



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ & ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Μελέτη συστήματος ελέγχου καλλιέργειας καλαμποκιού
για την έγκαιρη λίπανση και ύδρευση»

Θεοχάρης Κωνσταντίνος 42987

Σπάνιος Γεώργιος 44514

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρόσος Χρήστος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	5
1.1. Γενικές έννοιες και ορισμοί	5
1.2. Τα συστήματα των υδροπονικών καλλιεργειών	9
1.2.1. Το σύστημα φυτιλιού	10
1.2.2. Καλλιέργεια Νερού.....	11
1.2.3. Σύστημα Ebb&Flow	11
1.2.4. Συστήματα στάγδην (ανάκτησης/ μη ανάκτησης)	13
1.2.5. Τεχνική Θρεπτικής Μembrάνης.....	14
1.2.6. Αεροπονικό σύστημα	14
1.3. Αξιολόγηση καλλιεργειών εκτός εδάφους	15
1.3.1. Πλεονεκτήματα	15
1.3.2. Μειονεκτήματα.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	18
2.1. Καλλιέργεια σε πετροβάμβακα	20
2.2. Καλλιέργεια σε περλίτη	21
2.3. Καλλιέργεια σε ελαφρόπετρα.....	22
2.4. Καλλιέργεια σε τύρφη.....	24
2.5. Καλλιέργεια σε cocosoil (κοκκόχωμα)	25
2.6. Θρεπτικό διάλυμα	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	30
3.1. Παρασκευή θρεπτικού διαλύματος.....	30
3.2. Σύστημα μεταφοράς θρεπτικού διαλύματος	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	35
4.1. Γιατί είναι απαραίτητη η χρήση αισθητήρων για την ανάλυση του νερού στις υδροπονικές καλλιέργειες.....	35
4.2. Αισθητήρες ανάλυσης νερού προς χρήση σε υδροπονικές καλλιέργειες.....	36
4.2.1. Αισθητήρες μέτρησης διαλυμένου οξυγόνου για υδροπονικές καλλιέργειες	37
4.2.2. Αισθητήρες μέτρησης διοξειδίου του άνθρακα σε υδροπονικές καλλιέργειες	39
4.2.3. Αισθητήρες για την μέτρηση της στάθμης του νερού σε υδροπονική καλλιέργεια.....	41

4.2.4. Αισθητήρες ιοντοεκλεκτικού ηλεκτροδίου για τον εντοπισμό των θρεπτικών συστατικών στις υδροπονικές καλλιέργειες.....	45
4.2.5. Λόγοι για την επιλογή ιοντοεπιλεκτικών αισθητήρων σε υδροπονική καλλιέργεια.....	47
4.2.6. Οι αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας στις υδροπονικές καλλιέργειες	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΘΡΕΨΗ - ΛΙΠΑΝΣΗ ΦΥΤΩΝ ΣΤΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	54
5.1. Διαχείριση θρέψης.....	54
5.2. Θρέψη φυτών σε κλειστά υδροπονικά συστήματα	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	59
6.1. Μέθοδοι άρδευσης.....	59
6.2. Διάρκεια και σύστημα εφαρμογής	59
6.3. Χαρακτηριστικά συστημάτων άρδευσης.....	60
6.4. Ρύθμιση συχνότητας άρδευσης.....	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ	62
7.1. Εισαγωγή	62
7.2. Άρδευση με σταγόνες και μικροεκτοξευτήρες.....	63
7.2.1. Πηγή πίεσης ή πηγή τροφοδοσίας του νερού	63
7.2.2. Κεφαλή ή κέντρο ελέγχου	63
7.2.3. Δίκτυο σωληνώσεων	66
7.2.4. Διανεμητές.....	69
7.2.5. Εξαρτήματα συνδεσμολογίας.....	73
7.3. Λειτουργία συγκροτήματος - αυτοματισμοί.....	77
7.3.1. Γενικά.....	77
7.3.2. Χειροκίνητη λειτουργία	78
7.3.3. Ημιαυτόματη λειτουργία	79
7.3.4. Διαδοχική λειτουργία	79
7.3.5. Αυτόματη λειτουργία.....	79
7.3.6. Αυτοματισμοί	80
7.3.7. Σύστημα άρδευσης με κεντρική μονάδα ελέγχου	83
7.4. Ρύθμιση πίεσης δικτύου - αεραγωγοί υδραυλικό πλήγμα	86
7.4.1. Γενικά.....	86
7.4.2. Ρύθμιση πίεσης.....	86
7.4.3. Αεραγωγοί.....	88

7.4.4. Υδραυλικό πλήγμα.....	88
7.5. Υδρολίπανση	90
7.5.1. Γενικά	90
7.5.2. Η τεχνική της υδρολίπανσης και η συμπεριφορά των λιπαντικών στοιχείων	90
7.5.3. Μέθοδοι και μέσα υδρολίπανσης - Θέση και σύνδεση μηχανισμών υδρολίπανσης.....	93
7.5.4. Σύστημα κεντρικού ελέγχου άρδευσης – λίπανσης.....	101
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	102
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	104

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε το περιεχόμενο αλλά και την σύσταση των υδροπονικών καλλιεργειών, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους, ενώ θα συζητήσουμε σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας τους και για τα βασικά τους χαρακτηριστικά.

1.1. Γενικές έννοιες και ορισμοί

Η υδροκαλλιέργεια είναι ένας τρόπος καλλιέργειας πολλών διαφορετικών τύπων φυτών χωρίς τη χρήση οποιουδήποτε είδους εδάφους. Η υδροκαλλιέργεια είναι μια μορφή υδροπονίας, και οι δύο κύριες μορφές μερικές φορές αναφέρονται ως παθητική ή ενεργητική υδροπονία (Venter, 2010: 32). Οι υδροκαλλιέργειες έχουν μια σειρά από πλεονεκτήματα σε σχέση με την παραδοσιακή γεωργία στο έδαφος, ειδικά για την καλλιέργεια φυτών στο σπίτι, και πολλοί άνθρωποι στρέφονται προς τις υδροκαλλιέργειες, προκειμένου να τους βοηθήσουν να διατηρήσουν την καλύτερη φροντίδα των φυτών στο σπίτι.



Εικόνα 1. Τυπική εικόνα υδροκαλλιέργειας

Οι περισσότερες υδροκαλλιέργειες, γίνονται χρησιμοποιώντας κάποιο είδος συσσωματώματος, το οποίο είναι ιδιαίτερα απορροφητικό, και τα θρεπτικά συστατικά προστίθενται στο συσσωμάτωμα. Η πιο κοινή μορφή συσσωματώματος είναι διαστέλλοντα βότσαλα αργίλου, τα οποία έχουν ψηθεί με τρόπο τέτοιο ώστε να έχουν μια πορώδη και ανοικτή εσωτερική δομή, και ένα σκληρό εξωτερικό κέλυφος. Αυτά τα βότσαλα απορροφούν πολύ νερό και είναι αρκετά ελαφριά και μεταφέρονται εύκολα (Μαυρογιαννόπουλος, 2007: 46).

Ακριβώς όπως το έδαφος, τα χαλίκια αργίλου μπορούν να απορροφήσουν το νερό και τα θρεπτικά συστατικά που πιθανόν να προστεθούν σε αυτά, και τα φυτά με τη σειρά τους μπορούν να συγκεντρώσουν το νερό και τα θρεπτικά συστατικά από τα βότσαλα. Η ίδια τριχοειδής δράση που λαμβάνει χώρα στο χώμα, γίνεται με αυτό το συσσωμάτωμα, αλλά έχει μερικά πλεονεκτήματα έναντι του παραδοσιακού εδάφους (χώματος). Δεδομένου ότι υπάρχει πολύς περισσότερος χώρος μεταξύ του εδάφους και εφόσον οι υδροκαλλιέργειες γίνονται συχνά σε διαφανή δοχεία, κάποιος μπορεί εύκολα να δει με μια ματιά εάν υπάρχει επαρκής ποσότητα νερού στο συσσωμάτωμα για να θρέψει το φυτό, ενώ η αδιαφάνεια εδάφους μπορεί να το κάνει δύσκολο να προσδιοριστεί. Επίσης, το επιπλέον διάστημα μεταξύ των βότσαλων σημαίνει ότι οι ρίζες των φυτών είναι σε θέση να αναπνέουν πολύ πιο εύκολα από ότι στο παραδοσιακό έδαφος, δηλαδή το χώμα, το οποίο μπορεί να βοηθήσει στην πρόληψη όλων των ειδών της σήψης και άλλων προβλημάτων που μαστίζουν τα φυτά (Μαυρογιαννόπουλος, 1994: 76).

Δεδομένου ότι τα αδρανή που χρησιμοποιούνται σε υδατοκαλλιέργειες δεν έχουν φυσικά πολλά μέταλλα και θρεπτικά συστατικά σε αυτά, αντιθέτως με το φυσικό έδαφος, και εφόσον η προσθήκη υλικών όπως λίπασμα στο συσσωμάτωμα, δεν θα ήταν εφικτή, υπάρχουν ειδικά θρεπτικά διαλύματα που χρησιμοποιούνται σε υδατοκαλλιέργειες. Οι λύσεις αυτές μπορούν να αγοραστούν σε οποιοδήποτε υδροπονικής ειδικότητας κατάστημα, και συνήθως έρχονται σε σκόνη, υγρό, δισκίο, ή ρητίνη. Οι σκόνες και τα υγρά προστίθενται απλώς στο νερό και τοποθετούνται σε διάλυμα, και στη συνέχεια το νερό προστίθεται στο δοχείο (Benton Jones, 2012: 77). Οι ρητίνες και τα

δισκία έχουν την τάση να παίρνουν πολύ περισσότερο χρόνο για να απελευθερώσουν τα συστατικά τους, και έτσι απαιτούν πολύ λιγότερη συντήρηση, με ορισμένες ρητίνες να απαιτούν την αλληλεπίδραση μόνο κάθε λίγους μήνες.

1.2. Ιστορική ανασκόπηση της καλλιέργειας εκτός εδάφους

Η υδροπονία είναι ένα υποσύνολο της υδροκαλλιέργειας και είναι μια μέθοδος καλλιέργειας φυτών με χρήση ορυκτών θρεπτικών διαλυμάτων, στο νερό, χωρίς χώμα. Τα χερσαία φυτά, μπορούν να καλλιεργηθούν με τις ρίζες τους στον ανόργανο θρεπτικό διάλυμα μόνο ή σε αδρανές μέσο, όπως ο περλίτης, το χαλίκι, ο βιοξυλάνθρακας, ο πετροβάμβακας, τα χαλίκια αργίλου ή ο φλοιός καρύδας (Benton Jones, 2012: 32).



Εικόνα 2. Απεικόνιση υδροπονικής καλλιέργειας

Ερευνητές ανακάλυψαν τον 18ο αιώνα ότι τα φυτά απορροφούν τα βασικά μεταλλικά θρεπτικά συστατικά, όπως τα ανόργανα ιόντα στο νερό. Σε φυσικές συνθήκες, το έδαφος δρα ως δεξαμενή ορυκτών θρεπτικών συστατικών, αλλά το ίδιο το έδαφος δεν είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη των φυτών. Όταν οι ανόργανες θρεπτικές ουσίες στο χώμα διαλύονται στο νερό, οι ρίζες των φυτών είναι σε θέση να τις απορροφήσουν. Όταν οι απαιτούμενες ανόργανες θρεπτικές ουσίες εισάγονται στην παροχή νερού ενός φυτού τεχνητά, το έδαφος δεν είναι πλέον απαραίτητο για το φυτό ώστε να ευδοκιμήσει (Resh, 2002: 44). Σχεδόν κάθε φυτό που μπορούμε να βρούμε φυτεμένο σε χώμα,

μπορεί να αναπτυχθεί με υδροπονία. Η υδροπονία είναι επίσης μια τυποποιημένη τεχνική στην έρευνα και τη διδασκαλία της βιολογίας.

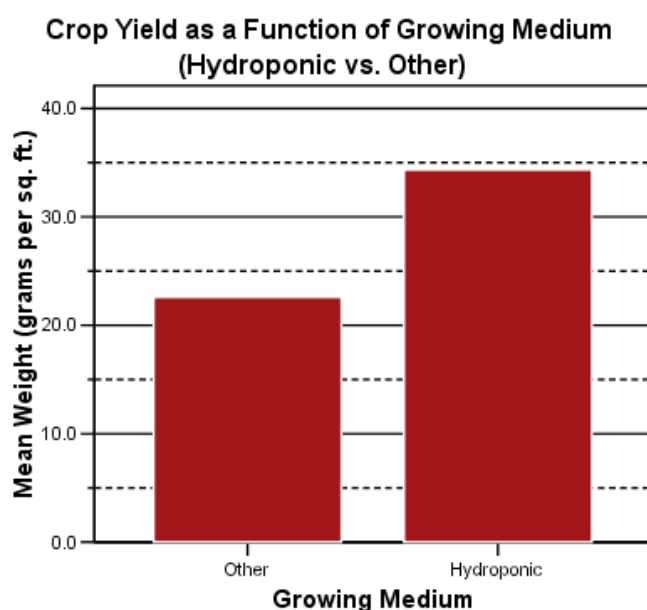
Μερικοί από τους λόγους για τους οποίους η υδροπονία εφαρμόζεται σε όλο τον κόσμο για την παραγωγή τροφίμων είναι οι ακόλουθοι:

- Δεν είναι απαραίτητο το χώμα για την υδροπονία.
- Το νερό παραμένει στο σύστημα και μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί – έτσι, υπάρχει μικρότερη απαίτηση νερού.
- Είναι δυνατόν να ελέγχονται τα επίπεδα της διατροφής στο σύνολό τους – έτσι υπάρχουν χαμηλότερες απαιτήσεις διατροφής.
- Δεν απελευθερώνεται ρύπανση λόγω της διατροφής στο περιβάλλον, λόγω του ελεγχόμενου συστήματος.
- Σταθερές και υψηλές αποδόσεις.
- Είναι πιο εύκολο να απαλλαγούμε από τα παράσιτα και τις ασθένειες από ότι στο έδαφος λόγω της κινητικότητας του δοχείου.
- Ευκολία ως προς την συγκομιδή.
- Καμία ζημία λόγω φυτοφαρμάκων.

Σήμερα, η υδροπονία αποτελεί ένα καθιερωμένο υποσύνολο της φυτοκομίας. Η πρόοδος υπήρξε ραγδαία, και τα αποτελέσματα που λαμβάνονται σε διάφορες χώρες έχουν αποδείξει ότι είναι αρκετά πρακτική και με πολύ σαφή πλεονεκτήματα σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους καλλιέργειας κηπευτικών.

Υπάρχουν δύο κύρια πλεονεκτήματα της καλλιέργειας των φυτών χωρίς χώμα. Πρώτον, η υδροπονία μπορεί δυνητικά να παράγει πολύ υψηλότερες

αποδόσεις στις καλλιέργειες. Επίσης, η υδροπονία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε χώρους όπου η γεωργία στο έδαφος δεν είναι δυνατή.



Εικόνα 3. Γράφημα σύγκρισης απόδοσης καρπών με απλή ή υδροπονική καλλιέργεια

Οι δύο κύριοι τύποι της υδροπονίας είναι η καλλιέργεια διαλύματος και η καλλιέργεια μέσου. Η καλλιέργεια διαλύματος δεν χρησιμοποιεί ένα στερεό μέσο για τις ρίζες, απλά το θρεπτικό διάλυμα. Οι τρεις κύριοι τύποι των καλλιεργειών διαλύματος είναι η στατική καλλιέργεια διαλύματος, η καλλιέργεια συνεχούς ροής διαλύματος και η αεροπονική.

Η μέθοδος μέσου καλλιέργειας έχει ένα στερεό μέσο για τις ρίζες και παίρνει το όνομα της από τον τύπο του μέσου, για παράδειγμα καλλιέργεια άμμου, καλλιέργεια χαλικιού ή καλλιέργεια πετροβάμβακα.

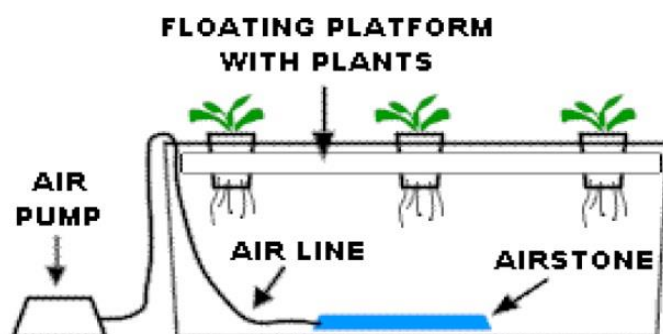
Υπάρχουν δύο βασικές παραλλαγές για κάθε μέσο, η υπο-άρδευση και η άρδευση κορυφής. Για όλες τις τεχνικές, οι περισσότερες υδροπονικά δεξαμενές είναι κατασκευασμένες από πλαστικό, αλλά υπάρχουν και άλλα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί, όπως το τσιμέντο, το γυαλί, το μέταλλο, τα φυτικά στερεά, και το ξύλο. Τα δοχεία θα πρέπει να αποκλείουν το φως για να αποτρέψουν την ανάπτυξη αλγών στο θρεπτικό διάλυμα (Peckenraugh, 2004: 61).

1.2. Τα συστήματα των υδροπονικών καλλιεργειών

Υπάρχουν 6 βασικοί τύποι υδροπονικών συστημάτων: το σύστημα φυτιλιού, η καλλιέργεια νερού, στο σύστημα Ebb & Flow, το σύστημα στάγδην (ανάκτησης ή μη ανάκτησης), το σύστημα τεχνητής θρεπτικής μεμβράνης και

το αεροπονικό σύστημα. Υπάρχουν εκατοντάδες παραλλαγές αυτών των βασικών τύπων των συστημάτων, αλλά όλες οι μέθοδοι υδροπονικής είναι μια παραλλαγή (ή συνδυασμός) αυτών των έξι (Fonteno, 1996).

1.2.1. Το σύστημα φυτιλιού

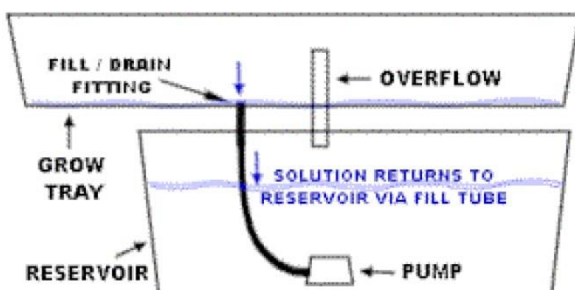


Εικόνα 4. Το σύστημα φυτιλιού

Το σύστημα φυτιλιού είναι μακράν ο απλούστερος τύπος υδροπονικού συστήματος. Αυτό είναι ένα παθητικό σύστημα, το οποίο σημαίνει ότι δεν υπάρχουν κινούμενα μέρη. Το θρεπτικό διάλυμα απορροφάται στο μέσο καλλιέργειας από το δοχείο με ένα φυτίλι (Venter, 2010: 38). Αυτό το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιήσει μια ποικιλία μέσου καλλιέργειας. Ο περλίτης, ο βερμικουλίτης, και οι ίνες καρύδας είναι από τα πιο δημοφιλή.

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτού του συστήματος είναι ότι τα φυτά που είναι μεγάλα ή χρησιμοποιούν μεγάλες ποσότητες νερού μπορούν να καταναλώσουν το θρεπτικό διάλυμα γρηγορότερα από το φυτίλι μπορεί να το προμηθεύει.

1.2.2. Καλλιέργεια Νερού



Εικόνα 5. Το σύστημα καλλιέργειας νερού

Το σύστημα καλλιέργειας νερού είναι το απλούστερο όλων των ενεργών υδροπονικών συστημάτων. Η πλατφόρμα που συγκρατεί τα φυτά είναι συνήθως κατασκευασμένη από φελιζόλ και επιπλέει απευθείας στο θρεπτικό διάλυμα. Μια αντλία τροφοδοτεί αέρα πέτρα αέρα, που δημιουργεί φυσαλίδες του θρεπτικού διαλύματος και τροφοδοτεί το οξυγόνο στις ρίζες των φυτών. Η καλλιέργεια νερού είναι το σύστημα επιλογής για την καλλιέργεια μαρουλιού, τα οποία είναι ταχέως αναπτυσσόμενα υδρόφιλα φυτά, γεγονός που την καθιστά την ιδανική επιλογή για αυτό το είδος υδροπονικού συστήματος. Πολύ λίγα φυτά εκτός από τα μαρούλια αναπτύσσονται καλά σε αυτό το είδος του συστήματος (Venter, 2010: 40).

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτού του είδους του συστήματος είναι ότι δεν λειτουργεί καλά με μεγάλες εγκαταστάσεις ή με μακρόβια φυτά.

1.2.3. Σύστημα Ebb&Flow

Το σύστημα «πλημμυρίδας και άμπωτης» λειτουργεί πλημμυρίζοντας προσωρινά το δίσκο ανάπτυξης με θρεπτικό διάλυμα και, στη συνέχεια, αποστραγγίζει το διάλυμα πίσω στη δεξαμενή. Η δράση αυτή γίνεται συνήθως με μια βυθισμένη αντλία που είναι συνδεδεμένη με ένα χρονόμετρο.

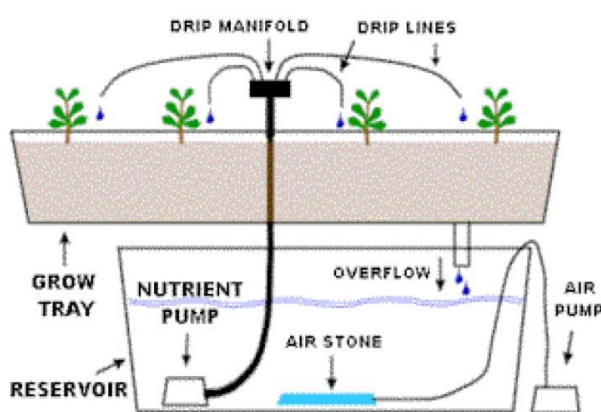


Εικόνα 6. Το σύστημα Ebb & Flow

Όταν ο χρονοδιακόπτης ενεργοποιεί την αντλία, το θρεπτικό διάλυμα αντλείται μέσα στο δίσκο ανάπτυξης. Όταν ο χρονοδιακόπτης κλείνει την αντλία, το θρεπτικό διάλυμα ρέει πίσω στη δεξαμενή. Το χρονόμετρο έχει οριστεί να ενεργοποιείται αρκετές φορές την ημέρα, ανάλογα με το μέγεθος και τον τύπο των φυτών, τη θερμοκρασία και την υγρασία και το είδος του καλλιεργητικού μέσου που χρησιμοποιείται.

Το σύστημα Ebb&Flow, είναι ένα ευέλικτο σύστημα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί με μια ποικιλία από μέσα καλλιέργειας. Το σύνολο του δίσκου ανάπτυξης μπορεί να γεμίσει με πέτρες ανάπτυξης, χαλίκι ή κοκκώδη πετροβάμβακα. Πολλοί άνθρωποι επιθυμούν να χρησιμοποιούν τα ατομικά δοχεία γεμάτα με καλλιεργητικό υπόστρωμα, γεγονός που το καθιστά ευκολότερο να μετακινηθούν τα φυτά τριγύρω ή ακόμα και να τα μετακινήσετε και εντός και εκτός του συστήματος. Το κύριο μειονέκτημα αυτού του συστήματος, είναι ότι με ορισμένους τύπους μέσου καλλιέργειας, υπάρχει ένα θέμα ευπάθειας σε διακοπές ρεύματος, καθώς και αστοχίες στην αντλία και στο χρονόμετρο. Οι ρίζες μπορούν να στεγνώσει γρήγορα, όταν οι κύκλοι ποτίσματος διακοπούν (Venter, 2010: 45). Αυτό το πρόβλημα μπορεί να ανακουφιστεί κάπως με τη χρήση καλλιεργητικών μέσων που διατηρούν περισσότερο νερό (πετροβάμβακας, βερμικουλίτης, ή ίνες καρύδας).

1.2.4. Συστήματα στάγδην (ανάκτησης/ μη ανάκτησης)



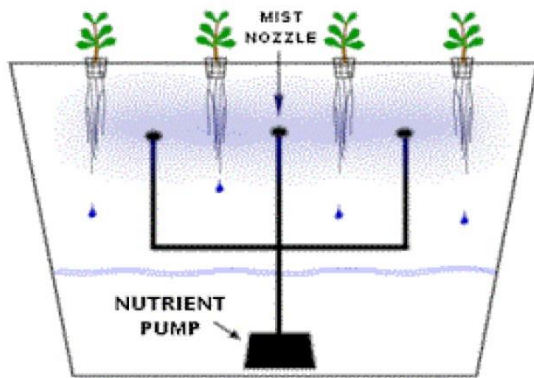
Εικόνα 7. Το σύστημα στάγδην

στάζει πάνω στη βάση του κάθε φυτού από ένα μικρό σωληνάκι. Σε ένα σύστημα στάγδην αποκατάστασης το πλεονάζον θρεπτικό διάλυμα που τρέχει μαζεύεται πίσω στο δεξαμενή για επαναχρησιμοποίηση. Το σύστημα μη ανάκτησης δεν συλλέγει τις απορροές. Ένα σύστημα ανάκτησης χρησιμοποιεί το θρεπτικό διάλυμα λίγο πιο αποτελεσματικά, καθώς η περίσσεια του διαλύματος επαναχρησιμοποιείται, και αυτό επιτρέπει επίσης τη χρήση ενός πιο φθηνού χρονοδιακόπτη διότι ένα σύστημα ανάκτησης δεν απαιτεί ακριβή έλεγχο των κύκλων ποτίσματος. Το σύστημα μη ανάκτησης πρέπει να έχει ένα πιο ακριβές χρονόμετρο έτσι ώστε οι κύκλοι ποτίσματος να μπορούν να ρυθμιστούν ώστε να διασφαλιστεί ότι τα φυτά θα πάρουν αρκετό θρεπτικό διάλυμα και η απορροή θα διατηρηθεί στο ελάχιστο.

Το σύστημα μη ανάκτησης απαιτεί λιγότερη συντήρηση, λόγω του γεγονότος ότι η περίσσεια του θρεπτικού διαλύματος δεν ανακυκλώνεται πίσω στη δεξαμενή, έτσι η αντοχή των θρεπτικών συστατικών και το pH της δεξαμενής δεν θα διαφέρουν. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί κανείς να γεμίσει το δοχείο με το θρεπτικό διάλυμα με ρυθμισμένο pH, και στη συνέχεια, να το αφήσει μέχρι να χρειαστεί να προσθέσει περισσότερο (Venter, 2010: 51). Ένα σύστημα ανάκτησης μπορεί να έχει μεγάλες μετατοπίσεις pH και στα επίπεδα ισχύος των θρεπτικών ουσιών που απαιτούν περιοδικό έλεγχο και ρύθμιση.

Τα συστήματα στάγδην είναι πιθανώς τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα υδροπονικά συστήματα στον κόσμο. Η λειτουργία είναι απλή: ένα χρονόμετρο ελέγχει μια βυθισμένη αντλία. Ο χρονοδιακόπτης ενεργοποιεί την αντλία και το θρεπτικό διάλυμα

1.2.5. Τεχνική Θρεπτικής Μembrάνης



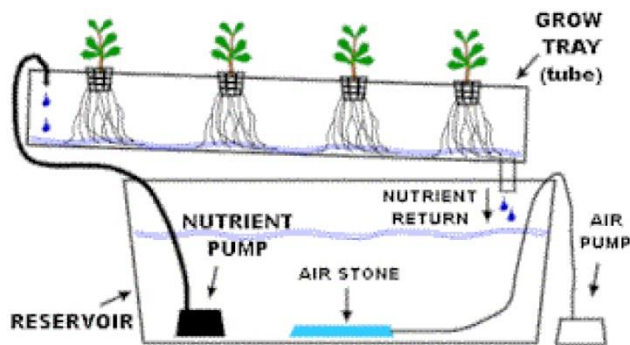
Εικόνα 8. Το σύστημα τεχνικής θρεπτικής μεμβράνης

Αυτό είναι το είδος του υδροπονικού συστήματος, που οι περισσότεροι άνθρωποι σκέφτονται όταν μιλούν για υδροπονία. Τα συστήματα αυτά έχουν μια σταθερή ροή θρεπτικού διαλύματος, έτσι δεν υπάρχει χρονόμετρο που απαιτείται για την υποβρύχια αντλία. Το θρεπτικό διάλυμα αντλείται εντός του δίσκου ανάπτυξης (συνήθως με ένα σωλήνα) και ρέει πάνω από τις ρίζες των φυτών, και στη συνέχεια αποστραγγίζεται πίσω στη δεξαμενή.

Συνήθως δεν υπάρχει καλλιεργητικό μέσο που χρησιμοποιείται, πλην του αέρα, γεγονός που αποκαθιστά το κόστος της αντικατάστασης του μέσου ανάπτυξης μετά από κάθε καλλιέργεια. Συνήθως το φυτό στηρίζεται σε ένα μικρό πλαστικό καλάθι με τις ρίζες να κρέμονται μέσα στο θρεπτικό διάλυμα (Venter, 2010: 53). Τα συστήματα αυτά είναι πολύ ευαίσθητα σε διακοπές ρεύματος και σε αστοχίες της αντλίας. Οι ρίζες στεγνώνουν πολύ γρήγορα όταν η ροή του θρεπτικού διαλύματος διακόπτεται.

1.2.6. Αεροπονικό σύστημα

Το αεροπονικό σύστημα είναι ίσως το πιο υψηλής τεχνολογίας σύστημα της υδροπονικής κηπουρικής. Όπως και στο σύστημα θρεπτικής μεμβράνης, πάνω από το μέσο ανάπτυξης υπάρχει κατά κύριο λόγο αέρας. Οι ρίζες κρέμονται στον αέρα και υγραίνονται με θρεπτικό διάλυμα. Οι ψεκασμοί γίνονται συνήθως κάθε λίγα λεπτά. Επειδή οι ρίζες εκτίθενται στον αέρα,



Εικόνα 9. Το αεροπονικό σύστημα

όπως και στο προηγούμενο σύστημα, οι ρίζες θα στεγνώνουν πολύ γρήγορα, αν οι κύκλοι ψεκασμού διακοπούν.

Ένα χρονόμετρο ελέγχει την αντλία των θρεπτικών

συστατικών όπως και σε άλλα είδη υδροπονικών συστημάτων, εκτός και αν το αεροπονικό σύστημα χρειάζεται ένα σύντομου κύκλου χρονόμετρο, που τρέχει την αντλία για λίγα δευτερόλεπτα κάθε δύο λεπτά (Venter, 2010: 57).

1.3. Αξιολόγηση καλλιεργειών εκτός εδάφους

1.3.1. Πλεονεκτήματα

Οι σπουδαιότεροι λόγοι για να επιλέξει κανείς την υδροπονική έναντι της τυπικής καλλιέργειας είναι οι ακόλουθοι.

