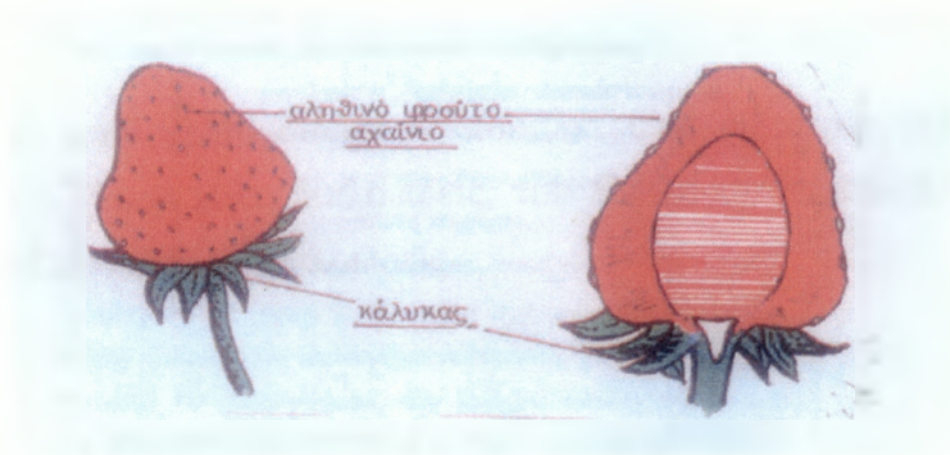


ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ
ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΦΡΑΟΥΛΑΣ»



Σπουδαστής: Μπαρδακλής Κωνσταντίνος

Εισηγητές: Λιναρδόπουλος Χρήστος
Κώτσιρας Αναστάσιος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	-1
1.1 Υδροπονία	-1
1.2. Ιστορική Ανασκόπηση	-3
ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ-ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	-5
2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	-5
2.1. Μέθοδοι Υδροπονικής Καλλιέργειας σε Νερό.	-5
2.1.1. Καλλιέργεια σε αβαθές νερό (Deep Water Culture).	-5
2.1.2. Πλωτή υδροπονική καλλιέργεια	-7
2.1.3. Καλλιέργεια σε αβαθές ανακυκλούμενο νερό	-8
2.1.4. Καλλιέργεια σε μεμβράνη θρεπτικού διαλύματος (NFT).	-10
2.1.5. Αεροπονία.	-15
2.2. Μέθοδοι Υδροπονικής Καλλιέργειας σε Υποστρώματα.	-17
2.2.1. Υποστρώματα.	-17
-Ανόργανα Φυσικά Υποστρώματα.	-18
-Ανόργανα επεξεργασμένα υποστρώματα.	-19
-Οργανικά Υποστρώματα.	-23
-Συνθετικά Υποστρώματα.	-26
2.2.2. Δοχεία καλλιέργειας.	-26
-Φυτοδοχεία (Γλάστρες).	-26
-σάκκοι.	-28
- πλαίσια.	-29
2.2.3. Συστήματα υδροπονικής καλλιέργειας σε υποστρώματα.	-30
α) Καλλιέργεια σε φυτοδοχεία	-30
β) Καλλιέργεια σε πλαίσια	-33
γ) Καλλιέργεια σε σάκκους	-36
- Καλλιέργεια σε σάκκους με τύρφη	-36
- Καλλιέργεια σε σάκκους με περλίτη	-37
δ) Καλλιέργεια σε πετροβάμβακα	-40
2.3. Θρέψη-Θρεπτικά διαλύματα	-43
2.3.1. Το pH	-43
2.3.2. Συγκέντρωση αλάτων στο θρ. διάλυμα	-44
2.3.3. Ιονική σύσταση των θρ. διαλυμάτων	-45

2.3.4.	Τύποι θρ. διαλυμάτων	-45-
2.3.5.	Πορεία παρασκευής ενός θρ. διαλύματος	-48-
	α) Προσθήκη οξέος	-48-
	β) Υπολογισμός των ποσοτήτων των θρ. στοιχείων	-49-
2.3.6.	Συστήματα παροχής του θρ. διαλύματος	-51-
	- Βασική εγκατάσταση	-51-
	- Δίκτυο διανομής	-55-
	- Αυτοματοποίηση των συστημάτων διοχέτευσης και ελέγχου του θρ. διαλύματος	-56-
2.3.7.	Ποιότητα νερού άρδευσης	-57-
	ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ-ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΦΡΑΟΥΛΑΣ	-60-
3.	ΤΟ ΦΥΤΟ ΤΗΣ ΦΡΑΟΥΛΑΣ	-60-
4.	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΓΟΡΑΣ	-61-
5.	ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΗΣ ΦΡΑΟΥΛΑΣ	-63-
5.1.	Περιγραφή της μεθόδου	-63-
5.2.	Άρδευση-Λίπανση	-66-
5.3.	Καλλιεργητική τεχνική	-72-
5.3.1.	Εγκατάσταση της καλλιέργειας	-72-
5.3.2.	Κλιματικές συνθήκες	-73-
5.4.	Προβλήματα στην κατακόρυφη καλλιέργεια φράουλας	-75-
6.	ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΦΡΑΟΥΛΑΣ	-77-
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	-79-

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Κατά τα τελευταία χρόνια, με την πρόοδο που έχει συντελεστεί στις υδροπονικές καλλιέργειες, που δημιουργηθεί και αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές εντατικές καλλιέργειες για τις καλλιέργειες θερμοκηπίων. Σ' αυτές περιλαμβάνονται από τις πιο απλές τεχνικές, με φυσικά υποστρώματα όπως η άμμος, μέχρι τις πιο πολύπλοκες και δαπανηρές μεθόδους, χωρίς καθόλου στερεό υπόστρωμα.

Η εργασία αυτή, χωρίζεται σε δύο μέρη. Μετά από μια σύντομη ιστορική αναδρομή που γίνεται για την πορεία της υδροπονίας διεθνώς, εξετάζονται στο πρώτο μέρος, τα διάφορα συστήματα υδροπονίας που αναπτύχθηκαν σε παγκόσμιο επίπεδο, μέσα από το οποίο εξετάζονται τα υποστρώματα που χρησιμοποιούνται συνήθως και δίνεται μια σύντομη αναφορά στα θρεπτικά διαλύματα που χορηγούνται στα φυτά. Στο δεύτερο μέρος, εξετάζεται η κατακόρυφη καλλιέργεια φράουλας. Δίνονται πληροφορίες σχετικές με το διεθνές εμπόριο φράουλας, η τεχνική της κατακόρυφης φράουλας και τα προβλήματα και οι προοπτικές της μεθόδου.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Υδροπονία

Με την πλατιά έννοια του όρου, υδροπονία είναι η χρήση οποιασδήποτε μεθόδου καλλιέργειας φυτών, που δεν έχει σχέση με το φυσικό έδαφος ή με ειδικά μείγματα εδάφους. Αναφέρεται μερικές φορές και ως χημική καλλιέργεια, τεχνητή καλλιέργεια, ανέδαφος γεωργία και υδροκαλλιέργεια. Ο πιο γνωστός όμως και διαδεδομένος όρος, διεθνώς, είναι η ελληνική λέξη υδροπονία.

Με την μέθοδο της υδροπονίας τα φυτά καλλιεργούνται είτε πάνω σε χημικά αδρανή υποστρώματα στα οποία προστίθεται θρεπτικό διάλυμα είτε σε σκέτο θρεπτικό διάλυμα. (Οι απόψεις των ειδικών που ασχολούνται με την υδροπονία, για το αν οι καλλιέργειες που αναπτύσσονται πάνω σε οργανικά υποστρώματα και όχι χημικά αδρανή, ανήκουν στις υδροπονικές καλλιέργειες ή όχι, δίστανται).

Η υδροπονία στηρίζεται στο γεγονός ότι για τη σωστή ανάπτυξη των φυτών είναι απαραίτητο στη ρίζα τους να υπάρχει άφθονο οξυγόνο και ταυτόχρονα άφθονο νερό που να έχει διαλυμένα τα απαραίτητα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία στη σωστή τους αναλογία. Στη συμβατική καλλιέργεια εδάφους είναι δύσκολο να επιτευχθεί ο συνδιασμός αυτός. Στο φυσικό έδαφος στις περισσότερες περιπτώσεις, όσο περισσότερο νερό υπάρχει τόσο λιγότερο οξυγόνο μένει και αντίθετα, με αποτέλεσμα τότε το ένα και τότε το άλλο να βρίσκεται σε έλλειψη. Στο έδαφος επίσης σημαντικό είναι και το πρόβλημα της διαθεσιμότητας των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων για τη ρίζα του φυτού. Μπορεί να προστίθενται ανόργανα-θρεπτικά στοιχεία στο έδαφος, αλλά αυτά δεν είναι πάντα αμέσως διαθέσιμα στην ρίζα, γιατί δεσμεύονται από τα συστατικά του εδάφους ή μετακινούνται δύσκολα στην περιοχή της ρίζας. Με τις υδροπονικές καλλιέργειες, τα προβλήματα αυτά λύνονται με την ρύθμιση της τροφοδοσίας του θρ. διαλύματος και τη χρησιμοποίηση (σε όσες περιπτώσεις χρησιμοποιείται στερεό υπόστρωμα) υλικών με πολύ υψηλό πορώδες και χημικά αδρανών.

Σήμερα η υδροπονική καλλιέργεια είναι μια διαρκώς επεκτεινόμενη δραστηριότητα, διότι με τη βελτιστοποίηση του περιβάλλοντος της ρίζας που επιτυγχάνει, αυξάνονται οι αποδόσεις των φυτών και βελτιώνεται η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Εκτός από αυτά όμως παρέχει τη δυνατότητα να καλλιεργηθούν φυτά σε περιοχές με πολύ κακής ποιότητας εδάφη ή σε θέσεις χωρίς καθόλου φυσικό έδαφος.

Αλλα πλεονεκτήματα των υδροπονικών καλλιεργειών είναι:

- Η απαλλαγή από τις ασθένειες εδάφους και το κόστος της απολύμανσης.
- Η διευκόλυνση της αυτοματοποίησης της άρδευσης και της λίπανσης.
- Η εξοικονόμηση νερού και θρεπτικών στοιχείων γιατί περιορίζονται οι απώλειες από επιφανειακές διαρροές και βαθειά διείσδυση του νερού στο έδαφος.
- Η δημιουργία ευχάριστου περιβάλλοντος για τον εργαζόμενο, με την απομόνωση του εδάφους και την απουσία οσμών και σκόνης.
- Η απλοποίηση του προγράμματος των εργασιών της παραγωγικής επιχείρησης και
- Ο περιορισμός της σκληρής χειρωνακτικής εργασίας, που είναι αναγκαία στις καλλιέργειες εδάφους, όπως κατεργασία εδάφους, φύτεμα, ζιζανιοκτονία κλπ.

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της υδροπονικής καλλιέργειας είναι:

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

Η υδροπονική καλλιέργεια απαιτεί μεγάλο βαθμό τεχνικής επιδεξιότητας και καλή γνώση της θρέψης των φυτών.

Οι περιποιήσεις των φυτών που καλλιεργούνται υδροπονικά, διαφέρουν από αυτές των φυτών που καλλιεργούνται στο έδαφος ως προς την δημιουργία του περιβάλλοντος της ρίζας, είναι όμως ίδιες ως προς τη δημιουργία του περιβάλλοντος της κόμης, καθώς και στις καλλιεργητικές

εργασίες όπως το κλάδεμα, τη γονιμοποίηση και τις καταπολεμήσεις εχθρών και ασθενειών της κόμης.

Τα προϊόντα της υδροπονικής καλλιέργειας, δε διαφέρουν σε γεύση και άρωμα από αυτά που καλλιεργούνται στο έδαφος, και περιέχουν ανόργανα στοιχεία και βιταμίνες στην ίδια ποσότητα με τα υψηλής ποιότητας προϊόντα εδάφους.

1.2. Ιστορική Ανασκόπηση

Η ιδέα να καλλιεργηθούν φυτά, πειραματικά, μόνο σε νερό, ανέρχεται στον 17^ο αιώνα όταν ο Boyle το 1666 καλλιεργήσε με επιτυχία φυτά σε φιαλίδια γεμάτα μόνο με νερό. Την εποχή εκείνη ήταν κοινή πίστη ότι τα φυτά τρέφονταν μόνο με το νερό και ότι το έδαφος τους προσέφερε μόνο τη στήριξη. Από τον 18^ο αιώνα η υδροπονία ξεκίνησε ως εργαλείο για ακαδημαϊκή έρευνα και τον 19^ο αιώνα, με την υδροπονία και με την πρόοδο της χημείας, προσδιορίστηκαν 10 από τα αναγκαία ανόργανα στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών.

Το 1923 από εργασίες των A.L.Bakke και L.W.Erdman αποδείχθηκε ότι η ανάπτυξη των φυτών με υδροπονική μέθοδο ήταν πολύ καλύτερη από αυτή του εδάφους ενώ το 1938 στις ΗΠΑ και στην Β.Ευρώπη αρχίζει η πρώτη εμπορική εκμετάλευση της υδροπονικής καλλιέργειας. Εγκαταλείφθηκαν όμως γρήγορα λόγω διάφορων τεχνικών προβλημάτων και της υψηλής τιμής των χημικών ουσιών που χρησιμοποιούσαν.

Από τον Β' παγκόσμιο πόλεμο και έπειτα έγιναν στις ΗΠΑ μερικές εγκαταστάσεις υδροπονικής καλλιέργειας για παραγωγικούς σκοπούς σε υπόστρωμα άμμου, ενώ τα τελευταία χρόνια, με την ανάπτυξη της καλλιέργειας σε "φιλμ" θρεπτικού διαλύματος στη Μ.Βρετανία και της καλλιέργειας σε υπόστρωμα πετροβάμβακα πάλι στη Μ.Βρετανία, δόθηκε μεγάλη προώθηση στα συστήματα υδροπονίας. Έτσι σήμερα χρησιμοποιούνται σε όλο τον κόσμο σε εμπορική κλίμακα, πάρα πολλά συστήματα υδροπονικής καλλιέργειας. Ειδικότερα, κατ'εκτίμηση του ISOSC

(International Society for Soils Culture) οι καλλιεργούμενες εκτάσεις με υδροπονικές μεθόδους είναι:

Ολλανδία.....	70.000 στρ.
Μ.Βρετανία.....	8.000 στρ.
Ιταλία, Βέλγιο, Δανία.....	5.000 στρ.
Ιαπωνία.....	90.000 στρ.
Αυστραλία.....	4.000 στρ.
Καναδάς.....	3.000 στρ.
Ισραήλ.....	3.500 στρ.

Η καλλιεργούμενη έκταση στην Ελλάδα είναι περίπου 350 στρ και γίνεται με τη μέθοδο πετροβάμβακα, NFT και σάκων περλίτη.

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Οι μέθοδοι υδροπονικής καλλιέργειας που χρησιμοποιούνται σε εμπορική κλίμακα, ταξινομούνται σε δύο κύριες κατηγορίες:

- α) Καλλιέργειες μόνο σε νερό και
- β) Καλλιέργειες σε υποστρώματα.

Κάθε κατηγορία υποδιαιρείται σε υποκατηγορίες, που σκοπό έχουν την βελτίωση της αποδοτικότητας κάτω από ορισμένες συνθήκες. Γενικά στην επιχειρηματική παραγωγή δεν υπάρχει ένα σύστημα υδροπονικής καλλιέργειας που να δίνει το καλύτερο υδροπονικό αποτέλεσμα σ'όλες τις περιπτώσεις. Το βέλτιστο σύστημα υδροπονικής καλλιέργειας για μια συγκεκριμένη περιοχή εξαρτάται από παράγοντες όπως το κλίμα, το κόστος πρώτων υλών, ενέργειας και εργασίας, το επίπεδο γνώσεως κ.α.

Οι μέθοδοι που εφαρμόζονται περισσότερο σε επιχειρηματικά θερμοκήπια σήμερα είναι η καλλιέργεια σε πετροβάμβακα, η καλλιέργεια σε μεμβράνη θρεπτικού διαλύματος (NFT), η καλλιέργεια σε σάκους τύρφης ή περλίτη, η καλλιέργεια σε άμμο και η καλλιέργεια σε πριονίδι.

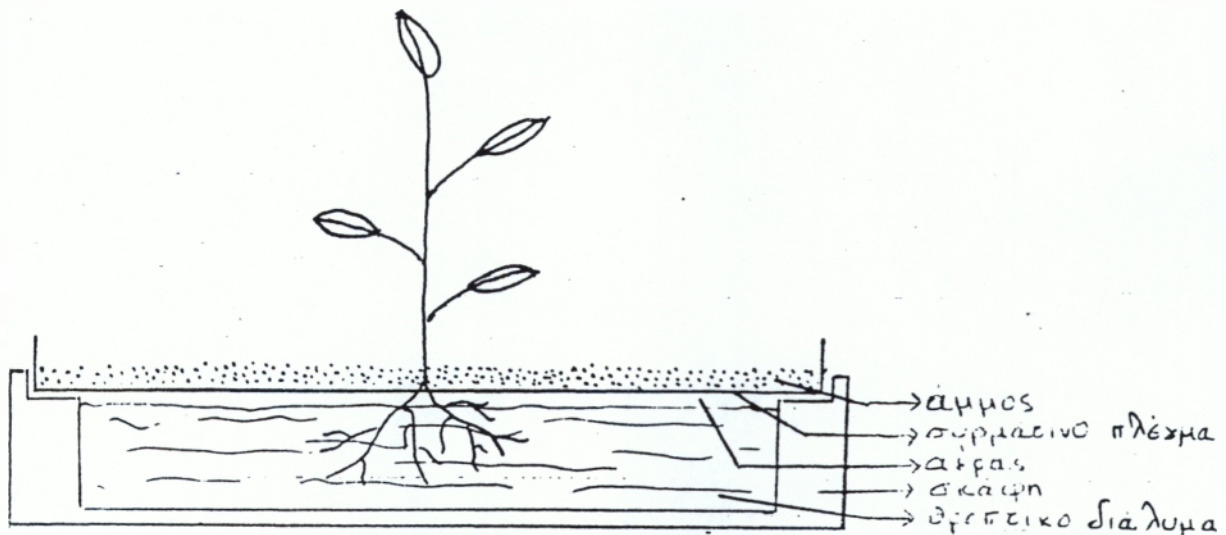
2.1. Μέθοδοι Υδροπονικής Καλλιέργειας σε Νερό.

Το κυριότερο χαρακτηριστικό των μεθόδων αυτών είναι ότι τα φυτά αναπτύσσονται μόνο με θρ. διάλυμα χωρίς να χρησιμοποιείται κανένα στερεό υπόστρωμα.

2.1.1. Καλλιέργεια σε αβαθές νερό (Deep Water Culture).

Είναι η πρώτη μέθοδος υδροπονικής καλλιέργειας που εφαρμόστηκε για εμπορική εκμετάλευση. Αναπτύχθηκε από τον Cericke το 1930 στις ΗΠΑ. Είναι μια μέθοδος στην οποία οι ρίζες των φυτών βρίσκονται ολόκληρες ή μερικώς, βουτηγμένες στο θρ. διάλυμα το οποίο μπορεί να είναι είτε στάσιμο είτε να ανακυκλώνεται συνέχεια (Σχ.1).

Αποτελείται από σκάφες πλάτους 80 cm, βάθους 15cm και μήκους 10 m, κατασκευασμένες από πασόχαρτο ή από μπετόν ή ξύλο ή γαλβανισμένη λαμαρίνα, μέσα στις οποίες τοποθετείται το θρ. διάλυμα. Πάνω από τις σκάφες τοποθετείται τεντωμένο συρμάτινο πλέγμα στο οποίο απλώνεται λινάτσα. Πάνω στη λινάτσα τοποθετείται άμμος, βάθους 1.3 cm, στην οποία σπέρνονται οι σπόροι των φυτών. Εναλλακτικά, αντί για άμμο, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί άχυρο, πριονίδι ή τύρφη.



Σχ.1 Καλλιέργεια σε αβαθές νερό.

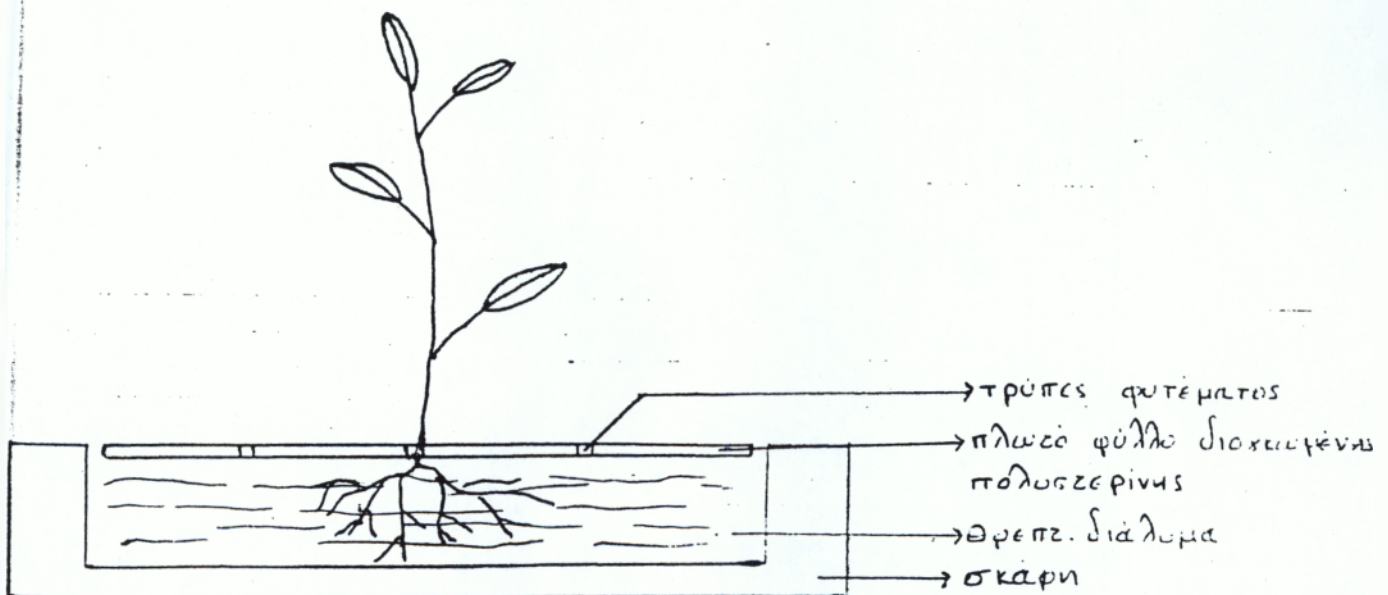
Η αρχική κατασκευή παρουσίαζε μεγάλο πρόβλημα αερισμού των ριζών των φυτών, και για το λόγο αυτό αργότερα το συρμάτινο πλέγμα με το στρώμα της άμμου, ανασηκώθηκε λίγο ώστε να δημιουργηθεί ένα κενό ανάμεσα σ' αυτό και την επιφάνεια του θρ. διαλύματος, γεμάτο με αέρα. Όταν το θρ. διάλυμα ανακυκλώνεται, τότε σε κάποιο σημείο της διαδρομής του, εμπλουτίζεται με αέρα ώστε να μηδενίζεται τελείως αυτό το πρόβλημα.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε θερμοκήπια της Πολωνίας με διάφορες τροποποιήσεις.

2.1.2. Πλωτή υδροπονική καλλιέργεια (Floating Hydroponic System).

Η πλωτή υδροπονική καλλιέργεια είναι στην ουσία μια παραλλαγή της προηγούμενης μεθόδου, με την διαφορά ότι αντί τα φυτά να στηρίζονται στο λεπτό στρώμα της άμμου, στηρίζονται σε ένα ελαφρύ υλικό διαμορφωμένο σε φύλλα, συνήθως διογκωμένη πολυστερίνη, τα οποία επιπλέουν πάνω στο θρ. διάλυμα. Στο υλικό αυτό ανοίγονται τρύπες διαμέτρου 1,5 cm, και στις τρύπες αυτές φυτεύονται τα φυτά. (Σχ.2).

Οι αποστάσεις διαμορφώνονται ανάλογα με το φυτό που πρόκειται να καλλιεργηθεί.



Σχ.2 Πλωτή υδροπονική καλλιέργεια.

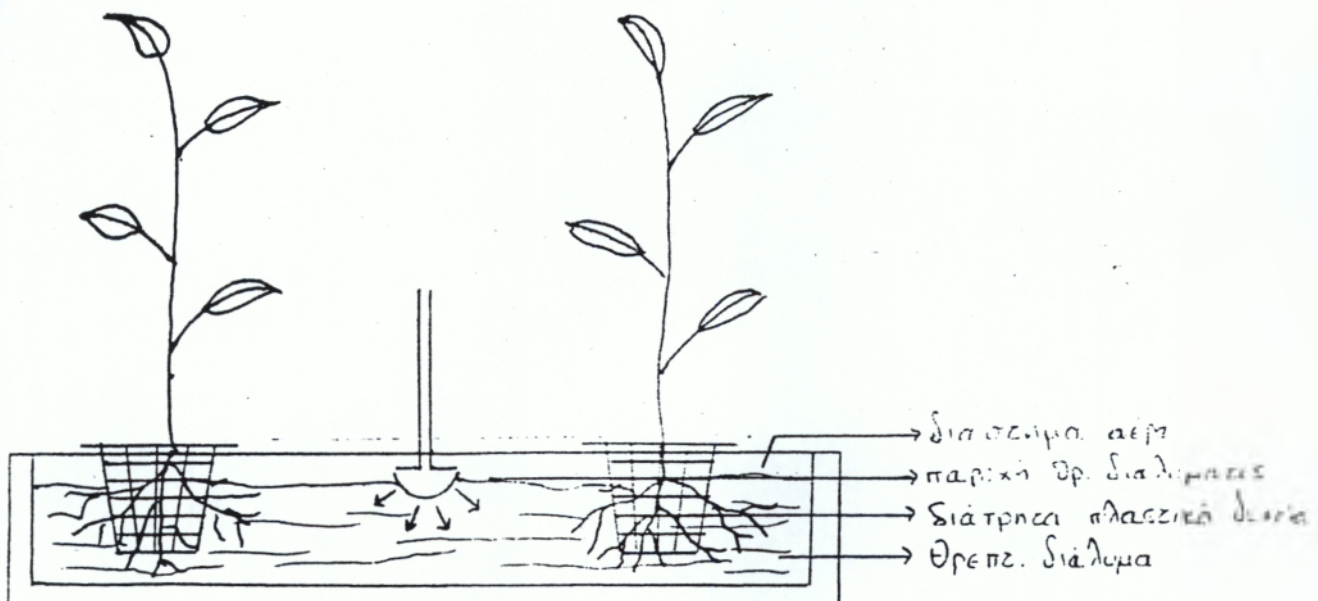
Ο καλός αερισμός των ριζών επιτυγχάνεται με τη συνεχή ανακύκλωση του θρ. διαλύματος.

Η μέθοδος αυτή δεν αναπτύχθηκε ιδιαίτερα γιατί η αποδοτικότητά της σε σύγκριση με άλλες υδροπονικές μεθόδους καλλιέργειας, ήταν μικρή.

2.1.3. Καλλιέργεια σε αβαθές ανακυκλούμενο νερό (Deep Recirculating Water Culture).

