

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (Τ.Ε.Ι.)

ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ



ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΙΠΑΝΣΗ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Πτυχιακή εργασία

του σπουδαστή **Λαμπρόπουλου Θεοφάνη**

Καλαμάτα, Οκτώβριος 2008

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (Τ.Ε.Ι.)

ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ



ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΙΠΑΝΣΗ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Πτυχιακή εργασία

του σπουδαστή **Λαμπρόπουλου Θεοφάνη**

Επιβλέποντες Καθηγητές :

Λιναρδόπουλος Χρήστος - Δημητρακόπουλος Άγγελος

Καλαμάτα, Οκτώβριος 2008

*Ευχαριστώ ιδιαίτερος την οικογένειά μου ,
για την αμέριστη συμπαράσταση στην προσπάθειά μου.*

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

1.1 ΣΧΕΣΗ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	3
1.2 ΣΧΕΣΗ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΦΥΤΟΥ.....	5
1.3 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΝΕΡΟΥ.....	7
1.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΣΕ ΝΕΡΟ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ.....	11
1.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ.....	14
1.5.1 Άρδευση με το χέρι.....	15
1.5.2 Άρδευση με σωλήνες που φέρουν ψεκαστές.....	16
1.5.3 Με σωληνίσκους πολύ μικρής διαμέτρου.....	17
1.5.4 Άρδευση με ψεκασμό από πάνω.....	19
1.5.5 Άρδευση με τριχοειδές.....	20
1.5.6 Άρδευση με κατάκλιση.....	20
1.5.7 Στάγδην άρδευση με σωλήνα λεπτών τοιχωμάτων.....	21

1.5.8 Στάγδην άρδευση με σωλήνα διπλών τοιχωμάτων.....	21
1.5.9 Σωλήνες με ενσωματωμένους σταλαχτές.....	22
1.6 ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	23
1.6.1 Προγραμματιστές άρδευσης.....	24
1.6.2 Τρόποι ελέγχου συχνότητας και διάρκειας της άρδευσης.....	26
1.6.3 Συσκευές βελτίωσης ποιότητας νερού άρδευσης (UV,RO).....	28
1.6.4 Συστήματα διαχείρισης του νερού της άρδευσης.....	32
1.7 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΟ.....	33
1.7.1. Σχεδιασμός δικτύου άρδευσης.....	35
1.7.2 Υλικά δικτύου άρδευσης.....	38
1.7.3 Εργασίες δικτύου άρδευσης και απορροής.....	39
1.7.4 Σύστημα αυτοματισμού θρέψης	41

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ**ΘΡΕΨΗ ΚΑΙ ΛΙΠΑΝΣΗ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ**

ΓΕΝΙΚΑ.....	42
2.1 ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	43
2.2 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	48
2.3 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΡΕΠΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ.....	49
2.4 ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΩΝ	50
2.4.1 Μορφές χορήγησης των μακροστοιχείων στα φυτά.....	50
2.4.2 Μορφές χορήγησης των ιχνοστοιχείων στα φυτά.....	50
2.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	51
2.6 ΤΥΠΟΙ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ.....	56
2.7 ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΛΙΠΑΝΣΕΙΣ.....	57
2.7.1 Αζωτούχα λίπανση.....	57
2.7.2 Φωσφορική λίπανση.....	58
2.7.3 Καλιούχος λίπανση.....	58
2.8 ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ.....	59

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ**ΜΕΘΟΔΟΙ ΘΡΕΨΗΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΙΠΑΝΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ**

ΓΕΝΙΚΑ.....	60
3.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΕΦΑΛΩΝ ΥΔΡΟΛΙΠΑΝΣΗΣ.....	61
3.1.1 Με χρήση Λιπαντήρα.....	62
3.1.2 Με χρήση Βεντούρι.....	63
3.1.3 Με χρήση Πολυβεντούρι.....	65
3.1.4 Με χρήση Δοσομετρικής.....	66
3.2 ΤΡΟΠΟΙ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΘΡΕΨΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ.....	67
3.2.1 Έλεγχος και ρύθμιση αγωγιμότητας EC – αισθητήρες.....	68
3.2.2 Έλεγχος και ρύθμιση PH – αισθητήρες.....	70
3.2.3 Ρύθμιση αναλογιών λιπασμάτων.....	72
3.2.4 Ρύθμιση συχνότητας και διάρκειας άρδευσης.....	73
3.2.5 Απομακρυσμένη διαχείριση - Συναγερμοί.....	76
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ –ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	80

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το αντικείμενο ανάλυσης της παρούσας πτυχιακής εργασίας για το τμήμα Φυτικής παραγωγής του ΑΤΕΙ Καλαμάτας, εστιάζεται στις εφαρμογές άρδευσης και λίπανσης σε περιβάλλον θερμοκηπίου. Το θέμα παρουσιάζει έντονο ενδιαφέρον δεδομένης της παγκόσμιας αναγκαιότητας για εξοικονόμηση υδάτινων πόρων αλλά και για περισσότερο ορθολογική χρήση λιπασμάτων στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις. Στόχος του παρόντος πονήματος είναι η παρουσίαση, ανάλυση και κατανόηση των σύγχρονων αρδευτικών και θρεπτικών συστημάτων, όπως αυτά σχεδιάστηκαν προκειμένου να εξυπηρετήσουν τη βελτιστοποίηση τόσο της ποιότητας όσο και της ποσότητας της παραγωγής. Στην εποχή μας, τα κύρια προβλήματα για τις καλλιέργειες, γενικά, και ιδίως για τις καλλιέργειες υπό κάλυψη στη χώρα μας, αφορούν στον περιορισμό του νερού άρδευσης και στην κατακόρυφη αύξηση των τιμών των λιπασμάτων. Η ανάπτυξη των συστημάτων που εξετάζουμε φιλοδοξεί να δώσει λύσεις και στα θέματα αυτά.

Κύριο μέλημα του παρόντος εγχειρήματος είναι η καταγραφή και αξιολόγηση των τελευταίων τάσεων της τεχνολογίας στον τομέα της άρδευσης και της θρέψης των φυτών. Για την επίτευξή του προηγήθηκαν επισκέψεις σε εταιρίες γεωπονικού εξοπλισμού και σε ερευνητικά ιδρύματα, αλλά και συναντήσεις με παραγωγούς οι οποίοι εφαρμόζουν τις τεχνικές που θα αναλύσουμε.

Πηγές στις οποίες βασίστηκε η συγγραφή της παρούσας εργασίας στάθηκαν, επίσης, δημοσιεύσεις σε έγκυρα επιστημονικά περιοδικά, ηλεκτρονικά άρθρα, και φυσικά η ελληνική και διεθνής βιβλιογραφία.

Για τις πολύτιμες πληροφορίες με τις οποίες συνέβαλαν στην εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας, ευχαριστώ θερμά τους επιβλέποντες καθηγητές κ. Λιναρδόπουλο Χρήστο και κ. Δημητρακόπουλο Άγγελο καθώς επίσης τον κ. Νικόλαο Μουτεβελή, MSc , γεωπόνο, απόφοιτο του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Τέλος για την παροχή σημαντικού ηλεκτρονικού και φωτογραφικού υλικού ευχαριστώ την εταιρία «Geomatics A.E.».

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάγκη να περιοριστεί το κόστος της χρήσης λιπασμάτων σε συνδυασμό με τη μείωση του διαθέσιμου νερού άρδευσης οδήγησε την τεχνολογία των συστημάτων άρδευσης και λίπανσης σε μια νέα γενιά μηχανημάτων, πλήρως αυτοματοποιημένων, που επιτρέπουν στον παραγωγό ακρίβεια, καλύτερο έλεγχο, απομακρυσμένη διαχείριση και ελαχιστοποίηση της πιθανότητας σφάλματος. Τα εργαλεία που διαθέτει πλέον ο παραγωγός για μια σύγχρονη καλλιέργεια υπό κάλυψη είναι πολύ δυναμικά, με αποκορύφωμα της εξέλιξης την ενοποίηση των συστημάτων θρέψης και άρδευσης. Το όνομα αυτής «υδρολίπανση».

Στο πρόσφατο παρελθόν η γεωργική παραγωγή στην Ελλάδα αφορούσε σχεδόν αποκλειστικά σε υπαίθριες καλλιέργειες. Η μετάβαση στις υπό κάλυψη καλλιέργειες άλλαξε άρδην τις μεθόδους της άρδευσης και της θρέψης. Μέχρι πρότινος η άρδευση διεξάγονταν χειρονακτικά ή με ένα απλοϊκό αρδευτικό δίκτυο. Πλέον, στα σύγχρονα θερμοκήπια, οι κεφαλές άρδευσης είναι αυτές που έχουν αναλάβει το συντονισμό και τη διεξαγωγή της διαδικασίας, πλήρως αυτοματοποιημένα. Επαναστατικές αλλαγές επίσης έχουν συντελεστεί και στον τομέα της θρέψης. Από την μεμονωμένη λίπανση ,περάσαμε στην υδρολίπανση , γεγονός που όπως θα δούμε στην συνέχεια αποτελεί το αποκορύφωμα της τεχνολογικής εξέλιξης στα θερμοκήπια .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

1.1 ΣΧΕΣΗ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΥΣ

Για μια επιτυχημένη ανάπτυξη και παραγωγή των καλλιεργειών, θα πρέπει στη ρίζα να υπάρχει άφθονο οξυγόνο και ταυτόχρονα επαρκές νερό, το οποίο να έχει διαλυμένα τα απαραίτητα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία, στη σωστή τους αναλογία.

Συνήθως, όσο περισσότερο νερό υπάρχει στο έδαφος, τόσο λιγότερο οξυγόνο μένει και αντίθετα, με αποτέλεσμα πότε το ένα και πότε το άλλο να βρίσκεται σε έλλειψη. Μόνο στα εδάφη με πολύ καλές φυσικές ιδιότητες δεν παρουσιάζεται αυτό το πρόβλημα.



Η ανανέωση του αέρα στο χώρο του εδάφους γίνεται με διάχυση. Ο ρυθμός ανανέωσης επηρεάζεται σημαντικά από την διαφορά θερμοκρασίας εδάφους - ατμοσφαιρικού αέρα. Μεγάλες ποσότητες αέρα διαφεύγουν από το έδαφος με την άρδευση αφού τον χώρο του αέρα στο έδαφος καταλαμβάνει το νερό.

Είναι αυτονόητο ότι οι κενούμενοι από νερό πόροι του εδάφους γεμίζουν πάλι με ατμοσφαιρικό αέρα, αυξάνοντας τη συγκέντρωση οξυγόνου στην περιοχή της ρίζας.

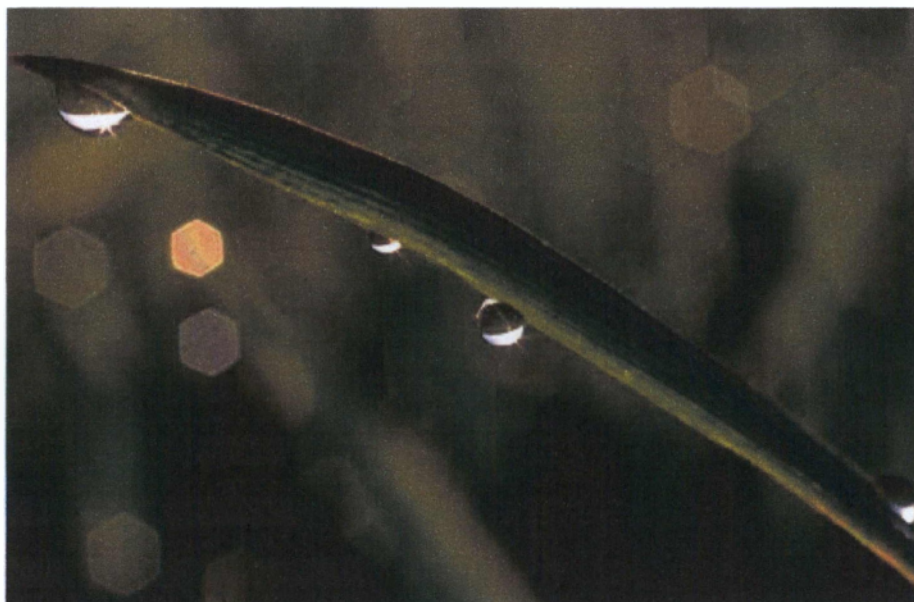
Σχετικά με την υγρασία του εδάφους διακρίνουμε δύο σημεία αναφοράς, την υδατοϊκανότητα και το σημείο μαράνσεως. Υδατοϊκανότητα του εδάφους είναι η υγρασία που περιέχει το έδαφος όταν μετά από ένα πότισμα έχει απομακρυνθεί από το ριζόστρωμα η μεγίστη ποσότητα νερού βαρύτητας. Σε έδαφος με αυτή την υγρασία, θεωρείται ότι όλοι οι πόροι με ακτίνα μικρότερη από 15 μμ. είναι γεμάτοι με νερό. Σημείο μαράνσεως είναι η υγρασία που περιέχει το έδαφος όταν τα φυτά δείξουν τα πρώτα συμπτώματα μαράνσεως και δεν ανακτούν τη σπαργή τους, όταν κρατηθούν στο σκοτάδι για 12 ώρες σε ατμόσφαιρα κορεσμένη με υδρατμούς. Με αυτή την υγρασία θεωρείται ότι μόνο οι πόροι με ακτίνα 0.1 μμ. και μικρότερη θα έχουν ακόμα νερό.

Το νερό μεταξύ της υδατοϊκανότητας και του σημείου μαράνσεως είναι αυτό που μπορούν να αποσπάσουν τα φυτά και η ποσότητά του εξαρτάται πολύ από τον τύπο του εδάφους. Γενικά, το φυτό σε κανονικές συνθήκες διαπνοής, μπορεί και αποσπά το νερό εύκολα σε όλο το εύρος μεταξύ υδατοϊκανότητα και σημείου μάρανσης, σε μεγάλης όμως έντασης διαπνοή φαίνεται ότι στην περιοχή, λίγο πριν από το σημείο μαράνσεως, μειώνεται ο ρυθμός απορρόφησης.

Όταν το νερό βρίσκεται κοντά στην υδατοϊκανότητα, τότε η διαπνοή λειτουργεί ανεμπόδιστα. Η ανάπτυξη των φυτών σε έδαφος που έχει συνεχώς υψηλή υγρασία, αλλά κάτω από την υδατοϊκανότητα, δεν φαίνεται να επηρεάζει το ξηρό βάρος της παραγωγής (συγκριτικά με αυτά που αναπτύσσονται σε έδαφος με χαμηλότερη υγρασία). Αντίθετα, φαίνεται ότι επηρεάζει σε μερικά είδη φυτών το νερό βάρος και τη διατηρησιμότητα του προϊόντος. Όταν το έδαφος, έχει για μεγάλο χρονικό διάστημα, υγρασία πάνω από την υδατοϊκανότητα, τότε τα φυτά καταστρέφονται λόγω έλλειψης οξυγόνου στη ρίζα. Στο θερμοκήπιο δεν υπάρχει βροχόπτωση, επομένως το νερό αποδίδεται στο χώρο του θερμοκηπίου μόνο με την άρδευση, η οποία μπορεί να ρυθμιστεί κατάλληλα έτσι ώστε το νερό να βρίσκεται στο έδαφος πάντα κοντά στην υδατοϊκανότητα.[1]

1.2 ΣΧΕΣΗ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΦΥΤΟΥ

Το νερό επηρεάζει πάρα πολλές λειτουργίες του φυτού. 70-95% του νεπού βάρους του φυτού αποτελείται από νερό. Συχνά το νερό δίνει το σχήμα αλλά και τη στερεότητα στο φυτό, με τη σπαργή που δημιουργεί στα κύτταρά του. Το νερό ως διαλύτης και πηγή ιόντων είναι το μέσο μεταφοράς των θρεπτικών στοιχείων στη ρίζα και από εκεί σε όλο το φυτό. Το νερό επίσης λόγω της μεγάλης του λανθάνουσας θερμότητας κατά την εξάτμιση ψύχει τα φύλλα με τη διαπνοή και προστατεύει το φυτό από την υπερθέρμανση. Για να εξασφαλίζεται η ομαλή ανάπτυξη του φυτού, η περιεκτικότητά του σε νερό δεν πρέπει να υφίσταται πολύ μεγάλες μεταβολές.



