



ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Φωκά Αναστάσιου

ΧΑΝΙΑ 2014



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ & ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ



ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Φωκά Αναστάσιου

Επιβλέπων :

Γ Σταυρουλάκης
Καθηγητής

Επιτροπή Αξιολόγησης :

Κατσίβελα Ελευθερία
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Μαραβελάκης Εμμ
Επίκουρος Καθηγητής

Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας : 54

Ευχαριστίες

Για τη συγκέντρωση υλικού της πτυχιακής μου εργασίας βοήθησαν με αρκετούς τρόπους αρκετά πρόσωπα, τα οποία ευχαριστώ ένα ένα ξεχωριστά. Σε αυτούς συμπεριλαμβάνονται οι συμφοιτητές μου από το ΤΕΙ Κρήτης άλλα και από το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, οι οποίοι βοήθησαν στη συλλογή υλικού και είχαν την καλοσύνη να διαβάσουν τη συγκεκριμένη πτυχιακή και να κάνουν χρήσιμα σχόλια και διορθώσεις. Ιδιαίτερες ευχαριστίες αποδίδονται κυρίως στον Θέμη Τσιρίδη, ο οποίος μου έδωσε το ερέθισμα να ασχοληθώ με την υδροπονία, καθώς και στον καθηγητή μου Γεώργιο Σταυρουλάκη. Επίσης ευχαριστώ τον Αριστείδη Σταματάκη, τον Γεώργιο Χατζάκη, τους Γεώργιο και Λάμπρο Βουζουνεράκη, εκ των οποίων οι δυο τελευταίοι συνέβαλαν τα μέγιστα στην παρουσία και φιλοξενία μου στο Κεντρί Ιεράπετρας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου για τη συνεχή στήριξη που μου παρείχε και κυρίως για το χρόνο που της στέρησα κατά τη διάρκεια συγγραφής της πτυχιακής εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ-SUMMARY

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ	2
1.1. Ονομασία και όρος	2
1.2. Αναδρομή πίσω στο χρόνο	2
1.3. Κλιματικές συνθήκες Ελλάδας	3
1.4. Εκπαίδευση-Κατάρτιση	3
1.5. Τι καλλιέργειες μπορούν να μπουν στην υδροπονία	4
1.5.1. Καλλιέργεια μαρουλιού	4
1.5.2. Καλλιέργεια πιπεριάς	4
1.5.3. Καλλιέργεια τομάτας	5
1.6. Τα θερμοκήπια στην Αλμερία της Ισπανίας	7
1.6.1. Καλλιεργητικές τεχνικές και υποδομές στην Αλμερία	7
1.6.2. Καλλιέργειες κηπευτικών υπό κάλυψη στην Ελλάδα	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΤΥΠΟΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	12
2.1. Συστήματα χωρίς υπόστρωμα	12
2.1.1. Παρουσίαση μικρού υδροπονικού συστήματος χωρίς υπόστρωμα	12
2.1.2. Μεγάλο σύστημα καλλιέργειας NGS (New Growing System) χωρίς υπόστρωμα	14
2.2.1 Μεγάλα συστήματα υδροπονίας με υπόστρωμα	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	17
3.1. Πλεονεκτήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους	17
3.2. Μειονεκτήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	19
4.1. Γενικά	19
4.2. Τα τρία βασικά τμήματα	21
4.3. Η παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος	21
4.4. Παροχή του νερού	22
4.5. Δοχεία πυκνών διαλυμάτων	22
4.5.1. Αυτόματη αραίωση πυκνών διαλυμάτων	22
4.5.2. Τύποι κεφαλών υδρολίπανσης	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΝΕΡΟ	25
5.1. Γενικά	25
5.2. Η διαδικασία της άρδευσης	27
5.3. Ο ρόλος του νερού στο φυτό	27
5.4. Κατηγορίες συστημάτων ελέγχου	28
5.4.1. Συστήματα με ανατροφοδότηση	28

5.4.2. Συστήματα χωρίς ανατροφοδότηση	29
5.5. Αποτελεσματική άρδευση	29
5.6. Πρόβλημα με το νερό	30
5.7. Αποδοτικότερη χρήση καλής ποιότητας νερού	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΝΙΤΡΙΚΑ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ	32
6.1. Τα νιτρικά στη γεωργία και στο περιβάλλον	32
6.2. Παράγοντες που επηρεάζουν τη συσσώρευση νιτρικών στο μαρούλι	33
6.3. Τα νιτρικά στο ανθρώπινο σώμα	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΛΙΠΑΝΣΗ-ΦΩΤΙΣΜΟΣ	35
7.1. Υδρολίπανση	35
7.2. Απορροές λόγω λίπανσης	35
7.3. Ανακύκλωση των απορροών	35
7.4. Φωτισμός	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ	38
8.1. Αξιοποίηση θερμικής ενέργειας στα θερμοκήπια	38
8.2. Δυνατότητες και προοπτικές εξάπλωσης θερμοκηπίων στην Ελλάδα	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ	43
9.1. Γενικά	43
9.2. Σχόλια-συμπεράσματα	49

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πτυχιακή μου εργασία ξεκίνησε από την Ορεστιάδα τον Μάρτιο του 2012 για να καταλήξει στα Χανιά τον Σεπτέμβριο του 2013 μετά από περιπετειώδεις προσπάθειες σε όλα τα μήκη και πλάτη της Ελλάδας φθάνοντας μέχρι τη νοτιότερη πόλη της Ευρώπης, την Ιεράπετρα. Ο σκοπός της ήταν να περιγράψω την τεχνική της καλλιέργειας εκτός εδάφους η οποία παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον στον αγροτικό τομέα της χώρας μας. Θεωρώ ότι στην υδροπονία έχουμε την δυνατότητα να ελέγχουμε και να ορίζουμε πλήρως τον χώρο στον οποίο αναπτύσσονται οι ρίζες των φυτών μας, σημείο κρίσιμο για την ανάπτυξη μιας καλής καλλιέργειας με διάρκεια στο χρόνο. Επιπλέον, καθώς το υπόστρωμα είναι αδρανές, απουσιάζουν από το περιβάλλον του φυτού εχθροί και ασθένειες οι οποίοι αναπτύσσονται σε καλλιέργειες εδάφους. Έτσι γίνεται μειωμένη χρήση χημικών. Σαφή και ξεκάθαρα είναι τα πλεονεκτήματα της υδροπονίας σε σχέση με την προστασία του περιβάλλοντος. Η μέθοδος της υδροπονίας έρχεται να δώσει λύσεις για το μέλλον της γεωργίας καθώς μέσω αυτής επιτυγχάνεται εξοικονόμηση νερού και θρεπτικών στοιχείων, αφού το θρεπτικό διάλυμα που περισσεύει από το υπόστρωμα σε πολλές περιπτώσεις επαναχρησιμοποιείται.

Hydroponics and environment

SUMMARY

My major paper started its journey from Orestiada, back in 2012. It finished in Chania, on September 2013, after many adventures in every inch of Greece, even covering the northern town of Europe, Ierapetra. The mission was to describe the technique of cultivation out of ground, which shows big interest in the agricultural field of our country. I believe that with hydropony we have the chance to test and set completely the place that our roots are growing, which is crucial for the expansion of good and permanent farming. Moreover, because the substrate is dormant, you may see the absence of enemies and blights that are developed in farming. This is why the use of pesticides is reduced. The advantages of hydropony are clear, when we talk about security of the environment. The method of hydropony gives us solutions for the future of agriculture as it succeeds a spare of water and nutritiousness, because of the repetitive use of the nutritious solution that is surplused from the substrate.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

1.1. Ονομασία και όρος

Στηριζόμενοι στο γεγονός ότι οι καλλιέργειες αναπτύσσονται μέσα σε φυτοδοχεία γεμισμένα με κάποιο αδρανές υπόστρωμα, θεωρείται ορθότερο να διατυπώνουμε τον όρο υδροπονία-υδροκαλλιέργεια, ενώ στην περίπτωση που η καλλιέργεια γίνεται μόνο σε θρεπτικό διάλυμα χωρίς υπόστρωμα, χρησιμοποιούμε τον απλό όρο υδροκαλλιέργεια. (Σάββας, 2012)

Η φιλοσοφία της υδροπονίας, όπως λέει και η λέξη, βασίζεται στο νερό με μόνη διαφορά πως το νερό από μόνο του δεν αρκεί να θρέψει τα φυτά αλλά χρειάζονται και κάποια στοιχεία που τα παρέχει το χώμα. Σίγουρα δεν πρόκειται για μια νέα μέθοδο καλλιέργειας φυτών, εντούτοις έγιναν μεγάλα βήματα τα τελευταία χρόνια για τη χρήση και αξιοποίησή της στη γεωργία. Βέβαια, το A και το Ω της υδροπονίας είναι το πώς θα δημιουργηθεί μια σωστή συνταγή θρέψης. Αν εισχωρήσει κάτι λάθος στο φυτό, αυτό καταστρέφεται και χάνεται όλη η παραγωγή.

Με τον όρο περιβάλλον εννοούμε όλο εκείνο το σύνολο των φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων που βρίσκονται σε αλληλεπίδραση και επηρεάζουν την οικολογική ισορροπία και ποιότητα ζωής. Η χρήση της υδροπονίας μπορεί να διαδραματίσει ένα σημαντικό ρόλο για την προστασία του περιβάλλοντος.

Απώτερος σκοπός φυσικά δεν είναι άλλος από την αειφόρο ανάπτυξη, η οποία βασικό στόχο έχει τη διατήρηση της ικανότητας της γης να ευνοεί τη ζωή σε όλη της την ποικιλία, την τήρηση των ορίων των φυσικών πόρων του πλανήτη, την εξασφάλιση υψηλού επιπέδου όσον αφορά την προστασία και τη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, καθώς και την πρόληψη και μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος και την προώθηση αειφόρων προτύπων κατανάλωσης και παραγωγής, ώστε να αποσυνδεθεί η οικονομική μεγέθυνση από την υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

1.2. Αναδρομή πίσω στο χρόνο

Έχουμε αναφορές για καλλιέργειες σε νερό από την εποχή της αρχαίας Αιγύπτου, όταν για να τραφεί ο μεγάλος αριθμός σκλάβων που δούλευαν για την κατασκευή των πυραμίδων, ήταν απαραίτητη η καλλιέργεια τροφής ακόμα και μέσα στο νερό, στις όχθες του ποταμού Νείλου. Εκμεταλλεύονταν την παλίρροια του Νείλου, ώστε να ωφελούνται από τα νερά και τα οργανικά τους στοιχεία, με αποτέλεσμα να έχουν πολύ μεγαλύτερες σοδειές. Υπάρχουν ακόμα αναφορές πως ο κρεμαστός κήπος της Βαβυλώνας είχε επιτευχθεί με την αξιοποίηση ενός ποταμού, που διέσχιζε τον κήπο και πρόσφερε ένα μοναδικό θέαμα. Η χρήση της υδροπονίας ήταν επίσης αρκετά διαδομένη, ως μορφή καλλιέργειας, στην Ασία από τα αρχαία χρόνια και ιδιαίτερα στην Κίνα, ενώ αναφορές για τεχνικές υδροπονίας υπάρχουν και σε ευρήματα από την εποχή των Αζτέκων.

Κατά τη διάρκεια του περασμένου αιώνα, επιστήμονες και γεωπόνοι πειραματίστηκαν με διάφορες μεθόδους υδροπονικών καλλιεργειών. Μια από τις πιθανές εφαρμογές της υδροπονίας που οδήγησαν την έρευνα, ήταν για την καλλιέργεια φρέσκων προϊόντων στις άγονες περιοχές του πλανήτη. Η εφαρμογή της υδροπονίας δοκιμάστηκε κατά τη διάρκεια του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου. Οι στρατιώτες που έμεναν στα άγονα νησιά του Ειρηνικού Ωκεανού εφοδιάζονταν με φρέσκα προϊόντα που καλλιεργούσαν με υδροπονικά συστήματα. Παραδοσιακοί καλλιεργητές και νέοι άνθρωποι άρχισαν να ελκύονται από τις αρετές της υδροπονικής καλλιέργειας.

1.3. Κλιματικές συνθήκες Ελλάδας

Η Ελλάδα διαθέτει άριστες κλιματικές συνθήκες για την ανάπτυξη των θερμοκηπιακών υδροπονικών καλλιεργειών. Η μετάβαση στις υδροπονικές καλλιέργειες και η σωστή διαχείρισή τους έχει μεγάλη σημασία, προκειμένου να μπορέσει η χώρα να συμβαδίσει με τους συνεχώς αυξανόμενους ρυθμούς των απαιτήσεων της αγοράς, η οποία λειτουργεί σε ανταγωνιστική βάση. Η ετήσια ηλιοφάνεια και θερμοκρασία βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα, που επιτρέπουν την εφαρμογή καλλιεργειών με περιορισμένες απαιτήσεις σε θέρμανση. Τεχνητός φωτισμός δεν είναι απαραίτητος στις ελληνικές συνθήκες, με εξαίρεση φυτά με ιδιαίτερες απαιτήσεις. Τα στοιχεία αυτά είναι πολύ σημαντικά διότι μπορούν να καταστήσουν την Ελλάδα ανταγωνιστική σε ποιότητα, ποσότητα και σε τιμή προϊόντων με άλλες χώρες, οι οποίες έχουν σήμερα το προβάδισμα λόγω σωστής διαχείρισης και εντατικοποίησης των υδροπονικών καλλιεργειών, ενώ υπολείπονται σε κλιματικές συνθήκες. Σύμφωνα πάντως με στοιχεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης Τροφίμων και της Διεύθυνσης ΠΑΠ Δενδροκηπευτικής, συνολικά 27.114 στρέμματα των ελληνικών εκτάσεων καλύπτονται από υδροπονικές καλλιέργειες τομάτας, πιπεριάς και μαρουλιού. Συνολικά σήμερα υπάρχουν περίπου 50.000 στρέμματα με θερμοκηπιακές καλλιέργειες. Το εντυπωσιακό είναι πως πριν από 20 χρόνια υπήρχαν 40.000 στρέμματα, δηλαδή τα τελευταία 20 χρόνια τα θερμοκήπια στην Ελλάδα αυξήθηκαν ελάχιστα.

1.4. Εκπαίδευση-Κατάρτιση

Για την επιτυχή διάδοση και ενσωμάτωση στην παραγωγική διαδικασία των τεχνολογιών αυτών, πέρα από τη λειτουργία του επιδεικτικού θερμοκηπίου απαιτείται έρευνα και εκπαίδευση. Η έρευνα θα στοχεύει (α) στην προσαρμογή στις μεσογειακές συνθήκες τεχνολογιών που έχουν αναπτυχθεί και εφαρμοστεί σε άλλες χώρες και (β) στην ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών για τη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας των ελληνικών θερμοκηπιακών μονάδων. Η αξιοποίηση των αποτελεσμάτων της έρευνας και η άμεση, αλλά κυρίως η σωστή, εφαρμογή των νέων τεχνολογιών και καινοτομιών προσαρμοσμένων κατάλληλα στις απαιτήσεις των ελληνικών θερμοκηπίων, αποτελούν προϋποθέσεις για τη βιωσιμότητα αλλά και την αναβάθμιση των θερμοκηπιακών μονάδων και για τη βελτιστοποίηση μιας φιλικότερης στο περιβάλλον παραγωγής. Ο πλέον αποτελεσματικός τρόπος για να διασφαλιστούν τα ανωτέρω είναι η εκπαίδευση και η επιμόρφωση όλων όσων δραστηριοποιούνται στον τομέα των θερμοκηπίων. Σκοπός της εκπαίδευσης είναι η σύσταση ενός μόνιμου δικτύου επικοινωνίας και

συνεχούς επιμόρφωσης μεταξύ των εμπλεκόμενων σε όλα τα στάδια φορέων, με τις θερμοκηπιακές καλλιέργειες στην Ελλάδα, η οποία θα βοηθήσει στην ευκολότερη και καλύτερη προσαρμογή των νέων τεχνολογιών στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες.

1.5. Τι καλλιέργειες μπορούν να μπου στην υδροπονία

Οποιοδήποτε φυτό μπορεί να καλλιεργηθεί υδροπονικά. Το ερώτημα είναι αν η αξία του προϊόντος που παράγεται δικαιολογεί την καλλιέργειά του σε υδροπονία. Άλλος περιορισμός που τίθεται στις καλλιέργειες που μπορούμε να βάλουμε είναι το υδροπονικό σύστημα που έχουμε εγκατεστημένο. Οι καλλιέργειες που συνήθως καλλιεργούνται υδροπονικά είναι τομάτα, πιπεριά, μελιτζάνα, αγγούρι, κολοκύθι, πεπόνι, καρπούζι, φασόλι, φράουλα, μαρούλι, σπανάκι. Συστήματα κατάλληλα για φυλλώδη λαχανικά (μαρούλι, σπανάκι) δεν είναι κατάλληλα για καλλιέργεια σολανωδών (τομάτα, πιπεριά, μελιτζάνα) ή κολοκυνθοειδών (αγγούρι, κολοκύθι, πεπόνι, καρπούζι). (Πεπονάκης, 2012) Ένα πολύ σημαντικό κομμάτι είναι η τοποθέτηση των σπόρων μας. Είναι απαραίτητο σε μια σειρά να μην γίνεται εναλλαγή της καλλιέργειας δηλαδή να έχουμε μόνο μαρούλια ή μόνο πιπεριές ή μόνο τομάτες. Διαφορετικές θρεπτικές ανάγκες έχει το κάθε ένα οπότε τα αφήνουμε ξεχωριστά στις λωρίδες-κανάλια.

