

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΤΕΙ)  
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**



**ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΙΠΕΡΙΑΣ**

Πτυχιακή Εργασία  
της σπουδάστριας **Μπάστα Σταυρούλας**

Καλαμάτα, Νοέμβριος 2007

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΤΕΙ)  
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**



**ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΙΠΕΡΙΑΣ**

Πτυχιακή Εργασία  
της σπουδάστριας **Μπάστα Σταυρούλας**

Εισηγητής : Κώτσιρας Αναστάσιος  
Εξεταστές : Αλεξόπουλος Αλέξιος,  
Λιναρδόπουλος Χρήστος

Καλαμάτα, Νοέμβριος 2007

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	Σελ
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ</b>	<b>2</b>
<b>ΠΙΠΕΡΙΑ</b>	
1.1 ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ	2
1.2 ΚΑΤΑΓΩΓΗ – ΙΣΤΟΡΙΚΟ	3
1.3 ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ	3
1.4 ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	3
1.5 ΕΔΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ	5
1.5.1 Έδαφος	5
1.5.2 Κλίμα	5
1.5.2.1 Θερμοκρασία	5
1.5.2.2 Φως	6
1.5.2.3 Σχετική υγρασία	6
1.5.2.4 Διοξείδιο του άνθρακα	6
1.6 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ	7
1.6.1 Πολλαπλασιασμός	7
1.6.2 Καλλιεργητικές φροντίδες	7
1.6.3 Συστήματα καλλιέργειας	8
1.6.4 Υποστύλωση – Κλάδεμα	9
1.6.5 Λίπανση	10
1.6.6 Εχθροί & ασθένειες της πιπεριάς	10
1.6.6.1 Εχθροί	10
1.6.6.2 Μυκητολογικές ασθένειες	12
1.6.6.3 Βακτηριολογικές ασθένειες	13

1.6.6.4	Ιώσεις	14
1.6.6.5	Φυσιολογικές ανωμαλίες του καρπού	15
1.6.7	Τροφοπενίες	16
1.6.8	Τοξικότητες	17
1.7	ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ – ΔΙΑΛΟΓΗ – ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ	17
1.8	ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ – ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ – ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ	19
1.9	ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ – ΥΒΡΙΔΙΑ	20
1.9.1	Καλλιεργούμενες ποικιλίες	21
1.9.1.1	Πιπεριές μακρόστενες	21
1.9.1.2	Πιπεριές τετράγωνες ανοικτοπράσινες τύπου “Ντολμά”	21
1.9.1.3	Βιομηχανικές πιπεριές	22
1.9.2	Καλλιεργούμενα υβρίδια	22
1.9.2.1	Πιπεριές μακριές	22
1.9.2.2	Πιπεριές τετράγωνες	22
1.9.3	Οι κυριότερες ντόπιες ποικιλίες που καλλιεργούνται στην Ελλάδα	24
	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ</b>	25
2.1	ΓΕΝΙΚΑ	25
2.1.1	Φυτά κατάλληλα για υδροπονική καλλιέργεια	25
2.1.2	Πλεονεκτήματα υδροπονικών καλλιεργειών	26
2.1.3	Μειονεκτήματα υδροπονικών καλλιεργειών	26
2.2	ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	27
2.2.1	Άρδευση υδροπονικών καλλιεργειών	28

2.3 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ	29
2.3.1 Στερεά υποστρώματα υδροπονικών καλλιεργειών	30
2.4 ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ	35
2.4.1 Λιπάσματα που χρησιμοποιούνται στην παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων	35
2.4.2 Σύνθεση θρεπτικού διαλύματος	36
2.4.3 Χαρακτηριστικά θρεπτικών διαλυμάτων	36
2.5 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	37
2.5.1 Σύστημα παρασκευής του θρεπτικού διαλύματος	38
2.5.2 Αραίωση πυκνών διαλυμάτων με αυτόματο μίκτη λιπασμάτων	39
2.5.3 Σύστημα αυτόματου ελέγχου	39
2.5.4 Σύστημα παροχής του θρεπτικού διαλύματος	40
2.5.5 Υποδοχείς φυτών και υποστρωμάτων	40
2.6 ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ	41
2.6.1 Υλικά κατασκευής θερμοκηπίων	42
2.6.1.1 Υλικά κατασκευής σκελετού	42
2.6.1.2 Υλικά κάλυψης θερμοκηπίου	43
2.6.1.3 Τύποι θερμοκηπίων	44
2.6.2 Εξοπλισμός θερμοκηπίου	45
2.6.2.1 Τεχνητός φωτισμός	45
2.6.2.2 Σκίαση του θερμοκηπίου	46
2.6.2.3 Αερισμός – εξαερισμός	47
2.6.2.4 Δροσισμός	48
2.6.2.5 Άρδευση	49

2.6.2.6 Θέρμανση	50
2.6.2.7 Εμπλουτισμός με CO <sub>2</sub>	51
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ</b>	<b>53</b>
<b>ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ</b>	
<b>ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ</b>	
3.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	53
ΑΡΔΕΥΣΗΣ	
3.2 ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ	57
3.3 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΦΥΤΕΥΣΗΣ	61
3.4 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ	62
3.5 ΟΓΚΟΣ ΥΠΟΔΟΧΕΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ	63
3.6 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΤΩΝ ΑΛΑΤΩΝ ΣΤΟ	64
ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ</b>	<b>67</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>68</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b>	<b>77</b>

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της εργασίας είναι η περιγραφή του εξοπλισμού ενός θερμοκηπίου στο οποίο πρόκειται να εγκατασταθεί μια υδροπονική καλλιέργεια πιπεριάς, καθώς επίσης και η διερεύνηση, μέσω πειραμάτων, των απαιτήσεων των φυτών πιπεριάς όταν πρόκειται να καλλιεργηθούν μ' αυτό τον τρόπο. Με τα παραπάνω στοιχεία και την αξιοποίηση της υψηλής τεχνολογίας, γίνεται αφενός μεν εξοικονόμηση ενέργειας και αφετέρου επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή παραγωγή.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον κ. Αλέξη Αλεξόπουλο καθηγητή του τμήματος Φυτικής Παραγωγής της Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας του ΤΕΙ Καλαμάτας για την πολύτιμη βοήθεια και τη συνεχή καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια της πτυχιακής μου εργασίας.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στις ημέρες μας, η υδροπονική καλλιέργεια λαχανικών και ανθοκομικών φυτών είναι μία διαρκώς επεκτεινόμενη δραστηριότητα, διότι με τη βελτίωση του περιβάλλοντος της ρίζας του φυτού αυξάνεται η απόδοσή του και βελτιώνεται η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Επιπλέον, παρέχεται η δυνατότητα να καλλιεργηθούν φυτά σε περιοχές με εδάφη πολύ κακής ποιότητας (αλατούχα, συνεκτικά, κλπ) ή σε θέσεις χωρίς καθόλου φυσικό έδαφος.

Η πιπεριά (*Capsicum* sp.) καλλιεργείται σήμερα σε μεγάλες εκτάσεις στις εύκρατες και τροπικές ζώνες με σκοπό την παραγωγή καρπών που χρησιμοποιούνται σαν λαχανικό ή μπαχαρικό-καρύκευμα. Επιπλέον, οι πιπεριές έχουν φαρμακευτικές ιδιότητες (ιδιαίτερα αυτές με τη καυτερή γεύση), ενώ μερικά είδη χρησιμοποιούνται και σαν καλλωπιστικά φυτά. Μία σειρά από αιτίες, όπως: 1) σημαντική ζήτηση του προϊόντος στην εγχώρια αγορά και ιδιαίτερα στο εξωτερικό κατά τους χειμερινούς μήνες, 2) η εξαιρετική διατροφολογική αξία του καρπού της, 3) το προσοδοφόρο της καλλιέργειάς της, 4) η ύπαρξη περιοχών στην Ελλάδα με ευνοϊκές κλιματολογικές συνθήκες, 5) η διάδοση και η βελτίωση των θερμοκηπίων και του μηχανολογικού εξοπλισμού, καθιστούν την καλλιέργεια της πιπεριάς, εφαρμόζοντας σύγχρονες μεθόδους καλλιέργειας (υπό κάλυψη, υδροπονία κ.α.), μια οικονομικά ενδιαφέρουσα δραστηριότητα (Ολύμπιος, 2001).



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### 1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΙΠΕΡΙΑ

#### 1.1. ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Η καλλιεργούμενη πιπεριά *Capsicum annuum* L. ανήκει στην οικογένεια Solanaceae στην οποία ανήκουν πολλά σημαντικά λαχανικά όπως η πατάτα, η τομάτα και η μελιτζάνα. Στο ίδιο γένος κατατάσσονται και άλλα είδη, τα σημαντικότερα εκ των οποίων είναι:

❖ *Capsicum baccatum*: Πρόκειται για είδος που καλλιεργείται κυρίως στη Ν. Αφρική και προσαρμόζεται εύκολα στο κλίμα της χώρας μας. Η στεφάνη του άνθους είναι κίτρινη με καφέ στίγματα και τα σέπαλα του κάλυκα είναι ευδιάκριτα.

❖ *Capsicum annuum*: Είναι το πιο διαδεδομένο είδος και περιλαμβάνει γλυκές και καυτερές πιπεριές. Οι πιπεριές αυτού του είδους προορίζονται και για τη παραγωγή της μαγειρικής σκόνης «πάπρικα». Χαρακτηρίζεται από υψηλή βλαστική ικανότητα των σπόρων και ζωηρή ανάπτυξη των φυτών αλλά έχει μειωμένη αντοχή στις ασθένειες. Τα άνθη έχουν μικρό κάλυκα, στεφάνη με λευκά πέταλα και ιώδεις ανθήρες. Τα φυτά αυτού του είδους είναι μονοετή και ελάχιστα διετή ποώδη. Σε αυτό το είδος διακρίνουμε δύο βοτανικές ποικιλίες την *minimum* και την *annuum*.

❖ *Capsicum pubescens*: Προέρχεται από τις Άνδεις, αντέχει σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Οι βλαστοί και τα φύλλα έχουν χνούδι. Το άνθος αποτελείται από κόκκινη στεφάνη, ο καρπός έχει παχιά σάρκα και οι σπόροι του έχουν σκούρο χρώμα. Το περισπέρμιο του σπόρου είναι ζαρωμένο, ενώ τα άλλα είδη έχουν λείο περισπέρμιο και ο σπόρος είναι κίτρινου χρώματος.

❖ *Capsicum frutescens*: Είναι φυτό πολυετές με αργό ρυθμό ανάπτυξης το οποίο καλλιεργείται σε περιοχές με υψηλές θερμοκρασίες. Σε κάθε κόμβο εμφανίζονται 2 άνθη με γαλακτώδη, πρασινο-κιτρινόλευκη στεφάνη και ιώδεις ανθήρες.

❖ *Capsicum sinense*: Καλλιεργείται στις περιοχές του Αμαζονίου ενώ οι άγριοι τύποι καλλιεργούνται στη τροπική ζώνη της Ν. Αμερικής. Καλλιεργείται επίσης στην Αφρική όπου παράγονται καρποί που είναι πιο καυστικοί. Τα άνθη εκφύονται 3 με 5 σε κάθε διακλάδωση και φέρουν στένωση κάτω από τον κάλυκα (Ολύμπιος, 2001).

## 1.2. ΚΑΤΑΓΩΓΗ – ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Η πιπεριά είναι φυτό των τροπικών περιοχών της Ν. Αμερικής. Σπόροι πιπεριάς ηλικίας μεγαλύτερης από 7.000 έτη έχουν βρεθεί στο Μεξικό και τουλάχιστον 4000 στο Περού. Υπάρχουν δύο εκδοχές για την καταγωγή της πιπεριάς, σύμφωνα με την πρώτη το πιθανό κέντρο καταγωγής είναι το Περού από όπου εξαπλώθηκε στο Μεξικό ενώ σύμφωνα με τη δεύτερη, οι δύο αυτές περιοχές αποτελούν ξεχωριστά κέντρα καταγωγής.

Η καλλιέργεια της πιπεριάς ήταν γνωστή από πολύ παλιά στη Ν. Αμερική και αποτελούσε συμβολικό φυτό για τους Ινδιάνους που το χρησιμοποιούσαν στις θρησκευτικές τους τελετουργίες.

Στην Ευρώπη η πιπεριά έγινε πολύ γρήγορα αποδεκτή για κατανάλωση και στη συνέχεια διαδόθηκε πολύ σύντομα σε πολλές άλλες τροπικές και υποτροπικές περιοχές του κόσμου με την Ινδία να αποτελεί σήμερα την πρώτη χώρα εξαγωγής κόκκινης πιπεριάς (Ζαρμπούτης και Γκακνή, 1992).

## 1.3. ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ

Τα πολλά είδη του γένους *Capsicum* καθώς και οι πολλές βοτανικές ποικιλίες στο είδος *Capsicum annuum* οδηγούν σε μία μεγάλη διαφοροποίηση όσον αφορά το βαθμό καυστικότητας, σχήμα, μέγεθος, χρώμα κλπ των καρπών. Οι νωπές, γλυκές πιπεριές αποτελούν πλούσια πηγή βιταμινών Α, Β και κυρίως C (μία νωπή, πράσινη πιπεριά βάρους 70 g, καλύπτει τις ημερήσιες ανάγκες ενός ενήλικα σε βιταμίνη C) καθώς και αλάτων Ca, P, Fe, Na, K. Οι αποξηραμένες πιπεριές που έχουν έντονα καυτερή γεύση, είναι πλούσιες σε βιταμίνη Α (Ολύμπος, 2001).

## 1.4. ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η πιπεριά είναι φυτό ετήσιο ή διετές, ποώδες, με βλαστούς ελαφρά ξυλώδεις στη βάση (τα γηραιότερα στελέχη), διακλαδίζεται αρκετά και έχει τη τάση να αναπτύσσεται προς τα πάνω. Χωρίς επεμβάσεις οι βλαστοί αναπτύσσονται σε ύψος 0,3 – 0,8 m, είναι εύθραυστοι και με το βάρος της καρποφορίας πολλές φορές σπάζουν (Κανάκης, 2003).

Αρχικά το φυτό αναπτύσσεται μονοστέλεχο και στη συνέχεια διακλαδίζεται σε δύο, σπανιότερα τρεις βλαστούς. Μεταξύ των δύο αυτών βλαστών, σχηματίζεται ο πρώτος ανθοφόρος οφθαλμός. Κάθε βλαστός μετά τη εμφάνιση ενός ή δύο φύλλων, διακλαδίζεται και δίνει δύο βλαστούς, που στη διακλάδωση φέρουν ανθοφόρο οφθαλμό κ.ο.κ (Ζαρμπούτης και Γκακνή, 1992).

**Ρίζα.** Το ριζικό σύστημα μπορεί σε βάθος 0,6-1,2 m. Το φυτό έχει την ικανότητα να αναπτύσσει δυνατή κεντρική ρίζα, αλλά συνήθως αυτή κόβεται ή σταματά να αναπτύσσεται, μετά τη φύτευση και δημιουργούνται πλευρικές διακλαδιζόμενες ρίζες (Ζαρμπούτης και Γκακνή, 1992).

**Φύλλα.** Είναι απλά, λεπτά, ελλειπτικά, οξύληκτα, ακέραια με βαθύ πράσινο χρώμα στην άνω επιφάνεια και πιο ανοικτό πράσινο στη κάτω. Ο μίσχος των φύλλων έχει μήκος 3-5 cm (Κανάκης, 2003).

**Άνθη.** Τα άνθη εμφανίζονται μονήρη στις διακλαδώσεις των βλαστών και έχουν μίσχο μήκους 1,5 cm (περίπου). Φέρουν κωδωνοειδή κάλυκα με 5 ή περισσότερα σέπαλα, στεφάνη με 5 ή περισσότερα πέταλα που είναι συνήθως λευκά ή λευκοπράσινα. Φέρουν 5 ή περισσότερους στήμονες που βρίσκονται κοντά στη βάση της στεφάνης. Οι ανθήρες έχουν ιώδη απόχρωση και σχηματίζονται κατά μήκος. Η ωοθήκη είναι δίχωρη, τρίχωρη ή τετράχωρη και φέρει στύλο που είναι απλός, άσπρος ή ιώδης. Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα, αυτογονιμοποιούμενα και μερικώς σταυρογονιμοποιούμενα (Ζαρμπούτης και Γκακνή, 1992).

**Καρπός.** Ο καρπός είναι ράγα ο οποίος ποικίλει σε σχήμα και μέγεθος ανάλογα με τη ποικιλία, είναι πολύχωρος και πολύσπερμος και φέρει κοιλότητα μεταξύ του πλακούντα και των τοιχωμάτων του καρπού. Αρχικά το χρώμα του είναι πράσινο ή πρασινοιώδες και όταν ωριμάσει χρωματίζεται ερυθρός, καστανέρυθρος, κίτρινος, κιτρινοπράσινος, πορτοκαλής ή ιώδης. Το χρώμα του καρπού οφείλεται σε μίγμα καροτινοειδών, με κυριότερη ουσία την καψανθίνη και σε μικρότερο βαθμό τα α και β καροτίνη, την ξανθοφύλλη, την ζεαξανθίνη και την κρυπτοξανθίνη.

Η γεύση στις γλυκές πιπεριές είναι ευχάριστη, δροσιστική με πολύ ελαφρά δριμύτητα. Η δριμύτητα οφείλεται σε αλκαλοειδή καυστική ουσία, η οποία ονομάζεται καψαϊκίνη και βρίσκεται κυρίως στα διαφράγματα (septa) και στον πλακούντα του καρπού. Οι σπόροι έχουν επίσης μικρή ποσότητα της καυστικής ουσίας (Κανάκης, 2003).

**Σπόρος.** Ο σπόρος της πιπεριάς είναι δισκοειδής, διαμέτρου 3-5 mm και έχει ωχρο-κίτρινο χρώμα. Ο σπόρος δε διατηρεί τη βλαστική του ικανότητα για μεγάλο χρονικό διάστημα (Ζαρμπούτης και Γκακνή, 1992).

## 1.5. ΕΔΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

### 1.5.1. Έδαφος

Η πιπεριά μπορεί να καλλιεργηθεί σε πολλούς τύπους εδαφών, αποδίδει όμως καλύτερα στα σχετικά ελαφρά, βαθιά, αποστραγγιζόμενα, πλούσια σε οργανική ουσία και γόνιμα εδάφη. Τα αμμώδη εδάφη ευνοούν την πρωίμιση της παραγωγής. Το άριστο pH του εδάφους για τη πιπεριά κυμαίνεται στο 5,5-6,5 αλλά μπορεί να καλλιεργηθεί και σε ουδέτερα ως και σε ελαφρώς αλκαλικά εδάφη. Τα φυτά έχουν μικρή ανθεκτικότητα στη συγκέντρωση αλάτων στο έδαφος (Ολύμπιος, 2001).

### 1.5.2. Κλίμα

#### 1.5.2.1. Θερμοκρασία

Η πιπεριά είναι φυτό θερμών περιοχών και η άνθησή της ευνοείται από υψηλές θερμοκρασίες. Είναι φυτό ευαίσθητο στη παγωνιά και σε παρατεταμένες περιόδους θερμοκρασιών κάτω των 10 °C υφίσταται σοβαρές μεταβολικές διαταραχές.

Οι σχετικά υψηλές θερμοκρασίες (28-32°C) ευνοούν την ανάπτυξη των φυτών καθώς και την πρωιμότερη διαφοροποίηση των οφθαλμών και την άνθηση. Άνοδος της θερμοκρασίας, όμως πάνω από ένα όριο (35°C), έχει αρνητικές επιπτώσεις στον αριθμό των σχηματιζόμενων ανθέων ενώ παράλληλα παρατηρείται και αύξηση της ανθόρροιας.

Οι γλυκές πιπεριές είναι προσαρμοσμένες σε μέση θερμοκρασία ανάπτυξης 18°C έως 29°C με καλύτερη θερμοκρασία γονιμοποίησης 15,5 έως 25 °C και καλλιεργούνται από την άνοιξη έως το φθινόπωρο. Για το λόγο αυτό οι σχετικά υψηλές θερμοκρασίες (32°C) συντελούν στην πτώση των ανθέων στις γλυκές πιπεριές.

Οι περισσότερες καυτερές ποικιλίες έχουν ανάγκη από μέση θερμοκρασία γύρω στους 24 °C και καλλιεργούνται το καλοκαίρι. Έτσι, θερμοκρασίες νύχτας πάνω από 21°C θεωρούνται ικανοποιητικές για την επιτυχημένη παραγωγή ορισμένων τύπων καυτερής πιπεριάς όπως οι τύποι Καγιέν και Ταμπάσκο ενώ υψηλές θερμοκρασίες (32°C) αυξάνουν το ποσοστό της καρπόδεσης. Η καρπόδεση τόσο στους γλυκές όσο και στις καυτερές πιπεριές παρεμποδίζεται σε θερμοκρασίες κάτω των 15,5°C και άνω των 27°C σε συνδυασμό με χαμηλή σχετική υγρασία (Khah and Passam, 1992; Γεωργία και ανάπτυξη, 1993).

### **1.5.2.2. Φως**

Η πιπεριά είναι φυτό με μεγάλες απαιτήσεις σε φωτισμό. Η διάρκεια της ημέρας (φωτοπερίοδος) είναι παράγοντας που συντελεί στην αύξηση της άνθησης. Επειδή οι καλλιέργειες στα θερμοκήπια και ειδικά η προετοιμασία των φυτών στο θερμοκήπιο-σπορείο γίνονται την εποχή που η ένταση του φωτός μπορεί να είναι περιοριστικός παράγοντας στην ανάπτυξη των φυτών, κάθε προσπάθεια του παραγωγού να αυξήσει την ένταση του φωτός θα έχει ευνοϊκό αποτέλεσμα στη παραγωγή. Ένας συμπληρωματικός φωτισμός στα νεαρά φυτά, κατά τις μικρές ημέρες του χειμώνα, βοηθά να εξασφαλιστούν πιο πράσινα φυτά που αναπτύσσουν γρήγορα ριζικό σύστημα, πιο σκληραγωγημένα και με καλύτερη πρώιμη απόδοση. Πάντως υπάρχουν στοιχεία που αποδεικνύουν μια μείωση του μεγέθους των καρπών πιπεριάς κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, η οποία οφείλεται στην μεγάλη αύξηση της έντασης του φωτισμού.

Πιστεύεται ότι υπό τις ελληνικές συνθήκες, τα φυσιολογικά επίπεδα του φωτισμού είναι ικανοποιητικά στις περισσότερες τουλάχιστον περιπτώσεις (Ολύμπιος, 2001; Khah and Passam, 1992).

### **1.5.2.3. Σχετική υγρασία**

Η άριστη σχετική υγρασία για την ανάπτυξη του φυτού, κυμαίνεται περίπου στο 70-75%. Αν πέσει κάτω από 68 % τα φυτά υποφέρουν, έχουν μικρότερες αποδόσεις ενώ παρατηρείται και υποβάθμιση της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος. Πάντως σε πολύ υψηλά επίπεδα ατμοσφαιρικής υγρασίας ευνοείται η ανάπτυξη ασθενειών (Ολύμπιος, 2001).

### **1.5.2.4. Διοξείδιο του άνθρακα**

Όπως είναι γνωστό η συγκέντρωση της ατμόσφαιρας του CO<sub>2</sub> κυμαίνεται στα 300-340 ppm. Η αύξηση του CO<sub>2</sub> σε συγκέντρωση 1000 ppm στο περιβάλλον του θερμοκηπίου δίνει τη δυνατότητα στο φυτό να συνθέσει υδατάνθρακες με εντονότερο ρυθμό. Έτσι το φυτό αναπτύσσεται ταχύτερα και ο χρόνος μέχρι την ωρίμανση μειώνεται ενώ αυξάνεται και η συνολική παραγωγή. Ο εμπλουτισμός του χώρου του θερμοκηπίου συνιστάται να γίνεται για όσο χρονικό διάστημα δεν απαιτείται εξαερισμός.

Στην Ελλάδα και τις άλλες Μεσογειακές χώρες, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών οι οποίες αναπτύσσονται στα θερμοκήπια κατά τη διάρκεια της ημέρας, καθίσταται

αναγκαίο το άνοιγμα των θερμοκηπίων για εξαερισμό. Το γεγονός αυτό δυσκολεύει τη χρήση του CO<sub>2</sub> για τη πρωίμιση και αύξηση της παραγωγής (Ολύμπιος, 2001).

## 1.6. ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ

### 1.6.1. Πολλαπλασιασμός

Η απ' ευθείας σπορά της πιπεριάς συνήθως αποφεύγεται γιατί το φύτεωμα του σπόρου είναι ιδιαίτερα απαιτητικό όσον αφορά τις περιβαλλοντικές συνθήκες και η ανάπτυξη του σποροφύτου αναστέλλεται μόνιμα σε χαμηλές θερμοκρασίες, μικρότερες από 12°C. Για το λόγο αυτό, η σπορά γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους, τα σπορεία, προστατευμένους από τις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα. Για τις μεν πρώιμες καλλιέργειες χρησιμοποιούνται θερμαινόμενα σπορεία και η σπορά γίνεται τον Ιανουάριο-Φεβρουάριο, για τις δε όψιμες καλλιέργειες χρησιμοποιούνται υπαίθρια σπορεία και η σπορά γίνεται κατά το Μάρτιο όταν οι θερμοκρασίες σταθεροποιηθούν. Συνήθως η σπορά γίνεται δύο μήνες πριν τη μεταφύτευση στον αγρό.

Η σπορά στο σπορείο γίνεται στα πεταχτά ή κατά γραμμές με αποστάσεις μεταξύ των γραμμών 10-12 cm και ο σπόρος τοποθετείται σε βάθος 1-1,5 cm . Το υπόστρωμα του σπορείου πρέπει να είναι απολυμασμένο και πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία. Συνήθως υπολογίζεται ότι για τη φύτευση ενός στρέμματος απαιτούνται περίπου 20-30 g σπόρου, υπολογίζοντας ότι με 1 g σπόρου μπορούν να αποκτηθούν 80-100 φυτά.

Το φύτεωμα του σπόρου είναι ιδιαίτερα απαιτητικό όσον αφορά τη θερμοκρασία του αέρα και τη θερμοκρασία και υγρασία του εδάφους. Σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 12°C ο σπόρος δε βλαστάνει ενώ έχει βρεθεί ότι σε θερμοκρασία 20-25 °C και εφόσον η εδαφική υγρασία είναι κατάλληλη, το φύτεωμα του σπόρου γίνεται σε 10-15 ημέρες. Ικανοποιητικές θεωρούνται θερμοκρασίες ημέρας από 22 έως 28°C και νύχτας από 16 έως 18°C. Η θερμοκρασία στη περιοχή της ριζόσφαιρας φαίνεται ότι παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του φυτού, γι' αυτό είναι καλύτερα τα φυτά να παράγονται πάνω σε θερμαινόμενους πάγκους.

Τα σπορόφυτα θα πρέπει να ποτίζονται συχνά και κάθε φορά από λίγο, επειδή το ριζικό σύστημα του φυταρίου είναι λεπτό και πιθανόν να ζημιωθεί σε περίπτωση που στεγνώσει το υπόστρωμα (Γεωργία και ανάπτυξη, 1993).

### 1.6.2. Καλλιεργητικές φροντίδες

#### **Προετοιμασία εδάφους για ανοιξιάτικες καλλιέργειες.**

Εάν έχει προγραμματιστεί εαρινή καλλιέργεια και το αγροτεμάχιο παραμένει ελεύθερο απ' το προηγούμενο φθινόπωρο, τότε διενεργείται σε επίπεδα ή με μικρή κλίση εδάφη, βαθύ όργωμα (25-35 cm) νωρίς το φθινόπωρο με στόχο τη σβωλοποίησή του. Με τον τρόπο αυτό εγκλωβίζεται στο χωράφι το μεγαλύτερο ποσοστό των υδατικών κατακρηνισμάτων του χειμώνα. Αυτό επίσης συντελεί στο να εκτεθούν στον αέρα οι ρίζες των βαθύρριζων ζιζανίων, οι οποίες ξηραίνονται σταδιακά με αποτέλεσμα το περιορισμό των ζιζανίων αυτών την άνοιξη. Η δεύτερη ωφέλεια προκύπτει, σε μεγαλύτερο βαθμό, εάν μετά το όργωμα επικρατήσουν για μερικές ημέρες υψηλές θερμοκρασίες και αρκετή ηλιοφάνεια. Βαθύ όργωμα νωρίς το φθινόπωρο διενεργείται και όταν το Νοέμβριο του ίδιου έτους καλλιεργηθεί στο χωράφι μεγάλης βλαστικής περιόδου λαχανικό, π.χ. αρακάς, κουκιά.

Βαθύ φθινοπωρινό όργωμα συνιστάται να γίνεται σε πηλοαμμώδη, πηλώδη, πηλοαργιλώδη και αργιλώδη εδάφη, όχι όμως και σε αμμώδη εδάφη, γιατί αυτό διευκολύνει τη διάβρωσή τους, συμβάλλει στη δημιουργία κρούστας και τα καθιστά περισσότερο συμπαγή.

Νωρίς την άνοιξη διενεργείται ένα κανονικό όργωμα βάθους 15-25 cm, με το οποίο ενσωματώνονται τα χημικά λιπάσματα της βασικής λίπανσης και η χωνεμένη κοπριά.

Ανάλογα με το βαθμό κατεργασίας (ψιλοχωμάτισμα), που επιβάλλεται για κάθε λαχανοκομική καλλιέργεια, διενεργείται λίγο πριν τη σπορά ή τη φύτευση είτε σβάρνισμα με οδοντωτή σβάρνα είτε δισκοσβάρνα ή φρεζάρισμα του εδάφους (Κανάκης, 2003).

