το νησί επειδή δεν υπήρχε χώμα, και ήταν απαγορευτικά ακριβή η «αερογέφυρα» για φρέσκα λαχανικά.

Το 1960, ο Allen Cooper απ’την Αγγλία ανέπτυξε την τεχνική καλλιέργειας σε λεπτή στιβάδα θρεπτικού διαλύματος (τεχνητού φίλμ). Η “The Land Pavillon” στο EPCOT Center του Walt Disney World, άνοιξε το 1982 και περιείχε μεγάλη ποικιλία υδροπονικών τεχνικών. Σε πιο πρόσφατες δεκαετίες η NASA έχει ασχοληθεί εντατικά με την έρευνα σε αυτόν τον τομέα για το Controlled Ecological Life Support System ή CELSS¹.

1.3.Στατιστικά στοιχεία για τη χρήση της υδροπονίας

Πίνακας.....Παγκόσμια εξάπλωση των υδροπονικών καλλιεργειών κατά τα έτη 1980-2001 (Hassall and Associates Pty Ltd, 2001)

Χώρα	Έτος	Έκταση (στρ.)	Υδροπονικό σύστημα	Κύριες καλλιέργειες
Ολλανδία	1987 2001	35.000 100.000	Πετροβάμβακας	Τομάτα, αγγούρι, πιπεριά, μελιτζάνα, φασόλι, μαρούλι, δρεπτά άνθη
Ισπανία	1996 2001	10.000 40.000	Περλίτης, άμμος, πετροβάμβακας	Μαρούλι, αγγούρι, πιπεριά, τομάτα
Καναδάς	1987 2001	1.000 15.740	Πετροβάμβακας, πριονίδι,NFT, περλίτης	Τομάτα, αγγούρι, μαρούλι, πιπεριά

Γαλλία	1996	1.000	Πετροβάμβακας	Αγγούρι, πιπεριά, τομάτα, μελιτζάνα, δρεπτά άνθη
Ιαπωνία	1984	2.930	Πετροβάμβακας, Floating, NFT	Τομάτα, κρεμμύδι, μαρούλι, πεπόνι, αγγούρι
Ισραήλ	1996	6.500	Περλίτης, άμμος, αεροπονία	
Βέλγιο	1996	6.000	Πετροβάμβακας	
Νέα Ζηλανδία	1996 2001	2.000 5.500	NFT, ελαφρόπετρα	Δρεπτά άνθη, φράουλα, τομάτα, πιπεριά, αγγούρι, μαρούλι
Αυστραλία	1996	5.000	Άμμος, περλίτης, πετροβάμβακας, NFT	Τομάτα, μαρούλι, αγγούρι, δρεπτά άνθη, αρωματικά-φαρμακευτικά, φράουλα
Αγγλία	1988	3.920	Πετροβάμβακας	Τομάτα, αγγούρι, πιπεριά
Νότιος Αφρική	1984 1996	750 4.200	Διάφορα στερεά υποστρώματα	Τομάτα, αγγούρι, μαρούλι, άνθη
Ιταλία	1990 1999	500 4.000		Τριαντάφυλλο, τομάτα, ζέρμπερα, φράουλα
ΗΠΑ	1984 1999	2.280 4.000	Περλίτης, χαλίκι, άμμος, NFT	Τομάτα, αγγούρι, μαρούλι
Φινλανδία	1996	3.700		
Κορέα	1987 1996	2.740	Περλίτης, αεροπονία, NFT, DFT, πετροβάμβακας	Τομάτα, αγγούρι, μαρούλι

2. ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

2.1 Γενικά (Ορισμοί)

Ο Gericke¹ αρχικά προσδιόρισε την υδροπονία, ως καλλιέργεια με ανόργανα θρεπτικά διαλύματα, χωρίς καμιάς μορφής υπόστρωμα για τις ρίζες. Δεν συμφωνούσε με όσους χρησιμοποιούσαν τη λέξη υδροπονία για άλλου είδους καλλιέργειες όπως σε έδαφος ή σε χαλίκι. Η διαφορά ανάμεσα στην υδροπονία και στις εκτός εδάφους καλλιέργειες δεν είναι ξεκάθαρη. Η εκτός εδάφους καλλιέργεια είναι διαφορετικός όρος απ' την υδροπονία : οι απαιτήσεις της συνοψίζονται σε καλλιέργειες χωρίς έδαφος άργιλο ή ιλύ. Η άμμος είναι είδος εδάφους αλλά η καλλιέργεια σε άμμο θεωρείται ως εκτός εδάφους καλλιέργεια. Η υδροπονία είναι πάντα καλλιέργεια χωρίς έδαφος αλλά όλες οι καλλιέργειες εκτός εδάφους δεν καλούνται υδροπονικές. Πολλά είδη εκτός εδάφους καλλιεργειών δεν χρησιμοποιούν ανόργανα θρεπτικά διαλύματα που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία.

Εκατομύρια εμπορεύσιμα φυτά, (φρούτα, καλωπιστικά, θαμνώδη, δασικά φυντάνια, λαχανοκομικά νεαρά φυτά, πολυετή βότανα και αμπελοκλήματα) παράγονται κάθε χρόνο εκτός εδάφους. Τα περισσότερα βέβαια δεν θεωρούνται υδροπονικά γιατί το υπόστρωμα που χρησιμοποιούν συνήθως, τους παρέχει ανόργανα θρεπτικά στοιχεία δια μέσου λιπασμάτων βραδείας παροχής, δηλαδή ανταλλαγής κατιόντων και αποσύνθεσης του ίδιου του υποστρώματος. Τα περισσότερα εμπορεύσιμα φυτά καλλιεργούνται και με οργανικά υλικά όπως η τύρφη ή compost από φλοιό δένδρων. Η καλλιέργεια με τύρφη στα θερμοκήπια πολλές φορές θεωρείται λανθασμένα ως υδροπονία, αφού το υπόστρωμα παρέχει κάποια θρεπτικά στοιχεία στο φυτό¹.

2.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της υδροπονίας

Η υδροπονία έχει χαρακτηριστεί εσφαλμένα και υπερβολικά σαν θαυματουργή. Υπάρχουν πολλές παρερμηνείες γύρω απ' το θέμα της υδροπονίας. Ακολούθως θα διευκρινιστούν :

Η υδροπονία δεν παράγει πάντα καλύτερα φυτά απ'ότι ένα καλής ποιότητας έδαφος.

Τα υδροπονικά φυτά δεν μπορούν να τοποθετούνται πάντα το ένα κοντά στο άλλο σε όπως συμβαίνει με τις καλλιέργειες εδάφους.

Τα υδροπονικά προϊόντα δεν είναι απαραίτητο να είναι πιο θρεπτικά ή γευστικότερα από αυτά του εδάφους .

Παρακάτω παρουσιάζονται τα σπουδαιότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των υδροπονικών καλλιεργειών.

Πλεονεκτήματα

- Τα φυτά, αν αποσπασθούν από το έδαφος, αρχίζουν να πεθαίνουν. Υδροπονικά όμως καλλιεργημένα, όπως για παράδειγμα συμβαίνει με το μαρούλι, μπορούν να πωληθούν ενώ είναι ακόμα «ζωντανά», επιτυγχάνοντας έτσι μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και φρεκάδα από την ώρα που αγοράζονται και μετά.
- Δεν χρειάζεται έδαφος.
- Ασθένειες του εδάφους εκ τών πραγμάτων δεν υπάρχουν.
- Ζιζάνια επίσης δεν υφίστανται.
- Μείωση της χρήσης παρασιτοκτόνων για τους δυο παραπάνω λόγους.
- Βρώσιμα είδη δεν είναι μολυσμένα απ'το έδαφος.
- Η χρήση του νερού μπορεί να είναι εμφανώς λιγότερη απ'ότι στις αρδευόμενες καλλιέργειες εδάφους.
- Η υδροπονική καλλιέργεια με διαλύματα δεν απαιτεί αποδέσμευση του υποστρώματος ή αποστείρωση και το επαναχρησιμοποιεί.
- Η υδροπονική καλλιέργεια με διαλύματα επιτρέπει καλύτερο έλεγχο του ριζικού συστήματος σε σχέση με τις συμβατικές καλλιέργειες εδάφους.
- Η υδροπονία είναι συχνά ο καλύτερος τρόπος παραγωγικής μεθόδου για απομακρυσμένες και χωρίς καλό έδαφος περιοχές.
- Οι ρίζες του φυτού είναι εμφανείς άρα και ελέγξιμες.
- Είναι μια εξαιρετική μέθοδος για διδασκαλία πάνω στα φυτά καθώς και για έρευνα.

Μειονεκτήματα

- Η υδροπονία χρειάζεται περισσότερες τεχνικές γνώσεις σε σχέση με τις συμβατικές καλλιέργειες (γεωπονία).
- Χρειάζεται πιο ακριβό εξοπλισμό σε σχέση με τη γεωπονία. Οι περισσότερες υδροπονικές καλλιέργειες γίνονται σε θερμοκήπια ή ελεγχόμενο γενικότερα περιβάλλον.
- Στην υδροπονία έχουμε περισσότερα έξοδα για συντήρηση σε σχέση με την γεωπονία. Αν οι χρονοδιακόπτες ή οι ηλεκτρικές αντλίες πάθουν βλάβη ή η λειτουργία του συστήματος διακοπεί απότομα ή εμφανίσει πρόβλημα διαρροής, τα φυτά, σε πολλά είδη υδροπονικών συστημάτων, μπορεί να πεθάνουν πολύ γρήγορα.
- Για του τρεις προηγούμενους λόγους, η παραγωγή μέσω υδροπονίας μπορεί να αποδειχτεί πιο ακριβή από μια συμβατική καλλιέργεια.
- Η καλλιέργεια με την υδροπονική μέθοδο απαιτεί τα φυτά να στηρίζονται με κάποιο τρόπο, αφού λόγω απουσίας εδάφους δεν έχουν υποστήριξη.
- Τα υδροπονικά προϊόντα δεν είναι απαραίτητα πιο θρεπτικά ή γευστικότερα από αυτά του εδάφους.

2.3 Βασικά είδη υδροπονίας

Τα υδροπονικά συστήματα ταξινομούνται με βάση:

- τον τρόπο διαχείρισης των απορροών.
- το μέσο ανάπτυξης του ριζικού συστήματος.
- τα υλικά δόμησης και τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά τους.