1.5.1. Καλλιέργεια μαρουλιού

Το μαρούλι μπορεί να καλλιεργηθεί με αρκετούς τρόπους, όπως σε υποστρώματα, σε σύστημα επίπλευσης και σε συστήματα υδροκαλλιέργειας. Πιο συνηθισμένα όμως στην Ελλάδα είναι τα δυο τελευταία συστήματα. Τα σπορόφυτα παράγονται σε κύβους τύρφης, πετροβάμβακα ή μίγματος υποστρωμάτων και στη συνέχεια μεταφυτεύονται. Από τη μεταφύτευση του μαρουλιού έως και τη συγκομιδή χρειάζονται περίπου έξι εβδομάδες, οπότε γίνεται αντιληπτό ότι σε ένα έτος μπορούν να γίνουν και περισσότερες καλλιέργειες. Οι περισσότεροι παραγωγοί τοποθετούν τα μαρούλια σε απόσταση 10-20 εκατοστών, ενώ στην υδροκαλλιέργεια χρησιμοποιούνται τεχνικές καλλιέργειας για εξοικονόμηση χώρου όπως κεκλιμένα επίπεδα και σχήματα πυραμίδας, λόγω του μικρού χώρου που απαιτούν αλλά και του γεγονότος ότι δεν χρειάζονται υποστύλωση, κλάδεμα. Συνιστάται όταν το έδαφος παρουσιάζει προβλήματα αλατότητας, ασθενειών ή γονιμότητας διότι από οικονομική άποψη το μαρούλι πωλείται ανά τεμάχιο και έχει πολύ μικρό κόστος αγοράς σε σχέση με τον συνολικό μηχανικό και αυτόματο εξοπλισμό του θερμοκηπίου. Ιδιαίτερη σημασία στην ομαλή ανάπτυξη του φυτού έχει η διατήρηση επαρκής ποσότητας ασβεστίου στο ριζόστρωμα ώστε να αποφεύγεται το κάψιμο των φύλλων του μαρουλιού.

1.5.2. Καλλιέργεια πιπεριάς

Η πιπεριά προέρχεται από την κεντρική Αμερική, ενώ στην Ευρώπη η καλλιέργεια της ως λαχανικό άρχισε τον κατά τον 17^ο αιώνα. Πλέον υπάρχουν διάφορες ποικιλίες, ωστόσο η έντονη καλλιέργεια υδροπονικά άρχισε από τον 20^ο αιώνα με πιο μεγάλη δραστηριότητα στα υποστρώματα. Ο περλίτης (Εικόνα 1.1), η ελαφρόπετρα και ο πετροβάμβακας είναι τα πιο συχνά

χρησιμοποιούμενα από τους παραγωγούς, οι οποίοι χρησιμοποιούν δύο συστήματα υποστύλωσης για την πιπεριά: το σύστημα με δικτυωτό πλέγμα που δεν απαιτεί κλάδεμα και το σύστημα V που στηρίζει από πάνω ανά δύο τα στελέχη των φυτών.

1.5.3. Καλλιέργεια τομάτας

Στην Ελλάδα, όπως σχεδόν σε όλες τις μεσογειακές χώρες, οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες δεν ξεπερνούν το 10%. Το μεγαλύτερο μέρος των καλλιεργειών σε τομάτα προέρχεται από υπαίθριες καλλιέργειες. Οι περισσότεροι παραγωγοί προτιμούν για την καλλιέργεια τομάτας τον πετροβάμβακα στον οποίο σπέρνουν τους σπόρους σε κύβους με διαστάσεις 6 X 7,5X 7,5 εκατοστών. Πριν γίνει η σπορά οι κύβοι ποτίζονται με θρεπτικό διάλυμα και πρέπει να τοποθετηθούν ο ένας δίπλα στον άλλο και να παραμείνουν στο σπορείο σε θερμοκρασία περίπου 24 βαθμών κελσίου έως ότου φυτρώσουν οι σπόροι. Μέχρι και μια εβδομάδα μπορεί να διαρκέσει η ολοκλήρωση του φυτρώματος τον σπόρων ενώ μεγάλη αξία σε όλο αυτό το στάδιο αποτελεί η διατήρηση της υγρασίας των κύβων. Η μεταφύτευση αρχίζει όταν εμφανιστούν οι ρίζες των φυτών οπότε και τοποθετούνται οι κύβοι πάνω στο πετροβάμβακα ή άλλο υλικό (Εικόνα 1.1). Για να γίνει σωστή αποστράγγιση χαράσσουμε κάθετες ή οριζόντιες σχισμές μήκους τριών εκατοστών περίπου στην πλάγια πλευρά κάθε πλαστικού σάκου. Όταν φυτεύονται τρία φυτά ανά πλάκα υποστρώματος με ένα στέλεχος ανά φυτό, ακολουθείται το κλασικό σύστημα με ένα σύρμα υποστύλωσης πάνω από κάθε γραμμή φυτών. Αν τα φυτά είναι τέσσερα ανά πλάκα υποστρώματος αφήνονται δύο στελέχη ανά φυτό, συνήθως όμως εφαρμόζεται το σύστημα V το οποίο βασίζεται στην ύπαρξη δυο συρμάτων υποστύλωσης.



Εικόνα 1.1. Σπορόφυτα τομάτας έτοιμα για μεταφύτευση σε περλίτη (Χανιά 2013)

Εκτός από πετροβάμβακα η τομάτα καλλιεργείται και σε αδρανή υποστρώματα εγχώριας προέλευσης και ειδικότερα σε ελαφρόπετρα, περλίτη και κοκκώδη υποστρώματα τα οποία είναι τοποθετημένα σε διαφόρων τύπων και μεγεθών φυτοδοχεία.

Τα τελευταία αποτελούνται από συνθετικά μείγματα σποράς κηπευτικών ή τύρφη (Εικόνα 1.2) και η παραγωγή των σπορόφυτων γίνεται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο με την καλλιέργεια στο έδαφος. Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος της τομάτας διαφοροποιείται ανάλογα με την ανάπτυξη του φυτού, την ποιότητα του νερού και τις καιρικές συνθήκες, ειδικότερα επειδή η τομάτα είναι από τα πιο απαιτητικά φυτά του θερμοκηπίου. Οι συγκεντρώσεις νατρίου και καλίου στα φύλλα της υπολογίζονται στα 2 και 1 mmol g⁻¹ ξηρού βάρους αντίστοιχα, ενώ στο στάδιο της καρποφορίας και για την βελτίωση της ποιότητας των καρπών απαιτείται αύξηση του καλίου διότι σε αντίθετη περίπτωση μπορεί να έχουμε διαταραχές στην ωρίμανση και στο χρώμα των καρπών. Επίσης μόλις τα φυτά αρχίζουν και σχηματίζουν καρπούς καλό είναι να μειώνεται η συγκέντρωση ασβεστίου. Τέλος οι ικανοποιητικές τιμές του pH για το θρεπτικό διάλυμα κυμαίνονται σε 5-7 με καλύτερες φυσικά ενδιάμεσες τιμές. Όλες βέβαια οι συγκεντρώσεις απορρόφησης θρεπτικών στοιχείων για την τομάτα διαφοροποιούνται ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες και τον τόπο καλλιέργειας.



Εικόνα 1.2. Φυτοδοχείο αναμειγμένο με τύρφη (Κεντρί Ιεράπετρας, Μάιος 2013)

1.6. Τα θερμοκήπια στην Αλμερία της Ισπανίας

Στην Ισπανία και στην Ολλανδία η εξέλιξη της υδροπονίας ήταν ραγδαία, αφού τα 50 στρέμματα που πρωτοκαλλιεργήθηκαν το 1976 ανήλθαν στα 15.000 το 1984, 25.000 το 1989 και 55.000 το 2000. Η Αλμερία, στο νότο της Ισπανίας, είναι η περιοχή με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση θερμοκηπίων στον κόσμο. Από κλιματικής άποψης είναι κοντά στο κλίμα της Κρήτης. Με σχεδόν 3.000 ώρες ηλιοφάνειας το χρόνο, μικρές βροχοπτώσεις (196mm το χρόνο), απουσία παγετού και χιονοπτώσεων και διαρκείς ανατολικούς και δυτικούς ανέμους, είναι από τις καταλληλότερες περιοχές στην Ευρώπη για παραγωγή εκτός εποχής κηπευτικών.

Οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες ξεκίνησαν στην περιοχή στα τέλη της δεκαετίας του 1960. Στην περιοχή παλαιότερα υπήρχαν αμπέλια, διαμορφωμένα σε κρεβατίνα. Κάποιοι ξεπάτωσαν τα αμπέλια και χρησιμοποιώντας το σκελετό της κρεβατίνας έφτιαξαν τα πρώτα θερμοκήπια στην περιοχή, τα επονομαζόμενα *rarral*, παραλλαγές των οποίων χρησιμοποιούνται και σήμερα (*rarral plano* και *rarral multicapilla*). Η αύξηση των θερμοκηπίων ήταν ταχύτερη από τη δεκαετία του 1970 μέχρι και τα μέσα της δεκαετίας του 1990 και ακόμη συνεχίζεται, αν και με μειωμένους ρυθμούς. Σήμερα υπάρχουν 265.000 στρέμματα θερμοκηπίων με κύριες καλλιέργειες την τομάτα (95.000) και την πιπεριά (85.000), με το αγγούρι, το κολοκύθι και τη μελιτζάνα να καλύπτουν το υπόλοιπο των εκτάσεων. Την άνοιξη, ως δεύτερη καλλιέργεια, μπαίνει σε κάποιες περιπτώσεις καρπούζι και πεπόνι. Απασχολούνται 15.000 καλλιεργητές (μέση έκταση εκμετάλλευσης 18 στρέμματα) και 45.000 εργάτες, χωρίς φυσικά να συνυπολογίζονται οι θέσεις εργασίας που δημιουργούνται στη διαλογή, εμπορία, τεχνική υποστήριξη, έρευνα, εμπόριο. Συνολικά, οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες στην περιοχή της Αλμερίας δημιουργούν περί τις 83.000 θέσεις εργασίας.

Το 60% της παραγωγής εξάγεται κυρίως προς Γερμανία, Γαλλία, Ολλανδία και Ηνωμένο Βασίλειο και άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Η αξία των εξαγωγών για την καλλιεργητική περίοδο 2010-2011 έφτασε τα 1,6 δισεκατομμύρια ευρώ.

1.6.1. Καλλιεργητικές τεχνικές και υποδομές στην Αλμερία

Στην Αλμερία καθώς το κλίμα ευνοεί την καλλιέργεια κηπευτικών εκτός εποχής, ο κύριος όγκος της παραγωγής συγκεντρώνεται το χειμώνα. Οι συνήθεις φυτεύσεις είναι για την τομάτα, το αγγούρι και τη μελιτζάνα τον Αύγουστο, την πιπεριά Ιούλιο ή Μάρτιο και το πεπόνι τον Μάρτιο. Τους μήνες Ιούλιο-Αύγουστο δεν υπάρχει παραγωγή. Ωστόσο ο αυξανόμενος ανταγωνισμός και η ανάγκη διατήρησης των υφιστάμενων αγορών ωθούν όλο και περισσότερους καλλιεργητές στην τροποποίηση των φυτεύσεων ώστε να έχουν διαθέσιμα προϊόντα για όλο και μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Σε μεγάλο μέρος της παραγωγής σήμερα εφαρμόζεται ολοκληρωμένη φυτοπροστασία με χρήση βιολογικών μεθόδων. Βιολογική φυτοπροστασία εφαρμόζεται στο 95% της καλλιέργειας πιπεριάς, το 67% της καλλιέργειας μελιτζάνας, το 60% της καλλιέργειας αγγουριού, το 40% της καλλιέργειας

κολοκυθιού και το 50% της καλλιέργειας τομάτας. Από το 1997 χρησιμοποιούνται βομβίνοι στο 100% των καλλιεργειών τομάτας.

Οι κατασκευές τους είναι απλές και φθηνές με το 30% να είναι με επίπεδη οροφή (parral plano), το 55% διαθέτει οροφή με μικρή κλίση (περίπου 10-12%) (parral multicarilla) και λιγότερο από το 5% των θερμοκηπίων είναι τα γνωστά πολύρρικτα που απαντώνται και στην Ελλάδα. Η καλλιέργεια παραδοσιακά δεν γίνεται στο αρχικό έδαφος της περιοχής αλλά σε ένα τεχνητό έδαφος βάθους 20 εκατοστών, αποτελούμενο κυρίως από χονδρόκοκκη άμμο και μία στρώση 2-3 εκατοστά οργανικής ουσίας σε βάθος 15 εκατοστών. Την τεχνική αυτή ακολουθεί το 80% των καλλιεργητών, ενώ ένα 20% καλλιεργεί σε υδροπονικά υποστρώματα (περλίτη, κοκκοφοίνικα, πετροβάμβακα).

Οι αγρότες της Αλμερίας λαμβάνουν τεχνική υποστήριξη μέσω πολλαπλών οδών. Τα δημοπρατήρια και οι συνεταιρισμοί διαθέτουν γεωπόνους οι οποίοι παρέχουν τεχνική υποστήριξη στους παραγωγούς και τους βοηθούν να αντιμετωπίσουν κάθε πρόβλημα στην καλλιέργειά τους. Φυσικά στο πλευρό τους έχουν και γεωπόνους από τις εταιρίες αγροτικών εφοδίων.

1.6.2. Καλλιέργειες κηπευτικών υπό κάλυψη στην Ελλάδα

Πίνακας 1.1. Περιέχει στοιχεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων και της Διεύθυνσης Π.Α.Π. Δενδροκηπευτικής (2005)

Διεύθυνση γεωργίας	Μαρούλι		Πιπεριά		Τομάτα	
	(στρέμματα-τόνοι)		(στρέμματα-τόνοι)		(στρέμματα-τόνοι)	
Έβρου	19	22	5	13	24	192
Ορεστιάδας	4	8	11	35	18	125
Ροδόπης	10	30			60	600
Ξάνθης	10	15			66	370
Θράκη	43	75	16	48	168	1287
Δράμα	150	600			150	1100
Καβάλα	100	100	17	22	158	781
Σερρών	42	265	55	295	232	2760
Θεσ/νίκης	750	1350	264	669	1290	12690
Πιερίας	35	98	268	668	85	765
Ημαθίας	400	890	1550	11900	80	1250
Πέλλης	40	80	80	280	750	4200
Γιαννιτών	170	170	150	450	1050	8300
Κιλκίς			1	3	8	38
Χαλκιδικής			50	150	610	4570
Φλώρινας			16	30	16	62
Καστοριάς	1	3	1	3	2	12
Κοζάνης	10	29	2	4	10	100
Γρεβενών	2	4	1	3	7	21
Μακεδονίας	1700	3589	2455	14477	4448	36749
Άρτας	16	33	4	10	110	1350

Πρέβεζας			12	36	1804	17635
Ιωαννίνων	120	180			215	2022
Θεσπρωτίας	10	26			66	493
Λευκάδας					19	190
Κέρκυρας			1	4	80	800
Ζακύνθου	2	8	4	10	60	480
Κεφαλληνίας					10	126
Ήπειρος-Ιόνια νησιά	148	247	21	60	2364	23096
Λαρίσης	200	320	50	200	270	2800
Μαγνησίας	12	12	6	30	227	2200
Τρικάλων	20	30			420	585
Καρδίτσας	3	9			90	1099
Θεσσαλίας	235	371	56	230	1007	6684
Δυτ.Αττικής	10	25			100	1100
Ανατ.Αττικής	200	800			747	4482
Πειραιώς					40	400
Βοιωτίας					30	300
Ευβοίας			10	45	140	1120
Αιτωλίας					610	6125
Φθιώτιδας	22	77			323	2780
Στερεά Ελλάδα	232	902	10	45	1990	16307
Αργολίδας			30	150	550	8570
Κορινθίας					270	2000
Αχαΐας	150	510			330	650
Ηλείας	220	450	22	110	940	9330
Αρκαδίας			10	20	365	4180
Μεσσηνίας			30	90	350	3150
Τριφυλίας	130	520	680	6040	835	9030
Λακωνίας	50	160	200	900	510	5900
Πελοπόννησος	550	1640	972	7310	4150	42810
Λέσβου	12	96			210	2100
Χίου	5	10	1	3	40	500
Σάμου	5	10	3	7	124	850
Κυκλάδων					365	2600
Δωδεκανήσου			59	338	423	4105
Ηρακλείου			300	2100	3100	33125
Λασιθίου			2700	24600	7800	90000
Χανίων			64	524	8820	31805
Ρεθύμνης			25	220	150	2200
Νησιά Αιγαίου-Κρήτη	22	116	3152	27792	21032	167285
Σύνολο Χώρας	2930	6940	3152	27792	21032	167285

Πίνακας 1.2. Περιέχει στοιχεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων και της Διεύθυνσης Π.Α.Π. Δενδροκομικής Τμήμα Κηπευτικών (2009)

Διεύθυνση γεωργίας	Μαρούλι		Πιπεριά		Τομάτα	
	(στρέμματα-τόνοι)		(στρέμματα-τόνοι)		(στρέμματα-τόνοι)	
Έβρου	13	31	66	406	31	197
Ροδόπης	10	30			40	400
Ξάνθης	10	15			61	229
Θράκη	33	76	66	406	132	826
Δράμα	120	360	120	2232	90	549
Καβάλα	40	168	14	65	60	282
Σερρών	40	190	30	120	185	2250
Θεσ/νίκης	800	1440	171	393	593	6070
Πιερίας	32	90	268	668	88	798
Ημαθίας	350	740	1590	11950	200	6000
Πέλλης	170	200	220	660	1410	10000
Κιλκίς			4	10	8	36
Χαλκιδικής			50	150	510	4000
Φλώρινας			16	32	8	40
Καστοριάς	1	3	1	3	2	16
Κοζάνης	6	3	4	8	11	83
Γρεβενών	3	5			3	12
Μακεδονίας	1562	3199	2354	16291	3168	30136
Άρτας	16	33	4	10	108	1330
Πρέβεζας			20	70	1360	94710
Ιωαννίνων	160	240			195	2100
Θεσπρωτίας	10	26	1	1	40	320
Λευκάδας					12	100
Κέρκυρας	3	3	9	16	35	358
Ζακύνθου	2	8	4	10	50	380
Κεφαλληνίας					10	126
Ήπειρος-Ιόνια νησιά	191	310	38	107	1810	99424
Λαρίσης	60	102	30	120	160	1208
Μαγνησίας	12	12	6	30	280	1820
Τρικάλων	24	48			481	11666
Καρδίτσας	3	9			90	1099
Θεσσαλίας	99	171	36	150	1011	15793
Αττικής	210	850			1010	4700
Βοιωτίας	6	33			35	300
Ευβοίας					122	1037
Αιτωλίας			30	195	578	7060
Φθιώτιδας	22	77			93	1180
Στερεά Ελλάδα	238	960	30	195	1838	14277
Αργολίδας			30	150	550	8570

Κορινθίας					96	138
Αχαΐας	150	510			330	3350
Ηλείας	205	423			943	9100
Αρκαδίας			10	20	215	2380
Μεσσηνίας	130	520	770	6320	750	8360
Τριφυλίας						
Λακωνίας	50	160	200	900	460	5460
Πελοπόννησος	535	1613	1010	7390	3344	37358
Λέσβου					140	1400
Χίου			1	1	24	312
Σάμου			3	7	94	800
Κυκλάδων					15	150
Δωδεκανήσου			59	378	423	4285
Ηρακλείου			655	5240	2220	27000
Λασιθίου			3700	38800	5202	65200
Χανίων			230	1980	2995	28910
Ρεθύμνης			27	232	166	1810
Νησιά Αιγαίου-Κρήτη			4674	46638	11279	129867
Σύνολο Χώρας	2658	6329	8208	71177	22582	327681

Αν παρατηρήσουμε τους δύο παραπάνω πίνακες(1.1, 1.2) στις καλλιέργειες πιπεριάς και τομάτας είχαμε σημαντική αύξηση της παραγωγικότητας σε αντίθεση με το μαρούλι που παρουσίασε πτώση.