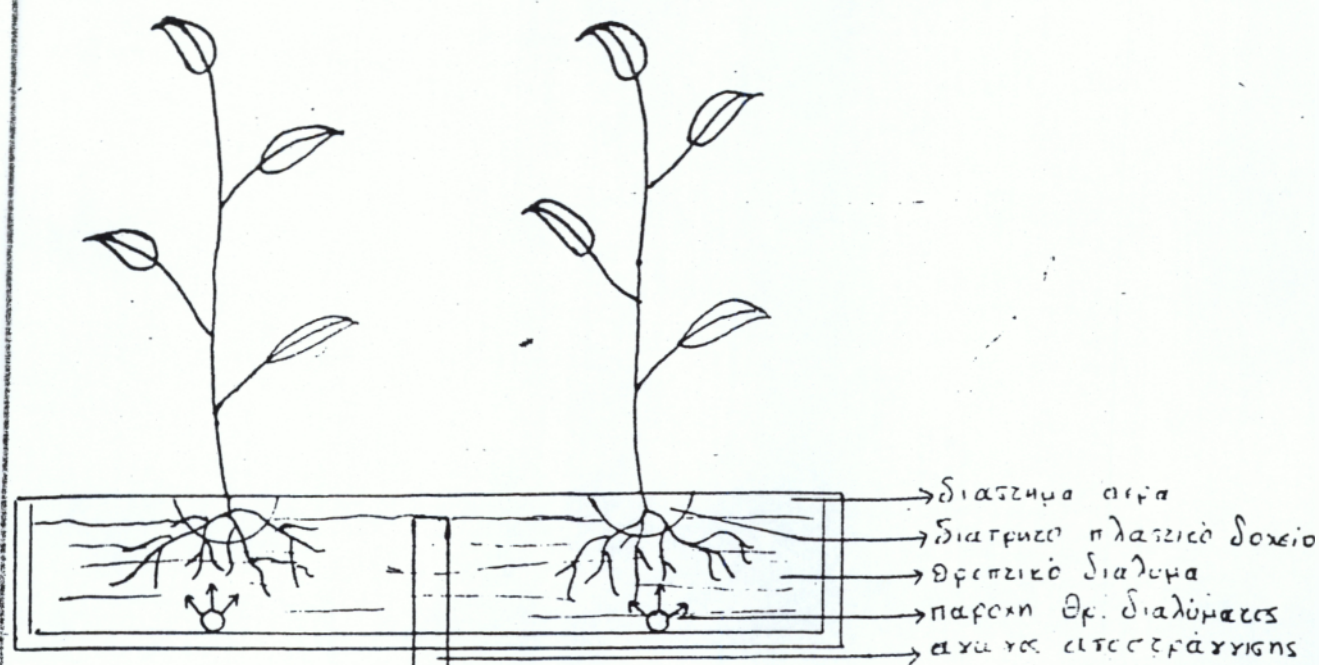
Πρόκειται για μια μέθοδο που αναπτύχθηκε και χρησιμοποιείται στην Ιαπωνία. Έχει πολλές παραλλαγές, κυριότερες από τις οποίες είναι η "Kyowa System" (Σχ.3) και η "M-System" (Σχ.4).

Και στις δύο μεθόδους το θρ. διάλυμα ανακυκλώνεται. Μέσα στο κύκλωμα ανακύκλωσης του θρ. διαλύματος, παρεμβάλεται και μίκτης που αναμιγνύει αέρα με το θρ. διάλυμα, ώστε να αποφεύγεται ο ελλιπής αερισμός των ριζών.



Σχ. 3 "Kyowa System"

Οι σκάφες είναι κατασκευασμένες από μπετόν ή σκληρό πλαστικό με διαστάσεις 1 m πλάτος και 3 m μήκος. Τα φυτά φυτεύονται σε πλαστικά δοχεία, διάτρητα στις πλευρές και στη βάση για να περνούν οι ρίζες. Επίσης και στις δύο μεθόδους, ανάμεσα στην επιφάνεια του θρ. διαλύματος και στην πάνω επιφάνεια της σκάφης διατηρείται ένα κενό για να υπάρχει αέρας.



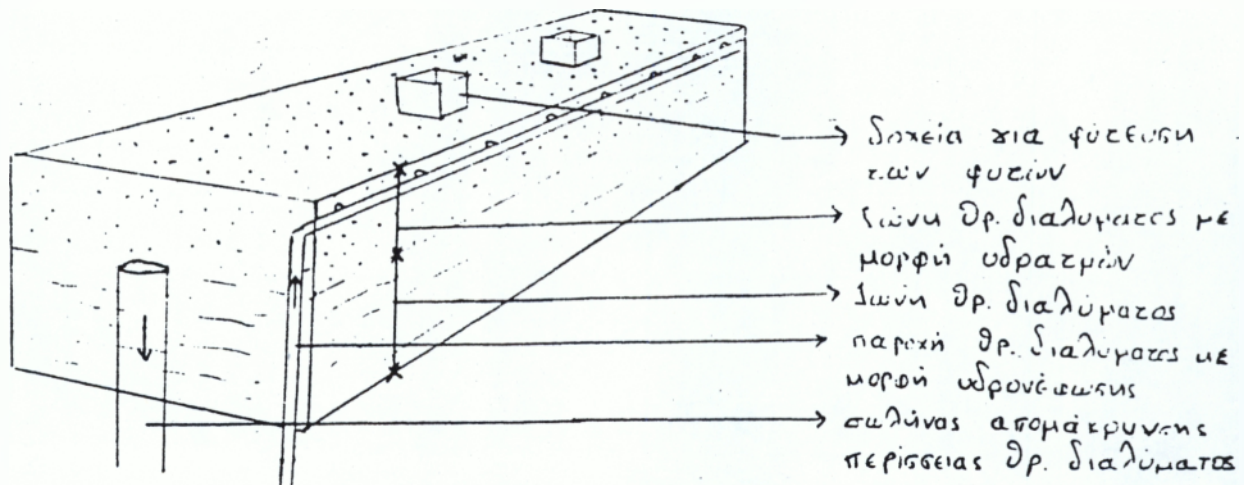
Σχ.4 "M-System".

Στο Kyowa System η παροχή του θρ. διαλύματος γίνεται από την πάνω επιφάνεια της σκάφης, ενώ στο M-System από την κάτω επιφάνεια. Η αποστράγγιση γίνεται με σωλήνα που τοποθετείται μέσα στις σκάφες. Από το ύψος στο οποίο θα τοποθετηθεί ο σωλήνας αποστράγγισης μέσα στη σκάφη, εξαρτάται και το ύψος του θρ. διαλύματος μέσα στη σκάφη.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει ακόμα μια παραλλαγή της παραπάνω μεθόδου που αναπτύχθηκε από τον Ein Gedi και γιαυτό ονομάστηκε "Ein Gedi System" (Σχ.5).

Στην μέθοδο αυτή το θρ. διάλυμα δίνεται στα φυτά ψεκαζόμενο με μορφή υδρονέφωσης. Όταν οι υδρατμοί συμπυκνώνονται, επικάθονται στον πυθμένα της σκάφης, και έτσι μέσα στη σκάφη δημιουργούνται στην ουσία δύο περιβάλλοντα, και ένα μέρος της ρίζας των φυτών βρίσκεται μέσα στους υδρατμούς του θρ. διαλύματος ενώ το υπόλοιπο μέσα στο θρ. διάλυμα.

Η μέθοδος αυτή έχει δώσει καλύτερα αποτελέσματα από τις συνηθισμένες υδροπονικές καλλιέργειες με υπόστρωμα άμμου και τελευταία άρχισε να χρησιμοποιείται και από αρκετές επιχειρήσεις.



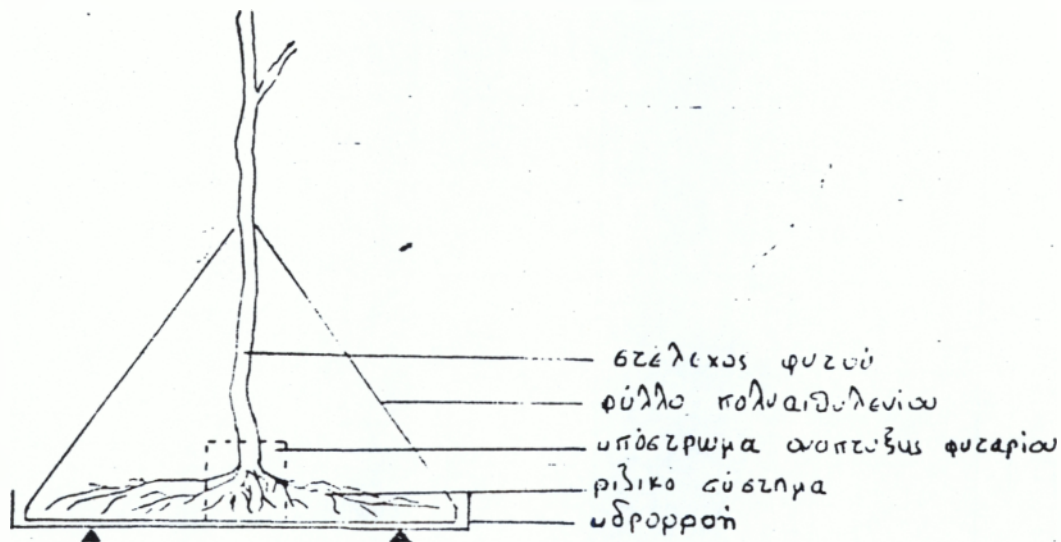
Σχ.5 "Ein Gedi System"

2.1.4. Καλλιέργεια σε μεμβράνη θρεπτικού διαλύματος (NFT).

Είναι η πιο διεδομένη μέθοδος υδροπονικής καλλιέργειας στη Β.Ευρώπη. Αναπτύχθηκε στην Αγγλία και από το δεύτερο μισό της δεκαετίας του 1970 άρχισε να εφαρμόζεται με επιτυχία και σε εμπορικές εκμεταλεύσεις.

Με την μέθοδο αυτή τα φυτά αναπτύσσονται σε μακριά κανάλια, μέσα στα οποία ρέει ένα πολύ ρηχό ρεύμα (2-10 mm) ανακυκλούμενου θρ. διαλύματος (ΣΧ.6). Οι ρίζες αναπτύσσονται πάνω στο θρ. διάλυμα, χωρίς να υπάρχει κανένα άλλο υπόστρωμα. Δημιουργείται έτσι ένα παχύ πλέγμα ριζών, στο οποίο συμπλέκονται οι ρίζες από όλα τα φυτά του καναλιού, και το οποίο αποτελεί το κάτω στήριγμα των φυτών. Το ρηχό ρεύμα του θρ. διαλύματος περνά κάτω από το ριζικό πλέγμα, ενώ το επάνω μέρος του

ριζικού πλέγματος, αν και είναι υγρό, βρίσκεται στον αέρα που του επιτρέπει καλή οξυγόνωση.



Σχ.6 Κανάλι συστήματος NFT.

Τα κανάλια στα οποία βρίσκονται οι ρίζες των φυτών έχουν συνήθως πλάτος 25-40 cm με κλίση 1-2 % για να εξασφαλίζεται η ομαλή ροή του θρ. διαλύματος. Με τέτοια κλίση και με παροχή σε κάθε κανάλι 3-6 λίτ/η (ανάλογα με το είδος του φυτού) δημιουργείται στο πυθμένα του καναλιού μια λεπτή μεμβράνη θρ. διαλύματος που δεν ξεπερνάει το 1 cm. Τα κανάλια είναι κατασκευασμένα είτε από λαμαρίνα που στερεώνεται πάνω σε σιδερένιο σκελετό, είτε από διογκωμένη πολυστερίνη που τοποθετείται σε διαμορφωμένο έδαφος με κλίση 1,5 %, είτε διαμορφωμένα κανάλια σε τσιμεντένιο πάτωμα. (Εικ.1). Τα κανάλια μπορούν να έχουν μήκος μέχρι και 30 m.

Σ'όλες τις περιπτώσεις, πάνω στα κανάλια τοποθετείται μαλακό πλαστικό φύλλο πολυαιθυλενίου πάχους 1,5 mm τουλάχιστον, του οποίου τα άκρα διπλώνονται και ενώνονται σχηματίζοντας τρίγωνο, αφήνοντας το στέλεχος των φυτών να εξέρχεται. Το εσωτερικό του φύλλου πολυαιθυλενίου είναι μαύρο για να μην επιτρέπει την είσοδο του φωτός

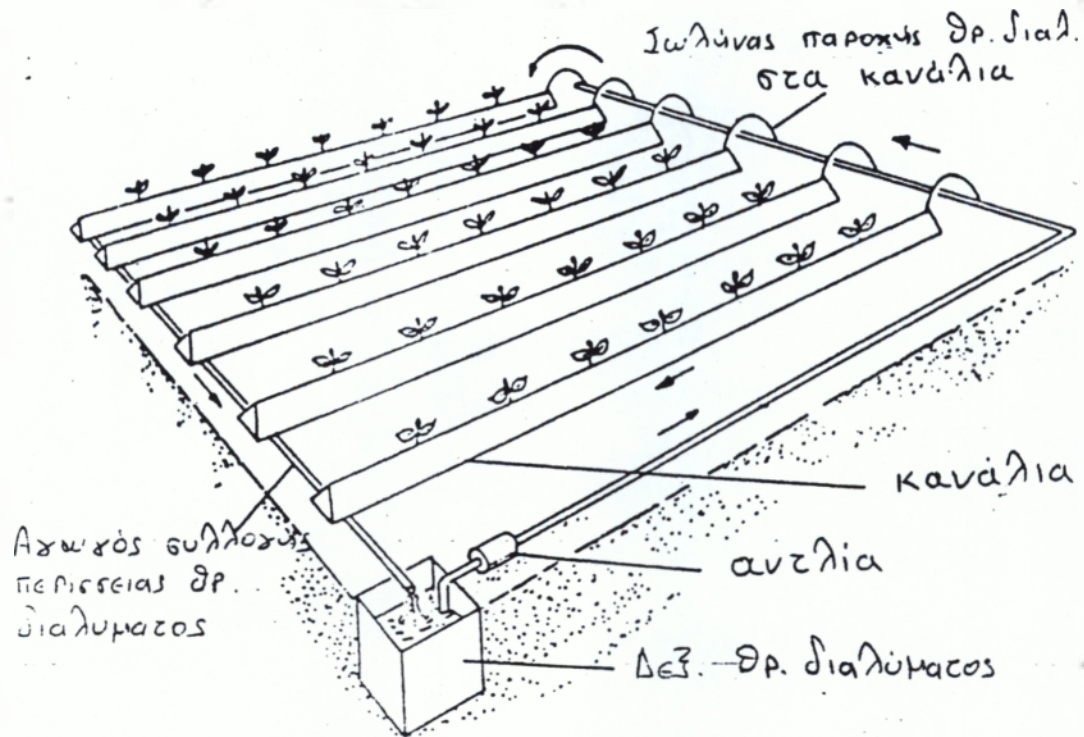
στο ριζόστρωμα των φυτών, ενώ το εξωτερικό είναι λευκό για να μην υπερθερμαίνεται τους θερινούς μήνες, και για να υπάρχει καλύτερος φωτισμός στο χώρο τους χειμερινούς μήνες. Τα φυτά που χρησιμοποιούνται στο σύστημα αυτό, αναπτύσσονται στο σπορείο πάνω σε μικρούς κύβους από πετροβάμβακα ή τύρφη ή άλλο υπόστρωμα, και τοποθετούνται μέσα στα κανάλια μαζί με τους κύβους. Πολλές φορές, ανάλογα με το είδος του φυτού, το φυτό δημιουργεί πολύ πλούσιο ριζικό σύστημα με αποτέλεσμα να δυσχερένεται η ομαλή κυκλοφορία του θρ. διαλύματος μέσα στα κανάλια. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται δίνοντας στα κανάλια μια μικρή κλίση προς τη μία πλευρά, ώστε το θρ. διάλυμα να περνάει πιο εύκολα από τα εμπόδια.



Εικ.1 Καλλιέργεια τομάτας σε μεμβράνη θρεπτικού διαλύματος (NFT). Τα κανάλια έχουν κατασκευασθεί σε τσιμεντένιο πάτωμα (πηγή: Μαυρογιανόπουλος Γεώργιος 1994).

Το θρ. διάλυμα παρέχεται στο υψηλότερο σημείο των καναλιών, και με την βαρύτητα καταλήγει στο χαμηλότερο από όπου με σωληνώσεις συλλέγεται και οδηγείται πάλι στην δεξαμενή θρ. διαλύματος, πάλι με τη βοήθεια της βαρύτητας (Σχ.7).

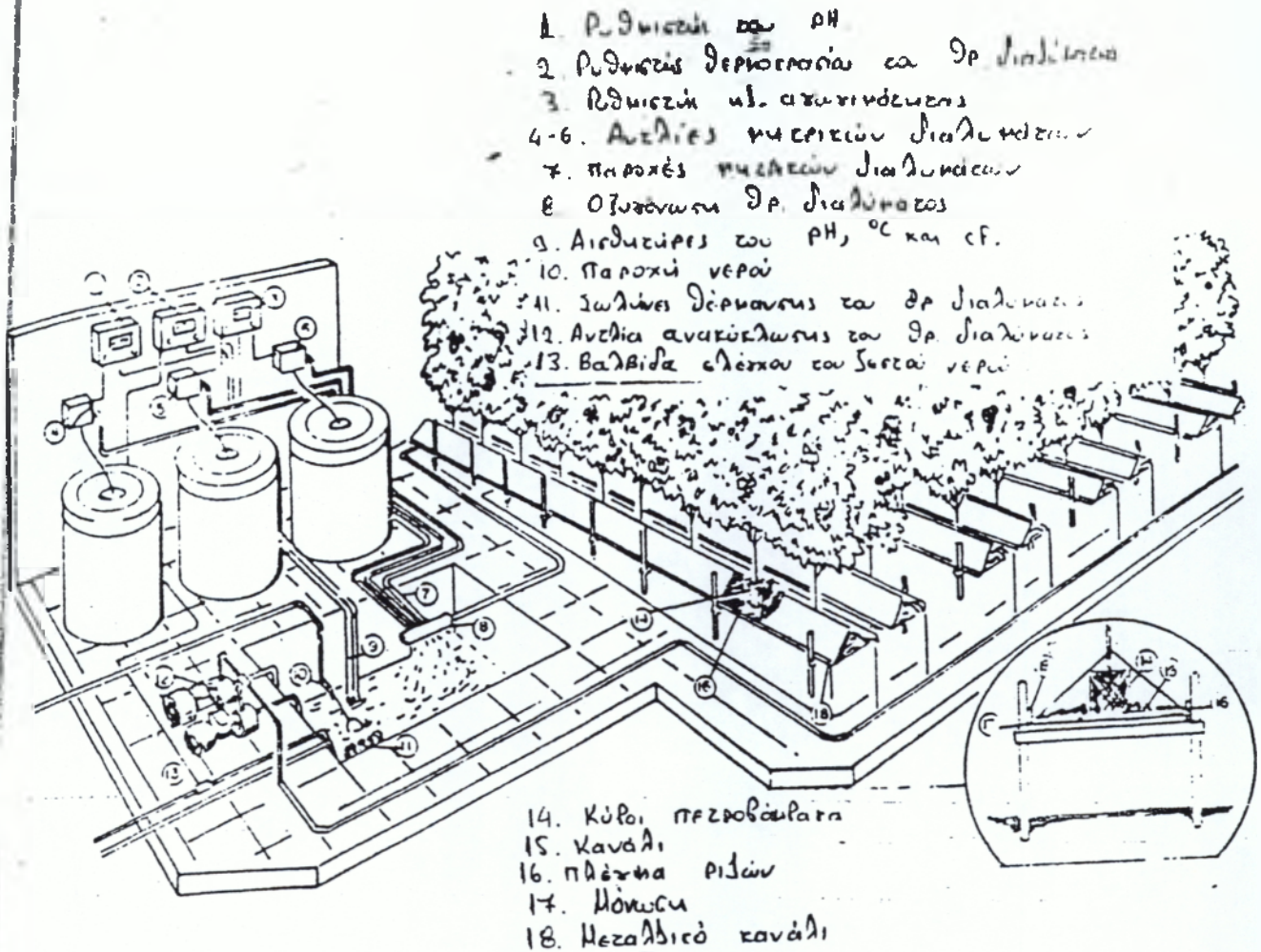
Από την δεξαμενή θρ. διαλύματος ξαναπαίρνει σε κυκλοφορία.



Σχ.7 Τυπική διάταξη συστήματος N.F.T.
(πηγή FAO Technical Papers No 101, 1990).

Η συγκέντρωση του θρ. διαλύματος στη δεξαμενή προσδιορίζεται κατά προσέγγιση μετρώντας με ένα αγωγιμόμετρο την ηλεκτρική αγωγιμότητα στο διάλυμα της δεξαμενής. Το αγωγιμόμετρο είναι συνδεδεμένο με ειδικό ηλεκτρονικό υπολογιστή ο οποίος είναι συνδεδεμένος με δύο δοχεία που περιέχουν πυκνά θρ. διαλύματα (Σχ.8). Εάν η ηλεκτρική αγωγιμότητα του διαλύματος της δεξαμενής είναι μικρότερη από τη επιθυμητή που συνήθως είναι 2-5 ms/cm, τότε ο ηλεκτρονικός υπολογιστής δίνει εντολή και

διοχετεύεται στη δεξαμενή πυκνό θρ. διάλυμα, έως ότου η ηλεκτρική αγωγιμότητα ανέλθει στο επιθυμητό επίπεδο.



Σχ.8 Σύστημα παροχής θρ. διαλύματος σε σύστημα NFT.

(πηγή: FAO Technical Papers No 101, 1990).

Η οξύτητα του θρ. διαλύματος ελέγχεται με ένα πεχάμετρο το οποίο είναι επίσης συνδεδεμένο με ηλεκτρονικό υπολογιστή που είναι συνδεδεμένος με ένα δοχείο στο οποίο περιέχεται οξύ. Όταν το pH ξεπεράσει το ανώτατο όριο, το οποίο κυμαίνεται από 5,5 έως 6,8, τότε

διοχετεύεται στην δεξαμενή οξύ (συνήθως H_2SO_4) μέχρι το pH να φτάσει στην επιθυμητή τιμή.

Για να μην υπάρξει πρόβλημα οξυγόνωσης των ριζών του φυτού, θα πρέπει να οξυγονώνεται το διάλυμα. Αυτό επιτυγχάνεται ή με κάποια υδατόπτωση στην δεξαμενή του θρ. διαλύματος ή με αντλία αέρα στον πυθμένα της δεξαμενής.

Επίσης, τους χειμερινούς μήνες καλό είναι το θρ. διάλυμα να θερμαίνεται στους $18-20\text{ }^{\circ}C$, για να απορροφώνται πιο εύκολα τα θρεπτικά στοιχεία από τα φυτά.

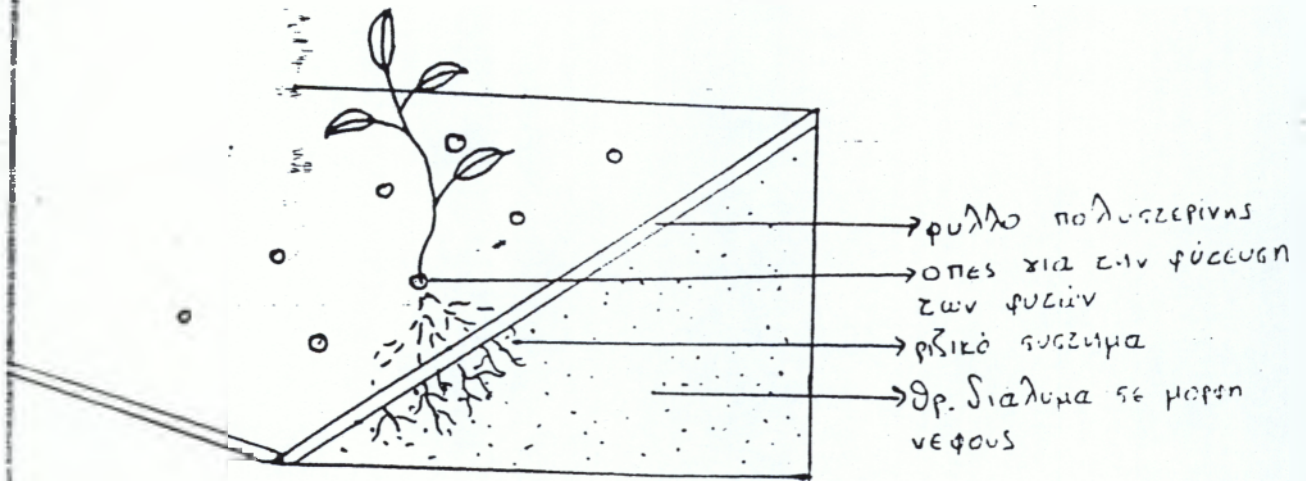
2.1.5. Αεροπονία.

Είναι μια μέθοδος στην οποία οι ρίζες των φυτών βρίσκονται συνεχόμενα ή διακεκομένα σε περιβάλλον κορεσμένο από υδατμούς του θρ. διαλύματος. Έχουν αναπτυχθεί δύο κυρίως τρόποι αεροπονικής καλλιέργειας.

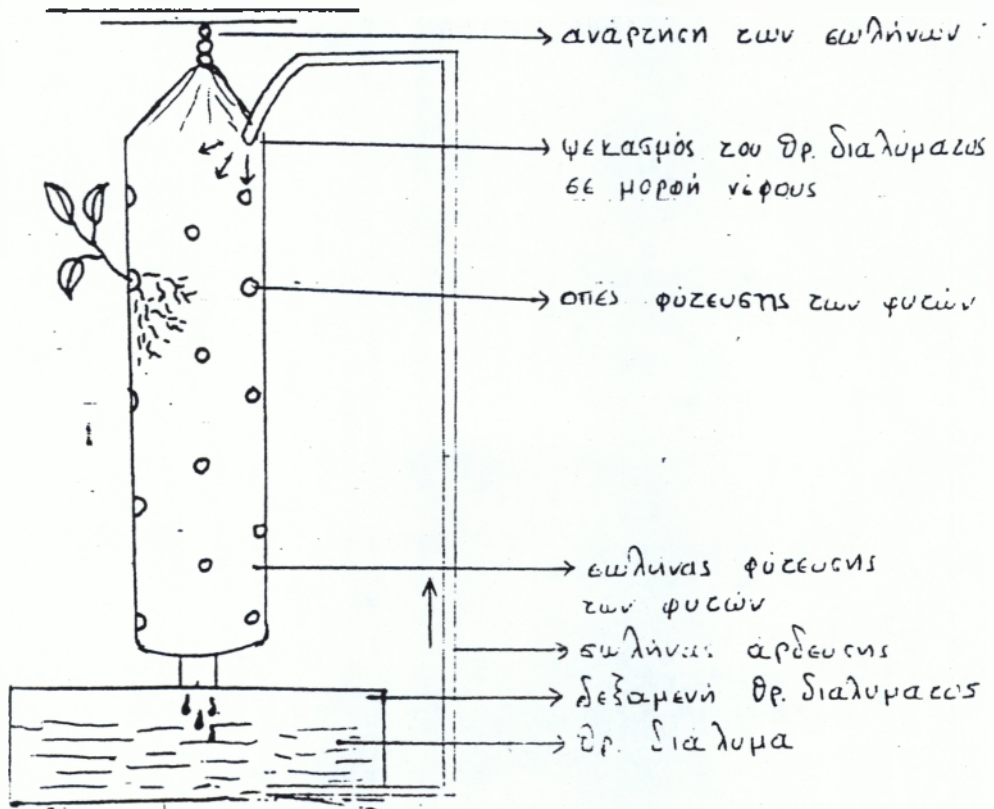
Στον πρώτο τρόπο, τα φυτά φυτεύονται σε κεκλιμένα φύλλα πολυστερίνης ή άλλο υλικό, έτσι ώστε οι ρίζες των φυτών να αιωρούνται κάτω από αυτό το φύλλο, κλεισμένες μέσα σε ένα κουτί (Σχ.9). Το κουτί είναι κλεισμένο έτσι ώστε να είναι αδιαπέραστο από τα φως και να διατηρεί την υγρή ατμόσφαιρα που δημιουργείται μέσα σ'αυτό. Το θρεπτικό διάλυμα ψεκάζεται στα φυτά, μέσα στο κουτί, σε μορφή νέφους (υδρονέφωση). Ο ψεκασμός γίνεται περιοδικά, ανά 2-3 λεπτά και για μερικά δευτερόλεπτα.

Στον δεύτερο τρόπο, τα φυτά φυτεύονται περιμετρικά σε κατακόρυφους σωλήνες από σκληρό πλαστικό ή PVC, αδιαπέραστους στο φως, με τρόπο τέτοιο ώστε οι ρίζες τους να αιωρούνται στο εσωτερικό του σωλήνα (Σχ.10).

Η άρδευση γίνεται με αντλία που αντλεί το θρ. διάλυμα από δεξαμενή που βρίσκεται κάτω από τον σωλήνα, και το ψεκάζει σε μορφή νέφους στο πάνω μέρος του σωλήνα.



