

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΤΕΙ)  
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ  
ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ 5 ΣΤΡΕΜΜΑΤΩΝ**

Πτυχιακή Εργασία  
του σπουδαστή **Αναστασίου Θ. Λαμπρόπουλου**

Καλαμάτα, Μάρτιος 2003

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΤΕΙ)  
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ  
ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ 5 ΣΤΡΕΜΜΑΤΩΝ**

Πτυχιακή Εργασία  
του σπουδαστή **Αναστασίου Θ. Λαμπρόπουλου**

Επιβλέποντες Καθηγητές: **Κώτσιρας Αναστάσιος**  
**Λιναρδόπουλος Χρήστος**

Καλαμάτα, Μάρτιος 2003

*Αφιερώνεται στην μνήμη της αγαπημένης μου Μητέρας...*

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	1
----------------	---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

### ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ - ΓΕΝΙΚΑ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ .....	2
1.2 ΟΡΙΣΜΟΙ.....	4
1.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ .....	5
1.4 Η ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ.....	6

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

### ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΓΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

2.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....	9
2.1.1 Υγρά Συστήματα.....	10
2.1.1.1 Συστήμα NFT.....	10
2.1.1.2 Αεροπονία .....	15
2.1.2 Συστήματα με αδρανές υπόστρωμα .....	16
2.1.2.1 Καλλιέργεια σε πλάκες πετροβάμβακα (rockwool).....	16
2.1.2.2 Καλλιέργεια σε πλαστικούς σάκους.....	21
2.1.2.3 Καλλιέργεια σε κανάλια και αυλάκια .....	22
2.1.3 Παραλλαγές .....	23
2.2 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ .....	24
2.2.1 Δεξαμενές.....	24
2.2.2 Συστήματα αυτόματης ανάμειξης πυκνών διαλυμάτων.....	25
2.2.3 Όργανα μέτρησης pH και αγωγιμότητας .....	27
2.2.4 Σύστημα άρδευσης-παροχής του θρεπτικού διαλύματος .....	28

2.2.5 Υποδοχείς υποστρωμάτων .....	28
2.2.6 Αυτοματισμοί .....	29
2.3 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ .....	29
2.3.1 Πετροβάμβακας (rockwool).....	30
2.3.2 Περλίτης.....	31
2.3.3 Ελαφρόπετρα .....	33
2.3.4 Καλλιέργεια σε άμμο (sand culture) .....	34
2.3.5 Καλλιέργεια σε χαλίκι (gravel culture) .....	36
2.4 ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ .....	37
2.4.1 Σύνθεση των θρεπτικών διαλυμάτων .....	37
2.4.2 Παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων .....	47
2.4.3 Έλεγχος και αναπροσαρμογή των θρεπτικών διαλυμάτων.....	49
2.5 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ .....	51

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

### ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ ΣΕ ΠΛΑΚΕΣ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ .....	53
3.2 ΕΠΟΧΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ .....	55
3.3 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ.....	55
3.3.1 Άρδευση.....	57
3.3.2 Ετοιμασία φυτών – Καλλιέργεια .....	58
3.4 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ.....	61
3.4.1 Λίπανση και θρέψη της καλλιέργειας.....	61
3.4.2 Υποστύλωση .....	63
3.4.3 Κλάδεμα.....	64
3.4.4 Φυτοπροστασία .....	66
3.5 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ .....	77
3.6 ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΟΙ ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ .....	78

3.6.1 Διαλογή .....	78
3.6.2 Συσκευασία .....	78
3.6.3 Αποθήκευση .....	78

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

4.1 Η ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ .....	79
4.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ .....	79
4.3 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ .....	80
4.3.1 Υλικό κατασκευής σκελετού .....	80
4.3.2 Υλικό κάλυψης .....	80
4.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ .....	80
4.4.1 Διαστάσεις κατασκευαστικού στοιχείου θερμοκηπίου .....	80
4.4.2 Θεμελίωση .....	80
4.4.3 Προσανατολισμός.....	81
4.4.4 Φορτία σκελετού θερμοκηπίου.....	81
4.5 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ .....	81
4.5.1 Υδροπονικό σύστημα .....	81
4.5.2 Θέρμανση .....	82
4.5.3 Εξαερισμός .....	82
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	83
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	85

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η καλλιέργεια της αγγουριάς στα θερμοκήπια είναι μετά την τομάτα η περισσότερο διαδεδομένη στη χώρα μας και συνήθως εναλλάσσεται με την τομάτα στο ίδιο θερμοκήπιο.

Οι αντικειμενικοί σκοποί αυτής της μελέτης είναι να εξοικειωθεί ο αναγνώστης με τις επιστημονικές αρχές και τις πρακτικές μεθόδους που ακολουθούνται στο σύστημα υδροπονικής καλλιέργειας καθώς και σε ποιες περιπτώσεις είναι αναγκαία η εφαρμογή αυτού του συστήματος.

Το πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται γενικά στις υδροπονικές καλλιέργειες. Το δεύτερο κεφάλαιο ασχολείται με βασικές πληροφορίες και αρχές, οι οποίες είναι δυνατόν να εφαρμοσθούν και σε άλλες καλλιέργειες εκτός εδάφους, εκτός της αγγουριάς. Το τρίτο κεφάλαιο περιγράφει τους ειδικούς τρόπους καλλιέργειας της αγγουριάς και το τέταρτο κεφάλαιο μας δίνει στοιχεία για την κατασκευή ενός θερμοκηπίου στην περιοχή ( Γιαννιτσοχώρι, Ν. Ηλείας ) με βάση τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή αυτή.

Τελειώνοντας, θέλω να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον κ. Αναστάσιο Κώτσιρα και κ. Χρήστο Λιναρδόπουλο, επιστημονικούς συνεργάτες, για την επιλογή του θέματος, τη βοήθεια τους στην ανεύρεση συμπληρωματικής βιβλιογραφίας και τις υποδείξεις τους καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της εργασίας.

Καλαμάτα, Μάρτιος 2003  
Αναστάσιος Θ. Λαμπρόπουλος

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

## ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ - ΓΕΝΙΚΑ

---

### 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η προσπάθεια για τροποποίηση του φυσικού περιβάλλοντος για την επίτευξη άριστων συνθηκών ανάπτυξης των φυτών με στόχο τη μεγιστοποίηση της παραγωγής και τη βελτίωση της ποιότητας οδήγησε στην καλλιέργεια λαχανικών σε ελεγχόμενο περιβάλλον. Έτσι, αναπτύχθηκαν κατασκευές στις οποίες υπάρχει η δυνατότητα για έλεγχο του περιβάλλοντος ανάπτυξης του υπέργειου και υπόγειου τμήματος των φυτών και επιτρέπουν τη ρύθμιση της θερμοκρασίας, του φωτός, της θρέψης κλπ. Προς την κατεύθυνση αυτή αποβλέπει και η καλλιέργεια λαχανικών σε υδροπονικά συστήματα, που τα τελευταία χρόνια αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

Η υδροπονική καλλιέργεια ή καλλιέργεια εκτός εδάφους αναπτύχθηκε από τα ευρήματα πειραμάτων που έγιναν με σκοπό τον προσδιορισμό των απαραίτητων στοιχείων για την αύξηση και ανάπτυξη των φυτών, καθώς και των συστατικών τους, που χρονολογούνται από πολύ παλιά, γύρω στα 1600. Ωστόσο, καλλιέργεια φυτών εκτός εδάφους υπήρχε από πολύ νωρίτερα. Οι Κρεμαστοί κήποι της Βαβυλώνας, οι πλωτοί κήποι των Ασδέκων του Μεξικού και αυτοί των Κινέζων είναι παράδειγμα υδροπονικής καλλιέργειας. Καταγραφές σε Αιγυπτιακά ιερογλυφικά που χρονολογούνται μερικές εκατοντάδες χρόνια π.χ. δείχνουν ότι ο αρχαίος άνθρωπος καλλιεργούσε φυτά χρησιμοποιώντας άμμο ποταμών.

Στα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα, διάφοροι ερευνητές απέδειξαν ότι φυτά μπορούν να αναπτυχθούν σ' ένα αδρανές υλικό, όταν αυτό διαβρέχεται με υδατικό διάλυμα που περιέχει ανόργανα στοιχεία απαραίτητα για τα φυτά. Το επόμενο βήμα ήταν να αφαιρεθεί ολοσχερώς το αδρανές υλικό και να αναπτυχθούν τα φυτά σε υδατικά διαλύματα που περιέχουν τα απαραίτητα στοιχεία. Αυτό πραγματοποιήθηκε από δύο



γερμανούς επιστήμονες τον Sachs (1860) και τον Knop (1861) και παρόμοιες τεχνικές χρησιμοποιούνται ακόμη και σήμερα στα εργαστήρια της θρέψης των φυτών. Αυτές οι πρώτες διερευνήσεις της θρέψης των φυτών έδειξαν ότι κανονική ανάπτυξη φυτών μπορεί να πετυχαίνεται, όταν το ριζικό σύστημα είναι βυθισμένο σε υδατικό διάλυμα που περιέχει άλατα αζώτου, φωσφόρου, θείου, καλίου, ασβεστίου και μαγνησίου, στοιχεία τα οποία σήμερα χαρακτηρίζονται ως μακροστοιχεία, καθώς απαιτούνται σε σχετικά μεγάλες ποσότητες για την αύξηση και ανάπτυξη των φυτών.

Τα επόμενα χρόνια, με την εξέλιξη των εργαστηριακών τεχνικών και της χημείας, οι ερευνητές ανακάλυψαν επτά στοιχεία, που απαιτούνται από τα φυτά σε σχετικά μικρές ποσότητες, τα μικροστοιχεία ή ιχνοστοιχεία. Αυτά είναι ο σίδηρος, το χλώριο, το μαγγάνιο, το βόριο, ο ψευδάργυρος, ο χαλκός και το μολυβδαίνιο. Το 1930 ο Geriecke επιχειρεί στην Καλιφόρνια να καλλιεργήσει φυτά μέσα σε νερό και δίνει σ' αυτό το είδος της καλλιέργειας την ονομασία "υδροπονική". Η λέξη *υδροπονία* (hydroponics) παράγεται από δύο ελληνικές λέξεις *υδρο* (*hydro*) και *πόνος* (*ponos*), εργασία, που αποδίδουν την εργασία με το νερό.

Οι πρώτες επιχειρηματικές καλλιέργειες, πάνω σε άμμο και χαλίκια, πραγματοποιούνται το 1936 στο Ohio και στο νησί Wake στον Ειρηνικό Ωκεανό. Στη συνέχεια, κατά τη διάρκεια του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου οι αμερικανοί χρησιμοποιούν αυτές τις μορφές καλλιέργειών για τη διατροφή των στρατευμάτων τους στα νησιά του Ειρηνικού.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1960 παρατηρείται στη Γαλλία μια υπερβολική αισιοδοξία για αυτές τις καλλιέργειες. Η έκδοση του βιβλίου "Καλλιέργειες χωρίς χώμα" σημείωσε πολύ μεγάλη επιτυχία. Την ίδια περίοδο επίσης το INVUFLEC κάνει τις πρώτες του μελέτες πάνω σ' αυτό το αντικείμενο και κυρίως στην πραγματοποίηση μιας εγκατάστασης φτηνής και απλής σε λειτουργία. Αυτό έγινε δυνατό χάρη στην έναρξη χρησιμοποίησης του πλαστικού, σε αντικατάσταση των δοχείων από τσιμέντο, ξύλο, άσφαλτο, τούβλα κ.λ.π., που χρησιμοποιούσαν μέχρι τότε και που ήταν δαπανηρή.

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

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

Ουσιαστικά όμως, η υδροπονία καθιερώθηκε ως τρόπος καλλιέργειας στα θερμοκήπια στη δεκαετία του 1978 με την ανάπτυξη του NFT (Nutrient Film Technique) στη Μ. Βρετανία από τον Allan Cooper και με την χρησιμοποίηση στη Δανία του πετροβάμβακα (rockwool) ως υπόστρωμα καλλιέργειας. Σε ορισμένες χώρες, η ανάπτυξη των δυο αυτών συστημάτων ευνοήθηκε από την ενεργειακή κρίση που παρατηρήθηκε στα μέσα αυτής της δεκαετίας. Στην Ολλανδία για παράδειγμα, η αύξηση του κόστους απολύμανσης του εδάφους με ατμό οδήγησε στην εξάπλωση της καλλιέργειας εκτός εδάφους, καθώς η χρησιμοποίηση του βρωμιούχου μεθυλίου ήταν διαδομένη, για διάφορους λόγους.

## 1.2 ΟΡΙΣΜΟΙ

Η υδροπονία μπορεί να οριστεί ως η καλλιέργεια φυτών σε θρεπτικό διάλυμα με ή χωρίς τη χρήση ενός τεχνητού μέσου (αδρανούς υποστρώματος), όπως χαλίκι, άμμος, ελαφρόπετρα, περλίτης, βερμικουλίτης, διογκωμένη άργιλος, πειροβάμβακας κ.α.

Επειδή σε πολλά υδροπονικά συστήματα χρησιμοποιείται κάποιο μέσο ανάπτυξης (υπόστρωμα), συχνά ορισμένοι συγγραφείς και ερευνητές προτείνουν τα συστήματα αυτά να ονομάζονται καλλιέργειες εκτός εδάφους (soilless culture), ενώ μόνο η καλλιέργεια σε θρεπτικό διάλυμα, χωρίς τη χρήση υποστρώματος, μπορεί να χαρακτηριστεί ως πραγματική υδροπονία (hydroponics) ή υδροκαλλιέργεια (water culture).

Η καλλιέργεια σε οργανικά υποστρώματα (τύρφη, πριονίδια, composts κ.α.) από πολλούς δεν περιλαμβάνεται στην υδροπονία, καθώς το υπόστρωμα δεν είναι αδρανές, αλλά θεωρείται ως ιδιαίτερο σύστημα καλλιέργειας.

Στην Ελλάδα όμως έχει επικρατήσει να ονομάζονται υδροπονικές, όλες οι καλλιέργειες εκτός εδάφους, οπότε ο όρος υδροπονία θα χρησιμοποιηθεί και στο παρόν άρθρο με την οικουμενική έννοια.

### **1.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ**

Ακριβή στοιχεία για τη συνολική έκταση που καταλαμβάνουν οι υδροπονικές καλλιέργειες στον κόσμο δεν υπάρχουν. Ωστόσο, σχετικά με την εξάπλωση τους είναι γνωστά τα παρακάτω.

Στην Ολλανδία (1995) και στο Βέλγιο (1994), η καλλιέργεια λαχανικών σε θερμοκήπια καταλαμβάνει 44.980 και 10.160 στρ., αντίστοιχα. Από αυτά, το 75% περίπου (33.735 και 7.620 στρ.) καταλαμβάνουν οι καλλιέργειες τομάτας, πιπεριάς και αγγουριού, που στην πλειοψηφία τους καλλιεργούνται σε υδροπονικά συστήματα<sup>1</sup>.

Στην Ιαπωνία (1995), η καλλιέργεια λαχανικών σε θερμοκήπια καταλαμβάνει 510.110 στρ. από τα οποία το 1,5% περίπου (7.630 στρ.) γίνεται σε υδροπονικά συστήματα. Η τομάτα είναι η σπουδαιότερη καλλιέργεια (34%) και το κυριότερο υδροπονικό σύστημα είναι η καλλιέργεια σε πετροβάμβακα (44% της συνολικής υδροπονικής καλλιέργειας).

Στις χώρες της Β. Ευρώπης (με εξαίρεση την Ολλανδία), η καλλιεργούμενη έκταση με λαχανικά σε υδροπονικά συστήματα εκτιμάται περίπου στα 5.000 στρ., ενώ στις χώρες της Ν. Ευρώπης περίπου στα 5.700 στρ., από τα οποία τα 350 στρ. περίπου στη χώρα μας.

---

<sup>1</sup> Στην Ολλανδία, το 100% της πιπεριάς, το 80% της τομάτας και το 50% του αγγουριού καλλιεργούνται εκτός εδάφους. Το 90% περίπου των καλλιεργειών εκτός εδάφους γίνεται σε υπόστρωμα πετροβάμβακα και το υπόλοιπο 10% σε NFT.

## 1.4 Η ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Αν και το έδαφος αποτελεί το κυρίαρχο μέσο για την καλλιέργεια των φυτών, ωστόσο δεν είναι και το ιδανικότερο μέσο. Το ριζικό σύστημα των φυτών απαιτεί για την άριστη ανάπτυξη του, ένα περιβάλλον, όπου θα εξασφαλίζονται τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία, το νερό, το οξυγόνο, η κατάλληλη θερμοκρασία και η προστασία από παθογόνους μικροοργανισμούς. Η υδροπονία αναπτύχθηκε ως τεχνική καλλιέργειας των φυτών, γιατί εξασφαλίζει ιδανικότερο περιβάλλον για την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών, από αυτό που εξασφαλίζει το έδαφος.

Η υδροπονία δίνει τη δυνατότητα για καλλιέργεια λαχανικών σε περιοχές με εντελώς ακατάλληλα για καλλιέργεια εδάφη (έρημοι, παραθαλάσσιες περιοχές, βραχώδεις εκτάσεις κ.α.). Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της υδροπονίας, σε σχέση με την καλλιέργεια στο έδαφος, είναι η απομάκρυνση των φυτών από το έδαφος και από τα προβλήματα που συχνά υπάρχουν σ' αυτό, εξαιτίας κακής δομής και σύστασης, κακής στράγγισης, φτωχής γονιμότητας, αλατότητας, παθογόνων μικροοργανισμών κ.α..

Η ανάγκη για καλλιέργεια του εδάφους με στόχο την προετοιμασία για εγκατάσταση της καλλιέργειας, την καταπολέμηση των ζιζανίων κ.λ.π. δεν υπάρχει στις υδροπονικές καλλιέργειες.

Στην υδροπονία γίνεται ορθολογική χρήση του νερού και των λιπασμάτων, καθώς οι απώλειες νερού οφείλονται μόνο στη διαπνοή των φυτών, ενώ οι ποσότητες των λιπασμάτων που προστίθενται στο θρεπτικό διάλυμα είναι ακριβώς οι απαιτούμενες. Αντίθετα, στις καλλιέργειες εδάφους σημαντικές ποσότητες νερού απαιτούνται για την κάλυψη των απωλειών λόγω διήθησης σε βάθος, εξάτμισης από την επιφάνεια του εδάφους κ.λ.π.

Το νερό άρδευσης αποτελεί περιοριστικό παράγοντα (λόγω της ποσότητας και της ποιότητας) για την καλλιέργεια λαχανικών σε πολλά νησιά. Επιπλέον, ο εφοδιασμός τους από άλλες περιοχές της χώρας είναι δύσκολος ή και δαπανηρός. Η υδροπονία θα μπορούσε να συμβάλει στην επίτευξη αυτάρκειας σε λαχανικά στις περιοχές αυτές.

Οι ποσότητες λιπασμάτων που εφαρμόζονται στις καλλιέργειες εδάφους είναι σημαντικά μεγαλύτερες από τις ανάγκες της καλλιέργειας, λόγω του τρόπου εφαρμογής τους, της δέσμευσης στο έδαφος, της έκπλυσης κ.λ.π.. Από τις ποσότητες των λιπασμάτων που εφαρμόζονται στο έδαφος, εκτιμάται ότι μόνο το 20-50% αξιοποιείται από τις καλλιέργειες.

Η θρέψη των φυτών ελέγχεται και ρυθμίζεται αποτελεσματικότερα στην υδροπονία. Τα θρεπτικά στοιχεία είναι άμεσα διαθέσιμα και σε επαρκείς ποσότητες, χωρίς τα φυτά να υπόκεινται σε υδατική και θρεπτική καταπόνηση. Η θρέψη είναι ομοιόμορφη σε όλη την έκταση της καλλιέργειας και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ομοιόμορφη ανάπτυξη των φυτών. Αντίθετα, στο έδαφος υπάρχει παραλλακτικότητα και δυσκολία στον έλεγχο και τη ρύθμιση της θρέψης των φυτών, ενώ συχνά παρατηρούνται ελλείψεις θρεπτικών στοιχείων, λόγω του pH, της γονιμότητας, του ανταγωνισμού μεταξύ στοιχείων κ.λ.π.

Στα υγρά υδροπονικά συστήματα δεν υπάρχει ανάγκη για απολύμανση του υποστρώματος, ενώ στα συστήματα που χρησιμοποιείται αδρανές υπόστρωμα, το κόστος εργασίας είναι μικρότερο, ο απαιτούμενος χρόνος επίσης μικρότερος και η απολύμανση αποτελεσματικότερη, σε σχέση με την απολύμανση του εδάφους.

Η ποιότητα των λαχανοκομικών προϊόντων είναι άριστη, όταν αυτά παράγονται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες περιβάλλοντος και θρέψης. Οι συνθήκες αυτές εξασφαλίζονται στις υδροπονικές καλλιέργειες. Επιπλέον, τα άριστης ποιότητας λαχανικά έχουν μεγαλύτερη μετασυλλεκτική ζωή.

Στις καλλιέργειες εδάφους, μετά από συχνή εφαρμογή βρωμιούχου μεθυλίου για απολύμανση, συχνά υπάρχουν προβλήματα από υπολείμματα βρωμίου, τόσο στα προϊόντα, όσο και στο έδαφος. Το πρόβλημα αυτό δεν υπάρχει στα προϊόντα των υδροπονικών καλλιεργειών. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της Ολλανδίας, όπου μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1970 η καλλιέργεια λαχανικών γινόταν σχεδόν αποκλειστικά στο έδαφος και η απολύμανση του εδάφους γινόταν με ατμό, χρησιμοποιώντας ως καύσιμο το φυσικό αέριο. Η αύξηση της τιμής του φυσικού αερίου είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους απολύμανσης και οι παραγωγοί στράφηκαν προς το βρωμιούχο μεθύλιο. Όμως, η σταδιακή αύξηση του ανόργανου βρώμιου στα υπόγεια νερά, ανάγκασε σύντομα την Ολλανδική κυβέρνηση να πάρει μέτρα για τον περιορισμό του. Τότε οι παραγωγοί στράφηκαν προς την καλλιέργεια σε υδροπονικά συστήματα.

Η υψηλή περιεκτικότητα σε νιτρικά των προϊόντων διατροφής θεωρείται επιβλαβής για την υγεία του καταναλωτή. Στην Ολλανδία, τα λαχανικά αποτελούν την κυριότερη πηγή εισροής νιτρικών για ενήλικες, καθώς από τη μέση ημερήσια εισροή νιτρικών το 84% προέρχεται από τα λαχανικά. Το «πρόβλημα» των νιτρικών στα λαχανικά απασχολεί τους ερευνητές εδώ και πολλά χρόνια, ιδιαίτερα όμως τα τελευταία χρόνια, που οι σύγχρονες διαιτολογικές απόψεις συντέιναν στην αύξηση της κατανάλωσης των λαχανικών.

Στις καλλιέργειες λαχανικών στο έδαφος, οι δυνατότητες για μείωση της περιεκτικότητας των λαχανικών σε νιτρικά είναι περιορισμένες. Αντίθετα, στις υδροπονικές καλλιέργειες υπάρχει η δυνατότητα να περιοριστεί σημαντικά η περιεκτικότητα των λαχανικών σε νιτρικά, χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνικές όπως, μείωση της θερμοκρασίας στο περιβάλλον του ριζικού συστήματος, σταδιακή αύξηση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$  από 20/80 σε 80/20, λίγες μέρες πριν από τη συγκομιδή, προσθήκη χλωρίου σε αντικατάσταση μέρους της απαιτούμενης ποσότητας αζώτου ή και χορήγηση θρεπτικού διαλύματος χωρίς καθόλου άζωτο κατά τις τελευταίες 7-10 μέρες πριν τη συγκομιδή (κυρίως σε φυλλώδη λαχανικά, όπως π.χ. μαρούλι).

Όμως, η εγκατάσταση και η λειτουργία των υδροπονικών συστημάτων δεν είναι φθηνή. Επιπλέον, οι υδροπονικές καλλιέργειες απαιτούν έλεγχο του περιβάλλοντος και γι' αυτό γίνονται σε θερμοκήπια. Συνεπώς, το κυριότερο μειονέκτημα της υδροπονίας είναι το υψηλό αρχικό κεφάλαιο που απαιτείται για τα υλικά, τις κατασκευές και τον εξοπλισμό.

Άλλα σημαντικά μειονεκτήματα της υδροπονίας είναι η απαίτηση για εξειδικευμένες γνώσεις γύρω από τη φυσιολογία των φυτών, οι σχετικά περίπλοκοι χειρισμοί και η ευαισθησία των συστημάτων, χωρίς μεγάλες ανοχές λάθους. Τέλος, μειονέκτημα είναι και ο κίνδυνος γρήγορης επέκτασης μέσω του συστήματος διαφόρων ασθενειών, όπως βερτισίλλιο και φουζάριο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ – ΓΕΝΙΚΑ

---

#### 2.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Η κατάταξη των υδροπονικών συστημάτων γίνεται με διάφορα κριτήρια, ουσιαστικά όμως υπάρχουν δυο μορφές υδροπονικών συστημάτων:

- Υγρά συστήματα, στα οποία δεν χρησιμοποιείται αδρανές υπόστρωμα για την ανάπτυξη και στήριξη του ριζικού συστήματος των φυτών και
- Συστήματα με αδρανές υπόστρωμα, στα οποία χρησιμοποιείται κάποιο αδρανές υλικό για την ανάπτυξη και στήριξη του ριζικού συστήματος των φυτών.

Με βάση την επαναχρησιμοποίηση ή μη του θρεπτικού διαλύματος, τα υδροπονικά συστήματα διακρίνονται σε:

- Κλειστά, στα οποία το πλεονάζον θρεπτικό διάλυμα που απορρέει μετά από την άρδευση, συγκεντρώνεται ξανά στη δεξαμενή και επαναχρησιμοποιείται και
- Ανοιχτά, στα οποία το πλεονάζον θρεπτικό διάλυμα που απορρέει μετά από την άρδευση, δεν επαναχρησιμοποιείται, αλλά συνήθως απορροφάται από το έδαφος του θερμοκηπίου, ή συλλέγεται και οδηγείται έξω από το χώρο του θερμοκηπίου.

Τα ανοιχτά συστήματα έχουν το πλεονέκτημα ότι το θρεπτικό διάλυμα που χορηγείται στα φυτά έχει συνεχώς σταθερή την επιθυμητή σύσταση. Επιπλέον, στα συστήματα αυτά, η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος που χορηγείται στα φυτά μπορεί να τροποποιείται άμεσα και πολύ εύκολα, καθώς αυτό προκύπτει από ανάμειξη πυκνών διαλυμάτων των ανόργανων αλάτων στο νερό άρδευσης. Τα ανοιχτά συστήματα παρουσιάζουν μικρότερη ευαισθησία στη σύσταση και το είδος του υποστρώματος, καθώς επίσης και στην αλατότητα του νερού που χρησιμοποιείται σε σχέση με τα κλειστά. Σημαντικό μειονέκτημα τους όμως είναι το γεγονός ότι η ποσότητα του θρεπτικού διαλύματος (περίπου το 20-30% της χορηγούμενης ποσότητας σε κάθε άρδευση) απορρέει προς το έδαφος, επιβαρύνοντας οικονομικά τον παραγωγό και ρυπαίνοντας το περιβάλλον.

Η οικονομική αυτή επιβάρυνση για τον παραγωγό ισοσκελίζεται από το γεγονός ότι δεν επιβαρύνονται τα συστήματα αυτά με τον εξοπλισμό που απαιτείται για τη συγκέντρωση και επαναχρησιμοποίηση του θρεπτικού διαλύματος.

Στα κλειστά συστήματα με την επαναχρησιμοποίηση του θρεπτικού διαλύματος αντιμετωπίζονται τα προβλήματα που αναφέρθηκαν για τα ανοιχτά συστήματα, συγχρόνως όμως δημιουργούνται άλλα. Η συγκέντρωση και επαναχρησιμοποίηση του θρεπτικού διαλύματος δημιουργεί τον κίνδυνο ταχύτατης εξάπλωσης σε όλη την έκταση του συστήματος διαφόρων μυκητολογικών και ιολογικών παθογόνων. Έτσι, προκύπτει η ανάγκη για αποστείρωση του θρεπτικού διαλύματος που επαναχρησιμοποιείται και η οποία προκαλεί οικονομική επιβάρυνση. Η θέρμανση του θρεπτικού διαλύματος στους 95 °C για 30 δευτερόλεπτα βρέθηκε ότι είναι πρακτική μέθοδος και συγχρόνως αποτελεσματική για την καταπολέμηση όλων των παθογόνων. Η οικονομική επιβάρυνση για την αποστείρωση του θρεπτικού διαλύματος είναι πολύ υψηλή στα υγρά συστήματα με συνεχή ροή (π.χ NFT), καθώς οι χρησιμοποιούμενες ποσότητες του θρεπτικού διαλύματος είναι πολύ μεγάλες, σε σχέση με τα συστήματα που χρησιμοποιούν υπόστρωμα και η κυκλοφορία του θρεπτικού διαλύματος είναι περιοδική<sup>1</sup>.