Πιο αναλυτικά στα νησιά Αιγαίου και στην Κρήτη διαπιστώνεται ότι μειώθηκαν κατά 50% οι καλλιεργούμενες εκτάσεις με φυσιολογική πτώση και της παραγωγής, ενώ οι τιμές της πιπεριάς παρουσιάζουν μια μικρή άνοδο. Στο σημείο αυτό προσθέτω ότι ήταν πολλές οι φορές που συνάντησα παρατηρήματα θερμοκήπια στην Ιεράπετρα, γεγονός που επιβεβαιώνει τις μετρήσεις.

Στην Πελοπόννησο, στη Στερεά Ελλάδα, στη Μακεδονία, στην Ήπειρο και στα Ιόνια νησιά οι αριθμοί κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα, όπως φαίνεται και από τη σύγκριση των δύο πινάκων.

Στη Θεσσαλία παρατηρούμε την απίστευτη άνοδο της παραγωγής τομάτας στο νομό Τρικάλων παρά το ότι δεν αυξήθηκαν ιδιαίτερα τα στρέμματα, ενώ οι υπόλοιπες καλλιέργειες παραμένουν σε κοντινά επίπεδα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΤΥΠΟΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Τα υδροπονικά συστήματα διαχωρίζονται σε συστήματα χωρίς υπόστρωμα και με υπόστρωμα.

2.1. Συστήματα χωρίς υπόστρωμα

Τα συστήματα χωρίς υπόστρωμα είναι αυτά στα οποία η ρίζα αναπτύσσεται με νερό και θρεπτικό διάλυμα χωρίς να υπάρχει κάποιο άλλο υλικό για την ανάπτυξή της. Σε αυτό το διάλυμα μπορεί να περιέχονται άζωτο, φωσφόρος, κάλιο, μαγνήσιο, ασβέστιο, σίδηρος, μαγγάνιο, ψευδάργυρο, χαλκός, ιχνοστοιχεία (Ιώδιο B1, B2, B3, B12), σάκχαρα φυτών και αμινοξέα. Στην περίπτωση συστημάτων δίχως υπόστρωμα, απαιτούνται τα κανάλια του συστήματος, η στήριξη των καναλιών και απαραίτητως μία δεξαμενή ανακύκλωσης. Για το σύστημα επίπλευσης απαιτείται η κατασκευή των δεξαμενών όπου θα γίνεται η καλλιέργεια. Επίσης διαχωρίζονται σε ανοικτά και κλειστά συστήματα. Στα ανοικτά συστήματα το πλεονάζον θρεπτικό διάλυμα ρέει εκτός του υποστρώματος και είτε απορρίπτεται στο περιβάλλον, είτε χρησιμοποιείται για τη λίπανση υπαίθριων καλλιεργειών. Στα κλειστά συστήματα το θρεπτικό διάλυμα επαναχρησιμοποιείται. (Σάββας, 2012)

2.1.1. Παρουσίαση μικρού υδροπονικού συστήματος χωρίς υπόστρωμα

Τα φυτοδοχεία που χρησιμοποιούνται για καλλιέργειες εκτός εδάφους συνήθως είναι κατασκευασμένα από πολυαιθυλένιο ή πολυστερίνη . Βεβαίως μπορεί να είναι και κοινά τελάρα, πλαστικοί κύλινδροι (όπως στην κατασκευή που παρουσιάζεται στην Εικόνας (2.1.1 και 2.1.2) με ανοίγματα στο πάνω μέρος. Όπως και να είναι η διαμόρφωσή τους όμως, πρέπει να φέρουν οπές αποστράγγισης στον πυθμένα τους.

Στο θέμα μας η λειτουργία είναι καθαρά υδραυλική. Σε μία δεξαμενή με νερό και το θρεπτικό διάλυμα τοποθετούμε μία αντλία νερού που τροφοδοτεί τα φυτά που βρίσκονται σε ένα μεγάλο πλαστικό σωλήνα με τρύπες για να κάθονται οι γλάστρες.



Εικόνα 2.1.1. Η κατασκευή σε αρχικό της στάδιο

Οι γλάστρες έχουν στο κάτω μέρος ανοίγματα ώστε οι ρίζες των φυτών να έρχονται σε άμεση επαφή με το νερό (διάλυμα θρεπτικών συστατικών). Η αντλία είναι ρυθμισμένη να αλλάζει το νερό σε κάποιες ώρες που εμείς επιλέγουμε ώστε το διάλυμα να ανανεώνεται και τα φυτά να έχουν πάντα καινούργια θρεπτικά στοιχεία στις ρίζες τους. Στην περίπτωση μας το σύστημα παρέχει ηλεκτρική ενέργεια από ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο που παράγει 12 volt συνεχές ρεύμα. Το ρεύμα αυτό το τροφοδοτούμε σε δύο μπαταρίες των 12 volt και 7 Ampere συνδεδεμένες παράλληλα, ώστε έχουμε αποθήκευση ενέργειας 14 Ampere. Επειδή η αντλία μας είναι 220 volt εναλλασσομένου ρεύματος χρησιμοποιούμε και ένα μετατροπέα ρεύματος (inverter) που τα 12 volt συνεχούς ρεύματος που παράγει το φωτοβολταϊκό μας σύστημα καθώς και η μπαταρία μας τα μετατρέπει σε 220 volt εναλλασσόμενο. Επίσης τοποθετούμε ένα χρονοδιακόπτη για να ρυθμίζουμε κάθε πότε η αντλία μας θα ανανεώνει το διάλυμα στα φυτά. Έτσι έχουμε ένα αυτόνομο ηλεκτρικό σύστημα.



Εικόνα 2.1.2. Μικρή υδροπονική καλλιέργεια πιπεριάς μέσα σε ελαφρόπετρες (Ορεσιτιάδα, Αύγουστος 2012)

Επιπρόσθετα στη μικρή αυτή κατασκευή (Εικόνα 2.1.2) έχουμε και χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αξιοποιώντας το γεγονός ότι η χώρα μας έχει κατά μέσο όρο ηλιοφάνεια 300 μέρες το χρόνο, οπότε σε συνδυασμό και με άλλους παράγοντες όπως είναι η καθαρότητα της ατμόσφαιρας επωφελούμαστε σημαντικά σαν χώρα από τα καιρικά φαινόμενα.

2.1.2. Μεγάλο σύστημα καλλιέργειας NGS (New Growing System) χωρίς υπόστρωμα

Το σύστημα καλλιέργειας NGS έχει σχεδιαστεί με τη λογική της υδροπονίας χωρίς υπόστρωμα. Με ολιγόλεπτα ποτίσματα των θρεπτικών διαλυμάτων τα οποία απορρέουν άμεσα, προσεγγίζει το ιδανικό περιβάλλον για την ανάπτυξη της ρίζας του φυτού. Το αποτέλεσμα είναι η άριστη ανάπτυξη του φυτού και οι εξαιρετικές αποδόσεις. Το κύριο χαρακτηριστικό του συστήματος NGS είναι το κανάλι υδροπονίας πολλαπλών στρωμάτων, κατασκευασμένο από ανθεκτικό πολυαιθυλένιο με μεγάλη διάρκεια ζωής. Πρόκειται για ένα μακρόστενο πολλαπλό πλαστικό κανάλι που δίνει στήριξη στην καλλιέργεια, ενώ διατρέχεται από θρεπτικό διάλυμα και μέσω οπών συγκεντρώνει το πλεονάζον νερό άρδευσης στο κατώτατο στρώμα. Το διάλυμα του κατώτατου στρώματος μεταφέρεται στο τέλος του συστήματος, και αφού εμπλουτίζεται σε θρεπτικά στοιχεία, επιστρέφει και ξαναχρησιμοποιείται (κλειστό υδροπονικό σύστημα καλλιέργειας).

Διατηρεί το θρεπτικό διάλυμα τρεχούμενο, ενώ το στάσιμο διάλυμα ευνοεί την ανάπτυξη ασθενειών της ρίζας. Εξασφαλίζει την πιο γρήγορη ανταπόκριση της καλλιέργειας στις ρυθμίσεις του παραγωγού. Κάνει το ριζικό σύστημα να απλώνεται διαρκώς μέσα στα επίπεδα του καναλιού. Εξασφαλίζει την άριστη οξυγόνωση της ρίζας και το μηχανικό καθαρισμό της μέσα σε συνεχή ροή, με αποτέλεσμα την αδυναμία των παθογόνων να προσβάλλουν το ριζικό σύστημα των φυτών.

Παρέχει σκοτεινό περιβάλλον και θετικό γεωτροπισμό στη ρίζα και στήριξη του φυτού επειδή η ρίζα περνά διαμέσου των οπών προς το κατώτατο επίπεδο, παρουσιάζει μεγάλες αποδόσεις, αποτέλεσμα της ιδανικής θρέψης του φυτού, ενώ ακόμη εξασφαλίζει μεγάλη εξοικονόμηση νερού και λιπασμάτων αφού το θρεπτικό διάλυμα ανακυκλώνεται και επαναχρησιμοποιείται.

Το NGS συνδυάζει την απλότητα στον σχεδιασμό, την οικονομία, την ευκολία στον έλεγχο του συστήματος, με την εφαρμογή υψηλής τεχνολογίας στις καλλιέργειες. (ΑΓΡΕΚ)

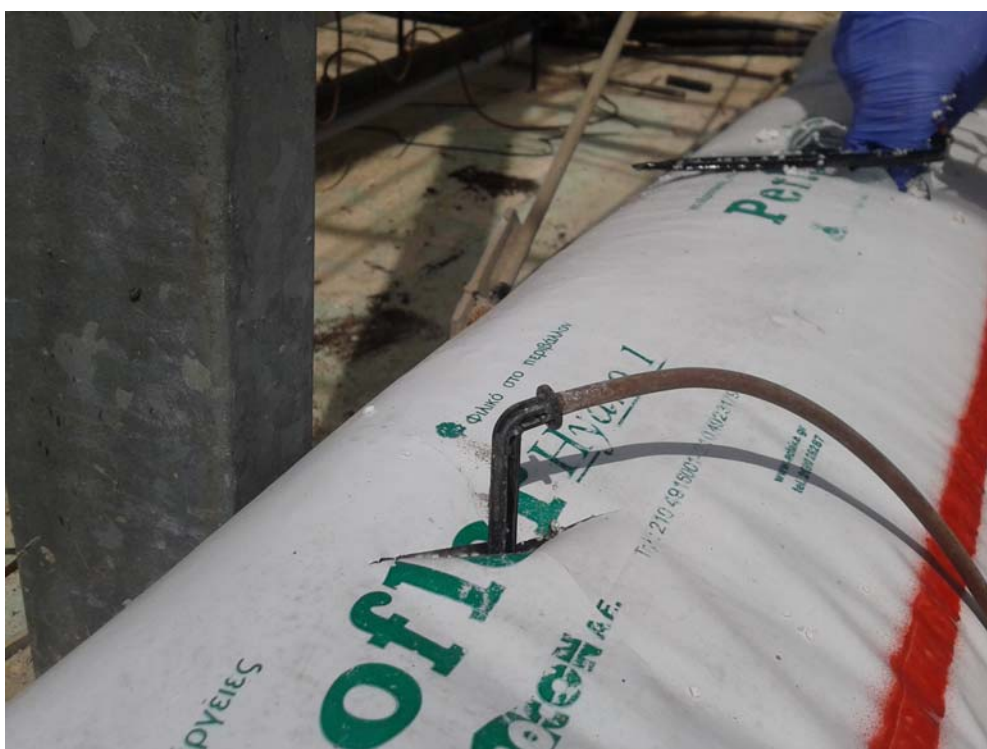
2.2. Μεγάλα συστήματα υδροπονίας με υπόστρωμα

Στην περίπτωση των συστημάτων με υπόστρωμα, απαιτούνται τα υποστρώματα, τα κανάλια απορροής και στην περίπτωση που το σύστημα γίνει κλειστό μία δεξαμενή ανακύκλωσης ανά θερμοκήπιο. Επίσης στο υπόστρωμα η ρίζα αναπτύσσεται μέσα σε κάποιο κατάλληλο υλικό. Τέτοια υλικά είναι η ελαφρόπετρα, ο πετροβάμβακας, ο περλίτης, ο κοκκοφοίνικας.

Η ελαφρόπετρα σχηματίζεται από βίαιες ηφαιστειακές εκρήξεις πυριτικών λαβών πλούσιες σε πτητικά. (Γεωδίφης, 2010) Είναι ένα χημικά αδρανές, πορώδες ηφαιστειογενές ορυκτό το οποίο προκαλείται μέσω των κενών που δημιουργούνται από τη διαφυγή ατμού κατά την ψύξη της λάβας. Λόγω του ελάχιστου μικροπορώδους δεν συγκρατεί μεγάλες ποσότητες νερού και έτσι απαιτεί πολύ συχνά έως και συνεχή ποτίσματα. Η διάρκεια ζωής της είναι πολύ μεγάλη, ανάλογη ενός πετρώματος. (Ελαφρόπετρα ΛΑΒΑ)

Ο πετροβάμβακας δεν παράγεται στην Ελλάδα. Είναι ανόργανο, ινώδες υλικό, που παρασκευάζεται βιομηχανικά με θερμική επεξεργασία φυσικών πετρωμάτων. Διαθέτει εξαιρετικές υδραυλικές ιδιότητες καθώς το 96% του όγκου του είναι κενό. Αυτό του δίνει μεγάλη υδατοχωρητικότητα. Έχει καλή στράγγιση και το μεγαλύτερο μέρος του νερού που συγκρατεί είναι εύκολα διαθέσιμο στην καλλιέργεια. Στην υδροπονία χρησιμοποιείται μόνο ο υδροπονικός πετροβάμβακας ο οποίος έχει ειδική πλέξη και έχει εμβαπτιστεί σε ειδική ρητίνη, ώστε να αποκτήσει χαρακτηριστικά τέτοια που να τον κάνουν κατάλληλο για χρήση ενώ δεν είναι ανακυκλώσιμος. Ο πετροβάμβακας με τεχνολογία Grodan είναι ένα προϊόν τυποποιημένο, σταθερής ποιότητας και εύκολο στη χρήση του. Η χημική του σύνθεση είναι διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) 47%, οξείδιο του αλουμινίου (Al_2O_3) 14%, οξείδιο του τιτανίου (TiO_2) 1%, οξείδιο του σιδήρου (FeO) 8%, οξείδιο του ασβεστίου (CaO) 16%, οξείδιο του μαγνησίου (MgO) 10%, οξείδιο του μαγγανίου (MnO) 1%, οξείδιο του νατρίου (Na_2O) 2%, οξείδιο του καλίου (K_2O) 1%.

Ο περλίτης (Εικόνα 2.2) είναι ηφαιστειακό, υαλώδες αργιλλοπυριτικό πέτρωμα λευκού χρώματος, με σχετικά υψηλή περιεκτικότητα σε νερό και έχει απεριόριστη διάρκεια ζωής. Στις κηπευτικές εφαρμογές ο περλίτης χρησιμοποιείται παγκοσμίως ως συστατικό για ειδικά μείγματα χώματος κυρίως με τύρφη για τη δημιουργία του κατάλληλου υποστρώματος ανάπτυξης των φυλλωδών και ανθοφόρων καλλωπιστικών φυτών σε γλάστρες. Η επιτυχία του στη συγκεκριμένη περίπτωση οφείλεται στο συνδυασμό πολλαπλών ιδιοτήτων: παρέχει στη ριζόσφαιρα την ιδανική αναλογία αέρα και νερού καθόλη τη διάρκεια του έτους, και παρουσιάζει τις ιδανικότερες συνθήκες στράγγισης. Επίσης, αποτελεί ένα ομοιόμορφο μέσο ανάπτυξης καθιστώντας τις ρίζες πυκνότερες με ομοιόμορφη κατανομή στο υπόστρωμα. Άλλα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει ο περλίτης στις κηπευτικές εφαρμογές είναι το ουδέτερο pH του, η στείρωσή του και το γεγονός ότι δεν επιτρέπει την ανάπτυξη αγριόχορτων. (Σωτήρης, 2011)



Εικόνα 2.2. Σάκος περλίτη με πλαστικό λάστιχο ποτίσματος (Μεσογειακό Αγρονομικό Ινστιτούτο Χανιά, Μάρτιος 2013)

Ο κοκοφοίνικας είναι φυσικό υλικό. Προέρχεται από το παχύ μεσοκάρπιο του καρπού της καρύδας και συνεπώς είναι υλικό απαλλαγμένο από ασθένειες. Σε σύγκριση με τα παραπάνω υποστρώματα, ο κοκοφοίνικας είναι οργανικό υλικό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Το πιο σύνηθες ερώτημα από καταναλωτές, αγρότες και επιστήμονες που ενδιαφέρονται και ασχολούνται με την τεχνική καλλιέργειας εκτός εδάφους είναι το κατά πόσο έχει αξία μια τέτοια εναλλακτική μέθοδος καλλιέργειας. Καταρχάς είναι πιο αποτελεσματική η αντιμετώπιση προβλημάτων που σχετίζονται με το έδαφος και την ποιότητα του στις εντατικής μορφής καλλιέργειες. Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των καλλιέργειών εκτός εδάφους.

