

Τ.Ε.Ι. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ
(ΠΡΩΗΝ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ)

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΜΕΛΕΤΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΓΙΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΙΠΕΡΙΑΣ ΣΕ ΕΝΑ ΣΤΡΕΜΜΑ»



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ, ΑΜ: 2005142

ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2015

Τ.Ε.Ι. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ
(ΠΡΩΗΝ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ)

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΜΕΛΕΤΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΓΙΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΙΠΕΡΙΑΣ ΣΕ ΕΝΑ ΣΤΡΕΜΜΑ»

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ, ΑΜ: 2005142
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΟΥΡΟΥΤΟΓΛΟΥ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2015

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ABSTRACT	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	9
«ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ»	9
1.1 Υδροπονία	9
1.2 Ιστορική αναδρομή	10
1.3 Η υδροπονία στην Ελλάδα	11
1.4 Συγκρίνοντας τις υδροπονικές καλλιέργειες με τις συμβατικές γεωργικές καλλιέργειες εδάφους	11
1.5 Συστήματα υδροπονικών καλλιεργειών.....	14
1.5.1 Ταξινόμηση με βάση το μέσο που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος.....	14
1.5.2 Ταξινόμηση των υδροπονικών συστημάτων με βάση τον τρόπο διαχείρισης των απορροών.....	14
1.5.3 Καλλιέργεια σε στερεά υποστρώματα	16
1.5.3.1 Καλλιέργεια σε άμμο.....	16
1.5.3.2 Καλλιέργεια σε περλίτη.....	17
1.5.3.3 Καλλιέργεια σε πετροβάμβακα.....	17
1.5.3.4 Καλλιέργεια σε ελαφρόπετρα	18
1.5.3.5 Καλλιέργεια σε βερμικουλίτη.....	19
1.5.3.6 Καλλιέργεια σε τύρφη.....	19
1.5.3.6 Καλλιέργεια σε κοκοφοίνικα (cocosoil).....	19

1.5.4 Υποδοχείς στερεών υποστρωμάτων.....	20
1.5.5 Υδατοκαλλιέργειες- NFT (Nutrient Film Technique).....	20
1.6 Κόστος εγκατάστασης ενός υδροπονικού συστήματος	22
1.7 Αποδόσεις μιας υδροπονικής καλλιέργειας	22
1.8 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	24
«Η ΠΙΠΕΡΙΑ»	24
2.1 Γενικά.....	24
2.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά	25
2.3 Καλλιεργούμενες ποικιλίες πιπεριάς	27
2.3.1 Μακρόστενες πιπεριές.....	27
2.3.2 Τετράγωνες πιπεριές.....	28
2.4 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις πιπεριάς.....	29
2.4.1 Έδαφος	29
2.4.2 Κλίμα	30
2.5 Άρδευση της πιπεριάς	30
2.6 Εχθροί και ασθένειες της πιπεριάς.....	31
2.6.1 Εντομολογικοί εχθροί.....	31
2.6.2 Μυκητολογικές ασθένειες	32
2.6.3 Βακτηριολογικές ασθένειες.....	33
2.6.4 Ιολογικές ασθένειες.....	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο	34
«Η ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΙΠΕΡΙΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ».....	34
3.1 Περιοχή μελέτης	34
3.1.1 Γενικά	34
3.1.2 Στοιχεία περιοχής μελέτης.....	34
3.2 Επιλογή ποικιλίας	37

3.3 Επιλογή υδροπονικού συστήματος	38
3.3 Εγκατάσταση θερμοκηπίου	39
3.3.1 Εξοπλισμός	39
3.4 Περιγραφή συστήματος καλλιέργειας	43
3.4.1 Εξοπλισμός	44
3.4.1.1 Σύστημα παρασκευής Θρεπτικών διαλυμάτων.....	44
3.4.2 Προετοιμασία και εγκατάσταση του υδροπονικού συστήματος	47
3.4.3 Τεχνική της ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος.....	49
3.4.4 Ρύθμιση της άρδευσης.....	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο	52
«ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ / ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ»	52
4.1 Έλεγχος της μονάδας	52
4.2 Διαχείριση υπολειμμάτων	53
4.3 Διαχείριση συγκομιδής.....	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο	56
«ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ».....	56
5.1 Πάγια κόστη	56
5.2 Κόστος παραγωγής της καλλιέργειας	56
5.3 Αποσβέσεις παγίων.....	57
5.4 Ετήσιο κόστος.....	57
5.5 Έσοδα που αποφέρει η καλλιέργεια	58
5.5.1 Ακαθάριστα έσοδα	58
5.5.2 Καθαρά έσοδα.....	58
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	59
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	61

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θεωρώ υποχρέωσή μου να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Χρήστο Μουρούτογλου για την πολύτιμη καθοδήγησή και υποστήριξή του.

Επιπλέον, οφείλω να αφιερώσω την πτυχιακή μου εργασία στην οικογένεια μου για την συμπαράσταση που μου παρείχε σε όλα τα χρόνια της φοίτησης μου στο Τ.Ε.Ι. Πελοποννήσου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πλαίσια των υποχρεώσεων του σπουδαστή Αντωνόπουλου Αθανάσιου για τη λήψη πτυχίου από το Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων (πρώην Φ.Π.) εκπονήθηκε η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο «Μελέτη αρδευτικού δικτύου για υδροπονική καλλιέργεια πιπεριάς σε ένα στρέμμα». Στα πρώτα κεφάλαια της εργασίας (1 έως 3) παρουσιάζονται ορισμένα στοιχεία για τις υδροπονικές καλλιέργειες και τα σημαντικότερα εφαρμοζόμενα συστήματα στην Ελλάδα και γίνεται μια απόπειρα περιγραφής των χαρακτηριστικών της πιπεριάς, των απαιτήσεών της σε συνθήκες και των σημαντικότερων εχθρών της. Στα κεφάλαια 4 και 5 παρουσιάζεται η λειτουργία μιας θερμοκηπιακής μονάδας εκτάσεως 1 στρέμματος σε πετροβάμβακα και τα οικονομικά στοιχεία αυτής.

ABSTRACT

As part of the student's obligations Athanasios Antonopoulos to a degree from the Department of Agronomy, he had elaborated this thesis entitled "Study of irrigation system for hydroponic pepper cultivation in an acre." The first chapters (1-3) present some information on hydroponics and the most important systems in place in Greece and is an attempt to describe the characteristics of the pepper, of the requirements of conditions and its major enemies. In chapters 4 and 5 shows the operation of a pepper culture in a greenhouse unit area of 1 acre in rockwool and it's financial data.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι υδροπονικές καλλιέργειες ή καλλιέργειες εκτός εδάφους αποτελούν τα τελευταία χρόνια τον κυρίαρχο τρόπο καλλιέργειας κυρίως κηπευτικών αλλά και ανθοκομικών φυτών. Διακρίνονται διάφορα συστήματα καλλιέργειας, αυτά στα οποία χρησιμοποιούνται εδαφικά υποστρώματα ως υποκατάστατα του εδάφους αλλά και εκείνα όπου τα φυτά αναπτύσσονται μέσα σε ειδικό θρεπτικό διάλυμα (επιπλέον). Στην Ελλάδα προτιμώνται κυρίως τα εδαφικά υποστρώματα ως υδροπονικό σύστημα και από αυτά ο πετροβάμβακας καθώς υπερτερεί των άλλων συστημάτων.

Στην παρούσα πτυχιακή μελέτη μελετάται η υδροπονική καλλιέργεια της πιπεριάς σε υπόστρωμα πετροβάμβακα. Η επιλογή του πετροβάμβακα και κατ'επέκταση του καταλληλότερου για την καλλιέργεια υδροπονικού συστήματος έγινε με βάση κριτήρια όπως το είδος της καλλιέργειας, την ποιότητα του διαθέσιμου νερού της περιοχής αλλά και του κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας του υδροπονικού συστήματος.

Η επιτυχία ενός υδροπονικού συστήματος στηρίζεται στην συνεχόμενη και ομαλή ροή του θρεπτικού διαλύματος μέσα στο εδαφικό υπόστρωμα ώστε να προσλαμβάνονται τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά από τα φυτά μέσω του ριζικού τους συστήματος. Για τον λόγο αυτό παίζει πολύ σημαντικό ρόλο η επιλογή του αρδευτικού δικτύου της καλλιέργειας. Το θρεπτικό διάλυμα παρέχεται στα φυτά είτε με απευθείας έγχυση των πυκνών διαλυμάτων στον αγωγό άρδευσης, είτε με την παρεμβολή στο σύστημα κάδου ανάμειξης. Στην συγκεκριμένη μελέτη επιλέχθηκε ο κάδος ανάμειξης του θρεπτικού και η μετέπειτα διανομή του μέσω του αρδευτικού δικτύου. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζονται περισσότερο ελεγχόμενες συνθήκες.

Εκτός των πρακτικών πλεονεκτημάτων που έχει η επιλογή του πετροβάμβακα για την καλλιέργεια της πιπεριάς, έχει και το πλεονέκτημα κόστους και κυρίως κέρδους. Το ετήσιο κόστος μιας τέτοιας παραγωγής ανά στρέμμα είναι περίπου στα 11.220€ ενώ το αντίστοιχο κέρδος φθάνει τα 13.990€. Αποτελεί, λοιπόν, μια κερδοφόρα παραγωγή με ετήσιο καθαρό εισόδημα τα 1770€ (1500-2000€) το στρέμμα περίπου ανάλογα το ύψος της παραγωγής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

«ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ»

1.1 Υδροπονία

Η υδροπονία είναι μέθοδος καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους. Ο όρος υδροπονία, αναλύεται σε δύο συνθετικά: Υδρο = νερό + πονία = εργασία, που συνεπάγεται την **εργασία στο νερό**. Έχει επικρατήσει έναντι του σωστότερου που θεωρείται ο όρος «*καλλιέργεια εκτός εδάφους*». Ο ανωτέρω όρος είναι σωστότερος, καθώς το φυτό δεν απαιτεί μόνο νερό για την ανάπτυξή του, κάτι που υπονοείται από τον ευρέως χρησιμοποιούμενο όρο.

Χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι η ανάπτυξη των ριζών των φυτών είτε σε στερεά υποστρώματα που δέχονται θρεπτικό διάλυμα μέσω δικτύου άρδευσης, είτε απευθείας (με την ανάλογη στήριξη) σε θρεπτικό διάλυμα, χωρίς να έρχονται σε επαφή με το έδαφος. Το θρεπτικό διάλυμα αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία μιας υδροπονικής καλλιέργειας αφού από αυτό τα φυτά απορροφούν τις απαραίτητες για την ανάπτυξή τους ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων.

Τα στερεά υποστρώματα που χρησιμοποιούνται στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι στην ουσία αδρανή πορώδη υλικά, τα οποία έχουν την ικανότητα να συγκρατούν ποσότητες νερού και αέρα σε τέτοιες αναλογίες ώστε να επιτρέπουν την ανάπτυξη των φυτών.

Το θρεπτικό διάλυμα περιέχει όλα εκείνα τα στοιχεία (*μακροστοιχεία και ιχνοστοιχεία – ανάλογα με τις χρησιμοποιούμενες / αναγκαίες ποσότητες*) για την ανάπτυξη των φυτών. Στα μακροστοιχεία περιλαμβάνονται το άζωτο, το θείο, ο φώσφορος, το κάλιο, το μαγνήσιο και το ασβέστιο ενώ στα μικροστοιχεία ο σίδηρος, ο χαλκός, ο ψευδάργυρος, το μαγγάνιο και το βόριο. Όλα τα παραπάνω θρεπτικά συστατικά βρίσκονται σε τέτοιες αναλογίες στον θρεπτικό διάλυμα, ανάλογα με τις ανάγκες της εκάστοτε καλλιέργειας (Σάββας, 2007).

1.2 Ιστορική αναδρομή

Η υδροπονία χρονολογείται περίπου από το 1860, όταν έγινε η πρώτη προσπάθεια από τον Γερμανό ερευνητή Sachs. Ωστόσο, ως μέθοδος παραγωγής εξελίχθηκε και εφαρμόστηκε στα τέλη του 19^{ου} με αρχές του 20^{ου} αιώνα. Σε εμπορική κλίμακα η υδροπονία κάνει την εμφάνισή της το 1938 όπου ξεκίνησαν οι πρώτες υδροπονικές καλλιέργειες σε Η.Π.Α. και Β. Ευρώπη. Ωστόσο, οι παραγωγοί εγκαταλείπουν τις προσπάθειες λόγω υψηλού οικονομικού κόστους αλλά και πολλών τεχνικών προβλημάτων.

Το 1950 είναι η χρονολογία που αναπτύχθηκε για πρώτη φορά από τους *Hoagland* και *Arnon* το θρεπτικό διάλυμα μέσα στο οποίο αναπτύσσονταν οι ρίζες των φυτών χωρίς την χρήση στερεού υποστρώματος (NFT). Το πρώτο φυτό στο οποίο εφαρμόστηκε το σύστημα αυτό ήταν η τομάτα. Μάλιστα διαπιστώθηκε πως η ανάπτυξη των φυτών σε άμμο, έδαφος και νερό ήταν ίδια και η επιλογή εξαρτιόταν αποκλειστικά από οικονομικούς παράγοντες. Σήμερα όμως, που τα θρεπτικά διαλύματα έχουν βελτιωθεί σε μεγάλο βαθμό παρατηρούνται διαφορές τόσο στην ανάπτυξη όσο και στην ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος.

Το 1970 εφαρμόζεται το πρώτο εμπορικό υδροπονικό σύστημα όπου τα χρησιμοποιούμενα υποστρώματα είναι άμμος και χαλίκι εμποτισμένα με θρεπτικό διάλυμα παρόμοιας σύστασης με αυτό που είχαν προτείνει νωρίτερα οι *Hoagland* και *Arnon*. Η ταχύτητα ροής του θρεπτικού διαλύματος αλλά και η δοσολογία εξαρτιόνταν από την περίοδο καλλιέργειας, το είδος της καλλιέργειας και το μέγεθος αυτής.

Σήμερα χρησιμοποιούνται σε όλο τον κόσμο σε ερασιτεχνική αλλά και σε εμπορική κλίμακα διάφορα υδροπονικά συστήματα ανάλογα με τις απαιτήσεις της υπό εξέταση καλλιέργειας αλλά και τις οικονομικές δυνατότητες του κάθε χρήστη / παραγωγού (Σάββας, 2007).

1.3 Η υδροπονία στην Ελλάδα

Σύμφωνα με στοιχεία του IRTC (International Research and Training Centre for Sustainability), η υδροπονία στην Ελλάδα καλύπτει 1.750 στρέμματα περίπου (2013). Η μέθοδος αυτή δεν εφαρμόζεται μόνο για την παραγωγή κηπευτικών προϊόντων, αλλά έχει επεκταθεί και στην ανθοκομία. Έτσι από τα 1.750 στρέμματα συνολικά, τα 1.450 χρησιμοποιούνται για την καλλιέργεια των κηπευτικών και τα υπόλοιπα 300 για την καλλιέργεια άνθεων.

Πιο αναλυτικά η κατανομή της υδροπονίας στην Ελλάδα έχει ως εξής: στην Βόρεια Ελλάδα η υδροπονία έχει αναπτυχθεί σε έκταση 400 στρεμμάτων, στην Κεντρική Ελλάδα στα 150 στρέμματα, στην Αττική και στα νησιά στα 300 στρέμματα, στην Πελοπόννησο στα 450 στρέμματα, στη Δυτική Ελλάδα στα 100 και τέλος στην Κρήτη η υδροπονία καλύπτει έκταση 350 στρεμμάτων.

Όσον αφορά τα είδη που καλλιεργούνται στις υδροπονικές μονάδες στην χώρα μας παρατηρούμε πως στο 50% αυτών έχει αναπτυχθεί η καλλιέργεια της τομάτας όλων των τύπων όπως είναι η beef, η cluster, και η cherry, στο 25% η καλλιέργεια του αγγουριού, ενώ μόλις στο 10% καλλιεργούνται πιπεριές μαρούλι, κολοκύθι και μελιτζάνα. Τέλος στο υπόλοιπο 15% της συνολικής υδροπονικής έκτασης έχει αναπτυχθεί η ανθοκομία με δημοφιλή είδη προς καλλιέργεια να είναι η ζέρμπερα, το γαρύφαλλο, το χρυσάνθεμο, το ανθούριο και η γυψοφίλη (Διαδίκτυο 1).