### 1.6.3. Συστήματα καλλιέργειας

Τα φυτά πιπεριάς φυτεύονται σε μονή ή διπλή σειρά. Η πρώτη τεχνική είναι η πιο διαδεδομένη και στις καλλιέργειες θερμοκηπίου, αλλά κυρίως σε εκείνες ανοιχτού αγρού. Παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα, αφού παρέχει καλύτερο αερισμό, διευκολύνει τις καλλιεργητικές φροντίδες (ψεκασμούς, σκαλίσματα) και τη συλλογή. Η απόσταση φύτευσης ποικίλλει σε σχέση με τη ποικιλία και τη καλλιέργεια (ανοιχτού αγρού ή θερμοκηπίου).

Στο χωράφι η απόσταση μεταξύ των σειρών είναι στα 0.8-0.9 m και μεταξύ των φυτών στα 0.3-0.4 m, η δε πυκνότητα 2.700 φυτά/στρέμμα. Η πυκνότητα αυτή μπορεί να αλλάξει αν χρησιμοποιηθούν ποικιλίες περισσότερο ή λιγότερο ζωηρές. Η διπλή σειρά εφαρμόζεται στο χωράφι, με ποικιλίες που αναπτύσσονται σε ύψος, έτσι οι πλάγιες

διακλαδώσεις διασταυρώνονται μεταξύ τους και στηρίζουν τα φυτά. Η πυκνότητα σ' αυτή τη περίπτωση φτάνει τα 3.000-3.600 φυτά/στρέμμα και οι αποστάσεις μεταξύ διπλών σειρών τα 50-60 cm και 40cm μεταξύ φυτών και 0.9 m μεταξύ των φυτών της διπλής σειράς.

Στο θερμοκήπιο, ενδεικτικά, η απόσταση μεταξύ φυτών είναι 1m και οι αποστάσεις μεταξύ φυτών 0.4-0.5 m (2.000-2.500 φυτά/στρέμμα). Αυτή η πυκνότητα ευνοεί τη παραγωγή μεγάλων, ομοιόμορφων και με καλύτερο χρώμα καρπών (Γεωργία και ανάπτυξη, 1993).

#### 1.6.4. Υποστύλωση - Κλάδεμα

Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή, το φυτό της πιπεριάς έχει εύθραυστους βλαστούς γι' αυτό χρειάζεται υποστύλωση, για να αποφεύγονται οι απώλειες σε βλαστούς και καρπούς.

Χρησιμοποιούνται βασικά, δύο μέθοδοι υποστύλωσης :

##### **A) Υποστύλωση βλαστών με κατακόρυφους σπάγκους**

Με τη μέθοδο αυτή, θα πρέπει να γίνεται κλάδεμα στο φυτό και να αφήνονται 2 έως 4 βλαστοί ανά φυτό. Οι υπόλοιποι αφαιρούνται ή κλαδεύονται στο πρώτο ή στο δεύτερο φύλλο, για να αναπτυχθεί και ο καρπός που βρίσκεται στη βάση της διακλάδωσης. Κάθε βλαστός που αφήνεται δένεται με ξεχωριστό σπάγκο στο οριζόντιο ή οριζόντια σύρματα, που βρίσκονται πάνω στις γραμμές φύτευσης. Το κλάδεμα επαναλαμβάνεται μία φορά την εβδομάδα.

##### **B) Υποστύλωση φυτών με οριζόντια δίκτυα και άλλα υλικά**

Τα φυτά στερεώνονται με τη χρησιμοποίηση οριζόντιων δικτύων. Όπως και στη προηγούμενη μέθοδο, όλοι οι βλαστοί που βρίσκονται κάτω από την πρώτη διακλάδωση αφαιρούνται. Στη συνέχεια, με το σύστημα αυτό δεν εφαρμόζεται κανένα πρόσθετο κλάδεμα στα φυτά. Για να στηριχθούν τα φυτά και να μη προκληθούν ζημιές από σπάσιμο βλαστών, τοποθετείται οριζόντια, πάνω από τα φυτά και σε ύψος 50-60 cm, πλαστικό δίκτυ που στερεώνεται σε πασσάλους στα άκρα των γραμμών φύτευσης. Το δίκτυο είναι αραιό 20X20 cm (άνοιγμα τρύπας) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτό των γαρυφαλλών. Οι βλαστοί περνούν από το δίκτυο και βρίσκουν σε αυτό στήριξη (Δημητράκης, 1998).



### 1.6.5. Λίπανση

Η **βασική λίπανση** εφαρμόζεται με σκοπό να επιτευχθούν οι παρακάτω στόχοι:

- Η χημική αντίδραση (pH) του εδάφους να βρίσκεται γύρω στο 5,5-6,5 ή λίγο πιο ψηλά, αν είναι δύσκολο να επιτευχθεί τέτοια ρύθμιση.

- Να εφοδιαστεί το έδαφος με αρκετή ποσότητα φωσφόρου, ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες της καλλιέργειας για ολόκληρη τη καλλιεργητική περίοδο.

- Να υπάρχει στο έδαφος ικανοποιητική περιεκτικότητα σε άζωτο υπό νιτρική μορφή κάτι το οποίο συμβάλει από την αρχή στη καλή βλαστική ανάπτυξη του φυτού. Το υπόλοιπο άζωτο προστίθεται επιφανειακά με το νερό ποτίσματος.

- Να προστεθεί ένα μέρος του καλίου από την αρχή για να ικανοποιήσει τις πρώτες ανάγκες τις καλλιέργειας. Υψηλά επίπεδα καλίου ανεβάζουν τη συγκέντρωση αλάτων και παρεμποδίζουν την ανάπτυξη των ριζών, έξω από τη μπάλα χώματος ή το γλαστράκι στο έδαφος του θερμοκηπίου.

Εάν η λίπανση δεν είναι δυνατόν να βασιστεί σε αναλύσεις εδάφους κ.λπ., μπορεί να εφαρμοστεί η κατωτέρω λίπανση κατά στρέμμα, η οποία υπόσχεται μια ικανοποιητική παραγωγή:

Κοπριά χωνεμένη : 3000-4000 kg / στρέμμα

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 10-15 kg / στρέμμα: δηλαδή περίπου 50-75 kg του λιπάσματος 0-20-0

K<sub>2</sub>O 15-20 kg / στρέμμα: δηλαδή περίπου 30-40 kg του λιπάσματος 0-0-50

Με την **επιφανειακή λίπανση** προστίθενται κατά κανόνα το άζωτο και κάλι. Η σχέση μεταξύ των δύο αυτών στοιχείων συνιστάται να είναι 1:2, δηλαδή περισσότερο κάλι. Η ποσότητα των στοιχείων αυτών δίνεται από την ανάμιξη 160 g Νιτρικού καλίου και 50 g Νιτρικής αμμωνίας σε 1 L νερού. Με αυτό τον τρόπο παρασκευάζεται βασικό διάλυμα το οποίο αραιώνεται 200 φορές (1:200) με νερό ποτίσματος, πριν φθάσει στα φυτά.

Εάν παρατηρηθεί περιορισμένη βλάστηση, αυτή ενθαρρύνεται με αύξηση του αζώτου και η σχέση N και K γίνεται 1:1 (Δημητράκης, 1998).

### 1.6.6. Εχθροί και ασθένειες της πιπεριάς

#### 1.6.6.1. Εχθροί

**Αλευρώδης - *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera-Aleurodidae)**. Πρόκειται για έντομο απομυζά τους χυμούς των φυτών ιδιαίτερα στα θερμοκήπια και ευνοεί την ανάπτυξη καπνιάς στα φύλλα και τους καρπούς. Οι προνύμφες όλων των σταδίων καθώς

και τα ακμαία τρέφονται με μύζηση από τους φυτικούς ιστούς με αποτέλεσμα να μειώνεται παραγωγή. Η καταπολέμησή του είναι δύσκολη και γίνεται είτε με χημικά μέσα (bifethrine, ethion, methidathion κ.α.) είτε με βιολογική μέθοδο ή με τη χρήση κολλητικών παγίδων (Δημητράκης, 1998; Δημόπουλος, 2004).

**Αφίδες (μελίγκρες).** Οι πιπεριές προσβάλλονται από μεγάλο αριθμό αφίδων. Ελέγχονται όμως εύκολα χημικά με τα ειδικά αφιδοκτόνα (acephate, bifethrine, dimethoat κ.α.) γιατί στις συνθήκες των θερμοκηπίων συνήθως τα θηλυκά γεννούν ζωντανές μικρές αφίδες και όχι αυγά. Οι αφίδες προκαλούν ζημιά με την απομύζηση και τη καπνιά που εμφανίζεται, ένεκα των μελιτογόνων εκκρίσεων, με αποτέλεσμα το περιορισμό της αφομοιωτικής επιφάνειας του φυτού και το σημάδεμα των καρπών. Οι νεφελοψεκασμοί και υποκαπνισμοί είναι οι προτιμότερες μέθοδοι καταπολέμησης των αφίδων (Δημητράκης, 1998; Ηλιόπουλος, 2004).

**Τετράνυχος – *Tetranychus spp.*** Είναι πολύ μικρό άκαρι, ορατό σχεδόν μόνο με φακό, ευρισκόμενο στη κάτω επιφάνεια των φύλλων και στους βλαστούς, όπου και κατασκευάζει χαρακτηριστικά λεπτά νήματα. Όταν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες και χαμηλή υγρασία το άκαρι πολλαπλασιάζεται με μεγάλη ταχύτητα. Η καταπολέμηση γίνεται με χημικά μέσα, με βιολογική καταπολέμηση ή με ψεκασμό των φυτών με νερό, εφόσον δεν υπάρχει κίνδυνος βοτρυτή, για να αυξηθεί η υγρασία και να καταστεί το περιβάλλον μη ευνοϊκό για την εξάπλωση του ακάρεως. Μερικά από τα ακαρεοκτόνα που χρησιμοποιούνται είναι τα: amitraz, azocyclotin, dicofol, tetradifon, propargite, clofentezine, bromopropylate κ.α. Μερικά εμπορικά σκευάσματα περιέχουν ένα ωκτόνο και ένα ακμαιοκτόνο δραστικό στοιχείο για αποτελεσματικότερη καταπολέμηση (Δημητράκης, 1998; Ηλιόπουλος, 2002).

**Έντομα εδάφους.** Η γρυλλοτάλη (*Gryllotalpa gryllotalpa*) και οι προνύμφες των αγρότιδων (*Agrotis sp.*) προκαλούν συνήθως ζημιές κόβοντας τα νεαρά κυρίως φυτά στο λαιμό. Η καταπολέμησή τους γίνεται συνήθως με διασπορά και κάλυψη στο έδαφος πριν από τη φύτευση των κατάλληλων εντομοκτόνων (chlorfenvinphos, fonofos, methomyl κ.α.) (Δημητράκης, 1998; Δημόπουλος, 2004).

**Νηματώδεις.** Οι νηματώδεις σκώληκες (*Heterodera sp.*) προσβάλλουν τις ρίζες των φυτών όπου προκαλούνται φυμάτια – εξογκώματα. Αποτέλεσμα της προσβολής μπορεί να είναι η εξασθένιση και μάρανση των φυτών. Η αντιμετώπισή τους γίνεται με γενική απολύμανση του εδάφους στα θερμοκήπια ή με χρησιμοποίηση ειδικών

νηματωδοκτόνων και με εφαρμογή αμειψισποράς, κατά την οποία η πιπεριά να ακολουθεί καλλιέργειες σιτηρών (Δημητράκης, 1998).

#### 1.6.6.2. Μυκητολογικές ασθένειες

**Φαιά σήψη (Βοτρύτης) – *Botrytis cinerea*.** Εκδηλώνονται νεκρωτικές αλλοιώσεις στα φύλλα, όπου εξελίσσονται σε φελλώδεις κηλίδες με μία γκρίζα μούχλα και αφορούν ολόκληρη την περιφέρεια του κορμού και των βλαστών. Τα σπόρια του παθογόνου μεταφέρονται με τον αέρα και χρειάζεται υψηλά υγρασία για να βλαστήσουν και να αναπτυχθούν.

Η αντιμετώπιση του μύκητα βασίζεται αρχικά σε καλλιεργητικά μέτρα προστασίας. Για το λόγο αυτό τα φυτά πρέπει να υποστρώνονται και να κλαδεύονται ώστε να επιτυγχάνεται ικανοποιητικός αερισμός και απομάκρυνση της υγρασίας. Πρέπει επίσης να αποφεύγονται οι μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας που συντελούν στη συμπύκνωση σταγονιδίων καθώς και η δημιουργία πληγών στα φυτά. Τέλος εφαρμόζεται χημική καταπολέμηση των εναέριων φυτικών μερών με διάφορα διασυστηματικά μυκητοκτόνα όπως το benomyl, thiophanate, methyl και carbendazim (Παναγόπουλος, 1995).

**Σκληρωτινίαση – *Sclerotinia sclerotiorum*.** Ο μύκητας προκαλεί σήψη των προσβαλλόμενων μερών, κυρίως υπό συνθήκες αυξημένης υγρασίας. Συνιστάται η χρησιμοποίηση των κατάλληλων φαρμάκων όπως benomyl, iprodione, dichloran κ.α. με ριζοποτίσματα ή με ψεκασμούς, αναλόγως, και επίσης η απομάκρυνση και καταστροφή των προσβλημένων φυτών μαζί με τα σκληρώτια των μυκήτων (Παναγόπουλος 1995; Δημητράκης, 1998).

**Ωίδιο – *Leveillula taurica (Erysiphales)*.** Ο μύκητας προκαλεί χαρακτηριστικές αλευρώδεις κιτρινωπές κηλίδες των ωιδίων στη πάνω επιφάνεια των φύλλων και στη κάτω εμφανίζονται οι κονιδιοφόροι. Σε σοβαρή προσβολή ακολουθεί φυλλόπτωση. Η καταπολέμηση του ωιδίου γίνεται με θείο και ειδικά χημικά διασυστηματικά μυκητοκτόνα όπως fenarimol, triadimefon, triforine, όπως και βενζιμιδαζολικά μυκητοκτόνα όπως το chlorothalonil (Παναγόπουλος, 1995).

**Ανδρομυκώσεις – *Verticillium dahliae* και *Fusarium spp.*** Οι μύκητες αυτοί που βρίσκονται στο έδαφος, προσβάλλουν το αγγειακό σύστημα των φυτών και λόγω της κακής λειτουργίας του τα φύλλα κιτρινίζουν από τη βάση, η ανάπτυξη περιορίζεται, το φυτό μαραίνεται και τελικά ξηραίνεται. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με μια καλή

απολύμανση του εδάφους με χημικά μέσα, ατμό ή ηλιακή ενέργεια, που γίνεται πριν τη μεταφύτευση, όπως επίσης και με τη χρησιμοποίηση ανεκτικών ποικιλιών (Παναγόπουλος, 1995).

**Σηψιρριζίες – σήψη λαιμού.** Προκαλούνται από μύκητες κυρίως των γενών *Rhizium* και *Phytophthora* οι οποίοι προσβάλλουν κυρίως τις ρίζες και το λαιμό των φυτών με αποτέλεσμα τη μείωση της ριζικής επιφάνειας και της παραγωγικής ικανότητας του φυτού. Εάν έχει προηγηθεί μια καλή απολύμανση του εδάφους δύσκολα εμφανίζονται σηψιρριζίες, και θα πρέπει να εξασφαλίζονται καλές συνθήκες στη ριζόσφαιρα των φυτών (Παναγόπουλος, 1995).

#### **Αλτερνάρια - *Alternaria solani***

Ο μύκητας προσβάλλει την πιπεριά προκαλώντας αρκετές ζημιές στο υπέργειο τμήμα των φυτών. Η ασθένεια εκδηλώνεται με το σχηματισμό ξηραμένων κηλίδων στα φύλλα οι οποίες περιβάλλονται από χλωρωτική ζώνη. Η καταπολέμηση γίνεται με χαλκούχα ή καρβαμιδικά όπως chlorothalonil, διθειοκαρβαμιδικά και dichlofluanid. (Ηλιόπουλος, 2004; Δημόπουλος, 2004)

**Περονόσπορος - *Peronospora capsici*.** Ο μύκητας προσβάλλει τα φυτά στο σπορείο ή στον αγρό προκαλώντας κηλίδωση των φύλλων, των βλαστών και των καρπών (στα αναπτυγμένα φυτά) και τελικά τη καταστροφή τους. Για τη πρόληψη της προσβολής συνιστάται η απολύμανση των σπορείων και η αποφυγή υπερβολικής υγρασίας. Επίσης προληπτική χρησιμοποίηση διθειοκαρβαμιδικών όπως maneb, mancozeb και zineb καθώς και διασυστηματικών metalaxyl, cymoxanil και benalaxyl σε συνδυασμό με τα προηγούμενα (Δημητράκης, 1998; Δημόπουλος, 2004)

#### **1.6.6.3. Βακτηριολογικές ασθένειες**

Βακτήρια που προσβάλλουν τη πιπεριά αναφέρονται τα *Xanthomonas vesicatoria*, *Erwinia chrysanthemi* pv *zoeae* και *Pseudomonas syringae* pv *capsici*.

***Xanthomonas vesicatoria*.** Στα φύλλα εμφανίζονται ακανόνιστες, λιπαρές κηλίδες σκούρου χρώματος το κέντρο των οποίων νεκρώνεται και σχίζεται. Η περιφέρεια συχνά περιβάλλεται από κίτρινη ζώνη. Παρόμοιες κηλίδες εμφανίζονται και επί των στελεχών. Τα πλέον χαρακτηριστικά συμπτώματα της ασθένειας εμφανίζονται στους πράσινους καρπούς. Αρχικά σχηματίζονται μικρές υδατώδεις κηλίδες χρώματος βαθέως πράσινου. Οι κηλίδες στη συνέχεια ελαφρά υπερυψωμένες, νεκρωτικές έχουν χρώμα καστανό και αυξάνονται σε μέγεθος. Τελικά οι προσβεβλημένοι ιστοί βυθίζονται, σχίζονται στο κέντρο

ενώ η περιφέρεια τους παραμένει ελαφρά υπερυψωμένη και μερικές φορές περιβάλλονται από υδατώδη ζώνη. Η άριστη θερμοκρασία αναπτύξεως του παθογόνου είναι 25-30°C. Υγρός καιρός, με συχνές βροχές και υψηλή θερμοκρασία ευνοούν την ασθένεια. Για την αντιμετώπιση της ασθένειας συνιστάται η χρησιμοποίηση υγιούς σπόρου, η απολύμανση ύποπτου σπόρου, η εκρίζωση των προσβεβλημένων φυτών και η καταστροφή τους με φωτιά, η καταστροφή όλων των υπολειμμάτων της καλλιέργειας, η λήψη μέτρων μείωσης της υπερβολικής υγρασίας, ιδίως στα θερμοκήπια, ο ψεκασμός των φυτών σε διάστημα μιας εβδομάδας με βορδιγάλιο πολύ και η χρησιμοποίηση ανθεκτικών ποικιλιών (π.χ. ACE 55vf, BOG-AT 69 κ.α.) (Παναγόπουλος, 1995).

***Pseudomonas syringae pv tomato.*** Το βακτήριο προσβάλλει τα στελέχη, τα φύλλα, τους μίσχους, τους ποδίσκους, τα σέπαλα και τους καρπούς. Στους βλαστούς και στους μίσχους των σύνθετων φύλλων εμφανίζονται κυκλικές κηλίδες χρώματος με βαθύ καστανό – μαύρο χρώμα. Όταν η προσβολή εξαπλωθεί στους ιστούς του φλοιού και των αγγείων τότε παρατηρείται ξήρανση του φυτού πάνω από το σημείο της προσβολής. Στο έλασμα των φύλλων η μόλυνση εκδηλώνεται με τη μορφή κυκλικών μέχρι γωνιωδών κηλίδων χρώματος βαθέως καστανού μέχρι μαύρου. Με τη συνένωση πολλών κηλίδων σχηματίζονται νεκρωτικές περιοχές και προκαλείται φυλλόπτωση. Στους καρπούς παρατηρούνται κυκλικές κηλίδες επίπεδες ή ελαφρώς βυθισμένες που έχουν χρώμα ανοικτό μέχρι βαθύ καστανό. Στη συνέχεια γίνονται σκούρες καστανές ή μαύρες, σχίζονται στο κέντρο και έχουν σύσταση σπογγώδη. Με συνθήκες υψηλής υγρασίας οι κηλίδες γίνονται γυαλιστερές λόγω εξόδου βλενώδους βακτηριακής έκκρισης από τους προσβεβλημένους ιστούς. Το παθογόνο έχει άριστη θερμοκρασία αναπτύξεως 20-25°C, μέγιστη 35°C και ελάχιστη 5°C. Για την αντιμετώπιση της ασθένειας λαμβάνονται τα μέτρα που συνιστώνται και για την αντιμετώπιση της προσβολής από το *Xanthomonas vesicatoria* (Παναγόπουλος, 1995).

***Erwinia chrysanthemi pv zea.*** Τα συμπτώματα της ασθένειας εμφανίζονται στα στελέχη και στους βλαστούς των φυτών με τη μορφή σκοτεινών πράσινων μέχρι μελανών ζωνών. Παρατηρείται μαρασμός και κατάρρευση των φύλλων ενώ σε έντονη προσβολή μπορεί να παρατηρηθεί κατάρρευση των προσβεβλημένων φυτών. Για την καταπολέμηση του βακτηρίου λαμβάνονται τα μέτρα που συνιστώνται παραπάνω (Παναγόπουλος, 1995).

#### 1.6.6.4. Ιώσεις

**Μωσαϊκό της μηδικής AMV (Alfalfa mosaic virus).** Ο ιός μεταδίδεται με τις αφίδες και εμφανίζονται νεκρώσεις στο σημείο των νευρώσεων καθώς και χλωρωτικές μωσαϊκώσεις (Παναγόπουλος, 1995).

**Μωσαϊκό της αγγουριάς CMV (Cucumber mosaic virus).** Ο ιός μεταδίδεται με τις αφίδες και το φυτό υφίσταται γενικευμένη αναστολή της ανάπτυξής του. Στους καρπούς εμφανίζονται χλωρωτικοί και νεκρωτικοί δακτύλιοι τόσο στην επιδερμίδα όσο και στη σάρκα (Παναγόπουλος, 1995)

**Κηλιδωτός μαρασμός της τομάτας TSWV (Tomato spotted wilt virus).** Ο ιός μεταδίδεται με το θρίπα και προκαλεί μωσαϊκώσεις στα φύλλα. Οι καρποί γίνονται παραμορφωμένοι και κακοσχηματισμένοι με χλωρωτικές και νεκρωτικές κηλίδες (Παναγόπουλος, 1995).

**Μωσαϊκό καπνού ToMV (Tobacco mosaic virus) και τομάτας TMV (Tomato mosaic virus).** Οι ιοί αυτοί μεταδίδονται με την επαφή και στο φύλλο εμφανίζονται μωσαϊκώσεις σε ζώνη, χλωρώσεις και νεκρώσεις των νεύρων καθώς και στο σημείο του μίσχου. Στους καρπούς οι νεκρωτικές κηλιδώσεις εκτείνονται σε κάθετες γραμμές (Παναγόπουλος, 1995).

**Ιός Υ της πατάτας PVY (Potato virus Y).** Μεταδίδεται με αφίδες και τα συμπτώματα είναι η μωσαϊκωση του φυλλώματος, το μαύρισμα και η νέκρωση των νεύρων καθώς και των κορυφαίων διακλαδώσεων. Στους καρπούς εμφανίζονται επιδερμικές μωσαϊκώσεις και παραμορφώσεις.

Για τη καταπολέμηση όλων των ιώσεων συνιστώνται τα παρακάτω μέτρα: Απολύμανση του εδάφους ή χρησιμοποίηση εδάφους στο οποίο δεν έχει καλλιεργηθεί τομάτα ή πιπεριά, απολύμανση σπόρων, χρησιμοποίηση υγιούς σπόρου, απομάκρυνση προσβεβλημένων φυταρίων, πλύσιμο χεριών με σαπούνι και αποφυγή καπνίσματος, υγιεί φυτά προς φύτευση, οι καλλιέργειες να βρίσκονται μακριά από άλλα φυτά και αποφυγή συγκαλλιέργειας με συγγενικά είδη, καταστροφή υπολλειμάτων καλλιέργειας, καταπολέμηση αφίδων και θριπών και χρησιμοποίηση ανθεκτικών ποικιλιών (Παναγόπουλος 1995)

#### **1.6.6.5. Φυσιολογικές ανωμαλίες του καρπού**

**Ηλιόκαυμα.** Εμφανίζεται σαν γκριζοκαφέ νεκρωτική κηλίδα στην επιφάνεια του καρπού και προκαλείται από την απ' ευθείας πρόσπτωση έντονης ηλιακής ακτινοβολίας

επί του καρπού. Αποφεύγεται είτε με την ανάπτυξη πιο πυκνού φυλλώματος από τα φυτά είτε με τη σκίαση των φυτών (Παναγόπουλος, 1995).

**Σήψη της κορυφής.** Εμφανίζεται ξηρά σήψη στο αντίθετο του ποδίσκου άκρο του καρπού ή στα πλάγια. Η φυσιολογική αυτή ανωμαλία στην ανάπτυξη του καρπού αποδίδεται στην έλλειψη ασβεστίου καθώς και σε προβλήματα στη δραστηριότητα της ρίζας. Αντιμετωπίζεται ή περιορίζεται με τη μείωση του ποσού των αλάτων στο ριζόστρωμα, εάν είναι υψηλό ή αυξάνοντας τη συχνότητα ποτίσματος αν αυτή δεν είναι ικανοποιητική (Παναγόπουλος, 1995).

**Σχίσσιμο του καρπού.** Προκαλούνται σχισμές γύρω απ' τους ώμους του καρπού κοντά στο ποδίσκο. Τα αίτια θεωρούνται η μεγάλη αυξομείωση της θερμοκρασίας και πιθανόν οι απότομες αλλαγές στην υγρασία του εδάφους και της ατμόσφαιρας. Αποφεύγεται με τη διατήρηση σταθερών θερμοκρασιών και υγρασίας και με την εφαρμογή κανονικών ποτισμάτων (Παναγόπουλος, 1995).

#### 1.6.7. Τροφοπενίες

**I. Φωσφόρου:** τα φύλλα αποκτούν βαθύ πράσινο χρώμα με ερυθρές ή πορφυρές κηλίδες στη κάτω επιφάνεια ενώ παρατηρείται και καθυστέρηση στην ωρίμανση των καρπών.

**II. Καλίου:** παρατηρείται χλώρωση του ελάσματος των φύλλων μεταξύ των κυρίων νεύρων ενώ τα νεύρα διατηρούνται πράσινα. Τα φύλλα καρουλιάζουν προς τα κάτω και οι βλαστοί γίνονται λεπτοί, ξυλώδεις και σκληροί ενώ οι καρποί είναι λίγοι με ακανόνιστη ωρίμανση και μαλακοί.

**III. Μαγνησίου:** τα κατώτερα φύλλα παρουσιάζουν μεγάλες χλωρωτικές κηλίδες συνήθως με διάχυτα όρια μεταξύ των νεύρων τα οποία παραμένουν με έντονο πράσινο χρώμα.

**IV. Σιδήρου:** τα νεότερα φύλλα του φυτού παρουσιάζουν μεσονεύρια χλώρωση.

**V. Μαγγανίου:** στα νεότερα φύλλα του φυτού παρατηρείται χλωρωτική κηλίδωση η οποία αργότερα γενικεύεται σε ολόκληρο το φυτό. Η χλώρωση αυτή δεν είναι τόσο έντονη όσο στη τροφοπενία σιδήρου.

**VI. Ψευδαργύρου:** τα φύλλα είναι μικρά, με παχύ έλασμα, ελαφρά μεσονεύρια χλώρωση και τείνουν να καρουλιάζουν προς τα κάτω.

**VII. Μολυβδαίνιου:** χλώρωση του φυλλώματος με κάμψη του φυλλώματος προς τα πάνω, περιφερειακή ξήρανση, ξεκινώντας πάντα από τα παλαιότερα και προχωρώντας στα νεότερα (Καράμαλης, 2006).

#### 1.6.8. Τοξικότητες

**I. Μαγγανίου:** η τοξικότητα μαγγανίου παρατηρείται κυρίως υπό συνθήκες ανεπαρκούς στράγγισης. Προκαλεί περιφερειακή ή μεσονεύρια χλώρωση στα κατώτερα κυρίως φύλλα καθώς επίσης νέκρωση ιστών υπό μορφή μικρών κηλίδων ή εκτεταμένων θέσεων στα φύλλα, τους μίσχους και τους βλαστούς.

**II. Φυτοφαρμάκων, λιπασμάτων, αλάτων:** χλωρώσεις και νεκρώσεις στο φύλλωμα, καθυστέρηση της ανάπτυξης των φυτών, μεταχρωματισμός, νέκρωση των ριζών (Καράμαλης, 2006).

#### 1.7. ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ – ΔΙΑΛΟΓΗ – ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ

Ο καρπός της γλυκιάς πιπεριάς καταναλώνεται κυρίως πράσινος. Συγκεκριμένα, στο στάδιο που κανονικά συγκομίζεται, περιγράφεται σαν “στάδιο του ώριμου πράσινου” και το οποίο χαρακτηρίζεται από πιο σκούρο και γυαλιστερό πράσινο χρώμα έναντι του θαμπού άωρου καρπού. Στο στάδιο αυτό ο καρπός έχει πάρει και το μέγιστο μέγεθος.

Ο “ώριμος πράσινος” καρπός διατηρείται περισσότερο χρόνο μετά τη συγκομιδή από τον άωρο και αντέχει καλύτερα στις μεταφορές. Κατά τη συγκομιδή ο καρπός πρέπει να κόβεται μαζί με μέρος του μίσχου του, γιατί μετασυλλεκτικά διατηρείται φρέσκο το προϊόν για μεγαλύτερο διάστημα, επειδή ο μίσχος είναι σκληρός και δε χάνεται εύκολα υγρασία από τη τομή.

Η συγκομιδή μπορεί να γίνει με το χέρι ή μπορεί να χρησιμοποιηθούν και ψαλίδι ή μαχαίρι.