Σχ.9 Αεροπονία σε κεκλιμένο φύλλο πολυστερίνης.



Σχ.10 Αεροπονία σε κατακόρυφους σωλήνες.

Το θρ. διάλυμα επιστρέφει με την βαρύτητα στην δεξαμενή και ξαναμπάνει στην κυκλοφορία. Πάνω από κάθε δεξαμενή θρ. διαλύματος μπορούν να τοποθετηθούν μέχρι και 4 σωλήνες φύτευσης. Οι σωλήνες φύτευσης συνήθως έχουν διάμετρο 20-25 cm και ύψος 1,5-2m. Η στήριξή τους γίνεται με ανάρτηση με αλυσίδες από την οροφή του θερμοκηπίου.

Και στους δύο τρόπους αεροπονικής καλλιέργειας, οι ρίζες των φυτών αναπτυσσόμενες δημιουργούν ένα ριζικό πλέγμα, το οποίο αποτελεί από μόνο του ένα είδος υποστρώματος.

Το κυριότερο πλεονέκτημα των αεροπονικών καλλιεργειών είναι η καλή οξυγόνωση του ριζικού συστήματος των φυτών ενώ το κυριότερο μειονέκτημα είναι ότι σ'αυτήν την μέθοδο οι ρίζες των φυτών δεν δημιουργούν πολλά ριζικά τριχίδια, με αποτέλεσμα να μην έχουν τόσο καλές αποδόσεις όσο τα άλλα συστήματα υδροπονίας.

2.2. Μέθοδοι Υδροπονικής Καλλιέργειας σε Υποστρώματα.

Στις μεθόδους αυτές, τα φυτά αναπτύσσονται στηριζόμενα σε κάποιο υπόστρωμα (εκτός του εδάφους), το οποίο είναι τοποθετημένο μέσα σε ειδικό δοχείο.

2.2.1. Υποστρώματα.

Στις υδροπονικές καλλιέργειες με υποστρώματα, χρησιμοποιούνται σαν υπόστρωμα διάφορα υλικά, φυσικά ή τεχνητά, ανόργανα ή οργανικά, με ποικίλες ιδιότητες το καθένα.

Το ιδανικό υπόστρωμα πρέπει:

- Να εξασφαλίζει καλή διανομή του νερού και του αέρα (50 % τουλάχιστο του αέρα).

- Να επιτρέπει την κυκλοφορία του διαλύματος.

- Να μην συμπιέζεται.

- Να μην υποβαθμίζεται.

- Να μην τραυματίζει τις ρίζες.

- Να μην περιέχει τοξικά στοιχεία για τα φυτά.

- Να είναι χημικά αδρανές.
- Να έχει ουδέτερη ή μικρή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων.
- Να μην περιέχει παθογενείς οργανισμούς.
- Να απολυμαίνεται εύκολα.

Κανένα υπόστρωμα δεν έχει όλες αυτές τις ιδιότητες, γιαυτό στην πράξη χρησιμοποιούνται συνήθως μείγματα υλικών, από τα οποία το πιο κοινό είναι ένα υλικό με μικρή συγκράτηση νερού με ένα άλλο υλικό με καλή συγκράτηση νερού.

Άλλοι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για την εκλογή του υποστρώματος είναι η τιμή της αγοράς του υποστρώματος καθώς και τα έξοδα μεταφοράς του, η ποσότητα του υποστρώματος που απαιτείται ανά μονάδα παραγωγής και η απαιτούμενη προετοιμασία του υποστρώματος.

Τα συνηθέστερα υποστρώματα που χρησιμοποιούνται στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι τα παρακάτω:

Ανόργανα Φυσικά Υποστρώματα.

α) Χαλίκια: Μπορεί να προέρχονται είτε από λατομεία είτε από κοίτες ποταμών, αρκεί η περιεκτικότητά τους σε CaCO_3 να είναι μικρότερη από 10%. Έχουν διαστάσεις 5-15 mm.

- Πλεονεκτήματα: Επιτρέπουν τον πολύ καλό αερισμό των ριζών, έχουν απουσία παρασίτων και απολυμαίνονται εύκολα. Η χημική τους αδράνεια ποικίλει ανάλογα με την προέλευσή τους, έχουν μεγάλη διάρκεια χρήσης γιατί δεν υποβαθμίζονται εύκολα, και έχουν χαμηλό κόστος αγοράς.

- Μειονεκτήματα: Είναι βαρύ υλικό που πληγώνει τις ρίζες των φυτών, και έχει ελάχιστη ικανότητα συγκράτησης νερού.

β) Άμμος: Προέρχεται είτε από λατομεία είτε από κοίτες ποταμών, αρκεί να έχει CaCO_3 σε ποσοστό μικρότερο από 10%. Οι κόκοι της έχουν διάμετρο από 0,2-2 mm.

- Πλεονεκτήματα: Έχει καλύτερη ικανότητα συγκράτησης νερού από τα χαλίκια, καλή χημική αδράνεια που ποικίλει ανάλογα με την προέλευσή της, μηδαμινή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και μεγάλη διάρκεια χρήσης.

- Μειονεκτήματα: Έχει μικρό πορώδες και είναι βαρύ υλικό. Συμπεζόμενη μπορεί να προκαλέσει συμπτώματα ασφυξίας στα φυτά.

γ) ΡΟΥΖΖΟΛΑΝΕ (Πουζολάνι): Είναι υλικό υφαιστειογενούς προέλευσης με διαστάσεις 3-15 mm. Χρησιμοποιείται πολύ στη Γαλλία.

- Πλεονεκτήματα: Έχει ουδέτερο pH (6,5), ουδέτερη ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, πολύ καλό πορώδες, και δεν υποβαθμίζεται εύκολα. Είναι χημικά αδρανές, δεν περιέχει παράσιτα, απολυμνείται εύκολα και έχει χαμηλό κόστος αγοράς, ιδίως κοντά στους τόπους παραγωγής του.

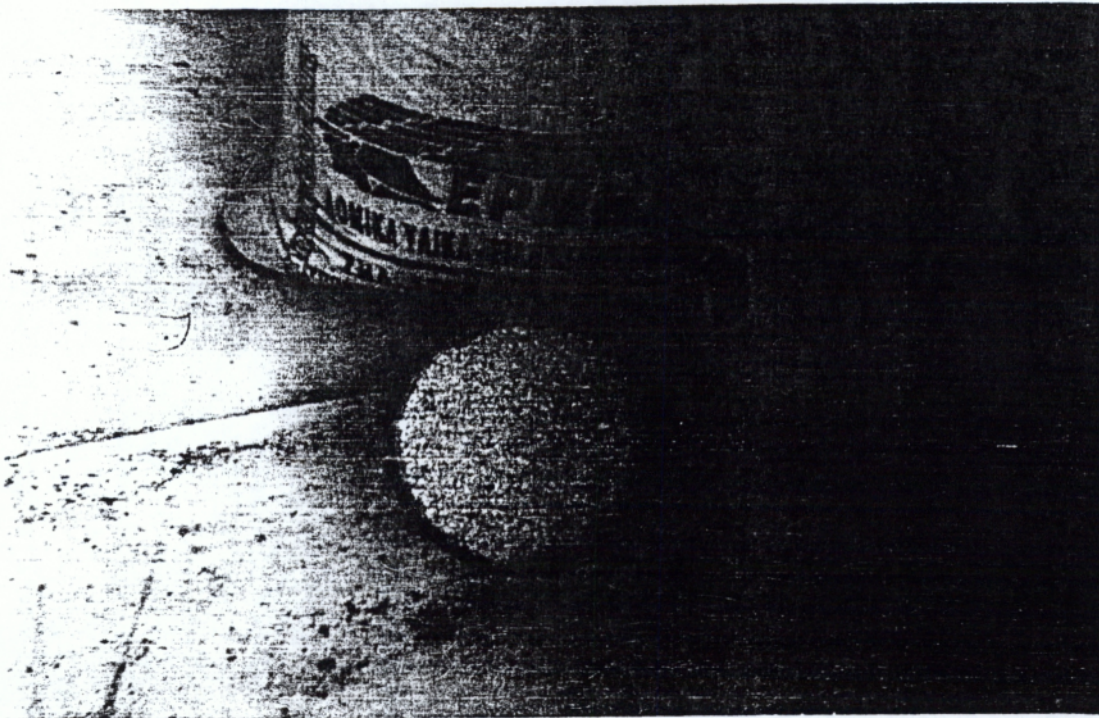
- Μειονεκτήματα: Είναι βαρύ υλικό και έχει μικρή ικανότητα συγκράτησης νερού.

Ανόργανα επεξεργασμένα υποστρώματα

Πρόκειται για υλικά που διογκώνονται ύστερα από θερμική επεξεργασία σε υψηλές θερμοκρασίες. Η θερμική επεξεργασία των υλικών, αυξάνει το τελικό κόστος, παράγονται όμως υλικά ομοιογενή, αποστειρωμένα και σταθερής ποιότητας.

α) Περλίτης.

Είναι ανόργανο αργιλλοπηριτικό ορυκτό υφαιστειογενούς προέλευσης (Εικ.2). Στην χώρα μας εξορύσσεται από τα νησιά Μήλο και Νίσυρο. Περιέχει κρυσταλλικό νερό σε ποσοστό 2-6%. Θερμαινόμενο απότομα στους 1000-1100 °C (Θερμοκρασία τήξης 1300-1400°C) για 5 λεπτά περίπου, αυξάνει τον όγκο του κατά 10-20 φορές, λόγω της εξάτμισης του κρυσταλλικού νερού. Έτσι δημιουργούνται λευκοί πορώδεις κόκοι που το μέγεθός τους φτάνει μέχρι και 6mm διάμετρο. Στις υδροπονικές καλλιέργειες χρησιμοποιούνται κόκοι διαμέτρου 1,5-3 mm.



"Εικ.2 Περλίτης".

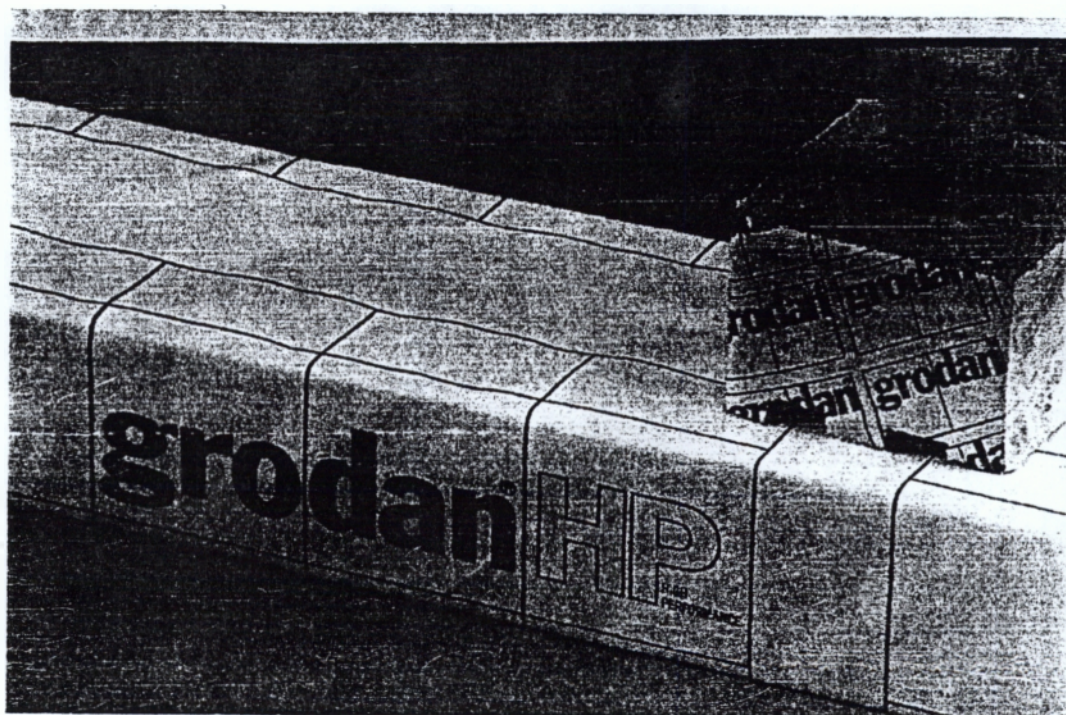
- Πλεονεκτήματα: Έχει ουδέτερο pH (6,5-7,5), ελάχιστη ρυθμιστική και εναλλακτική ικανότητα, είναι χημικά αδρανές, και πολύ ελαφρύ υλικό (40-150 Kg/m³) με πορώδες 95-97% και καλή ικανότητα συγκράτησης νερού, 3-4 φορές το βάρος του. Είναι αποστειρωμένο την στιγμή της πρώτης χρήσης και σχετικά φθινό στη χώρα μας.

- Μειονεκτήματα: Υποβαθμίζεται σχετικά γρήγορα, έχοντας διάρκεια χρήσης για δύο καλλιεργητικές περιόδους και παρουσιάζει δυσκολίες στην απολύμανσή του όταν πρόκειται να επαναχρησιμοποιηθεί.

Ο περλίτης, λόγω των πολύ καλών ιδιοτήτων του, βρίσκεται σε σκληρό ανταγωνισμό με τον πετροβάμβακα του οποίου οι ιδιότητες είναι επίσης πολύ καλές. Η χρήση του περλίτη στην Ευρώπη αυξάνεται συνεχώς.

β) Πετροβάμβακας (ROCKWOOL)

Είναι ινώδες υλικό που προέρχεται από κατεργασία μίγματος υλικών που αποτελούνται από βασαλτικά πετρώματα, Ασβεστόλιθο και Κωκ σε αναλογία 4/1/1. Η θερμική τους κατεργασία γίνεται στους 1600 °C. Κατά τη διάρκεια της ψύξης του προστίθεται φαινολική ρητίνη σε ποσότητα 4-5% του βάρους του για να γίνει το υλικό εύκαμπτο και ένα ειδικό λάδι για να γίνει υδρόφιλο. Το τελικό προϊόν κυκλοφορεί σε μορφή ορθογωνικών τεμαχίων διαφόρων διαστάσεων με πιο κοινή την 100 x 20 x 7,5 cm (Εικ.3).



Εικ.3 Πετροβάμβακας.

- Πλεονεκτήματα: Είναι ένα πολύ ελαφρύ υλικό (40-80 Kgr/m³) και με πολύ καλό πορώδες (95%). Είναι σχετικά χημικά αδρανές (απελευθερώνει Ca) και απολυμένεται εύκολα όταν πρόκειται να ξαναχρησιμοποιηθεί ενώ τη στιγμή της διάθεσης είναι απολυμασμένο.

- Μειονεκτήματα: Ύστερα από επανειλημμένες χρήσεις συμπέζεται και χάνει το πορώδες του και έχει μικρή διάρκεια χρήσης (1-2 καλλιεργητικές περιόδους, ενώ αναφέρονται μέχρι και 6 καλλιεργητικές περιόδους). Αποθηκεύεται δύσκολα λόγω του μεγάλου όγκου του και στη χώρα μας είναι σχετικά ακριβό υλικό. Το pH του κυμαίνεται από 7-9,5.

Ο πετροβάμβακας χρησιμοποιείται και σαν υπόστρωμα φύτευσης ή μεταφύτευσης και αρχικής στήριξης των φυτών σε συστήματα υδροπονικής καλλιέργειας μόνο με νερό (NFT κλπ).

Λόγω των πολύ καλών ιδιοτήτων του χρησιμοποιείται ευρύτατα στην Ευρώπη και κυρίως στην Γαλλία και Μ.Βρετανία.

γ) Βερμικουλίτης.

Ο βερμικουλίτης είναι σύμπλοκη φυλλώδη πυριτική ένωση. Η κατεργασία του στους 1100 °C προκαλεί μια απότομη εξάτμιση των μορίων του νερού που βρίσκονται ανάμεσα στα λέπια και επιφέρει τη διόγκωσή τους κατά 10-12 φορές σε σχέση με το αρχικό μέγεθος. Το τελικό προϊόν αποτελείται από τεμαχίδια με διαστάσεις 1-5 χλστ σε μορφή ακορντεόν.

- Πλεονεκτήματα: Είναι ελαφρύ υλικό με βάρος 90-140 Kg/m³ και πολύ καλό πορώδες (96%) και καλή ικανότητα συγκράτησης νερού που φτάνει τα 350 Kg/m³. Επίσης είναι αποστειρωμένος κατά την στιγμή της διάθεσης. Έχει ουδέτερο pH και κυμαίνεται μεταξύ 7-7,2.

- Μειονεκτήματα: Υποβαθμίζεται γρήγορα γιατί αποχωρίζονται τα λέπια και η αρχική δομή του καταστρέφεται. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για 1-2 καλλιεργητικές περιόδους. Όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για δεύτερη φορά, απολυμαίνεται δύσκολα. Εμφανίζει μεγάλη εναλλακτική ικανότητα που κυμαίνεται μεταξύ 65-140 Meq/100gr. Επίσης είναι ακριβό υλικό που δεν παρασκευάζεται στη χώρα μας.

δ) Διογκωμένη Αργίλλος.

Χρησιμοποιείται κυρίως σε χώρες της κεντρικής Ευρώπης και ιδιαίτερα στην Ελβετία. Αποτελείται από τεμαχίδια αργίλλου που διογκώνονται με

κατεργασία τους στους 1100°C . Οι κόκκοι έχουν διάμετρο 1,5-10mm. Έχει pH 5-7.

-Πλεονεκτήματα: Έχει σταθερή δομή και μεγάλη διάρκεια χρήσης. Είναι χημικά αδρανές και έχει καλό πορώδες. Την στιγμή της διάθεσης είναι αποστειρωμένη και απολυμένεται εύκολα εάν πρόκειται να επαναχρησιμοποιηθεί.

- Μειονεκτήματα: Είναι βαρύ υλικό με βάρος $300-600 \text{ Kg/m}^3$ και έχει σχετικά χαμηλή ικανότητα συγκράτησης νερού που φτάνει το 15% του βάρους του.

Οργανικά Υποστρώματα.

Τα κυριότερα οργανικά υποστρώματα είναι η τύρφη (ξανθιά και μαύρη), υπολείματα ξύλου, υπολείματα ελαιουργίας κ.α. με ποικίλες ιδιότητες και διάφορα αποτελέσματα στις υδροπονικές καλλιέργειες.

α) Τύρφη.

Ο όρος "τύρφη", περικλείει μια μεγάλη ποικιλία προϊόντων φυτικής προέλευσης, που διαφέρουν μεταξύ τους ανάλογα με το φυτικό υλικό από το οποίο προέρχονται, το στάδιο αποσύνθεσης στο οποίο βρίσκονται και διάφορα άλλα χαρακτηριστικά τους.

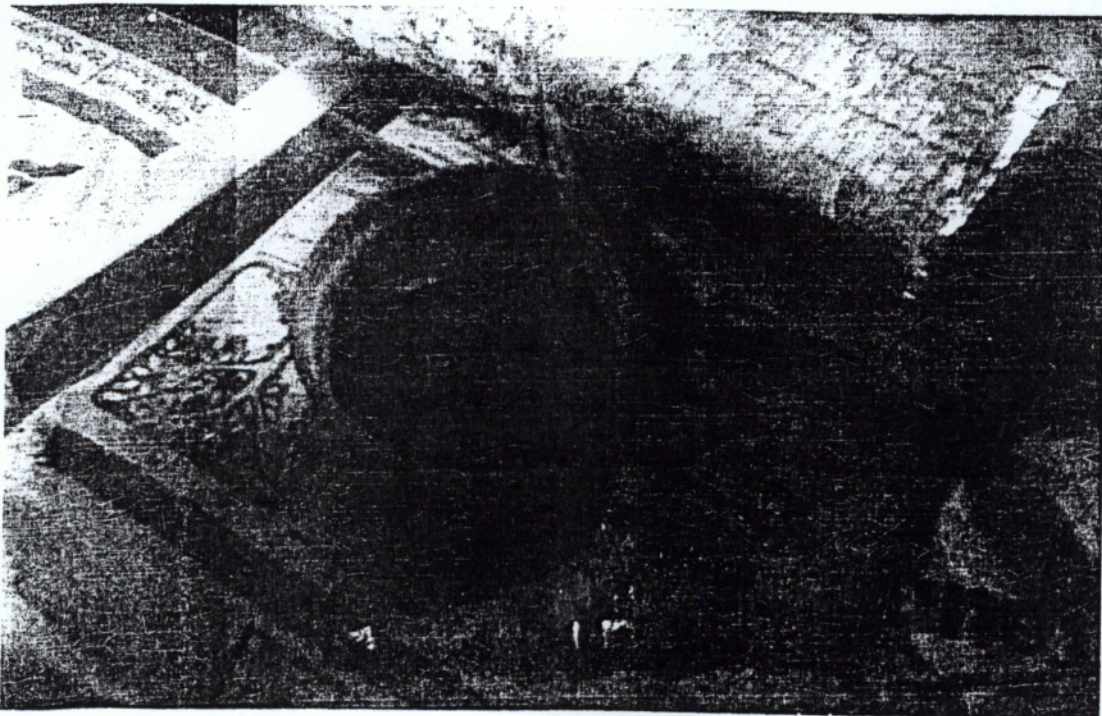
Η πιο καλή μορφή τύρφης για υποστρώματα είναι η ξανθιά τύρφη (ινώδης), που προέρχεται από σφάγνο και δεν βρίσκεται σε προχωρημένο στάδιο αποσύνθεσης (Εικ.4). Η ξανθιά τύρφη είναι ελαφριά με βάρος 160Kg/m^3 , έχει πολύ καλό πορώδες που κυμαίνεται μεταξύ 90-95% και καλή ικανότητα συγκράτησης νερού που φτάνει το 50-70% του όγκου της. Ακόμα και στη μέγιστη κατακράτηση νερού, διατηρεί ένα ποσό 12-15% του ολικού πορώδους για τον αέρα. Ο βαθμός αποδόμησής της είναι πολύ χαμηλός.

Ως μειονέκτημα αναφέρεται ότι έχει υψηλή εναλλακτική ικανότητα που φτάνει μέχρι $100-150 \text{ meq/100gr}$, παρουσιάζει δυσκολία στην απολύμανσή

της και εάν ξηρανθεί επανυγραίνεται δύσκολα. Έχει χαμηλό pH που κυμαίνεται μεταξύ 2,4-4,5 και το οποίο πρέπει να διορθωθεί με ανάλογη προσθήκη Ca. Σε περίπτωση αποδόμησής της υπάρχει κίνδυνος δημιουργίας ασφυκτικών συνθηκών στις ρίζες των φυτών:

Η άλλη μορφή τύρφης, η μαύρη τύρφη, είναι τελείως αποδομημένη με πορώδες 85% και βάρος 333Kg/m³ ενώ έχει ικανότητα συγκράτησης νερού 4-5 φορές το βάρος της. Έχει υψηλή εναλλακτική ικανότητα που φτάνει τα 350 meq/lit. Δεν χρησιμοποιείται όμως σαν υπόστρωμα γιατί οι ρίζες παρουσιάζουν πρόβλημα αερισμού.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα της τύρφης είναι ότι χρειάζονται καλή προετοιμασία και απολυμαίνεται δύσκολα εάν πρόκειται να επαναχρησιμοποιηθεί. Έχει ετερογένεια και σχετικά μικρή διάρκεια χρήσης που κυμαίνεται περίπου στις 2 καλλιεργητικές περιόδους ή και περισσότερο όταν πρόκειται για ξανθιά τύρφη.



"Εικ.4 Τύρφη".

Οι τύρφεις σπάνια χρησιμοποιούνται μόνες τους σαν υποστρώματα γιατί με τον χρόνο συμπαέζονται. Συνήθως αναμιγνύονται με κάποιο ανόργανο υπόστρωμα (π.χ. περλίτης).

β) Υπολείμματα Ξύλου.

Τα υπολείμματα ξύλου προέρχονται από την βιομηχανία ξύλου και χαρτιού. Συνήθως περιέχουν ουσίες φυτοτοξικές που εμποδίζουν την ανάπτυξη των φυτών. Για να μειωθεί η φυτοτοξική δράση των υπολειμμάτων του ξύλου, απαιτείται χρονικό διάστημα περίπου 5 μηνών. Επίσης, επειδή η σχέση C/N είναι πολύ υψηλή, απαιτείται η προσθήκη αζωτούχων λιπασμάτων βραδείας απόδοσης για να μην παρατηρηθεί έλλειψη N στο υπόστρωμα.

Από τα υπολείμματα του ξύλου τα μόνα που χρησιμοποιούνται με επιτυχία σαν υποστρώματα είναι τα πριονίδια, τα οποία χρησιμοποιούνται είτε μόνα τους (αμιγή) είτε σε μείγμα. Πριν την χρησιμοποίησή τους απαιτείται χρονικό διάστημα 6-12 μηνών για να δημιουργηθεί η κομπόστα. Είναι ελαφρύ υλικό, με pH 4,2-6 και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για 2-6 καλλιεργητικές περιόδους. Έχει όμως ετερογένεια, παρουσιάζει δυσκολίες στην απολύμανση, δεν αφήνει τις ρίζες να αερίζονται ικανοποιητικά με κίνδυνο να πάθουν ασφυξία τα φυτά. Επιπλέον περιέχει ρητίνες που μπορούν να αποβούν τοξικές για τα φυτά και υπάρχει ο κίνδυνος έλλειψης N εάν δεν γίνει καλά η προετοιμασία.

γ) Υπολείμματα Ελαιουργίας.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν υπόστρωμα μετά από περίοδο χουμοποίησης 4 μηνών. Έχουν ελαφρά υψηλό pH, αποδεκτή ηλεκτρική αγωγιμότητα και υψηλή περιεκτικότητα σε N. Όταν αναμιχθεί με άλλα υλικά, βελτιώνονται οι ιδιότητές του.

Άλλα υλικά φυτικής προέλευσης που έχουν δώσει αξιόλογα αποτελέσματα ως υποστρώματα είναι το άχυρο, τα στέμφυλα του σταφυλιού, φλοιοί ριζιού κ.α.

Συνθετικά Υποστρώματα.

Τελευταία έχουν δοκιμασθεί σαν υποστρώματα και συνθετικά υλικά, όπως το διογκωμένο πολυστυρένιο και η διογκωμένη πολυουρεθάνη.

Το διογκωμένο πολυστυρένιο έχει ουδέτερο pH, είναι χημικά αδρανές, σταθερό και βελτιώνει τον αερισμό και την αποστράγγιση του υποστρώματος. Έχει όμως μικρή ικανότητα συγκράτησης του νερού.

Η διογκωμένη πολυουρεθάνη περιέχει άζωτο βραδείας απελευθέρωσης, βελτιώνει την αποστράγγιση, και έχει μικρή ικανότητα συγκράτησης του νερού. Η διογκωμένη πολυουρεθάνη μπορεί να προκαλέσει προβλήματα φυτοτοξικότητας.

Τα συνθετικά υλικά συνήθως προστίθενται σε μείγματα, σε ποσότητες όχι μεγαλύτερες από 30-50%, έχουν όμως το μειονέκτημα να ανεβαίνουν στην επιφάνεια του υποστρώματος εξ'ατίας του μικρού τους βάρους.

2.2.2. Δοχεία καλλιέργειας.

Τα δοχεία καλλιέργειας που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία με υποστρώματα, είναι συνήθως από πλαστική ύλη. Οι ιδιότητες που πρέπει να έχουν είναι η στεγανότητα, η χημική αδράνεια, να είναι ανθεκτικά και εύκολα στη χρήση και την τοποθέτηση. Προσαρμόζουμε την μορφή και τις διαστάσεις ανάλογα με τον τύπο του υποστρώματος, την καλλιέργεια, καθώς και τον τύπο του θερμοκηπίου.

Γενικά διακρίνονται τρεις τύποι δοχείων.

-Φυτοδοχεία (Γλάστρες).

Οι γλάστρες μπορεί να είναι κατασκευασμένες είτε από σκληρό πλαστικό είτε από μαλακό πλαστικό (σακκουλάκια). Μέσα στα φυτοδοχεία τοποθετείται το υποστρώμα που θα χρησιμοποιηθεί και φυτεύεται το φυτό (Εικ.5).