1.4 Συγκρίνοντας τις υδροπονικές καλλιέργειες με τις συμβατικές γεωργικές καλλιέργειες εδάφους

Το έδαφος αποτελεί το φυσικό και πλέον διαθέσιμο μέσο ανάπτυξης των φυτών εξασφαλίζοντάς τους στήριξη, διατροφή, αέρα, νερό κ.α. Έχει την ικανότητα να «αυτορυθμίζει» κάποιες από τις συνθήκες και να ανθίστανται στις μεταβολές, κυρίως του pH, μέσω της ρυθμιστικής ικανότητας. Ωστόσο, υπάρχουν πολλές παράμετροι του εδάφους που καθιστούν την καλλιέργεια σε αυτό δύσκολη και οικονομικά ασύμφορη. Τέτοιες παράμετροι μπορούν να είναι η παρουσία παθογόνων στο έδαφος, η ανεπιθύμητη συμπίεση, η κακή στράγγιση, η υποβάθμιση λόγω διάβρωσης και άλλες πολλές. Επίσης, οι συμβατικές καλλιέργειες στο έδαφος

παρουσιάζουν δυσκολίες λόγω της απαίτησης μεγάλων εκτάσεων, μεγάλου κόστους εργατικών και υψηλών απαιτήσεων σε νερό. Ένας καλός παραγωγός που καλλιεργεί συμβατικά μπορεί να πλησιάσει τις αποδόσεις της υδροπονίας αλλά με κατανάλωση 50-100% περισσότερου νερού (Κώτσιρας, 2011).

Αν γίνει μια σύντομη σύγκριση των δύο συστημάτων καλλιέργειας, θα μπορούσαν να σημειωθούν μεταξύ άλλων, τα παρακάτω:

- Με τον παραδοσιακό τρόπο χρησιμοποιούνται μεγάλα συστήματα άρδευσης ώστε να παρέχουν τις επαρκείς ποσότητες νερού για τις καλλιέργειες, ενώ η υδροπονία μειώνει σημαντικά τις απαιτήσεις σε νερό άρδευσης (έως και 90%) από τον έλεγχο και την ανακύκλωση του νερού που χρησιμοποιείται εντός ενός κλειστού υδροπονικού συστήματος, ελαχιστοποιώντας με τον τρόπο αυτό τη χρήση του νερού.
- Με την εφαρμογή της υδροπονίας εξαλείφεται η ανάγκη χρήσης εντομοκτόνων και μυκητοκτόνων εδάφους, καθώς και ζιζανιοκτόνων καθώς επίσης και η ανάγκη για θρεπτικά αφού ανάλογα με το καλλιεργούμενο λαχανικό, κάποια θρεπτικά συστατικά ανακυκλώνονται.
- Οι εποχιακές καλλιέργειες μπορούν να καλλιεργούνται όλο τον χρόνο ανεξαρτήτως καιρικών συνθηκών με τη χρήση υδροπονικών συστημάτων και σε ένα πιο ελεγχόμενο περιβάλλον, εξαλείφοντας σοβαρά ακραία καιρικά φαινόμενα που μπορούν να τις βλάψουν.
- Μειώνεται σημαντικά η έκταση που απαιτείται για να αυξηθούν λαχανικά και βότανα στο 10:1 ή σε μερικές περιπτώσεις στο 25: 1 (σε ετήσια βάση), ανάλογα βέβαια με την επιλεγμένη καλλιέργεια.
- Μελέτες έχουν δείξει πως οι καλλιέργειες ή τα λαχανικά που παράγονται με τη χρήση υδροπονικών συστημάτων τείνουν να είναι πλουσιότερα σε βιταμίνες και αντιοξειδωτικά και να παρέχουν υψηλότερες αποδόσεις ταχύτερα σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους καλλιέργειας.
- Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας της χρήσης των υδροπονικών συστημάτων είναι η «διάρκεια ζωής» των προϊόντων της επιλεγμένης καλλιέργειας. Έχειδειχθεί πως τα προϊόντα υδροπονίας έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από αυτά των συμβατικών καλλιεργειών (Διαδίκτυο 2).
- Τα υδροπονικά συστήματα μειώνουν το ποσό της υγρασίας στο περιβάλλον ανάπτυξης των φυτών και εξοικονομούν νερό.

- Ο έλεγχος των μυκητολογικών και βακτηριολογικών ασθενειών είναι πολύ πιο αποτελεσματικός μέσα από τον έλεγχο της υγρασίας, μειώνοντας το μικροβιακό φορτίο που υπάρχει στις υπαίθριες συμβατικές καλλιέργειες (Διαδίκτυο 3).
- Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της υδροπονίας έναντι των συμβατικών μεθόδων καλλιέργειας είναι ο ακριβής έλεγχος της θρέψης των φυτών. Ο έλεγχος αυτός επιτυγχάνεται με την χρήση αδρανών υποστρωμάτων ή καθαρού θρεπτικού διαλύματος.
- Παρέχεται η δυνατότητα καλλιέργειας αρκετά μεγάλου αριθμού φυτικών ειδών (λαχανοκομικών, ανθοκομικών, φαρμακευτικών κ.α.).
- Παρέχεται η δυνατότητα θέρμανσης του θρεπτικού διαλύματος, η οποία σε συνδυασμό με τον περιορισμένο όγκο του υποστρώματος προάγει την καλύτερη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος.
- Επιτυγχάνονται μεγαλύτερες πυκνότητες φύτευσης.
- Τέλος, οι υδροπονικές καλλιέργειες στις οποίες το θρεπτικό διάλυμα ανακυκλώνεται είναι φιλικές προς το περιβάλλον (Κώτσιρας, 2011).

1.5 Συστήματα υδροπονικών καλλιέργειών

Η ταξινόμηση των υδροπονικών συστημάτων γίνεται βάση πλήθους παραμέτρων. Ωστόσο τα συστήματα είναι λίγο πολύ καθορισμένα και οι διαφορές μεταξύ των διαφορετικών τρόπων ταξινόμησης εξαρτώνται από τις λεπτομέρειες.

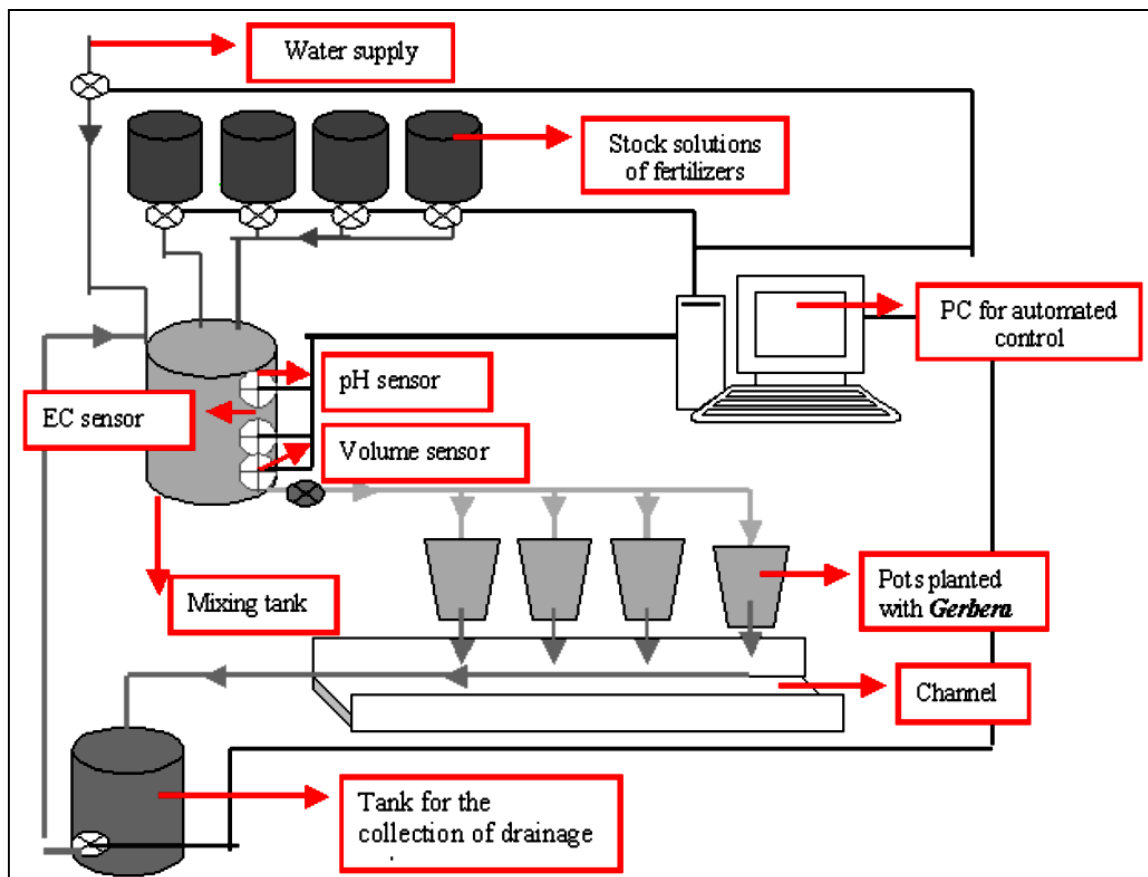
1.5.1 Ταξινόμηση με βάση το μέσο που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος

- Καλλιέργεια σε στερεά υποστρώματα. Στην περίπτωση αυτή το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται σε στερεά υποστρώματα (π.χ. χαλίκι, περλίτης, πετροβάμβακας κ.α) τα οποία διαβρέχονται μέσω συστήματος άρδευσης από το θρεπτικό διάλυμα μέσω του αρδευτικού δικτύου.
- Καλλιέργεια απευθείας σε υγρό θρεπτικό διάλυμα. Υδατοκαλλιέργειες. Το σύστημα αυτό βασίζεται στην ανάπτυξη της ρίζας και των ριζικών τριχιδίων σε κατάλληλο θρεπτικό διάλυμα το οποίο ανακυκλώνεται. Εξ' ορισμού, (στην συντριπτική τους πλειοψηφία) στις καλλιέργειες αυτού του είδους το θρεπτικό διάλυμα επαναχρησιμοποιείται, αφού πρώτα διορθωθεί ως προς το pH και την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) (κλειστό σύστημα).

1.5.2 Ταξινόμηση των υδροπονικών συστημάτων με βάση τον τρόπο διαχείρισης των απορροών

- Ανοικτά συστήματα. Στα ανοικτά συστήματα, το ποσοστό του θρεπτικού διαλύματος που απορρέει στο περιβάλλον εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως είναι το σύστημα άρδευσης, ο τρόπος ελέγχου του συστήματος και το υπόστρωμα. Συνιστάται το κλάσμα απορροής να κυμαίνεται μεταξύ του 15 με 25%. Τα συστήματα αυτά ήταν τα πρώτα συστήματα υδροπονίας και έτυχαν πολύ καλής αποδοχής καθώς προσομοίαζαν στις καλλιέργειες εδάφους λόγω της χρήσης των υποστρωμάτων. Ωστόσο, τα μειονεκτήματα της μεθόδου, όπως είναι η μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα και η σπατάλη του νερού και των λιπασμάτων οδήγησαν στην εφαρμογή των κλειστών συστημάτων.

- Κλειστά συστήματα. Χαρακτηριστικό των κλειστών συστημάτων είναι η ανακύκλωση του μεγαλύτερου ποσοστού του θρεπτικού διαλύματος απορροής και η επαναχρησιμοποίηση του στην καλλιέργεια. Με τον τρόπο αυτό εξαλείφονται και οι δυο μειονεκτικοί παράμετροι των ανοικτών συστημάτων, με την ταυτόχρονη μείωση της κατανάλωσης των λιπασμάτων και κατ' επέκταση της ρύπανσης. Ωστόσο με την εφαρμογή του κλειστού συστήματος υπάρχει ο κίνδυνος εξάπλωσης μολύνσεων όλων των φυτών με πιθανά παθογόνα κάτι που μπορεί να ελεγχθεί εύκολα με την διατήρηση εύρωστων φυτών και την ρύθμιση της ανακύκλωσης (Κώτσιρας, 2011). Στην εικόνα 1.1 δίνεται διαγραμματικά ο τρόπος λειτουργίας του κλειστού συστήματος απορροής (Σάββας, 2007).



Εικόνα 1.1: Κλειστό σύστημα καλλιέργειας εκτός εδάφους (Πηγή: Σάββας, 2007)

1.5.3 Καλλιέργεια σε στερεά υποστρώματα

Τα στερεά υποστρώματα που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία διαθέτουν κάποια χαρακτηριστικά που τα καθιστούν κατάλληλα για την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών. Σύμφωνα με τους Ολύμπιο (1994) και Σάββα (1998), ένα υπόστρωμα για να θεωρείται κατάλληλο θα πρέπει:

- Να είναι αδρανές
- Να έχει το κατάλληλο πορώδες και ικανοποιητική υδατοϊκανότητα.
- Να παρουσιάζει αντοχή στις διάφορες μεθόδους απολύμανσης.
- Να έχει ουδέτερο pH
- Να είναι χαμηλής πυκνότητας ώστε να διευκολύνονται οι καλλιεργητικοί χειρισμοί.
- Να είναι υδρόφιλο ώστε να μπορεί να δεχθεί και να απορροφήσει το θρεπτικό διάλυμα κατά την διαβροχή του.
- Να έχει σταθερή ποιότητα.
- Να είναι εύκολα αποδομήσιμο από το περιβάλλον.
- Να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην φυσική του κατάσταση χωρίς να χρειάζεται να υποστεί επεξεργασία.
- Η διάρκεια ζωής του να είναι 3 χρόνια.
- Να είναι απαλλαγμένο από παθογόνα, εχθρούς και σπόρους ζιζανίων
- Να έχει χαμηλό κόστος.
- Και τέλος, να έχει την δυνατότητα μετά την χρησιμοποίησή του να ανακυκλώνεται ώστε να μην επιβαρύνεται το περιβάλλον από την διαχείρισή τους.

1.5.3.1 Καλλιέργεια σε άμμο

Η άμμος πλεονεκτεί σε σχέση με άλλα υποστρώματα διότι παρέχει καλύτερο αερισμό στο ριζικό σύστημα των φυτών, έχει φθηνότερο κόστος απόκτησης, η απολύμανσή της γίνεται ικανοποιητικά με την χρήση ατμού και θεωρητικά έχει απεριόριστη διάρκεια ζωής (Χονδράκη, 2009; Κώτσιρας, 2011).

Η άμμος που χρησιμοποιείται στα υδροπονικά συστήματα θα πρέπει να είναι απαλλαγμένη από άργιλο, ανθρακικό ασβέστιο και χλωριούχα άλατα. Έχει χαμηλό πορώδες το οποίο της δίνει το πλεονέκτημα του καλού αερισμού των ριζών ωστόσο

μειονεκτεί καθώς δεν μπορεί να συγκρατήσει μεγάλες ποσότητες νερού. Αυτό σημαίνει πως η συχνότητα αρδεύσεων σε σύγκριση με άλλα υποστρώματα είναι μεγαλύτερη, με αποτέλεσμα την σπατάλη θρεπτικού διαλύματος. για τον λόγο αυτό η άμμος χρησιμοποιείται συνήθως σε κλειστά υδροπονικά συστήματα. Διακρίνονται δυο κατηγορίες η χονδρόκοκη και η λεπτόκοκη άμμος, με τη δεύτερη να προτιμάται καλύτερα από τους παραγωγούς.

1.5.3.2 Καλλιέργεια σε περλίτη

Ο περλίτης είναι ένα ηφαιστειακό υαλώδες αργιλλοπηριτικό πέτρωμα λευκού χρώματος και περιέχει κρυσταλλικό νερό σε ποσοστό 2-6%. Στην φυσική του κατάσταση περιέχει νερό παγιδευμένο στην δομή του, οπότε όταν θερμανθεί στους 900-1000 °C μαλακώνει, το νερό εξέρχεται και το υπόστρωμα διογκώνεται. Η διόγκωση μπορεί να φτάσει τις 15 φορές του αρχικού όγκου. Μπορεί να τοποθετηθεί σε σάκους αλλά και σε γλάστρες. Μπορεί να απλωθεί μέσα σε υδρορροές οι οποίες έπειτα καλύπτονται από πάνω με φύλλο πλαστικό πολυαιθυλενίου. Ποσότητα κατάλληλη για την καλλιέργεια των κυριότερων φυτών είναι 2-5 λίτρα περλίτη ανά φυτό. Ο περλίτης είναι ένα πολύ καλά διαδομένο υπόστρωμα στις υδροπονικές καλλιέργειες διότι παρουσιάζει υψηλό πορώδες και ικανοποιητική υδατοϊκανότητα, καλή στράγγιση, είναι αδρανές με ουδέτερο pH και λόγω της ομοιομορφίας της δομής του καθιστά τις ρίζες πυκνότερες με ομοιόμορφη κατανομή (Χονδράκη, 2009; Κώτσιρας, 2011).