## **2.1.1 Υγρά Συστήματα**

### **2.1.1.1 NFT (Nutrient Film Technique, Nutrient Flow Technique)**

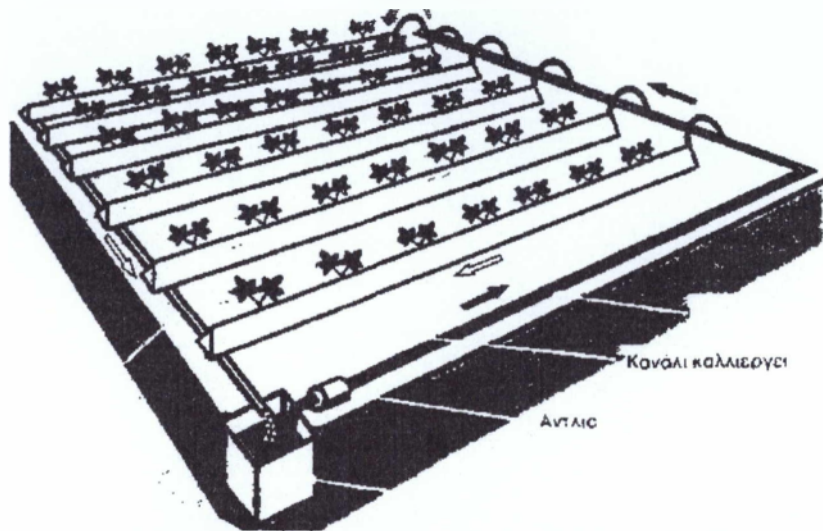
Πολλές βελτιώσεις έγιναν στο NFT από το 1973 που ο Allan Cooper το εισήγαγε, οι βασικές αρχές του όμως παρέμειναν οι ίδιες. Το θρεπτικό διάλυμα σε συνεχή ροή λεπτής στοιβάδας (πάχους περίπου 1 cm) σ' ένα κανάλι διαβρέχει το ριζικό σύστημα των φυτών. Το σύστημα είναι κλειστό και το θρεπτικό διάλυμα, αφού περάσει από το κανάλι συλλέγεται σε μια δεξαμενή, από την οποία μεταφέρεται με αντλία ξανά στα κανάλια (Σχ. 2.1).

Το NFT εφαρμόστηκε σε εμπορική κλίμακα στην Μ. Βρετανία το 1974 και επεκτάθηκε γρήγορα και σε άλλες χώρες. Στην εξάπλωση του βοήθησε και η παραγωγή του συστήματος σε βιομηχανική κλίμακα, που καθιερώθηκε σε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από την εταιρεία Nutrient Film Technology Ltd, η οποία όμως

<sup>1</sup> Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στο NFT, η απαιτούμενη ποσότητα του θρεπτικού διαλύματος μπορεί να φτάσει τα 200m<sup>3</sup>/ στρ./ ημέρα, ενώ η αντίστοιχη ποσότητα στα συστήματα με υπόστρωμα είναι μόλις 2m<sup>3</sup>/ στρ./ ημέρα.



ανάστειλε τη λειτουργία της το 1989. Σήμερα, το NFT χρησιμοποιείται σε εμπορική κλίμακα σε πολλές χώρες, μεταξύ των οποίων Ιαπωνία, Η.Π.Α, Αυστραλία, Ν. Ζηλανδία, Βέλγιο, Γαλλία, Γερμανία κ.α.



Σχήμα 2.1 Σχηματική απεικόνιση συστήματος NFT.

Ικανοποιητική κλίση (1-3%) θα πρέπει να εξασφαλίζεται στα κανάλια, τα οποία δε θα πρέπει να ξεπερνούν σε μήκος τα 20 m, ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής συγκέντρωση οξυγόνου. Τα κανάλια μπορεί να είναι από διάφορα υλικά, συνήθως όμως είναι από πολυαιθυλένιο δυο στρώσεων, την εσωτερική μαύρου χρώματος και την εξωτερική λευκού χρώματος για να αποφεύγεται η απορρόφηση θερμότητας και η αύξηση της θερμοκρασίας στο περιβάλλον του ριζικού συστήματος, ιδιαίτερα στη διάρκεια ημερών με υψηλή ηλιοφάνεια, αλλά και για να αυξάνεται η ποσότητα της ανακλώμενης ηλιακής ακτινοβολίας. Τα κανάλια συνήθως είναι τριγωνικά σε κάθετη τομή και το πλάτος τους ποικίλει ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας. Για τα περισσότερα είδη, το πλάτος είναι συνήθως 22 cm, ενώ για αυτά που απαιτούν καλύτερο αερισμό (π.χ. πεπόνι), μπορεί να είναι μεγαλύτερο (25-30 cm).

Τα κανάλια που κατασκεύαζε η Nutrient Film Technology Ltd ήταν από γαλβανισμένη λαμαρίνα πάχους 1-2 cm, είχαν πλάτος 25-30 cm και μήκος 2-3 m. Τα κανάλια έμπαιναν το ένα μετά από το άλλο, σχηματίζοντας μια συνεχή γραμμή, όπου τοποθετούνταν στη συνέχεια το φύλλο πλαστικού για το σχηματισμό της

λεκάνης καλλιέργειας των φυτών. Η επιθυμητή κλίση επιτυγχάνονται με τοποθέτηση των καναλιών επάνω σε ειδικά στηρίγματα με αυξομειούμενο ύψος.

Η αντλία θα πρέπει να εξασφαλίζει τουλάχιστον μια παροχή από 2 lit / λεπτό σε κάθε κανάλι. Μια εφεδρική αντλία θα πρέπει να υπάρχει οπωσδήποτε, καθώς ακόμη και μικρής διάρκειας διακοπή στην παροχή του θρεπτικού διαλύματος προς τα φυτά μπορεί να έχει καταστροφικές συνέπειες. Αυτό για παράδειγμα μπορεί να συμβεί, σε συνθήκες έντονης ηλιοφάνειας μετά από δυο ώρες σε φυτά τομάτας.

Η απαιτούμενη ποσότητα θρεπτικού διαλύματος / φυτό ποικίλει, ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας, το στάδιο ανάπτυξης, τις συνθήκες του περιβάλλοντος κ.λ.π.. Στις συνθήκες της χώρας μας, για καλλιέργεια τομάτας απαιτείται ποσότητα 3-4 lit / φυτό. Υπολογίζοντας 2-3.000 φυτά / στρ., το θρεπτικό διάλυμα θα πρέπει να είναι 6-10m<sup>3</sup> / στρ. Αντίθετα, στις συνθήκες της Μ. Βρετανίας, υπολογίζεται ποσότητα 1-2 lit / φυτό και συνολικά 1-1,5 m<sup>3</sup>/ στρ.

Σύμφωνα με ορισμένους ερευνητές, η συνεχής παροχή του θρεπτικού διαλύματος δεν είναι απαραίτητη, ιδιαίτερα σε ορισμένες κλιματικές συνθήκες. Έτσι, στη Μ. Βρετανία εφαρμόζεται παροχή του θρεπτικού διαλύματος για 15 λεπτά κάθε 30 λεπτά στη διάρκεια της ημέρας και 15 λεπτά κάθε 2 ώρες στη διάρκεια της νύχτας. Ωστόσο, οι συνθήκες αυτές μπορεί να μην είναι ιδανικές για θερμότερες κλιματικές συνθήκες.

Το NFT δίνει τη δυνατότητα για ικανοποιητικό έλεγχο της θερμοκρασίας στο περιβάλλον του ριζικού συστήματος. Ανάλογα με τις συνθήκες, το θρεπτικό διάλυμα μπορεί να θερμαίνεται ή να ψύχεται, ώστε η θερμοκρασία στο περιβάλλον του ριζικού συστήματος να είναι υψηλότερη ή χαμηλότερη σε σχέση με τη θερμοκρασία του αέρα. Όμως, ο έλεγχος της θερμοκρασίας με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατός μόνο όταν η παροχή του θρεπτικού διαλύματος είναι συνεχής και όχι διακοπτόμενη. Η θερμοκρασία στο περιβάλλον του ριζικού συστήματος έχει ιδιαίτερη σημασία σε ορισμένα είδη. Για παράδειγμα, είναι γνωστό ότι στο μαρούλι παρατηρείται πρόωρη έκπτυξη ανθικού στελέχους στα φυτά, όταν η θερμοκρασία στο περιβάλλον του ριζικού συστήματος είναι υψηλότερη από 20°C.

Με τη συνεχή επανακυκλοφορία του διαλύματος εξασφαλίζεται ο ικανοποιητικός αερισμός και εμπλουτισμός του με οξυγόνο κυρίως κατά την πτώση του στη δεξαμενή.

Η δεξαμενή καλύπτεται από αδιαφανές υλικό για την παρεμπόδιση ανάπτυξης φυκιών με τον περιορισμό του φωτός. Ένα κρίσιμο σημείο του συστήματος είναι η ποιότητα της αντλίας η οποία θα πρέπει να λειτουργεί συνεχώς χωρίς διακοπή, για όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας. Της ίδια ποιότητας θα πρέπει να είναι και η εφεδρική αντλία.

Το νερό και τα θρεπτικά στοιχεία που απορροφούνται από τα φυτά θα πρέπει να αναπληρώνονται, ώστε και ο όγκος και η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος να είναι σταθερά.

Αυτό το πετυχαίνουμε για το νερό με ένα φλοτέρ στη δεξαμενή συνδεδεμένο με δίκτυο υπό πίεση. Όσον αφορά στα θρεπτικά στοιχεία, που προστίθενται με μορφή πυκνών διαλυμάτων, η προσθήκη γίνεται είτε αυτόματα με ηλεκτρονικά ελεγχόμενη ειδική δοσομετρική αντλία ή και με το χέρι.

Το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας του συστήματος περιορίζει την εφαρμογή του κυρίως σε καλλιέργειες υψηλής αξίας. Η πιο διαδεδομένη καλλιέργεια λαχανικών στο NFT είναι η καλλιέργεια της τομάτας.

Σε μια παραλλαγή του συστήματος NFT, για κάθε γραμμή καλλιέργειας υπάρχουν δυο κανάλια, στα οποία κυκλοφορούν θρεπτικά διαλύματα διαφορετικής σύστασης και το ριζικό σύστημα των φυτών μοιράζεται και στα δύο κανάλια.

### **Πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα του NFT**

Σαν πλεονεκτήματα του συστήματος NFT, σε σχέση με άλλες μορφές υδροπονικής καλλιέργειας, μπορούμε συνοπτικά να αναφέρουμε:

1. Επιτρέπει τον πλήρη έλεγχο της θρέψης των φυτών και πολύ εύκολα σε σύγκριση με τα λοιπά υδροπονικά συστήματα.
2. Ομοιογένεια της υδρολίπανσης (δηλαδή της διανομής του θρεπτικού διαλύματος) σ' όλη την καλλιέργεια.
3. Εξάλειψη του φαινομένου του μαρασμού που συχνά παρατηρείται σε φυτά καλλιεργούμενα σε στερεό υπόστρωμα, στο μεταξύ δύο αρδεύσεων διάστημα.
4. Δεν απαιτούνται υπολογισμοί όσον αφορά στην αρδευτική δόση και στη συχνότητα άρδευσης.
5. Το ριζικό σύστημα μπορεί να διατηρείται θερμό πολύ εύκολα, ιδιαίτερα στο δικό μας κλίμα.

6. Επιτρέπει τη χρησιμοποίηση Φυσικής μεθόδου με χαμηλό λειτουργικό κόστος (υπεριωδών ακτινών) για έλεγχο των παθογόνων μικροοργανισμών του ριζικού συστήματος.
7. Επιτρέπει την άμεση διαδοχή της καλλιέργειας από την επόμενη.
8. Έχει ελάχιστο λειτουργικό κόστος (απουσία υποστρωμάτων κ.λ.π.).

Μειονεκτήματα της μεθόδου είναι τα εξής:

1. Απαιτείται σημαντική δαπάνη για την αρχική εγκατάσταση το συστήματος στην κλασσική του μορφή.
2. Απαιτεί εξασφάλιση συνεχούς κυκλοφορίας του θρεπτικού διαλύματος, αυτό όμως αντιμετωπίζεται με την εγκατάσταση ηλεκτρογεννήτριας και εφεδρικής αντλίας.
3. Στο δικό μας κλίμα η εξασφάλιση της ελάχιστης θερμοκρασίας του διαλύματος (15 °C) είναι εύκολη, χρειάζεται όμως εμπειρία κατά τον αρχικό σχεδιασμό της εγκατάστασης για την προστασία από υπερθέρμανση του διαλύματος (>32 °C) από το Μάρτιο και μετά.
4. Η απουσία στερεού αδρανούς υλικού για την ανάπτυξη της ρίζας επηρεάζει ψυχολογικά αρνητικά τους άπειρους καλλιεργητές για την αποδοχή αυτού του νέου συστήματος.

### **Συμπέρασμα**

Το σύστημα NFT δεν παρουσιάζει σημαντικές δυσχέρειες στην εγκατάσταση και λειτουργία του.

Το αρχικό υψηλό κόστος εγκατάστασης αντισταθμίζεται από τη μακρά περίοδο απόσβεσης (άνω των 15 ετών) και το χαμηλό κόστος λειτουργίας.

Οι κλιματικές συνθήκες στη χώρα μας (υψηλές θερμοκρασίες άνοιξης και καλοκαιριού) δεν παρεμποδίζουν την κανονική ανάπτυξη των καλλιεργειών.

Η μοναδική δυνατότητα που προσφέρει για πλήρη έλεγχο της θρέψης των φυτών και ταχεία διαδοχή των καλλιεργειών, το κατατάσσει στην πρώτη γραμμή από πλευράς δυναμικότητας.

Ασθενές σημείο για την εφαρμογή του συστήματος, όπως και κάθε μορφής υδροπονίας, είναι η απαίτηση για σχετική εμπειρία από πλευράς παραγωγού και η τεχνική στήριξη της καλλιέργειας από εξειδικευμένο εργαστήριο.

### 2.1.1.2 Αεροπονία

Στο σύστημα αυτό, τα φυτά καλλιεργούνται με το ριζικό τους σύστημα να αιωρείται μέσα σε κενά κιβώτια ή άλλες κατασκευές που εξασφαλίζουν προστασία από το φως. Το θρεπτικό διάλυμα ψεκάζεται στο ριζικό σύστημα σε τακτά χρονικά διαστήματα (για μερικά δευτερόλεπτα κάθε 3-4 λεπτά), έτσι ώστε ο χώρος να είναι συνεχώς κορεσμένος σε υγρασία και το ριζικό σύστημα των φυτών να είναι συνεχώς υγρό, ώστε να απορροφά τα θρεπτικά στοιχεία.

Το πρώτο σύστημα αεροπόνιας αναπτύχθηκε από τον F. Massantini στο Πανεπιστήμιο της Πίζα, στην Ιταλία το 1970 για καλλιέργεια φράουλας. Στη συνέχεια, παρόμοιο σύστημα αναπτύχθηκε από τον M. H. Jensen στην Αριζόνα των Η.Π.Α. για καλλιέργεια μαρουλιού και σπανακιού, καθώς επίσης και τομάτας, με διαφορετικού όμως σχήματος κατασκευή.

Η ύπαρξη και ανοιχτών αεροπονικών συστημάτων είναι δυνατή. Στην περίπτωση αυτή όμως είναι αναπόφευκτη η σπατάλη νερού και λιπασμάτων. Γι' αυτό, το θρεπτικό διάλυμα που δεν απορροφάται από τις ρίζες των φυτών αλλά αποστραγγίζει μετά από κάθε ψεκασμό, συνήθως συλλέγεται και ανακυκλώνεται. Η συλλογή του απορρέοντος διαλύματος γίνεται με τη βοήθεια υδρορροών, οι οποίες το οδηγούν σε μία κεντρική δεξαμενή συγκέντρωσης. Από εκεί μπορεί είτε να επαναπροωθείται απευθείας στα φυτά αφού πρώτα συμπληρωθεί και ανανεωθεί είτε να αποστέλλεται με τη βοήθεια μίας αντλίας στην κεντρική μονάδα παρασκευής και διανομής του θρεπτικού διαλύματος, όπου αφού συμπληρωθεί και ανανεωθεί ανακυκλώνεται.

Εφόσον εφαρμόζεται ανακύκλωση, η αεροπονία έχει όλα τα μειονεκτήματα των κλειστών υδροπονικών συστημάτων, δηλαδή αναγκαιότητα συχνών αναλύσεων και εκτεταμένων αναπροσαρμογών στη σύνθεση του μετά από κάθε ανάλυση, συσσώρευση ιόντων  $\text{Na}^+$  και  $\text{Cl}^-$  σε περίπτωση που το χρησιμοποιούμενο νερό έχει αυξημένη περιεκτικότητα στα δύο αυτά ιόντα, κ.λ.π. Όπως και με το σύστημα NFT, η έλλειψη ενός στερεού υποστρώματος αυξάνει σημαντικά το ρίσκο της καταστροφής της καλλιέργειας σε περίπτωση που είτε η αντλία, είτε ο μείκτης των λιπασμάτων, είτε κάποια ακροφύσια ψεκασμού παρουσιάσουν βλάβη, με συνέπεια να διακοπεί για σημαντικό χρονικό διάστημα ο ψεκασμός των ριζών των φυτών με θρεπτικό διάλυμα. Όπως σε όλα τα κλειστά υδροπονικά συστήματα, έτσι και στην αεροπονία είναι αυξημένος ο κίνδυνος

εξάπλωσης παθογόνων σε όλη την καλλιέργεια μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος σε περίπτωση που προσβληθεί έστω και ένα φυτό από κάποιο παθογόνο. Γι' αυτό το λόγο, όταν τα φυτά καλλιεργούνται σε αεροπονικό σύστημα στο οποίο εφαρμόζεται ανακύκλωση, είναι σκόπιμη η χρησιμοποίηση κάποιας εγκατάστασης για την απολύμανση του επαναχρησιμοποιούμενου θρεπτικού διαλύματος.

Η αεροπονία προς το παρόν εφαρμόζεται σε πειραματική κλίμακα και μόνο από ερασιτέχνες εφαρμόζεται στην πράξη. Ωστόσο, θα μπορούσε να εφαρμοστεί και σε εμπορική κλίμακα, ιδιαίτερα στο μαρούλι, για το οποίο τα αποτελέσματα από τις πειραματικές εφαρμογές είναι εντυπωσιακά, καθώς με κατασκευές σχήματος Δ, η επιφάνεια φύτευσης είναι πολλαπλάσια από αυτήν στο έδαφος και συνεπώς και η απόδοση είναι σημαντικά υψηλότερη.

## **2.1.2 Συστήματα με αδρανές υπόστρωμα**

### **2.1.2.1 Καλλιέργεια σε πλάκες πετροβάμβακα (rockwool)**

Η χρησιμοποίηση του ως υπόστρωμα υδροπονικής καλλιέργειας επεκτάθηκε πολύ γρήγορα, αν και αρχικά χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό.

Στην υδροπονία χρησιμοποιούνται διάφορα προϊόντα του πετροβάμβακα, όπως κύβοι για την παραγωγή σπορόφυτων, κύβοι ανάπτυξης για απ' ευθείας σπορά (π.χ αγγουριού) και πλάκες.

Οι κύβοι για την παραγωγή σπορόφυτων έχουν διαστάσεις (μήκος X πλάτος X ύψος) 25X25X40, 36X36X40, 40X40X40 και 50X50X40 mm, ενώ οι κύβοι ανάπτυξης είναι μεγαλύτεροι και οι διαστάσεις τους είναι 75X75X65 και 100X100X65 mm και είναι τυλιγμένες σε ανθεκτικό στις υπεριώδεις ακτίνες πλαστικό.

Οι πλάκες έχουν διαστάσεις 900X150X75 και 900X200X75 mm για τα λαχανοκομικά είδη, ενώ για τα ανθοκομικά οι διαστάσεις τους είναι 900X200X75, 900X250X75 και 900X300X75 mm και είναι τυλιγμένες σε ανθεκτικό στις υπεριώδεις ακτίνες πλαστικό. Το ύψος των 75 mm είναι ιδιαίτερα σημαντικό στην επιτυχή χρησιμοποίηση αυτού του υλικού στην υδροπονία, καθώς εξασφαλίζει στο ριζικό σύστημα κλιμακούμενη μεταβολή της υγρασίας και ως εκ τούτου αντίστροφη κλιμακούμενη μεταβολή αερισμού (δηλαδή, με 100% κορεσμένη με νερό τη βάση και 100% αερισμό στην επιφάνεια της πλάκας).

Πρόσφατα έχουν κατασκευαστεί πλάκες με κάθετη διεύθυνση των ινών που εξασφαλίζουν καλύτερη κατανομή του νερού και καλύτερο αερισμό. Στις πλάκες αυτές προσαρμόζεται καλύτερα η καλλιέργεια του αγγουριού. Επίσης, έχουν κατασκευαστεί και πλάκες με διαβαθμισμένη πυκνότητα ινών (χαμηλότερη στη βάση της πλάκας), ώστε να δημιουργείται ιδεώδης κατανομή του νερού και να περιορίζεται ο κίνδυνος από το υπερβολικό πότισμα.

Για την εγκατάσταση της καλλιέργειας, το έδαφος ισοπεδώνεται, δίνεται ελαφρά κλίση προς τη μία κατεύθυνση του θερμοκηπίου (η μέγιστη επιτρεπτή κλίση είναι 1,5%) και ανοίγονται τα αυλάκια για τη συγκέντρωση του διαλύματος απορροής. Αν η κλίση του εδάφους είναι μεγαλύτερη, δημιουργούνται προβλήματα ανομοιόμορφης παροχής κατά μήκος του συστήματος άρδευσης, αλλά και ανομοιόμορφης κατανομής του διαλύματος μέσα στις πλάκες. Στη συνέχεια, το έδαφος καλύπτεται με πλαστικό πάχους 0,07-0,2 mm (μαύρο στην κάτω επιφάνεια και λευκό στην επάνω) ή λινάτσα. Το πλαστικό απομονώνει το υπόστρωμα από το έδαφος. Έτσι, αποφεύγονται οι μολύνσεις από εδαφογενή παθογόνα, περιορίζονται οι πληθυσμοί εντόμων (όπως θρίπας και λυριόμιζα), τα οποία ολοκληρώνουν του βιολογικό τους κύκλο στο έδαφος (νύμφες), εμποδίζεται η ανάπτυξη ζιζανίων και επιπλέον αυξάνεται η ένταση του φωτός στο περιβάλλον του θερμοκηπίου. Στη συνέχεια, εγκαθίσταται το σύστημα άρδευσης και το σύστημα θέρμανσης, εάν αυτό είναι επιδαπέδιο.

Καλό θα είναι στο τέλος να γίνεται ψεκασμός σε όλη την επιφάνεια με εντομοκτόνο και μυκητοκτόνο ή εφαρμογή διαλύματος 2% φορμαλδεΐδης.

Στις γραμμές καλλιέργειας τοποθετούνται πλάκες από φελιζόλ πάχους 2cm και οριζόντιων διαστάσεων (μήκος και πλάτος) παρόμοιων με αυτών της πλάκας του πετροβάμβακα, ώστε να εξασφαλίζεται μόνωση του υποστρώματος από τις μεταβολές της θερμοκρασίας του εδάφους. Επάνω στο φελιζόλ τοποθετούνται οι πλάκες του πετροβάμβακα, συνήθως με το σύστημα των διδύμων γραμμών. Ανά δυο σε μικρή απόσταση μεταξύ τους (περίπου 40 cm), όπου είναι και το αυλάκι απορροής και μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ των δίδυμων γραμμών, ώστε να υπάρχει αρκετός διάδρομος για διευκόλυνση των καλλιεργητικών φροντίδων και των άλλων εργασιών.

Ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας επιλέγεται το κατάλληλο μέγεθος πλάκας, ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής όγκος υποστρώματος για την ανάπτυξη

του ριζικού συστήματος των φυτών<sup>2</sup>. Η χρησιμοποιούμενη ποσότητα πετροβάμβακα είναι συνήθως 14 lit/ m<sup>2</sup>. Ο εκτενής πειραματισμός, που έγινε στην Ολλανδία σχετικά με το θέμα αυτό, έδειξε ότι η ποσότητα αυτή μπορεί να μειωθεί μέχρι τα 10 lit/ m<sup>2</sup>, χωρίς σημαντική μείωση στην απόδοση των λαχανοκομικών καλλιεργειών.

Οι καινούργιες πλάκες είναι εντελώς ξερές, γι' αυτό μετά την τοποθέτηση τους στην οριστική θέση στο θερμοκήπιο, θα πρέπει να ποτιστούν μέχρι το σημείο του κορεσμού. Έτσι, πριν από την εγκατάσταση των φυτών, οι πλάκες ποτίζονται με νερό ή και με θρεπτικό διάλυμα σε ποσότητα περίπου 0.8 lit πετροβάμβακα. Μετά από 24 ώρες δημιουργούνται 2-3 τρύπες απορροής, στο κάτω μέρος της πλάκας.

Τα φυτά που θα καλλιεργηθούν στον πετροβάμβακα παράγονται με σπορά σε κύβους από το ίδιο υλικό. Όταν τα φυτά είναι έτοιμα για μεταφύτευση, οι κύβοι τοποθετούνται επάνω στις πλάκες σε καθορισμένες θέσεις, αφού δημιουργηθούν αντίστοιχα ανοίγματα στο πλαστικό που καλύπτει τις πλάκες και σε κάθε θέση τοποθετείται ένα σωληνάκι άρδευσης. Η πυκνότητα των λαχανοκομικών καλλιεργειών σε πετροβάμβακα εξαρτάται κυρίως από το είδος του θερμοκηπίου (ύψος, δυνατότητα αερισμού, σύστημα θέρμανσης κ.λ.π.), το είδος και την ποικιλία, την εποχή καλλιέργειας κ.α (Πιν 2.1).

**Πίνακας 2.1. Πυκνότητα φύτευσης (φυτά / στρ.) ορισμένων λαχανοκομικών ειδών σε υδροπονική καλλιέργεια με υπόστρωμα πετροβάμβακα.**

Τομάτα	2,600-4,000
Πιπεριά	2,500-2,700
Αγγούρι	1,400-2,000
Πεπόνι	1,700-2,000
Φασολάκι	4,000-9,000

**Πηγή: Δρίμτζιας, 1995**

<sup>2</sup> Για παράδειγμα, στο αγγούρι χρησιμοποιούνται οι πλάκες 900X200X75 mm (όγκου 13,5 lit), στις οποίες φυτεύονται 2 φυτά / πλάκα, ώστε να εξασφαλίζεται όγκος υποστρώματος (6,7 lit) για κάθε φυτό.



Τις πρώτες ημέρες μετά τη εγκατάσταση των φυτών, το θρεπτικό διάλυμα χορηγείται με μεγάλη συχνότητα (περίπου 15 φορές / 24ωρο) και στη συνέχεια με μικρότερη συχνότητα (περίπου 10 φορές / 24ωρο). Το πότισμα διαρκεί μέχρι να αρχίσει η απορροή του θρεπτικού διαλύματος από τις πλάκες.

Αργότερα, όταν τα φυτά έχουν αναπτυχθεί αρκετά, το θρεπτικό διάλυμα θεωρητικά θα πρέπει να χορηγείται όταν το υπόστρωμα χάσει το 20% του νερού που συγκρατεί στην κατάσταση της υδατοϊκανότητας<sup>3</sup>. Όμως, είναι δύσκολο να προσδιορίζεται συνεχώς η ποσότητα που χάνεται από το υπόστρωμα (απορροφάται από το φυτά ή εξατμίζεται), καθώς αυτή επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως το είδος της καλλιέργειας, το στάδιο ανάπτυξης των φυτών, τις συνθήκες του περιβάλλοντος κ.α. Έτσι, στην πράξη για τον προσδιορισμό της συχνότητας και της διάρκειας των αρδεύσεων λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- *Οι ανάγκες σε νερό των φυτών της καλλιέργειας.* Το είδος της καλλιέργειας, το στάδιο ανάπτυξης και οι κλιματικές συνθήκες καθορίζουν τις ανάγκες των φυτών σε νερό. Για παράδειγμα, ένα φυτό αγγουριού σε πλήρη ανάπτυξη και κάτω από συνθήκες έντονης ηλιοφάνειας μπορεί να χρειάζεται περίπου 3 lit νερό ημερησίως. Με τη χρησιμοποίηση συστήματος άρδευσης με μακαρόνια (spaghetti) με παροχή 3,5 lit/h και λαμβάνοντας υπόψη την απορροή (15%) τότε υπολογίζεται ότι χρειάζονται 20 ποτίσματα διάρκειας 3 λεπτών. Οι αρδεύσεις θα πρέπει να είναι συχνότερες κατά τις ώρες της ημέρας που οι απαιτήσεις των φυτών σε νερό είναι μεγαλύτερες (δηλαδή, στη διάρκεια του μεσημεριού).
- *Η αγωγιμότητα του θρεπτικού διαλύματος στο υπόστρωμα* θα πρέπει να είναι κατά 0,5 έως το πολύ 1,5 mS/cm υψηλότερη από την ηλεκτρική αγωγιμότητα του θρεπτικού διαλύματος που χορηγείται με την άρδευση. Για παράδειγμα, εάν το θρεπτικό διάλυμα που χρησιμοποιείται έχει ηλεκτρική αγωγιμότητα 2 mS/cm, τότε άρδευση θα πρέπει να γίνεται, όταν η ηλεκτρική αγωγιμότητα του θρεπτικού διαλύματος στο υπόστρωμα ξεπεράσει 2,5 ή το πολύ τα 3,5 mS/cm.
- *Το ποσοστό του διαλύματος που απορρέει.* Σε κάθε πότισμα θα πρέπει το 15-20% της χορηγούμενης ποσότητας του διαλύματος να απορρέει. Η απορροή στη

<sup>3</sup> Για παράδειγμα, μια πλάκα διαστάσεων 900X200X75 mm έχει όγκο 13,5 lit και μπορεί να συγκρατήσει περίπου 10 lit νερού. Όταν απορροφηθεί από τα φυτά ή εξατμιστεί ποσότητα 2 lit, θα πρέπει να γίνει άρδευση με 2,3 lit θρεπτικού διαλύματος περίπου (2 lit η ποσότητα που έχει απορροφηθεί από το υπόστρωμα + 0,3 lit για την απορροή).