Μια μείωση της τάξης του 10% μπορεί να επιφέρει πολύ αρνητικές επιπτώσεις, μέχρι και καταστροφή του φυτού. Το νερό επηρεάζει την παραγόμενη ξηρά ουσία με την επίδραση που έχει στη φωτοσύνθεση. Η έλλειψη νερού μειώνει τη φωτοσύνθεση περιορίζοντας την αξιοποίηση του φωτός με διάφορους τρόπους με τη μεταβολή της αντίστασης των στομάτων, το καρούλιασμα του φύλλου, τη μείωση της έκτασης του φύλλου και την επιτάχυνση της γήρανσης του .

Όταν η ένταση της διαπνοής είναι υψηλή και η ρίζα αδυνατεί να τροφοδοτήσει όλη την απαιτούμενη ποσότητα νερού, τότε μειώνεται σημαντικά το άνοιγμα των στομάτων, που αποτελούν τις εισόδους του διοξειδίου του άνθρακα για τη φωτοσύνθεση, ή μπορεί να κλείσουν πλήρως τα στόματα, με κίνδυνο να δημιουργηθούν μη αναστρέψιμες ζημιές στους ιστούς του φυτού λόγω υπερβολικής αύξησης της θερμοκρασίας του.

Μακροχρόνια η υγρασία του χώρου επηρεάζει επίσης το ρυθμό ανάπτυξης και την έκταση του φυλλώματος. Σε υψηλές υγρασίες το φυτό τείνει να αυξήσει τον αριθμό των φύλλων του, ιδιαίτερα στους πλάγιους βλαστούς, αυξάνοντας έτσι την αποτελεσματικότητα του φωτός.

Ο ρυθμός της διαπνοής επηρεάζει την κατανομή του νερού και των θρεπτικών στοιχείων μέσα στο φυτό. Σε υψηλούς ρυθμούς διαπνοής υπάρχει μια μεγάλη ροή νερού από τη ρίζα στα φύλλα, με αποτέλεσμα τον περιορισμό της ροής του νερού στους καρπούς. Η αύξηση της συγκέντρωσης των σακχάρων στους καρπούς όμως αυξάνει την οσμωτική πίεση, επιτρέποντάς τους να διεκδικούν μεγαλύτερη ποσότητα νερού.

Σε μερικές περιπτώσεις χρησιμοποιείται ο περιορισμός του νερού για να περιοριστεί η βλαστική ανάπτυξη του φυτού, προς όφελος της διαφοροποίησης ανθοφόρων οφθαλμών, η για επιτάχυνση της ωρίμανσης και περιορισμό του μεγέθους των καρπών.

Το ρίζωμα των φυτών ασκεί πολύ σημαντικές λειτουργίες όπως:

- Απορροφά και προωθεί προς την κόμη το νερό και τα ανόργανα στοιχεία, πλην του CO_2
- Αγκυρώνει και συγκρατεί τα φυτά στη θέση τους.
- Αποτελεί θέση αποθησαυρισμού οργανικών ενώσεων (π.χ. καρότο).

Ο ρυθμός ανάπτυξης του ριζικού συστήματος επηρεάζεται πολύ από την τροφοδοσία του σε προϊόντα φωτοσύνθεσης, που προέρχονται από την κόμη, και από τη συγκέντρωση του οξυγόνου στο έδαφος. Μια σημαντική αποφύλλωση του φυτού έχει αποτέλεσμα πολύ μεγάλη μείωση στην ανάπτυξη της ρίζας. Μειωμένη ένταση φωτισμού ή μειωμένη συγκέντρωση CO₂ επίσης μειώνει το ρυθμό ανάπτυξης της ρίζας. Όταν η κόμη βρίσκεται σε πολύ υψηλή θερμοκρασία, η ποσότητα των προϊόντων φωτοσύνθεσης που πηγαίνουν στη ρίζα μειώνονται λόγω της μεγάλης αναπνοής. Ένα χαράκωμα επίσης στο κάτω μέρος του βλαστού, έχει συνέπεια το σταμάτημα της ανάπτυξης της ρίζας ή και τελικά την καταστροφή της.

Αν και οι συνθήκες του περιβάλλοντος επηρεάζουν σημαντικά την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών, κάθε είδος φυτού συνήθως προσαρμόζεται στο περιβάλλον του δημιουργώντας μια συγκεκριμένη σχέση επιφάνειας κόμης προς επιφάνεια ρίζας (K/P). Έτσι, μειώνοντας το ρυθμό ανάπτυξης των βλαστών ή της ρίζας, μετά από κάποιο διάστημα το φυτό κρατεί σταθερή τη σχέση της επιφάνειας της κόμης προς την επιφάνεια της ρίζας.

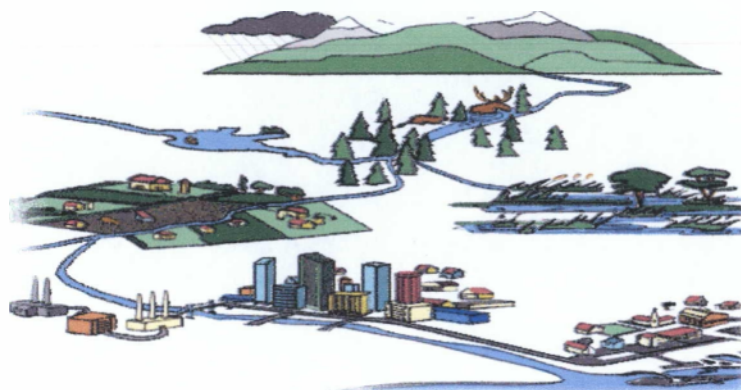
Η τιμή του λόγου K/P (επιφάνεια κόμης προς επιφάνεια ρίζας) μπορεί να ποικίλει, εξαρτώμενη από τις συνθήκες του περιβάλλοντος της κόμης και της ρίζας, αλλά και από το στάδιο της ανάπτυξης του φυτού. Κατά τη διάρκεια της άνθισης και καρπόδεσης ο ρυθμός ανάπτυξης της ρίζας μειώνεται, με αποτέλεσμα να αυξάνει σημαντικά η τιμή του λόγου K/P.

Ο ρυθμός απορρόφησης του νερού από τη ρίζα, εκτός από την κατάσταση της ίδιας της ρίζας που αφορά την υγιή επιφάνειά της και τον εφοδιασμό της με προϊόντα φωτοσύνθεσης, εξαρτάται, όπως προαναφέρθηκε και από την υγρασία που υπάρχει στο έδαφος. 1.1 [1]

1.3 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΝΕΡΟΥ

Η μεταφορά του νερού από το έδαφος στο φυτό και μέσω αυτού στην ατμόσφαιρα, είναι ευθέως ανάλογη με τη διαφορά πίεσης που δημιουργείται μεταξύ φύλλου και εδάφους και αντιστρόφως ανάλογη με τις αντιστάσεις ροής. Η πιο αρνητική πίεση εμφανίζεται εκεί που γίνεται η αλλαγή φάσης από νερό σε ατμό κατά τη διαπνοή.

Ο έλεγχος της ροής από το φυτό σ' αυτό το σημείο γίνεται μόνο με το άνοιγμα και κλείσιμο των στομάτων. Εδώ παρουσιάζεται και η μεγαλύτερη αντίσταση στη ροή του νερού προς την ατμόσφαιρα.



Οι διάφοροι παράγοντες του περιβάλλοντος επιδρούν στις αντιστάσεις ροής και επηρεάζουν την κατάσταση υγρασίας του φυτού και επομένως εμμέσως το άνοιγμα των στομάτων. Η κατάσταση υγρασίας του φυτού αλλάζει συνεχώς κατά τη διάρκεια της ημέρας, συναρτήσει των απωλειών νερού από τη μια μεριά και της απορρόφησης από την άλλη. Η ισορροπία μεταξύ αυτών των δυο λειτουργιών έχει μεγάλες επιπτώσεις στην ανάπτυξη του φυτού. Ειδικότερα, λόγω της διαπνοής δημιουργείται μια αρνητική πίεση στο φύλλο, με τη δύναμη της οποίας ανέρχεται το νερό από τη ρίζα μέσω των ξυλωδών σωλήνων, σύμφωνα με τη σχέση:

$$W = \frac{S_l - S_s}{r_x + r_r + r_g}$$

όπου:

S_l και S_s :είναι η πίεση στα φύλλα και το έδαφος αντίστοιχα

r_x, r_r, r_g :είναι οι αντιστάσεις στους ξυλώδεις σωλήνες στη ρίζα και το έδαφος αντίστοιχα

Οι αντιστάσεις στους ξυλώδεις σωλήνες (r_x) είναι μικρές συγκριτικά με τις μεγάλες αντιστάσεις μεταφοράς από κύτταρο σε κύτταρο που γίνεται στη ρίζα. Στα φύλλα η μεταφορά του νερού γίνεται κυρίως (σε ποσοστό 75% της συνολικής μεταφοράς) κατά μήκος των μικροπόρων που υπάρχουν στα κυτταρικά τοιχώματα.

Στη ρίζα, το συνεχές σύστημα των μικροπόρων που σχηματίζεται με τα κυτταρικά τοιχώματα διακόπτεται από την ενδοδερμίδα, της οποίας τα ακτινωτά και κάθετα τοιχώματα είναι υδρόφοβα (καλυπτόμενα *suberin*) και αποτελούν ένα αποτελεσματικό εμπόδιο. Επομένως η ενδοδερμίδα αποτελεί ένα σημαντικό στοιχείο στον έλεγχο της ροής του νερού και των ιόντων στο εσωτερικό του φυτού. Είναι γνωστό ότι ο ρυθμός αναπνοής των κυττάρων της ενδοδερμίδας που επηρεάζεται από το οξυγόνο που υπάρχει στην περιοχή της ρίζας, επηρεάζει σε μεγάλη έκταση, εκτός των άλλων και την αντίσταση ροής r_r .

Η αντίσταση του εδάφους εξαρτάται από την τάση του εδάφους S_s . Το νερό στο έδαφος βρίσκεται στους πόρους και παρουσιάζει ως αποτέλεσμα του τριχοειδούς φαινομένου μια συγκεκριμένη τάση υγρασίας, σύμφωνα με τον τύπο $h = 0.15/r$, όπου h είναι η τάση υγρασίας σε m και r η ακτίνα του τριχοειδούς σε m . Η τάση υγρασίας του εδάφους εξαρτάται από την περιεκτικότητά του σε υγρασία, που ποικίλλει σε ευρέα όρια. Η αντίσταση της τριχοειδούς μεταφοράς του νερού στο έδαφος είναι μεγάλης σπουδαιότητας και εξαρτάται από τον τύπο το εδάφους και την τάση υγρασίας στο έδαφος.

Αν και η μεταφορά νερού στο φύλλο γίνεται κυρίως μέσω των πόρων των κυτταρικών τοιχωμάτων, εμμέσως τα κύτταρα προσαρμόζονται στην απόδοση ή απορρόφηση νερού από τους γειτονικούς πόρους, ανάλογα με την τάση νερού στο εσωτερικό τους. Η τάση νερού ενός κυττάρου είναι ίση με την οσμωτική πίεση του χυμοτοπίου, μείον την πίεση των τοιχωμάτων ή σπαργή. Στην περίπτωση που η τάση στους πόρους είναι υψηλότερη, μεταφέρεται νερό στο κύτταρο. Ο ρυθμός εξαρτάται από την αντίσταση μεταφοράς έως ότου τελικά δημιουργηθεί ένα ισοζύγιο.

Ο ρυθμός της διαπνοής και ο ρυθμός της απορρόφησης του νερού από τη ρίζα έχει μεγάλες επιπτώσεις στην ανάπτυξη του φυτού, γιατί το φυτό δεν έχει μεγάλα αποθέματα νερού στο εσωτερικό του για να ρυθμίσει τις ανάγκες του. Πριν την ανατολή του ηλίου, το φυτό βρίσκεται συνήθως σε σπαργή. Η ενέργεια που δέχεται με ακτινοβολία είναι συνήθως μικρή και μερικές φορές μικρότερη από αυτήν που εκπέμπει το ίδιο. Επομένως και η ενέργεια για διαπνοή είναι ελάχιστη. Επίσης τα στόματα είναι εντελώς κλειστά και επομένως η αντίσταση των στομάτων γίνεται η μεγαλύτερη δυνατή.

Μετά την ανατολή του ηλίου όμως η καθαρή ακτινοβολία γίνεται θετική για το φυτό, τα στόματα ανοίγουν (επομένως η αντίστασή τους γίνεται πολύ μικρή), φεύγει νερό στην ατμόσφαιρα με τη διαπνοή και μια τάση αναπτύσσεται στο φύλλο με αποτέλεσμα η σπαργή να μειωθεί. Το μέγεθος της μεταβολής αυτής εξαρτάται από τη διαφορά μεταξύ απώλειας νερού με διαπνοή και απορρόφησης νερού μέσω της ρίζας.

Αν υπάρξει μεγάλη αύξηση της τάσης νερού (η ρίζα δεν είναι δυνατό να καλύψει τις απώλειες νερού), τότε θα παρουσιασθεί μερικό ή ολικό κλείσιμο των στομάτων, με επακόλουθο τη σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας του φυτού.

Με το κλείσιμο των στομάτων, παρόλο που η διαπνοή μειώνεται πολύ, η απορρόφηση νερού από τη ρίζα συνεχίζεται για ένα διάστημα λόγω της τάσης που έχει δημιουργηθεί μεταξύ των κυττάρων με μειωμένη σπαργή και της ρίζας.

Σε ήπιες καταστάσεις, με κλειστά στόματα, συνήθως η σπαργή των κυττάρων επανέρχεται στα κανονικά επίπεδα. Αυτό συμβαίνει συνήθως το απόγευμα, όταν μειωθεί η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας επάνω στα φύλλα, τότε ανοίγουν ξανά τα στόματα. Κατά τη διάρκεια της νύχτας τα στόματα κλείνουν και επανέρχεται πλήρως η σπαργή λόγω των συνθηκών μειωμένης διαπνοής για μακρύ χρονικό διάστημα.

Η αύξηση της θερμοκρασίας του φυτού με κλειστά στόματα μπορεί να είναι πολύ μεγάλη και οι επιπτώσεις σοβαρές, ιδίως στο θερμοκήπιο όπου η ταχύτητα του αέρα είναι πολύ μικρή και η θερμοκρασία του υψηλή.

Η σπαργή του φυτού και η κανονική απορρόφηση του νερού, πλην των άλλων επιδρά ευνοϊκά στην αύξηση των κυττάρων, η οποία είναι πολύ σημαντική για την επέκταση της ρίζας και την ανάπτυξη των φύλλων. Συνήθως παρατηρείται πολύ μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια όταν το φυτό αρδεύεται κανονικά σε σύγκριση με φυτό που δεν αρδεύεται. Επειδή και στα δυο φυτά η καθαρή φωτοσύνθεση είναι ίδια ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας, είναι φυσικό ότι το αρδευόμενο φυτό θα παράγει περισσότερο λόγω του υψηλότερου ρυθμού ανάπτυξης της φυλλικής του επιφάνειας και επομένως της υψηλότερης καθαρής φωτοσύνθεσης στο σύνολο του φυτού.[1]

1.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΣΕ ΝΕΡΟ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Οι ανάγκες σε νερό στο χώρο του θερμοκηπίου επηρεάζονται σημαντικά από τη θέση, τον τύπο του θερμοκηπίου, την καλλιέργεια και το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας, το υπόστρωμα καλλιέργειας, το σύστημα δροσισμού, το αρδευτικό σύστημα και τα συστήματα ελέγχου του περιβάλλοντος.

Γενικά είναι ευκολότερο να προσδιορισθούν οι ανάγκες σε νερό στο θερμοκήπιο, απ' ό,τι στο ύπαιθρο, διότι τα φυτά εξαρτώνται αποκλειστικά από το νερό του ποτίσματος και δεν επηρεάζονται από τις βροχοπτώσεις και τους ανέμους.

Για ένα συγκεκριμένο θερμοκήπιο, η συχνότητα και η ποσότητα του νερού άρδευσης εξαρτάται κυρίως από το κλίμα, το φυτό, και το έδαφος. Το κλίμα και το φυτό προσδιορίζουν κυρίως τη συχνότητα του ποτίσματος ενώ οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους προσδιορίζουν την αρδευτική δόση.



Εικόνα 1: Βαρέλια διανομής νερού σε πρότυπο θερμοκήπιο.