2.3.1. Τρόπος διαχείρισης απορροών

Με βάση τη διαχείριση των απορροών, τα υδροπονικά συστήματα μπορούν να χαρακτηρισθούν **ανοικτά** ή **κλειστά**. Στα κλειστά συστήματα, η συνολική ποσότητα του

θρεπτικού διαλύματος απορροής, συγκεντρώνεται, αναπροσαρμόζεται και επαναχρησιμοποιείται, ενώ στα ανοικτά συστήματα, το θρεπτικό διάλυμα απορροής συγκεντρώνεται και απορρέει στο εξωτερικό περιβάλλον. (Κώτσιρας, 2006)

2.3.1.1. Ανοικτά συστήματα

Αυτά τα συστήματα αναπτύχθηκαν πρώτα και είναι τα πιο απλά, με τις λιγότερες απαιτήσεις. Στα ανοικτά συστήματα, το κλάσμα απορροής (leaching fraction), δηλαδή το ποσοστό του θρεπτικού διαλύματος απορροής σε σχέση με το διάλυμα εφαρμογής, εξαρτάται από το σύστημα άρδευσης, τον τρόπο ελέγχου και το υπόστρωμα. Υπάρχουν δυο βασικά μειονεκτήματα κατά τη λειτουργία των ανοικτών συστημάτων: α) μόλυνση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα και β) σπατάλη νερού και λιπασμάτων. Τα μειονεκτήματα αυτά οδήγησαν στα κλειστά συστήματα. (Κώτσιρας, 2006)

2.3.1.2. Κλειστά συστήματα

Στα κλειστά συστήματα το διάλυμα απορροής ανακυκλώνεται και επαναχρησιμοποιείται σε μεγάλο ποσοστό. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται οικονομία στην κατανάλωση λιπασμάτων και σημαντική μείωση της ρύπανσης. Το βασικό μειονέκτημά τους είναι η πιθανή εξάπλωση ασθενειών σε όλα τα φυτά της καλλιέργειας. Η διατήρηση εύρωστων φυτών, καθώς και η προσεκτική ρύθμιση της ανακύκλωσης αποτελούν δυο πολύ καλούς τρόπους αντιμετώπισης των κινδύνων μόλυνσης.

Η επαναχρησιμοποίηση του θρεπτικού διαλύματος απορροής μπορεί να οδηγήσει σε συσσώρευση κάποιων ανεπιθύμητων ιόντων (πχ Na, Cl), ειδικά σε περιπτώσεις που το νερό άρδευσης είναι μέτριας ή κακής ποιότητας. Γι' αυτό το λόγο ένα μικρό ποσοστό του θρεπτικού διαλύματος απορροής μπορεί να απορρίπτεται κατά αραιά χρονικά διαστήματα.

Το υψηλό κόστος επένδυσης σε εξοπλισμό απολύμανσης του θρεπτικού διαλύματος, είναι επίσης ένας από τους περιοριστικούς παράγοντες εξάπλωσης του συστήματος αυτού.

Τα τελευταία χρόνια έχει αποδειχθεί η δυνατότητα μετάδοσης αρκετών μυκήτων, βακτηρίων και ιών, μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος. Σε συνθήκες καλλιεργητικής πράξης βέβαια, η βαθμιαία δημιουργία μιας φυσικής ανταγωνιστικής μικροχλωρίδας, ως αντίδραση στην εμφάνιση παθογόνων μέσα στο κλειστό υδροπονικό σύστημα, είναι πιθανόν να ελέγχει βιολογικά την εξάπλωσή τους. Η παραπάνω θεώρηση είναι μια πιθανή εξήγηση για το γεγονός ότι στην καλλιεργητική πράξη τα προβλήματα μετάδοσης ασθενειών, μέσω του διαλύματος ανακύκλωσης, είναι μικρότερα και λιγότερο συχνά από ότι αναμενόταν αρχικά. (Κώτσιρας 2006)

2.3.2. Μέσα ανάπτυξης ριζικού συστήματος

Με κριτήριο το μέσο ανάπτυξης του ριζικού συστήματος, τα κυριότερα υδροπονικά συστήματα είναι εκείνα της ανάπτυξης των ριζών σε θρεπτικά διαλύματα (υδατοκαλλιέργεια) καί εκείνα της ανάπτυξης σε αδρανή ή ενεργά υποστρώματα.

2.3.2.1. Καλλιέργεια σε θρεπτικά διαλύματα (Υδατοκαλλιέργεια)

Η τεχνική των διαλυμάτων δεν χρησιμοποιεί αδρανές υπόστρωμα για τις ρίζες, αλλά μόνο το θρεπτικό διάλυμα. Τα βασικά είδη της καλλιέργειας με διαλύματα είναι :

- η καλλιέργεια σε στατικό διάλυμα.
- η καλλιέργεια με συνεχή ροή διαλύματος.
- η αεροπονία.

2.3.2.1.1 Καλλιέργεια σε στατικό θρεπτικό διάλυμα

Σε αυτού του είδους την καλλιέργεια, τα φυτά, μεγαλώνουν σε δοχεία που περιέχουν το θρεπτικό διάλυμα, όπως τα γυάλινα κιούπια του Maison¹, πλαστικοί κουβάδες, ζαρντινιέρες ή δεξαμενές . Το διάλυμα συνήθως αερίζεται ελαφρά αλλά μπορεί καί να μη συμβαίνει αυτό. Όταν απ' το διάλυμα δεν περνάει αέρας, το επίπεδό του πρέπει να διατηρείται αρκετά χαμηλά ώστε οι ρίζες να βρίσκονται ακριβώς πάνω απ' το διάλυμα καί έτσι να έχουν αρκετό οξυγόνο. Τρύπες δημιουργούνται στο καπάκι του δοχείου ανάλογα με τα φυτά που θα φιλοξενηθούν στο σύστημα. Μπορούν να

φιλοξενηθούν από ένα έως πολλά φυτά ανά δοχείο. Το μέγεθος του δοχείου μπορεί να αυξάνει όσο αυξάνεται το μέγεθος του φυτού. Ένα ερασιτεχνικό σύστημα μπορεί να φτιαχτεί από πλαστικά δοχεία που περιείχαν κάποτε φαγητό, ή γυάλινα δοχεία όπου ο αερισμός τους γίνεται με μια αεραντλία, έναν αεροσωλήνα και βαλβίδες από ενυδρείο. Τα διαφανή δοχεία τα καλύπτουμε με αλουμινένιο κάλυμα, με σκληρό χαρτί, μαύρο πλαστικό, ή όποιο άλλο υλικό θα περιόριζε την φωτεινή δραστηριότητα. Το θρεπτικό διάλυμα αντικαθίσταται είτε βάσει του ακολουθούμενου προγράμματος, περίπου κάθε μια εβδομάδα, ή όταν η συγκέντρωση των ιόντων πέσει κάτω από συγκεκριμένο σημείο, το οποίο καθορίζεται απ'το ηλεκτρικό αγωγιμόμετρο. Αν το διάλυμα πέσει κάτω από ορισμένο σημείο προσθέτουμε είτε νερό ή φρέσκο θρεπτικό διάλυμα¹.

2.3.2.1.2 Καλλιέργεια με συνεχή ροή διαλύματος

Σε αυτού του είδους την καλλιέργεια το θρεπτικό διάλυμα ρέει συνεχώς στο ριζικό σύστημα. Είναι πιό εύκολο στην αυτοματοποίηση από αυτό της στατικής ροής, γιατί η συλλογή δείγματος και ο καθορισμός του pH και της συγκέντρωσης του θρεπτικού διαλύματος μπορεί να γίνεται σε μια μεγάλη δεξαμενή με δυνατότητα να εξυπηρετεί εκατοντάδες φυτά. Μια διαδοδομένη παραλλαγή αυτού του συστήματος είναι η τεχνική της καλλιέργειας σε λεπτή στιβάδα θρεπτικού διαλύματος, ή N.F.T. Σε αυτό το σύστημα τα φυτά μεγαλώνουν σε πλαστικά κανάλια μή διαπερατά στο φως, τα οποία είναι τοποθετημένα σε επικλινή κανάλια. Ένα σταθερής διάρκειας θρεπτικό διάλυμα κυλάει στα κανάλια και οι ρίζες μεγαλώνουν σε πυκνό υπόστρωμα από χαλίκι ή άλλο υλικό με ένα λεπτό φιλμ θρεπτικών στοιχείων να περνάει από πάνω τους. Εξ'ού και το όνομα της τεχνικής.

Ένα αρνητικό αυτής της τεχνικής είναι ότι δύσκολα επεμβαίνουμε στη ροή του συστήματος, π.χ στη διακοπή της λειτουργίας, αλλά, πέρα απ'αυτό, θεωρείται ένα απ'τα πιο παραγωγικά συστήματα και τεχνικές¹.

2.3.2.1.3 Αεροπονία

Στην αεροπονία οι ρίζες του φυτού αιωρούνται μέσα σε ένα σκοτεινό θάλαμο και περιοδικά καλύπτονται από νέφος θρεπτικού διαλύματος. Δεν χρησιμοποιείται κανενός είδους υπόστρωμα. Τα παραδοσιακά συστήματα αεροπονίας χρησιμοποιούν αντλίες και μπέκ δημιουργίας νέφους. Αντίθετα τα σύγχρονα συστήματα χρησιμοποιούν “υπερηχητικούς” ψεκαστήρες που αποθέτουν το θρεπτικό διάλυμα σε πολύ λεπτά σταγονίδια για καλύτερη πρόσληψη του από τις ρίζες¹.

2.3.3 Υποστρώματα

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα φυτά μπορούν να καλλιεργηθούν υδροπονικά με τη χρήση υποστρωμάτων. Αυτά μπορεί να είναι αδρανή ή ενεργά. Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται υποστρώματα όπως τύρφη, περλίτης, βερμικουλίτης, άμμος, χαλίκια, ίνες καρύδας, πετροβάμβακας κ.ά, των οποίων οι ιδιότητες ποικίλουν.

2.3.3.1. Καλλιέργεια σε αδρανή υποστρώματα

Περλίτης, πετροβάμβακας, ελαφρόπετρα

Η καλλιέργεια σε αδρανές υπόστρωμα έχει το υπόστρωμα για την στήριξη των φυτών και ονοματίζεται ανάλογα με το είδος του, δηλαδή, καλλιέργεια σε άμμο, σε χαλίκια, σε βότσαλα, σε περλίτη, σε πετροβάμβακα, σε ελαφρόπετρα κ.α.

- Ο περλίτης είναι ένα ηφαιστιακό πέτρωμα και λόγω της κλειστής του μοριακής δομής, δεν απορροφά το νερό αλλά το συγκρατεί στην επιφάνεια των συσσωματωμάτων του με αποτέλεσμα την παλύ καλή στράγγιση του θρεπτικού διαλύματος και την εύκολη απομάκρυνση του νερού. Όσον αφορά τις φυσικοχημικές του ιδιότητες ο περλίτης είναι υλικό με ουδέτερο pH και πολύ χαμηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας. (Μανιός, 1993)
- Ο πετροβάμβακας είναι ένα ανόργανο υπόστρωμα που παράγεται με θερμική επεξεργασία ενός μείγματος 60% διαβάσης, 20% ασβεστόλιθου και 20% άνθρακα. Έχει

καλές φυσικές ιδιότητες (95% ολικό πορώδες, απ' το οποίο 20% αφορά περιεκτικότητα σε αέρα και 75% σε συγκράτηση νερού). Διατίθεται σε διάφορες μορφές και συσκευασίες ανάλογα με τη χρήση του (κύβοι, πλάκες και σε κοκκώδη μορφή). (Μανιός 1993, Βασιλάκης 1994, Μαλούπα 1995, Smith 1997)

- Η ελαφρόπετρα είναι προϊόν ηφαιστιακής δραστηριότητας και είναι πλούσια σε αέρια και πτητικές ουσίες. Η υδατοϊκανότητα της είναι σχετικά χαμηλή και συγκρίνεται με αυτήν του πετροβάμβακα. Δεν έχει καμία ρυθμιστική ικανότητα και έχει μια μικρή φόρτιση επιφανείας, που παράγεται κυρίως από τις ακαθαρσίες του περιεχόμενου ανθρακικού άλατος και των μετάλλων. (Μανιός, 1993)

2.3.3.2. Καλλιέργεια σε ενεργά υποστρώματα **Βερμικουλίτης, ζεόλιθος, ίνες καρύδας (coco soil)**

Τα ενεργά υποστρώματα πήραν αυτή την ονομασία επειδή συμμετέχουν ενεργά στην ανάπτυξη του φυτού. Κύριοι εκφραστές αυτών των υποστρωμάτων είναι ο βερμικουλίτης, ο ζεόλιθος και οι ίνες καρύδας.