Όταν οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές η συγκομιδή επαναλαμβάνεται κάθε 10-12 ημέρες, όταν όμως οι θερμοκρασίες είναι υψηλές μια ή δυο φορές την εβδομάδα.

Οι αποδόσεις μιας καλλιέργειας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες και κυρίως από τις συνθήκες καλλιέργειας και τη χρησιμοποιούμενη ποικιλία. Στις υπαίθριες καλλιέργειες είναι συνήθως 2-3 τόνους/στρέμμα ενώ σε εκείνες των θερμοκηπίων φθάνουν και τους 5 τόνους/στρέμμα.



Οι καρποί μετά τη συγκομιδή και πριν προωθηθούν στην αγορά, υφίστανται ένα διαχωρισμό ή διαλογή με βάση τη ποιότητά τους που είναι καθοριστική στη διαμόρφωση της τιμής πώλησης.

Όταν ο καρπός προορίζεται για τη ντόπια αγορά, τα κριτήρια διαλογής είναι λιγότερο αυστηρά και αρκεί ο καρπός να είναι καλοσχηματισμένος, ώριμος, ακέραιος χωρίς κηλίδες, ρωγμές ή σήψεις. Στη περίπτωση όμως που ο καρπός προορίζεται για εξαγωγή, απαιτείται καλή ποιότητα και τυποποιημένο προϊόν, που να συμφωνεί με καθορισμένες ποιοτικές προδιαγραφές (Standards), ανάλογα με την αγορά που προορίζεται ο καρπός. Στην Ελλάδα τα χαρακτηριστικά που λαμβάνονται υπόψη κατά τη διαλογή των καρπών στη πιπεριά για εξαγωγή είναι αυτά που έχει θεσπίσει η Ε.Ε. και ισχύουν σε όλα τα κράτη μέλη (MAFF, 1977) και είναι το **χρώμα**, το **μέγεθος** και η **“ποιότητα”**, βάσει των οποίων οι καρποί χωρίζονται σε δύο ποιοτικές κατηγορίες: α) Ποιοτική κατηγορία I και β) Ποιοτική κατηγορία II..

Οι πιπεριές θα πρέπει να έχουν τα ελάχιστα χαρακτηριστικά ποιότητας τα οποία είναι:

**α)** ακέραιες, **β)** νωπής εμφάνισης, **γ)** υγιείς, **δ)** καθαρές, **ε)** καλά ανεπτυγμένες, **στ)** χωρίς ελαττώματα από το παγετό, **ζ)** χωρίς τραύματα, **η)** χωρίς εγκαύματα από τον ήλιο **θ)** με μίσχο **ι)** με φυσιολογική εξωτερική υγρασία **ια)** χωρίς ξένη οσμή και γεύση (Ολύμπιος, 2001).

#### **Χαρακτηριστικά ποιοτικών κατηγοριών**

##### **i. Ποιοτική κατηγορία I**

Οι πιπεριές πρέπει να είναι καλής ποιότητας και επιπλέον: σφικτές, κανονικής ανάπτυξης και χρωματισμού ανάλογα με τη ποικιλία, με ποδίσκο κομμένο, όχι λιγότερο από 1 cm από το κάλυκα και χωρίς σημάδια.

##### **ii. Ποιοτική κατηγορία II**

Οι πιπεριές αυτές πρέπει να ανταποκρίνονται στα ορισθέντα ελάχιστα χαρακτηριστικά ποιότητας, μπορούν όμως να παρουσιάσουν τα παρακάτω ελαττώματα, που όμως δε θα μειώνουν σοβαρά την εμφάνισή τους: ατέλειες σχήματος και ανάπτυξης, εγκαύματα από τον ήλιο ή ελαφρά τραύματα που να μην υπερβαίνουν το 1 cm<sup>2</sup> για ελαττώματα επιφάνειας και 2 cm για ελαττώματα επιμήκη. Ελαφρές ρωγμές ξερές και επιφανειακές, που το μήκος τους να μην υπερβαίνει τα 3 cm. Να είναι λιγότερο σφικτές αλλά όχι μαραμμένες. Ο ποδίσκος μπορεί να έχει ελαττώματα ή να είναι κομμένος (Ολύμπιος, 2001).

### **Ταξινόμηση με βάση το μέγεθος**

Το μέγεθος του καρπού καθορίζεται από τη μεγάλη διάμετρο της ισημερινής τομής του. Η διαφορά διαμέτρου μεταξύ της μεγαλύτερης και της μικρότερης περιφέρειας για το ίδιο μέσο συσκευασίας, δε πρέπει να υπερβαίνει τα 20 cm. Η διάμετρος των καρπών πρέπει να είναι μικρότερη των: α) 30 cm για τις επιμήκεις β) 50 cm για τις τετράγωνες μη οξύληκτες γ) 40 cm για τις τετράγωνες επιμήκεις (κωνικές) δ) 55 cm για τις πεπλατυσμένες. Η ταξινόμηση αυτή δεν είναι υποχρεωτική για τη ποιοτική κατηγορία II, με την επιφύλαξη ότι τηρούνται τα ελάχιστα μεγέθη που αναφέρθηκαν προηγουμένως (α-δ) (Ολύμπιος 2001).

### **Ταξινόμηση με βάση το χρώμα**

Η ταξινόμηση με βάση το χρώμα είναι απλή. Οι περισσότερες αγορές απαιτούν διαχωρισμό πράσινων και κόκκινων ή κίτρινων κ.λπ. καρπών. Ένας μερικώς κόκκινος ή κίτρινος καρπός θεωρείται ποιοτικά κατώτερος (Ολύμπιος, 2001).

## **1.8. ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ – ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ – ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ**

Υπάρχουν διάφορα είδη συσκευασίας για τη μεταφορά και εμπορία των καρπών της πιπεριάς. Κατάλληλα μέσα συσκευασίας είναι διάφοροι τύποι κιβωτίων, όπως: ανοικτά επαναχρησιμοποιήσιμα πλαστικά και ξύλινα καφάσια για τις τοπικές αγορές και χάρτινα κιβώτια που κλείνουν (μιας χρήσης), για τις τοπικές αγορές και για εξαγωγή. Τα μικρά κιβώτια είναι πιο βολικά και χάρτινα κιβώτια των 4 ή 5 kg είναι το πιο συνηθισμένο μέγεθος στη Δ. Ευρώπη.

Η μεταφορά των καρπών γενικά δεν παρουσιάζει προβλήματα, θα πρέπει μόνο τα κιβώτια να είναι αρκετά στερεά, για να προφυλάξουν τους καρπούς από φυσικές φθορές και αρκετά μεγάλα, ώστε να χωράνε οι καρποί άνετα χωρίς να πιέζονται. Ο αερισμός πρέπει να εξασφαλίζεται με κατάλληλες τρύπες επί του μέσου συσκευασίας (κιβωτίων) για να εμποδίζεται η άνοδος της υγρασίας στο κιβώτιο με κίνδυνο σήψης (γκρίζας μούχλας) από ήδη υπάρχοντα μολύσματα βοτρυτή.

Σήμερα στις μεγάλες αγορές οι καρποί συσκευάζονται και σε ατομικές συσκευασίες του 0,5 kg ή μικρότερου βάρους σε χάρτινους ή πλαστικούς δίσκους που καλύπτονται με σελοφάν και προσφέρονται στο καταναλωτή.

Οι καρποί της γλυκιάς πιπεριάς μπορούν να αποθηκευτούν, αν χρειασθεί, για 2-3 εβδομάδες σε θερμοκρασία 7-10°C και Σ.Υ. 90-95%. Εάν ο καρπός αποθηκευτεί σε χαμηλότερη θερμοκρασία, εμφανίζονται τα σημάδια του ψύχους, κρυοτραυματισμοί

(chilling injury), όπου κύτταρα νεκρώνονται και ο καρπός καταστρέφεται. Θερμοκρασία πήξης του χυμού των ιστών:  $-0.8^{\circ}\text{C}$  (Ολύμπιος, 2001).

### 1.9. ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ – ΥΒΡΙΔΙΑ

Οι πιπεριές ταξινομούνται σε διάφορες φυτολογικές ομάδες ή τύπους κυρίως λόγω της μεγάλης διαφοροποίησής τους όσον αφορά τη καυστικότητα, το μέγεθος, το σχήμα και το χρώμα του καρπού. Μια ταξινόμηση, αρκετά διαδεδομένη διεθνώς είναι η παρακάτω:

**Bell group:** Η ομάδα αυτή σχετίζεται με τη βοτανική ποικιλία «*grossum*». Οι καρποί είναι μεγάλοι, τετράγωνοι και αμβλείς, με χρώμα συνήθως πράσινο όταν είναι άγουροι και κόκκινο όταν ωριμάσουν. Και οι δύο καρποί (κόκκινοι και πράσινοι), πωλούνται φρέσκοι.

**Anaheim Chile group:** Οι καρποί είναι λείοι, κωνοειδείς μέχρι ενός σημείου με μεσαία προς παχιά σάρκα. Το χρώμα του καρπού είναι συνήθως πράσινο όταν είναι άγουρες και κόκκινο στην ωρίμανση. Οι περισσότερες πιπεριές τύπου Chiles είναι μετρίως καυτερές (με εξαίρεση τον τύπο της πάπρικας) και πωλούνται φρέσκες, κονσερβοποιημένες μεταποιημένες σε σάλτσες ή αφυδατωμένες.

**Jalapeno group:** Οι καρποί είναι μικροί, με σφαιρικό, κυλινδρικό σχήμα, λείοι, με ή χωρίς βελλώδες δίκτυο στη σάρκα. Το χρώμα είναι πράσινο όταν είναι ανώριμοι και κόκκινο στην ωρίμανση. Ο καρπός είναι πολύ καυτερός και πωλείται φρέσκος, κονσερβοποιημένος ολόκληρος ή σε κομμάτια, ή χρησιμοποιείται σε σάλτσες πιπεριάς.

**Cherry group:** Οι καρποί είναι μικροί και στρογγυλοί στο σχήμα, πράσινοι άγουροι και κόκκινοι στην ωρίμανση. Οι ποικιλίες μπορεί να είναι καυτερές ή όχι και χρησιμοποιούνται σε σαλάτες ή σε τουρσιά. Η ομάδα αυτή σχετίζεται με τη βοτανική ποικιλία «*cerasiforme*».

**Wax group:** Οι καρποί μπορεί να είναι μικροί ή μεγάλοι και πωλούνται για το κίτρινο χρώμα τους όταν είναι άγουροι. Καυτεροί ή όχι πωλούνται νωποί ή γίνονται τουρσιά.

**Tabasco group:** Οι καρποί είναι αρκετά μικροί και λεπτοί, κωνοειδείς μέχρι ενός σημείου. Είναι πράσινοι άγουροι και κόκκινοι όταν ωριμάσουν. Οι πιπεριές tabasco είναι οι πιο καυτερές εμπορικά καλλιεργούμενες πιπεριές. Οι άγουροι καρποί γίνονται τουρσί ενώ οι ώριμοι κόκκινοι καρποί χρησιμοποιούνται σε καυτερές σάλτσες (Λίβα, 2005).

### 1.9.1. Καλλιεργούμενες ποικιλίες

#### 1.9.1.1. Πιπεριές μακρόστενες

**Π-13 (Κέρατο):** Εγχώρια ποικιλία πρώιμη, κατάλληλη για υπαίθρια καλλιέργεια, καλλιέργεια με χαμηλή κάλυψη και θερμοκήπιο.

**Καυτερή Μακεδονίας:** Πρόκειται για ντόπια ποικιλία που συνηθίζεται στη Μακεδονία με τελικό χρώμα κατά την ωρίμανση κόκκινο. Είναι πολύ παραγωγική, μεσοόψιμη, χρώματος ανοιχτοπράσινο με τοιχώματα μεσαίου πάχους και διαστάσεις 18 / 20-2,5 cm.

**Corno di toro:** Πρόκειται για ποικιλία πράσινη και κόκκινη ή κίτρινη κατά την ωρίμανση, με μήκος 18-22 cm και διάμετρο 4-5 cm. Καταναλίσκεται κυρίως σε σαλάτες νωπή ή ψητή.

**Φλωρίνης:** Πιπεριά παχύσαρκη με γλυκιά γεύση. Το φυτό είναι ορθόκλαδο, ικανοποιητικής ζωηρότητας. Ο καρπός είναι επιμήκης πεπλατυσμένος με λεία επιφάνεια και διαστάσεις 12-14 X 4-5 cm. Το πάχος της σάρκας του είναι 4,5-6 mm. Το χρώμα του καρπού είναι πράσινο πριν και βαθύ κόκκινο κατά την ωρίμανση. Η ποικιλία είναι πολύ παραγωγική και ανθεκτική στις ασθένειες. Ο καρπός συγκομίζεται ώριμος και καταναλίσκεται νωπός ή μεταποιημένος.

**Καράτζοβα:** Όψιμη επιλογή παρόμοια με τη Φλωρίνης. Τα φυτά είναι ορθόκλαδα και έχουν μεγάλο μέγεθος. Οι καρποί είναι επιμήκεις πεπλατυσμένοι με διαστάσεις 18-20 X 4,5 cm. Η σάρκα τους είναι παχιά (8 mm) και έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά. Το χρώμα τους είναι βαθύ κόκκινο κατά την ωρίμανση (Ολύμπιος, 2001).

#### 1.9.1.2. Πιπεριές τετράγωνες ανοικτοπράσινες τύπου «Ντολμά».

**Π-14 (Μακεδονίας):** Εγχώρια ποικιλία τύπου φλάσκα (ντολμά) ανοικτοπράσινου χρωματισμού με σάρκα πολύ λεπτή. Οι αποδόσεις της είναι πολύ υψηλές και είναι κατάλληλη για υπαίθρια καλλιέργεια, τούνελ και χαμηλή κάλυψη. Είναι ποικιλία κατάλληλη για βαθιά κατάψυξη και ανθεκτική στις αδρομυκώσεις.

**California wonder:** Ποικιλία κατάλληλη για υπαίθρια και θερμοκηπιακή καλλιέργεια, με έντονο πράσινο χρώμα και αντέχει στις μεταφορές.

**Yolo wonder:** Είναι του ιδίου τύπου όπως η California Wonder, μέσης πρωιμότητας και με πολύ ζωηρή ανάπτυξη. Έχει ζωηρή βλάστηση ενώ το ύψος της φτάνει τα 75 cm. Ο καρπός είναι τρίλοβος ή τετράλοβος διαστάσεων 10 X 9 cm. Τετράγωνος με παχιά τοιχώματα χρώματος βαθύ πράσινου. Καταναλίσκεται νωπός και μεταποιημένος.

**Τοματοπιπεριά:** Όψιμη πιπεριά με καρπούς μεγάλου μεγέθους και σχήματος πεπλατυσμένου, γλυκείς, χρώματος πολύ βαθύ κόκκινου (Ολύμπος, 2001).

### 1.9.1.3. Βιομηχανικές πιπεριές

**Μακεδονικό μυτερό:** Πρόκειται για ποικιλία μέτριας καυστικότητας, κατάλληλη για παρασκευή των τουρσιών. Ο καρπός είναι χρώματος ανοικτού πράσινου. Είναι πολύ παραγωγική και μαζί με τη ποικιλία «σταυρός» ικανοποιούν τις ανάγκες της βιομηχανίας τουρσιών.

**Ποικιλία Πελοποννήσου «Σταυρός»:** Πιπεριά πρόωμη με μικρή καυστικότητα, κατάλληλη για τουρσί, ανοικτού πράσινου χρώματος πριν την ωρίμανση. Είναι πολύ παραγωγική ποικιλία και προτιμάται ιδιαίτερα από τις βιομηχανίες τουρσιού (Γεωργία και ανάπτυξη, 1993).

## 1.9.2. Καλλιεργούμενα υβρίδια

### 1.9.2.1 Πιπεριές μακριές

#### α) Γλυκές ανοικτοπράσινες

**Summary:** Πολύ πρόωμο υβρίδιο κατάλληλο για υπαίθρια και θερμοκηπιακή καλλιέργεια, ανθεκτικό στον ιό TMV.

#### β) Καυτερές ανοικτοπράσινες

**Yanka:** Πρόωμο υβρίδιο για υπαίθρια και θερμοκηπιακή καλλιέργεια, κατάλληλο για χειμωνιάτικη καλλιέργεια.

**Έντα F1:** Υβρίδιο, πρόωμο και πολύ παραγωγικό, με μεγάλη διάρκεια παραγωγής, κατάλληλο για θερμοκηπιακή και υπαίθρια καλλιέργεια. Το τελικό χρώμα κατά την ωρίμανση είναι κόκκινο και είναι ανθεκτικό στο κρύο (Λίβα, 2005).

### 1.9.2.2. Πιπεριές τετράγωνες

#### α) Τετράγωνη (Blonky)

**Ludo F1:** Πρόωμο υβρίδιο για προστατευόμενη και υπαίθρια καλλιέργεια.

**Twingo F1:** Είναι φυτό ζωηρό, με πλούσια φυλλική επιφάνεια, εξαιρετικά πρόωμο με πολύ μεγάλη παραγωγή. Είναι φυτό ανθεκτικό στον ιό TMV.

**Spartacus F1:** Φυτό ύψους ενός μέτρου με αραιό φύλλωμα, κατάλληλο για χειμωνιάτικη και ανοιξιότικη καλλιέργεια στο θερμοκήπιο. Πολύ καλά αποτελέσματα δίνει και στην υπαίθρια καλλιέργεια. Έχει υψηλή παραγωγή, με καρπούς ( Blonky type)

τετράγωνους, τετράλοβους, σκούρου πράσινου χρώματος, διαστάσεων περίπου 10 X 8 cm. Έχει αντοχή στη ξηρή κορυφή και καλλιεργείται κυρίως στη Πελοπόννησο, Εύβοια, Αττική και Βοιωτία.

**Cleopatra No 1 F1:** Πρόκειται για υβρίδιο πρώιμο και παραγωγικό μέσης ζωηρότητας. Οι καρποί είναι τετράλοβοι διαστάσεων 10 X 8 cm και με τοιχώματα παχιά και βαθυπράσινα που κατά την ωρίμανση γίνονται κόκκινα. Είναι κατάλληλοι τόσο για τις υπαίθριες όσο και για θερμοκηπιακές καλλιέργειες.

#### **β) Τετράγωνη ανοικτοπράσινη τύπου «Ντολμά»**

**Dolmy F1:** Φυτό με μέτρια ζωηρή ανάπτυξη, πρώιμο, κατάλληλο για υπαίθρια και θερμοκηπιακή καλλιέργεια με ποιοτική και υψηλή παραγωγή. Ο καρπός είναι ανοικτοπράσινος και είναι ανθεκτικό στην ίωση TMV.

**Dorian F1 (465):** Φυτό εύρωστο, ιδιαίτερα παραγωγικό, με άριστη προσαρμογή στους καλλιεργητικούς χειρισμούς. Ο καρπός είναι χρώματος ανοικτοπράσινου με μεγάλη διατηρησιμότητα και ομοιομορφία.

**Balo F1:** Πολύ πρώιμο και παραγωγικό υβρίδιο που συνιστάται για καλλιέργεια στο θερμοκήπιο το φθινόπωρο, το χειμώνα και την άνοιξη και ως υπαίθρια για καλοκαιρινή παραγωγή. Είναι φυτό αραιόφυλλο, μέτριας ζωηρότητας και πολύ υψηλής παραγωγής. Οι καρποί είναι ομοιόμορφοι, χρώματος κιτρινοπράσινου, τετράλοβοι, με διαστάσεις 8 X 7 cm ενώ η σάρκα είναι γλυκιά με λεπτά τοιχώματα και μακρά διατηρησιμότητα μετά τη συγκομιδή. Θεωρείται κατάλληλη για «γεμιστά» (Λίβα, 2005).

#### **γ) Τετράγωνη επιμήκης τύπου Lamuyo**

**Cleopatra No 4 F1:** Πρώιμο και παραγωγικό υβρίδιο που καλλιεργείται στη νότια Ελλάδα τους χειμερινούς μήνες. Ο καρπός είναι τετράλοβος και έχει γυαλιστερό σκούρο πράσινο χρώμα. Έχει ζωηρή βλάστηση και είναι ανθεκτικό στις αδρομυκώσεις.

**Lazer F1:** Υπερπρώιμο υβρίδιο μεσαίες φυλλικής ανάπτυξης για υπαίθρια και θερμοκηπιακή καλλιέργεια. Το χρώμα του είναι σκούρο πράσινο κατά τη συγκομιδή και κόκκινο κατά τη πλήρη ωρίμανσή του. Είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό στις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα, καθώς και στον ιό TMV.

**Bell boy F1:** Φυτό πολύ παραγωγικό και ζωηρής ανάπτυξης.

**Lamuyo F1:** Πρώιμο και πολύ παραγωγικό υβρίδιο για θερμοκηπιακή και υπαίθρια καλλιέργεια. Ο καρπός είναι φλάσκα επιμηκυσμένη, χρώματος φωτεινού πράσινου που κοκκινίζει κατά την ωρίμανση. Είναι ανθεκτικό στον ιό TMV και σχετικά ανθεκτικό στο ωίδιο.

**Gedeon F1:** Είναι υβρίδιο ζωηρής όρθιας ανάπτυξης, πρώιμο με ικανοποιητική καρπόδεση και σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες. Χρησιμοποιείται σε υπαίθρια καλλιέργεια ή σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια και είναι κατάλληλο για νωπή κατανάλωση και για γεμιστά. Οι καρποί είναι επιμήκεις, ορθογώνιοι, με βαθύ πράσινο χρώμα. Είναι ανθεκτικό στον ιό TMV και είναι ελαφρώς ανθεκτικό στον ιό της αγγουριάς CMV (Λίβα, 2005).

### 1.9.3. Οι κυριότερες ντόπιες ποικιλίες που καλλιεργούνται στην Ελλάδα

❖ **Η τσούσκα :** Έχει σχήμα στρογγυλό, με ανώμαλη επιφάνεια, σαρκώδη και κιτρινοπράσινο καρπό μήκους 14-20 cm. Καλλιεργείται κυρίως σε θερμοκήπιο, ως πρώιμη, για εξαγωγή στο εξωτερικό.

❖ **Η πράσινη Νέας Μαγνησίας:** Καλλιεργείται στη Θεσσαλονίκη. Είναι γλυκιά, με σαρκώδη καρπό τρίλοβο ή τετράλοβο. Το μήκος της είναι 8-10 cm.

❖ **Το πιπερούδι :** Είναι όψιμη ποικιλία, μικρής ανάπτυξης και καρπούς μικρού μήκους 4-8 cm. Η γεύση της είναι γλυκιά, ελαφρά καυτερή. Η συγκομιδή των καρπών γίνεται όταν οι καρποί είναι πράσινοι και χρησιμοποιούνται μόνο για τουρσί.

❖ **Κίτρινη πιπεριά Κουφαλιών ή ντολμάς:** Καλλιεργείται στη Θεσσαλία και στη Μακεδονία. Είναι πρώιμη ποικιλία, λίγο πιο πρώιμη απ' την πράσινη Νέας Μαγνησίας. Η γεύση της είναι γλυκιά και ο καρπός είναι τρίλοβος ή τετράλοβος, κιτρινοπράσινου χρώματος.

❖ **Πιπεριά Μπαχόβου ή Φλωρίνης:** Καλλιεργείται στη περιοχή Αριδαίας για να παρασκευαστεί το κόκκινο πιπέρι, αλλά και για κονσερβοποίηση. Τα φυτά δε χαρακτηρίζονται από έντονη ανάπτυξη. Ο καρπός έχει κωνική μορφή, μέτριο μέγεθος, γλυκός ή καυτερός και η συγκομιδή τους γίνεται όταν αποκτήσουν κόκκινο χρώμα.

❖ **Η κίτρινη μακρουλή Άσπρου (κατσίκια):** Καλλιεργείται στα χωριά των Γιαννιτσών.

❖ **Η πιπεριά Νέας Αρτάκης:** Καλλιεργείται στη Ν. Ελλάδα και οι καρποί της είναι πράσινοι (Λίβα, 2005).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2. ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

#### 2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Με τον όρο υδροπονία, εννοείται η χρήση οποιασδήποτε μεθόδου καλλιέργειας φυτών η οποία δεν έχει σχέση με το φυσικό έδαφος ή με ειδικά μείγματα εδάφους. Αναφέρεται και ως χημική καλλιέργεια, τεχνητή καλλιέργεια, ανέδαφος γεωργία ή υδροκαλλιέργεια.

Με τη μέθοδο της υδροπονίας τα φυτά καλλιεργούνται είτε πάνω σε αδρανή υποστρώματα, στα οποία προστίθεται θρεπτικό διάλυμα είτε σε σκέτο θρεπτικό διάλυμα. Γενικά, για τη σωστή ανάπτυξη των φυτών είναι απαραίτητο στη ρίζα τους να υπάρχει άφθονο οξυγόνο και ταυτόχρονα άφθονο νερό στο οποίο βρίσκονται διαλυμένα τα απαραίτητα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία, στη σωστή αναλογία. Στη συμβατική καλλιέργεια εδάφους, είναι δύσκολο να επιτευχθεί ο συνδυασμός αυτός. Στο φυσικό έδαφος, στις περισσότερες περιπτώσεις, όσο περισσότερο νερό υπάρχει, τόσο λιγότερο οξυγόνο μένει και αντίστροφα, με αποτέλεσμα εναλλακτικά είτε το νερό είτε το οξυγόνο να βρίσκεται σε έλλειψη. Στο έδαφος, σημαντικό είναι το πρόβλημα της διαθεσιμότητας των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων για τη ρίζα του φυτού. Μπορεί να προστίθενται ανόργανα θρεπτικά στοιχεία στο έδαφος, αλλά αυτά δεν είναι πάντοτε διαθέσιμα, γιατί δεσμεύονται στα συστατικά του εδάφους ή δύσκολα μετακινούνται στη περιοχή της ρίζας.

Στις υδροπονικές καλλιέργειες, τα προβλήματα αυτά λύνονται με τη ρύθμιση της τροφοδοσίας του θρεπτικού διαλύματος και τη χρησιμοποίηση (σε όσες περιπτώσεις χρησιμοποιείται στερεό υπόστρωμα) υλικών με πολύ υψηλό πορώδες (Λίβα, 2005).

##### 2.1.1. Φυτά κατάλληλα για υδροπονική καλλιέργεια

Βασικό ρόλο στις υδροπονικές καλλιέργειες έχει το κόστος παραγωγής. Φυτά που καλλιεργούνται για το υπόγειο μέρος τους όπως καρότα, πατάτες κ.α., έχει αποδειχθεί ότι δε συμφέρει να καλλιεργηθούν με αυτή τη μέθοδο. Φυτά τα οποία είναι κατάλληλα για υδροπονική καλλιέργεια είναι τα παρακάτω:

➤ Φυτά με μεγάλο βλαστικό τμήμα και σχετικά μικρό ριζικό σύστημα (π.χ. φασολάκι, τομάτα, πιπεριά, κ.α.),



➤ Ανθοκομικά φυτά των οποίων η ποιότητα τους είναι καλύτερη απ' όση όταν καλλιεργούνται στο έδαφος,

- Συγκαλλιεργούμενα φυτά (π.χ. φρέσκο κρεμμύδι, μαρούλι, σπανάκι, κ.α.),
- Φυτά ευαίσθητα σε ασθένειες του εδάφους (Κανάκης, 1998)

#### 2.1.2. Πλεονεκτήματα υδροπονικών καλλιεργειών

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα είναι:

1. Καλλιέργεια φυτών σε ακατάλληλες εδαφοκλιματικές συνθήκες.
2. Μείωση κινδύνου μόλυνσης του ριζικού συστήματος.
3. Μειωμένο κόστος ανθρώπινης εργασίας.
4. Χρήση ακατάλληλου νερού άρδευσης.
5. Καλύτερη παραγωγή προϊόντων ποιοτικά και ποσοτικά.
6. Ομοιόμορφη φυτεία.
7. Μη χρήση τοξικών χημικών απολυμαντικών εδάφους πχ. βρωμιούχο μεθύλιο
8. Λύση προβλημάτων χαμηλής γονιμότητας των θερμοκηπιακών εδαφών.
9. Μείωση κόστους θέρμανσης.
10. Ευκολότερος έλεγχος και προσθήκη στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα.
11. Αποφυγή μόλυνσης από επιφανειακά μολυσμένα νερά του εδάφους.
12. Ευκολότερη μεταφύτευση.
13. Δυνατότητα πυκνής φύτευσης.
14. Οικονομία νερού και λιπασμάτων λόγω ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος.
15. Ευχάριστο περιβάλλον εργασίας λόγω απουσίας οσμών και σκόνης (Κανάκης, 1998).

#### 2.1.3. Μειονεκτήματα υδροπονικών καλλιεργειών

Αν και η μέθοδος της υδροπονίας είναι αρκετά απλή, στη πράξη παρουσιάζονται αρκετά προβλήματα κατά την εφαρμογή της. Αυτό συμβαίνει γιατί στη πραγματικότητα έρχεται ο άνθρωπος να αντικαταστήσει τη φύση, που σημαίνει ότι είναι αναγκασμένος να ρυθμίσει όλους τους παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών.

Τα κυριότερα προβλήματα που παρουσιάζει η υδροπονία και αποτελούν μειονεκτήματα της μεθόδου είναι:

1. Μικρή ικανότητα προσαρμογής

2. Μεγάλη ακρίβεια στη σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος
3. Απαίτηση αυτοματισμών και μηχανισμών
4. Αδυναμία προσαρμογής σε όλα τα λαχανοκομικά είδη
5. Αυξημένο αρχικό κόστος εγκατάστασης
6. Εξειδίκευση του ανθρώπινου δυναμικού
7. Κίνδυνος μόλυνσης της καλλιέργειας σε κλειστό υδροπονικό σύστημα (Κανάκης, 1998).