Η κατανάλωση νερού σε μια καλλιέργεια προέρχεται από:

- Την εξάτμιση του νερού στην επιφάνεια του εδάφους.
- Τη διαπνοή του φυτού (που ρυθμίζει τη θερμοκρασία του και την κυκλοφορία του χυμού).
- Το νερό που μπαίνει στη σύνθεση του φυτού.
- Τις απώλειες από τη ροή στην επιφάνεια και τη στράγγιση.

Οι μεγαλύτερες καταναλώσεις σε μια σωστά αρδευόμενη καλλιέργεια προέρχονται από τη διαπνοή και την εξάτμιση. Η εξατμισοδιαπνοή επηρεάζεται από την ηλιοφάνεια, τη θερμοκρασία, την κυκλοφορία του αέρα, τη σχετική υγρασία του αέρα, την έκταση της φυλλικής επιφάνειας και το είδος του φυτού. Για τη μέτρηση της εξατμισοδιαπνοής μπορεί να χρησιμοποιηθούν μαθηματικά πρότυπα, που για να επιλυθούν απαιτούν ποικίλους συντελεστές, ανάλογα με την καλλιέργεια. Τα πρότυπα που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της εξατμισοδιαπνοής στις υπαίθριες καλλιέργειες διαφέρουν από αυτά που χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες με κάλυψη.



Εικόνα 2: Βαρέλια διανομής νερού θερμοκήπιο

Για τον υπολογισμό της ποσότητας του νερού που φεύγει με την εξατμισοδιαπνοή στις καλυμμένες καλλιέργειες μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η παρακάτω απλή σχέση που βασίζεται στην ηλιακή ακτινοβολία, το είδος της καλλιέργειας και το στάδιο ανάπτυξης:

$$ETP = \frac{P K r}{2,51} I$$

όπου: ETP : εξατμισοδιαπνοή σε mm

P : συντελεστής αποκλειστικός για το καλλιεργούμενο φυτό (0,67 για την τομάτα, 0,9 για το αγγούρι)

K : συντελεστής που προσδιορίζεται από το στάδιο ανάπτυξης του φυτού (έκταση φυλλικής επιφάνειας και αντίσταση).

r : η περατότητα του υλικού καλύψεως στην ηλιακή ακτινοβολία

I : η ηλιακή ενέργεια σε MJ m⁻² και ημέρα έξω από το θερμοκήπιο[1]

1.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Με το πέρας των ετών ,εφευρεθήκαν διάφορες μέθοδοι άρδευσης με τους οποίους ο παραγωγός , μπορεί να εφαρμόσει την άρδευση στο θερμοκήπιο του . Πολλούς από αυτούς έμειναν απαράλλακτοι κατά την διάρκεια των χρόνων , άλλοι εξελιχθήκαν και έτσι φτάσαμε στα σύγχρονα συστήματα άρδευσης . Οι μέθοδοι άρδευσης που θα αναλυθούν στην συνέχεια του κεφαλαίου είναι οι έξις:

- Άρδευση με το χέρι
- Άρδευση με σωλήνες που φέρουν ψεκαστές
- Άρδευση με σωληνίσκους Πολύ μικρής διαμέτρου
- Άρδευση με ψεκασμός από πάνω
- Άρδευση με τριχοειδές
- Άρδευση με κατάκλιση
- Στάγδην άρδευση με σωλήνα λεπτών τοιχωμάτων
- Στάγδην άρδευση με σωλήνα διπλών τοιχωμάτων
- Άρδευση με σωλήνες με σταλακτήρες

1.5.1 Άρδευση με το χέρι

Η άρδευση με το χέρι είναι σήμερα αντιοικονομική. Εφαρμόζεται μόνο σε σπορεία, σε θέσεις που δεν ποτίστηκαν καλά με το αυτόματο πότισμα ή σε θέσεις που χρειάζεται πότισμα νωρίτερα από το υπόλοιπο θερμοκήπιο. Απαιτεί πολύ χρόνο, είναι βαρετή δουλειά και υπάρχει πάντα ο κίνδυνος του υπερβολικού ή ατελούς ποτίσματος.



Εικόνα 3: Άρδευση με το χέρι

Στα θερμοκήπια καλλωπιστικών φυτών, σε όσες περιπτώσεις γίνεται πότισμα με το χέρι, είναι απαραίτητος ένας πλαστικός σωλήνας διαμέτρου 20 mm και μήκους περίπου 30 m, στην άκρη του οποίου είναι προσαρμοσμένο ακροφύσιο, που διασκορπιά το νερό ώστε να πέφτει απαλά και να μην πετάει έξω το μίγμα της γλάστρας.[1]

1.5.2 Άρδευση με σωλήνες που φέρουν ψεκαστές

Περιμετρικά της λεκάνης καλλιέργειας καλλωπιστικών φυτών, τοποθετείται πλαστικός σωλήνας με μικρούς ψεκαστές που ψεκαίνουν νερό στην επιφάνεια του μίγματος κάτω από τα φυτά. Γι' αυτό το σκοπό χρησιμοποιείται σωλήνας P.V.C. ή πολυαιθυλενίου (ο πρώτος είναι ακριβότερος αλλά δεν παραμορφώνεται τόσο εύκολα όσο ο δεύτερος). Για το σύστημα αυτό χρειάζονται μικροί ψεκαστές με γωνία ψεκασμού 180° και ένας διακόπτης νερού για κάθε λεκάνη μήκους μέχρι 30 m .



Εικόνα 4: Ψεκαστές άρδευσης

Για λεκάνες μεγαλύτερου μήκους, μέχρι 60 m, η παροχή σταματά μέχρι τη μέση και μπαίνουν δυο διακόπτες, ένας στην κάθε άκρη. Το ίδιο σύστημα συχνά χρησιμοποιείται και σε καλλιέργειες εδάφους. Σε κάθε γραμμή φυτών μέχρι 30 m, χρησιμοποιείται ένας σωλήνας και για κάθε 1 m μήκους ένας ψεκαστής.[1]

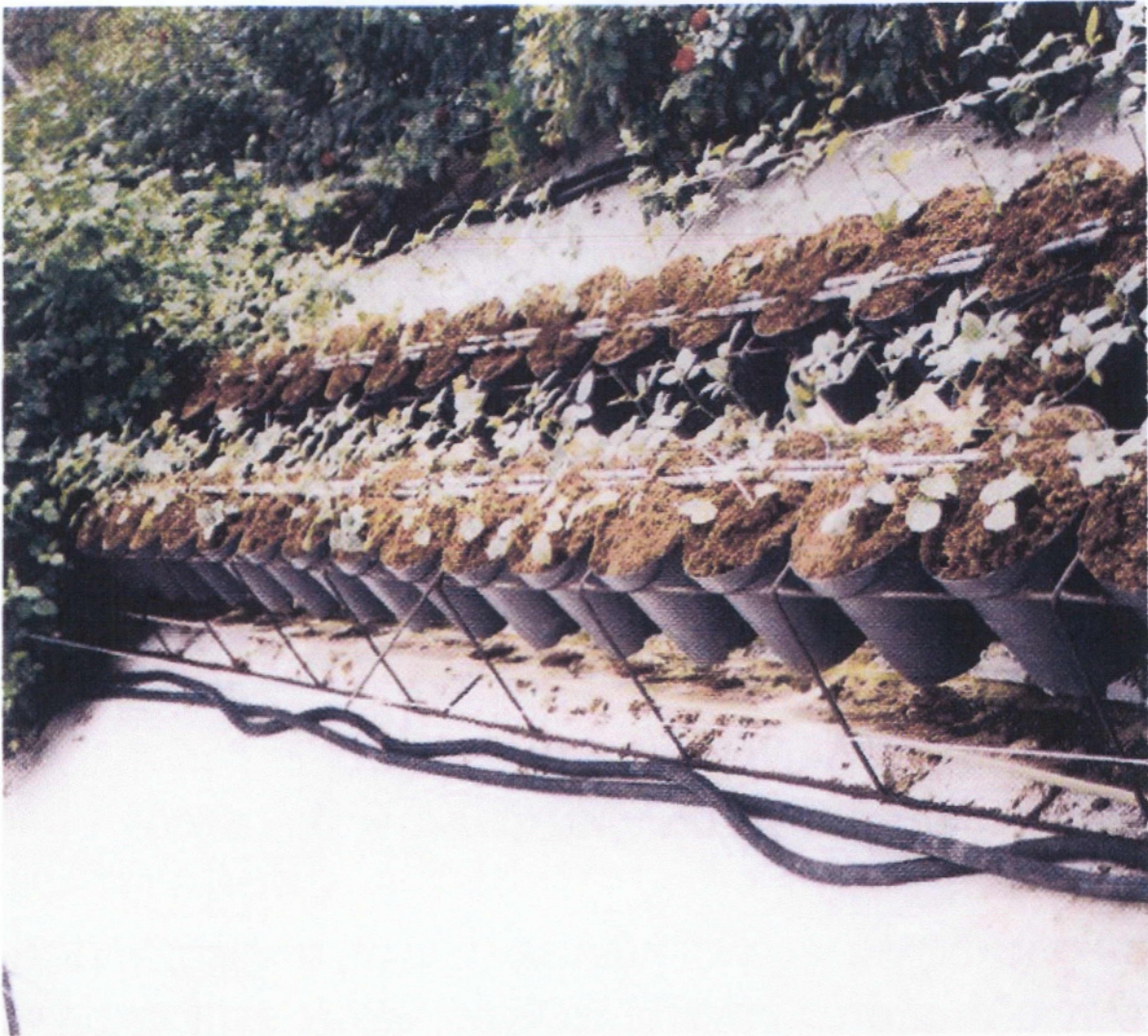
1.5.3 Άρδευση με σωληνίσκους πολύ μικρής διαμέτρου

Είναι το συνηθέστερο σύστημα για την αυτόματη άρδευση . Το νερό φθάνει στην κάθε γλάστρα με σωλήνα πολύ μικρής διαμέτρου, που ποικίλει από 0,9 mm - 2 mm . Η τροφοδοσία γίνεται από σωλήνα πλαστικό 20 mm. Από κάθε σωλήνα τροφοδοσίας μπορεί να ποτίζονται 1600 γλάστρες, όταν χρησιμοποιούνται μικρής διαμέτρου σωληνίσκοι, ή 400 γλάστρες όταν χρησιμοποιούνται μεγάλης διαμέτρου. Οι σωλήνες πολύ μικρής διαμέτρου χρησιμοποιούνται για μικρές γλάστρες και οι μεγαλύτεροι για μεγάλες γλάστρες (8-10 lit) .

Αυτός ο σωληνίσκος για να είναι πάντα στη θέση του στη γλάστρα και για να μην τινάζεται όταν έρχεται το νερό, φέρει στην άκρη του ένα βάρος, που τον προστατεύει ταυτόχρονα από την είσοδο του εδαφικού μίγματος ή στερεώνεται με πλαστικό στυλίσκο που μπήγεται στη γλάστρα. Το μήκος όλων των σωληνίσκων που καταλήγουν στη γλάστρα θα πρέπει να είναι ίσο, ώστε να παρέχουν την ίδια ποσότητα νερού.

Αυτό το σύστημα έχει εξαιρετική εφαρμογή στις κρεμαστές γλάστρες. Ο χρόνος εφαρμογής και η διάρκεια του ποτίσματος καθορίζονται είτε από τον ίδιο τον καλλιεργητή με χειροκίνητο διακόπτη, είτε από ρυθμιζόμενο χρονοδιακόπτη ή ακόμα και αυτόματα από διακόπτη-ζυγαριά, στον οποίο τοποθετείται μια αντιπροσωπευτική γλάστρα που βρίσκεται σε θέση με μέσες συνθήκες εξατμισοδιαπνοής .

Η γλάστρα αυτή ποτίζεται όπως και οι άλλες. Όταν χάσει υγρασία μέχρις ενός ορίου που προσδιορίζεται από τον καλλιεργητή, μετακινείται ο βραχίονας της ζυγαριάς, κλείνει το κύκλωμα και μπαίνει σε λειτουργία ο μηχανισμός του ποτίσματος. Όταν πέσει αρκετό νερό, η γλάστρα βαραίνει, μετακινείται πάλι ο βραχίονας, ανοίγει το κύκλωμα και σταματάει το πότισμα .Η ρύθμιση του διακόπτη θα πρέπει να γίνεται περιοδικά, ανάλογα με την αύξηση βάρους του φυτού. Το σύστημα δίνει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα όταν ρυθμίζεται τακτικά και με προσοχή.[1]



Εικόνα 5: Πότισμα γλαστρών σε σωληνίσκους και σταλακτήρες

Επειδή οι πολύ μικρής διαμέτρου σωληνίσκοι φράσσουν εύκολα από άλατα ή σωματίδια που βρίσκονται στο νερό, σήμερα προτιμούνται σωληνίσκοι μεγαλύτερης διαμέτρου που καταλήγουν σε σταλακτήρα συγκεκριμένης παροχής. Οι σταλακτήρες αυτοί καθαρίζονται ευκολότερα όταν φράζουν. [1]

1.5.4 Άρδευση με ψεκασμό από πάνω

Στα περισσότερα κηπευτικά επιδιώκεται στεγνό φύλλωμα για να αποφευχθούν οι φυτασθένειες. Υπάρχουν όμως αρκετά γλαστρικά φυτά, τα οποία ευνοούνται με υγρό φύλλωμα ή τουλάχιστον δεν κινδυνεύουν άπαντο.

Σε αυτές τις περιπτώσεις το φθηνότερο και ευκολότερο πότισμα είναι με ψεκασμό από επάνω. Συνηθίζεται να ποτίζονται μ' αυτό το σύστημα τα συνήθη φυτά του ανοικτού αγρού που καλλιεργούνται για δρεπτά άνθη, μερικά φυλλώδη των εσωτερικών χώρων και η αζαλέα. Συνήθως χρησιμοποιείται μόνο για τα πρώτα στάδια της ανάπτυξης των δρεπτών ανθέων, αργότερα όταν το φύλλωμα έχει αναπτυχθεί πολύ, χρησιμοποιείται το σύστημα της στάγδην άρδευσης.



Εικόνα 6. Πότισμα με ψεκασμό από πάνω

Σ αυτό το σύστημα, τις περισσότερες φορές τοποθετείται ένας σωλήνας πάνω από κάθε λεκάνη ή τραπέζι, ψηλότερα από το τελικό ύψος των φυτών. Στη περίπτωση που οι γλάστρες είναι στο έδαφος, τοποθετείται σε ύψος 2 m. Κατά μήκος του σωλήνα βρίσκονται οι ψεκαστές, που είναι διαφόρων τύπων, ομπρέλας ή περιστρεφόμενοι. Η διάμετρος ψεκασμού του κάθε ψεκαστή μπορεί να φθάνει τα 12m ή και παραπάνω. Υπάρχει επίσης το σύστημα που χρησιμοποιεί ψεκαστές μικρής ακτίνας ψεκασμού και πολύ λεπτού διαμερισμού του νερού, το οποίο θεωρείται αποτελεσματικότερο.[1]

1.5.5 Άρδευση με τριχοειδές

Το σύστημα με τριχοειδές είναι μια πολύ καλή λύση για καλλιεργητές γλαστρικών φυτών που έχουν στον ίδιο χώρο γλάστρες διαφόρων μεγεθών. Χρησιμοποιείται μια σπογγώδης επιφάνεια πάχους 0,55-1,25 cm, που κρατιέται συνεχώς υγρή. Οι γλάστρες τοποθετούνται πάνω σ' αυτή την επιφάνεια και το νερό ανεβαίνει τριχοειδώς στο εδαφικό μίγμα από την οπή της γλάστρας. Για να χρησιμοποιηθεί αυτό το είδος ποτίσματος, θα πρέπει τα τραπέζια των γλαστρών να είναι οριζόντια.

Επάνω στα τραπέζια τοποθετείται πρώτα ένα φύλλο πολυαιθυλενίου, κατά προτίμηση μαύρο για να μην αναπτύσσονται άλγη και επάνω του η σπογγώδης επιφάνεια. Για να κρατιέται αυτή η επιφάνεια υγρή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοσδήποτε σωλήνας που να στάζει κατά μήκος. Αυτοί οι σωλήνες τοποθετούνται σε απόσταση 0,6 m ο ένας από τον άλλο. Στη σπογγώδη επιφάνεια μπορούν να παρουσιασθούν προβλήματα από άλγη, έντομα και μύκητες.