- Ο βερμικουλίτης είναι πυριτική ένωση του αλουμινίου, του σιδήρου και του μαγνησίου. Απαντάται σε δυο τύπους, τον όξινο με pH 6,0-6,8 και τον ουδέτερο. Έχει υψηλή I.A.K και περιέχει 5-8% διαθέσιμο κάλιο και 9-12% μαγνήσιο (Boodley and Sherldruke 1972, Μαλούπα 1995). Όταν ο βερμικουλίτης χρησιμοποιείται μόνος του και για μεγάλες καλλιεργητικές περιόδους, έχει μια τάση για κερυθροποίηση της δομής του, η οποία μπορεί να καταστραφεί πλήρως, με αποτέλεσμα τη μείωση της ικανότητας αερισμού και αποστράγγισης. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο ο βερμικουλίτης θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με περλίτη ή τύρφη, που επιτρέπουν τον καλύτερο αερισμό και στράγγιση του υποστρώματος. (Boodley and Sherldruke, 1972)

- Ο ζεόλιθος είναι ηφαιστιογενές ορυκτό αλκαλίων και αλκαλικών γαιών. Περιέχει κυρίως ζεόλιθο, κλινοπιλόλιθο, ελανδίτη και ίχνη μορδενίτη. Τα μέχρι τώρα αποτελέσματα για το ζεόλιθο είναι πολύ αξιολογικά και δείχνουν υψηλή εναλλακτική ικανότητα και μεγάλη περιεκτικότητα σε εύκολα διαθέσιμο νερό για τα φυτά (Μαλούπα, 1995).

• Οι ίνες καρύδας χρησιμοποιούνται είτε αυτούσιες είτε ως συστατικό μειγμάτων για την καλλιέργεια λαχανικών και ανθοκομικών φυτών, για την παραγωγή δρεπτων άνθεων, καθώς επίσης για γλαστρικά φυτά, δενδρύλλια και νεαρά φυλλώδη φυτά. Είναι πλούσιες σε ιόντα Na και Cl τα οποία μπορεί να βλαψουν τα φυτά, εάν όμως πλυθούν και προστεθεί κατά την επεξεργασία Ca και Mg τα ιόντα Na απομακρύνονται. Έχουν πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε P και K, πράγμα το οποίο πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σε οποιοδήποτε πρόγραμμα λίπανσης. Η I.A.K τους κυμαίνεται από 320 έως 950 mmol/kg.

2.4 Εξοπλισμός υδροπονικών εγκαταστάσεων

Μια υδροπονική εγκατάσταση από πλευράς εξοπλισμού διακρίνεται στα εξής τμήματα :

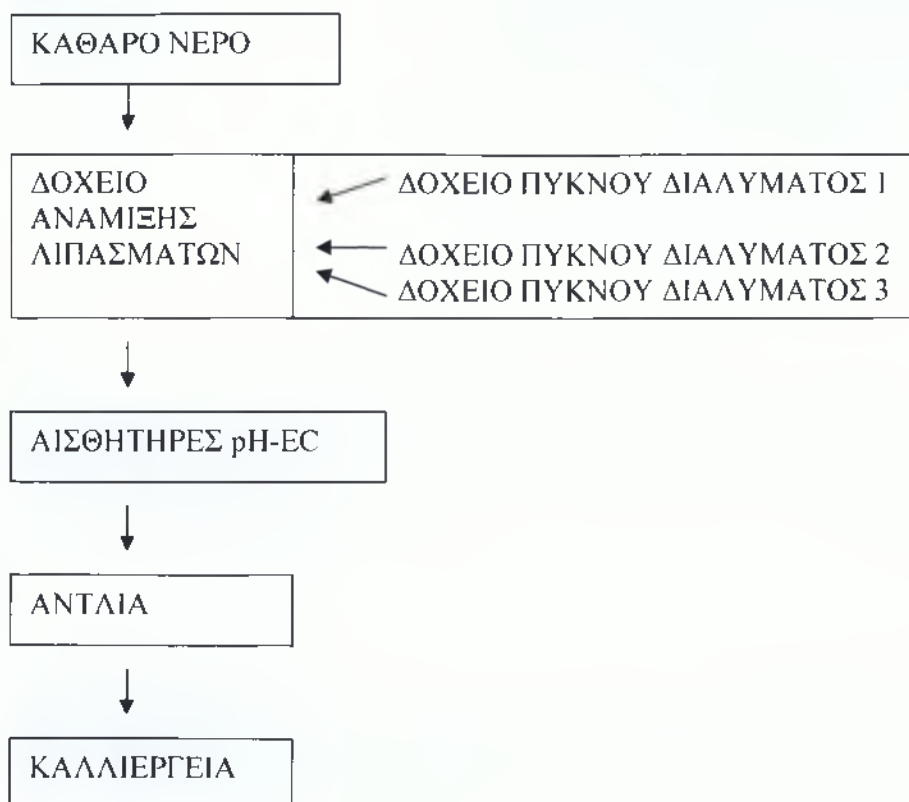
- Σύστημα παρασκευής θρεπτικού διαλύματος.
- Σύστημα παροχής του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά.
- Υποδοχείς φυτών και υποστρωμάτων.
- Υπόστρωμα καλλιέργειας.

Το σύστημα παρασκευής του θρεπτικού διαλύματος περιλαμβάνει :

- Εγκατάσταση παροχής νερού.
- Φίλτρα καθαρισμού νερού.
- Δοχεία πυκνών διαλυμάτων.
- Μονάδα αραίωσης πυκνών διαλυμάτων.
- Σύστημα αυτόματου ελέγχου.

Στο σχήμα 1 απεικονίζεται το σύστημα παρασκευής θρεπτικού διαλύματος.

Σχήμα 1



Για το δίκτυο παροχής νερού προτιμώνται πλαστικοί σωλήνες οι οποίοι είναι φθηνοί και εύχρηστοι, ενώ θα πρέπει να αποφεύγεται η χρήση σωλήνων από γαλβανισμένο σίδηρο και χαλκό ή άλλου είδους σωλήνες που μπορεί να απελευθερώνουν σταδιακά επιβλαβή ιόντα (π.χ. Zn).

Για τον καθαρισμό του νερού από σωματίδια χρησιμοποιούνται διάφορα φίλτρα όπως τα φίλτρα σίτας, όπου η ζώνη διήθησης αποτελείται από έναν διάτρητο σωλήνα από PVC, ο οποίος καλύπτεται με ένα λεπτό και πυκνό πλέγμα (σίτα) μεταλλικών ή πλαστικών νημάτων. Τα φίλτρα άμμου-χαλικιού, που αποτελούνται από ένα μεταλλικό εξωτερικό περίβλημα στο εσωτερικό του οποίου τοποθετούνται στρώσεις χαλικιών και άμμου ορισμένης κοκομετρίας (π.χ. για την άμμο οι κόκκοι θα πρέπει να έχουν 1mm

διάμετρο). Χρησιμοποιούνται επίσης υδροκυκλώνες των οποίων η λειτουργία βασίζεται στην ενέργεια της φυγόκεντρης δύναμης πάνω στα σωματίδια της άμμου, με αποτέλεσμα την επιτάχυνση της πτώσης με την δεκαπλάσια δύναμη.(Κώτσιρας, 2006)

Όσον αφορά τα δοχεία πυκνών διαλυμάτων συνήθως χρησιμοποιούνται δύο τουλάχιστον τέτοια δοχεία για τον διαχωρισμό θεικών και φωσφορικών λιπασμάτων απ'τον χηλικό σίδηρο καί το νιτρικό ασβέστιο (το διάλυμα μέσα στα δοχεία είναι 100-200 φορές πυκνότερο από την τελική συγκέντρωση που θα έχει όταν θα τροφοδοτήσει τα φυτά). Αυτό σημαίνει επίσης ότι τα δοχεία θα πρέπει να είναι ανθεκτικά στη διάβρωση από τα λιπάσματα. Συνήθως φτιάχνονται από κράμα πλαστικών υλικών.

Γενικά για την προετοιμασία του τελικού θρεπτικού διαλύματος απαιτούνται τρεις επί μέρους λειτουργίες :

- Αντληση των πυκνών διαλυμάτων με θετική πίεση, δηλαδή με χρήση αντλιών αναγκαστικής εκτόπισης ή με αρνητική πίεση, δηλαδή με τη δημιουργία χαμηλής πίεσης με χρήση Venturi ή στην αναρρόφηση της αντλίας άρδευσης.
- Δοσομέτρηση των πυκνών διαλυμάτων (συνεχούς καί ασυνεχούς ροής) με μετρικές αντλίες ή με μετρικά στόμια (για τη συνεχή ροή) καί αφού εξασφαλισθεί η σταθερή θετική ή αρνητική πίεση, χρησιμοποιούνται πλαστικές βαλβίδες on/off για τη ρύθμιση της παροχής του πυκνού διαλύματος (στην ασυνεχή ροή).
- Ανάμιξη με το νερό άρδευσης από συστήματα με αναμεικτική δεξαμενή ή από συστήματα με απευθείας παροχή.

Όσον αφορά τον έλεγχο καί την ορθή λειτουργία ενός υδροπονικού συστήματος, είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός αξιόπιστου καί ευέλικτου συστήματος αυτόματου ελέγχου (κεφαλή υδροπονίας).Οι κεφαλές υδροπονίας αποτελούνται από 2 μέρη :

α) κονσόλα λειτουργίας καί

β) κεφαλή μίξης λιπασμάτων καί παροχής αραιού θρεπτικού διαλύματος στα φυτά.

Η κονσόλα λειτουργίας περιλαμβάνει :

- Προγραμματιζόμενο PLC
- Panel χειρισμού
- Relay προστασίας

- Βοηθητικά και κύρια relays, θερμικά προστασίας, ασφάλειες και τροφοδοτικό για τους αισθητήρες

Αναφέρονται δυο χαρακτηριστικοί τύποι κεφαλών μίξης :

- α) Κεφαλή ανάμιξης με αναρρόφηση μέσω εγχυτών τύπου Venturi
- β) Κεφαλή ανάμιξης με δοσομετρικές αναλογικές αντλίες οι οποίες μπορεί να είναι ηλεκτρικές ή υδραυλικές.