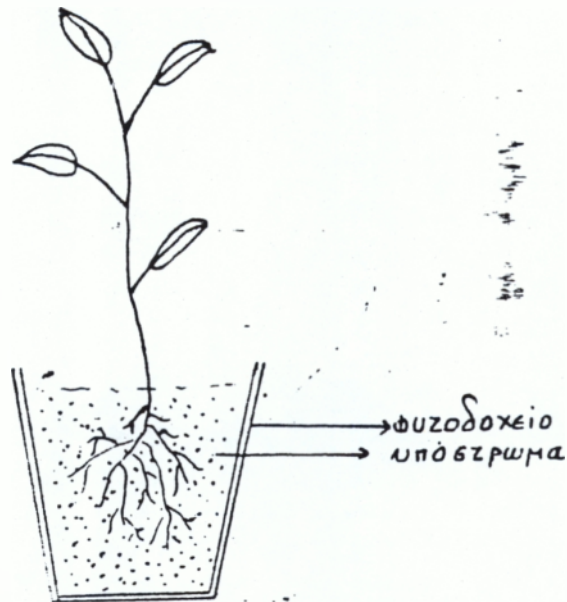


Εικ.5 Φυτοδοχεία από σκληρό πλαστικό και σακκουλάκια με υπόστρωμα άμμου

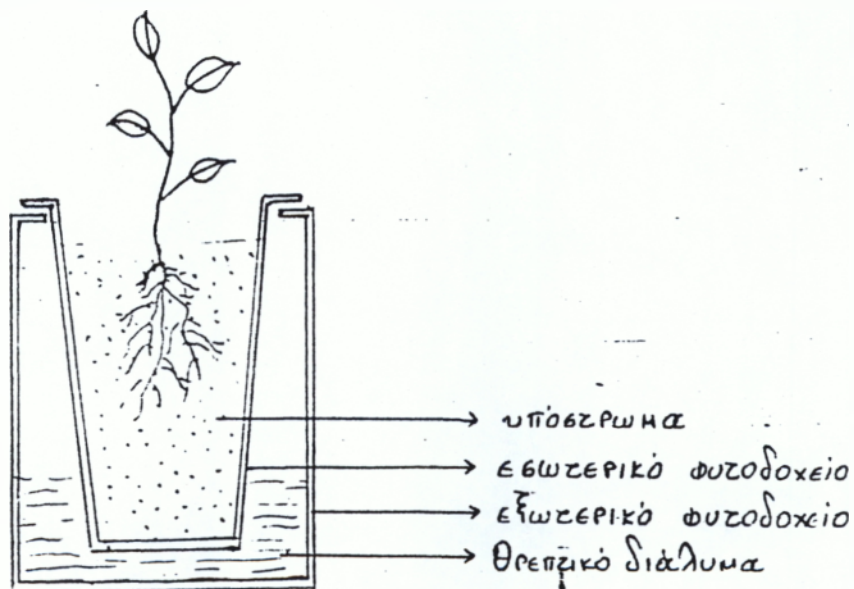
Το θρεπτικό διάλυμα δίνεται είτε με σταλακτήρες από το πάνω μέρος του φυτοδοχείου είτε από το κάτω μέρος του από τις οπές αποστράγγισης.

Συνήθως χρησιμοποιούνται απλά φυτοδοχεία (Σχ.11), υπάρχει όμως και η περίπτωση τα φυτοδοχεία να χρησιμοποιούνται διπλά (Σχ.12). Όταν χρησιμοποιούνται διπλά φυτοδοχεία, στο ένα τοποθετείται το υπόστρωμα και το φυτό και στο άλλο το θρεπτικό διάλυμα και το φυτοδοχείο με το νερό.

Η καλλιέργεια σε διπλά φυτοδοχεία είναι πολύπλοκη και έχει υψηλό κόστος, και έτσι δεν χρησιμοποιείται πολύ. Αντίθετα η καλλιέργεια σε απλά φυτοδοχεία χρησιμοποιείται αρκετά στις υδροπονικές καλλιέργειες.



Σχ.11 Απλό φυτοδοχείο.



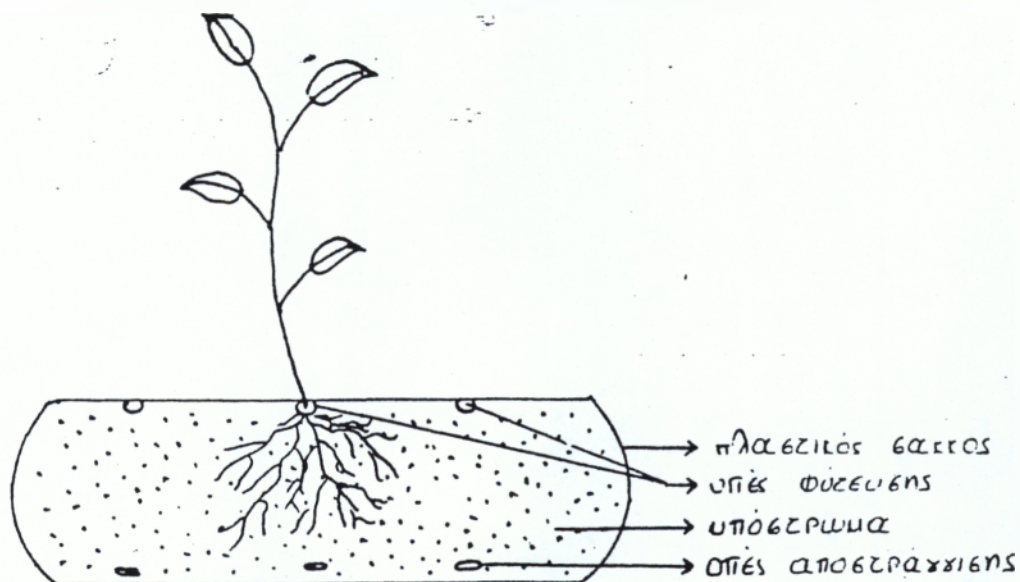
Σχ.12 Διπλό φυτοδοχείο.

Σάκκοι.

Οι σάκκοι κατασκευάζονται συνήθως από πολυαιθυλένιο ή πολυπροπυλένιο. Πρέπει να είναι αδιαπέραστοι από το φως και η εξωτερική τους πλευρά να είναι λευκή για καλύτερο φωτισμό του θερμοκηπίου καθώς και να μην υπερθερμαίνονται τους θερινούς μήνες. Μέσα στους σάκκους τοποθετείται το υπόστρωμα (Σχ.13). Στην πάνω

επιφάνεια των σάκκων ανοίγονται οπές για να φυτευτούν τα φυτά και στην κάτω επιφάνεια οπές για την αποστράγγιση της περίσσειας του θρ. διαλύματος.

Τελευταία οι βιομηχανικοί και εμπορικοί οίκοι διαθέτουν έτοιμο για χρήση τον σάκκο μαζί με το περιεχόμενο υπόστρωμα ανάπτυξης.

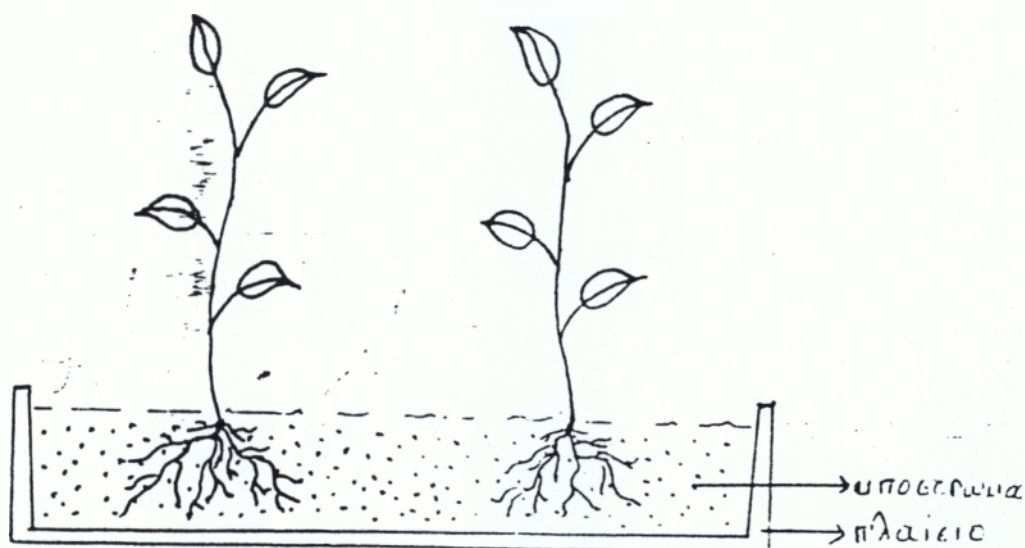


Σχ.13 Σάκκοι με υπόστρωμα.

- πλαίσια.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι κατασκευής πλαισίων και από διάφορα υλικά, όπως είναι το μπετόν, η γαλβανισμένη λαμαρίνα, το μαλακό πλαστικό κ.α. Είναι ορθογωνικής διατομής, με διάφορες διαστάσεις που ποικίλουν ανάλογα με το υλικό και τον τρόπο κατασκευής, το υπόστρωμα που θα χρησιμοποιηθεί και το είδος της καλλιέργειας (Σχ.14).

Τα πλαίσια συνήθως χρησιμοποιούνται για καλλιέργειες με βαριά υποστρώματα (άμμος, χαλίκια), χωρίς να απορίπτονται κατ' ανάγκη υπόλοιπα.



Σχ.14 Πλάισιο

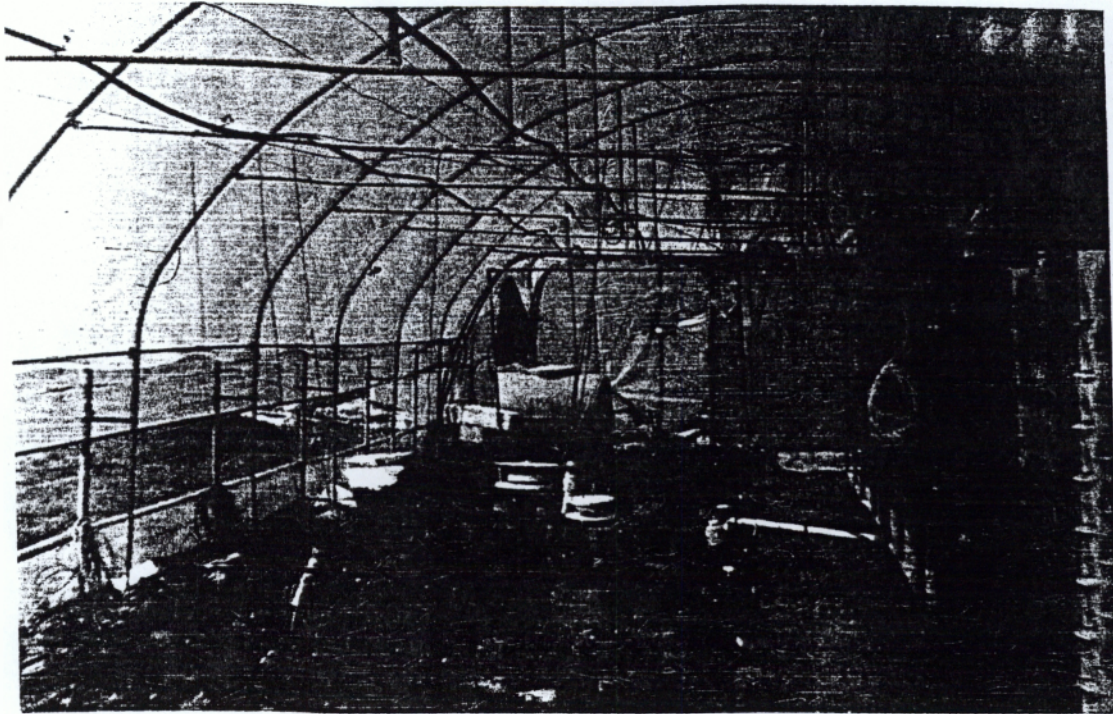
2.2.3. Συστήματα υδροπονικής καλλιέργειας σε υποστρώματα.

α) Καλλιέργεια σε φυτοδοχεία (γλάστρες).

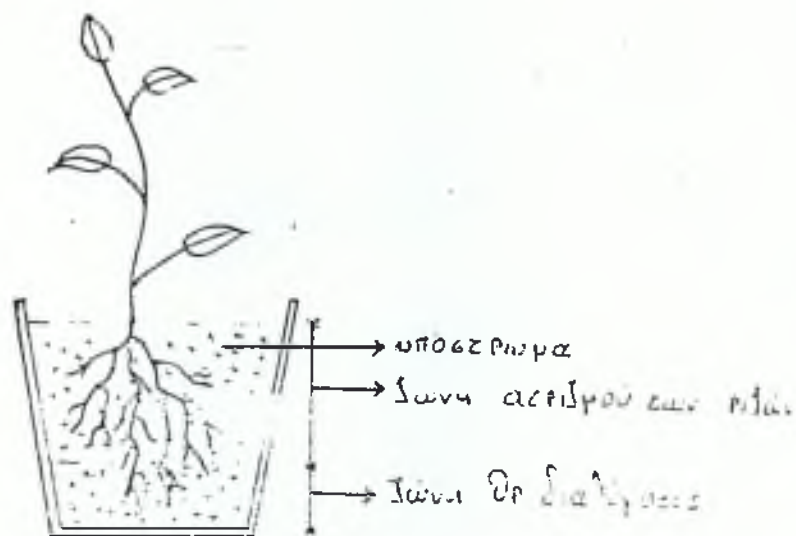
Η υδροπονική καλλιέργεια σε γλάστρες, είναι μια μέθοδος στην οποία είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν διάφορα υποστρώματα. Συνήθως χρησιμοποιείται με μη ανακυκλούμενο διάλυμα και κατά κανόνα η άρδευση γίνεται με σταγόνα (Εικ.6). Το μέγεθος και το σχήμα των δοχείων εξαρτάται από την καλλιέργεια.

Τα δοχεία μπορεί να έχουν τρύπες για αποστράγγιση, είναι δυνατόν όμως και να μην έχουν. Αυτό γίνεται για οικονομία νερού. Στην περίπτωση που τα δοχεία δεν έχουν τρύπες για αποστράγγιση, μετά το πότισμα μέσα στο φυτοδοχείο δημιουργείται μια ζώνη μέσα στην οποία οι πόροι του υποστρώματος είναι κορεσμένοι με θρ. διάλυμα (Σχ.15). Αντίθετα στην περίπτωση που τα φυτοδοχεία έχουν τρύπες για αποστράγγιση, η περίσσεια του θρ. διαλύματος απομακρύνεται.

Τα φυτοδοχεία συνήθως τοποθετούνται σε γραμμές και η πυκνότητά τους καθώς και ο αριθμός φυτών/δοχείο εξαρτάται από το μέγεθος του δοχείου και από το φυτό που θα καλλιεργηθεί.

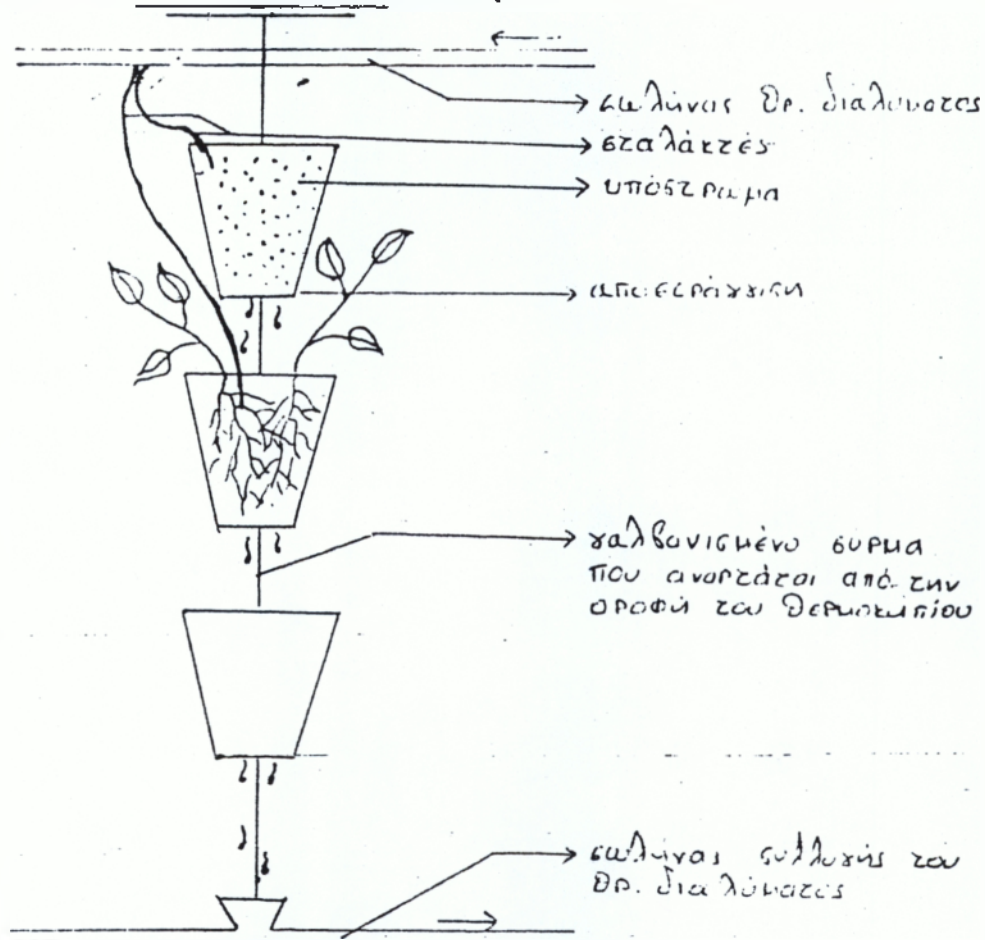


Εικ.6 Υδροπονική καλλιέργεια φράουλας σε γλάστρες με υπόστρωμα περλίτη.



Σχ.15 Κατανομή θρ. διαλύματος και αέρα σε καλλιέργεια με φυτοδοχείο χωρίς τρύπες αποστράγγισης.

Τελευταία γίνονται πειράματα και για κατακόρυφες καλλιέργειες σε δοχεία. Σ' αυτήν την περίπτωση τα δοχεία περνούν από την κεντρική οπή αποστράγγισης σ' ένα γαλβανισμένο σύρμα από το οποίο αναρτώνται (Σχ.16). Το γαλβανισμένο σύρμα στηρίζεται στην οροφή του θερμοκηπίου ή από ειδική κατασκευή.



Σχ.16 Κατακόρυφη καλλιέργεια σε γλάστρες.

Σε κάθε σύρμα τοποθετούνται 8-10 γλάστρες που γεμίζονται με το υπόστρωμα. Η άρδευση γίνεται με σταλακτήρες, συνήθως 2 σε κάθε στήλη, εκ των οποίων ο ένας στην ψηλότερη γλάστρα της στήλης και ο άλλος στη κεντρική. Το θρ. διάλυμα που στραγγίζει από την ψηλότερη γλάστρα, πέφτει με την βαρύτητα στην αμέσως από κάτω γλάστρα από τις τρύπες αποστράγγισης κ.ο.κ. Έτσι επιτυγχάνεται το πότισμα όλων των φυτοδοχείων της στήλης. Κάτω από την τελευταία γλάστρα υπάρχει σωλήνας που συλλέγει την περίσσεια του θρ. διαλύματος της

στήλης και το επιστρέφει στην δεξαμενή του θρ. διαλύματος από όπου μπαίνει ξανά σε κυκλοφορία.

Η μέθοδος υδροπονικής καλλιέργειας σε γλάστρες, χαρακτηρίζεται από τον περιορισμένο χώρο ανάπτυξης των ριζών.

β) Καλλιέργεια σε πλαίσια.

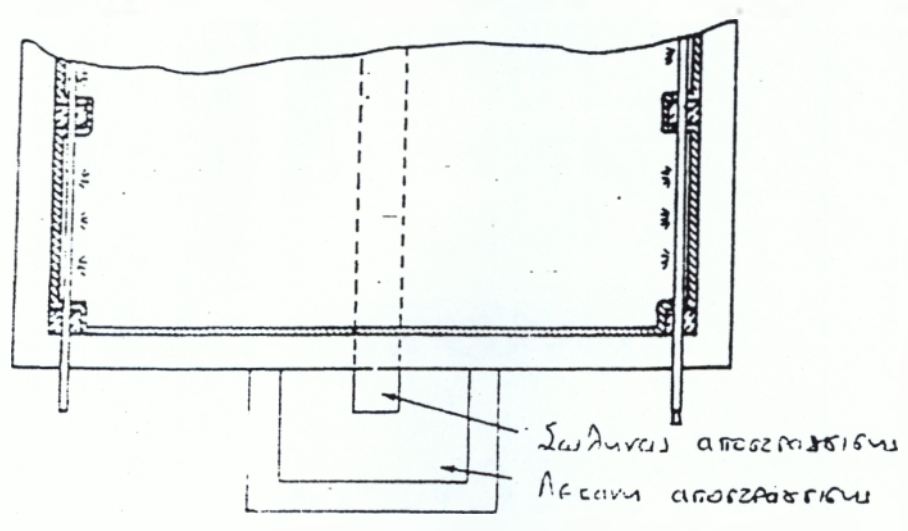
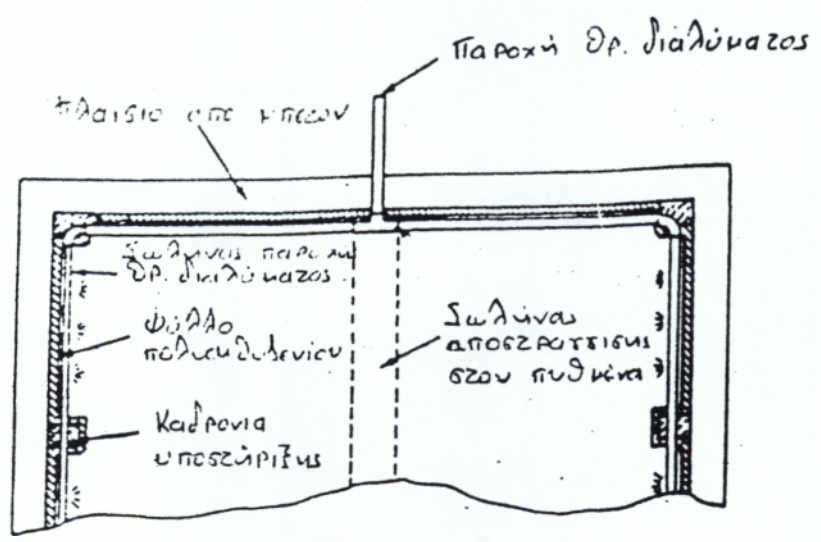
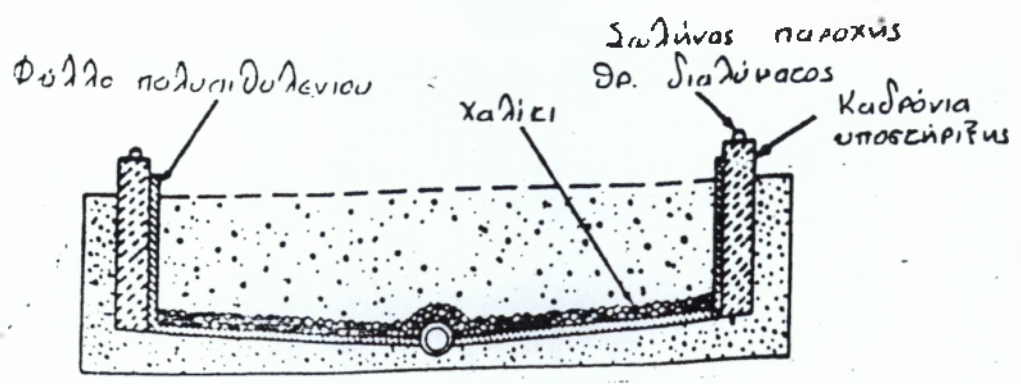
Η καλλιέργεια σε πλαίσια είναι μια μέθοδος που έχει πολλά κοινά με την καλλιέργεια σε γλάστρες. Μπορεί να χρησιμοποιηθούν διάφορα υποστρώματα, συνήθως όμως χρησιμοποιείται άμμος. Η άρδευση γίνεται είτε με σταγόνες είτε με διάτρητους σωλήνες είτε με κατάκλυση. Όταν γίνεται με κατάκλυση, η χορήγηση του θρ. διαλύματος γίνεται στο υψηλότερο σημείο του πλαισίου και το θρ. διάλυμα κατευθύνεται προς το χαμηλότερο με φυσική ροή. Το έδαφος ή τα πλαίσια διαμορφώνονται έτσι ώστε να έχουν κλίση 0,2-0,5%, και έτσι η περίσσεια του θρ. διαλύματος στραγγίζει στο χαμηλότερο σημείο του πλαισίου, από όπου και απομακρύνεται (Σχ.17). Εάν το σύστημα είναι με ανακυκλούμενο θρ. διάλυμα, τότε η περίσσεια του θρ. διαλύματος οδηγείται στην δεξαμενή θρ. διαλύματος από όπου ξαναμπαίνει σε κυκλοφορία (Σχ.18).

Τα πλαίσια συνήθως έχουν πλάτος 80-120 cm και μήκος 30-50 m ενώ το βάθος τους ποικίλει ανάλογα με το καλλιεργούμενο φυτό και το υπόστρωμα που χρησιμοποιούμε. Δεν πρέπει όμως να είναι μικρότερο από 25 cm γιατί δημιουργούνται προβλήματα αποστράγγισης.

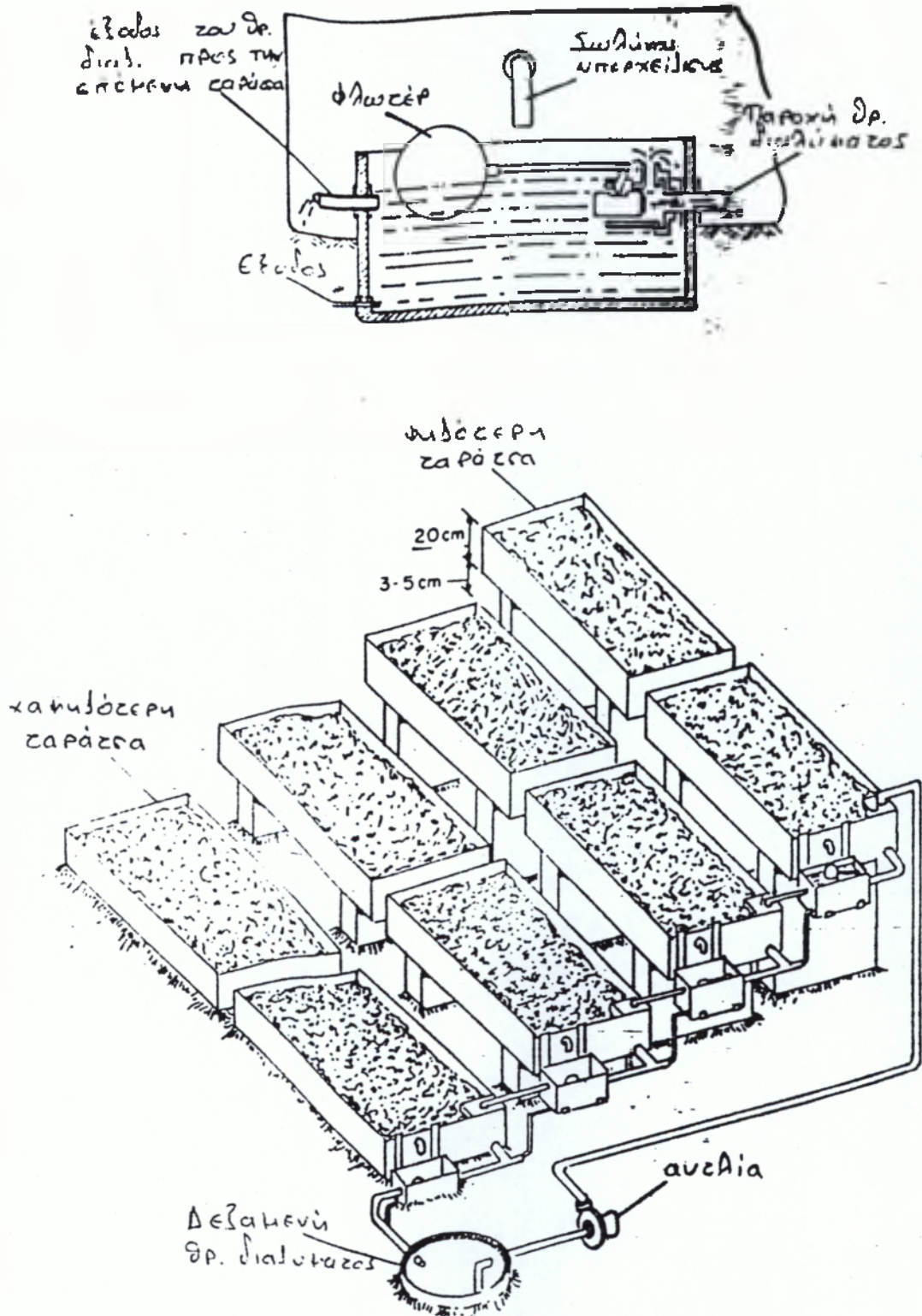
Τα φυτά τοποθετούνται σε 1 ή 2 σειρές, συνήθως φυτεμένα σε φυτοδοχεία χωρίς πυθμένα ή σε κύβους πετροβάμβακα. Η διάρκεια χρήσης των πλαισίων κυμαίνεται σε 5-10 χρόνια, ενώ του όλου συστήματος εξαρτάται από το χρησιμοποιούμενο υπόστρωμα.