Γι' αυτό θα πρέπει να απολυμαίνεται και να ξεπλένεται σωστά. Μαζί με το νερό του ποτίσματος προστίθενται συχνά και τα θρεπτικά στοιχεία. Σ' αυτή την περίπτωση, μετά από ένα χρονικό διάστημα μπορεί να εμφανιστεί στη γλάστρα αλατότητα. Τότε θα πρέπει να ποτιστεί από επάνω με το λάστιχο για να ξεπλυθούν τα άλατα.[1]

1.5.6 Άρδευση με κατάκλιση

Οι γλάστρες τοποθετούνται σε τραπέζια καλλιέργειας των οποίων η επιφάνεια είναι διαμορφωμένη σε λεκάνη. Όταν πρόκειται να γίνει πότισμα, γεμίζεται η λεκάνη με νερό και το νερό ανεβαίνει από την οπή της γλάστρας και κατακλύζει το εδαφικό υπόστρωμα της γλάστρας. Μετά από μερικά λεπτά το νερό απάγεται από τη λεκάνη με βαρύτητα και οι γλάστρες στραγγίζουν από την περίσσεια του νερού. Για την εγκατάσταση χρησιμοποιούνται συνήθως πλαστικές σωληνώσεις διαμέτρου 2,5 cm.

Η περιοδική κατάκλιση των κενών χώρων του εδαφικού μίγματος με νερό και στη συνέχεια η απομάκρυνσή του, λειτουργεί και σαν αντλία αέρα που ανανεώνει αποτελεσματικά τον αέρα στην περιοχή του ριζοστρώματος. Η συνεχής όμως έντονη κίνηση του νερού στο εδαφικό υπόστρωμα μετακινεί τα λεπτόκοκκα στοιχεία προς τον πυθμένα και συχνά εμφανίζονται προβλήματα ασφυξίας των ριζών, της περιοχής του πυθμένα της γλάστρας .[1]

1.5.7 Στάγδην άρδευση με σωλήνα λεπτών τοιχωμάτων

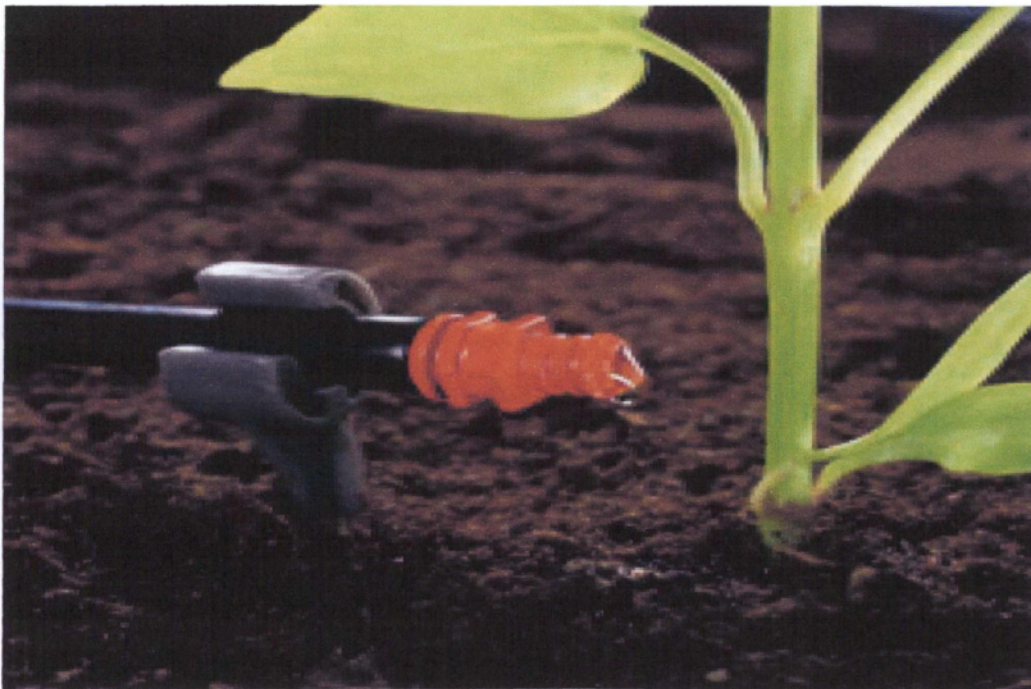
Ο σωλήνας αυτός κατασκευάζεται από φύλλο πολυαιθυλενίου, έχει πλάτος όταν δεν είναι φουσκωμένος 3,2 cm . Οι σωλήνες διασχίζουν το έδαφος ή τη λεκάνη σε απόσταση 20 cm ο ένας από τον άλλο. Το μήκος κάθε τέτοιου σωλήνα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 20 m. Οι σωλήνες αυτοί συνδέονται με 20 mm σωλήνα πολυαιθυλενίου, χονδρών τοιχωμάτων αφού παρεμβληθεί ένας διακόπτης και ένας σύνδεσμος. Ένας απλός σωλήνας 20 mm μπορεί να καλύψει τις ανάγκες σε νερό μιας έκτασης 110 m² . Στην αγορά κυκλοφορούν και σωλήνες μικρότερης διατομής, π.χ. με πλάτος λεπτού σωλήνα 1,6 cm , που συνδέεται με κεντρικό σωλήνα χονδρών τοιχωμάτων 12 mm . Ο σωλήνας λεπτών τοιχωμάτων γίνεται από επίμηκες, επίπεδο μαύρο πλαστικό πάχους 0,2 mm , που συνενώνεται στα άκρα του με ειδικό τρόπο, ώστε να γίνει σωλήνας. Από τη γραμμή συνένωσης που σχηματίζει μαιάνδρους, στάζει το νερό. Η πίεση λειτουργίας είναι 27-62 kPa .[1]

1.5.8 Στάγδην άρδευση με σωλήνα διπλών τοιχωμάτων

Σε αυτό το σύστημα χρησιμοποιείται ένας σωλήνας για μήκος μέχρι 85 m και όταν χρησιμοποιείται σε κεκλιμένο επίπεδο μέχρι 2%, δεν παρουσιάζει ανομοιομορφία παροχής. Ο σωλήνας αυτός κατασκευάζεται από μαύρο πολυαιθυλένιο πάχους 0,1 mm ή 0,2 mm και αποτελείται από δυο σωλήνες, τον ένα μέσα στον άλλο. Ο εσωτερικός έχει μια οπή για κάθε όπες του εξωτερικού. Οι όπες στον εξωτερικό σωλήνα απέχουν 10 cm ή 20 cm η μια από την άλλη. Ο τροφοδοτικός σωλήνας είναι 20 mm. Για κεκλιμένες επιφάνειες τοποθετείται στο ψηλότερο σημείο. Η συνιστώμενη πίεση λειτουργίας είναι 20,6 kPa.[1]

1.5.9 Άρδευση με σωλήνες με σταλακτήρες

Είναι το συνηθέστερο σύστημα άρδευσης στις καλλιέργειες εδάφους. Σε κάθε γραμμή φυτών χρησιμοποιείται ένας σωλήνας και για κάθε φυτό ένας σταλακτήρας. Οι περισσότεροι σταλακτήρες που κυκλοφορούν είναι συνήθως τύπου λαβυρίνθου και έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορεί να καθαριστούν εύκολα από τα άλατα, αλλά απαιτούν σταθερή πίεση λειτουργίας για σταθερή παροχή. Άλλος τύπος σταλακτάρων είναι αυτός με μεμβράνη, που η παροχή του επηρεάζεται λιγότερο από τη μεταβολή της πίεσης. Όπως και στα συστήματα 1.5.7 και 1.5.8, το πότισμα γίνεται με σταγόνες νερού.[1]



Εικόνα 7: Σωλήνες με σταλακτήρες

1.6 ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Η ανάγκη για εξασφάλιση προϊόντων καλύτερης ποιότητας, αυξημένης ποσότητας, αλλά και ασφάλειας των προϊόντων όσο αναφορά στην υγεία του καταναλωτή, σε συνδυασμό με την αύξηση των στρεμματικών εκτάσεων που αντιστοιχούν στον κάθε παράγωγο, ανάγκασε τον σύγχρονο αγρότη να αντικαταστήσει τα παραδοσιακά συστήματα άρδευσης με σύγχρονα. Τα νέα αυτά συστήματα από την μια πλευρά του μειώνουν τον χρόνο εργασίας στο κομμάτι της άρδευσης και της λίπανσης και από την άλλη πλευρά τον βοηθούν να έχει πιο καλή απόδοση σε αυτό που θέλει να κάνει .

Τα διάφορα συστήματα αυτοματισμού έχουν έναν κοινό παρονομαστή, ο οποίος είναι η εξασφάλιση της σωστής κατανομής του νερού με ταυτόχρονη πάντα εφαρμογή λιπασμάτων . Στα κεφάλαια που θα επακολουθήσουν θα αναφερθούμε αναλυτικά κυρίως στους τρόπους και τις διαφορές που έχουν τα συστήματα αυτοματισμού της άρδευσης την σημερινή εποχή.



1.6.1 Προγραμματιστές άρδευσης

Η βασική λειτουργία του αυτοματισμού στην άρδευση αφορά στον προγραμματισμό της άρδευσης . Ο προγραμματισμός της άρδευσης είναι βασικός για να μπορέσουμε να τροφοδοτήσουμε τα φυτά με τις απαραίτητες ποσότητες νερού και λιπάσματος, όχι σε τυχαία χρονικά διαστήματα αλλά σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές που εμείς το αποφασίζουμε .

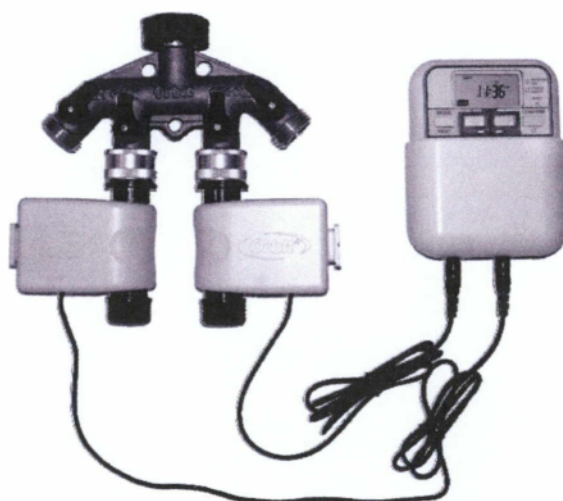


Εικόνα 8: Προγραμματιστής άρδευσης μονής στάσης.

Ταυτόχρονα, η συνεχώς αυξανόμενη έλλειψη νερού, αναγκάζει τον παραγωγό να προσέχει πώς θα διαχειριστεί κάθε σταγόνα νερού. Συνεπώς οι αρδεύσεις μας πλέον δεν πρέπει να γίνονται μεσημέρι , σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας, αλλά πολύ πρωινές ώρες ή πολύ βραδινές. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι παράγωγοι να πρέπει να είναι όλες τις ώρες στον αγρό έτοιμοι να ποτίσουν, όταν το νερό φτάσει τις απαραίτητες ποσότητες. Όλα τα παραπάνω προβλήματα λύνει ένας προγραμματιστής άρδευσης .

Ένας προγραμματιστής άρδευσης πρέπει να είναι απλός στην χρήση γιατί θα χρησιμοποιείται από παραγωγούς οι οποίοι δεν έχουν κάποια εξειδικευμένη γνώση πάνω στο συγκεκριμένο αντικείμενο. Ταυτόχρονα θα πρέπει να δίνει αρκετές δυνατότητες στον χρηστή , να εξασφαλίζει στον παράγωγο μεγάλη ακρίβεια στην εκτέλεση των εντολών που του δίνονται . Τελευταίο και πιο σημαντικό, είναι να δημιουργεί όσο το δυνατόν λιγότερα προβλήματα, για να μην υπάρχουν επιπτώσεις στην καλλιέργεια .

Η βασική διαφορά των προγραμματιστών η οποία τους διακρίνει και στις ανάλογες κατηγορίες είναι το πόσες στάσεις, δηλαδή πόσες ηλεκτροβάνες μπορεί να εξυπηρετήσει κάθε προγραμματιστής.



Εικόνα 9: Προγραμματιστής άρδευσης δύο στάσεων

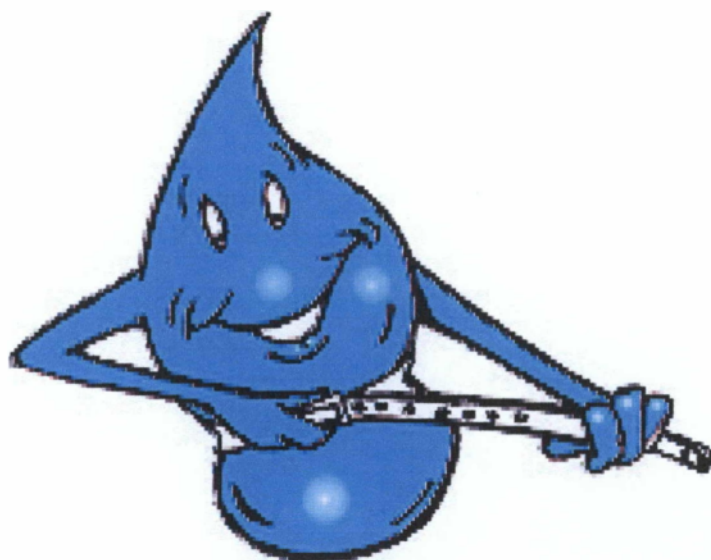
Οι προγραμματιστές αυτοί είτε ελέγχονται από υπολογιστή είτε φέρουν έναν απλό χρονοδιακόπτη με τη χρήση του οποίου ο παράγωγος μπορεί να κάνει την διαχείριση του νερού της άρδευσης . Οι προγραμματιστές άρδευσης πλέον μπορούν να βρεθούν στην αγορά σε πολύ χαμηλές τιμές ενώ υπάρχουν και πολύ σύνθετοι που εξυπηρετούν περισσότερο εξειδικευμένους παραγωγούς.[5]

1.6.2 Τρόποι ελέγχου συχνότητας και διάρκειας της άρδευσης

Δυο βασικά πράγματα μας ενδιαφέρουν σε μια άρδευση. Το ένα είναι η συχνότητα της άρδευσης ανά ημέρα, ανά εβδομάδα και ανά μηνά , και το δεύτερο είναι η διάρκεια της άρδευσης.

Αυτές οι δυο παράμετροι καθορίζονται από τον παραγωγό βάσει του σταδίου ανάπτυξης του φυτού , τον αριθμό των διαφορετικών καλλιεργειών που υπάρχουν στο χώρο , την εποχή του χρόνου, αλλά και την ώρα της ημέρας που θέλουμε να πραγματοποιήσουμε την άρδευση .

Ένας εγκέφαλος έλεγχου της άρδευσης , πρέπει να παρέχει την δυνατότητα ελέγχου αυτών των δύο παραμέτρων. Συνήθως, οι πιο απλές συσκευές έλεγχου της άρδευσης έχουν την δυνατότητα να ελέγχουν την συχνότητα και την διάρκεια μέσω διακόπτων. Στην τελευταία όμως περίπτωση παρουσιάζεται μεγάλη απόκλιση μεταξύ της πραγματικής ώρας και της ώρας που εμείς έχουμε θέσει για πότισμα. [18]



Τα πιο σύγχρονα συστήματα άρδευσης έχουν πολλαπλές δυνατότητες προγραμματισμού, οι οποίες μπορούν να ελέγχονται μέσω υπολογιστών. Μία από αυτές παρουσιάζεται στην εικόνα 10.