διάρκεια κάθε άρδευσης είναι απαραίτητη, για να διατηρείται η επιθυμητή συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων στο περιβάλλον του ριζικού συστήματος. Εάν δεν υπάρχει απορροή, τότε η συγκέντρωση στο υπόστρωμα των στοιχείων που απορροφούνται από τα φυτά σε μεγαλύτερες ποσότητες (όπως N, K, P) θα ελαττωθεί, ενώ συγχρόνως, η συγκέντρωση των στοιχείων που απορροφούνται σε μικρότερο ποσοστό (όπως S, Na, Cl) θα αυξηθεί. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή της σύστασης του θρεπτικού διαλύματος στο υπόστρωμα, την αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και την αύξηση της συγκέντρωσης ορισμένων στοιχείων (όπως Na, Cl, B), που μπορεί να προκαλέσουν φυτοτοξικότητα.

Μια φορά την εβδομάδα θα πρέπει να γίνεται πότισμα μόνο με νερό, για το ξέπλυμα των αλάτων που πιθανόν έχουν συσσωρευτεί στις πλάκες.

Στη διάρκεια της καλλιέργειας θα πρέπει να παίρνονται δείγματα του θρεπτικού διαλύματος από το περιβάλλον του ριζικού συστήματος, για έλεγχο του pH και της αγωγιμότητας. Συνήθως, επιδιώκεται το pH να διατηρείται στο εύρος 5-6,2<sup>4</sup> και η ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταξύ 1,5 και 2 mS/cm. Ωστόσο, στην τομάτα έχει βρεθεί ότι σε υψηλότερες τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας βελτιώνεται η ποιότητα των καρπών (αύξηση της οξύτητας των καρπών, μεγαλύτερη διατηρησιμότητα κ.α.).

Το pH στις πλάκες ελέγχεται με τη ρύθμιση του pH του θρεπτικού διαλύματος που χορηγείται στα φυτά. Ωστόσο, εάν βρεθούν τιμές pH στις πλάκες έξω από τα επιθυμητά όρια τότε γίνεται πότισμα με νερό, στο οποίο έχει προστεθεί  $\text{KHCO}_3$  (για αύξηση του pH), είτε  $\text{NH}_4\text{-N}$  (για μείωση του pH). Οι ενώσεις αυτές δεν θα πρέπει να προστίθενται στο θρεπτικό διάλυμα, γιατί το  $\text{KHCO}_3$  ανεβάζει το pH, το  $\text{NH}_4\text{-N}$  (εφαρμόζεται μόνο σε μικρές δόσεις) δεν είναι η επιθυμητή μορφή αζώτου, αλλά θα πρέπει να εφαρμόζεται ξεχωριστά στις πλάκες με μια μικρή ποσότητα νερού.

Εάν η αγωγιμότητα βρεθεί υψηλή, θα πρέπει οι πλάκες να ξεπλυθούν με πότισμα μόνο με νερό ή να μειωθεί η συγκέντρωση των στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα.

Οι πλάκες του πετροβάμβακα χρησιμοποιούνται για περισσότερες από μια καλλιέργειες (συνήθως 4-6) αφού απολυμανθούν (με ατμό ή βρωμιούχο μεθύλιο). Συνήθως, χρησιμοποιούνται στην αρχή για μία έως τρεις καλλιέργειες

<sup>4</sup> Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται για τη διατήρηση του pH μέσα στο εύρος αυτό, γιατί σε τιμές pH 5, εκτός από την περιορισμένη διαθεσιμότητα των περισσότερων θρεπτικών στοιχείων, επηρεάζονται και οι ίνες της πλάκας.

αγγουριού και στη συνέχεια για καλλιέργεια τομάτας ή άλλων λαχανοκομικών ειδών. Αυτή η τακτική ακολουθείται γιατί ο αερισμός στην πλάκα περιορίζεται μετά από τη χρησιμοποίησή της, λόγω των υπολειμμάτων, του ριζικού συστήματος των προηγούμενων καλλιεργειών. Τα φυτά του αγγουριού έχουν μεγαλύτερες απαιτήσεις σε αερισμό του ριζικού συστήματος, σε σύγκριση με τα φυτά της τομάτας.

Η καλλιέργεια σε πετροβάμβακα ξεκίνησε στη Δανία στη δεκαετία του 1970 και επεκτάθηκε γρήγορα την Ολλανδία, τη Γερμανία, τη Μ. Βρετανία και τον Καναδά και αργότερα σε όλες τις χώρες που καλλιεργούν σε υδροπονικά συστήματα. Σήμερα, η καλλιέργεια σε πετροβάμβακα σε ανοιχτό σύστημα είναι το πλέον διαδεδομένο υδροπονικό σύστημα σε παγκόσμια κλίμακα, καταλαμβάνοντας το 70% περίπου των υδροπονικών καλλιεργειών. Η τομάτα και το αγγούρι είναι οι κυριότερες καλλιέργειες.

Στη Δανία, το σύνολο σχεδόν της καλλιέργειας του αγγουριού γίνεται σε πετροβάμβακα. Στην Ολλανδία, οι καλλιέργειες σε υδροπονικά συστήματα το 1978 καταλάμβαναν 250 στρ. περίπου. Με την εισαγωγή του συστήματος αυτού, έφτασαν τα 5.000 στρ. το 1982, τα 25.000 στρ. το 1989 και σήμερα εκτιμάται ότι είναι περίπου 34.000 στρ. Το 90% περίπου της υδροπονικής καλλιέργειας τομάτας, αγγουριού, πιπεριάς και μελιτζάνας γίνεται σε υπόστρωμα πετροβάμβακα.

### **2.1.2.2 Καλλιέργεια σε πλαστικούς σάκους**

Στο σύστημα αυτό το υπόστρωμα (συνήθως περλίτης ή ελαφρόπετρα) περιέχεται σε πλαστικούς σάκους, οι οποίοι τοποθετούνται στο έδαφος του θερμοκηπίου, ώστε να σχηματίζουν τις γραμμές καλλιέργειας, σε αποστάσεις ανάλογες με το είδος της καλλιέργειας. Πριν από την τοποθέτηση των σάκων, το έδαφος διαμορφώνεται με την κατάλληλη κλίση και καλύπτεται με πλαστικό, ώστε να διευκολύνεται η συγκέντρωση του θρεπτικού διαλύματος που απορρέει, και να επαναχρησιμοποιείται (στα κλειστά συστήματα) ή να οδηγείται εκτός θερμοκηπίου στα ανοικτά συστήματα), για να αποφεύγεται η αύξηση της σχετικής υγρασίας στο περιβάλλον του θερμοκηπίου.

Οι σάκοι είναι κατασκευασμένοι συνήθως από πολυαιθυλένιο ανθεκτικό στην υπεριώδη ακτινοβολία και να έχουν εσωτερικά μαύρο και εξωτερικά λευκό

χρώμα, για να αποφεύγεται η υπερθέρμανση ριζικού συστήματος και επιπλέον να αξιοποιείται καλύτερα η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία.

Μεγάλη ποικιλομορφία υπάρχει στο σχήμα και το μέγεθος των σάκων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι σάκοι έχουν τη μορφή σωλήνα διαμέτρου 25 cm και τοποθετούνται οριζόντια στο έδαφος, ή και κατακόρυφα με κατάλληλη υποστήριξη. Στην περίπτωση αυτή το σύστημα χαρακτηρίζεται ως κάθετη υδροπονική καλλιέργεια σε περλίτη, καθώς ο περλίτης είναι το υπόστρωμα που χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά.

Οι πρώτες αναφορές για την κάθετη υδροπονική καλλιέργεια έγιναν από τον M. Tropea το 1969 στην Ιταλία. Με το σύστημα αυτό γίνεται καλύτερη αξιοποίηση του θερμοκηπίου, καθώς η επιφάνεια φύτευσης είναι πολλαπλάσια από την αντίστοιχη στο έδαφος. Η κάθετη υδροπονική καλλιέργεια σε περλίτη μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ιδιαίτερη επιτυχία στο μαρούλι, καθώς τα αποτελέσματα πειραματικών εφαρμογών ήταν εντυπωσιακά.

### **2.1.2.3 Καλλιέργεια σε κανάλια και αυλάκια**

Στην προσπάθεια για βελτίωση του αερισμού στο περιβάλλον του ριζικού συστήματος, αναπτύχθηκαν σχετικά πρόσφατα εναλλακτικά υδροπονικά συστήματα, στα οποία η καλλιέργεια των φυτών γίνεται σε κανάλια ή αυλάκια.

Το υπόστρωμα καλλιέργειας τοποθετείται σε κανάλια που υπάρχουν πάνω από την επιφάνεια του εδάφους ή σε αυλάκια που ανοίγονται στο έδαφος. Και στις δύο περιπτώσεις, το υπόστρωμα απομονώνεται από το έδαφος του θερμοκηπίου με κάποιο στεγανό τρόπο. Όταν τα αυλάκια ανοίγονται στο έδαφος, μπορεί να κατασκευάζονται από τσιμέντο και για εξασφάλιση στεγανότητας να καλύπτονται με πολυαιθυλένιο πάχους τουλάχιστον 0,1 mm.

Το πλάτος των καναλιών ή των αυλακιών καθορίζεται από το είδος της καλλιέργειας. Έτσι, για την τομάτα θα πρέπει να έχουν πλάτος περίπου 80cm, ώστε να μπορούν να φυτευτούν σε δυο σειρές φυτών. Το βάθος τους μπορεί να ποικίλει, ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο υπόστρωμα, αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις, τα 25 cm έχουν βρεθεί ότι είναι το ελάχιστο. Το μήκος τους μπορεί να περιορίζεται μόνο από το σύστημα άρδευσης και θα πρέπει να είναι τέτοιο, ώστε να εξασφαλίζεται ομοιόμορφη κατανομή του θρεπτικού διαλύματος σε όλα τα φυτά. Κλίση

0,5-1% είναι αρκετή για να εξασφαλίζεται η στράγγιση και η απορροή του πλεονάζοντος θρεπτικού διαλύματος.

Λόγω της κατασκευής των υποδοχέων, ως υπόστρωμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα υλικά, ακόμα και αυτά που το βάρος τους είναι απαγορευτικός παράγοντας, για τη χρησιμοποίησή τους σε άλλα υδροπονικά συστήματα (όπως χαλίκι, άμμος, ελαφρόπετρα κ.α.).

Το σύστημα συνήθως είναι ανοικτό και χαρακτηρίζεται από το μικρό κόστος για την κατασκευή των υποδοχέων του υποστρώματος.

### **2.3.1 Παραλλαγές**

Πολλές βελτιώσεις-τροποποιήσεις έχουν γίνει στα παραπάνω συστήματα, με αποτέλεσμα να έχουν προκύψει διάφορες παραλλαγές.

Στη Σκωτία για παράδειγμα, έχει αναπτυχθεί μια παραλλαγή του NFT, στην οποία τα κανάλια γεμίζονται με περλίτη και στη βάση τους κυκλοφορεί συνεχώς το θρεπτικό διάλυμα. Έτσι, το υπόστρωμα επιφανειακά αερίζεται συνεχώς, χωρίς όμως να στερούνται ποτέ τα φυτά το θρεπτικό διάλυμα.

Σε μια πιο πρόσφατη παραλλαγή που αναπτύχθηκε στη Δ. Ευρώπη γίνεται συνδυασμός της καλλιέργειας σε NFT και πετροβάμβακα σε κλειστό σύστημα. Τα φυτά φυτεύονται σε μικρές πλάκες πετροβάμβακα, που είναι τοποθετημένες στα κανάλια του NFT, όπου κυκλοφορεί συνεχώς το θρεπτικό διάλυμα. Στο σύστημα αυτό η ποσότητα του πετροβάμβακα που χρησιμοποιείται είναι κατά πολύ μικρότερη, σε σχέση με το κλασικό σύστημα. Ο πετροβάμβακας λειτουργεί ως δεξαμενή θρεπτικών στοιχείων και προστατεύει να φυτά για κάποιο χρονικό διάστημα, σε περίπτωση βλάβης της αντλίας.

Σε ένα άλλο πολύ απλοποιημένο σύστημα, όλη η επιφάνεια του θερμοκηπίου καλύπτεται με φιλμ πολυαιθυλενίου, επάνω από το οποίο τοποθετείται ένα σύστημα διάτρητων σωλήνων για τη στράγγιση και ολόκληρη η επιφάνεια καλύπτεται με άμμο σε 30 cm. Στη συνέχεια, η καλλιέργεια γίνεται όπως ακριβώς και στο έδαφος.

## 2.2 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

### 2.2.1 Δεξαμενές

Σε όλα τα υδροπονικά συστήματα, η ύπαρξη δεξαμενών είναι απαραίτητη για την τοποθέτηση των πυκνών διαλυμάτων των ανόργανων αλάτων (λιπασμάτων) και των οξέων, ενώ στα κλειστά συστήματα, η ύπαρξη μίας επιπλέον δεξαμενής είναι απαραίτητη για τη συγκέντρωση και επαναχρησιμοποίηση του θρεπτικού διαλύματος, που απορρέει μετά από κάθε άρδευση.

Η δεξαμενή θα πρέπει να είναι κατασκευασμένη ή καλυμμένη από αδιαφανές υλικό, ώστε να εμποδίζεται η ανάπτυξη φυκιών από την επίδραση του φωτός.

Η χωρητικότητα των δεξαμενών είναι ανάλογη με την έκταση της υδροπονικής καλλιέργειας. Επιπλέον, οι δεξαμενές με μικρή χωρητικότητα μας υποχρεώνουν σε συχνότερη παρασκευή των πυκνών διαλυμάτων.

Η ύπαρξη δυο τουλάχιστον δεξαμενών είναι υποχρεωτική, για να διαχωρίζονται τα ανόργανα άλατα του ασβεστίου από τα θειικά και φωσφορικά, ώστε να αποφεύγεται ο σχηματισμός ιζημάτων, λόγω του ότι τα διαλύματα είναι πυκνά και οι συγκεντρώσεις ιόντων είναι υψηλές. Πολλές φορές χρησιμοποιείται και τρίτη δεξαμενή για την τοποθέτηση οξέως, που είναι απαραίτητο για τη ρύθμιση του pH του θρεπτικού διαλύματος. Εάν δεν υπάρχει τρίτη δεξαμενή, τότε οξύ προστίθεται σε μια από τις δυο δεξαμενές ή και στις δυο ισόποσα.

Σε όλες τις υδροπονικές καλλιέργειες, μια αντλία είναι απαραίτητη για την παροχή του νερού από την γεώτρηση προς τη δεξαμενή ανάμειξης.

Επίσης, ένα σύστημα αντλιών είναι απαραίτητο για την παροχή των πυκνών διαλυμάτων των ανόργανων αλάτων και του οξέως, από τις αντίστοιχες δεξαμενές προς τη δεξαμενή ανάμειξης.

Μια επιπλέον αντλία είναι απαραίτητη για την παροχή του θρεπτικού διαλύματος από τη δεξαμενή ανάμειξης και μέσω του συστήματος άρδευσης προς τα φυτά.

Η διακοπή της άντλησης και της παροχής του θρεπτικού διαλύματος προς τα φυτά για μεγάλο χρονικό διάστημα, θα προκαλέσει την καταστροφή τους. Το γεγονός αυτό αποτελεί το ευαίσθητο σημείο των υδροπονικών συστημάτων και

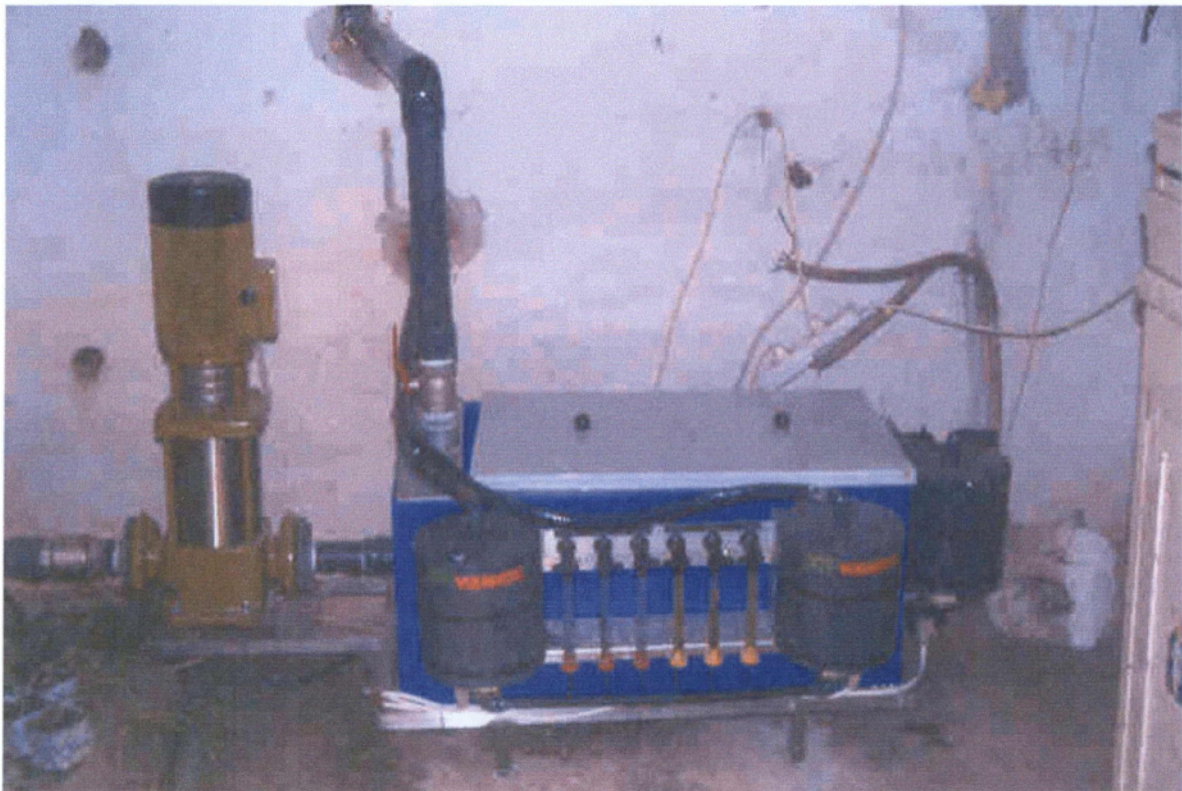
επιβάλλει την ανάγκη για ύπαρξη εφεδρικών αντλιών, για την εξασφάλιση συνεχούς λειτουργίας του συστήματος, σε περίπτωση βλάβης κάποιας αντλίας.

### 2.2.2 Συστήματα αυτόματης ανάμειξης πυκνών διαλυμάτων

Υψηλής τεχνολογίας ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός χρησιμοποιείται σήμερα ευρύτατα στα υδροπονικά συστήματα και με την αξιοπιστία του δίνει τη δυνατότητα για πλήρη έλεγχο της θρέψης των φυτών της καλλιέργειας.

Τα σύγχρονα συστήματα αυτόματης ανάμειξης πυκνών διαλυμάτων (Εικόνα 2.1) αποτελούν τη νέα γενιά δοσομετρικών συστημάτων λίπανσης-άρδευσης. Τα συστήματα αυτά έχουν ενσωματωμένο ηλεκτρονικό υπολογιστή που εξασφαλίζει την ακριβή ανάμειξη νερού και διαλυμάτων, ώστε να προκύπτει το θρεπτικό διάλυμα με την επιθυμητή σύσταση, pH και ηλεκτρική αγωγιμότητα.

**Εικόνα 2.1 Συστήματα αυτόματης ανάμειξης πυκνών διαλυμάτων.**



Τα συστήματα αυτά έχουν τη δυνατότητα να τροφοδοτούν μέχρι και 8 καλλιέργειες με διαφορετικής σύστασης θρεπτικό διάλυμα (διαφορετικές καλλιέργειες ή καλλιέργειες σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης με διαφορετικές απαιτήσεις σε

θρεπτικό διάλυμα). Επιπλέον, κατά τη διάρκεια της ημέρας, έχουν τη δυνατότητα αυτόματης προσαρμογής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του θρεπτικού διαλύματος που παρέχεται στα φυτά, ανάλογα με την ηλιακή ακτινοβολία.

### **Σύστημα δεξαμενών A/B**

Είναι το πιο διαδεδομένο σύστημα στις μέρες μας. Αποτελείται από δυο δεξαμενές A και B οι οποίες περιέχουν θρεπτικά διαλύματα 50-100 φορές μεγαλύτερης συγκέντρωσης από αυτήν που χρειάζονται τα φυτά. Η χρήση δύο διαφορετικών δεξαμενών οφείλεται στην ανάγκη για διαχωρισμό των θειικών και των φωσφορικών από το ασβέστιο και τον χηλικό σίδηρο. Ο διαχωρισμός αυτός πρέπει να γίνει προκειμένου να εμποδιστεί η δημιουργία ιζήματος, από την αντίδραση των λιπασμάτων. Μια τρίτη δεξαμενή περιέχει οξύ ή βάση για την ρύθμιση του pH.

Οι αναλογίες λιπασμάτων που αναμιγνύονται στην A και B δεξαμενή εξαρτώνται από την τελική επιθυμητή συνταγή θρέψης. Σε περίπτωση που χρειάζεται να μεταβάλλεται η αναλογία η αναλογία κάποιου στοιχείου (π.χ. αζώτου ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης ή με τις καιρικές συνθήκες) τότε μπορεί να υπάρχει και τρίτη δεξαμενή Γ (αζώτου ως νιτρική αμμωνία ή νιτρικό ασβέστιο κ.λ.π.) για να είναι δυνατή η μεταβολή της σύστασης του τελικού διαλύματος. Με χρήση περισσότερων δεξαμενών (4,5,6, κ.λ.π.) είναι δυνατή η κατανομή των στοιχείων κατά τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπει την προετοιμασία πολλών διαφορετικών συνταγών θρέψης για την εξυπηρέτηση περισσότερων ειδών φυτών ή για φυτοτεχνικούς λόγους (έλεγχο ανάπτυξης, έλεγχο ποιότητας, χρονισμό παραγωγής, αντοχής των φυτών, κ.λ.π.).

### **Σύστημα δεξαμενών μεμονωμένων θρεπτικών στοιχείων**

Το σύστημα αυτό αποτελείται από τόσες δεξαμενές, όσα είναι τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία για τα φυτά (συνήθως 12), συν μία επιπλέον για τα μικροστοιχεία. Το σύστημα αυτό είναι πλέον δαπανηρό αλλά επιτρέπει την διόρθωση των θρεπτικών στοιχείων σε συστήματα με ανακύκλωση NFT. Για το λόγο αυτό προσιδιάζει σε μεγάλες εκμεταλλεύσεις όπου το όφελος από την οικονομία νερού και λιπασμάτων μπορεί να αντισταθμίσει το υψηλότερο κόστος εγκατάστασης. Το σύστημα αυτό δίδει πολλούς βαθμούς ελευθερίας για την προετοιμασία οποιασδήποτε συνταγής.



Γενικά για την προετοιμασία του τελικού διαλύματος απαιτούνται τρεις επιμέρους λειτουργίες.

1. Η άντληση των πυκνών διαλυμάτων.

Η άντληση από τις δεξαμενές των πυκνών διαλυμάτων προς την γραμμή άρδευσης μπορεί να γίνει: α) με θετική πίεση, δηλ. χρήση αντλιών αναγκαστικής εκτόπισης ή φυγόκεντρες και β) με αρνητική πίεση, δηλ. δημιουργία χαμηλής πίεσης με χρήση venturi ή στην αναρρόφηση της αντλίας άρδευσης.

2. Η δοσομέτρηση των πυκνών διαλυμάτων.

Η δοσομέτρηση των πυκνών διαλυμάτων μπορεί να γίνει πολλούς τρόπους. Οι επικρατέστεροι είναι α) Συνεχούς ροής, όπου η ροή των λιπασμάτων προς την γραμμή άρδευσης είναι συνεχής και δεν χρειάζεται προ-αναμικτική δεξαμενή για την εξομάλυνση των διακυμάνσεων της αγωγιμότητας και β) Ασυνεχούς ροής, όπου χρειάζονται προ-αναμικτική δεξαμενή για την εξομάλυνση των διακυμάνσεων της αγωγιμότητας.

3. Η ανάμιξη των πυκνών διαλυμάτων με το νερό άρδευσης.

Η αραιώση των διαλυμάτων, η ανάμιξη μεταξύ τους και η προσαρμογή του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του τελικού διαλύματος, μπορεί να γίνει α) με τη βοήθεια αναμικτικής δεξαμενής (σύστημα με αναμικτική δεξαμενή), είτε β) απευθείας στη γραμμή άρδευσης (σύστημα απευθείας παροχής).

### **2.2.3 Όργανα μέτρησης pH και αγωγιμότητας**

Ο συχνός έλεγχος του θρεπτικού διαλύματος, όσον αφορά το pH και την ηλεκτρική αγωγιμότητα (των θρεπτικών διαλυμάτων εφαρμογής και απορροής), είναι απαραίτητος. Στις μικρής έκτασης υδροπονικές μονάδες, ο έλεγχος γίνεται συνήθως από τον παραγωγό με το χέρι, χρησιμοποιώντας φορητά όργανα, το πεχάμετρο και το αγωγιμόμετρο. Στις μεγάλης έκτασης μονάδες, ο έλεγχος γίνεται με αυτόματο σύστημα ηλεκτροδίων, που υπάρχει στο σύστημα ανάμειξης πυκνών διαλυμάτων. Με βάση τις μετρήσεις αυτές, η διόρθωση του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του θρεπτικού διαλύματος γίνεται αυτόματα με ένα σύστημα αντλιών, που προσθέτουν ανάλογα, πυκνό διάλυμα για αύξηση της ηλεκτρικής

αγωγιμότητας ή νερό για μείωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, είτε οξύ για μείωση του pH.

Ο έλεγχος του θρεπτικού διαλύματος όταν γίνεται με το χέρι είναι καθημερινός, ενώ όταν γίνεται αυτόματα είναι συνεχής και εξασφαλίζονται με μεγάλη ακρίβεια οι επιθυμητές τιμές pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

#### **2.2.4 Σύστημα άρδευσης-παροχής του θρεπτικού διαλύματος**

Ανεξάρτητα από το υδροπονικό σύστημα, το θρεπτικό διάλυμα παρέχεται στα φυτά συνήθως με σωληνάκια (μακαρόνια ή spaghetti), με μια παροχή ανά φυτό. Σπανιότερα, χρησιμοποιούνται και μικροεκτοξευτήρες (μπεκάκια) ή σταλάκτες.

Το σύστημα άρδευσης θα πρέπει να εξασφαλίζει σταθερή παροχή σε όλη την έκταση του συστήματος.

#### **2.2.5 Υποδοχείς υποστρωμάτων**

Στα υδροπονικά συστήματα που χρησιμοποιείται αδρανές υπόστρωμα είναι απαραίτητη η ύπαρξη κάποιου υποδοχέα στον οποίο θα τοποθετηθεί το υπόστρωμα. Οι υποδοχείς αυτοί προσφέρουν τα ακόλουθα:

- Συγκρατούν το υπόστρωμα και διευκολύνουν την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών μέσα σ' αυτό.
- Εμποδίζουν την είσοδο του φωτός και εξασφαλίζουν συνθήκες σκότους, που είναι αναγκαίες για την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, αλλά και για την παρεμπόδιση της ανάπτυξης ανεπιθύμητων φυκιών.
- Εξασφαλίζουν τη συγκέντρωση του θρεπτικού διαλύματος που απορρέει και συμβάλλουν στην επαναχρησιμοποίησή του στα κλειστά συστήματα.
- Απομονώνουν το υπόστρωμα από την ανεπιθύμητη επαφή του με το έδαφος.

Διάφορα υλικά ή και κατασκευές χρησιμοποιούνται ως υποδοχείς υποστρωμάτων. Πλαστικοί σάκοι με διάφορα σχήματα και μεγέθη χρησιμοποιούνται σε οριζόντια ή και κατακόρυφη διάταξη. Το πλαστικό είναι συνήθως φύλλο πολυαιθυλενίου διπλής όψης (λευκό εξωτερικά, μαύρο εσωτερικά). Η χωρητικότητα των σάκων έχει ιδιαίτερη σημασία, ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής όγκος για το ριζικό σύστημα των φυτών. Για παράδειγμα, σε καλλιέργεια τομάτας οι σάκοι σε οριζόντια

τοποθέτηση πρέπει να έχουν χωρητικότητα 20 lit, ώστε να φυτευτούν δυο φυτά τομάτας σε κάθε σάκο.

Δοχεία σταθερού σχήματος (π.χ. γλάστρες), διαφόρων μεγεθών μπορεί να χρησιμοποιηθούν όπως και οι πλαστικοί σάκοι. Τέλος, κανάλια κατασκευασμένα από διάφορα υλικά τοποθετημένα μέσα στο έδαφος ή και στην επιφάνεια του εδάφους μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν.