Η καλλιέργεια σε πλαίσια χαρακτηρίζεται από πολύ καλό αερισμό των ριζών του φυτού και μικρούς κινδύνους συσσώρευσης αλάτων αλλά και από το μειωμένο κόστος που έχει.

Τελευταία έχει δοκιμασθεί στις ΗΠΑ η διαμόρφωση ολόκληρων των θερμοκηπίων σαν ένα πλαίσιο με ανάλογο αρδευτικό και στραγγιστικό δίκτυο, δίνοντας αξιόλογα αποτελέσματα.



Σχ.17 Υδροπονική καλλιέργεια σε πλαίσιο με άμμο (FAO Technical Papers No 101/1990).



Σχ.18 Ανακυκλούμενο σύστημα με υπόστρωμα χαλικίων
(FAO Technical Papers No 101/1990).

γ) Καλλιέργεια σε σάκκους.

Η μέθοδος της υδροπονικής καλλιέργειας σε σάκκους δημιουργήθηκε σχετικά πρόσφατα, και συναντάει ήδη εφαρμογή στη χώρα μας. Χρησιμοποιούνται κυρίως δύο υποστρώματα σε αμιγή μορφή, η ξανθιά τύρφη και ο περλίτης.

Καλλιέργεια σε σάκκους με τύρφη.

Στην καλλιέργεια σε σάκκους με τύρφη, χρησιμοποιείται συνήθως η ξανθή τύρφη ή μίγμα ξανθής με μαύρη τύρφη. Οι σάκκοι είναι κατασκευασμένοι από αδιαφανές μαλακό φύλλο πολυαιθυλενίου και περιέχουν 15-40 λίτ υποστρώματος, ανάλογα με τον κατασκευαστή. Συνήθως η τύρφη είναι εμπλουτισμένη με λιπάσματα βραδείας αποδόσεως.

Οι σάκκοι τοποθετούνται στο έδαφος σε διπλή σειρά, και ενδιάμεσα στις δύο σειρές εγκαθίστανται οι σωληνώσεις άρδευσης, η οποία γίνεται με σταγόνες. Τοποθετείται ένας σταλακτήρας παροχής 1-2 λίτ/η πλάι σε κάθε φυτό. Στο πλαινό τμήμα του σάκκου και σε ύψος 1-2 cm από την επιφάνεια του εδάφους ανοίγονται μικρές σχισμές πλάτους 2 cm για να στραγγίζει η περίσσεια του θρ. διαλύματος σε ένα κανάλι συλλογής και να απομακρύνεται. Το θρ. διάλυμα στην καλλιέργεια σε σάκκους με τύρφη δεν ανακυκλώνεται. Σε κάθε σάκκο τοποθετούνται συνήθως 2-3 φυτά. Τα φυτά αναπτύσσονται στην αρχή σε υπόστρωμα από τύρφη ή πετροβάμβακα και στη συνέχεια μεταφυτεύονται στους σάκκους, μαζί με το αρχικό υπόστρωμα.

Το σύστημα αυτό, απαιτεί τον συχνό έλεγχο της συγκέντρωσης αλάτων και θρ. στοιχείων στο υπόστρωμα, από το οποίο λαμβάνονται δείγματα και αναλύονται, κάθε 2-4 εβδομάδες. Επίσης υπάρχει και ο κίνδυνος αποδόμησης της τύρφης και η δημιουργία συνθηκών ασφυξίας στο περιβάλλον του ριζοστρώματος.

Οι σάκκοι τύρφης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για 2-4 καλλιεργητικές περιόδους, και έπειτα η τύρφη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό.

Καλλιέργεια σε σάκκους με περλίτη.

Η μέθοδος αυτή λειτουργεί και με ανακυκλούμενο και με μη ανακυκλούμενο διάλυμα. Το μέγεθος των σάκκων καθώς και ο αριθμός φυτών ανά σάκκο υπολογίζονται έτσι ώστε σε κάθε φυτό να αντιστοιχούν 9 lit περλίτη (Σχ.19).

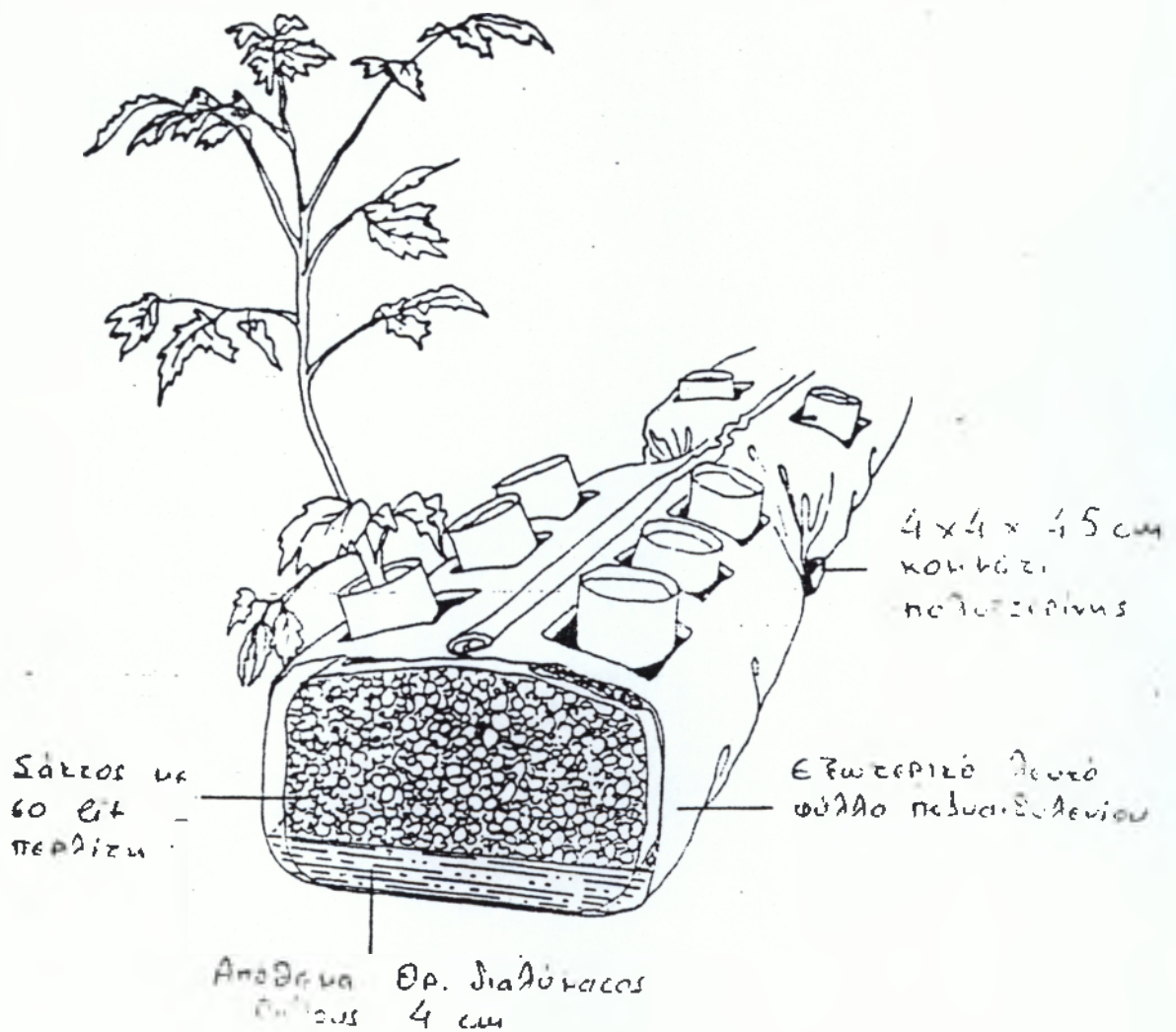
Οι σάκκοι, για λόγους θερμομόνωσης τοποθετούνται πάνω σε φύλλα διογκωμένης πολυστερίνης (Σχ.20). Η τοποθέτηση των σάκκων γίνεται σε διπλή σειρά, με ελαφρά κλίση προς το κέντρο όπου υπάρχει το κανάλι συλλογής της περίσσειας του θρ. διαλύματος, από το οποίο το θρ. διάλυμα, είτε απομακρύνεται είτε οδηγείται στην δεξαμενή θρ. διαλύματος για επανακυκλοφορία. Όταν το σύστημα είναι με ανακυκλούμενο διάλυμα, τότε απαιτείται καλή διαμόρφωση του εδάφους με κλίση 1-1,5%.

Το φυτάριο, μαζί με το υπόστρωμα ανάπτυξης (τύρφη ή πετροβάμβακας) τοποθετείται στον σάκκο όπως και στους σάκκους τύρφης, και η άρδευση γίνεται με σταγόνες με σταλάκτες παροχής 1-2 lit/h σε κάθε φυτό. Η αποστράγγιση της περίσσειας του θρ. διαλύματος γίνεται από μικρές σχισμές στους σάκκους, όπως και στο σύστημα με την τύρφη.

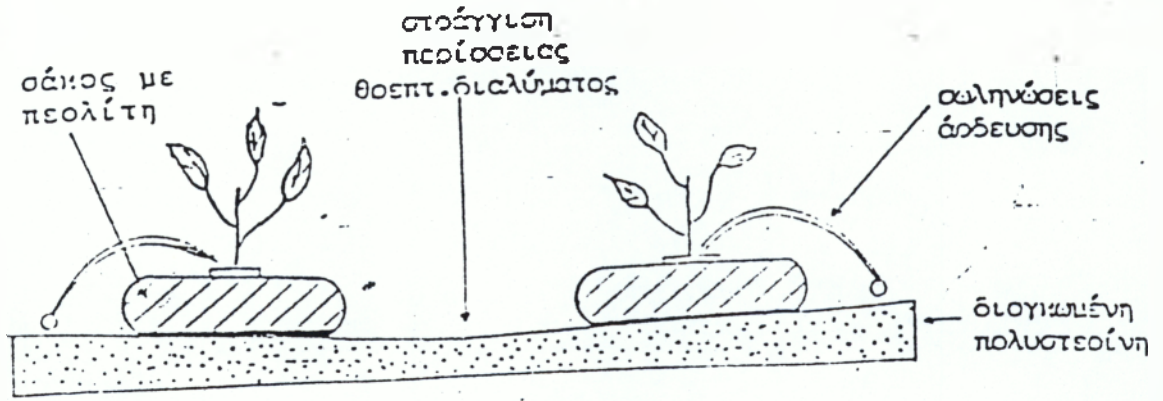
Και στην καλλιέργεια με σάκκους τύρφης και στην καλλιέργεια με σάκκους περλίτη, οι σάκκοι τυλίγονται με αδιαφανές φύλλο πολυαιθυλενίου που στην εσωτερική του επιφάνεια είναι μαύρο ενώ στην εξωτερική λευκό (Εικ.7).

Τα τελευταία χρόνια, κυρίως στην Ιταλία και την Ολλανδία, αναπτύχθηκε η καλλιέργεια σε σάκκους με περλίτη, οι οποίοι αντί να τοποθετούνται οριζόντια, αναρτώνται από τον σκελετό του θερμοκηπίου κάθετα. Οι σάκκοι σ' αυτήν την περίπτωση είναι κατασκευασμένοι από το ίδιο αδιαφανές φύλλο πολυαιθυλενίου, διαμορφωμένο σε μορφή σωλήνα με ύψος 1,5-2 m και

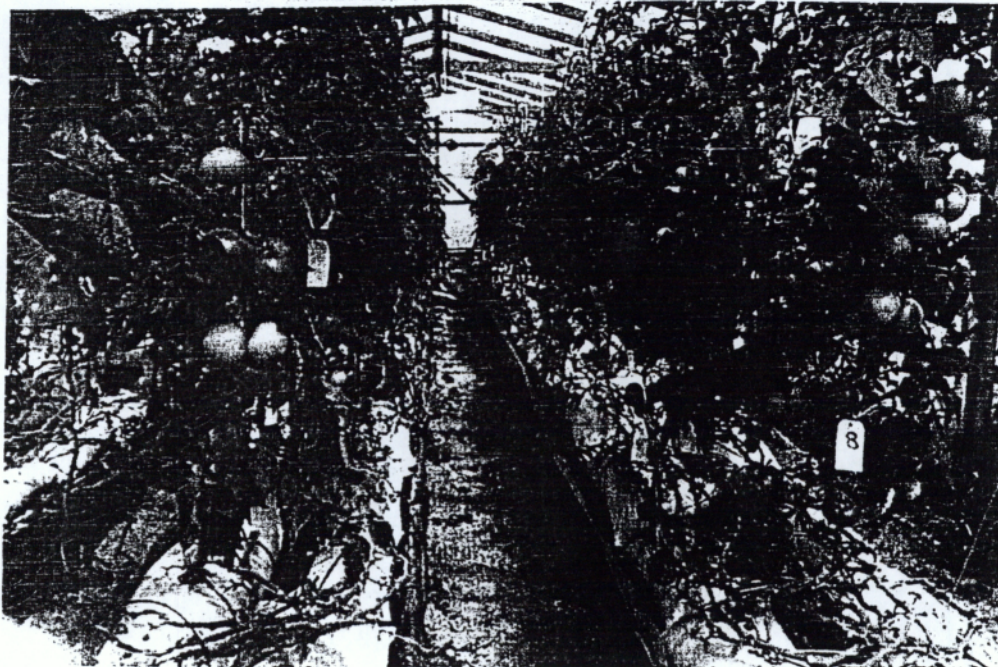
διάμετρο 20-25 cm. Τα φυτά τοποθετούνται στον σάκκο περιμετρικά και η άρδευση γίνεται με σταλάκτες που τοποθετούνται σ'όλο το ύψος του σάκκου (ο αριθμός ποικίλει ανάλογα με το ύψος του σάκκου, από 1 έως 3 σταλάκτες). Η μέθοδος αυτή αυξάνει πολύ τις στρεμματικές αποδόσεις λόγω του μεγάλου πληθυσμού των φυτών/στρέμμα.



Σχ. 19 Υδροπονική καλλιέργεια σε σάκκους με περλίτη (FAO Technical Papers No 101/1990).



Σχ.20 Τοποθέτηση σακκών με περλίτη.



Εικ.7 Υδροπονική καλλιέργεια τομάτας σε σακκούς περλίτη.

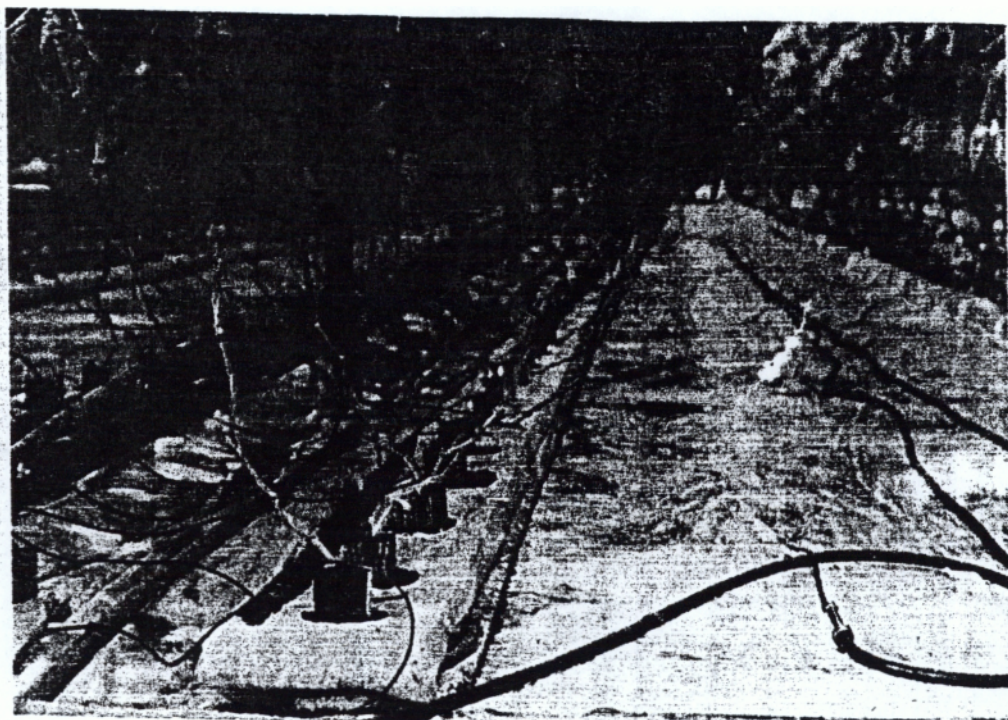
δ) Καλλιέργεια σε πετροβάμβακα (rockwool).

Η καλλιέργεια σε πετροβάμβακα μπορεί να γίνει ή με τη μέθοδο της ανακύκλωσης ή χωρίς ανακύκλωση του θρ. διαλύματος.

Συνήθως χρησιμοποιείται η μέθοδος χωρίς ανακύκλωση του θρ. διαλύματος. Σ' αυτή τη μέθοδο, το έδαφος διαμορφώνεται με κλίση 0,3-0,8% και καλύπτεται όλο με αδιαφανές φύλλο πολυαιθυλενίου για να αποτραπεί η ανάπτυξη ζιζανίων και παθογόνων του εδάφους (Εικ.8). Το πολυαιθυλένιο είναι μαύρο στην κάτω επιφάνεια και λευκό στην πάνω για να δημιουργεί και καλύτερες συνθήκες φωτισμού στον χώρο. Στο έδαφος, πάνω στο πολυαιθυλένιο, τοποθετούνται φύλλα διογκωμένης πολυστερίνης για λόγους θερμομόνωσης, με πλάτος 15-30 cm και πάχος 2-3 cm. Τοποθετούνται σε σειρές με αποστάσεις ανάλογες με τις γραμμές φύτευσης. Μέσα από την διογκωμένη πολυστερίνη μπορεί να διέρχεται σωλήνας με θερμό νερό για θέρμανση των ριζών των φυτών. Πάνω στην διογκωμένη πολυστερίνη τοποθετείται φύλλο λευκού πλαστικού, πλάτους 45-75 cm και πάνω του ο πετροβάμβακας σε τεμάχια μήκους 1,25 m, πάχους 7,5 cm και πλάτους 15-50 cm (ανάλογα με την καλλιέργεια).

Ανά 1-2 m διακόπτεται η συνέχεια του καναλιού που σχηματίζεται, τραβώντας λίγο προς τα πάνω το φύλλο του λευκού πλαστικού. Στη συνέχεια γυρίζονται οι άκρες του ώστε να καλύψουν εξ'ολοκλήρου τον πετροβάμβακα και συγκρατούνται με καρφίτσες.

Στην επάνω πλευρά του πετροβάμβακα και στις επιθυμητές διαστάσεις, κόβεται ένα τμήμα του πλαστικού φύλλου ώστε να μπορέσουν οι ρίζες των νεαρών φυταρίων που θα τοποθετηθούν αργότερα να εισχωρήσουν μέσα στον πετροβάμβακα.



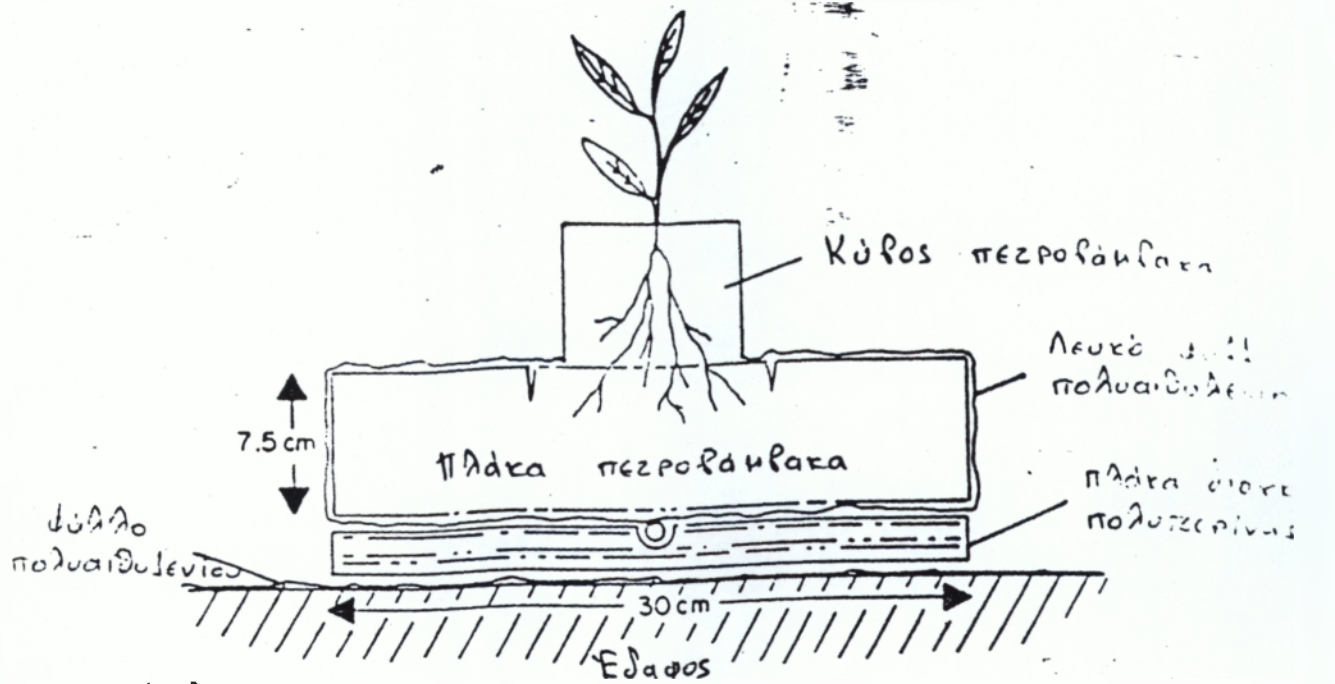
Εικ.8 Υδροπονική καλλιέργεια αγγουραίου σε πετροβάμβακα. (Μαυρογιανόπουλος Ν., 1994).

Τα νεαρά φυτάρια αναπτύσσονται στο φυτώριο σε κύβους πετροβάμβακα, και αργότερα τοποθετείται σε κάθε θέση φύτευσης ένας κύβος πετροβάμβακα μαζί με το φυτάριο που φέρει.

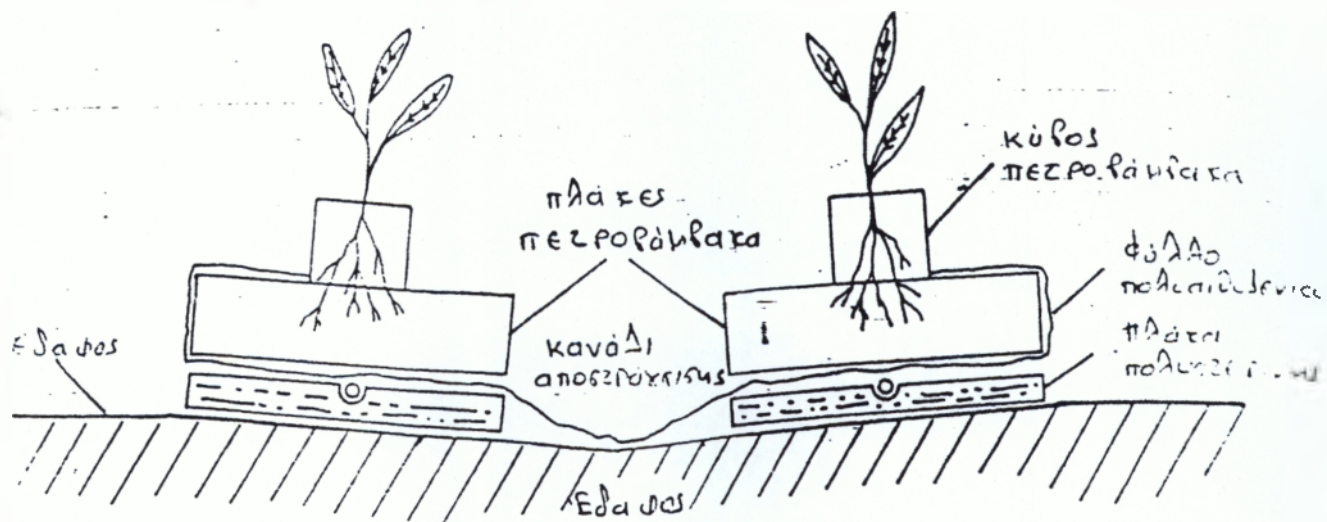
Η άρδευση γίνεται με σταγόνες, με ένα σταλάκτη σε κάθε φυτό και η στράγγιση από σχισμές που γίνονται στο φύλλο πλαστικό στις πλευρές, ανάμεσα από τις θέσεις άρδευσης.

Όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί το σύστημα με ανάκυκλούμενο διάλυμα, τότε το έδαφος διαμορφώνεται με κλίση 1,5-2%. Οι πλάκες πολυστερίνης έχουν μεγαλύτερο πλάτος ώστε να φυτεύονται τα φυτά σε δύο γραμμές φύτευσης σε κάθε γραμμή πολυστερίνης (Σχ.21).

Οι πλάκες πολυστερίνης έχουν κεκλιμένη επιφάνεια έτσι ώστε το διάλυμα που περισεύει κατά το πότισμα, να μαζεύεται στο χώρο μεταξύ δύο γραμμών πετροβάμβακα, από όπου μετακινείται με τη βαρύτητα στο χαμηλότερο σημείο της γραμμής και επιστρέφει πάλι στη δεξαμενή θερ. διαλύματος για να ξαναμπεί σε κυκλοφορία.



(α)



(β)

Σχ.21 Υδροπονική καλλιέργεια σε πλάκες πετροβάλβια με: (α) μονή σειρά και (β) διπλή σειρά.

2.3. Θρέψη - Θρεπτικά Διαλύματα.

Η ανόργανη θρέψη του φυτού στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την παροχή νερού στο φυτό. Η θρέψη διασφαλίζεται με θρεπτικά διαλύματα που περιέχουν τα 12 απαραίτητα στοιχεία, και χαρακτηρίζονται από τρεις παραμέτρους:

- το pH.
- τη συγκέντρωση αλάτων και
- την ιονική ισορροπία.

Η περιεκτικότητα του διαλύματος σε θρεπτικά στοιχεία, πρέπει σε κάθε στιγμή να καλύπτει τις ανάγκες του φυτού και να προλαμβάνει κάθε πιθανότητα τροφopenίας. Αντίστοιχα, το θρ. διάλυμα δεν πρέπει να έχει συγκεντρώσεις στοιχείων υψηλότερες από τις ανάγκες του φυτού, για να αποφευχθεί η απορόφηση στοιχείων σε ποσότητες πέραν του κανονικού και η παραγωγή υπερβολικής βλάστησης σε βάρος της παραγωγής και της ποιότητας των καρπών.