- Απομόνωση από το έδαφος. Η φύτευση πραγματοποιείται σε κατάλληλο ύψος, όπου η ρύπανση του εδάφους δεν έχει καμία επίπτωση. Τα φυτά καλλιεργούνται σε δοχεία νερού ή σε χαμηλού κόστους φυσικά υποστρώματα (άμμος, φλοιός ρυζιού, ελαφρόπετρα, κλπ.). Με αυτό το σύστημα, είναι δυνατό να αναπτυχθεί ένα τεράστιο φάσμα λαχανικών.
- Χρήση περιορισμένου χώρου. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της υδροπονίας είναι η δυνατότητα χρησιμοποίησης των αστικών χώρων που μέχρι τώρα δεν είχε θεωρηθεί κατάλληλη για την καλλιέργεια τροφίμων.
- Υψηλή αποτελεσματικότητα στη χρήση του νερού άρδευσης. Το νερό ανακυκλώνεται και δεν ρυπαίνει το περιβάλλον.

- Ευκολία αντιμετώπισης των ασθενειών και των ζιζανίων. Τα υδροπονικά συστήματα διευκολύνουν την υιοθέτηση των προγραμμάτων ολοκληρωμένης διαχείρισης επιβλαβών οργανισμών (IPM). Υπάρχει επίσης μια σημαντική μείωση της χρήσης των χημικών ουσιών, που πιθανόν χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο παρασίτων και των ζιζανίων. Επιπλέον, ούτε το προϊόν ούτε το περιβάλλον είναι μολυσμένο από χημικές ουσίες.
- Υψηλότερες αποδόσεις και μικρότερους χρόνους μεταξύ των συγκομιδών. Ως εκ τούτου, η συνολική παραγωγή είναι μεγαλύτερη από ό, τι στην περίπτωση των συμβατικών συστημάτων εδάφους.
- Εύκολο να το μάθεις. Η τεχνική είναι εύκολη να την καταλάβει κανείς, δεν απαιτεί προηγούμενη γνώση καθώς και τα συγκεκριμένα αποτελέσματα επιτυγχάνονται γρήγορα.
- Πιθανή χρήση ανακυκλωμένων υλικών. Είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ανακυκλωμένα υλικά για την κατασκευή συστημάτων ανάπτυξης. Στη συνέχεια, οι καλλιεργητές μπορούν να χρησιμοποιούν υλικά που έχουν διαθέσιμα, π.χ. ξύλο, υλικά συσκευασίας μίας χρήσης.
- Πηγή εισοδήματος από άμεσες πωλήσεις. Μπορεί να αποτελέσει περίπτωση μικρής ή μεγάλης επιχείρησης.
- Τα παραγόμενα τρόφιμα είναι υψηλής ποιότητας. Τα φρούτα και τα λαχανικά έχουν υψηλή βιολογική και διατροφική αξία. Οι καλλιέργειες τροφοδοτούν προϊόντα για κατανάλωση στα νοικοκυριά όταν είναι έτοιμα να χρησιμοποιηθούν. Ως εκ τούτου, τα προϊόντα είναι φρέσκα και έχουν τις θρεπτικές και θεραπευτικές ιδιότητες τους ανέπαφες (βιταμίνες, μέταλλα, φυτο-θρεπτικά συστατικά, κλπ) (Μαυρογιαννόπουλος, 2007: 85).

1.3.2. Μειονεκτήματα

Όσον αφορά τα μειονεκτήματα, θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ότι, χωρίς το χώμα ως ρυθμιστικό, οποιαδήποτε αποτυχία στο υδροπονικό σύστημα οδηγεί σε ταχύ θάνατο του φυτού. Άλλα μειονεκτήματα περιλαμβάνουν επιθέσεις παθογόνων όπως η βερτισιλλίωση που προκαλείται από τα υψηλά επίπεδα υγρασίας που συνδέονται με την υδροπονία. Επίσης, πολλά υδροπονικά φυτά απαιτούν διαφορετικά λιπάσματα και συστήματα συγκράτησης (Resh, 2002: 47).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ **ΕΔΑΦΟΥΣ**

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

Τα υποστρώματα είναι πορώδη υλικά που δεν προκαλούν φυτοτοξικότητα και χρησιμοποιούνται για να υποκαταστήσουν το έδαφος ως μέσου ανάπτυξης του ριζικού συστήματος των φυτών. Ειδικότερα, τα υποστρώματα υποκαθιστούν το έδαφος ως προς τις εξής λειτουργίες του (Benton Jones, 2012):

1. Παροχή νερού στα φυτά
2. Παροχή θρεπτικών στοιχείων στα φυτά
3. Παροχή οξυγόνου στη ρίζα
4. Στήριξη των φυτών

Χημικά αδρανή υποστρώματα: Είναι πορώδη υλικά τα οποία δεν ασκούν καμία ρύθμιση στην προσφορά θρεπτικών στοιχείων στα φυτά, με συνέπεια να είναι δυνατός ο πλήρης έλεγχος της θρέψης μέσω της λίπανσης και μόνο. Τα συστατικά του υποστρώματος δηλαδή δεν διαθέτουν ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και επομένως δεν συγκρατούν αλλά και δεν αποδίδουν ανόργανα ιόντα στο περιεχόμενο σε αυτά θρεπτικό διάλυμα (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Χημικά ενεργά υποστρώματα: Έχουν σημαντική ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων. Τα υποστρώματα αυτά περιέχουν είτε αργιλλικά ορυκτά (π.χ. βερμικουλίτης) είτε οργανική ουσία (συνήθως τύρφη).

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

- σταθερή δομή, ώστε να μην αποσυντίθεται εύκολα
- ικανοποιητική αναλογία μεταξύ νερού και αέρα στην κατάσταση της υδατοϊκανότητας
- ομοιομορφία στην σύσταση, στην εμφάνιση και στην συμπεριφορά από άποψη θρέψης.
- απαλλαγμένο από παθογόνα, ζωικούς εχθρούς και σπόρους ζιζανίων
- εύκολο στη χρήση του και γενικά στους καλλιεργητικούς χειρισμούς
- σχετικά χαμηλό κόστος.

Εκτός από αυτά τα χαρακτηριστικά ένα καλό υπόστρωμα θα πρέπει ή να είναι χημικά αδρανές ή να διαθέτει μεγάλη ανταλλακτική ικανότητα και κατάλληλο pH εφόσον είναι χημικά ενεργό(Σάββας, 2012).

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι φυσικοχημικές ιδιότητες διαφόρων υποστρωμάτων όπως ο πετροβάμβακας, ο περλίτης, η ελαφρόπετρα, η τύρφη και το cocosoil (κοκκόχωμα).

Υποστρώματα	Όγκος πορώδεις V %	Περιεκτικότητα πορώδους σε αέρα % (σε μύζηση 10 cm)	Συγκράτηση νερού % (σε μύζηση 10 cm)	pH	Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) (ms / cm)	Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (CEC) (meq / 100 gr)
Πετροβάμβακας	95	20	75	5,5 - 6	0,05	0 - 0,5
Περλίτης	95	75	20 - 40	7 - 7,5	0,03	0
Ελαφρόπετρα	65	30 - 40	25 - 35	8 - 8,5	0,45	0
Τύρφη	95	25 - 35	70	3,5 - 4,5	-	100
Cocosoil (κοκκόχωμα)	95	30	65	5,5	< 0,5	0,5 - 1

2.1. Καλλιέργεια σε πετροβάμβακα

Ο πετροβάμβακας είναι το πλέον διαδεδομένο διεθνώς υπόστρωμα υδροπονικών καλλιεργειών. Είναι ένα ανόργανο ινώδες υλικό το οποίο παράγεται με θερμική επεξεργασία ενός μείγματος που αποτελείται κατά 60 % από διαβάση, 20 % από ασβεστόλιθο και 20 % από άνθρακα. Το μείγμα αυτό θερμαίνεται στους 1600°C. Ο άνθρακας χρησιμεύει κυρίως σαν καύσιμη ύλη για την επίτευξη αυτής της θερμοκρασίας. Σ' αυτή τη θερμοκρασία, το μείγμα ρευστοποιείται και οδηγείται σε ένα περιστρεφόμενο τύμπανο από τον χώρο του οποίου εξέρχεται σε μορφή λεπτών βελονών πάχους 6 - 8 μικρών (μ), δηλαδή 0,005 mm και μήκους 3 mm. Στη συνέχεια οι λεπτές αυτές βελόνες συμπλέκονται και συγκολλώνται μεταξύ τους σε μια χαλαρή πλέξη με την βοήθεια μιας συνδετικής ρητινικής ουσίας που ονομάζεται βακελλίτης, οπότε προκύπτει ένα προϊόν ελαφρύ και πορώδες με βαμβακώδη εμφάνιση. Το υλικό αυτό έχει περίπου 92 - 96 % πορώδες, ειδικό βάρος γύρω στα 60 - 100 Kg/m³ και μπορεί να λάβει οποιοδήποτε σχήμα. Για χρήση στη γεωργία συνήθως χρησιμοποιούνται ορθογώνιες πλάκες (για καλλιέργεια των φυτών μετά την μεταφύτευση)(Peckenrauch, 2004).

Για γεωργική χρήση ο πετροβάμβακας διατίθεται τόσο σε μορφή κύβων (για προβλάστηση και παραγωγή πολλαπλασιαστικού υλικού) όσο και σε μορφή ορθογώνιων πλακών με διαστάσεις ανάλογες με το είδος του φυτού που πρόκειται να καλλιεργηθεί πάνω τους. Επιπλέον, το μήκος και το πλάτος των πλακών και των κύβων επιλέγεται και ανάλογα με την διάταξη των φυτών στο θερμοκήπιο και κυρίως ανάλογα με τον επιζητούμενο όγκο υποστρώματος ανά φυτό. Το ύψος όμως τόσο των πλακών όσο και των κύβων εκλέγεται κυρίως με βάση τις υδραυλικές ιδιότητες του υλικού(Venter, 2010).

Χημικά ο πετροβάμβακας συνίσταται από οξείδια διαφόρων ανοργάνων στοιχείων και κυρίως του πυριτίου, του ασβεστίου, του σιδήρου, του μαγνησίου και του αργιλίου. Παρακάτω δίνεται ενδεικτικά η χημική σύνθεση δύο διαφορετικής προέλευσης τύπων πετροβάμβακα. Τα οξείδια που συμμετέχουν στην σύνθεσή του πετροβάμβακα είναι πρακτικά αδιάλυτα όταν

το pH του θρεπτικού διαλύματος κυμαίνεται μεταξύ 5,5 - 6,5. Εκτός αυτού, κανένα από τα προαναφερθέντα οξείδια δεν φέρει θέσεις ελεύθερων ηλεκτρικών φορτίων όπως τα κολλοειδή του εδάφους και επομένως ο πετροβάμβακας στερείται ανταλλακτικής ικανότητας. Γι' αυτό το λόγο ο πετροβάμβακας θεωρείται ότι είναι ένα χημικά αδρανές υλικό. Έτσι η θρέψη των φυτών μπορεί να ελέγχεται και να ρυθμίζεται πλήρως μέσω της χορήγησης θρεπτικού διαλύματος κατάλληλης σύστασης.

Μολονότι ο πετροβάμβακας σε όλη την διάρκεια της καλλιέργειας συμπεριφέρεται ως ένα χημικά αδρανές υλικό, κατά την αρχική του διαβροχή με θρεπτικό διάλυμα η τιμή του pH ανυψώνεται κατά 1 - 2 μονάδες. Γι' αυτό το λόγο η τιμή του pH του θρεπτικού διαλύματος κατά την αρχική διαβροχή των πλακών του πετροβάμβακα θα πρέπει να είναι χαμηλότερη (pH περίπου 4,5 - 5,0) από την τιμή που θα έχει αργότερα (5,5 - 5,7), όταν δηλαδή τοποθετηθούν τα φυτά πάνω του. Με τον τρόπο αυτό, η τιμή του pH μέσα στις πλάκες του πετροβάμβακα γίνεται κατορθωτό να συγκρατηθεί μεταξύ 6,0 - 6,5 (Al Naddaf, et al, 2011).

2.2. Καλλιέργεια σε περλίτη

Ο περλίτης είναι ηφαιστειακό, υαλώδες αργιλλοπυριτικό πέτρωμα λευκού χρώματος, το οποίο περιέχει και κρυσταλλικό νερό σε ποσοστό 2 - 6 %. Το πρωτογενές ορυκτό, όταν θερμανθεί για σύντομο χρόνο στους 1200 - 1300°C, διογκώνεται και σχηματίζει μια αφρώδη μάζα δεκαπλασίου εως εικοσαπλασίου περίπου όγκου από τον αρχικό. Η ιδιότητα του αυτή χρησιμοποιείται από την βιομηχανία για την δημιουργία ενός κοκκώδους υλικού με πλούσιο πορώδες, το οποίο έχει μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού. Το νερό συγκρατείται κυρίως στους μικρούς πόρους, ενώ στους μεγαλύτερους που υπάρχουν μεταξύ των κόκκων του περλίτη παραμένει αέρας και μετά την διαβροχή του υλικού. Στην Ελλάδα υπάρχουν σημαντικά κοιτάσματα περλίτη στα νησιά Μήλο, Αντίπαρο, Νίσσυρο, Κώ, κ.λπ.. Σήμερα ο ελληνικός περλίτης προέρχεται κυρίως από τη Μήλο. Το μέγεθος των κόκκων που συνιστάται για υδροπονία είναι 6 - 4 mm (διάμετρος). Το ολικό

πορώδες του περλίτη ανέρχεται στο 95 %, η ικανότητα συγκράτησης νερού σε 200 - 450 % του βάρους του (ανάλογα με τη κοκκομετρική του σύσταση) και το ειδικό του βάρος στα 40 - 150 Kgr/m³(White & Mastalerz, 1966).

Μια ποσότητα 2 - 5 λίτρων περλίτη ανά φυτό είναι επαρκής για την καλλιέργεια των κυριότερων ανθοκομικών φυτών. Ο περλίτης μπορεί να τοποθετηθεί είτε σε σάκους είτε σε γλάστρες είτε σε άλλου τύπου φυτοδοχεία. Μπορεί επίσης να απλωθεί μέσα σε υδροροές οι οποίες στη συνέχεια καλύπτονται από πάνω με φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου. Το τελευταίο αυτό σύστημα όμως παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα, κυριότερο από τα οποία είναι η ανάγκη χρησιμοποίησης μεγαλύτερων ποσοτήτων περλίτη ανά φυτό(Al Naddaf, et al, 2011).

2.3. Καλλιέργεια σε ελαφρόπετρα

Η ελαφρόπετρα είναι το κοινό όνομα του ορυκτού κιζιρίτης. Πρόκειται για ένα αργιλλοπηριτικό ηφαιστειογενές ορυκτό το οποίο δεν έχει την συμπαγή υφή άλλων πετρωμάτων αλλά φέρει εκτεταμένο πορώδες σε όλη του τη μάζα. Η ύπαρξη ενός τόσο εκτεταμένου πορώδους καθιστά την ελαφρόπετρα ένα πέτρωμα με χαμηλό ειδικό βάρος. Σε αυτήν ακριβώς την φυσική της ιδιότητα οφείλει και το όνομά της. Ο σχηματισμός των πόρων στην ελαφρόπετρα οφείλεται στην διαφυγή ηφαιστειακών αερίων μέσα από την μάζα της κατά τον χρόνο που ελάμβανε χώρα η ψύξη της λάβας. Στην φύση η ελαφρόπετρα συναντάται σε μορφή μεγάλων πλακών ή τεμαχίων. Για να χρησιμοποιηθεί για καλλιέργεια φυτών θα πρέπει να θρυμματίζεται σε λατομεία σε μικρούς κόκκους μεγέθους μέχρι 4 ή το πολύ μέχρι 8 mm. Αυτό όμως δεν αποτελεί πρόβλημα δεδομένου ότι η ελαφρόπετρα χρησιμοποιείται και ως οικοδομικό υλικό με αποτέλεσμα να υπάρχουν αρκετά λατομεία τα οποία την τεμαχίζουν σε μέγεθος ψηφίδας ή ακόμη και χονδρής άμμου. Στην Ελλάδα υπάρχουν εκτεταμένα κοιτάσματα ελαφρόπετρας στα νησιά του Αιγαίου (Κυκλάδες, Δωδεκάνησα) από τα οποία τα σημαντικότερα βρίσκονται στην Νίσυρο. Ως εκ τούτου, η εξεύρεση της είναι εύκολη σε ποσότητες που ξεπερνούν κατά πολύ

την όποια ζήτηση αναμένεται να δημιουργηθεί για χρήση σε υδροπονικές καλλιέργειες στη χώρα μας(Μαυρογιαννόπουλος, 2007).

Το μεγάλο πλεονέκτημα που έχει η ελαφρόπετρα είναι η πολύ χαμηλή τιμή της η οποία είναι σημαντικά χαμηλότερη ακόμη και από αυτή του περλίτη (2 - 3 φορές χαμηλότερη). Σε σύγκριση μάλιστα με το κόστος αγοράς διαφόρων εισαγομένων υποστρωμάτων (πετροβάμβακας, διογκωμένη άργιλλος, κ.λπ.) η δαπάνη αγοράς ελαφρόπετρας είναι θεαματικά μικρότερη. Εκτός όμως από την χαμηλή τιμή της η ελαφρόπετρα έχει επιδείξει άριστη καλλιεργητική συμπεριφορά στις δοκιμές και τα πειράματα που έχουν γίνει μέχρι σήμερα με τομάτες, τριαντάφυλλο, γαρίφαλο, χρυσάνθεμο, κ.λπ.. Γι' αυτούς τους λόγους, τα τελευταία χρόνια η ελαφρόπετρα έχει καταστεί ένα πολύ ενδιαφέρον υπόστρωμα για υδροπονικές καλλιέργειες, τόσο στην Ελλάδα όσο και διεθνώς(Σάββας, 2012).

Η ελαφρόπετρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα υδροπονίας είτε ως έχει είτε μετά από κοσκίνισμα (ώστε να απομακρυνθεί το κονιοποιημένο κλάσμα) είτε μετά από ξέπλυμα. Από τα μέχρι σήμερα δεδομένα που έχουν προκύψει τόσο από την έρευνα όσο και από την καλλιεργητική τεχνική φαίνεται ότι τόσο το κοσκίνισμα όσο και το ξέπλυμα δεν βελτιώνουν την καλλιεργητική συμπεριφορά της ελαφρόπετρας ενώ αυξάνουν το κόστος εγκατάστασης της καλλιέργειας. Έχει διαπιστωθεί επίσης ότι το καταλληλότερο κοκκομετρικό κλάσμα ελαφρόπετρας για υδροπονικές καλλιέργειες είναι αυτό των 4 - 5 mm.

Η ελληνική ελαφρόπετρα έχει φαινόμενο ειδικό βάρος (F.E.B.) 0,6 - 0,8 Kg / L. Το ολικό πορώδες της ελληνικής ελαφρόπετρας κυμαίνεται γύρω στο 70 - 75 % (το κοσκίνισμα και το ξέπλυμα τείνουν να το αυξήσουν) και το pH στο 7,3. Η ελαφρόπετρα έχει χαμηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων με συνέπεια να συμπεριφέρεται σχεδόν ως χημικά αδρανής (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Εκτός από την χαμηλή τιμή και την πολύ καλή καλλιεργητική συμπεριφορά η ελαφρόπετρα διαθέτει και ένα ακόμη πλεονέκτημα. Είναι ένα υλικό το οποίο

μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί αρκετές φορές. Σε περίπτωση επαναχρησιμοποίησης της όμως, πριν την εγκατάσταση νέας καλλιέργειας συνιστάται να απολυμαίνεται. Η ελαφρόπετρα μπορεί να απολυμανθεί εύκολα και αποτελεσματικά με ατμό. Η ελαφρόπετρα μπορεί να τοποθετηθεί σχεδόν σε κάθε είδους υποδοχείς υποστρωμάτων. Κατά κανόνα όμως τοποθετείται είτε σε φυτοδοχεία (συνήθως γλάστρες) είτε σε σάκους καλλιέργειας. Τόσο οι γλάστρες όσο και οι σάκοι μπορούν να είναι διαφόρων μεγεθών, ανάλογα με το είδος του καλλιεργούμενου φυτού. Ο όγκος υποστρώματος ανά φυτό σε γενικές γραμμές συνιστάται να είναι ο ίδιος ή ελαφρώς μεγαλύτερος (μέχρι περίπου 20%) με αυτόν που συνιστάται για καλλιέργειες σε πετροβάμβακα (Resh, 2002).

2.4. Καλλιέργεια σε τύρφη

Το πιο συνηθισμένο οργανικό υπόστρωμα που χρησιμοποιείται για την καλλιέργεια φυτών εκτός εδάφους είναι η τύρφη. Η τύρφη είναι φυσικό υλικό. Προέρχεται από την αποδόμηση της υδροχαρούς βλάστησης που φύεται σε ελώδεις περιοχές και γενικότερα σε υγρότοπους. Σε τέτοιες περιοχές, με την πάροδο του χρόνου έχουν σχηματισθεί ολόκληρα κοιτάσματα, από τα οποία η τύρφη εξορύσσεται, υφίσταται κάποια επεξεργασία (απολύμανση, άλεσμα, ομογενοποίηση, κ.λπ.) και συσκευάζεται σε βιομηχανική κλίμακα. Γενικά υπάρχουν δύο τύποι τύρφης, η ξανθιά και η μαύρη τύρφη (Fonteno, 1996).

Η ξανθιά τύρφη έχει ινώδη υφή και δομή σταθερότερη από αυτή της μαύρης δεδομένου ότι η υδροχαρής βλάστηση από την οποία προέρχεται είναι νεώτερης ηλικίας σε σύγκριση με την τελευταία και συνεπώς έχει υποστεί αποσύνθεση (χουμοποίηση) σε μικρότερο βαθμό από αυτή. Το φαινόμενο ειδικό βάρος της κυμαίνεται μεταξύ 50 - 100 g / l. Προέρχεται κυρίως από την Ρωσία και τις βαλτικές χώρες αλλά και από αρκετές άλλες βορειοευρωπαϊκές χώρες. Έχει εκτεταμένο πορώδες (90 - 95 % του όγκου της) με καλή αναλογία

μεταξύ μικρών και μεγάλων πόρων με συνέπεια να διακρίνεται από μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού και αέρα. Διαβρέχεται όμως δύσκολα και γι' αυτό θα πρέπει να ποτίζεται με νερό τουλάχιστον 1 - 2 ημέρες πριν την χρησιμοποίησή της. Έχει ικανοποιητική ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, όμως στην φυσική της κατάσταση τα αρνητικά φορτία των κolloειδών είναι κορεσμένα κυρίως με ιόντα υδρογόνου, με συνέπεια να είναι φτωχή σε θρεπτικά στοιχεία και να έχει χαμηλό pH (3,5 - 4,0). Γι' αυτό η ξανθιά τύρφη, πριν χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους είτε αμιγής είτε σε μείγματα, θα πρέπει απαραίτητα να αναμειγνύεται με μία μικρή ποσότητα ανθρακικού ασβεστίου (CaCO₃) σε ποσότητα 4 - 6 kg/m³ για την ρύθμιση του pH της (Peckenraugh, 2004).

Η μαύρη τύρφη βρίσκεται σε πιο προχωρημένο στάδιο αποσύνθεσης από την ξανθιά τύρφη και γι' αυτό δεν έχει τόσο σταθερή δομή. Σε σύγκριση με την ξανθιά τύρφη έχει μεγαλύτερο φαινόμενο ειδικό βάρος (120 - 200 g / l) και πιο περιορισμένης έκτασης πορώδες, με συνέπεια η ικανότητα συγκράτησης νερού να είναι ελαφρώς μικρότερη ή η αεροπερατότητα της σαφώς χαμηλότερη. Αντίθετα, η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων της μαύρης τύρφης είναι πολύ μεγάλη (300 - 500 meq / l). Κοιτάσματα μαύρης τύρφης υπάρχουν και στην Ελλάδα, με πιο σημαντικά αυτά των Φιλιππων στην Ανατολική Μακεδονία.

2.5. Καλλιέργεια σε cocosoil (κοκκόχωμα)

Το κοκκόχωμα στην πραγματικότητα είναι ένα φυτόχωμα που προέρχεται από την αποσύνθεση των περιβλημάτων της ινδικής καρύδας. Είναι πλούσιο σε οργανική ουσία και παρουσιάζει πολύ καλή συμπεριφορά τόσο όσον αφορά στις φυσικές του ιδιότητες (ικανότητα συγκράτησης νερού, αεροπερατότητα, κ.λπ.) όσο και όσον αφορά την θρέψη των φυτών. Σε αυτό το τελευταίο συμβάλλει κυρίως το γεγονός ότι έχει χαμηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων με συνέπεια, πρακτικά να συμπεριφέρεται ως αδρανές υπόστρωμα. Κατά συνέπεια, όταν η κοκκοτύρφη τροφοδοτείται με ένα πλήρες θρεπτικό διάλυμα, η θρέψη των φυτών δεν επηρεάζεται

σημαντικά από άλλους, μη προβλέψιμους και αστάθμητους παράγοντες. Το μειονέκτημά του είναι ότι από κάποια στιγμή και μετά αρχίζει σιγά – σιγά να αποσυντίθεται και επομένως αρχίζει να συμπεριφέρεται ως ένα χημικά πολύ ενεργό υλικό. Χρησιμοποιείται κυρίως σε ανθοκομικές καλλιέργειες παραγωγής δρεππών ανθέων, όπως το τριαντάφυλλο και η ζέρμπερα(Fonteno, 1996).

Είναι υλικό με υψηλό πορώδες 95 - 97 % και χαμηλή πυκνότητα 82 kg / m³. Το pH κυμαίνεται από 5 έως 6 και έχει μέση ως υψηλή ρυθμιστική και εναλλακτική ικανότητα (39 - 69 meq / 100 gr). Έχει επίσης υψηλή υδατοϊκανότητα.

Σήμερα χρησιμοποιείται ευρύτατα για να αντικαταστήσει την τύρφη. Η καλλιέργεια γίνεται σε σάκους ή σε δοχεία όπως και στην περίπτωση της τύρφης. Στην αγορά υπάρχουν προϊόντα λιγότερο ή περισσότερο ζυμωμένα που προσφέρουν περισσότερο ή λιγότερο αερισμό στην περιοχή της ρίζας, ανάλογα με τις απαιτήσεις των διαφόρων καλλιεργειών.

Συχνά βρίσκονται προϊόντα με υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να μετράται η περιεκτικότητά τους σε άλατα πριν χρησιμοποιηθούν και να ξεπλένονται με άφθονο νερό όταν χρειάζεται (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Ο κοκκοφοίνικας είναι ένα υλικό οργανικής προέλευσης με πολύ καλά χαρακτηριστικά σχετικά με την υδατοϊκανότητα, την αεροϊκανότητα κ.α. Παράγεται μετά από επεξεργασία της καρύδας και τα βασικά συστατικά του είναι:

- Το τρίμα του φλοιού cocopeat
- Οι λεπτές ίνες coco fibre
- Τα κομμάτια φλοιού coco husks

Το κατάλληλο μείγμα των παραπάνω δημιουργεί το υλικό που είναι γνωστό ως cocosoil. Ο κοκκοφοίνικας προέρχεται από το παχύ μεσοκάρπιο του καρπού της καρύδας. Έτσι, είναι ένα υλικό απαλλαγμένο από ασθένειες. Στο εμπόριο διατίθεται σε σάκους καλλιέργειας και σε τούβλα συμπιεσμένου

υλικού που μετά την αποσυμπίεσή του μπορεί να χρησιμοποιηθεί για καλλιέργεια σε γλάστρες, σε κανάλια και σε σάκους μετά από ανάμιξη με άλλο υλικό (Σάββας, 2012).

Το cocosoil είναι ένα υλικό με πολλά προτερήματα έναντι άλλων υποστρωμάτων καθώς η προέλευση του κάνει την προσφορά του στην αγορά γρήγορη και απρόσκοπτη. Η περιεκτικότητά του σε λιγνίνη είναι 45,5 %, διατηρώντας έτσι τα φυσικά του χαρακτηριστικά για μεγάλο σχετικά χρονικό διάστημα. Η οργανική του φύση το κάνει ένα υλικό που προσφέρει θρεπτικά στοιχεία στην εκάστοτε καλλιέργεια. Δεν περιέχει εδαφικές προσμίξεις και το pH του είναι 5,5. Παρόλα αυτά χρειάζεται προετοιμασία πριν τη φύτευση έτσι ώστε να μην υπάρχουν προβλήματα θρέψης καθώς το KNO_3 αντικαθίσταται από $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

Σήμερα μπορεί να βρει κανείς στην αγορά εκτός του απλού cocosoil τα εξής:

- Ουδετεροποιημένο cocosoil μετά από μεταχείριση με $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- Ενσωματωμένο με $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- Ξεπλυμένο cocosoil

Στην πρώτη περίπτωση το υπόστρωμα είναι έτοιμο για χρήση έχοντας χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα. Στην δεύτερη περίπτωση το υπόστρωμα χρειάζεται ξέπλυμα για 2 ώρες περίπου με διάλυμα CaNO_3 , ενώ το ξεπλυμένο προϊόν έχει χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα, δεν είναι όμως σταθεροποιημένο αφού έχει ξεπλυθεί με σκέτο νερό(Σάββας, 2012).

2.6. Θρεπτικό διάλυμα

Στην υδροπονία χρησιμοποιούνται πλήρη θρεπτικά διαλύματα, δηλαδή υδατικά διαλύματα που περιέχουν όλα τα απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών ανόργανα θρεπτικά στοιχεία, εκτός από τον άνθρακα τον οποίο η καλλιέργεια τον προσλαμβάνει από την ατμόσφαιρα ως διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Το υδρογόνο και το οξυγόνο είναι συστατικά του νερού ενώ οξυγόνο

προσλαμβάνεται και από τον ατμοσφαιρικό αέρα για τις ανάγκες τις αναπνοής. Το χλώριο εμπεριέχεται σχεδόν πάντοτε σε επαρκείς ποσότητες ως χλωριούχο ανιόν στο νερό που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του διαλύματος καθώς επίσης και στις προσμίξεις των λιπασμάτων. Επομένως, μόνο τα 12 από τα 16 απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών χημικά στοιχεία, δηλαδή τα μακροστοιχεία N, P, S, K, Ca, και Mg και τα ιχνοστοιχεία Fe, Mn, Zn, Cu, B και Mo πρέπει να προστίθενται στο νερό από τον παρασκευαστή του θρεπτικού διαλύματος (Venter, 2010).

Για να προστεθούν τα θρεπτικά στοιχεία στο διάλυμα ως λιπάσματα χρησιμοποιούνται κυρίως απλά υδατοδιαλυτά άλατα καθώς επίσης και ορισμένα οξέα, ενώ ειδικά ο σίδηρος χορηγείται σε μορφή οργανομεταλλικών συμπλόκων (χηλικές ενώσεις σιδήρου). Τα απλά υδατοδιαλυτά λιπάσματα που χρησιμοποιούνται συνήθως κατά την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων για υδροπονικές καλλιέργειες συνίστανται μόνο από μία χημική ένωση (με εξαίρεση το νιτρικό ασβέστιο), συνοδευόμενη συνήθως και από νερό, είτε σε κρυσταλλική μορφή (άλατα), είτε ως διαλύτη (οξέα με περιεκτικότητα χαμηλότερη από 100 %). Επομένως, επιλέγοντας κάθε φορά κατάλληλες αναλογίες ανάμειξης ορισμένων από αυτά τα λιπάσματα είναι δυνατόν να παρασκευασθεί ένα πλήρες θρεπτικό διάλυμα με εξατομικευμένες σε μία δεδομένη καλλιέργεια αναλογίες και περιεκτικότητες σε θρεπτικά στοιχεία (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Εκτός από τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων στην υδροπονική πράξη χρησιμοποιούνται ευρύτατα και άλλα δύο μεγέθη για να υποδηλώσουν τη σύσταση και τη θρεπτική αξία των θρεπτικών διαλυμάτων. Η ευρύτατη χρήση αυτών των μεγεθών στην καλλιεργητική πράξη οφείλεται στο γεγονός ότι μπορούν να μετρηθούν εύκολα και με ακρίβεια ακόμη και στο θερμοκήπιο χρησιμοποιώντας φορητά όργανα. Τα μεγέθη αυτά είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) και το pH του θρεπτικού διαλύματος.