### **2.2.6 Αυτοματισμοί**

Οι αυτοματισμοί στα υδροπονικά συστήματα αναφέρονται στον προγραμματισμό των αρδεύσεων, καθώς και στον έλεγχο και τη ρύθμιση του θρεπτικού διαλύματος που χορηγείται στα φυτά. Τα παραπάνω εξασφαλίζονται μέσω ηλεκτρονίου υπολογιστή, ο οποίος αξιολογεί τα δεδομένα των μετρητών του pH και της αγωγιμότητας και με βάση τον προγραμματισμό που έχει γίνει, δίνει εντολές στις ηλεκτροβάνες και τις αντλίες.

Οι σύγχρονες υδροπονικές μονάδες είναι εφοδιασμένες με σύστημα συναγερμού, για την περίπτωση που για οποιοδήποτε λόγο οι τιμές pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας διαμορφωθούν έξω από τα όρια ασφαλείας που έχουν τεθεί.

### **2.3 Υπόστρώματα**

Ένα αδρανές υπόστρωμα για να χρησιμοποιηθεί στην υδροπονία, θα πρέπει να έχει τις παρακάτω ιδιότητες:

- Να λειτουργεί ως δεξαμενή νερού και θρεπτικών στοιχείων.
- Το μεγαλύτερο μέρος του νερού που συγκρατεί να μπορεί να απορροφάται εύκολα από το ριζικό σύστημα των φυτών.
- Να επιτρέπει την ανταλλαγή αερίων και κυρίως να επιτρέπει την είσοδο του οξυγόνου, που είναι αναγκαίο για την καλή λειτουργία του ριζικού συστήματος.
- Να έχει κατάλληλη πυκνότητα, ώστε να επιτρέπει τη μηχανική στήριξη των φυτών.

Ως υπόστρωμα μπορεί να χρησιμοποιηθούν διάφορα φυσικά, κατεργασμένα ή και συνθετικά υλικά, όπως χαλίκι, άμμος, ελαφρόπετρα,

περλίτης, βερμικουλίτης, διογκωμένη άργιλλος, πετροβάμβακας, πολυστυρένιο, πολυουρεθάνη κ.α.

Για τα υλικά που χρησιμοποιούνται ως υπόστρωμα στην υδροπονία, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν η υδατοϊκανότητα, το εύκολα διαθέσιμο νερό, το ολικό πορώδες και η σχέση διαθέσιμου νερού και αέρα.

### **2.3.1 Πετροβάμβακας (rockwool)**

Η κύρια εφαρμογή του πετροβάμβακα είναι ως μονωτικό (θερμομονωτικό και ηχομονωτικό) και αντιπυρικό υλικό, στην παραγωγή συνθετικών προϊόντων από ίνες και στη ναυπηγική. Η δοκιμαστική χρήση του στην υδροπονία ως υπόστρωμα τοποθετείται στη δεκαετία του 1960, ενώ σε εμπορική κλίμακα άρχισε να εφαρμόζεται στην Ολλανδία το 1975 και η διάδοσή του ήταν πολύ γρήγορη.

Η πρώτη ύλη για την παρασκευή του είναι μείγμα φυσικών ορυκτών (κυρίως βασάλτης) και ασβεστόλιθου. Το μείγμα λιώνει στους 1.600 °C, στη συνέχεια περνάει από περιστρεφόμενα τύμπανα και αποκτά μορφή ίνας με διάμετρο 5 μικρών. Ακολουθεί ψύξη του προϊόντος, με ταυτόχρονη προσθήκη μιας φαινολικής ρητίνης (βακελίτης) που λειτουργεί ως σύνδεσμος μεταξύ των ινών. Στη συνέχεια, οι ίνες συμπιέζονται, ώστε να σχηματίσουν τις πλάκες. Λόγω της επεξεργασίας σε πολύ υψηλή θερμοκρασία είναι αποστειρωμένο και βιολογικά αδρανές υλικό, χωρίς οργανική ουσία και απαλλαγμένο από σπόρους ζιζανίων και παθογόνα.

Στη διάρκεια της επεξεργασίας αυτής προστίθενται ορισμένες χημικές ουσίες, για να τροποποιηθούν οι ιδιότητες του πετροβάμβακα και να γίνει κατάλληλος για χρήση στην υδροπονία για καλλιέργεια φυτών. Η επεξεργασία αυτή, όπως είναι φυσικό διατηρείται μυστική από τις εταιρείες παραγωγής. Ο πετροβάμβακας που προορίζεται για μονωτικό υλικό δεν είναι κατάλληλος για καλλιέργεια φυτών, γιατί έχει ενσωματωμένο έναν υδρόφοβο παράγοντα, ενώ ο πετροβάμβακας για υδροπονική χρήση έχει ενσωματωμένη μια υδρόφιλη χημική ένωση.

Ο πετροβάμβακας για υδροπονική χρήση είναι τυποποιημένο προϊόν με σταθερή δομή και σύσταση. Αν και έχει παραπλήσια χημική σύσταση με το ανόργανο έδαφος, ωστόσο, τα στοιχεία που περιέχει (Πίν. 2.2) είναι σε μορφή μη διαθέσιμη για τα φυτά και συνεπώς είναι ένα χημικά αδρανές υλικό. Έχει πυκνότητα μόλις 70-80 kg/m<sup>3</sup> και υψηλό ολικό πορώδες (95-97%). Σε κατάσταση

υδατοϊκανότητας υπάρχει η αναλογία: 5% στερεές ίνες, 20% αέρας και 75% νερό. Η συγκράτηση του νερού σε τόσο μεγάλο ποσοστό οφείλεται κυρίως στην παρουσία του υδρόφιλου παράγοντα και όχι απλώς στις δυνάμεις συνοχής που αναπτύσσονται μεταξύ των τοιχωμάτων των πόρων και των μορίων του νερού. Αυτό σημαίνει ότι το νερό είναι εύκολα διαθέσιμο στα φυτά, σε αντίθεση με το έδαφος. Πρακτικά, όλη η ποσότητα του νερού είναι διαθέσιμη και τα φυτά μπορούν να απορροφήσουν το 90% του νερού στο επίπεδο της υδατοϊκανότητας, χωρίς καμία αντίσταση.

**Πίνακας 2.2 Χημική σύσταση του πετροβάμβακα.**

Διοξείδιο του πυριτίου (SiO <sub>2</sub> )	47 %
Οξείδιο του αλουμινίου (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	14 %
Οξείδιο του τιτανίου (TiO <sub>2</sub> )	1 %
Οξείδιο του σιδήρου (FeO)	8 %
Οξείδιο του ασβεστίου (CaO)	16 %
Οξείδιο του μαγνησίου (MgO)	10 %
Οξείδιο του μαγγανίου (MnO)	1 %
Οξείδιο του νατρίου (Na <sub>2</sub> O)	2 %
Οξείδιο του καλίου (K <sub>2</sub> O)	1 %

Πηγή: Δρίμτζας, 1995

Ο πετροβάμβακας έχει pH μεταξύ 7 και 8,5 που μπορεί όμως να μειωθεί εύκολα στο 5-6 με άρδευση με ελαφρά όξινο θρεπτικό διάλυμα, καθώς δεν έχει καμία ρυθμιστική ικανότητα.

Ο πετροβάμβακας έχει σημαντικά πλεονεκτήματα, σε σύγκριση με άλλο υποστρώματα. Όταν είναι ξηρός, έχει πολύ μικρό βάρος, που σημαίνει ευκολία στους χειρισμούς του μέχρι την εγκατάσταση. Παρουσιάζει επίσης ευκολία στην απολύμανση του. Στο τέλος της χρησιμοποίησής του, απομακρύνεται εύκολα από το θερμοκήπια και μπορεί να ενσωματωθεί στο έδαφος, ως εδαφοβελτιωτικό. Όταν χρησιμοποιείται σε ανοιχτά συστήματα, η θρέψη των φυτών είναι ομοιόμορφη, σταθερή και αρκετά ασφαλής, με αποτέλεσμα οι περιπτώσεις αποτυχίας να είναι περιορισμένες.

Σημαντικό μειονέκτημα του πετροβάμβακα είναι το υψηλό κόστος αγοράς του, καθώς και το ότι δεν αποικοδομείται βιολογικά.

### **2.3.2 Περλίτης**

Είναι πυριτικό ορυκτό ηφαιστιογενούς προέλευσης. Κατά την επεξεργασία του, το ορυκτό σπάζεται, θερμαίνεται στους 1000 °C για 1 λεπτό και αμέσως

ψύχεται. Κατά τη θέρμανση του ορυκτού, το κρυσταλλικό νερό που περιέχει διογκώνεται και δημιουργεί αφρώδη μάζα, η οποία έχει όγκο μεγαλύτερο από τον αρχικό κατά 10-12 φορές. Το προϊόν που προκύπτει από την επεξεργασία, διαχωρίζεται σε κατηγορίες, με βάση το μέγεθος των κόκκων (0,5-5 mm).

Στην Ελλάδα υπάρχουν σημαντικά κοιτάσματα περλίτη στα νησιά Μήλο, Αντίπαρο, Νίσυρο, Κω, κ.λ.π.. Σήμερα ο ελληνικός διογκωμένος περλίτης προέρχεται κυρίως από τη Μήλο.

Ο περλίτης έχει πυκνότητα 40-150 kg/m<sup>3</sup>, ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων του και είναι ελαφρύτερος από το αρχικό υλικό κατά 10-20 φορές. Είναι αδρανές υλικό με pH ουδέτερο και πολύ χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα.

Συγκρατεί μεγάλες ποσότητες εύκολα διαθέσιμου νερού (250-300 lit/m<sup>3</sup>) στην επιφάνεια των κόκκων και στο χώρο μεταξύ των κόκκων.

Από πειράματα και από την μέχρι σήμερα καλλιεργητική εμπειρία έχει αποδειχθεί ότι μια ποσότητα 4-5 lit περλίτη ανά φυτό είναι επαρκής για την καλλιέργεια, των κυριότερων καρποδοτικών κηπευτικών (τομάτα, πιπεριά, αγγούρι κ.λ.π.). Ειδικά για καλλιέργεια αγγουριού η ποσότητα περλίτη ανά φυτό θα μπορούσε, ίσως να είναι λίγο μεγαλύτερη. Ο περλίτης μπορεί να τοποθετηθεί είτε σε σάκους είτε σε γλάστρες είτε σε άλλα φυτοδοχεία. Μπορεί επίσης να απλωθεί χύδην μέσα σε υδρορροές οι οποίες στη συνέχεια καλύπτονται από πάνω με φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου. Το τελευταίο αυτό σύστημα ομοίως παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα, κυριότερο από τα οποία είναι η ανάγκη χρησιμοποίησης μεγαλύτερων ποσοτήτων περλίτη ανά φυτό.

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος καλλιέργειας κηπευτικών σε περλίτη είναι η προβλάστηση των σποροφύτων σε κύβους τύρφης ή πετροβάμβακα ή άλλου αποστειρωμένου υλικού και η τοποθέτησή τους κατά τη μεταφύτευση πάνω στους σάκους ή στα φυτοδοχεία με τον περλίτη. Φυτά τα οποία είναι ανθεκτικά στη μεταφυτρωτική διαταραχή όπως η τομάτα μπορούν εναλλακτικά να σπαρθούν ομαδικά σε κιβώτια σποράς με περλίτη και αργότερα, μόλις φθάσουν σε ηλικία κατάλληλη για μεταφύτευση, να μεταφυτευτούν μόνιμα πάνω στο υπόστρωμα που περιέχεται στους σάκους ή στις γλάστρες. Αντίθετα, φυτά ευαίσθητα στη μεταφυτευτική διαταραχή όπως το αγγούρι, θα πρέπει κατά προτίμηση να σπέρνονται απευθείας σε ατομικά κυβάρια. Η παρασκευή και η παροχή του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά δεν παρουσιάζει καμία ιδιαιτερότητα σε σχέση με τα άλλα υδροπονικά συστήματα πάνω σε αδρανή υποστρώματα. Σημαντικό είναι

βέβαια, κατά τον καθορισμό της ποσότητας και της συχνότητας παροχής θρεπτικού διαλύματος, να λαμβάνεται υπόψη η ικανότητα συγκράτησης νερού του περλίτη σε συνδυασμό με την ποσότητα υποστρώματος ανά φυτό ώστε να μην διψούν τα φυτά στα μεσοδιαστήματα μεταξύ των ποτισμάτων με θρεπτικό διάλυμα.

Ο περλίτης δεν μπορεί κατά κανόνα να χρησιμοποιηθεί για δεύτερη και πολύ περισσότερο για τρίτη καλλιέργεια γιατί οι κόκκοι του γρήγορα θρυμματίζονται. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να υποβαθμίζεται το πορώδες του και να μειώνεται έτσι η ικανότητα του για συγκράτηση του αέρα στις επιθυμητές για την ανάπτυξη των φυτών αναλογίες. Σε γενικές γραμμές η συμπεριφορά του σαν υπόστρωμα για μια καλλιέργεια είναι ικανοποιητική, αρκεί η θρέψη να είναι η ενδεδειγμένη. Το μεγάλο πλεονέκτημα του περλίτη όμως σε σχέση με τα άλλα υποστρώματα είναι το φθινό κόστος του.

Στη Σκωτία είναι το κυριότερο υπόστρωμα για την καλλιέργεια τομάτας και αγγουριού. Χρησιμοποιείται επίσης και σε άλλες Ευρωπαϊκές χώρες (Ισπανία, Ιταλία) σε μικρότερη όμως κλίμακα, ενώ στη χώρα μας έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως σε ερευνητικό επίπεδο και ελάχιστα στην πράξη.

### **2.3.3 Ελαφρόπετρα**

Είναι ορυκτό που προκύπτει από την ηφαιστειακή δράση. Το πορώδες του υλικού οφείλεται στα κενά που δημιουργούνται από τη διαφυγή ατμού κατά τη ψύξη της λάβας. Στη χώρα μας, κοιτάσματα ελαφρόπετρας υπάρχουν στα νησιά του Αιγαίου Πελάγους και κυρίως στα Δωδεκάνησα.

Η εξόρυξη της γίνεται με εκσκαφείς και ακολουθεί ο διαχωρισμός της σε κλάσματα με δονούμενα κόσκινα και διαχωριστήρες αέρα.

Εκμετάλλευση κοιτασμάτων ελαφρόπετρας γίνεται στο νησί Γυαλί<sup>1</sup> από το 1952. Η κυρία χρήση του είναι σε οικοδομικές δραστηριότητες, για την κατασκευή ελαφρών πλίνθων, για υλικό κάλυψης και για μονωτικό υλικό. Επίσης, χρησιμοποιείται στην οδοντιατρική, στην κεραμική, στην κλωστοϋφαντουργία (για το πλύσιμο υφασμάτων) κ.α. Η χρησιμοποίησή της στη γεωργία είναι πολύ περιορισμένη (χρησιμοποιείται σε μικρή κλίμακα ως μέσο ριζοβολίας υποκείμενων της αμπέλου).

<sup>1</sup> Το νησί Γυαλί βρίσκεται στα Δωδεκάνησα μεταξύ της Κω και της Νισύρου.

Είναι αδρανές υλικό και η σύσταση της είναι σταθερή (Πιν. 2.3). Η πυκνότητα όγκου της ξηρής ουσίας είναι  $700 \text{ kg/m}^3$ , με συνέπεια να έχει μεγάλο βάρος. Αυτό αποτελεί και το σημαντικότερο μειονέκτημα της ελαφρόπετρας, σε σχέση με τα άλλα υλικά που χρησιμοποιούνται ως υποστρώματα.

**Πίνακας 2.3 Χημική σύσταση της ελαφρόπετρας.**

SiO <sub>2</sub>	70,55 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,24 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,89 %
CaO	2,36 %
MgO	0,10 %
SO <sub>3</sub>	0,03 %
Na <sub>2</sub> O	3,49 %
K <sub>2</sub> O	4,21 %

Πηγή: Μανιός, 1997

Οι ιδιότητες της ελαφρόπετρας ως υπόστρωμα υδροπονικών καλλιεργειών, σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος, θα μπορούσαν να την καταστήσουν ανταγωνιστική, σε σχέση με άλλα υποστρώματα. Από την πειραματική χρησιμοποίηση της πρόσφατα έχουν προκύψει ικανοποιητικά αποτελέσματα για καλλιέργειες τομάτας, μελιτζάνας, αγγουριού, πεπονιού και καρπουζιού σε σάκους πολυαιθυλενίου σε μορφή σωλήνα (μήκους 90 cm και διαμέτρου 18 cm), οι οποίοι γεμίζονται με κλάσματα ελαφρόπετρας 0-8 και 0-5 mm.

### **2.3.4 Καλλιέργεια σε άμμο (sand culture)**

Συνήθως χρησιμοποιείται κρυσταλλική άμμος προερχόμενη από την κοίτη ποταμών, η οποία έχει περιεκτικότητα άνω του 50% σε διοξείδιο του πυριτίου και μηδενική πρακτικά ανταλλακτική ικανότητα. Η άμμος τοποθετείται σε ατομικά ή ομαδικά φυτοδοχεία, σε σάκους ή σε υδρορροές, σε ποσότητα 15-20 λίτρα ανά φυτό. Εναλλακτικά, η άμμος μπορεί να διασκορπισθεί σε ολόκληρη την καλλιεργούμενη επιφάνεια του θερμοκηπίου, αν υπάρχει σε αφθονία στην περιοχή που λαμβάνει χώρα η καλλιέργεια. Σε αυτή την περίπτωση, το έδαφος του θερμοκηπίου αφού ισοπεδωθεί επικαλύπτεται με ένα πλαστικό φύλλο



πολυαιθυλενίου εφοδιασμένο με ανοίγματα αποστράγγισης, ομοιόμορφα κατανεμημένα σε όλη του την επιφάνεια, πάνω στο οποίο απλώνεται η άμμος σε ένα στρώμα πάχους περίπου 5-10 cm περίπου.

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

Το θρεπτικό διάλυμα που εξέρχεται από κάθε σταλάκτη, εισέρχεται στην άμμο, όπου διηθείται κατακόρυφα προς τα κάτω δια μέσου του υποστρώματος. Ένα μικρό μέρος του διαλύματος παραμένει στο πορώδες της άμμου, ενώ το υπόλοιπο στραγγίζει και τελικά απορρέει από το χώρο των ριζών μέσω οπών ή σχισμών που έχουν ανοιχθεί στον πυθμένα του δοχείου, του σάκου ή του πλαστικού επιστρώματος που περιέχουν ή υποστηρίζουν την άμμο. Το σύστημα μπορεί να είναι κλειστό ή ανοιχτό, ανάλογα με το αν το διάλυμα που απορρέει μέσω των σχισμών ή των οπών αποστράγγισης συλλέγεται και επαναχρησιμοποιείται ή χάνεται στο έδαφος.

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

καλλιέργειες σε άμμο η πλέον αποτελεσματική λύση είναι η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος που απορρέει από το χώρο των ριζών.

Τα πλεονεκτήματα της άμμου ως υποστρώματος υδροπονίας είναι ο καλός αερισμός του ριζικού συστήματος, το φθινό κόστος κτήσης της και η θεωρητικά απεριόριστη διάρκεια ζωής της. Για την αποφυγή εξάπλωσης εδαφογενών ασθενειών όμως η άμμος θα ήταν καλύτερα να απολυμαίνεται πριν από την έναρξη κάθε νέας καλλιεργητικής περιόδου. Η απολύμανση της άμμου μπορεί να γίνει εύκολα και αποτελεσματικά με ατμό (Σάββας, 1995).

**Πίνακας 2.4 Ταξινόμηση στερεών υλικών για υδροπονικές καλλιέργειες με βάση την προέλευση τους.**

Κατηγορία υλικών	προέλευση	Τύποι
<b>Ανόργανα</b>		
Ορυκτά	Υλικά φυσικά	Χαλίκια, άμμος, πουζολάνη, ελαφρόπετρα
	Υλικά κατεργασμένα	Περλίτης, βερμικουλίτης, διογκωμένη άργιλλος, πετροβάμβακας
	Απόβλητα εργοστασίων	Τεμάχια τούβλων, σκωρίες, απόβλητα σιδηροβιομηχανιών
Συνθετικά	Πλαστικά διογκωμένα	Πολυστερίνη, πολυουθεράνη
<b>Οργανικά</b>		
Φυτικά	Φυσικά προϊόντα Απόβλητα γεωργ. βιομηχανιών	Τύρφη, άχυρα, φύλλα ελιάς, φλοιοί δένδρων, σπόροι και στέμφυλα σταφυλιών, ροκανίδια, απόβλητα ελαιουργείων, διάφορα κυτταρικά απόβλητα

### 2.3.5 Καλλιέργεια σε χαλίκι (gravel culture)

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

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

## **2.4 ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ**

### **2.4.1 Σύνθεση των θρεπτικών διαλυμάτων**

Στην υδροπονία χρησιμοποιούνται πλήρη θρεπτικά διαλύματα, δηλαδή υδατικά διαλύματα που περιέχουν όλα τα απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών ανόργανα θρεπτικά στοιχεία, εκτός από τον άνθρακα που προσλαμβάνεται από την ατμόσφαιρα ως CO<sub>2</sub>. Το υδρογόνο και το οξυγόνο είναι συστατικά του νερού ενώ οξυγόνο προσλαμβάνεται και από τον ατμοσφαιρικό αέρα πάντοτε σε επαρκείς ποσότητες ως χλωριούχο ανιόν στο νερό που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του διαλύματος καθώς επίσης και στις προσμίξεις των λιπασμάτων. Τα υπόλοιπα 12 από τα συνολικά 16 απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών χημικά στοιχεία, δηλ. τα μακροστοιχεία N, P, S, K, Ca και Mg και τα ιχνοστοιχεία Fe, Mn, Zn, Cu, B, και Mo, πρέπει να προστεθούν στο νερό από τον παρασκευαστή του διαλύματος.

Όλα σχεδόν τα προαναφερθέντα θρεπτικά στοιχεία προστίθενται στο διάλυμα υπό μορφή ανοργάνων αλάτων ή (σε μικρότερη έκταση) οξέων. Επομένως, στο διάλυμα τα θρεπτικά στοιχεία βρίσκονται υπό μορφή ανοργάνων ιόντων. Οι συγκεντρώσεις τους δίνονται συνήθως σε mmol/l ή meq/l (των ιχνοστοιχείων αντίστοιχα σε μmol/l ή meq/l).

Συχνή είναι επίσης και η χρήση των μονάδων ppm (μέρη στο εκατομμύριο) και mg/l (1 ppm = 1 mg/l).

Είναι γνωστή η ικανότητα εκλεκτικής απορρόφησης θρεπτικών στοιχείων που διακρίνει τα φυτά όταν οι ρίζες τους αναπτύσσονται μέσα σε θρεπτικά διαλύματα. Χάρη στην ιδιότητα αυτή των φυτών, η συγκέντρωση των διαφόρων θρεπτικών

στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα μπορεί να κυμαίνεται σε ευρέα όρια χωρίς να εμφανίζονται διαταραχές θρέψης στην καλλιέργεια. Στον πίνακα 2.5 δίνονται τα ασφαλή όρια συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων στο διάλυμα που ισχύουν για την καλλιέργεια των συνηθισμένων λαχανοκομικών ειδών σε υδροπονία.

**Πίνακας 2.5 Όρια άριστων συγκεντρώσεων θρεπτικών στοιχείων (mg/l) που επιζητούνται σε ένα θρεπτικό διάλυμα κατάλληλο για καλλιέργεια κηπευτικών σε υδροπονία. Τα δεδομένα προέρχονται από στοιχεία του συγγραφέα για τα μακροστοιχεία και από τον Steiner (1984) για τα ιχνοστοιχεία.**

Θρεπτικό στοιχείο	Όρια συγκέντρωσης (mg/l)	Θρεπτικό στοιχείο	Όρια συγκέντρωσης (mg/l)
Αζωτο (N)	100-300	Σίδηρος (Fe)	0,50-2,00
Φώσφορος (P)	30-60	Μαγγάνιο (Mn)	0,20-2,00
Θείο (S)	15-160	Ψευδάργυρος (Zn)	0,10-0,60
Κάλιο (K)	200-600	Χαλκός (Cu)	0,01-0,06
Ασβέστιο (Ca)	120-320	Βόριο (B)	0,20-0,60
Μαγνήσιο (Mg)	25-60	Μολυβδαίνιο (Mo)	0,04-0,06

Βέβαια, οι διαταραχές θρέψης δεν προέρχονται μόνο από υπέρβαση των απολύτων ορίων αλλά και από ανισορροπίες στις αναλογίες συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων μεταξύ τους. Γι' αυτό η προηγούμενη διαπίστωση περί μεγάλου επιτρεπτού εύρους διακύμανσης των απολύτων συγκεντρώσεων δεν θα πρέπει να μας οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι η σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος δεν είναι τόσο σημαντική στην υδροπονία. Άλλωστε σκοπός μιας υδροπονικής καλλιέργειας δεν είναι η επιβίωση και η αναπαραγωγή των φυτών αλλά η επίτευξη υψηλών αποδόσεων και η βελτίωση της ποιότητας των συγκομιζομένων προϊόντων. Επομένως η χρησιμοποίηση θρεπτικού διαλύματος κατάλληλης σύνθεσης θεωρείται ως παράγοντας πρωταρχικής σημασίας για την επιτυχία μιας υδροπονικής καλλιέργειας. Πρέπει δε να τονισθεί ότι η κατάρτιση της σύνθεσης που θα έχει το θρεπτικό διάλυμα σε μία υδροπονική καλλιέργεια είναι μία αρκετά λεπτή και εξειδικευμένη εργασία, η οποία δεν θα πρέπει να γίνεται εμπειρικά αλλά να βασίζεται στα σχετικά πορίσματα της επιστημονικής έρευνας.

Τα απλά λιπάσματα που χρησιμοποιούνται συνήθως για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων για υδροπονία παρατίθενται στον πίνακα 2.6. Είναι αυτονόητο, ότι όλα τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για παρασκευή

Θρεπτικών διαλυμάτων πρέπει να είναι πλήρως υδατοδιαλυτά σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

**Πίνακας 2.6 Απλά υδατοδιαλυτά λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων στην υδροπονία.**

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

Όλα σχεδόν τα λιπάσματα του Πίνακα 2.6 που χρησιμοποιούνται ως πηγές μακροστοιχείων κατά την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων είναι ανόργανα άλατα ή οξέα, αποτελούμενα από δυο ιόντα θρεπτικών στοιχείων, ένα κατιόν κι ένα ανιόν. Υδατοδιαλυτά άλατα, των οποίων το ένα ανιόν είναι θρεπτικό μακροστοιχείο ενώ το άλλο όχι (π.χ.  $\text{KCl}$ ,  $\text{NaNO}_3$ , κ.λ.π.), σπάνια

χρησιμοποιούνται στην υδροπονία ως λιπάσματα μακροστοιχείων, λόγω της επιβάρυνσης του διαλύματος με ένα ανεπιθύμητο ιόν σε υψηλές σχετικά συγκεντρώσεις (ένα παράδειγμα είναι το  $\text{KHCO}_3$ , το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις ειδικές εκείνες περιπτώσεις που απαιτείται η ανύψωση του pH του διαλύματος στο χώρο των ριζών). Επομένως, η σύνθεση ενός θρεπτικού διαλύματος θα πρέπει να είναι ισοσκελισμένη ως προς τον αριθμό των χλιοστοϊσοδυνάμων ανιόντων και κατιόντων των κύριων θρεπτικών στοιχείων (συμπεριλαμβανομένων και των ιόντων υδρογόνου, όταν στη σύνθεση προβλέπεται και η προσθήκη οξέος για τη ρύθμιση του pH). Για τα κύρια θρεπτικά στοιχεία θα πρέπει δηλαδή να ισχύει:

$$\text{meq/l ανιόντων} = \text{meq/l κατιόντων.}$$

Γι' αυτό το λόγο, οι συγκεντρώσεις των μακροστοιχείων είναι καλύτερα να δίνονται σε meq/l (meq/m<sup>3</sup>) ή να μετατρέπονται στη μονάδα αυτή όταν μία βασική σύνθεση διαλύματος πρόκειται να τροποποιηθεί, ώστε να προσαρμοστεί στα δεδομένα και τις απαιτήσεις μιας συγκεκριμένης καλλιέργειας. Για τα ιχνοστοιχεία τέτοιο πρόβλημα δεν υφίσταται όπως θα εξηγηθεί πιο κάτω. Για το λόγο αυτό οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων κατά κανόνα δίνονται σε mmol/l ή mg/l (ppm) και δεν είναι απαραίτητη η μετατροπή τους σε meq/l κατά την πορεία των υπολογισμών.

Κατά την κατάρτιση της σύνθεσης ενός θρεπτικού διαλύματος θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ορισμένες αρχές:

α) Η σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος θα πρέπει να προσαρμόζεται στο είδος του καλλιεργούμενου φυτού, στο στάδιο ανάπτυξής του και στις καιρικές συνθήκες που επικρατούν την εποχή που χρησιμοποιείται.