## 2.2. ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Στην υδροπονία χρησιμοποιούνται διάφορα συστήματα, ανάλογα το μέσο στο οποίο αναπτύσσεται το ριζικό σύστημα των φυτών και διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

### **I. Αεροπονία**

Σε αυτή τη μέθοδο καλλιέργειας οι ρίζες των φυτών είναι ελεύθερες στο περιβάλλον εντός ειδικά κατασκευασμένων κλινών, οι οποίες ψεκάζονται με το θρεπτικό διάλυμα υπό μορφή λεπτών σταγονιδίων ή νέφους, ώστε η ατμόσφαιρα γύρω απ' τις ρίζες να είναι κορεσμένη από υγρασία (Resh, 1995).

### **II. Υδατοκαλλιέργεια**

Οι ρίζες στην υδατοκαλλιέργεια αναπτύσσονται ελεύθερες στο υδατικό διάλυμα, ενώ ο βλαστός αναρτάται και στηρίζεται με μεταλλικό σύρμα ή με πλαστικό (Resh, 1995).

### **III. Καλλιέργεια επί χαλικιών**

Σε αυτό το σύστημα τα φυτά στηρίζονται με τις δικές τους ρίζες, χωρίς υποστήριξη. Το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται σε χαλικώδες υπόστρωμα ή σε υπόστρωμα από αφρώδες πλαστικό (Resh, 1995).

### **IV. Καλλιέργεια σε αδρανή υλικά**

Τα αδρανή υλικά μπορεί να είναι χαλαζιακή ή ποταμίσια άμμος, βερμικουλίτης, περλίτης, κύβοι από πετροβάμβακα. Το θρεπτικό διάλυμα συγκρατείται ανάμεσα στους πόρους των σωματιδίων του υποστρώματος, όπου κινείται ελεύθερα (Resh, 1995).

### **V. Καλλιέργεια επί συνθετικών μειγμάτων ή οργανικών υλικών**

Σε αυτού του είδους καλλιέργεια, το υπόστρωμα μπορεί να είναι τύρφη, άχυρο, υπολείμματα καλλιεργειών, μείγματα τύρφης ή κοπριάς με αδρανή υλικά (περλίτης, βερμικουλίτης, κέρατα ζώων, άμμος), φλοιοί δέντρων (Resh, 1995).

### **VI. NFT (Nutrient film technigue)**

Το NFT είναι μία τεχνική υδροπονικής καλλιέργειας κατά την οποία το ριζικό σύστημα των φυτών αναπτύσσεται μέσα σε μια πλαστική μεμβράνη (κανάλι), μέσα στη οποία διέρχεται το θρεπτικό διάλυμα το οποίο συνεχώς ανακυκλώνεται. Η τεχνική αυτή ανακαλύφθηκε για να τονίσει ότι η ροή του νερού (θρεπτικό διάλυμα) το οποίο περνάει από τις ρίζες των φυτών πρέπει να είναι πολύ μικρή προκειμένου να εξασφαλίζεται και να παρέχεται επαρκή οξυγόνο στις ρίζες των φυτών (Resh, 1995).

Ανάλογα αν το θρεπτικό διάλυμα ανακυκλώνεται ή απορρέει στο περιβάλλον, υπάρχουν δύο είδη υδροπονικών συστημάτων:

**Ανοιχτό σύστημα.** Είναι το πρώτο σύστημα που αναπτύχθηκε και το οποίο έχει τις λιγότερες απαιτήσεις. Ανοιχτό υδροπονικό σύστημα θεωρείται το σύστημα, κατά το οποίο το πλεονάζον θρεπτικό διάλυμα απορρέει από το χώρο των ριζών και αφήνεται να χαθεί στο περιβάλλον (συνήθως απορροφάται από το έδαφος του θερμοκηπίου). Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα αυξημένες απώλειες λιπασμάτων με την απορροή, τη μόλυνση του εδάφους αλλά και του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. Οι λόγοι αυτοί οδήγησαν στην ανάπτυξη των κλειστών συστημάτων υδροπονίας (Κανάκης, 1998).

**Κλειστό σύστημα.** Θεωρείται αυτό κατά το οποίο το θρεπτικό διάλυμα που απορρέει, ανακυκλώνεται και επαναχρησιμοποιείται σε μεγάλο ποσοστό. Το διάλυμα απορροής που συλλέγεται μετά από κάθε πότισμα, συμπληρώνεται με νερό και επιπλέον θρεπτικά στοιχεία και επαναχρησιμοποιείται, με αποτέλεσμα την οικονομία στη κατανάλωση λιπασμάτων και σημαντική μείωση της ρύπανσης. Σε αυτό το σύστημα, μειονέκτημα αποτελεί η εύκολη εξάπλωση ασθενειών σε όλα τα φυτά της καλλιέργειας και το υψηλό κόστος επένδυσης, σε εξοπλισμό απολύμανσης του θρεπτικού διαλύματος που επανακυκλοφορεί (Κανάκης, 1998).

### 2.2.1. Άρδευση υδροπονικών καλλιεργειών

Η άρδευση των υδροπονικών καλλιεργειών γίνεται μέσω του θρεπτικού διαλύματος, δεδομένου ότι η παροχή του νερού συνδέεται άμεσα με τη χορήγηση λιπασμάτων. Οπότε δε γίνεται ποτέ χρήση καθαρού νερού κατά την άρδευση. Σκοπός της χορήγησης του θρεπτικού διαλύματος είναι να καλυφθούν οι ανάγκες των φυτών σε νερό και θρεπτικά στοιχεία. Θεωρητικά ο ιδανικός τρόπος άρδευσης είναι να ποτίζουμε όταν το υπόστρωμα έχει χάσει το 20% του νερού που μπορεί να συγκρατεί στην υδατοϊκανότητα. Στη πράξη όμως ο αριθμός των ποτισμάτων καθώς και η διάρκεια του κάθε ποτίσματος

εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες και το στάδιο ανάπτυξης του φυτού. Ο προγραμματισμός γίνεται ως εξής:

1. Το ποσοστό του διαλύματος που απορρέει σε κάθε πότισμα θα πρέπει να είναι το 15-20% της εφαρμοζόμενης ποσότητας.
2. Η E.C. στο υπόστρωμα θα πρέπει να είναι το πολύ 0.5 mS/cm μεγαλύτερη της E.C. του διαλύματος που ποτίζουμε. Για παράδειγμα όταν το διάλυμα που αρδεύουμε έχει E.C. 1.8 mS/cm και η E.C. μέσα στο υπόστρωμα είναι μεγαλύτερη του 2.3 mS/cm αυξάνουμε τα ποτίσματα ή τη διάρκεια του κάθε ποτίσματος.
3. Η κατανομή των ποτισμάτων θα πρέπει να είναι συχνότερη τις ώρες της ημέρας που οι απαιτήσεις των φυτών για νερό είναι αυξημένες (μεταξύ 12:00-17:30).
4. Στη περίπτωση που το νερό άρδευσης είναι αλατούχο (E.C. > 1.25 mS/cm) τότε υπάρχει περίπτωση εφαρμογής ποτισμάτων και κατά τη διάρκεια της νύχτας (εφόσον οι συνθήκες περιβάλλοντος το επιτρέπουν) (Λίβα, 2005; Γεωργία και ανάπτυξη, 1993).

### 2.3. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ

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

Η χρησιμότητα του εδάφους για τα φυτά συνίσταται στην εξασφάλιση της ανόργανης θρέψης τους και στη παροχή μηχανικής υποστήριξης. Πρόβλημα στήριξης των φυτών όμως δεν υφίσταται στις υδροπονικές καλλιέργειες στις οποίες γίνεται χρήση υποστρώματος καθώς τα χαμηλής ανάπτυξης φυτά (π.χ. μαρούλι) στηρίζονται ικανοποιητικά από το υπόστρωμα ενώ φυτά που αποκτούν μεγάλο ύψος (π.χ. τομάτα, αγγούρι) υποστυλώνονται. Η βασική λειτουργία που καλούνται επομένως να επιτελέσουν επιτυχώς τα υποστρώματα είναι η εξασφάλιση καλής και ισορροπημένης θρέψης.

Για να είναι σε θέση ένα υπόστρωμα να επιτελεί με το καλύτερο τρόπο το ρόλο για τον οποίο προορίζεται πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Σταθερή δομή,

- Ικανοποιητική αναλογία μεταξύ νερού και αέρα,
- Ομοιομορφία στη σύσταση,
- Απαλλαγμένο από παθογόνα,
- Εύκολο στη χρήση του,
- Σχετικά χαμηλό κόστος,
- Να είναι χημικά αδρανές (Κουσουρή, 2004).

### 2.3.1. Στερεά υποστρώματα υδροπονικών καλλιεργειών

**Περλίτης.** Είναι ηφαιστειακό υαλώδες πέτρωμα που έχει σχέση με την όξινη λάβα που εκχύθηκε επιφανειακά ή υποθαλάσσια και η οποία ψύχθηκε και στερεοποιήθηκε ταχύτατα. Οι συνθήκες ψύξης και στερεοποίησής του ήταν τέτοιες όπου δεν επέτρεψαν στα άτομά του, να τοποθετηθούν σε σχηματισμούς κρυσταλλικού πλέγματος, γεγονός που έδωσε τον υαλώδη ιστό του περλίτη.

Ακόμα η παρουσία νερού και διαφόρων αερίων που παγιδεύτηκαν στη μάζα του τη στιγμή της ψύξης και της στερεοποίησής του, επέδρασε και αυτό σημαντικά στο σχηματισμό του. Ο περλίτης περιέχει 2-6 % κρυσταλλικό νερό. Όταν θερμανθεί γρήγορα στους 1200-1300°C, διογκώνεται σε μια αφρώδη μάζα τουλάχιστο 10-20 φορές μεγαλύτερη από τον αρχικό της όγκο. Γι' αυτό και χρησιμοποιείται από τη Βιομηχανία, για τη δημιουργία ενός κοκκώδους υλικού με πλούσιο πορώδες, το οποίο έχει μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού. Το νερό συγκρατείται στους μικρούς πόρους, ενώ στους μεγάλους παραμένει αέρας, ακόμα και μετά από τη διαβροχή του.

Κοιτάσματα περλίτη, υπάρχουν στα νησιά Αντίπαρο, Κω, Μήλο, Νίσυρο αλλά προέρχεται κυρίως από τη Μήλο. Ο διογκωμένος περλίτης είναι πολύ ελαφρύς, με μόριο και πυκνότητα 0,9 και 0,1 g/cm<sup>3</sup>, αντίστοιχα. Το μέγεθος των κόκκων που χρησιμοποιείται στην υδροπονία είναι 0,1-0,3 mm (διάμετρο). Το ολικό πορώδες του περλίτη ανέρχεται στο 95%, η ικανότητα συγκράτησης νερού σε 200-450% του βάρους του και το ειδικό του βάρος 40-150 Kg/m<sup>3</sup>. Ο περλίτης συνδυάζεται πολύ καλά με τη τύρφη, βελτιώνοντας το πορώδες του μίγματος. Δε περιέχει άλατα, δε συγκρατεί θρεπτικά στοιχεία και έχει ουδέτερο pH (7-7,5). Δεν έχει καμία ρυθμιστική ικανότητα και δε περιέχει καθόλου μεταλλικές θρεπτικές ουσίες.

Ο περλίτης μετά από τη χρήση του, μπορεί να ξανααποστειρωθεί με την εφαρμογή ατμού, ενώ η σταθερότητά του, δεν επηρεάζεται πολύ από την επίδραση οξέων ή μικροοργανισμών (Λίβα, 2005).

**Βερμικουλίτης.** Είναι μαρμαρυγακό υλικό, το οποίο θερμαίνεται στους 1000°C και διογκώνεται.. Το νερό μετατρέπεται σε υψηλές θερμοκρασίες στο φούρνο και ωθεί τα στρώματα, το ένα μακριά από το άλλο. Κατά συνέπεια, ο διογκωμένος βερμικουλίτης αποτελείται από κόκκους που μοιάζουν με ακορντεόν. Είναι ελαφρύς και έχει υψηλό πορώδες. Έχει pH 7-7,2, χαμηλή EC και Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (ΙΑΚ) 65-140 meq/L. Αυτό δηλώνει ότι ο βερμικουλίτης μπορεί να αποθηκεύει θρεπτικά στοιχεία.

Επίσης, προσροφά ιόντα, όπως το φωσφορικό άλας. Αυτό οφείλεται στη μεγάλη επιφάνειά του και σε μερικές θετικά φορτισμένες περιοχές στις άκρες της αργίλου.

Όταν ο βερμικουλίτης γίνει μίγμα με τύρφη, μπορεί να συγκρατήσει αλλά και να αποδώσει μεγάλες ποσότητες νερού (ακόμα και το 35% του βάρους του σε νερό). Παρόλα αυτά, όταν αναμιχθεί με τύρφη αλλά και με άμμο, μειώνει την απώλεια αζώτου, φωσφόρου και καλίου λόγω απορροής.

Το ολικό πορώδες είναι 96% και το ειδικό του βάρος 0,9-1,4 Kg/m<sup>3</sup>. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε 1 ή 2 καλλιεργητικές περιόδους.

Το μειονέκτημα του βερμικουλίτη είναι ότι έχει μικρή διάρκεια ζωής, καταστρέφεται εύκολα, έχει υψηλό κόστος και η απολύμανσή του παρουσιάζει πρακτικές δυσκολίες.

Ο βερμικουλίτης είναι αρχικά αποστειρωμένο προϊόν, καθώς παράγεται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Παρόλα αυτά δε μπορεί να αποστειρωθεί με ατμό γιατί αποσυντίθεται κατά τη διάρκεια της θέρμανσης. Είναι ευαίσθητος στη μηχανική συμπίεση, η οποία μπορεί να αλέσει τα μόριά του σε σκόνη (Λίβα, 2005).

**Τύρφη.** Είναι το πιο συνηθισμένο οργανικό υπόστρωμα για τη καλλιέργεια εκτός εδάφους. Προέρχεται από ελώδεις περιοχές και γενικότερα από υγρά τοπούς μετά από αποδόμηση της υδροχαρούς βλάστησης. Σε τέτοιες περιοχές, με τη πάροδο του χρόνου, έχουν σχηματιστεί ολόκληρα κοιτάσματα από τα οποία η τύρφη εξορύσσεται, υφίσταται κάποιες επεξεργασίες όπως απολύμανση, άλεσμα, ομογενοποίηση, κτλ, και συσκευάζεται σε βιομηχανική κλίμακα.

Υπάρχουν δύο τύποι τύρφης.

❖ **Η ξανθιά τύρφη.** Έχει ινώδη υφή και η δομή της είναι πιο σταθερή από της μαύρης. Το ειδικό της βάρος είναι 50-100 g/L. Προέρχεται από τις Βαλτικές χώρες. Έχει πορώδες 90-95% του όγκου της με καλή αναλογία μεταξύ μικρών και μεγάλων πόρων, με μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού και αέρα. Η διαβροχή της γίνεται τουλάχιστον 1-2 ημέρες πριν χρησιμοποιηθεί. Είναι φτωχή σε θρεπτικά στοιχεία και έχει pH 3,5-4,0. Γι'

αυτό το λόγο πρέπει απαραίτητα να προσθέτουμε μικρή ποσότητα ( $\text{CaCO}_3$ ) σε ποσότητα  $4-6 \text{ kg/m}^3$  έτσι ώστε να ρυθμιστεί το pH της όταν χρησιμοποιηθεί σαν υπόστρωμα στην υδροπονία είτε αμιγής, είτε σε μίγματα.

❖ **Η μαύρη τύρφη.** Είναι σε πιο προχωρημένο στάδιο αποσύνθεσης από τη ξανθιά. Δεν έχει σταθερή δομή, έχει όμως μεγαλύτερο ειδικό βάρος από τη ξανθιά ( $120-200 \text{ gr / lt}$ ) και με πιο μικρό πορώδες, οπότε η ικανότητα συγκράτησης νερού είναι ελαφρώς μικρότερη, συνεπώς και η αεροπερατότητά της χαμηλότερη. Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων είναι μεγαλύτερη από τη ξανθιά. Κοιτάσματα μαύρης τύρφης υπάρχουν στην Ελλάδα με πιο σημαντικά αποθέματα των Φιλιππων στην Ανατολική Μακεδονία (Λίβα, 2005).

**Άμμος.** Χρησιμοποιείται στην υδροπονία προέρχεται συνήθως από την κοίτη των ποταμών (κρυσταλλική άμμος). Η άμμος της θάλασσας αποφεύγεται στις καλλιέργειες γιατί περιέχει πολλά άλατα. Εξαιρετικό υπόστρωμα αποτελεί η χαλαζιακή άμμος, όμως είναι πολύ ακριβή και γι' αυτό χρησιμοποιείται μόνο για σκοπούς μελέτης φαινομένων φυσιολογίας του φυτού.

Για να χρησιμοποιηθεί η άμμος πρέπει πρώτα να κοσκινιστεί έτσι ώστε να απομακρυνθούν τα σωματίδια διαμέτρου  $0,2 \text{ mm}$ , γιατί αυτά προκαλούν προβλήματα ασφυξίας στις ρίζες των φυτών.

Η άμμος έχει διάμετρο  $0,5-2 \text{ mm}$ . Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων της άμμου είναι μικρή. Οι κόκκοι της άμμου έχουν μικρό ως μηδαμινό πορώδες και δε συγκρατούν νερό στο εσωτερικό τους. Η άμμος σαν σύνολο σχηματίζει εκτεταμένο πορώδες στα μεσοδιαστήματα μεταξύ των κόκκων. Επειδή όμως οι πόροι της άμμου έχουν διάμετρο  $0,2-0,4 \text{ mm}$ , κατά το μεγαλύτερο ποσοστό των κόκκων δε μπορούν να συγκρατήσουν νερό. Γι' αυτό και η άμμος χαρακτηρίζεται με χαμηλή ικανότητα συγκράτησης υγρασίας, οπότε για να διατηρείται συνεχώς υγρή πρέπει να ποτίζεται πολύ τακτικά (πολλές φορές την ημέρα). Το συχνό πότισμα έχει ως αποτέλεσμα σημαντικές απώλειες σε θρεπτικό διάλυμα και νερό, όταν χρησιμοποιείται η άμμος σε ανοιχτό σύστημα υδροπονίας.

Η πυκνότητα της άμμου είναι υψηλή ( $1,48$  και  $1,80 \text{ g / cm}^3$  για τη λεπτόκοκκη και για τη χονδρόκοκκη άμμο αντίστοιχα). Πλεονέκτημα της καλλιέργειας σε άμμο είναι ο καλός αερισμός του ριζικού συστήματος, το φθινό κόστος και η απεριόριστη διάρκεια ζωής του. Για να αποφεύγονται όμως η εξάπλωση εδαφογενών ασθενειών, είναι καλύτερα να απολυμαίνεται πριν από την έναρξη κάθε νέας καλλιεργητικής περιόδου.

Η άμμος πλέον δε χρησιμοποιείται σαν υπόστρωμα στις υδροπονικές καλλιέργειες (Κανάκης, 1998).

**Χαλίκια.** Χρησιμοποιούνται ως υπόστρωμα σε υδροπονικές καλλιέργειες από το 1970. Τα χαλίκια είναι χονδρόκοκκο υπόστρωμα και προτιμούνται αυτά με στρογγυλοποιημένη τη περίμετρό τους, διότι σε αντίθετη περίπτωση τραυματίζονται τα φυτά στη κλίνη. Το πάχος των χαλικιών στη κλίνη είναι περίπου 18-20 cm.

Χρησιμοποιούνται συνήθως τα χαλίκια βασάλτη ή γρανίτη και τα χαλίκια ποταμών. Αποφεύγονται τα χαλίκια από μάρμαρο ή ασβεστόλιθο. Χαλίκια από πορώδη υλικά όπως η λάβα προτιμώνται περισσότερο από τα χαλίκια άλλων υλικών, γιατί έχουν μεγαλύτερη ικανότητα συγκράτησης του νερού. Αυτό έχει μεγαλύτερη αξία στις νότιες περιοχές γιατί το ξηροθερμικό κλίμα ευνοεί την εξατμισοδιαπνοή και οι απώλειες του νερού είναι πολύ μεγαλύτερες (Λίβα, 2005).

**Ελαφρόπετρα.** Είναι το κοινό όνομα του ορυκτού κιζειρίτη. Είναι ένα αργιλοπυριτικό ηφαιστειογενές ορυκτό όπου δεν έχει τη συμπαγή υφή των άλλων πετρωμάτων αλλά χαρακτηρίζεται από εκτεταμένο πορώδες σε όλη του τη μάζα. Σε αυτό οφείλεται και το όνομά της (ελαφρόπετρα). Το εκτεταμένο πορώδες της, την καθιστά ένα πέτρωμα με χαμηλό ειδικό βάρος. Το πορώδες στην ελαφρόπετρα οφείλεται στη διαφυγή ηφαιστειακών αερίων μέσα από την μάζα της κατά το χρόνο που γινόταν η ψύξη της λάβας.

Στη φύση η ελαφρόπετρα βρίσκεται σε μορφή μεγάλων πλακών ή τεμαχίων. Γι' αυτό και συναντάται στα λατομεία, όπου εκεί θρυμματίζεται σε μικρούς κόκκους μεγέθους 4-8 mm. Κοιτάσματα ελαφρόπετρας υπάρχουν στα νησιά του Αιγαίου (Κυκλάδες και Δωδεκάνησα), αλλά τα σημαντικότερα αποθέματα βρίσκονται στη Νίσυρο και στη Μήλο.

Η ελαφρόπετρα έχει καταστεί ως ένα πολύ ενδιαφέρον υπόστρωμα για τις υδροπονικές καλλιέργειες. Αυτό γιατί έχει πολλά πλεονεκτήματα. Η τιμή της ελαφρόπετρας είναι αρκετά χαμηλή (2-3 φορές χαμηλότερη απ' την τιμή του περλίτη). Αν συγκριθεί με τη τιμή αγοράς άλλων υποστρωμάτων όπως του πετροβάμβακα, η δαπάνη αγοράς της είναι θεαματικά χαμηλότερη. Εκτός αυτού, η ελαφρόπετρα έχει επιδείξει άριστη συμπεριφορά σε πειράματα αλλά και στις δοκιμές που έχουν γίνει μέχρι σήμερα στη τομάτα, πιπεριά γαρύφαλλο κ.α. (Λίβα, 2005).

**Cocosoil.** Είναι φυτόχωμα που προέρχεται από την αποσύνθεση των περιβλημάτων της ινδικής καρύδας. Είναι πλούσιο σε οργανική ουσία με καλή ικανότητα



συγκράτησης νερού και αεροπερατότητας. Έχει χαμηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, οπότε συμπεριφέρεται ως αδρανές υπόστρωμα. Το μειονέκτημά του είναι ότι σε δεδομένη χρονική στιγμή αρχίζει να αποσυντίθεται οπότε αρχίζει να συμπεριφέρεται ως χημικά πολύ ενεργό υλικό (Λίβα, 2005).

**Πετροβάμβακας.** Είναι ένα ανόργανο ινώδες υλικό που θεωρείται το πιο διαδεδομένο υλικό για τις υδροπονικές καλλιέργειες. Παράγεται με θερμική επεξεργασία ενός μίγματος που αποτελείται από 60% διαβάση, 20% άνθρακα και 20% ασβεστόλιθο. Το μίγμα θερμαίνεται και όταν η θερμοκρασία φτάσει τους 1600 °C , το μίγμα ρευστοποιείται και οδηγείται σε ένα περιστρεφόμενο τύμπανο, από το οποίο εξέρχεται σε μορφή λεπτών βελόνων διαμέτρου 0,05 mm και μήκος 3 mm. Στη συνέχεια οι βελόνες αυτές συμπλέκονται και συγκολλούνται μεταξύ του σε μια χαλαρή πλέξη με τη βοήθεια μιας συνθετικής ρητινικής ουσίας που ονομάζεται βακελίτης οπότε προκύπτει ένα προϊόν ελαφρύ και πορώδες με βαμβακώδη εμφάνιση.

Ο πετροβάμβακας έχει πορώδες 92-96% και ειδικό βάρος 60-100 kg/m<sup>3</sup>. Είναι το μόνο υπόστρωμα που χρησιμοποιείται αρκετά σε υδροπονικές καλλιέργειες. Είναι κατασκευασμένο από τον άνθρωπο ανόργανο υλικό, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό μορφή πλακών ή κύβων ως αδρανές υπόστρωμα για τη παραγωγή καλλιεργειών είτε σε ανοικτά είτε κλειστά υδροπονικά συστήματα.

Στις Σκανδιναβικές χώρες, ο πετροβάμβακας χρησιμοποιήθηκε σε καλλιέργειες στις αρχές τις δεκαετίας του '70. Από το 1975, ο πετροβάμβακας έχει χρησιμοποιηθεί από τους καλλιεργητές της Ολλανδίας. Ο λόγος της αλλαγής χρήσης του χώματος από πετροβάμβακα, βρίσκεται στα πολύ καλά αποτελέσματα που έδωσε σε διάφορες καλλιέργειες. Υποκινήθηκε περαιτέρω από την ανάγκη να μειωθεί η δυσκολία και το κόστος της αποστείρωσης. Μία καλλιέργεια φυτών σε πετροβάμβακα αποτελείται από σειρές πλακών του, που εσωκλείουν τους καλυμμένους με επίστρωμα πολυαιθυλενίου σάκους, που τοποθετούνται πάνω από φύλλα πολυστυρολίου πάχους 2,5 cm, οι οποίοι τοποθετούνται έτσι ώστε να διαμορφώσουν μία κλίση στο θερμοκήπιο. Το πολυστυρόλιο , χρησιμοποιείται για λόγους μόνωσης καθώς και για τη κατασκευή των καναλιών, που τοποθετούνται οι σωλήνες θέρμανσης της ριζικής ζώνης. Η θέρμανση της ρίζας, μπορεί επίσης να επιτευχθεί με τη θέρμανση του θρεπτικού διαλύματος σε 20°C, το πολύ προτού να εφαρμοσθεί στη συγκομιδή.

Οι πλάκες μπορούν να έχουν 90-100 cm μήκος, 15-30 cm πλάτος και 7,5 cm βάθος, ενώ και η χρήση στενών πλακών (15-20 cm), έχει βελτιώσει πολύ την οικονομική δυνατότητα ορισμένων θερμοκηπιακών καλλιεργειών.

Εναλλακτικά, οι πλάκες πετροβάμβακα τοποθετούνται στο τέλος των διπλών σειρών στη πλαστική ταινία. Το πλαστικό είναι 30 cm. πλατύτερο από τη πλάκα, οι άκρες του είναι διπλωμένες στη πλευρά και πάνω από τη πλάκα και κρατείται στη θέση του με καρφιά. Πριν από τη χρήση οι πλάκες πρέπει να είναι πλήρως διαποτισμένες με το συνιστώμενο διάλυμα λιπάσματος. Η συχνότητα άρδευσης ποικίλει από μία ως 20 φορές ανά ημέρα ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης και το τύπο των φυτών.

Οι σχισμές για την αποστράγγιση γίνονται στις πλευρές των σάκων μακριά από τους διαδρόμους. Οι τρύπες δημιουργούνται με διατρητική μηχανή μόνο, στο πάτωμα του πολυαιθυλενίου και καλύπτουν οποιοδήποτε σημείο στο οποίο συσσωρεύεται το διάλυμα (Κουσούρη, 2004).

#### 2.4. ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

Η ανόργανη θρέψη των φυτών που καλλιεργούνται υδροπονικά γίνονται αποκλειστικά μέσω του θρεπτικού διαλύματος. Βασικοί παράμετροι των διαλυμάτων αποτελούν η σύνθεσή τους, η διαδικασία παρασκευής τους και ο τρόπος χορήγησή τους στα φυτά καθώς και η εποπτεία και ο έλεγχος του θρεπτικού διαλύματος στο χώρο του ριζοστρώματος. Με το τρόπο αυτό γίνεται εύκολη η έγκαιρη διάγνωση κάθε προβλήματος που πιθανόν να υπάρξει και εφαρμόζονται οι διορθωτικές επεμβάσεις σε περίπτωση που οι ιδιότητες του διαλύματος εμφανίσουν αποκλίσεις από τις επιθυμητές τιμές.

##### 2.4.1. Λιπάσματα που χρησιμοποιούνται στη παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων

Τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για τη παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων επιλέγονται με βάση ορισμένα χαρακτηριστικά τους όπως είναι η διαλυτότητα, η καθαρότητα και το κόστος τους.

Σύνθετα πλήρη υδατοδιαλυτά λιπάσματα που αποτελούν μίγμα απλών λιπασμάτων δε συνίσταται να χρησιμοποιούνται. Συγκεκριμένα, τα λιπάσματα δε δύναται να περιέχουν όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία π.χ. εάν περιέχουν φώσφορο και θείο δεν είναι δυνατό να περιέχουν ταυτόχρονα και ασβέστιο. Κάτι τέτοιο θα είχε σαν αποτέλεσμα τη κατακρήμνιση αλάτων φωσφορικού ασβεστίου και θειικού ασβεστίου, που θα δημιουργούσαν προβλήματα στη τροφοδοσία του φυτού με τα παραπάνω θρεπτικά

στοιχεία. Επίσης η χρήση ενός σύνθετου λιπάσματος κάνει δύσκολη τη προσαρμογή της θρέψης στις εκάστοτε καλλιεργητικές απαιτήσεις και δυσκολεύει τη πραγματοποίηση διορθωτικών επεμβάσεων.

Τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία είναι απλά υδατοδιαλυτά και αποτελούνται από μια χημική ένωση (με εξαίρεση το νιτρικό ασβέστιο), συνοδευόμενη συνήθως και από νερό, είτε σε κρυσταλλική μορφή (άλατα) είτε ως διαλύτη. Όλα σχεδόν τα λιπάσματα, ως πηγές μακροστοιχείων, κατά τη παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων, αποτελούνται από δύο ιόντα θρεπτικών στοιχείων, ένα κατιόν και ένα ανιόν. Τα υδατοδιαλυτά άλατα αυτών, ενώ το ένα ιόν είναι θρεπτικό μακροστοιχείο και το άλλο όχι, δε χρησιμοποιούνται ως λιπάσματα μακροστοιχείων στην υδροπονία. Αυτό συμβαίνει καθώς υπάρχει ο κίνδυνος της επιβάρυνσης του θρεπτικού διαλύματος με ένα ανεπιθύμητο ιόν σε υψηλές σχετικά συγκεντρώσεις με επιβλαβή αποτελέσματα στα φυτά στα οποία θα χορηγηθεί ένα τέτοιο θρεπτικό διάλυμα (Λίβα, 2005).

#### 2.4.2. Σύνθεση θρεπτικού διαλύματος

Το μόνο στοιχείο που δεν υπάρχει στα διαλύματα, είναι ο άνθρακας (C), γιατί το φυτό τον προσλαμβάνει από την ατμόσφαιρα ως διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Το υδρογόνο και το οξυγόνο τα προσλαμβάνει από το νερό, ενώ το οξυγόνο το προσλαμβάνει από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Το χλώριο (Cl) εμπεριέχεται σχεδόν πάντα ως χλωριούχο ανιόν στο νερό. Τα μακροστοιχεία άζωτο (N), φώσφορο (P), θείο (S), κάλιο (K), ασβέστιο (Ca) και μαγνήσιο (Mg) και τα ιχνοστοιχεία ψευδάργυρος (Zn), μολυβδαίνιο (Mo), μαγγάνιο (Mn), βόριο (B), σίδηρος (Fe) και χαλκός (Cu) πρέπει να προστίθενται στο θρεπτικό διάλυμα (Ολύμπιος, 2001).

#### 2.4.3. Χαρακτηριστικά θρεπτικών διαλυμάτων

##### **α) Ηλεκτρική αγωγιμότητα – Electrical Conductivity (EC)**

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) σαν φυσικό μέγεθος είναι το αντίστροφο της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας ενός υλικού. Μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι διεθνώς το dS/m.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός υδατικού διαλύματος σε συγκεκριμένη θερμοκρασία, είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των ιόντων που βρίσκονται διαλυμένα σ' αυτό. Από την ηλεκτρική αγωγιμότητα πληροφορούμαστε για τη συγκέντρωση των

αλάτων που περιέχονται και όχι για το είδος τους. Ο προσδιορισμός της EC είναι εύκολος και θα πρέπει να γίνεται καθημερινά.

Κατά τον έλεγχο της EC, η ένδειξη τιμών χαμηλότερων από το κατώτερο όριο, δηλώνει ότι η περιεκτικότητα του διαλύματος σε ορισμένα θρεπτικά στοιχεία είναι ανεπαρκής. Ενώ αν βρεθούν τιμές πολύ υψηλές, πάνω από το ανώτατο όριο, δηλώνουν ότι η συνολική περιεκτικότητα του διαλύματος σε άλατα είναι τόσο μεγάλη, ώστε τα φυτά να υφίστανται αλατούχο καταπόνηση. Οι τιμές της EC ενός διαλύματος κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 2 και 3 dS/m.

Σε περιόδους που επικρατεί ζεστός καιρός και ηλιοφάνεια και γενικά συνθήκες που ευνοούν υψηλούς ρυθμούς διαπνοής, οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας θα πρέπει να τείνουν στα κατώτερα όρια. Αντίθετα, σε συνθήκες χαμηλών ρυθμών διαπνοής, συννεφιά, υγρό καιρό και χαμηλές τιμές θερμοκρασίας, ενδείκνυται τιμές κοντά στα ανώτερα όρια που συνιστούνται στο συγκεκριμένο φυτό και στο στάδιο καλλιέργειας. Μικρές αυξήσεις στη τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μπορούν να πετύχουν ομοιόμορφη ανύψωση της συγκέντρωσης όλων των θρεπτικών στοιχείων, που περιέχονται στο διάλυμα, έτσι ώστε οι μεταξύ τους αναλογίες να παραμένουν σταθερές (Ολύμπιος, 2001).

#### **β) Το pH των θρεπτικών διαλυμάτων**

Το pH του θρεπτικού διαλύματος, ως μέτρο της περιεκτικότητας σε ιόντα υδρογόνου, έχει καθοριστική σημασία σε μία καλλιέργεια. Το pH πρέπει να κυμαίνεται σε επίπεδα ανάλογα με τις απαιτήσεις των φυτών και συγκεκριμένα για τη πιπεριά από 5,5 έως 6,0. Όταν αυτό είναι χαμηλότερο ή υψηλότερο από τη κατάλληλη τιμή, ορισμένα θρεπτικά στοιχεία καθίστανται δυσδιάλυτα [κυρίως ο σίδηρος (Fe) και ο φώσφορος (P), στη περίπτωση που το pH κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα], οπότε η απορρόφησή τους από τα φυτά δυσχεραίνεται, ενώ άλλα στοιχεία απορροφούνται πιο γρήγορα [όπως το αργίλιο (Al) και το μολυβδαίνιο (Mo) όταν το pH είναι χαμηλό]. Αποτέλεσμα είναι οι διαταραχές που εμφανίζονται στη θρέψη του φυτού, όπως τροφopenίες και τοξικότητες (Ολύμπιος, 2001).

### **2.5. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

Η εγκατάσταση με τη βοήθεια της οποίας πραγματοποιείται η υδροπονική καλλιέργεια των φυτών, από άποψη εξοπλισμού, αποτελείται από τρία επιμέρους τμήματα:

- α) το σύστημα παρασκευής του θρεπτικού διαλύματος
- β) το σύστημα παροχής του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά
- γ) τους υποδοχείς των φυτών και των υποστρωμάτων στο θερμοκήπιο (Κουσούρη, 2004)

#### 2.5.1. Σύστημα παρασκευής του θρεπτικού διαλύματος

Πρωταρχική συνιστώσα για την κατασκευή του συστήματος παρασκευής του θρεπτικού διαλύματος αποτελεί η εγκατάσταση παροχής νερού, δηλαδή το αρδευτικό δίκτυο μέσα από το οποίο διέρχεται νερό καλής ποιότητας. Το νερό διέρχεται μέσα από ειδικά φίλτρα έτσι ώστε να συγκρατούνται ξένες ουσίες και να καθαρίζεται. Για τη παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος με το οποίο τροφοδοτούνται τα φυτά χρησιμοποιούνται λιπάσματα που διοχετεύονται σε μεγάλα δοχεία που έχουν συνήθως χωρητικότητα 120 L καθώς και δοχεία όγκου 80 L για την διοχέτευση του οξέος. Οι ποσότητες των λιπασμάτων μέσα στο δοχείο είναι πολλαπλάσιες αυτών που χρειάζονται τα φυτά. Επομένως τα διαλύματα που προκύπτουν είναι πυκνά μητρικά διαλύματα. Για τα δοχεία η αραιώση είναι 1:100. Επειδή πρέπει να δημιουργηθούν διάφορα επίπεδα στις συγκεντρώσεις του θρεπτικού διαλύματος, χρησιμοποιούνται πολλά δοχεία έτσι ώστε να εξασφαλιστούν οι ακριβείς συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων στο εκάστοτε θρεπτικό διάλυμα.

Όπως έχει αναφερθεί, ορισμένα λιπάσματα δε μπορούν να τοποθετηθούν μαζί στο ίδιο δοχείο πυκνών διαλυμάτων και να αναμιχθούν μεταξύ τους. Για το λόγο αυτό πρέπει να χρησιμοποιούνται περισσότερα από ένα τέτοια δοχεία, δεδομένου ότι το νιτρικό ασβέστιο δε μπορεί να τοποθετηθεί στο ίδιο δοχείο με φωσφορικά και θειικά λιπάσματα, σε μεγάλες συγκεντρώσεις. Σε αντίθετη περίπτωση συνεπάγεται κατακρήμνιση αλάτων φωσφορικού ασβεστίου και θειικού ασβεστίου, λόγω της χαμηλής διαλυτότητας που έχουν αυτά τα δύο άλατα. Συνήθως το δοχείο στο οποίο τοποθετείται το οξύ είναι ξεχωριστό. Οι ποσότητες λιπασμάτων που πρέπει να προστεθούν στο νερό για τη παρασκευή ορισμένου όγκου πυκνών διαλυμάτων αποτελούν τη λεγόμενη υδροπονική πράξη, συνταγή παρασκευής θρεπτικού διαλύματος.

Τα δοχεία πυκνών μητρικών διαλυμάτων συνδέονται με ένα σύστημα μίξης, το οποίο αραιώνει ισότοπα τα μητρικά διαλύματα. Η αναλογία αραιώσης είναι τόση όσες φορές πιο πυκνά έχουν παρασκευαστεί τα μητρικά διαλύματα, αναφορικά με το αραιό διάλυμα, με το οποίο θα τροφοδοτηθούν τα φυτά.

Η μονάδα αραιώσης πυκνών διαλυμάτων καθορίζεται μέσω ενός αυτόματου μίκτη λιπασμάτων, ειδικά κατασκευασμένου για χρήση στις υδροπονικές καλλιέργειες (Κουσούρη, 2004).

#### 2.5.2. Αραίωση πυκνών διαλυμάτων με αυτόματο μίκτη λιπασμάτων

Οι περισσότερες υδροπονικές μονάδες, χρησιμοποιούν πολύπλοκες εγκαταστάσεις για την αραιώση των πυκνών διαλυμάτων, τους αυτόματους μίκτες λιπασμάτων, οι οποίοι εργάζονται με μεγαλύτερη ακρίβεια και προσφέρουν περισσότερη ευελιξία, ως προς τους χειρισμούς του θρεπτικού διαλύματος ενώ είναι σημαντικά αυξημένες και οι δυνατότητες αυτοματισμού που περιέχουν.

Ο αυτόματος μίκτης περιλαμβάνει:

- 1) Ένα δοχείο στο οποίο γίνεται η ανάμειξη του νερού με τα πυκνά διαλύματα.
- 2) Ένα πλωτήρα για τον έλεγχο της στάθμης του νερού στο δοχείο αυτό.
- 3) Ένα σωλήνα εισόδου του νερού του δικτύου, στο κάδο ανάμειξης.
- 4) Ένα σωλήνα επιστροφής στον κάδο ανάμειξης του χρησιμοποιημένου θρεπτικού διαλύματος, που επανασυλλέγεται σε περίπτωση που έχουμε ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος (κλειστό υδροπονικό σύστημα).
- 5) Σωλήνες εισαγωγής των πυκνών διαλυμάτων στο κάδο ανάμειξης σε αριθμό ίσο με των μητρικών διαλυμάτων.
- 6) Ηλεκτροβάνες για τον έλεγχο εισαγωγής του νερού του δικτύου και των πυκνών διαλυμάτων στον κάδο ανάμειξης, από μία για κάθε σωλήνες.
- 7) Σωλήνα εξαγωγής του έτοιμου διαλύματος από τον κάδο ανάμειξης προς τα φυτά.
- 8) Αισθητήρες για την μέτρηση του pH και τη μέτρηση της EC του διαλύματος μέσα στον κάδο ανάμειξης (Κουσούρη, 2004).

#### 2.5.3. Σύστημα αυτόματου ελέγχου

Το σύστημα αυτόματου ελέγχου αποτελείται από πολυδύναμους μίκτες λιπασμάτων εφοδιασμένους με πολλά δοχεία. Ο μίκτης λιπασμάτων έχει τόσες ηλεκτροβάνες και μικροαντλίες εισαγωγής πυκνών διαλυμάτων στον κάδο ανάμειξης όσα και τα βαρέλια των πυκνών διαλυμάτων. Η όλη λειτουργία της μονάδας ελέγχεται από κεντρικό ηλεκτρονικό υπολογιστή. Με το τρόπο αυτό δίνεται η δυνατότητα επίτευξης απείρων συνδυασμών στις συγκεντρώσεις των επιμέρους θρεπτικών στοιχείων στο

θρεπτικό διάλυμα, μέσω κατάλληλου προγραμματισμού του ηλεκτρονικού υπολογιστή και μόνο, όποτε δεν απαιτείται η παρασκευή νέων πυκνών διαλυμάτων κάθε φορά που είναι απαραίτητη κάποια τροποποίηση στη ιοντική σύνθεση του περιεχομένου στα φυτά διαλύματος (Λίβα, 2005).

#### 2.5.4. Σύστημα παροχής του θρεπτικού διαλύματος

Για τη μεταφορά του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά, είναι απαραίτητη κατ' αρχήν μία αντλία κατάλληλης παροχής, η οποία είναι ενσωματωμένη πάνω στο μίκτη λιπασμάτων και είναι συνδεδεμένη με την έξοδο του αραιού διαλύματος από το κάδο ανάμειξης. Επειδή η καλλιέργεια γίνεται σε κανάλια και κάθε κανάλι τροφοδοτείται με διαφορετικό θρεπτικό διάλυμα υπάρχει ένας πίνακας με ηλεκτροβάνες, έτσι ώστε η κάθε ηλεκτροβάνη να αντιστοιχεί σε ένα κανάλι. Έτσι αυτόματα μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή υπολογίζεται η συγκέντρωση του θρεπτικού διαλύματος και το κανάλι που τροφοδοτείται μ' αυτό.

Τα φυτά αναπτύσσονται σε στερεό υπόστρωμα, η ανώτερη επιφάνεια του οποίου δε βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο σε όλο το μήκος των γραμμών των φυτών, είναι η πιο συνηθισμένη στην υδροπονική πράξη.

Η μεταφορά του διαλύματος στα φυτά γίνεται μέσω ενός δικτύου εύκαμπτων σωλήνων από μαύρο πλαστικό πολυαιθυλένιο κατάλληλης διατομής όμοιο με τις συνηθισμένες εγκαταστάσεις στάγδην άρδευσης οι οποίες χρησιμοποιούνται σε καλλιέργειες εδάφους. Ο κεντρικός αγωγός που ξεκινάει από το μίκτη λιπασμάτων διαμέτρου Φ-20, συνδέεται με τον πίνακα με τις ηλεκτροβάνες και συνεχίζει πάλι με αγωγό διαμέτρου Φ-20, έως τα κανάλια της υδροπονίας.

Κάθε αγωγός τροφοδοτεί με θρεπτικό διάλυμα, μία γραμμή φυτών. Οι αγωγοί αυτοί φέρουν μικροσωλήνες (μακαρόνια) σε κάθε θέση φυτού, μέσω των οποίων γίνεται η διανομή του θρεπτικού διαλύματος (Λίβα, 2005).

#### 2.5.5. Υποδοχείς φυτών και υποστρωμάτων

Το έδαφος του θερμοκηπίου ισοπεδώνεται πλήρως διότι η υδροπονία χρησιμοποιείται επί μονίμου βάσεως. Το έδαφος έχει στρωθεί με μπετόν ώστε να μην υπάρχουν ανομοιομορφίες στο έδαφος, με αποτέλεσμα να διευκολύνεται ο καλλιεργητής. Πάνω στο μπετό εγκαθίσταται ένα σύστημα παράλληλης τοποθέτησης υδρορροών μέσα στις οποίες θα τοποθετηθεί το υπόστρωμα καλλιέργειας, έτσι ώστε να μπορεί να

συγκεντρώνεται το θρεπτικό διάλυμα που απορρέει από το υπόστρωμα, σε περίπτωση που το σύστημα λειτουργήσει ως κλειστό υδροπονικό. Οι υδρορροές είναι κατασκευασμένες από γαλβανισμένες μεταλλικές λαμαρίνες, έχουν πλάτος 25-30 cm και το μήκος που μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με τις απαιτήσεις.

Για να είναι δυνατή η φυσική ροή του διαλύματος που απορρέει, οι υδρορροές τοποθετούνται πάνω σε ειδικά στηρίγματα ώστε να έχουν κλίση γύρω 1,5-2% κατά μήκος. Πάνω στις υδρορροές στρώνονται φύλλα πλαστικού πολυαιθυλενίου, τα οποία καλύπτουν όλη την υδρορροή.

Τα πλαστικά φύλλα πολυαιθυλενίου είναι συνήθως 3 mm πάχους και έχουν μαύρο χρώμα στη κάτω επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το μέταλλο της υδρορροής και λευκό γαλακτώδες στη πάνω επιφάνεια. Με τον τρόπο αυτό, αφενός μεν δεν έχουμε διάβρωση του μετάλλου, λόγω των αλάτων του θρεπτικού διαλύματος και δημιουργία άλγεων, και αφετέρου η ηλιακή ακτινοβολία ανακλάται πάνω στη λευκή άνω επιφάνεια του πλαστικού και διαχέεται μέσα στο θερμοκήπιο, αυξάνοντας τη φωτεινότητα στα κατώτερα τμήματα των φυτών, γεγονός που είναι ιδιαίτερα χρήσιμο κατά τις φτωχές σε ηλιοφάνεια περιόδους. Τέλος, πάνω στο πλαστικό φύλλο τοποθετούνται τα υπόλοιπα υλικά της εγκατάστασης, από τα οποία σπουδαιότερο είναι το υπόστρωμα καλλιέργειας. Πάνω σε αυτό, σε συγκεκριμένες αποστάσεις τοποθετούνται τα φυτά, ανάλογα με τις απαιτήσεις του είδους που καλλιεργείται κάθε φορά.

Πάνω στο πλαστικό φύλλο τοποθετούνται τα υπόλοιπα υλικά της εγκατάστασης (Λίβα, 2005).

## 2.6. ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ

Θερμοκήπιο είναι μία κατασκευή η οποία καλύπτεται με διαφανές υλικό, ώστε να είναι δυνατή η είσοδος όσο το δυνατό περισσότερου φυσικού φωτισμού, που είναι απαραίτητος στην ανάπτυξη των φυτών.

Τα προϊόντα που παράγονται σ' ένα θερμοκήπιο ανήκουν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- A) Τα τρόφιμα (κύρια κηπευτικά και φρούτα) και
- B) Τα καλλωπιστικά φυτά (φυτά σε γλάστρα και θρεπτά άνθη)

Με το θερμοκήπιο γενικά :

- ❖ Αποφεύγονται ζημιές από αέρα, βροχή, χιόνι και χαλάζι.



❖ Ανάλογα με τον εξοπλισμό του, παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης των παραγόντων του περιβάλλοντος της κόμης των φυτών (υπέργειο τμήμα) με αρκετή ακρίβεια.

❖ Παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης των παραγόντων του περιβάλλοντος της ρίζας των φυτών, όπως: της υγρασίας, του οξυγόνου, της θερμότητας, των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων και του pH, που με τη χρήση κατάλληλων εδαφικών υποστρωμάτων ή υδροπονικών καλλιεργειών, μπορούν να φτάσουν με ακρίβεια τις απαιτήσεις των φυτών.

❖ Παρέχεται η δυνατότητα αποτελεσματικότερης φυτοπροστασίας από ασθένειες και έντομα, λόγω περιορισμένου χώρου και εξειδικευμένου εξοπλισμού. Επιπλέον σ' ένα θερμοκήπιο που παρέχει τη δυνατότητα ακριβούς ρύθμισης των συνθηκών του περιβάλλοντος έτσι ώστε να ευνοεί την ανάπτυξη των φυτών, η ανάπτυξη φυτοασθενειών είναι πολύ σπανιότερη από ότι σ' ένα θερμοκήπιο του οποίου ο εξοπλισμός δε παρέχει τέτοια δυνατότητα. Ειδικότερα σε θερμοκήπια στα οποία γίνεται μια απλή μόνο τροποποίηση του περιβάλλοντος των φυτών, με τη κατασκευή, επιτυγχάνεται συνήθως: πρώιμη ή όψιμη παραγωγή φυτικών προϊόντων και αποφυγή ζημιών στα φυτά και τη παραγωγή από αέρα, βροχή, χαλάζι κ.λπ. (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

### 2.6.1. Υλικά κατασκευής θερμοκηπίου

#### 2.6.1.1. Υλικά κατασκευής σκελετού

##### Ξόλο

##### **Πλεονεκτήματα**

- I. Έχει σχετικά μικρό κόστος.
- II. Αρκεί ένας απλός εξοπλισμός για την επεξεργασία του κι έτσι μπορεί ο ίδιος ο καλλιεργητής να κατασκευάσει ένα φθινό θερμοκήπιο.
- III. Δε δημιουργεί σημαντικές φθορές στο πλαστικό, γιατί δεν υπερθερμαίνεται όπως το μέταλλο.

##### **Μειονεκτήματα**

- I. Μικρότερη μηχανική αντοχή σε σχέση με το μέταλλο.
- II. Μεταβολή του σχήματος του (στρέβλωση) από την εναλλασσόμενη ύγρανση και ξήρανση, στο χώρο του θερμοκηπίου.
- III. Προσβάλλεται εύκολα από βιολογικούς εχθρούς, όπως έντομα, μύκητες και βακτήρια.

IV. Απαιτεί μεγαλύτερες διατομές ξύλου ή περισσότερα στοιχεία για την ασφαλή μεταφορά των φορτίων, με αποτέλεσμα να κατασκευάζονται θερμοκήπια με περισσότερη σκίαση στο χώρο τους (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

#### **Μέταλλο**

Τα συνηθέστερα μέταλλα που χρησιμοποιούνται στη κατασκευή του σκελετού των θερμοκηπίων είναι ο χάλυβας και το αλουμίνιο.

#### **Πλεονεκτήματα**

- I. Μεγάλη μηχανική αντοχή.
- II. Αμετάβλητο σχήμα
- III. Απρόσβλητο από βιολογικούς εχθρούς
- IV. Μικρότερες διατομές - μικρότερη σκίαση

#### **Μειονεκτήματα**

- I. Υψηλό κόστος κατασκευής
- II. Μεγαλύτερη τοπική θέρμανση
- III. Δύσκολη κατασκευή

#### **2.6.1.2 Υλικά κάλυψης θερμοκηπίου**

Γενικά η επιλογή των διαφόρων υλικών κάλυψης πρέπει να βασίζεται στις παρακάτω ιδιότητες:

- Περαιτότητα στο φως
- Μηχανική αντοχή
- Θερμοπερατότητα
- Περαιτότητα στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία
- Ευαισθησία στη γήρανση
- Αντίσταση στα χτυπήματα από χαλάζι
- Μέγεθος της διαφανούς επιφάνειας που μπορεί να κατασκευαστεί
- Αντίσταση στο σκίσιμο
- Ευαισθησία στη συγκράτηση σκόνης
- Τρόπος συμπύκνωσης υγρασίας (σε σταγόνες ή σε μεμβράνη)
- Περαιτότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία (U.V. μέχρι 0,4 μm)
- Ευαισθησία στις διάφορες χημικές ουσίες

Τα υλικά κάλυψης είναι:

1. Εύκαμπτο πλαστικό

2. Πολυαιθυλένιο καθαρό χωρίς προσμίξεις
3. Πολυαιθυλένιο διαφανές κοινό, εμπορίου
4. Πολυαιθυλένιο με σταθεροποιητή U.V.
5. P.V.C διαφανές καθαρό
6. P.V.C διαφώτιστο
7. Mylar (πολυεστέρας φύλλο)
8. Ακρυλικό διπλού επιπέδου
9. Σκληρό πλαστικό
10. Πολυεστέρας ενισχυμένος με ίνες υάλου
11. Πολυκαρβονικές επιφάνειες διπλού επιπέδου
12. Υαλοπίνακες

### 2.6.1.3. Τύποι θερμοκηπίων

Οι βασικοί τύποι των θερμοκηπίων διακρίνονται σε σχέση με το σχήμα της κατασκευαστικής μονάδας. Τα θερμοκήπια κατασκευάζονται σε διάφορα σχήματα. Δύο όμως είναι τα βασικά σχήματα από τα οποία με μικρές παραλλαγές προκύπτουν σχεδόν όλα τα άλλα: το τοξωτό και το αμφικλινές. Οι παραλλαγές σχημάτων που προκύπτουν είναι οι εξής.

- ❖ **Αμφίρρικτο**

- ❖ **Αμφίρρικτο απλό.** Λέμε το θερμοκήπιο που σχηματίζεται με τη κατά μήκος επανάληψη της κατασκευαστικής μονάδας.

- ❖ **Αμφίρρικτο πολλαπλό.** Λέμε το θερμοκήπιο που σχηματίζεται με τη κατά μήκος και πλάτος επανάληψη της κατασκευαστικής μονάδας.

Πλεονεκτήματα: Εύκολη τυποποίηση, μεγάλη ευρυχωρία, παθητικός εξαερισμός οροφής, υαλόφρακτο.

Μειονεκτήματα: Υψηλό κόστος κατασκευής.

- ✓ **Τοξωτό.** Λέμε το θερμοκήπιο που η απλή κατασκευαστική του μονάδα καθορίζεται από δύο συνεχόμενα τόξα.

- ✓ **Τοξωτό απλό.** Λέμε το θερμοκήπιο που σχηματίζεται με τη κατά μήκος επανάληψη της κατασκευαστικής μονάδας.

- ✓ **Τροποποιημένο τοξωτό.**

✓ **Τροποποιημένο τοξωτό απλό.** Το θερμοκήπιο που σχηματίζεται από την κατά μήκος επανάληψη της κατασκευαστικής του μονάδας.

✓ **Τροποποιημένο τοξωτό πολλαπλό.** Το θερμοκήπιο που σχηματίζεται από τη κατά μήκος και πλάτος επανάληψη της κατασκευαστικής του μονάδας.

Πλεονεκτήματα: Ευκολία κατασκευής, ελαφρύς σκελετός

Μειονεκτήματα: Αδυναμία εξαερισμού της οροφής, δυσκολία εργασιών στις άκρες, αποκλεισμός υαλόφρακτου (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

### 2.6.2. Εξοπλισμός θερμοκηπίου

Εκτός από τη σωστή κατασκευή του θερμοκηπίου, που είναι αναγκαία προϋπόθεση για μια επιτυχημένη παραγωγική επιχείρηση, είναι εξίσου αναγκαίος και ο κατάλληλος εξοπλισμός που επιτρέπει την ακριβή ρύθμιση των παραγόντων του περιβάλλοντος των φυτών. Ο συνήθης εξοπλισμός ενός θερμοκηπίου αποτελείται από τον εξοπλισμό για εξαερισμό, θέρμανση, φωτισμό, σκίαση, εμπλουτισμό με διοξείδιο του άνθρακος, άρδευση, λίπανση, απολύμανση, εκμηχάνιση εργασιών και αυτοματισμούς.

#### 2.6.2.1 Τεχνητός φωτισμός

Με στόχο την αύξηση της παραγωγής της φωτοσύνθεσης σε περιόδους που δεν είναι αρκετός ο φυσικός φωτισμός, χρησιμοποιείται συχνά συμπληρωματικός φωτισμός, ώστε να συμπληρώνεται 12-16 ώρες φως την ημέρα. Η πυκνότητα του φωτισμού για τα δρεπτά άνθη και τα κηπευτικά πρέπει να είναι τέτοια ώστε να επιτυγχάνονται τουλάχιστον 20 κLux. Οι λαμπτήρες αποτελούν τις πηγές τεχνητού φωτισμού. Οι διάφοροι λαμπτήρες που χρησιμοποιούνται ως πηγές τεχνητού φωτισμού είναι:

1. **Λαμπτήρες πυρακτώσεως.** Χρησιμοποιούνται για αύξηση του μήκους της ημέρας στη ρύθμιση της φωτοπεριόδου.

2. **Κοινοί σωληνωτοί λαμπτήρες φθορισμού.** Χρησιμοποιούνται για αύξηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας σε νεαρά φυτά.

3. **Gro Lux.** Είναι ειδικά κατασκευασμένοι για φωτοσύνθεση και ρύθμιση της φωτοπεριόδου.

4. **Λαμπτήρες υδραργύρου υψηλής πίεσεως με εσωτερικό ανακλαστήρα.** Είναι λαμπτήρες φθορισμού πολύ μεγαλύτερης ισχύος

5. **Λαμπτήρες υδραργύρου υψηλής πίεσεως με πρόσθετα μέταλλο – αλογόνου.** Είναι σχετικά διαδεδομένη η χρησιμοποίησή τους σε θερμοκήπια για αύξηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας.

6. **Λαμπτήρες υψηλής πίεσεως Νατρίου (HPS).** Είναι οι περισσότερο χρησιμοποιούμενοι λαμπτήρες φθορισμού στα θερμοκήπια για αύξηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτών

7. **Λαμπτήρες φθορισμού με ηλεκτρονική ρύθμιση και ενσωματωμένο ballast.** Είναι πολύ αποδοτικοί λαμπτήρες σε φως, το 32%-35% της ηλεκτρικής ενέργειας μετατρέπεται σε ορατή ακτινοβολία και έχουν μεγάλο χρόνο ζωής (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

Το χειμώνα που η διάρκεια της νύχτας είναι μεγάλη, όταν θέλουμε να τη περιορίσουμε για να αλλάξουμε το φωτοπεριοδισμό των φυτών, το κάνουμε με τεχνητό φωτισμό.

Για την επιμήκυνση της φωτοπεριόδου χρησιμοποιούνται λαμπτήρες πυρακτώσεως, γιατί δίνουν περισσότερη ενέργεια στη περιοχή του κόκκινου και του υπέρυθρου. Η απαιτούμενη ένταση φωτισμού στα φυτά είναι 2,5 kLux, πολύ μικρή συγκριτικά με αυτή που απαιτείται για τη φωτοσύνθεση.