3.1. Πλεονεκτήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους

Τα πλεονεκτήματα των καλλιέργειών εκτός εδάφους είναι τα ακόλουθα:

- Αντιμετώπιση των ασθενειών που προκαλούνται μέσω του εδάφους όπως φυτεύου, βακτήρια, έντομα εδάφους, μύκητες (φουλάρια, πύθιο). Αποφεύγεται επίσης η χρήση χρωμιούχου μεθυλίου για απολύμανση του εδάφους και των θερμοκηπίων το οποίο άλλωστε έχει απαγορευτεί σε ανεπτυγμένες χώρες. Η εφαρμογή προληπτικών μέτρων φυτοπροστασίας σύμφωνα με αρχές ολοκληρωμένες διαχείρισης προστασίας ελαχιστοποιεί τις πιθανότητες εμφάνισης κάποιας ασθένειας.
- Ο καλλιεργητής κερδίζει χρόνο και κόπο για την προετοιμασία του εδάφους (όργωμα, φρεζάρισμα) καθώς επίσης έχει και τη δυνατότητα να φυτεύει νέα καλλιέργεια άμεσα μετά την συλλογή ή απομάκρυνση της προηγούμενης.
- Δεν τίθεται θέμα χαμηλής γονιμότητας λόγω μονοκαλλιέργειας ή εντατικής εκμετάλλευσης.
- Στην υδροπονική καλλιέργεια σε περίπτωση που το νερό για άρδευση έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα ένα ανοικτό σύστημα καλλιέργειας θα δούλευε χωρίς πρόβλημα.
- Αξιοποίηση θερμικής ενέργειας με μείωση του κόστους θέρμανσης στο θερμοκήπιο και ειδικότερα στο χώρο του λιθοστρώματος.
- Πρώιμες συγκομιδές όταν έχουμε καλής ποιότητας υπόστρωμα και θρεπτικό διάλυμα λόγω μεγαλύτερης θερμοκρασίας στο ριζόστρωμα.
- Η θρέψη των φυτών ελέγχεται καλύτερα και είναι πιο ακριβής λόγω του ότι διορθώνεται ταχύτερα και ευκολότερα σε περίπτωση οποιουδήποτε λάθους.
- Αυξημένες δυνατότητες των αυτοματοποιημένων συστημάτων καλλιέργειας.
- Αποτελεσματικότερη προστασία του περιβάλλοντος κυρίως στα κλειστά συστήματα υδροπονίας: σε περιοχές που το πόσιμο νερό προέρχεται από μικρό βάθος ή είναι επιφανειακό, δεν διαφεύγουν τα υπολείμματα από τα θρεπτικά διαλύματα γιατί ανακυκλώνονται συνεχώς. (*Fytokomia*)

3.2. Μειονεκτήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους

Όσο αφορά τα μειονεκτήματα των καλλιεργειών εκτός εδάφους, αυτά συνοψίζονται ως εξής:

- Υγρασία και πότισμα. Η διαφορά δεν έχει να κάνει με τις καλλιεργητικές φροντίδες (κλάδεμα, ανάρτηση της καλλιέργειας, καθάρισμα) αλλά με τον τρόπο που γίνονται τα ποτίσματα. Ο όγκος του υποστρώματος στην υδροπονία είναι περιορισμένος, συνεπώς για να υπάρχει πάντοτε διαθέσιμο νερό για την καλλιέργεια απαιτούνται πολλά ποτίσματα ημερησίως με μικρές ποσότητες νερού ανά πότισμα. Η διαχείριση των ποτισμάτων στην υδροπονία είναι σημαντική καθώς μπορεί να οδηγήσει το φυτό σε βλαστική ή αναπαραγωγική ανάπτυξη και συνεπώς να κατευθύνουμε την καλλιέργεια στο επίπεδο που εμείς επιθυμούμε. Επίσης και πάλι λόγω του περιορισμένου όγκου του υποστρώματος, αλλά και της χημικής αδράνειας των υποστρωμάτων, τα όποια λάθη έχουν άμεσο αντίκτυπο στην καλλιέργεια. Όμως το ίδιο γρήγορα μπορούν να διορθωθούν.
- Ακριβή αγορά και εγκατάσταση εξοπλισμού. Σε σχέση με την καλλιέργεια στο έδαφος η υδροπονία απαιτεί κάποια πρόσθετη επένδυση για την εγκατάσταση του υδροπονικού συστήματος και της κεφαλής υδρολίπανσης. Να σημειωθεί εδώ ότι οι κεφαλές υδρολίπανσης που χρησιμοποιούνται για τις καλλιέργειες στο έδαφος, εφόσον μπορούν να ρυθμίσουν αγωγιμότητα και pH, είναι κατάλληλες και για την υδροπονία. Επίσης, προκειμένου να εκμεταλλευτεί κανείς τις δυνατότητες της υδροπονίας στο σύνολό τους, συχνά οι παραγωγοί που επιλέγουν να εγκαταστήσουν υδροπονικά συστήματα προχωράνε και σε εκσυγχρονισμό των θερμοκηπίων τους, χωρίς όμως κάτι τέτοιο να είναι πάντα απαραίτητο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

4.1. Γενικά

Σε αυτό το σημείο θα αναφερθούμε στον πάγιο εξοπλισμό που πρέπει να υπάρχει σε μια υδροπονική εγκατάσταση ανεξάρτητα από το μέγεθός της.



Εικόνα 4.1. Μετρητής pH και αγωγιμότητας

Οι μετρητές pH και αγωγιμότητας (Εικόνα 4.1) είναι όργανα που μας δείχνουν ανά πάσα στιγμή την κατάσταση των διαλυμάτων και ανάλογα με την επιθυμητή τιμή προσθέτουν οξύ ή λίπασμα ώστε να υπάρχει ισορροπία στην τροφοδότηση.

Η τιμή pH είναι ένα μέτρο μέτρησης της συγκέντρωσης ιόντων του υδρογόνου (H). Ο βαθμός της οξύτητας ή της αλκαλικότητας υπολογίζεται χρησιμοποιώντας μια λογαριθμική κλίμακα. Αυτό σημαίνει ότι για μια μείωση του pH του ενός, το επίπεδο της οξύτητας αυξάνεται με συντελεστή 10. Τα περισσότερα φυτά αναπτύσσονται καλά σε μια κλίμακα pH 6,5 με 7,2 (7 = ουδέτερο), όπου τα θρεπτικά συστατικά είναι εύκολα στη διάθεσή τους.

Όταν μετράμε την αγωγιμότητα, μετράμε το ποσό κάποιου μικρού ρεύματος το οποίο έχει τη δυνατότητα να περάσει μέσω μίας συγκεκριμένης ποσότητας υγρού. Τα διαλυμένα άλατα – ή τα θρεπτικά συστατικά – μέσα στο νερό επιτρέπουν το ηλεκτρικό ρεύμα να περάσει. Όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση τόσο περισσότερο ρεύμα διέρχεται από το διάλυμα και τόσο μεγαλύτερη είναι η αγωγιμότητα. Αντίθετα, όσο η ύπαρξη των θρεπτικών συστατικών και των αλάτων είναι μικρή τόσο μικρότερη είναι η αγωγιμότητα.

Έτσι, με ένα αγωγιμόμετρο έχουμε τη δυνατότητα να μετρήσουμε πόσο εμπλουτισμένο με θρεπτικά συστατικά είναι το νερό που θα χρησιμοποιήσουμε για το πότισμα.

Ο ψηφιακός ζυγός (Εικόνα 4.2) είναι ένας ακόμη απαραίτητος εξοπλισμός, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ακριβή μέτρηση βάρους των μητρικών διαλυμάτων.



Εικόνα 4.2 Ψηφιακός ζυγός για το ζύγισμα θρεπτικών στοιχείων και την προετοιμασία των μητρικών διαλυμάτων



Εικόνα 4.3. Υγρασιόμετρο-θερμόμετρο

Το υγρασιόμετρο-θερμόμετρο (Εικόνα 4.3) αποτελεί μια συσκευή για την εκτίμηση της σχετικής υγρασίας του υποστρώματος, για τον καθορισμό της συχνότητας ποτίσματος. Επίσης μας δίνει τη δυνατότητα μέσω της θερμοκρασίας να ελέγχουμε τη διαπνοή του φυτού καθώς και τους υδρατμούς ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος προσβολής από ασθένειες.

Ένα σύγχρονο θερμοκήπιο οφείλει να έχει τον παραπάνω απαραίτητο εξοπλισμό για να μπορεί ανά πάσα στιγμή το εξειδικευμένο προσωπικό να κάνει μετρήσεις pH, αγωγιμότητας, υγρασίας και θερμοκρασίας. Στην Ελλάδα ένα τέτοιας μεγάλης κλίμακας θερμοκήπιο υλοποιήθηκε στο Νομό Δράμας και αποτελεί τη μεγαλύτερη επένδυση στον τομέα της γεωργίας στην παραγωγή κηπευτικών.

Η επένδυση αυτή κόστισε συνολικά πάνω από 24.000.000 ευρώ και αφορά ένα σύγχρονο θερμοκήπιο παραγωγής επιτραπέζιας τομάτας σε δωδεκάμηνη βάση. Το θερμοκήπιο έχει έκταση 120.000 τετραγωνικά μέτρα και βρίσκεται σε οικόπεδο 400 στρεμμάτων στο Νομό Δράμας, μεταξύ των χωριών Πετρούσα και Σταυρός, κοντά στην Προσοτσάνη. Πρόκειται για ένα πρότυπο συγκρότημα υδροπονικής καλλιέργειας που αξιοποιεί ολλανδική τεχνογνωσία για την καλλιέργεια κηπευτικών. Διαθέτει ιδιόκτητο τυποποιητήριο και συσκευαστήριο και παράγει περί τους 7.000 τόνους τομάτας ετησίως, καλύπτοντας το 1% της εγχώριας κατανάλωσης που εκτιμάται σε 700.000 τόνους. (Μπιτσάνης, 2013)

Στόχος της επένδυσης αυτής ήταν η κάλυψη στην ελληνική αγορά τομάτας (και μελλοντικά σε άλλα είδη οπωροκηπευτικών) της ζήτησης που υπάρχει αλλά καλύπτεται σήμερα από εισαγόμενα προϊόντα. Μπορεί να παράγει αδιάκοπτα 12 μήνες τον χρόνο χρησιμοποιώντας τα εξής συστήματα: PAD & FAN για το δροσισμό του θερμοκηπίου στη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών και τη διατήρηση ιδανικής θερμοκρασίας ανάπτυξης των καρπών (ώστε να παράγει και το καλοκαίρι, οπότε και οι θερμοκρασίες είναι υψηλές), και Interplanting system για τη δυνατότητα παράλληλης φύτευσης δύο φυτειών, ώστε να μη διακόπτεται η παραγωγή κατά την επαναφύτευση.

4.2. Τα τρία βασικά τμήματα

Μια εγκατάσταση υδροπονίας και γενικότερα φυτών εκτός εδάφους, πέρα από τον πάγιο εξοπλισμό που αναφέρθηκε προηγουμένως και είναι κοινός με αυτές στο έδαφος, περιλαμβάνει τρία τουλάχιστον τμήματα τα οποία είναι αναγκαία για την λειτουργία της. Αυτά είναι η εγκατάσταση παρασκευής θρεπτικού διαλύματος, το σύστημα μεταφοράς και διανομής του και οι υποδοχείς των υποστρωμάτων των φυτών.

4.3. Η παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος

Συνήθως τα βασικά μέρη είναι η εγκατάσταση παροχής νερού, δοχεία πυκνών διαλυμάτων (τουλάχιστον δύο) μέσα στα οποία αναμιγνύονται τα διαλύματα μαζί με το νερό και το σύστημα αραίωσης το οποίο περιλαμβάνει και αυτόματο έλεγχο της λειτουργίας της εγκατάστασης καθώς και μια ισχυρότατη αντλία για αποστολή του διαλύματος (Εικόνες 4.4, 4.5).



Εικόνα 4.4. Δεξαμενή αποθήκευσης νερού με θρεπτικό διάλυμα. (Ορεσιτιάδα, Αύγουστος 2012)

4.4. Παροχή του νερού

Η παροχή καταρχάς γίνεται είτε μέσω τοπικού δικτύου άρδευσης, από γεώτρηση, είτε ακόμα και από πηγή. Τα υλικά των σωληνώσεων της εγκατάστασης θα πρέπει να μην επηρεάζουν το νερό με ουσίες όπως ψευδάργυρο ή άλλα ιόντα που οδηγούν σε τοξικές συγκεντρώσεις στα φυτά.

Επίσης η αφαλάτωση του νερού είναι τρόπος παροχής νερού πλην όμως έχει μεγάλο λειτουργικό κόστος. Αν βέβαια τα προϊόντα είναι υψηλής αξίας πολλοί παραγωγοί προτιμούν αυτόν τον τρόπο. Η αφαλάτωση λοιπόν περιλαμβάνει τον καθαρισμό του νερού από στερεά σωματίδια όπως χώμα, μικροοργανισμούς, άργιλο, ώστε να μη φράξει το σύστημα παροχής του διαλύματος.

4.5. Δοχεία πυκνών διαλυμάτων

Τα δοχεία είναι κατά συντριπτική πλειοψηφία χωρητικότητας 50-1000 λίτρων (Εικόνα 4.5) στα οποία τοποθετούνται τα λιπάσματα και στη συνέχεια νερό σε ποσότητα ανάλογη με την χωρητικότητά τους. Τα λιπάσματα είναι ιδιαίτερα υδατοδιαλυτά ενώ οι ποσότητες που αναλογούν είναι πολλαπλάσιες, προκειμένου να έρθουν οι επιθυμητές συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων.

Πριν σταλούν στα φυτά για θρέψη της καλλιέργειας, αραιώνονται στον επιθυμητό βαθμό μέσω κατάλληλων εγκαταστάσεων.



Εικόνα 4.5 Δοχεία πυκνών διαλυμάτων

Η παρασκευή διαλυμάτων τα οποία αραιώνονται πριν σταλούν στα φυτά εξοικονομεί χώρο αφού σε ένα δεδομένης χωρητικότητας δοχείο μπορούν να αποθηκευτούν πολλαπλάσιες ποσότητες θρεπτικού διαλύματος σε σύγκριση με αυτές που θα μπορούσαν να αποθηκευτούν σε μορφή αραιού θρεπτικού διαλύματος. Ταυτόχρονα εξοικονομούνται και εργατικά, αφού η δυνατότητα αποθήκευσης μεγάλων ποσοτήτων θρεπτικών διαλυμάτων στα μικρής σχετικά χωρητικότητας δοχεία πυκνών διαλυμάτων απαλλάσσει τους καλλιεργητές από την ανάγκη συχνής παρασκευής θρεπτικού διαλύματος και ό,τι αυτό συνεπάγεται, δηλαδή ζυγίσματα, μεταφορές, αναδεύσεις. Τέλος είναι αναγκαία η ύπαρξη τουλάχιστον δυο δοχείων στο νιτρικό ασβέστιο με θειικά λιπάσματα για να αποφευχθεί κατακρήμνιση φωσφορικών και θειικών αλάτων του ασβεστίου και ενός τρίτου δοχείου για την ρύθμιση του pH του διαλύματος.

4.5.1. Αυτόματη αραιώση πυκνών διαλυμάτων

Οι κεφαλές υδρολίπανσης αραιώνουν αυτόματα τα πυκνά διαλύματα των υδατοδιαλυτών λιπασμάτων και αφού παρασκευάσουν το αραιωμένο θρεπτικό διάλυμα το αποστέλλουν στα φυτά μέσω συστήματος άρδευσης. Μια προκατασκευασμένη κεφαλή υδρολίπανσης μπορεί να διαχωριστεί: στο ηλεκτρονικό σύστημα αυτόματης διαχείρισης της λειτουργίας της με βάση

προκαθορισμένες οδηγίες και στο υδραυλικό σύστημα μέσω του οποίου όλα τα πυκνά διαλύματα αραιώνονται. Ο προγραμματιστής των σύγχρονων κεφαλών υδρολίπανσης αποτελείται από δυο αισθητήρες: ένας για την ηλεκτρική αγωγιμότητα (electrical conductivity) και ένας για το pH. Οι αισθητήρες καταγράφουν συνεχώς τιμές EC και pH, και τις μεταφέρουν άμεσα στο σύστημα αυτόματου ελέγχου. Ο χρονοδιακόπτης και ο χρονορυθμιστής χρησιμοποιούνται για να ελέγχουν αντίστοιχα το χρόνο έναρξης και τη διάρκεια της παροχής του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά.

4.5.2. Τύποι κεφαλών υδρολίπανσης

Οι κεφαλές υδρολίπανσης διαφοροποιούνται ως προς το μέγεθος, το εύρος των δυνατοτήτων και ως προς την αρχή λειτουργίας τους. Διακρίνονται σε:

1. κεφαλές υδρολίπανσης που εισάγουν τα πυκνά διαλύματα και το νερό σε ένα κάδο ανάμιξης σε προκαθορισμένη αναλογία.
2. κεφαλές υδρολίπανσης που εισάγουν τα πυκνά διαλύματα και το νερό σε έναν κάδο ανάμιξης σε αναλογία που οδηγεί στην επίτευξη προκαθορισμένων τιμών EC και pH στο διάλυμα που προκύπτει.
3. κεφαλές υδρολίπανσης που εισάγουν τα πυκνά διαλύματα απευθείας στον αγωγό άρδευσης σε προκαθορισμένη αναλογία με το νερό.
4. κεφαλές υδρολίπανσης που εισάγουν τα πυκνά διαλύματα απευθείας στον αγωγό άρδευσης σε αναλογία που οδηγεί στην επίτευξη προκαθορισμένων τιμών EC και pH στο διάλυμα που προκύπτει.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΝΕΡΟ

5.1. Γενικά

Οι στόχοι της άρδευσης είναι να προμηθεύσει το νερό που περιέχεται στο σώμα των φυτών, να καλύψει τις ανάγκες των φυτών σε νερό που είναι απαραίτητο για τη διαπνοή τους, να καλύψει τις ανάγκες των φυτών σε ανόργανα θρεπτικά στοιχεία και να διατηρηθεί η μεγαλύτερη δυνατή συγκέντρωση οξυγόνου στη ρίζα.

Τα παραπάνω πρέπει να επιτυγχάνονται με τη μεγαλύτερη δυνατή αποτελεσματικότητα (εξοικονόμηση νερού και λιπασμάτων), μια και τα λιπάσματα συμμετέχουν σημαντικά στο κόστος παραγωγής. Η αποτελεσματικότητα της άρδευσης υπολογίζεται από το ποσοστό της ποσότητας του νερού που χρησιμοποιείται από τα φυτά, ως προς την ποσότητα του νερού που εφαρμόζεται. Όσο η ποσότητα του νερού που εφαρμόζεται πλησιάζει την ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται από τα φυτά, τόσο αποτελεσματικότερη είναι η άρδευση. Στα κλειστά συστήματα με πορώδες υπόστρωμα, η ποσότητα του θρεπτικού διαλύματος που παρέχεται κάθε φορά στη ρίζα (αρδευτική δόση) μπορεί να είναι υψηλότερη από τη χρησιμοποιούμενη (διπλάσια) και η συχνότητα με την οποία παρέχεται το διάλυμα συνήθως είναι υψηλότερη από ό,τι απαιτεί η εξατμισοδιαπνοή. Σε αυτή την περίπτωση, επειδή το κύκλωμα είναι κλειστό και ανακυκλώνεται το θρεπτικό διάλυμα, δεν παρουσιάζονται μεγάλες απώλειες νερού και θρεπτικών στοιχείων.