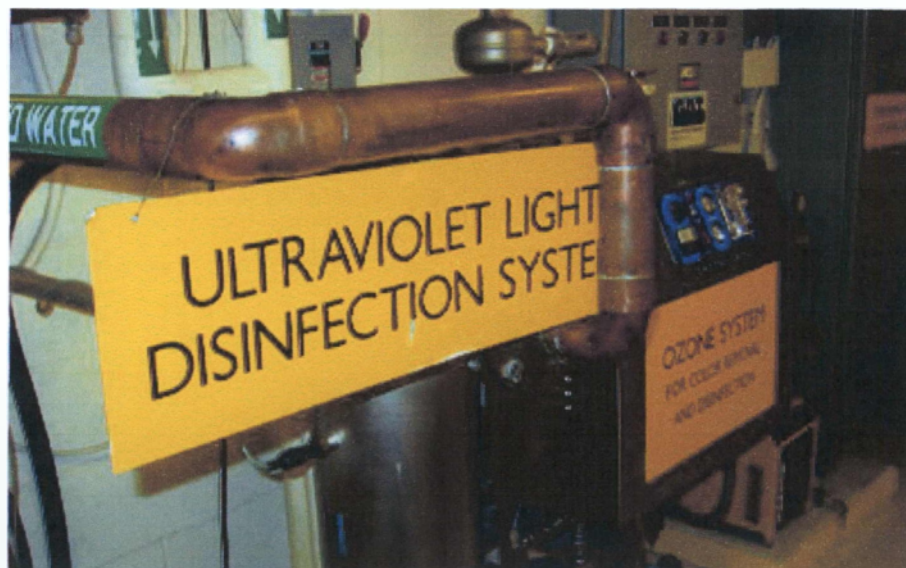
Εικόνα 10: Screen shot από το πρόγραμμα Macqui v.2.3.1 για το προγραμματισμό των ηλεκτροβάνων

Μέσω ενός ειδικού περιβάλλοντος (interface) , μπορούμε να επιλέξουμε την ώρα, την ημέρα και την διάρκεια της άρδευσης. Επίσης, ο παραγωγός μπορεί να αλλάξει μια από τις παραμέτρους αυτές, αλλά και ο ίδιος ο υπολογιστής έχει την δυνατότητα να τροποποιήσει την συχνότητα και την διάρκεια της άρδευσης, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες, την ηλιοφάνεια, και την εξατμισοδιαπνοή στο χώρο του θερμοκηπίου. Αυτό πραγματοποιείται αντλώντας πληροφορίες από μία βάση δεδομένων που έχει εισαχθεί στην μνήμη του υπολογιστή μας .[6]

1.6.3 Συσκευές και φίλτρα βελτίωσης ποιότητας νερού άρδευσης (UV , RO)

Ένα από τα κυριότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει ο πρωτογενής τομέας στις μέρες μας εκτός από την κατακόρυφη αύξηση των τιμών των πρώτων υλών , είναι και η αλλοίωση της ποιότητας του νερού της άρδευσης . Εκτός του ότι δεν υπάρχουν επαρκείς ποσότητες νερού για να καλύψουν τις ανάγκες των καλλιεργήσιμων εκτάσεων της χώρας μας , έχουμε να αντιμετωπίσουμε και το φαινόμενο της υποβάθμισης της ποιότητάς του. Αυτό οφείλεται είτε στην αύξηση της αγωγιμότητας του είτε στην αύξηση του μικροβιακού φορτιού του.

Για να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα , έχει σταδιακά αρχίσει να αναπτύσσεται η βιομηχανία διαφόρων συσκευών οι οποίες αποσκοπούν στην προσπέλαση των παραπάνω προβλημάτων που δημιουργεί το νερό χαμηλής ποιότητας στις καλλιέργειες, γενικά, και κυρίως στις υδροπονικές. Τα μηχανήματα αυτά χωρίζονται σε δυο τύπους . Η μια συσκευή στοχεύει στη μείωση του μικροβιακού φορτιού , δηλαδή στην εξασφάλιση νερού απαλλαγμένου από μικρόβια , βακτήρια κτλ. Τα πλέον χαρακτηριστικά μηχανήματα αυτής της κατηγορίας είναι τα μηχανήματα φίλτρων με λάμπες UV .



Εικόνα 11: Συσκευή μείωσης του μικροβιακού φορτιού λάμπες UV

Ο τρόπος λειτουργίας των μηχανημάτων αυτών βασίζεται στο ότι το νερό της άρδευσης πριν καταλήξει στα φυτά , περνά από μια σωλήνα μέσα στην οποία υπάρχουν λάμπες UV που εκπέμπουν στο υπέρυθρο φως , με αποτέλεσμα την αποστείρωση του νερού και με συνέπεια την δυνατότητα τροφοδοσίας των φυτών χωρίς να υπάρχει το πρόβλημα της μετάδοσης ασθενειών .



Εικόνα 12: Λάμπα UV

Ειδικά στα κλειστά συστήματα υδροπονίας , όπου υπάρχει ανακύκλωση του νερού , κρίνεται απαραίτητη η τοποθέτηση μια τέτοιας συσκευής γιατί σε περίπτωση εμφάνισης μύκητα σε ένα φυτό ,τα σπόριά του μπορούν να εξαπλωθούν σε όλο τον χώρο του θερμοκηπίου, αφού το νερό θα κυκλοφορεί χωρίς κανέναν έλεγχο σε όλη την διάρκεια της άρδευσης .

Για την μείωση του μικροβιακού φορτίου υπάρχουν τα λεγόμενα φίλτρα άμμου, τα οποία είναι μεγάλες δεξαμενές γεμάτες με άμμο .



Εικόνα 13: Δεξαμενές άμμου Α τύπου

Στην ανώτερη επιφάνεια της άμμου τοποθετείται ένας συγκεκριμένος μικροοργανισμός, ο οποίος εξαπλώνεται σε ολόκληρη τη δεξαμενή. Ο μικροοργανισμός αυτός έχει την ιδιότητα να καθαρίζει το μολυσμένο νερό, σκοτώνοντας τα βακτήρια και τους μύκητες με τους οποίους είναι μολυσμένο.



Εικόνα 14: Δεξαμενές άμμου Β τύπου

Άλλοι τρόποι μείωσης του μικροβιακού φορτίου επιτυγχάνονται με την χρήση συσκευών όζοντος, ή με την χρήση συσκευών χλωρίωσης. Οι μέθοδοι όμως αυτές κρίνονται ελαφρώς πεπαλαιωμένες και αμφιβόλου λειτουργικότητας.



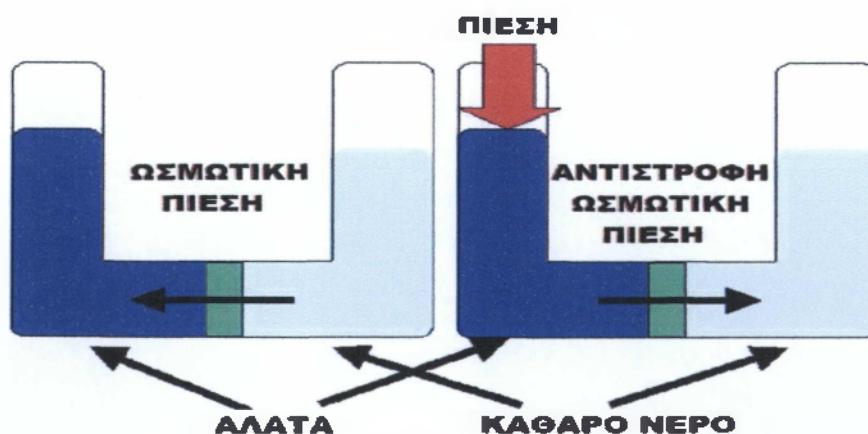
Εικόνα 15: Συσκευές όζοντος

Το δεύτερο και βασικότερο κομμάτι στην βελτίωση της ποιότητας του νερού είναι τα συστήματα αντίστροφης όσμωσης « *verse osmosis* ». Αυτά έχουν την δυνατότητα μέσω φίλτρων να μειώνουν την αγωγιμότητα ,δηλαδή να απομακρύνουν τα άλατα από το νερό .



Εικόνα 16: Σύστημα αντίστροφής όσμωσης

Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να λαμβάνουμε ένα νερό με πολύ χαμηλή αγωγιμότητα, το οποίο δεν είναι σκληρό , και μπορεί με μια ισόρροπη λίπανση να λειτουργήσει θετικά στην άρδευση των φυτών του θερμοκηπίου μας .[15]



Εικόνα 17: Διαδικασία αντίστροφής όσμωσης

1.6.4 Συστήματα διαχείρισης του νερού της άρδευσης

Όπως προαναφέρθηκε το νερό, πλέον, χαρακτηρίζεται ως αγαθό προς εξαφάνιση κι επομένως η χρήση του δεν θα πρέπει να γίνεται αλόγιστα. Για τον λόγο αυτό έχουν δημιουργηθεί κάποια συστήματα διαχείρισης του νερού άρδευσης. Τα συστήματα αυτά συνήθως λειτουργούν από κρατικές ή διαδημοτικές υπηρεσίες, οι οποίες ελέγχουν την ποσότητα του νερού που χρησιμοποιεί ο κάθε παραγωγός.

Βασικό εργαλείο λειτουργίας των συστημάτων διαχείρισης, είναι τα ψηφιακά ροόμετρα, τα οποία είναι τοποθετημένα διάσπαρτα στις παροχές του κάθε παραγωγού, δηλαδή στα σημεία λήψεως του νερού. Με την βοήθεια ενός ασύρματου δικτύου και ενός κεντρικού υπολογιστή λύσεων δεδομένων (server), τα δεδομένα μεταβιβάζονται στον κεντρικό ελεγκτή και σε περίπτωση που παρουσιαστεί υπερβολική χρήση νερού, πέραν των ορίων που είναι καθοριζόμενα από το κράτος ή τον δήμο στην συγκεκριμένη περιοχή, τότε αυτόματα διακόπτεται η παροχή νερού.

Ένα ακόμα πλεονέκτημα είναι ότι εξαλείφονται έτσι τα φαινόμενα, σπατάλης τεράστιων ποσοτήτων νερού εξαιτίας διαρροών και διαφόρων βλαβών που μπορεί να υπάρξουν στο σύστημα. Ένας ηλεκτρονικός ελεγκτής του συστήματος αναλαμβάνει να εντοπίσει ανά πάσα στιγμή τυχόν απώλεια πίεσης, να εντοπίσει σε ποιο σημείο βρίσκεται και να παρέμβει για τη λύση του προβλήματος. Όλα αυτά βάσει των πληροφοριών που παρέχουν πολλαπλοί αισθητήρες ελέγχου της πίεσης, οι οποίοι είναι ενσωματωμένοι στο δίκτυο τροφοδοσίας. Αυτό το σύστημα είναι σημαντικό κυρίως σε καλοκαιρινές περιόδους, όταν το νερό είναι πολυτιμότερο και δεν πρέπει να γίνεται σπατάλη του, σε περιοχές οι οποίες έχουν και θερμοκηπιακές αλλά και υπαίθριες καλλιέργειες. [10]

1.7 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Ο σχεδιασμός του συστήματος άρδευσης αποτελεί ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της θερμοκηπιακής εγκατάστασης. Για τον σχεδιασμό του δικτύου πρέπει να ληφθούν υπόψη η λειτουργικότητα , η αξιοπιστία , η οικονομικότητα και τέλος η επεκτασιμότητα του.

Λειτουργικότητα

- Το δίκτυο πρέπει να μπορεί εύκολα να ελεγχθεί για τυχόν προβλήματα στις σωληνώσεις και τα φίλτρα.
- Οι κεντρικοί αγωγοί του δικτύου θα πρέπει να είναι θαμμένοι για να μην σκιάζουν το θερμοκήπιο .Οι ηλεκτροβάνες όμως θα πρέπει να τοποθετούνται σε ειδικά φρεάτια για να μπορούν εύκολα να ελέγχονται και να ρυθμίζονται.
- Η διάμετρος των σωληνώσεων θα πρέπει να είναι τέτοια που να επιτρέπει την κίνηση του διαλύματος τροφοδοσίας με σταθερή πίεση.
- Ο αριθμός των διαφορετικών καλλιεργειών που θα τοποθετηθούν μέσα στο θερμοκήπιο, ή ακόμα και ο αριθμός των φυτών με διαφορετική ηλικία που θα βρίσκονται ταυτόχρονα στο θερμοκήπιο, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη για τον σχεδιασμό του δικτύου άρδευσης.
- Ο σχεδιασμός του δικτύου θα πρέπει να είναι τέτοιος που να μην δημιουργεί προβλήματα κατά την εφαρμογή των καλλιεργητικών φροντίδων.

Αξιοπιστία

- Η ποιότητα των υλικών θα πρέπει να είναι τέτοια που να μην παρουσιάζονται προβλήματα διαρροών.
- Η παροχή κάθε σταλάκτη πρέπει να είναι η ίδια ανεξάρτητα με την απόσταση του από τον κεντρικό αγωγό.
- Τα φίλτρα που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να έχουν επιλεγθεί βάσει της ποιότητας του νερού άρδευσης έτσι ώστε να προστατεύουν όσο το δυνατόν πιο καλά την λειτουργία του δικτύου.

Οικονομικότητα

- Η διάμετρος κάθε σωλήνα πρέπει να μελετηθεί και όχι να είναι προϊόν ενός απλού υπολογισμού.
- Δεν θα πρέπει να γίνει άσκοπη χρήση σωληνώσεων. Ο σχεδιασμός του δικτύου πρέπει να είναι τέτοιος ώστε να μπορεί να καλύψει όλο το εύρος του θερμοκηπίου με τον μικρότερο αριθμό σωληνώσεων.
- Δεν θα πρέπει να γίνει άσκοπη χρήση φίλτρων αφού και το κόστος αυξάνει αλλά και ο καθημερινός έλεγχος των φίλτρων απαιτεί χρόνο και χρήμα.

Ελεκτασμιότητα

- Ο σχεδιασμός του δικτύου θα πρέπει να έχει τέτοια μορφή ώστε να μπορεί εύκολα να προσαρμόζεται σε τυχόν αλλαγές τόσο στον τρόπο των καλλιεργητικών φροντίδων , όσο και στο είδος του καλλιεργούμενου φυτού. [1.13]

1.7.1 Σχεδιασμός δικτύου άρδευσης

Το θερμοκήπιο που μελετάμε θα χωριστεί σε τέσσερις γραμμές άρδευσης (στάσεις). Αυτό γίνεται για να υπάρχει η δυνατότητα όποτε χρειαστεί να εφαρμοστεί διαφορετική συνταγή θρέψης και ποσότητα άρδευσης σε περίπτωση διαφορετικών καλλιεργειών (είδος ή ηλικία). Κάθε στάση θα καταλαμβάνει έκταση 1000μ² και θα έχει 2961 φυτά ντομάτας.(987 φυτά / στάση)