β) Η συνολική συγκέντρωση αλάτων στο θρεπτικό διάλυμα θα πρέπει να έχει καθορισμένη τιμή, η οποία διαφέρει ανάλογα με το είδος του καλλιεργούμενου φυτού, το στάδιο ανάπτυξής του και τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν την εποχή εκείνη. Η συνολική συγκέντρωση αλάτων στο θρεπτικό διάλυμα εκφράζεται ως **ηλεκτρική αγωγιμότητα** αυτού, εκτενέστερη δε αναφορά γι' αυτό το μέγεθος θα γίνει σε ειδική παράγραφο πιο κάτω.

γ) Η απόλυτη συγκέντρωση ενός εκάστου από τα θρεπτικά στοιχεία στο διάλυμα δεν είναι τόσο σημαντική, όσο οι **αμοιβαίες αναλογίες** μεταξύ των συγκεντρώσεων.

δ) Το pH του θρεπτικού διαλύματος θα πρέπει να κυμαίνεται εντός δεδομένων ορίων. Για το θέμα αυτό θα γίνει εκτενέστερη αναφορά πιο κάτω σε ειδική για το pH παράγραφο.

Όταν λοιπόν καθορίζεται η σύνθεση του διαλύματος για μία συγκεκριμένη καλλιέργεια, θα πρέπει αρχικά να καθορίζονται πρώτον, το ύψος της συνολικής συγκέντρωσης αλάτων σ' αυτό (meq/l) και δεύτερον, οι αναλογίες συγκεντρώσεως μεταξύ των θρεπτικών στοιχείων και συγκεκριμένα οι σχέσεις K:N, K:Ca:Mg και N:S:P. Αφού καθορισθούν οι τιμές αυτών των παραμέτρων είναι εύκολο πλέον να υπολογισθούν και οι απόλυτες συγκεντρώσεις του καθενός από τα ιόντα των έξι κύριων θρεπτικών στοιχείων ξεχωριστά ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ). Οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων στα θρεπτικά διαλύματα είναι αμελητέες σε σύγκριση με αυτές των μακροστοιχείων, οπότε δεν παίζουν πρακτικά κανένα ρόλο στο ύψος της συνολικής συγκέντρωσης αλάτων σ' αυτά (η συνολική συγκέντρωση ιχνοστοιχείων είναι περίπου το 1/500 αυτής των μακροστοιχείων). Γι' αυτό, κατά τον καθορισμό της σύνθεσης ενός θρεπτικού διαλύματος, οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων καθορίζονται ανεξάρτητα από αυτές των μακροστοιχείων. Σημειώνεται ότι η περιεκτικότητα του διαλύματος σε ιόντα αμμωνίου δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 0,5 meq/l στην περιοχή του ριζοστρώματος, γιατί σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις εμφανίζονται τοξικές επιδράσεις στην ανάπτυξη των ριζών.

Οι συνθέσεις θρεπτικών διαλυμάτων που προτείνονται από τους προαναφερθέντες ερευνητές, καθώς και εκείνες που παρατίθενται σε διάφορες άλλες βιβλιογραφικές πηγές, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτούσιες για τον υπολογισμό των απαιτούμενων ποσοτήτων λιπασμάτων μόνο εάν το νερό που χρησιμοποιείται είναι απιονισμένο ή βρόχινο με μηδενική πρακτικά συγκέντρωση αλάτων. Τα χρησιμοποιούμενα για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων νερά όμως, τα οποία συνήθως προέρχονται από γεωτρήσεις, φράγματα ή φυσικές πηγές, περιέχουν σημαντικές ποσότητες ανόργανων ιόντων. Συγκεκριμένα, από τα θρεπτικά μακροστοιχεία, το νερό περιέχει ασβέστιο, μαγνήσιο, θείο ( $\text{SO}_4^{--}$ ) και σπανιότερα άζωτο ( $\text{NO}_3^-$ ) σε σημαντικές ποσότητες. ενώ από τα ιχνοστοιχεία, εκτός από το χλώριο, μπορεί να υπάρχουν ο σίδηρος (είναι όμως μη αφομοιώσιμος για τα φυτά), το μαγγάνιο, ο ψευδάργυρος, ο χαλκός και το βόριο. Γι' αυτό από τις ποσότητες λιπασμάτων που θα έπρεπε να προστεθούν σε απεσταγμένο νερό για να προκύψει θρεπτικό διάλυμα μιας

δεδομένης σύστασης θα πρέπει να αφαιρούνται οι ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων οι οποίες περιέχονται στο νερό άρδευσης που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί. Αυτό σημαίνει, ότι οι συνθήκες θρεπτικών διαλυμάτων που προτείνονται στη βιβλιογραφία θα πρέπει πριν χρησιμοποιηθούν να εξατομικεύονται στην εκάστοτε καλλιέργεια, ανάλογα με τη σύσταση του χρησιμοποιούμενου κάθε φορά νερού σε ανόργανα ιόντα, όπως και πραγματικά γίνεται στην υδροπονική πρακτική. Εκτός όμως από τη χημική σύσταση του χρησιμοποιούμενου νερού, οι προτεινόμενες στη βιβλιογραφία συνθέσεις θρεπτικών διαλυμάτων (**βασικές συνθέσεις**) θα πρέπει να προσαρμόζονται και σε ορισμένα άλλα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης καλλιέργειας, όπως το στάδιο ανάπτυξης των φυτών, οι κλιματικές συνθήκες, το υπόστρωμα καλλιέργειας κ.λ.π. Επομένως, οι βασικές συνθέσεις συχνά χρησιμοποιούνται απλώς ως ενδεικτικές για τις συνιστώμενες για κάθε φυτό αμοιβαίες αναλογίες μεταξύ των θρεπτικών στοιχείων. Οι τελικές συνθέσεις που προκύπτουν μετά την προσαρμογή στα δεδομένα της συγκεκριμένης καλλιέργειας καλούνται **τροποποιημένες συνθέσεις**.

Επομένως για την παρασκευή θρεπτικού διαλύματος για μία συγκεκριμένη υδροπονική καλλιέργεια δεν αρκεί μόνο να αποφασισθεί ποια θα είναι η σύνθεση του, αλλά είναι απαραίτητο να είναι γνωστή και η περιεκτικότητα του νερού άρδευσης σε ιόντα ανόργανων αλάτων, εκτός από τα ιόντα των θρεπτικών στοιχείων. Άλλα ιόντα, που περιέχονται σε σημαντικές ποσότητες στα συνηθισμένα νερά άρδευσης και η παρουσία τους πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος, είναι το νάτριο και τα οξυανθρακικά ( $\text{HCO}_3$ ).

Συγκεκριμένα, το μεν νάτριο λαμβάνεται υπόψη κατά τον υπολογισμό της συνολικής συγκέντρωσης αλάτων στο διάλυμα, ενώ τα οξυανθρακικά κατά τον υπολογισμό της συγκέντρωσης οξέος που απαιτείται να προστεθεί για τον έλεγχο του pH. Οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo) καθορίζονται λαμβάνοντας υπόψη τα απόλυτα επιτρεπτά όρια καθώς και τις αναλογίες μεταξύ τους (π.χ. Fe/Mn) που συνιστούνται στη βιβλιογραφία. Οι βασικές γνώσεις μας σχετικά με τις κατάλληλες συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων στα θρεπτικά διαλύματα βασίζονται κυρίως στις κλασικές εργασίες των γερμανών φυσιολόγων φυτών Knop (1989) και Sachs (1859, 1861) καθώς και σε νεώτερες αμερικανών ερευνητών όπως ο McCall (1916), ο Laurie (1931), οι



Arnon και Hoagland (1940). κ.λ.π. Τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών καθώς και άλλων από την επιστήμη της διατροφής των φυτών χρησιμοποιήθηκαν από τους Hoagland και Arnon (1952) για την κατάστρωση συνθέσεων θρεπτικών διαλυμάτων τόσο για την καλλιεργητική πράξη όσο και για ερευνητικούς σκοπούς, στις οποίες συμπεριλαμβάνονταν συγκεκριμένες συστάσεις για τις συγκεντρώσεις όλων των απαραίτητων ιχνοστοιχείων. Οι γνώσεις μας βέβαια από τότε έχουν διευρυνθεί και με αρκετές νεότερες εργασίες όπως αυτή του Jacobson (1951) που άνοιξε το δρόμο στη χρήση χημικού σιδήρου λύνοντας έτσι ένα σημαντικό πρόβλημα της υδροπονίας, καθώς επίσης και οι νεότερες των Sonneveld και Voogt (1980) και Sonneveld και de Bes (1984). Οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων που πρότειναν οι Hoagland Arnon (1952) καθώς και αυτές που προτείνονται από το πρωτοπόρο στον τομέα της υδροπονίας (Ερευνητικό Ινστιτούτο Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών του Naaldwijk της Ολλανδίας) για τα κυριότερα καρποδοτικά λαχανικά παρατίθενται στον Πίνακα 2.7.

**Πίνακας 2.7 Συνιστώμενες συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων στα θρεπτικά διαλύματα για υδροπονία από τους Hoagland και Arnon (1952) καθώς και από τους Sonneveld και Straver (1989)**

Ιχνοστοιχείο	Mg/l (Hoagland & Arnon, 1950)	Mg/l (Sonneveld & Straver, 1989)
Σίδηρος (Fe)	1,40	0,84
Μαγγάνιο (Mn)	0,50	0,55
Ψευδάργυρος (Zn)	0,05	0,26-0,33
Χαλκός (Cu)	0,02	0,05
Βόριο (B)	0,50	0,22-0,27
Μολυβδαίνιο (Mo)	0,01	0,05

Εφόσον έχει καθορισθεί ποια θα είναι η σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος, υπολογίζονται κατόπιν οι συγκεκριμένες ποσότητες λιπασμάτων που θα πρέπει να προστεθούν σε δεδομένη ποσότητα νερού για την παρασκευή αντίστοιχης ποσότητας διαλύματος. Η διαδικασία υπολογισμού των συγκεκριμένων ποσοτήτων λιπασμάτων μακροστοιχείων που θα πρέπει να προστεθούν σε ορισμένο όγκο νερού γνωστής περιεκτικότητας σε ανόργανα ιόντα, για την παρασκευή ανάλογης ποσότητας θρεπτικού διαλύματος δεδομένης

σύνθεσης σε θρεπτικά στοιχεία, περιγράφεται στην συνέχεια μέσω ενός συγκεκριμένου παραδείγματος που παρατίθεται στον Πίνακα 2.8.

Πίνακας 2.8 Πίνακας υπολογισμού των συγκεντρώσεων των λιπασμάτων μακροστοιχείων που απαιτούνται για την παρασκευή ενός θρεπτικού διαλύματος μίας δεδομένης σύνθεσης κατάλληλης για πιπεριές, μετά από προσαρμογή στα δεδομένα της σύστασης του χρησιμοποιούμενου νερού σε ανόργανα ιόντα. Όλες οι συγκεντρώσεις δίνονται σε meq/l (eq/m<sup>3</sup>).

	Σύνθεση διαλύματος (κατιόντα)	Σύσταση νερού (ανιόντα)	Προσθήκη λιπασμάτων (ανιόντα)	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> P O <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Σύνολο
Σύνθεση διαλύματος (κατιόντα)				3,00	15,25	1,50	0,50	5,40	25,65
Σύσταση νερού (ανιόντα)				1,45	0,10	0,00	5,60	5,40	12,55
Προσθήκη λιπασμάτων (ανιόντα)				<b>1,55</b>	<b>15,15</b>	<b>1,50</b>	-	-	18,20
Ca <sup>++</sup>	9,10	4,00	<b>5,10</b>	-	5,10	-	-	-	5,10
Mg <sup>++</sup>	3,00	2,65	<b>0,35</b>	0,35	-	-	-	-	0,35
K <sup>+</sup>	7,5	0,10	<b>7,40</b>	1,20	6,20	-	-	-	7,40
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,25	-	<b>0,25</b>	-	0,25	-	-	-	0,25
Na <sup>+</sup>	5,80	5,80	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	<b>5,10</b>	-	3,60	1,50	-	-	5,10
Σύνολο	25,65	12,55	18,25	1,55	15,15	1,50	-	-	18,20

Πηγή: SAVVAS, D., ADAMIDIS, K., 1999.

Στην 2η γραμμή και την 2η στήλη του Πίνακα 2.8 δίνεται η σύσταση του χρησιμοποιούμενου νερού σε ανιόντα και κατιόντα αντίστοιχα. Στην πρώτη γραμμή του Πίνακα 2.8 δίνεται η σύνθεση ενός θρεπτικού διαλύματος κατάλληλου για πιπεριές σε ανιόντα, ενώ η σύνθεσή του σε κατιόντα δίνεται στην πρώτη στήλη. Διευκρινίζεται ότι πρόκειται για τροποποιημένη σύνθεση, προσαρμοσμένη στη σύσταση του χρησιμοποιούμενου νερού σε ανόργανα ιόντα καθώς και στα υπόλοιπα δεδομένα μίας συγκεκριμένης καλλιέργειας πιπεριάς. Στα τετραγωνίδια που αντιστοιχούν στις συγκεντρώσεις Cl<sup>-</sup> και Na<sup>+</sup> συνήθως τοποθετούνται οι αντίστοιχες περιεκτικότητες του νερού άρδευσης στα στοιχεία αυτά, εκτός και αν επιδιώκεται να αυξηθεί η συνολική συγκέντρωση αλάτων στο διάλυμα μέσω προσθήκης NaCl ή KCl. Ως συγκέντρωση των ιόντων HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> αναγράφεται στο αντίστοιχο τετραγωνίδιο η τιμή 0,5 meq/l δεδομένου ότι όπως θα εξηγηθεί πιο κάτω αυτή η συγκέντρωση HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> αντιστοιχεί κατά προσέγγιση σε τιμή pH 5,5 στο διάλυμα. Στη συνέχεια, αφαιρώντας τις συγκεντρώσεις της 2ης στήλης από αυτές της 1ης στήλης και της 2ης γραμμής από αυτές της 1ης γραμμής προκύπτουν οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων που πρέπει να

προστεθούν στο διάλυμα μέσω λιπασμάτων (έντονα τονισμένοι αριθμοί 3ης γραμμής και 3ης στήλης). Ακολουθως οι συγκεντρώσεις αυτές διατάσσονται σε έναν πίνακα διπλής εισόδου (κουτί που περικλείεται από τις έντονες γραμμές κάτω δεξιά) κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να προκύπτουν οι συγκεντρώσεις των συγκεκριμένων λιπασμάτων που απαιτείται να προστεθούν στο νερό για την επίτευξή τους. Η τοποθέτηση των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων της 3ης γραμμής και 3ης στήλης στον πίνακα διπλής εισόδου γίνεται πάντοτε με μία ορισμένη σειρά και με βάση ορισμένες αρχές:

1. Η αρχή γίνεται με το ασβέστιο, το οποίο παρέχεται πάντοτε ως νιτρικό ασβέστιο. Για πρακτικούς λόγους θεωρούμε ως χημικό τύπο του χρησιμοποιούμενου νιτρικού ασβεστίου τον  $\text{Ca}(\text{NO}_3)$  και όχι τον πραγματικό που δίνεται στον Πίνακα 2.6.

2. Ακολουθεί η τοποθέτηση του μαγνησίου και του θείου στον πίνακα, τα οποία χορηγούνται ως θειικό μαγνήσιο. Σε περίπτωση που η συγκέντρωση  $\text{Mg}^{++}$  στην 3η στήλη υπερβαίνει αυτή των θειικών στην 3η γραμμή, το υπόλοιπο μέρος της συγκέντρωσης  $\text{Mg}^{++}$  καλύπτεται με προσθήκη νιτρικού μαγνησίου. Σε περίπτωση αντίθετα που η συγκέντρωση  $\text{SO}_4^-$  υπερβαίνει αυτή των ιόντων μαγνησίου, χρησιμοποιείται θειικό κάλιο σε ανάλογη συγκέντρωση.

3. Ακολουθεί το αμμωνιακό άζωτο, το οποίο συνήθως παρέχεται ως νιτρικό αμμώνιο, σπανιότερα δε ως φωσφορικό αμμώνιο.

4. Το επόμενο βήμα είναι η τοποθέτηση του φωσφόρου ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) στον πίνακα, ο οποίος συνήθως παρέχεται ως φωσφορικό οξύ, γιατί το  $\text{H}_3\text{PO}_4$  αποτελεί τη φθηνότερη πηγή διαλυτού φωσφόρου. Σε περίπτωση όμως που η συγκέντρωση οξυανθρακικών στο νερό δεν υπερβαίνει τα 2 meq/l κάτι τέτοιο δεν είναι σκόπιμο, γιατί το pH του διαλύματος μπορεί να πέσει κάτω από 5, οπότε ο φωσφόρος παρέχεται υπό μορφή  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ . Σε περίπτωση που το αμμώνιο χορηγείται υπό μορφή  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ , η συγκέντρωση του  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ή του  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  θα πρέπει να μειώνεται ανάλογα.

5. Ακολουθεί η τοποθέτηση της συγκέντρωσης καλίου στον πίνακα διπλής εισόδου. Αρχικά υπολογίζεται το ύψος της συγκέντρωσης  $\text{K}^+$  που χορηγείται υπό μορφή θειικού καλίου και (ενδεχομένως) φωσφορικού μονοκαλίου. Το άθροισμα τους αφαιρείται στη συνέχεια από τη συνολική συγκέντρωση ιόντων καλίου που πρέπει να επιτευχθεί στο διάλυμα μέσω προσθήκης λιπασμάτων

(δηλαδή αυτή που αναγράφεται στην τρίτη στήλη). Η διαφορά που προκύπτει, χορηγείται υπό μορφή νιτρικού καλίου.

6. Τέλος, ρυθμίζεται και η συγκέντρωση των νιτρικών στον πίνακα διπλής εισόδου στο ύψος που προβλέπεται στην 3η γραμμή. Όπως και στην περίπτωση του καλίου, αρχικά υπολογίζεται η συγκέντρωση νιτρικών που έχει ήδη χορηγηθεί υπό μορφή νιτρικού ασβεστίου, ενδεχομένως νιτρικού μαγνησίου, νιτρικού καλίου και νιτρικού αμμωνίου. Το άθροισμα αυτό αφαιρείται από τη συνολική συγκέντρωση νιτρικών που πρέπει να επιτευχθεί στο διάλυμα μέσω προσθήκης λιπασμάτων. Η διαφορά που προκύπτει καλύπτεται με προσθήκη νιτρικού οξέος.

Οι συγκεντρώσεις νιτρικού και φωσφορικού οξέος που υπολογίζονται μέσω αυτής της διαδικασίας συνήθως επαρκούν για τον έλεγχο του pH του διαλύματος.

Ο υπολογισμός των συγκεκριμένων ποσοτήτων λιπασμάτων που πρέπει να αναμειχθούν με δεδομένη ποσότητα νερού για να παρασκευασθεί θρεπτικό διάλυμα ορισμένου όγκου είναι πλέον απλός. Συγκεκριμένα αυτό γίνεται μέσω μετατροπής της συγκέντρωσης σε μονάδες βάρους (πολλαπλασιασμός με το χημικό ισοδύναμο του άλατος - λιπάσματος) και αναγωγής της στο συγκεκριμένο όγκο διαλύματος που πρόκειται να παρασκευασθεί (Πίνακας 2.9). Ειδικά για τα οξέα, επειδή ως υγρά οι ποσότητες τους υπολογίζονται συνήθως σε όγκο, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η πυκνότητά τους. Σημειώνεται ότι η πυκνότητα του καθαρού νιτρικού οξέος ανέρχεται στα 1,42 Kg/l, ενώ αυτή του καθαρού φωσφορικού οξέος στα 1,75 Kg/l.

**Πίνακας 2.9 υπολογισμός των ποσοτήτων λιπασμάτων που πρέπει να προστεθούν σε νερό, του ποίου η περιεκτικότητα σε ανόργανα ιόντα φαίνεται στον πίνακα 2.8, για την Παρασκευή 10 m<sup>3</sup> θρεπτικού διαλύματος με σύνθεση αυτή που δίνεται στην 1 η στήλη του πίνακα 2.8.**

1. Νιτρικό ασβέστιο	$5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \times 2\text{H}_2\text{O}] \text{NH}_4\text{NO}_3$	=5,00x10x108,05	=5403g
2. Θειικό μαγνήσιο	$\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	=0,35x10x123,15	=431g
3. Νιτρικό κάλιο	$\text{KNO}_3$	=6,20x10x101,10	=6268g
4. Θειικό κάλιο	$\text{K}_2\text{SO}_4$	=1,20x10x87,15	=1046g
5. Νιτρικό αμμώνιο	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	=0,25x10x80,00	=200g
6. Φωσφορικό οξύ	$\text{H}_3\text{PO}_4$	=1,50x10x98/1,75	=840g
7. Νιτρικό οξύ	$\text{HNO}_3$	=3,70x10x63/1,42	=1642g

Όπως φαίνεται και στον πίνακα 2.6, τα περισσότερα λιπάσματα ιχνοστοιχείων είναι ανόργανα άλατα, στα οποία το ένα ιόν περιέχει ή συνιστά το ιχνοστοιχείο ενώ το δεύτερο ιόν που τα συναπαρτίζει είναι μακροστοιχείο (ή νάτριο). Ο σίδηρος κατ' εξαίρεση προστίθεται υπό μορφή συμπλόκων χημικών ενώσεων του στοιχείου (DTPA, EDDHA κ.λ.π.). Αυτό γίνεται γιατί τα ιόντα σιδήρου, που προέρχεται από ανόργανα άλατα στις συνηθισμένες τιμές pH που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία, σχηματίζουν το αδιάλυτο υδροξείδιο του σιδήρου  $[Fe(OH)_3]$ , οπότε παύουν να είναι διαθέσιμα για τα φυτά. Δεδομένου ότι τα ιχνοστοιχεία είναι απαραίτητα σε απειροελάχιστες συγκεντρώσεις στο διάλυμα σε σχέση με τα μακροστοιχεία, η ποσότητα του μακροστοιχείου (ή Na) που μαζί με το ιχνοστοιχείο απαρτίζει το άλας - λίπασμα, δεν επηρεάζει τη συνολική συγκέντρωση του μακροστοιχείου αυτού στο διάλυμα και γι' αυτό δεν λαμβάνεται υπόψη. Έτσι, για να υπολογισθούν οι ποσότητες λιπασμάτων ιχνοστοιχείων που απαιτούνται για την παρασκευή δεδομένου όγκου υπέρπυκνου διαλύματος ιχνοστοιχείων, πρέπει απλώς να πολλαπλασιασθεί η επιζητούμενη συγκέντρωση του εκάστοτε ιχνοστοιχείου (μολ/ι) με το μοριακό βάρος του λιπάσματος και τον όγκο (σε λίτρα) του αραιού διαλύματος, στα οποία αντιστοιχεί το υπέρπυκνο διάλυμα που παρασκευάζεται. Στην περίπτωση που οι συνιστώμενες συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων δίνονται σε mg/l ή ppm, οι υπολογισμοί γίνονται συντομότερα χρησιμοποιώντας την εκατοστιαία περιεκτικότητα του εκάστοτε λιπάσματος στο δεδομένο ιχνοστοιχείο.

#### **2.4.2 Παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων**

Αρχικά τα λιπάσματα τοποθετούνται σε μεγάλα δοχεία, (βαρέλια) των 100-1000 λίτρων σε πολλαπλάσιες συγκεντρώσεις (συνήθως 100πλάσιες ή 200πλάσιες) από αυτές που πρέπει να υφίστανται στο διάλυμα με το οποίο τροφοδοτούνται τα φυτά. Τα διαλύματα που περιέχονται στα βαρέλια αυτά λέγονται μητρικά ή απλώς πυκνά διαλύματα. Το διάλυμα που φτάνει στα φυτά προκύπτει από την αραιώση των πυκνών αυτών διαλυμάτων με νερό. Το αραιωμένο διάλυμα που παρέχεται στα φυτά ονομάζεται απλώς αραιό διάλυμα. Πρέπει απαραίτητα να χρησιμοποιούνται δύο τουλάχιστον δοχεία πυκνών διαλυμάτων, γιατί το νιτρικό ασβέστιο δεν μπορεί να τοποθετηθεί στο ίδιο δοχείο με φωσφορικά και θειικά λιπάσματα σε τόσο μεγάλες συγκεντρώσεις.

Κάτι τέτοιο θα είχε σαν συνέπεια την κατακρήμνιση  $\text{Ca}_x(\text{H}_2\text{PO}_4)$  και  $\text{CaSO}_4$ , λόγω της χαμηλής διαλυτότητας που έχουν αυτά τα δυο άλατα. Συνήθως χρησιμοποιείται και ένα τρίτο βαρέλι μητρικού διαλύματος, στο οποίο τοποθετείται αποκλειστικά και μόνο οξύ (κατά κανόνα  $\text{HNO}_3$ ), για τον έλεγχο του pH του διαλύματος. Οι ποσότητες λιπασμάτων που πρέπει να προστεθούν στο νερό για την παρασκευή ορισμένου όγκου πυκνών διαλυμάτων αποτελούν τη λεγόμενη στην υδροπονική πράξη **"συνταγή παρασκευής του θρεπτικού διαλύματος"**.

Στο πρώτο δοχείο πυκνού διαλύματος (δοχείο Α) προστίθεται οπωσδήποτε το νιτρικό ασβέστιο και συνήθως ακόμη το νιτρικό αμμώνιο, ένα μέρος του νιτρικού καλίου και ο σίδηρος. Στο δεύτερο δοχείο (βαρέλι Β) προστίθεται οπωσδήποτε το θειικό κάλιο, το θειικό μαγνήσιο, το φωσφορικό μονοαμμώνιο, το φωσφορικό μονοκάλιο, το φωσφορικό οξύ και τα υπόλοιπα ιχνοστοιχεία εκτός του σιδήρου. Το νιτρικό μαγνήσιο (αν πρόκειται να γίνει χρήση του) μπορεί να προστεθεί σε οποιοδήποτε από τα δύο δοχεία πυκνών διαλυμάτων. Αν δεν υπάρχει ξεχωριστό βαρέλι για το οξύ, τότε το νιτρικό οξύ μπορεί να προστεθεί είτε στο δοχείο Α, είτε στο δοχείο Β, είτε ισόποσα και στα δύο.

Τα δοχεία των πυκνών διαλυμάτων συνδέονται με ένα σύστημα μίξης, το οποίο αραιώνει ισόποσα τα δύο μητρικά διαλύματα Α και Β με νερό.

Η αναλογία αραιώση είναι τόση, όσες φορές πιο πυκνά έχουν παρασκευασθεί τα μητρικά διαλύματα σε σχέση με το αραιό διάλυμα, με το οποίο θα τροφοδοτηθούν τα φυτά. Οι συνήθειες αναλογίες συγκέντρωσης των θρεπτικών στοιχείων μεταξύ των αρχικών και των μητρικών διαλυμάτων στην υδροπονία είναι 1/100 ή 1/200. Μεγαλύτερη συμπύκνωση των πυκνών διαλυμάτων συνήθως δεν είναι εφικτή εξαιτίας των ορίων που θέτει η διαλυτότητα των χρησιμοποιούμενων λιπασμάτων. Το αραιό διάλυμα που προκύπτει οδηγείται με τη βοήθεια μιας αντλίας στο χώρο ανάπτυξης των φυτών. Αν υπάρχει ειδικό δοχείο για το οξύ, το σύστημα μείξης των πυκνών διαλυμάτων διοχετεύει την απαιτούμενη κάθε φορά ποσότητα οξέος στο αραιό διάλυμα είτε αυτόματα είτε μετά από ρύθμιση, ώστε το pH να συγκρατείται μεταξύ 5,5 και 6,0.

Σπάνια (και μόνο σε συστήματα με επανακυκλοφορία του διαλύματος) μπορεί να είναι απαραίτητο κι ένα τέταρτο βαρέλι με  $\text{KHCO}_3$ , ή  $\text{KOH}$  για την ανύψωση του pH όποτε παρίσταται ανάγκη.

Η διαλυτότητα των αλάτων που χρησιμοποιούνται ως λιπάσματα ιχνοστοιχείων είναι πάντοτε πολύ μεγαλύτερη από τις συγκεντρώσεις που επιδιώκονται στο αραιό διάλυμα. Γι' αυτό στην πράξη συνήθως παρασκευάζεται ένα υπέρπυκνο διάλυμα με όλα τα ιχνοστοιχεία εκτός του σιδήρου. Η συγκέντρωση των ιχνοστοιχείων στο υπέρπυκνο αυτό διάλυμα συνήθως είναι 10.000 έως 25.000 φορές μεγαλύτερη από αυτή που επιζητείται στο αραιό διάλυμα, με το οποίο τροφοδοτούνται τα φυτά. Κάθε φορά λοιπόν που πρέπει να παρασκευασθούν πυκνά διαλύματα Α και Β, στο δοχείο με τα θειικά και φωσφορικά λιπάσματα (δοχείο Β) προστίθεται και μια ποσότητα υπέρπυκνου διαλύματος ιχνοστοιχείων σε αναλογία 1/100 έως 1/250 αντίστοιχα.

Έτσι η τελική διάλυση των ιχνοστοιχείων στο αραιό διάλυμα το οποίο προκύπτει μετά την περαιτέρω αραίωση των πυκνών διαλυμάτων σε αναλογία π.χ. 1/100 θα είναι 1/10.000 έως 1/25.000 αντίστοιχα και επομένως θα προκύπτουν οι συγκεντρώσεις που επιζητούνται.