Γενικά, τα κλειστά συστήματα παρουσιάζουν πολύ καλύτερη αποτελεσματικότητα άρδευσης από ό,τι τα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα. Βέβαια, και στα κλειστά συστήματα καλλιέργειας ένα μέρος του διαλύματος απορρίπτεται (σε ποσοστό που εξαρτάται πολύ από τη συγκέντρωση των αλάτων του νερού που χρησιμοποιείται). Έτσι για να αποφευχθεί η συγκέντρωση κάποιου στοιχείου με τη συνεχή ανακύκλωση σε τοξικά επίπεδα, είτε απορρίπτεται μια μικρή ποσότητα του κυκλοφορούντος θρεπτικού διαλύματος καθημερινά, είτε απορρίπτεται όλο το διάλυμα κάθε 20 ημέρες και αντικαθίσταται με νέο. Όταν το νερό που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος περιέχει μεγάλη ποσότητα αλάτων, η απόρριψη γίνεται σε συντομότερο χρονικό διάστημα. Σε αυτή την περίπτωση η σπατάλη νερού και λιπασμάτων εξαρτάται κυρίως από τη ποιότητα του νερού που χρησιμοποιείται.



Εικόνα 5.1. Χρονοδιακόπτης ποτίσματος, απαραίτητος στην ομαλή άρδευση

Το πρόβλημα της σωστής άρδευσης γίνεται πολύ σημαντικό στα ανοιχτά συστήματα, γιατί μπορεί να υπάρξει υπερβολική σπατάλη νερού και λιπασμάτων ή σημαντική έλλειψη νερού και θρεπτικών στοιχείων στα φυτά. Στα ανοιχτά συστήματα δεν υπάρχει ανακύκλωση του διαλύματος και όσο διάλυμα στραγγίζει από το πορώδες υπόστρωμα χάνεται συνήθως ανώφελα. Σε αυτή την περίπτωση η ηλεκτρική αγωγιμότητα του περιβάλλοντος της ρίζας εξαρτάται όχι μόνο από τη συγκέντρωση του διαλύματος που οδηγείται σε αυτήν, αλλά κυρίως από την ποσότητα του νερού που στραγγίζει και χάνεται σε κάθε άρδευση -εξαρτάται δηλαδή από την αρδευτική δόση- καθώς και από πόσες φορές την ημέρα γίνεται άρδευση. Ρυθμίζοντας επομένως την αρδευτική δόση (Εικόνα 5.1) και τη συχνότητα της άρδευσης, καθορίζουμε τη συγκέντρωση των αλάτων στη περιοχή της ρίζας και την αποτελεσματικότητα της άρδευσης.

Αρδευτική δόση με ποσότητα θρεπτικού διαλύματος που δεν επιτρέπει τη στράγγιση αρκετής ποσότητας διαλύματος, αυξάνει υπερβολικά τη συγκέντρωση αλάτων στη περιοχή του ριζοστρώματος και δυσκολεύει το φυτό να αποσπάσει καθαρό νερό από το υπόστρωμα. Γι' αυτό κάθε φορά που γίνεται άρδευση ένα μέρος του διαλύματος που δίνεται για την άρδευση των φυτών πρέπει να στραγγίζει έξω από το σάκο ως πλεονάζον διάλυμα. Αυτό το ποσοστό έκπλυσης, όπως ονομάζεται, κυμαίνεται από 10 - 30% ανάλογα με τη συγκέντρωση των αλάτων του νερού που χρησιμοποιείται. (Μαυρογιαννόπουλος, 2012)

Αν χρησιμοποιείται πολύ μεγαλύτερη ποσότητα θρεπτικού διαλύματος από την κανονική αρδευτική δόση, στραγγίζει και χάνεται ανώφελα μεγάλη ποσότητα διαλύματος που έχει ως αποτέλεσμα μεγάλη σπατάλη λιπασμάτων και νερού. Επίσης, μικρή συχνότητα άρδευσης, δηλαδή μεγάλη χρονική διάρκεια από τη μια άρδευση στην άλλη στη περιοχή του ριζοστρώματος, δυσκολεύει επίσης το φυτό να αναπτυχθεί στο υπόστρωμα.

Η αποτελεσματικότητα των διαφόρων αυτοματισμών άρδευσης εξαρτάται από το πρόγραμμα λειτουργίας που διαθέτουν και τη σωστή ρύθμισή τους στη κάθε περίπτωση.

5.2. Η διαδικασία της άρδευσης

Στις συνήθεις επιχειρηματικής μορφής υδροπονικές καλλιέργειες η λίπανση και η άρδευση αποτελούν δυο αδιαίρετες διαδικασίες, όπου τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία (λιπάσματα) είναι διαλυμένα στο νερό της άρδευσης. Λίπανση γίνεται μόνο όταν γίνεται άρδευση και άρδευση γίνεται μόνο με νερό στο οποίο είναι διαλυμένα τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία (λιπάσματα). Το νερό το οποίο περιέχει διαλυμένα τα απαραίτητα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία για την ανάπτυξη και την παραγωγή των φυτών ονομάζεται θρεπτικό διάλυμα. Το νερό αποτελεί το κυρίαρχο συστατικό του θρεπτικού διαλύματος.

5.3. Ο ρόλος του νερού στο φυτό

Ο φυτικός οργανισμός περιέχει σε αναλογία συστατικών ποσοστό μεγαλύτερο του 60-85% του νωπού βάρους νερό, ενώ είναι ζωτικής σημασίας για όλες τις λειτουργίες των φυτών και ενεργεί με ποικίλους ρόλους ως:

1. μεταφορέας στοιχείων
2. διαλύτης
3. παράγοντας χημικής αντίδρασης
4. δίνει το σχήμα των φυτών.

Η αύξηση του όγκου των κυττάρων συντελείται κυρίως με απορρόφηση νερού. Τα ζωντανά κύτταρα περιέχουν περίπου 70-90% νερό.

Τα φυτά εκτός από συστατικό του σώματός τους χρειάζονται το νερό και για τη μείωση της θερμοκρασίας τους τη θερμή περίοδο της ημέρας. Ένα μεσημέρι καλοκαιριού όλοι έχουμε παρατηρήσει ότι η θερμοκρασία ενός μεταλλικού αντικειμένου που βρίσκεται στο έδαφος είναι πολύ υψηλή, σε βαθμό που συχνά δεν μπορούμε να το πιάσουμε με το χέρι, με τα φύλλα όμως οποιουδήποτε υγιούς φυτού δεν συμβαίνει αυτό. Η μείωση της θερμοκρασίας τους επιτυγχάνεται με την εξάτμιση νερού μέσω της λειτουργίας της διαπνοής.

Το νερό που χρειάζονται τα φυτά αναπληρώνεται με μεταφορά από το περιβάλλον της ρίζας. Το νερό που εξατμίζεται στο επίπεδο των φύλλων με τη διαπνοή δημιουργεί αρνητική πίεση, δημιουργώντας έτσι διαφορές πίεσης νερού μεταξύ των φύλλων, των διαφορετικών μερών του φυτού, της ρίζας και του περιβάλλοντος της ρίζας. Για τη κίνηση αυτή του νερού δεν απαιτείται κατανάλωση ενέργειας εκ μέρους του φυτού, αυτή προέρχεται από τον ήλιο.

Η εξάτμιση νερού μέσω της διαπνοής των φυτών γίνεται από τα στομάτια που βρίσκονται στα φύλλα (λόγω διαφορετικής πίεσης υδρατμών μεταξύ των υποστοματίων χώρων και της ατμόσφαιρας). Τα στομάτια, ενώ καλύπτουν μόνο το 1-3% της επιφάνειας του φύλλου, είναι υπεύθυνα για το 99% του εξατμιζόμενου νερού. Τα στομάτια ανοίγουν και κλείνουν και η λειτουργία τους

εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Δηλαδή ανοίγουν με το φως της ημέρας και κλείνουν τη νύχτα (στα πλείστα καλλιεργούμενα φυτά). Στην περίπτωση που υπάρξει σημαντική έλλειψη νερού από το φυτό, είτε λόγω πολύ υψηλής διαπνοής (χαμηλή σχετική υγρασία του αέρα, υψηλή θερμοκρασία φύλλου) ή έλλειψης νερού στο υπόστρωμα, τα στομάτια κλείνουν για να περιώσουν μια ποσότητα νερού στο εσωτερικό του φυτού. Τα στομάτια των φυτών είναι αυτά που τελικά αντιδρούν για να ρυθμίσουν την ένταση της διαπνοής.

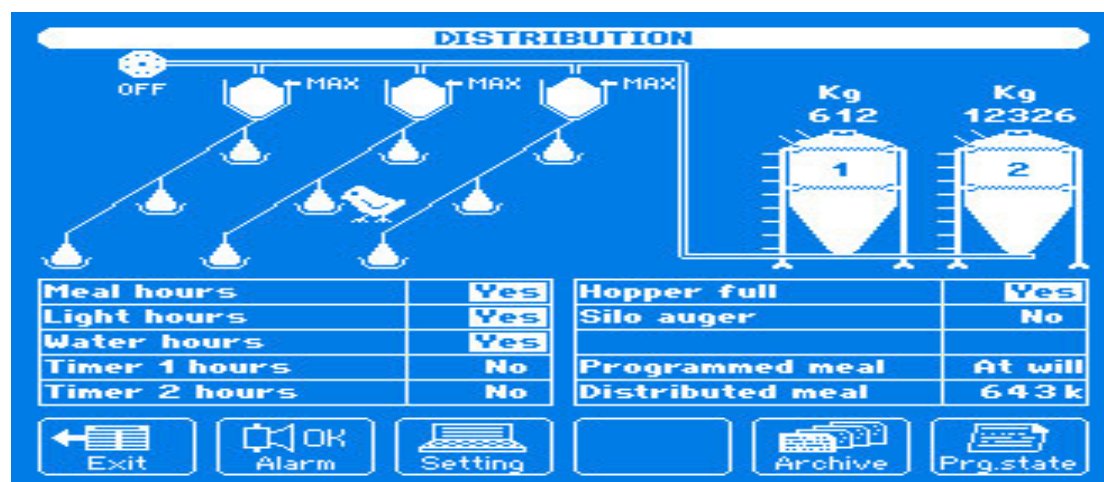
Γενικά, τα στομάτια είναι ευαίσθητα σε παράγοντες εξωτερικούς, όπως συγκέντρωση CO₂, θερμοκρασία, φωτισμός, υγρασία εδάφους, αλλά και σε εσωτερικούς, όπως φυσιολογική ηλικία του φύλλου, δημιουργία φυτορμονών από το φυτό, κατάσταση του φύλλου από πλευράς υγρασίας, παρουσία ή έλλειψη ορισμένων στοιχείων.

5.4. Κατηγορίες συστημάτων ελέγχου

Τα χρησιμοποιούμενα συστήματα ελέγχου της άρδευσης στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα μπορούν να χωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες: στα συστήματα με ανατροφοδότηση και στα συστήματα χωρίς ανατροφοδότηση, τα οποία περιγράφονται εν συνεχεία.

5.4.1. Συστήματα με ανατροφοδότηση

Σε αυτή την περίπτωση καθορίζεται ο χρόνος έναρξης της άρδευσης και το αποτέλεσμα συμμετέχει στον έλεγχο της διαδικασίας. Δηλαδή η διακοπή της άρδευσης εξαρτάται από κάποιο αισθητήριο που θα δώσει εντολή για διακοπή. Συνήθως, για τη διακοπή της άρδευσης χρησιμοποιείται το ποσοστό απορροής του σάκου.



Εικόνα 5.4. Software αυτόματων ηλεκτρικών οργάνων

Έτσι καθορίζεται αυτόματα (Εικόνα 5.4.) η αρδευτική δόση, αφού προηγουμένως έχει καθοριστεί το επιθυμητό ποσοστό απορροής, με βάση την ποιότητα του νερού που χρησιμοποιείται και το είδος του υποστρώματος. Ο έλεγχος της συχνότητας της άρδευσης, δηλαδή κάθε πότε ξεκινάει η άρδευση, μπορεί να γίνεται με τη χρήση μετρητή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας

στη περιοχή του υποστρώματος. Σε αυτή την περίπτωση, όταν η ηλεκτρική αγωγιμότητα του υποστρώματος υπερβεί κάποιο όριο τότε γίνεται πότισμα. Απαιτούνται όμως ειδικοί αξιόπιστοι μετρητές ηλεκτρικής αγωγιμότητας υποστρώματος, κατάλληλα ρυθμισμένοι για το χρησιμοποιούμενο υπόστρωμα. Ο έλεγχος της συχνότητας της άρδευσης μπορεί να γίνει και από μετρήσεις της μεταβολής της περιεκτικότητας του υποστρώματος σε καθαρό νερό. Μια μέθοδος είναι αυτή που βασίζεται στη χρήση μετρητών διηλεκτρικής αγωγιμότητας του υποστρώματος. Η λειτουργία τους βασίζεται στη μέτρηση της ταχύτητας μεταφοράς ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος ή ενός παλμού μέσα στο υπόστρωμα. Η ταχύτητα εξαρτάται από τη διηλεκτρική σταθερά των συστατικών του υποστρώματος, αλλά επειδή η διηλεκτρική σταθερά του νερού είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτήν των άλλων συστατικών του υποστρώματος, η μεταβολή της ταχύτητας οφείλεται κυρίως στη μεταβολή της περιεκτικότητας του υποστρώματος σε καθαρό νερό. Οι μετρητές αυτοί έχουν συνήθως τρεις παράλληλες μεταλλικές αιχμές με μήκος που κυμαίνεται από 10 έως 50 εκατοστά και έχουν τη δυνατότητα να μετρούν ταυτόχρονα την περιεκτικότητα σε καθαρό νερό του υποστρώματος αξιοποιώντας ένα εμπειρικό πρότυπο και την ηλεκτρική αγωγιμότητα του θρεπτικού διαλύματος στο υπόστρωμα. Για τη ρύθμιση της συχνότητας της άρδευσης αξιοποιείται όχι τόσο η απόλυτη τιμή της μέτρησης όσο η μεταβολή της από προηγούμενη τιμή.

5.4.2. Συστήματα χωρίς ανατροφοδότηση

Στα συστήματα χωρίς ανατροφοδότηση, αφού γίνει η έναρξη της άρδευσης παρέχεται μια προκαθορισμένη ποσότητα νερού, συνήθως με ένα χρονοδιακόπτη, χωρίς το αποτέλεσμα να συμμετέχει στον έλεγχο της διαδικασίας. Σε αυτή την περίπτωση πολύ συχνά γίνεται υπερβολική σπατάλη νερού και λιπασμάτων, γιατί η διάρκεια της άρδευσης καθορίζεται εμπειρικά και πολλές φορές δεν διαφοροποιείται στα διαφορετικά υποστρώματα και την εποχή.

Ένα αποτελεσματικό πρόγραμμα άρδευσης πρέπει να αποσκοπεί στο να διατηρείται η περιεκτικότητα του υποστρώματος σε υγρασία εντός των ορίων του εύκολα διαθέσιμου νερού για τα φυτά. Η αρδευτική δόση καλά είναι να διατηρείται σταθερή και να εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του υποστρώματος. Η συχνότητα της άρδευσης μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ημέρας και εξαρτάται από τη διαπνοή των φυτών που αποτελεί τον κύριο παράγοντα ζήτησης νερού από τα φυτά.

5.5. Αποτελεσματική άρδευση

Η αποτελεσματικότητα της άρδευσης στα συστήματα με ανατροφοδότηση είναι ικανοποιητική, αρκεί να υπάρχει ομοιομορφία παροχής στο αρδευτικό σύστημα και ο έλεγχος καλής λειτουργίας, η βαθμονόμηση, η συντήρηση των αισθητηρίων στάθμης και ηλεκτρικής αγωγιμότητας, να γίνονται συχνά.

Το αρδευτικό δίκτυο δε διαφέρει σημαντικά από το αρδευτικό δίκτυο μίας καλλιέργειας στο έδαφος. Χρησιμοποιούνται είτε σταλακτοφόροι σωλήνες ή σταλάκτες με λόγχη, ανάλογα το σύστημα που θα χρησιμοποιηθεί.

Κλείνοντας για τα υδροπονικά συστήματα με υπόστρωμα, ο όγκος στον οποίο αναπτύσσεται η ρίζα του φυτού είναι περιορισμένος, συνεπώς απαιτούνται συχνά ποτίσματα προκειμένου το φυτό να είναι διαρκώς επαρκώς εφοδιασμένο με νερό. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να υπάρχει διαρκώς διαθέσιμο νερό. Είναι απαραίτητη λοιπόν δεξαμενή (Εικόνα 5.5) με χωρητικότητα τέτοια ώστε να εξασφαλίζει ότι η μονάδα θα έχει πάντοτε νερό στη διάθεσή της.



Εικόνα 5.5. Με μπλε χρώμα η δεξαμενή, ενώ ποτίζονται οι σάκοι περλίτη (Χανιά, Μάρτιος 2013)

5.6. Πρόβλημα με το νερό

Το πρόβλημα με το νερό έχει δύο συνιστώσες, την ποσοτική και την ποιοτική. Σε ό,τι αφορά το πρόβλημα της ποσότητας του νερού, είναι σε όλους μας γνωστό ότι τα υδατικά αποθέματα της Μεσογείου εξαντλούνται με γρήγορους ρυθμούς. Η έντονη αστικοποίηση, η κατανάλωση του νερού στη γεωργία έχει οδηγήσει σε πτώση της στάθμης των υπογείων υδροφόρων οριζόντων. (Μπράτη, Αναστασίου)

Προβλήματα λειψυδρίας έχουν παρουσιαστεί εντονότατα και στη χώρα μας τα τελευταία χρόνια και είναι ακόμα πιο έντονα σε νοτιότερες χώρες της Μεσογείου όπως η Αίγυπτος, το Ισραήλ. Όσον αφορά την ποιοτική υποβάθμιση του νερού, αξίζει να αναφερθεί ότι σε πολλούς παράκτιους

υδροφόρους ορίζοντες Μεσογειακών χωρών, όπως το Μαρόκο, η Αίγυπτος, οι οποίοι τροφοδοτούν γεωργικά πηγάδια, έχει παρατηρηθεί εισχώρηση θαλασσινού νερού και μόλυνση από νιτρικές ουσίες και φυτοφάρμακα.