Συνοπτικά μπορούμε να πούμε ότι το θρεπτικό διάλυμα είναι ένα αραιό υδατικό διάλυμα όλων των θρεπτικών στοιχείων που είναι απαραίτητα για τα φυτά, τα οποία βρίσκονται διαλυμένα στο νερό:

- είτε ως ιόντα ανόργανων αλάτων

- είτε ως ευδιάλυτες ανόργανες χημικές ενώσεις
- είτε ως ευδιάλυτες οργανικές χημικές ενώσεις (Peckenraugh, 2004)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

3.1. Παρασκευή θρεπτικού διαλύματος

Τα ανώτερα φυτά έχουν ανάγκη από 16 χημικά στοιχεία για να αναπτυχθούν και να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο. Από τα στοιχεία αυτά, τα 9 είναι απαραίτητα σε μεγάλες ποσότητες και ονομάζονται μακροστοιχεία ενώ τα υπόλοιπα 7 είναι απαραίτητα μόνο σε ίχνη, δηλαδή σε πολύ μικρότερες ποσότητες σε σχέση με τα μακροστοιχεία και γι' αυτό ονομάζονται ιχνοστοιχεία. Τα μακροστοιχεία είναι ο άνθρακας (C), το οξυγόνο (O), το υδρογόνο (H), το άζωτο (N), ο φώσφορος (P), το θείο (S), το κάλιο (K), το ασβέστιο (Ca), και το μαγνήσιο (Mg). Τα ιχνοστοιχεία είναι ο σίδηρος (Fe), το μαγγάνιο (Mn) ο ψευδάργυρος (Zn), ο χαλκός (Cu) το βόριο (B), το μολυβδαίνιο (Mo) και το χλώριο (Cl) (Σάββας, 2012).

Εκτός από τον άνθρακα, όλα τα άλλα θρεπτικά στοιχεία που είναι απαραίτητα στα φυτά περιέχονται είτε ως συστατικά (H, O) είτε σε διαλυμένη μορφή στο εδαφικό νερό και από εκεί προσλαμβάνονται από τις ρίζες. Αν όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία προστεθούν σε νερό σε κατάλληλες ποσότητες, προκύπτει ένα υδατικό διάλυμα το οποίο καλείται θρεπτικό διάλυμα γιατί μπορεί να καλύψει πλήρως τις θρεπτικές ανάγκες των φυτών. Για να παρασκευασθεί ένα θρεπτικό διάλυμα θα πρέπει αρχικά να καθορισθεί πλήρως η επιθυμητή του σύνθεση με βάση είτε τις ιδιαίτερες απαιτήσεις του συγκεκριμένου φυτού σε θρεπτικά στοιχεία είτε συγκεκριμένες ερευνητικές ή άλλες σκοπιμότητες. Η σύνθεση ενός θρεπτικού διαλύματος είναι ορισμένη όταν έχουν καθορισθεί επιθυμητές τιμές (τιμές-στόχοι) για τα παρακάτω χαρακτηριστικά του θρεπτικού διαλύματος (Μαυρογιαννόπουλος, 1994):

- Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) ως μέτρο της συνολικής συγκέντρωσης αλάτων στο θρεπτικό διάλυμα.

- Τιμή pH στο θρεπτικό διάλυμα.
- Επίπεδα K, Ca και Mg στο θρεπτικό διάλυμα. Για τον καθορισμό τους υπάρχουν δύο εναλλακτικές επιλογές:

ο αναλογία K:Ca:Mg (mmol/mmol) η οποία συμβολίζεται με X:Y:Z, ή

ο συγκεντρώσεις (mmol/L) για το καθένα από τα τρία μακροκατιόντα,

- Καθορισμός επιπέδων αζώτου. Ο καθορισμός του επιθυμητού επιπέδου αζώτου στο θρεπτικό διάλυμα μπορεί να γίνει με τέσσερις εναλλακτικούς τρόπους:

ο καθορισμός αναλογίας ολικού αζώτου προς κάλιο, δηλ. N:K (R, mol/mol) και αναλογίας αμμωνιακού προς συνολικό άζωτο (Nr, mol/mol),

ο καθορισμός αναλογίας ολικού αζώτου προς κάλιο (R, mol/mol) και συγκεκριμένης συγκέντρωσης (mmol/L) αμμωνιακού αζώτου (NH₄-N),

ο καθορισμός επιθυμητής συγκέντρωσης (mmol/L) νιτρικού αζώτου (NO₃-N) και αναλογίας αμμωνιακού προς συνολικό άζωτο (Nr, mol/mol),

ο καθορισμός επιθυμητών συγκεντρώσεων (mmol/L) τόσο για το νιτρικό (NO₃-N) όσο και για το αμμωνιακό άζωτο (NH₄-N).

- συγκέντρωση φωσφορικών ιόντων (H₂PO₄ - σε mmol/L), και
- συγκεντρώσεις (μmol/L) ιχνοστοιχείων ([G]_{tj}, όπου j = Fe, Mn, Zn, Cu, B και Mo).

Εκτός από τις παραπάνω τιμές που είναι επιλεγόμενες, για να υπολογισθούν οι ποσότητες των λιπασμάτων που είναι αναγκαίες για την παρασκευή του συγκεκριμένου θρεπτικού διαλύματος πρέπει να είναι γνωστά και τα εξής δεδομένα (Μαυρογιαννόπουλος, 2007):

1) η περιεκτικότητα του νερού σε όλα τα ανόργανα διαλυτά συστατικά που σχετίζονται με την θρέψη του φυτού,

2) το pH του νερού,

3) η εκατοστιαία περιεκτικότητα του χηλικού σιδήρου σε ανόργανο Fe (PFe) και

4) επιθυμητό λίπασμα για την προσθήκη ορισμένων θρεπτικών στοιχείων.

3.2. Σύστημα μεταφοράς θρεπτικού διαλύματος

Για τη διακίνηση του θρεπτικού διαλύματος σε καλλιέργειες όπου χρησιμοποιούνται υποστρώματα, όπως οрукτοβάμβακας ή κοκκοφοίνικας, χρησιμοποιείται δίκτυο αγωγών πάνω στο οποίο τοποθετείται το σύστημα άρδευσης (π.χ. σταγόνες). Οι αγωγοί μεταφοράς, όπως σε κάθε αρδευτικό δίκτυο, είναι οι μεγαλύτεροι σε διάμετρο αγωγοί που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά του νερού, από τη διαθέσιμη πηγή νερού (υδροληψία, δεξαμενή) στην υδροπονική κεφαλή (Benton Jones, 2012).



Αποτελούνται συνήθως από αγωγούς πολυαιθυλενίου (PE) υψηλής πυκνότητας, ή πολυβινυλοχλωρίου (PVC). Οι δευτερεύοντες αγωγοί που χρησιμεύουν για την τροφοδοσία με θρεπτικό διάλυμα των γραμμών άρδευσης, είναι μικρότερης διαμέτρου από τους κύριους αγωγούς, και αποτελούνται από PE υψηλής πυκνότητας, για να αντέχουν στις υψηλές πιέσεις. Τέλος, οι γραμμές άρδευσης είναι οι μικρότεροι σε διάμετρο αγωγοί και συνήθως αποτελούνται από PE, οπότε είναι εύκαμπτοι. Πάνω σε αυτούς

τοποθετείται το σύστημα άρδευσης (π.χ. σταγόνες, σταλάκτες τύπου μικροσωλήνα-spaghetti tubes).

Συνήθης πρακτική είναι οι γραμμές άρδευσης να τοποθετούνται σε επίπεδο χαμηλότερο από τα υποστρώματα, ώστε με το πέρασ της άρδευσης και λόγω της κλίσης του εδάφους του θερμοκηπίου ή των υποστρωμάτων (μέγιστη επιτρεπτή κλίση 1,5%), να σταματά και η τροφοδοσία με νερό των φυτών, ιδιαίτερα αυτών που είναι τοποθετημένα προς το τέλος της γραμμής άρδευσης. Η χρήση ρυθμιστών πίεσης στην αρχή κάθε τομέα και η χρήση αυτορυθμιζόμενων σταλακτών μπορούν να δώσουν εξαιρετική ομοιομορφία στην άρδευση (Μαυρογιαννόπουλος, 2007).



Όσον αφορά το σύστημα εφαρμογής χρησιμοποιούνται σταγόνες χαμηλής παροχής 2-4 λίτρα/ώρα. Για τον σκοπό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτορυθμιζόμενη σταγόνα πολλαπλών εξαγωγών, και η διάθεση του νερού στα σημεία φύτευσης να γίνει με την τοποθέτηση εύκαμπτων πλαστικών σωλήνων μικρής διαμέτρου (μακαρονιών/ spaghetti tubes) ιδίου μήκους, όπου να τερματίζουν σε σταγόνες λαβυρίνθου με στήριγμα.

Σε περιπτώσεις όπου η τοποθέτηση του υποστρώματος γίνεται σε κανάλια με υπόστρωμα ενιαίο, μπορεί να τοποθετηθεί λάστιχο με ενσωματωμένες αυτορυθμιζόμενες σταγόνες. Σε γενικές γραμμές μπορούμε να πούμε ότι για την άρδευση λαχανοκομικών φυτών σε υποστρώματα χρησιμοποιείται μία σταγόνα για κάθε φυτό, ενώ για ανθοκομικές καλλιέργειες, όπου η φύτευση

τους μπορεί να γίνει σε μεγαλύτερα φυτοδοχεία, είναι δυνατή και η εφαρμογή δεύτερης σταγόνας ανάλογα με το είδος του φυτού(Reckenbraugh, 2004).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

4.1. Γιατί είναι απαραίτητη η χρήση αισθητήρων για την ανάλυση του νερού στις υδροπονικές καλλιέργειες

Όπως είδαμε και στο πρώτο κεφάλαιο, οι υδροπονικές καλλιέργειες, λόγω του ότι δεν χρησιμοποιούν χώμα προκειμένου να αναπτυχθούν τα φυτά, δεν έχουν μεγάλες δυνατότητες στο να παρέχουν θρεπτικά συστατικά σε αυτά και έτσι για την δημιουργία τέτοιου τύπου καλλιέργειών απαιτείται η κατασκευή ολοκληρωμένων συστημάτων στα οποία προστίθενται διαλύματα με θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη των φυτών (White & Mastalerz, 1966).

Ενώ σε γενικές γραμμές στις υδροπονικές καλλιέργειες απαιτούνται ποικίλων τύπων αισθητήρες προκειμένου να μπορεί να ελεγχθεί η λειτουργία τους αλλά να είναι και περισσότερο επιτυχημένη, όπως ο έλεγχος της στάθμης του νερού ειδικά σε αεροπονικές καλλιέργειες, μεγαλύτερη έμφαση δίνεται στην σπουδαιότητα και στην αναγκαιότητα του ελέγχου της ποιότητας του νερού και κατά πόσο παρέχονται θρεπτικά συστατικά στα φυτά σε τακτά χρονικά διαστήματα προκειμένου να αναπτύσσονται με σωστούς ρυθμούς.

Επίσης σημαντική είναι η αναγνώριση των επιπέδων του οξυγόνου στο διάλυμα, δεδομένου ότι τα φυτά για την ανάπτυξη τους απαιτούν μεγάλα επίπεδα οξυγόνου. Στην περίπτωση αυτή άμεσα απαιτητός είναι ένας αισθητήρας εντοπισμού διαλυμένου οξυγόνου στο νερό που παρέχεται για την υδροπονική καλλιέργεια (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

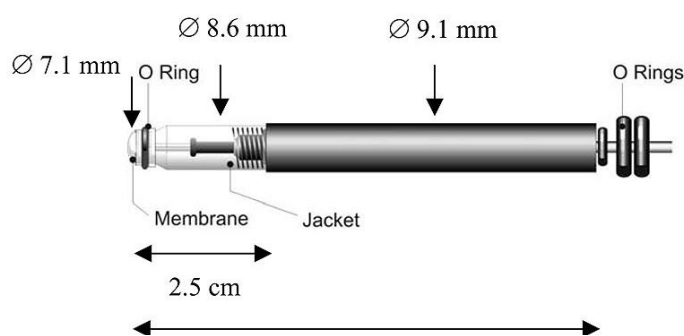
Σε άμεση σύνδεση με την προηγούμενη απαίτηση, είναι η ανάγκη που δημιουργείται για εντοπισμό των επιπέδων του διοξειδίου του άνθρακα, καθώς είναι δεδομένο ότι σε χώρους που υπάρχουν πολλά φυτά, είναι ιδιαίτερα υψηλό, σε επίπεδο να κατακλύζει την ατμόσφαιρα, και το επίπεδο

του διοξειδίου του άνθρακα. Φυσικά, υπάρχουν δεδομένες αναλογίες οξυγόνου προς διοξείδιο του άνθρακα και είναι απαραίτητο να υπάρχει έλεγχος στις υδροπονικές καλλιέργειες προκειμένου να εντοπίζεται το ποσό αυτού του λόγου και να διατηρείται σταθερό και πάντα στα πλαίσια του αποδεκτού για αυτού του τύπου τις καλλιέργειες.

Εξίσου σημαντική, τέλος, είναι και η μέτρηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό της καλλιέργειας, καθώς οι υπερβολικές συνθήκες θερμοκρασίας, επηρεάζουν σημαντικά τις καλλιέργειες και είναι πολύ πιθανό να δημιουργήσουν σοβαρές βλάβες στα φυτά με αποτέλεσμα να επηρεάζεται και η παραγωγικότητα της καλλιέργειας. Λόγω των καταστροφών που μπορεί να προκαλέσει η θερμοκρασία εκτός των επιτρεπτών ορίων, δημιουργείται ζημία και για τον καλλιεργητή και επομένως η χρήση αισθητήρων για αυτή την περίπτωση καθίσταται ως επιτακτικής ανάγκης (Fonteno, 1996).

4.2. Αισθητήρες ανάλυσης νερού προς χρήση σε υδροπονικές καλλιέργειες

Στο σημείο αυτό θα αναφερθούμε αναλυτικά στους αισθητήρες που αναφέραμε συνοπτικά παραπάνω, για τον έλεγχο και τον υπολογισμό των απαραίτητων συστατικών για τη σωστή λειτουργία των υδροπονικών καλλιεργειών.



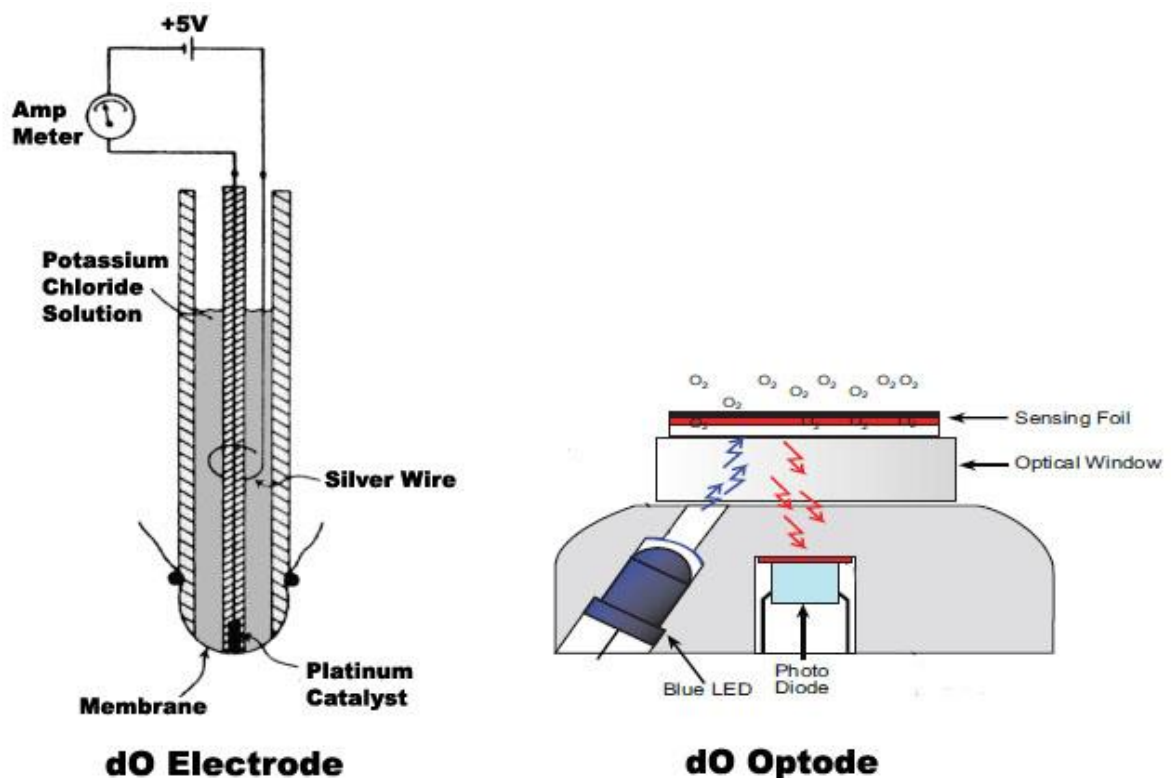
Εικόνα 10. Σύσταση και διαστάσεις εξαρτημάτων ηλεκτροδίου τύπου Clark

4.2.1. Αισθητήρες μέτρησης διαλυμένου οξυγόνου για υδροπονικές καλλιέργειες

Οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να εμφανιστούν σε δύο τυπολογίες. Η πρώτη είναι οι αισθητήρες ηλεκτροδίου και η δεύτερη οι αισθητήρες οπτοδίου (Resh, 2002).

Αισθητήρες ηλεκτροδίων

Το ηλεκτρόδιο τύπου Clark είναι ο πλέον χρησιμοποιούμενος αισθητήρας οξυγόνου για τη μέτρηση του οξυγόνου που είναι διαλυμένο σε ένα υγρό. Η βασική αρχή είναι ότι υπάρχει μία κάθοδος και μία άνοδος που βυθίζονται σε έναν ηλεκτρολύτη. Το οξυγόνο εισέρχεται στον αισθητήρα μέσω μιας διαπερατής μεμβράνης με διάχυση, και ανάγεται στην κάθοδο, δημιουργώντας ένα μετρήσιμο ηλεκτρικό ρεύμα (Fonteno, 1989).



Εικόνα 11. Αντιπαραβολή αισθητήρων ηλεκτροδίου- οπτοδίου

Υπάρχει μια γραμμική σχέση μεταξύ της συγκέντρωσης του οξυγόνου και του ηλεκτρικού ρεύματος. Με μια βαθμονόμηση δύο σημείων (0% και 100% κορεσμού αέρα), είναι δυνατόν να μετρηθεί το οξυγόνο στο δείγμα.



Εικόνα 12. Εικόνα τυπικού οπτοδίου οξυγόνου

Ένα μειονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι το οξυγόνο καταναλώνεται κατά τη διάρκεια της μέτρησης, με ρυθμό ίσο με τη διάχυση στον αισθητήρα. Αυτό σημαίνει ότι ο αισθητήρας θα πρέπει να αναδεύεται προκειμένου να πάρει τη σωστή μέτρηση και την αποφυγή στάσιμων υδάτων. Με την αύξηση του μεγέθους του αισθητήρα, αυξάνεται και η κατανάλωση οξυγόνου και το ίδιο συμβαίνει και με την ευαισθησία. Σε μεγάλους αισθητήρες τείνει επίσης να

υπάρχει εκτροπή στο σήμα με την πάροδο του χρόνου λόγω της κατανάλωσης του ηλεκτρολύτη. Ωστόσο, οι αισθητήρες τύπου Clark μπορούν να είναι πολύ μικρού μεγέθους με το ένα άκρο να είναι στα 10 μm . Η κατανάλωση οξυγόνου ενός τέτοιου μικροαισθητήρα είναι τόσο μικρή ώστε να είναι πρακτικά μη ευαίσθητος σε ανάδευση και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε στάσιμα μέσα, όπως τα ιζήματα ή στο εσωτερικό του ιστού του φυτού (Peckenraugh, 2004).

Αισθητήρες οπτοδίων

Ένα οπτόδιο οξυγόνου, είναι ένας αισθητήρας που βασίζεται σε οπτική μέτρηση της συγκέντρωσης οξυγόνου. Μια χημική μεμβράνη είναι κολλημένη στην άκρη ενός οπτικού καλωδίου και οι ιδιότητες φθορισμού αυτής της μεμβράνης εξαρτώνται από τη συγκέντρωση του οξυγόνου. Ο φθορισμός είναι στο μέγιστο, όταν δεν υπάρχει οξυγόνο. Όταν ένα μόριο O_2 εμφανίζεται συγκρούεται με την μεμβράνη και αυτό καταστέλλει την φωτοφωταύγεια. Σε

μια δεδομένη συγκέντρωση οξυγόνου θα υπάρχει ένας συγκεκριμένος αριθμός μορίων O_2 που συγκρούονται με την μεμβράνη σε κάθε δεδομένη στιγμή, και οι ιδιότητες φθορισμού θα είναι σταθερές.

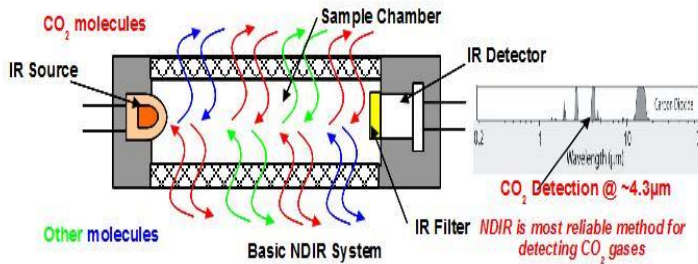
Η αναλογία σήματος (φθορισμός) και οξυγόνου δεν είναι γραμμική, και ένα οπτόδιο είναι πιο ευαίσθητο σε χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου. Δηλαδή, η ευαισθησία μειώνεται καθώς αυξάνει η συγκέντρωση του οξυγόνου σύμφωνα με την σχέση Stern – Volmer. Οι αισθητήρες οπτοδίου μπορούν, ωστόσο, να λειτουργούν σε ολόκληρη την περιοχή κορεσμού οξυγόνου στο νερό από 0% έως 100%, και η βαθμονόμηση γίνεται με τον ίδιο τρόπο όπως με τον αισθητήρα τύπου Clark. Δεν καταναλώνεται οξυγόνο και ως εκ τούτου ο αισθητήρας είναι δεν ευαίσθητος σε ανάδευση, αλλά το σήμα θα σταθεροποιηθεί πιο γρήγορα αν ο αισθητήρας αναδύεται αφού τοποθετηθεί στο δείγμα. Το εν λόγω είδος των αισθητήρων ηλεκτροδίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επί τόπου και σε πραγματικό χρόνο παρακολούθηση της παραγωγής οξυγόνου στις αντιδράσεις διάσπασης του νερού. Τα ηλεκτρόδια λευκόχρυσου μπορούν να ολοκληρώσουν την παρακολούθηση, σε πραγματικό χρόνο της παραγωγής υδρογόνου σε συσκευή διάσπασης του νερού (Bunt, 1988).

4.2.2. Αισθητήρες μέτρησης διοξειδίου του άνθρακα σε υδροπονικές καλλιέργειες

Ένας αισθητήρας διοξειδίου του άνθρακα είναι ένα μέσο για τη μέτρηση του αερίου διοξειδίου του άνθρακα. Οι πιο κοινές αρχές για τους αισθητήρες CO_2 είναι οι υπέρυθροι αισθητήρες αερίου (NDIR) και οι χημικοί αισθητήρες αερίου. Η μέτρηση του διοξειδίου του άνθρακα είναι σημαντική για την παρακολούθηση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα.

Υπέρυθροι αισθητήρες CO₂ χωρίς διασπορά

Οι αισθητήρες NDIR είναι φασματοσκοπικοί αισθητήρες για την ανίχνευση του CO₂ σε ένα αέριο περιβάλλον με χαρακτηριστική απορρόφηση του. Τα



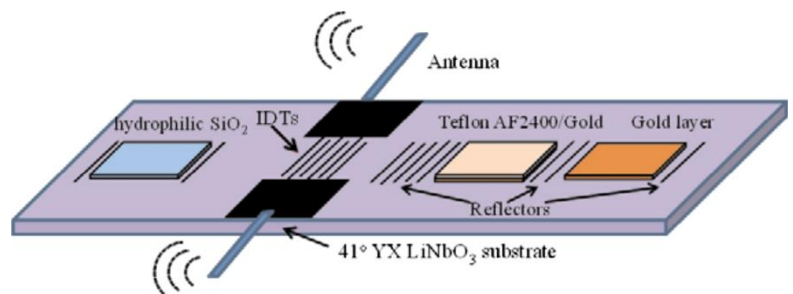
Εικόνα 13. Τρόπος λειτουργίας αισθητήρα NDIR

βασικά στοιχεία είναι μια υπέρυθη πηγή, ένας σωλήνας φωτός, ένα φίλτρο παρεμβολής (μήκος κύματος), και ένας υπέρυθρος ανιχνευτής. Το αέριο αντλείται ή διαχέεται στο

σωλήνα φωτός, και τα ηλεκτρονικά μέσα μετρούν την απορρόφηση του χαρακτηριστικού μήκους κύματος του φωτός. Οι αισθητήρες NDIR πιο συχνά χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση του διοξειδίου του άνθρακα. Οι καλύτεροι από αυτούς έχουν ευαισθησία 20-50 PPM. Οι νέες εξελίξεις στην τεχνολογία περιλαμβάνουν τη χρήση μικροηλεκτρομηχανικών συστημάτων για να μειωθεί το κόστος αυτού του αισθητήρα και να δημιουργηθούν μικρότερες συσκευές. Οι NDIR αισθητήρες CO₂ που χρησιμοποιείται επίσης για το διαλυμένο CO₂ που μπορεί να εντοπιστεί στο νερό σε μια υδροπονική καλλιέργεια. Σε αυτή την περίπτωση συνδυάζεται με έναν οπτικό αισθητήρα ATR (αποσβενύμενης ολικής ανακλάσεως) και μετρά την ποσότητα του αερίου επί τόπου. Μια άλλη μέθοδος, είναι η μέτρηση με την χρήση του νόμου του Henry για τη μέτρηση της ποσότητας του διαλυμένου CO₂ στο νερό, εάν η ποσότητα των ξένων αερίων είναι ασήμαντη (Σάββας, 2012).

Χημικοί αισθητήρες CO₂

Οι χημικοί αισθητήρες CO₂ με ευαίσθητα στρώματα και με βάση πολυμερή ή ετεροπολυσιλοξάνιο έχουν το



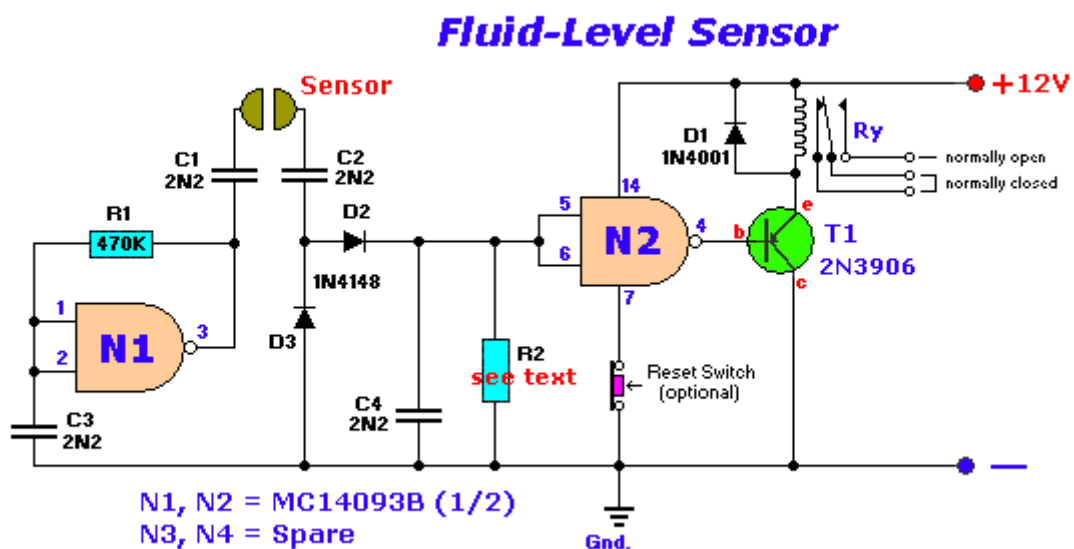
Εικόνα 14. Χημικός αισθητήρας CO₂

κύριο πλεονέκτημα της πολύ χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης και μπορούν να μειωθούν σε μέγεθος ώστε να χωρούν σε μικροηλεκτρονικά βασιζόμενα συστήματα. Από την άλλη, οι βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις μετατοπίσεων, καθώς και ένα μάλλον χαμηλό «προσδόκιμο ζωής» αποτελούν σημαντικά εμπόδια σε σχέση με την αρχή της μέτρησης NDIR (BentonJones, 2012).

4.2.3. Αισθητήρες για την μέτρηση της στάθμης του νερού σε υδροπονική καλλιέργεια

Ας αναφέρουμε καταρχάς ότι η μέτρηση της στάθμης του νερού γίνεται με βάση την πίεση που δέχεται κάθε φορά ο αισθητήρας.

Οι υποβρύχιοι αισθητήρες πίεσης έχουν ένα δυναμικό σύστημα αντιστάθμισης της θερμοκρασίας, που επιτρέπει τις μετρήσεις υψηλής ακρίβειας σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασίας. Ο αισθητήρας στάθμης του νερού προσαρμόζεται εύκολα σε όλους τους εξοπλισμούς καταγραφικών,



Εικόνα 15. Σύσταση αισθητήρα στάθμης νερού

τηλεμετρίας και παρακολούθησης.

Καθένας από τους αισθητήρες στάθμης του νερού αποτελείται από ένα στερεάς κατάστασης υποβρύχιο μορφοτροπέα πίεσεως εγκιβωτισμένο σε μια μονάδα από ανοξείδωτο χάλυβα. Ο αισθητήρας στάθμης του νερού έχει ένα χυτευμένο αδιάβροχο καλώδιο και δύο σύρματα υψηλού επιπέδου εξόδου 4-20 mA για τη σύνδεση με μια συσκευή παρακολούθησης (Al Naddaf, et al, 2011).