Το pH, η συγκέντρωση αλάτων και η ιονική ισορροπία ελέγχονται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, τόσο στο θρ. διάλυμα όσο και στο υπόστρωμα. Οι παραπάνω παράμετροι είναι καθοριστικές στη συμπεριφορά και αντίδραση του φυτού, και για κάθε είδος και συχνά για κάθε ποικιλία υπάρχει ένα φυσιολογικό optimum.

2.3.1. Το pH.

Με εξαίρεση ορισμένα φυτά που χαρακτηρίζονται σαν οξύφιλα ή αλκαλίφιλα και μπορούν να καλλιεργηθούν σε επίπεδα ακραίων τιμών pH, τα περισσότερα καλλιεργούμενα φυτά προτιμούν τιμές pH μεταξύ 5,5 και 6,5. Οι μέσες αυτές τιμές του pH παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα και σε χημικό επίπεδο: Αποφεύγεται η ενδεχόμενη δέσμευση των φωσφορικών ενώσεων και ορισμένων ιχνοστοιχείων και συγχρόνως εξασφαλίζεται η καλύτερη δυνατή διαλυτότητα των αλάτων που χρησιμοποιούνται στην παρασκευή του θρ. διαλύματος.

Η τελική τιμή του pH ενός διαλύματος εξαρτάται από την τιμή του pH του νερού που χρησιμοποιούμε και από την φύση των αλάτων του θρ. διαλύματος. Στη χώρα μας τα νερά χαρακτηρίζονται συχνά από αλκαλική αντίδραση και γιαυτό η χρήση τους στα θρ. διαλύματα προϋποθέτει μια προηγούμενη οξίνιση με την χρήση οξέων. Τα οξέα που χρησιμοποιούνται γιαυτό το σκοπό είναι το Φωσφορικό οξύ (H_3PO_4), το Νιτρικό οξύ (HNO_3) και το θειικό οξύ (H_2SO_4).

Το H_3PO_4 και το HNO_3 ταυτόχρονα με την οξίνιση του θρ. διαλύματος, προσθέτουν και θρ. στοιχεία τα οποία πρέπει να υπολογίζονται στην σύσταση του θρ. διαλύματος, έχουν όμως μικρότερη ικανότητα οξίνισης από το H_2SO_4 . Επιπλέον, για την οξίνιση των ανακυκλούμενων θρ. διαλυμάτων, είναι δυνατόν να απαιτούνται μεγάλες ποσότητες από H_3PO_4 ή HNO_3 και για να συγκεντρώνεται έτσι N ή P στο θρ. διάλυμα σε υπερβολικές τιμές για τις ανάγκες του φυτού, και να δημιουργούν έτσι προβλήματα τοξικότητας στα φυτά ενώ εάν προστεθεί περισσότερο S με το H_2SO_4 από τις ανάγκες του φυτού, δεν θα υπάρχουν αρνητικές επιπτώσεις στα φυτά.

Το pH του θρ. διαλύματος μπορεί να επηρεαστεί και από την χημική ενεργότητα του υποστρώματος, γιαυτό θα πρέπει να επιλέγονται υποστρώματα χημικά αδρανή.

2.3.2. Συγκέντρωση αλάτων στο θρ. διάλυμα.

Η συγκέντρωση αλάτων στο θρ. διάλυμα καθορίζει την ωσμωτική πίεση του διαλύματος, η οποία πρέπει να είναι κατώτερη απ'αυτήν του κυτταρικού χυμού, προκειμένου να πραγματοποιείται διάχυση του διαλύματος προς το φυτό.

Η συγκέντρωση αλάτων ελέγχεται με προσδιορισμό της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας, και είναι προϊόν όχι μόνο των αλάτων που προστίθενται κατά την παρασκευή του θρ. διαλύματος αλλά και εκείνων που περιέχονται στο χρησιμοποιούμενο νερό άρδευσης.

Η χρησιμοποίηση νερών υψηλής αλατότητας πρέπει να αποφεύγεται, ειδικά στις περιπτώσεις ανακυκλούμενων θρ. διαλυμάτων.

Η συγκέντρωση αλάτων μπορεί να επηρεαστεί και από χημικές αντιδράσεις που προκαλούνται μεταξύ του θρ. διαλύματος και του υποστρώματος.

2.3.3. Ιονική σύσταση των θρ. διαλυμάτων.

Η προσαρμογή της σύστασης του θρ. διαλύματος στις ανάγκες του καλλιεργούμενου φυτού, μπορεί να θεωρηθεί σαν μη απαραίτητη αν ληφθεί υπόψη η εκλεκτική δυνατότητα απορρόφησης που χαρακτηρίζει το ριζικό σύστημα. Στην πράξη όμως μια τέτοια προσαρμογή κρίνεται σαν ιδιαίτερα ωφέλιμη γιατί επιτρέπει τον έλεγχο της χημικής ανισορροπίας μεταξύ της υγρής φάσης και του υποστρώματος. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται με 00000γαλύτερη διάρκεια ζωής στο σύστημα καλλιέργειας και μείωση των εξόδων.

2.3.4. Τύποι θρεπτικών διαλυμάτων.

Από τους διάφορους ερευνητές έχουν δημιουργηθεί πολλοί τύποι θρεπτικών διαλυμάτων. Από το Ίδρυμα Γεωπονικών Ερευνών (I N R A) και το Τεχνικό κέντρο Φρούτων και Λαχανικών της Γαλλίας, συστήνονται δύο τύποι διαλυμάτων, ένα για φυτά ουδετερόφιλα και ένα για φυτά οξύφιλα. Πρόκειται για διαλύματα που χαρακτηρίζονται από ιονική ισορροπία και αποσκοπούν στη δημιουργία ενός pH κοντά στο 5,8-6 στα ουδετερόφιλα φυτά και pH 5,5 στα οξύφιλα φυτά.

Κατά την παρασκευή των διαλυμάτων λαμβάνεται υπόψη και η περιεκτικότητα του νερού άρδευσης σε ανόργανα στοιχεία καθώς και η περιεκτικότητα του σε ανθρακικά που σε ορισμένες περιπτώσεις, όταν είναι σε μεγάλες συγκεντρώσεις είναι τοξικά για τα φυτά και πρέπει να διασπαστούν από ένα οξύ.

Στον πίνακα 1 δίνεται η ιονική συγκέντρωση ενός διαλύματος για ουδετερόφιλα φυτά.

ΑΝΙΟΝΤΑ ΚΑΤΙΟΝΤΑ	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Cl	ΣΥΝΟΛΟ
K	3,8	0,8 / 0,6			5,2
Na				0,2	0,2
Ca	6,2				6,2
Mg			1,5		1,5
NH ₄	2,0				2,0
H		1,6 / 0,3			1,9
ΣΥΝΟΛΟ	12,0	3,3	1,5	0,2	17,0

Πιν.1 Διάλυμα για ουδετερόφιλα φυτά σε meq/l (Eq/m³).

Η σύνθεση του διαλύματος εκφράζεται σε δύο διευθύνσεις.

Οι τιμές των κατιόντων δίνονται στις γραμμές και οι τιμές των ανιόντων στις στήλες. Οι τιμές δίνονται σε χημική ισοδύναμα (EQ) ή χιλιοστοισοδύναμα (meq). Προκειμένου να επιτευχθεί το επιθυμητό pH, σε ορισμένα άλατα αναζητήθηκε η παρουσία H⁺. Από τον πίνακα διαπιστώνουμε ότι 1 lit θρ. διαλύματος περιλαμβάνει 3,8 meq KNO₃.

Σε φυσικές μονάδες τα 3,8 meq KNO₃ ισοδυναμούν με:

$$[14 (N) + 48 (O_3) + 39 (K)] * 3,8 = 101 * 3,8 = 383,8 \text{ gr KNO}_3.$$

Στην περίπτωση του Φωσφορικού Καλίου, προκειμένου να πετύχουμε το επιθυμητό pH, αναμειγνύουμε K₂HPO₄ και K₁H₂PO₄ (πάνω και κάτω αριθμός στον πίνακα αντίστοιχα).

Για ποιοτική σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας διαφορετικά άλατα, που θα περιέχουν όμως τις ίδιες τελικές ποσότητες ιόντων (πίνακας 2).

ANIONIA CATIONIA	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	ΣΥΝΟΛΟ
K ⁺	5,2				5,2
Na ⁺				0,2	0,2
Ca ⁺⁺	6,2				6,2
Mg ⁺⁺			1,5		1,5
NH ₄ ⁺	0,6	0,8 / 0,6			2,0
H ⁺		0,6 / 0,3			1,9
ΣΥΝΟΛΟ	12,0	3,3	1,5	0,2	17,0

Πιν 2 Διάλυμα για ουδετερόφιλα φυτά σε meq/lit ή EQ/m³.

Στην περίπτωση αυτή, αντί να χρησιμοποιηθεί K₂HPO₄ και KH₂PO₄ για να επιτευχθεί το επιθυμητό pH, χρησιμοποιείται NH₄H₂PO₄ σε ποσότητα 0,8 meq/lit σε NH₄ και (NH₄)₂HPO₄ σε ποσότητα 0,6 meq/lit σε NH₄.

Για τα οξύφιλα φυτά, χρησιμοποιείται διάλυμα με pH 5.5, το οποίο παρασκευάζεται με ανάλογο τρόπο, με αυξημένη όμως συγκέντρωση των ιόντων H⁺ (πίνακας 3).

ANIONIA CATIONIA	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Cl	ΣΥΝΟΛΟ
K	2,8	0,0 / 0,2	0,25		4,25
Na				0,2	0,2
Ca	5,2				5,2
Mg			1,25		1,25
NH ₄	3,0				3,0
H		2,0 / 0,1			2,1
ΣΥΝΟΛΟ	11,0	3,3	1,5	0,2	16,0

Πιν. 3 Διάλυμα για οξύφιλα φυτά σε meq/lit ή EQ/m³.

Όσον αφορά τα ιχνοστοιχεία, από τα παραπάνω ιδρύματα προτείνονται οι παρακάτω περιεκτικότητες για όλους τους αναφερθέντες τύπους θρ. διαλυμάτων:

Μολυβδαινικό Αμμώνιο $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,05 mgr/lit.
Βορικό Οξύ H_3BO_3	1,5 mgr/lit
Θευκό Μαγγάνιο $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	2,0 mgr/lit
Θευκός χαλκός $\text{CuSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,25 mgr/lit
Θευκός Ψευδάργυρος $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1,0 mgr/lit
και χηλική ένωση σιδήρου που να αντιστοιχεί σε 0,6 mgr Fe/lit.	

2.3.5. Πορεία παρασκευής ενός θρ. διαλύματος.

α) Προσθήκη οξέος.

Στον συγκεκριμένο τύπο θρ. διαλύματος, η προσθήκη οξέος έχει σαν στόχο την διάσπαση των όξινων ανθρακικών ιόντων (HCO_3^-) που περιέχονται στο νερό άρδευσης και την αντιμετώπιση της αλκαλινίζουσας δράσης του $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ που χρησιμοποιείται για την προσθήκη ιόντων NH_4 και HPO_4 στο θρ. διάλυμα.

Η παρασκευή του θρ. διαλύματος αρχίζει από την χημική ανάλυση του νερού άρδευσης που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί. Τα ανόργανα στοιχεία που περιέχονται στο νερό υπολογίζονται στην σύσταση του θρ. διαλύματος και αναλόγως αφαιρούνται από το ποσό των αντίστοιχων ιόντων που θα προστεθούν. Επίσης προσδιορίζονται και τα meq οξέος ανά lit νερού που απαιτούνται για να πάρει το pH την επιθυμητή τιμή. Συγχρόνως υπολογίζονται και τα meq οξέος που απαιτούνται για την διόρθωση της αλκαλινίζουσας δράσης του $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. Εάν χρησιμοποιηθεί $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ δεν απαιτείται προσθήκη οξέος.

Η τελική ποσότητα οξέος που προστίθεται στο θρ. διάλυμα, είναι το άθροισμα της ποσότητας που απαιτείται για την διόρθωση του pH και της ποσότητας που είναι απαραίτητη για την αντιμετώπιση της αλκαλινίζουσας δράσης του $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$.

β) Υπολογισμός των ποσοτήτων των θρ. στοιχείων.

Στην πράξη συχνά είναι δύσκολο να παρασκευασθεί ένα διάλυμα που να ανταποκρίνεται απόλυτα στις απαιτήσεις των πινάκων 1, 2 και 3. Αυτό οφείλεται εκτός των άλλων και στις συγκεντρώσεις των θρ. στοιχείων στα διάφορα σκευάσματα που κυκλοφορούν στο εμπόριο. Πρέπει όμως να διορθώνεται το pH και να υπάρχει ισορροπία μεταξύ των ιόντων NH_4 και NO_3 (στα διαλύματα για ουδετερόφιλα φυτά $\text{NO}_3^- = 12$ meq/lit και $\text{NH}_4 = 2,0$ meq/lit). Επίσης προσοχή πρέπει να δίνεται και στην περιεκτικότητα σε P και ανάλογα με την μορφή των σκευασμάτων να προστίθεται 3,3 meq/lit PO_4^{3-} ή 2,2 meq/lit HPO_4^- ή 1,1 meq/lit H_2PO_4^- ή μίγμα αυτών. Αντίθετα για το Ca, το K και το Mg είναι δυνατόν να υπάρχουν κάποιες διακυμάνσεις.

Στην παρασκευή των θρ. διαλυμάτων ιδιαίτερη σημασία έχει η διαλυτότητα των χρησιμοποιούμενων σκευασμάτων. Σημασία έχει επίσης και η δυνατότητα ανάμιξης ορισμένων σκευασμάτων κατά την παρασκευή του μητρικού διαλύματος. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι δεν μπορούν να αναμιχθούν σε μικρή ποσότητα νερού ορισμένες φωσφορικές ή θεικές ενώσεις με λιπάσματα που περιέχουν ασβέστιο γιατί το Ca αντιδρά με τα PO_4 ή τα SO_4 και σχηματίζει αδιάλυτα ιζήματα που αλλάζουν τη σύνθεση του θρ. διαλύματος και είτε καθιζάνουν μέσα στη δεξαμενή του θρ. διαλύματος είτε φράσσουν τα μπεκ. των σταλακτήρων.

	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	KNO_3	K_2SO_4	MgSO_4	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	-	ναι	ναι	ναι	όχι
KNO_3	ναι	-	ναι	ναι	ναι
K_2SO_4	ναι	ναι	-	ναι	όχι
MgSO_4	ναι	ναι	ναι	-	όχι
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	όχι	ναι	όχι	όχι	-

πιν. 4 Σκευάσματα που δύνανται ή όχι να αναμιχθούν κατά την παρασκευή του μητρικού θρ. διαλύματος.

Για τον λόγο αυτών τα μητρικά διαλύματα τοποθετούνται συνήθως σε τρία δοχεία, εκ των οποίων το ένα περιέχει τα οξέα (HNO_3 και H_2SO_4), το δεύτερο το $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ και το τρίτο όλα τα άλλα στοιχεία.

Οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες μορφές λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται κατά την παρασκευή των μερικών διαλυμάτων είναι οι παρακάτω:

Λίπασμα	Χημική σύνθεση	% θο. στοιχεία
Νιτρικό Οξύ 100%	HNO_3	22N
Νιτρικό Οξύ 37%	HNO_3	8N
Φωσφορικό Οξύ 100%	H_3PO_4	32P
Φωσφορικό Οξύ 37%	H_3PO_4	12P
Νιτρικό Ασβέστιο	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	15,5N, 19Ca
Νιτρικό Κάλιο	KNO_3	13N, 38K
Νιτρική Αμμωνία	NH_4NO_3	35N
Νιτρικό Μαγνήσιο	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	11N, 9Mg
Μονοφωσφορικό Κάλιο	KH_2PO_4	23P, 28K
Μονοφωσφορικό Αμμώνιο	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	27 P, 12 K
Θειικό Κάλιο	K_2SO_4	45 K, 18 S
Θειικό Μαγνήσιο	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	10 Mg, 13 S
Θειικό Μαγγάνιο	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	32 Mn
Θειικός Ψευδάργυρος	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	23 Zn
Βόρακας	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	11 B
Θειικός Χαλκός	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	25 Cu
Ειταμολυβδαινιούχο Αμμώνιο	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$	58 Mo
Μολυβδαινικό Νάτριο	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	40 Mo
Χηλικός Σίδηρος Fe-Lo	Fe-EDTA	13 Fe
Χηλικός Σίδηρος 330-Fe	Fe-DTPA	9 Fe
Χηλικός Σίδηρος Fe-ΔP	Fe-DTPA	7 Fe
Χηλικός Σίδηρος Hi	Fe-DTPA	6 Fe
Χηλικός Σίδηρος 138 Fe	Fe-EDDHA	5 Fe
Δισανθρακικό Κάλιο	KHCO_3	39 K
Υδροξυλικό Ασβέστιο	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	54 Ca.

2.3.β. Συστήματα παροχής του θρ. διαλύματος.

Η παροχή του θρ. διαλύματος στα φυτά μπορεί να είναι είτε ασυνεχής με την μορφή της στάγδην άρδευσης, είτε με συνεχή ροή (π.χ. NFT). Όταν το θρ. διάλυμα είναι ανακυκλούμενο, τότε διοχετεύεται στα δοχεία καλλιέργειας και στη συνέχεια το περίσσειμα επανασυλλέγεται στην δεξαμενή θρ. διαλύματος για να ξαναμπει σε κυκλοφορία.

Όλα τα συστήματα παροχής του θρ. διαλύματος περιλαμβάνουν την βασική εγκατάσταση και το δίκτυο διανομής.

Βασική εγκατάσταση.

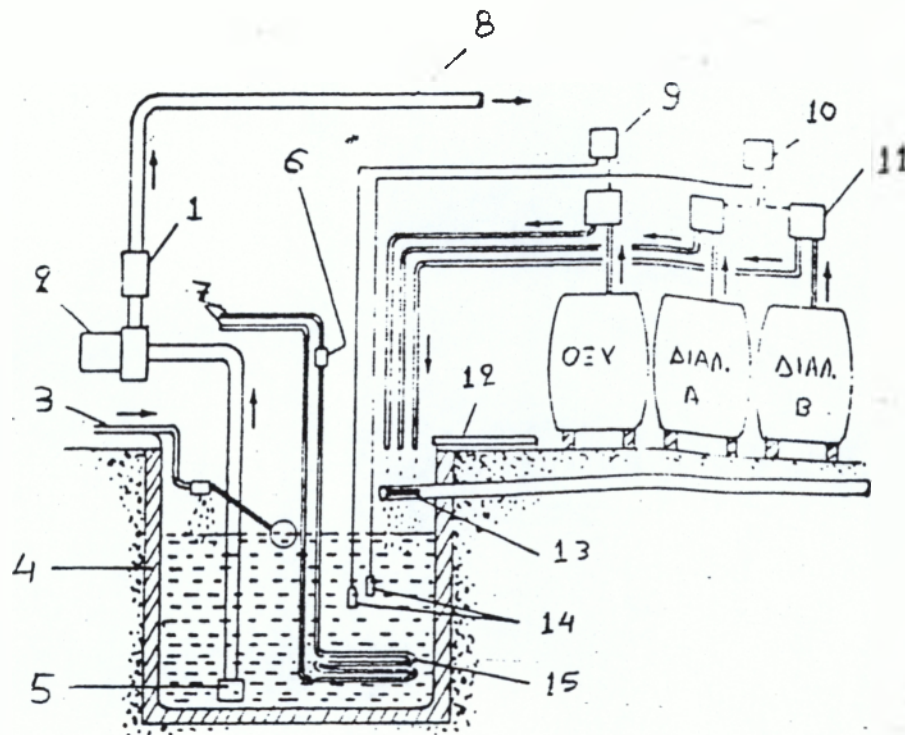
Η βασική εγκατάσταση (Σχ.22) του συστήματος παροχής του θρ. διαλύματος περιλαμβάνει τουλάχιστον τα εξής:

1. Μία παροχή του νερού άρδευσης
2. Ένα σύστημα διήθησης (φιλτραρίσματος) του νερού άρδευσης.

Το φιλτράρισμα του νερού είναι απαραίτητο ιδιαίτερα στα συστήματα παροχής με σταγόνες. Οι συσκευές φιλτραρίσματος πρέπει να δεσμεύουν στερεά σωματίδια, ανεπιθύμητες χημικές ενώσεις (π.χ. CaCO_3 που κατά την έξοδο από τα ακροφύσια εναποτίθεται λόγω της εξάτμισης του νερού και μπορεί να αποφράξει την οπή εξόδου του νερού). Τα φίλτρα μπορεί ακόμα να δεσμεύουν μικροοργανισμούς, βακτήρια, φύκη κ.α. που αν περάσουν στο διάλυμα μπορούν να πολλαπλασιαστούν και να συσσωρευτούν είτε στους αγωγούς είτε στα ακροφύσια.

Συνήθως χρησιμοποιούνται τρεις τύποι συσκευών φιλτραρίσματος:

- Οι συσκευές διαχωρισμού σωματιδίων με φυγοκέντρωση
- Τα φίλτρα με άμμο και
- Τα φίλτρα με κόσκινα.



- (1) Φίλτρο
- (2) Αντλία ανακύκλωσης του θρ. διαλύματος
- (3) Παροχή νερού
- (4) Επίπεδο εδάφους
- (5) Μόνωση δεξαμενής
- (6) Βαλβίδα ελέγχου θέρμανσης του θρ. διαλύματος
- (7) Σωλήνες θερμού νερού
- (8) Παροχή θρ. διαλύματος στα φυτά
- (9) Ρυθμιστής pH
- (10) Ρυθμιστής ηλ. αγωγιμότητας
- (11) Αντλίες μητρικών διαλυμάτων
- (12) Απομάκρυνση υπερβολικής
- (13) Έξοδος με πολλές τρύπες για αύξηση του αερισμού του διαλύματος
- (14) Αισθητήρες το pH και cf
- (15) Σωλήνες θέρμανσης

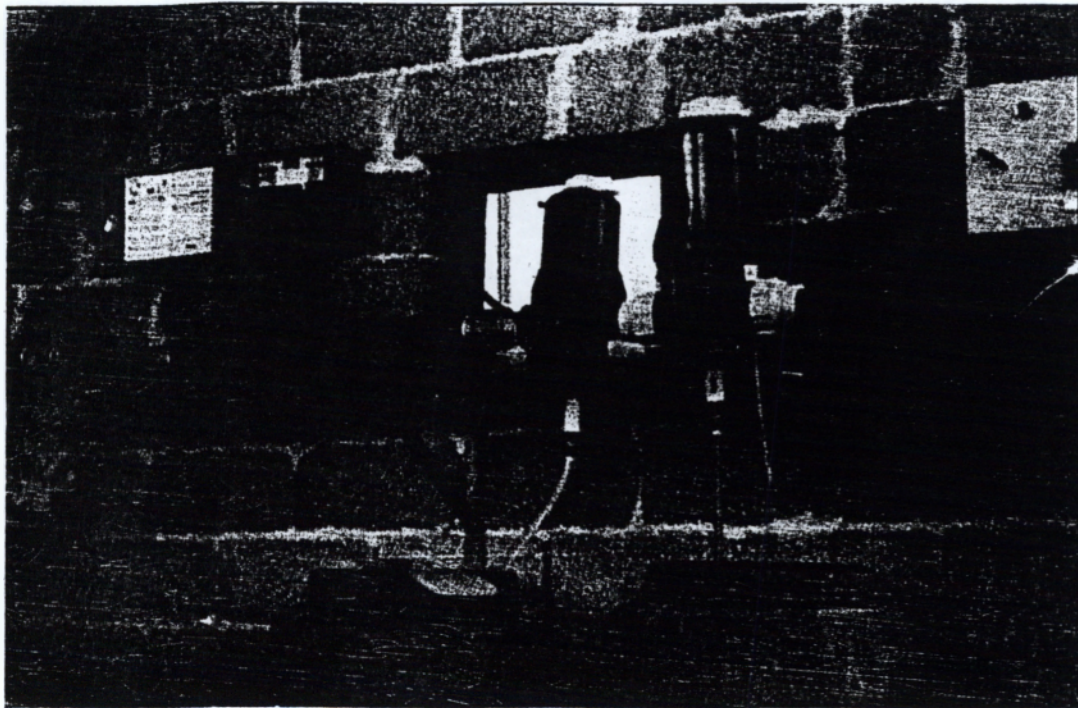
Σχ.22 Βασική εγκατάσταση του συστήματος παροχής του θρ. διαλύματος στα συστήματα υδροπόνησης (FAO Technical Papers No 101/1990).

3. Δεξαμενές του μητρικού διαλύματος. Συνήθως κατασκευάζονται από πολυαιθυλένιο ή πολυεστέρα. Το μέγεθός τους είναι ανάλογο με την δυναμικότητα της καλλιεργητικής μονάδας. Καλό είναι στις δεξαμενές του μητρικού διαλύματος να υπάρχει και ένα σύστημα ανάδευσης του θρ. διαλύματος για να ομογενοποιείται το διάλυμα και να εμποδίζεται η δημιουργία ιζημάτων.

4. Σύστημα διοχέτευσης του μητρικού διαλύματος στο νερό άρδευσης (τελικό θρ. διάλυμα). Το σύστημα αυτό πρέπει να παρέχει στο δίκτυο άρδευσης έναν συγκεκριμένο όγκο μητρικού διαλύματος ώστε το τελικό διάλυμα να έχει την προκαθορισμένη τιμή του pH και την προκαθορισμένη συγκέντρωση αλάτων. Πρόκειται συνήθως για συστήματα υψηλής ακρίβειας αποτελούμενα από ηλεκτρικές αντλίες. Η διοχέτευση του μητρικού διαλύματος πραγματοποιείται και πάλι μέσω ενός φίλτρου.

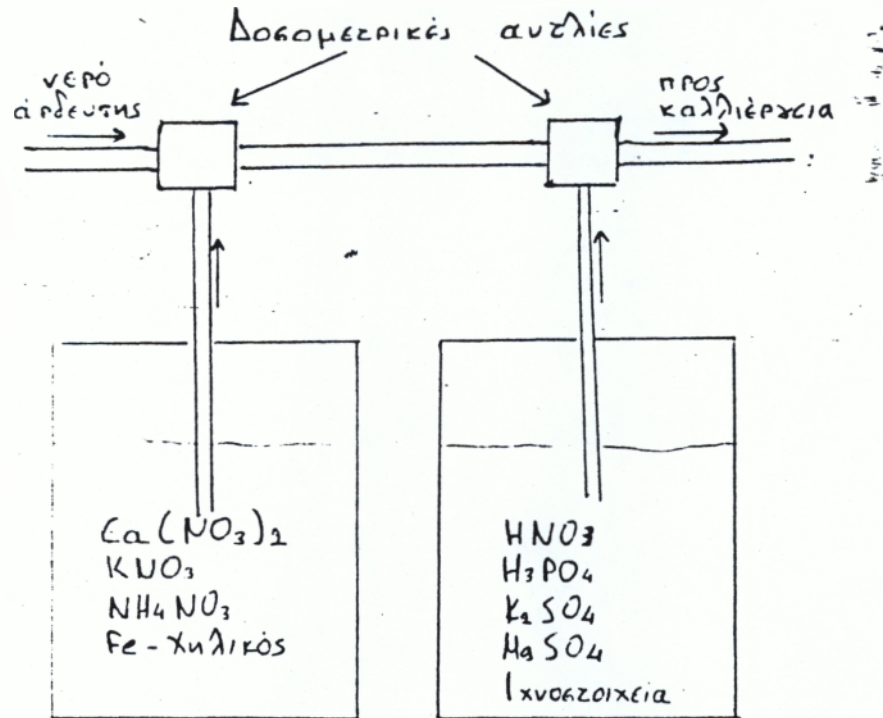
Το μητρικό διάλυμα συνήθως αραιώνεται με το νερό άρδευσης σε μια δεξαμενή από όπου και διοχετεύεται στα φυτά. Στα συστήματα όμως χωρίς ανακύκλωση του θρ. διαλύματος, είναι δυνατόν να διοχετεύεται χωρίς αρραίωση κατ'ευθείαν στο δίκτυο διανομής του θρ. διαλύματος (Σχ 23, Εικ 9).