Το πρόβλημα αυτό απειλεί πολλές περιοχές και στη χώρα μας. Για να εμποδίσουμε τη συσσώρευση αλάτων στην περιοχή της ριζόσφαιρας, ως γνωστόν παρέχουμε νερό σε αφθονία, με αποτέλεσμα να αυξάνεται κατά πολύ το κόστος παραγωγής και να προκαλείται σοβαρή ρύπανση του περιβάλλοντος. Επιπλέον τα ανεξέλεγκτα αστικά και αρδευτικά υδατικά απόβλητα μολύνουν τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες με δηλητηριώδη υπολείμματα από οικιακά απορρυπαντικά, βιοχημικά σκευάσματα, λιπάσματα και φυτοφάρμακα. Πιο συγκεκριμένα, για τα κλειστά υδροπονικά συστήματα, το πρόβλημα του νερού έγκειται στην αυξημένη αλατότητα. Ο καλλιεργητής έχει να αντιμετωπίσει τόσο την εξαρχής υψηλή αλατότητα του νερού, δεδομένου ότι η υδροπονία δίνει τη δυνατότητα χρησιμοποίησης τέτοιου νερού, αλλά και την αλατότητα που παρουσιάζεται εκ των υστέρων στο ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα κατά τη λειτουργία του κλειστού συστήματος.

Οι δύο αυτοί παράγοντες προκαλούν μία σταδιακή αύξηση της οσμωτικής πίεσης και της περιεκτικότητας του υδατικού διαλύματος σε τοξικά ιόντα, όπως θειικά και χλωριούχο νάτριο, γεγονός που έχει επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτών και τη συνολική παραγωγή, τόσο ποσοτικές όσο και ποιοτικές.

Πολύ σημαντικό ρόλο στην αντιμετώπιση του προβλήματος της αλατότητας στα κλειστά υδροπονικά συστήματα παίζει η σωστή διαχείριση του διαθέσιμου νερού. Με τον όρο σωστή διαχείριση νερού εννοούμε τόσο την αποδοτικότερη χρήση του νερού καλής ποιότητας όσο και την καλύτερη κατά το δυνατόν αξιοποίηση του νερού χαμηλής ποιότητας.

5.7. Αποδοτικότερη χρήση καλής ποιότητας νερού

Η αποδοτικότερη χρήση του νερού καλής ποιότητας επιτυγχάνεται κυρίως με τη χρησιμοποίησή του σε ευαίσθητες καλλιέργειες. Όπως είναι γνωστό η ανθεκτικότητα των φυτών στην αλατότητα διαφέρει τόσο με το είδος του φυτού όσο και με το στάδιο ανάπτυξής του. Επομένως, γνωρίζοντας τα είδη που είναι ευαίσθητα στα υψηλά επίπεδα αλατότητας, μπορούμε να αξιοποιήσουμε στο έπακρο το καλής ποιότητας νερό, χρησιμοποιώντας το σε τέτοιες καλλιέργειες, οι οποίες διαφορετικά δεν θα μπορούσαν να αποδώσουν ικανοποιητικά.

Σημαντικό επίσης είναι να γίνεται χρήση της διαθέσιμης ποσότητας καλής ποιότητας νερού (βρόχινο, από αρνητική ώσμωση) στα κατάλληλα (ευαίσθητα) στάδια ανάπτυξης καθώς και σε σχέση με τον προβλεπόμενο καιρό (υψηλής εξατμοδιαπνοής) της περιοχής. Για το λόγο αυτό αναπτύσσεται από το Hortimed, και θα ενσωματωθεί στο σύστημα Macqu, ειδικό πρόγραμμα διαχείρισης πολλών πηγών νερού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΝΙΤΡΙΚΑ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

Σε υδροπονικές καλλιέργειες το επίπεδο νιτρικού οξέος στα λαχανικά, συμπεριλαμβανομένου και του μαρουλιού, μπορεί να μειωθεί εάν βρίσκεται στο θρεπτικό διάλυμα επαρκής ποσότητα αμμωνίας. Όμως τα υψηλά επίπεδα αμμωνίου μπορούν να προκαλέσουν φυτοτοξικότητα και μείωση της παραγωγής, όταν στο υπόστρωμα τα νιτρικά και τα κατιόντα, κυρίως του καλίου, είναι χαμηλά.

Προσπάθειες ελέγχου των συγκεντρώσεων αμμωνίας και της αναλογίας νιτρικών αμμωνιακών στο διάλυμα του υποστρώματος μπορούν να επιτευχθούν με σωστή διαχείριση της αζωτούχου λίπανσης. Σε πολλές πειραματικές καλλιέργειες διαπιστώνεται ότι η συγκέντρωση των νιτρικών σε υδροπονία είναι αρκετά υψηλότερη από τη συγκέντρωση αντίστοιχης καλλιέργειας στον αγρό.

Ο *Urrestarazu* (1998) μελέτησε τη συμπεριφορά τριών ποικιλιών μαρουλιού σε NFT, αντικαθιστώντας την τελευταία εβδομάδα πριν την συγκομιδή από το θρεπτικό διάλυμα το N (NO_3^-) με το χλώριο (Cl^-). Τα αποτελέσματα ήταν θετικά και για τις τρεις ποικιλίες που δοκιμάστηκαν.

Ο *Kannan* (1991) σε υδροπονική NFT καλλιέργεια μαρουλιού μελέτησε τη μείωση της συσσώρευσης νιτρικών, όταν το θρεπτικό διάλυμα της καλλιέργειας, λίγες μέρες (3-14 μέρες) πριν την συγκομιδή, αντικαταστάθηκε είτε με νερό βρύσης, είτε με διάλυμα χαμηλότερης ηλεκτρικής αγωγιμότητας, είτε με διάλυμα ελεύθερο νιτρικών, χωρίς σημαντική μείωση της παραγωγής. Η μικρότερη συγκέντρωση νιτρικών παρατηρήθηκε στην περίπτωση του νερού βρύσης, αν και οι δύο άλλες περιπτώσεις παρουσίασαν σημαντική μείωση, σε σχέση με το εμπορικό διάλυμα που χρησιμοποιείται για καλλιέργεια NFT.

6.1. Τα νιτρικά στη γεωργία και στο περιβάλλον

Το άζωτο αποτελεί ένα από τα μακροστοιχεία για τη θρέψη των φυτών και σε όλες τις καλλιέργειες απαιτείται σε μεγάλες ποσότητες. Καθώς η φυσική γονιμότητα του εδάφους δεν είναι αρκετή για την επίτευξη των πολύ υψηλών αποδόσεων που παρατηρούνται σήμερα σε σταθερή ετήσια βάση η προσθήκη ορισμένων θρεπτικών στοιχείων είναι απαραίτητη. Μεταξύ αυτών φυσικά είναι και το άζωτο το οποίο προσφέρεται σε νιτρική ή αμμωνιακή μορφή. Όταν το άζωτο προσφέρεται σε αμμωνιακή μορφή αυτό οξειδώνεται από μικροοργανισμούς του εδάφους καταλήγοντας στη νιτρική μορφή. Για διάφορους λόγους τα φυτά δεν εκμεταλλεύονται όλο το προσφερόμενο άζωτο με αποτέλεσμα, λόγω και της ευκινησίας των νιτρικών στο έδαφος, αυτό είτε να κινείται προς τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα, είτε με επιφανειακή έκπλυση να καταλήγει σε ποταμούς, λίμνες και τη θάλασσα.

Στην πρώτη περίπτωση το άζωτο αυξάνει την συγκέντρωση των νιτρικών στα υπόγεια ύδατα από τα οποία εξυπηρετούνται σε μεγάλο ποσοστό οι ανάγκες ύδρευσης σε πολλές περιοχές της χώρας. Υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών είναι πιθανόν να προκαλέσουν βλάβη στην ανθρώπινη υγεία. Στις Ηνωμένες

Πολιτείες της Αμερικής τα υπόγεια ύδατα αποτελούν την πηγή νερού για το 80% των μικρών υδρευτικών δικτύων, τα οποία καλύπτουν τις ανάγκες του 21% του πληθυσμού.

Στη δεύτερη περίπτωση, σε περιπτώσεις όπου τα νιτρικά καταλήγουν σε ποταμούς και λιμναία οικοσυστήματα, προκαλούν το φαινόμενο του ευτροφισμού. Στα υδάτινα οικοσυστήματα το άζωτο είναι από τους πλέον περιοριστικούς παράγοντες. Έτσι εμπλουτισμός των υδάτων με νιτρικά αυξάνει τη ανάπτυξη των αυτότροφων οργανισμών (φύκη και άλγη). Στα υδάτινα όμως οικοσυστήματα το οξυγόνο βρίσκεται διαλυμένο στο νερό σε σχετικά μικρές ποσότητες, έτσι η αυξημένη ανάπτυξη των φυκών και των άλγεων μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του οξυγόνου κατά τη διάρκεια της νύχτας με αποτέλεσμα το θάνατο ψαριών και ασπόνδυλων οργανισμών που ζουν στο νερό. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της ποικιλίας ζώων και φυτών που ζουν σε αυτό το οικοσύστημα. Σε ορισμένες περιπτώσεις ο ευτροφισμός μπορεί να προκαλέσει απελευθέρωση τοξινών από τα άλγη.

6.2. Παράγοντες που επηρεάζουν τη συσσώρευση νιτρικών στο μαρούλι

Η συσσώρευση νιτρικών συμβαίνει όταν ο ρυθμός απορρόφησής τους από τα φυτά είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό αφομοίωσής τους. Η συσσώρευση εξαρτάται από:

1. τη θερμοκρασία
2. τη φωτοπερίοδο
3. την ένταση του φωτός
4. το γενετικό υπόβαθρο του φυτού
5. την παροχή νερού
6. τη λίπανση (ποσότητα και σύσταση της αζωτούχου λίπανσης).

6.3. Τα νιτρικά στο ανθρώπινο σώμα

Ως προς τις επιπτώσεις των νιτρικών στην ανθρώπινη υγεία υπάρχουν αντικρουόμενα δεδομένα. Τα νιτρικά κατηγορούνται για ασθένειες όπως μεθαιμογλουβινεμία, καρκίνο, επιπλοκές στην κύηση. Άλλες ασθένειες για τις οποίες υπάρχουν πιθανότητες να συνδέονται με υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών είναι ανωμαλίες στο νευρικό σύστημα νεογνών, αποβολή εμβρύων, υπέρταση και υπερτροφία του θυρεοειδούς. Επίσης αν και τα νιτρικά είναι αδρανή, μετατρέπονται στη στοματική κοιλότητα σε νιτρώδη, με τη βοήθεια του ενζύμου νιτρική υδρογονάση. Τα νιτρώδη είναι δραστικά και μπορούν να ενωθούν με άλλες ουσίες και να δώσουν καρκινογόνα παράγωγα.

Πρόσφατα ωστόσο αναγνωρίστηκε ένα νέο βιοχημικό μονοπάτι, παραγωγής νιτρικού οξειδίου. Το μόριο αυτό αναγνωρίστηκε ότι ρυθμίζει πολλές σωματικές λειτουργίες, ενώ παράλληλα προσφέρει προστασία απέναντι σε πλήθος μικροοργανισμών. Πιο συγκεκριμένα βοηθάει την μνήμη και την συμπεριφορά μεταφέροντας τις πληροφορίες από το ένα εγκεφαλικό κύτταρο στο άλλο, μειώνει τις φλεγμονές, υποστηρίζει το ανοσοποιητικό σύστημα καταπολεμώντας βακτήρια, ρυθμίζει την αρτηριακή πίεση διαστέλλοντας τις αρτηρίες, αυξάνει την δύναμη και την αντοχή.

Επομένως το κομμάτι το νιτρικών στο ανθρώπινο σώμα απαιτεί ανάγκη επιπλέον χημικής μελέτης ως προς πιθανές επιπτώσεις που προκαλεί στον οργανισμό. Τα νιτρώδη και οι επιπτώσεις των ιόντων τους στον ανθρώπινο οργανισμό είναι μόνο αρνητικές, κάτι ωστόσο που δεν θα αναλύσουμε καθώς το κομμάτι που μας αφορά στο κεφάλαιο είναι τα νιτρικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΛΙΠΑΝΣΗ-ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Είναι απαραίτητο μαζί με το νερό της άρδευσης να παρέχονται, σε κάθε πότισμα, όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία. Θα πρέπει λοιπόν να εγκατασταθεί μία κεφαλή υδρολίπανσης, η οποία θα πραγματοποιεί τα ποτίσματα και θα προσθέτει τα απαραίτητα λιπάσματα στο νερό του ποτίσματος.

Για τη λειτουργία της κεφαλής υδρολίπανσης απαιτείται ηλεκτρικό ρεύμα, οπότε το θερμοκήπιο θα πρέπει να είναι σε θέση να μπορεί να ηλεκτροδοτηθεί. Για να εξασφαλιστεί η αδιάλειπτη λειτουργία των εγκαταστάσεων, ακόμη και σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος, απαιτείται να υπάρχει κάποια ηλεκτρογεννήτρια.

7.1. Υδρολίπανση

Η υδρολίπανση πραγματοποιείται με χρήση δοσομετρητών. Οι δοσομετρικές αντλίες μπορεί να είναι μηχανικές (ηλεκτρικός ή εσωτερικής καύσεως κινητήρας) ή υδραυλικές (ενέργεια από πίεση δικτύου παροχής νερού). Η δοσομετρική αντλία συνδέεται με το δίκτυο άρδευσης πάνω στον κεντρικό αγωγό ή παράλληλα με αυτόν. Επίσης η αραίωση των πυκνών διαλυμάτων με το νερό της άρδευσης γίνεται σε μία συγκεκριμένη, χρονικά σταθερή αναλογία (από 1:50 έως 1:1000). Επομένως οι συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων είναι χρονικά σταθερές.

7.2. Απορροές λόγω λίπανσης

Σε αυτό ακριβώς το κομμάτι η υδροπονία φέρεται να δίνει ουσιαστική λύση, δεδομένου ότι με τα σύγχρονα μέσα επιτυγχάνουμε την απαλλαγή από ζιζάνια και ασθένειες εδάφους καθώς επιπλέον και από φαινόμενα ευτροφισμού υδάτων.

Ο ευτροφισμός είναι περιβαλλοντικό πρόβλημα που παρουσιάζεται σε λίμνες ή κλειστούς αβαθείς κόλπους κάτω από ορισμένες συνθήκες. Στην ουσία δημιουργείται υπέρμετρη αύξηση της συγκέντρωσης θρεπτικών στοιχείων, που προκαλείται από τον εμπλουτισμό των υδάτων με απορροές θρεπτικών στοιχείων (νιτρικά και φωσφορικά ιόντα από λιπάσματα και απορρυπαντικά). Τα βακτήρια και οι άλγες αυξάνονται σε αριθμό τόσο, που σχηματίζουν επικάλυμμα στις υδάτινες επιφάνειες, προκαλώντας σκίαση στο νερό κάτω από την επιφάνεια. Χωρίς φως, οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί στον πυθμένα θανατώνονται, προσφέροντας ακόμη μεγαλύτερη ποσότητα τροφής σε άλλα βακτήρια, που συνεχίζουν να αναπτύσσονται. Καθώς ο αριθμός των βακτηρίων αυξάνεται, η κατανάλωση του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου αυξάνεται δραματικά, ενώ η παραγωγή ελαττώνεται, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει οξυγόνο για τους μη φωτοσυνθετικούς.

7.3. Ανακύκλωση των απορροών

Σε αυτή την περίπτωση είναι απαραίτητος ο κατάλληλος εξοπλισμός καθώς για να ανακυκλωθεί και στη συνέχεια επαναχρησιμοποιηθεί ή να απορριφθεί

χρειάζεται να μετρηθεί η ηλεκτρική αγωγιμότητα και να προστεθούν οι κατάλληλες αναλογίες θρεπτικού διαλύματος και νερού. Παράλληλα όμως είναι κατανοητό ότι μπορεί να γίνουν λάθη στις μετρήσεις και είναι αδύνατον να γίνει το ίδιο με το πρώτο διάλυμα αφού επαναχρησιμοποιείται, επομένως υπάρχει και η λύση του ανοιχτού κυκλώματος.

7.4. Φωτισμός

Το φως είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε συγκεκριμένο φάσμα συχνοτήτων. Είναι παρόμοιο είτε είναι ηλιακό φως είτε φως παραγόμενο από ηλεκτρική λάμπα (Εικόνα 7). Το φως που παράγεται από διαφορετικές πηγές διαφέρει το ένα από το άλλο στην ένταση και στην κατανομή των μηκών κύματος στο φάσμα τους.



Εικόνα 7. Θερμοκήπιο με τεχνητό φωτισμό

Επίσης με αύξηση της έντασης του φωτισμού η συγκέντρωση των νιτρικών στο μαρούλι μειώνεται ενώ τα σάκχαρα και τα οργανικά οξέα αυξάνονται. Σε πείραμα που έγινε με κεφαλωτό μαρούλι σε συνθήκες θερμοκηπίου η προσθήκη τεχνητού φωτισμού αύξησε την ανάπτυξη των μαρουλιών και η συγκομιδή έγινε πιο πρώιμα. Η συγκέντρωση των νιτρικών ήταν σημαντικά μειωμένη εξαιτίας του φωτός.

Η εφαρμογή του τεχνητού φωτισμού σε καλλιέργεια μαρουλιού (και σπανακιού) απέδειξε ότι αυξάνει τη βιομάζα και τη δραστηριότητα του ενζύμου της νιτρικής ρεδουκτάσης, ενώ μειώνει τη συσσώρευση νιτρικών στα φύλλα. Σε υδροπονική καλλιέργεια που συγκομίστηκε τα μέσα Μαρτίου, με χαμηλή ένταση φωτισμού και χαμηλές θερμοκρασίες, παρατηρήθηκε μείωση 12,4% της συγκέντρωσης των νιτρικών στην απογευματινή συγκομιδή (15:00 μ.μ.) σε μια από τις τέσσερις εξεταζόμενες ποικιλίες Emperor.