Ο υποβρύχιος μετατροπέας πίεσης του αισθητήρα στάθμης νερού είναι πλήρως έγκλειστος με εποξειδική βαθμίδα νερού ώστε η υγρασία να μην μπορεί να διαρρεύσει ή να φτάσει στον σωλήνα εξαερισμού και να προκαλέσει αποκλίσεις ή αστοχία επιπέδων του αισθητήρα (όπως συμβαίνει με άλλους αισθητήρες πίεσης). Ο αισθητήρας στάθμης νερού χρησιμοποιεί ένα μοναδικό, εξαιρετικά εύκαμπτο διάφραγμα πυριτίου για τη διεπαφή μεταξύ του νερού και του στοιχείου ανίχνευσης. Το διάφραγμα σιλικόνης προστατεύει τα ηλεκτρονικά του αισθητήρα στάθμης νερού από την υγρασία και παρέχει σε κάθε αισθητήρα εξαιρετική γραμμικότητα και πολύ χαμηλή υστέρηση. Ο σχεδιασμός των υποβρύχιων μετατροπέων πίεσης εξαλείφει τα ζητήματα που συνδέονται με τα διαφράγματα των μεταλλικών ελασμάτων, που έχουν την τάση να τσαλακώνουν και να απλώνουν με την πάροδο του χρόνου και προκαλούν προβλήματα αποκλίσεων, γραμμικότητας και υστέρησης. Ο αισθητήρας στάθμης νερού, επίσης, έχει αυτόματα βαρομετρική αποτίμηση λόγω του συνημμένου καλωδίου εξαερισμού και προστατεύεται από καπάκι μικρό - οθόνης από ανοξείδωτο χάλυβα, η οποία καθιστά την εγκατάσταση λάσπης ή ιλύος σχεδόν αδύνατη (Benton Jones, 2012).

Σε γενικές γραμμές υπάρχουν πολλές σειρές αισθητήρων πίεσης σε επίπεδα 0-3, 0-15, 0-30, 0-60, 0-120, 0-250, 0-500 πόδια. Ο τύπος 0-3 ft χαμηλού επιπέδου είναι ιδανικός για τη μέτρηση ρηχών ροών ή μικρών μεταβολών της στάθμης του νερού, όπως για παράδειγμα και στην δική μας περίπτωση αν και θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε και μεγαλύτερων επιπέδων τυπολογίες ανάλογα με την περίπτωση. Αυτός ο αισθητήρας παρακολούθησης μετρά με ακρίβεια μικρές αλλαγές στο νερό, ακόμα και όταν

το βάθος του νερού είναι μόνο μερικές ίντσες βαθύ. Άλλοι αισθητήρες στάθμης νερού τύπου ελάσματος, έχουν συνήθως σοβαρά προβλήματα σε περιοχές με χαμηλό επίπεδο, λόγω σμίκρυνσης, τεντώματος, και μετατοπίσεων του αισθητήρα.

Κάθε υποβρύχιος μετατροπέας πίεσης έχει σήμα εξόδου δύο καλωδίων 4-20 mA που είναι γραμμικό με το βάθος του νερού. Συνολικά απαιτούνται 10 – 36 VDC για τη λειτουργία του αισθητήρα στάθμης του νερού, έτσι ώστε οι αισθητήρες στάθμης να μπορούν να λειτουργούν από κοινού από τα 12 συστήματα μπαταριών VDC. Το σήμα 4-20 mA μπορεί να τρέξει μέχρι 3.000 πόδια από τον υποβρύχιο μετατροπέα πίεσης στη συσκευή καταγραφής. Ένα κοινό συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίου ή ηλεκτρικό καλώδιο επέκτασης μπορεί να ματιστεί στο εξαεριζόμενο καλώδιο μόλις το καλώδιο είναι έξω από το νερό. Το σήμα 4-20 mA μπορεί να μετατραπεί σε 0,5 έως 2,5 VDC με την πτώση του σήματος ρεύματος σε μια αντιστάτη 125 ohm (Bunt, 1988).

Τα κύρια στοιχεία του συγκεκριμένου αισθητήρα είναι:

- Στοιχείο Αισθητήρα: Διάφραγμα σιλικόνης, Αισθητήρας υγρού/υγρού
- Εύρος πίεσης: 0-3, 0-15, 0-30, 0-60, 0-120, 0-250, 0-500 ft
- Γραμμικότητα και υστέρηση: $\pm 0.1\%$ FS
- Ακρίβεια: $\pm 0,1\%$ της πλήρους κλίμακας σε σταθερή θερμοκρασία, $\pm 0,2\%$ πάνω από 1,37 °C έως 21,1 °C
- Υπερπίεση: να μην υπερβαίνει τα 2 x φάσμα της πλήρους κλίμακας
- Ανάλυση: Πειροστική (αναλογική)
- Έξοδοι: 4-20 mA ή 0,5 έως 2,5 VDC στα 125 ohms
- Τάση τροφοδοσίας: 8 - 36 VDC

- Κατανάλωση ρεύματος: Ίδια με την έξοδο του αισθητήρα
- Χρόνος προθέρμανσης: 3 δευτερόλεπτα τουλάχιστον
- Θερμοκρασία λειτουργίας: $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ έως $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$



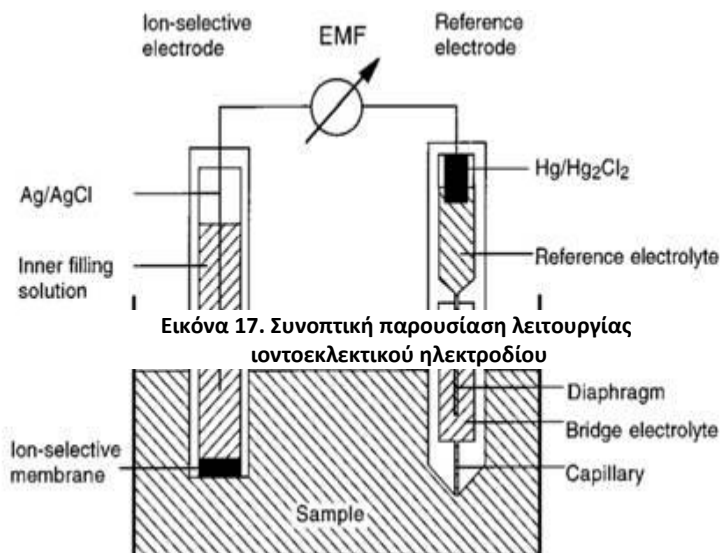
Αποτίμηση: Χρησιμοποιεί δυναμική αντιστάθμιση θερμοκρασίας $-1,1$ έως $21,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Αυτόματη αντιστάθμιση της βαρομετρικής πίεσης

Επίσης όσον αφορά το κιβώτιο για στερεάς κατάστασης υποβρύχιο μορφοτροπέα πίεσεως έχει την εξής σύνθεση:

Εικόνα 16. Εικόνα τυπικού αισθητήρα στάθμης νερού

Υλικό: 304L ανοξειδωτο χάλυβα, μικρό-οθόνη SS (εκατοντάδες τρύπες για την πρόληψη της βρωμιάς), τα ηλεκτρονικά είναι πλήρως έγκλειστα με την εγγύηση να μην διαρρεύσουν.

Μέγεθος: 2 εκατοστά διάμετρος x 14 εκατοστά αρκετά μικρό για μια 1 τρύπα διαμέτρου 2,54 cm. Η επιλογή τιτανίου έχει διάμετρο 2,54 cm (Benton Jones, 2012)



4.2.4. Αισθητήρες ιοντοεκλεκτικού ηλεκτροδίου για τον εντοπισμό των θρεπτικών συστατικών στις υδροπονικές καλλιέργειες

Ένα ιοντοεπιλεκτικό ηλεκτρόδιο (ISE), που είναι επίσης γνωστό ως συγκεκριμένο ηλεκτρόδιο ιόντων (SIE), είναι ένας αισθητήρας που μετατρέπει την δραστικότητα ενός συγκεκριμένου ιόντος που διαλύεται σε ένα διάλυμα σε ένα ηλεκτρικό δυναμικό, το οποίο μπορεί να μετρηθεί με ένα βολτόμετρο ή πεχάμετρο. Η τάση θεωρητικά εξαρτάται από το λογάριθμο της ιοντικής δραστηριότητας, σύμφωνα με την εξίσωση Nernst. Το αισθητήριο τμήμα του ηλεκτροδίου γίνεται συνήθως ως μεμβράνη ιόντων ειδικά, μαζί με ένα ηλεκτρόδιο αναφοράς. Τα ιοντοεπιλεκτικά ηλεκτρόδια χρησιμοποιούνται σε βιοχημικές και βιοφυσικές έρευνες, όπου απαιτούνται μετρήσεις ιοντικής συγκέντρωσης σε ένα υδατικό διάλυμα, συνήθως σε βάση πραγματικού χρόνου (Al Naddaf, et al, 2011).

Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τύποι ιοντοεπιλεκτικής μεμβράνης που χρησιμοποιείται στα ιοντοεπιλεκτικά ηλεκτρόδια (ISEs): γυαλιού, στερεάς κατάστασης, υγρής βάσης, και σύνθετου ηλεκτροδίου.

Γυάλινες μεμβράνες

Οι γυάλινες μεμβράνες κατασκευάζονται από ένα είδος ανταλλαγής ιόντων από γυαλί (πυριτικό άλας ή χαλκογενίδιο). Αυτό το είδος ιοντοεπιλεκτικού ηλεκτροδίου έχει καλή εκλεκτικότητα, αλλά μόνο για ορισμένα μεμονωμένα φορτισμένα κατιόντα, κυρίως τα H^+ , Na^+ και Ag^+ . Ο υαλός χαλκογενιδίου έχει επίσης εκλεκτικότητα για ιόντα διπλά φορτισμένου μετάλλου, όπως τα Pb^{2+} , και Cd^{2+} . Η μεμβράνη γυαλιού έχει εξαιρετική χημική αντοχή και μπορεί να λειτουργήσει σε πολύ επιθετικά μέσα. Ένα πολύ κοινό παράδειγμα αυτού του τύπου του ηλεκτροδίου είναι το ηλεκτρόδιο υάλου Ρη (Peckenraugh, 2004).

Κρυσταλλικές μεμβράνες

Οι κρυσταλλικές μεμβράνες είναι κατασκευασμένες από μονο ή πολυκρυσταλλίτες μίας ουσίας. Έχουν καλή επιλεκτικότητα, επειδή μόνο ιόντα

τα οποία μπορούν να εισαχθούν στην κρυσταλλική δομή μπορούν και να επηρεάσουν την απόκριση του ηλεκτροδίου. Η επιλεκτικότητα των κρυσταλλικών μεμβρανών μπορεί να είναι τόσο για κατιόντα όσο και για ανιόντα της ουσίας σχηματισμού μεμβράνης. Ένα παράδειγμα είναι το φθοριούχα εκλεκτικό ηλεκτρόδια που βασίζεται στους κρυστάλλους LaF₃(Benton Jones, 2012).

Ιοντοανταλλακτικές μεμβράνες ρητίνης

Οι ρητίνες ανταλλαγής ιόντων βασίζονται σε ειδικές οργανικές μεμβράνες πολυμερών που περιέχουν μια συγκεκριμένη ουσία ανταλλαγής ρητίνης. Αυτό είναι το πιο διαδεδομένο είδος ιόντος συγκεκριμένου ηλεκτροδίου. Η χρήση ειδικών ρητινών επιτρέπει την παρασκευή εκλεκτικών ηλεκτροδίων για δεκάδες διαφορετικά ιόντα, τόσο μονοατομικών όσο και πολυατομικών. Επίσης, είναι τα πιο διαδεδομένα ηλεκτρόδια με ανιονική επιλεκτικότητα. Ωστόσο, τέτοια ηλεκτρόδια έχουν χαμηλή χημική και φυσική αντοχή, καθώς και «χρόνο επιβίωσης». Ένα παράδειγμα είναι το επιλεκτικό ηλεκτρόδιο καλίου, με βάση την βαλινομυκίνη ως παράγοντα ιοντο-ανταλλαγής (Venter, 2010).

Ενζυμικά ηλεκτρόδια

Τα ηλεκτρόδια ενζύμων σίγουρα δεν είναι πραγματικά ιοντοεπιλεκτικά ηλεκτρόδια αλλά συνήθως θεωρούνται εντός του θέματος των ιοντοσχετικών ηλεκτροδίων. Ένα τέτοιο ηλεκτρόδιο έχει μηχανισμό «διπλή αντίδραση» μηχανισμός: ένα ένζυμο που αντιδρά με μια συγκεκριμένη ουσία, και το προϊόν αυτής της αντίδρασης (συνήθως H⁺ ή OH⁻) ανιχνεύεται από ένα αληθινό ιοντοεπιλεκτικό ηλεκτρόδιο, όπως pH-εκλεκτικά ηλεκτρόδια. Όλες αυτές οι αντιδράσεις συμβαίνουν μέσα σε μια ειδική μεμβράνη που καλύπτει το πραγματικό ιοντοεπιλεκτικό ηλεκτρόδιο, το οποίο είναι ο λόγος που τα ηλεκτρόδια ενζύμου ενίοτε θεωρούνται ως ιοντοεπιλεκτικά. Ένα παράδειγμα είναι τα εκλεκτικά ηλεκτρόδια γλυκόζης (Fonteno, 1996).

Το πιο σοβαρό πρόβλημα που περιορίζει τη χρήση των ιοντοεπιλεκτικών ηλεκτροδίων είναι οι παρεμβολές από άλλα, ανεπιθύμητα, ιόντα. Κανένα από τα ιοντοεπιλεκτικά ηλεκτρόδια ιόντων δεν είναι εντελώς ιοντοειδικά. Όλα είναι ευαίσθητα σε άλλα ιόντα που έχουν παρόμοιες φυσικές ιδιότητες, σε βαθμό που εξαρτάται από το βαθμό ομοιότητας. Οι περισσότερες από αυτές τις παρεμποδίσεις είναι αρκετά αδύναμες για να αγνοηθούν, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις, το ηλεκτρόδιο μπορεί στην πραγματικότητα να είναι πολύ πιο ευαίσθητο σε σχέση με το παρεμβαλλόμενο ιόν παρά με το επιθυμητό ιόν, προϋποθέτοντας ότι το παρεμβαλλόμενο ιόν είναι παρόν μόνο σε σχετικά πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις, ή απουσιάζει εντελώς. Στην πράξη, οι σχετικές ευαισθησίες του κάθε τύπου ιόντων συγκεκριμένου ηλεκτροδίου σε διάφορα ιόντα παρεμβολής είναι γενικά γνωστή και θα πρέπει να ελεγχθεί για κάθε περίπτωση. Ωστόσο, ο ακριβής βαθμός παρεμβολής εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, εμποδίζοντας την ακριβή διόρθωση των αναγνώσεων. Αντ' αυτού, ο υπολογισμός του σχετικού βαθμού της παρεμβολής από τη συγκέντρωση των ιόντων παρεμβολής μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο ως οδηγός για να καθοριστεί αν η προσέγγιση έκτασης της παρεμβολής θα επιτρέψει αξιόπιστες μετρήσεις, ή αν το πείραμα θα πρέπει να επανασχεδιαστεί έτσι ώστε να μειωθεί η επίδραση της παρεμβολής ιόντων. Το ηλεκτρόδιο νιτρικών έχει διάφορες ιονικές παρεμβολές, δηλαδή υπερχλωρική, ιωδιούχα, χλωριούχα και θειική. Αυτές οι παρεμβολές διαφέρουν σημαντικά ως προς τον βαθμό στον οποίο επηρεάζουν. Έτσι, η υπερχλωρική δίνει μια απόκριση η οποία είναι περίπου 50.000 φορές μεγαλύτερη από ότι από μια ίση ποσότητα νιτρικής (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

4.2.5. Λόγοι για την επιλογή ιοντοεπιλεκτικών αισθητήρων σε υδροπονική καλλιέργεια

Η αξιόπιστη, on-line παρακολούθηση της καλλιέργειας με ιοντοεπιλεκτικό αισθητήρα θα μπορούσε να παρέχει στους καλλιεργητές υδροπονικής καλλιέργειας τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:



Εικόνα 18. Τυπική εικόνα ιοντοεπιλεκτικού αισθητήρα

- Αυξημένες αποδόσεις ανάπτυξης των καλλιεργειών
- Βελτιωμένη ποιότητα των καλλιεργειών
- Βελτιωμένη αξιοπιστία της ανάπτυξης των καλλιεργειών
- Μειωμένη χρήση λιπασμάτων
- Μείωση της χρήσης νερού

- Μείωση του νερού και των θρεπτικών συστατικών (περιβαλλοντική συμμόρφωση)
- Αξιοπιστία του συστήματος ελέγχου
- Βελτιωμένα θρεπτικά συστατικά
- Μειωμένη ευαισθησία στη διακύμανση της πηγής του νερού
- Μέθοδος για τον έλεγχο των μέσων της ανάπτυξης των φυτών
- Μειωμένες ανάγκες σε εργατικό δυναμικό
- Ενισχυμένη επιστημονική γνώση της βιολογίας των φυτών και του περιβάλλοντος (Fonteno, 1989)

Αυτά τα οφέλη μπορούν να διαχωριστούν σε συγκεκριμένες καλλιέργειες και τα οφέλη σε επίπεδο συστήματος για τον καλλιεργητή και περιγράφονται ενταύθα.

Οι ιοντοεπιλεκτικοί αισθητήρες μπορούν να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα της χρήσης των θρεπτικών ουσιών μέσα σε ένα σύστημα ανάπτυξης φυτών. Μία πληρέστερη κατανόηση της δυναμικής του θρεπτικού διαλύματος διασφαλίζει ότι οι θρεπτικές ουσίες αναπληρώνονται σε ένα ρυθμό με πιο στενό εντοπισμό της πρόσληψης από το φυτό. Σε παραδοσιακά συστήματα ανιχνεύσεως, όπου δεν είναι διαθέσιμο το ιοντοεπιλεκτικό σύστημα ανιχνεύσεως, μια χαμηλή μέτρηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας, τυπικά θα έχει ως αποτέλεσμα την προσθήκη μιας σειράς θρεπτικών ουσιών, όπου

στην πραγματικότητα μια μόνο θρεπτική δραστηριότητα μπορεί να είναι κάτω της ονομαστικής. Επομένως, αυτή η προσθήκη λιπασμάτων θα οδηγήσει σε ορισμένα θρεπτικά συστατικά που προστίθενται χωρίς να απαιτούνται και έτσι πάνε χαμένα. Καθώς τα οξέα και οι βάσεις που συνήθως χρησιμοποιούνται από τους καλλιεργητές για να διατηρηθεί το pH εντός των επιθυμητών ορίων είναι άλατα που περιλαμβάνουν ιόντα θρεπτικών ουσιών (π.χ. HCl, HNO₃, NaOH), για την προσαρμογή των αποτελεσμάτων του pH στη δραστηριότητα του άλλου θρεπτικού ιόντος αυξάνεται, τα οποία, αν δεν γίνουν αντιληπτά μπορούν να επηρεάσουν το συνολικό σύστημα (Al Naddaf, et al, 2011).

Ο ιοντοεπιλεκτικός αισθητήρας θα εξασφαλίσει επίσης την αποτελεσματική χρήση του νερού και πιο αυστηρούς ελέγχους εφαρμογής του για την ανάπτυξη των φυτών και θα βελτιωθεί περισσότερο η ικανότητα για το θρεπτικό διάλυμα να ανακυκλοφορήσει για μεγαλύτερες περιόδους.

Επί του παρόντος, πολλοί καλλιεργητές πετούν το θρεπτικό διάλυμα, όταν δεν έχουν πλήρη εμπιστοσύνη στην ποιότητα του, που συνήθως βασίζεται σε ένα προκαθορισμένο κριτήριο απαλλαγής ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Η βελτίωση της πρόσβασης σε δεδομένα διατροφικής κατάστασης, θα μειώσει την ανάγκη για την έκπλυση των λυμάτων και θα μειώσει έτσι τα αποτελέσματα των θρεπτικών συστατικών και υγρών αποβλήτων. Οι μελέτες που συγκρίνουν άμεσα τα ανοικτά με τα κλειστά συστήματα για διάφορους τύπους καλλιεργειών έχουν δείξει εξοικονόμηση στο νερό και στα θρεπτικά συστατικά για ισοδύναμες αποδόσεις των φυτών σε κλειστά συστήματα (Peckenraugh, 2004).

Πρόσθετες μελέτες έχουν δείξει ότι οι κλειστά Ολλανδικά θερμοκήπια έχουν εξοικονομήσει μέχρι 30% νερό και 40% λιπάσματα σε σύγκριση με τα παραδοσιακά ανοικτά συστήματα (Benton Jones, 2012).

4.2.6. Οι αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας στις υδροπονικές καλλιέργειες

Οι αισθητήρες θερμοκρασίας είναι ζωτικής σημασίας σε μια ποικιλία προϊόντων καθημερινής χρήσης. Ο έλεγχος της θερμοκρασίας έχει επίσης εφαρμογές στη χημική μηχανική. Παραδείγματα αυτού περιλαμβάνουν η διατήρηση της θερμοκρασίας ενός χημικού αντιδραστήρα στο ιδανικό σύνολο σημείων, η παρακολούθηση της θερμοκρασίας μιας πιθανής διαφεύγουσας αντίδρασης για να εξασφαλιστεί η ασφάλεια των εργαζομένων, και η διατήρηση της θερμοκρασίας των ρευμάτων που ελευθερώνονται στο περιβάλλον για την ελαχιστοποίηση των επιβλαβών περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Μαυρογιαννόπουλος, 2007).

Από τη σκοπιά της θερμοδυναμικής, η θερμοκρασία μεταβάλλεται ως συνάρτηση της μέσης ενέργειας της μοριακής κίνησης. Καθώς η θερμότητα προστίθεται σε ένα σύστημα, αυξάνει η μοριακή κίνηση και το σύστημα βιώνει μια αύξηση της θερμοκρασίας. Είναι δύσκολο, εντούτοις, να μετρηθεί άμεσα η ενέργεια της μοριακής κίνησης, έτσι οι αισθητήρες θερμοκρασίας γενικά είναι σχεδιασμένοι για να μετρούν μια ιδιότητα η οποία αλλάζει σε απόκριση στη θερμοκρασία. Οι συσκευές στη συνέχεια βαθμονομούνται με τις παραδοσιακές κλίμακες θερμοκρασίας χρησιμοποιώντας ένα πρότυπο.



Εικόνα 19. Τυπικός αισθητήρας θερμοκρασίας

Οι αισθητήρες θερμοκρασίας είναι συσκευές που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της θερμοκρασίας ενός μέσου. Υπάρχουν δύο είδη αισθητήρων θερμοκρασίας: οι αισθητήρες επαφής και οι ανέπαφοι αισθητήρες. Ωστόσο, οι 3 βασικοί τύποι είναι θερμόμετρα, ανιχνευτές θερμοκρασίας αντίστασης και θερμοζεύγη. Και οι τρεις από αυτούς τους αισθητήρες μετρούν μια φυσική ιδιότητα (δηλ. όγκος ενός υγρού, ρεύμα μέσω ενός καλωδίου), η οποία

αλλάζει ως συνάρτηση της θερμοκρασίας. Εκτός από τους 3 κύριους τύπους αισθητήρων θερμοκρασίας, υπάρχουν πολλοί άλλοι αισθητήρες θερμοκρασίας διαθέσιμοι για χρήση (Peckenraugh, 2004).

Αισθητήρες επαφής



Εικόνα 20. Εικόνα τυπικού πυρομέτρου
είναι:

Αισθητήρες επαφής θερμοκρασίας μετρούν την θερμοκρασία του αντικειμένου με το οποίο ο αισθητήρας είναι σε επαφή με την παραδοχή ή να γνωρίζει ότι και τα δύο (αισθητήρας και αντικείμενο) είναι σε θερμική ισορροπία, με άλλα λόγια, δεν υπάρχει καμία ροή θερμότητας μεταξύ τους (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Παραδείγματα των αισθητήρων αυτών

- Θερμοστοιχεία
- Ανιχνευτές θερμοκρασίας αντίστασης (RTD)
- Πλήρες σύστημα θερμομέτρων
- Διμεταλλικά θερμομέτρα

Ανέπαφοι αισθητήρες

Οι περισσότεροι εμπορικοί και επιστημονικοί ανέπαφοι αισθητήρες θερμοκρασίας μετρούν τη θερμική ενέργεια ακτινοβολίας της υπέρυθρης ή οπτικής ακτινοβολίας που παραλαμβάνεται από γνωστή ή υπολογιζόμενη περιοχή στην επιφάνεια ή τον όγκο του μέσα σε αυτό.

Στην περίπτωση της υδροπονικής καλλιέργειας θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε ανέπαφους αισθητήρες καθώς μας ενδιαφέρει να μετρήσουμε την θερμότητα που ακτινοβολείται και που υπάρχει γενικά στην ατμόσφαιρα και όχι τόσο την θερμότητα που παράγεται ως αποτέλεσμα, με την επαφή του αισθητήρα με κάποιο αντικείμενο.

Ιδανικό για την περίπτωσή μας είναι το πυρόμετρο. Σε αντίθεση με το θερμόμετρο, και το θερμοστοιχείο, τα πυρόμετρα (αισθητήρες θερμοκρασίας χωρίς επαφή) μετρά την ποσότητα της θερμότητας που εκπέμπεται, και όχι την ποσότητα της θερμότητας που επάγονται και μεταφέρονται ως ρεύμα στον αισθητήρα. Υπάρχουν διάφοροι τύποι πυρομέτρων, όπως τα ολικής ακτινοβολίας και τα φωτοηλεκτρικά πυρόμετρα (Resh, 2002).

Τα πυρόμετρα γενικά διαφέρουν ως προς το είδος της ακτινοβολίας που μετρούν. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα της ακτινοβολούμενης θερμότητας που ανιχνεύεται, και έτσι υπάρχουν πολλές υποθέσεις που πρέπει να γίνουν σχετικά με την ικανότητα ακτινοβολίας, ή το μέτρο του τρόπου με τον οποίο ακτινοβολείται η θερμότητα του αντικειμένου. Αυτές οι υποθέσεις βασίζονται στον τρόπο με τον οποίο ακτινοβολείται η θερμότητα, καθώς και στη γεωμετρία του αντικειμένου. Επειδή η θερμοκρασία εξαρτάται από την ικανότητα εκπομπής ενός σώματος, αυτές οι υποθέσεις σχετικά με την εκπομπή εισάγουν αβεβαιότητες και ανακρίβειες στις μετρήσεις της θερμοκρασίας. Ως εκ τούτου, λόγω του σφάλματος που σχετίζεται με αυτά, τα πυρόμετρα δεν χρησιμοποιούνται συχνά στη βιομηχανία, αλλά σε καλλιέργειες που έχουν σαφώς μικρότερες απαιτήσεις από την βιομηχανία, είναι ιδανικά (Benton Jones, 2012).

Υπάρχουν λοιπόν τα οπτικά πυρόμετρα και τα πυρόμετρα ακτινοβολίας.

Πώς λειτουργούν τα οπτικά πυρόμετρα:

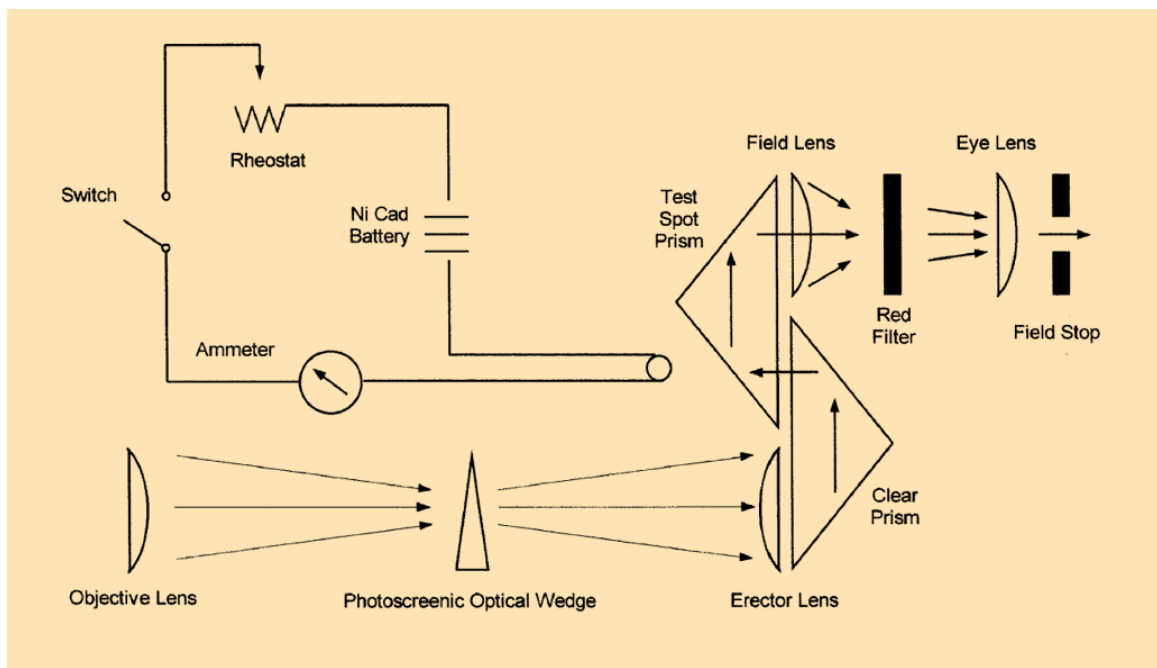
- Συγκρίνουν το χρώμα του ορατού φωτός που εκπέμπεται από το αντικείμενο με εκείνο ενός ηλεκτρικά θερμαινόμενου σύρματος

- Το σύρμα μπορεί να προκαθορίζεται σε μια ορισμένη θερμοκρασία
- Το καλώδιο μπορεί να ρυθμιστεί με το χέρι ώστε να συγκριθούν τα δύο αντικείμενα

Πως λειτουργούν τα πυρόμετρα ακτινοβολίας:

- Ο αισθητήρας λειτουργεί με τη μέτρηση της ακτινοβολίας (υπέρυθρο ή ορατό φως) που εκλύει ένα αντικείμενο
- Η ακτινοβολία θερμαίνει ένα θερμοστοιχείο στο πυρόμετρο το οποίο με τη σειρά του επάγει ρεύμα
- Όσο μεγαλύτερο είναι το ρεύμα που επάγεται, τόσο υψηλότερη είναι και η θερμοκρασία

Τα πυρόμετρα συνήθως χρησιμοποιούνται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ψυχρότερες θερμοκρασίες (Al Naddaf, et al, 2011).



Εικόνα 21. Τρόπος λειτουργίας πυρόμετρου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΘΡΕΨΗ - ΛΙΠΑΝΣΗ ΦΥΤΩΝ ΣΤΙΣ

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

5.1. Διαχείριση θρέψης

Τα φυτά των υδροπονικών καλλιεργειών απορροφούν όλα τα μακροστοιχεία και ιχνοστοιχεία που έχουν ανάγκη για την θρέψη τους από το θρεπτικό διάλυμα. Έτσι τα θρεπτικά στοιχεία θα πρέπει να βρίσκονται σε επαρκείς ποσότητες μέσα στο διάλυμα αλλά και να τηρούν κάποιες σχετικές αναλογίες μεταξύ τους ώστε να είναι εύκολα διαθέσιμα στο ριζικό σύστημα των φυτών. Για τους παραπάνω λόγους τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται είναι απλά υδατοδιαλυτά αλλά και με χαμηλό κόστος.