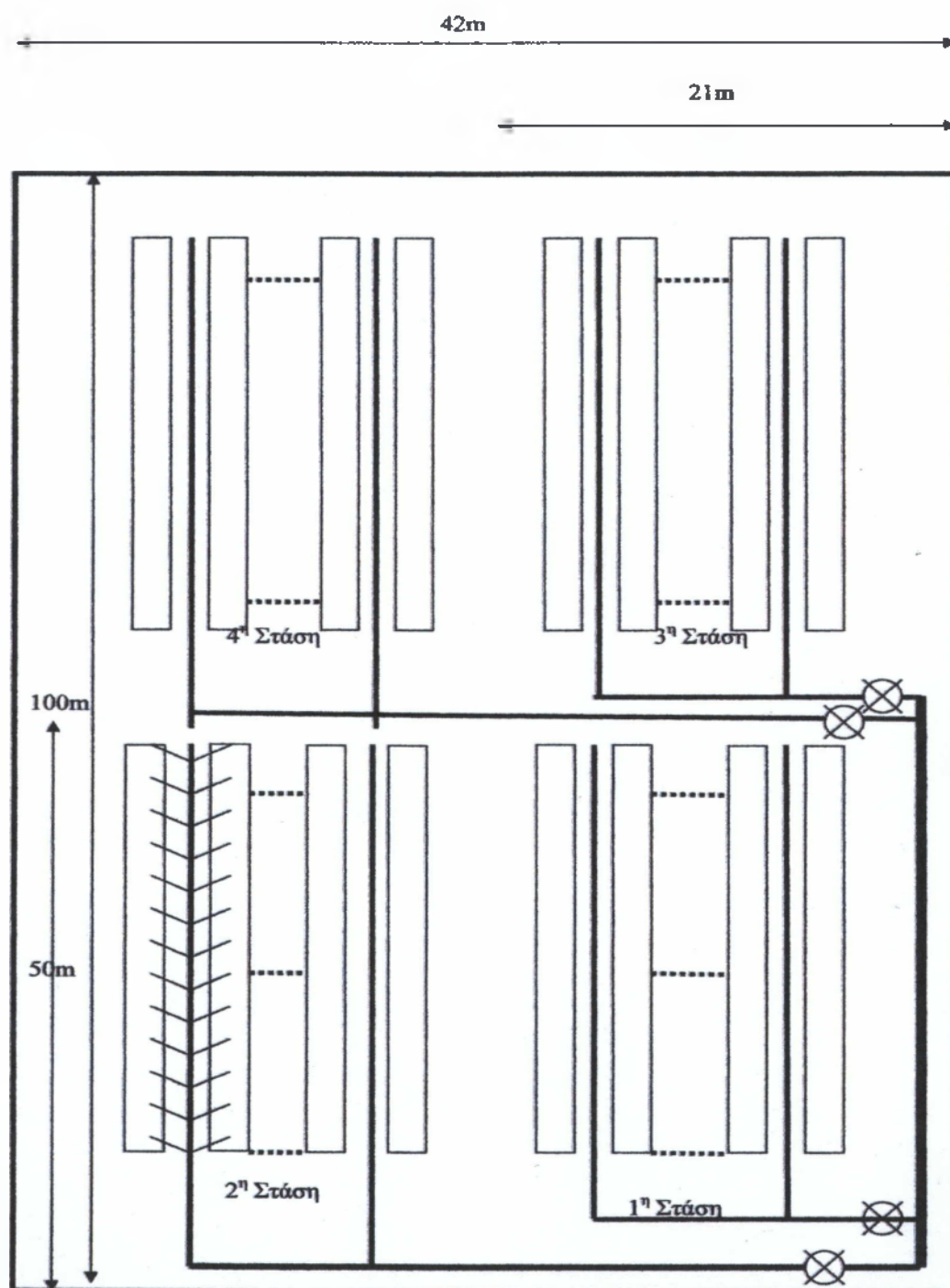
- Το νερό της άρδευσης θα έρχεται στο θερμοκήπιο με σωλήνα PVC Φ60. Ο σωλήνας θα ξεκινά από την γεώτρηση και αφού περάσει μέσα από την κεφαλή υδροπονίας όπου θα εμπλουτίζεται το νερό άρδευσης με τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία, θα καταλήγει υπόγεια στην κάτω πλευρά του θερμοκηπίου.
- Πριν και μετά την κεφαλή υδροπονίας θα τοποθετηθεί υδροκυκλωνικό φίλτρο 2'' για συγκράτηση στερεών.
- Στο σημείο εισόδου του κεντρικού σωλήνα στο θερμοκήπιο θα τοποθετηθεί «τάφ» . Στην μια πλευρά του «ταφ» θα τοποθετηθεί πάλι σωλήνας PVC Φ60 κατά μήκος του θερμοκηπίου όπου θα συνεχίσει να μεταφέρει το νερό μέχρι την μέση του θερμοκηπίου (50m). Στην άλλη πλευρά του «ταφ» θα τοποθετηθεί σωλήνας Φ40.
- Στον σωλήνα Φ40 στο σημείο της διασταύρωσης θα τοποθετηθεί «ταφ». Στις δύο πλευρές του «ταφ» θα συνδεθούν ηλεκτροβάννες 1''.
- Στην έξοδο της πρώτης ηλεκτροβάννας θα συνδεθεί σωλήνας PVC Φ40μήκους 20m κάθετα με τις γραμμές άρδευσης .Στην έξοδο της δεύτερης ηλεκτροβάννας θα τοποθετηθεί παράλληλα με τον προηγούμενο σωλήνα, σωλήνας PVC Φ40 μήκους 40m. [1.14]
- Από τους σωλήνες Φ40 παράλληλα με τις γραμμές φύτευσης ξεκινούν σωλήνες PVC Φ20. Ανάμεσα σε κάθε γραμμή φύτευσης θα υπάρχει σωλήνας Φ20. Οι σωλήνες θα διατρέχουν το θερμοκήπιο μέχρι την μέση. Κάθε σωλήνας Φ20 θα έχει μήκος 47m. Στην αρχή κάθε τέτοιου σωλήνα θα υπάρχει φίλτρο σήτας 1''.



Εικόνα 18: Πανοραμική άποψη υπό κατασκευήν αρδευτικού δικτύου

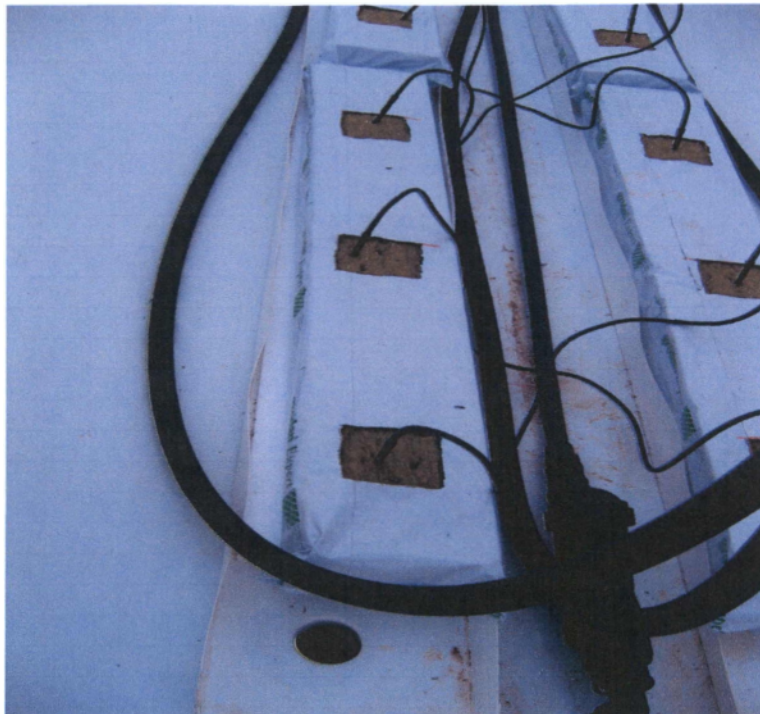
- Πάνω στους σωλήνες $\Phi 20$ θα τοποθετηθούν βαλβίδες ρύθμισης παροχής, 2 θέσεων. Από την κάθε βαλβίδα θα ξεκινούν σταλάκτες τύπου μακαρόνι, παροχής $2\text{m}^3/\text{h}$ όπου θα καρφώνονται πάνω στο slap. Συνολικά θα τοποθετηθούν 3 σταλάκτες σε κάθε slap.
- Στην μέση του θερμοκηπίου όπου έχει καταλήξει ο σωλήνας $\Phi 60$ προσαρμόζεται «ταφ» και εφαρμόζεται η ίδια ακριβώς συνδεσμολογία που παρουσιάστηκε παραπάνω για το κάτω μισό του θερμοκηπίου.[1.15]

Στο γράφημα που ακολουθεί παρουσιάζεται σηματοδοτικά η μορφή του δικτύου άρδευσης.



1.7.2 Υλικά δικτύου άρδευσης

- Σωλήνας PVC $\Phi 60$: 50m (εντός του θερμοκηπίου) + 100m(από την γεώτρηση μέχρι το θερμοκήπιο) =150m
- Σωλήνας PVC $\Phi 40$: $(2*40) + (2*21)=122m$



Εικόνα 19: Σωληνώσεις δικτύου άρδευσης

- Σωλήνας PVC $\Phi 20$: $3(\text{διπλές σειρές/τολ}) * 7(\text{τολ}) * [47m(\text{μήκος γραμμής φύτευσης πρώτου μισού του θερμοκηπίου}) + 47m(\text{μήκος γραμμής φύτευσης δεύτερου μισού του θερμοκηπίου})] = 2.016m$
- Σταλάκτης τύπου μακαρόνι παροχής $2m^3/h$: $11844(\text{αριθμός φυτών}) * 1(\text{ένας σταλάκτης/φυτό}) = 11.844$ σταλάκτες
- Βαλβίδες ρύθμισης παροχής 2 θέσεων : $11.844(\text{σταλάκτες}) / 2(2 \text{ σταλάκτες/βαλβίδα}) = 5922$ βαλβίδες
- Σωληνάκι PVC $\Phi 8$ (μακαρόνι) : $10cm(\text{μήκος μακαρονιού/σταλάκτη}) * 11.844(\text{σταλάκτες}) = 1184.4$ m σωληνάκι $\Phi 8$

1.7.3 Εργασίες δικτύου άρδευσης και απορροής

Εξαιτίας του ότι το δίκτυο άρδευσης αποτελεί ένα πολύ σημαντικό μέρος της υδροπονικής εγκατάστασης, θα αναλυθεί σε ξεχωριστό κεφάλαιο. Στην παράγραφο αυτή θα ασχοληθούμε με το δίκτυο των απορροών που είναι εξίσου σημαντικό.



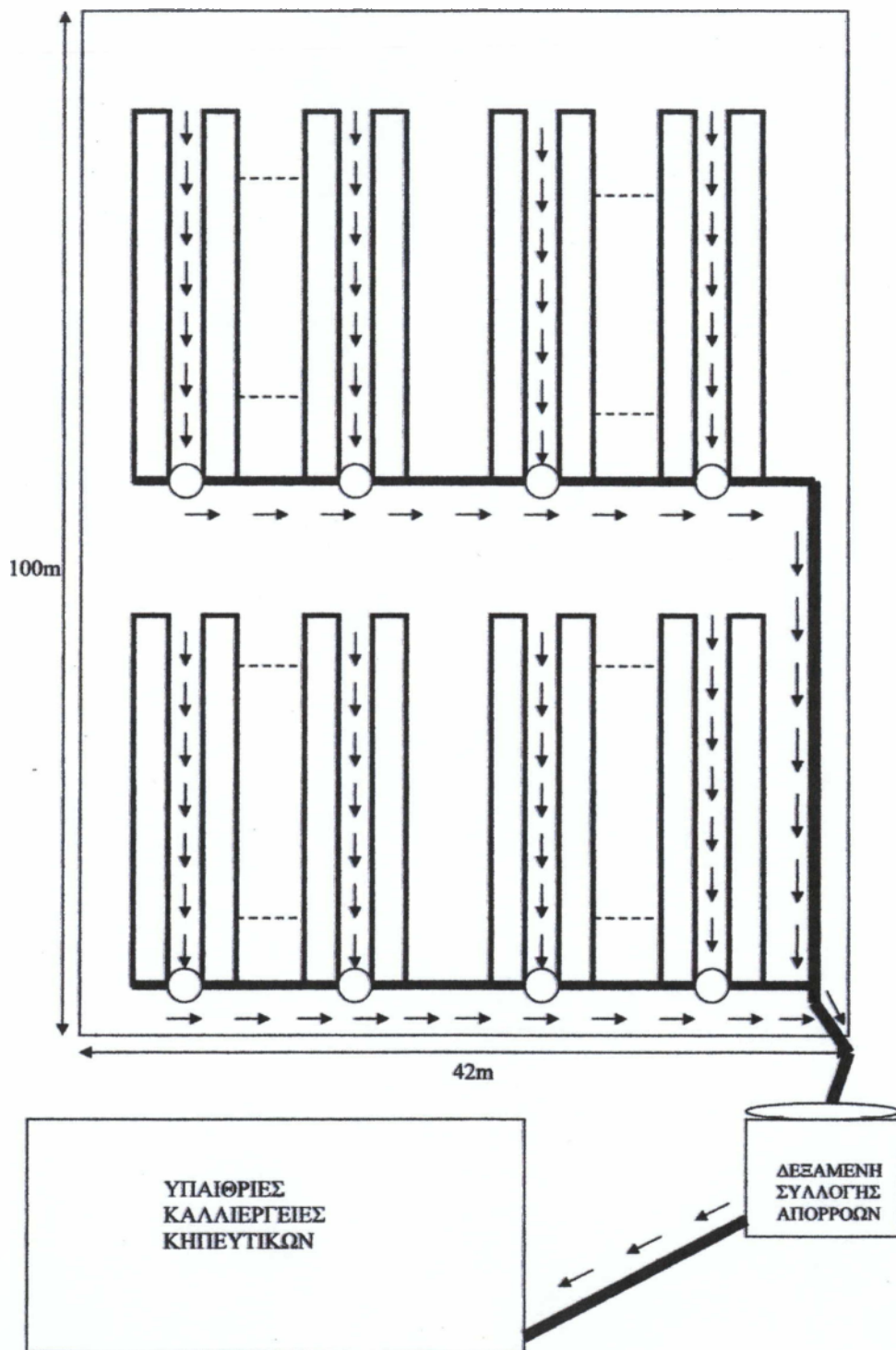
Εικόνα 20: Αγωγός δικτύου άρδευσης

Η σχεδίαση του δικτύου απορροών είναι ιδιαίτερος σημαντική ειδικά ένα εφαρμόσουμε κλειστό σύστημα υδροπονίας. Στο θερμοκήπιο που μελετάμε θα πρέπει να τοποθετηθούν κάθετα πλαστικοί σωλήνες αποχέτευσης $\Phi 125$ στην μέση και στην κάτω πλευρά του θερμοκηπίου. Μέσα στους σωλήνες αυτούς θα καταλήγουν οι απορροές από κάθε κανάλι φύτευσης. Οι δύο αυτοί κάθετοι προς το θερμοκήπιο σωλήνες θα ενώνονται και θα καταλήγουν τελικά σε μια δεξαμενή συλλογής των απορροών όπου από αυτή την δεξαμενή μπορεί να γίνει άρδευση γειτονικών προς το θερμοκήπιο υπαίθριων καλλιεργειών. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται το δίκτυο των απορροών αλλά και την ροή του διαλύματος της απορροής μέσα στο δίκτυο



Εικόνα 21: Κεντρικός αγωγός δικτύου απορροής

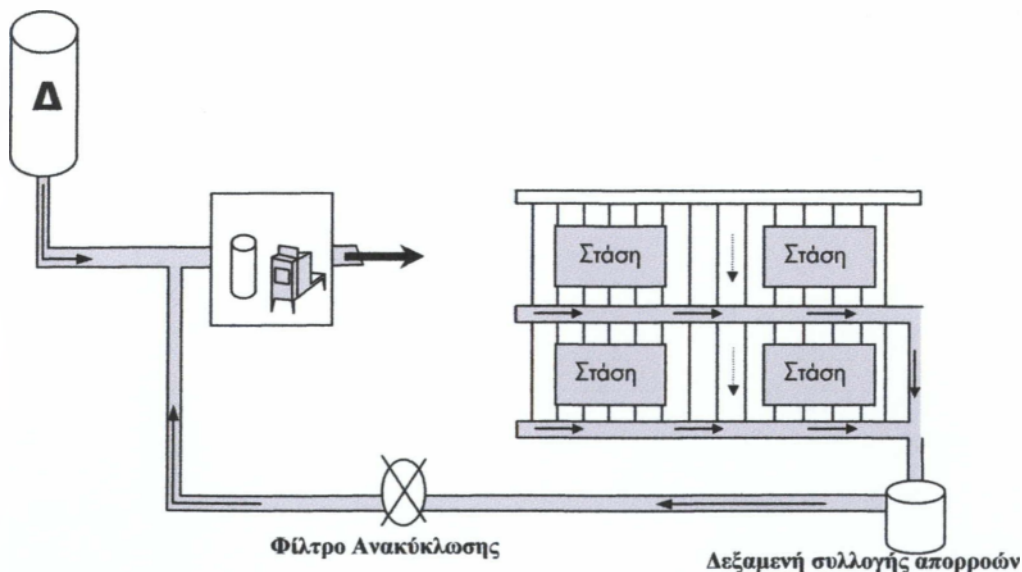
Στο γράφημα παρουσιάζεται σχηματικά η μορφή του δικτύου απορροής.