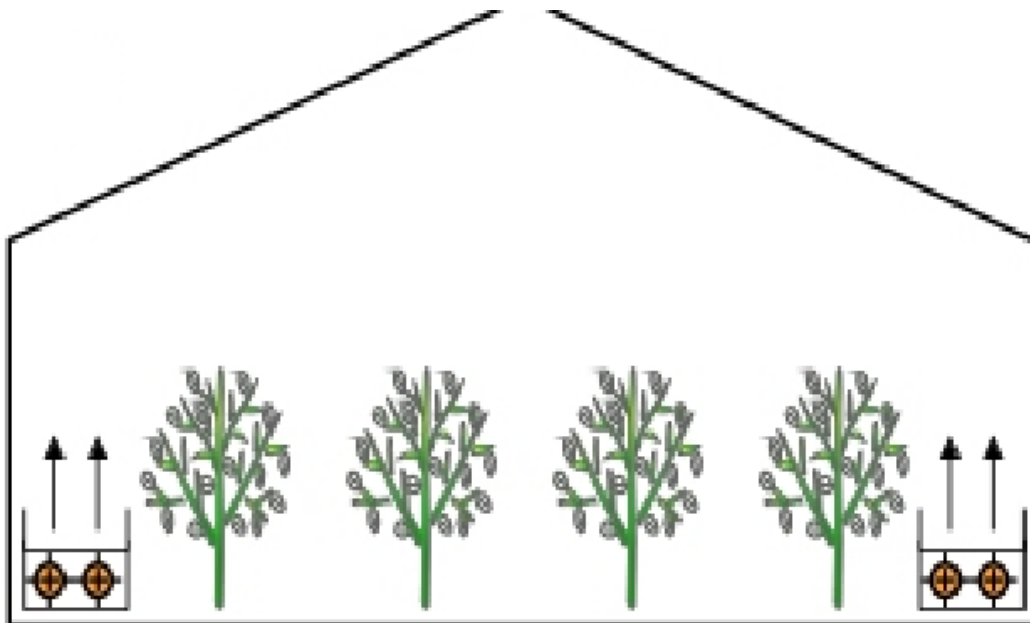
Σύμφωνα με τους *Zmrhal and Trckova (1985)* η υψηλότερη συγκέντρωση των νιτρικών παρουσιάζεται στις 7:30 το πρωί, τις μεσημεριανές ώρες μειώνεται απότομα και αυξάνεται πάλι το απόγευμα. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι σε χαμηλή ένταση φωτισμού δεν υπάρχει σημαντική αλλαγή της συγκέντρωσης νιτρικών στη διάρκεια της ημέρας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

8.1. Αξιοποίηση θερμικής ενέργειας στα θερμοκήπια

Θερμοκήπια με παθητικό ηλιακό σύστημα, όπου το μέσο αποθήκευσης θερμικής ενέργειας είναι το νερό.

Σύμφωνα με αυτό το σύστημα θέρμανσης (Εικόνα 8.1), το μέσο αποθήκευσης της θερμότητας μπορεί να τοποθετηθεί είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά του θερμοκηπίου. Στην περίπτωση που η τοποθέτηση είναι εξωτερική είναι απαραίτητη η παρουσία ενός ρευστού μέσου, το οποίο θα επιδρά ως μεταφορέας θερμότητας. Στην αντίθετη περίπτωση, που η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος γίνει εντός του θερμοκηπίου, η ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ του συστήματος και του εσωτερικού αέρα γίνεται άμεσα χωρίς την παρουσία κάποιου μέσου. Η περίσσεια θερμότητας που είναι διαθέσιμη στο θερμοκήπιο κατά τη διάρκεια της ημέρας, μπορεί να συλλεχθεί και να αποθηκευτεί ώστε να είναι δυνατή η χρησιμοποίησή της κατά τη διάρκεια της νύχτας ή τις επόμενες ημέρες εάν δεν επικρατεί ηλιοφάνεια. (Zabeltitz, 1986)



Εικόνα 8.1. Πλευρική θέρμανση με σωλήνες νερού

Παράδειγμα αποθηκευτικού συστήματος που τοποθετείται εσωτερικά του θερμοκηπίου είναι το παθητικό ηλιακό σύστημα με πλαστικές σωλήνες με νερό ή το παθητικό ηλιακό σύστημα με χρήση δοχείων κατά μήκος της βόρειας πλευράς του θερμοκηπίου τα οποία δρουν ως ηλιακοί συλλέκτες και αποθήκες θερμότητας. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει και το σύστημα που χρησιμοποιεί εξωτερικό ηλιακό συλλέκτη ζεστού νερού σε συνδυασμό με υπόγεια αποθήκη θερμότητας νερού. Ο εξωτερικός ηλιακός συλλέκτης αποτελείται από μία σκουρόχρωμη πλάκα για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας και από ένα γυάλινο ή πλαστικό κάλυμμα που παγιδεύει τη διερχόμενη από αυτό ηλιακή ακτινοβολία. Για τη φύση της απορροφητικής

πλάκας έγιναν αρκετές μελέτες και χρησιμοποιήθηκαν διάφορα υλικά κατασκευής, όπως αλουμίνιο, μεταλλικά πλαίσια καλυμμένα με γυαλί, και απορροφητικοί συλλέκτες με χάλκινη επιφάνεια. Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν έδειξαν ότι για την ικανοποιητική θέρμανση του θερμοκηπίου απαιτείται μεγάλη απορροφητική επιφάνεια και συνεπώς κάτι τέτοιο επιβαρύνει σημαντικά το κόστος εγκατάστασης αυτού του συστήματος θέρμανσης. Για τη μείωση των απωλειών θερμότητας, θεωρείται αναγκαία η κατάλληλη μόνωση του συλλέκτη. Κατά τη λειτουργία αυτού του συστήματος το διερχόμενο νερό από το συλλέκτη μεταφέρεται σε μία δεξαμενή όπου και αποθηκεύεται. Το εν λόγω σύστημα θέρμανσης διαθέτει πλαστικούς ή μεταλλικούς σωλήνες για τη μεταφορά της θερμότητας στο χώρο του θερμοκηπίου και είναι εφοδιασμένο με αντλίες για την κίνηση του νερού ή με ανεμιστήρες για την κίνηση του αέρα.

Θερμοκήπια με παθητικό ηλιακό σύστημα, όπου το μέσο αποθήκευσης θερμικής ενέργειας είναι υλικά αλλαγής φάσης.

Τα υλικά αλλαγής φάσης είναι ανόργανα, ένυδρα άλατα και αποτελούν ένα εναλλακτικό μέσο αποθήκευσης θερμότητας. Το υλικό αποθήκευσης θερμότητας τοποθετείται συνήθως εντός του θερμοκηπίου, υπογείως, σε καλά μονωμένες ειδικές κατασκευές ή στη βορινή πλευρά του θερμοκηπίου. Οι κατασκευές αυτές διαθέτουν δύο ανοίγματα. Από το ένα άνοιγμα γίνεται η είσοδος του θερμού αέρα από τον ηλιακό συλλέκτη, και από το άλλο διοχετεύεται η θερμότητα στο χώρο του θερμοκηπίου. Έτσι, κατά τη διάρκεια της ημέρας, ο θερμός αέρας από το εσωτερικό του θερμοκηπίου εισέρχεται στην αποθήκη και η θερμότητα απορροφάται από τα υλικά αλλαγής φάσης. Αντίστροφα, κατά τη διάρκεια της νύχτας, ο ψυχρός αέρας από το εσωτερικό του θερμοκηπίου καθώς εισέρχεται στην αποθήκη, θερμαίνεται και τα υλικά μετατρέπονται στην αρχική συμπαγή μορφή τους. Είναι εφοδιασμένο με ανεμιστήρες για την κίνηση του αέρα (Εικόνα 8.2).



Εικόνα 8.2. Ο έλικας του ανεμιστήρα βοηθάει την κυκλοφορία του αέρα εντός του θερμοκηπίου (Κεντρί Ιεράπετρας, Μάιος 2013)

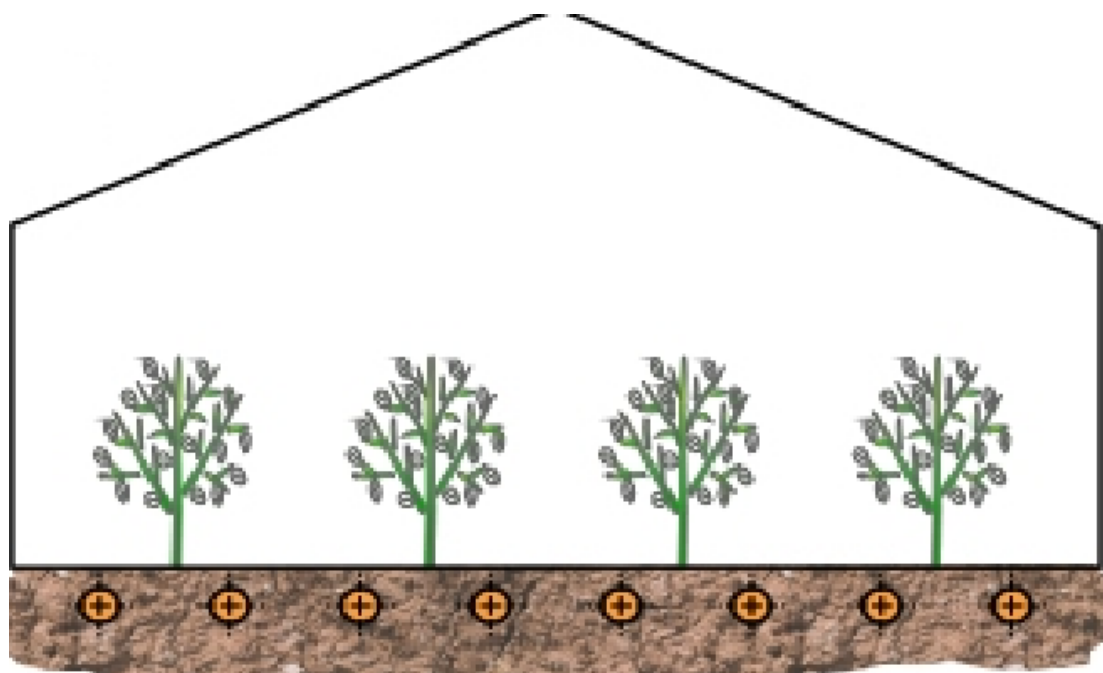
Θερμοκήπια με παθητικό ηλιακό σύστημα, όπου το μέσο αποθήκευσης θερμικής ενέργειας είναι ένα στρώμα από χαλίκια.

Κατά την εφαρμογή αυτού του συστήματος χρησιμοποιούνται χαλίκια διαμέτρου 20 έως 100 χιλιοστών, τα οποία τοποθετούνται υπογείως του θερμοκηπίου σε βάθος που κυμαίνεται μεταξύ 40 και 50 εκατοστών. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, η περίσσεια θερμότητας μεταφέρεται από το εσωτερικό του θερμοκηπίου στην υπόγεια αποθήκη με τη χρήση ενός ανεμιστήρα. Τη νύχτα, παρατηρείται η αντίστροφη διαδικασία. Ο ψυχρός αέρας κινείται μέσα από την αποθήκη, όπου η θερμότητα από τα χαλίκια μεταδίδεται στον ψυχρότερο αέρα, ο οποίος ακολούθως επιστρέφει στο θερμοκήπιο.

Θερμοκήπια με παθητικό ηλιακό σύστημα, όπου το μέσο αποθήκευσης μπορεί να είναι άλλου τύπου.

Το σύστημα αυτό βασίζεται στην τοποθέτηση ενός μονωτικού υλικού στις πλευρές του θερμοκηπίου, με σκοπό τη μείωση των απωλειών θερμότητας. Η επιφάνεια του μονωτικού υλικού που βρίσκεται προς το εσωτερικό του θερμοκηπίου θα πρέπει να έχει μαύρο χρώμα ώστε να λειτουργεί ως αποθήκη θερμότητας. Το συγκριτικό πλεονέκτημα αυτού του συστήματος είναι το μικρό κόστος κατασκευής.

Θερμοκήπια με παθητικό ηλιακό σύστημα, όπου το μέσο αποθήκευσης θερμικής ενέργειας είναι το έδαφος, στο οποίο υπάρχουν υπεδάφιοι σωλήνες.



Εικόνα 8.3. Υπεδάφια θέρμανση

Έχει παρατηρηθεί ότι κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και σε βάθος 0.5-2 m, υπάρχει μία καθυστέρηση στο ρυθμό μεταβολής της θερμοκρασίας που οφείλεται στο φαινόμενο της υστέρησης (*ASHRAE, Handbook of applications, 1982*). Η θερμοκρασία στο βάθος αυτό είναι αυξημένη κατά 2-3°C συγκριτικά με αυτήν του περιβάλλοντος. Έτσι θα μπορούσε το έδαφος να χαρακτηριστεί ως μέσο αποθήκευσης θερμότητας (Εικόνα 8.3). Πρακτικά η ιδιότητα αυτή του εδάφους αξιοποιείται με τη χρήση υπόγειων σωλήνων. Οι σωλήνες είναι τοποθετημένοι κατά μήκος του θερμοκηπίου με σημεία εισόδου και εξόδου του αέρα σε διαφορετικές πλευρές. Κατά τη διάρκεια της ημέρας ο θερμός αέρας που είναι εγκλωβισμένος στα υψηλότερα μέρη του θερμοκηπίου οδηγείται μέσω των --σωλήνων κάτω από το έδαφος με αποτέλεσμα τη θέρμανση του υπεδάφους. Κατά τη διάρκεια της νύχτας, ο ψυχρός αέρας από το εσωτερικό του θερμοκηπίου κυκλοφορεί ξανά διαμέσου των σωλήνων από το θερμό υπεδάφος με αποτέλεσμα την απόδοση ενέργειας στο ψυχρό ρεύμα αέρα. Η θερμότητα μεταφέρεται με δυναμικό αερισμό από το έδαφος στο περιβάλλον του θερμοκηπίου. Έχει βρεθεί από πειράματα ότι σε θερμοκήπιο έκτασης ενός στρέμματος, που χρησιμοποιείται το παραπάνω σύστημα θέρμανσης, η μέση θερμοκρασία του αέρα του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια της νύχτας είναι 6-7°C υψηλότερα συγκριτικά με τη μέση θερμοκρασία αέρα του θερμοκηπίου-μάρτυρα. Ακόμα, οι *Μαυρογιαννόπουλος και Κυρίτσης (1986)* βρήκαν ότι κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ο αέρας του θερμοκηπίου ήταν 6-9 °C υψηλότερος σε σχέση με αυτόν του εξωτερικού περιβάλλοντος όταν τοποθέτησαν έναν εναλλάκτη θερμότητας σε βάθος 2 μέτρα κάτω από το έδαφος του θερμοκηπίου. Το κύριο μειονέκτημα αυτού του συστήματος είναι το υψηλό κόστος εγκατάστασής του, που δρα ως ανασταλτικός παράγοντας εφαρμογής του στα θερμοκήπια.

Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος θέρμανσης αποτελεί ένα βασικό σημείο προσοχής κατά την κατασκευή ενός θερμοκηπίου. Είναι αναγκαία η εύρεση ενός αποδοτικού από τεχνικοοικονομικής απόψεως συστήματος το οποίο να μπορεί να παρέχει ομοιόμορφη κατανομή θερμοκρασίας.

8.2. Δυνατότητες και προοπτικές εξάπλωσης θερμοκηπίων στην Ελλάδα

Ο ανταγωνισμός τόσο με τις χώρες της Βόρειας Ευρώπης, όσο και με τις χώρες της Μεσογειακής λεκάνης αλλά και αυτές των Βαλκανίων προσφάτως, είναι ιδιαίτερα οξύς, με αποτέλεσμα όχι μόνο τη μικρή παρουσία ελληνικών θερμοκηπιακών προϊόντων στις διεθνείς αγορές αλλά και τις αθρόες εισαγωγές καθόλη τη διάρκεια του έτους. Και όμως η Ελλάδα έχει όλα τα εχέγγυα και μπορεί να αποτελέσει το λαχανόκηπο της Ευρώπης με την υιοθέτηση των σύγχρονων τεχνικών και τεχνολογιών σε σωστά σχεδιασμένα θερμοκήπια.

Η ελληνική γεωργία διέρχεται κρίσιμη φάση η οποία έχει επηρεασθεί από το διεθνές και το ευρωπαϊκό περιβάλλον, με την αποσύνδεση των επιδοτήσεων από το ύψος της παραγωγής να έχουν δημιουργήσει προβλήματα ανταγωνιστικότητας των αγροτικών προϊόντων και να έχουν καταστήσει αρκετές από τις παραδοσιακές καλλιέργειες αντιοικονομικές. Οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες αποτελούν μια δυναμική έκφραση της πρωτογενούς παραγωγής. Ιδιαίτερα σήμερα με τα διάφορα διαρθρωτικά προβλήματα της Ελληνικής Γεωργίας οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες μπορούν να αποτελέσουν διέξοδο και ταυτόχρονα σημαντικό παράγοντα δημιουργίας νέων θέσεων εργασίας ακόμη και για περιοχές οι οποίες παραδοσιακά έχουν σχέση μόνο με μεγάλες καλλιέργειες. Οι Μεσογειακές χώρες κατέχουν το 36.5% της παγκόσμιας καλυμμένης έκτασης σε θερμοκήπια με έκταση περίπου 1.100.000 στρέμματα. Στην Ελλάδα, η οποία καλύπτει το 1.4% της παγκόσμιας έκτασης και το 3.8% των μεσογειακών εκτάσεων σε θερμοκήπια, η αύξηση των θερμοκηπιακών εκτάσεων ήταν ιδιαίτερα εντυπωσιακή την εικοσαετία 1960-1980.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

9.1. Γενικά

Το ερωτηματολόγιο παραγωγών συμπληρώθηκε στο Κεντρί Ιεράπετρας σε επίσκεψη στο θερμοκήπιο του παραγωγού Γεωργίου Χατζάκη ο οποίος μας έδωσε πληροφορίες για το πώς καλλιεργεί τις τομάτες του σε φυτοδοχεία και για τα ποσοστά αύξησης της παραγωγής του σε σχέση με την καλλιέργεια, το πώς απέκτησε τις εμπειρίες σε θέματα υδροπονίας.