Τα ιχνοστοιχεία μαγγάνιο (Mn), ψευδάργυρος (Zn), και χαλκός (Cu), συμπληρώνονται με τις θειικές τους ενώσεις, ενώ για το μολυβδένιο (Mo) χρησιμοποιείται το μολυβδενικό νάτριο και για το βόριο (B) βορικό οξύ, βόρακας. Τα οξέα είναι καυστικά και επικίνδυνα όταν έρθουν σε επαφή με το σώμα για αυτό η χρήση τους θα πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή. Χρησιμοποιούμε τα παραπάνω λιπάσματα για την σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος. Όμως η σύνθεση αυτή θα πρέπει να ηπακούει σε ορισμένες βασικές αρχές (White & Mastalerz, 1966).

Η σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος θα πρέπει να προσαρμόζεται στο είδος του καλλιεργούμενου φυτού, στο στάδιο ανάπτυξης και τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν την εποχή που καλλιεργείται. Η συνολική συγκέντρωση των αλάτων που υπάρχουν στο διάλυμα θα πρέπει να καθορίζεται με κάποια ειδικά κριτήρια όπως το είδος του φυτού, τις κλιματολογικές συνθήκες και το στάδιο ανάπτυξης. Οι απόλυτες συγκεντρώσεις κάθε θρεπτικού στοιχείου στο διάλυμα δεν είναι τόσο σημαντικές όσο οι αμοιβαίες αναλογίες μεταξύ τους (ανταγωνιστικά στοιχεία μεταξύ τους)(ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ: K/Ca, Ca/Mg, N/K, NH₄/ολικόN, P/ολικά ανιόντα).

Θα πρέπει το pH του θρεπτικού διαλύματος να κυμαίνεται μέσα σε κάποια σαφή όρια (κοντά στο pH=5,5 όξινο).

Στα διαλύματα με υψηλή αγωγιμότητα τα θρεπτικά στοιχεία και το νερό δεν μπορούν να απορροφηθούν από τη ρίζα. Έτσι η υψηλή αγωγιμότητα μπορεί να προκαλέσει χλώρωση, μάρανση, κάψιμο των φύλλων ή αργή ανάπτυξη των φυτών. Στην αρχή της καλλιέργειας είναι επιθυμητό η αγωγιμότητα να είναι χαμηλή. Όταν η αγωγιμότητα είναι υψηλή πρέπει να γίνεται έκπλυση με καθαρό νερό ώστε να μειωθεί η αλατότητα (Al Naddaf, et al, 2011).

Τα αίτια αύξησης της αγωγιμότητας μπορεί να είναι: Υπερλίπανση. Η εφαρμογή επεμβάσεων υψηλής συγκέντρωσης προκαλεί τη γρήγορη αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Συχνές επεμβάσεις πιο χαμηλής συγκέντρωσης είναι πιο επιθυμητές από την εφαρμογή αραιών επεμβάσεων υψηλής συγκέντρωσης. Υπολείμματα λιπασμάτων. Στοιχεία όπως το νάτριο, χλώριο, θειικά που υπάρχουν σε λιπάσματα, αλλά δεν χρησιμοποιούνται από τα φυτά μπορεί να συγκεντρωθούν στο υπόστρωμα. Ποιότητα του νερού άρδευσης. Υπάρχει περίπτωση το νερό να έχει μεγάλες ποσότητες νατρίου και χλωρίου. Εφαρμογή άρδευσης. Τα ποτίσματα πρέπει να γίνονται ώστε κάθε φορά να υπάρχει αποστράγγιση, προκειμένου να μην έχουμε συσσώρευση αλάτων στο υπόστρωμα (Peckenraugh, 2004).

Το pH ενός μέσου ή ενός θρεπτικού διαλύματος είναι σημαντικό για την ανάπτυξη του φυτού. Κάθε ένα φυτό έχει μια προτιμώμενη κλίμακα pH εντός της οποίας αναπτύσσεται. Αν κάποιο φυτό, υπόκειται σε μια τιμή pH έξω από αυτές στις οποίες αναπτύσσεται, η ανάπτυξή του θα καθυστερήσει ή μπορεί ακόμα και να νεκρωθεί. Συνθήκες πολύ χαμηλού pH (9) μπορούν άμεσα να βλάψουν τις ρίζες του φυτού. Συνθήκες πολύ υψηλού και πολύ χαμηλού pH μπορεί να επηρεάσουν το φυτό ως ακολούθως:

Καθώς το pH του μέσου αλλάζει, το ίδιο κάνει και η διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων. Η πλειοψηφία των θρεπτικών στοιχείων είναι περισσότερο διαθέσιμη σε κλίμακα του pH από 6-7.5. Γενικά, κάποιο σημείο σ' αυτή την κλίμακα θεωρείται σαν ιδεώδες για την ανάπτυξη των

περισσότερων φυτών, παρόλο που υπάρχουν φυτά που προτιμούν υψηλότερες ή χαμηλότερες συνθήκες pH. Σε κάποιες περιπτώσεις, ιδιαιτέρως σε πολύ χαμηλές ή υψηλές συνθήκες pH κάποια θρεπτικά στοιχεία μπορεί να «κλειδώνονται» στο μέσο και έτσι δεν διατίθενται για την ανάπτυξη των φυτών. Τα θρεπτικά στοιχεία μπορεί να βρίσκονται στο μέσο αλλά το φυτό δεν μπορεί να τα χρησιμοποιήσει. Σε συνθήκες πολύ χαμηλού pH, τοξικά επίπεδα κάποιων θρεπτικών όπως είναι το μαγγάνιο και το αλουμίνιο, μπορεί να ελευθερωθούν (Bunt, 1988).

5.2. Θρέψη φυτών σε κλειστά υδροπονικά συστήματα

Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα, οι συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων στο διάλυμα που παρέχεται στην καλλιέργεια καθορίζονται κατά ένα μεγάλο μέρος από την σύνθεση του επαναχρησιμοποιημένου διαλύματος απορροής. Κάθε θρεπτική ουσία προσλαμβάνεται από τα φυτά μέσω διαφορετικών μηχανισμών απορρόφησης, με συνέπεια να υπάρχουν μεγάλες διαφορές στους ρυθμούς πρόσληψής τους. Επιπλέον, η σύνθεση του διαλύματος απορροής είναι μεταβαλλόμενη κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου επειδή οι αναλογίες λήψης θρεπτικών ουσιών και νερού επηρεάζονται από το στάδιο ανάπτυξης των φυτών, τις καιρικές συνθήκες και άλλους μεταβλητούς περιβαλλοντικούς παράγοντες κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Όλες αυτές οι παραλλαγές στις απορροές του θρεπτικού διαλύματος περιπλέκουν την επαναχρησιμοποίησή τους και το πρόβλημα γίνεται ακόμη περισσότερο περιπόλιο εξαιτίας του γεγονότος ότι στα εμπορικά θερμοκήπια η διαδικασία ανασύστασης των θρεπτικών διαλυμάτων πρέπει να εκτελεσθεί αυτόματα (Σάββας, 2012).

Υπάρχουν δύο τεχνικές αυτοματοποίησης για την ανακύκλωση του διαλύματος απορροής που χρησιμοποιούνται ευρέως στις εμπορικές θερμοκηπιακές καλλιέργειες, οι οποίες περιγράφονται από διάφορους μελετητές. Η πρώτη, που είναι τυποποιημένη τεχνική, περιλαμβάνει την μίξη της απορροής και του νερού σε μια αυτόματα διευθετήσιμη αναλογία στοχεύοντας σε μια σταθερή ηλεκτρική αγωγιμότητα στο εξερχόμενο μίγμα με

συνέπεια να απαιτείται η έγχυση σταθερών και προκαθορισμένων ποσοτήτων λιπασμάτων στο νερό σε συγκεκριμένες δόσεις, οπότε προκύπτει ένα προκαθορισμένης σύνθεσης θρεπτικό διάλυμα το οποίο καλείται «τυποποιημένο θρεπτικό διάλυμα για τις κλειστές καλλιέργειες». Στην συνέχεια το διάλυμα αυτό αναμειγνύεται με διάλυμα απορροής σε μια αυτόματα μεταβαλλόμενη αναλογία ανάμειξης με στόχο την επίτευξη μιας σταθερής και προκαθορισμένης τιμής ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο εξερχόμενο θρεπτικό διάλυμα (Μαυρογιαννόπουλος, 2007).

Σε μια πρόσφατη ερευνητική εργασία αναπτύχθηκαν δύο εναλλακτικά μοντέλα για την αυτοματοποιημένη ανακύκλωση των απορροών στα θερμοκήπια υδροπονίας που λειτουργεί μέσω ενός συστήματος ελέγχου ηλεκτρονικού υπολογιστή. Το πρώτο μοντέλο είναι βασισμένο στον συχνό προσδιορισμό της σύνθεσης του διαλύματος απορροής με στόχο την γνώση της χημικής σύνθεσης του μείγματος διαλύματος απορροής του νερού (CDW) η οποία λαμβάνει υπόψη όπως ακριβώς η χημική σύνθεση του νερού άρδευσης στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα. Συνεπώς, χρησιμοποιώντας ένα κατάλληλο πρόγραμμα Η/Υ, είναι δυνατό να προετοιμαστούν τα θρεπτικά διαλύματα οποιασδήποτε επιθυμητής σύνθεσης εισάγοντας την σύσταση του νερού, του διαλύματος απορροής, και τα χαρακτηριστικά του διαλύματος που θέλουμε να παρασκευάσουμε (EC, pH, θρεπτικές αναλογίες για τα μακροστοιχεία, θρεπτικές συγκεντρώσεις για τα μικροστοιχεία) (Benton Jones, 2012).

Το δεύτερο μοντέλο στηρίζεται στην αρχή του υπολογισμού συγκεκριμένων αναλογιών πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων και νερού μέσω πειραμάτων θρέψης. Με βάση αυτή την αρχή, το διάλυμα απορροής αναμειγνύεται με ένα θρεπτικό διάλυμα που έχει διαφορετικές απόλυτες συγκεντρώσεις αλλά τις ίδιες αναλογίες σε μακροστοιχεία σε κάθε εφαρμογή άρδευσης, οι οποίες αντιστοιχούν στις προσυπολογιζόμενες αναλογίες πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων και νερού. Τα δύο παραπάνω μοντέλα βασίζονται στην μέτρηση ορισμένων μεταβλητών σε πραγματικό χρόνο και ειδικότερο τον όγκο και την EC του διαλύματος απορροής και του pH του διαλύματος που λαμβάνεται μετά από την ανάμιξη του διαλύματος απορροής

με νερό άρδευσης. Τα παραπάνω μοντέλα εξετάστηκαν υπό πραγματικές συνθήκες ανάπτυξης σε μια καλλιέργεια χρυσάνθεμου που αναπτύχθηκε σε ένα πλήρως αυτοματοποιημένο θερμοκήπιο και οι δοκιμές επιβεβαίωσαν την δυνατότητα αυτών να βελτιστοποιηθεί ο ανεφοδιασμός του διαλύματος απορροής με θρεπτικά στοιχεία και νερό (ανασύσταση θρεπτικού διαλύματος) στα πλήρως αυτοματοποιημένα κλειστά υδροπονικά συστήματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΕΚΤΟΣ **ΕΔΑΦΟΥΣ**

6.1. Μέθοδοι άρδευσης

Στην περίπτωση των υδροπονιών καλλιεργειών που αναπτύσσονται σε στερεό υπόστρωμα το κοινό τους γνώρισμα είναι το γεγονός ότι το υπόστρωμα κατά την άρδευση είναι σε θέση να συγκρατήσει μία ποσότητα νερού, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας είναι διαθέσιμο στα φυτά στο μεσοδιάστημα μέχρι να γίνει η επόμενη άρδευση.

Επομένως σε κάθε άρδευση το χορηγούμενο νερό θα πρέπει να είναι τουλάχιστον τόσο, ώστε το υπόστρωμα να φθάνει στην υδατοϊκανότητα του. Εάν η χορηγούμενη ποσότητα νερού δεν είναι αρκετή ώστε το υπόστρωμα να φθάνει στην υδατοϊκανότητα του, υπάρχει κίνδυνος να μην επαρκεί το νερό μέχρι το επόμενο πότισμα. Αντίθετα, εάν την υπερβαίνει, η περίσσια του χορηγούμενου διαλύματος απορρέει και εφόσον το σύστημα είναι ανοιχτό χάνεται με συνέπεια να γίνεται σπατάλη νερού και λιπασμάτων (Fonteno, 1996).

6.2. Διάρκεια και σύστημα εφαρμογής

Εκείνο όμως που θα μεταβάλλεται συνεχώς είναι ο χρόνος έναρξης του κάθε ποτίσματος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο χρόνος που απαιτείται για την κατανάλωση μίας δεδομένης ποσότητας νερού από μια καλλιέργεια είναι συνήθως αρκετά διαφορετικός, τόσο κατά την διάρκεια ενός εικοσιτετραώρου, όσο και από ημέρα σε ημέρα, δεδομένου ότι εξαρτάται κυρίως από την συνεχώς μεταβαλλόμενη ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και από το εκάστοτε μέγεθος των φυτών. Αφού ο ρυθμός κατανάλωσης νερού από μία καλλιέργεια μεταβάλλεται χρονικά, ο καλύτερος τρόπος για να ρυθμίζεται ο

χρόνος έναρξης των ποτισμάτων είναι να συνεχίζεται με κάποιον τρόπο το ξεκίνημα της λειτουργίας του συστήματος άρδευσης με την κατανάλωση νερού από τα φυτά.

Έτσι, η παροχή θρεπτικού διαλύματος στην καλλιέργεια μπορεί να ξεκινάει κατά την χρονική στιγμή που η κατανάλωση νερού που σημειώθηκε στο χρονικό διάστημα από το προηγούμενο πότισμα μέχρι τη δεδομένη στιγμή εξισωθεί με την ποσότητα νερού που παρέχεται στην καλλιέργεια στον καθορισμένο χρόνο μίας άρδευσης . Από τεχνική άποψη, η εξάρτηση του χρόνου έναρξης των ποτισμάτων από το ύψος της κατανάλωσης νερού από την καλλιέργεια μπορεί να επιτευχθεί εύκολα με τη βοήθεια μιας ηλεκτροβάνας και ενός ειδικού χρονοδιακόπτη , ο οποίος συνδέεται με κάποιον αισθητήρα άμεσης ή έμμεσης μέτρησης της κατανάλωσης νερού από την καλλιέργεια (μετρητής έντασης ηλιακής ενέργειας , αισθητήρας μέτρησης της εξάτμισης νερού στο θερμοκήπιο, σύστημα μέτρησης της περιεκτικότητας του υποστρώματος σε νερό) (Μαυρογιαννόπουλος, 2007).

6.3. Χαρακτηριστικά συστημάτων άρδευσης

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι για την εφαρμογή ενός ορθολογικού και οικονομικά συμφέροντος προγράμματος άρδευσης στις υδροπονικές καλλιέργειες που αναπτύσσονται σε στερεό υπόστρωμα το ζητούμενο κάθε φορά είναι, η επιλογή του χρόνου έναρξης της άρδευσης και της διάρκειας της να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε, (α) η άρδευση να αρχίζει αμέσως μόλις το υπόστρωμα χάσει το 20-30% του νερού που περιέχει στην κατάσταση της υδατοϊκανότητας του και (β) η άρδευση να διαρκεί, τόσο ώστε η χορηγούμενη ποσότητα νερού στην καλλιέργεια να ξεπερνάει κατά 15-30% την ποσότητα που απαιτείται για να φθάσει το υπόστρωμα ξανά στην κατάσταση της υδατοϊκανότητας του.

Λαμβάνοντας υπόψη την ικανότητα συγκράτησης νερού ενός υποστρώματος, την χαρακτηριστική καμπύλη υγρασίας του και τον διαθέσιμο όγκο υποστρώματος ανά φυτό είναι εύκολο να καθορισθεί η διάρκεια των

ποτισμάτων, ώστε να ικανοποιείται η προϋπόθεση (β). προφανώς η διάρκεια των ποτισμάτων θα πρέπει να μην μεταβάλλεται αλλά να παραμένει πάντοτε σταθερή (Resh, 2002).

6.4. Ρύθμιση συχνότητας άρδευσης

Αρχικά, κατά την εγκατάσταση κάθε νέας καλλιέργειας, το υπόστρωμα ποτίζεται μέχρι να φτάσει την υδατοϊκανότητα του. Εφόσον σε κάθε νέα άρδευση η περιεκτικότητα του υποστρώματος σε νερό επιδιώκεται να ξαναφθάσει το επίπεδο της υδατοϊκανότητας του, το νερό που χρειάζεται να χορηγηθεί σε κάθε πότισμα θα πρέπει θεωρητικά να είναι τουλάχιστο ίσο με την ποσότητα που καταναλώθηκε στο μεσοδιάστημα από τα φυτά. Στην πραγματικότητα βέβαια η χορηγούμενη ποσότητα θρεπτικού διαλύματος δεν θα πρέπει να είναι ακριβώς ίση με αυτή που καταναλώθηκε στο μεσοδιάστημα μεταξύ των δύο αρδεύσεων αλλά κατά 15-30% υψηλότερη. Η επιπλέον αυτή ποσότητα θρεπτικού διαλύματος θα διαφύγει μεν μέσω απορροής από το υπόστρωμα, αλλά δεν αποτελεί άσκοπη απώλεια. Μαζί της θα συμπαρασύρει και θα εκπλύνει και ορισμένα άλατα που έχουν την τάση να συσσωρεύονται στο υπόστρωμα, επειδή είναι βλαπτικά για τα φυτά και δεν απορροφώνται παρά σε πολύ μικρές ποσότητες από τις ρίζες τους (Al Naddaf, et al, 2011).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ

7.1. Εισαγωγή

Τα Συστήματα Αυτόματης Άρδευσης έχουν καθιερωθεί ως τα πιο αποδοτικά και τα πιο εύκολα στη χρήση του νερού με πολλαπλά οικονομικά οφέλη για τον χρήστη, αλλά και την οικονομία του τόπου γενικότερα.

Η άρδευση με σταγόνες (στάγδην) και μικροεκτοξευτήρες και η άρδευση με καταιονισμό είναι μέθοδοι που επιδέχονται πλήρη αυτοματοποίηση. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα να ελέγχεται καλύτερα η διάρκεια άρδευσης και ανάλογα με τον επιπλέον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται, η δόση άρδευσης, να εφαρμόζεται έγκαιρα με συνέπεια την εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και ποσοτήτων νερού που σπαταλούνται λόγω υπεράρδευσης. Από την άλλη περιορίζεται στο ελάχιστο η εφαρμογή μικρότερων δόσεων άρδευσης σε σύγκριση με αυτές που πραγματικά απαιτεί το φυτό με συνέπεια να αποφεύγονται απώλειες στην παραγωγή

Τα Συστήματα αυτά αποτελούνται από δίκτυα κλειστών αγωγών διαφόρων διαμέτρων πάνω στα οποία εφαρμόζονται εξαρτήματα για τον έλεγχο και τη διάθεση του νερού στην υπό άρδευση καλλιέργεια. Για τη λειτουργία τους απαιτείται η ύπαρξη πίεσης, η προέλευση της οποίας μπορεί να είναι είτε φυσική (υψομετρική διαφορά), ή τεχνητή (εγκατάσταση αντλητικών συγκροτημάτων).

Σε γενικές γραμμές μπορούμε να κατατάξουμε τα Συστήματα αυτά σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με την πίεση λειτουργίας και την παροχή τους. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα συστήματα που λειτουργούν με χαμηλή-μέση πίεση λειτουργίας και μικρή-μέση παροχή, όπως είναι οι σταγόνες και οι εκτοξευτήρες μικρής παροχής (sprinklers). Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν

τα συστήματα που απαιτούν υψηλή πίεση λειτουργίας και μεγάλη παροχή (καταιονισμός, τεχνητή βροχή), όπως είναι οι διάφορων τύπων εκτοξευτήρες με κινητά μέρη.

7.2. Άρδευση με σταγόνες και μικροεκτοξευτήρες

7.2.1. Πηγή πίεσης ή πηγή τροφοδοσίας του νερού

Η πηγή πίεσης ή τροφοδοσίας ή και σταθμός άντλησης του νερού αποτελείται από τον κινητήρα και μια φυγόκεντρη ή στροβιλοφόρο αντλία με την οποία γίνεται η άντληση και ταυτόχρονα η κατάθλιψη του νερού. Η άντληση του νερού γίνεται συνήθως από δεξαμενές, λίμνες, ποτάμια, πηγάδια κλπ.

Πηγή πίεσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και μια υπερυψωμένη δεξαμενή η οποία λόγω θέσης εξασφαλίζει την απαιτούμενη πίεση λειτουργίας του δικτύου ή μια υδροληψία από ένα μεγάλο αρδευτικό δίκτυο από κλειστούς αγωγούς υπό πίεση.

Η πηγή πίεσης έχει ως σκοπό να καλύψει την πίεση λειτουργίας των διανεμητών νερού (σταλακτήρες, μικροεκτοξευτήρες κλπ), τις απώλειες πίεσης λόγω τριβών στα διάφορα εξαρτήματα του συστήματος, καθώς και τις υψομετρικές διαφορές.

Ειδική κατηγορία πηγής πίεσης αποτελούν τα δίκτυα οικιακής χρήσης νερού στις αστικές περιοχές, όπου το νερό βρίσκεται υπό πίεση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της κατηγορίας θεωρείται η άρδευση όλων σχεδόν των έργων πρασίνου ιδιωτικά ή δημόσια (κήποι, πάρκα κλπ).

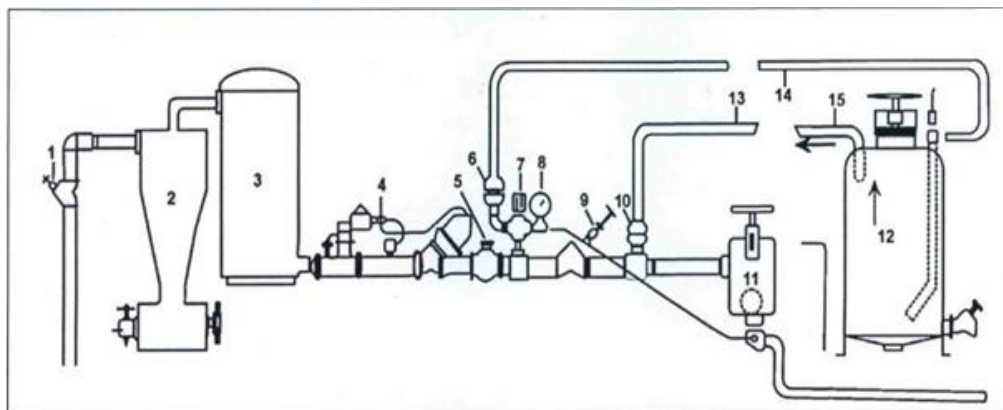
7.2.2. Κεφαλή ή κέντρο ελέγχου

Το κέντρο ελέγχου αποτελείται από ένα σύνολο μηχανισμών μέσα από τους οποίους διέρχεται το νερό πριν την τελική του διανομή στα σημεία

άρδευσης, με σκοπό να εξασφαλιστεί η ομαλή λειτουργία του συστήματος και η απρόσκοπτη ροή του νερού προς τα φυτά. Ταυτόχρονα πραγματοποιείται ο καθαρισμός του νερού από ξένες ύλες, ρυθμίζεται η πίεση του, εξασφαλίζεται η αυτοματοποίηση του προγράμματος άρδευσης και τέλος γίνεται η προσθήκη λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών ουσιών.

Οι κυριότεροι από τους μηχανισμούς που περιλαμβάνει μια κεφαλή είναι οι ακόλουθοι:

1. Η κεντρική ή γενική βάνα
2. Ο υδροκυκλώνας
3. Το φίλτρο άμμου
4. Η αυτόματη ογκομετρική βαλβίδα
5. Η βαλβίδα αντεπιστροφής
6. Η βαλβίδα εξαερισμού
7. Ο ταχυσύνδεσμος για την τροφοδοσία με νερό του υδρολιπαντήρα
8. Το μανόμετρο
9. Η βάνα στραγγαλισμού
10. Ο ταχυσύνδεσμος για την τροφοδοσία του συστήματος με διάλυμα λιπάσματος
11. Το φίλτρο σίτας
12. Ο υδρολιπαντήρας
13. Η γραμμή νερού από τον υδρολιπαντήρα στο σύστημα
14. Η γραμμή νερού από το σύστημα στον υδρολιπαντήρα
15. Η έξοδος του διαλύματος του λιπάσματος



Εικόνα 22.(1) Γενική βάνα, (2) Υδροκυκλώνας, (3) Φίλτρο άμμου,(4) Αυτόματη ογκομετρική βαλβίδα, (5) Βαλβίδα αντεπιστροφής, (6) Βαλβίδα εξερισμού,(7) Ταχυσόνδεσμος τροφοδοσίας υδρολιπαντήρα, (8) Μανόμετρο, (9) Βάνα στραγγαλισμού,(10) Ταχυσόνδεσμος τροφοδοσίας συστήματος, (11) Φίλτρο σίτας, (12) Υδρολιπαντήρας,(13) Γραμμή νερού από υδρολιπαντήρα προς το σύστημα, (14) Γραμμή νερού από το σύστημα στον υδρολιπαντήρα και (15) έξοδος του διαλύματος.(πηγή: Ουζούνης Δ.,2002, Συστήματα Αυτόματης Άρδευσης - Άρδευση με σταγόνες & μικροεκτοξευτήρες, εκδ. Γαρταγάνη)

Η διάταξη των μηχανισμών επιβάλλεται να γίνεται με σωστή σειρά, ανάλογα με το επιτελούμενο σκοπό του καθενός, ώστε να μην παρεμποδίζεται η λειτουργία του ενός από τον άλλον και να αποδίδει ο καθένας χωριστά και όλοι μαζί το μέγιστο δυνατό. Σε περίπτωση υψηλών πιέσεων, τόσο οι διακόπτες λειτουργίας (βάνες), όσο και οι μειωτές πίεσης κρίνεται απαραίτητο να μπαίνουν πριν από τα φίλτρα και τους λιπαντήρες προς αποφυγή καταπόνησης και υδραυλικών πληγμάτων.

Η κεφαλή βρίσκεται στην αρχή του δικτύου, αμέσως μετά την πηγή πίεσης-τροφοδοσίας και η θέση εγκατάστασης της μέσα στο κτήμα εκλέγεται εκείνη, η οποία προσφέρεται για έλεγχο και παρακολούθηση της άρδευσης από τον ενδιαφερόμενο.

Στις περιπτώσεις δημόσιων δικτύων κρίνεται αναγκαία η τοποθέτηση βαλβίδας αντεπιστροφής πριν από την είσοδο του υδρολιπαντήρα, έτσι ώστε να αποφεύγεται η επιστροφή του νερού με διαλυμένα λιπάσματα που ενδεχόμενα μπορεί να προκαλέσουν μόλυνση της πηγής του νερού.

7.2.3. Δίκτυο σωληνώσεων

Το δίκτυο σωληνώσεων χρησιμοποιείται για τη μεταφορά του νερού από την πηγή στο χώρο άρδευσης (κτήμα, κήπο, κλπ), να το διανέμει στα διάφορα μέρη του και τελικά να το μοιράσει στα φυτά μέσω των διανεμητών.

Κύριοι σωλήνες

Οι κύριοι σωλήνες μεταφέρουν το νερό από την πηγή μέχρι τις διακλαδώσεις τους με τους δευτερεύοντες ενώ διατάσσονται κατά κανόνα παράλληλα προς την κλίση του εδάφους για οικονομία ενέργειας και υλικών. Είναι οι μεγαλύτεροι σε διάμετρο αγωγοί που χρησιμοποιούνται σε ένα δίκτυο και αποτελούνται συνήθως από αγωγούς πολυαιθυλενίου (PE) ψηλής πυκνότητας ή πολυβινυλοχλωρίου (PVC). Για λόγους προστασίας η τοποθέτησή τους γίνεται συνήθως υπόγεια. Η εξωτερική τους διάμετρος κυμαίνεται από 40-355 mm, ενώ η αντοχή τους στην πίεση κυμαίνεται από 6 έως 16 atm.

Δευτερεύοντες σωλήνες

Οι αγωγοί αυτοί είναι μικρότερης διαμέτρου από τους κύριους σωλήνες και συνήθως αποτελούνται από πολυαιθυλένιο (PE) ψηλής ή χαμηλής πυκνότητας, ανάλογα με την περίπτωση. Παράγονται σε κουλούρες μήκους 100, 200, 300 και 400 m, με αντοχή σε πιέσεις 4, 6, 10 και σπάνια 16 atm και σε σταθερές εξωτερικές διαμέτρους 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 75, 90 και 110 mm. Οι αγωγοί αυτοί ενώνονται μεταξύ τους με διάφορα εξαρτήματα όπως υδραυλικά από πλαστικό, εξαρτήματα τύπου ρακορ-κοχλία και υδροληψίες ή σέλες. Διατάσσονται υποχρεωτικά κάθετα προς τους πλευρικούς και με διάφορες κατευθύνσεις σε σχέση με τους κύριους.



Εικόνα 23. Σωλήνες άρδευσης από πολυαιθυλένιο (PE) (πηγή Διαδίκτυο)

Πλευρικοί σωλήνες

Είναι οι μικρότεροι σε διάμετρο αγωγοί. Αποτελούνται από πολυαιθυλένιο (PE) χαμηλής πυκνότητας και σκοπός τους είναι να προσλαμβάνουν το νερό από τους δευτερεύοντες και να το διαμοιράζουν ομοιόμορφα δια μέσω των διανεμητών ή από ειδικούς πόρους ή διατρήσεις που φέρουν τα τοιχώματά τους. Η εξωτερική τους διάμετρος κυμαίνεται από 12-32 mm και η αντοχή τους σε πιέσεις από 0,5-6 atm. Τοποθετούνται επιφανειακά κατά κανόνα κάθετα προς τους δευτερεύοντες και παράλληλα προς τις γραμμές της καλλιέργειας. Το χρώμα τους είναι μαύρο για αυξημένη αντοχή στη φωτόλυση της ηλιακής ακτινοβολίας καθώς είναι αδιαπέραστοι από το φως. Η ιδιότητα αυτή εμποδίζει ταυτόχρονα την ανάπτυξη μικροοργανισμών στο εσωτερικό τους όπως άλγες, μύκητες κ.λπ., οι οποίοι μπορούν να προκαλέσουν εμφράξεις στο σύστημα. Ανάλογα με τον τρόπο που διανέμουν το νερό διακρίνονται σε:

- διανεμητοφόρους: διανέμουν το νερό μέσω των διανεμητών που φέρουν, ενώ στην περίπτωση που οι διανεμητές είναι σταλακτήρες, ονομάζονται σταλακτηφόροι
- διάτρητους: φέρουν σε κανονικά διαστήματα οπές από τις οποίες το νερό εκρέει ή εκτοξεύεται με τη μορφή πίδακα, χρησιμοποιούνται κυρίως για την άρδευση κηπευτικών και ανθοκομικών φυτών.

- Πορώδεις: έχουν πορώδη τοιχώματα από τα οποία το νερό διαχέεται στο επίπεδο των ριζών των φυτών (υπόγεια άρδευση) με τη μορφή εφίδρωσης και για το λόγο αυτό τοποθετούνται κατά κανόνα υπόγεια.