1.5.3.3 Καλλιέργεια σε πετροβάμβακα

Ο πετροβάμβακας παράγεται με θερμική επεξεργασία (1500 °C) ενός μείγματος υλικών το οποίο αποτελείται κατά 20% από ασβεστόλιθο και 20% από άνθρακα. Είναι ένα αδρανές ινώδες υλικό, ομογενοποιημένο και αποστειρωμένο. Είναι από τα πλέον διαδομένα υλικά που χρησιμοποιούνται σήμερα για καλλιέργειες σε υπόστρωμα. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι ο πετροβάμβακας ως αδρανές υλικό επιτρέπει τον πλήρη έλεγχο ως προς τη δόση και συχνότητα άρδευσης αλλά και την ρύθμιση του θρεπτικού διαλύματος κατά την εφαρμογή του στην καλλιέργεια. Εκτός από τις καλλιέργειες είναι ιδανικός και σε κατασκευές πρασίνου. Η χρήση του πετροβάμβακα στην Αρχιτεκτονική του Τοπίου είναι η συμβολή του

στην δημιουργία πρασίνου στις οροφές κτιρίων των αστικών περιοχών, δίνοντας μάλιστα νέους ορίζοντες και δυνατότητες εφαρμογής στο σχεδιασμό κατασκευών πρασίνου. Οι κατασκευές πρασίνου στις οροφές των κτιρίων έχουν θετικό αποτέλεσμα στο περιβάλλον της πόλης, ελαττώνουν τα επίπεδα θορύβου και δεσμεύουν μέρος της σκόνης που αιωρείται στην ατμόσφαιρα (εικόνα 1.2). Είναι υλικό φιλικό προς το περιβάλλον καθώς αποτελεί προϊόν ορυκτής προέλευσης και αποδομείται σχετικά εύκολα. Το κόστος είναι κάπως υψηλό σε σύγκριση με άλλα υποστρώματα ωστόσο οι αποδόσεις κηπευτικών καλλιεργειών σε πετροβάμβακα είναι υψηλότερες ισοσκελίζοντας το κόστος (Χονδράκη, 2009; Κώτσιρας, 2011).



Εικόνα 1.2: Χρήση του πετροβάμβακα στην Αρχιτεκτονική τοπίου για την κατασκευή πρασίνου σε ταράτσες κτιρίων (πηγή: Διαδίκτυο 15)

1.5.3.4 Καλλιέργεια σε ελαφρόπετρα

Η ελαφρόπετρα είναι ένα ηφαιστιογενές ορυκτό, χημικά αδρανές με υψηλό πορώδες. Εξάγεται από λατομεία, αλέθεται και κοσκινίζεται ανάλογα με τις απαιτήσεις. Στην Ελλάδα εξορύσσεται κυρίως στην Μήλο και σε ένα νησί κοντά στην Κω. Έχει ετήσια παραγωγή 1.000.000 τόνων, το 75% εκ των οποίων εξάγεται. Χρησιμοποιείται σε σάκους φύτευσης και σε κανάλια καλλιέργειας χωρίς να χρειάζεται κάποιου είδους επεξεργασία. Έχει σταθερή δομή και ουδέτερο pH, χαρακτηριστικά που το καθιστούν κατάλληλο για τις υδροπονικές καλλιέργειες. Όντας φυσικό υλικό, η διαχείρισή του μετά την χρήση του καθίσταται εύκολη χωρίς να δημιουργεί περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Όλα τα παραπάνω σε συνδυασμό με το

χαμηλό κόστος απόκτησής της μπορεί να κάνει την ελαφρόπετρα ένα από τα πρώτα στις επιλογές των παραγωγών για υδροπονικές καλλιέργειες (Χονδράκη, 2009; Κώτσιρας, 2011).

1.5.3.5 Καλλιέργεια σε βερμικουλίτη

Ο βερμικουλίτης στην φυσική του κατάσταση αποτελεί ένα μέταλλευμα αργίλου. Μετά από θέρμανση στους 1000 °C διογκώνεται αποκτώντας υψηλό ολικό πορώδες. Έχει ουδέτερο pH, ενώ με τις κατάλληλες συντηρήσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε παραπάνω από μια καλλιεργητικές περιόδους. Ο βερμικουλίτης μειονεκτεί σε σύγκριση με τα υπόλοιπα στερεά υποστρώματα που έχουν περιγραφεί διότι παρουσιάζει μικρή διάρκεια ζωής, δεν έχει σταθερή δομή με αποτέλεσμα με την πάροδο του χρόνου να χάνει την ικανότητα συγκράτησης του νερού, δεν είναι πλήρως αδρανές υλικό και έχει πολύ υψηλό κόστος (Χονδράκη, 2009; Κώτσιρας, 2011).

1.5.3.6 Καλλιέργεια σε τύρφη

Η τύρφη αποτελείται από οργανική ουσία σε ποσοστό περίπου 95% Ξ.Β. είναι αποτέλεσμα αποσύνθεσης φυτικών ιστών που φύονται σε ελώδεις περιοχές και γενικότερα σε υγροτόπους. Διακρίνονται διάφοροι τύποι τύρφης ανάλογα με τα είδη των φυτών που λαμβάνουν χώρα στην αποσύνθεση, το κλίμα και την ποιότητα νερού. Χρησιμοποιούνταν κατά κόρον στην υδροπονικές καλλιέργειες καθώς υπερτερούσε σχεδόν όλων των στερεών υδροπονικών συστημάτων. Είχε χαμηλό κόστος, υψηλές αποδόσεις και καθόλου περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ωστόσο τα τελευταία χρόνια άρχισε η αντικατάστασή της από το cocosoil.

1.5.3.6 Καλλιέργεια σε κοκοφοίνικα (cocosoil)

Το cocosoil είναι οργανικό υλικό και παράγεται από τον φλοιό του κοκοφοίνικα. Έχει ινώδη μορφή πράγμα που συμβάλλει στην διατήρηση των φυσικών του χαρακτηριστικών για μεγάλο χρονικό διάστημα. Χαρακτηριστικό του είναι η πλούσια περιεκτικότητά του σε ωφέλιμους για το φυτό μύκητες του γένους

Trichoderma. Έχει υψηλό πορώδες, σταθερή δομή, επιτρέπει τον καλό αερισμό του ριζικού συστήματος των φυτών και έχει καλή ηλεκτρική αγωγιμότητα. Χρησιμοποιείται στην υδροπονία σε κηπευτικές καλλιέργειες και ως βελτιωτικό εδάφους με την μορφή σάκων ή σε μπλοκ συμπιεσμένου υλικού. Έχει χαμηλό κόστος και υψηλές αποδόσεις.

1.5.4 Υποδοχείς στερεών υποστρωμάτων

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

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

Είναι αναγκαίο δε, να πληρούν κάποιες προϋποθέσεις ώστε να θεωρούνται κατάλληλοι για υδροπονική καλλιέργεια. Τέτοιες προϋποθέσεις είναι:

- Παρεμπόδιση της ηλιακής ακτινοβολίας με στόχο την περαιτέρω παρεμπόδιση της ανάπτυξης αλγών.
- Συγκράτηση του υποστρώματος.
- Εξασφάλιση ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος ανάλογα με τον σχεδιασμό του συστήματος και τις ανάγκες.
- Απομόνωση του υποστρώματος από το έδαφος (Κώτσιρας, 2011).

1.5.5 Υδατοκαλλιέργειες- NFT (Nutrient Film Technique)

Το σύστημα NFT (Nutrient Film Technique = Τεχνική λεπτής θρεπτικής στοιβάδας ροής) είναι μία υδροπονική μέθοδος καλλιέργειας φυτών, στην οποία δε γίνεται καθόλου χρήση στερεού υποστρώματος. Οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται μέσα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα, το οποίο όμως είναι τρεχούμενο. Το NFT είναι ένα κλειστό υδροπονικό σύστημα, δεδομένου ότι το θρεπτικό διάλυμα ανακυκλώνεται συνεχώς και επαναχρησιμοποιείται (Χονδράκη, 2009).

Το θρεπτικό διάλυμα ρέει (συνεχώς) μέσα σε ειδικά κανάλια πολυαιθυλαινίου διπλή όψεως. Το μέγιστο μήκος των καναλιών είναι 5-10 m και βρίσκονται σε 1-2% κλίση ώστε να επιτυγχάνεται η παθητική ροή του θρεπτικού διαλύματος. το θρεπτικό διάλυμα ρέει από το υψηλότερο σημείο των καναλιών προς το χαμηλότερο, συλλέγεται σε μια δεξαμενή, ελέγχεται (pH και ηλ. αγωγιμότητα), διορθώνεται εφόσον χρειαστεί, και ανακυκλοφορεί (εικόνα 1.3). Συνιστάται ανανέωση του θρεπτικού διαλύματος μια φορά την εβδομάδα.



Εικόνα 1.3: Καλλιέργεια ντομάτας σε κανάλια NFT

Το βασικό πλεονέκτημα του συστήματος NFT έναντι των στερεών υποστρωμάτων υδροπονίας είναι η συνεχής τροφοδοσία του ριζικού συστήματος με επαρκές νερό και θρεπτικών συστατικών και οξυγόνου. Ωστόσο, φαίνεται να παρουσιάζει κάποια μειονεκτήματα όπως είναι η δυσκολία διατήρησης της λεπτής στοιβάδας θρεπτικού διαλύματος στο σύστημα, η άνοδος της θερμοκρασίας του θρεπτικού διαλύματος παίζει πολύ σημαντικό ρόλο καθώς επηρεάζει δυσμενώς την ανάπτυξη των φυτών και τέλος, το κόστος εγκατάστασης αλλά και συντήρησης του συστήματος είναι μεγαλύτερο σε σχέση με αυτό των στερεών υποστρωμάτων (Κώτσιρας, 2011).

1.6 Κόστος εγκατάστασης ενός υδροπονικού συστήματος

Το κόστος της εγκατάστασης ενός υδροπονικού συστήματος εξαρτάται από το υδροπονικό σύστημα που θα επιλεγεί, την ήδη υπάρχουσα υποδομή, το μέγεθος του θερμοκηπίου και άλλους πολλούς παράγοντες.

Στην περίπτωση της επιλογής στερεών υποστρωμάτων, το κόστος στο ένα στρέμμα έχει κατά προσέγγιση την παρακάτω κατανομή:

Τα υποστρώματα θα κοστίσουν 1.000€ – 2.500€ ανά στρέμμα, ενώ το κόστος των υδροροών κυμαίνεται στα 500€ το στρέμμα, με χρόνο ζωής κάπου στα 10 χρόνια. Το αρδευτικό δίκτυο σε μια υδροπονική καλλιέργεια υποστρωμάτων δεν διαφέρει ιδιαίτερα από το αρδευτικό δίκτυο σε μία καλλιέργεια στο έδαφος, το κόστος είναι ελάχιστο σε σχέση με τα υπόλοιπα κοστολόγια και δεν υπερβαίνει τα 500-600€ ανά στρέμμα. Η κεφαλή υδρολίπανσης μπορεί να κοστίσει από 3.000 – 4.000€ μέχρι και 20.000€ ανά στρέμμα, ανάλογα με τις απαιτήσεις τις μονάδας και τις δυνατότητες που υποστηρίζει. Για παράδειγμα στα φθηνότερα υποστηρίζεται μόνο χρονοπρογραμματισμός των αρδεύσεων, ενώ τα πιο εξελιγμένα υποστηρίζουν άρδευση βάση της έντασης του ήλιου, της υγρασίας του υποστρώματος, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του υπόστρωματος κ.α. Στην κεφαλή υδρολίπανσης θα πρέπει να προστεθεί το κόστος της αντλίας (ανοξείδωτη) και των πλαστικών δεξαμενών, που μπορεί να είναι 1.000€ – 2.000€ ανά στρέμμα.

Σε συστήματα χωρίς υπόστρωμα είναι δυσκολότερο να δοθεί ένα ενδεικτικό κοστολόγιο, διότι δεν υπάρχει κάποιο προτυποποιημένο σύστημα. Κατά κανόνα όμως το αρχικό κόστος είναι υψηλότερο από τα συστήματα με υπόστρωμα, κάτι το οποίο αντισταθμίζεται από το ότι δεν υπάρχει ανάγκη αλλαγής των υποστρωμάτων ανά 2 – 3 χρόνια. Για το σύστημα επίπλευσης ένα ενδεικτικό κόστος είναι 2.000€ – 3.000€ ανά στρέμμα (Πεπονάκης Κ., 2012).

1.7 Αποδόσεις μιας υδροπονικής καλλιέργειας

Οι αποδόσεις εξαρτώνται από τις συνθήκες στις οποίες αναπτύσσεται μία καλλιέργεια και την εξοικείωση του παραγωγού με το υδροπονικό σύστημα που χρησιμοποιεί. Για καλλιέργεια τομάτας, σε εμπορική κλίμακα, το ύψος της ετήσιας παραγωγής είναι 30-50 τόνοι ανά στρέμμα, ανάλογα την περιοχή, τον εξοπλισμό του

θερμοκηπίου και τις γνώσεις του παραγωγού. Σε καλλιέργεια μακριού αγγουριού διάρκειας 3,5 μηνών (από μεταφύτευση μέχρι τέλος καλλιέργειας) κατά το καλοκαίρι, επιτεύχθη εμπορεύσιμη παραγωγή 12 τόνοι ανά στρέμμα. Στην καλλιέργεια μαρουλιού μπορεί να επιτευχθεί πυκνότητα φύτευσης μέχρι και 12.500 φυτά ανά στρέμμα για παραγωγή μαρουλιών 250 γρ εντός 30-45 ημερών, ανάλογα τις καιρικές συνθήκες (Πεπονάκης Κ., 2012).

1.8 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την χρήση της υδροπονίας, εντοπίζονται κυρίως σε δυο σημεία. Το πρώτο αφορά στην διαχείριση του θρεπτικού διαλύματος που απορρέει από τα ανοικτά συστήματα υδροπονίας. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, στα ανοικτά συστήματα υδροπονίας το θρεπτικό διάλυμα δεν συλλέγεται αλλά απορρέει στο έδαφος. Αυτό μπορεί να αποβεί μοιραίο ακόμη και για τον άνθρωπο καθώς το επιβαρυνόμενο με νιτρικά διάλυμα μπορεί να φτάσει στον υδροφόρο ορίζοντα. Η λύση του προβλήματος είναι πολύ απλή και επικεντρώνεται στην αλλαγή ανοικτού υδροπονικού συστήματος σε κλειστό και την ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος.

Το δεύτερο περιβαλλοντικό πρόβλημα που δημιουργείται από την χρήση των υδροπονικών συστημάτων καλλιέργειας είναι ο χειρισμός (διάθεση) των υποστρωμάτων μετά την πρακτικά λήξη της αξιοποίησής τους από τον χρήστη. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι διαχείρισης των υποστρωμάτων και ένας από αυτούς είναι η ανακύκλωσή τους προς κατασκευή νέου υποστρώματος. Στην Ολλανδία λειτουργεί ένα σύστημα κατά το οποίο οι εταιρείες παραγωγής υποστρωμάτων είναι υποχρεωμένες μετά το τέλος της διάρκειας ζωής των υποστρωμάτων να τα συλλέγουν από τους παραγωγούς προς ανακύκλωση από τις ίδιες (Κώτσιρας, 2011).

Όλα τα παραπάνω είναι λύσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλες τις χώρες στις οποίες εφαρμόζονται υδροπονικές καλλιέργειες ώστε να επιτευχθεί μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος όσο το δυνατόν περισσότερο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

«Η ΠΙΠΕΡΙΑ»

2.1 Γενικά

Η πιπεριά *Capsicum annum* var. *annuum* ανήκει στην Οικογένεια *Solanaceae*. Καλλιεργείται σήμερα σε μεγάλες εκτάσεις στις εύκρατες και τροπικές ζώνες, κυρίως για τον καρπό της, ο οποίος χρησιμοποιείται σαν λαχανικό ή μπαχαρικό. Υπάρχουν αρκετά είδη και βοτανικές ποικιλίες στο γένος *capsicum*, γεγονός που συντελεί στην μεγάλη διαφοροποίηση που υπάρχει στους καρπούς, όσον αφορά τον βαθμό καυστικότητας, το σχήμα, το μέγεθος και το χρώμα.