1.7.4 Σύστημα αυτοματισμού θρέψης

Στο θερμοκήπιο που μελετάμε θα εφαρμοστεί ανοιχτό σύστημα υδροπονίας αφού μετά από την ανάλυση του νερού άρδευσης, διαπιστώθηκε ότι η αλατότητα του νερού ήταν τέτοια που έκανε απαγορευτική την ανακύκλωση του διαλύματος άρδευσης. Ταυτόχρονα το κόστος αγοράς ενός κατάλληλου φίλτρου αντίστροφης ώσμωσης ήταν απαγορευτικό για την οικονομικότητα της επιχείρησης. Βέβαια εάν διαπιστωθεί μεγάλη απώλεια λιπασμάτων και νερού, θα μελετηθεί η εφαρμογή ενός ημίκλειστου συστήματος υδροπονίας. Για τον λόγο αυτό έχουν προβλεφθεί τα εξής:

- Μια δεξαμενή συλλογής των απορροών 5 m³
- Η εφαρμογή ενός κλειστού ή ημίκλειστου συστήματος απαιτεί ξεχωριστή μελέτη, έτσι ώστε να αποφασιστεί ο τύπος του φίλτρου που θα χρησιμοποιηθεί, το ποσοστό από το διάλυμα άρδευσης που θα επαναχρησιμοποιείται αλλά και αρκετοί άλλοι παράμετροι. Στα πλαίσια αυτής της μελέτης απλά παρουσιάζεται διαγραμματικά ο σχεδιασμός ενός τέτοιου συστήματος.[1][2][3][4]



Εικόνα 22: Σύστημα αυτοματισμού θρέψης

2ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΘΡΕΨΗ ΚΑΙ ΛΙΠΑΝΣΗ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

ΓΕΝΙΚΑ

Όπως είναι γνωστό, οι ζωικοί οργανισμοί δεν παράγουν αλλά αντίθετα καταναλώνουν ενέργεια. Επομένως, για να επιβιώσουν και να αναπτυχθούν είναι εξαρτημένοι από την συνεχή πρόσληψη οργανικών ουσιών πλούσιων σε ενέργεια υπό μορφή χημικών δεσμών, την οποία προσπορίζονται μέσω της τροφής. Τέτοιες ουσίες είναι κυρίως τα σάκχαρα και σε μικρότερο βαθμό οι πρωτεΐνες. Επειδή λοιπόν οι ζωικοί οργανισμοί προσλαβαίνουν την ενέργεια διαμέσου της τροφής τους, καλούνται και ετερότροφοι.

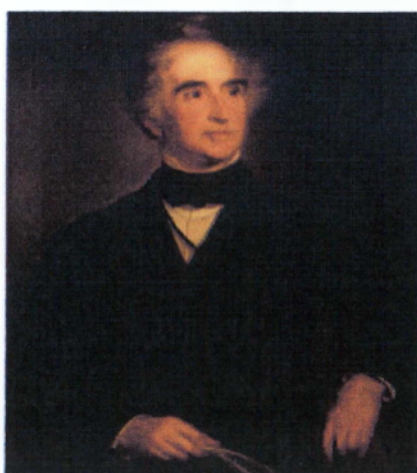


Αντίθετα, οι φυτικοί οργανισμοί δεν έχουν ανάγκη να προσλάβουν ενέργεια διαμέσου της διατροφής τους αφού μπορούν δια μέσου της φωτοσύνθεσης να δεσμεύσουν την ηλιακή ενέργεια και να την χρησιμοποιήσουν για την επιβίωση και την ανάπτυξή τους. Γι' αυτό το λόγο, τα ανώτερα φυτά χαρακτηρίζονται ως αυτότροφοι οργανισμοί. Κατά συνέπεια, αντίθετα με τους ζωικούς οργανισμούς, τα ανώτερα φυτά έχουν ανάγκη μόνο από ανόργανα συστατικά για να τραφούν. Γι' αυτό το λόγο, η επιστήμη της διατροφής των φυτών καλείται και Ανόργανη Θρέψη των Φυτών (Inorganic Plant Nutrition ή Mineral Nutrition of Plants).

2.1 ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Μέχρι σήμερα έχει αποδειχθεί ότι τα ανώτερα φυτά έχουν ανάγκη από 16 χημικά στοιχεία για να είναι σε θέση 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. Η αναλογία στη συγκέντρωση μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων στους φυτικούς ιστούς ανέρχεται περίπου σε 1:500 έως 1:2.000. 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). Οι διαφορές μεταξύ των μακροστοιχείων και των ιχνοστοιχείων στις ποσότητες που είναι αναγκαίες για την κάλυψη των διατροφικών αναγκών των φυτών αντικατοπτρίζονται πολύ καλά στις διαφορές συγκέντρωσης αυτών στους φυτικούς ιστούς .

Η θετική επίδραση που ασκεί στα φυτά η προσθήκη ορισμένων ανόργανων συστατικών (π.χ. στάχτη, ασβεστόλιθος) ήταν γνωστή στους ανθρώπους από τα αρχαία χρόνια. Η αντίληψη όμως ότι για να αυξηθούν και να αναπτυχθούν τα φυτά θα πρέπει να τους χορηγηθούν συγκεκριμένα ανόργανα στοιχεία ή χημικές ενώσεις διατυπώθηκε για πρώτη φορά από τον γερμανό επιστήμονα Justus von Liebig (1803-1873).



Εικόνα 23: Justus von Liebig (1803-1873).

Η επιστημονική αυτή άποψη, αρχικά βασιζόταν σε παρατηρήσεις και σε απλές δοκιμές, χωρίς να μπορεί να τεκμηριωθεί πειραματικά, δεδομένου ότι την εποχή εκείνη οι γνώσεις αναλυτικής χημείας ήταν εξαιρετικά περιορισμένες και τα όργανα αναλυτικών χημικών προσδιορισμών εξαιρετικά πρωτόγονα. Οι πρώτες αποδείξεις που τεκμηριώναν την αναγκαιότητα ορισμένων ανόργανων στοιχείων στην διατροφή των φυτών παρασχέθηκαν από τους Knop (1859) και Sachs (1859, 1861). Οι δύο προαναφερόμενοι επιστήμονες απέδειξαν με πειράματα ανάπτυξης των φυτών σε υδατικά διαλύματα ανοργάνων αλάτων, ότι τα ανώτερα φυτά δεν μπορούν να αναπτυχθούν αν δεν έχουν στην διάθεσή τους κάλιο (K), ασβέστιο (Ca), μαγνήσιο (Mg), άζωτο (N), φώσφορο (P), θείο (S), και σίδηρο (Fe). Στην ανακάλυψή τους αυτή έφθασαν διατηρώντας τα φυτά σε θρεπτικά διαλύματα, όπου κάθε φορά έλειπε ένα ανόργανο στοιχείο από αυτά που περιείχαν οι φυτικοί ιστοί.

Ανόργανο στοιχείο	μmol/g ξηράς ουσίας	mg/kg (ppm)	% στην ουσία	ξηρά	Σχετικός αριθμός ατόμων
Μολυβδαίνιο (Mo)	0,001	0,1	-		1
Χαλκός (Cu)	0,10	6	-		100
Ψευδάργυρος (Zn)	0,30	20	-		300
Μαγγάνιο (Mn)	1,0	50	-		1.000
Σίδηρος (Fe)	2,0	100	-		2.000
Βόριο (B)	2,0	20	-		2.000
Χλώριο (Cl)	3,0	100	-		3.000
Θείο (S)	30	-	0,1		30.000
Φώσφορος (P)	60	-	0,2		60.000
Μαγνήσιο (Mg)	80	-	0,2		80.000
Ασβέστιο (Ca)	125	-	0,5		125.000
Κάλιο (K)	250	-	1,0		250.000
Άζωτο (N)	1.000	-	1,5		1.000.000
Υδρογόνο (H)	30.000	-	45		30.000.000
Οξυγόνο (O)	40.000	-	45		40.000.000
Ανθρακας (C)	60.000	-	6		60.000.000

Πίνακας 1 Μέσοι όροι συγκεντρώσεων ανοργάνων στοιχείων στην ξηρή ουσία των φυτικών ιστών που θεωρούνται επαρκείς για την ανάπτυξη των ανώτερων φυτών.

Από την παράθεση των προαναφερθέντων ανοργάνων στοιχείων γίνεται φανερό ότι οι Κνον (1859) και Sachs (1859, 1861) είχαν τεκμηριώσει ήδη από τα μέσα σχεδόν του περασμένου αιώνα την αναγκαιότητα όλων των χημικών στοιχείων που σήμερα είναι γνωστά ως μακροστοιχεία καθώς και ενός από τα ιχνοστοιχεία (Fe) για την ανάπτυξη των φυτών. Δεν μπόρεσαν όμως να αντιληφθούν την αναγκαιότητα εκείνων των χημικών στοιχείων που χρειάζονται σε πολύ μικρές ποσότητες στα φυτά και που γι' αυτό το λόγο σήμερα καλούνται ιχνοστοιχεία.

Αυτό βέβαια ήταν φυσικό για την εποχή εκείνη, δεδομένου ότι με τις υπάρχουσες μεθόδους αναλυτικής χημείας ήταν αδύνατον να παρασχεθούν στα φυτά θρεπτικά διαλύματα απαλλαγμένα τελείως από στοιχεία όπως το μαγγάνιο (Mn), ο ψευδάργυρος (Zn), ο χαλκός (Cu) το βόριο (B), το μολυβδαίνιο (Mo) και το χλώριο (Cl). Εκείνη την εποχή ήταν αδύνατον να παρασκευασθούν άλατα υψηλής καθαρότητας, δηλαδή άλατα που πρακτικά ήταν τελείως απαλλαγμένα από προσμίξεις άλλων αλάτων. Έτσι, ακόμη και αν δεν γινόταν προσθήκη κάποιου από αυτά τα στοιχεία στο θρεπτικό διάλυμα, κάποια μικρή ποσότητα υπήρχε ως πρόσμιξη σε άλλα άλατα. Προφανώς, η μικρή αυτή ποσότητα ήταν αρκετή στα φυτά για να καλύψουν τις ανάγκες τους, αφού οι ποσότητες που χρειαζόταν ήταν πολύ μικρές, με συνέπεια οι Sachs και Κνον να μην μπορέσουν να αντιληφθούν ότι και αυτά τα στοιχεία ήταν απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών.

Έτσι, για πάνω από μισό αιώνα ακόμη, η αναγκαιότητα των υπολοίπων ιχνοστοιχείων εκτός του σιδήρου στην διατροφή των φυτών παρέμεινε άγνωστη. Μόνον όταν η αναλυτική χημεία έκανε σημαντικές προόδους και κατέστη πλέον δυνατή η παρασκευή αλάτων πολύ πιο υψηλής καθαρότητας, έγινε δυνατή η ανακάλυψη της αναγκαιότητας και των υπολοίπων ιχνοστοιχείων για την θρέψη των φυτών. Η αρχή έγινε το 1922 με το μαγγάνιο και ακολούθησαν το βόριο, κ.λπ.. Η χρονολογία ανακάλυψης της αναγκαιότητας ενός εκάστου από τα ιχνοστοιχεία καθώς και τα ονόματα των ερευνητών που πρώτοι τεκμηρίωσαν το απαραίτητο αυτών για τα φυτά, παρατίθενται στον Πίνακα 2.

Ιχνοστοιχείο	Έτος ανακάλυψης	Ερευνητής
Σίδηρος	1860	J. Sachs
Μαγγάνιο	1922	J.S. McHague
Βόριο	1923	K. Warington
Ψευδάργυρος	1926	A.L. Sommer and C.B. Lipman
Χαλκός	1931	C.B. Lipman and G. MacKinney
Μολυβδαίνιο	1938	D.I. Arnon and P.R. Stout
Χλώριο	1954	T.C. Broyer <i>et al.</i>

Πίνακας 2. Παράθεση των χρονολογιών ανακάλυψης της αναγκαιότητας ενός εκάστου από τα ιχνοστοιχεία για την θρέψη των φυτών καθώς και των επιστημόνων που το ανακάλυψαν (Marschner, 1995).

Πριν γίνει οποιαδήποτε περαιτέρω αναφορά θα πρέπει να διευκρινισθεί η έννοια του «απαραίτητου» ενός θρεπτικού στοιχείου. Για να χαρακτηριστεί ένα θρεπτικό στοιχείο ως απαραίτητο δεν αρκεί να διαπιστωθεί η παρουσία του στους φυτικούς ιστούς αλλά θα πρέπει και να αποδειχθεί ότι η έλλειψή του καθιστά αδύνατη την ανάπτυξη του φυτού και την ολοκλήρωση του βιολογικού του κύκλου. Οι Arnon και Stout (1939) πρότειναν τα εξής κριτήρια για τον χαρακτηρισμό ενός ανόργανου στοιχείου ως απαραίτητου για την θρέψη ενός συγκεκριμένου είδους φυτού:

- Χωρίς την παρουσία του συγκεκριμένου ανοργάνου στοιχείου τα φυτά δεν είναι σε θέση να αναπτυχθούν και να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο,
- Οι λειτουργίες που επιτελεί το συγκεκριμένο ανόργανο στοιχείο στα φυτά δεν μπορούν να υποκατασταθούν από ένα άλλο ανόργανο στοιχείο.
- Το συγκεκριμένο ανόργανο στοιχείο θα πρέπει να συμμετέχει άμεσα στον μεταβολισμό του φυτού και όχι έμμεσα. Το συγκεκριμένο θρεπτικό στοιχείο δηλαδή δεν αρκεί να επηρεάζει θετικά για την ανάπτυξη του φυτού κάποιο χαρακτηριστικό στο περιβάλλον του, όπως για παράδειγμα την οξύτητα του εδάφους, ή την παρουσία άλλων χημικών στοιχείων σε τοξικά επίπεδα, κ.λπ., αλλά να συμμετέχει άμεσα στον μεταβολισμό του φυτού, επηρεάζοντας, π.χ. την λειτουργία κάποιου ενζύμου, κ.λπ.

Μολονότι τα παραπάνω κριτήρια είναι σαφέστατα, η διάκριση των χημικών στοιχείων που έχουν ανιχνευθεί σε φυτικούς ιστούς σε απαραίτητα και μη δεν είναι πάντοτε εύκολη. Τα 16 χημικά στοιχεία που αναφέρονται παραπάνω έχει αποδειχθεί ότι είναι απαραίτητα μόνο στα ανώτερα φυτά. Αντίθετα, στους κατώτερους φυτικούς οργανισμούς, κάποια από αυτά δεν θεωρούνται απαραίτητα, όπως π.χ. το ασβέστιο και το βόριο για τους μύκητες. Αντίστοιχα, κάποια άλλα χημικά στοιχεία, εκτός των 16 προαναφερομένων, όπως π.χ. το ιώδιο (I) και το βανάδιο (V), θεωρούνται απαραίτητα σε αρκετά είδη κατώτερων φυτών, ενώ στα ανώτερα φυτά δεν είναι ποτέ αναγκαία. Πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι η αναγκαιότητα του χλωρίου, μολονότι θεωρείται ότι ισχύει για όλα τα ανώτερα φυτά, μέχρι σήμερα έχει αποδειχθεί πειραματικά μόνον για έναν περιορισμένο αριθμό φυτικών ειδών. Τέλος υπάρχουν ανόργανα στοιχεία όπως το νάτριο (Na), το πυρίτιο (Si) και το κοβάλτιο (Co), για τα οποία έχει αποδειχθεί ότι είναι αναγκαία για ορισμένα μόνο είδη ανώτερων φυτών. Αντίθετα, σε άλλα βοτανικά είδη ανώτερων φυτών, η έρευνα έδειξε ότι τα τρία προαναφερθέντα ανόργανα στοιχεία δεν είναι αναγκαία, με βάση τα κριτήρια των Arnon και Stout (1939). Όπως θα αναλυθεί διεξοδικά στο σχετικό κεφάλαιο, τα στοιχεία αυτά, χωρίς να είναι απαραίτητα, συχνά είναι επωφελή για την ανάπτυξη των φυτών και γι. αυτό χαρακτηρίζονται ως ωφέλιμα στοιχεία (beneficial elements).

Από τα μακροστοιχεία, τον άνθρακα τα φυτά τον προσλαμβάνουν από την ατμόσφαιρα ως διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) κατά την φωτοσύνθεση. Το υδρογόνο και το οξυγόνο είναι συστατικά του νερού και επομένως αυτά τα χημικά στοιχεία τα φυτά τα προσλαμβάνουν μέσω της απορρόφησης νερού. Επιπλέον, τα φυτά προσλαμβάνουν οξυγόνο και απευθείας από τον ατμοσφαιρικό αέρα, μέσω των στοματίων των φύλλων για τις ανάγκες της αναπνοής. Τα υπόλοιπα έξι μακροστοιχεία δηλαδή το άζωτο (N), τον φώσφορο (P), το θείο (S), το κάλιο (K), το ασβέστιο (Ca) και το μαγνήσιο (Mg) προσλαμβάνονται δια μέσου των ριζών.