Εικόνα 24. Σταλακτηφόροι σωλήνες(αριστερά & κέντρο) και σωλήνας εφίδρωσης (δεξιά (πηγή Διαδίκτυο)

Εγκατάσταση σωληνώσεων

Τόσο οι κύριοι όσο και οι δευτερεύοντες σωλήνες, κατά κανόνα, τοποθετούνται υπόγεια. Οι σημαντικότεροι λόγοι που επιβάλλουν την υπόγεια τοποθέτησή τους είναι οι παρακάτω:

- αποφεύγεται η παρεμπόδιση των καλλιεργητικών εργασιών και διευκολύνονται οι μετακινήσεις στο χώρο άρδευσης
- προφυλάσσονται οι σωλήνες από μηχανικές βλάβες, που δύναται να προκληθούν από μηχανήματα, ζώα κ.λπ.
- προστατεύονται οι σωλήνες από τη δυσμενή επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας

Τέλος πριν την τελική κάλυψη του δικτύου με χώμα είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθεί έλεγχος της στεγανότητάς για λόγους πρόνοιας διαρροών, διαφοράς πίεσης στα διάφορα σημεία κλπ. Κατά τον έλεγχο αυτό το δίκτυο γεμίζεται με νερό και με μανόμετρο στα υψηλότερα ελέγχεται η πίεση δοκιμής. Στις συνήθεις διαμέτρους των σωληνώσεων το δίκτυο δοκιμάζεται σε πίεση 1,5 φορές μεγαλύτερη από την ονομαστική πίεση λειτουργίας των σωληνώσεων για αρκετές ώρες. Μετά το πέρας όλων των παραπάνω πραγματοποιείται η ολική επίχωση του δικτύου

7.2.4. Διανεμητές

Οι διανεμητές συνδέονται με τους αγωγούς άρδευσης με ειδικά εξαρτήματα ή είναι ενσωματωμένοι. Διακρίνονται σε τέσσερεις κατηγορίες και κάθε τύπος διανεμητή χαρακτηρίζεται από την ονομαστική παροχή του εκφρασμένη σε lt/h και την πίεση λειτουργίας εκφρασμένη σε bar.

Σταλάκτες (drippers)

Σταλάκτες (drippers) ονομάζονται οι διανεμητές νερού που χρησιμοποιούνται για τον εξοπλισμό των συστημάτων εντοπισμένης άρδευσης με σταγόνες. Κατασκευάζονται συνήθως από πλαστική σκληρή ύλη πολυπροπυλενίου ή πολυαιθυλενίου και το κοινό χαρακτηριστικό τους είναι ότι επιτρέπουν την εκροή νερού με τη μορφή ελεύθερων σταγόνων καθώς και το ότι λειτουργούν σε χαμηλή πίεση (1-2atm). Οι σταλάκτες υπάρχουν σε μεγάλη ποικιλία ειδών και τύπων.



Εικόνα 25. Διάφοροι σταλάκτες (πηγή Διαδίκτυο)

A. Κατάταξη με βάση τα υδραυλικά χαρακτηριστικά: διακρίνονται σε σταλάκτες μεγάλης και μικρής διαδρομής.

α) Σταλάκτες μεγάλης διαδρομής

Σε αυτούς το νερό διαγράφει μια μεγάλη διαδρομή μέσα από μια μικρή διατομή με αποτέλεσμα την απώλεια φορτίου λόγω τριβών. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν:

- Σταλάκτες με ελικοειδή διαδρομή: το νερό ακολουθεί μια ελικοειδή διαδρομή έως ότου εκρεύσει.
- Σταλάκτες με σπειροειδή διαδρομή: το νερό ακολουθεί ένα είδος λεπτής σπειροειδούς διαδρομής μέσα στο σώμα του σταλακτήρα έως ότου εκρεύσει.
- Σταλάκτες με μαιανδρική διαδρομή: το νερό ακολουθεί μια διαδρομή από εναλλασσόμενες διευρύνσεις και στενώσεις σε σχήμα μαιάνδρου.
- Σταλάκτες μικτής διαδρομής: πρόκειται για συνδυασμό των παραπάνω τύπων όπου οι δίοδοι του νερού είναι ελικοειδείς στην αρχή και ευθύγραμμοι στο τέλος.

β) Σταλάκτες μικρής διαδρομής

Στον τύπο αυτό το νερό διέρχεται από μία οπή μικρής διαμέτρου μέσα στην οποία προκαλείται απώλεια πίεσης με αποτέλεσμα η εκροή να παίρνει τη μορφή πίδακα, ο οποίος με ένα κατάλληλο κάλυμμα μετατρέπεται σε σταγόνες. Σε αυτούς ανήκουν:

- Σταλάκτες τύπου οπής: για την έξοδο του νερού έχουν μια μικρή οπή με σχετικό κάλυμμα
- Σταλάκτες τύπου στροβίλου: το νερό εισέρχεται εφαπτομενικά σε έναν κυλινδρικό θαλαμίσκο, όπου στροβιλίζεται με σημαντικές απώλειες φορτίου και ακολούθως ανεβαίνει προς τα πάνω και εκρέει με τη μορφή σταγόνων.

B. Κατάταξη με βάση τον τρόπο σύνδεσης: διακρίνονται σε:

α) Πλευρικοί σταλάκτες: συνδέονται πλευρικά στα τοιχώματα των αγωγών άρδευσης και προεξέχουν από αυτούς. Για την τοποθέτησή τους

χρησιμοποιείται ένας διατρητήρας (σγρόμπια) ανοίγοντας μια οπή και ακολούθως ωθείται ο σταλάκτης σε αυτή με τον ειδικό συνδετήρα που φέρει στο άκρο του. Έχουν το πλεονέκτημα της εύκολης τοποθέτησης και στις επιθυμητές αποστάσεις ενώ σταδιακά μπορούμε να τοποθετούμε και νέους ανάλογα με τις υδατικές απαιτήσεις των φυτών. Μειονεκτούν στο γεγονός ότι μπορούν εύκολα να αποσπασθούν από τους αγωγούς που είναι τοποθετημένοι από ανθρώπους, ζώα και μηχανήματα.

β) Γραμμικοί σταλάκτες: έχουν σχήμα κυλινδρικό, μήκος 10 εκ περίπου και εξωτερική διάμετρο ίση ή λίγο μεγαλύτερη από εκείνη του πλευρικού σωλήνα. Για να γίνει η σύνδεση κόβεται ο πλευρικός σωλήνας και τα δύο στενότερα αυλακωτά άκρα του σταλάκτη εισάγονται στις αντίστοιχες τομές του σωλήνα. Πλεονεκτούν στην ταχύτερη εγκατάσταση του δικτύου και στην εύκολη περιτύλιξη των πλευρικών σωλήνων όταν αυτό απαιτηθεί. Μειονεκτούν στο γεγονός ότι δεν υπάρχουν πολλά περιθώρια επιλογής λόγω τυποποίησής τους από το εργοστάσιο κατασκευής καθώς και στο ότι η παρεμβολή τους προκαλεί μεγαλύτερες απώλειες πίεσης ταυτόχρονα και η αποσύνδεσή τους δεν είναι σχετικά εύκολη.

Γ. Κατάταξη με βάση των αριθμό των οπών εξόδου:

α) Σταλάκτες απλής εξόδου: έχουν μια μόνο οπή για την εκροή του νερού και είναι οι πλέον διαδεδομένοι.

β) Σταλάκτες πολλαπλής εξόδου: διαθέτουν 2-6 οπές εκροής του νερού το οποίο διανέμεται στα διάφορα σημεία του εδάφους μέσω λεπτών σωληνίσκων.

Δ. Κατάταξη με βάση τη ρύθμιση της παροχής: διακρίνονται σε

α) Σταλάκτες σταθερής παροχής: διατηρούν την παροχή τους ορισμένη και σταθερή σε δεδομένη πίεση

- β) Σταλάκτες ρυθμιζόμενης παροχής: για ορισμένη πίεση μεταβάλλουν την παροχή τους με ειδική ρύθμιση, είτε αυξάνοντας το μήκος της διαδρομής είτε μειώνοντας τη διατομή της οπής εκροής.
- γ) Σταλάκτες αυτορυθμιζόμενοι: διατηρούν την παροχή τους σταθερή όταν η πίεση μεταβάλλεται με κατάλληλους μηχανισμούς.

Μικροεκτοξευτήρες (sprayers ή microsprinklers)

Πρόκειται για μικρούς πλαστικούς εκτοξευτήρες που απαντώνται σε πολλά είδη και τύπους. Η παροχή τους κυμαίνεται από 30-400 lt/h με πίεση 1 bar. Διακρίνονται στους δύο παρακάτω τύπους:

- α) Περιστρεφόμενοι μικροεκτοξευτήρες: οι οποίοι διαθέτουν ένα κινητό τμήμα που περιστρέφεται κατά τη λειτουργία τους και εκτοξεύει το νερό κυκλικά.
- β) Στατικοί μικροεκτοξευτήρες: οι οποίοι δεν έχουν κινητά μέρη και έτσι εκτοξεύουν το νερό σταθερά σε κυκλικό ή ημικυκλικό σχήμα.

Η σύνδεσή και των δύο τύπων, με τους αγωγούς άρδευσης γίνεται είτε με απευθείας τοποθέτησή τους πάνω σε αυτούς (κάρφωμα) είτε με τη βοήθεια ειδικών εύκαμπτων σωληνίσκων που μεταφέρουν το νερό από τον πλευρικό σωλήνα στο μικροεκτοξευτήρα. Σε αυτήν την περίπτωση ο μικροεκτοξευτήρας τοποθετείται για στήριξη πάνω σε ειδικό υποστήριγμα (λόγχη) το οποίο καρφώνεται στο έδαφος.

Οι μικροεκτοξευτήρες πλεονεκτούν έναντι των σταλακτών, γιατί δεν παρουσιάζουν εύκολα προβλήματα εμφράξεων, καθώς η ταχύτητα ροής του νερού σε αυτούς είναι μεγαλύτερη από αυτή στους σταλάκτες. Στα μειονεκτήματά τους συγκαταλέγονται το πολύ μικρό μέγεθος σταγονιδίων (υγρό νέφος) που δημιουργούν γεγονός που ευνοεί την ανάπτυξη μυκήτων, τη διασπορά των σταγονιδίων από τον άνεμο με συνέπεια την ανομοιόμορφη άρδευση και τέλος τη μεγαλύτερη απώλεια νερού λόγω αυξημένης εξάτμισης.



Εικόνα 26. Διάφοροι μικροεκτοξευτήρες (πηγή Διαδίκτυο)

7.2.5. Εξαρτήματα συνδεσμολογίας

Τα εξαρτήματα συνδεσμολογίας αποτελούν το συνδετικό μέσο όλου του αρδευτικού δικτύου. Η συναρμολόγηση του δικτύου και η υδατοστεγής σύνδεση των σωληνώσεων και τμημάτων αυτού, προϋποθέτει την ύπαρξη ενδιάμεσων, πλαστικών ή μεταλλικών, εξαρτημάτων καθώς και τη σωστή τοποθέτησή τους.

Τα εξαρτήματα αυτά χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία γωνιών (90°) και διακλαδώσεων (ταφ), για τη μείωση διατομών, για τη σφράγιση και επισκευή σωλήνων, για τη σύνδεση εκτοξευτήρων και βαλβίδων με αυτούς καθώς και για τη σύνδεση σωλήνων μεταξύ τους. Διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους. Σε εξαρτήματα πολυαιθυλενίου (PE), σε εξαρτήματα χαλκού και σε εξαρτήματα πολυβινυλοχλωρίου (PVC).

Εξαρτήματα πολυαιθυλενίου (PE)

Τα εξαρτήματα πολυαιθυλενίου συνδέονται στους σωλήνες πολυαιθυλενίου με στροφή (κοχλίωση ή βίδωμα) ή με σύσφιγξη. Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

A) Υδραυλικά εξαρτήματα: υπάρχουν σε διάφορα μεγέθη και μερικάτα σημαντικότερα από αυτά είναι:

- 1) Μαστός: φέρει αρσενικό σπείρωμα (κοχλίωση) και στις δύο οπές του.
- 2) Μούφα: φέρει θηλυκό σπείρωμα (κοχλίωση) και στις δύο οπές του.
- 3) Γωνία θηλυκή: έχει μορφή γωνίας 90° και φέρει ίδιο θηλυκό σπείρωμα και στις δύο οπές του.
- 4) Γωνία αρσενική: έχει μορφή γωνίας 90° και φέρει ίδιο αρσενικό σπείρωμα και στις δύο οπές του.
- 5) Γωνία θηλυκή - αρσενική: έχει μορφή γωνίας και φέρει αρσενικό σπείρωμα στη μία οπή του και θηλυκό στην άλλη.
- 6) Ταφ θηλυκό: εξάρτημα κάθετης διακλάδωσης με θηλυκές οπές και στις τρεις οπές του.
- 7) Ταφ αρσενικό: φέρει αρσενικές οπές και στις τρεις οπές του.
- 8) Ταφ αρσενικό - θηλυκό - αρσενικό: εξάρτημα διακλάδωσης που φέρει αρσενικές οπές στα άκρα και θηλυκή οπή στο μέσο του.
- 9) Μούφα συστολική: φέρει θηλυκά σπείρωματα διαφορετικής διατομής.
- 10) Μαστός συστολικός: φέρει αρσενικά σπείρωματα διαφορετικής διατομής.
- 11) Συστολή Αμερικής: φέρει εξωτερικά αρσενικό σπείρωμα μιας διατομής και εσωτερικά θηλυκό σπείρωμα μικρότερης διατομής.
- 12) Τάπα αρσενική - θηλυκή: απομονώνει ένα άλλο υδραυλικό εξάρτημα

B) Εξαρτήματα σύνδεσης σωλήνων:

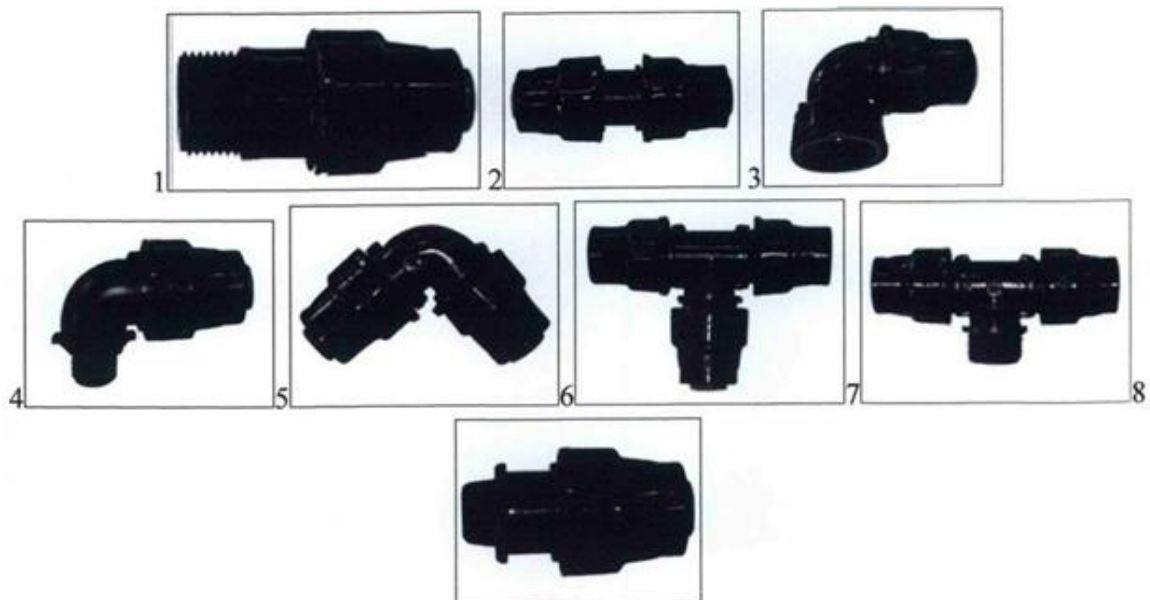
Η σύνδεση σωλήνων πολυαιθυλενίου (PE) μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους. Ο πλέον διαδεδομένος είναι με τη χρήση εξαρτημάτων μηχανικής σύσφιξης (ρακόρ).

i) Εξαρτήματα μηχανικής σύσφιξης (ρακόρ) τύπου lock

Τα εξαρτήματα αυτά φέρουν στο ένα άκρο ένα μηχανισμό τύπου ρακόρ που δέχεται το σωλήνα και στο άλλο άκρο φέρουν όμοιο μηχανισμό ή

κάποιο άλλο υδραυλικό σπείρωμα, αρσενικό ή θηλυκό, για σύνδεσή του σε κάποιο άλλο εξάρτημα. Τέτοια εξαρτήματα είναι:

- Ρακόρ lock αρσενικό : συνδέει ένα σωλήνα με υδραυλικό εξάρτημα θηλυκού σπειρώματος
- Σύνδεσμος lock : συνδέει σωλήνες ίδιας διαμέτρου.
- Γωνία lock -θηλυκή : συνδέει σωλήνα με υδραυλικό εξάρτημα αρσενικού σπειρώματος σε γωνία 90°
- Γωνία lock -αρσενική : συνδέει σωλήνα με υδραυλικό εξάρτημα θηλυκού σπειρώματος σε γωνία 90°
- Γωνία lock : συνδέει δύο σωλήνες ίδιας διαμέτρου σε γωνία 90°
- Ταφ lock : συνδέει τρεις σωλήνες ίδιας διαμέτρου
- Ταφ lock – θηλυκό : συνδέει δύο σωλήνες ίδιας διαμέτρου με υδραυλικό εξάρτημα αρσενικού σπειρώματος
- Ταφ lock –αρσενικό : συνδέει δύο σωλήνες ίδιας διαμέτρου με υδραυλικό εξάρτημα θηλυκού σπειρώματος
- Τάπα lock : απομονώνει ένα σωλήνα

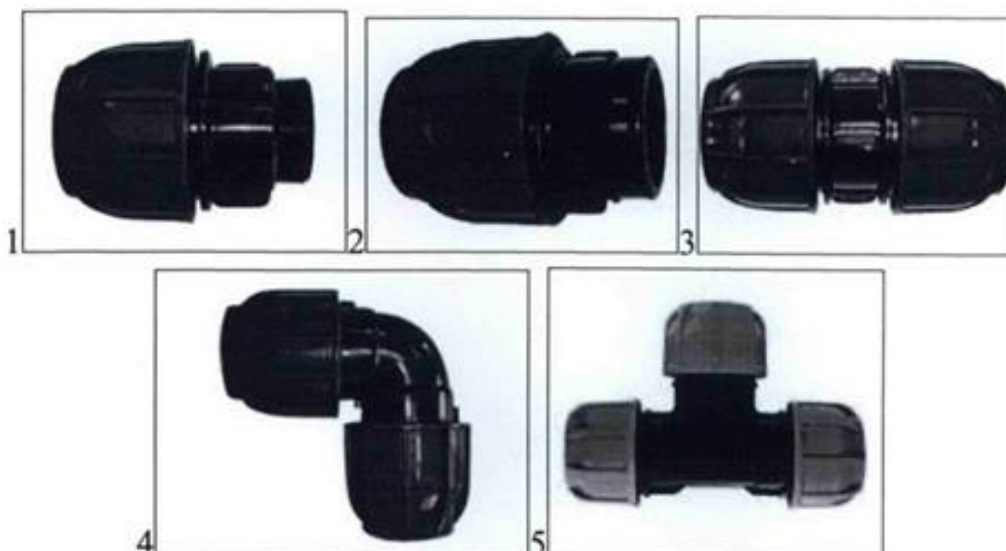


Εικόνα 27. 1)Ρακόρ lock αρσενικό, 2) Σύνδεσμος lock, 3)Γωνία lock - θηλυκή, 4)Γωνία lock-αρσενική, 5)Γωνία lock, 6)Ταφ lock, 7)Ταφ lock - αρσενικό, 8) Τάπα lock (πηγή Διαδίκτυο)

ii) Εξαρτήματα μηχανικής σύσφιγξης (ρακορ) κοχλιωτά

Τα κοχλιωτά εξαρτήματα χρησιμοποιούνται για συνδέσεις σωλήνων με διατομή 025 - 0110 και τοποθετούνται με ώθηση και σύσφιγξη. Τα βασικότερα από αυτά είναι:

- Ρακορ κοχλιωτό αρσενικό : συνδέει σωλήνα με υδραυλικό εξάρτημα θηλυκού σπειρώματος
- Ρακορ κοχλιωτό θηλυκό : συνδέει σωλήνα με υδραυλικό εξάρτημα αρσενικού σπειρώματος
- Σύνδεσμος κοχλιωτός : συνδέει δύο σωλήνες ίδιας διατομής
- Γωνία κοχλιωτή : συνδέει δύο σωλήνες ίδιας διατομής σε γωνία 90°
- Ταφ κοχλιωτό : συνδέει τρεις σωλήνες ίδιας διατομής.



Εικόνα 28. 1)Ρακορ κοχλιωτό αρσενικό, 2)Ρακορ κοχλιωτό θηλυκό, 3)Σύνδεσμος κοχλιωτός, 4)Γωνία κοχλιωτή, 5)Ταφ κοχλιωτό (πηγή Διαδίκτυο)

iii) Εξαρτήματα με ακίδες (σπαρωτά-φίς)

Αυτά χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση σωλήνων με διατομή από 0 4 - 032 και τοποθετούνται με ώθηση. Μερικά από αυτά είναι: ταφ σπαρωτό, γωνία σπαρωτή, σύνδεσμος σπαρωτός, τάπα σπαρωτή, μαστός σπαρωτός, δίοφθαλμο (απομονώνει ένα σωλήνα με την αναστροφή του ακραίου τμήματος), λήψη (με αυτή κάνουμε διακλαδώσεις σε μικρότερης διατομής σωλήνα).

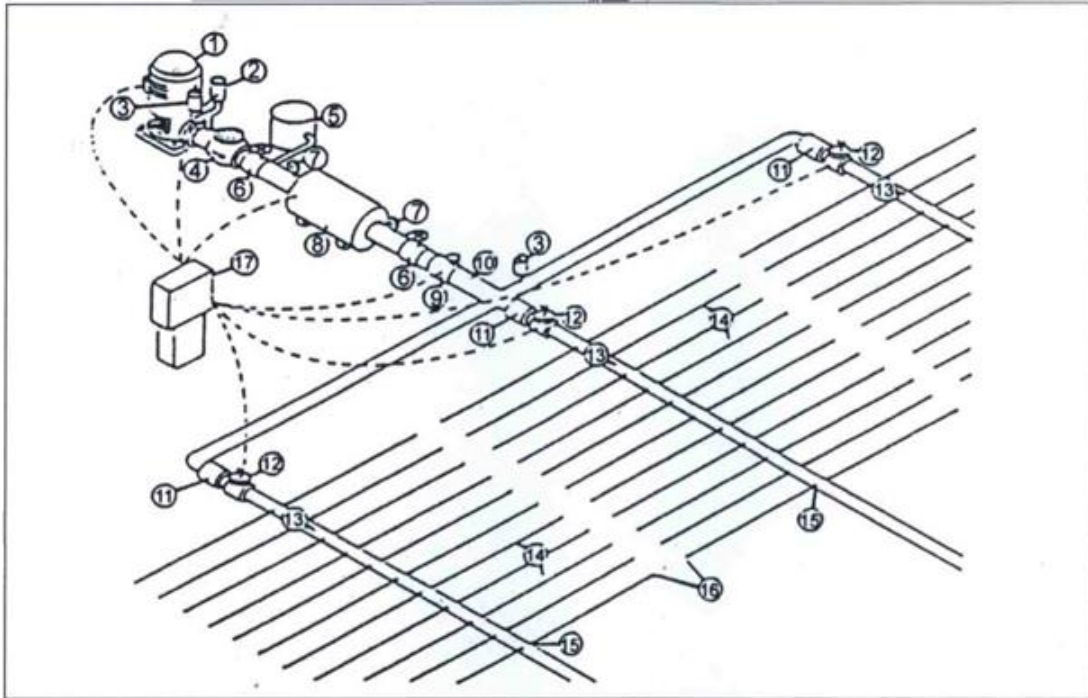
Σέλες υδροληψίας

Οι σέλες υδροληψίας χρησιμοποιούνται για την ασφαλή από άποψη στεγανότητας λήψη του νερού από τους αρδευτικούς σωλήνες. Προσαρμόζονται με διάφορους τρόπους πάνω σε αυτούς. Φέρουν θηλυκά σπειρώματα διαφόρων διατομών όπως 1/2", 3/4", 1", 1 1/4", 1 1/2" κ.α. Πάνω σε αυτές προσαρμόζονται οι διάφοροι σωλήνες που χρειάζεται να πάρουν νερό, οι σωλήνες ανύψωσης, οι εκτοξευτήρες, οι ηλεκτροβαλβίδες κλπ. Οι σημαντικότεροι τύποι σελών υδροληψίας είναι η συρταρωτή σέλα, η σέλα σφήνας και η σέλα με βίδες.

7.3. Λειτουργία συγκροτήματος - αυτοματισμοί

7.3.1. Γενικά

Η ορθή χρήση του νερού στη γεωργία σήμερα επιτυγχάνεται με την επιστημονική εφαρμογή της άρδευσης, η οποία είναι προϊόν των συστημάτων αυτόματης και πλήρως ελεγχόμενης άρδευσης. Ειδικά, στις περιπτώσεις, όπου αντιμετωπίζεται η άρδευση εκτεταμένων χώρων καλλωπιστικού πρασίνου και μεγάλων δυναμικών καλλιεργειών είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση συλλογικών συστημάτων αυτόματης άρδευσης με κεντρική μονάδα ελέγχου. Τα συστήματα αυτά ακολουθούν τις τελευταίες εξελίξεις στον τομέα του αυτοματισμού της άρδευσης. Μια ολοκληρωμένη τυπική μονάδα αυτόματου αρδευτικού δικτύου με τα βασικά στοιχεία απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 29. Αυτόματη τυπική μονάδα αρδευτικού συγκροτήματος. (1) Ηλεκτραντλία, (2) Κεντρική βάνα, (3) Βαλβίδα εκτονωτική, (4) Βαλβίδα αντεπιστροφής, (5) Σύστημα υδρολίπανσης, (6) Βάνα διαφορικής πίεσης, (7) Μανόμετρα, (8) Σύστημα φιλτραρίσματος, (9) Υδρόμετρο ή αυτόματη ογκομετρική βαλβίδα, (10) Κεντρικός αγωγός, (11) Φίλτρο εισόδου στους σωλήνες (αν είναι αναγκαίο), (12) Βάνες ελέγχου (χειροκίνητες και αυτόματες), (13) Είσοδος σωλήνων, (14) Σταλακτοφόροι σωλήνες, (15) Συναρμολογήσεις, (16) Τέρμα της γραμμής άρδευσης, πώμα ή αυτόματη βαλβίδα εκκένωσης, (17) Προγραμματιστής άρδευσης, (πηγή: Ουζούνης Α.,2002, Συστήματα Αυτόματης Άρδευσης - Άρδευση με σταγόνες & μικροεκτοξευτήρες, εκδ. Γαρταγάνη)

Ανάλογα με το μέγεθος της εκμετάλλευσης και τις δυνατότητες επιβάρυνσης εφαρμόζεται και ο βαθμός αυτοματοποίησης του συστήματος άρδευσης. Σήμερα ένα αυτόματο αρδευτικό δίκτυο λειτουργεί από την πιο απλή μορφή του με χειροκίνητες βάνες και μειωτές πίεσης μέχρι την πιο αυτοματοποιημένη με ηλεκτρικούς χρονοδιακόπτες και ηλεκτρονικό προγραμματιστή.

7.3.2. Χειροκίνητη λειτουργία

Κατά τη χειροκίνητη λειτουργία όλοι οι απαιτούμενοι χειρισμοί, τόσο για την έναρξη και παύση της λειτουργίας του δικτύου, όσο και την εναλλαγή των στάσεων πραγματοποιούνται με απλούς χειροκίνητους διακόπτες ή μειωτές πίεσης στην κεφαλή του δικτύου ή την αρχή κάθε στάσης.

7.3.3. Ημιαυτόματη λειτουργία

Η ημιαυτόματη λειτουργία πραγματοποιείται με ειδικές ογκομετρικές βαλβίδες, οι οποίες έχουν τη δυνατότητα να κλείνουν αυτόματα, αφού περάσει η προκαθορισθείσα στο σχετικό όργανο ποσότητα νερού.

7.3.4. Διαδοχική λειτουργία

Η διαδοχική χορήγηση νερού από τη μία στάση στην άλλη, στις περιπτώσεις άρδευσης του αγρού με περισσότερες από μια στάσεις, διενεργείται με διαφραγματικές βαλβίδες. Οι βαλβίδες αυτές επιτρέπουν ή διακόπτουν τη ροή του νερού αυτόματα και διακρίνονται σε υδραυλικές και ηλεκτρικές.

7.3.5. Αυτόματη λειτουργία

Η αυτόματη λειτουργία πραγματοποιείται με ένα ηλεκτρικό χρονοδιακόπτη, ο οποίος μπορεί να προγραμματιστεί κατά βούληση, ώστε να θέτει σε κίνηση τον ηλεκτροκινητήρα και να το σταματά ύστερα από ορισμένη διάρκεια λειτουργίας. Υπάρχει και πολλαπλός χρονοδιακόπτης, που ρυθμίζει και τη διαδοχική λειτουργία των ηλεκτρικών διαφραγματικών βαλβίδων των διαφόρων στάσεων άρδευσης.

Είναι δυνατή επίσης η ρύθμιση της άρδευσης με ογκομέτρηση του διερχομένου από την κεφαλή νερού, αρκεί η ογκομετρική βαλβίδα να διασυνδεθεί ηλεκτρικά με ένα προγραμματιστή, ώστε με τη διακοπή της, να διακόπτεται και η λειτουργία του κινητήρα της αντλίας.

Άλλος τρόπος αυτοματισμού είναι η σύνδεση ενός ηλεκτρικού προγραμματιστή με ένα εξατμισόμετρο, οπότε αυτοματοποιείται η άρδευση με εξάρτηση από την εξατμισοδιαπνοή.

Ακόμη είναι δυνατό να αυτοματοποιηθεί η άρδευση στις περιπτώσεις κατά τις οποίες συσχετίζεται η υγρασιακή κατάσταση του εδάφους με αυτόματα ηλεκτρονικά όργανα διαμέσου τενσιομέτρων, τα οποία μετρώντας με ακρίβεια την εδαφική υγρασία δίνουν την εντολή έναρξης ή παύσης της άρδευσης και κανονίζουν πάντοτε η τάση της εδαφικής υγρασίας να είναι χαμηλή στα όρια μύζησης των ριζών των φυτών.

7.3.6. Αυτοματισμοί

Οι αυτοματισμοί στην τοπική άρδευση με σταγόνες ή μπεκάκια άρχισαν να εφαρμόζονται εξαιτίας του συνεχούς αυξανόμενου κόστους των εργατικών, των ευκολιών που προσφέρουν και των δυνατοτήτων που παρέχουν πάνω στην εφαρμογή των προγραμμάτων άρδευσης. Έτσι:

- Δίνεται η δυνατότητα άρδευσης τις νυχτερινές ώρες.
- Παρέχεται η δυνατότητα αύξησης της αρδευόμενης έκτασης και οικονομικότερης αντιμετώπισης του φιλτραρίσματος του νερού.