Οι επιλογές έναρξης άρδευσης-λίπανσης μπορούν να ρυθμίζονται χειροκίνητα ή αυτόματα ανάλογα με την ένταση των παρακάτω κλιματολογικών παραμέτρων :

- της ηλιακής ακτινοβολίας
- της εξάτμισης

ενώ παράλληλα υπάρχει και η δυνατότητα ρύθμισης λειτουργίας συγκεκριμένου χρόνου.

Η αγωγιμότητα και το pH ελέγχονται από τον Η/Υ κάθε δευτερόλεπτο με αρκετά μεγάλη ακρίβεια. Παράλληλα, υπάρχει η δυνατότητα αυτόματης αυξομείωσης της αγωγιμότητας σε συνάρτηση με την ηλιακή ακτινοβολία.

Το σύστημα διαθέτει και μια σειρά από λειτουργίες συναγερμών για την ελάχιστη/μέγιστη στάθμη των θρεπτικών διαλυμάτων στις δεξαμενές, για την διακοπή της άντλησης νερού και για την απουσία σήματος από τους αισθητήρες.(Κώτσιρας, 2006)

2.5 Θρέψη υδροπονικών καλλιεργειών και χρησιμοποιούμενα λιπάσματα

Η λίπανση και η ανόργανη θρέψη των υδροπονικών καλλιεργειών πραγματοποιείται αποκλειστικά μέσω του θρεπτικού διαλύματος που παρέχεται στα φυτά. Είναι γνωστό ότι η σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος θα πρέπει να καταστρώνεται για ένα συγκεκριμένο φυτικό είδος, αφού ληφθούν υπόψη το στάδιο ανάπτυξης, η εποχή του έτους, το κλίμα της περιοχής και η ποιότητα του χρησιμοποιούμενου νερού άρδευσης.

2.5.1 Σύνθεση θρεπτικού διαλύματος

Τα ανώτερα φυτά έχουν ανάγκη από 16 χημικά στοιχεία για να αναπτυχθούν και να ολοκληρώσουν το βιολογικό τους κύκλο. Από αυτά, τα 9 είναι απαραίτητα σε μεγάλες

ποσότητες καί ονομάζονται μακροστοιχεία (C, O, H, N, P, K, Ca, Mg,S) ενώ τα υπόλοιπα 7 είναι απαραίτητα σε μικρές ποσότητες καί ονομάζονται ιχνοστοιχεία (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl). Στην υδροπονία χρησιμοποιούνται πλήρη θρεπτικά διαλύματα, δηλαδή υδατικά διαλύματα που περιέχουν όλα τα απαραίτητα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία, εκτός απ'τον άνθρακα που προσλαμβάνεται από την ατμόσφαιρα ως CO₂. Το H καί το O είναι συστατικά του νερού, ενώ το O προσλαμβάνεται καί από τον ατμοσφαιρικό αέρα για τις ανάγκες της αναπνοής. Το Cl περιέχεται σχεδόν πάντα στο νερό που χρησιμοποιείται για την Παρασκευή του διαλύματος. Επομένως μόνο 12 απ'τα 16 θρεπτικά στοιχεία πρέπει να προστίθενται στο νερό για την παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων. (Σάββας, 1998)

2.5.2 Χρησιμοποιούμενα λιπάσματα

Η προσθήκη των θρεπτικών στοιχείων στο διάλυμα, επιβάλει την εφαρμογή απλών υδατοδιαλυτών λιπασμάτων καί οξέων, ενώ για την κάλυψη των αναγκών σε σίδηρο, χρησιμοποιούνται οργανομεταλλικά σύμπλοκα (χηλικές ενώσεις). Παρακάτω αναφέρονται λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων στις υδροπονικές καλλιέργειες.

- Νιτρική αμωνία
- Νιτρικό ασβέστιο
- Νιτρικό κάλιο
- Νιτρικό μαγνήσιο
- Νιτρικό οξύ
- Φωσφορικό μονοκάλιο
- Φωσφορικό οξύ
- Θεϊκό κάλιο
- Θεϊκό μαγνήσιο
- Χηλικός σίδηρος
- Θεϊκό μαγγάνιο
- Θεϊκός ψευδάργυρος
- Θεϊκός χαλκός

- Βόρακας
- Solubor
- Επταμολυβδαινικό αμμώνιο
- Μολυβδαινικό νάτριο

3. ΕΡΑΣΙΤΕΧΝΙΚΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

3.1 Γενικά

Ως ερασιτεχνική ορίζεται η υδροπονία μικρής κλίμακας, που προσφέρεται για οικιακές καλλιέργειες καθώς έχει ελάχιστες απαιτήσεις σε καλλιεργήσιμο έδαφος και αρδευση. Χώρος ανάπτυξης φυτών ή νωπων λαχανικών καθ'όλη τη διάρκεια του χρόνου μπορεί να γίνει το μπαλκόνι ή κάποιο άλλο μέρος του σπιτιού.

Στην ερασιτεχνική υδροπονία σε αντίθεση με τη μεγάλης κλίμακας υδροπονική καλλιέργεια, η διαδικασία θρέψης είναι πιο απλή αφού το θρεπτικό διάλυμα είναι προπαρασκευασμένο απ'την εκάστοτε εταιρία ενώ στις μεγάλης κλίμακας καλλιέργειες πρέπει να υπάρχει διαρκής έλεγχος και συνεχείς διορθώσεις του διαλύματος που παρέχεται στα φυτά.(Sorenson and Relf, 1996)

3.2 Ερασιτεχνικά υδροπονικά συστήματα

Υπάρχουν έξι βασικά είδη ερασιτεχνικών υδροπονικών συστημάτων, που όλα στηρίζονται στην ίδια αρχή, δηλαδή την παροχή θρεπτικών στοιχείων και νερού στις ρίζες των φυτών.

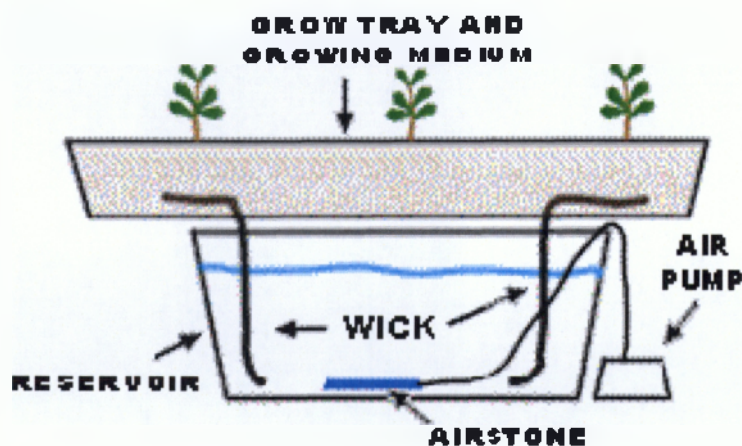
Αυτά είναι :

- το παθητικό σύστημα με κορδονία (wick system)
- επιπλέουσα υδροπονία ή η υδατοκαλλιέργεια (water culture)
- το σύστημα άμπωτης και πλημμυρίδας (ebb and flow)
- το στάγδην σύστημα (drip system, recovery και non-recovery)
- το σύστημα καλλιέργειας σε λεπτή στιβάδα θρεπτικού διαλύματος, (N.F.T_ nutrient film technique)και
- η αεροπονία (aeroponics).

Αν και υπάρχουν πολλές παραλλαγές, όλες αποτελούν συνδυασμούς των έξι βασικών συστημάτων.

3.2.1 Παθητικό σύστημα με κορδόνια (Wick system)

Το σύστημα αυτό είναι το απλούστερο όλων των υδροπονικών συστημάτων. Είναι παθητικό σύστημα γεγονός που σημαίνει ότι δεν έχει κινητά μέρη. Το διάλυμα «τραβιέται» με κορδόνια, στο υπόστρωμα το οποίο έχει επιλεγεί και μπορεί να είναι περλίτης, βερμικουλίτης ή ίνες καρύδας, απ' τη δεξαμενή-ντεπόζιτο που βρίσκεται από κάτω του².

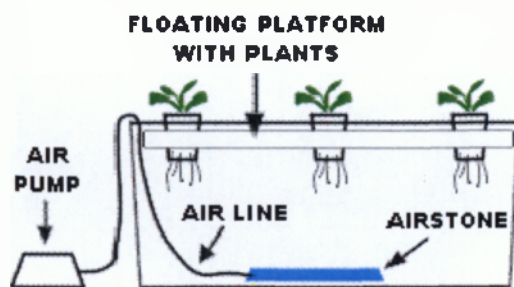


Εικ. 1. (Παθητικό σύστημα με κορδόνια)

Ο μόνος αρνητικός παράγοντας αυτού του συστήματος είναι ότι όταν καλλιεργούνται αρκετά μεγάλα φυτά ή φυτά που καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες νερού, μπορεί να εξαντλούν πολύ γρήγορα το θρεπτικό διάλυμα, τόσο ώστε τα κορδόνια να μην μπορούν να το τροφοδοτήσουν. Αυτό το σύστημα είναι κλειστού τύπου και χρησιμοποιεί αδρανή υποστρώματα².

3.2.2 Επιπλέουσα υδροπονία-υδατοκαλλιέργεια (Water culture system) ή D.F.T (deep flow culture)

Στο σύστημα αυτό η πλατφόρμα πάνω στην οποία στερεώνονται τα φυτά είναι φτιαγμένη από αφρώδες υλικό πολυστερίνης, το οποίο επιπλέει πάνω στο θρεπτικό διάλυμα. Μια αεραντλία τροφοδοτεί ένα ειδικό εξάρτημα από πορώδες υλικό (airstone) με αποτέλεσμα την δημιουργία φυσαλίδων στο θρεπτικό διάλυμα. Οι φυσαλίδες αυτές παρέχουν το απαραίτητο οξυγόνο το ριζικό σύστημα.



Εικ. 2.(Υδατοκαλλιέργεια)

Αυτό το σύστημα είναι ιδανικό για την καλλιέργεια φυλλώδους μαρουλιού (leaf lettuce) και πολύ δημοφιλές στα σχολεία πολλών κρατών καθώς είναι εύκολο στην εγκατάσταση και κατανοητό από τους μαθητές.

Επίσης θα μπορούσε καθένας να φτιάξει ένα τέτοιο σύστημα χρησιμοποιώντας ένα απλό ενυδρείο.

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτού του συστήματος είναι ότι δεν λειτουργεί καλά όταν τροφοδοτεί μεγάλα φυτά ή φυτά μεγάλου βιολογικού κύκλου.