Είναι ενδογενές φυτό των τροπικών περιοχών της Νοτίου Αμερικής. Η καλλιέργεια της πιπεριάς χρονολογείται από πολύ παλιά στη Νότιο Αμερική. Οι τύποι της γλυκιάς πιπεριάς ήταν γνωστοί επίσης από πολύ παλιά, αλλά μόνο πρόσφατά έχουν αποκτήσει μεγαλύτερη σπουδαιότητα. Οι πιπεριές υπήρξαν συμβολικά φυτά για τους Ινδιάνους της Νοτίου Αμερικής και έπαιξαν σημαντικό ρόλο στις θρησκευτικές τους τελετουργίες. Η πρώτη ευρωπαϊκή αναφορά για την πιπεριά γίνεται το 1493 από τον Peter Martyr, που αναφέρει ότι ο Κολόμβος βρήκε πολύ καυτερές πιπεριές. Με τα ταξίδια του Κολόμβου η πιπεριά ήρθε στην Ευρώπη και έγινε αμέσως αποδεκτή (Ολύμπιος, 2001).

Σήμερα καλλιεργείται σε πολλά μέρη του κόσμου, τόσο σε ανοιχτές καλλιέργειες όσο και σε καλλιέργειες υπό κάλυψη. Σύμφωνα με στοιχεία του διεθνούς οργανισμού FAOstat από τις χώρες της Ευρώπης, η Ισπανία φαίνεται να είναι η χώρα που εξάγει τις μεγαλύτερες ποσότητες (1.023.700 τόνους το 2012) με δεύτερη την Ιταλία (191.351 τόνους).

Πίνακας 2.1: Παραγωγή καλλιέργειας πιπεριάς για τα έτη 2011 και 2012

	Παραγωγή σε τόνους	
	2011	2012
Γαλλία	17142	18200
Γερμανία	2325	5235
Ελλάδα	130800	167900
Ιταλία	229093	191351
Ισπανία	921089	1023700
Η.Π.Α.	991370	1064800

Πηγή: FAOstat, 2013

Στην χώρα μας η πιπεριά δεν καλλιεργείται σε πολύ μεγάλες εκτάσεις, ενώ η καλλιέργεια αφορά κυρίως σε πλαστικά θερμοκήπια. Σύμφωνα με τον πίνακα 2.1 η συνολική παραγωγή πιπεριάς για τα έτη 2011 και 2012 ήταν 130.800 τον. και 167.900τον., αντίστοιχα. Παρατηρούμε πως υπάρχει μια σημαντική αύξηση στην παραγωγή, ωστόσο σχεδόν ολόκληρη η παραγωγή καταναλώνεται στην εγχώρια αγορά με πολύ μικρές ποσότητες να προωθούνται για εξαγωγές (Ολύμπιος, 2001).

2.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά

Η πιπεριά είναι φυτό μονοετές ή διετές, ποώδες, με κορμό και βλαστούς, διακλαδίζεται και έχει την τάση να αναπτύσσεται προς τα πάνω. Οι βλαστοί είναι ελαφρά ξυλώδης στη βάση, χωρίς επεμβάσεις αναπτύσσονται σε ύψος 0,3 – 0,8 μ, είναι εύθραυστοι και με το βάρος της καρποφορίας πολλές φορές σπάζουν.

Το **ριζικό** σύστημα όταν αναπτύσσεται ελεύθερα σε βαθύ και χωρίς διαπερατούς ορίζοντες έδαφος φθάνει σε βάθος τα 60-120cm. Αναπτύσσει δυνατή κεντρική ρίζα, αλλά συνήθως κόβεται ή σταματά να αναπτύσσεται μετά την μεταφύτευση. Στο σημείο αυτό δημιουργεί διακλαδιζόμενες ρίζες που φτάνουν επίσης σε ανάλογο βάθος.

Τα **φύλλα** είναι απλά, λεπτά, ελλειπτικά, οξύληκτα, ακέραια με πράσινο χρώμα στην άνω επιφάνεια και πιο ανοιχτό πράσινο χρώμα στην κάτω επιφάνεια. Ο μίσχος των φύλλων έχει μήκος 3 έως 5 εκατοστά (Ολύμπιος, 2001).

Τα **άνθη** είναι μονήρη στις διακλαδώσεις των βλαστών και φέρουν μίσχο με 1,5 εκατοστό μήκος. Είναι ερμαφρόδιτα, αυτογονιμοποιούμενα και μερικώς σταυρογονιμοποιούμενα. Φέρουν κωδωνοειδή κάλυκα με 5 ή περισσότερα οδοντωτά σέπαλα, που συνήθως μεγαλώνουν και περιβάλλουν την βάση του άνθους. Φέρουν 5 ή περισσότερους στήμονες που βρίσκονται κοντά στη βάση της στεφάνης. Η ωθήκη είναι δίχωρη ή τρίχωρη ή τετράχωρη και φέρει στύλο που είναι απλός άσπρος ή ιώδης (εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.1: Άνθη πιπεριάς (πηγή: Διαδίκτυο 5).

Ο **καρπός** είναι σαρκώδη ράγα ποικίλου σχήματος με ομφαλό στην κορυφή. 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, πορτοκαλί ή ιώδες (εικόνα 2.2) (Ολύμπιος, 2001).



Εικόνα 2.2: Καρποί διαφόρων ειδών πιπεριάς (πηγή: Διαδίκτυο 5).

2.3 Καλλιεργούμενες ποικιλίες πιπεριάς

Σήμερα στην Ελλάδα καλλιεργείται ένας μεγάλος αριθμός ποικιλιών και υβριδίων πιπεριάς, οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς διάφορα χαρακτηριστικά όπως είναι το μέγεθος και το σχήμα του καρπού, το είδος του φυτού και η χρήση του καρπού. Παρακάτω δίνονται οι σπουδαιότερες ποικιλίες και υβρίδια πιπεριάς.

Πίνακας 2.2: Ποικιλίες και Υβρίδια πιπεριάς που καλλιεργούνται στην Ελλάδα

Ποικιλίες	Υβρίδια
Πιπεριά Φλάσκα	
Mazurka, Flamengo, Sirtaki, Polka, Tarando, Cleopatra No 4 F1, California Wonder, Π-14 (Μακεδονίας)	Bonita F1, Nilo F1, Carisma F1, Colombo F1, Cleopatra No 4 F1, Omer F1, Mayata F1, Vidi F1, Osir F1, Bellany F1, ChampionF1
Πιπεριά Μακρόστενη	
Π-13, Tina, Platica	Sammy F1, Sammy F2, Leuor F1, Victoria F1, Spad F1, Zorba F1, Leuor F1
Πιπεριά Καντερή	
Anaheim Chili, Cahenna, Hot long	Bajonet F1, Jumbo F1, 467 F1

Πηγή: Ολύμπιος, 2001

2.3.1 Μακρόστενες πιπεριές

Καράτζοβα. Όψιμη ποικιλία, μοιάζει αρκετά με την Φλωρίνης και είναι ορθόκλαδη. Οι καρποί είναι μεσαίου μεγέθους με μήκος 20cm και διάμετρο 4-5cm, οι οποίοι στο στάδιο της ωρίμανσης έχουν χρώμα ερυθρό.

Καντερή Μακεδονίας. Είναι από τις πιο διαδεδομένες ποικιλίες στην Μακεδονία και υπάγεται στις μεσόψιμες ποικιλίες. Ο καρπός της έχει το ίδιο μήκος και χρώμα ωρίμανσης με την Καράτζοβα με την διαφορά πως η διάμετρος του είναι μικρότερη, περίπου 2,5cm.

Π-13 (κέρατο). Πρώιμη ποικιλία με ορθόκλαδη και πλούσια ανάπτυξη. Καλλιεργείται τόσο στο θερμοκήπιο όσο και στην ύπαιθρο. Φέρει μεγάλους καρπούς μήκους 26cm και διαμέτρου 6cm, με γλυκιά γεύση. Κατά το πρώιμο στάδιο ανάπτυξης ο καρπός έχει πράσινο χρώμα και κίτρινο χρώμα κατά το στάδιο της ωρίμανσης (εικόνα 2.3).



Εικόνα 2.3: Πιπεριά Π-13 κέρατο (πηγή: Διαδίκτυο 6).

Φλωρίνης. Από τις πλέον διαδεδομένες ποικιλίες σε όλη την Ελλάδα. Είναι αρκετά παραγωγική με ορθόκλαδη ανάπτυξη και παρουσιάζει σημαντική ανθεκτικότητα στις ασθένειες. Οι καρποί της έχουν μήκος 12-14cm και διάμετρο 4-5cm κι έτσι συγκαταλέγεται στις ποικιλίες με μικρούς καρπούς. Στην ωρίμανση το χρώμα του καρπού είναι βαθύ ερυθρό με λείο περικάρπιο.

2.3.2 Τετράγωνες πιπεριές

California wonder. Φέρει τετράγωνους καρπούς με τέσσερις συνήθως λοβούς. Είναι μια αρκετά παραγωγική και ζωηρή ποικιλία με υψηλές αποδόσεις. Ο καρπός σε πρώιμο στάδιο είναι πράσινος ενώ κατά την ωρίμανση γίνεται ερυθρός.

Τοματοπιπεριά. Όψιμη ποικιλία αρκετά ζωηρής ανάπτυξης. Φέρει μεγάλους καρπούς μεγέθους 10cm διάμετρο και έχουν σχήμα πεπλατυσμένο. Χαρακτηριστικό της ποικιλίας είναι τα παχιά τοιχώματα του καρπού τα οποία μπορεί αν φτάσουν το 1cm.

Π-14 Μακεδονίας. Εγχώρια ποικιλία αρκετά παραγωγική με υψηλή ανθεκτικότητα σε ασθένειες κυρίως μυκητολογικές. Είναι κατάλληλη για θερμοκηπιακή καλλιέργεια αλλά καλλιεργείται εύκολα και στην ύπαιθρο. Οι καρποί της έχουν μήκος 10cm και

διάμετρο 8cm, σε πρώιμο στάδιο έχουν πράσινο χρώμα ενώ κατά την πλήρη ωρίμανση ερυθρό (εικόνα 2.4).



Εικόνα 2.4: Εγχώρια ποικιλία Μακεδονίας Π-14 (ντολμάς) (πηγή: Διαδίκτυο 7).

2.4 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις πιπεριάς

2.4.1 Έδαφος

Η πιπεριά δεν έχεις υψηλές εδαφικές απαιτήσεις καθώς έχει την δυνατότητα να αναπτύσσεται σε διάφορης σύστασης εδάφη. Ωστόσο μεγαλύτερες αποδόσεις δίνει σε ελαφρά, βαθιά, γόνιμα εδάφη και καλά αποστραγγιζόμενα. Στην περίπτωση που οι καλλιέργειες είναι πρώιμες θα πρέπει να επιλέγονται αμμοπηλώδη εδάφη με την ανάλογη λίπανση. Το προτιμώμενο pH του εδάφους κυμαίνεται από 5,5-6,5 αλλά μπορεί να καλλιεργηθεί το ίδιο καλά και σε ουδέτερα και ελαφρώς αλκαλικά εδάφη. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στα επίπεδα αλατότητας του εδάφους. Έχει δειχθεί πως συγκέντρωση αλάτων $EC_e = 2$ μπορεί να επιφέρει μείωση των αποδόσεων κατά 10%, ένα ποσοστό που αυξάνεται δραματικά με την αύξηση της συγκέντρωσης των αλάτων. Για παράδειγμα εάν η συγκέντρωση είναι $EC_e = 3$ τότε η απόδοση μειώνεται κατά 25% ενώ εάν η $EC_e = 5$ κατά 50% (Ολύμπιος, 2001).

2.4.2 Κλίμα

Ιδανικές θερμοκρασίες για την ανάπτυξη της πιπεριάς στο θερμοκήπιο είναι 16-18 °C κατά την διάρκεια της νύκτας και 22-24 °C κατά την διάρκεια της ημέρας. Το φυτό αντέχει σε υψηλές θερμοκρασίες 30 °C αλλά θερμοκρασίες πάνω από 35 °C θα πρέπει να αποφεύγονται, γιατί προκαλείται ανθόρροια (Rilsky, 1986). Η σχετική υγρασία πρέπει να βρίσκεται περίπου στο 75% ώστε να επιτευχθεί καλύτερη ανάπτυξη των φυτών και υψηλότερη παραγωγικότητα. Η εξασφάλιση της επιθυμητής υγρασίας, τις ξηρές μέρες γίνεται με ψεκασμό λεπτών σταγόνων νερού πάνω στα φυτά και στο έδαφος νωρίς το πρωί. Με τον τρόπο αυτό τα φυτά προλαβαίνουν να στεγνώσουν με αποτέλεσμα την αποφυγή πιθανότητας εκδήλωσης μυκητολογικών ασθενειών. Στην αντίθετη περίπτωση, όπου η υγρασία είναι υψηλή, καλό θα ήταν να χρησιμοποιηθούν διάφορα μέσα θέρμανσης ώστε να μειωθούν τα επίπεδα της υγρασίας. Η μείωση της υγρασίας γίνεται είτε με την εφαρμογή θερμότητας με κάποιο κλιματισμό είτε με εξαερισμό του θερμοκηπίου.

2.5 Άρδευση της πιπεριάς

Το νερό αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες για την επιτυχία μιας καλλιέργειας. Η ποσότητα του νερού και η συχνότητα των εφαρμογών εξαρτώνται από πολλούς παραμέτρους όπως είναι το κλίμα, η εποχή, η δομή και η υδατοχωρητικότητα του εδάφους, το στάδιο ανάπτυξης του φυτού κ.α. ωστόσο επικρατεί ένας γενικός κανόνας εφαρμογής του νερού άρδευσης για όλες τις καλλιέργειες σύμφωνα με τον οποίο το έδαφος θα πρέπει με κάθε εφαρμογή να φτάνει την πλήρη υδατοϊκανότητα και να αφήνεται να ξηραίνεται λίγο πριν την επόμενη εφαρμογή. Έτσι, επιτυγχάνεται η καλύτερη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος του φυτού.

Η πιπεριά είναι ένα φυτό ευπαθές στο ξηρό και το πολύ υγρό έδαφος. Έτσι θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή κατά το πότισμα ώστε να επιτευχθεί μέγιστη ανάπτυξη. Οι ανάγκες σε νερό μιας καλλιέργειας πιπεριάς η οποία ποτίζεται με την μέθοδο στάγδην ανέρχονται στα 556m³/στρ. Η στάγδην μέθοδος προτιμάται καθώς είναι οικονομικότερη αλλά και επειδή μπορεί να συνδυαστεί με την υγρή λίπανση.

Πιο αναλυτικά, το πότισμα της πιπεριάς θα πρέπει να γίνεται σε μικρές ποσότητες και συχνά κατά την περίοδο μετά το φύτεμα και στην συνέχεια με την ανάπτυξη των φυτών και της φυτομάζας να ακολουθείται η εφαρμογή μεγαλύτερης ποσότητας νερού.

Πολύ σημαντική επίσης για την καλλιέργεια, εκτός της συχνότητας και της ποσότητας των εφαρμογών, είναι η ποιότητα του νερού άρδευσης. Το νερό θα πρέπει να είναι καλής ποιότητας, απαλλαγμένο από ασθένειες, με μικρή περιεκτικότητα σε άλατα (είναι γνωστό πως η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού επηρεάζει σε πολύ μεγάλο βαθμό την απόδοση της καλλιέργειας) και να μην προέρχεται από περιοχές που χύνονται νερά υπονόμων και απόβλητα εργοστασίων (Papachristodoulou et al., 1992; Ολύμπιος, 2001).