5. Όργανα ελέγχου της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα ελέγχεται στην έξοδο παροχής του μητρικού διαλύματος από την αντλία προς το δίκτυο άρδευσης, με μόνιμο αυτόματο αγωγιμόμετρο που έχει σαν σκοπό να ρυθμίζει την παροχή μέσω της αντλίας και να επισημαίνει κάθε τυχόν ανωμαλία (με σύστημα συναγερμού ή με αυτόματη διακοπή της παροχής). Η ηλεκτρική αγωγιμότητα πρέπει να ελέγχεται και στις δεξαμενές του θρ. διαλύματος με απλά αγωγιμόμετρα.



Εικ.9 Χορήγηση θρ. διαλύματος με δοσομετρικές αντλίες.

6. Αυτόματο σύστημα προγραμματισμού της διοχέτευσης του θρεπτικού διαλύματος. Είναι ένα αυτοματοποιημένο σύστημα με ηλεκτρονικό μηχανισμό που προγραμματίζει τον ρυθμό παροχής του θρ. διαλύματος. Έχει ιδιαίτερη σημασία κυρίως για υποστρώματα με μικρή ικανότητα συγκράτησης νερού, τα οποία απαιτούν μεγάλη συχνότητα άρδευσης.



Σχ. 23 Απλοποιημένη διάταξη δύο δεξαμενών μητρικών διαλυμάτων.

Δίκτυο διανομής.

Το δίκτυο διανομής του θρ. διαλύματος στα φυτά, είναι συνδεδεμένο με την βασική εγκατάσταση και περιλαμβάνει:

- Τις βαλβίδες ροής (βάννες ή ηλεκτροβάννες)
- Τους ρυθμιστές πίεσης
- Το επιμέρους δίκτυο διανομής (σωληνώσεις, υδρορροές κλπ)
- Τους σταλάκτες.

Και η βασική εγκατάσταση αλλά και το δίκτυο διανομής, είναι κατασκευασμένα από υλικά που αντέχουν στα οξέα και τα άλατα του θρ. διαλύματος. Συνήθως κατασκευάζονται από πολυαιθυλένιο ή PVC.

Αυτοματοποίηση των συστημάτων διοχέτευσης και ελέγχου του θρ. διαλύματος.

Η αυτόματη άρδευση πραγματοποιείται κυρίως με τα παρακάτω συστήματα:

1) Σύστημα με βάση την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Αποτελούνται από ένα συλλέκτη ηλιακής ενέργειας που συνδέεται με κύκλωμα μέτρησης της εξωτερικής ενέργειας που δέχεται το θερμοκήπιο.

2) Σύστημα με προσδιορισμό της εξάτμισης. Περιλαμβάνει ένα αυτόματο μηχανισμό μέτρησης της εξάτμισης και όταν ξεπεραστεί ένα όριο, παρέχεται αυτόματα το θρ. διάλυμα.

3) Σύστημα με προσδιορισμό της υγρασίας του υποστρώματος. Έχει σαν αρχή την μέτρηση της ηλ. αντίστασης μεταξύ δύο ηλεκτροδίων που βρίσκονται στο υπόστρωμα. Επειδή όμως η ηλ. αντίσταση είναι συνάρτηση της συγκέντρωσης των αλάτων, δεν δίνει τόσο ασφαλή αποτελέσματα.

4) Σύστημα με βάση τη διόγκωση του φυτού. Η παροχή του νερού συνδέεται με ένα μηχανισμό μικρομετρικών μετρήσεων του πάχους του βλαστού.

Κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας η εκλεκτική απορρόφηση των φυτών τροποποιεί τη σύνθεση του θρ. διαλύματος. Οι αλλαγές γίνονται αισθητές στην τιμή του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Γιαυτό είναι απαραίτητη η αυτοματοποίηση της προσθήκης οξέος με βάση την αλλαγή του pH, και η παροχή των μητρικών διαλυμάτων με βάση την επιθυμητή ηλεκτρική αγωγιμότητα.

Η ρύθμιση της οξύτητας πραγματοποιείται με μέτρηση του pH σε διάφορα σημεία του κυκλώματος με αυτόματα πεχάμετρα που είναι συνδεδεμένα με την βασική εγκατάσταση.

Η ρύθμιση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας βασίζεται σε αυτόματα αγωγιμόμετρα που καθορίζουν την παροχή των μητρικών διαλυμάτων, ύστερα από μέτρηση της συγκέντρωσης των αλάτων.

Στα ανακυκλούμενα θρ. διαλύματα, συνήθως παρατηρείται έλλειψη οξυγόνου του νερού στο ριζικό σύστημα. Γιαυτό επιβάλλεται να είναι

συνδεδεμένο σε κάποιο σημείο του κυκλώματος ένα σύστημα οξυγόνωσης του νερού. Αυτό μπορεί να γίνεται είτε χρησιμοποιώντας ειδικές συσκευές διοχέτευσης αέρα στο θρ. διάλυμα, είτε δημιουργώντας κάποια υδατόπτωση στο κύκλωμα που θα αναγκάζει το θρ. διάλυμα να οξυγονώνεται.

2.3.7. Ποιότητα νερού άρδευσης.

Σημαντικό στοιχείο για την υψηλή παραγωγή στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι η καλή ποιότητα του νερού άρδευσης. Νερό κατάλληλο για άρδευση στον αγρό δεν είναι απαραίτητα κατάλληλο και στις υδροπονικές καλλιέργειες.

Το νερό με υψηλή συγκέντρωση NaCl , Mn , Zn ή B μειώνει σημαντικά την παραγωγή ή την καθιστά αδύνατη. Στα υπόγεια νερά βρίσκονται πάρα πολλά ιόντα, αυτά που ενδιαφέρουν όμως περισσότερο τις υδροπονικές καλλιέργειες είναι το Na^+ , το Cl^- , το Ca^{++} , το Mg^{++} , τα δισανθρακικά HCO_3^- και θειικά SO_4^- .

Για να κριθεί η καταλληλότητα του νερού στις υδροπονικές καλλιέργειες, αλλά και να γίνει δυνατή η προσαρμογή των θρ. διαλυμάτων στην συγκεκριμένη ποιότητα νερού, θα πρέπει να προσδιοριστούν εργαστηριακά η E.C, το pH καθώς και οι συγκεντρώσεις των: Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- , SO_4^- , HCO_3^- , Mn , Zn , B , Cu , Mo και ο συνολικός Fe .

Η συνολική ποσότητα των ανιόντων θα πρέπει να είναι περίπου ίδια με την συνολική ποσότητα των κατιόντων για να υπάρχει ιονική ισορροπία, ενώ ο συνολικός Fe υπολογίζεται γιατί δημιουργεί εναποθέσεις στο σύστημα κυκλοφορίας του θρ. διαλύματος και κυρίως στα φίλτρα και τους σταλάκτες.

Όσο περισσότερο απομακρύνονται οι συγκεντρώσεις των στοιχείων από τις ειθυμητές, τόσο πιο ακατάλληλο είναι το νερό για άρδευση.

Υψηλές συγκεντρώσεις Cl^- , Na^+ , Mn^{++} , Zn^{++} , B απαιτούν διόρθωση, ενώ πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις δρουν τοξικά για τα φυτά, ενώ υψηλή συγκεντρώνση HCO_3^- απαιτεί διόρθωση με μεγάλες ποσότητες οξέων.

	Επιθυμητή συγκέντρωση	Ανεκτή συγκέντρωση αλλά με αρνητική επίδραση στην παραγωγή
Cl ⁻	< 50 mg/lit	50-100 mg/lit
Na ⁺	< 30 mg/lit	30-60 mg/lit
HCO ₃ ⁻	< 4 mg/lit	>4 mg/lit
Fe ⁺⁺	< 1 mg/lit	>1 mg/lit
Mn	< 0,5 mg/lit	0,5-1 mg/lit
B	0,3 mg/lit	0,3-0,7 mg/lit
Zn ⁺⁺	< 0,5 mg/lit	0,5-1 mg/lit
E.C.	< 0,5 ms/cm	0,5-1 ms/cm

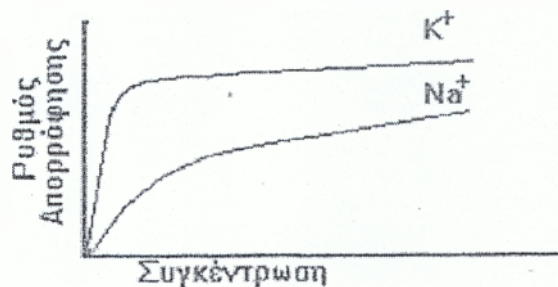
Αναλύσεις νερού θα πρέπει να γίνονται πολλές φορές το χρόνο για να διαπιστωθεί αν οι συγκεντρώσεις είναι μεταβλητές.

Τα καλύτερα αποτελέσματα στις υδροπονικές καλλιέργειες έχει δώσει το βρόχινο και αφαλατωμένο νερό.

Η συγκέντρωση του θρεπτικού (εξωτερικού) διαλύματος

Στις χαμηλές συγκεντρώσεις ο ρυθμός απορρόφησης ιόντων όπως το K^+ περιγράφεται από την εξίσωση της κινητικής κορεσμού:

$$V = V_{\max} \frac{C_s}{KM + C_s}$$



V = ρυθμός μεταφοράς

V_{\max} = ο μέγιστος ρυθμός μεταφοράς (όλες οι θέσεις μεταφοράς πλήρεις με το ιόν)

KM = σταθερά Michaelis ίση με τη συγκέντρωση ιόντος στο υπόστρωμα που δίνει το ήμισυ του μεγίστου ρυθμού μεταφοράς

C_s = δοθείσα συγκέντρωση ιόντος στο υπόστρωμα

Στις υψηλές συγκεντρώσεις (π.χ. μεγαλύτερες από $1M K^+$) η απορρόφηση γίνεται λιγότερο επιλεκτική και εξακολουθεί να αυξάνει αλλά με μικρότερο ρυθμό για το K^+ και φωσφόρο. Για το Na^+ ο ρυθμός απορρόφησης είναι πιο γραμμικός με τη συγκέντρωση, γιατί το Na^+ έχει χαμηλή συνάφεια με τις θέσεις εισόδου. Παρόμοια με το Na^+ παρουσιάζεται και η απορρόφηση Ca^{2+} και Mo^{2+} .

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ - ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΦΡΑΟΥΛΑΣ

3. Το φυτό της φράουλας

Η καλλιεργούμενη φράουλα ανήκει στο γένος *fragaria* της οικ. *Rosaceae*. Το είδος που καλλιεργείται κυρίως είναι το *f. ananassa* το οποίο στην ουσία είναι υβρίδιο μεταξύ των ειδών *f. virginiana* και *f. chilloensis* που συναντώνται αυτοφυή στην Αμερική.

Είναι φυτό πολυετές, αλλά συνήθως καλλιεργείται ως μονοετές ή διετές. Εάν διατηρηθεί για περισσότερα χρόνια, εκτός του ότι μειώνονται οι αποδόσεις και η ποιότητα των καρπών, αυξάνεται και η πιθανότητα προσβολής από διάφορα παθογόνα, γεγονός που κάνει ασύμφορη οικονομικά την καλλιέργεια για περισσότερο από δύο χρόνια.

Η φράουλα δεν παράγει κανονικούς βλαστούς αλλά βραχείς σε σχήμα ροζέττας (κεφαλή). Οι βλαστοί κυμαίνονται από 1 έως 5-6 συνήθως στα εύρωστα φυτά. Από την βάση των βλαστών εκπύσσονται και οι ταξιανθίες, που είναι "διακλαδισμένο διχάσιο". Τα άνθη χωρίζονται σε πρωτογενή, δευτερογενή κ.ο.κ. Οι καρποί που παράγονται από πρωτογενή άνθη είναι μεγαλύτεροι από αυτούς που παράγονται από δευτερογενή κ.ο.κ.

Είναι τυπικό φυτό βραχείας φωτοπεριόδου, επειδή όμως οι διάφορες ποικιλίες έχουν και διαφορετική κριτική διάρκεια ημέρας, κατατάσσονται σε τρεις ομάδες ανάλογα με την διάρκεια σε ώρες της κριτικής μέρας:

- Σταθερούς άνθησης (= 13 ώρες)
- Ημιδιαρκούς άνθησης (= 14 ώρες)
- Διαρκούς άνθησης (= 16 ώρες).

Οι ποικιλίες διαρκούς άνθησης, συμπεριφέρονται σαν να είναι ανεξάρτητης φωτοπεριόδου και γι' αυτό προτιμούνται στις καλλιέργειες των θερμοκηπίων.

Τα φυτά της φράουλας τους χειμερινούς μήνες πέφτουν σε λήθαργο και για να τον διακόψουν πρέπει να περάσουν από χαμηλές θερμοκρασίες

(7-10°C) για ένα χρονικό διάστημα. Στα θερμοκήπια όμως φυτεύονται αποκλειστικά φυτά ψυγείου, τα οποία έχουν διατηρηθεί για ένα διάστημα 7-8 μηνών σε θερμοκρασίες -1 έως -2°C και έχουν διακόψει το λήθαργό τους. Τα φυτά ψυγείου φυτεύονται στη Βόρειο Ελλάδα τον Ιούλιο ενώ στη Νότιο Ελλάδα λίγο αργότερα.

4. Στοιχεία αγοράς.

Η φράουλα αναπτύσσεται σε διάφορα γεωγραφικά πλάτη φθάνοντας από τον Ισημερινό έως και τον 70° παράλληλο, και σε διάφορα υψόμετρα, ενώ υπάρχουν ποικιλίες που αντέχουν σε χαμηλές θερμοκρασίες μέχρι και -15°C.

Ο τρόπος όμως καλλιέργειας καθώς και ο χρόνος και ο τρόπος διάθεσης της παραγωγής διαφέρουν από χώρα σε χώρα.

Έτσι στη Βόρεια Ευρώπη η φράουλα για νωπή κατανάλωση καλλιεργείται σε θερμοκήπια, ενώ υπάρχουν και καλλιέργειες στην ύπαιθρο, ο κύριος όγκος της παραγωγής των οποίων διατίθεται στη βιομηχανία.

Στη Νότια Ευρώπη η φράουλα καλλιεργείται κυρίως στην ύπαιθρο, και με χαμηλή κάλυψη, ενώ τα τελευταία χρόνια άρχισε να καλλιεργείται και σε θερμοκήπια, εκτός από την Ιταλία που κυριαρχεί η καλλιέργεια σε θερμοκήπιο.

Η καλλιέργεια της φράουλας στις Ανατολικές χώρες προορίζεται αποκλειστικά για τη βιομηχανία.

Η κύρια εποχή παραγωγής φράουλας είναι μικρή, 10-12 εβδομάδες, μπορεί όμως να επεκταθεί με ειδικές μεθόδους καλλιέργειας. Στην Ευρώπη, την μεγαλύτερη παραγωγική περίοδο έχουν η Ιταλία και η Ισπανία οι οποίες παράγουν από τον Μάρτιο έως τον Ιούνιο και Ιούλιο αντίστοιχα. Πρώιμες φράουλες παράγουν οι Ιταλία και η Ισπανία (από Μάρτιο) και οι Γαλλία, Ολλανδία, Βέλγιο και Ελλάδα (από Απρίλιο) ενώ όψιμες οι Δανία, Ελβετία, Αυστρία, Σουηδία, Νορβηγία και Φινλανδία (μέχρι Αύγουστο).

Η διεθνής παραγωγή φράουλας κατά την περίοδο 1983 έφτασε τους 1.300.000 τόνους (πιν.5) με την Ιταλία να κατέχει την πρώτη θέση στην παραγωγή φράουλας στην Ευρώπη και ακολουθεί η Ισπανία και η Γαλλία.

Χώρα	Ποσότητα	Ποσοστό %	Χώρα	Ποσότητα	Ποσοστό %
Ευρώπη	715	55	-Πολωνία	130	19
- Ιταλία	165	24	Μ.Βρετανία	45	6
- Ισπανία	100	14	- Λοιπές		
- Γαλλία	90	13	Χώρες	73	10
- Ολλανδία	26	3	-Β.Αμερική	390	30
- Βέλγιο	25	3	-Ιαπωνία	175	13
- Ελλάδα	10	1	-Λοιπές		
-Δ.Γερμανία	35	5	Χώρες	20	2
-Ελβετία	3	-			
-Σουηδία	13	2			

Πίν.5 Διεθνής παραγωγή φράουλας το 1983 σε χιλ.τόνους.
(πηγή: Γεώργ.Πεχν. Ιούνιος '88).

Το σημαντικό πλεονέκτημα της Ιταλίας έναντι των άλλων Ευρωπαϊκών χωρών είναι η ικανότητά της να παράγει ~ 30.000 τόνους υπό κάλυψη τον Απρίλιο.

Στη χώρα μας, το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής είναι συγκεντρωμένο στους νομούς Πιερίας, Φλώρινας και Πέλλας. Η παραγωγή αρχίζει στα θερμοκήπια το Φεβρουάριο, με αιχμή παραγωγής τον Απρίλιο και Μάιο, ενώ στην υπαίθρια καλλιέργεια αρχίζει τον Απρίλιο και φτάνει σε αιχμή τον Μάιο και Ιούνιο. Με τις κατάλληλες καλλιεργητικές τεχνικές και ποικιλίες μπορεί να καλλιεργηθεί και υπερπρώιμη φράουλα, καθότι οι

εδαφοκλιματικές συνθήκες της χώρας μας ευνοούν την παραγωγή φράουλας όλο το χρόνο.

Έτσι στην Ελλάδα μπορεί να καλλιεργηθεί φράουλα με παραγωγή από Νοέμβριο ως Φεβρουάριο, με εξαγωγικό κυρίως χαρακτήρα. Η Δυτική Γερμανία είναι η μεγαλύτερη εισαγωγική χώρα νωπής φράουλας (50% του συνόλου των διεθνών εισαγωγών). Μεταξύ των μεγάλων εισαγωγέων συγκαταλέγονται ακόμη ο Καναδάς, η Γαλλία και η Ελβετία. Το μεγαλύτερο μέρος του διεθνούς εμπορίου πραγματοποιείται κατά την κανονική ευρωπαϊκή περίοδο συγκομιδής, δηλαδή από Μάιο μέχρι Ιούλιο, ενώ υπάρχει τάση αύξησης της εμπορίας της εκτός εποχής φράουλας.

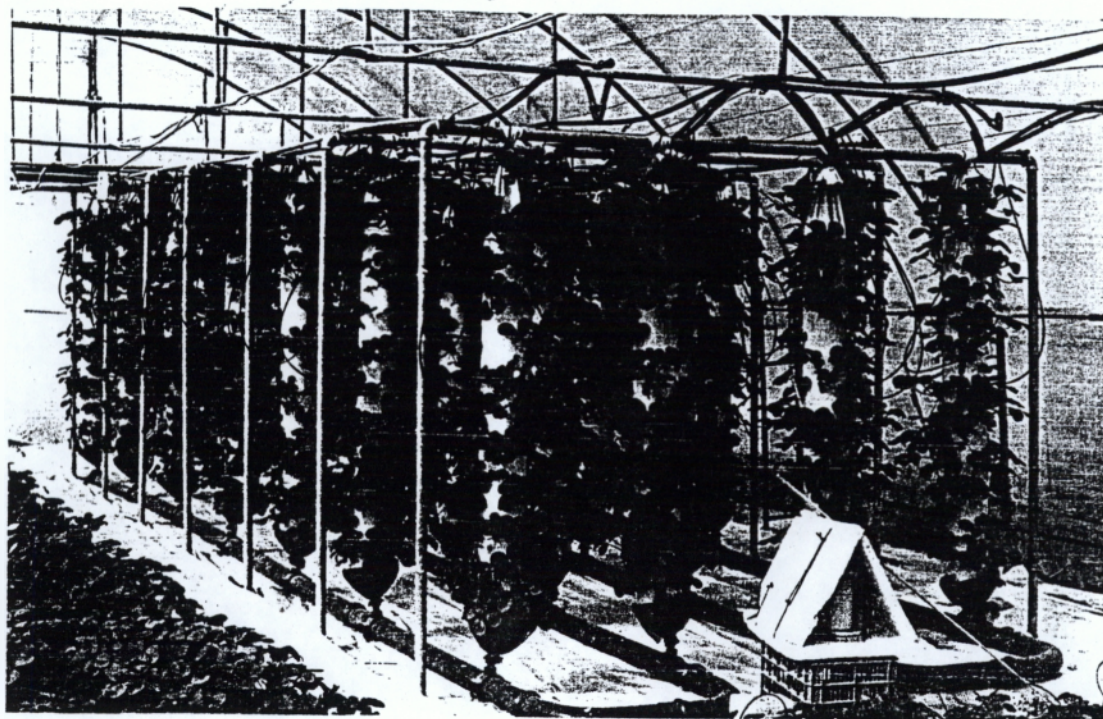
5. Τεχνική της κατακόρυφης καλλιέργειας της φράουλας.

5.1. Περιγραφή της μεθόδου.

Η μέθοδος της κατακόρυφης καλλιέργειας της φράουλας αναπτύχθηκε και εφαρμόζεται κυρίως στην Ιταλία, ενώ εξετάζεται και προωθείται και σε άλλες χώρες, μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα.

Αποτελείται από σειράς πλαστικών σωλήνων σε κάθετη μορφή, που κρεμούνται από την οροφή του θερμοκηπίου ή από ειδική κατασκευή από γαλβανισμένους σιδηροσωλήνες που γίνεται μέσα στο θερμοκήπιο (Εικ.10). Οι αποστάσεις μεταξύ των πλαστικών σωλήνων επί της γραμμής είναι 0,7-1m (συνήθως 0,9m) και μεταξύ των γραμμών 1m. Με τη μέθοδο αυτή τοποθετούνται περίπου 1.100 σωλήνες ανά στρέμμα. Οι πλαστικοί σωλήνες είναι κατασκευασμένοι είτε από σκληρό PVC είτε από ενισχυμένο φύλλο πολυαιθυλενίου, και στις δύο περιπτώσεις όμως οι πλαστικοί σωλήνες είναι αδιαφανείς και η εξωτερική τους επιφάνεια είναι λευκού χρωματισμού, ενώ η εσωτερική μαύρη. Η διάμετρος των σωλήνων είναι 15-20 cm και το ύψος 2-2,5 m.

Οι σωλήνες γεμίζονται με υπόστρωμα, και με περιμετρική διατομή ανοίγονται μικρές τρύπες. 24-36 ανά σωλήνα, στις οποίες φυτεύονται τα φυτά της φράουλας. Μ'αυτόν τον τρόπο φυτεύονται 24.000-36.000 φυτά ανά στρέμμα (Εικ.11 & 12).

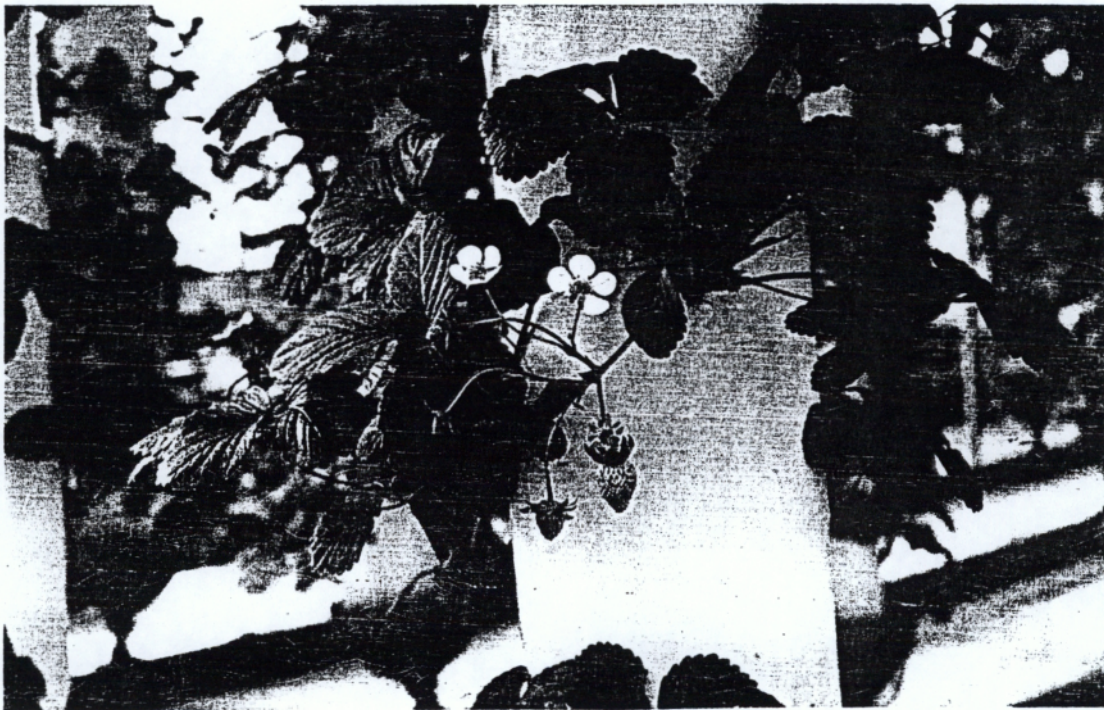


Εικ.10 Γενική άποψη της καλλιέργειας (σκελετός-σωλήνας).

Το υπόστρωμα που χρησιμοποιείται κυρίως είναι ο περλίτης, έχουν όμως δοκιμασθεί και έχουν δώσει ενδιαφέροντα αποτελέσματα και μίγματα του περλίτη με ξυλάνθρακα και με άχυρο. Χρησιμοποιείται όμως ο περλίτης με διάμετρο κόκκου 1,5-3 mm, γιατί είναι πολύ ελαφρύς με καλό πορώδες και

καλή ικανότητα συγκράτησης νερού, ενώ είναι χημικά αδρανής με pH 6,5-7,5 και συγχρόνως είναι σχετικά φθηνός στη χώρα μας.

Η ανανέωση του περλίτη γίνεται κάθε 2-4 καλλιεργητικές περιόδους, ενώ τα φυτά αλλάζονται κάθε 1-2 χρόνια.



Εικ.11 Φυτό φράουλας τοποθετημένο σε τρύπα που έχει ανοιχθεί σε σωλήνα πολυαιθυλενίου.

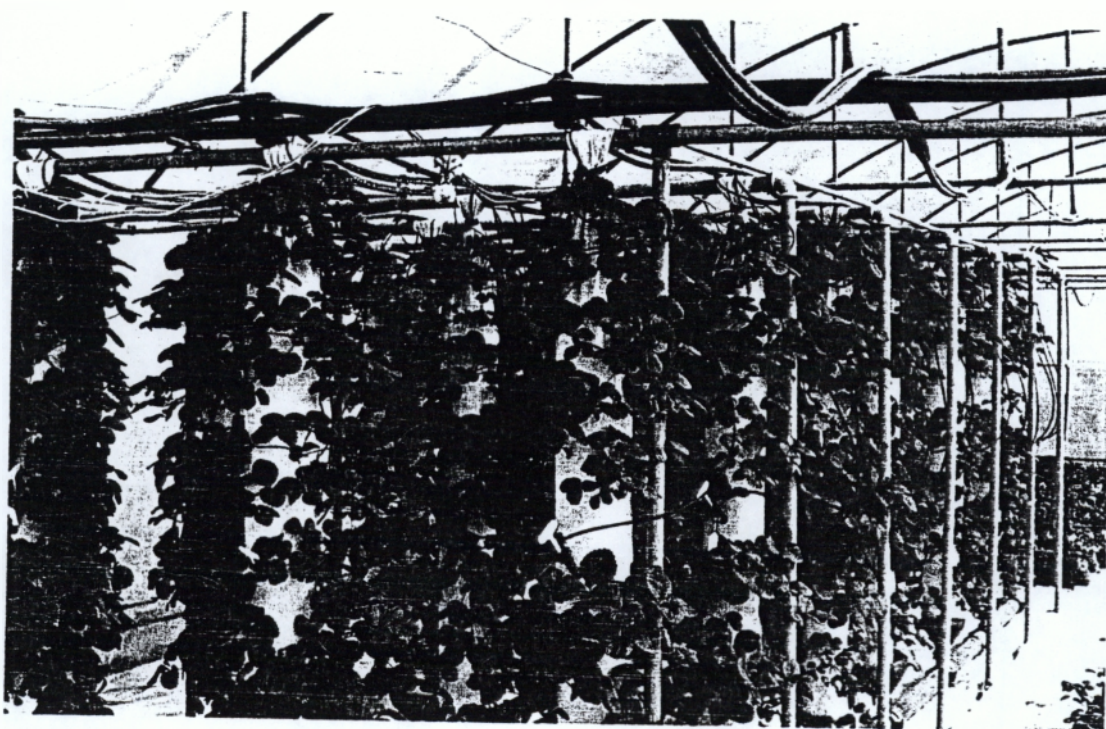


Εικ.12 Φυτά τοποθετημένα σε σπειροειδή διάταξη σε σωλήνα πολυαιθυλενίου.