Για να αποκτηθεί η απαιτούμενη ένταση στη πράξη όταν επιδιώκεται να ρυθμιστεί ο φωτοπεριοδισμός μερικών μόνο λεκανών καλλιέργειας, κρεμιέται μια σειρά από λάμπες πυρακτώσεως των 60 Watt (με ανακλαστήρες από πάνω) μια κάθε 1,20 m, στο μέσον κάθε λεκάνης καλλιέργειας πλάτους 1,20 m. Το ύψος από το έδαφος δεν πρέπει να είναι περισσότερο από 1,5 m. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και οποιαδήποτε άλλη διάταξη, αρκεί να εξασφαλίζονται κατ' ελάχιστον 15 Watt/m<sup>2</sup> (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

#### 2.6.2.2. Σκίαση του θερμοκηπίου

Για τη μείωση της έντασης του φωτισμού στο θερμοκήπιο χρησιμοποιούνται συνήθως

1. **Ειδικές κουρτίνες.** Πρακτικά αποδεικνύεται ότι ο καλύτερος τρόπος για να μειωθεί η ένταση του φωτισμού είναι οι κουρτίνες αραιής ύφανσης, που τοποθετούνται μέσα στο θερμοκήπιο και κλείνουν ή ανοίγουν ανάλογα με την ένταση του φωτισμού. Έτσι, νωρίς το πρωί και αργά το απόγευμα, η μειωμένη ένταση του φωτισμού στο χώρο του θερμοκηπίου δε μειώνεται ακόμα παραπάνω, όπως γίνεται με τις βαφές.

**2. Ειδικές άσπρες βαφές.** Οι βαφές θα πρέπει να απομακρύνονται εύκολα με τη βροχή και το πλύσιμο. Δε συνιστάται η χρησιμοποίηση του ασβέστη, γιατί φθείρει το αλουμίνιο και τα λάστιχα που συγκρατούν τα τζάμια σε μερικά θερμοκήπια. Η συνηθέστερα χρησιμοποιούμενη βαφή αποτελείται από στόκο με νερό και πολύ λίγο λινέλαιο ή βαφή που γίνεται με στόκο 20 έως 40 kg σε 100 kg νερό και τη προσθήκη μικρής ποσότητας λευκού ακρυλικού χρώματος, ανάλογα με την επιδιωκόμενη δυσκολία απομάκρυνσης της βαφής από το κάλυμμα (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

### **2.6.2.3. Αερισμός - Εξαερισμός**

Ο όρος «αερισμός» του θερμοκηπίου περιλαμβάνει δύο έννοιες:

A) Την ανάδευση του εσωτερικού αέρα του θερμοκηπίου, με σκοπό τη δημιουργία ομοιόμορφων συνθηκών σ' όλη την έκτασή του, και

B) Την ανταλλαγή του θερμού αέρα του θερμοκηπίου με τον εξωτερικό αέρα, που ονομάζεται ειδικότερα εξαερισμός. Στόχος του εξαερισμού είναι η ρύθμιση της θερμοκρασίας στο θερμοκήπιο τη θερμή περίοδο και η ρύθμιση της συγκέντρωσης των αερίων συστατικών (διοξείδιο του άνθρακα κ.λ.π.) στην ατμόσφαιρα του θερμοκηπίου.

Ο ρυθμός και ο τρόπος αερισμού εξαρτώνται από την εποχή. Για τα θερμοκήπια που είναι εγκατεστημένα στη χώρα μας, οι ανάγκες σε αερισμό είναι μεγάλες για τη περίοδο από αρχές άνοιξης έως και τέλη φθινοπώρου, χωρίς να αποκλείεται η ανάγκη αερισμού και το χειμώνα.

#### **Συστήματα αερισμού**

Τα συστήματα αερισμού (κυκλοφορίας ή ανάδευσης) του αέρα που χρησιμοποιούνται στα θερμοκήπια είναι τα εξής:

1) **Οριζόντιας μετακίνησης του αέρα.** Οι ανεμιστήρες τοποθετούνται κοντά στην οροφή με μία κλίση 10-15° προς το εσωτερικό του θερμοκηπίου. Εάν το μήκος ενός στενού θερμοκηπίου είναι μικρότερο από 20 m, χρειάζονται 1 έως 2 ανεμιστήρες που τοποθετούνται διαγώνια στις δύο γωνίες του θερμοκηπίου. Αν το μήκος ξεπερνά τα 20 m, χρειάζονται δύο ακόμη ανεμιστήρες στο μέσο του μήκους του θερμοκηπίου.

2) **Αξονικής μετακίνησης του αέρα με διάτρητο σωλήνα.** Οι ανεμιστήρες τοποθετούνται στο άκρο ή στο μέσο του θερμοκηπίου και ωθούν τον αέρα μέσα σε διάτρητους σωλήνες πολυαιθυλενίου, που κρέμονται σε όλο το μήκος του θερμοκηπίου. Οι σωλήνες έχουν μικρές οπές επιφάνειας 5 cm<sup>2</sup> η κάθε μία, κατά μήκος τους και έτσι ο αέρας εξέρχεται απ' αυτές (Οικονόμου, 2004).

## **Συστήματα εξαερισμού**

Διακρίνονται δύο συστήματα εξαερισμού των θερμοκηπίων:

1) **Ο φυσικός εξαερισμός**, που προκαλείται από διαφορές πιέσεων μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού χώρου του θερμοκηπίου. Οι διαφορές πιέσεων οφείλονται στη διαφορά θερμοκρασίας καθώς και επίσης στον άνεμο.

Ο φυσικός εξαερισμός πραγματοποιείται με την είσοδο του αέρα, μέσα στο χώρο του θερμοκηπίου, από τα παράθυρα που βρίσκονται στην οροφή και στις πλευρές. Βασίζεται στην ιδιότητα του αέρα να ανυψώνεται όταν θερμαίνεται. Έτσι, ο ζεστός αέρας περνάει από τα ανοίγματα της οροφής και αντικαθίσταται από ψυχρότερο αέρα που μπαίνει από τα πλευρικά παράθυρα.

**Ο δυναμικός εξαερισμός** πραγματοποιείται με τις διαφορές των πιέσεων μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού χώρου του θερμοκηπίου οι οποίες δημιουργούνται με μηχανικά μέσα. Ο δυναμικός εξαερισμός διακρίνεται σε: α) υπερπίεσης, β) υποπίεσης και γ) ουδέτερος.

Συγκεκριμένα, ο δυναμικός εξαερισμός επιτυγχάνεται με τη χρήση ανεμιστήρων που τοποθετούνται στο τοίχωμα του θερμοκηπίου και προκαλούν τεχνητή διαφορά πίεσης στο χώρο του θερμοκηπίου. Ένας τρόπος εξαερισμού είναι οι ανεμιστήρες να αναρροφούν και να εξάγουν τον εσωτερικό αέρα ενώ ο εξωτερικός αέρας εισέρχεται από τα ανοίγματα που βρίσκονται στην απέναντι πλευρά (Οικονόμου, 2004).

### **2.6.2.4. Δροσισμός**

Ο εξαερισμός του θερμοκηπίου, ακόμα και όταν εξασφαλίζεται με δυναμικά μέσα, αδυνατεί να μειώσει τη θερμοκρασία σε επίπεδο μικρότερο από την εξωτερική θερμοκρασία. Ανεξάρτητα αυτού όμως οι πολύ υψηλές ταχύτητες του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο, για τη μείωση της θερμοκρασίας του χώρου, έχουν ως αποτέλεσμα την υπερβολικά μεγάλη αύξηση της διαπνοής, με αρνητικά αποτελέσματα για την ανάπτυξη των φυτών.

Ένας απλός τρόπος για τη μείωση της θερμοκρασίας και ταυτόχρονα την αύξηση της υγρασίας του χώρου, είναι η εξάτμιση νερού στο χώρο του θερμοκηπίου και η μετατροπή έτσι ενός μεγάλου μέρους της αισθητής θερμότητας του αέρα σε λανθάνουσα.

Στη πράξη τα χρησιμοποιούμενα μέσα για τη μείωση της θερμοκρασίας μέσα στο θερμοκήπιο με εξάτμιση νερού, είναι:

- Διαβροχή φυτών και εδάφους (ιδίως των διαδρόμων). Η μέθοδος αυτή δίνει μόνο πρόσκαιρα αποτελέσματα.
- Εκτόξευση νερού με μορφή λεπτών σταγόνων στο χώρο του θερμοκηπίου και ταυτόχρονα παθητικός εξαερισμός (υδρονέφωση).
- Δυναμική ροή του αέρα ανανέωσης μέσα από υγρό τοίχωμα (δυναμικός εξαερισμός και υγρό τοίχωμα). Η αρχή αυτού του συστήματος βασίζεται στη ψύξη λόγω κορεσμού σε υγρασία του εξωτερικού αέρος που εισέρχεται στο θερμοκήπιο (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

#### **2.6.2.5. Άρδευση**

Στο θερμοκήπιο δεν υπάρχει βροχόπτωση, επομένως το νερό αποδίδεται στο χώρο του θερμοκηπίου μόνο με την άρδευση, η οποία μπορεί να ρυθμιστεί κατάλληλα έτσι ώστε το νερό να βρίσκεται στο έδαφος πάντα κοντά στην υδατοϊκανότητα.

##### **Άρδευτικά συστήματα:**

1. Πότισμα με το χέρι
2. Πότισμα με σωλήνες που φέρουν ψεκαστές
3. Με σωληνίσκους πολύ μικρής διαμέτρου
4. Ψεκασμός από πάνω
5. Πότισμα με τριχοειδές
6. Πότισμα με κατάκλυση
7. Στάγδην πότισμα με σωλήνα λεπτών τοιχωμάτων
8. Στάγδην πότισμα με σωλήνα διπλών τοιχωμάτων

Η τροφοδοσία των τελικών διανεμητών του νερού (μικροεκτοξευτήρες, σταλάκτες κ.λ.π.) γίνεται μέσω του κεντρικού αγωγού και των διακλαδώσεών του και ρυθμίζεται από κεντρικό σύστημα ελέγχου το οποίο εξασφαλίζει και ένα βαθμό αυτόματης λειτουργίας. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα ο έλεγχος να γίνεται με ειδικά προγράμματα και μέσω Η/Υ, σε συνδυασμό και με την υδρολίπανση, οπότε εξασφαλίζεται μεγαλύτερη ακρίβεια και αυτοματισμός.

Συγκεκριμένα θα χρησιμοποιηθεί ένας κεντρικός σωλήνας του οποίου η διατομή εξαρτάται από την έκταση του θερμοκηπίου (π.χ. 5 cm) και διακλαδίζεται δεξιά και αριστερά. Σε κάθε διακλάδωση ή ανά περισσότερες διακλαδώσεις υπάρχει διακόπτης παροχής νερού ο οποίος τίθεται σε λειτουργία με το χέρι ή αυτόματα από τον κεντρικό πίνακα του συστήματος άρδευσης. Στην αρχή της εγκατάστασης χρησιμοποιείται φίλτρο



του οποίου ο τύπος εξαρτάται από την καθαρότητα του νερού (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

#### **2.6.2.6. Θέρμανση**

Στην Ελλάδα υπάρχουν τριών ειδών θερμοκήπια από άποψη θέρμανσης:

1. τα μη θερμαινόμενα,
2. τα ελαφρά θερμαινόμενα (αντιπαγετική προστασία), και
3. τα πλήρως θερμαινόμενα.

Τα μη θερμαινόμενα θερμοκήπια χρησιμοποιούνται κυρίως στις περιοχές όπου οι συνθήκες το χειμώνα είναι ηπιότερες. Στα ελαφρά θερμαινόμενα θερμοκήπια χρησιμοποιούνται απλά αερόθερμα με σκοπό τη προστασία της καλλιέργειας από παγετό και τον περιορισμό συμπύκνωσης της υγρασίας.

Τα πλήρως θερμαινόμενα θερμοκήπια διαθέτουν ακριβότερα και πιο πολύπλοκα συστήματα, δίνουν όμως τη δυνατότητα προγραμματισμού της καλλιέργειας, διάθεσης προϊόντων εκτός εποχής και βελτίωση της ποσότητας και της ποιότητας της παραγωγής.

##### **▪ Τοπικά συστήματα θέρμανσης**

Στα τοπικά συστήματα θέρμανσης ανήκουν:

1. Αερόθερμα (ηλεκτρικά, υγραερίου, πετρελαίου, στερεών καυσίμων). Είναι τα πιο συνηθισμένα τοπικά συστήματα θέρμανσης των θερμοκηπίων. Η θέρμανση με αερόθερμα στοιχίζει φθηνότερα απ' ότι η θέρμανση με ζεστό νερό, έχουν υψηλή αποδοτικότητα και δε παρουσιάζουν αδράνεια στην αύξηση της θερμοκρασίας του χώρου.

2. Θερμάστρες. Οι θερμάστρες παραφίνης χρησιμοποιούνται μόνο για αντιπαγετική προστασία. Το μειονέκτημά τους είναι η μη ακριβής ρύθμιση της θερμοκρασίας του χώρου και τα αέρια της καύσης που παράγονται σε περίπτωση μη καθαρότητας της παραφίνης, τα οποία παραμένουν μέσα στο θερμοκήπιο βλάπτουν τα φυτά. Επιπλέον χρησιμοποιούνται και θερμάστρες πετρελαίου, ξύλου, αερίου και ηλεκτρικές.

3. Συσκευές υπέρυθρης ακτινοβολίας. Στηρίζεται στη παραγωγή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων τα οποία στέλνονται από την πηγή απ' ευθείας στην επιφάνεια των φυτών και του εδάφους με αποτέλεσμα τη θέρμανσή τους. Το πλεονέκτημα αυτού του συστήματος είναι η εξοικονόμηση ενέργειας και οι ελάχιστες θερμικές απώλειες. Μειονέκτημα είναι η ανομοιομορφία θέρμανσης στα σκιαρά μέρη.

##### **▪ Κεντρικό σύστημα θέρμανσης**

Σε αυτά τα συστήματα η θερμότητα παράγεται στον καυστήρα και μεταφέρεται με νερό ή με ατμό. Ο καυστήρας τοποθετείται σε σταθερή θέση μέσα ή έξω απ' το θερμοκήπιο. Με το σύστημα αυτό θερμαίνεται ομοιόμορφα ο αέρας και το έδαφος του θερμοκηπίου, υπάρχει όμως το μειονέκτημα της μεγάλης αδράνειας. Ο λέβητας αποτελείται από τον καυστήρα που τροφοδοτεί και αναφλέγει το καύσιμο και το θάλαμο καύσης μέσα στον οποίο καίγεται το καύσιμο. Η θερμότητα μεταφέρεται μέσω των τοιχωμάτων και θερμαίνει το νερό.

Στα όχι μεγάλης έκτασης θερμοκήπια (μικρότερα από 8 στρέμ.) η θέρμανση γίνεται με θερμό νερό που παράγεται από λέβητα ζεστού νερού. Στα μεγάλης έκτασης θερμοκήπια συνήθως προτιμώνται οι λέβητες παραγωγής ατμού.

Οι λέβητες ατμού πλεονεκτούν στα εξής σημεία:

- είναι πιο αποδοτικοί,
- έχουν μεγαλύτερο χρόνο ζωής γιατί γίνεται μικρότερη διάβρωση των μετάλλων και επιπλέον ο ατμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για απολύμανση του εδάφους του θερμοκηπίου,

Μειονέκτημά τους όμως είναι η υψηλή τους τιμή και η ανάγκη συντήρησής τους από ειδικευμένο άτομο.

Η διανομή της θερμότητας στο χώρο του θερμοκηπίου όταν χρησιμοποιείται λέβητας ατμού μπορεί να γίνει:

- με σωληνώσεις ατμού,
- με σωληνώσεις ζεστού νερού μέσω εναλλάκτη θερμότητας,
- με θερμό αέρα μέσω εναλλάκτη θερμότητας (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

#### **2.6.2.7. Εμπλουτισμός με διοξείδιο του άνθρακος**

Ο εμπλουτισμός γίνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας, γιατί τότε λειτουργεί η φωτοσύνθεση (από την ανατολή του ηλίου μέχρι μία ώρα πριν τη δύση).

Στις ελληνικές συνθήκες υπολογίζεται ότι ο εμπλουτισμός είναι δυνατό να γίνει με θετικό αποτέλεσμα από το Νοέμβριο μέχρι τον Απρίλιο, γιατί τότε η χρονική διάρκεια που μένουν τα παράθυρα ανοικτά δεν είναι πολύ μεγάλη.

#### **Μέθοδοι εμπλουτισμού**

▪ **Καύση προπανίου σε ειδικούς καυστήρες τέλειας καύσης.** Ο συνήθης τρόπος εμπλουτισμού του θερμοκηπίου με CO<sub>2</sub> στη Β. Ευρώπη και Αμερική είναι με καύση προπανίου, φυσικού αερίου ή κηροζίνης σε καυστήρες τέλειας καύσης, που κρέμονται από

τη οροφή του θερμοκηπίου και λειτουργούν αυτόματα με φωτοκύτταρο και μετρητή CO<sub>2</sub> ή με χρονοδιακόπτη και διακόπτη παραθύρων που διακόπτει τη λειτουργία τους όταν ανοίξουν τα παράθυρα ή λειτουργήσουν οι εξαεριστήρες. Το αποτέλεσμα της καύσης αυτών των καυσίμων είναι CO<sub>2</sub> και υδρατμοί, τα οποία βρίσκονται στα καυσαέρια του καυστήρα. Τα καυσαέρια με ανεμιστήρα διασκορπίζονται στο χώρο του θερμοκηπίου. Το οξυγόνο της καύσης θα πρέπει να προέρχεται από τον εξωτερικό αέρα και όχι απ' αυτό του χώρου του θερμοκηπίου που εξαντλείται γρήγορα όταν δεν λειτουργεί ο εξαερισμός. Για να γίνει αυτό δημιουργείται ένα άνοιγμα παροχής εξωτερικού αέρα, που οδηγείται με σωλήνα στο καυστήρα.

▪ **Εξάτμιση υγρού CO<sub>2</sub>.** Το υγρό CO<sub>2</sub> βρίσκεται σε δεξαμενή υπό υψηλή πίεση και διοχετεύεται με σωλήνες στο χώρο του θερμοκηπίου, μετά από μία σειρά βαλβίδων ρύθμισης της πίεσης. Η κατανομή του CO<sub>2</sub> στο χώρο του θερμοκηπίου γίνεται με πλαστικούς σωλήνες διαμέτρου 6-12 mm, που έχουν κατά μήκος οπές ανά 30 cm. Τοποθετείται ένας τέτοιος σωλήνας σε κάθε 6 m πλάτος θερμοκηπίου. Καλύτερα αποτελέσματα λαμβάνονται όταν οι σωλήνες αυτοί τοποθετούνται στο μέσο περίπου της κόμης των φυτών. Αυτή η μέθοδος εμπλουτισμού είναι η συνηθέστερη στη χώρα μας (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

▪ **Εξάχνωση στερεού CO<sub>2</sub> (ξηρός πάγος).** Ξηρό πάγο ονομάζουμε το στερεοποιημένο CO<sub>2</sub>. Μέσα στο χώρο του θερμοκηπίου τοποθετούνται ανά διαστήματα τεμάχια ξηρού πάγου, ώστε με την εξαέρωσή τους να δίνουν CO<sub>2</sub> σε όλο το χώρο. Σε αυτή τη περίπτωση δεν είναι δυνατή η ρύθμιση της εξαέρωσης διότι από τη στιγμή που θα αφηθεί ο ξηρός πάγος, εξαερώνεται χωρίς έλεγχο. Η μέθοδος αυτή ελάχιστα εφαρμόζεται σήμερα (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ

#### 3.1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Στα θερμοκήπια στα οποία πραγματοποιούνται καλλιέργειες λαχανικών η άρδευση συνήθως γίνεται με τη χρήση συστημάτων που επιτρέπουν την ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος προκειμένου να μειώσουν τα προβλήματα της έλλειψης νερού καθώς και της ρύπανσης των υδάτινων πόρων (Kang et al., 2004).

Η άρδευση των φυτών με την τοποθέτηση των σωλήνων άρδευσης στη βάση του υποστρώματος (sub-irrigation) μπορεί να εφαρμοστεί για την ανάπτυξη φυτών με πολύ καλά ποιοτικά χαρακτηριστικά χωρίς μάλιστα να σπαταληθεί υπερβολική ποσότητα νερού ή λιπασμάτων. Η εφαρμογή της άρδευσης με αυτό τον τρόπο δεν επιτρέπει τη διήθηση του λιπάσματος απ' τη βάση των υποδοχέων των φυτών (Kang et al., 2004).

Σύμφωνα με τους Kent (1996) και Klock-Moore and Broschat (2001), εφόσον δεν χάνεται καθόλου λίπασμα με διήθηση απαιτείται μείωση της συγκέντρωσης των λιπασμάτων που θα χρησιμοποιηθούν στο θρεπτικό διάλυμα. Όμως σε αυτό το σύστημα άρδευσης τα άλατα από τα λιπάσματα τείνουν να συσσωρεύονται στα ανώτερα στρώματα του υποστρώματος (Guttormsen, 1969; Cox, 2001). Αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι η εξάτμιση του υδατικού διαλύματος γίνεται από την επιφάνειά του υποστρώματος και οδηγεί σε μια αργή αλλά σταθερή ροή του διαλύματος από τον πυθμένα προς την κορυφή του υποστρώματος (Argo and Biernbaum, 1995). Αυτή η ροή οδηγεί σε μια ανοδική κίνηση του νερού και των διαλυμένων αλάτων των λιπασμάτων και καθώς το νερό εξατμίζεται απ' την επιφάνεια του υποστρώματος, τα άλατα παραμένουν και συσσωρεύονται στην κορυφή του υποστρώματος. Τα άλατα των λιπασμάτων που συσσωρεύονται στην επιφάνεια του υποστρώματος δεν χρησιμοποιούνται απ' τα φυτά γιατί επιφανειακά υπάρχουν ελάχιστες ρίζες (Argo and Biernbaum, 1995; Kent, 1996). Παρόλα αυτά σύμφωνα με τους Kang et al. (2004) η γενική οδηγία σύμφωνα με την οποία στην περίπτωση που εφαρμόζεται άρδευση από τη βάση του υποστρώματος των φυτών θα πρέπει να μειώνεται η λίπανση κατά 50% δεν φαίνεται να είναι σωστή.

Έτσι σε πειράματα που πραγματοποίησαν οι Kang et al. (2004) στα οποία χρησιμοποιήθηκαν με φυτά καλλωπιστικής πιπεριάς (ποικιλία Treasures Red), παρατήρησαν ότι όταν η άρδευση έγινε με σωλήνες που περνούσαν από τη βάση του υποστρώματος, η χρήση αζωτούχων λιπασμάτων σε υψηλές συγκεντρώσεις 300 ή 400 mg/L είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) του διαλύματος διήθησης στα επίπεδα των 6-7 dS/m. Όταν η συγκέντρωση του αζώτου στο θρεπτικό διάλυμα κυμαίνεται από 0 έως 200 mg/L, τότε η EC του διαλύματος διήθησεως παρέμεινε χαμηλή και σχεδόν σταθερή στα επίπεδα των 0,65 dS/m. Όταν η άρδευση έγινε με το χέρι (επιφανειακά) και η συγκέντρωση του αζώτου είναι 200 mg/L η EC του διαλύματος διήθησης ήταν υψηλότερη αλλά και πάλι κυμάνθηκε σε επίπεδα λίγο κάτω από τα 2,25 dS/m, τα οποία βρίσκονται κάτω από το όριο επικινδυνότητας.

Σύμφωνα με τους Kang et al. (2004) η ξηρά ουσία των βλαστών των φυτών στα οποία η άρδευση έγινε επιφανειακά με το χέρι ήταν μεγαλύτερη απ' αυτή των φυτών στα οποία η άρδευση έγινε από τη βάση του υποστρώματος. Μάλιστα στη δεύτερη περίπτωση τα φυτά είχαν πιο μεγάλη διάμετρο βλαστών κάτι που σημαίνει ότι αυτά ήταν πιο εύρωστα.

Αν και από τη μέθοδο άρδευσης των φυτών δεν επηρεάζεται ο συνολικός αριθμός των παραγόμενων καρπών, το συνολικό νωπό βάρος των καρπών (ανά φυτό) είναι μεγαλύτερο όταν τα φυτά δέχθηκαν άρδευση με ποτιστήρι από την επιφάνεια από ότι όταν δέχθηκαν άρδευση από τη βάση του υποστρώματος. Το μέσο βάρος των καρπών που παρήχθησαν από φυτά στα οποία εφαρμόστηκε άρδευση από τη βάση του υποστρώματος των φυτών είναι μικρότερο από ότι σε αυτά στα οποία εφαρμόστηκε άρδευση επιφανειακή αλλά όταν δεν περιέχεται άζωτο στο θρεπτικό διάλυμα κυμαίνεται στα 2,33 g ανά καρπό και είναι μεγαλύτερο όταν τα φυτά αρδεύονται από τη βάση του υποστρώματος. Επιπλέον, όταν η άρδευση έγινε από τη βάση του υποστρώματος (ανεξάρτητα από τη συγκέντρωση του αζώτου) παρατηρήθηκε μεγαλύτερη αναλογία κόκκινων καρπών σε σύγκριση με την επιφανειακή άρδευση με ποτιστήρι, κάτι το οποίο σημαίνει ότι η άρδευση με αυτό τον τρόπο ευνόησε την ωρίμανση των καρπών.

Ο τρόπος άρδευσης των φυτών επηρεάζει τόσο τη συγκέντρωση του Cu όσο και τη συγκέντρωση του B στα φύλλα. Συγκεκριμένα η συγκέντρωση του Cu είναι υψηλότερη στα φυτά στα οποία η άρδευση πραγματοποιήθηκε από την επιφάνεια ενώ η συγκέντρωση του B ήταν μεγαλύτερη στα φυτά στα οποία η άρδευση πραγματοποιήθηκε από τη βάση του υποστρώματος.

Οι Estrada et al. (2004) σε πειραματική εργασία που έγινε με φυτά πιπεριάς της ποικιλίας California Wonder 300, βρήκε ότι τα φυτά που αναπτύχθηκαν με σύστημα άρδευσης από τη βάση του υποστρώματος ήταν ψηλότερα από αυτά τα οποία αναπτύχθηκαν σε σύστημα άρδευσης με σταγόνες καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου εκτός απ' το τελευταίο στάδιο ανάπτυξης (225<sup>η</sup> ημέρα) όπου δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Στην ίδια εργασία παρατηρήθηκε ότι τα φυτά στα οποία πραγματοποιήθηκε άρδευση από τη βάση του υποστρώματος, η έναρξη της συγκομιδής έγινε 17 ημέρες νωρίτερα από ότι στα φυτά στα οποία πραγματοποιήθηκε επιφανειακή άρδευση με σταγόνες τα οποία όμως είχαν τελικά μεγαλύτερη παραγωγή. Η πρόωμη παραγωγή των φυτών που αναπτύχθηκαν σε σύστημα άρδευσης από τη βάση του υποστρώματος είναι πιθανό να οφείλεται στην μεγαλύτερη ανάπτυξη που είχαν τα φυτά κατά το στάδιο της άνθησης. Πάντως με την αύξηση της συχνότητας άρδευσης των φυτών από 6 σε 8 φορές την ημέρα παρατηρήθηκε βελτίωση του τρόπου διανομής του θρεπτικού διαλύματος και με αποτέλεσμα να βελτιωθεί και η παραγωγή.

Στα φυτά στα οποία η άρδευση έγινε από τη βάση του υποστρώματος παρατηρήθηκε ότι το ξηρό βάρος των καρπών κυμαίνεται κατά μέσο όρο στα 804,7 g/m<sup>2</sup> στην αρχή της συγκομιδής και αυξάνεται στα 2.545,9 g/m<sup>2</sup> προς το τέλος της περιόδου συγκομιδής. Τα φυτά που αναπτύχθηκαν με την εφαρμογή επιφανειακής άρδευσης με σταγόνες έχουν αντίστοιχες τιμές ξηρού βάρους καρπών 476,6 και 3137,5 g/m<sup>2</sup>. Οι Estrada et al. (2004) υποστηρίζει ότι αυτή η συμπεριφορά των φυτών στα δύο διαφορετικά συστήματα άρδευσης συνδέεται με τη συχνότητα των ημερήσιων αρδεύσεων. Συγκεκριμένα αν τα φυτά στα οποία εφαρμόστηκε άρδευση από τη βάση του υποστρώματος αυξηθεί η συχνότητα άρδευσης, από 3 σε 4 φορές την ημέρα, κατά τη διάρκεια της άνθησης και της ανάπτυξης των καρπών τότε η συσσώρευση ξηράς ουσίας στους καρπούς επηρεάζεται αρνητικά. Αυτό σύμφωνα με τους παραπάνω ερευνητές μπορεί να οφείλεται είτε στο ότι η επιπλέον θρέψη δεν κάλυψε τις απαιτήσεις του για την ανάπτυξη του καρπού είτε στο ότι οι συχνότερες αρδεύσεις δημιούργησαν στη ζώνη του ριζικού συστήματος αναερόβιες συνθήκες οι οποίες προκάλεσαν τη δυσλειτουργία των ριζών.

Κατά τη τελευταία φάση της συγκομιδής (300<sup>η</sup> ημέρα) οι συγκεντρώσεις των P, Zn και Mn στο συνολικό ξηρό βάρος των φυτών που αναπτύχθηκαν σε σύστημα άρδευσης από τη βάση του υποστρώματος ήταν υψηλότερες από ότι στα φυτά που αναπτύχθηκαν σε

επιφανειακό σύστημα άρδευσης με σταγόνες. Μάλιστα ο Carlson (1981) υποστηρίζει ότι η διαθεσιμότητα των στοιχείων αυτών αυξάνεται σε αναερόβιες συνθήκες του υποστρώματος οι οποίες παρουσιάζονται σχεδόν καθημερινά αλλά έχουν μικρή διάρκεια. Σ' αυτές τις συνθήκες παρατηρείται μείωση του pH του θρεπτικού διαλύματος το οποίο απορροφάται απ' το υπόστρωμα.

Οι Estrada et al. (2004) βρήκαν ότι προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου (300<sup>η</sup> ημέρα) οι συγκεντρώσεις Ca και Mg στο ξηρό βάρος φυτών που αναπτύχθηκαν σε σύστημα άρδευσης από τη βάση του υποστρώματος είναι υψηλότερες από ότι σε φυτά που αναπτύχθηκαν σε σύστημα επιφανειακής άρδευσης με σταγόνες. Αυτό ίσως υποδηλώνει ότι η απορρόφηση αυτών των θρεπτικών στοιχείων από τις ρίζες ευνοήθηκε από τη μεγαλύτερη ποσότητα νερού που χρησιμοποιήθηκε.