### **2.4.3 Έλεγχος και αναπροσαρμογή των θρεπτικών διαλυμάτων**

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, η υδροπονία βασίζεται στην τροφοδότηση των φυτών με θρεπτικά στοιχεία μέσω ενός τεχνητού θρεπτικού διαλύματος. Είναι γνωστό ότι και τα φυτά που καλλιεργούνται στο έδαφος εφοδιάζονται με θρεπτικά στοιχεία από ένα θρεπτικό διάλυμα, φυσικό όμως, το εδαφικό διάλυμα. Τόσο όμως στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται υποστρώματα όσο και στην περίπτωση της καλλιέργειας σε αμιγές θρεπτικό διάλυμα, ο συνολικός όγκος του χώρου στον οποίο αναπτύσσεται η ρίζα και συνεπώς και ο όγκος του θρεπτικού διαλύματος ανά φυτό είναι δραστικά μειωμένος σε σχέση με τους αντίστοιχους όγκους που υφίστανται σε καλλιέργειες φυτών του ίδιου είδους στο έδαφος. Για παράδειγμα, ένα φυτό αγγουριάς, το οποίο αναπτύσσεται στο έδαφος θερμοκηπίου σε καλλιέργεια με πυκνότητα φύτευσης 2500 φυτά ανά στρέμμα (0,4 m<sup>2</sup>/φυτό) και με δεδομένο ένα βάθος ριζοστρώματος περί τα 0,5 m εκμεταλλεύεται έναν όγκο εδάφους περίπου 200 lit. Αν θεωρηθεί μια συνήθης περιεκτικότητα του χώματος σε υγρασία γύρω στα 30 %, τότε αυτό το φυτό έχει περίπου 60 lit εδαφικού διαλύματος στη διάθεσή του όταν είναι ποτισμένο. Στην καλλιέργεια σε πετροβάμβακα όπως για παράδειγμα, αντιστοιχούν μόνο 3,75 lit υπόστρωμα ανά φυτό αγγουριάς (3 φυτά ανά πλάκα πετροβάμβακα διαστάσεων

100x15x7,5 cm). Με δεδομένη μια περιεκτικότητα του πετροβάμβακα σε θρεπτικό διάλυμα γύρω στα 75 % σε κατάσταση κορεσμού, κάθε φυτό έχει στη διάθεση του περίπου 2-2,8 lit θρεπτικό διάλυμα. Σε ένα σύστημα NFT αντιστοιχούν συνήθως 2 lit διαλύματος ανά φυτό (Graves 1983). Ποσότητα 2-2,8 lit διαλύματος καλύπτει τις ανάγκες ενός καρποφορούντος φυτού αγγουριάς σε νερό και θρεπτικά στοιχεία μόνο για 1-2 μέρες ενώ τα 60 lit επαρκούν για 25-50 μέρες. Είναι φυσικά ευνόητο, ότι όταν ο όγκος του διαλύματος, από το οποίο τρέφεται ένα φυτό είναι μόνο 2-3 lit, οι μεταβολές στις συγκεντρώσεις των θρεπτικών ιόντων και στις μεταξύ τους αναλογίες σαν συνέπεια της εκλεκτικής απορρόφησης αυτών από το φυτό είναι πολύ πιο γρήγορες και πολύ πιο έντονες.

Από το παραπάνω παράδειγμα γίνεται φανερό πόσο ακριβής πρέπει να είναι η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος στην υδροπονία και πόσο τακτική η παροχή του στο χώρο ανάπτυξης του ριζικού συστήματος, ώστε να εξασφαλίζεται η καλή θρέψη και ανάπτυξη των φυτών. Είναι επομένως απαραίτητο να ελέγχεται τακτικά η σύσταση και οι άλλες ιδιότητες του θρεπτικού διαλύματος στο χώρο των ριζών και όποτε υπάρχει ανάγκη τα μεγέθη αυτά να αναπροσαρμόζονται πάλι στα αρχικά, επιθυμητά επίπεδα.

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

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

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



στο βαθμό που παρασκευάζεται σωστά θα έχει γνωστές και δεδομένες συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων και επομένως θα χαρακτηρίζεται από τις επιθυμητές τιμές pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Έτσι, στα ανοικτά συστήματα το μόνο που χρειάζεται να γίνεται για να εξασφαλίζεται η καλή ποιότητα του διαλύματος που παρέχεται στα φυτά, είναι να ελέγχεται σε τακτά χρονικά διαστήματα (κάθε δύο ή τρεις μέρες) αν οι τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι αυτές που προβλέπονται από το σχήμα θρέψης που εφαρμόζεται. Οι μετρήσεις αυτές γίνονται εύκολα και γρήγορα με απλά φορητά όργανα και αποσκοπούν στην έγκαιρη διάγνωση και διόρθωση ενδεχομένων λαθών ή βλαβών στο σύστημα μείξης και παροχής του διαλύματος.

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

α) από το έδαφος και την ποσότητα του διαλύματος που φτάνει στο χώρο του ριζοστρώματος μέσω του συστήματος παροχής (νέο διάλυμα με τη συνιστώμενη σύνθεση και θρεπτικά στοιχεία και τις επιθυμητές τιμές pH και αγωγιμότητας).

β) από την πρόσληψη νερού και θρεπτικών στοιχείων από το φυτό (ποσότητες και αναλογίες μεταξύ τους) και

γ) από την έκταση της απορροής διαλύματος από το χώρο των ριζών (δηλαδή από το υπόστρωμα καλλιέργειας) προς το έδαφος.

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

## **2.5 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ**

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση της υδροπονίας, εντοπίζονται κυρίως σε δύο σημεία.

Το πρώτο αφορά τα ανοιχτά συστήματα υδροπονίας, δηλαδή τα συστήματα στα οποία το θρεπτικό διάλυμα μετά τη χρήση του στην καλλιέργεια δεν συλλέγεται αλλά απορρέει στη φύση. Δεδομένου ότι το διάλυμα αυτό είναι επιβαρημένο με διάφορα στοιχεία όπως π.χ. τα νιτρικά, είναι δυνατό να φθάσει στον υδροφόρο ορίζοντα και συνεπώς να επηρεάσει αρνητικά την υγεία του ανθρώπου. Το πρόβλημα αυτό λύνεται με την ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος, δηλαδή με τη χρήση κλειστών υδροπονικών συστημάτων. Αυτή είναι άλλωστε και η τάση στις χώρες της Β. Ευρώπης. Συγκεκριμένα, στην Ολλανδία σήμερα, πάνω από το 50% των συστημάτων υδροπονίας είναι κλειστά και όπως φαίνεται στόχος είναι το ποσοστό αυτό να φθάσει στο 100%. Στην Ελλάδα τα συστήματα αυτά επεκτείνονται με αργούς ρυθμούς.

Το δεύτερο πρόβλημα που μπορεί να προκληθεί στο περιβάλλον από τη χρήση της υδροπονίας, αφορά το χειρισμό των υποστρωμάτων μετά την παρέλευση του χρόνου χρήσης τους. Η λύση σ' αυτό το πρόβλημα έγκειται στην ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των υλικών στην κατασκευή του νέου υποστρώματος. Αξίζει να αναφερθεί εδώ το παράδειγμα της Ολλανδίας, όπου η κάθε εταιρεία παρασκευής υποστρωμάτων είναι υποχρεωμένη μετά το τέλος της διάρκειας ζωής τους, να τα παραλαμβάνει από τους παραγωγούς για ανακύκλωση, να ενσωματώνει δηλαδή αυτά τα υλικά στα νέα υποστρώματα. Με τον τρόπο αυτό, το 30% περίπου του νέου υποστρώματος προέρχεται από ανακυκλωμένα υλικά. Το κέρδος έτσι είναι διπλό γιατί και το περιβάλλον δε ρυπαίνεται και το κόστος παραγωγής μειώνεται.

Επομένως, τα οποιαδήποτε περιβαλλοντικά προβλήματα που ανακύπτουν από την υδροπονία, μπορούν να ξεπεραστούν με λογικό κόστος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ ΣΕ ΠΛΑΚΕΣ

#### ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ

---

##### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ

Η αγγουριά ανήκει στην οικογένεια *Cucurbitaceae* (κολοκυνθοειδή). Το βοτανικό της όνομα είναι *Cucumis sativus, L.* Είναι ετήσιο φυτό, το οποίο όταν αναπτύσσεται υπό φυσικές συνθήκες χωρίς να υποστυλώνεται και χωρίς να κλαδεύεται είναι έρπον ή αναρριχώμενο. Από άποψη φωτοπεριόδου είναι ουδέτερο και επομένως η διάρκεια της ημέρας δεν παίζει κανένα ρόλο στην ανθοφορία του και στην καρπόδεση.

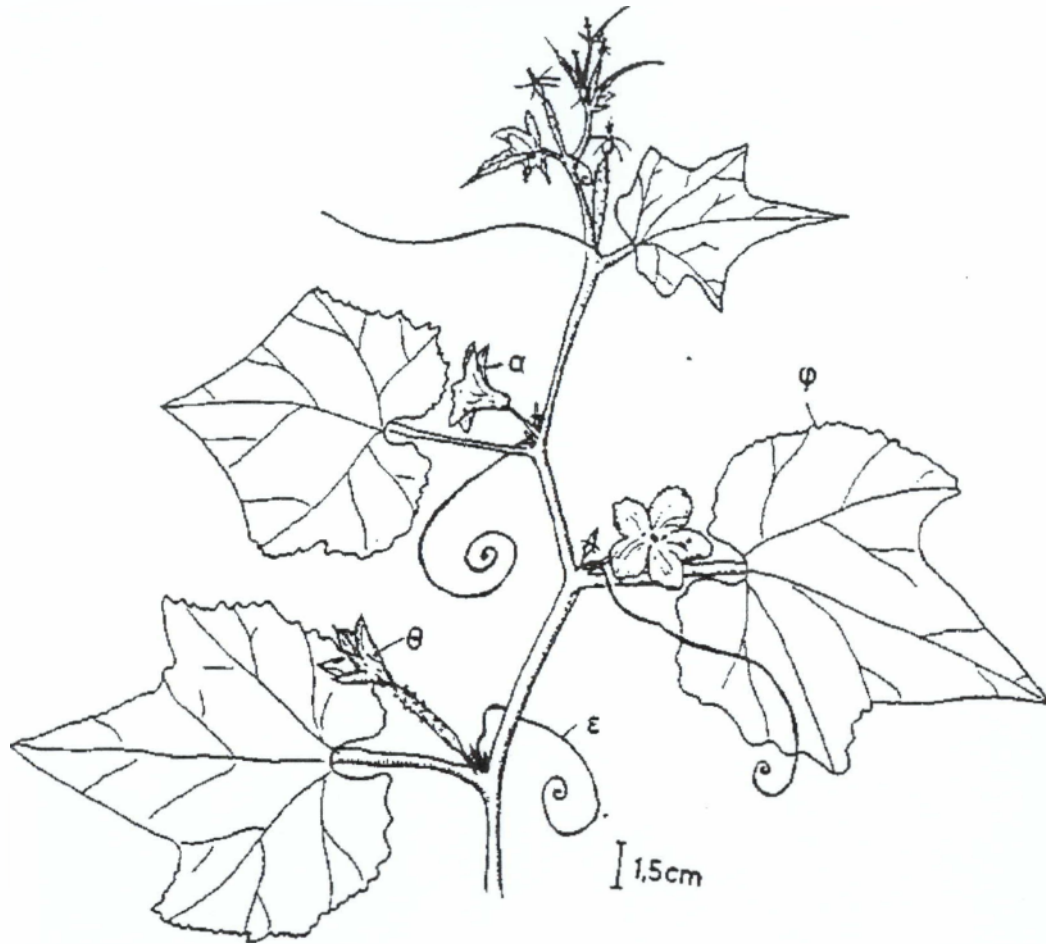
Η αγγουριά είναι επιπολαιόριζο φυτό. Το ριζικό της σύστημα αναπτύσσεται κυρίως οριζόντια, και μάλιστα σε αρκετή ακτίνα γύρω από την κεντρική πασσαλώδη ρίζα.

Ο βλαστός της αγγουριάς είναι γωνιώδης, πράσινος, δεν ξυλοποιείται και μπορεί να φθάσει τα 10 και πλέον μέτρα σε μήκος στη διάρκεια μιας καλλιεργητικής περιόδου. Είναι όμως ασθενικός και υδαρής με αποτέλεσμα, όταν αναπτύσσεται κατακόρυφα, να μην μπορεί να συγκρατήσει το βάρος του και το βάρος των καρπών που φέρει χωρίς την κατάλληλη υποστήλωση. Οι βλαστοί της αγγουριάς φέρουν και έλικες, οι οποίοι της παρέχουν τη δυνατότητα να αναρριχάται (Σχήμα 1).

Τα φύλλα της αγγουριάς φύονται κατ' εναλλαγή πάνω στο στέλεχος. Συνήθως είναι μεγάλου μεγέθους, απλά, γωνιώδη και χωρίς εγκολπώσεις.

Τα άνθη της αγγουριάς είναι κίτρινα με πενταμερή κάλυκα και στεφάνη. Η αγγουριά είναι μόνικο-δίκλινο φυτό. Αυτό σημαίνει ότι πάνω στο ίδιο φυτό φέρονται ξεχωριστά αρσενικά και θηλυκά άνθη. Υπάρχουν όμως και ορισμένες ποικιλίες που φέρουν και ερμαφρόδιτα άνθη. Τα θηλυκά άνθη διακρίνονται εύκολα από τα αρσενικά, δεδομένου ότι μεταξύ του μίσχου και του σημείου έκφυσης της

στεφάνης μεσολαβεί η ωθήκη σαν μία σαρκώδης συνέχεια του μίσχου, η οποία θυμίζει καρπό αγγουριού σε μικρογραφία.



**Σχήμα 1.** Βλαστός αγγουριάς με αρσενικά και θηλυκά άνθη στις μασχάλες των φύλλων τη, (α = αρσενικό άνθος, θ = θηλυκό άνθος, ε = έλικας, φ = φύλλο αγγουριάς)

Οι καρποί της αγγουριάς (αγγούρια) είναι επιμήκεις έως ραβδόμορφοι, πράσινοι όταν είναι ανώριμοι και κίτρινοι όταν ωριμάζουν.

Οι σπόροι του αγγουριού είναι ωοειδείς, πεπλατυσμένοι, μήκους 7-10 mm και πλάτους 4-6 mm, χρώματος λευκού έως λευκοκίτρινο. Το βάρος χιλίων σπόρων αγγουριάς ανέρχεται στα 30-35 g.

## 3.2 ΕΠΟΧΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Η καλλιέργεια της αγγουριάς περιλαμβάνει τρεις καλλιεργητικές περιόδους όπως φαίνονται στον πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1

ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΕΝΑΡΞΗ	ΛΗΞΗ	ΠΕΡΙΟΧΕΣ
1	Οκτώβριος	Ιούνιος	Ιεράπετρα, Περιοχές Ηρακλείου
2	Ιανουάριος	Αύγουστος	Σ' όλη την Ελλάδα
3	Αύγουστος	Ιανουάριος	Σ' όλη την Ελλάδα

## 3.3 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

### 1. Ακριβής υπολογισμός της καλλιεργούμενης έκτασης

α. **Υπολογισμός φυταρίων και υποστρωμάτων.** Βασικός παράγοντας για τον υπολογισμό αυτό είναι το είδος της καλλιέργειας και η κατασκευή του θερμοκηπίου. Όσο πιο σύγχρονη είναι η θερμοκηπιακή μονάδα (ύψος θερμοκηπίου, δυνατότητα αερισμού, σύστημα θέρμανσης αν υπάρχει) τόσο καλύτερα μπορούμε να εκμεταλλευτούμε το χώρο (μεγαλύτερη πυκνότητα φυτών). Παραθέτουμε την πυκνότητα φύτευσης υδροπονικών καλλιεργειών σε πετροβάμβακα που εφαρμόζονται στον ελληνικό χώρο με επιτυχία:

**Καλλιέργεια αγγουριάς:**

**1.400 - 2.000 φυτά /στρέμμα**

β. Σχεδιασμός του αρδευτικού συστήματος. Μια παροχή ανά θέση φύτευσης.

γ. Σχεδιασμός αποστραγγιστικού δικτύου.

δ. Υπολογισμός των άλλων εγκαταστάσεων.

## **2. Καθαρισμός και ισοπέδωση του εδάφους**

Καταπολεμούμε τα ζιζάνια που τυχόν υπάρχουν και ισοπεδώνουμε το έδαφος. Η μέγιστη επιτρεπτή κλίση είναι 1,5 % και αυτό για δύο λόγους:

- Η μεγάλη κλίση δυσχεραίνει το σχεδιασμό του συστήματος άρδευσης (διαφορετική παροχή, απόπλυση κ.λ.π.).
- Η μεγάλη κλίση δημιουργεί ανισορροπία στην κατανομή του θρεπτικού διαλύματος μέσα στο υπόστρωμα, περιορίζοντας τον ωφέλιμο χώρο για την ανάπτυξη της ρίζας.

Στη συνέχεια καλύπτουμε το έδαφος με ένα πλαστικό (άσπρο - μαύρο κατά προτίμηση) για τους εξής λόγους:

- Απομόνωση του υποστρώματος από το έδαφος και αποφυγή μόλυνσης από εδαφογενείς ασθένειες.
- Η μαύρη πλευρά του πλαστικού (στην κάτω πλευρά) αποτρέπει την εμφάνιση ζιζανίων ενώ το άσπρο της πάνω πλευράς αυξάνει τη φωτεινότητα (λόγω αντανάκλασης).
- Δημιουργεί συνθήκες ευχάριστες για τους εργαζόμενους (καθαριότητα, αποφυγή οσμών κ.λ.π.).
- Περιορίζει τους πληθυσμούς εντόμων όπως ο θρίπας, λυριόμιζα όπου ολοκληρώνουν το βιολογικό τους κύκλο στο έδαφος (νύμφες).
- Μείωση της Σχετικής Υγρασίας στο περιβάλλον του θερμοκηπίου.

## **3. Εγκατάσταση αρδευτικού συστήματος και συστήματος θέρμανσης (αν υπάρχει)**

#### **4. Απολύμανση του χώρου του θερμοκηπίου**

Ένα ψέκασμα μ' ένα μηκυτοκτόνο και ένα εντομοκτόνο στα διάφορα σημεία του θερμοκηπίου, καταπολεμεί τυχόν υπολείμματα ασθενειών ή εντόμων.

#### **5. Τοποθέτηση των υποστρωμάτων στις γραμμές φύτευσης**

##### **3.3.1 Άρδευση**

Όπως προαναφέρθηκε, ο πετροβάμβακας είναι αδρανές υλικό και τα απαραίτητα για τα φυτά θρεπτικά στοιχεία, προστίθενται με το σύστημα άρδευσης. Ποτέ δεν αρδεύουμε με νερό αλλά πάντα με θρεπτικό διάλυμα. Η αρχή της άρδευσης είναι "λίγα και συχνά".

Ο ιδανικός τρόπος άρδευσης είναι να ποτίζουμε όταν το υπόστρωμα έχει χάσει το 20 % του νερού που μπορεί να συγκρατεί στην υδατοϊκανότητα. Παίρνουμε σαν παράδειγμα ένα υπόστρωμα (slab) με διαστάσεις 90x20x7,5 cm και όγκο 13,5 λίτρα. Η ικανότητα συγκράτησης νερού είναι περίπου 10 λίτρα. Όταν 2 λίτρα νερό απορροφηθούν από τα φυτά ή εξατμισθούν επεμβαίνουμε με πότισμα. Η απαιτούμενη ποσότητα είναι 2,3 λίτρα νερό (2 λίτρα για συμπλήρωμα + 0,3 λίτρα για απορροή).

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

- Το ποσοστό του διαλύματος που απορρέει. Σε κάθε πότισμα θα πρέπει τουλάχιστον το 15 % της ποσότητας του διαλύματος που εφαρμόζεται, να απορρέει.

- Η EC στο υπόστρωμα θα πρέπει να είναι το πολύ 1-1,5 mS/cm μεγαλύτερη του διαλύματος που ποτίζουμε. Για παράδειγμα όταν το διάλυμα που αρδεύουμε έχει EC 2,0 mS/cm και η αγωγιμότητα στο υπόστρωμα ξεπεράσει το 3,0-3,5 mS/cm πρέπει να ποτίσουμε.

- Οι ανάγκες του φυτού για νερό. Όσο καλύτερες είναι οι κλιματολογικές συνθήκες (ηλιοφάνεια, θερμοκρασία), τόσο η εξατμισοδιαπνοή

είναι εντονότερη και οι ανάγκες του φυτού για νερό μεγαλύτερες. Οι ανάγκες για νερό ενός φυτού αγγουριάς σε πλήρη ανάπτυξη κάτω από συνθήκες ηλιοφάνειας μπορεί να ξεπεράσουν τα 3 λίτρα ημερησίως. Χρησιμοποιώντας μπέκ (spaghetti) παροχής 3,5 λίτρα/ώρα και υπολογίζοντας το ποσοστό απορροής (15%), χρειάζονται 20 ποτίσματα τον 3 λεπτών.

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

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

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

- I. Την ανισορροπία του θρεπτικού διαλύματος στο υπόστρωμα.
- II. Αύξηση της EC καθότι θα συσσωρεύονται στοιχεία που το φυτό αδυνατεί ν' απορροφήσει.
- III. Την αύξηση της συγκέντρωσης στοιχείων που μπορεί να δημιουργήσουν φυτοτοξικότητα όπως  $Na$ ,  $Zn$ ,  $B$  κ.λ.π.

### 3.3.2 Ετοιμασία φυτών – Καλλιέργεια

Στις υδροπονικές καλλιέργειες αγγουριού σε πετροβάμβακα οι πλάκες του υποστρώματος έχουν διαστάσεις είτε 7,5x15x100 είτε 7,5x20x100 cm. Οι πλάκες με πλάτος 20 cm παρέχουν μεγαλύτερη ασφάλεια στην καλλιέργεια και συνήθως δίνουν και ελαφρώς καλύτερες αποδόσεις. Μειονεκτούν όμως από άποψη κατά 30% περίπου, με συνέπεια πολλοί παραγωγοί να προτιμούν τις πλάκες πετροβάμβακα πλάτους 15 cm. Στην Ελλάδα μάλιστα, αυτή η επιλογή είναι ο κανόνας.



Η σπορά γίνεται σε κύβους πετροβάμβακα (Εικόνα 3.1) διαστάσεων είτε 6x7,5x7,5 cm είτε σε μεγαλύτερους (6,5x7x10) σε περίπτωση που για λόγους εξοικονόμησης καυσίμων τα φυτά πρόκειται να μείνουν για πολύ καιρό στο

**Εικόνα 3.1 Αγγουριές σε κύβους πετροβάμβακα.**



Πηγή: Παρασκευόπουλος Αντώνης.

**Εικόνα 3.2 Σπορείο**



Πηγή: Παρασκευόπουλος Αντώνης.

σπορείο (Εικόνα 3.2). Πριν τη σπορά οι κύβοι ποτίζονται με θρεπτικό διάλυμα. Αμέσως μετά, οι σπόροι του αγγουριού τοποθετούνται στις τρύπες που υπάρχουν ή που ανοίγονται στην πάνω επιφάνεια των κύβων και στη συνέχεια καλύπτονται με λίγο περλίτη ή με μικρά τεμαχίδια (νιφάδες) πετροβάμβακα. Αφού τελειώσει η σπορά, οι κύβοι ποτίζονται ξανά με λίγο θρεπτικό διάλυμα στην περιοχή που τοποθετήθηκαν οι σπόροι. Στη συνέχεια οι κύβοι τοποθετούνται ο ένας δίπλα στον άλλον και παραμένουν στο σπορείο ή σε ειδικό χώρο προβλάστησης, σε θερμοκρασία 25-28°C μέχρι να φυτρώσουν οι σπόροι. Κάτω από αυτές τις συνθήκες το φύτευμα των σπόρων συντελείται μέσα σε 2-4 ημέρες. Μέχρι να φυτρώσουν οι σπόροι οι κύβοι ποτίζονται τακτικά αλλά με πολύ μικρές ποσότητες θρεπτικού διαλύματος κάθε φορά. Θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε να μην δημιουργείται υπερβολική υγρασία στην περιοχή που βρίσκεται ο σπόρος.

Μετά το φύτευμα, η θερμοκρασία στο χώρο που βρίσκονται οι κύβοι μειώνεται στους 20-23°C την ημέρα και 18-20°C τη νύχτα. Η λίπανση και η άρδευση των σποροφύτων συνεχίζεται καθημερινά με χορήγηση των καταλλήλων ποσοτήτων θρεπτικού διαλύματος. Η χορηγούμενη ποσότητα διαλύματος θα πρέπει κάθε φορά να είναι τόση, ώστε η υγρασία των κύβων να διατηρείται στα ίδια ή σε ελαφρώς χαμηλότερα επίπεδα από εκείνα που επικρατούσαν κατά τη διάρκεια του φυτώματος.

Τρεις τέσσερις εβδομάδες μετά τη σπορά το φυτό έχει ήδη αποκτήσει 5-6 πραγματικά φύλλα ενώ οι ρίζες του έχουν αρχίσει να εμφανίζονται στην κάτω επιφάνεια των κύβων. Σε αυτό το στάδιο ανάπτυξης γίνεται η μεταφύτευση των νεαρών σποροφύτων στο θερμοκήπιο. Η μεταφύτευση γίνεται εύκολα με απλή τοποθέτηση των κύβων με τα σπορόφυτα πάνω στις πλάκες του πετροβάμβακα. Πάνω σε κάθε πλάκα πετροβάμβακα τοποθετούνται συνήθως 2 και σπανιότερα 4 φυτά αγγουριού. Ο αριθμός των φυτών ανά πλάκα καθορίζει τον τρόπο υποστύλωσης που θα ακολουθηθεί. Όταν φυτεύονται 2 φυτά ανά υπόστρωμα ακολουθείται το κλασικό σύστημα με ένα σύρμα υποστύλωσης πάνω από κάθε γραμμή φυτών. Όταν όμως τα φυτά είναι 4 ανά υπόστρωμα, συνήθως εφαρμόζεται το σύστημα V με δύο σύρματα πάνω από κάθε γραμμή φύτευσης και πρόσδεση των φυτών εναλλάξ, ένα στο δεξί και ένα στο αριστερό σύρμα. Όταν φυτεύονται 4 φυτά ανά υπόστρωμα η πυκνότητα φύτευσης δεν μεταβάλλεται, εκείνο που μεταβάλλεται είναι ο αριθμός των χρησιμοποιούμενων υποστρωμάτων ανά μονάδα καλλιεργούμενης επιφάνειας (πλάκες/στρέμμα) με συνέπεια το κόστος

αγοράς υποστρωμάτων να μειώνεται κατά 50%. Δεν θα πρέπει όμως σε αυτή την περίπτωση να παραβλέπονται οι κίνδυνοι που υφίστανται για την καλλιέργεια, όταν ο όγκος υποστρώματος ανά φυτό μειώνεται τόσο πολύ. Η πυκνότητα φύτευσης συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 1600-1800 φυτών ανά στρέμμα.

Μετά την εγκατάσταση της καλλιέργειας ξεκινάει η τακτική παροχή θρεπτικού διαλύματος στα φυτά. Παροχή θρεπτικού διαλύματος (Εικόνα 3.3) γίνεται κάθε ημέρα σε περισσότερες από μία δόσεις (συνήθως 5-12 ανά ημέρα) και σε μικρές ποσότητες κάθε φορά.

**Εικόνα 3.3 Τρόπος άρδευσης φυτών αγγουριάς σε υδροπονική καλλιέργεια GRODAN**



Πηγή: Παρασκευόπουλος Αντώνης.

## **3.4 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ**

### **3.4.1 Λίπανση και θρέψη της καλλιέργειας**

Πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας θα πρέπει να έχει προηγηθεί χημική ανάλυση για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας του νερού άρδευσης σε ιόντα ανόργανων αλάτων. Με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης νερού καταρτίζεται στη συνέχεια η σύνθεση του διαλύματος με το οποίο θα τροφοδοτηθεί η καλλιέργεια. Όπως σε όλες τις καλλιέργειες εκτός εδάφους, το θρεπτικό διάλυμα που θα χρησιμοποιηθεί για τη θρέψη μιας υδροπονικής

καλλιέργειας αγγουριού θα πρέπει να έχει σύνθεση κατάλληλη για το συγκεκριμένο φυτικό είδος.

Η αναλογία N:K (meq/meq) στα θρεπτικά διαλύματα που χρησιμοποιούνται για τη θρέψη του αγγουριού θα πρέπει να είναι πιο υψηλή στα αρχικά στάδια ανάπτυξης του φυτού (μέχρι να αρχίσουν να δένουν οι πρώτοι καρποί) και ακολούθως να μειώνεται. Συγκεκριμένα, κατά το αρχικό, δηλαδή το βλαστικό στάδιο ανάπτυξης συνιστάται συνήθως μία αναλογία N:K ίση με 2,5. Με την έναρξη της καρπόδεσης η αναλογία αυτή θα πρέπει να μειώνεται στο 2,0. Όσον αφορά τη σχέση K:Ca στο θρεπτικό διάλυμα, όταν πρόκειται για καλλιέργεια αγγουριού αυτή συνήθως διατηρείται στο 0,8. Τέλος, η αναλογία Ca:Mg στο θρεπτικό διάλυμα συνιστάται να παραμένει σταθερά ίση με 3,5.