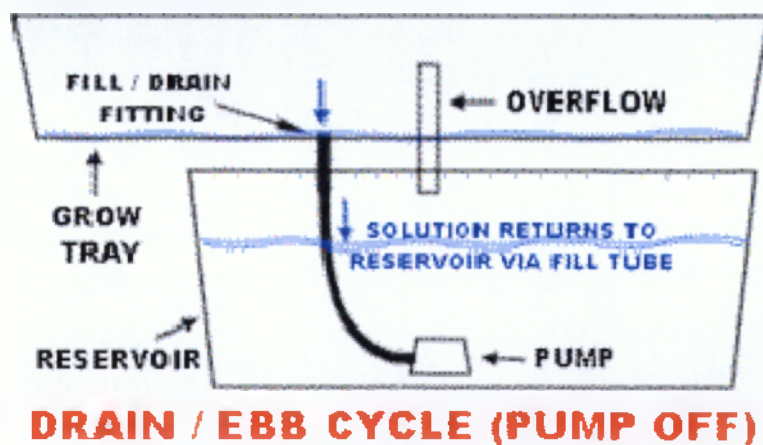
Τα συστήματα επιπλέουσας υδροπονίας είναι κλειστού τύπου και ως μέσω ανάπτυξης του ριζικού συστήματος χρησιμοποιείται διάλυμα συνεχούς ροής (υδατοκαλλιέργεια)².

3.2.3 Σύστημα πλημμυρίδας και άμπωτης (Ebb and flow system -flood and drain)

Αυτό το σύστημα λειτουργεί μέσω της προσωρινής υπερχειλίσης του χώρου ανάπτυξης των φυτών με θρεπτικό διάλυμα και επιστροφή του διαλύματος πίσω στη δεξαμενή. Αυτή η διαδικασία «πλημμυρίδας» και «άμπωτης», αν θα μπορούσαμε να την χαρακτηρίσουμε έτσι, λειτουργεί συνήθως με μια υποβρύχια αντλία η οποία είναι συνδεδεμένη με ένα χρονοδιακόπτη. Όταν ο χρονοδιακόπτης ενεργοποιεί την αντλία, το θρεπτικό διάλυμα ανεβαίνει στο χώρο ανάπτυξης των φυτών. Όταν ο χρονοδιακόπτης απενεργοποιεί την αντλία το διάλυμα επιστρέφει στην δεξαμενή. Ο χρονοδιακόπτης προγραμματίζεται να ανοιγοκλείνει πολλές φορές κατά τη διάρκεια της ημέρας ανάλογα με το μέγεθος, το είδος και τις απαιτήσεις του φυτού, καθώς και την θερμοκρασία την υγρασία και τον τύπο υποστρώματος που χρησιμοποιείται.

Είναι ένα σύστημα ευπροσάρμοστο και μπορεί να δεχτεί πολλών ειδών υποστρώματα. Ολόκληρος ο χώρος ανάπτυξης μπορεί να πληρωθεί με διογκωμένη άργιλο, αμμοχάλικο, πετροβάμβακα και άλλα είδη.

Το σύστημα πλημμυρίδας και άμπωτης είναι κλειστού τύπου και η καλλιέργεια σε τέτοιου τύπου συστήματα γίνεται σε αδρανή υποστρώματα.



Εικ. 3. (Σύστημα άμπωτης και πλημμυρίδας)

Σε αυτό το σύστημα συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται ξεχωριστά μικρά δοχεία το καθένα με το κατάλληλο υπόστρωμα. διάταξη η οποία διευκολύνει την μετακίνηση των φυτών ή ακόμα και την εξαγωγή των φυτών απ' το σύστημα για οποιοδήποτε λόγο.

Το κυριότερο μειονέκτημα αυτού του συστήματος είναι ότι ορισμένα υποστρώματα όπως περλίτης, διογκωμένη άργιλος, αμμοχάλικο, είναι ευπαθή σε περιπτώσεις πτώσης της ισχύος ή βλάβης του χρονοδιακόπτη ή της αντλίας, καθώς οι ρίζες μπορεί να στεγνώσουν πολύ γρήγορα και απότομα όταν ο κύκλος της παροχής διακοπεί. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να λυθεί μερικώς με τη χρησιμοποίηση υποστρώματων όπως πετροβάμβακας, βερμικουλίτη ή ίνες καρύδας².

3.2.4 Καλλιέργεια σε στερεά υποστρώματα με στάγδην άρδευση (Drip system recovery-nonrecovery)

Το στάγδην (drip) σύστημα είναι ίσως το πιο διαδεδομένο σύστημα υδροπονίας στον κόσμο. Ο χειρισμός είναι απλός. Ένας χρονοδιακόπτης ελέγχει μια υποβρύχια αντλία, ο χρονοδιακόπτης ενεργοποιεί την αντλία και το θρεπτικό διάλυμα στάζει στην βάση του κάθε φυτού μέσω ενός μικρού σωλήνα .

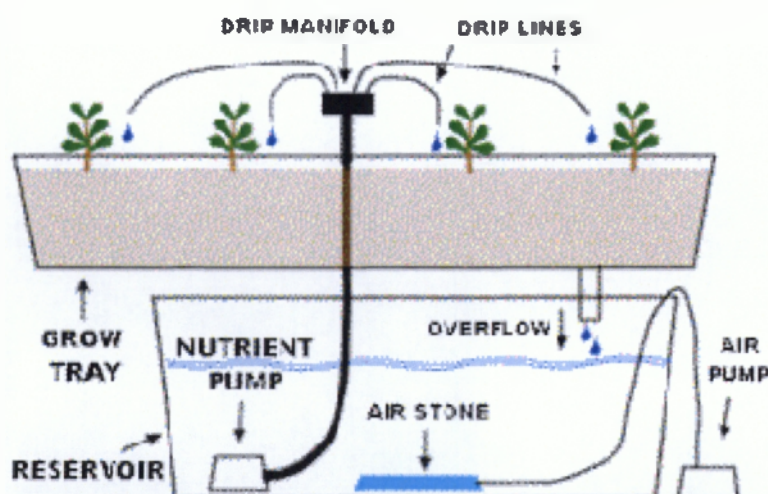
Αυτό το είδος συστήματος εμφανίζεται σε δυο παραλλαγές : ανοικτό (recovery) και κλειστό (non recovery), δηλαδή σύστημα που ανακυκλώνει το θρεπτικό διάλυμα (recovery) και σύστημα που δεν το ανακυκλώνει (non recovery). Στο ανοικτό σύστημα το περίσσειμα του θρεπτικού διαλύματος επιστρέφει στην δεξαμενή και επαναχρησιμοποιείται αφού πρώτα αναπροσαρμοστεί. Στο κλειστό σύστημα η περίσσεια δεν συλλέγεται αλλά απορρέει.

Το ανοικτό σύστημα είναι πιο αποδοτικό καθώς η περίσσεια του διαλύματος επαναχρησιμοποιείται. Έτσι επηρεάζεται και δεν χρειάζεται ακριβής έλεγχος όσον αφορά του κύκλου του νερού του συστήματος.

Το κλειστό σύστημα χρειάζεται πιο ευαίσθητο χρονοδιακόπτη καθώς οι κύκλοι ποτίσματος θα πρέπει να είναι ακριβείς, ώστε να είναι βέβαιο ότι δόθηκε επαρκές θρεπτικό διάλυμα στα φυτά, αφού η περίσσεια απορρέει. Το κλειστό σύστημα χρήζει μικρότερης συντήρησης εξαιτίας του ότι η περίσσεια του θρεπτικού διαλύματος δεν ανακυκλώνεται. Αυτό σημαίνει ότι η αναλογία του διαλύματος και του pH στη δεξαμενή

θα είναι πιο σταθερή. Δηλαδή παρασκευάζεται ένα διάλυμα με την αναλογία pH και θρεπτικών στοιχείων, κατάλληλο για την καλλιέργεια, χωρίς επέμβαση μέχρι την επόμενη φορά που απαιτείται ανανέωση του διαλύματος².

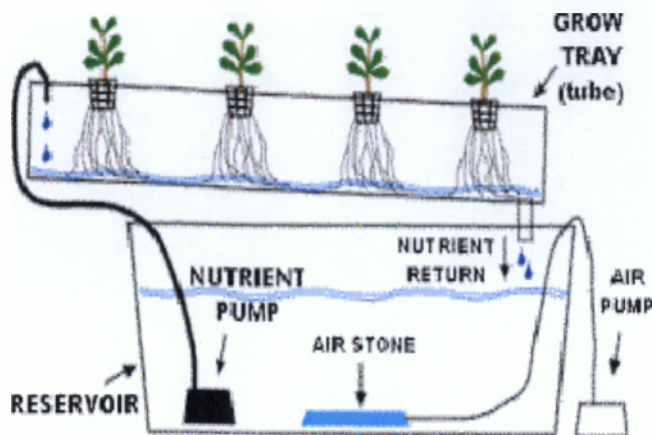
Αντίθετα ένα ανοικτό σύστημα έχει μεγάλες αποκλίσεις σε pH και θρεπτικά στοιχεία λόγω της ανακύκλωσης του διαλύματος, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι χρειάζεται συχνότερη παρακολούθηση και διόρθωση των αναλογιών².



Εικ. 4 s. (Στάγδην σύστημα)

3.2.5 Σύστημα καλλιέργειας σε λεπτή στιβάδα θρεπτικού διαλύματος (N.F.T Nutrient Film Technique)

Στο σύστημα καλλιέργειας σε λεπτή στιβάδα θρεπτικού διαλύματος (N.F.T) υπάρχει συνεχής ροή του θρεπτικού διαλύματος, οπότε δεν χρειάζεται χρονοδιακόπτης για την αντλία που βρίσκεται μέσα στο διάλυμα. Το θρεπτικό διάλυμα με την πίεση της αντλίας στον χώρο ανάπτυξης των φυτών (συνήθως με ένα σωλήνα) κυλάει στις ρίζες των φυτών και καταλήγει πάλι στην δεξαμενή λόγω της κλίσης που έχει ο χώρος ανάπτυξης. Συνήθως δεν χρησιμοποιείται κάποιο υλικό ως υπόστρωμα, και έτσι εξοικονομείται το κόστος αντικατάστασης του. Συνήθως χρησιμοποιούνται μικρά διάτρητα καλαθάκια με τις ρίζες να αιωρούνται μέσα στο θρεπτικό διάλυμα.

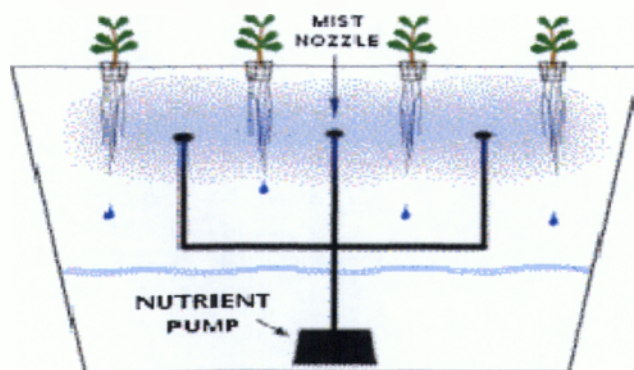


Εικ. 5. (Σύστημα καλλιέργειας σε λεπτή στιβάδα θρεπτικού διαλύματος)

Τα N.F.T συστήματα είναι πολύ ευάλωτα σε περιπτώσεις διακοπής ρεύματος ή βλάβης της αντλίας. Οι ρίζες στεγνώνουν πολύ γρήγορα αν η ροή του διαλύματος για κάποιο λόγο διακοπεί. Τα N.F.T συστήματα είναι κλειστού τύπου και η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος γίνεται με συνεχούς ροής διάλυμα (υδοτοκαλλιέργεια)².