Είναι γνωστό ότι αν και η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος μειώνει τη ρύπανση του περιβάλλοντος, υπάρχει ο κίνδυνος αν το θρεπτικό διάλυμα είναι μολυσμένο με σπόρια παθογόνου αυτός ο τρόπος άρδευσης να συμβάλλει στην εξάπλωση τη ασθένειας (Stanghellini and Rasmussen, 1994). Οι Sanogo and Moorman (1993) αναφέρουν ότι σε ένα σύστημα άρδευσης από τη βάση του υποστρώματος τα σπόρια παθογόνων μυκήτων εξαπλώνονται από προσβεβλημένα σε υγιή φυτά τα οποία είναι τοποθετημένα στον ίδιο πάγκο τροφοδοσίας θρεπτικού διαλύματος και η εξάπλωση αυτή συνδυάζεται με την άρδευση, κάτι το οποίο υποστηρίζουν και οι Strong et al. (1997) και Thinggaard and Anderson (1995). Συγκεκριμένα οι Strong et al. (1997) και Thinggaard and Anderson (1995) αναφέρουν ότι σε μελέτες που έγιναν με εμβολιασμό του υποστρώματος με σπόρια μυκήτων του είδους *Pythium aphanidermatum* και *Phytophthora capsici*, αυτά σπάνια βρέθηκαν στο δοχείο τροφοδοσίας μετά από ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος, κάτι το οποίο παρατήρησαν και οι Sanogo and Moorman (1993) σε παρόμοιες μελέτες. Οι Stanghellini et al. (2000) σε παρόμοιο πείραμα βρήκαν ότι υπήρξε μια υψηλή επίπτωση της ασθένειας σε υγιή φυτά (100% θνησιμότητα) σε ένα σύστημα άρδευσης από τη βάση του υποστρώματος στα φυτά που αναπτύσσονται στον ίδιο πάγκο με αυτά που ήταν προσβεβλημένα με το παθογόνο

Οι ίδιοι ερευνητές πάντως συμπέραναν ότι ένα σύστημα άρδευσης από τη βάση του υποστρώματος δεν ευνοεί την εξάπλωση παθογόνων σε σύγκριση με ένα σύστημα επιφανειακής άρδευσης. Μάλιστα, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η γρήγορη θνησιμότητα των φυτών όταν χρησιμοποιείται σύστημα επιφανειακής άρδευσης και το υπόστρωμα των φυτών είναι πετροβάμβακας. Η γρηγορότερη θνησιμότητα των φυτών σε

αυτή την περίπτωση μπορεί να οφείλεται (1) στη μεγαλύτερη συχνότητα αρδεύσεων την ημέρα, οι οποίες αυξάνουν τη πιθανότητα της εισαγωγής του παθογόνου ή (2) στην παρουσία περισσότερων σπορίων των παθογόνων λόγω του γεγονότος ότι το νερό ρέει σε όλο τον όγκο του υποστρώματος.

Η συχνότητα εφαρμογής της άρδευσης επηρεάζει σημαντικά τόσο την ανάπτυξη όσο και την παραγωγή των φυτών και οι Silber et al. (2003) και Xu et al. (2004) υποστηρίζουν ότι αυξάνοντας τη συχνότητα λίπανσης, αυξάνεται σημαντικά η παραγωγή ειδικά όταν η συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων στο διάλυμα είναι χαμηλή. Σύμφωνα με τους Silber et al. (2005) η βελτίωση της παραγωγής αρχικά σχετίζεται με τη μεγαλύτερη πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων και κυρίως του Ρ. Επίσης υποστηρίζουν ότι η μείωση της παραγωγής, όταν η συχνότητα εφαρμογής της άρδευσης είναι μικρή, οφείλεται στην περισσότερο έλλειψη θρεπτικών στοιχείων και λιγότερο στην έλλειψη νερού και ότι με πιο συχνή άρδευση μπορεί να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό.

Οι Jovícih et al. (1999) σε πείραμα που πραγματοποίησαν με φυτά κόκκινων γλυκών πιπεριών της ποικιλίας HA 3378 βρήκε ότι τα φυτά που έλαβαν 74 ml θρεπτικού διαλύματος ανά άρδευση, ανεξάρτητα από τον αριθμό των αρδεύσεων ή από τη συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων, παρήγαγαν 9 kg / m<sup>2</sup> εμπορικούς καρπούς. Αντίθετα στα φυτά που έλαβαν 37 ml θρεπτικού διαλύματος ανά άρδευση, η παραγωγή μειώθηκε από 9 kg / m<sup>2</sup> σε 3,7 kg / m<sup>2</sup> όταν ο αριθμός των αρδεύσεων μειώθηκε από 62 σε 9. Με μισή συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων σε 74 ml θρεπτικού διαλύματος ανά άρδευση και συχνότητα άρδευσης 12 και 16 φορές την ημέρα τα φυτά παρήγαγαν επίσης 9 kg / m<sup>2</sup> εμπορικούς καρπούς. Σε ένα τέτοιο πρόγραμμα άρδευσης η εμφάνιση φυσιολογικών ανωμαλιών των καρπών (cracking και blossom- end rot) κυμάνθηκε σε χαμηλά επίπεδα.

### 3.2. ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

Όπως φαίνεται και στον πίνακα 3.1 που ακολουθεί έχει διερευνηθεί από αρκετούς ερευνητές τόσο η επίδραση της συγκέντρωσης των θρεπτικών στοιχείων στο διάλυμα όσο και η ηλεκτρική αγωγιμότητα και το pH αυτού, ανάλογα με τον τύπο του υποστρώματος που χρησιμοποιείται καθώς και την ποικιλία της πιπεριάς. Παρακάτω γίνεται προσπάθεια



αναλυτικής παρουσίασης της επίδρασης αυτών των παραγόντων στην ανάπτυξη και στην παραγωγή της πιπεριάς, όπως αναφέρεται στις αντίστοιχες πειραματικές εργασίες.

Πίνακας 3.1. Η συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων, το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.) θρεπτικών διαλυμάτων που έχουν χρησιμοποιηθεί σε υδροπονική καλλιέργεια πιπεριάς, ανάλογα με το υπόστρωμα καλλιέργεια και την ποικιλία ή τον τύπο της πιπεριάς που καλλιεργήθηκε.

	Xu et al. (2001) (Sweet pepper)	Xu et al. (2002) (Sweet pepper)	Lycoskoufis et al (2005) (Elisa)	Silber et al, (2005) (Bell pepper)	Γεωργία & Ανάπτυξη (1993)
N	126 mg/L	84 mg/L	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 7/ 171 mg/L	80 mg/L	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> / NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 0/ 175 mg/L
P	46,5 mg/L	31 mg/L	40 mg/L	30 mg/L	40 mg/L
K	146.2 mg/L	97,5 mg/L	253,5 mg/L	100 mg/L	240 mg/L
Ca	*	*	140 mg/L	55 mg/L	180 mg/L
Mg	*	*	30 mg/L	32 mg/L	40 mg/L
Na <sup>+</sup>	*	*	*	120 mg/L	*
Cl <sup>-</sup>	*	*	*	170 mg/L	*
S	*	*	40 mg/L	*	65 mg/L
CO <sub>3</sub>	*	*	*	150 mg/L	*
Fe	1,1 mg/L	1,1 mg/L	6,72 mg/L	1,20 mg/L	1,0 mg/L
Cu	0,04 mg/L	0,04 mg/L	0,03 mg/L	0,04 mg/L	0,04 mg/L
Zn	0,27 mg/L	0,27 mg/L	*	0,30 mg/L	0,30 mg/L
Mn	0,54 mg/L	0,54 mg/L	2,20 mg/L	0,60 mg/L	0,75 mg/L
Mo	0,03 mg/L	0,03 mg/L	0,10 mg/L	0,03 mg/L	0,05 mg/L
B	0,40 mg/L	0,40 mg/L	3,42 mg/L	0,40 mg/L	0,30 mg/L
pH	*	*	5,5-6,2	7,4±0,4	5,5-6,5
E.C.	*	*	1,9 dS/m	1,5±0,1 dS/m	1,8-2,5 mS/cm
υπόστρωμα	περλίτης	περλίτης	Περλίτης ή NFT	περλίτης	πετροβάμβακας

\* δεν αναφέρονται τιμές στις ερευνητικές εργασίες

Οι Kang et al. (2004) σε πείραμα που πραγματοποίησαν με φυτά καλλωπιστικής πεπεριάς βρήκαν ότι όταν η συγκέντρωση του αζώτου είναι 300 ή 400 mg / L, τότε το pH του διαλύματος το οποίο κυμαίνονταν μεταξύ των τιμών 5,4-6,3 πέφτει σε τιμές μικρότερες από αυτές. Στο ίδιο πείραμα παρατηρήθηκε ότι η αύξηση της συγκέντρωσης του αζώτου από 0 σε 200 mg / L προκάλεσε αύξηση του ξηρού βάρους των βλαστών και της φυλλικής επιφάνειας αλλά περαιτέρω αύξηση της συγκέντρωσης του αζώτου σε 400 mg / L προκάλεσε μείωση στην μέση τιμή των παραμέτρων αυτών. Παρόμοια ήταν η αντίδραση των φυτών όσον αφορά στο ύψος των φυτών και με την αύξηση της συγκέντρωσης του αζώτου. Αντίθετα η διάμετρος του βλαστού αν και αυξανόταν με την αύξηση της συγκέντρωσης του αζώτου από 0 σε 200 mg / L στη συνέχεια περαιτέρω αύξηση στα 300 ή 400 mg / L δεν είχε επίδραση.

Στην ίδια μελέτη, η περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη δεν παρουσίασε διαφορές όταν η συγκέντρωση του αζώτου στο θρεπτικό διάλυμα κυμάνθηκε από 100 έως 400 mg / L αλλά ήταν πολύ χαμηλότερη όταν το θρεπτικό διάλυμα δεν περιείχε άζωτο. Πάντως τα φυτά στα οποία το θρεπτικό διάλυμα περιείχε άζωτο σε συγκέντρωση 200 mg / L, παράγουν τους περισσότερους καρπούς ανά φυτό (περίπου 62-70) και σε αυτή τη συγκέντρωση αζώτου παρατηρήθηκε το μεγαλύτερο νωπό και ξηρό βάρος καρπών ανά φυτό.

Η συγκέντρωση του αζώτου επηρεάζει σημαντικά την ανάπτυξη και παραγωγή πολλών φυτών και οι Shen et al. (1994), Soliman et al. (1994), Albassam (2001) και Flores et al. (2001) πιστεύουν ότι η σωστή χρήση ιδιαίτερα των αζωτούχων λιπασμάτων σε όλα τα εδάφη είναι σημαντική. Ιδιαίτερα δε στα αλατούχα εδάφη η χαμηλή συγκέντρωση του αζώτου που παρέχεται στα φυτά μπορεί να περιορίσει τις δυσμενείς συνέπειες της αλατότητας στην ανάπτυξη και παραγωγή.

Οι Castorena et al. (2003) σε πείραμα που πραγματοποίησαν με φυτά καυτερής πεπεριάς της ποικιλίας Sandia βρήκαν ότι αναλογίες αζώτου που αντιστοιχούν σε 80 και 90 kg/στρέμμα είναι οι πιο κατάλληλες για την ανάπτυξη των φυτών κατά το στάδιο του σχηματισμού του περικαρπίου. Μετά από το στάδιο αυτό καταλληλότερες συγκεντρώσεις αζώτου είναι αυτές που εξασφαλίζουν 140-150 kg/στρέμμα.

Ο ίδιος ερευνητής πιστεύει ότι η προσθήκη αζώτου υπό μορφή  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  δεν επιδρά ευνοϊκά στην οσμωτική πίεση όπως υποθέτουν πολλοί συγγραφείς, ενώ στη πραγματικότητα συμβάλλει στην αύξηση της αλατότητας του εδάφους όπως προέκυψε από τη μέτρηση της EC στο πείραμά του. Επομένως η υπερβολική αζωτούχος λίπανση στο

αρχικό στάδιο ανάπτυξης των φυτών μπορεί να είναι καταστρεπτική και ζημιογόνα. Οι Adams (2002), Ho et al. (1993, 1995), Marcelis and Ho (1999), Marschner (1995) και Saure (2001) υποστηρίζουν ότι υψηλές αναλογίες αμμωνιακού αζώτου καθώς και K/Ca μπορεί να προκαλέσουν την φυσιολογικές ανωμαλίες στα φυτά της πιπεριάς και στους καρπούς, όπως αυτή που συνδέεται με την έλλειψη Ca.

Σύμφωνα με τους Bassirirad et al. (1991) το NO<sub>3</sub> αποτελεί βασικό συστατικό του διαλύματος που κυκλοφορεί στο ξύλωμα του φυτού και η ανάπτυξη των φύλλων ανταποκρίνεται άμεσα και με μεγάλη ευαισθησία σε κάθε αλλαγή της διάθεσής του (Palmer et al., 1996). Επιπλέον, οι Jeschke and Pate (1992) υποστηρίζουν ότι διαφορές του NO<sub>3</sub> στο ξύλωμα ανταναικλούν σε διαφορές στη πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων. Οι Dodd et al. (2000) αναφέρουν ότι η ροή του NO<sub>3</sub> στους βλαστούς μπορεί να μειωθεί όταν παρατηρείται κλείσιμο των στοματιών με σκοπό τον περιορισμό της διαπνοής, όπως για παράδειγμα μπορεί να παρατηρηθεί όταν αυξάνεται η αλκαλικότητα του χυμού που κυκλοφορεί μέσω του ξυλώματος (Wilkinson et al., 1998).

Πάντως η ποσότητα αζώτου που θεωρείται η πιο κατάλληλη φαίνεται να εξαρτάται από τις συνθήκες καλλιέργειας των φυτών αφού ο O'Sullivan (1979) θεωρεί ότι τα άριστα επίπεδα για τη μεγαλύτερη παραγωγή των ποικιλιών καυτερής πιπεριάς κυμαίνονται στα 70 kg/στρέμμα ενώ οι Moreno et al. (1996) θεωρούν ότι κυμαίνονται στα 180 kg/στρέμμα.

Εκτός από το άζωτο σημαντικός φαίνεται να είναι και ο ρόλος της συγκέντρωσης του **φωσφόρου** στο θρεπτικό διάλυμα. Συγκεκριμένα οι Silber et al (2005) αναφέρουν ότι σε πιπεριές της ποικιλίας Selika (φλάσκες) ότι η συγκέντρωση του αμύλου στα φύλλα, της σακχαρόζης και των παραγόμενων σακχάρων στους καρπούς, επηρεάστηκαν από τη συγκέντρωση του φωσφόρου στα φύλλα. Οι Craft-Brander (1992), Paul and Stitt (1993), Plaxton and Carswell (1999) και Qiu and Israel (1992) αναφέρουν ότι τα φυτά στα οποία παρατηρήθηκε έλλειψη φωσφόρου είχαν μεγαλύτερη συγκέντρωση σε άμυλο στα φύλλα και μικρότερες συγκεντρώσεις σε σακχαρόζη και εξόζες στους καρπούς. Μάλιστα οι Biddinger et al. (1999), Jacob and Lawor (1991), Clarkson and Scattergood (1982) και Silber et al. (2005) υποστηρίζουν ότι μια έμμεση επίδραση της έλλειψης του φωσφόρου μπορεί να είναι το κλείσιμο των στομάτων.

Ο ρόλος της συγκέντρωσης του **καλίου** στο θρεπτικό διάλυμα φαίνεται επίσης να παίζει σημαντικό ρόλο και σύμφωνα με τους Leigh and Wyn Jones (1984) η παρουσία επαρκούς συγκέντρωσης καλίου στο κυτόπλασμα είναι απαραίτητη για το μεταβολισμό του αζώτου στα φυτά. Μάλιστα ο Marschner (1995) θεωρεί ότι το κάλιο είναι συχνά ο πιο

σημαντικός παράγοντας για την μεταφορά του νιτρικού αζώτου μέσω του ξυλώματος καθώς επίσης και για την αποθήκευσή του.

Από την άλλη πλευρά η παρουσία του καλίου φαίνεται να ευνοεί την εκμετάλλευση του αμμωνιακού αζώτου καθώς επίσης και να περιορίζει την τοξικότητά του (Dibb and Thompson, 1985). Σύμφωνα με τους Wang et al. (1996) οι φυσικές ιδιότητες του καλίου σε περιόδους αύξησης της διαμέτρου των φυτών και του  $\text{NH}_4$  καθώς επίσης και οι ευνοϊκές επιδράσεις τους στο ηλεκτρικό δυναμικό των μεμβρανών και στην απομάκρυνση  $\text{H}^+$  είναι όμοιες με αυτές του αμμωνιακού αζώτου.

Σύμφωνα με πολλούς ερευνητές η απορρόφηση του αμμωνιακού αζώτου επηρεάζει και επηρεάζεται από την απορρόφηση του καλίου. Συγκεκριμένα οι Scherer et al. (1984), οι Wang et al. (1996), οι Morgan and Jackson (1989) και Xu et al (2002), υποστηρίζουν ότι η παρουσία αμμωνιακού αζώτου στο υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών περιορίζει τη πρόσληψη του καλίου.

Σύμφωνα με τον Scherer et al (1984) έχει αποδειχθεί ότι η παρουσία K στο υπόστρωμα της καλλιέργειας επίσης εμποδίζει τη προσρόφηση  $\text{NH}_4$ .

Οι Vale et al. (1988) αναφέρουν ότι το κάλιο και το αμμωνιακό άζωτο μπορεί να μοιράζονται τον ίδιο μεταφορικό μηχανισμό και ότι το αμμωνιακό άζωτο δεσμεύεται στο μεταφορέα του καλίου και προκαλεί αλλαγές που ευθύνονται για τον περιορισμό της πρόσληψης του καλίου. Μάλιστα οι Adler and Wilcox (1995) υποστηρίζουν ότι το αμμωνιακό άζωτο μπορεί να περιορίσει την απορρόφηση του καλίου και να προκαλέσει αλλαγές στη σχέση K/Na. Αυτή η επίδραση του αμμωνιακού αζώτου μπορεί να εξηγηθεί σύμφωνα με τους Speer and Kaiser (1994) στην αυξημένη ευαισθησία των φυτών στα οποία προστίθεται αμμωνιακό άζωτο.

### 3.3. ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΦΥΤΕΥΣΗΣ

Οι Estrada et al. (2004) αναφέρουν ότι πυκνότητα φύτευσης 24 φυτών ανά  $\text{m}^2$  της ποικιλίας California Wonder 300 είχε σαν αποτέλεσμα τον περιορισμό της ανάπτυξης των φυτών μέχρι το στάδιο της άνθησης σε σύγκριση με φυτά που αναπτύχθηκαν σε πυκνότητες φύτευσης 12 ή 16 φυτών ανά  $\text{m}^2$ . Παρόλα αυτά αργότερα (157 ημέρες μετά τη φύτευση) δεν υπήρχαν διαφορές μεταξύ αυτών των τριών πυκνοτήτων φύτευσης ενώ μετά την 225<sup>η</sup> ημέρα μετά τη φύτευση τα πυκνοφυτεμένα φυτά ήταν ψηλότερα. Οι ίδιοι μάλιστα αναφέρουν ότι η μεγάλη πυκνότητα φύτευσης οδήγησε σε αύξηση της

παραγωγής, αύξηση του αριθμού των καρπών και βελτίωση των ποιοτικών τους χαρακτηριστικών.

### 3.4. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

Η ανθοφορία, ο σχηματισμός και η ανάπτυξη των καρπών επηρεάζονται τόσο από τη μέση θερμοκρασία ημέρας και νύχτας όπως και από τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του αέρα (Bakker, 1989). Επιπλέον σημαντική φαίνεται να είναι και η θερμοκρασία του εδάφους ή του υποστρώματος στο οποίο αναπτύσσεται το ριζικό σύστημα των φυτών (Gosselin and Trudel, 1986).

Συγκεκριμένα οι Shishido et al. (1989) αναφέρουν ότι η αύξηση της θερμοκρασίας σε όλο το φυτό αυξάνει την αναλογία του υπέργειου μέρους προς το ριζικό σύστημα. Παρόλα αυτά οι Gosselin and Trudel (1986) αναφέρουν ότι όταν η θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται σε σχετικά χαμηλά επίπεδα (18-24°C), η αύξηση της θερμοκρασίας των ριζών μπορεί να ευνοήσει την πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων και κυρίως του αζώτου, του φωσφόρου και του καλίου. Αυτή η επίδραση συνδέθηκε με αύξηση της βλαστικής ανάπτυξης των φυτών, αύξηση της παραγωγής καθώς και καθυστέρηση στην έναρξη της άνθησης και στο σχηματισμό των καρπών.

Οι Choe et al. (1994) βρήκαν ότι η θερμοκρασία του εδάφους φαίνεται να είναι σημαντικός παράγοντας για την ανάπτυξη των ριζών των φυταρίων της πιπεριάς και συνέδεσαν την ευνοϊκή επίδραση της υψηλής θερμοκρασίας του εδάφους στη διέγερση των ριζών για την πρόσληψη αζώτου και φωσφόρου. Η μέγιστη πρόωμη παραγωγή της πιπεριάς επιτυγχάνεται όταν αναπτύσσεται κάτω από ένα συνδυασμό συνθηκών που περιλαμβάνουν χαμηλή θερμοκρασία αέρα κατά τη διάρκεια της νύχτας (13°C) και υψηλή θερμοκρασία εδάφους (28°C). Οι συνθήκες αυτές φαίνεται να ευνοούν τη διαφοροποίηση περισσότερων ανθέων.

Πάντως οι Dodd et al. (2000) παρατήρησαν ότι όταν οι θερμοκρασίες στη ζώνη των ριζών των φυτών της πιπεριάς κυμαίνονται σε πολύ υψηλά επίπεδα παρατηρείται έλλειψη νερού στους βλαστούς. Σύμφωνα με τον Bunce (1977) όταν η απώλεια νερού υπερβεί την απορρόφηση νερού απ' το φυτό, τότε περιορίζεται η ανάπτυξη των φύλλων και κλείνουν τα στόματα (Turner, 1974) με αποτέλεσμα τη μειωμένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών. Οι Dodd et al. (2000) παρατήρησαν ότι η ανάπτυξη φυτών πιπεριάς ευνοήθηκε περισσότερο όταν η θερμοκρασία στο υπόστρωμα κυμάνθηκε σε

επίπεδα χαμηλότερα (20°C) από αυτά που θεωρούνται άριστα παρά όταν τα φυτά αναπτύχθηκαν σε κυμαινόμενες θερμοκρασίες υποστρώματος 26,4-40°C. Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξαν και οι Gossellin and Trudel (1986) που υποστηρίζουν ότι σε υψηλή θερμοκρασία υποστρώματος (36°C) παρατηρήθηκε παρεμπόδιση στην ανάπτυξη των φύλλων σε σύγκριση με θερμοκρασία υποστρώματος 30°C. Οι Tachibana et al. (1997) παρατήρησαν ότι θερμοκρασίες μεγαλύτερες από τις άριστες στη ζώνη των ριζών μπορεί να προκαλέσουν μείωση της συγκέντρωσης των κυτοκινινών την οποία οι Shashidhar et al. (1996) συνέδεσαν με το κλείσιμο των στοματίων.

Η επίδραση της θερμοκρασίας του υποστρώματος φαίνεται να σχετίζεται με την υδραυλική αγωγιμότητα και οι Graves et al. (1991) παρατήρησαν αύξηση όταν οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται σε υψηλότερες θερμοκρασίες από την άριστη ενώ οι Markhart et al. (1979) παρατήρησαν μείωση στις ρίζες των φυτών που αναπτύσσονται σε χαμηλές θερμοκρασίες.

### 3.5. ΟΓΚΟΣ ΥΠΟΔΟΧΕΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

Ο De Willigen (1987) υποστηρίζει ότι ο πρώτος περιοριστικός παράγοντας για την ανάπτυξη των φυτών μετά το κόψιμο ή τον τραυματισμό των ριζών είναι η απορρόφηση του νερού. Παρόλα αυτά οι Peterson et al. (1991a, b) και οι Bar Yosef et al. (1988) πιστεύουν ότι τα φυτά που έχουν περιορισμένης ανάπτυξης ριζικό σύστημα είναι πιο ικανά στο να χρησιμοποιούν το νερό και τα θρεπτικά στοιχεία.

Βέβαια η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον όγκο του υποστρώματος. Έτσι η ανάπτυξη των φυτών σε υπόστρωμα με μεγάλο όγκο ευνοεί την ανάπτυξη εύρωστων φυτών (Xu et al., 2001) στα οποία η καθυστέρηση της επικονίασης μπορεί να οδηγήσει σε πλούσια βλαστική ανάπτυξη του φυτού και να ευνοήσει την ανάπτυξη μεγάλου μεγέθους καρπών ακόμη και στα ανώτερα γόνατα του φυτού με αποτέλεσμα να μειώνεται η ποικιλομορφία όσον αφορά στο μέγεθός τους (Ali and Kelly, 1993).

Όταν ο όγκος των υποδοχέων των φυτών είναι μικρός (0,45-10 dm<sup>3</sup>) τα φυτά που παράγουν γλυκούς καρπούς πιπεριάς δεν μπορούν να διατηρήσουν μία σωστή αναλογία μεταξύ του υπέργειου μέρους και των ριζών (Xu et al., 2001). Πάντως οι ίδιοι ερευνητές αναφέρουν ότι οι διαφορές που παρατηρούνται στην ανάπτυξη των φυτών όταν χρησιμοποιούνται μικρού υποδοχείς φυτών από 9 έως 33 dm<sup>3</sup> δε φαίνεται να σχετίζονται

με αλλαγές στην απορρόφηση νερού. Συγκεκριμένα με την αύξηση του μεγέθους των υποδοχείων από 9 έως 33 dm<sup>3</sup> παρατήρησαν ότι παρά την καθυστέρηση στην έναρξη της ανθοφορίας, στο σχηματισμό καρπών καθώς και τη μείωση του ποσοστού των καρπών που προήλθαν από σταυρογονιμοποίηση, αυξήθηκε η συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα, η πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων και η συνολική παραγωγή καρπών. Αυτή η αντίδραση των φυτών συνδέθηκε με αύξηση της θερμοκρασίας στη ζώνη των ριζών τη νύχτα και τη συνολική απορρόφηση θερμότητας από τις ρίζες.

Παρά το γεγονός ότι όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε μικρού μεγέθους υποδοχείς και με την εφαρμογή χαμηλών συγκεντρώσεων των κύριων θρεπτικών στοιχείων (N-P-K σε συγκεντρώσεις 3-0,5-1,25 Mm, αντίστοιχα) επιτυγχάνεται αύξηση της παραγωγής, οι Atkinson et al. (1997) και Xu et al. (2001) αναφέρουν ότι το μέγεθος των καρπών είναι μικρό και οι τελευταίοι αναφέρουν ότι αυτό δεν είναι αποτέλεσμα της μειωμένης απορρόφησης νερού λόγω της περιορισμένης ανάπτυξης του ριζικού συστήματος των φυτών αλλά στην περιορισμένη απορρόφηση καλίου.

### 3.6. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΤΩΝ ΑΛΑΤΩΝ ΣΤΟ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Η συγκέντρωση των αλάτων στο έδαφος αποτελεί γνωστό περιοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη των περισσότερων φυτών (Castorena et al., 2003). Συγκεκριμένα οι Alam (1994), Jacoby (1994), Gunes et al. (1996) και Cornillon and Palloix (1997) υποστηρίζουν ότι τα άλατα εμποδίζουν την ανάπτυξη των φυτών μέσω της αύξησης της οσμωτικής πίεσης του εδαφικού διαλύματος, της μη ισορροπημένης θρέψης και ειδικότερα μέσω της τοξικότητας των ιόντων.

Οι Maas and Hoffman (1977) αναφέρουν ότι τα φυτά ποικιλιών καυτερής πιπεριάς είναι μέτρια ευαίσθητα στην αλατότητα αλλά εκτός από την ποικιλία σημαντικό ρόλο στην αντίδραση των φυτών στην αλατότητα εξαρτάται από την ηλικία και το στάδιο της ανάπτυξής τους (Maas, 1993).

Οι Castorena et al. (2003) παρατήρησαν ότι η συγκέντρωση των αλάτων στο έδαφος οδήγησε στη μείωση της ανάπτυξης και της παραγωγής των φυτών της καυτερής ποικιλίας Sandia. Συγκεκριμένα οι υψηλές συγκεντρώσεις αζώτου ευνόησαν την αύξηση της αλατότητας και όταν τα επίπεδα αυξήθηκαν πάνω από 3,5 dS/m κατά το πρώτο στάδιο ανάπτυξης των φυτών, δηλαδή από τη μεταφύτευση ως το σχηματισμό του πρώτου άνθους, οδήγησαν σε περιορισμό της ανάπτυξής τους.

Οι Lycoskoufis et al. (2005) αναφέρουν ότι η αρνητική επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη των φυτών πιπεριάς της ποικιλίας Elisa παρατηρήθηκε σε επίπεδα αλατότητας 8 dS/m και συμπεραίνουν ότι η πιπεριά είναι φυτό ευαίσθητο στη συγκέντρωση των αλάτων, κάτι με το οποίο συμφωνούν και οι Sonneveld (1988) και Navaro et al. (2002).

Σύμφωνα με πολλούς ερευνητές (Adams, 1991; Savvas and Lenz, 2000; Munns, 2002) ο περιορισμός της ανάπτυξης των φυτών λόγω αλατότητας οφείλεται κατά κύριο λόγο σε μειωμένο οσμωτικό δυναμικό. Οι Lycoskoufis et al. (2005) συμφωνούν και προσθέτουν ότι αυτό μπορεί να εξαλειφθεί αν οι ρίζες που είναι εκτεθειμένες σε υψηλή αλατότητα έχουν κάποιο τμήμα τους σε αποσταγμένο νερό.