Ένα θρεπτικό διάλυμα με ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταξύ 1,7-2,0 dS/m (ανάλογα με τη σύσταση του νερού σε Cl και Na), κατάλληλο για καλλιέργειες αγγουριάς ευρισκόμενες στο στάδιο της παραγωγής καρπών, θα πρέπει σύμφωνα με τους Sonneveld και Straver (1989) να έχει την εξής σύσταση:

#### I. Μακροστοιχεία

NO <sub>3</sub> -N	11,75 meq/l	(165 ppm N)
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -P:	1,25 meq/l	( 39 ppm P)
SO <sub>4</sub> -S:	2,0 meq/l	( 32 ppm S)
NH <sub>4</sub> -N:	0,5 meq/l	( 7 ppm N)
K:	5,5 meq/l	(215 ppm K)
Ca:	7,0 meq/l	(140 ppm Ca)
Mg:	2,0 meq/l	( 24 ppm Mg)

#### II. Ιχνοστοιχεία

Fe:	10,00 μmol	(0,56 ppm Fe)
Mn:	10,00 μmol	(0,55 ppm Mn)
Zn:	4,00 μmol	(0,26 ppm Zn)
B:	0,50 μmol	(0,03 ppm B)
Cu:	20,00 μmol	(0,22 ppm Cu)
Mo:	0,50 μmol	(0,05 ppm Mo)

Σε περιόδους με χαμηλή ηλιοφάνεια καθώς και στα αρχικά στάδια της καλλιέργειας (μέχρι την έναρξη του δεσίματος των πρώτων καρπών που αφήνονται να αναπτυχθούν στα φυτά) το διάλυμα θα πρέπει να έχει μεγαλύτερη συνολική συγκέντρωση αλάτων (μεγαλύτερη ηλεκτρική αγωγιμότητα) από την τιμή 1,7-2,0 dS/m που αναφέρθηκε παραπάνω. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να ανυψωθεί μέχρι 2,8-3,3 dS/m. Η ανύψωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας πάνω από το βασικό επίπεδο των 1,7-2,0 dS/m που αναφέρθηκε παραπάνω επιτυγχάνεται είτε με επιπλέον χορήγηση νιτρικών αλάτων καλίου, ασβεστίου και μαγνησίου είτε με την προσθήκη NaCl είτε με συνδυασμό και των δύο μεθόδων. Οι ποσότητες που θα προστεθούν όμως θα πρέπει να διατηρούν αμετάβλητες τις παραπάνω αναφερόμενες αναλογίες μεταξύ των ιόντων  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  και  $NO_3^-$  στο διάλυμα.

Το pH του διαλύματος που βρίσκεται στο χώρο ανάπτυξης των ριζών θα πρέπει να μην ξεπερνά το 6,0-6,5. Για να επιτευχθεί αυτό, το θρεπτικό διάλυμα με το οποίο τροφοδοτούνται τα φυτά θα πρέπει να έχει pH όχι μεγαλύτερο από 5,5-5,7.

### 3.4.2 Υποστύλωση

Στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες η αγγουριά συνήθως υποστυλώνεται κατακόρυφα με σπάγκο που στερεώνεται στη βάση του φυτού. Στη συνέχεια ο σπάγκος περιτυλίσσεται γύρω από το κεντρικό στέλεχος του φυτού, και τελικά δένεται στο σύρμα υποστύλωσης που βρίσκεται πάνω από κάθε γραμμή φυτών. Κάθε μία έως δύο εβδομάδες ο σπάγκος λύνεται από το σύρμα υποστύλωσης και περιτυλίσσεται γύρω από το κορυφαίο τμήμα, του στελέχους, το οποίο σχηματίστηκε στο ενδιάμεσο χρονικό διάστημα που μεσολάβησε από την τελευταία φορά που είχε γίνει αυτή η εργασία και ξαναδένεται πάλι εκεί όπου ήταν στερεωμένος και πριν. Μετά το κορυφολόγημα του κεντρικού στελέχους παύει πλέον να γίνεται και η εργασία του περιτυλίγματος του με το σπάγκο κάθε μία ή δύο εβδομάδες, δεδομένου ότι δεν συντελείται πλέον περαιτέρω επιμήκυνση του.

### 3.4.3 Κλάδεμα

Το κλάδεμα στις αγγουριές θερμοκηπίου αποσκοπεί κατ' αρχήν στη μεγιστοποίηση του βαθμού εκμετάλλευσης του χώρου του θερμοκηπίου μέσω της επίτευξης του επωφελέστερου για το σκοπό αυτό σχήματος διαμόρφωσης της κόμης. Παράλληλα όμως, μέσω του κλαδέματος επιδιώκεται και η ρύθμιση της ισορροπίας μεταξύ των βλαστικών (φύλλα, στελέχη) και των αναπαραγωγικών (καρποί) οργάνων του κάθε φυτού, έτσι ώστε αυτό σε όλη τη διάρκεια της παραμονής τους στο θερμοκήπιο να παράγει συνεχώς πολλούς και μεγάλους καρπούς καλής ποιότητας.

Στην αγγουριά, σε αντίθεση με τα σολανώδη, όποιο σύστημα διαμόρφωσης της κόμης και αν επιλεγεί, επιδιώκεται η ανάπτυξη ισχυρών πλάγιων βλαστών. Αιτία γι' αυτό είναι η ιδιότητα της αγγουριάς, όπως και πολλών άλλων ειδών της οικογένειας *Cucurbitaceae*, να σχηματίζουν περισσότερα θηλυκά άνθη και να δίνουν περισσότερους και καλύτερης ποιότητας καρπούς στους πλάγιους βλαστούς, απ' ό,τι στο κεντρικό στέλεχος.

#### Διαμόρφωση της κόμης σε σχήμα ομπρέλας

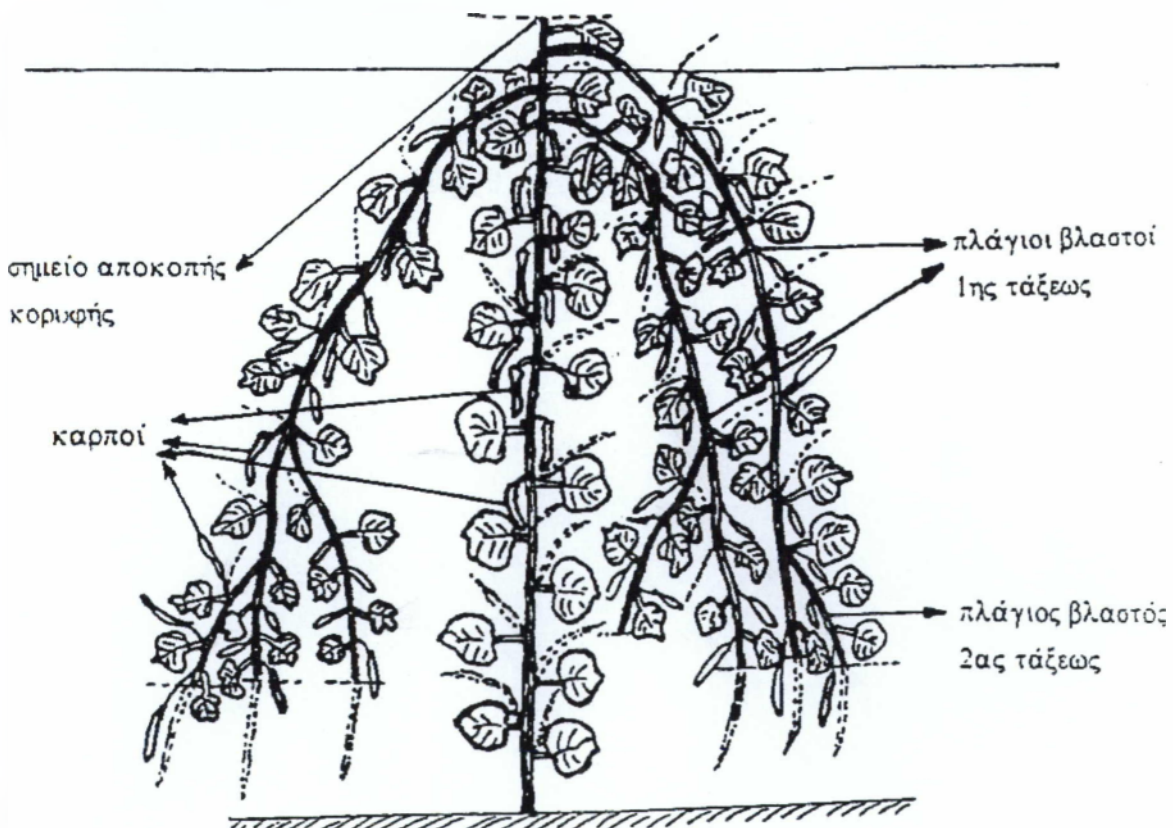
Η αγγουριά στο θερμοκήπιο κατά κανόνα κλαδεύεται με στόχο τη διαμόρφωση της κόμης της σύμφωνα με το λεγόμενο σχήμα ομπρέλας. Σύμφωνα με αυτό το σύστημα διαμόρφωσης της κόμης των φυτών, αρχικά αφήνεται να αναπτυχθεί μόνο το κεντρικό στέλεχος, ενώ όλοι οι πλάγιοι βλαστοί αφαιρούνται. Μόλις ο κεντρικός βλαστός φθάσει και ξεπεράσει το οριζόντιο σύρμα, κορυφολογείται δύο - τρία φύλλα πάνω από αυτό. Προηγουμένως όμως, έχουν αφεθεί να αναπτυχθούν οι 2-3 ανώτεροι πλάγιοι βλαστοί, δηλαδή αυτοί που εκφύονται από μασχάλες των αμέσως κάτω από το σημείο αποκοπής της κορυφής ευρισκομένων φύλλων. Οι πλάγιοι αυτοί βλαστοί, οι οποίοι καθώς μεγαλώνουν κρέμονται προς το έδαφος από διαφορετικές πλευρές ο καθένας προσδίδοντας στο φυτό μορφή ομπρέλας, αφήνονται να αναπτυχθούν μέχρι ένα ύψος 30 - 50 cm περίπου πάνω από την επιφάνεια του εδάφους και στη συνέχεια κορυφολογούνται.

Όταν τα φυτά κλαδεύονται σύμφωνα με το σύστημα της ομπρέλας, όλα τα θηλυκά άνθη που σχηματίζονται στα πρώτα 50 – 60 cm του κεντρικού στελέχους πάνω από το έδαφος αφαιρούνται σχολαστικά. Σε περιπτώσεις χειμερινών καλλιεργειών και εφόσον η έναρξη της συγκομιδής καρπών δεν είναι η

κυρίαρχη προτεραιότητα, συνιστάται μάλιστα να αφαιρούνται όλοι οι καρποί από μεγαλύτερο τμήμα του κεντρικού στελέχους που μπορεί να φθάνει σε ύψος μέχρι και 1m. Πάνω από αυτό το ύψος και μέχρι το σημείο που κορυφολογείται ο βλαστός αφήνονται να αναπτυχθούν συνολικά 8-12 καρποί. Σε περιπτώσεις όμως που η καλλιέργεια είναι βραχείας διάρκειας συνηθίζεται να αφήνονται αρκετά περισσότεροι καρποί στο κεντρικό στέλεχος. Σε τέτοιες περιπτώσεις μάλιστα δεν είναι σπάνιο, στο κεντρικό στέλεχος μετά τα πρώτα 50 - 60 cm να αφήνεται ένας καρπός ανά κόμβο. Στους πλάγιους βλαστούς τέλος, συνήθως αφήνεται 1 καρπός ανά δύο κόμβους ή ακόμη και ένας καρπός ανά κόμβο εφόσον τα φυτά είναι εύρωστα και η καλλιέργεια δεν πρόκειται να παραμείνει σε παραγωγή για πολύ καιρό ακόμη.

Μία τροποποίηση που μπορεί να γίνει στον τρόπο κλαδέματος της αγγουριάς σύμφωνα με το σύστημα της ομπρέλας, συνιστάται στη μη αφαίρεση δύο πλάγιων βλαστών στο μέσο περίπου του κεντρικού στελέχους (δηλαδή σε ύψος 1,2-1,5 m).

Σχήμα 2. Κλάδεμα αγγουριάς, της οποίας η κόμη έχει διαμορφωθεί σύμφωνα με το σύστημα ομπρέλας. Οι σχεδιασμένοι με διακεκομμένες γραμμές βλαστοί ή τμήματα βλαστών είναι αυτοί που αφαιρούνται κατά το κλάδεμα.



### Διαμόρφωση της κόμης σε σχήμα κατακόρυφων κορδονιών

Ένα άλλο σχήμα διαμόρφωσης της κόμης του αγγουριού είναι γνωστό στο εξωτερικό ως σύστημα των κατακόρυφων κορδονιών (vertical cordons). Όταν τα φυτά προορίζονται να λάβουν αυτό το σχήμα, ο κεντρικός βλαστός, αφού πρώτα υποστύλωθεί με σπάγκο, αφήνεται να αναπτυχθεί προς τα επάνω, ενώ όλοι οι πλάγιοι βλαστοί αρχικά αφαιρούνται. Μόλις ο κεντρικός βλαστός αποκτήσει ύψος ίσο με 50 - 60 cm περίπου, όλοι οι πλάγιοι βλαστοί που εκπτύσσονται από εκεί και επάνω αφήνονται να αναπτυχθούν μέχρι να σχηματίσουν δύο φύλλα και στη συνέχεια κορυφολογούνται. Μετά την αφαίρεση της κορυφής των πλάγιων βλαστών πρώτης τάξεως, οι πλάγιοι βλαστοί δευτέρας τάξεως που εκπτύσσονται πάνω τους αφήνονται να αναπτυχθούν ελεύθερα. Το κεντρικό στέλεχος αφήνεται να αναπτυχθεί μέχρι το ύψος του σύρματος υποστύλωσης και αφού το ξεπεράσει, κορυφολογείται και αυτό.

Σύμφωνα με αυτό το σύστημα κλαδέματος και διαμόρφωσης της κόμης, όλοι οι καρποί που σχηματίζονται στα πρώτα 50 – 60 cm τον κεντρικού στελέχους αφαιρούνται. Από εκεί και επάνω, στο κεντρικό στέλεχος αφήνονται να αναπτυχθούν συνολικά 8 - 12 καρποί, ο ακριβής αριθμός των οποίων εξαρτάται από τη θρεπτική κατάσταση και την ευρωστία του κάθε φυτού. Πάνω σε κάθε πλάγιο βλαστό πρώτης τάξεως που όπως προαναφέρθηκε κορυφολογείται στα δύο φύλλα, αφήνεται να αναπτυχθεί ένας καρπός. Πάνω στους πλάγιους βλαστούς δευτέρας τάξεως είτε αφήνεται ένας καρπός σε κάθε κόμβο είτε δεν εφαρμόζεται κανένα αραίωμα καρπών.

### **3.4.4 ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ**

Η καλλιέργεια της αγγουριάς περιλαμβάνει τρεις καλλιεργητικές περιόδους όπως είδαμε στον πίνακα 3.1.

Για κάθε μια από αυτές, θα αναφερθούμε σ' ένα πρόγραμμα ολοκληρωμένης αντιμετώπισης σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες, το οποίο εφαρμόζεται και στην Τριφυλία Μεσσηνίας.

Τα κυριότερα προβλήματα που παρουσιάζονται στην καλλιέργεια αγγουριάς οφείλονται σε διάφορους εχθρούς και ασθένειες όπως θα δούμε παρακάτω.



## ΕΧΘΡΟΙ

Οι κυριότεροι εχθροί που έχουν παρατηρηθεί να κάνουν ζημιές στο αγγούρι φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

### 1. Έντομα

ΚΟΙΝΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΕΙΔΗ	ΒΑΘΜΟΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ
1. Αλευρώδης θερμοκηπίου	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	+++
2. Αλευρώδης του καπνού	<i>Bemisa tabaci</i>	++
3. Λυριόμυζες	<i>Lyriomyza bryoniae</i> , <i>Lyriomyza Trifolii</i> , <i>Lyriomyza huidobrensis</i>	+++
4. Θρίπες	<i>Thrips tabaci</i> , <i>Frankliniella occidentalis</i>	+++
5. Αφίδες	<i>Aphis gossypii</i> , <i>Myzus persicae</i>	++
6. Λεπιδόπτερα	Είδη κυρίως των οικογενειών <u>Noctuidae</u> . <u>Geometridae</u> κ.α.	+
7. Έντομα εδάφους	<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i> , <i>Elateridae</i>	+

+: μικρή προσβολή, ++: μέτρια προσβολή, +++: σοβαρή προσβολή

### 2. Ακάρεα

ΚΟΙΝΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΕΙΔΗ	ΒΑΘΜΟΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ
Τετράνυχτοι	<i>Tetranychus urticae</i> (Koch)	+++
	<i>Tetranychus cinnabarinus</i> (Bois)	++

++: μέτρια προσβολή, +++ : σοβαρή προσβολή

### 3. Νηματώδεις

Η καλλιέργεια του αγγουριού ζημιώνεται κυρίως από νηματώδεις του γένους *Meloidogyne*.

## ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

### 1. Μυκητολογικές

Οι σοβαρότερες μυκητολογικές ασθένειες που ζημιώνουν την καλλιέργεια του αγγουριού υπό κάλυψη.

ΟΝΟΜΑ ΑΣΘΕΝΕΙΑΣ	ΠΑΘΟΓΟΝΑ ΑΙΤΙΑ
1. Σηψιρριζίες-Σήψεις λαιμού	Είδη του γένους <i>Pythium</i> , <i>Phytophthora</i> κ.α.
2. Ανδρομυκώσεις	Είδη του γένους <i>Fusarium</i> και του γένους <i>Verticillium</i>
3. Περονόσπορος	<i>Pseudoperonospora cubensis</i>
4. Ωϊδια	<i>Sphaerohteca fuliginea</i> <i>Erysiphe chichoracaerum</i>
5. Αλτερναρίωση	<i>Alternaria alternata</i>
6. Ντιντιμέλλα	<i>Didimella bryoniae</i>
7. Βοτρύτης	<i>Botrytis cinerea</i>
8. Σκλεροτίνια	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>

### 2. Βακτηριολογικές

Οι κυριότερες βακτηριολογικές ασθένειες του αγγουριού είναι:

ΟΝΟΜΑ ΑΣΘΕΝΕΙΑΣ	ΠΑΘΟΓΟΝΑ ΑΙΤΙΑ
1. Σήψη του στελέχους των κολοκυνθοειδών	<i>Erwinia carotovora</i> subsp <i>carotovora</i> <i>Erwinia chrysanthemi</i>
2. Γωνιώδης κηλίδωση κολοκυνθοειδών	<i>Pseudomonas syringae</i> P.V. <i>lachrymans</i>
3. Βακτηριακή κηλίδωση κολοκυνθοειδών	<i>Pseudomonas viridiflava</i>

### 3. Ιολογικές

Οι κυριότερες ασθένειες του αγγουριού είναι:

ΟΝΟΜΑ ΑΣΘΕΝΕΙΑΣ	ΠΑΘΟΓΟΝΑ ΑΙΤΙΑ
1. Πράσινη κηλίδωση των καρπών της αγγουριάς	C.G.MMV
2. Μωσαϊκό της αγγουριάς	C.M.V.
3. Μωσαϊκό της καρπουζιάς	W.M.V.

Τα προγράμματα ολοκληρωμένης καταπολέμησης εχθρών και ασθενειών εξαρτώνται κύρια από την καλλιεργητική περίοδο. Σε όλες τις περιπτώσεις θα πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα υγιεινής.

# I. Εφαρμογή προγράμματος ολοκληρωμένης καταπολέμησης στο αγγούρι καλλιεργητικής περιόδου από Οκτώβριο- Ιούνιο

## ΕΧΘΡΟΙ

### 1. Έντομα

#### α. Αλευρώδης του θερμοκηπίου (*Trialeurodes vaporariorum*)

##### Μέτρα στο σπορείο:

- Χρήση εντομοστεγών δικτύων.
- Τοποθέτηση κίτρινων ή μπλε παγίδων.
- Επέμβαση με φυτοπροστατευτικά προϊόντα ή περιορισμένης διάρκειας, εφόσον κριθεί αναγκαίο (άλατα Κ λιπαρών οξέων, buprofezin, dichlorvos, plenum κ.α.)
- Συστηματικός έλεγχος για έγκαιρη εντόπιση και απομάκρυνση προσβεβλημένων φυταρίων. Σχολαστικός τελικός έλεγχος κατά τη μεταφορά των φυταρίων στο θερμοκήπιο.

##### Στο θερμοκήπιο:

- Τοποθέτηση κίτρινων παγίδων για την έγκαιρη επισήμανση των πρώτων ακμαίων (5 παγίδες / στρ.).
- Έναρξη εξαπολύσεων του παρασιτοειδούς *Encarsia formosa* 3.000-4.000 άτομα / στρ.. Γίνονται εξαπολύσεις ανά 7-15 ημέρες ανάλογα με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.  
Εφόσον οι θερμοκρασίες διαμορφώνονται σε επίπεδα κάτω των 15°C θα πρέπει:
  - α. Να γίνεται σχολαστικός έλεγχος της προσβολής και τοπικές επεμβάσεις με buprofezin+ λιπαρά άλατα Κ και Na όπου χρειάζεται.
  - β. Χρησιμοποίηση κίτρινων παγίδων (6 m<sup>2</sup>/στρ.)
  - γ. Επανάληψη εξαπολύσεων του ωφέλιμου όταν οι θερμοκρασίες ανέβουν και όπου χρειάζεται.
- Χρησιμοποίηση υβριδίων με το δυνατόν λιγότερες τρίχες στην κάτω επιφάνεια του φύλλου γιατί έτσι διευκολύνεται ο παρασιτισμός.

### Συμπληρωματικά μέτρα:

Σε περίπτωση που ο πληθυσμός του αλευρώδη ξεφύγει επεμβαίνουμε διορθωτικά με τοπικούς ψεκασμούς. Στις περιοχές του θερμοκηπίου όπου παρατηρούνται υψηλά ποσοστά προσβολής ψεκάζουμε με λιπαρά άλατα K, Na 1%, ενώ παράλληλα στις κορυφές των φυτών με συνδυασμό λιπαρών αλάτων K και Na+burprofezin.Μ' αυτόν τον συνδυασμό αντιμετωπίζουμε τυχόν εξάρσεις τους κρύους μήνες (Μ.Θ.<12°C Νοέμβριος- μέσα Μαρτίου) εφόσον κριθεί απαραίτητο, διότι ως γνωστό σε αυτές τις θερμοκρασίες το *Encarsia formosa* δεν ελέγχει τον πληθυσμό του αλευρώδη. Με την άνοδο των θερμοκρασιών αρχίζουμε ξανά τις εξαπολύσεις εφόσον κριθεί και πάλι αναγκαίο.

### **β. Αλευρώδης του καπνού (*Bernisia tabaci*)**

- Χρησιμοποίηση εντομοστεγών δικτύων (<0.4 μ)
- Συνεχείς δειγματοληψίες για την έγκαιρη επισήμανση του εχθρού.
- Με τη διαπίστωση της παρουσίας του, τοπικές επεμβάσεις με burprofezin+ λιπαρά άλατα K και Na.

### **γ. Λυριόμυζες**

#### Στο θερμοκήπιο:

- Έναρξη εξαπολύσεων, αμέσως μετά την διαπίστωση της παρουσία της και αυτή μπορεί να γίνει είτε από τη σύλληψη ακμαίων στις κίτρινες παγίδες, είτε με την παρατήρηση των πρώτων νυγμάτων διατροφής, είτε με την εμφάνιση των πρώτων στοών.
- Σε περίπτωση εξαπολύσεων κατά τον μήνα Αύγουστο χρησιμοποιείται το εκτοπαράσιτο *Diglyphus isaea* (100 άτομα /στρ./10 ημέρες και μέχρι δυο εξαπολύσεις).
- Σε εξαπολύσεις που γίνονται μετά το Σεπτέμβριο και μέχρι Νοέμβριο χρησιμοποιούνται μίγματα του ενδοπαράσιτου *Dancusa sibirica* και του εκτοπαράσιτου *Diglyphus isaea* (300 άτομα/ στρ./ 15 ημέρες).
- Από Νοέμβριο –Μάρτιο γίνονται εξαπολύσεις με το ενδοπαράσιτο *Dancusa sibirica* (300 άτομα/στρ./15 ημέρες).
- Από Μάρτιο και μετά, χρησιμοποιούνται μίγματα πληθυσμών των δύο παρασίτων.

- Η συνέχιση των εξαπολύσεων εξαρτάται από τα αποτελέσματα τακτικών δειγματοληψιών που μας δίνουν τη σχέση εχθρού- παράσιτου.

#### δ. Θρίπες (*Thrips tabaci*, *Frankliniella accidentalis*)

- Αυστηρά μέτρα υγιεινής προ της φύτευσης.
- Κάλυψη του εδάφους με πλαστικό.
- Ψεκασμός σκελετού και υλικών κάλυψης θερμοκηπίου με dichlorvos πριν τη φύτευση.
- Εφαρμογή εντομοστεγών δικτύων στα ανοίγματα του θερμοκηπίου.
- Αυστηρός έλεγχος των νεαρών φυταρίων κατά την μεταφύτευση, ώστε να είναι απαλλαγμένα θριπών.
- Τοποθέτηση παγίδων χρώματος μπλε ή λευκού για έγκαιρη επισήμανση του εχθρού.
- Διενέργεια δειγματοληψιών για την επισήμανση αλλά κυρίως για την παρακολούθηση και την εκτίμηση της πληθυσμιακής πυκνότητας του εχθρού.
- Σε περίπτωση παρουσίας του χρησιμοποιούμε μπλε παγίδες (6 m<sup>2</sup>/ στρ.)
- Έγκαιρη εξαπόλυση του αρπακτικού *Amblyseius cucumeris*. Κατά προτίμηση εντός ειδικών φακέλων και σε πληθυσμούς ανάλογους με τους πληθυσμούς του θρίπα. Επιλέγεται φυλή του *Amblyseius cucumeris* που δεν διαπαύει.
- Ενισχύεται η δράση του *Amblyseius cucumeris* με ελκυστικά φυτά που παράγουν σε μεγάλες ποσότητες γύρη όπως τα φυτά γένους *Ricinus* κ.λ.π.
- Με την άνοδο των θερμοκρασιών (Μάρτη- Απρίλη) εξαπολύσεις με αρπακτικά του γένους *Orius*, σε πληθυσμούς ανάλογα με τους πληθυσμούς του θρίπα.

#### Συμπληρωματικά μέτρα:

- Έγκαιρη επισήμανση εστιών με έντονη προσβολή και επεμβάσεις με τα :
  - I. Λιπαρά άλατα K και Na και
  - II. Συμπληρωματικές εξαπολύσεις

#### ε. Αφίδες (*Myzus persicae*, *Aphis gossypii*)

- Έγκαιρη επισήμανση με τη βοήθεια κίτρινων παγίδων και δειγματοληψίας.
- Προσδιορισμός του είδους.

- Σε περίπτωση ύπαρξης του εχθρού κατά τους μήνες Οκτώβριο- Μάρτιο επεμβαίνουμε με τοπικούς ψεκασμούς με λιπαρά άλατα K και Na 1%.
- Κατά τη διάρκεια της άνοιξης και εφόσον διαπιστωθεί η παρουσία του εχθρού κάνουμε 2-3 εξαπολύσεις με 500 άτομα *Aphidius colemani* Ιστρ. /10 ημέρες.
- Από το Μάιο και μετά η αντιμετώπιση των αφίδων γίνεται με το *Aphidoletes aphidimyza*. Κάνουμε εξαπολύσεις με 1000 άτομα / στρ. και μέχρι να παρουσιαστεί μεγάλος αριθμός προνυμφών του αρπακτικού.

#### Συμπληρωματικά μέτρα:

Τοπικοί ψεκασμοί με λιπαρά άλατα K και Na ή dichlorvos.

#### **στ. Λεπιδόπτερα**

- Χρησιμοποίηση εντομοστεγών δικτύων.
- Εφόσον έχουμε προσβολές από λεπιδόπτερα επεμβαίνουμε με *Bacillus thuringiensis*.
- Θα πρέπει να πραγματοποιούνται δειγματοληψίες ώστε η επέμβαση να γίνεται όταν οι προνύμφες είναι του 1<sup>ου</sup> σταδίου.

#### Συμπληρωματικά μέτρα

Δυνατότητα χρησιμοποίησης σκευασμάτων ρυθμιστών ανάπτυξης εφ' όσον δοθεί άδεια κυκλοφορίας σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες.

#### **ζ. Έντομα εδάφους (*Agrotis sp.*, *Agriotes sp.*, *Gryllotalpa gryllotalpa*)**

- Καλλιεργητικά μέτρα (επανειλημμένη και καλή κατεργασία εδάφους).
- Συνίσταται χρήση πιτυρούχων δολωμάτων καθώς και κοκκοδών εντομοκτόνων επαφής (όχι διασυστηματικά).

#### **2.Ακάρεα**

- Πρέπει να λαμβάνονται όλα τα μέτρα υγιεινής.
- Δυνατότητα χρησιμοποίησης παρασιτοειδών του γένους *Trichogramma* (ωοπαράσιτα).