Έτσι αν η υδροληψία ή η αντλία καλύπτει ένα μόνο μέρος της έκτασης, με τη χρησιμοποίηση των αυτοματισμών και ποτίζοντας σε 24ωρη βάση, πολλαπλασιάζεται η αρδευόμενη επιφάνεια μέχρι και 12 φορές ή και περισσότερο, ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας και το εφαρμοζόμενο εύρος άρδευσης.

Όταν εξάλλου έχουμε νερό με πολλές ξένες ύλες και το κόστος φιλτραρίσματος όλης της ποσότητας μιας εφαρμογής άρδευσης είναι ακριβό, τότε συμφέρει πολλές φορές τεχνοοικονομικά να φιλτράρεται λιγότερη ποσότητα νερού και η έκταση να ποτίζεται διαδοχικά.

Τα στοιχεία ενός συστήματος ελέγχου περιλαμβάνουν τους προγραμματιστές και τις ηλεκτροβάνες.

Προγραμματιστές

Οι προγραμματιστές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τους ηλεκτρομηχανικούς και τους ηλεκτρονικούς. Οι ηλεκτρομηχανικοί χρησιμοποιούν ένα μικρό σερβοκινητήρα και μηχανικές επαφές. Οι ηλεκτρονικοί προγραμματιστές είναι συνήθως εφοδιασμένοι με μια μικρή μπαταρία, που κρατά το πρόγραμμα στη μνήμη, όταν διακοπεί το ρεύμα και έτσι το πότισμα ξεκινά με την επανασύνδεση, χωρίς να χρειάζεται να προγραμματιστεί πάλι. Έχουν επίσης και βοηθητική έξοδο για τον έλεγχο της αντλίας νερού.

Τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά ενός προγραμματιστή είναι:

- 1) Ο αριθμός στάσεων ή σταθμών
- 2) Η ρύθμιση του χρόνου ποτίσματος κάθε σταθμού
- 3) Οι ημέρες ποτίσματος
- 4) Ο αριθμός ποτισμάτων (κύκλων) ανά ημέρα ποτίσματος
- 5) Ο αριθμός προγραμμάτων

Όλοι οι προγραμματιστές τροφοδοτούνται με 220V/50Hz και έχουν εξόδους 24V/50Hz, για λόγους ασφάλειας και είναι η συνηθισμένη τάση για τις ηλεκτρομαγνητικές βάνες.



Εικόνα 30. Διάφοροι τύποι προγραμματιστών άρδευσης: 1) Hunter XC (πηγή: <http://www.hunterindustries.com>, 2) Weathermatic smartline (πηγή: <http://www.weathermatic.com>), 3) Rainbird WTD 2900 (πηγή: <http://www.rainbird.gr>), 4) Rainbird ESP (πηγή: <http://www.rainbird.gr>), 5) Irritrol Junior Max (πηγή: <http://www.irritrol.com>), 6) Claber Video 2 (πηγή: <http://www.claberinc.com>)

Ηλεκτροβάνες

Οι ηλεκτρομαγνητικές βάνες είναι πλαστικές ή μεταλλικές βάνες με διάφραγμα, που έχουν ηλεκτρομαγνήτη, ο οποίος λειτουργεί με 24V/50Hz. Η αρχή λειτουργίας τους είναι, ότι ανοιγοκλείνουν με την πίεση του νερού και γι' αυτό για όλα τα μοντέλα από 3/4" - 3" χρησιμοποιείται ο ίδιος ηλεκτρομαγνήτης. Η πίεση λειτουργίας κυμαίνεται από 0,5 atm (ελάχιστη) μέχρι 10 atm (μέγιστη) και αντέχουν στα λιπάσματα και φάρμακα που χρησιμοποιούνται κατά την άρδευση στα δίκτυα. Ορισμένες έχουν ενσωματωμένο ρυθμιστή πίεσης ή εξωτερικό φίλτρο για τις περιπτώσεις εκείνες που το νερό είναι πολύ ακάθατο. Όλες γενικά έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν χειροκίνητα, όταν προκόψει κάποια βλάβη στο σύστημα. Οι ηλεκτροβάνες μπαταρίας συνοδεύονται και από ένα προγραμματιστή μπαταρίας και έτσι αποτελούν ένα αυτόνομο σημείο ελέγχου χωρίς καλώδια. Στις περιπτώσεις που έχουμε παραπάνω από μια ηλεκτροβάνη σ' ένα δίκτυο, ρυθμίζουμε το χρόνο έναρξης και τη διάρκεια κάθε μιας, ώστε να υπάρχει 1 αλληλοδιαδοχή στο πότισμα. Σήμερα υπάρχουν ηλεκτροβάνες σε διάφορους τύπους, που μπορούν να προσαρμοστούν σε κάθε μια ξεχωριστή περίπτωση δικτύου άρδευσης.



Εικόνα 31. Διάφοροι τύποι ηλεκτροβάνας, 1)Ηλεκτροβάνηχωρίς έλεγχο ροής, 2)Ηλεκτροβάνη με έλεγχο ροής, 3)Ηλεκτροβάνη με ρυθμιστή πίεσης (πηγή Διαδίκτυο)

Εγκατάσταση συστήματος αυτόματου ποτίσματος

Η εγκατάσταση συστήματος αυτόματου ποτίσματος γενικά διακρίνεται σε δύο κατηγορίες:

α) Εγκατάσταση ηλεκτρικών συστημάτων

Στο σύστημα αυτό ο προγραμματιστής εγκαθίσταται κοντά στην υδροληψία και συγκεκριμένα αν θέλουμε να κάνουμε οικονομία σε καλώδια τοποθετείται στο εσωτερικό του αντλιοστασίου και αν δεν υπάρχει αντλιοστάσιο σε ειδικό κουτί για προστασία.

β) Εγκατάσταση υδραυλικών συστημάτων

Στο σύστημα αυτό γίνεται η εγκατάσταση του προγραμματιστή, όπως στην προηγούμενη περίπτωση και κοντά του εγκαθίστανται οι ηλεκτροβάνες - πιλότοι, που συνδέονται ηλεκτρικά μ' αυτόν. Επιπλέον σε κάθε ηλεκτροβάνα - πιλότο υπάρχει και μια χειροκίνητη βάνα 1/2", ώστε όταν δεν υπάρχει ρεύμα να μπορούμε να κάνουμε διαδοχικό πότισμα από το χώρο του προγραμματιστή. Η σύνδεση κάθε βάνας - πιλότου με την αντίστοιχη υδραυλική βάνα γίνεται με σωλήνα πολυαιθυλενίου Φ12 ή Φ16, ανάλογα με την απόσταση. Ο σωλήνας αυτός είναι υπόγειος, όπως οι κύριοι αγωγοί.

Τα πλεονεκτήματα του υδραυλικού συστήματος είναι:

- Στην περίπτωση που η παροχή του νερού είναι ανεξάρτητη από το ηλεκτρικό ρεύμα (π.χ. υδροληψία αρδευτικού δικτύου) και διακοπεί το ρεύμα με συνέπεια να μη λειτουργεί ο προγραμματιστής, εύκολα γίνεται το διαδοχικό πότισμα από το χώρο ελέγχου με τις χειροκίνητες βάνες ελέγχου.
- Στην περίπτωση βλάβης της γραμμής, που συνδέει τον προγραμματιστή με τη βάνα (διαρροή του σωλήνα) η επιθεώρηση και επισκευή είναι ευκολότερη απ' ό,τι στην περίπτωση των καλωδίων.

7.3.7. Σύστημα άρδευσης με κεντρική μονάδα ελέγχου

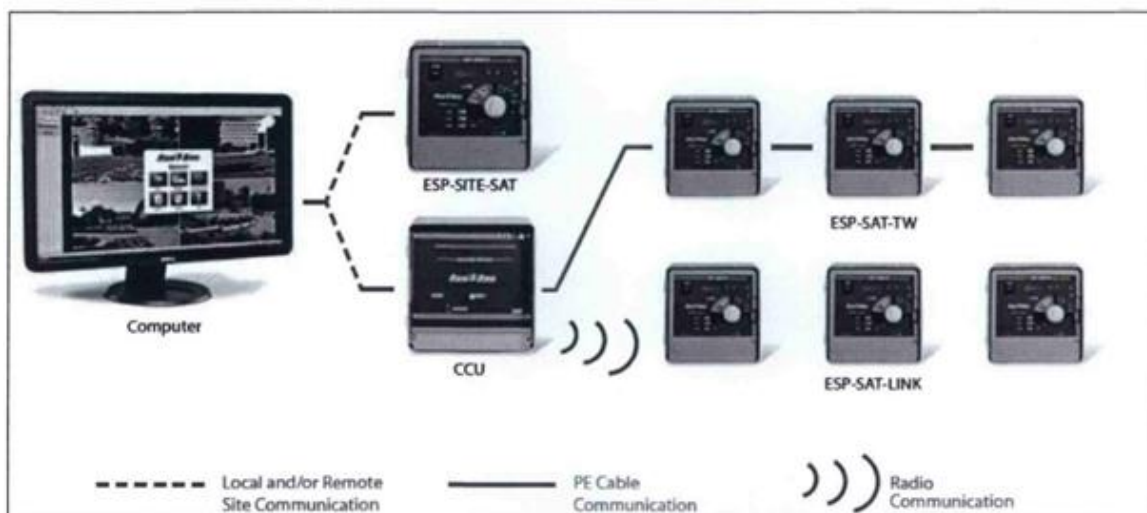
Ένα σύστημα άρδευσης με κεντρική μονάδα ελέγχου αποτελεί σήμερα την πλέον σύγχρονη και τελειοποιημένη μορφή άρδευσης από άποψη

ορθολογικής και οικονομικής διαχείρισης του νερού. Η χρησιμοποίηση τέτοιων συστημάτων άρδευσης συνεπάγεται εξοικονόμηση νερού και ενέργειας, μείωση του κόστους και μέγιστη δυνατή αξιοποίηση του νερού από τα φυτά. Η ορθή χρήση του νερού στη γεωργία επιτυγχάνεται με την επιστημονική εφαρμογή της άρδευσης που είναι πλέον προϊόν των συστημάτων αυτόματου και πλήρως ελεγχόμενου ποτίσματος.

Τα συστήματα αυτά ανήκουν στις τελευταίες εξελίξεις στον τομέα του αυτοματισμού της άρδευσης και τα συναντούμε σε μεγάλα αρδευτικά δίκτυα, καθώς και στην άρδευση εκτεταμένης επιφάνειας πρασίνου, πάρκα πόλεων κ.ά. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των δικτύων αυτόματης άρδευσης με κεντρική μονάδα ελέγχου είναι ότι παρουσιάζει ιδιαίτερη ευελιξία στην εξυπηρέτηση των αναγκών σε νερό μεγάλων εκτάσεων με ανομοιομορφίες στις υδατικές απαιτήσεις τους.

Κεντρικό δίκτυο αυτόματης άρδευσης

Ο εγκέφαλος του συστήματος της αυτόματης άρδευσης είναι ένας κεντρικός ηλεκτρονικός υπολογιστής, που αποτελεί την κεντρική μονάδα. Η λειτουργία του δικτύου επιτυγχάνεται με έναν αριθμό δορυφορικών προγραμματιστών (περιφερειακοί σταθμοί) διαμέσου μιας μονάδας επικοινωνίας και ενίσχυσης σημάτων (modem). Οι περιφερειακοί προγραμματιστές, που ο αριθμός τους ποικίλει ανάλογα με το μέγεθος της αρδευόμενης έκτασης και ιδιαιτεροτήτων που παρουσιάζει, ελέγχουν με τη σειρά τους έναν αριθμό ηλεκτροβανών που ανοιγοκλείνουν σύμφωνα με τη σειρά του αυτοματισμού, δηλαδή των εντολών που λαμβάνουν. Η κεντρική μονάδα ελέγχου ενός συλλογικού δικτύου αυτόματης άρδευσης εμφανίζει τμηματικά στην οθόνη του υπολογιστή τις διάφορες λειτουργίες του δικτύου και τις δυνατότητες ελέγχου.



Εικόνα 32.Κεντρικό σύστημα ελέγχου άρδευσης RainbirdMAX1COM2 (πηγή: <http://www.rainbird.gr>)

Σχεδιασμός δικτύου

Ο σχεδιασμός του δικτύου συνίσταται στη δημιουργία ενός τοπικού δικτύου, που περιλαμβάνει:

- Έναν κεντρικό υπολογιστή, ο οποίος χρησιμοποιείται για τον έλεγχο του δικτύου και είναι ειδικά φτιαγμένος για εφαρμογές στην άρδευση.
- Μια μονάδα αντικεραυνικής προστασίας, τόσο του κεντρικού υπολογιστή, όσο και των δορυφορικών - περιφερειακών προγραμματιστών.
- Μια μονάδα (modem) επικοινωνίας και ενίσχυσης των σημάτων ανάμεσα στον κεντρικό Η/Υ και των περιφερειακών προγραμματιστών.
- Μια ομάδα δορυφορικών προγραμματιστών 16 στάσεων, 4 ανεξαρτήτων προγραμμάτων, που ο καθένας χωριστά έχει τη δυνατότητα αυτόματης λειτουργίας, ως ατομικός προγραμματιστής, πέραν της λειτουργίας του ως μονάδας του συνολικού δικτύου.
- Ένα σύνολο ηλεκτροβανών διαφόρων διαμέτρων, ανάλογα με τις συγκεκριμένες εφαρμογές άρδευσης που η καθεμία καλείται να εξυπηρετήσει.

7.4. Ρύθμιση πίεσης δικτύου - αεραγωγοί υδραυλικό πλήγμα

7.4.1. Γενικά

Βασική επιδίωξη των αρδεύσεων γενικά είναι η επίτευξη ομοιομορφίας κατά την άρδευση, δηλαδή η ισόποση διανομή του νερού σε όλη την αρδευόμενη έκταση ή τμημάτων αυτής. Η ύπαρξη ομοιομορφίας όμως προϋποθέτει την ομαλή έξοδο του νερού από τα μέσα διανομής, η οποία επιτυγχάνεται μόνο όταν η πίεση του νερού είναι στο ίδιο επίπεδο σε όλη την έκταση του δικτύου. Επομένως απαιτούνται κάποιοι βασικοί υπολογισμοί και παρεμβάσεις ανάλογα με τις ειδικές συνθήκες σε κάθε περίπτωση που συνοψίζονται και εκφράζονται με τον όρο ρύθμιση πίεσης - παροχής του δικτύου. Η ρύθμιση πίεσης εξασφαλίζει την ομαλή λειτουργία του αρδευτικού συγκροτήματος και την ομοιομορφία της άρδευσης, διατηρώντας σε σταθερά επίπεδα την πίεση, την παροχή και τον εξαερισμό του δικτύου.

7.4.2. Ρύθμιση πίεσης

Επειδή σε διάφορα σημεία του δικτύου λόγω ειδικών συνθηκών, όπως υψομετρικών διαφορών, απωλειών φορτίου και άλλα πολλά, η πίεση είναι υψηλότερη απ' ό,τι απαιτούν οι ανάγκες της ομαλής λειτουργίας, γι' αυτό επιβάλλεται να γίνει ρύθμιση, ώστε να διατηρείται αυτή σταθερή σε όλη την έκταση του δικτύου. Όταν δεν είναι δυνατή ή δε συμφέρει οικονομικά η χρήση σωληνώσεων με κατάλληλες διαμέτρους, τότε χρησιμοποιούνται ρυθμιστές πίεσης. Υπάρχουν πολλοί τύποι ρυθμιστών πίεσης με διάφορες δυνατότητες ρύθμισης. Κάθε τύπος περιλαμβάνει διάφορα μεγέθη, καθένα από τα οποία καλύπτει μια ορισμένη περιοχή ροής. Τέτοιοι είναι οι πιεζοθραύστες, οι σταθεροί, μεταβλητοί και μικτοί ρυθμιστές.

Πιεζοθραύστες

Οι πιεζοθραύστες είναι οι συνηθισμένοι διακόπτες (ή βάνες) με τους οποίους προκαλείται μια τοπική στένωση της σωλήνωσης και μειώνεται έτσι η

πίεση λόγω των αυξημένων τριβών. Χρειάζεται οπωσδήποτε ένα μανόμετρο, το οποίο δείχνει την πίεση, ώστε ανάλογα με αυτή να ρυθμίζεται το κλείσιμο τους. Δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο δίκτυο, όταν η πίεση εισόδου δεν είναι σταθερή και παρουσιάζει διακυμάνσεις, γιατί ανάλογες διακυμάνσεις θα παρατηρούνται και στην έξοδο.

Σταθεροί ρυθμιστές

Οι σταθεροί ρυθμιστές μειώνουν τη μεταβαλλόμενη πίεση εισόδου και τη διατηρούν σταθερή στην έξοδο τους σε επιθυμητά επίπεδα. Η διατομή της ροής στο εσωτερικό τους ελαττώνεται βαθμηδόν με την αύξηση της πίεσης σε τρόπο, ώστε οι προκαλούμενες απώλειες λόγω τριβών να αντισταθμίζουν τις αυξήσεις της πίεσης. Κατασκευάζονται σε διάφορους τύπους που ο καθένας μειώνει μια πίεση από 1-4 atm και τη διατηρεί σταθερή στο επίπεδο της μίας ατμόσφαιρας περίπου.

Μεταβλητοί ρυθμιστές

Οι μεταβλητοί ρυθμιστές είναι σχετικά περίπλοκα όργανα με σκοπό να μειώνουν μια κυμαινόμενη πίεση εισόδου και να τη διατηρούν σταθερή στην έξοδο τους σε ένα χαμηλότερο επίπεδο, το οποίο μπορεί να μεταβάλλεται σε κάθε περίπτωση ανάλογα με τις απαιτήσεις. Για το χειρισμό αυτών των οργάνων έχουν προβλεφθεί ειδικοί κοχλίες ή κουμπιά. Οπωσδήποτε η μεταβολή του επιπέδου ρύθμισης της πίεσης απαιτεί την ύπαρξη μανομέτρου.

Μικτοί ρυθμιστές

Οι μικτοί ρυθμιστές συνδυάζουν τις ιδιότητες των σταθερών και των μεταβλητών ρυθμιστών. Οι ρυθμιστές αυτού του τύπου μειώνουν και διατηρούν σταθερή μια αυξομειούμενη πίεση σε διάφορα συγκεκριμένα επίπεδα με την προσθήκη περιφερειακά στο εσωτερικό τους ειδικών ελαστικών δακτυλίων. Οι ρυθμιστές αυτοί έχουν τη δυνατότητα για ρύθμιση της πίεσης σε 3 - 4 διάφορα επίπεδα, με την προσθήκη κατάλληλων δακτυλίων. Για την αλλαγή του επιπέδου ρύθμισης δε χρειάζονται μανόμετρο.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν απλές βάνες διακοπής της ροής, καθώς και σαν βαλβίδες αντεπιστροφής.

7.4.3. Αεραγωγοί

Σε πολλές περιπτώσεις μέσα στις σωληνώσεις των δικτύων εγκλωβίζεται αέρας και δημιουργούνται διάφορα προβλήματα στη λειτουργία του δικτύου. Στις επικλινείς εκτάσεις, λόγω υψομετρικών διαφορών, τα κατώτερα τμήματα εξακολουθούν να λειτουργούν για κάποιο χρονικό διάστημα μετά την παύση του συγκροτήματος. Έτσι δημιουργείται μια αναρροφητική τάση στους σταλακτήρες των υψηλότερων τμημάτων με αποτέλεσμα την αναρρόφηση αέρα και μικροτεμαχίων της ύλης του εδάφους. Για την αντιμετώπιση της ανεπιθύμητης αναρρόφησης μικροτεμαχίων της ύλης που προκαλούν εμφράξεις και ανωμαλίες στη λειτουργία του συστήματος τοποθετούνται στα υψηλότερα σημεία του δικτύου βαλβίδες εξαερισμού οι οποίες επιτρέπουν την είσοδο αέρα, όχι όμως και την έξοδο του νερού κατά τη λειτουργία του συγκροτήματος.

Στο εμπόριο υπάρχουν βαλβίδες αυτόματες, που επιτρέπουν την έξοδο του αέρα όταν το δίκτυο βρίσκεται υπό πίεση, βαλβίδες κινητικές, που επιτρέπουν την έξοδο και είσοδο μεγάλων ποσοτήτων αέρα κατά την έναρξη και παύση της λειτουργίας του δικτύου και βαλβίδες διπλής ενέργειας, που συνδυάζουν τη λειτουργία των αυτομάτων και των κινητικών.

7.4.4. Υδραυλικό πλήγμα

Το υδραυλικό πλήγμα είναι ένα φαινόμενο κατά το οποίο δημιουργούνται υπερπίεσεις στους σωλήνες του δικτύου, λόγω συσσώρευσης αέρα μέσα σ' αυτούς, ύστερα από απότομη διακοπή της κυκλοφορίας του νερού που μπορεί να εισέλθει είτε από απότομο κλείσιμο ή άνοιγμα κάποιας δικλείδας, είτε από στιγμιαία διακοπή του ηλεκτρικού ρεύματος. Η απότομη διακοπή της λειτουργίας του αντλητικού συγκροτήματος προκαλεί αρχικά μια υποπίεση

στην έξοδο της αντλίας η οποία μεταφέρεται στη συνέχεια στους αγωγούς με αποτέλεσμα τη δημιουργία κενού σε ορισμένα σημεία του δικτύου, η επαναπλήρωση του οποίου επιφέρει τοπικά εξαιρετικά υψηλές πιέσεις. Οι υπερπίεσεις που δημιουργούνται λόγω υδραυλικού πλήγματος μπορεί να ξεπερνούν την αντοχή των σωλήνων του δικτύου και αν δεν ληφθεί πρόνοια αντιπληγματικής προστασίας προξενούνται θραύσεις στους σωλήνες και γενικότερα περιορίζεται η διάρκεια της ζωής τους.

Αντιπληγματική προστασία δικτύου

Η αντιπληγματική προστασία του αρδευτικού δικτύου ανάλογα με τα αίτια του την προκαλούν διακρίνεται σε προστασία έναντι πληγμάτων από συσσώρευση αέρα και σε προστασία έναντι πληγμάτων προκαλουμένων από χειρισμό δικλείδων ελέγχου και υδροληψιών.

Στην πρώτη περίπτωση οι σωλήνες πρέπει να τοποθετούνται με μικρή κλίση μέσα στο έδαφος, ώστε ο αέρας να συσσωρεύεται στα υψηλότερα σημεία στα οποία και τοποθετείται αεραγωγός, αλλά και δίνεται η δυνατότητα εκκένωσης του δικτύου.

Στη δεύτερη περίπτωση υπολογίζεται η αύξηση πίεσης στους αγωγούς από το χειρισμό των αναφερομένων οργάνων εξαιτίας του οποίου προκαλείται το υδραυλικό πλήγμα και επιλέγεται η θέση, ο τύπος και το μέγεθος της αντιπληγματικής βαλβίδας, ώστε να εκτονώνεται από το όργανο ελέγχου η περιοριζόμενη παροχή, χωρίς τη δημιουργία παραπέρα αύξησης της πίεσης, η οποία να υπερβαίνει τα όρια της ονομαστικής πίεσης λειτουργίας των σωλήνων.

Σε πολύπλοκες μορφές δικτύων ή σε περιπτώσεις που τα υδραυλικά πλήγματα εμφανίζονται σε περισσότερα σημεία τα προβλήματα αυτά αντιμετωπίζονται και επιλύονται με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή.

7.5. Υδρολίπανση

7.5.1. Γενικά

Επειδή με τα συστήματα της τοπικής άρδευσης υγραίνεται τμήμα μόνο του εδάφους, η διασπορά των λιπασμάτων σε όλη την επιφάνεια κατά τον παραδοσιακό τρόπο λίπανσης δε συνιστάται, γιατί τα λιπαντικά στοιχεία στα ξερά τμήματα του εδάφους δεν μπορούν να μετακινηθούν με το νερό της άρδευσης. Γι' αυτό αποτελεσματικότερη είναι η προσθήκη των λιπαντικών στοιχείων στο νερό της άρδευσης που παρέχει και τη δυνατότητα εφαρμογής της λίπανσης περισσότερες φορές και με μικρότερες δόσεις μέσω της υδρολίπανσης.

Σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους λίπανσης, όπως επιφανειακή λίπανση, λίπανση κατά ζώνες, ψεκασμός με διαφυλλικά λιπάσματα, η υδρολίπανση είναι πιο αποδοτική, γιατί με το υγρό έδαφος οι ρίζες των φυτών ενεργοποιούνται ευκολότερα και η πρόσληψη των θεραπευτικών ουσιών είναι καλύτερη. Τα λιπάσματα παρέχονται σε μικρές δόσεις, κλιμακωτά και σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, σύμφωνα με την ανάπτυξη του φυτού και τις συγκεκριμένες ανάγκες του. Τα λιπάσματα αραιώνονται επαρκώς και έτσι αποφεύγεται ο κίνδυνος εγκαυμάτων. Η διασπορά τους εξάλλου είναι ομοιόμορφη με συνέπεια να γίνεται οικονομία στην ποσότητα των λιπασμάτων, εξοικονόμηση χρόνου και εργατικών και σε πολλές περιπτώσεις μείωση στην κατανάλωση ενέργειας.

Η εφαρμογή ωστόσο της υδρολίπανσης με τα συστήματα αυτόματης άρδευσης υπόκειται και σε ορισμένους περιορισμούς, που έχουν σχέση με τη φύση των λιπασμάτων, τη μηχανική σύσταση του εδάφους, τη συχνότητα και τις δόσεις άρδευσης.

7.5.2. Η τεχνική της υδρολίπανσης και η συμπεριφορά των λιπαντικών στοιχείων

Η χορήγηση των νιτρικών αλάτων πρέπει να γίνεται σε ελεγχόμενες ποσότητες νερού, γιατί τα ιόντα αυτά εκπλένονται εύκολα με το νερό. Αντίθετα

το κάλιο συγκροτείται εύκολα στο έδαφος και για την επαρκή κίνηση του προς το ριζικό σύστημα των φυτών απαιτούνται μεγάλες ποσότητες διαλύματος. Ο φώσφορος είναι διαθέσιμος σε περίπλοκες χημικές ενώσεις μικρής διαλυτότητας και λαμβάνεται από τα φυτά κατευθείαν από το εδαφικό διάλυμα. Τα ιχνοστοιχεία βρίσκονται σε χημικές ενώσεις μικρής διαλυτότητας.

Συνεπώς η εφαρμογή των λιπασμάτων κατά την υδρολίπανση πρέπει να γίνεται με μια σειρά, ανάλογα με την ευκινησία των ιόντων, δηλαδή πρώτα ο φώσφορος, στη συνέχεια το κάλιο, κατόπιν το άζωτο και τελευταία ο σίδηρος και οπωσδήποτε πάντοτε σε ελεγχόμενες ποσότητες και ρυθμούς. Τέλος τα χημικά λιπάσματα κατά την εφαρμογή τους από τα συστήματα αυτόματης άρδευσης πρέπει να παρουσιάζουν διαλυτότητα, να είναι απαλλαγμένα από ακαθαρσίες και να μην περιέχουν ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου, που αντιδρούν με τον αέρα και το νερό και σχηματίζουν ιζήματα που προκάνουν εμφράξεις στους σταλακτήρες και τους μικροεκτοξευτήρες.

Ο λιπαντήρας είναι ένα δοχείο ανθεκτικό στη διάβρωση, που συνδέεται με το δίκτυο άρδευσης και μέσα στο οποίο διαλύονται με νερό τα λιπάσματα που προορίζονται για υδρολίπανση. Το διάλυμα που προκύπτει στη συνέχεια αναμειγνύεται με το αρδευτικό νερό, υφίσταται κι άλλη αραίωση και φθάνει τελικά της ρίζες των φυτών στις κατάλληλες συγκεντρώσεις. Κατά την παρασκευή των αρχικών διαλυμάτων στο λιπαντήρα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος συσσωμάτωσης του λιπάσματος στον πυθμένα του δοχείου. Προς αποφυγή αυτού πρέπει απαραίτητα να προστίθεται το λίπασμα στο νερό και όχι αντίστροφα. Καλόν είναι επίσης να μην προσεγγίζονται τα όρια κορεσμού του διαλύματος.

Σήμερα υπάρχει πληθώρα λιπασμάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για υδρολίπανση, αρκεί η επιλογή τους να βασίζεται σε τεχνικά χαρακτηριστικά και να λαμβάνεται φυσικά υπόψη το κόστος τους. Στο εμπόριο κυκλοφορούν και άλλα πολλά λιπάσματα κατάλληλα για υδρολίπανση με πολλές δυνατότητες χρήσεως.

Τα λιπάσματα σε στερεή μορφή πρέπει απαραίτητα να προδιαλυθούν, ώστε να κατακαθίσουν τα αδιάλυτα περιβλήματα των κόκκων μαζί με τα άλλα αδρανή υλικά που υπάρχουν. Ακόμη η έγχυση τους στο δίκτυο άρδευσης επιβάλλεται να γίνεται πριν από τα φίλτρα στην κεφαλή του δικτύου. Κατά την ανάμειξη των λιπασμάτων απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή, καθώς και γνώση των δυνατοτήτων ανάμειξης των λιπασμάτων κατά τη υδρολίπανση, δοθέντος ότι οι κίνδυνοι των εμφράξεων είναι άμεσοι και αναπόφευκτοι.

Υπολογισμός της ποσότητας του λιπάσματος και της συγκέντρωσης του λιπαντικού διαλύματος σε απλούς λιπαντήρες

Κατά την υδρολίπανση είναι απαραίτητο να υπολογισθούν οι απαιτούμενες ποσότητες των λιπασμάτων με βάση τις λιπαντικές μονάδες που πρέπει να χορηγηθούν κατά στρέμμα και να ελέγχεται, αν η συγκέντρωση του λιπαντικού διαλύματος βρίσκεται μέσα στα ανεκτά και ευνοϊκά όρια για κάθε καλλιέργεια. Έτσι, επιτυγχάνεται από τη μια η πλήρης θρέψη των φυτών και από την άλλη αποφεύγονται προβλήματα τοξικότητας, που επιδρούν δυσμενώς στην ανάπτυξη και απόδοση αυτών. Ο υπολογισμός των ποσοτήτων του λιπάσματος είναι εύκολος αν ξέρουμε την περιεκτικότητα (%) του λιπάσματος σε λιπαντικά στοιχεία και τις απαιτούμενες λιπαντικές μονάδες ανά στρέμμα. Ο υπολογισμός είναι απλός και στηρίζεται στην απλή μέθοδο των τριών της πρακτικής αριθμητικής. Η συγκέντρωση του λιπαντικού στοιχείου στο αρδευτικό νερό, βρίσκεται αν εκτός από τα παραπάνω, γνωρίζουμε και το ύψος άρδευσης της καλλιέργειας.

Οι απλοί υδρολιπαντήρες λειτουργούν με στραγγαλισμό του νερού. Η βάνα για το σκοπό αυτό τοποθετείται στον κεντρικό αγωγό και ανάμεσα στις δύο συνδέσεις του υδρολιπαντήρα. Έτσι, αναγκάζει μια ποσότητα νερού να περάσει από τον υδρολιπαντήρα και να επανέλθει στον κεντρικό αγωγό του δικτύου, συμπαρασύροντας ποσότητες λιπάσματος από το πυκνό διάλυμα του.