Οι Greenway and Munns (1980) και οι Seemann and Critchley (1985) αναφέρουν ότι η υψηλή συγκέντρωση αλάτων προκαλεί μείωση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτών, κάτι το οποίο μπορεί να οφείλεται στην επίδραση των αλάτων στην αγωγιμότητα των στοματίων των φυτών με αποτέλεσμα να περιορίζεται η απορρόφηση CO<sub>2</sub>. Αργότερα πάντως οι Brugnoni and Lauteri (1991) δικαιολόγησαν την επίδραση της αλατότητας στον περιορισμό της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτών μέσω της άμεσης επίδρασης του NaCl στην παραγωγή άνθρακα και μάλιστα η επίδραση αυτή επικεντρώνεται στους χλωροπλάστες (Downton et al., 1985).

Οι Lycoskoufis et al. (2005) αναφέρουν ότι τα φύλλα των φυτών πιπεριάς που αναπτύχθηκαν σε συνθήκες υψηλής αλατότητας εμφανίζουν ένα αισθητά μεγαλύτερο ειδικό βάρος από αυτά που αναπτύσσονται σε συνθήκες χαμηλών επιπέδων αλατότητας. Σύμφωνα με τους Longstreth and Nobel (1979) αυτό είναι πιθανό να οφείλεται σε προσαρμογή των φυτών στην αλατότητα έτσι ώστε να βελτιώσουν τη ικανότητά τους να χρησιμοποιούν το νερό. Οι Lycoskoufis et al. (2005) θεωρούν ότι τέτοιες αλλαγές στην ανατομία των φύλλων μπορεί να οδηγήσουν σε μεταβολές στο άνοιγμα των στοματίων.

Με αυτά τα αποτελέσματα επιβεβαιώνεται η άποψη ότι η φωτοσύνθεση παρεμποδίζεται από την αλατότητα στους χλωροπλάστες (Bethke και Drew, 1992). Οι Gunes et al. (1996) υποστηρίζουν ότι οι δυσμενείς συνέπειες της αλατότητας στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης των φύλλων μπορεί να οφείλεται είτε καταστροφή των χλωροπλάστων είτε στη μείωση της δραστηριότητας χλωροφύλλης.

Σύμφωνα με τους Lycoskoufis et al (2005) η μείωση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτών δεν συνδέεται με τοξικότητα του Na στα φύλλα. Μάλιστα οι Schwarz and Gale (1981), Yeo (1983) και Pasternak (1987) αναφέρουν ότι η περιορισμένη



ανάπτυξη των φυτών μπορεί να οφείλεται στην κατανάλωση ενέργειας για την απομάκρυνση του Na από τους φυτικούς ιστούς και επομένως την περιορισμένη διανομή άνθρακα. Αντίθετα με το Na, το Cl μετακινείται στα νεότερα φύλλα όπου μπορεί να προκαλέσει μείωση της χλωροφύλλης με αποτέλεσμα τη μείωση της φωτοσύνθεσης (Seemann and Critchley, 1985).

Οι Robinson et al. (1983) και οι Bethke and Drew (1992) υποστηρίζουν ότι η αγωγιμότητα των στομάτων μπορεί να μειωθεί σε υψηλά επίπεδα αλατότητας ακόμα κι αν τα φυτά έχουν υποστεί οσμωτική προσαρμογή. Σύμφωνα με τους Johnson et al. (1992), η οσμωτική προσαρμογή συνδυάζεται με μείωση του νερού που περιέχεται στους καρπούς και δικαιολογεί την αύξηση της περιεκτικότητας των φύλλων, των βλαστών και των καρπών σε ξηρά ουσία.

Οι Flowers et al (1991) αναφέρουν ότι η μείωση του περιεχομένου νερού στους φυτικούς ιστούς μπορεί να οφείλεται σε αφυδάτωση ορισμένων κυττάρων λόγω της αύξησης της συγκέντρωσης του Na και του Cl στα κυτταρικά τοιχώματα. Όπως υποστηρίζουν οι Yeo et al. (1985) αυτό μπορεί να συμβεί πιο συχνά κατά το τέλος της διαπνοής και ιδιαίτερα στα κύτταρα που βρίσκονται κοντά στα στομάτια με αποτέλεσμα να προκαλείται το κλείσιμο αυτών. Διαφορετικά, όπως αναφέρουν ο Pasternak (1987) και οι Munns et al. (1988) το κλείσιμο των στοματίων είναι πιθανό να συνδέεται με ένα ορμονικό ερέθισμα που παρατηρείται στις ρίζες με την αύξηση της αλατότητας.

Η επίδραση της αλατότητας στις συγκεντρώσεις K, Ca και Mg στα φύλλα της πιπεριάς είναι μεν σημαντική αλλά η μείωση που προκαλείται δεν οδηγεί σε συγκεντρώσεις οι οποίες να θεωρούνται χαμηλότερες από τα αποδεκτά επίπεδα (Marschner, 1995). Η μείωση της συγκέντρωσης του K στα φύλλα της πιπεριάς είναι μικρή και είναι πιθανό να συνδέεται με την αντικατάστασή του από το Na. Οι Lycoskoufis et al. (2005) αναφέρουν ότι η μείωση στη συγκέντρωση του Mg στα φύλλα της πιπεριάς μπορεί να είναι αποτέλεσμα της μειωμένης συγκέντρωσης χλωροφύλλης ενώ οι Marcelis and Ho (1999) συνδέουν τη μείωση της συγκέντρωσης του Ca με την επίδραση του Na στην περατότητα των κυτταρικών μεμβρανών αφού αυτό αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την ακεραιότητα και την εκλεκτικότητα των κυτταρικών μεμβρανών στην είσοδο των διαφόρων θρεπτικών στοιχείων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Από την παρουσίαση των αποτελεσμάτων των παραπάνω εργασιών φαίνεται ότι έχει πραγματοποιηθεί σημαντική ερευνητική προσπάθεια για τον προσδιορισμό των κατάλληλων χαρακτηριστικών τόσο του θρεπτικού διαλύματος όσο και των υποστρωμάτων που είναι κατάλληλα για την υδροπονική καλλιέργεια της πιπεριάς.

Παρά το γεγονός ότι έχουν διευκρινιστεί πολλές από τις επιδράσεις των σημαντικότερων παραγόντων που επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών και την παραγωγή τους, είναι φανερό ότι απαιτείται περαιτέρω έρευνα, ιδιαίτερα, για τον προσδιορισμό των κατάλληλων χαρακτηριστικών που πρέπει να έχουν τα θρεπτικά διαλύματα (συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων) όταν η πιπεριά καλλιεργείται κάτω από τις συνθήκες που επικρατούν στη χώρα μας.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

**Adams P. (1991).** Effects of increasing the salinity of the nutrient solution with major nutrients or sodium chloride on the yield, quality and composition of tomatoes grown in rockwool. *J Hort Sci* **66**: 201-207.

**Adams P. (2002).** Nutritional control in hydroponics. *In* Hydroponic production of vegetables and ornamentals (Eds D. Savvas and J. Passam) pp 211-262, Embryo Publications. Athens.

**Adler P.R. and Wilcox G.E. (1995).** Ammonium increases the net rate of sodium influx and partitioning to the leaf of muskmelon. *J Plant Nutr* **18**: 1951-1962.

**Alam S.M. (1994).** Nutrient uptake by plants under stress condition. *In* Handbook of plant and crop stress (Ed M. Pessarakli). Marcel Dekker, New York. pp 227-243.

**Albassam B.A (2001).** Effects of nitrate nutrition on growth and nitrogen assimilation of pearl millet exposed to sodium chloride stress. *J Plant Nutr* **24**: 1325-1335.

**Ali A.M. and Kelly W.C. (1993).** Effect of pre-anthesis temperature on the size and shape of sweet pepper fruits. *Sci Hort* **54**: 97-105.

**Argo W.R. and Biernbaum J.A. (1995).** The effect of irrigation method, water-soluble fertilization, preplant nutrient charge, and surface evaporation on early vegetative and root growth of poinsettia. *J Am Soc Hort Sci* **120**: 163-169.

**Atkinson C.J., Webster A.D., Vaughan S., Lucas A.S., Barritt B.H. and Kappel F. (1997).** Effect of root restriction on the physiology of apple tree growth. *Acta Hort* **451**: 587-595.

**Bakker J.C. (1989).** The effects of temperature on flowering, fruit set and fruit development of glasshouse sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *J Hort Sci* **64**: 313-320.

**Bar Yosef B., Schwartz S., Markovich T., Lucas B. and Assaf R. (1988).** Effect of root volume and nitrate solution concentration on growth, fruit yield and temporal n and water uptake rates by apple trees. *Plant Soil* **107**: 49-56.

**Bassirirad H., Radin J.W. and Matsuda K. (1991).** Temperature-dependent water and ion transport properties of barley and sorghum roots. I. Relationship to leaf growth. *Plant Physiol* **97**: 426-432.

**Bethke P.C. and Drew M.C. (1992).** Stomatal and nonstomatal components to inhibition of photosynthesis in leaves of *Capsicum annuum* during progressive exposure to NaCl salinity. *Plant Physiol* **99**: 219-226.

**Biddinger E.J., Liu C., Joly R.J. and Raghothama K.G. (1999).** Physiological and molecular response of aeroponically grown tomato plants to phosphorus deficiency. *J Am Soc Hortic Sci* **123**: 330-333.

**Brugnoli E. and Laureti M. (1991).** Effects of salinity on stomatal conductance, photosynthetic capacity and carbon isotope discrimination of salt tolerant (*Gossypium hirsutum* L.) and salt-sensitive (*Phaseolus vulgaris* L.) C<sub>3</sub> non-halophytes. *Plant Physiol* **95**: 628-635.

**Bunce J.A. (1977).** Leaf elongation in relation to leaf water potential in soybean. *J Experim Bot* **28**: 156-161.

**Carlson R.M (1981).** Mineral Nutrient Availability. In Prune Orchard Management (Ed Ramos, D.E.). Special Publication. 3269. Division of Agricultural Sciences. University of California, Berkeley, USA. pp 84-89.

**Castorena V.M., Ulery A.L., Catalan – Valencia E.A. and Remmenga M.D. (2003).** Division s-4 – soil fertility & plant nutrition. Salinity and nitrogen rate effects on the growth and yield of chile pepper plants. *Soil Sci Soc Am* **67**: 1781-1789.

**Choe J.S., Cheol U.Y., Kang K.H and Lee W.S. (1994).** Effects of night temperature and nursery period on the quality of pepper (*Capsicum annuum* L.). Seedlings. *J Korean Soc Hortic Sci* **35**: 1-11.

**Clarkson D.T. and Scattergood C.B. (1982).** Growth and phosphate transport in barley and tomato plants during the development of, and recovery from, phosphate-stress. *J Experim Bot* **136**: 865-875.

**Cornillon P. and Palloix A. (1997).** Influence of sodium chloride on the growth and mineral nutrition of pepper cultivars. *J Plant Nutr* **20**: 1085-1094.

**Cox D.A. (2001).** Growth, nutrient content and growth medium electrical conductivity of poinsettia irrigated by subirrigation or from overhead. *J Plant Nutr* **24**: 523-533.

**Craft-Brandner S.J. (1992).** Phosphorus nutrition influence starch and sucrose accumulation, and activities of ADP-glucose pyrophosphorylase and sucrose-phosphate synthase during the grain filling period in soybean. *Plant Physiol* **98**: 1133-1138.

Γεωργία και Ανάπτυξη (1993). *Όλα για την πιπεριά*. Αγροτικές Εκδόσεις, Τεύχος 6(29): 15-80.

De Willigen P. (1987). *Plant Production and Nutrient – Use Efficiency*. PhD. Thesis. Agricultural University of Wageningen, The Netherlands.

Δημητράκης Κ.Γ. (1998). *Λαχανοκομία*. Εκδόσεις Αγρότυπος, Αθήνα.

Δημόπουλος Β. (2004). *Φυτοπροστατευτικά προϊόντα (Β' έκδοση)*. Εκδόσεις Έμβρυο, Αθήνα.

Dibb D.W. and Thompson W.R. (1985). Interaction of potassium with other nutrients. *In Potassium in Agriculture* (Ed Munson, R.D.). ASA/CSSA/SSSA: Madison, WI, pp 515-534.

Dodd I.C., He J., Turnbull C.G.N., Lee S.K. and Critchley C. (2000). The influence of supra-optimal root-zone temperatures on growth and stomatal conductance in *Capsicum annuum* L. *J Experim Bot* 51: 239-248.

Downton W.J.S., Grant W.J.R. and Robinson S.P. (1985). Photosynthetic and stomatal responses of spinach leaves to salt stress. *Plant Physiol* 77: 85-88.

Estrada Z.L., Martinez-Hernandez J.J., Baca-Castillo G.A., Martinez-Garza A., Tirado-Torres J.L. and Kohashi-Shibata J. (2004). Bell pepper production in two irrigation systems under hydroponics conditions. *Agrociencia* 38: 207-218.

Ζαρμπούτης Γ.Β. και Γκαγκνή Α.Ι. (1992). *Καλλιέργειες σε θερμοκήπιο*. Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα.

Ηλιόπουλος Α.Γ. (2002). *Σημειώσεις Γεωργικής Εντομολογίας & Ζωολογία*. Εκδόσεις ΤΕΙ Καλαμάτας.

Ηλιόπουλος Α.Γ. (2004). *Γενική Φυτοπαθολογία*. Εκδόσεις Έμβρυο, Αθήνα.

Flores P., Carvajal M., Cerda A. and Martinez V. (2001). Salinity and ammonium/nitrate interactions on tomato plant development, nutrition, and metabolites. *J Plant Nutr* 24: 1561-1573.

Flowers T.J., Hajibagheri M.A. and Yeo A.R. (1991). Ion accumulation in cell walls of rice plants growing under saline conditions: evidence for the Oertli hypothesis. *Plant Cell Environ* 14: 319-325.

Gossellin A. and Trudel M.J. (1986). Root-zone temperature effects on pepper. *J Am Soc Hortic Sci* 111: 220-224.

Graves W.R., Joly R.J. and Dana M.N. (1991). Water use and growth of honey locust and tree-of-heaven at high root-zone temperatures. *HortSci* 26: 1309-1312.

**Greenway H. and Munns R. (1980).** Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annu Rev Plant Physiol* **31**: 149-190.

**Gunes A., Inal A. and Alpaslan A. (1996).** Effect of salinity on stomatal resistance, praline and mineral composition of pepper. *J Plant Nutr* **19**: 389-396.

**Guttormsen G. (1969).** Accumulation of salts in the subirrigation of pot plants. *Plant Soil* **31**: 425-438.

**Ho L.C., Belda R., Brown M., Andrews J., and Adams P. (1993).** Uptake and transport of calcium and the possible causes of blossom-end-rot. *J Experim Bot* **44**: 509-518.

**Ho L.C., Adams P., Li X.Z., Shen H., Andrew J. and Xu Z.H. (1995).** Response of Ca-efficient and Ca-inefficient tomato cultivars to salinity in plant growth, calcium accumulation and blossom-end-rot. *J Hortic Sci* **70**: 909-918.

**Jacob J. and Lawlor D.W. (1991).** Stomatal and mesophyll limitations of photosynthesis in phosphate deficient sunflower, maize and wheat plants. *J Experim Bot* **241**: 1003-1011.

**Jacoby B. (1994).** Mechanisms involved in salt tolerance by plants. *In Handbook of plant and crop stress* (Ed M. Pessarakli). Marcel Dekker, New York. pp 97-145

**Jeschke W.D. and Pate J.S. (1992).** Temporal patterns of uptake, flow and utilization of nitrate, reduced nitrogen and carbon in a leaf of salt-treated castor bean (*Ricinus communis* L.). *J Experim Bot* **43**: 393-402.

**Johnson R.W., Dixon M.A. and Lee D.R. (1992).** Water relations of the tomato fruit during growth. *Plant Cell Environ* **15**: 947-953.

**Jovicich E., Cantliffe D.J., Stoffella P.J. and Vansickle J.J. (1999).** *Reduced Fertigation of Soilless – greenhouse – grown Peppers Improves Fruit Yield and Quality.* SAS/STAT User's Guide V8 Vol. 1-3. SAS Inst., Cary N.C.

**Κανάκης Α.Γ. (1998).** *Σημειώσεις Λαχανοκομίας (Εκτός εδάφους καλλιέργεια).* Εκδόσεις ΤΕΙ Καλαμάτας.

**Κανάκης Α.Γ. (2003).** *Γενική Λαχανοκομία.* Εκδόσεις Αγρότυπος. Αθήνα.

**Kang J., Iersel M.W. and Nemali K.S. (2004).** Fertilizer concentration and irrigation method affect growth and fruiting of ornamental pepper. *J Plant Nutr* **27(5)**: 867-884.

**Καράμαλης Ι. (2006).** *Υδροπονική καλλιέργεια τομάτας σε περλίτη στην περιοχή της Φοινικούντας και τεχνικοοικονομική ανάλυση.* Πτυχακή εργασία, ΤΕΙ Καλαμάτας.

**Κουσουρή Ε. (2004).** Υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού. Πτυχιακή εργασία, ΤΕΙ Καλαμάτας.

**Kent M.W. and Reed D.W. (1996).** Nitrogen nutrition of New Guinea impatiens "Barbados" and *Spathiphyllum "Petite"* in a subirrigation system. *J Am Soc Hortic Sci* **121**: 816-819.

**Khah E.M. and Passam H.C. (1992).** Flowering, fruit set and development of the fruit and seed of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivated under conditions of high ambient temperature. *J Hortic Sci* **67(2)**: 251-258.

**Klock – Moore K.A. and Broschat T.K. (2001).** Irrigation systems and fertilizer affect petunia growth. *HortTechn* **11**: 416-418.

**Leigh R.A. and Wyn Jones R.G. (1984).** hypothesis relating critical potassium concentration for growth to the distribution and function of this ion in the plant cell. *New Phytol* **97**: 1-13.

**Λίβα Π. (2005).** Γεωργική εκμετάλλευση 10 στρεμμάτων υδροπονικής καλλιέργειας πιπεριάς. Πτυχιακή εργασία, ΤΕΙ Καλαμάτας.

**Longstreth D.J. and Nobel P.S. (1979).** Salinity effects on leaf anatomy. Consequences for photosynthesis. *Plant Physiol* **63**: 700-703.

**Lycoskoufis I.H., Savvas D. and Mavrogianopoulos G. (2005).** Growth, gas exchange, and nutrient status in pepper (*Capsicum annuum* L.) grown in recirculating nutrient solution as affected by salinity imposed to half of the root system. *Scient Hortic* **106**: 147-161.

**Maas E.V. (1993).** Plant growth response to salt stress. p 279-291. *In* Towards the rational use of high salinity tolerant plants (Ed Lieth H and Al Masoom A.). Vol 1. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands.

**Maas E.V. and Hoffman G.J. (1977).** Crop salt tolerance – Current assessment. *Irrig J. Drain. Div. ASCE.* **103**: 115-134.

**Marcelis L.F.M and Ho L.C. (1999).** Blossom-end rot in relation to growth rate and calcium content in fruits of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *J Experim Bot* **50**: 357-363.

**Markhart III A.H., Fiscus E.L., Naylor A.W. and Kramer P.J. (1979).** Effect of temperature on water and ion transport properties in soybean and broccoli root system. *Plant Physiol* **64**: 83-87.

**Marschner H. (1995).** *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, New York.

**Μαυρογιαννόπουλος Γ.Ν. (2001).** *Θερμοκήπια*. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης. Αθήνα.

**Moreno D.A., Pulgar G., Villora G. and Romero L. (1996).** Effect of N and K on fruit production and leaf levels of Fe, Mn Zn, Cu and B and their biochemical indicators in Capsicum plants. *Myton* **59**: 1-12.

**Morgan M.A. and Jackson W.A. (1989).** Reciprocal ammonium transport into and out of plant roots, modifications by plant nitrogen status and elevated root ammonium concentration. *J Experim Bot* **40**: 207-214.

**Muuns R. (2002).** Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ* **25**: 239-250.

**Munns R., Gardner P.A., Tonnet M.L. and Rawson H.M. (1988).** Growth and development in NaCl-treated plants II. Do Na<sup>+</sup> or Cl<sup>-</sup> concentrations in dividing or expanding tissues determine growth in barley? *Aust J Plant Physiol* **15**: 529-540.

**Navaro J.M., Garrido C., Carvajal M. and Martinez V. (2002).** Yield and fruit quality of pepper plants under sulphate and chloride salinity. *J Hort Sci Biotech* **77**: 52-57.

**O' Sullivan J. (1979).** Response of peppers to irrigation and nitrogen. *Can J Plant Sci* **59**: 1085-1091.

**Οικονόμου Ν. (2004).** *Γεωργικές κατασκευές (εργαστηριακές σημειώσεις)*. Εκδόσεις ΤΕΙ Καλαμάτας.

**Ολύμπιος Χ.Μ. (2001).** *Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια*. Εκδόσεις Σταμούλης. Αθήνα.

**Palmer S.J., Berridge D.M., McDonald A.J.S. and Davies W.J. (1996).** Control of leaf expansion in sunflower (*Helianthus annuus* L.) by nitrogen nutrition. *J Experim Bot* **47**: 359-368.

**Παναγόπουλος Χ.Γ. (1995).** *Ασθένειες κηπευτικών καλλιεργειών*. Εκδόσεις Α. Σταμούλης. Αθήνα-Πειραιάς.

**Pasternak D. (1987).** Salt tolerance and crop production – A comprehensive approach. *Ann Rev Phytopathol* **25**: 271-291.

**Paul M.J. and Stitt M. (1993).** Effects of nitrogen and phosphorus deficiencies on levels of carbohydrates, respiratory enzymes and metabolites in seedlings of tobacco and their response to exogenous sucrose. *Plant Cell Environ* **16**: 1047-1057.



**Peterson T.A., Reinsel M.D. and Krizek D.T. (1991a).** Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv. "Better Bush") plant response to root restriction I. Alteration of plant morphology. *J Experim Bot* **42**: 1233-1240.

**Peterson T.A., Reinsel M.D. and Krizek D.T. (1991b).** Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv. "Better Bush") plant response to root restriction II. Root respiration and ethylene generation. *J Experim Bot* **42**: 1241-1249.

**Plaxton W.C. and Carswell C. (1999).** Metabolic aspects of the phosphate starvation response in plants. In *Plant Responses to Environmental Stress* (Ed Lerner H.). Marcel Dekker, New York. pp 350-372.

**Qiu J. and Israel W. (1992).** Diurnal starch accumulation and utilization in phosphorus-deficient soybean plants. *Plant Physiol* **98**: 316-323.

**Resh H.M. (1995).** *Hydroponic food production*. Woodbridge Press Publishing Company, Santa Barbara, California.

**Robinson S.P., Downton W.J.S. and Millhouse J.A. (1983).** Photosynthesis and ion content of leaves and isolated chloroplasts of salt-stressed spinach. *Plant Physiol* **73**: 238-242.

**Sanogo S., and Moorman G.W. (1993).** Transmission and control of *Pythium aphanidermatum* in an ebb-and-flow subirrigation system. *Plant Dis* **77**: 287-290.

**Saure M.C. (2001).** Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) – calcium – or a stress-related disorder. *Sci Hortic* **90**: 193-208.

**Savvas D. and Lenz F. (2000).** Effects of NaCl or nutrient-induced salinity on growth, yield and composition of eggplants grown in rockwool. *Sci Hortic* **84**: 37-47.

**Scherer H.W., Mackown C.T. and Leggett J.E. (1984).** Potassium – ammonium uptake interactions in tobacco seedlings. *J Experim Bot* **35**: 1060-1070.

**Schwarz M. and Gale J. (1981).** Maintenance respiration and carbon balance of plants at low levels of sodium chloride salinity. *J Experim Bot* **32**: 933-941.

**Seemann J.R. and Critchley C. (1985).** Effects of salt stress on the growth, ion content, stomatal behaviour and photosynthetic capacity of a salt-sensitive species, *Phaseolus vulgaris* L. *Planta* **164**: 151-162.

**Shashidhar V.R., Prasad T.G. and Sudharshan L. (1996).** Hormone signals from roots to shoots of sunflower (*Helianthus annuus* L.) moderate soil drying increases delivery of abscisic acid and depresses delivery of cytokinins in xylem sap. *Ann Bot* **78**: 151-155.

**Shen D., Shen O., Liang Y. and Liu Y. (1994).** Effect of nitrogen on the growth and photosynthetic activity of salt – stressed barley. *J Plant Nutr* 17: 787-799.

**Shishido Y., Seyama N., Imada S. and Hori Y. (1989).** Carbon budget in tomato plants as affected by night temperature evaluated by steady state feeding with CO<sub>2</sub>. *Ann Bot* 63: 357-367.

**Silber A., Xu G., Levkovitch I., Soriano S., Bilu A. and Wallach R. (2003).** High fertigation frequency: the effects on uptake of nutrients, water and plant growth. *Plant Soil* 253: 467-477.

**Silber A., Bruner M., Kenig E., Reshef G., Zohar H., Posalski I., Yehezkel H., Shmuel D., Cohen S., Dinar M., Matan E., Dinkin I., Cohen Y., Karni L., Aloni B. and Assouline S. (2005).** High fertigation frequency and phosphorus level: Effects on summer-grown bell pepper growth and blossom-end rot incidence. *Plant Soil* 270: 135-146.

**Soliman M.S., Shalabi H.G. and Campbell W.F. (1994).** Interaction of salinity, nitrogen and phosphorus fertilization on wheat. *J Plant Nutr* 17: 1163-1173.

**Sonneveld C. (1988).** The salt tolerance of greenhouse crops. *Neth J Agric Sci* 36: 63-73.

**Speer M. and Kaiser W.M. (1994).** Replacement of nitrate by ammonium as the nitrogen source increases the salinity sensitivity of pea plants. II. Inter- and intracellular solute compartmentation in leaflets. *J Plant Nutr* 16: 2289-2303.

**Stanghellini M.E., and Rasmussen S.L. (1994).** A solution for zoosporic pathogens. *Plant Dis* 78: 1129-1138.

**Stanghellini M.E., Nielsen C.J., Kim D.H., Rasmussen S.L. and Rorbaugh P.A. (2000).** Influence of sub-versus top-irrigation and surfactants in a recirculating system on disease incidence caused by *Phytophthora* spp. in potted pepper plants. *Plant Dis* 84: 1147-1150.

**Strong S.S, Behe B.K., Deneke C.F., Bowen K.L. and Keever G.J. (1997).** Cultivar and spacing effects on transmission of *Phytophthora parasitica* in an ebb-and-flow subirrigation system. *Plant Dis* 81: 89-95.

**Tachibana S., Du Y.C., Wang Yu.H. and Kitamura F. (1977).** Implication of endogenous cytokinins in the growth inhibition of cucumber plants by supraoptimal root-zone temperature. *J Japan Soc Hortic Sci* 66: 549-555.

**Thinggaard K. and Anderson J. (1995).** Influence of watering frequency and electrical conductivity of the nutrient solution on *Phytophthora* root rot in pot plants of *Gerbera*. *Plant Dis* **79**: 259-263.

**Turner N.C. (1974).** Stomata behaviour and water status of maize, sorghum and tobacco under field conditions. *Plant Physiol* **53**: 360-365.

**Vale F.R., Jackson W.A. and Volk R.J. (1988).** Nitrogen-stimulated of potassium influx into maize roots: differential response of components resistant and sensitive to ambient ammonium. *Plant Cell Environ* **11**: 493-500.

**Wang M.Y., Siddigi M.Y. and Glass D.M. (1996).** Interaction between  $K^+$  and  $NH_4^+$ : Effects on ion uptake by rice roots. *Plant Cell Environ* **19**: 1037-1046.

**Wilkinson S., Corlett J.E., Oger L. and Davies W.J. (1998).** Effects of xylem pH on transpiration from wild-type and *flacca* tomato leaves. *Plant Physiol* **117**: 703-709.

**Xu G., Wolf S. and Kafkafi U. (2001).** Interactive effect of nutrient concentration and container volume on flowering, fruiting and nutrient uptake of sweet pepper. *J Plant Nutr* **24(3)**: 479-501.

**Xu G., Wolf S. and Kafkafi U. (2002).** Ammonium on potassium interaction in sweet pepper. *J Plant Nutr* **25(4)**: 719-734.

**Xu G., Levkovitch I., Soriano S., Wallach R. and Silber A. (2004).** Integrated effect of irrigation frequency and phosphorus level on lettuce: yield, P uptake and root growth. *Plant Soil*, in press.

**Yeo A.R. (1983).** Salinity resistance: physiologies and prices. *Physiol Plant* **58**: 214-222.

**Yeo A.R., Caporn S.J.M. and Flowers T.J. (1985).** The effect of salinity upon photosynthesis in rice (*Oryza sativa* L.): Gas exchange by individual leaves in relation to their salt content. *J Experim Bot* **36**: 1240-1248.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Εικόνα 1. Θερμοκήπιο για υδροπονική καλλιέργεια και διαμόρφωση υποδοχέων των φυτών.



Εικόνα 2. Σπορόφυτα πιπεριάς πριν τη μεταφύτευση στην τελική θέση ανάπτυξης των φυτών.



Εικόνα 3. Νεαρά σπορόφυτα κατά το στάδιο της μεταφύτευσής τους σε υπόστρωμα περλίτη.



Εικόνα 4. Ανάπτυξη φυτών πιπεριάς σε υδροπονική καλλιέργεια.



Εικόνα 5. Ανάπτυξη φυτών σε υδροπονική καλλιέργεια πιπεριάς και εφαρμογή κλαδέματος.



Εικόνα 7. Παραγωγή καρπών πιπεριάς σε υδροπονική καλλιέργεια.