2.6 Εχθροί και ασθένειες της πιπεριάς

2.6.1 Εντομολογικοί εχθροί

- Αλευρώδης (*Trialeurodes vaporariorum*). Το έντομο αυτό αναπτύσσεται στα φύλλα των φυτών και πολλαπλασιάζεται με ταχύτατους ρυθμούς ειδικά υπό υψηλές θερμοκρασίες. Σε όλα τα στάδια της ανάπτυξής του είναι απομυζητικό και το ακμαίο γεννά τα αυγά του στην κάτω επιφάνεια των φύλλων. Τα συμπτώματα που προκαλεί οφείλονται στην απομύζηση των χυμών των φύλλων δημιουργώντας νεκρώσεις στην περιοχή απομύζησης. Επιπλέον εκκρίνει μελιτώματα τα οποία αποτελούν έδαφος για την ανάπτυξη μυκήτων όπως είναι η κάπνια, η οποία ανάλογα με την έκτασή της έχει ως συνέπεια την μείωση της φωτοσυνθετικής ικανότητας του φύλλου. Η καταπολέμησή του είναι δύσκολη και γίνεται είτε με χημικά μέσα (ψεκασμοί με εντομοκτόνα), είτε με βιολογικές μεθόδους (χρήση εντομοφάγων μυκήτων και παρασίτων εντόμων) ή με την χρήση χρωμοφόρων κολλητικών παγίδων.
- Αφίδες (*Aphidae*). Διάφορα είδη αφίδων προσβάλλουν την πιπεριά. Όπως και ο αλευρώδης, έτσι και οι αφίδες προκαλούν συμπτώματα απομύζησης, ωστόσο αυτό

δεν αποτελεί τόσο μεγάλο πρόβλημα. Το πρόβλημα που προκαλεί η παρουσία των αφίδων σε μια καλλιέργεια είναι έμμεσο και αυτό οφείλεται στο ότι είναι φορείς διαφόρων ιώσεων. Έτσι κατά την απομύζηση των φύλλων μεταφέρουν στο φυτό πιθανές ιώσεις που κουβαλούν από άλλα φυτά. η αντιμετώπιση των αφίδων είναι εύκολη και γίνεται είτε με παγίδες φερομονών, εάν η προσβολή είναι μικρή, είτε με ψεκασμούς στα φύλλα.

- Κόκκινος τετράνυχος (*Tetranychus spp.*). Ο κόκκινος τετράνυχος είναι μια μικρή αράχνη που προσβάλλει την πιπεριά και δημιουργεί κιτρινόασπρες κηλίδες στα φύλλα οι οποίες αργότερα παίρνουν σκούρο κίτρινο χρώμα. Βρίσκονται κυρίως στην κάτω επιφάνεια των φύλλων και τον πολλαπλασιασμό τους ενισχύεται από τις υψηλές θερμοκρασίες και την χαμηλή υγρασία. Η καταπολέμηση του τετράνυχου γίνεται με χημικά μέσα ή με την χρήση φυσικών εχθρών.

2.6.2 Μυκητολογικές ασθένειες

- *Botrytis cinerea* κν. φαιά σήψη. Ο βοτρυτής αποτελεί τον πιο διαδεδομένο μύκητα που προσβάλλει την πιπεριά στο θερμοκήπιο. Το παθογόνο εμφανίζεται ως μια γκριζα μούχλα πάνω στις καρποφορίες. Ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη του παθογόνου είναι η υψηλή υγρασία. Αναπτύσσεται πολύ γρήγορα και εξαπλώνεται σε όλα τα φυτά καθώς προσβάλλει όλα τα μέρη του φυτού και ιδιαίτερα τα στελέχη τα οποία στο τέλος ξηραίνονται. Όταν διαπιστωθεί στην καλλιέργεια πρέπει να αντιμετωπιστεί αμέσως με χημική καταπολέμηση. Ωστόσο στην αντιμετώπιση του βοτρυτή βοηθάει εξίσου καλά και η πρόληψη μέσω των καλλιεργητικών τεχνικών και των προληπτικών ψεκασμών.
- *Leveillula taurica* κν. Ωΐδιο. Το παθογόνο αυτό είναι αρκετά κοινό στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες της πιπεριάς. Σε προσβολή μεγάλης κλίμακας μπορεί να προκαλέσει φυλλόπτωση. Εμφανίζεται πάνω στο φύλλο με την χαρακτηριστική αλευρώδη κηλίδα που προκαλούν όλα τα ωΐδια. Η αντιμετώπιση του γίνεται με εξειδικευμένα χημικά ωΐδιοκτόνα.

- *Verticillium dahliae*/*Fusarium oxysporum* κν. αδρομωκώσεις. Τα είδη αυτά αποτελούν παθογόνους μύκητες εδάφους και εισέρχονται από την ρίζα στα αγγεία του φυτού. Εκεί φράσουν τα αγγεία, κιτρινίζουν τα φύλλα της βάσης, το φυτό μαραίνεται και τελικά ξηραίνεται. Η αντιμετώπιση των συγκεκριμένων παθογόνων γίνεται με απολύμανση του εδάφους είτε με χημικά μέσα, είτε με ατμό ή με την ηλιακή ενέργεια. Επιπλέον μπορεί αν αντιμετωπιστεί η ασθένεια με την επιλογή κατάλληλων ανθεκτικών ποικιλιών.

Ζημιές στα φυτά της πιπεριάς στο θερμοκήπιο μπορεί να προκληθούν και από άλλα είδη μυκήτων όπως είναι *Phytophthora capsici*, *Alternaria solani*, *Gloeosporium ripperatum*, *Colletotrichum* spp. και άλλες των οποίων όμως η προσβολή δεν θεωρείται τόσο σημαντική.

2.6.3 Βακτηριολογικές ασθένειες

Όσον αφορά τις βακτηριολογικές ασθένειες, η πιπεριά προσβάλλεται από τα εξής δυο είδη βακτηρίων το *Xanthomonas vesicatoria* και το *Pseudomonas syringae* pv. *capsici*. Το πρώτο προκαλεί βακτηριακή κηλίδωση στην πιπεριά ενώ το δεύτερο βακτηριακή μάρανση. Η αντιμετώπιση των βακτηρίων γίνεται με ψεκασμούς με ειδικά βακτηριοκτόνα χαλκού.

2.6.4 Ιολογικές ασθένειες

Οι ιοί από τους οποίους προσβάλλεται η πιπεριά στο θερμοκήπιο είναι ο ιός του μωσαϊκού του καπνού (TMV) και ο ιός του μωσαϊκού της αγγουριάς (CMV). Η μετάδοση των ιώσεων όπως αναφέραμε και προηγουμένως γίνεται μέσω των αφίδων-φορέων, έτσι η αντιμετώπιση γίνεται σε πρώτο βαθμό με την μείωση του πληθυσμού των αφίδων στο θερμοκήπιο και σε δεύτερο βαθμό με την επιλογή ποικιλιών ανθεκτικών στις ιώσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

«Η ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΙΠΕΡΙΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ»

3.1 Περιοχή μελέτης

3.1.1 Γενικά

Η επιλογή της περιοχής του θερμοκηπίου αλλά και της τοποθεσίας αυτού αποτελούν βασική προϋπόθεση για την εγκατάσταση της καλλιέργειας. Η επιλεγμένη τοποθεσία για την συγκεκριμένη μελέτη θερμοκηπιακής καλλιέργειας πιπεριάς βρίσκεται στην επαρχία της Τροιζήνας. Τοποθετείται εκτός της αστικής περιοχής σε καλλιεργούμενες εκτάσεις.

Η Τροιζήνα είναι μια περιοχή με μεγάλο μερίδιο παραγωγής κηπευτικών καθώς τόσο το έδαφος όσο και οι συνθήκες της περιοχής επιτρέπουν την ορθολογική ανάπτυξή τους. Το κλίμα της περιοχής αποτελεί τον καθοριστικό παράγοντα για την επιλογή της καθώς φαίνεται πως οι συνθήκες που επικρατούν αποδίδουν ιδιαίτερο ποιοτικό χαρακτήρα στα παραγόμενα προϊόντα της περιοχής. Ωστόσο, φαίνεται πως υπάρχει πρόβλημα με την σύσταση του νερού διότι παρουσιάζονται προβλήματα υφαλμύρωσης κάτι που σίγουρα θα επηρεάζει την σύσταση του θρεπτικού διαλύματος. Βέβαια με τις κατάλληλες ενέργειες το πρόβλημα αυτό μπορεί να ξεπεραστεί και να μην αποτελεί πλέον ανασταλτικό παράγοντα για την καλλιέργεια.

3.1.2 Στοιχεία περιοχής μελέτης

Το φυσικό περιβάλλον της Τροιζηνίας είναι πολύμορφο και εναλλάσσεται στις πεδινές και ημιορεινές περιοχές. Οι περιοχές δημιουργούν μικρούς ή μεγαλύτερους όρμους. Στο νησί του Πόρου υπάρχουν εκτεταμένα δάση χαλεπίου πεύκης. Τα δάση του Πόρου διασώθηκαν γιατί, σύμφωνα και με την εκτίμηση του Δασαρχείου, ιστορικά η βασική δραστηριότητα στον Πόρο ήταν η κτηνοτροφία και η

εκμετάλλευση της ρητίνης των πεύκων, δραστηριότητα που προστάτευσε τα δάση από την κτηνοτροφία. Τα δάση του Πόρου είναι υγιή και καλά συντηρημένα. Προστατεύονται από τα ατυχήματα και τις πυρκαγιές που μπορεί να προκληθούν από τους τουρίστες, επειδή στον Πόρο οι τουριστικές διαδρομές περιορίζονται στη νότια παραλιακή ζώνη του νησιού.

Στην υπόλοιπη Τροιζηνία το οικοσύστημα είναι γεωργικό και οι δασικές εκτάσεις εκτείνονται στα ορεινά, ενώ υπάρχει παρόχθια βλάστηση που αναπτύσσεται στις όχθες των ρεμάτων, όπου κυριαρχούν διάφορα υδρόφιλα είδη καθώς και πλουσιότατη μακριά βλάστηση που αναπτύσσεται στις λοφώδεις υποορεινές περιοχές. Οι δασωμένες εκτάσεις έχουν χαρακτηριστικό είδος τον χαλέπιο πεύκη. Επιπλέον παρουσιάζονται πλατάνια και κυπαρίσσια. Στα δάση επίσης απαντώνται η λυγαριά, η μυρτιά, η βελανιδιά, ο γάυρος, η αριά και η ερείκη η δενδρώδης.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του κλίματος της Τροιζηνίας, τα οποία αποδίδουν ιδιαίτερο ποιοτικό χαρακτήρα στα παραγόμενα προϊόντα της περιοχής (ελαιόλαδο, εσπεριδοειδή, κηπευτικά, ανθοκομικά) είναι:

- Η μέση ετήσια βροχόπτωση που το ύψος της είναι περίπου 550mm.
- Ο ήπιος και γλυκός χειμώνας και το σχετικά ξηρό και ζεστό καλοκαίρι με μέσες θερμοκρασίες 9- 10 °C και 27-28 °C αντίστοιχα.
- Η μεγάλη ηλιοφάνεια, συνιστά ιδεώδη προϋπόθεση για καλά και ποιοτικά προϊόντα.
- Οι μέτριας έντασης βόρειοι άνεμοι, που περιορίζουν σημαντικά την ατμοσφαιρική υγρασία, επικίνδυνη πολλές φορές για σημαντικές βλάβες σε κρίσιμα βλαστητικά στάδια των καλλιεργειών (ανθοφορία ελιάς κ.λ.π.).

Επιπλέον η λοφώδης γενικά διαμόρφωση του εδάφους ευνοεί τον αερισμό και την πρόσληψη ηλιακού φωτός καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, στοιχείο απαραίτητο για μια σωστή καλλιέργεια και την ποσοτική και ποιοτική απόδοση της ελιάς, των εσπεριδοειδών και των ανθοκομικών προϊόντων.

Όσον αφορά τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής, μελέτες έχουν δείξει πως υπάρχει πρόβλημα υπαλαμύρωσης λόγω διείσδυσης του θαλασσινού νερού στον παράκτιο υδροφόρο ορίζοντα. Το φαινόμενο αυτό βρίσκεται σε ύφεση τα τελευταία χρόνια λόγω των απαγορευτικών/περιοριστικών μέτρων που έλαβαν οι αρμόδιες αρχές μέχρι το 2005 και λόγω του περιορισμού των αντλήσεων και την εφαρμογή νέων καλλιεργητικών τεχνικών που είναι προσαρμοσμένες στις σύγχρονες

ανάγκες της γεωργίας καθώς και εξαιτίας των αλλαγών των ειδών των καλλιεργειών. Ωστόσο η κατάσταση δεν παρουσιάζει την αναμενόμενη βελτίωση καθώς εκτός από τις αντλούμενες ποσότητες που προορίζονται για την άρδευση συνεχίζεται η απόληψη μεγάλων ποσοτήτων νερού για την ύδρευση των γύρω περιοχών. Επιπλέον, στην ίδια περιοχή λόγω εφαρμογής δυναμικών καλλιεργειών παρατηρείται σημειακή εμφάνιση νιτρικών και νιτρωδών αλάτων (Διαδίκτυο 9).

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία και σε συνδυασμό με τις ισχύουσες προϋποθέσεις για το νερό των υδροπονικών καλλιεργειών, το νερό άρδευσης της Τροιζηνίας δεν θεωρείται καλής ποιότητας για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος. Για το λόγο αυτό θα πρέπει πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας να ληφθούν στην περιοχή μέτρα αφαλάτωσης ώστε να καλυτερέψει η ποιότητα του νερού άρδευσης. Σύμφωνα με τους ειδικούς θα πρέπει στην περιοχή να γίνει τεχνητός εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων, διότι με τον τρόπο αυτό:

- Αντιμετωπίζεται η εξάντληση του υπόγειου υδροφορέα που προκαλείται από την εντατική εκμετάλλευσή του.
- Δημιουργούνται υπόγεια υδατικά αποθέματα κατά τις βροχερές περιόδους, που θα αξιοποιηθούν σε περιόδους λειψυδρίας.
- Αντιμετωπίζεται το φαινόμενο της υφαλμύρωσης του υδροφόρου ορίζοντα της περιοχής.
- Παρεμποδίζεται πιθανή καθίζηση των εδαφών, η οποία είναι δυνατόν να προκληθεί από την υπεράντληση των υπόγειων υδροφόρων.
- Και τέλος, αξιοποιούνται οι χειμερινές απορροές οι οποίες καταλήγουν στην θάλασσα καθότι δεν προλαβαίνουν να κατεισδύσουν (Διαδίκτυο 8).

Λαμβάνοντας όλα τα παραπάνω μέτρα το νερό της Τροιζηνίας θα είναι πλέον κατάλληλο για την χρήση του στην παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος της εν δυνάμει υδροπονικής καλλιέργειας πιπεριάς, η οποία αποτελεί αντικείμενο μελέτης της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

3.2 Επιλογή ποικιλίας

Η επιλογή της ποικιλίας παίζει πολύ σημαντικό ρόλο και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες που αφορούν κυρίως τα χαρακτηριστικά της περιοχής καλλιέργειας. Για παράδειγμα, η γεωγραφική θέση της περιοχής είναι μια σημαντική παράμετρος διότι καθορίζει τις κλιματολογικές και εδαφολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή και συνεπώς επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτών καλλιέργειας. Επιπλέον, στην επιλογή της ποικιλίας πρέπει να ληφθεί υπόψη και το “μικροβιακό φορτίο” της περιοχής. Θα πρέπει δηλαδή να επιλεγεί μια ποικιλία που να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο ανθεκτική στην πλειονότητα των παθογόνων (εχθρών και ασθενειών) που προσβάλλουν την πιπεριά στο θερμοκήπιο.

Στην παρούσα πτυχιακή μελέτη επιλέχθηκε η ποικιλία πιπεριάς τύπου κέρατο Π-13. Αποτελεί εγχώρια ποικιλία Μακεδονικής προέλευσης και φαίνεται να πληροί όλες τις κατάλληλες προδιαγραφές για την καλλιέργειά της στην επιλεγμένη περιοχή (Τροιζήνα Αργολίδος). Η ποικιλία Π-13 δημιουργήθηκε με μαζική και ατομική επιλογή, με κριτήρια ποσοτικά και ποιοτικά, εντός εγχώριου γενετικού υλικού. Είναι μεσοπρώιμη, παραγωγική, έχει γλυκούς επιμήκεις καρπούς (15-17/3-3,5cm), κατάλληλους για τηγάνισμα. Οι καρποί κρέμονται στο φυτό, είναι λείοι, κιτρινοπράσινοι, έχουν μέσο βάρος 35-45g και πάχος σάρκας 3-3,5mm (εικόνα 3.1). Συνιστάται για υπαίθρια και θερμοκηπιακή καλλιέργεια σε όλη την Ελλάδα (ΕΘΙΑΓΕ, τεύχος 46).



Εικόνα 3.1: Καρπός πιπεριάς ποικιλίας Π-13 (πηγή: Διαδίκτυο 6).

3.3 Επιλογή υδροπονικού συστήματος

Το επόμενο στάδιο για την καλλιέργεια της πιπεριάς είναι η επιλογή του κατάλληλου υδροπονικού συστήματος καλλιέργειας. Σύμφωνα με παραγωγούς η πιπεριά καλλιεργείται τόσο σε υπόστρωμα (πετροβάμβακα) όσο και απευθείας σε θρεπτικό διάλυμα (NFT).