Ωστόσο κατά τη διάρκεια του ποτίσματος με την πάροδο του χρόνου, οι συγκεντρώσεις του πυκνού διαλύματος που περνούν στον κεντρικό αγωγό

μέσω του υδρολιπαντήρα ελαττώνονται συνεχώς με αποτέλεσμα να μην εξασφαλίζεται ισόρροπη διανομή των θρεπτικών ουσιών στο χώρο του ριζικού συστήματος των φυτών. Γι' αυτό ο καλλιεργητής γνωρίζοντας τη διάρκεια της άρδευσης επεμβαίνει ρυθμιστικά μέσω της βάνας στραγγαλισμού, ώστε στο μέτρο του δυνατού οι συγκεντρώσεις των λιπαντικών στοιχείων να διατηρούνται σταθερές.

Όπως και να είναι όμως η υδρολίπανση δεν πρέπει να αρχίζει ταυτόχρονα με την έναρξη της άρδευσης αλλά λίγο αργότερα, καθώς επίσης και να τελειώνει λίγο πριν από το πέρας της άρδευσης, για να μην παραμένουν υπολείμματα από οξέα και λιπάσματα, τα οποία δημιουργούν κινδύνους διάβρωσης των μεταλλικών μερών του δικτύου.

7.5.3. Μέθοδοι και μέσα υδρολίπανσης - Θέση και σύνδεση μηχανισμών υδρολίπανσης

Τα λιπαντικά στοιχεία μπορούν να εισαχθούν μέσα στο νερό του δικτύου άρδευσης με διάφορους τρόπους, αρκεί να ληφθεί υπόψη η ευαισθησία των φυτών στη λίπανση, το είδος των λιπασμάτων που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν, ο χρόνος και ο ρυθμός εφαρμογής τους, καθώς και οι συνθήκες και οι δυνατότητες του δικτύου άρδευσης.

Από το δοχείο το μητρικό διάλυμα του λιπάσματος μεταφέρεται με διάφορους μηχανισμούς της κεφαλής στον κεντρικό αγωγό του δικτύου, όπου αραιώνεται σε τέτοιο βαθμό, ώστε το τελικό θρεπτικό διάλυμα που καταλήγει στις ρίζες των φυτών να περιέχει τα λιπαντικά στοιχεία στη συνιστώμενη συγκέντρωση και αναλογία μεταξύ τους, ανάλογα με το είδος του φυτού και το στάδιο ανάπτυξης τους.

Με βάση τις θρεπτικές ανάγκες του φυτού συνολικά, αλλά και κατά το στάδιο ανάπτυξης του, τις ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων που απομακρύνονται με την ολοκλήρωση της παραγωγής, καθώς και την

περιεκτικότητα του εδάφους σε θρεπτικά συστατικά, υπολογίζουμε τις αναγκαίες λιπαντικές μονάδες που πρέπει να χορηγήσουμε ανά στρέμμα.

Γνωρίζοντας την περιεκτικότητα επί τοις εκατό των λιπασμάτων σε θρεπτικά στοιχεία (N, P₂O₅, K₂O, MgO,...) την συγκέντρωση χορήγησης τους (π.χ. 150ppm ή mg θρεπτικού στοιχείου ανά lt νερού), καθώς και την ποσότητα και ποιότητα από άποψη αγωγιμότητας του χορηγούμενου νερού, προσδιορίζουμε πόσα γραμμάρια λιπάσματος ανά κυβικό μέτρο νερού πρέπει να χορηγηθούν στα φυτά. Στη συνέχεια καθορίζουμε τη διάρκεια και τη συχνότητα των υδρολίπανσεων για την πλήρη κάλυψη των θρεπτικών αναγκών της καλλιέργειας.

Ύστερα καταρτίζεται το συγκεκριμένο πρόγραμμα της υδρολίπανσης, που παρέχει πλήρη θρέψη των φυτών. Το πρόγραμμα αυτό μπορεί να εφαρμοστεί εξ' ολοκλήρου με την υδρολίπανση ή να συνδυαστεί στην πράξη και με τη χρησιμοποίηση κοκκωδών λιπασμάτων σαν βασική λίπανση.

Το μητρικό διάλυμα διοχετεύεται στο δίκτυο, όταν όλες οι σωληνώσεις του είναι γεμάτες με νερό και η πίεση έχει σταθεροποιηθεί και είναι η ίδια σε όλα τα σημεία του, ώστε η έναρξη της διανομής του λιπαντικού διαλύματος να είναι ταυτόχρονη σε όλα τα φυτά. Μετά το τέλος της υδρολίπανσης εξακολουθεί για αρκετό χρόνο η διοχέτευση καθαρού νερού για την έκπλυση του δικτύου και ιδιαίτερα των μέσων διανομής του νερού (σταλακτήρες, μικροεκτοξευτήρες) που είναι ευπαθείς στις εμφράξεις.

Τα μέσα διοχέτευσης των λιπασμάτων στο δίκτυο άρδευσης τοποθετούνται στην κεφαλή με την οποία συνδέονται κατάλληλα και αποτελούν το τμήμα της κεφαλής για την υδρολίπανση. Συγκεκριμένα τοποθετούνται μετά από την κεντρική βάνα ελέγχου και τον υδροκυκλώνα ή διαχωριστή άμμου, όταν η άντληση του νερού γίνεται από γεώτρηση και περιέχει άμμο, ή το φίλτρο χαλικιού, όταν η άντληση του νερού γίνεται από επιφανειακά νερά λίμνης, ποταμού κ.α. που περιέχουν άλγες (πρασινάδες). Ακόμη τοποθετούνται μετά από τη βαλβίδα αντεπιστροφής, την εκτονωτική βαλβίδα (αντιπληγματική), το

ρυθμιστή πίεσης, τη βαλβίδα εξαερισμού και το υδρόμετρο ή αυτόματη ογκομετρική βαλβίδα.

Σε περίπτωση διοχετεύσεως χημικών παρασκευασμάτων, τα οποία ενδεχόμενα θα μπορούσαν να προκαλέσουν διάβρωση στα φίλτρα σίτας, κρίνεται απαραίτητη η πρόβλεψη και δεύτερης εξόδου προς τον κεντρικό αγωγό του δικτύου μετά από το φίλτρο, ως εφεδρικό, για τη χρησιμοποίηση μόνο για την παραπάνω περίπτωση.

Όταν το χρησιμοποιούμενο νερό της άρδευσης περιέχει υψηλά ποσοστά ρύπων, τότε επιβάλλεται οπωσδήποτε η χρησιμοποίηση φίλτρου σίτας πριν από το μηχανισμό της υδρολίπανσης για την προστασία του.

Στον κεντρικό αγωγό και πριν από τη σύνδεση του μηχανισμού της υδρολίπανσης πρέπει να μπαίνει πάντα η βαλβίδα αντεπιστροφής (κλαπέ) για την αποφυγή ρύπανσης του νερού με λιπάσματα ή άλλα χημικά παρασκευάσματα.

Εκείνο που έχει ιδιαίτερη σημασία είναι ότι η διοχέτευση των λιπασμάτων πρέπει να γίνεται στον κεντρικό αγωγό πριν από τη διακλάδωση στους δευτερεύοντες αγωγούς, ώστε τα λιπάσματα να διανέμονται σε όλη την καλλιέργεια.

Βασικά οι μέθοδοι υδρολίπανσης ή γενικότερα οι μέθοδοι διοχέτευσης των χημικών λιπασμάτων στο νερό των δικτύων τοπικής άρδευσης, διακρίνονται με βάση τα υδραυλικά τους κριτήρια σε μεθόδους διαφορικής πίεσης και μεθόδους άντλησης.

Υδρολίπανση με διαφορική πίεση

Κατά τη μέθοδο αυτή τα λιπάσματα (στερεά ή υγρά) τοποθετούνται μέσα σε δοχεία. Τα δοχεία αυτά με δύο πλαστικούς ή ελαστικούς σωλήνες συνδέονται παράλληλα (by pass) με την κύρια σωλήνωση της κεφαλής του δικτύου. Με μία βάνα ανάμεσα στα σημεία που συνδέονται οι πλαστικοί

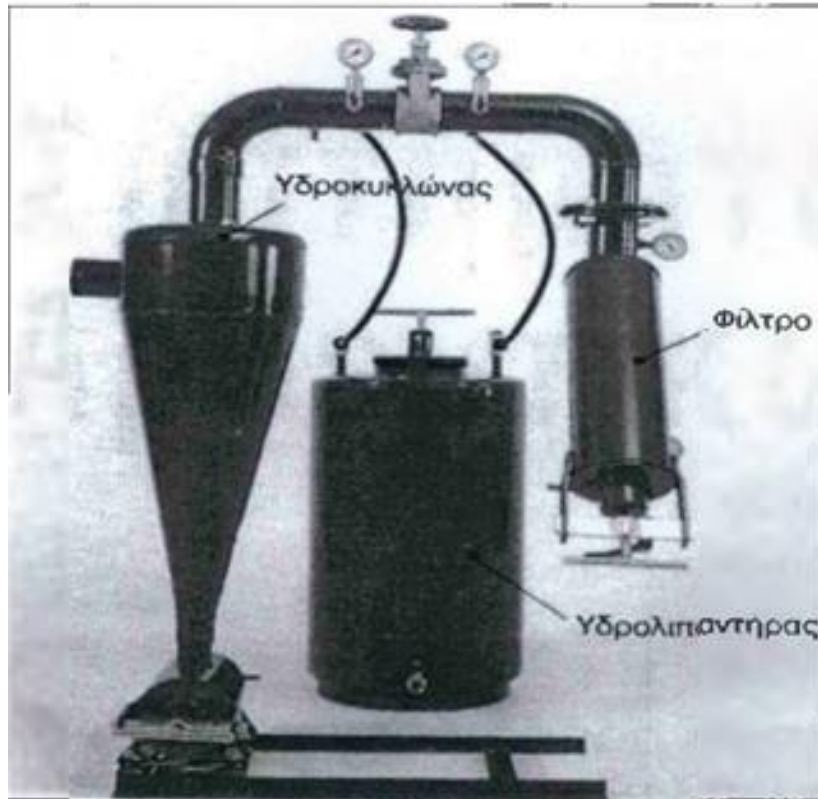
σωλήνες, στραγγαλίζεται η ροή στη κύρια σωλήνωση και δημιουργείται μια διαφορά πίεσης ανάμεσα στα σημεία αυτά, με αποτέλεσμα μέρος της παροχής της κεντρικής σωλήνωσης να αναγκάζεται να περάσει μέσα από το δοχείο της λιπάνσεως και να επιστρέψει ξανά σε αυτήν συμπαρασύροντας διαλυμένη ποσότητα λιπάσματος. Οι τρόποι εφαρμογής της υδρολίπανσης με διαφορεική πίεση στην πράξη σήμερα είναι οι εξής:

α. Υδρολίπανση με ανοικτό δοχείο

Κατά τη μέθοδο αυτή τα λιπάσματα διαλύονται σε ανοικτό δοχείο, το οποίο γεμίζει με νερό από τον καταθλιπτικό αγωγό του δικτύου άρδευσης. Το δοχείο αυτό συνδέεται με το σωλήνα αναρρόφησης της αντλίας, η οποία στη συνέχεια προωθεί το διάλυμα του λιπάσματος στο δίκτυο άρδευσης.

β. Υδρολίπανση με υδρολιπαντήρα

Ο υδρολιπαντήρας είναι ένα δοχείο κατάλληλα κατασκευασμένο, ώστε να αντέχει στην πίεση και στη διάβρωση, που κλείνει υδατοστεγώς και στο οποίο τοποθετείται το μητρικό διάλυμα. Το δοχείο αυτό συνδέεται παράλληλα (by pass) με την κύρια σωλήνωση της κεφαλής του δικτύου με δύο πλαστικούς ή ελαστικούς σωλήνες (Φ16 -Φ20), μήκους 1 - 1,5m. Μεταξύ των σημείων σύνδεσης των πλαστικών σωλήνων τοποθετείται μια βάνα με την οποία στραγγαλίζεται η ροή στην κύρια σωλήνωση και έτσι δημιουργείται μια διαφορά πίεσης ανάμεσα στα σημεία αυτά. Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι ένα μέρος της παροχής της κεντρικής σωλήνωσης να αναγκάζεται να περάσει μέσα από τον υδρολιπαντήρα και να επιστρέψει σ' αυτήν συμπαρασύροντας διαλυμένη μια ποσότητα λιπάσματος από το δοχείο, η οποία ανακατεύεται σε ολόκληρη την παροχή και διαμοιράζεται ομοιόμορφα στο δίκτυο.



Εικόνα 33. Υδροκυκλώνας με μεταλλικό φίλτρο σήτας και υδρολιπαντήρα (πηγή: Μπαμπίλης Δ.,2004, Αρδευτικά δίκτυα πρασίνου, Εκδ. Σταμούλης)

Υδρολίπανση με άντληση

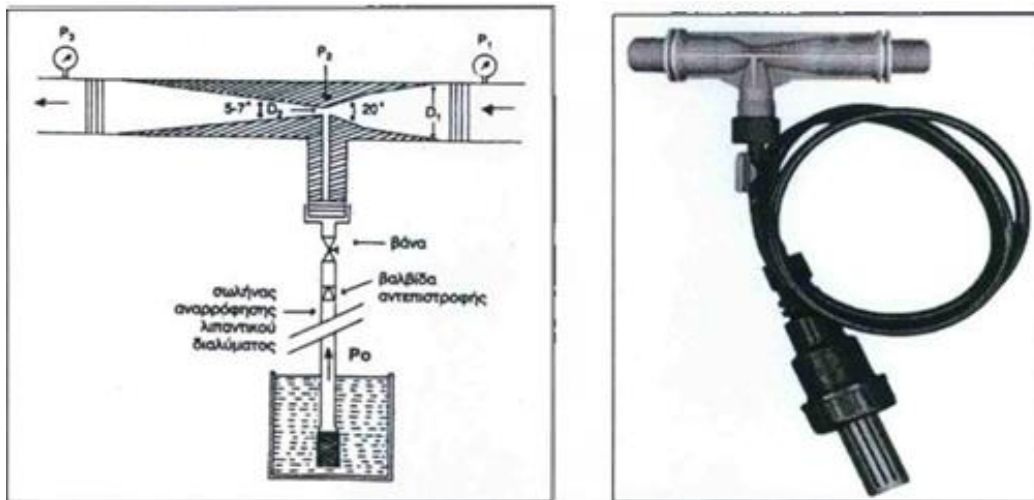
Η υδρολίπανση με άντληση πραγματοποιείται με δύο διαφορετικούς τρόπους. Ο ένας είναι με αναρρόφηση και ο άλλος με κατάθλιψη του λιπαντικού διαλύματος.

α. Αντλίες αναρρόφησης λιπαντικού διαλύματος

Η αναρρόφηση του λιπαντικού διαλύματος γίνεται μέσα από ανοικτό δοχείο, όπου βρίσκεται στην κατάσταση της ατμοσφαιρικής πίεσης. Η διοχέτευση του λιπαντικού διαλύματος στον κεντρικό αγωγό επιτυγχάνεται με διάφορους τρόπους, οι οποίοι στηρίζονται στη δημιουργία χαμηλότερης πίεσης από εκείνη της ατμοσφαιρικής που έχει το διάλυμα στο δοχείο, με αποτέλεσμα την αναρρόφηση του. Η χαμηλότερη αυτή πίεση επιτυγχάνεται στην πράξη με εγχυτές του τύπου Venturi ή με κοινές μηχανικές αντλίες.

1. Εγχυτές τύπου Venturi

Οι εγχυτές τύπου Venturi αποτελούν απλές κατασκευές αντλιών αναρρόφησης, οι οποίες με βάση την αρχή Venturi προκαλούν σημαντική πτώση της πίεσης σε μια απότομη στένωση του αγωγού, έτσι ώστε η πίεση εισόδου P_1 να ελαττωθεί σε μία πίεση P_2 μικρότερη από την ατμοσφαιρική P_0 . Λόγω της επικρατούσας διαφοράς πίεσης $P_0 \rightarrow P_2$ επιτυγχάνεται η αναρρόφηση του λιπαντικού διαλύματος από το μητρικό διάλυμα. Η αναρρόφηση γίνεται μέσω του σωλήνα αναρρόφησης, ο οποίος είναι συνδεδεμένος ακριβώς στο σημείο της στένωσης του εγχυτή, ενώ το άλλο άκρο καταλήγει στο ανοικτό δοχείο



Εικόνα 34. Σχηματική παράσταση εγχυτή Venturi (πηγή: Ονζούνης Δ., 2002, Συστήματα Αυτόματης Άρδευσης - Άρδευση με σταγόνες & μικροεκτοξευτήρες, εκδ. Γαρταγάνη)

2. Μηχανικές αντλίες

Οι αντλίες αυτές είναι οι συνηθισμένες φυγοκεντρικές αντλίες που χρησιμοποιούνται για την άντληση της παροχής του δικτύου. Το λιπαντικό διάλυμα βρίσκεται σ' ένα ανοικτό δοχείο και οδηγείται από εκεί στο σωλήνα αναρρόφησης της αντλίας με ένα στενό σωλήνα. Στη συνέχεια το λιπαντικό διάλυμα διοχετεύεται στο δίκτυο άρδευσης. Σοβαρό μειονέκτημα της μεθόδου αυτής αποτελεί ο κίνδυνος διάβρωσης των τμημάτων της αντλίας που έρχονται σε επαφή με τα λιπαντικά στοιχεία.

β. Αντλίες κατάθλιψης λιπαντικού διαλύματος

Στην περίπτωση των αντλιών κατάθλιψης, το μητρικό θρεπτικό διάλυμα βρίσκεται σε απλό ανοικτό δοχείο κάτω από την ατμοσφαιρική πίεση από το οποίο με κατάθλιψη εισάγεται στο δίκτυο, όπου η πίεση είναι υψηλότερη της ατμοσφαιρικής. Το σημείο εισόδου μπορεί να είναι στον κύριο αγωγό της κεφαλής του δικτύου μετά από τα φίλτρα χαλικιών και πριν από τα φίλτρα σίτας, στο ίδιο ακριβώς σημείο που γίνεται η έγχυση και με τη μέθοδο της διαφορικής πίεσης. Οι αντλίες που χρησιμοποιούνται για κατάθλιψη του λιπαντικού διαλύματος διακρίνονται σε ηλεκτρικές ή υδραυλικές, ανάλογα με το είδος της ενέργειας που χρησιμοποιούν.

1. Ηλεκτρικές αντλίες λίπανσης

Οι αντλίες αυτές είναι συνήθως φυγοκεντρικές και έχουν σχεδιαστεί κατάλληλα για την έγχυση λιπασμάτων. Είναι δοσομετρικές αντλίες (proportional pumps) και διακρίνονται σε διαφραγματικές και εμβολοφόρες.

2. Υδραυλικές αντλίες λίπανσης

Στις αντλίες του τύπου αυτού, η πηγή ενέργειας είναι υδραυλική. Η πίεση του νερού δηλαδή χρησιμοποιείται κατά διάφορους τρόπους για την κίνηση υδραυλικού κινητήρα, ο οποίος θέτει σε κίνηση την αντλία που απορροφά το λιπαντικό διάλυμα. Το μητρικό θρεπτικό διάλυμα αντλείται από απλό ανοικτό δοχείο. Είναι δοσομετρικές αντλίες και σαν τέτοιες μπορούν να χορηγούν την απαιτούμενη δόση λιπάσματος στην κατάλληλη για το φυτό συγκέντρωση του τελικού διαλύματος. Η συγκέντρωση αυτή μάλιστα παραμένει σταθερή σ' όλη τη διάρκεια της υδρολίπανσης, ανεξάρτητα από τυχόν αλλαγές της παροχής του δικτύου άρδευσης.

3. Αναλογικές αντλίες λίπανσης

Οι αναλογικές αντλίες λίπανσης μπορούν να είναι ηλεκτρικές ή υδραυλικές, όπως παραπάνω περιγράφηκαν, οι οποίες όμως συνδεόμενες

με κατάλληλους ηλεκτρικούς ή υδραυλικούς μηχανισμούς εξασφαλίζουν σταθερή αναλογική έγχυση του λιπαντικού διαλύματος στο νερό του δικτύου. Η συγκέντρωση του λιπάσματος στο νερό του δικτύου διατηρείται σταθερή ακόμη και αν η παροχή του δικτύου μεταβάλλεται από διάφορα αίτια, τυχαία ή επιβεβλημένα.

4. Δοσομετρικές αντλίες λίπανσης

α. Δοσομετρική αντλία λίπανσης AMIAD

Η αντλία αυτή είναι υδραυλική, τύπου πιστονιού και λειτουργεί χωρίς απώλεια πίεσης, αλλά με κατανάλωση-αποχέτευση νερού. Χρησιμοποιείται σε μόνιμα δίκτυα με σταγόνες ή με τεχνητή βροχή, αλλά και σε αυτοπρωθούμενα συστήματα άρδευσης (καρούλια), καθόσον εμφανίζει τη δυνατότητα λειτουργίας σε μεγάλο εύρος πιέσεων από 0,5 έως 9 atm.

β. Δοσομετρική αντλία λίπανσης FERTIC

Η αντλία αυτή είναι υδραυλική με έμβολο που λειτουργεί χωρίς απώλεια πίεσης, αλλά με κατανάλωση-αποχέτευση νερού. Η κατανάλωση-αποχέτευση νερού είναι σε ποσότητα διπλάσια εκείνης του εγχεόμενου μητρικού διαλύματος. Το μέγιστο εύρος πίεσης λειτουργίας της αντλίας κυμαίνεται από 1 μέχρι 10 atm. Το γεγονός αυτό της δίνει τη δυνατότητα χρησιμοποίησής πέραν των συστημάτων άρδευσης με σταγόνες και στην τεχνητή βροχή, καθώς και στα αυτοπρωθούμενα συστήματα που μετακινούν κανόνια.

γ. Δοσομετρικές αντλίες λίπανσης MSR

Οι υδραυλικές αντλίες αυτού του είδους είναι δοσομετρικές - αναλογικές αντλίες που λειτουργούν όμως με απώλεια πίεσης χωρίς κατανάλωση νερού. Είναι αντλίες κατασκευασμένες από πολύ ανθεκτικά υλικά και κυκλοφορούν στο εμπόριο με δύο ή περισσότερες κεφαλές για μεγαλύτερη ποικιλία χρήσεων. Η αντοχή τους φθάνει τις 10 atm και τα μεγαλύτερα μοντέλα εμφανίζουν μειωμένες απώλειες πίεσης.

δ. Δοσομετρικές αντλίες λίπανσης DOSATRON

Οι αντλίες αυτές είναι εμβολοφόρες υδραυλικές, δοσομετρικές - αναλογικές, που λειτουργούν με απώλεια πίεσης χωρίς κατανάλωση νερού. Στο εμπόριο κυκλοφορούν διάφορα μοντέλα που είναι κατασκευασμένα από ανθεκτικά πλαστικά υλικά και εμφανίζουν διαφορετική μέγιστη και ελάχιστη παροχή και πίεση λειτουργίας.

7.5.4. Σύστημα κεντρικού ελέγχου άρδευσης – λίπανσης

Μια κεντρική μονάδα ελέγχου άρδευσης - λίπανσης διαθέτει ηλεκτρονικό υπολογιστή για τον προγραμματισμό και τον έλεγχο της άρδευσης και της λίπανσης, καθώς επίσης και κλιματολογικό προγραμματιστή για την καταγραφή και ρύθμιση των κλιματολογικών παραγόντων. Η ρύθμιση των κλιματολογικών παραγόντων συνίσταται στον έλεγχο των συστημάτων θέρμανσης, σκίασης, τεχνητού φωτισμού, εξαερισμού και τροφοδοσίας με O_2 , ιδιαίτερα όταν πρόκειται για θερμοκήπια. Η συλλογή των πληροφοριών, η αποθήκευση και αξιολόγηση τους, καθώς και ο κεντρικός έλεγχος γίνεται μέσω ειδικών οργάνων και οθόνης με κατάλληλα προγράμματα για την άρδευση, την υδρολίπανση και τον κλιματολογικό έλεγχο. Απαραίτητη είναι η ύπαρξη τριών τουλάχιστον δοχείων λίπανσης που μας επιτρέπει τη χρησιμοποίηση δύο πυκνών διαλυμάτων με διαχωρισμό αφενός των κατιόντων (Ca^{++}) και αφετέρου των ανιόντων (SO_4^{++}) και (PO_4^{++}) για την αποφυγή δημιουργίας ιζημάτων. Το τρίτο δοχείο περιέχει νιτρικό ή φωσφορικό οξύ για την εξουδετέρωση των δισανθρακικών (HCO_3) του νερού της άρδευσης και των έλεγχο του pH.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ορθολογική χρήση του νερού άρδευσης αποτελεί σημαντικό παράγοντα βελτίωσης της συνολικής διαχείρισης των υδατικών πόρων και βελτίωσης της γεωργικής παραγωγής. Η εμπειρία δείχνει ότι η χρήση του νερού στην άρδευση μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά με τη χρήση Συστημάτων Αυτόματης Άρδευσης που σχεδιάζονται και εφαρμόζονται με τρόπο που να ικανοποιεί τις συνολικές και επιμέρους ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό.

Οι πατροπαράδοτοι τρόποι ποτίσματος των διαφόρων καλλιεργειών έχουν σχεδόν εκλείψει και αντικαταστάθηκαν με τα Συστήματα Αυτόματης Άρδευσης που κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η μεγάλη εξοικονόμηση νερού. Τα συστήματα αυτά έχουν καθιερωθεί ως τα πιο αποδοτικά και τα πιο εύκολα στη χρήση του νερού με πολλαπλά οικονομικά οφέλη για τον χρήστη, αλλά και την οικονομία του τόπου γενικότερα.

Μέσω των Συστημάτων Αυτόματης Άρδευσης οι χρήστες μπορούν πραγματικά να αυτοματοποιήσουν μεγάλο μέρος της παραγωγικής - καλλιεργητικής διαδικασίας έχουν έτσι τη δυνατότητα να ελέγξουν, σχεδόν απόλυτα, την ποσότητα του αρδευομένου νερού κάνοντας οικονομία τόσο σε αυτό όσο και σε εργατώρες και κατά συνέπεια σε χρήμα. Επίσης τους δίνεται η δυνατότητα να προβούν ταυτόχρονα με την άρδευση, και μέσα από αυτή, σε άλλες καλλιεργητικές εργασίες όπως η λίπανση και η φυτοπροστασία.

Τα Συστήματα αυτά αποτελούνται από δίκτυα κλειστών αγωγών πάνω στα οποία εφαρμόζονται εξαρτήματα για τον έλεγχο και τη διάθεση του νερού στην υπό άρδευση καλλιέργεια. Περιλαμβάνουν δύο κατηγορίες, την τοπική άρδευση ή μικροάρδευση (άρδευση με σταγόνες και μικροεκτοξευτήρες) και την άρδευση με καταιονισμό ή τεχνητή βροχή. Για την εφαρμογή του νερού στην προβλεπόμενη ποσότητα και πίεση είναι απαραίτητη η χρήση διάφορων εξαρτημάτων, των διανεμητών νερού.

Στις μέρες μας, με την εξέλιξη της τεχνολογίας, η εφαρμογή αυτοματισμού στις αρδεύσεις είναι εφικτή ακόμη και όταν υπάρχει απουσία ηλεκτρικού ρεύματος. Στη χώρα μας, ως επί το πλείστον, χρησιμοποιούνται οι ηλεκτρικές βαλβίδες (διαφραγματικές), που λειτουργούν με ρεύμα χαμηλής τάσης 24v, ΑΟ και στις οποίες οι εντολές μεταφέρονται ως ηλεκτρικό σήμα. Ο έλεγχος της άρδευσης των βαλβίδων γίνεται μέσω των προγραμματιστών άρδευσης.

Η εγκατάσταση και λειτουργία των Συστημάτων Αυτόματης Άρδευσης είναι μια διαδικασία που ξεκινά με την ορθή εκτίμηση και αξιολόγηση των δεδομένων που μεταξύ άλλων, περιλαμβάνουν το είδος της υπό άρδευση φυτείας, την ποιότητα και την ποσότητα του διαθέσιμου νερού, καθώς και τα χαρακτηριστικά του εδάφους. Η σωστή επιλογή, καθώς και ο σωστός σχεδιασμός και εκπόνηση της μελέτης του συστήματος είναι ίσως το πιο βασικό στοιχείο για τη σωστή εγκατάσταση και λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος.

Σημαντικός είναι ο ρόλος των αυτοματισμών και στην περίπτωση της άρδευσης χώρων πρασίνου όπως, κήποι, πάρκα, γήπεδα κ.α. Στον τομέα αυτό υπάρχει μεγάλη ποικιλία εξοπλισμού αυτοματισμού της άρδευσης με αποτέλεσμα να καλύπτονται επαρκώς όλες οι ανάγκες άρδευσης τόσο επαγγελματικής (δημόσιοι ή επαγγελματικοί χώροι) όσο και ερασιτεχνικής (οικίες).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

1. Μαυρογιαννόπουλος, Γ., (1994), Υδροπονικές καλλιέργειες και θρεπτικά διαλύματα, Εκδόσεις: Σταμούλη
2. Μαυρογιαννόπουλος, Γ., (2007), Υδροπονικές Εγκαταστάσεις, Εκδόσεις: Σταμούλη
3. Σάββας, Δ., 2012. Καλλιέργειες Εκτός Εδάφους. Υδροπονία, Υποστρώματα. Εκδόσεις Αγροτύπος, Αθήνα.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

4. Al Naddaf, O., Livieratos, I., Stamatakis, A., Tsirogiannis, I., Gizas, G., Savvas, D., 2011. Hydraulic characteristics of composted pig manure, perlite, and mixtures of them, and their impact on cucumber grown on bags. *Scientia Horticulturae* 129, 135–141.
5. Benton Jones, J., (2012), *Hydroponics: A Practical Guide for the Soilless Grower*, Εκδόσεις: CRC Press
6. Bunt, A.C., 1988. Media and mixes for container-grown plants. Unwin Hayman, London.
7. Fonteno, W.C., 1989. An approach to modeling air and water status of horticultural substrates. *Acta Hort.* 238, 67-74.
8. Fonteno, W.C., 1996. Growing media: Types and physical/chemical properties. In: Reed, D.W. (Ed.): *Water, Media, and Nutrition for Greenhouse Crops*. Ball Publishing, Batavia, Illinois, USA.

9. Pechenpauch, D., (2004), Hydroponic Solutions: Hydroponic Growing Tips, Τόμος 1, Εκδόσεις: New Moon Publishing
10. Resh, H., (2002), Hydroponics: Questions & Answers for Successful Growing, Εκδόσεις: Taylor & Francis
11. Venter, G., (2010), Successful Hydroponics: 21st Century Technology for Commercial and Home Applications: a Comprehensive Practical Guide to Scientifically Based Hydroponic Crop Production, Εκδόσεις: Xlibris Corporation
12. White, J.W., Mastalerz, J.W., 1966. Soil moisture as related to container capacity. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 89, 758-765.