Το ερωτηματολόγιο καταναλωτών συμπληρώθηκε σε αγορά της Ορεστιάδας σε έναν τυχαίο καταναλωτή. Μας απάντησε στις ερωτήσεις με διάθεση και ενδιαφέρον αλλά παράλληλα τόνισε ότι δεν κατέχει πολλές γνώσεις αναφορικά με την γεωπονία και τις καλλιέργειες.

Παραγωγοί - Ερωτηματολόγιο α/α

1. Γενικές ερωτήσεις

1.1. Ονοματεπώνυμο Χατζάκης Γεώργιος

1.2. Ηλικία 57

1.3. Περιοχή Κεντρί-Ιεράπετρα

1.4. Συντεταγμένες

1.5. Στοιχεία επικοινωνίας. Τηλ.

1.6. email

1.7. Μόρφωση: Δημοτικό , Γυμνάσιο/Λύκειο , ΑΕΙ/ΤΕΙ , Άλλο

1.8. Έκταση θερμοκηπίων με υδροπονία (στρ.) 4

1.9. Φυτά υδροπονικών καλλιεργειών 7400

1.10. Φυτά ανά στρέμμα 1600

1.11. Τύπος θερμοκηπίου. Μεταλλικός , Ξύλινος

1.12. Υλικό κάλυψης.

Μαλακό πλαστικό , Γυαλί , Σκληρό πλαστικό , Άλλο

1.13. Πηγή αρδευτικού νερού.

Γεώτρηση , ΤΟΕΒ , Πηγάδι ΦΡΑΓΜΑ , Άλλο

1.14. Θέρμανση θερμοκηπίου.

Ναι Όχι , 1.15. Είδος καυσίμου:

1.16. Ύπαρξη δεξαμενής συλλογής βρόχινου νερού: Ναι Όχι , Άλλο

1.17. Αριθμός δεξαμενών πυκνών διαλυμάτων και οξέος 4

2. Ύπαρξη υπολογιστή / αυτοματισμών

2.1. για παροχή θρεπτικού διαλύματος ΝΑΙ ΟΧΙ

2.2. άνοιγμα παραθύρων ΝΑΙ ΟΧΙ

2.3. δροσισμού /ελέγχου μικροκλίματος ΝΑΙ ΟΧΙ

2.4. νεφελοψεκασμός ΝΑΙ ΟΧΙ

2.5. άλλο

3.Τι σύστημα υδροπονίας εφαρμόζετε;

3.1. Συστήματα χωρίς υποστρώματα (NFT) 3.2. Συστήματα με υπόστρωμα

3.3. Φυτοδοχεία με σύνθετα μίγματα

4. Υποστρώματα

4.1. Περλίτη

4.2. Πετροβάμβακα

4.3. Τύρφη ξανθιά

4.4. Ελαφρόπετρα

4.5. Κοκοφοίνικα

4.6. Άμμο

4.7. Άλλο

5. Σύστημα Υδροπονίας

5.1. Ανοιχτό σύστημα υδροπονίας

5.2. Κλειστό σύστημα υδροπονίας

5.3. Οριζόντιο σύστημα ανάπτυξης

5.4. Κάθετο σύστημα ανάπτυξης

6. Τι υλικό χρησιμοποιείτε;

6.1. Σάκους

6.2. Γλάστρες

6.3. Φυτοδοχεία

6.4. Πορώδες πλάκες

6.5. Κανάλια

6.6. Άλλο.

7. Ποια η συχνότητα των ποτισμάτων ημερησίως (π.χ. 7 ποτίσματα χ 3 min);

7.1. Χειμώνα 2 και αναλόγως τον καιρό

7.2. Καλοκαίρι 8 και αναλόγως τον καιρό

8. Πόσα περίπου κυβικά μέτρα νερού καταναλώνονται ημερησίως; 4

9. Πόσο συχνά αλλάζετε υπόστρωμα και ποια είναι η χρήση του παλαιού 4 χρόνια με καθάρισμα ανά 2 ,3 μήνες

10. Τι ασθένειες κυρίως αντιμετωπίζετε με την υδροπονία;

10.1. Μυκητολογικές

10.2. Εντομολογικές

10.3. Ιολογικές

10.4. Βακτηριολογικές

11. Καλλιεργούσατε στο έδαφος πριν αρχίσετε να καλλιεργείτε σε υδροπονία;

11.1. Ναι

11.2. Όχι

12. Εφαρμόζετε τις ίδιες καλλιεργητικές τεχνικές στο έδαφος και σε υδροπονία (συχνότητα ψεκασμών, κλαδέματα κ.λ.π);

12.1. Ναι

12.2. Όχι

13. Έχετε αυξημένες προσβολές σε σχέση με την καλλιέργεια στο έδαφος;

13.1. Ναι

13.2. Όχι

Αν Ναι κυρίως σε ποια/ες ;

14. Τι ποσοστό αύξησης παραγωγής έχετε ετησίως σε σχέση με την καλλιέργεια στο έδαφος;

14.1. 10%

14.2. 20%

14.3. 30%

14.4. 40%

14.5. 50%

14.6. άλλο

15. Έχουν αυξηθεί ή μειωθεί οι ώρες απασχόλησης στο θερμοκήπιο με το σύστημα της υδροπονίας σε σχέση με την καλλιέργεια στο έδαφος και κατά πόσο;

15.1. Αύξηση

α. Πάρα πολύ

15.2. Μείωση

β. Πολύ

15.3. Το ίδιο

γ. Λίγο

16. Τι προβλήματα κυρίως αντιμετωπίζετε με το σύστημα της υδροπονίας;

16.1. Αυτόματου ελέγχου

16.2. Συντήρησης

16.3. Ασθενειών

16.4. Τεχνογνωσίας

16.5. Κανένα

16.6. Άλλα

17. Θεωρείτε ότι η καλλιέργεια υδροπονίας επιδρά αρνητικά στο περιβάλλον;

17.1. Ναι

17.2. Όχι

18. Την εμπειρία που κατέχετε στις υδροπονικές καλλιέργειες την αποκτήσατε από:

18.1. ΜΜΕ <input type="checkbox"/>	
18.2. Βιβλία/περιοδικά <input checked="" type="checkbox"/>	
18.3. Σεμινάρια <input type="checkbox"/>	
18.4. Γεωπονικά καταστήματα <input type="checkbox"/>	
18.5. Διαδίκτυο <input checked="" type="checkbox"/>	
18.6. Συναδέλφους παραγωγούς <input type="checkbox"/>	
18.7. Προμηθευτή του συστήματος <input type="checkbox"/>	
18.8. Άλλο <input type="checkbox"/>	

19. Έχετε καλή συνεργασία με τα γεωπονικά καταστήματα της περιοχής και την τεχνογνωσία την οποία σας παρέχουν;

19.1. Ναι

19.2. Όχι

20. Χρησιμοποιείτε άλλες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας εκτός των προαναφερθέντων;

20.1. Ναι

20.2. Όχι

Αν ναι ποιες ;

21. Θα προτείνατε το σύστημα της υδροπονίας σε άλλους παραγωγούς;

21.1. Ναι

21.2. Όχι

Αιτιολογήστε συνοπτικά την απάντηση της παραπάνω ερώτησης:

Θα πρότεινα το σύστημα υδροπονίας σε φυτοδοχεία αλλά πιστεύω ότι υπάρχει έλλειψη τεχνογνωσίας και σωστής επικοινωνίας με άλλους παραγωγούς. Επίσης ετοιμάζω μια ερασιτεχνική καλλιέργεια μικρής έκτασης στην αυλή του σπιτιού μου για τη δική μου ευχαρίστηση και μόνο!

Καταναλωτές - Ερωτηματολόγιο α/α

1. Σε ποια ηλικιακή ομάδα ανήκετε;

1.1. 18-25

1.2. 25-35

1.3. 35-50

1.4. 50 και άνω ✓

2. Ποιο είναι το επίπεδο σπουδών σας;

2.1. Απόφοιτος Δημοτικού

2.2. Απόφοιτος Γυμνασίου/Λυκείου ✓

2.3. ΤΕΙ/ΑΕΙ

2.4. Μεταπτυχιακό Δίπλωμα

2.5. Διδακτορικό

3. Φύλο

3.1. Άνδρας

3.2. Γυναίκα ✓

4. Γίνεται διάκριση των λαχανικών υδροπονικής καλλιέργειας από τα υπόλοιπα λαχανικά στα σημεία πώλησης;

5.1. ΝΑΙ ✓

5.2. ΟΧΙ

5. Γνωρίζετε ποια λαχανικά καλλιεργούνται σε υδροπονικές καλλιέργειες;

Πιπεριά, μελιτζάνα, τομάτα

6. Έχετε φάει ποτέ λαχανικά υδροπονικής καλλιέργειας;

6.1. ΝΑΙ ✓

6.2. ΟΧΙ

7. Αν ναι, πόσο συχνά τρώτε λαχανικά υδροπονικής καλλιέργειας;

7.1. 1-2 γεύματα την εβδομάδα

7.2. 3-4 γεύματα την εβδομάδα

7.3. Περισσότερα από 5 γεύματα την εβδομάδα

7.4. Άλλο (διευκρινίστε) ✓

Δεν επιδιώκω να αγοράσω, τα βρίσκω ακριβά

8. Αν ναι, τι είδους λαχανικά υδροπονικής καλλιέργειας τρώτε;

8.1. Τομάτες ✓

8.2. Μαρούλια

8.3. Πιπεριές

8.4. Αγγούρια

8.5. Μελιτζάνες

8.6. Άλλο (διευκρινίστε)

9. Γιατί επιλέγετε να τρώτε λαχανικά υδροπονικής καλλιέργειας; (μπορείτε να επιλέξετε περισσότερες από μια απαντήσεις)

9.1. Είναι γευστικά

9.2. Είναι φρέσκα

9.3. Είναι υγιεινά

9.4. Έχουν χαμηλή τιμή

9.5. Δεν έχω φάει ποτέ λαχανικά υδροπονικής καλλιέργειας

9.6. Άλλο (διευκρινίστε) ✓

Δεν επιλέγω λόγω υψηλού κόστους

10. Θεωρείτε τα λαχανικά υδροπονικής καλλιέργειας ασφαλή για τον καταναλωτή;

Από την στιγμή που κυκλοφορούν στις αγορές ναι

11. Αν ναι, πόσο συχνά αγοράζετε λαχανικά υδροπονικής καλλιέργειας;

11.1. Συχνά

11.2. Μερικές φορές

11.3. Σπάνια ✓

12. Τι πιστεύετε για την τιμή τους;

12.1. Προσιτή

12.2. Υψηλή σε σχέση με τα συμβατικά ✓

12.3. Ακριβή

9.2. Σχόλια-συμπεράσματα

Ο κύριος Γεώργιος Χατζάκης στο ερωτηματολόγιο παραγωγών με εντυπωσίασε με τις γνώσεις του και ιδιαίτερα με τον τρόπο που τις απέκτησε, διαδικτυακά. Χωρίς να φανώ υπερβολικός, το διαδίκτυο και γενικότερα η χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών δεν ήταν κάτι που περίμενα να κατέχει σε τέτοιο βαθμό. Επίσης φάνηκα κάπως απροετοίμαστος σε δικές του ερωτήσεις, ενώ παράλληλα οι πρακτικές του γνώσεις όφειλαν να ήταν -και ήταν- πιο πολλές, δεδομένου ότι ασχολείται με τις καλλιέργειες από μικρή ηλικία. Πέρα από την ξενάγηση στα θερμοκήπιά του, μου προσέφερε κάποια από τα προϊόντα του, μου εξήγησε το λόγο που διαθέτει υδροπονικές καλλιέργειες, τις φιλοδοξίες του σε αυτές, αλλά και την αγάπη του για την ανάπτυξη του τόπου. Επίσης μου επισήμανε (κάτι που αργότερα διαπίστωσα) ότι υπήρχε μια στασιμότητα στις εξελίξεις στην ανατολική Κρήτη σε θέματα υδροπονίας, σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια. Σε εκείνο το σημείο δεν ήθελε να επεκταθεί περισσότερο λέγοντας ότι υπήρχε έλλειψη τεχνογνωσίας από συναδέλφους παραγωγούς. Συμπερασματικά πρέπει να γίνει μια προσπάθεια μαζικά από τους φορείς της περιοχής με κάποια σεμινάρια ενημέρωσης και επικοινωνίας, γιατί είναι κρίμα να πηγαίνουν χαμένες τέτοιες κλιματικές συνθήκες χωρίς να βγαίνει και το ανάλογο κέρδος από την τοπική κοινωνία.

Στο ερωτηματολόγιο καταναλωτών οι απαντήσεις της ανώνυμης γυναίκας δόθηκαν με βάση οικονομικά κριτήρια, δηλαδή είχε δοκιμάσει τα προϊόντα υδροπονικής καλλιέργειας και τα βρήκε ακριβά σε κόστος. Παρά το ότι έμεινε ικανοποιημένη από την ποιότητα προτίμησε να επιλέγει μόνο συμβατικά προϊόντα. Στην πλειοψηφία τους οι περισσότεροι καταναλωτές που συνάντησα στην Ορεστιάδα, αλλά και κάποιοι φοιτητές του ΤΕΙ Κρήτης, δεν είχαν γνώση σχετικά με την τεχνική της υδροπονίας. Ενδεχομένως μια επίσκεψη σε κάποια τοπική λαϊκή αγορά και ίσως κάποιες επιπλέον ερωτήσεις θα έδιναν μια πιο σφαιρική εικόνα αναφορικά με την κατανάλωση σε υδροπονικά προϊόντα, παρόλο που κάτι τέτοιο δεν κατέστη δυνατό στην παρούσα πτυχιακή.

Επίλογος

Η τεχνική της καλλιέργειας εκτός εδάφους παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον στον αγροτικό τομέα της χώρας μας. Θεωρείται ότι στην υδροπονία έχουμε την δυνατότητα να ελέγχουμε και να ορίζουμε πλήρως τον χώρο στον οποίο αναπτύσσονται οι ρίζες των φυτών μας, σημείο κρίσιμο για την ανάπτυξη μιας καλής καλλιέργειας με διάρκεια στο χρόνο. Επιπλέον, καθώς το υπόστρωμα είναι αδρανές, απουσιάζουν από το περιβάλλον του φυτού εχθροί και ασθένειες οι οποίοι αναπτύσσονται σε καλλιέργειες εδάφους. Έτσι γίνεται μειωμένη χρήση χημικών. Σαφή και ξεκάθαρα είναι τα πλεονεκτήματα της υδροπονίας σε σχέση με την προστασία του περιβάλλοντος. Σε μία περίοδο αυξανόμενης λειψυδρίας και μεγάλης ανησυχίας από την επιστημονική κοινότητα, η μέθοδος της υδροπονίας έρχεται να δώσει λύσεις για το μέλλον της γεωργίας καθώς μέσω αυτής επιτυγχάνεται εξοικονόμηση νερού και θρεπτικών στοιχείων, αφού το θρεπτικό διάλυμα που περισσεύει από το υπόστρωμα σε πολλές περιπτώσεις επαναχρησιμοποιείται.

Βιβλιογραφία

- 1) Σάββας, Δ. (2012). *Καλλιέργειες εκτός εδάφους*. Αθήνα: Εκδόσεις ΑγροΤύπος.
- 2) Ελαφρόπετρα ΛΑΒΑ, Μεταλλευτική & Λατομική, διαθέσιμη online: <http://www.lava.gr/products/holystone/>, τελευταία προσπέλαση την 13^η Αυγούστου 2013.
- 3) Νάνος, Κ. *Χρυσές αποδόσεις για τις υδροπονικές καλλιέργειες*. Εφημερίδα Έθνος, άρθρο διαθέσιμο online: <http://www.ethnos.gr/enttheta.asp?catid=23353&subid=2&pubid=63597662>, τελευταία προσπέλαση την 20^η Αυγούστου 2013.
- 4) Γεωδίφης (2010). *Ελαφρόπετρα ένα «περιβαλλοντικό» ορυκτό κάτω από τα πόδια μας*. Διαθέσιμο online: <http://www.geodifhs.com/4/post/2010/11/269.html>, τελευταία προσπέλαση την 2^η Αυγούστου 2013.
- 5) Πεπονάκης, Κ. (2012). *Τι καλλιέργειες μπορούν να μπουν στην υδροπονία;* Διαθέσιμο online: <https://sites.google.com/site/kpeponakis/arthra-1/eisagoge-sten-ydroponia>, τελευταία προσπέλαση την 5^η Σεπτεμβρίου 2013.
- 6) Σωτήρης, Μ. (2011). *Περλίτης*. Διαθέσιμο online: http://fytosymvoules.blogspot.gr/2011/01/blog-post_19.html, τελευταία προσπέλαση την 7^η Σεπτεμβρίου 2013.
- 7) ΑΓΡΕΚ. *Κλειστό σύστημα υδροπονίας NGS*. Διαθέσιμο online: <http://www.agrek.gr/ydroponia-kaliergies.html>, τελευταία προσπέλαση την 30^η Αυγούστου 2013.
- 8) Fytokomia. *Τι είναι η υδροπονία;* Διαθέσιμο online: <http://www.fytokomia.gr/permalink/3711.html>, τελευταία προσπέλαση την 7^η Σεπτεμβρίου 2013.
- 9) Μπράτη, Ν., Αναστασίου, Α. *Υδροπονία-Ανακύκλωση-Ποιότητα νερού*. Διαθέσιμο online: <http://www.geomations.com/GR/Hydroponics-Hortimed2001.pdf>, τελευταία προσπέλαση την 1^η Φεβρουαρίου 2014.
- 10) Zabeltitz, V. (1986). *Συστήματα θέρμανσης σε θερμοκήπια*. Διαθέσιμο online: http://www.geothermal-energy.org/geothermal_energy/what_is_geothermal_energy_greek_translation.html, τελευταία προσπέλαση την 19^η Μαρτίου 2014.
- 11) Μαυρογιαννόπουλος, Γ. (2012). *Η άρδευση των καλλιεργειών στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα*. Διαθέσιμο online: <http://mavrogiannopoulosgeorge.blogspot.gr/2012/01/blog-post.html>, τελευταία προσπέλαση την 2^η Φεβρουαρίου 2014.
- 12) Μπιτσάνης, Η. (2013). *Μεγάλες ανατροπές σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες*. Διαθέσιμο online: <http://www.eleftheriaonline.gr/stiles-sxolia/kalimera-perifereia/item/25560-thermokipio>, τελευταία προσπέλαση την 19^η Μαρτίου 2014.
- 13) ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ. *Ηλεκτρονικά όργανα ελέγχου*. Διαθέσιμο online: <http://geotherm.gr/equipment/coverage-materials/>