5.2 Άρδευση-Λίπανση.

Στην κατακόρυφη καλλιέργεια φράουλας, χρησιμοποιείται σύστημα άρδευσης με σταγόνες. Η εγκατάσταση του δικτύου γίνεται στην οροφή του θερμοκηπίου. Από το δίκτυο και πάνω από κάθε πλαστική σωλήνα,

ξεκινούν πλαστικά λάστιχα που φθάνουν σε κάθε ένα πλαστικό σωλήνα (Εικ.13 & 14).



Εικ.13 Πλαστικοί σωλήνες για την μεταφορά του νερού και του θρ. διαλύματος.

Χρησιμοποιούνται σταλάκτες παροχής 4 λίτ/ώρα ή τύπου μακαρόνι. Προτιμώνται όμως οι σταλάκτες γιατί τα μακαρόνια μπορεί να δημιουργήσουν κατά κάποιο τρόπο διάδρομο μέσα στον πλαστικό σωλήνα, και έτσι να μην γίνεται ομοιόμορφη κατανομή του θρ. διαλύματος μέσα στον πλαστικό σωλήνα. Ανάλογα με το ύψος του πλαστικού σωλήνα, χρησιμοποιούνται 1-3 σταλάκτες ανά σωλήνα. Μέσω του δικτύου αυτού γίνεται πότισμα και και η χορήγηση του θρ. διαλύματος.

Για να επιτευχθεί η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος, οι πλαστικοί σωλήνες έχουν στον πυθμένα τους ανοίγματα από όπου φεύγει το πλεονάζων διάλυμα και στη συνέχεια μεταφέρεται στις δεξαμενές, μέσω

σωληνώσεων που βρίσκονται στο κάτω μέρος και παράλληλα προς τις σειρές των πλαστικών σωληνώσεων (Εικ.15).



Εικ.14 Πλαστικό σωληνάκια για την μεταφορά του νερού και του θρ. διαλύματος στο έρμητικό υπόστρωμα.

Η μεταφορά του πλεονόζοντος διαλύματος γίνεται με την βαρύτητα, στο χαμηλότερο σημείο του θερμοκηπίου (κλίση \approx 2%), όπου βρίσκονται οι

δεξαμενές του θρεπτικού διαλύματος. Το πλεονάζον θρ. διάλυμα που βρίσκεται στις δεξαμενές θρ. διαλύματος ελέγχεται με πεχόμετρο και αγωγιμόμετρο, τα οποία είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο όπως περιγράφηκε στο πρώτο μέρος. Ανάλογα με την ηλεκτρική αγωγιμότητα και το pH του διαλύματος, συμπληρώνεται αυτό με μητρικά διαλύματα και H_2SO_4 ή HNO_3 ή H_3PO_4 , έως ότου είναι έτοιμο για να ξαναχρησιμοποιηθεί. Το pH πρέπει να είναι περίπου 6,5 και η ηλεκτρική αγωγιμότητα μικρότερη από 1,5 mhos.



Εικ.15 Πλαστικοί σωλήνες από χοντρό PVC για την απορροφή του νερού και του θρ. διαλύματος και την μεταφορά τους στις δεξαμενές.

Η σύνθεση του θρ. διαλύματος που χρησιμοποιείται, μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης του φυτού και τις κλιματικές συνθήκες. Συνήθως όμως αντ' αυτού, μεταβάλλονται οι

χορηγούμενες δόσεις του θρ. διαλύματος, οι οποίες αυξομειώνονται ανάλογα με τις απαιτήσεις του φυτού.

Το θρεπτικό διάλυμα που χρησιμοποιεί η κ.Παρασκευοπούλου-Παρούση-Γεωργία, Τομεάρχης του τομέα λαχανοκομίας στο ΕΘΙΑΓΕ, ΚΓΕΒΕ Θεσ/νίκης, έχει την εξής σύνθεση:

Τα 1000 λίτ θρ.διαλύματος περιέχουν:

Νιτρική Αμμωνία	(NH_4NO_3)	122,6gr
Νιτρικό Κάλιο	(KNO_3)	310,66 gr
Βορικό οξύ	(H_3BO_3)	1,6 gr
Θεικό Μαγγάνιο	($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	1,4 gr
Θεικός Ψευδάργυρο	($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	1,2 gr
Μολυβδαινικό οξύ	(H_2MoO_4)	80 mgr
Θεικός Χαλκός	($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	176 mgr

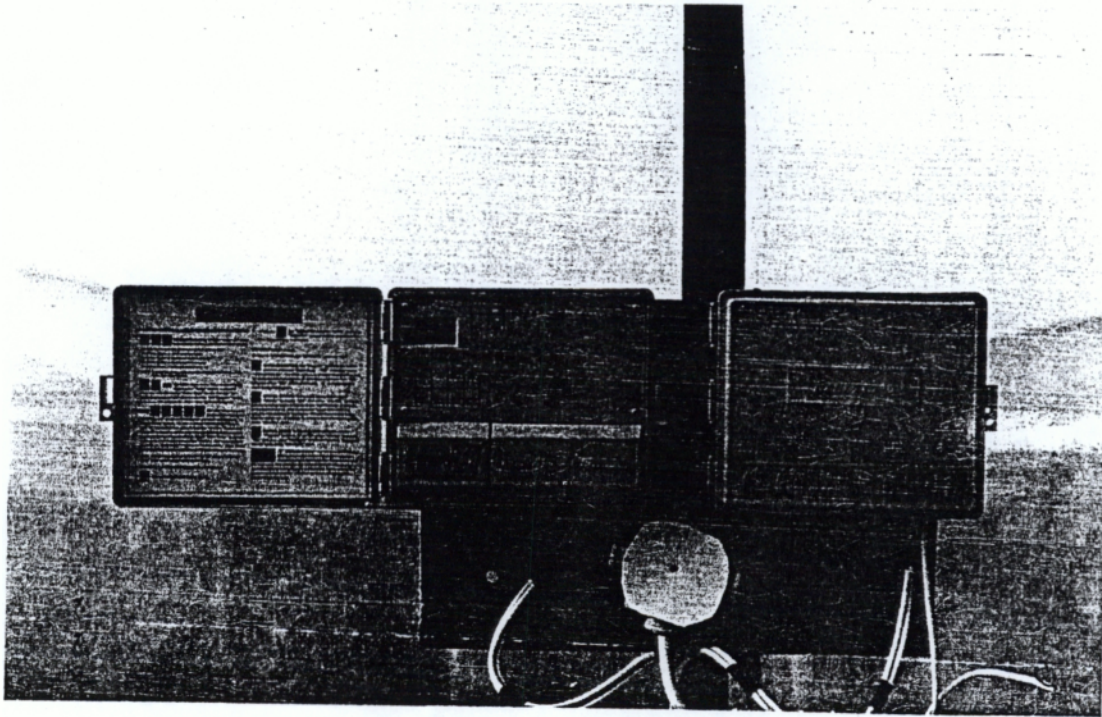
Το pH και ο φώσφορος ελέγχονται με χορήγηση της ανάλογης ποσότητας H_3PO_4 .

Ο κ.Γ.Μ.Μαυρογιανόπουλος, 1994, προτείνει ως βασική σύνθεση του θρ. διαλύματος την παρακάτω:

NO_3	9,25 mmol	Fe	20,0 μmol
H_2PO_4	1,25 mmol	Mn	10,0 μmol
SO_4	1,00 mmol	Zn	4,0 μmol
NH_4	0,50 mmol	B	20,0 μmol
Ca	2,75 mmol	Cu	0,5 μmol
K	4,50 mmol	Mo	0,5 μmol
Mg	1,00 mmol		

Κατά την παρασκευή του θρ. διαλύματος λαμβάνονται υπόψη και οι ποσότητες των στοιχείων που περιέχει το χρησιμοποιούμενο νερό.

Για να κατανέμεται καλύτερα το θρ. διάλυμα μέσα στον πλαστικό σωλήνα, προτιμότερο είναι να γίνονται πολλές χορηγήσεις την ημέρα (3-5) με μικρό χρονικό διάστημα η κάθε μία (5min) παρά λίγες χορηγήσεις με μεγάλα χρονικά διαστήματα (Εικ.16).



Εικ.16 Ηλεκτρονικός μηχανισμός ρύθμισης της συχνότητας των δόσεων του θρεπτικού διαλύματος.

Επειδή το θρ. διάλυμα μπορεί να προκαλέσει γρήγορα φθορά στα διάφορα εξαρτήματα του δικτύου άρδευσης, θα πρέπει αυτό να είναι κατασκευασμένο από υλικά που αντέχουν στα οξέα. Επίσης, παρόλο που ο περλίτης είναι αδρανές υλικό, μπορεί να παρουσιάσει πρόβλημα αλατιότητας, γιαυτό ενδείκνυται κατά διαστήματα 7-10 ημερών, να γίνονται πατίσματα με σκέτο νερό για να ξεπλένονται οι πλαστικοί σωλήνες από άλατα που τυχόν έχουν δεσμευτεί από τον περλίτη.

Τυχόν τροφοπενίες που μπορεί να εμφανιστούν, αντιμετωπίζονται είτε με τις ανάλογες διαφυλλικές λιπάνσεις, είτε με ανάλογη αλλαγή της σύνθεσης του θρ. διαλύματος.

5.3. Καλλιεργητική τεχνική.

5.3.1. Εγκατάσταση της καλλιέργειας.

Η εγκατάσταση της καλλιέργειας γίνεται τον Ιούλιο στην Β.Ελλάδα και λίγο αργότερα στη Ν.Ελλάδα. Εάν τα φυτά μεταφυτευθούν νωρίτερα, τότε τα φύλλα τους γερνάνε πριν το χειμώνα και αφαιρούνται, με αποτέλεσμα τα φυτά να μην έχουν την φωτοσυνθετική επιφάνεια που τους χρειάζεται για μια μεγάλη παραγωγή. Εάν πάλι μεταφυτευθούν αργότερα, δεν προλαβαίνουν να αναπτυχθούν αρκετά με συνέπεια πάλι την μείωση της παραγωγής.

Για την μεταφύτευση χρησιμοποιούνται αποκλειστικά φυτά ψυγείου. Πριν την μεταφύτευση των φυτών, ποτίζονται για 1-2 ημέρες οι πλαστικοί σωλήνες με νερό, για να "κάτσει" ο περλίτης.

Από την μεταφύτευση και έπειτα, ξεκινάει η αφαίρεση των στολώνων και των ανθοταξιών που εκπύσσονται. Οι στόλωνες αφαιρούνται συνέχεια, μέχρι το στάδιο της καρποφορίας, οπότε και τα φυτά σταματούν να βγάζουν στόλωνες. Με την συνεχή αφαίρεση των φυτών, τα φυτά γίνονται πιο εύρωστα και σχηματίζουν περισσότερες κεφαλές, ενώ με την αφαίρεση των ανθοταξιών εκτός από την ευρωστία των φυτών επιτυγχάνεται και η ρύθμιση του χρόνου παραγωγής. Η κοπή των ανθοταξιών σταματάει τέλη Σεπτεμβρίου-αρχές Οκτωβρίου ενώ στην τελευταία κοπή, αφήνονται οι ανθοταξίες που έχουν σχηματίσει μπουμπούκια. Από την άνθιση ως την πλήρη ωρίμανση του καρπού απαιτείται περίπου 1 μήνας.

Οι ποικιλίες που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι αυτές που συμπεριφέρονται ως ανεξάρτητες φωτοπεριόδου.

Μερικές από τις συνηθέστερες ποικιλίες που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα είναι οι: Brighton, Selva, Fern, Chandle, Tioga, Toro κ.α.

5.3.2. Κλιματικές συνθήκες.

Οι απαιτήσεις της φράουλας σε θερμοκρασία είναι διαφορετικές σε κάθε στάδιο ανάπτυξης της. Γενικά, για την ημέρα, η ελάχιστη βιολογική είναι 3-6°C, η μέγιστη 28 και άριστη 18-20 ενώ τη νύχτα ελάχιστη θανατηφόρα -1, ελάχιστη βιολογική 2-4 και άριστη 12-14°C. Κατά τη διάρκεια όμως της ανθοφορίας-γονιμοποίησης, η θερμοκρασία δεν πρέπει να είναι χαμηλότερη από 12°C και υψηλότερη από 14°C τη νύχτα και 16°C την ημέρα, γιατί τότε ξηραίνονται οι στήμονες και τα άνθη δεν γονιμοποιούνται πλήρως ή δεν γονιμοποιούνται καθόλου. Για την επικονίαση των ανθέων χρησιμοποιούνται μέλισσες ή βόμβοι.

Η άνθιση της φράουλας μπορεί να γίνει και στους 6°C αλλά τότε δεν γίνεται σωστά η γονιμοποίηση. Η ατελής γονιμοποίηση έχει σαν συνέπεια την παραγωγή παραμορφωμένων καρπών ακατάλληλων για εμπορία.

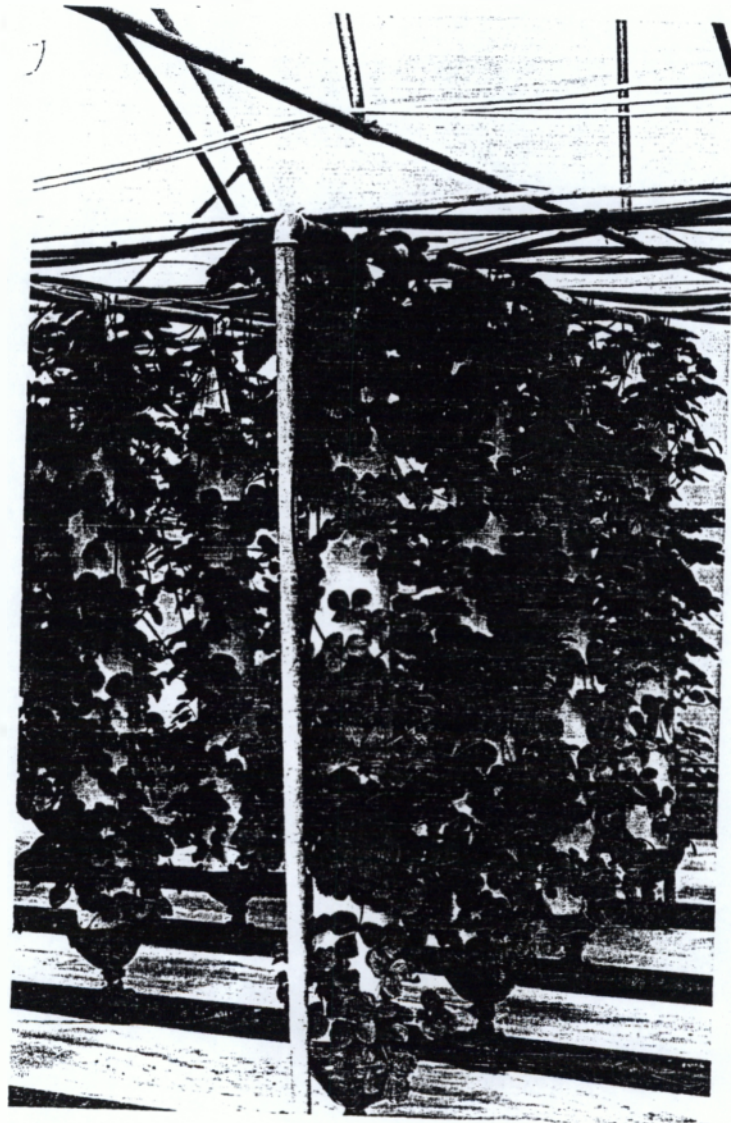
Η θερμοκρασία του θρ. διαλύματος και του υποστρώματος θα πρέπει να είναι περίπου 15°C για να αφομοιώνονται ευκολότερα τα θρ. στοιχεία.

Όσον αφορά την σχετική υγρασία, θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 50% και 75-80%. Με σχ. υγρασία < 50% ιδίως την περίοδο της ανθοφορίας ξηραίνονται οι στήμονες, και δεν γίνεται γονιμοποίηση. Όταν απαιτείται αύξηση της σχ. υγρασίας στο περιβάλλον του θερμοκηπίου, χρησιμοποιείται το σύστημα υδρονέφωσης.

Αντίθετα, όταν η σχ. υγρασία είναι >75%, αυξάνονται σημαντικά οι πιθανότητες προσβολής από παθογόνα.

Σημαντικό πρόβλημα στην κατακόρυφη καλλιέργεια της φράουλας είναι ο φωτισμός, γιατί η ένταση του φωτός κατά τη διάρκεια του χειμώνα δεν επαρκεί, ιδίως για τα φυτά που στεγάζονται περισσότερο, δηλαδή για τα φυτά που βρίσκονται στο κάτω μέρος των πλαστικών σωλήνων και στα φυτά που βρίσκονται στην βόρεια πλευρά του θερμοκηπίου. Πειράματα με τεχνητό φωτισμό έδειξαν ότι αυξάνονται οι αποδόσεις, όχι όμως τόσο ώστε να καλύπτεται το κόστος του τεχνητού φωτισμού. Ωστόσο το πρόβλημα αντιμετωπίζεται ικανοποιητικά με την αραιότερη διάταξη των πλαστικών σωλήνων, και με την τοποθέτηση στο δάπεδο του θερμοκηπίου ανακλαστικής επιφάνειας. Τέτοια μπορεί να είναι λευκό φύλλο

πολυαιθυλενίου το οποίο θα ανακλά τις ακτίνες του ήλιου και θα αιξάνει την ένταση του φωτός μέσα στο θερμοκήπιο. Επιπλέον μ'αυτόν τον τρόπο αντιμετωπίζεται και το πρόβλημα των ζιζανίων (Εικ.17).



Εικ. 17 Λευκό πολυαιθυλένιο που καλύπτει το έδαφος για την αύξηση του φωτισμού και την αντιμετώπιση των ζιζανίων.

Αντίθετα, στην αρχή της εγκατάστασης της καλλιέργειας, η ένταση του φωτός είναι μεγαλύτερη από ότι απαιτείται και καλό είναι να σκιάζονται τα φυτά με σκίαση περίπου 40% ως τα μέσα Σεπτεμβρίου.

5.4 Προβλήματα στην κατακόρυφη καλλιέργεια φράουλας.

Εκτός από το φωτισμό, είναι δυνατόν να παρουσιαστούν και άλλα προβλήματα στην κατακόρυφη καλλιέργεια φράουλας.

Ένα σημαντικό πρόβλημα που εμφανίζεται στην κατακόρυφη καλλιέργεια φράουλας, και έχει σχέση με το βάθος φύτευσης των φυταρίων είναι το εξής: Πολλές φορές τα φυτά φυτεύονται βαθύτερα από ότι πρέπει με αποτέλεσμα να μην μπορεί να αναπτυχθεί αρκετά το υπέργειο τμήμα τους, και έτσι να μην δημιουργούν περισσότερες από 1-2 κεφαλές, γεγονός που έχει επίδραση στην απόδοση. Επίσης πολλές φορές συμβαίνει και το ακριβώς αντίθετο, δηλαδή τα φυτάρια φυτεύονται πολύ ρηχά, με αποτέλεσμα ένα μέρος των ριζών που εκπύσσονται να μην μπαίνει μέσα στους πλαστικούς σωλήνες αλλά να σχηματίζεται από έξω και να καταστρέφεται (Εικ.18). Γιαυτό συνίσταται ιδιαίτερη προσοχή κατά την φύτεψη των φυταρίων στους πλαστικούς σωλήνες.

Τα κυριότερα όμως προβλήματα προκύπτουν από το θρ. διάλυμα, και έχουν να κάνουν είτε με την ανομοιόμορφη κατανομή του στον πλαστικό σωλήνα, είτε με τον ελλιπή αερισμό του θρ. διαλύματος, οπότε στις ρίζες των φυτών δημιουργείται πρόβλημα από την ελλιπή οξυγόνωση. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με την εγκατάσταση στο δίκτυο άρδευσης, ενός συστήματος που να εφοδιάζει το θρ. διάλυμα με οξυγόνο. Η πιο αιχμή μορφή εφοδιασμού του θρ. διαλύματος με οξυγόνο είναι να δημιουργηθεί κάποια υδατόπτωση στο δίκτυο άρδευσης. Επίσης προσοχή πρέπει να δίνεται και στους σταλάκτες ώστε να τοποθετούνται σταθερά στους πλαστικούς σωλήνες για να μην βγαίνουν κατά λάθος κατά τις διάφορες καλλιεργητικές εργασίες. Άλλο σημείο που πρέπει να προσεχθεί είναι η τοποθέτηση πλαστικών δικτύων κάτω από τους πλαστικούς σωλήνες, ώστε με την αποστράγγιση του πλεονάζοντος θρ. διαλύματος,

να μην εισέρχονται στο δίκτυο συλλογής του και διάφορα ξένα υλικά, (κόκκοι περλίτη, σκόνες), τα οποία μπορούν να δημιουργήσουν πρόβλημα στο δίκτυο άρδευσης.



Εικ. 18 Φυτό φράουλας με μέρος των ριζών του έξω από τον σωλήνα πολυαιθυλενίου.

Τα προβλήματα που οφείλονται σε εχθρούς και ασθένειες της φράουλας στην κατακόρυφη καλλιέργεια, είναι τα ίδια με αυτά που εμφανίζονται στην συμβατική καλλιέργεια της φράουλας θερμοκηπίου, εκτός του ότι απαλλασσόμαστε από τις ασθένειες εδάφους και τα ζιζάνια. Επίσης το αδιαφανές λευκό πλαστικό που αιτώνεται στο δάπεδο του θερμοκηπίου, μειώνει σημαντικά τις προσβολές από έντομα που μέρος του βιολογικού τους κύκλου το συμπληρώνουν στο έδαφος.

Οι κυριότεροι εχθροί της φράουλας θερμοκηπίου είναι οι τετράνυχτοι, οι αφίδες και οι αλευρώδεις, που καταπολεμούνται με τα ανάλογα φυτοφάρμακα ή με βιολογικές μεθόδους ή και με συνδυασμό των δύο παραπάνω.

Οι ασθένειες που κυρίως προσβάλλουν την φράουλα είναι ο βοτρυτίης (*Botrytis cinerea*) και η Μυκοσφαιρέλλα (*Mycosphaerella fragariae*) που αντιμετωπίζονται με μυκητοκτόνα.

Την φράουλα μπορεί να προσβάλλουν και ιοί που μεταφέρονται με τις αφίδες.

6. Προοπτικές της κατακόρυφης καλλιέργειας φράουλας.

Παρά το υψηλό κόστος, την τεχνογνωσία και τα διάφορα άλλα προβλήματα που παρουσιάζονται στην κατακόρυφη καλλιέργεια φράουλας, οι προοπτικές της είναι πολύ ευαίωτες, ιδίως για την Ελλάδα και αυτό γιατί και με την πλουσιότερη ηλιοφάνεια και τις υψηλότερες θερμοκρασίες που επικρατούν στην Ελλάδα, σε σχέση με τις υπόλοιπες χώρες της Ευρώπης, δίνεται η δυνατότητα παραγωγής φράουλας εκτός εποχής με άριστη ποιότητα.

Το υψηλό κόστος που έχει η εγκατάσταση και λειτουργία της κατακόρυφης καλλιέργειας φράουλας, υπερκαλύπτεται από τις πολύ μεγάλες στρεμματικές αποδόσεις, σε σχέση με την συμβατική καλλιέργεια, οι οποίες αυξάνουν θεαματικά την πρόσοδο του παραγωγού. Ενώ στις συμβατικές καλλιέργειες οι στρεμματικές αποδόσεις κυμαίνονται στους 2-3 τόννους, στην κατακόρυφη καλλιέργεια φράουλας κυμαίνονται στους 12-15 τόννους, λόγω της μεγάλης πυκνότητας των φυτών/στρέμμα.

Επιπλέον, με τις γνώσεις που συνεχώς αποκτούνται από την συνεχή έρευνα που πραγματοποιείται από τα Εθνικά Ιδρύματα και επίσης και από ιδιωτικούς φορείς, ξεπερνιέται και το πρόβλημα της τεχνογνωσίας που απαιτείται για την επιτυχία της κατακόρυφης καλλιέργειας της φράουλας.

Έτσι, η κατακόρυφη καλλιέργεια της φράουλας έχει όλες τις δυνατότητες να αποδειχθεί μια από τις πιο δυναμικές, εντατικές και αποδοτικές καλλιέργειες στην Ελλάδα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΒΑΡΒΕΡΗ Α. "Φράουλα-Οδηγός για την καλλιέργειά της".
Αγροτικές Συν. Εκδόσεις, 1977.
2. ΓΡΑΦΙΑΔΕΛΗ Μ. "Σύγχρονα θερμοκήπια". Εκδ. Γαρταγάνη, 1987.
3. CARR DAVID. "Καλλιέργεια με περλίτη". Σύγχρ. Γεωργ. Τεχνολογία
No 22/Ιούλιος-Αύγουστος 1984.
4. ΔΡΙΜΤΖΙΑΣ Ε. "Υδροπονική καλλιέργεια της τομάτας σε υπόστρωμα
GRODAN". Γεωργία και ανάπτυξη No 42/Μάρτιος-Απρίλιος 1995.
5. ΚΑΝΑΚΗ Α. "παραγωγή πολλαπλασιαστικού υλικού φράουλας"
Εκδ. Υπουργείου Γεωργίας, 1989.
6. ΚΑΡΑΦΥΛΛΙΔΗ Δ. "Επίδραση του χρόνου φύτευσης στην απόδοση,
πρωιμότητα και ποιότητα της ποικιλίας φράουλας Gorella".
Επιστ. Δελτίο 5: 34-46, Κ.Γ.Ε.Β.Ε. Θεσ/νίκης, 1989.
7. ΜΑΥΡΟΓΙΑΝΟΠΟΥΛΟΥ Γ. "Υδροπονικές καλλιέργειες και θρεπτικά
διαλύματα". Εκδ. Α.Σταμούλη, 1994.
8. ΠΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ Φ. "Καλλιέργεια κηπευτικών σε υποστρώματα"
Επιστ. Δελτίο 3:65-78, Κ.Γ.Ε.Β.Ε. Θεσ/νίκης, 1987.
9. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Γ. "Υδροπονία-καλλιέργεια σε υποστρώματα"
Σημειώσεις.
10. PARASKEVOPOULOU PAROUSI G". Performance of five strawberry
cultivass under plastic greenhouse or field conditions in Northern Greece".
Acta Horticulture 287, 1990.

11. PARASKEVOPOULOU PAROUSI G., VASSILAKAKIS M., DOGRAS C.
"Out of season strawberry production in a plastic greenhouse: Earliness, plant productivity and fruit quality".
12. ΣΠΑΡΤΣΗ Ν. "Δενδροκομία III" Εκδ. ΚΑΤΕΕ Λάρισας.
13. ΣΤΕΦΑΝΗ Δ. "Ειδ. Φυτοπροστασία Δενδροκομίας και κυπευτικών"
Εκδ. ΤΕΙΦ, 1988.
14. ΤΕΧΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΤΗΣ "ΑΝΘΟΚΗΠΕΥΤΙΚΗ ΑΡΓΥΡΑΚΗ ΑΕ".
"Η καλλιέργεια της τομάτας σε πετροβάμβακα" Γεωργία και Ανάπτυξη,
No 42/Μάρτιος-Απρίλιος 1995.
15. ΧΑΪΤΑ Β. "Φράουλα-Τεχνική διασταύρωσης" Ιούνιος 1991.
16. ΧΑΡΙΤΟΥ Ν. "Υδροπονικές καλλιέργειες σε θερμοκήπιο".
Γεωργική Τεχνολογία No 4/1989.
17. ΧΡΙΣΤΟΦΙΛΗ Σ. "Υδροπονική καλλιέργεια φράουλας-Προϋποθέσεις
για μια σωστή επένδυση". Γεωργ. Τεχνολογία No 6/Ιούνιος 1988.
18. "Soilles culture for horticultural crop production".
FAO, 1990.