- Αν η προηγούμενη καλλιέργεια είχε προσβολή από τετράνυχο, τότε είναι απαραίτητος ένας ψεκασμός του σκελετού και των υλικών του θερμοκηπίου μ' ένα ακαρεοκτόνο πριν τη φύτευση.
- Με την εμφάνιση των πρώτων εστιών γίνεται εισαγωγή του αρπακτικού *Phytoseilus persimilis*. Κατά προτίμηση σε συσκευασία φακέλων κατά τους θερινούς μήνες.
- Χρησιμοποίηση του αρπακτικού *A. callifornicus* (προσαρμόζεται καλύτερα σε ξηρότερες συνθήκες).
- Γίνονται δειγματοληψίες και ελέγχεται η σχέση ωφέλιμου-εχθρού. Αν διαπιστωθεί ότι η σχέση αυτή είναι υπέρ του ωφέλιμου δεν κάνουμε άλλες εισαγωγές. Σε αντίθετη περίπτωση συνεχίζουμε τις εισαγωγές μέχρις ότου επιτευχθεί πλήρης έλεγχος του τετράνυχου.
- Διατήρηση της υγρασίας του θερμοκηπίου σε επίπεδα >50%. Αν η υγρασία πέσει κάτω του 50% το *Phytoseilus* δεν δραστηριοποιείται και δεν είναι δυνατός ο έλεγχος του τετράνυχου.

#### Συμπληρωματικά μέτρα:

- Τοπικές επεμβάσεις με febubdatin oxide κ.α.
- Συμπληρωματικές εξαπολύσεις σε εστίες.

### **3.Νηματώδεις**

Η αναμενόμενη απαγόρευση χρησιμοποίησης του βρωμιούχου μεθυλίου που αυτή τη στιγμή αποτελεί το κύριο μέσο αντιμετώπισης νηματωδών, κάνει επιτακτική την ανάγκη εξεύρεσης εναλλακτικών τρόπων αντιμετώπισης όπως:

- Αυστηρά μέτρα υγιεινής, προκειμένου ν' αποφευχθεί η μόλυνση « υγιών» θερμοκηπίων.
- Κατάλληλα καλλιεργητικά μέτρα όπως προσεκτική εκρίζωση των φυτών της προηγούμενης καλλιέργειας με όσο το δυνατόν περισσότερο ρίζωμα και επιμελημένη κατεργασία του εδάφους.
- Προσθήκη υλικών πλούσιων σε οργανική ουσία όπως τύρφη, κοπριά για την ενίσχυση της ανταγωνιστικής χλωρίδας στο έδαφος.
- Θα πρέπει να αξιολογείται ο βαθμός μόλυνσης από τους νηματώδεις.
- Σε περιπτώσεις σοβαρής προσβολής συνίσταται: απολύμανση με ατμό.

- Σε όλες τις περιπτώσεις θα πρέπει να αξιολογούνται οι διαθέσιμες ανθεκτικές –ανεκτικές ποικιλίες.

## **B. ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ**

### **1. Μυκητολογικές**

#### **α. Ασθένειες εδάφους**

- Χρησιμοποίηση υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού.
- Λήψη μέτρων υγιεινής για την προστασία των αμόλυντων θερμοκηπίων.
- Προστασία των απολυμασμένων εδαφών. Να προστατεύονται από τυχόν επαναμολύνσεις.
- Προσεκτική απομάκρυνση υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας.
- Καλή κατεργασία του εδάφους.
- Η κοπριά και το νερό άρδευσης να είναι απαλλαγμένο το δυνατόν από παθογόνους μήκυτες.
- Ηλιοθέρμανση (ηλιοαπολύμανση) εδάφους.
- Χρησιμοποίηση του ατμού σε περιπτώσεις μολυσμένων εδαφών.
- Χρησιμοποίηση εκλεκτικών, ήπιων κατά το δυνατόν μηκυτοκτόνων όπου και όταν κρίνεται απαραίτητο.
- Σε όλες τις περιπτώσεις ασθενειών εδάφους θα πρέπει να γίνεται προσπάθεια αξιοποίησης των διαθέσιμων ανθεκτικών-ανεκτικών υβριδίων.

#### **β. Ασθένειες υπέργειου τμήματος**

Για τη λήψη κατάλληλων μέτρων αντιμετώπισης ασθενειών του υπέργειου τμήματος θα πρέπει:

- Να γίνει έγκαιρη και σωστή επισήμανση της ασθένειας και του παθογόνου.
- Να γνωρίζουμε την επιδημιολογία της ασθένειας.
- Να γνωρίζουμε τον βαθμό ευαισθησίας του υβριδίου που καλλιεργείται.

#### **Μέτρα που πρέπει να ληφθούν:**

- Συστηματική απομάκρυνση υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας μέσα και έξω από το θερμοκήπιο και διατήρηση του χώρου του θερμοκηπίου «καθαρού» καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας.



- Απολύμανση του χώρου, του σκελετού και των υλικών κάλυψης του θερμοκηπίου με διάλυμα φορμόλης πριν τη φύτευση.
- Χρησιμοποίηση υγιών φυτών.
- Ρύθμιση των συνθηκών του περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία, φως, διοξείδιο του άνθρακα με στόχο την «αποφυγή» της ασθένειας όπου είναι δυνατόν.
- Χρησιμοποίηση προστατευτικών μηκυτοκτόνων σε περιπτώσεις προσβολής από διαφορετικά παράσιτα (ωίδια, περονόσπορος).
- Εφαρμογή της δόνησης ή της φυσικής γονιμοποίησης αντί των φυτηρρυθμιστικών ουσιών καρπόδεσης.
- Αφαίρεση των εξασθενημένων ή νεκρών φυτικών ιστών το ταχύτερο δυνατόν από το θερμοκήπιο.
- Αξιοποίηση όλων των διαθέσιμων ανθεκτικών-ανεκτικών υβριδίων.

## 2. Βακτηριακές

Δεν υπάρχουν θεραπευτικά μέτρα εναντίον των βακτηριολογικών ασθενειών.

Έτσι έμφαση δίνεται στα μέτρα φυτοϋγείας και στα καλλιεργητικά μέτρα όπως:

- Απολύμανση του εσωτερικού χώρου του θερμοκηπίου με διάλυμα φορμόλης 4%.
- Χρησιμοποίηση υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού.
- Χρησιμοποίηση των διαθέσιμων ανθεκτικών-ανεκτικών υβριδίων.
- Απολύμανση των εργαλείων.
- Ξερίζωμα, απομάκρυνση και κάψιμο των ύποπτων ασθενών φυτών νωρίς μόλις εντοπιστούν μέσα στην καλλιέργεια.
- Μείωση της υγρασίας στο χώρο του θερμοκηπίου.
- Ισορροπημένη λίπανση (αποφυγή υπερλιπάνσεων με αζωτούχα λιπάσματα).
- Εξόντωση των ζιζανίων μέσα και έξω από το θερμοκήπιο.
- Αποφυγή δημιουργίας πληγών στα φυτά και άμεση κάλυψη αυτών με χαλκούχα σκευάσματα σ' όσες περιπτώσεις η δημιουργία τους είναι αναπόφευκτη (όπως κλάδεμα, συγκομιδή κ.α.).

## 3. Ιολογικές

- Χρησιμοποίηση υγιούς πιστοποιημένου σπόρου.

- Ετήσια εναλλαγή καλλιεργειών. Τα σολανώδη να διαδέχονται τα κολοκυνθώδη κ.λ.π.
- Επιμελημένη συλλογή και απομάκρυνση των φυτικών υπολειμμάτων έγκαιρα.
- Απολύμανση κατασκευών και εργαλείων.
- Μείγμα σπορείου με χώμα παρθένο και χωρίς φυτικά υπολείμματα ή με κάποιο εγγυημένο «compost» του εμπορίου.
- Απολύμανση του εδάφους με ατμό (τα άλλα απολυμαντικά εδάφους δεν καταστρέφουν τους ιούς).
- Αντιμετώπιση των εντόμων- φορέων για τους αφιδομεταφερόμενους και με άλλα έντομα ιούς (χρήση εντομοστεγών δικτύων κ.λ.π.).
- Χρησιμοποίηση των διαθέσιμων ανθεκτικών ποικιλιών κα υβριδίων.

Επιπροσθέτως για την αντιμετώπιση των ασθενειών του εδάφους εφαρμόζονται εμβολιασμοί σε ανθεκτικά-ανεκτικά υποκείμενα, κυρίως για προσβολές που οφείλονται στο είδος *Fusarium oxysporum* fsp. *cucumerinum*.

## II. Εφαρμογή προγράμματος ολοκληρωμένης καταπολέμησης στο αγγούρι καλλιεργητικής περιόδου Ιανουαρίου- Αυγούστου

Η εφαρμογή του προγράμματος σ' αυτή την καλλιεργητική περίοδο διαφοροποιείται από την καλλιεργητική περίοδο Οκτωβρίου- Ιουνίου μόνο ως προς τον Αλευρώδη του θερμοκηπίου στα παρακάτω σημεία:

### Αλευρώδης του θερμοκηπίου( *Trialeurodes vaporariorum*)

- Η έναρξη των εξαπολύσεων του παρασιτοειδούς *Encarsia formosa* γίνεται όταν η μέση θερμοκρασία σταθεροποιηθεί στους 15°C.
- Η αντιμετώπιση του εχθρού από τη μεταφύτευση ως την εξαπόλυση του παρασιτοειδούς πραγματοποιείται με την χρησιμοποίηση κίτρινων παγίδων και με συνδυασμό burgofezin+άλατα λιπαρών οξέων Καλίου και Νατρίου με στόχο ο πληθυσμός των ακμαίων του αλευρώδους να μην υπερβεί το 1 άτομο/φυτό μέχρι την έναρξη των εξαπολύσεων.

## III. Εφαρμογή προγράμματος ολοκληρωμένης καταπολέμησης στο αγγούρι καλλιεργητικής περιόδου Αυγούστου- Ιανουαρίου

Η μεθοδολογία του προγράμματος κατ' αυτή την καλλιεργητική περίοδο σε σχέση με την περίοδο Οκτωβρίου-Ιουνίου διαφοροποιείται στα εξής σημεία:

## A. ΕΧΘΡΟΙ

### 1. Έντομα

#### α. Αλευρώδης του θερμοκηπίου (*Trialeurodes vaporariorum*)

- Η εξαπόλυση του παρασιτοειδούς *Encarsia formosa* αρχίζει με την εγκατάσταση της καλλιέργειας (ευνοϊκές θερμοκρασίες).

#### Συμπληρωματικά μέτρα:

Με την πτώση των θερμοκρασιών χρησιμοποιούνται:

- Τοποθέτηση κίτρινων παγίδων (6 m<sup>2</sup> /στρ.)
- Τοπικές επεμβάσεις με buprofezin+άλατα λιπαρών οξέων Καλίου και Νατρίου, όπου κρίνεται αναγκαίο.

#### β. Θρίπες

- Ξεκινάμε με εξαπολύσεις αρπακτικών του γένους *Orius*.

#### Συμπληρωματικά μέτρα:

- Εξαπόλυση του αρπακτικού ακάρεος *Amblyseius cucumeris* εφ' όσον κριθεί αναγκαίο.

## 3.5 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ

Τα αγγούρια συγκομίζονται αρκετά πριν την έναρξη της φυσιολογικής τους ωρίμανσης, όταν ακόμη είναι τελείως πράσινα. Το μήκος που επιζητείται από την αγορά για το μεγαλόκαρπο αγγούρι θερμοκηπίου ανέρχεται στα 30-45 cm και η διάμετρος τους στα 5-7 cm. Αγγούρια με αυτές τις διαστάσεις ζυγίζουν συνήθως 400-600 g το τεμάχιο. Αξίζει να σημειωθεί ότι το μέγεθος αυτό τα αγγούρια το αποκτούν 2 περίπου εβδομάδες μετά την εμφάνιση του άνθους, από το οποίο προέρχονται, στις μασχάλες των φύλλων.

Το χειμώνα είναι δυνατόν να γίνεται κάθε τρεις μέρες, την άνοιξη και το καλοκαίρι όμως είναι απαραίτητο να γίνεται κάθε δύο μέρες το αργότερο.

Οι αποδόσεις της αγγουριάς διαφέρουν ανάλογα με τη διάρκεια της καλλιέργειας, την ποικιλία και την εφαρμοζόμενη καλλιεργητική τεχνική. Σε γενικές γραμμές πάντως από μία καλή καλλιέργεια αγγουριάς είναι δυνατό να συγκομίζονται γύρω στα 3 με 4 αγγούρια ανά  $m^2$  την εβδομάδα.

## **3.6 ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΟΙ ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ**

### **3.6.1 Διαλογή**

Αμέσως μετά τη συγκομιδή, οι καρποί ταξινομούνται σε πρώτη και δεύτερη ποιοτική κατηγορία, καθώς και σε μη εμπορεύσιμο προϊόν που απορρίπτεται.

### **3.6.2 Συσσκευασία**

Τα αγγούρια μετά τη συγκομιδή και τη διαλογή τους συσκευάζονται σε ξύλινα, πλαστικά ή χάρτινα τελάρα και στη συνέχεια στέλνονται στην αγορά ή αποθηκεύονται για λίγες μέρες σε κατάλληλο περιβάλλον.

Συχνά για επιμήκυνση του χρόνου διατήρησης τους τα αγγούρια περιτυλίσσονται με σελοφάν, ιδιαίτερα όταν πρόκειται να διακινηθούν μέσω καταστημάτων τροφίμων (super market).

### **3.6.3 Αποθήκευση**

Η διάρκεια αποθήκευσης του αγγουριού είναι μικρή. Σε γενικές γραμμές, ο χρόνος ζωής του αγγουριού δεν ξεπερνάει τις 1-2 εβδομάδες ακόμη και όταν συντηρείται στα ενδεικνυόμενα επίπεδα θερμοκρασίας (10-12 °C) και σχετικής υγρασίας (90-95%).

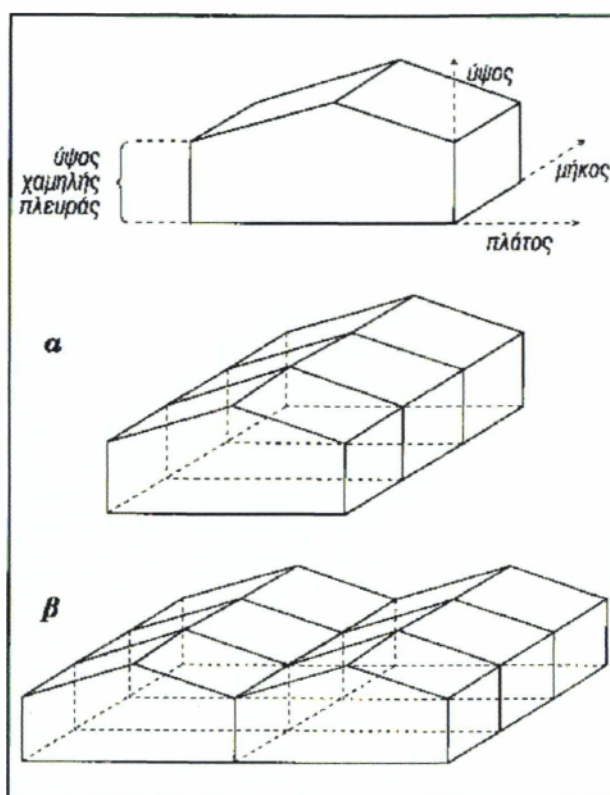
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

#### 4.1 Η ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Η κατασκευή του θερμοκηπίου εκτάσεως 5 στρεμμάτων, θα λάβει χώρα σε παραθαλάσσια περιοχή (Γιαννιτοχώρι Ν. Ηλείας, ), με ήπιο κλίμα. Η περιοχή χαρακτηρίζεται, με πολλές ώρες ηλιοφάνειας και είναι προστατευμένη από τους ισχυρούς ανέμους.

Λαμβάνοντας υπόψη την τοποθεσία εγκατάστασης του θερμοκηπίου, τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή, καθώς και για την καλύτερη εξυπηρέτηση των σκοπών της εκμετάλλευσης, από τους διάφορους τύπους θερμοκηπίων, επιλέγει ο τύπος **Αμφίρρικτο πολλαπλό** όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1β.



Σχήμα 1. Αμφίρρικτο θερμοκήπιο.

#### 4.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Η κατασκευή του θερμοκηπίου, πρόκειται να γίνει από εταιρεία που κάνει μαζικές κατασκευές θερμοκηπίων (δηλαδή το θερμοκήπιο θα είναι τυποποιημένο).

Για λειτουργικούς λόγους της θερμοκηπιακής εκμετάλλευσης η καλυπτόμενη με θερμοκήπιο επιφάνεια θα καταλαμβάνει τα 2/3 του αγροτεμαχίου εγκατάστασης.

## **4.3 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ**

### **4.3.1 Υλικό κατασκευής σκελετού**

Για την κατασκευή του σκελετού του θερμοκηπίου θα χρησιμοποιηθεί χάλυβας ο οποίος θα είναι γαλβανισμένος, για την προστασία του από την οξειδωση.

### **4.3.2 Υλικό κάλυψης**

Λαμβάνοντας υπόψη το κόστος, την αντοχή και την περατότητα στο ηλιακό φως (ιδιαίτερα στην ακτινοβολία που χρησιμοποιείται στην φωτοσύνθεση των φυτών), το υλικό κάλυψης του θερμοκηπίου θα είναι από φύλλα πολυαιθυλενίου. Στα φύλλα αυτά θα έχουν προστεθεί ειδικοί σταθεροποιητές οι οποίοι θα αυξάνουν την αντοχή τους στην υπερκίωδη ακτινοβολία του ηλίου που βαθμιαία τα καταστρέφει. το πάχος τους στη στέγη του θερμοκηπίου θα είναι 170 μικρά και στις πλευρές 125 μικρά.

## **4.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ**

### **4.4.1 Διαστάσεις κατασκευαστικού στοιχείου θερμοκηπίου**

Ύψος : 4,05 μέτρα.

Ύψος της υδρορροής: 2,60 μέτρα.

Πλάτος της κατασκευαστικής μονάδας: 5 μέτρα.

Το μήκος της κατασκευαστικής μονάδας: 3 μέτρα.

Κλίση της οροφής: 30°.

### **4.4.2 Θεμελίωση**

Η σωστή θεμελίωση είναι ζωτικής σημασίας για την αντοχή και τη διάρκεια ζωής του θερμοκηπίου. Έτσι το βάθος θεμελίωσης θα είναι 80 εκατοστά από την επιφάνεια του εδάφους και θα γίνει χρήση σκυροδέματος.

### 4.4.3 Προσανατολισμός

Ο κορφιάς θα είναι προς την ίδια κατεύθυνση με τον επικρατούντα επικίνδυνο άνεμο.

### 4.4.4 Φορτία σκελετού θερμοκηπίου

Τα διάφορα φορτία που μπορούν να επιβαρύνουν την κατασκευή του θερμοκηπίου είναι:

- **Ανεμοπιέσεις**

Για τον υπολογισμό του φορτίου των ανεμοπιέσεων έχει ληφθεί υπόψη ταχύτητα ανέμου 120 km/h.

- **Χιόνι**

Για το χιόνι δεν έχουν γίνει υπολογισμοί, λόγω του ότι η περιοχή είναι παραλιακή.

- **Αναρτημένα φορτία**

Το φορτίο αναρτημένης καλλιέργειας έχει υπολογισθεί στα 15 kg/m<sup>2</sup>.

- **Συγκεντρωμένο κάθετο φορτίο**

Το βάρος της τραβέρσας είναι στα 50 kg και των υπολοίπων μερών (π.χ. υδρορροής κ.λ.π.) στα 100 kg.

## 4.5 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

### 4.5.1 Υδροπονικό σύστημα

Το υδροπονικό σύστημα που θα χρησιμοποιηθεί για την καλλιέργεια της αγγουριάς θα έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Το υπόστρωμα θα είναι περλίτης λόγω του φθηνού του κόστους σε σχέση με τα άλλα υποστρώματα.
- Το σύστημα στήριξης θα είναι από γαλβανισμένη λαμαρίνα καλυμμένη με πλαστικό.
- Θα είναι κλειστό έτσι ώστε να είναι φιλικό προς το περιβάλλον.
- Θα περιλαμβάνει 3 δεξαμενές (δυο με θρεπτικό διάλυμα και μια με οξύ ή βάση).
- Ο αναμίκτης λιπασμάτων θα δίνει μια παροχή της τάξεως των 12.150 λίτρων την ώρα.

- Η άντληση από τις δεξαμενές των πυκνών διαλυμάτων προς την γραμμή άρδευσης θα γίνεται με αρνητική πίεση, δηλ. δημιουργία χαμηλής πίεσης με χρήση venturi.
- Η παροχή του θρεπτικού διαλύματος θα γίνεται με σταλακτηφόρα μπεκάκια.
- Το έδαφος θα έχει κάλυψη με λευκό πανί εδαφοκάλυψης, για αύξηση της φωτεινότητας και περιορισμό των ζιζανίων και εχθρών της καλλιέργειας.

#### **4.5.2 Θέρμανση**

Το σύστημα θέρμανσης θα είναι κεντρικό με θερμό νερό, το οποίο θα οδηγείται στο θερμοκήπιο με σωληνώσεις. Ο καυστήρας θα είναι έξω από το θερμοκήπιο, σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο, με καύσιμη ύλη βιομάζα.

Η θέρμανση έχει στόχο να προστατεύσει την καλλιέργεια από τον παγετό και να διατηρεί τη θερμοκρασία του χώρου σε ένα επίπεδο που να περιορίζει τη συμπύκνωση της υγρασίας πάνω στα φυτά, ώστε να μειώνονται οι αρρώστιες των φυτών και γενικότερα να θερμαίνει το θερμοκήπιο σε κάποιο επίπεδο θερμοκρασίας που να είναι όμως αρκετά κάτω από την άριστη θερμοκρασία των φυτών.

#### **4.5.3 Εξαερισμός**

Ο εξαερισμός θα είναι φυσικός από τα παράθυρα που θα βρίσκονται στην οροφή. Η ρύθμιση του ανοίγματος- κλεισίματος των παραθύρων θα γίνεται αυτόματα με ειδικούς ελεγκτές αερισμού.



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η υδροπονία περιλαμβάνει συστήματα καλλιέργειας τα οποία δίνουν λύσεις σε πολλά προβλήματα που απασχολούν τον γεωργικό τομέα. Εφαρμόζοντας τα συστήματα αυτά, οι παραγωγοί έχουν τις παρακάτω δυνατότητες:

1. Καλλιέργεια λαχανικών σε περιοχές με εντελώς ακατάλληλα για καλλιέργεια εδάφη (έρημοι, παραθαλάσσιες περιοχές, βραχώδεις εκτάσεις κ.α.).
2. Δεν απαιτείται καλλιέργεια του εδάφους, καταπολέμηση των ζιζανίων και απολύμανση<sup>1</sup> του εδάφους.
3. Υπάρχει δυνατότητα για πυκνή φύτευση και επομένως αξιοποιείται καλύτερα ο χώρος του θερμοκηπίου.
4. Πετυχαίνεται εξοικονόμηση και σωστή τροφοδοσία με νερό, ενώ υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί νερό με αυξημένη αλατότητα.
5. Εξοικονομούνται σημαντικές ποσότητες λιπασμάτων.
6. Η μεταφύτευση γίνεται ευκολότερα χωρίς να ταλαιπωρούνται τα φυτάρια.
7. Η παραγωγή είναι καλύτερη ποιοτικά και ποσοτικά, κάτι που είναι αποτέλεσμα της σωστής θρέψης των φυτών.

Περιοριστικοί παράγοντες για την εφαρμογή των συστημάτων υδροπονίας είναι:

1. Το υψηλό αρχικό κεφάλαιο που απαιτείται για τα υλικά, τις κατασκευές και τον εξοπλισμό.
2. Η μεγάλη ακρίβεια στη σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος. (Εντονότερο είναι το πρόβλημα ρύθμισης της ποσότητας των ιχνοστοιχείων, τα οποία προστίθενται σε ποσότητα λίγων ppm και απόκλιση της ποσότητας αυτών σημαίνει τοξικότητα ή τροφοπενία).
3. Η ανάγκη ύπαρξης προηγμένης τεχνολογίας όπως: μηχανισμοί και αυτοματισμοί για τη ρύθμιση της σωστής κυκλοφορίας του θρεπτικού διαλύματος, αυτόματο πότισμα, ρύθμιση περιβάλλοντος κ.λ.π.
4. Η ανάγκη ύπαρξης αναγκαίας υποδομής όπως: εργαστήρια για την ανάλυση του θρεπτικού διαλύματος του υποστρώματος και των ίδιων των φυτών.

---

<sup>1</sup> Η απολύμανση με βρωμιούχο μεθύλιο, σταδιακά καταργείται.

Όσον αφορά την καλλιέργεια της αγγουριάς, η βιωσιμότητά της στις μέρες μας είναι οριακή λόγω του αυξημένου κόστους της παραγωγής της και λόγω των μη σταθερών τιμών που επικρατούν κατά την διάθεση της παραγωγής στην εμπορία.

Με βάση αυτές τις συνθήκες η απόφαση για να κάνει κάποιος μια καλλιέργεια αγγουριάς υδροπονική είναι δύσκολη, εκτός και υπάρχουν επιδοτούμενα προγράμματα από το κράτος.

Τέλος θα ήθελα να προσθέσω τους λόγους που δικαιολογούν την σκοπιμότητα εφαρμογής της υδροπονίας (κυρίως σε υποστρώματα) στη χώρα μας και αυτοί είναι:

1. Υποβάθμιση και ακαταλληλότητα εδαφών λόγω εντατικής καλλιέργειας και αδυναμίας αμειψισποράς στο θερμοκήπιο.
2. Σωρεία ασθενειών που ενδημούν στο έδαφος μετά τις πρώτες καλλιέργειες. Επί πλέον αναγκαιότητα περιορισμού της απολύμανσης εδάφους με βρωμιούχο μεθύλιο (κίνδυνος υγείας).
3. Στη χώρα μας σε πολλά μέρη έχουμε ευνοϊκό μικρό κλίμα για εκτός εποχής καλλιέργειες αλλά ακατάλληλα εδάφη.
4. Ύπαρξη κατάλληλων υποστρωμάτων (π.χ. περλίτης κ.λ.π.) - οικονομικότερη κατασκευή σε σχέση με π.χ. N.F.T.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΔΗΜΗΤΡΑΚΗΣ, Κ. Γ. (1998). Λαχανοκομία. Εκδ. ΑγροΤύπος, Αθήνα.
- ΔΡΙΜΤΖΙΑΣ, Ε.Ν. (1995). Υδροπονική καλλιέργεια σε υπόστρωμα GRODAN. Γεωργία-Κτηνοτροφία 6: 17-31.
- ΜΑΝΙΟΣ, Β. (1995). Υδροπονικές καλλιέργειες. Γεωργία-Κτηνοτροφία 1: 10-16.
- ΜΑΝΙΟΣ, Β., Μ. ΚΕΦΑΚΗ Και Χ. ΣΥΜΙΝΗΣ, (1997). Αξιολόγηση ελαφρόπετρας της νήσου Γυαλί-Νισύρου ως υπόστρωμα υδροπονικών λαχανοκομικών καλλιεργειών. Έκθεση ερευνητικού προγράμματος ΣΥΝ 161 της ΓΓΕΤ με συγχρηματοδότηση της Εταιρείας ΛΑΒΑ Α.Ε. Ηράκλειο. 191 σελ.
- ΜΑΥΡΟΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ, Γ. Ν. (1994). Θερμοκήπια. Εκδ. Α. Σταμούλη, Αθήνα-Πειραιάς.
- GRAVES, C.J., (1983). The Nutrient Film Technique. Horticultural Reviews 5: 1-37.
- HOAGLAND, D.R. and D.I. ARNON, (1952). The water culture method for growing plants without soil. Calif. Agric. Exp. Sta., Circ. 347.
- ΝΤΟΓΡΑΣ, Κ, ΣΙΩΜΟΣ, Α. (1998). Καλλιέργεια λαχανικών σε θερμοκήπια. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- ΟΙΚΟΝΟΜΑΚΗΣ, Κ., (1995). Ελαφρόπετρα και περλίτης. Η 'ελληνική' πρόταση για υδροπονία. Γεωργία-Κτηνοτροφία 1: 42-44
- ΟΙΚΟΝΟΜΑΚΗΣ, Κ., (1995). Το υδροπονικό σύστημα NFT. Περιγραφή, εγκατάσταση, λειτουργία. Γεωργία-Κτηνοτροφία 6: 34-43
- ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ, Λ.Ι., (1995). Η λίπανση της Αγγουριάς στα θερμοκήπια. Γεωργία-Κτηνοτροφία 9: 250-256.
- ΠΑΡΑΣΚΕΥΟΠΟΥΛΟΣ, Α., (1993). Η ολοκληρωμένη καταπολέμηση στην πράξη. Γεωργική Τεχνολογία 6: 55-63.
- ΣΑΒΒΑΣ, Δ., (1995). Τα θρεπτικά διαλύματα στην υδροπονία. Γεωργία-Κτηνοτροφία 1: 18-35.
- SAVVAS, D., ADAMIDIS, K., (1999). Automated management of nutrient solutions based on target electrical conductivity, pH, and nutrient concentration ratios. J. Plant Nutr. 22, 1415-1432.
- SONNEVELD, C., (1989). Rockwool as a substrate in protected cultivation. Chronica Horticulturae, 29 (3): 33-36.
- ΧΡΙΣΤΟΦΙΛΟΠΟΥΛΟΣ, Ν. Ι. (1999). Λαχανοκομία ΙΙ. ΤΕΙ Καλαμάτας.