Το κάθε υδροπονικό σύστημα έχει διάφορα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και πραγματικά δεν θα μπορούσε κανείς να πει ότι κάποιο είναι καλύτερο από το άλλο. Η καταλληλότητα ενός υδροπονικού συστήματος έχει να κάνει με την ποιότητα του νερού, τη διαθεσιμότητά του, την καλλιέργεια, τις γνώσεις του παραγωγού, τη τεχνική υποστήριξη που μπορεί να λάβει και άλλους πολλούς παράγοντες. Συγκρίνοντας τα δυο διαφορετικά συστήματα καλλιέργειας (υπόστρωμα πετροβάμβακα και NFT) επιλέχθηκε για την συγκεκριμένη υδροπονική μελέτη το υπόστρωμα πετροβάμβακα. Οι παράγοντες που οδήγησαν σε αυτή την επιλογή ήταν πολλοί.

Πρώτο κριτήριο για την επιλογή συστήματος καλλιέργειας αποτελεί το είδος της καλλιέργειας. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία, το NFT αποτελεί καταλληλότερο σύστημα για την καλλιέργεια φυλλωδών λαχανικών και όχι καρποφόρων σε αντίθεση με τον πετροβάμβακα που είναι καταλληλότερος για την καλλιέργεια της πιπεριάς.

Ένα δεύτερο κριτήριο επιλογής είναι η ποιότητα του νερού, έχει δειχθεί ότι η καλλιέργεια σε υπόστρωμα πετροβάμβακα προτιμάται όταν δεν υπάρχει καλής ποιότητας νερό και όταν δεν μπορεί να εξασφαλιστεί αδιάλειπτη λειτουργία του συστήματος. Για την περίπτωση της πιπεριάς, το νερό της περιοχής δεν θεωρείται άριστης ποιότητας ακόμη και όταν ολοκληρωθούν τα μέτρα αφαλάτωσης, έτσι καλύτερο είναι να επιλεγθεί ο πετροβάμβακας έναντι του NFT.

Τέλος, ένα πολύ σημαντικό κριτήριο για την επιλογή του πετροβάμβακα ως σύστημα καλλιέργειας για την πιπεριά έναντι του NFT είναι το κόστος εγκατάστασης του συστήματος. Σύμφωνα με έρευνα που διεξήχθη το 2008 στο Ηράκλειο Κρήτης (Αποστολίδου, 2008), για θερμοκηπιακή καλλιέργεια ενός στρέμματος το κόστος εγκατάστασης του συστήματος NFT υπολογίστηκε στα 5.365€ ενώ το κόστος εγκατάστασης του συστήματος υποστρωμάτων υπολογίστηκε στα 2.377€. Γίνεται εύκολα κατανοητό πως το κόστος εγκατάστασης της καλλιέργειας σε υπόστρωμα είναι σαφώς οικονομικότερο από το NFT, ωστόσο, στο σημείο αυτό πρέπει να

σημειωθεί πως σε βάθος χρόνου το κόστος λειτουργίας του NFT είναι μικρότερο από αυτό του υποστρώματος διότι τα υποστρώματα πρέπει να ανανεώνονται κάθε τρία χρόνια.

Επιπλέον, ο πετροβάμβακας είναι το καταλληλότερο σύστημα έναντι και των υπολοίπων υποστρωμάτων καθώς εμφανίζει υψηλή υδατοϊκανότητα. Με το χαρακτηριστικό αυτό επιτυγχάνεται άριστος αερισμός της ρίζας λόγω της βέλτιστης αναλογίας μεταξύ αέρα και νερού που οφείλεται στο πορώδες του πετροβάμβακα. Τέλος, ο πετροβάμβακας είναι χημικά αδρανής εξασφαλίζοντας τον πλήρη έλεγχο της θρέψης των φυτών μέσω της σύστασης του θρεπτικού διαλύματος (Πεπονάκης, 2012).

Σύμφωνα με τα παραπάνω κριτήρια έγινε η επιλογή υδροπονικού συστήματος με υπόστρωμα για την πιπεριά έναντι του NFT και ο πετροβάμβακας έναντι των υπολοίπων εδαφικών υποστρωμάτων.

3.3 Εγκατάσταση θερμοκηπίου

Το θερμοκήπιο αποτελεί ένα εργαλείο παραγωγής τροφίμων και καλλωπιστικών φυτών, στόχος του οποίου θα πρέπει να είναι η παραγωγή προϊόντων στη καλύτερη δυνατή ποιότητα και με το μικρότερο δυνατό κόστος. Η επίτευξη αυτού του σκοπού προϋποθέτει πως η θερμοκηπιακή εγκατάσταση αξιοποιεί στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό το κλίμα της περιοχής, με το σωστό σχεδιασμό και το σωστό εξοπλισμό.

3.3.1 Εξοπλισμός

A) Κατασκευαστικά στοιχεία:

Ο σκελετός του θερμοκηπίου αποτελείται από μεταλλικά μέρη γαλβανισμένα εν θερμώ, σύμφωνα με τις ελληνικές και διεθνείς προδιαγραφές. Οι διαστάσεις του είναι 50x20m συνολικής έκτασης 1000m². Επίσης φέρει εσωτερικές κολώνες από ορθογώνιο κοίλοδοκό διαστάσεων 80mm × 50mm και πάχους 3mm. Τέλος,

απαραίτητη είναι η θεμελίωση με σκυρόδεμα σε βάθος 80cm ώστε να μπορέσει να αντέξει την στήριξη του υποστρώματος του πετροβάμβακα.

B) Αντιανέμια:

Το θερμοκήπιο πρέπει να φέρει τα κατάλληλα αντιανέμια για να ενισχυθεί η αντοχή του στους ανέμους. Κατάλληλες θεωρούνται δυο σειρές αντιανέμια από σωλήνα διαστάσεων 19x1,5mm στις γωνίες του θερμοκηπίου και στην οροφή του.



Εικόνα 3.2: Αντιανέμια θερμοκηπίων (πηγή: Διαδίκτυο 14).

Γ) Κάλυψη:

Το κάλυμμα του θερμοκηπίου θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα διαφανές διότι έχει δεχθεί πως τα διαφανή υλικά που διαχέουν το φως μέσα στο θερμοκήπιο δίνουν καλύτερες αποδόσεις από εκείνα που δίνουν στο φως ευθεία γραμμή. Το κάλυμμα μπορεί να είναι γυάλινο ή πλαστικό, προτιμώνται τα δεύτερα καθώς είναι οικονομικότερα αλλά χρειάζονται αντικατάσταση κάθε 3-4 χρόνια. (Μαυρογιαννόπουλος, 2013).

Τα περισσότερο συνηθισμένα διαφανή υλικά που χρησιμοποιούνται ως κάλυμμα είναι τα εξής:

- Φύλλο Πολυαιθυλενίου (PE). Είναι το φθηνότερο αλλά έχει και τη μικρότερη διάρκεια ζωής καθώς καταστρέφεται σε μικρό χρονικό διάστημα από την

υπεριώδη ακτινοβολία. Η μέση διάρκεια ωφέλιμης χρήσης του υπολογίζεται για 3 έτη. Έχει μικρό βάρος και πολύ καλή περατότητα στο φως.

- Φύλλο EVA. Είναι κάπως ακριβότερο από το προηγούμενο αλλά έχει καλύτερες ιδιότητες και διαρκεί περισσότερο. Έχει μικρότερη περατότητα στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία, ιδιότητα χρήσιμη για την εξοικονόμηση ενέργειας κατά την θέρμανση.
- Φύλλο Πολυβινυλοχλωριδίου (PVC). Έχει μικρή περατότητα στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία. Πρέπει να έχει ενσωματωμένο απορροφητή της υπεριώδους ακτινοβολίας. Είναι ακριβότερο από το πολυαιθυλένιο και τείνει να συσσωρεύει σκόνη στην επιφάνειά του. Πρέπει να πλένεται το χειμώνα για να διατηρείται η φωτεινότητα του θερμοκηπίου.
- Ακρυλική επιφάνεια. Είναι ανθεκτική στη διάβρωση, με μεγάλη διαφάνεια. Το ποσοστό απορρόφησης υπέρυθρης ακτινοβολίας είναι περίπου το ίδιο με το γυαλί. Έχει επίσης την ίδια περατότητα στο φως με το γυαλί. Πλεονεκτεί έναντι των άλλων καθώς διατηρεί ικανοποιητικά τη διαφάνειά του τουλάχιστον για 15 χρόνια
- Πολυανθρακικές επιφάνειες. Είναι σχετικά ανθεκτικές στα χτυπήματα, είναι σχετικά πιο λεπτές, εύκαμπτες και μικρότερου κόστους από τις ακρυλικές. Έχουν μεγάλη θερμομονωτική ικανότητα, μειώνουν την απώλεια ενέργειας μέχρι 40%, αλλά παρουσιάζουν μικρότερη περατότητα στο φως.
- Επιφάνειες ενισχυμένου πολυεστέρα (Φάιμπεργκλας) είναι ανθεκτικές στα φορτία, και η τιμή τους είναι σχετικά μικρότερη. Πρέπει να έχουν ενσωματωμένο απορροφητή της υπεριώδους ακτινοβολίας. Με τη πάροδο του χρόνου διαβρώνεται η εξωτερική τους επιφάνεια και χάνουν την περατότητα στο φως (Μαυρογιαννόπουλος, 2013).

Σύμφωνα με τα παραπάνω το καταλληλότερο υλικό κάλυψης για την οροφή του θερμοκηπίου είναι το φύλλο πολυαιθυλενίου (PE) καθώς έχει την καλύτερη περατότητα στο φως και είναι και το φθηνότερο από τα υπόλοιπα υλικά. Στα πλαϊνά συνηθίζεται η χρήση ενός διαφορετικού υλικού κάλυψης όπως το φύλλο πολυβινυλοχλωριδίου (PVC). Καταλληλότερος τύπος του θερμοκηπίου για την καλλιέργεια της πιπεριάς και την εγκατάσταση του υδροπονικού συστήματος είναι το διπλό τροποποιημένο τοξωτό όπως φαίνεται στην εικόνα 3.2.



***Εικόνα 3.2:** Δίνεται ενδεικτικά ο τύπος του θερμοκηπίου που χρησιμοποιήθηκε για την καλλιέργεια της πιπεριάς. Τροποποιημένο τοξωτό διπλό. (πηγή: Διαδίκτυο 10).*

Δ) Έλεγχος του κλίματος:

Η ρύθμιση της θερμοκρασίας του θερμοκηπίου είναι σημαντική για την ανάπτυξη και τη καρποφορία των φυτών. Η θερμοκρασία στο χώρο του θερμοκηπίου τη νύχτα επηρεάζεται πολύ από την εξωτερική θερμοκρασία, το μέγεθος και το είδος της επιφάνειας του καλύμματος του θερμοκηπίου και τη ταχύτητα του ανέμου. Η θέρμανση, ο εξαερισμός και ο δροσισμός, πρέπει να λειτουργούν αυτόματα για σωστό έλεγχο της θερμοκρασίας, της υγρασίας (σχετικές υγρασίες επάνω από 90% δημιουργούν προβλήματα ασθενειών) (Μαυρογιαννόπουλος, 2013).

Ο αερισμός του θερμοκηπίου είναι φυσικός και επιτυγχάνεται με παράθυρα οροφής (τύπου πεταλούδας) και πλευρικά συνεχόμενα παράθυρα (πλάτους 1,5m). Ο δροσισμός είναι ένας αποδοτικός και οικονομικός τρόπος να μειωθούν σημαντικά οι υψηλές θερμοκρασίες του θερμοκηπίου το καλοκαίρι. Καταλληλότερο θεωρείται το σύστημα δροσισμού “fog” (εικόνα 3.3), το οποίο αποτελείται από σωλήνες που αναρτώνται πάνω από την καλλιέργεια και απλώνονται στον χώρο του θερμοκηπίου. Το νερό περνώντας με πίεση από αυτούς τους σωλήνες, εξέρχεται με την μορφή μικρών σταγονιδίων από ακροφύσια που υπάρχουν σε τακτά διαστήματα κατά μήκος των σωληνώσεων. Κύριος λόγος επιλογής του συστήματος fog είναι πως με τον τρόπο αυτό δεν δημιουργούνται σταγονίδια στον χώρο του θερμοκηπίου κι έτσι αποφεύγονται οι μολύνσεις από παθογόνα.



Εικόνα 3.3: Σύστημα fog – διακρίνεται ο μεταλλικός σωλήνας μεταφοράς νερού και τα μεταλλικά ακροφύσια (πηγή: Διαδίκτυο 12).

Για την ρύθμιση της θερμοκρασίας τη ψυχρή περίοδο, χρησιμοποιείται το σύστημα θέρμανσης με λέβητα ζεστού νερού, που έχουν την ικανότητα να καλύψουν τις ανάγκες του θερμοκηπίου σε θερμότητα ακόμα και τις πιο κρύες νύχτες. Τα καυσαέρια βγαίνουν εκτός θερμοκηπίου ώστε να μην υπάρχουν διαρροές. Επίσης απαραίτητη είναι η χρήση ανεμιστήρων στο εσωτερικό του θερμοκηπίου με σκοπό την ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας στο χώρο αλλά και του αέρα με σκοπό την καλύτερη ανάπτυξη των φυτών. Εκτός από την ομοιόμορφη θερμοκρασία η κίνηση του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο δημιουργεί και ομοιόμορφες συνθήκες υγρασίας και διοξειδίου του άνθρακα (Μαυρογιαννόπουλος, 2013).

3.4 Περιγραφή συστήματος καλλιέργειας

Όπως αναφέραμε και στην προηγούμενη παράγραφο η επιλογή του συστήματος καλλιέργειας εξαρτάται από πολλούς παράγοντες με κύρια κριτήρια το είδος της καλλιέργειας, της ποιότητας του νερού άρδευσης αλλά και της οικονομικής δυνατότητας του κάθε παραγωγού. Για την μελέτη της υδροπονικής καλλιέργειας της πιπεριάς επιλέχθηκε το σύστημα σε υπόστρωμα πετροβάμβακα σε κλειστό κύκλωμα (ανακύκλωση θρεπτικού διαλύματος) για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω.

3.4.1 Εξοπλισμός

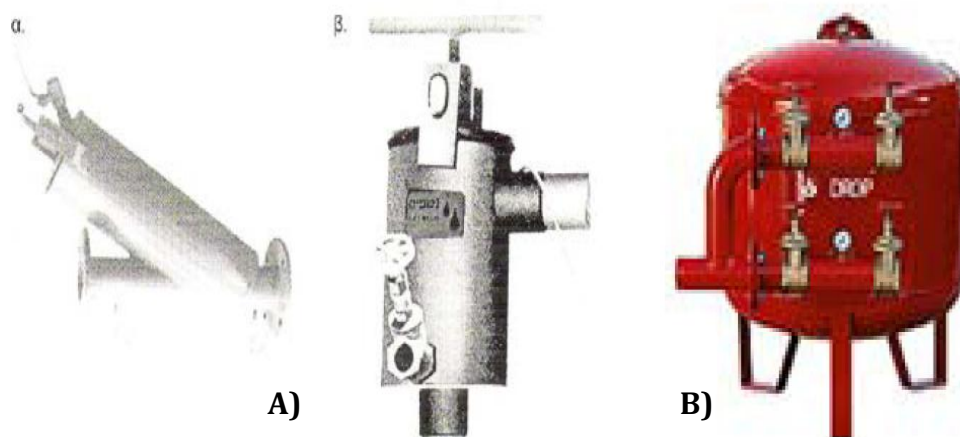
Ο εξοπλισμός για την υδροπονική καλλιέργεια της πιπεριάς σε πετροβάμβακα έχει ως εξής:

- Σύστημα παρασκευής θρεπτικού διαλύματος,
- Σύστημα παροχής του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά,
- Υποδοχείς υποστρωμάτων,
- Υπόστρωμα καλλιέργειας (πετροβάμβακας) και τέλος,
- Δεξαμενές αποθήκευσης του θρεπτικού διαλύματος πριν και μετά την χρήση του.

3.4.1.1 Σύστημα παρασκευής θρεπτικών διαλυμάτων

Τα θρεπτικά διαλύματα που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία είναι υδατικά διαλύματα που περιέχουν όλα τα θρεπτικά στοιχεία που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών και βρίσκονται διαλυμένα, είτε ως ιόντα ανόργανων αλάτων, είτε ως ευδιάλυτες ανόργανες χημικές ενώσεις, είτε ως ευδιάλυτες οργανικές χημικές ενώσεις. Το θρεπτικό διάλυμα παρέχεται στα φυτά είτε με απευθείας έγχυση των πυκνών διαλυμάτων στον αγωγό άρδευσης, είτε με την παρεμβολή στο σύστημα κάδου ανάμειξης.