3.2.6 Αεरोπονία (Aeroponics)

Τα αεροπονικά συστήματα χρησιμοποιούν την πιο υψηλή τεχνολογία απ'όλα τα υδροπονικά συστήματα. Οι ρίζες κρέμονται στον αέρα και τρέφονται από ένα νέφος θρεπτικού διαλύματος.



Εικ. 6.(Αεροπονικό σύστημα)

Η υδρονέφωση λαμβάνει χώρα κάθε μερικά λεπτά. Εδώ παρουσιάζεται το ίδιο πρόβλημα όπως και στο N.F.T σύστημα όπου οι ρίζες ξηραίνονται πολύ γρήγορα σε περίπτωση που το πότισμα διακοπεί για κάποιο λόγο.

Ένας χρονοδιακόπτης ελέγχει την αεραντλία όπως και στα περισσότερα υδροπονικά συστήματα, με τη διαφορά ότι ο κύκλος ποτίσματος στην αεροπονία είναι μικρός. Δηλαδή οι ρίζες ψεκάζονται κάθε μερικά λεπτά για μερικά δευτερόλεπτα.

Όπως στα συστήματα της επιπλέουσας υδροπονίας και N.F.T, έτσι και στην αεροπονία έχουμε κλειστού τύπου συστήματα και η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος γίνεται με τη μέθοδο της υδατοκαλλιέργειας χωρίς την παρουσία υποστρώματος².

3.3 Εξοπλισμός ερασιτεχνικών υδροπονικών συστημάτων

Στην ερασιτεχνική καλλιέργεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν δυο τύποι υδροπονικών συστημάτων : α) υδροπονικά συστήματα στερεών υποστρωμάτων και β) συστήματα υδατοκαλλιέργειας

3.3.1 Υδροπονικά συστήματα στερεών υποστρωμάτων

3.3.1.1 Σύστημα 4 δοχείων

Τα τέσσερα δοχεία τοποθετούνται σε μία πλαστική πλατφόρμα στήριξης, η οποία έρχεται σε άμεση επαφή με το θρεπτικό διάλυμα της δεξαμενής. Το θρεπτικό διάλυμα διοχετεύεται περιοδικά στα φυτά με σωληνάκια στην κάθε θέση ξεχωριστά.

Σε περίπτωση που δεν είναι επιθυμητή η καλλιέργεια και στις τέσσερις θέσεις αφαιρούνται το ή τα δοχεία που δεν χρειάζονται και η καλλιέργεια περιορίζεται στα υπόλοιπα.



Εικ. 7. (Σύστημα 4 δοχείων)

3.3.1.2 Σύστημα 8 δοχείων

Αυτό το σύστημα είναι οκτώ θέσεων. Όπως και στο προηγούμενο, υπάρχει πλατφόρμα στήριξης κάτω απ'τις οκτώ θέσεις που έρχεται σε άμεση επαφή με το θρεπτικό διάλυμα. Το διάλυμα παρέχεται στα φυτά μέσω μικρών σωληνώσεων ξεχωριστά σε κάθε δοχείο. Έτσι δίνεται η δυνατότητα καλλιέργειας σε όσα δοχεία είναι επιθυμητό.



Εικ. 8. (Σύστημα 8 δοχείων)



Εικ. 9. (Παραλλαγή συστήματος 8 δοχείων)



Εικ. 10 (Παραλλαγή με 10 δοχεία για φυτά)

3.3.1.3 Σύστημα μεμονωμένων δοχείων

Στο σύστημα αυτό χρησιμοποιείται διογκωμένη άργιλος (Hydroton) και είναι ιδανικό για φυτά μεγάλου βιολογικού κύκλου.

Το δοχείο με την διογκωμένη άργιλο τοποθετείται επάνω από το δοχείο το οποίο είναι γεμάτο με θρεπτικό διάλυμα. Μια αεραντλία οδηγεί το θρεπτικό διάλυμα προς τα επάνω, στο δακτύλιο ποτίσματος, μέσω της "στήλης άντλησης", από όπου κατόπιν στάζει προς τα κάτω μέσω της αργίλου. Στο εμπόριο κυκλοφορούν συνήθως δοχεία χωρητικότητας 35 λίτρων.



Εικ. 11. (Σύστημα μεμονωμένων δοχείων)

3.3.1.4 Σύστημα ανάμικτης δεξαμενής ελέγχου του θρεπτικού διαλύματος (Controller)

Στο σύστημα αυτό χρησιμοποιείται αναμεικτική δεξαμενή χωρητικότητας περίπου 50 λίτρων, η οποία μέσω ενός συστήματος ελέγχου (controller) εξασφαλίζει την τροφοδοσία των φυτών με θρεπτικό διάλυμα, ελέγχοντας και διορθώνοντας το pH και την E.C.



Εικ. 12. (Σύστημα ανάμικτης δεξαμενής-Controller)

3.3.1.5 Στάγδην σύστημα εξάγωνης δεξαμενής

Αυτό το σύστημα ενσωματώνει έναν αραχνοειδή τρόπο στάγδην άρδευσης που λειτουργεί με αεραντλία και περιλαμβάνει μια εξάγωνη δεξαμενή με μετακινούμενες θέσεις έξι ιντσών για τις πλαστικές γλάστρες. Κάθε μετακινούμενη θέση δέχεται μία πλαστική γλάστρα 6 ιντσών (15 εκ.) στις οποίες μπορεί εύκολα να αναπτυχθούν πολύ μεγάλα φυτά. Είναι ένα σύστημα όπου μπορεί να αναπτυχθεί ένας μικρός αριθμός νεαρών φυτών και να οδηγηθούν μέχρι την ωρίμανσή τους.



Εικ. 13. (Στάγδην σύστημα εξάγωνης δεξαμενής)

3.3.1.9 Συστήματα άμπωτης και πλημμυρίδας (Ebb and Flow)

Το σύστημα πολλαπλών δοχείων, (εικ.14 καί εικ.15) αποτελείται από δυο δοχεία των 9 λίτρων σε κατακόρυφη διάταξη. Το πάνω δοχείο συγκρατεί το υπόστρωμα καί το κάτω δοχείο το θρεπτικό διάλυμα.

Τα κάτω δοχεία είναι συνδεδεμένα στο κάτω μέρος τους με σωλήνες που καταλήγουν στο δοχείο ελέγχου. Τα επάνω δοχεία έχουν τρύπες στον πυθμένα τους που επιτρέπει τη διέλευση του θρεπτικού διαλύματος όταν προωθείται το διάλυμα στις γλάστρες για να ποτιστούν αλλά και να αποτραβιέται όταν το πότισμα τελειώνει .

Όταν το σύστημα τίθεται σε λειτουργία από μια δεξαμενή 248 λίτρων με αεραντλία, ξεκινάει το διάλυμα περνάει μέσα από το δοχείο ελέγχου που είναι

προγραμματισμένο να γεμίζει και να αδειάζει τα δοχεία με τα φυτά και να διατηρεί τη στάθμη του νερού στο κατάλληλο επίπεδο για όσο διαρκεί το πότισμα.

Όταν το θρεπτικό διάλυμα έχει κατανεμηθεί σε όλες τις «γλάστρες» η αντλία σταματάει να δουλεύει. Ένας χρονοδιακόπτης ελέγχει τον κύκλο «γεμίσματος» και «αδειάσματος» των γλαστρών. Το σύστημα λειτουργεί συνδέοντας όλους τους κουβάδες με τη μονάδα ελέγχου.



Εικ. 14. (Σύστημα πλημμυρίδας και άμπαλης 12 θέσεων)

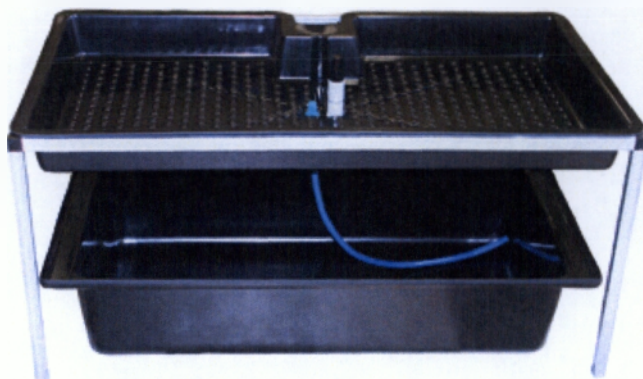


Εικ. 15. (Επέκταση 6 θέσεων)

Το σύστημα της εικονας 16 έχει δεξαμενή 112 λίτρων που βρίσκεται ακριβώς κάτω από το δοχείο ανάπτυξης των φυτών και παρέχει τροφή και νερό στα φυτά. Μια υποβρύχια αντλία στέλνει το θρεπτικό διάλυμα κατευθείαν στις ρίζες των φυτών, με μια διαδικασία διαρκούς αποστολής και απόσυρσης του θρεπτικού διαλύματος απ' το δοχείο ανάπτυξης. Ενσωματωμένη στο σύστημα είναι μια συσκευή, η οποία, όταν το θρεπτικό διάλυμα ξεπεράσει μια συγκεκριμένη στάθμη μέσα στο δοχείο ανάπτυξης, τότε αδειάζει το δοχείο και στέλνει το θρεπτικό διάλυμα πίσω στην δεξαμενή.

Το δοχείο ανάπτυξης είναι ικανό να φιλοξενήσει οποιοδήποτε αδρανές υπόστρωμα όπως κύβους από πετροβάμβακα, περλίτη, βερμικουλίτη ή υπόστρωμα από ίνες καρύδας.

Τα μέρη του συστήματος είναι πολύ ανθεκτικά και συναρμολογείται σχετικά εύκολα. Έχει σχεδόν ένα μέτρο μήκος, σαράντα εκ. πλάτος και τριανταπέντε εκ. ύψος.



Εικ. 16. (Παραλλαγή συστήματος άμπιντης και πλημμυρίδας)

3.3.2 Συστήματα υδατοκαλλιέργειας

3.3.2.1 Σύστημα καλλιέργειας σε λεπτή στιβάδα θρεπτικού διαλύματος (N.F.T)

Το σύστημα N.F.T (εικ.17) λειτουργεί μεταφέροντας απ'τη δεξαμενή με πολύ μικρή ροή θρεπτικό διάλυμα στα κανάλια που φιλοξενούν τα φυτά και βρίσκονται από πάνω της. Είναι από τα πιο ενδεδειγμένα συστήματα για καλλιέργεια μαρουλιού. (εικ.18 και 19)

Συνηθισμένες είναι δυο διαστάσεις 122X122 εκ. και 183X122εκ. Με ύψος 61 εκ.



Εικ. 17. (Σύστημα N.F.T)

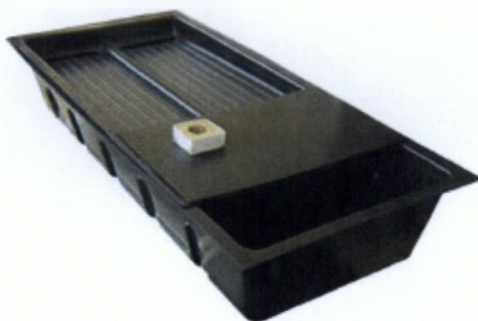


Εικ. 18. (Σύστημα N.F.T σε καλλιέργεια μαρουλιού)



Εικ. 19. (Σύστημα N.F.T σε καλλιέργεια μαρουλιού)

Αυτό το σύστημα (εικ.20) περιέχει την τράπεζα ανάπτυξης, τη δεξαμενή και την αντλία. Αυτού του είδους το σύστημα δεν χρειάζεται υπόστρωμα και οι ρίζες των φυτών τρέφονται διαρκώς από τη στιβάδα θρεπτικού διαλύματος η οποία και ανακυκλώνεται διαρκώς αφού ότι απορρέει επιστρέφει πάλι στη δεξαμενή .



Εικ. 20. (Σύστημα με ενσωματωμένα κανάλια και δεξαμενή συλλογής θρεπτικού διαλύματος)



Εικ. 21. (Σύστημα N.F.T σε κατακόρυφη διάταξη)

Αυτό το σύστημα είναι επίσης N.F.T και δέχεται μέχρι 20 φυτά. (εικ. 21)

3.3.2.4 Συστήματα υδατοκαλλιέργειας – επιπλέουσα υδροπονία



Εικ. 22. (Σύστημα υδατοκαλλιέργειας 5 θέσεων)

Αυτό το σύστημα υδατοκαλλιέργειας είναι πέντε θέσεων, (εικ.22) και περιλαμβάνει δεξαμενή, αεραντλία, το επιφανειακό καπάκι-υποδοχέα για τα πέντε διχτυωτά κουπάκια και πήλινα σφαιρίδια για τη συγκράτηση του φυτού μέσα στα κουπάκια.

Το σύστημα της εικόνας 23 περιέχει τέσσερις θέσεις και τέσσερα σωληνάκια που καταλήγουν σε κάθε θέση για να ποτίζουν τα φυτά όταν το ριζικό τους σύστημα είναι μικρό ακόμα και δεν φτάνει μέχρι το διάλυμα που βρίσκεται στο κάτω μέρος του συστήματος. Ουσιαστικά, αυτό το σύστημα, συνδυάζει την υδροπονική καλλιέργεια σε αδρανές υπόστρωμα με την κλασική μέθοδο της αεραντλίας αλλά και της υδατοκαλλιέργειας, όταν πλέον το ριζικό σύστημα θα είναι πλήρως ανεπτυγμένο, με την αερόπετρα (airstone) που βρίσκεται στο κάτω μέρος της συσκευής και παράγει φυσαλίδες για να μπορούν να αναπνέουν τα φυτά.



Εικ. 23. (Σύστημα υδατοκαλλιέργειας 4 θέσεων)

Το σύστημα αυτό, (εικ.24) αποτελείται από ένα δοχείο με καπάκι, μία δικτυωτή πλαστική γλάστρα, αργιλώδη χαλίκια, αντλία αέρα, αεραγωγό και ένα μεγάλο στρογγυλό αναρροφητήρα. Ο αναρροφητήρας τοποθετείται στον πυθμένα του δοχείου, με τον αεραγωγό να συνδέεται με την αεραντλία εκτός δοχείου. Το δοχείο γεμίζεται κατά προσέγγιση στα δύο τρίτα του με νερό. Το καπάκι τοποθετείται στο πάνω μέρος του δοχείου όπου και στερεώνεται η δικτυωτή κούπα.

Το σύστημα βασίζεται στην αεραντλία και στον αναρροφητήρα, ο οποίος δημιουργεί φυσαλίδες στο διάλυμα που περιέχεται στο δοχείο με σκοπό την καλύτερη ανάμειξη του, ενώ με το διάλυμα ψεκάζονται και οι πέτρες ώστε να μπορούν να δεχτούν τις ρίζες ενός φυτού χωρίς πρόβλημα για το δεύτερο. Κατά συνέπεια το νερό πρέπει να βρίσκεται σε αρκετά ψηλό σημείο ώστε να διαποτίζει τα χαλίκια της αργιλίου, ώστε να τα διατηρεί υγρά, διαμέσου της διαδικασίας των φυσαλίδων αέρα, που καθώς σκάνε διαβρέχουν τα χαλίκια. Μόλις το φυτό καταφέρει να δημιουργήσει ένα καλό ριζικό σύστημα, πρέπει να μειώνεται η στάθμη του νερού στο δοχείο, ώστε κάποιες από τις ρίζες του φυτού να μπορούν να κρέμονται στον αέρα, ανάμεσα στη δικτυωτή κούπα και

στο νερό. Στην πλειοψηφία τους οι ρίζες εκτείθενται στο αεριούχο διάλυμα 24 ώρες το 24ωρο. Για το λόγο αυτό είναι μεγάλη η σημασία της συνεχούς λειτουργίας της αεραντλίας όλο το 24ωρο. Εάν η αεραντλία σταματήσει για οποιοδήποτε λόγο να λειτουργεί, για οποιοδήποτε χρονικό διάστημα, οι ρίζες θα υποφέρουν από έλλειψη οξυγόνου.

Το σύστημα δεν λειτουργεί με δεξαμενή καθώς το φυτό έχει την ικανότητα να αποθηκεύει από μόνο του νερό και θρεπτικές ουσίες. Καθώς και το δοχείο έχει περιορισμένη χωρητικότητα νερού περίπου 5-10 λίτρα και τα φυτά ζούν σε περιορισμένο από άποψη νερού χώρο, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (C.E) και το pH του νερού μέσα στο δοχείο συνεχώς αλλάζει, οπότε χρειάζονται συνεχή προσοχή και μέτρηση.

Επίσης, υπάρχουν μεγάλα φυτά που μπορεί καταναλώνουν μέχρι και 5 λίτρα νερό μέσα σε μία μέρα. Αυτό σημαίνει στην κυριολεξία ότι μπορεί να εξαντληθεί το απόθεμα νερού. Δηλαδή, ενώ το φυτό απορροφά νερό, δεν απορροφά και θρεπτικά στοιχεία στον ίδιο βαθμό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα σε μικρό χρονικό διάστημα, η συγκέντρωση των στοιχείων να φτάσει σε τόσο ψηλά επίπεδα, που είναι τοξικά για τα φυτά. Είναι λοιπόν κρίσιμης σημασίας, ο τακτικός έλεγχος της ποσότητας νερού και θρεπτικών στοιχείων σε αυτό το σύστημα.

Η συντήρηση αυτού το συστήματος μπορεί να γίνει κουραστική όσον αφορά την αλλαγή του νερού ή την αναπροσαρμογή του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (C.E). Πρέπει χειροκίνητα να αφαιρείται το καπάκι και το φυτό απ'το θάλαμο ανάπτυξης. Αυτή η διαδικασία δεν θα ήταν προβληματική αλλά για ένα μεγάλο φυτό, αυτό θα έκανε κακό και στο φυτό αλλά και στο ριζικό του σύστημα. Αυτή η εργασία θα πρέπει να γίνεται το λιγότερο σε καθημερινή βάση οπότε και η πρακτική του συστήματος θα μπορούσε να τεθεί υπό αμφισβήτηση, καθώς απαιτεί συνεχή ενασχόληση του καλλιεργητή



Εικ. 24. (Σύστημα υδατοκαλλιέργειας)

Τα μεγάλα φυτά που καλλιεργούνται με αυτό το σύστημα θα χρειάζονται επίσης επιπλέον υποστηρίξη αφού ο χώρος στον οποίο αναπτύσσονται είναι μικρός και δεν υποστηρίζει βαριές καλλιέργειες.

Αφού αυτό το σύστημα λειτουργεί με αεραντλία και αγωγό, όσο ισχυρότερα είναι αυτά τόσο καλύτερη η απόδοση του συστήματος.

3.4 Θρεπτικά διαλύματα και οδηγίες εταιριών

3.4.1 Γενικά

Τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται στην ερασιτεχνική υδροπονία είναι σύνθετα σε αντίθεση με την επιχειρηματική υδροπονία στην οποία χρησιμοποιούνται απλά λιπάσματα, μέσω των οποίων επιτυγχάνονται επακριβώς οι συγκεντρώσεις αλλά και οι αναλογίες των θρεπτικών στοιχείων.

3.4.2 Διαθέσιμα σκευάσματα

Παρακάτω αναφέρονται μερικά εμπορικά σκευάσματα (λιπάσματα) που είναι διαθέσιμα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ερασιτεχνική υδροπονία καθώς επίσης και ποιά στοιχεία περιέχονται σε αυτά.

Το θρεπτικό διάλυμα της εικόνας 25 είναι βιο-μεταλικό, (biomineral) χωρίς υπολυματικές ουσίες. Λειτουργεί ως σταθεροποιητής των βιολογικών ισορροπιών σε όλα τα υποστρώματα φτιαγμένα από καρύδα. Συνιστάται η χρήση βιοδιεγερτικών (biostimulators) για μέγιστα αποτελέσματα. Τα υγρά αυτά λιπάσματα διαλύονται σε νερό και η συγέντρωση των N-P-K για το θρεπτικό διάλυμα είναι 6-0-5 .



Εικ. 25 (Θρεπτικά διαλύματα 2x5L)

Ο συνδυασμός των δυο λιπασμάτων (εικ.26) προσφέρει θρέψη χωρίς υπολυματικές ουσίες. Το λίπασμα Α σταθεροποιεί τη βιολογική ισορροπία σε όλα τα υδροπονικά υποστρώματα, ενώ το λίπασμα Β δρά ως βιο-κινητοποιητής (bio-stimulator). Τα δύο υγρά λιπάσματα αναμειγνύονται με νερό και η συγέντρωση στο λίπασμα Α σε N-P-K είναι 6-0-5.



Εικ. 26.(Θρεπτικά διαλύματα Α + Β 2x1L)

Το θρεπτικό διάλυμα της εικόνας 27 είναι απόλυτα διαλυτό στο νερό και λειτουργεί ως ενεργοποιητής του βιοσυστήματος του υποστρώματος του υδροπονικού συστήματος. Βελτιώνει την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών. Περιέχει ιχνοστοιχεία σε χυλική μορφή και αυξάνει την ενζυμική δραστηριότητα σε πολλά επίπεδα. Περιέχει βακτήρια του νερού και όλα εκείνα τα στοιχεία που ενεργοποιούν τον κύκλο του κιτρικού οξέος. Η λειτουργία του επικεντρώνεται στη φάση της ανάπτυξης και χρησιμοποιείται καθημερινά σε κάθε πότισμα.



Εικ. 27. (Θρεπτικό διάλυμα 1L)

Αυτό το λίπασμα (εικ.28) παρέχει φωσφόρο, κάλιο, μαγνήσιο και θείο και κατά τη διάρκεια του σταδίου ανάπτυξης αυξάνει το σχηματισμό και την υγεία των ριζών. Κατά τη διάρκεια του σταδίου άνθισης και καρποφορίας επιτρέπει στο φυτό να αποδώσει στο μέγιστο τη γενετική δυνατότητά του, αυξάνοντας έτσι την παραγωγή σε μεγάλο βαθμό.