Ο καθαρισμός του νερού άρδευσης θεωρείται απαραίτητος και γίνεται κυρίως με φίλτρα (φίλτρα σίτας, φίλτρα άμμου-χαλικιού, υδροκυκλώνων κ.α., εικόνα 3.4). Στόχος του καθαρισμού είναι η απομάκρυνση από το νερό άρδευσης τυχόν στερεών σωματιδίων (κόκκοι άμμου, αργίλου, ιλύος κ.α.) ώστε να εξαλειφθούν τα προβλήματα εμφράξεων στο αρδευτικό δίκτυο.



Εικόνα 3.4: Φίλτρα καθαρισμού νερού. Α) φίλτρο σίτας και Β) φίλτρο άμμου-χαλικιού (πηγή: Κώτσιρας, 2011).

Τα δοχεία πυκνών διαλυμάτων περιέχουν σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις τα λιπάσματα που θα χρησιμοποιηθούν για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος. ο τελικός όγκος αυτών είναι 100-1000 λίτρα. Το πιο διαδεδομένο σύστημα είναι η χρήση τριών δοχείων πυκνών διαλυμάτων, στα δυο δοχεία γίνεται διαχωρισμός των θεικών και φωσφορικών λιπασμάτων από το νιτρικό ασβέστιο και το χηλικό σίδηρο καθώς τείνουν σε ανάμειξη να παρουσιάζουν φαινόμενα καθίζησης. Το τρίτο δοχείο περιέχει σκέτο οξύ και χρησιμοποιείται για την ρύθμιση του pH του θρεπτικού διαλύματος.

Η παρασκευή του τελικού θρεπτικού διαλύματος γίνεται με δοσομετρική ανάμειξη των πυκνών διαλυμάτων με το νερό άρδευσης και σύμφωνα με το πρόγραμμα υδρολίπανσης της κάθε καλλιέργειας. Συνιστάται η χρήση αναμεικτικής δεξαμενής των θρεπτικών για την παρασκευή του τελικού θρεπτικού διαλύματος διότι γίνεται καλύτερος έλεγχος της κατανομής των στοιχείων στο υπόστρωμα. Η δοσομέτρηση των πυκνών διαλυμάτων είναι ασυνεχούς ροής και η ανάμειξη γίνεται με την χρήση υπολογιστικών προγραμμάτων (Venturi) που έχουν φτιαχτεί από τον γεωπόνο.

Η χρήση της κεφαλής υδρολίπανσης Venturi είναι από τις πιο απλές και αξιόπιστες τεχνικές για την παρασκευή και διάθεση του θρεπτικού διαλύματος. Είναι ένα σύνολο από:

- Μηχανήματα και εξαρτήματα όπως, εγχυτικές αντλίες, αντλίες ventouri ή δοσομετρικές αντλίες, αντλίες φυγόκεντρες πολυβάθμιες ή απλές για άρδευση,

αναδευτήρες, ρυθμιστές πίεσης, παροχόμετρα, μανόμετρα, αισθητήρια EC και pH κ.ά..

- Υδραυλικές διατάξεις, κυρίως για σύνδεση των επιμέρους μηχανημάτων και εξαρτημάτων, δεξαμενές διαλυμάτων κ.ά..
- Ηλεκτρικές διατάξεις για την παροχή ρεύματος λειτουργίας, έναρξη/παύση των μηχανημάτων και την λειτουργία των, εξαρτημάτων.
- Ηλεκτρονικές διατάξεις λήψης ενδείξεων από αισθητήρα, επεξεργασίας των ενδείξεων αυτών και έλεγχο των μηχανημάτων με εντολές που δίδουν από ηλεκτρονικά κυκλώματα.

Η κεφαλή υδρολίπανσης (εικόνα 3.5) συνδέεται με την αναμικτική δεξαμενή όγκου 500-5000 λίτρων. Το μέγεθος της δεξαμενής εξαρτάται από τις απαιτήσεις του θερμοκηπίου. Για την καλλιέργεια της πιπεριάς σε ένα στρέμμα απαιτείται δεξαμενή όγκου 500 λίτρων.



Εικόνα 3.5: Κεφαλή υδρολίπανσης (πηγή: Διαδίκτυο 11).

Η ρύθμιση του pH και της αγωγιμότητας ελέγχονται από τον Η/Υ κάθε δευτερόλεπτο με μεγάλη ακρίβεια. Παράλληλα δίνεται η δυνατότητα από το σύστημα να ρυθμιστεί αυτόματα η αγωγιμότητα με βάση την ηλιακή ακτινοβολία.

3.4.2 Προετοιμασία και εγκατάσταση του υδροπονικού συστήματος

Τα βήματα για την προετοιμασία αλλά και την εγκατάσταση του συστήματος είναι τα εξής:

1. Αφαίρεση και απομάκρυνση της προηγούμενης καλλιέργειας με στόχο το έδαφος να είναι συμπαγές και να μην δημιουργηθούν καθιζήσεις.
2. Εγκατάσταση της δεξαμενής απορροής (500lt) στο χαμηλότερο σημείο πριν την δημιουργία της κλίσης ώστε να επιτυγχάνεται η συλλογή του θρεπτικού διαλύματος απορροής.
3. Δημιουργία της κατάλληλης κλίσης στο έδαφος (1-2.5%). Στην περίπτωση που η κλίση είναι μικρότερη τότε θα πρέπει να γίνει μεταφορά χώματος μέσα στο θερμοκήπιο με κατάλληλα μηχανήματα και ισοπέδωση.
4. Στην συνέχεια κυλινδρίζεται το χώμα ώστε να γίνει συμπαγές. Οι κλίσεις μελετώνται εκ των προτέρων ώστε να συμβαδίσει και το αρδευτικό σύστημα. Απαραίτητο είναι να υπάρχει στραγγιστικός αγωγός κάθε 20-40 μέτρα, ώστε οι απορροές να συγκεντρώνονται σε ανάλογο όγκου δεξαμενή (500lt). Ο στραγγιστικός αγωγός πρέπει να έχει επίσης κλίση τουλάχιστον 1% και η διάμετρος υπολογίζεται ανάλογα με την παροχή που θα απορρέει και την κλίση που θα έχει (εικόνα 3.6).



Εικόνα 3.6: Δημιουργία κατάλληλης κλίσης στο έδαφος και συμπαγούς χώματος (πηγή: Geomations AE).

5. Ακολουθεί η εγκατάσταση του υποστρώματος (εικόνα 3.7). Οι πλάκες πετροβάμβακα (slabs) τοποθετούνται σε διπλές σειρές φύτευσης, συνήθως χρησιμοποιείται ο τύπος με διαστάσεις 100cmx20cmx7,5cm ή

100cmx15cmx10cm. Στο κάθε slab μεταφυτεύονται 5 φυτά. Στο ένα στρέμμα αντιστοιχούν περίπου 1500-2000 φυτά.



Εικόνα 3.7: Εγκατάσταση υποστρώματος πετροβάμβακα

6. Στη συνέχεια γίνεται η εγκατάσταση των δοχείων πυκνών λιπασμάτων, της αναμεικτικής δεξαμενής και της κεφαλής υδροπονίας. Καταλληλότερο είναι το σύστημα των δυο ξεχωριστών δοχείων για τα πυκνά διαλύματα και το τρίτο για το οξύ (εικόνα 3.8).



Εικόνα 3.8: Τα δοχεία των πυκνών διαλυμάτων (πηγή: Geomations AE).



Εικόνα 3.9: Καλλιέργεια πιπεριάς σε πετροβάμβακα (πηγή: Διαδίκτυο 13).

7. Ακολουθεί η φύτευση των φυταρίων και η περαιτέρω ανάπτυξή τους (εικόνα 3.9).

3.4.3 Τεχνική της ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος

Οι λόγοι επιλογής του κλειστού συστήματος καλλιέργειας έναντι του ανοικτού και συνεπώς η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος είναι η εξοικονόμηση του νερού άρδευσης καθώς δεν απορρέει εκτός του συστήματος καλλιέργειας, η αποφυγή μόλυνσης των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων με νιτρικά και φωσφορικά από τα λιπάσματα καθώς αυτά δεν διαφεύγουν στο περιβάλλον και τέλος η σημαντική μείωση του κόστους λίπανσης.

Η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος μπορεί να γίνει με δυο τρόπους, είτε με την ανάμειξη του διαλύματος απορροής με νερό ή απευθείας με φρέσκο θρεπτικό διάλυμα. Είναι κατανοητό πως την πρώτη περίπτωση πρέπει να επέλθει εμπλουτισμός του θρεπτικού διαλύματος απορροής ώστε να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί ξανά στο αρδευτικό σύστημα. Επίσης θα πρέπει να γίνεται εξαρχής έλεγχος της αγωγιμότητας του διαλύματος ώστε να επιτευχθεί η κατάλληλη τιμή για την καλλιέργεια (ΑΓΡΟΤΗΣ ΟΚΤ-ΔΕΚ/2013).

Απαραίτητη προϋπόθεση του κλειστού συστήματος καλλιέργειας είναι η χρήση δεξαμενής απορροής η οποία τοποθετείται στο χαμηλότερο μέρος απορροής του θρεπτικού διαλύματος (συνήθως η δεξαμενή απορροής εγκαθίσταται πριν τα χωματουργικά ώστε με την δημιουργία της κλίσης του εδάφους να βρίσκεται στο

χαμηλότερο σημείο. Λόγω της χρήσης του υποστρώματος (πετροβάμβακας), συνιστώνται για την άρδευση αντλίες και η χρήση πρεσοστάτη ώστε να ρυθμιστεί η πίεση της παροχής νερού. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται καλή διανομή του θρεπτικού κατά μήκος του καναλιού και μέσα από το υπόστρωμα (πετροβάμβακας) σε τέτοια συχνότητα ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες της πιπεριάς στα διάφορα στάδια ανάπτυξής της. Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη ρύθμιση της πίεσης και την συχνότητα άρδευσης καθώς το υπόστρωμα και κατ' επέκταση οι ρίζες του φυτού δεν πρέπει να μένουν χωρίς θρεπτικά συστατικά λόγω έλλειψης παροχής αλλά ούτε σε περίσσεια θρεπτικών λόγω υπερπλήρωσης του υποστρώματος με θρεπτικό διάλυμα. Και στις δυο περιπτώσεις το φυτό καταπονείται και μειώνεται η παραγωγικότητά του, ενώ μπορεί να επέλθει και θάνατος.

3.4.4 Ρύθμιση της άρδευσης

Βασικός στόχος της ρύθμισης της άρδευσης είναι η αποφυγή συσσώρευσης αλάτων στο υπόστρωμα, πράγμα που σημαίνει αύξηση της αγωγιμότητας (EC). Οι τεχνικές ρύθμισης της άρδευσης είναι οι εξής:

- Σταθερά χρονικά προγράμματα. Αποτελεί τον πιο απλό και αποτελεσματικό τρόπο καθορισμού της συχνότητας και της δόσης. Η ρύθμιση επιτυγχάνεται με την χρήσης ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών. Βέβαια η τεχνική αυτή δεν χρησιμοποιείται πλέον στα σύγχρονα υδροπονικά συστήματα καθώς θεωρείται παρωχημένη.
- Αισθητήρες υγρασίας. Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες δίνουν πληροφορίες για την υγρασία του υποστρώματος παρέχοντας με αυτό τον τρόπο την δυνατότητα της σωστής ρύθμισης της άρδευσης. Μειονεκτούν ως προς την ακρίβειά τους για ολόκληρη την καλλιέργεια και κατά συνέπεια απαιτούν την χρήση και άλλων μοντέλων σε συνδυασμό.
- Μέτρηση της αποστράγγισης. Σε ένα υδροπονικό σύστημα με υπόστρωμα, η εφαρμογή του θρεπτικού διαλύματος θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να επιτυγχάνεται ημερήσια αποστράγγιση 15-30% του συνολικού όγκου άρδευσης. Το ποσοστό αυτό έχει υπολογιστεί ούτως ώστε να αποφεύγεται η συσσώρευση των αλάτων στο υπόστρωμα.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, καταλληλότερη τεχνική για την ρύθμιση της άρδευσης της πιπεριάς στο υπόστρωμα του πετροβάμβακα είναι με την μέτρηση της αποστράγγισης. Η έναρξη της άρδευσης πρέπει να γίνεται όταν η αποστράγγιση έχει φτάσει περίπου στο 15% του συνολικού όγκου. Όπως έχει αναφερθεί και νωρίτερα ο πετροβάμβακας είναι ένα αδρανές υλικό και όλα τα θρεπτικά συστατικά προστίθενται σε αυτόν με το νερό της άρδευσης. Είναι πολύ σημαντική επισήμανση πως η άρδευση γίνεται πάντα με το θρεπτικό διάλυμα και όχι με νερό.

Με την χρήση μπεκ (spaghetti) παροχής θρεπτικού 3,5lt/h και συνυπολογίζοντας πως το ποσοστό απορροής είναι περίπου στο 15% τότε είναι απαραίτητα τα 3 ποτίσματα των 9 λεπτών ανά μέρα τους χειμερινούς μήνες και τα 10 ποτίσματα των 10 λεπτών του εαρινούς μήνες. Ωστόσο, ο αριθμός των ποτισμάτων εξαρτάται άμεσα από την ώρα της ημέρας, για παράδειγμα κατά την διάρκεια του μεσημεριού όπου οι απαιτήσεις είναι μεγαλύτερες θα πρέπει η συχνότητα να αυξάνεται. Πιο συγκεκριμένα:

- Στα πρώτα στάδια ανάπτυξης των φυτών και ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες απαιτείται 1lt/φυτό κάθε μέρα.
- Όταν τα φυτά βρίσκονται στην πλήρη ανάπτυξη απαιτούνται περίπου 3-4lt/φυτό κάθε μέρα

Κατά μέσο όρο για μια καλλιεργητική περίοδο στην καλλιέργεια πιπεριάς σε πετροβάμβακα στο ένα στρέμμα χρειάζεται 1,5 λίτρο θρεπτικό/φυτό/μέρα. Γνωρίζοντας πως σε ένα στρέμμα με υπόστρωμα πετροβάμβακα τοποθετούνται 1500-2000 φυτά πιπεριάς, τότε χρειάζονται συνολικά 270-360lt θρεπτικού (1,5lt x 1500φυτά x 120ημέρες).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

«ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ / ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ»

4.1 Έλεγχος της μονάδας

Ο έλεγχος της υδροπονικής καλλιέργειας της πιπεριάς πρέπει να είναι εντατικός και να γίνεται τόσο από τον παραγωγό σε καθημερινή βάση όσο και από τους επιστήμονες και τους τεχνικούς μηνιαία ή ετήσια. Σε καθημερινή βάση γίνεται (Κώτσιρας, 2011):

- Καταγραφή της αγωγιμότητας (EC) και του pH του θρεπτικού διαλύματος και του διαλύματος απορροής (σταλάκτη, υπόστρωμα και διάλυμα απορροής). Ειδικά μηχανήματα μέτρησης χρησιμοποιούνται για την μέτρηση αυτών των παραμέτρων. Είναι πολύ σημαντική η καταγραφή τους καθώς οποιαδήποτε ακραία τιμή είναι ικανή να επιδράσει αρνητικά στην ανάπτυξη των φυτών αφού θα σημαίνει πως η διαθεσιμότητα των θρεπτικών αρχίζει να μειώνεται.
- Έλεγχος της σωστής λειτουργίας της κεφαλής υδρολίπανσης με την χρήση υπολογιστικών συσκευών.
- Έλεγχος της στάθμης των δοχείων των πυκνών διαλυμάτων.
- Ρύθμιση των αισθητήρων του pH και της αγωγιμότητας της κεφαλής σε τακτά χρονικά διαστήματα.
- Έλεγχος της θερμοκρασίας του θρεπτικού διαλύματος. Έχειδειχθεί πως η θερμοκρασία του θρεπτικού διαλύματος επηρεάζει την ανάπτυξη της ρίζας.

Αναγκαίος είναι ο έλεγχος του pH και της αγωγιμότητας του θρεπτικού διαλύματος απορροής ειδικά στην περίπτωση του κλειστού υδροπονικού συστήματος

όπου το θρεπτικό ανακυκλώνεται και επαναχρησιμοποιείται, ώστε να γίνεται σωστός εμπλουτισμός του διαλύματος.

Εκτός, φυσικά από τον καθημερινό έλεγχο, θα πρέπει να γίνεται κάθε 2-3 μήνες έλεγχος της σύστασης του νερού άρδευσης, των πυκνών διαλυμάτων και του θρεπτικού διαλύματος απορροής σε θρεπτικά συστατικά από κάποιο εξειδικευμένο εργαστήριο. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η κατάλληλη περιεκτικότητα σε θρεπτικά του διαλύματος και κατ' επέκταση η ορθή ανάπτυξη των φυτών.