Εικ. 28. (Θρεπτικό διάλυμα με φώσφορο, κάλιο, μαγνήσιο και θείο)

Το λίπασμα αυτό (εικ.29) παρέχει άζωτο και κάλιο και προωθεί μία πλούσια δομική και φυλλώδη ανάπτυξη.



Εικ. 29. (Θρεπτικό διάλυμα με άζωτο και κάλιο)

Αυτό το λίπασμα (εικ.30) ενδείκνυται για φυτά συνεχούς παραγωγής όπως, τοματιές, αγγουριές, πιπεριές, φασολιές, πεπονιές, φραουλιές κλπ. Χρησιμοποιείται για ενίσχυση της γεύσης, αύξηση της παραγωγής και για τη βελτίωση της θρεπτικής αξίας.



Εικ. 30. (Ενδείκτικό θρεπτικό διάλυμα για την παραγωγή τομάτας, αγγουριού, φασολιάς)

Το θρεπτικό διάλυμα της εικόνας 31 περιέχει αμινοξέα και δρα ως τονωτικό. Ενισχύει την αντιοξειδωτική δράση των φυτών και αποβάλλει τις τοξίνες που δημιουργούνται σε περίοδο στρεσαρίσματος του φυτού. Περιέχει Λ-αμινοξέα τα οποία απορροφώνται καλύτερα από τα φυτά .



Εικ. 31 (Θρεπτικό διάλυμα με Λ-αμινοξέα)

Αυτό το θρεπτικό διάλυμα (εικ.32) παρέχει τέσσερα βασικά σάκχαρα καθώς και αμινοξέα, οργανικά οξέα, εστέρες και βιταμίνες. Αυξάνει τα αποθέματα διοξειδίου του άνθρακα στο φυτό.



Εικ. 32. (θρεπτικό διάλυμα με βιταμίνες και αμινοξέα)

Στην εικόνα 33 παρουσιάζονται τρία λιπάσματα που χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό. Το πρώτο χρησιμοποιείται στα αρχικά στάδια ανάπτυξης των φυτών και σε συνδυασμό με το τρίτο παρέχει ολοκληρωμένη θρέψη στα φυτά. Περιέχει 1% άζωτο, 3% φωσφορικό οξύ και 6% ανθρακικό κάλιο. Επίσης ιχνοστοιχεία 1.5% μαγνήσιο, 2% θείο, 0.015% ψευδάργυρο, 0.03% μαγγάνιο, 0.01% βόριο, 0.003% χαλκό και 0.0008% μολυβδένιο.

Το δεύτερο είναι λίπασμα που σε συνδυασμό με το τρίτο χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της ανθοφορίας ή της καρποφορίας ανάλογα με την καλλιέργεια. Οί αναλογίες σε N-P-K(άζωτο, φώσφορο, κάλιο), είναι 1-4-7 και σε ιχνοστοιχεία : 1.5% μαγνήσιο, 1.5% θείο, 0.015% ψευδάργυρος, 0.02% μαγγάνιο, 0.01% βόριο, 0.01% χαλκός και 0.0005% μολυβδένιο. Τέλος το τρίτο λίπασμα, που χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τα άλλα δύο λιπάσματα περιέχει 3% άζωτο, 3,5% ασβέστιο και 0.10% σίδηρο.



Εικ. 33. (Συνδυασμός θρεπτικών διαλυμάτων για ολοκληρωμένη θρέψη)

Τα λιπάσματα της εικόνας 34 χρησιμοποιούνται και αυτά σε συνδυασμό. Το πρώτο λίπασμα περιέχει την κατάλληλη ποσότητα αζώτου για την ανάπτυξη και ενδυνάμωση των φυτών κατά την περίοδο της ανθοφορίας. Έχει χαμηλό pH που συντελεί στη σταθερότητα αποθήκευσης θρεπτικών ουσιών στο φυτό και τη διαθεσιμότητα των ιχνοστοιχείων.

Το δεύτερο είναι υγρό και οι αναλογίες του σε N-P-K είναι 3-2-6. Την πρώτη εβδομάδα ανάπτυξης η δοσολογία είναι 2-3 κουταλάκια του γλυκού κάθε για τέσσερα λίτρα νερού και διατήρηση του pH μεταξύ 5,4 και 6,8. Στα πρώτα στάδια της ανθοφορίας χρησιμοποιείται ανάλογα και με το είδος των φυτών που καλλιεργούνται εναλλάξ με το πρώτο λίπασμα.



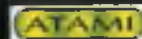
Εικ. 34. (Θρεπτικά διαλύματα για ολοκληρωμένη θρέψη)

3.4.3 Οδηγίες εταιριών

Κάθε κατασκευάστρια εταιρία στερεών και υγρών λιπασμάτων παρέχει προγράμματα ανάπτυξης που βασίζονται σε συγκεκριμένα λιπάσματα.

Παρακάτω παρατίθενται πίνακες με το λιπαντικό πρόγραμμα δυο εταιριών ώστε να γίνει πιο εύκολα κατανοητή η χρήση πινάκων που αφορούν τη διαμόρφωση της λιπαντικής αγωγής σε σχέση με το στάδιο ανάπτυξης του φυτού.

Growing Schedule with Atami Bcuzz fertilizers



Phase	GROWING			BLOOMING					
Week	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Light	18	18	18	12	12	12	12	12	12
Bcuzz Roots Stimulator	2ml/l	2ml/l							
Atami Hydro Earth Cocco A*	1ml/l	1ml/l	2ml/l	2ml/l	2ml/l	3ml/l	3ml/l	3ml/l	
Atami Hydro Earth Cocco B*	1ml/l	1ml/l	2ml/l	2ml/l	2ml/l	3ml/l	3ml/l	3ml/l	
Bcuzz Alazyme	2ml/l	2ml/l	2ml/l	2ml/l	2ml/l	2ml/l	2ml/l	2ml/l	
Atami P-K Booster 13-14				1ml/l	2ml/l	2ml/l	2ml/l	2ml/l	
Atami Bcuzz AtaClean						1ml/10l			

* Use as follow:

- Hydroponic > Atami Bcuzz Hydro A+B
- Soil > Atami Bcuzz Terra A+B
- Coco > Atami Bcuzz Cocco A+B



Πίνακας 1.

Ο πίνακας χωρίζεται σε περιόδους ανάπτυξης και ανθοφορίας και ορίζονται η διάρκεια κάθε μιάς και ο αντίστοιχος χρόνος φωτισμού.

Για κάθε εβδομάδα ανάπτυξης ή ανθοφορίας ορίζονται τα κατάλληλα για την εκάστοτε φάση και το χρησιμοποιούμενο υπόστρωμα, σκευάσματα.



Πίνακας 2.

Ο πίνακας 2 έχει την ίδια φιλοσοφία με τον πίνακα 1 αλλά υποδεικνύει μεγαλύτερο αριθμό σκευασμάτων για την ενεργοποίηση της άνθησης και των ριζών, για ενδυνάμωση του ανοσοποιητικού συστήματος και για τη βελτίωση της υγείας των φυτών γενικότερα.

3.4.4 Ενδεικτικά οικονομικά στοιχεία

Παρακάτω παρουσιάζονται κάποια στοιχεία που αφορούν στις τιμές υδροπονικών εξοπλισμών και σκευασμάτων από τις αγορές της Ευρώπης και της Αμερικής.

Συστήματα	Τιμές (σε €)
Atami X-tank	95,00
AquaFarm	74,34
Ebb & gro 12 site Hydro system	379.262
Ecogrower	121.862

Πίνακας 3 . Ενδεικτικές τιμές ερασιτεχνικών υδροπονικών συστημάτων

Λιπάσματα	Τιμές (σε €)
Atami B'cuzz Hydro A+B 2x1L	10,00
Atami B'cuzz Hydro A+B 2x5L	35,00
FloraBloom Nutrient	9.02 1L / 53.59 10L
FloraGro Nutrient	9.02 1L / 53.59 10L

Πίνακας 4 : Ενδεικτικές τιμές θρεπτικών διαλυμάτων

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ

Η υδροπονία για την καλλιέργεια είτε βρώσιμων φρούτων και λαχανικών είτε καλλωπιστικών φυτών, είναι απόλυτα ανταγωνιστική σε σχέση με τις συμβατικές μορφές καλλιέργειας και πιθανόν με καλύτερα αποτελέσματα, όσον αφορά το κόστος και την ποιότητα της παραγωγής.

Το ενδιαφέρον των οικιακών καλλιεργητών για την ερασιτεχνική υδροπονία διεθνώς, έχει συντελέσει στην αύξηση των προμηθευτών και λόγω του ανταγωνισμού στη μείωση του κόστους των συστημάτων και των προσφερόμενων λιπασμάτων, καθώς και στην απλοποίηση της χρήσης τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την διαθεσιμότητα στην αγορά συστημάτων σε ποικιλία τιμών και υλικών κατασκευής.

Επειδή στην Ελλάδα δεν εμφανίζεται ανάλογο ενδιαφέρον για την υδροπονία, παρόλο ότι οι συνθήκες (λειτουργία, ξηρασία, ερημοποίηση) το απαιτούν, η προσπάθεια διάδοσης της είτε για μεγάλης κλίμακας καλλιέργειες είτε ερασιτεχνικά επιβάλλεται.

Ειδικότερα η ενασχόληση με την ερασιτεχνική υδροπονία είτε από την πλευρά του ερασιτέχνη κηπουρού είτε από την πλευρά του προμηθευτή συστημάτων δεν θα ήταν χωρίς αντικείμενο στην ελληνική πραγματικότητα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βασιλάκης Δ., 1994. Υδροπονικές καλλιέργειες. Μπορούν να δώσουν λύσεις. Γεωργική Τεχνολογία 9: 65-68.

Boodley J.W. and Sheldrake R., 1972. Cornell Peat-life. Mixes for commercial plant growing. New York State. College of Agriculture and Life Sciences. Cornell University, Plant Sciences Information Bulletin 43:8.

Hassall and Associates Pty Ltd, 2001.

Κώτσιρας Α.Ι., 2006. Σημειώσεις εργαστηρίου λαχανοκομίας IV. Υδροπονικές καλλιέργειες. Εκδόσεις ΤΕΙ Καλαματας.

Μαλούπα Ε., 1995. Τα υποκατάστατα του εδάφους και η εφαρμογή τους σε υδροπονική καλλιέργεια ανθοκομικών ειδών υπό κάλυψη. Πρακτικά Ελληνικής Εταιρίας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών 4: 41-54.

Μανιός Β., 1993. Υποστρώματα και συστήματα θερμοκηπιακών καλλιεργειών εκτός εδάφους. Εκδόσεις ΤΕΙ Ηρακλείου.

Σάββας, Δ., 1998. Υδροπονία καλλωπιστικών φυτών. ΤΕΙ Ηπείρου. Τμήμα Ανθοκομίας-Αρχιτεκτονικής Τοπίου.

Ruth Sorenson and Diane Relf, 1996.

Smith L. D., 1997. Rochwool in Horticultrae. Edition Grower Books, London.

¹www.en.wikipedia.org

²www.simplyhydro.com