Βέβαια, στα κλειστά υδροπονικά συστήματα, όπως στην περίπτωση της πιπεριάς ο έλεγχος της σύστασης του θρεπτικού σε Na και Cl αλλά και των υπολοίπων μακροστοιχείων θα πρέπει να είναι πιο εντατικός και να γίνεται κάθε 15 ημέρες. Από την άλλη μεριά ο έλεγχος των ιχνοστοιχείων του θρεπτικού διαλύματος σε ένα τέτοιο σύστημα θα πρέπει να γίνεται κάθε μήνα (Κώτσιρας, 2011).

Τέλος, όπως έχουμε ήδη αναφέρει σε προηγούμενο κεφάλαιο, θα πρέπει να γίνεται αντικατάσταση του υποστρώματος κάθε 3 χρόνια. Παρόλα αυτά, ο παραγωγός οφείλει να ελέγχει το υπόστρωμα σε τακτά χρονικά διαστήματα (δυο φορές τον χρόνο), ώστε να πιστοποιεί πως είναι κατάλληλο για την ανάπτυξη των φυτών. Μέσω της άρδευσης, αν έχουν συσσωρευθεί άλατα, μπορεί σε κάποια σημεία να έχουν δημιουργηθεί συσσωματώματα.

4.2 Διαχείριση υπολειμμάτων

Υπάρχουν πολλοί τρόποι για την διαχείριση των υπολειμμάτων μιας υδροπονικής καλλιέργειας με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος. Τα πιο σημαντικά μέτρα που μπορούν να παρθούν είναι τα εξής.

- Το σημαντικότερο ίσως από τα υπολείμματα της υδροπονικής καλλιέργειας είναι το θρεπτικό διάλυμα απορροής, το οποίο όταν απορρίπτεται στο έδαφος ρυπαίνει το περιβάλλον με τα διάφορα λιπάσματα. Με ένα κλειστό κύκλωμα άρδευσης και λίπανσης που χρησιμοποιήθηκε, συλλέγονται τα υπολείμματα του

διαλύματος υδροπονίας και επαναπροωθούνται στο κύκλωμα τροφοδοσίας των υποστρωμάτων υδροπονίας.

- Ανακύκλωση λαδιών μηχανών. Για την ανακύκλωση λαδιών των μηχανών, τα λάδια συλλέγονται σε ειδικούς κάδους και παραδίδονται σε εταιρεία διαχείρισης ορυκτελαίων η οποία τα ανακυκλώνει.
- Ανακύκλωση πλαστικού και χαρτιών. Όλα τα απορρίμματα πλαστικού και χαρτιών, που παράγονται από υλικά συσκευασίας εφοδίων ή άλλων προμηθειών, συλλέγονται σε ειδικούς κάδους και προωθούνται προς ανακύκλωση.
- Θέρμανση με λέβητες στερεών καυσίμων για εξοικονόμηση κόστους.
- Τέλος, κάθε 3 χρόνια που είναι αναγκαία η αντικατάσταση των υποστρωμάτων, αυτά θα πρέπει να συλλέγονται και να μεταφέρονται από τις εταιρείες παρασκευής τους και να ανακυκλώνονται (Παγκρήτια Αγρονόα, τεύχος 61, 2014).

4.3 Διαχείριση συγκομιδής

Οι καρποί της πιπεριάς μπορούν να συγκομιστούν σε πρώιμο στάδιο ανάπτυξης (πράσινο χρώμα) είτε στο στάδιο της πλήρους ωρίμανσης (κόκκινο χαρακτηριστικό χρώμα). Στην δεύτερη περίπτωση, ωστόσο, παρουσιάζεται μείωση της συνολικής παραγωγής καρπών καθώς αυτοί παραμένουν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στο φυτό εμφανίζοντας φαινόμενα ανταγωνισμού. Η συγκομιδή της πιπεριάς ξεκινάει 2-2,5 μήνες από την ημερομηνία φύτευσης σε ποσοστό 80%. Η κοπή των καρπών γίνεται με το χέρι ή την βοήθεια κάποιου κλαδευτηριού ώστε να επιτευχθεί μικρότερη τομή στον ποδίσκο.

Οι αποδόσεις της υδροπονικής καλλιέργειας πιπεριάς στο πρώιμο στάδιο υπολογίζεται σε 8–10 τόνους ανά στρέμμα ανά καλλιεργητική περίοδο σε ποσοστό 75% ενώ 10 τόνους και άνω το στρέμμα σε ποσοστό 25%.

Μετά την συγκομιδή οι καρποί διατίθενται στην αγορά προς πώληση. Αν χρειαστεί να αποθηκευτούν, αυτό μπορεί αν γίνει σε θερμοκρασία 0 °C και σχετική υγρασία 95% για 1,5 μήνα. Σε θερμοκρασία 4 °C για έναν μήνα και σε θερμοκρασία 10 °C για δυο εβδομάδες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

«ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ»

5.1 Πάγια κόστη

Τα στοιχεία που ακολουθούν είναι για καλλιέργεια ενός (1) στρέμματος

<i>Πίνακας 1: Πάγιο κόστος υδροπονικής θερμοκηπιακής καλλιέργειας πιπεριάς σε πετροβάμβακα</i>	
Κόστος Θερμοκηπίου	Αξία σε Ευρώ (€)
Κατασκευή	24.940
Σύστημα θέρμανσης	17610
Σύστημα δροσισμού	2.500
Σωλήνες στήριξης υποστρώματος	800
Κόστος άρδευσης	
Μηχανήματα παρασκευής θρεπτικών διαλυμάτων	10.271
Δεξαμενές πυκνών διαλυμάτων	440
Δίκτυο αγωγών στάγδην άρδευσης	1000

5.2 Κόστος παραγωγής της καλλιέργειας

<i>Πίνακας 2: Κόστος παραγωγής της καλλιέργειας</i>	
Κατηγορία	Αξία σε Ευρώ (€)
Πλάκες πετροβάμβακα	2.908
Κύβοι ανάπτυξης φυτών- φυτάρια (75mm x 75mm)	1.000 (0,50x2000φυτά)
Καύσιμα	1.200

Συσκευασία-εργατικά	2.100
Λιπάσματα	800
Φυτοφάρμακα	300
Σύνολο	8.308

5.3 Αποσβέσεις παγίων

<i>Πίνακας 3: Αποσβέσεις πάγιων εξόδων καλλιέργειας</i>	
Κατηγορία	Αξία σε Ευρώ (€)
Θερμοκήπιο	1.247 (24.940/20 έτη)
Σύστημα θέρμανσης	1761 (17.610/10 έτη)
Σύστημα άρδευσης/λίπανσης	1171 (11.710/10 έτη)
Στήριξη υποστρώματος	80 (800/10 έτη)
Πλάκες πετροβάμβακα	969 (2.908/3)
Σύνολο	5228

5.4 Ετήσιο κόστος

<i>Πίνακας 4: Αποσβέσεις πάγιων εξόδων</i>	
Κατηγορία	Αξία σε Ευρώ (€)
Φυτάρια	1.000
Λιπάσματα	800
Φυτοφάρμακα	300
Καύσιμα	1.200
Συσκευασία	2.100
Αποσβέσεις παγίων	5.228
Συντήρηση	600
Σύνολο	11.228

5.5 Έσοδα που αποφέρει η καλλιέργεια

5.5.1 Ακαθάριστα έσοδα

$$2.000 \text{ φυτά} \times 5\text{kg} / \text{φυτό} \times 1,3 = \mathbf{13.000\text{€}}$$

5.5.2 Καθαρά έσοδα

$$13.000 - 11.228 = \mathbf{1.770\text{€}}$$

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα πολλαπλά προβλήματα που έχουν αρχίσει να εμφανίζονται οι συμβατικές καλλιέργειες του εδάφους όσον αφορά τις ασθένειες των φυτών αλλά και την συνεχή μόλυνση των περιβάλλοντος με λιπάσματα, οδήγησαν στην εύρεση νέων συστημάτων καλλιέργειας όπως είναι τα υδροπονικά συστήματα ή αλλιώς τα συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους.

Η υδροπονία είναι μια μέθοδος καλλιέργειας που χρονολογείται σε βάθος χρόνου, ωστόσο την εμπορική εμφάνισή της έκανε την τελευταία εικοσαετία. Σήμερα, σε πολλές χώρες αποτελεί την κύρια μέθοδο καλλιέργειας κηπευτικών και ανθοκομικών φυτών. Στην Ελλάδα έχει διαδοθεί τα τελευταία χρόνια κυρίως στα ανθοκομικά φυτά και εισέρχεται σιγά – σιγά στα κηπευτικά με πρώτη καλλιέργεια την τομάτα, ακολουθούν το μαρούλι, το αγγούρι, η μελιτζάνα και τέλος η πιπεριά.

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία διακρίνονται διάφορα συστήματα υδροπονικής καλλιέργειας που το καθένα έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του έναντι των άλλων. Ωστόσο, έρευνες έχουν δείξει πως οι διαφορές όσον αφορά την παραγωγή και την ποιότητα του προϊόντος είναι πολύ μικρές και δεν αποτελούν κριτήριο επιλογής. Βέβαια, το είδος της καλλιέργειας και το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας των υδροπονικών συστημάτων είναι δύο πολύ σημαντικοί περιοριστικοί παράγοντες.

Στην παρούσα πτυχιακή αναλύσαμε δυο υδροπονικά συστήματα για την καλλιέργεια της πιπεριάς, καλλιέργεια σε υπόστρωμα πετροβάμβακα και καλλιέργεια σε NFT. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση είναι πως όσον αφορά το κόστος εγκατάστασης το σύστημα NFT μειονεκτεί έναντι της καλλιέργειας σε υπόστρωμα, ωστόσο παρατηρούμε πως σε βάθος χρόνου και κατά την λειτουργία του θερμοκηπίου το κόστος εγκατάστασης NFT αποσβάζεται και το συνολικό κόστος λειτουργίας της μονάδας φαίνεται να είναι μικρότερο από ότι όταν χρησιμοποιείται υπόστρωμα. Βέβαια, για την καλλιέργεια της πιπεριάς συνήθως χρησιμοποιείται το σύστημα καλλιέργειας σε υπόστρωμα πετροβάμβακα και λιγότερο το NFT, το οποίο συνηθίζεται σε καλλιέργειες φυλλωδών κηπευτικών. Τα κριτήρια επιλογής του

συγκεκριμένου υποστρώματος περιλαμβάνουν το είδος της καλλιέργειας, την ποιότητα του νερού άρδευσης της περιοχής μελέτης και το κόστος εγκατάστασης του συστήματος.

Κατά την διεργασία εγκατάστασης του θερμοκηπίου και του συστήματος υδροπονίας παρατηρήσαμε πως δεν υπάρχει κάποια δυσκολία στο στήσιμο και την φύτευση. Όπως συμβαίνει, όμως, σε όλα τα υδροπονικά συστήματα έτσι και σε αυτό, τον σημαντικότερο ρόλο για την επιτυχία της καλλιέργειας έχει η παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος. Χρειάζεται βασική γνώση θρέψης φυτών ώστε να δημιουργηθεί το κατάλληλο διάλυμα για την ανάπτυξη των ριζών και κατ' επέκταση την αύξηση της παραγωγής. Για τον λόγο αυτό, είναι αναγκαία για τον παραγωγό η γνώση του γεωπόνου ώστε να τον καθοδηγήσει σωστά από την αρχή. Κατά την λειτουργία της μονάδας παίζει πολύ σημαντικό ρόλο ο έλεγχος της καλλιέργειας τόσο από τον παραγωγό σε καθημερινή βάση όσο και από εξειδικευμένες εταιρείες αναλύσεων σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία του συστήματος και η ορθή ανάπτυξη των φυτών.

Αναλύοντας τα οικονομικά στοιχεία της καλλιέργειας μπορούμε να πούμε πως η υδροπονική καλλιέργεια της πιπεριάς σε πετροβάμβακα αποτελεί μια κερδοφόρα παραγωγή με ετήσιο καθαρό εισόδημα τα 1770€ (1500-2000€) το στρέμμα περίπου ανάλογα το ύψος της παραγωγής. Η παραγωγή ξεκινάει από τους 7-8 τόνους ανά στρέμμα και μπορεί να φτάσει τους 10 τόνους. Η υδροπονία είναι μια μέθοδος καλλιέργειας με πολλά πλεονεκτήματα έναντι της συμβατικής καλλιέργειας στο έδαφος, απλώς χρειάζεται υπομονή και θέληση για την εφαρμογή της τεχνογνωσίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αποστολίδου Ι., (2010). «Αξιολόγηση Καινοτόμου Θερμοκηπιακής Εκμετάλλευσης σε Συνθήκες Προσομοίωσης». Μεταπτυχιακή διατριβή. Σελ: 64-65. Θεσσαλονίκη.
2. Κώτσιρας Ι.Α., (2011). «Σημειώσεις από τις παραδόσεις του μαθήματος της Λαχανοκομίας IV: Υδροπονικές καλλιέργειες», ΤΕΙ Καλαμάτας, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τμήμα ΘΕΚΑ.
3. Μαυρογιαννόπουλος Γ., (2013). «ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ». PDF διαθέσιμο στο site: <http://mavrogiannopoulosgeorge.blogspot.gr/>.
4. Νεοκλέους Δ., (2013). «Ανακύκλωση θρεπτικού διαλύματος στις υδροπονικές καλλιέργειες». Περιοδικό Αγρότης. Τεύχος: Οκτώβριος-Δεκέμβριος. σελ: 19-21.
5. Ολύμπιος Μ.Χ., (2001). «Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια», Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα.
6. Παγκρήτια Αγρονέα, τεύχος 61, 2014
7. Πεπονάκης Κ., (2012). «ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ»
8. Σάββας Δ., (2007). «Εισαγωγή στις καλλιέργειες εκτός εδάφους», Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Τμήμα φυτικής παραγωγής. Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών, Αθήνα.
9. Σάββας Δ., (2009). «Πρόσφατες εξελίξεις και διαφαινόμενες τάσεις στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες κηπευτικών» 23^ο Συνέδριου της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών. Τεύχος Β.
10. Τσιβελίκας Λ.Α., Μπλέτσος Α.Φ., (2011). «Ελληνικές ποικιλίες λαχανικών και παραγωγή πολλαπλασιαστικού υλικού». Τεύχος 46. σελ: 5-8

Διαδίκτυο

Διαδίκτυο 1, ανακτήθηκε 10/2014:

<http://www.climasystem.gr/index.php/ydroponia/efarmoges-idroponias>

Διαδίκτυο 2, ανακτήθηκε 10/2014: <http://homeguides.sfgate.com/advantages-hydroponics-over-soil-47626.html#>

Διαδίκτυο 3, ανακτήθηκε 10/2014:

http://www.greenspiritfarms.com/Comparing_Hydroponics_to_Dirt_Farming.pdf

Διαδίκτυο 4, ανακτήθηκε 11/2014: <http://www.ekk.aua.gr>

Διαδίκτυο 5, ανακτήθηκε 11/2014: <http://www.jardin-mundani.info/tuberculos-hortalizas.htm>

Διαδίκτυο 6, ανακτήθηκε 11/2014:

http://www.fitotech.gr/components/com_virtuemart/shop_image/product/4f1d169c40ddd.jpg

Διαδίκτυο 8, ανακτήθηκε 11/2014:

<http://informics.aua.gr:8080/scam/2/resource/1207>

Διαδίκτυο 9, ανακτήθηκε 11/2014: <http://mymethana.blogspot.gr/2008/06/blog-post.html>

Διαδίκτυο 10, ανακτήθηκε 11/2014: <http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/>

Διαδίκτυο 11, ανακτήθηκε 11/2014: <http://www.agroinvent.com/wp-content/gallery/hydria4/hydria-4-wall-mountable.jpg>

Διαδίκτυο 12:

<http://www.apdkritis.gov.gr/LinkClick.aspx?fileticket=7QnBrRSeOo0%3D&tabid=2342&mid=6141>

Διαδίκτυο 13, ανακτήθηκε 11/2014:

<http://www.ekk.aua.gr/media.php?file=lib/125.pdf>

Διαδίκτυο 14, ανακτήθηκε 4/2015:

<http://www.askomet.com/index.webman?lang=gr§ion=products&id=3&cat=15>

Διαδίκτυο 15, ανακτήθηκε 4/2015: <http://istath.blogspot.gr/2010/01/1600-1800c.html>