Όσον αφορά στα επτά ιχνοστοιχεία (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Cl και Mo), η πρόσληψή τους κατά βάση γίνεται δια μέσου των ριζών. Ειδικά το χλώριο όμως, το οποίο στα φυτά είναι αναγκαίο σε απειροελάχιστες ποσότητες, έχει αποδειχθεί ότι σε περίπτωση έλλειψης μπορεί να προσληφθεί και σε αέρια μορφή μέσω των φύλλων. [20][8][6][15]

2.2 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Τα προσλαμβανόμενα θρεπτικά στοιχεία, χρησιμοποιούνται από το φυτό είτε σαν δομικά υλικά των ιστών του, είτε ως παράγοντες που ρυθμίζουν τη θρέψη του. Ειδικότερα τα ιχνοστοιχεία είναι συστατικά των οργανικών καταλυτών. Έτσι σύμφωνα με βασικές αρχές που ορίζονται ως νόμοι των αποδόσεων των φυτών δεχόμαστε ότι:

- Όλα τα θρεπτικά στοιχεία είναι απαραίτητα στις αναγκαίες ποσότητες για την απόκτηση της μέγιστης απόδοσης, το δε αποτέλεσμα καθορίζεται από το στοιχείο που βρίσκεται στο χαμηλότερο επίπεδο (*νόμος του ελαχίστου*).
- Οι διαδοχικές συγκομιδές απομακρύνουν τα θρεπτικά στοιχεία από το έδαφος και η διατήρηση των αποδόσεων απαιτεί την αναπλήρωσή τους (*νόμος της αντικατάστασης*).
- Όταν ένα στοιχείο που είναι ελλειπές προστίθεται, αυτή η προσθήκη συνεπάγεται αύξηση της απόδοσης μέχρι ενός ορίου και η αύξηση δεν είναι ανάλογη της ποσότητας του προστιθέμενου στοιχείου, (*νόμος της μη ανάλογης απόδοσης*).

Η έλλειψη των στοιχείων μέχρι ενός βαθμού μπορεί να αντιμετωπιστεί και με διαφυλλική εφαρμογή του.[14]



2.3 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΘΡΕΠΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

Ο καθορισμός των τροφοπενιών ή της περίσσειας των στοιχείων στα φυτά επιτυγχάνεται με τις ακόλουθες μεθόδους :

- Ανάλυση του εδάφους
- Φυλλοδιαγνωστική
- Μακροσκοπική εξέταση
- Χορήγηση θρεπτικών στοιχείων και αντίδραση των φυτών

Ανάλυση του εδάφους : Είναι χημική ανάλυση για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας του εδάφους σε διάφορα στοιχεία. Εντοπίζει προβλήματα όπως οξύτητα ή αλκαλικότητα. Μειονέκτημά της είναι ότι δεν είναι δυνατή η λήψη αντιπροσωπευτικού δείγματος.

Φυλλοδιαγνωστική : Είναι η χημική ανάλυση των φύλλων , τα οποία έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε ανόργανα θρεπτικά στοιχεία . Είναι μέσο διάγνωσης που βασίζεται στις κριτικές συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων .(Κριτική συγκέντρωση είναι η συγκέντρωση ενός θρεπτικού στοιχείου με την οποία επιτυγχάνεται το 90% της μέγιστης παράγωγης).

Μακροσκοπική εξέταση : Είναι μια απλή και γρήγορη μέθοδος για την διάγνωση ειδικών τροφοπενιών , που στηρίζεται στην αναγνώριση των τροφοπενιών από μακροσκοπικά συμπτώματα . Μειονέκτημά της είναι ότι μπορεί να διαγνώσει λανθάνουσα τροφοπενία.[14]

Χορήγηση θρεπτικών στοιχείων και αντίδραση των φυτών : Με την μέθοδο αυτή παρατηρούμε την αντίδραση των φυτών στην χορήγηση θρεπτικών στοιχείων. Η χορήγηση των θρεπτικών στοιχείων στα φυτά για τη διάγνωση τροχοπεδών γίνεται με: προσθήκη στο έδαφος , επάλειψη φύλλων, διαβροχή του φυλλώματος, ενέσεις, εμβλαπτίσεις κλαδίσκων.

2.4 ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΩΝ

Η θεραπεία των τροφοπενιών επιτυγχάνεται με τον επαρκή εφοδιασμό των φυτών με όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία , στην κατάλληλη ποσότητα και σχέση μεταξύ τους.

2.4.1 Μορφές χορήγησης των μακροστοιχείων στα φυτά

- Άζωτο : Χορηγείται με την μορφή αζωτούχων λιπασμάτων ,και με την μορφή ουρίας.
- Φώσφορος : Χορηγείται με την μορφή φωσφορούχων λιπασμάτων.
- Κάλιο : Χορηγείται με την μορφή καλιούχων λιπασμάτων.
- Ασβέστιο : Χορηγείται με την μορφή λιπασμάτων ασβεστόλιθου (CaCO_3), γύψου (CaSO_4), ή χλωρίου ασβεστίου (CaCl_2) ή νιτρικού ασβεστίου ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) .
- Μαγνήσιο : Χορηγείται με την μορφή θειικού μαγνησίου (MgSO_4) η νιτρικού μαγνησίου ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$) .
- Θείο : Σε συνήθεις συνθήκες δεν παρατηρείται τροφοπενία θείου.

2.4.2 Μορφές χορήγησης των ιχνοστοιχείων στα φυτά

- Σίδηρος : Χορηγείται με ψεκασμό με την μορφή χηλικών ενώσεων του σιδηρού .
- Μαγγάνιο : Χορηγείται με ψεκασμό στο φύλλωμα με την μορφή διαλύματος θειικού μαγγανίου (MnSO_4) .
- Χαλκός : Χορηγείται με ψεκασμό με την μορφή διαλύματος θειικού χαλκού .(CSO_4)
- Ψευδάργυρος : Χορηγείται με ψεκασμό , με την μορφή διαλύματος θειικού ψευδάργυρου .(ZnSO_4)
- Βόριο : Γίνεται με την ενσωμάτωση βόρακα ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_4$) στο έδαφος .
- Μολυβδαίνιο : Γίνεται με την ενσωμάτωση μολυβδαινικού νάτριου η αμμωνίου στο έδαφος ή γίνεται ψεκασμός του φυλλώματος [14][13]

2.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

- Υδρογόνο : Συμμετέχει στις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις , και βρίσκεται σε όλους τους άνθρακες. Κατεξοχήν δομικό στοιχείο .
- Άνθρακας : Αποτελεί την σπονδυλική στήλη όλων των οργανικών μορίων . κατεξοχήν δομικό στοιχείο. Έλλειψή του οδηγεί σε μη οργανική υλη .
- Οξυγόνο : Συμμετέχει στις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις , στην αναπνοή καθώς σχετίζεται με την τελική οξείδωση και την παράγωγή ATP . Κατεξοχήν δομικό στοιχείο. Σχηματίζει δεσμούς υδρογόνου .
- Αζώτο : είναι το κύριο συστατικό των πρωτεϊνών , των ορμονών , της χλωροφύλλης , των βιταμινών και των ενζύμων που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών. Ο μεταβολισμός του αζώτου είναι ο κύριος παράγοντας ανάπτυξης του φυλλώματος (φυτική ανάπτυξη). Η υπερβολή μπορεί να οδηγήσει στην καθυστέρηση της ανθοφορίας και της παραγωγής καρπών. Η έλλειψη θα οδηγήσει σε κιτρίνισμα των φύλλων και τον περιορισμό της ανάπτυξης νέων βλασταριών.
- Κάλιο : είναι απαραίτητο για την δημιουργία σακχάρων , αμύλου, υδατανθράκων , σύνθεση πρωτεϊνών και την διαίρεση των κυττάρων στις ρίζες και άλλα σημεία των φυτών. Βοηθάει στην ισορροπία του νερού, βελτιώνει την ακαμψία των στελεχών και αυξάνει την αντοχή στο κρύο, δίνει άρωμα και χρώμα των καρπών, αυξάνει την ποσότητα λιπαρών και είναι απαραίτητο σε καλλιέργειες που απαιτούν πλούσιο φύλλωμα. Η απώλεια δίνει φτωχές σοδιές , φύλλα με κηλίδες και σημάδια , κοντύτερα και καμένα φύλλα.

- Ασβέστιο** : ενεργοποιεί τα ένζυμα , είναι δομικό στοιχείο των κύτταρων , βοηθάει στην κυκλοφορία του νερού στα κύτταρα και είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη και τη διαίρεση τους. Μερικά φυτά πρέπει να έχουν ασβέστιο για να απορροφήσουν άζωτο και άλλα μεταλλικά στοιχεία. Η απορρόφηση του ασβεστίου είναι εύκολη. Όταν εναποτεθεί στο φυτό είναι μόνιμο , έτσι αποτελεί μια συνεχή πηγή ανάπτυξης . Η απώλειά του θα δώσει ασθενικά νέα στελέχη , άνθη και ρίζες. Οι καρποί και τα φύλλα θα έχουν μαύρες κηλίδες. Κιτρίνισμα των φύλλων μπορεί να είναι ένα ακόμη αποτέλεσμα της απώλειας του.
- Φώσφορος** : είναι απαραίτητος για το φύτευμα των σπόρων , την φωτοσύνθεση , την δημιουργία πρωτεϊνών. Είναι ακόμη απαραίτητο συστατικό για την δημιουργία ανθών και καρπών. Το χαμηλό pH (<4) που προκαλεί φωσφάτωση από την κατακράτηση του φωσφόρου στα οργανικά χώματα. Η απώλεια θα δώσει κόκκινες προς το μοβ κηλίδες στα φύλλα και επιβράδυνση της ανάπτυξης. Η παραγωγή λουλουδιών και καρπών είναι μικρή και ισχνή. Πρώιμη πτώση των καρπών και των λουλουδιών είναι ένα από τα συνήθη αποτελέσματα έλλειψης φωσφόρου. Η τροφοδοσία φωσφόρου πρέπει να γίνεται κοντά στις ρίζες των φυτών ώστε να απορροφηθεί από αυτά. Δεν πρέπει να δίνουμε μεγαλύτερες ποσότητες από αυτές που απαιτούνται γιατί θα δημιουργηθεί πρόβλημα με απώλεια ψευδαργύρου.
- Μαγνήσιο** : είναι ένα σημαντικό στοιχείο στη δομή της χλωροφύλλης, και είναι απαραίτητο για την λειτουργία των ενζύμων στα φυτά για την δημιουργία υδρογονανθράκων , σακχάρων και λιπαρών. Χρησιμοποιείται για την παραγωγή και βελτίωση των καρπών και την δημιουργία κελύφους σε αυτά (καρυδιών) και στην καλύτερη βλάστηση των σπορίων. Η απώλεια φαίνεται στα φυτά σαν χλωρίωση , με αργό κιτρίνισμα των φύλλων κυρίως των παλιότερων, και σταδιακή πτώση τους. Το μαγνήσιο εφαρμόζεται με το πότισμα και κατά την λίπανση. Μπορεί να εφαρμοστεί και σαν σπρέι σαν διαλυτικό όταν πρόκειται να διορθώσει τις αναλογίες.

- Θείο : Συστατικό των αμινοξέων . Σχηματίζει γέφυρες SS που συμβάλουν στην σταθεροποίηση της δομής των πρωτεϊνών.
- Σίδηρος : είναι απαραίτητος για την λειτουργία πολλών ενζύμων και καταλύτης για την σύνθεση της χλωροφύλλης. Είναι απαραίτητος για τα νεαρά τμήματα των φυτών που βρίσκονται σε ανάπτυξη. Η απώλεια δηλώνεται με κιτρίνισμα του φυλλώματος. Ο σίδηρος αποβάλλεται από το χώμα με την πλύση (ποτίσματα). Στα εδάφη που το pH είναι υψηλό (αλκαλικά) ο σίδηρος δεσμεύεται και δεν απορροφάται από τα φυτά. Οι εφαρμογές όξινης φόρμουλας γίνονται με χημικές ενώσεις του σιδήρου, βελτιώνοντας έτσι την κατάσταση. Χλώριο : Συμμετέχει στις αντιδράσεις φωτοσύνθεσης καθώς και στην όσμωση και την ισορροπία ιόντων .
- Χαλκός : συγκεντρώνεται στις ρίζες των φυτών και παίζει ρόλο στο μεταβολισμό του αζώτου. Είναι στοιχείο αρκετών ενζύμων και μπορεί να αποτελεί τμήμα του συστήματος των ενζύμων που χρησιμοποιούν υδρογονάνθρακες και πρωτεΐνες. Η απώλεια μπορεί να προκαλέσει καταστροφή των άκρων των ριζών , και μαύρισμα των άκρων στα φύλλα. Ο χαλκός δεσμεύεται στα οργανικά υλικά και μπορεί να μειωθεί αρκετά σε πολύ οργανικά εδάφη. Δεν χάνεται από το χώμα αλλά συχνά δεν μπορεί να αποδεσμευτεί. Η μεγάλη ποσότητα χαλκού μπορεί να δώσει τοξικότητα στο χώμα.
- Μαγγάνιο : εμπλέκεται στην δραστηριότητα των ενζύμων για την φωτοσύνθεση, αναπνοή και τον μεταβολισμό του αζώτου. Η απώλειά του στα νεαρά φύλλα μπορεί να φανεί σαν πράσινες φλέβες ή σαν ανοιχτό πράσινο υπόστρωμα παρόμοιο με την απώλεια σιδήρου. Σε προχωρημένα στάδια τα ανοιχτόχρωμα σημεία γίνονται άσπρα και τα φύλλα πέφτουν. Καφέ , μαύρα ή γκρι στίγματα μπορεί να εμφανιστούν δίπλα στις φλέβες. Στα αλκαλικά η τα ουδέτερα εδάφη συχνά υπάρχει έλλειψη μαγνησίου. Στα πολύ όξινα εδάφη μπορεί να υπάρχει περισσότερο από το κανονικό λόγο της τοξικότητας.

- Ψευδάργυρος :** είναι στοιχείο των ενζύμων και καταλυτικό στοιχείο μεγάλου αριθμού ορμονών συμπεριλαμβανόμενων των αυξητικών ορμονών. Είναι απαραίτητος για το μεταβολισμό των υδρογονανθράκων , την σύνθεση πρωτεϊνών , και την ανάπτυξη των στελεχών (σωστή επιμήκυνση). Τα φυτά που έχουν έλλειψη ψευδαργύρου παρουσιάζουν σηματοδεδεμένο φύλλωμα με ανώμαλες περιοχές χλωρίωσης. Η απώλεια ψευδαργύρου οδηγεί και στην απώλεια σιδήρου με παρόμοια αποτελέσματα.
- Βόριο:** είναι απαραίτητο για την δημιουργία των κυττάρων , και την αρτιότητα της μεμβράνης, απορρόφηση ασβεστίου και μπορεί να βοηθήσει στην μεταφορά των σακχάρων. Το βόριο επιδρά σε τουλάχιστον 16 λειτουργίες των φυτών, μερικές από τις οποίες είναι η ανθοφορία, η βλάστηση , η διαίρεση των κυττάρων , η καρποφορία , οι λειτουργίες του νερού και η κίνηση των ορμονών. Το βόριο πρέπει να είναι διαθέσιμο σε ολόκληρη τη ζωή του φυτού. Δεν απορρίπτεται από τα εδάφη και είναι εύκολο στην απορρόφηση του. Η απώλειά του οδηγεί τα φυτά στην απόρριψη των μπουμπουκιών τα λεπτά φύλλα και στο στρίψιμο τους. Οι ρίζες έχουν ωχρή όψη και σπάζουν εύκολα.
- Μολυβδαίνιο:** είναι δομικό στοιχείο των ενζύμων που μειώνουν τα νιτρικά άλατα από την αμμωνία. Χωρίς αυτό η σύνθεση των πρωτεϊνών μπλοκάρεται και δεν αναπτύσσεται το φυτό. Ακόμη είναι απαραίτητο στα βακτήρια παραγωγής κονδύλων. Οι σπόροι μπορεί να μην αναπτυχθούν τελείως και μπορεί να παρατηρηθεί απώλεια αζώτου αν δεν υπάρχει μολυβδαίνιο. Η απώλειά του δίνει ανοιχτόχρωμα φύλλα με κατσαρωμένες άκρες.
- Χλώριο :** εμπλέκεται στην όσμωση (μετακίνηση του νερού η διαλυτών στα κύτταρα) , η ισορροπία ιόντων που είναι απαραίτητη στα φυτά στην απορρόφηση μεταλλικών στοιχείων και στη φωτοσύνθεση. Η απώλεια θα παρατηρηθεί με μαραμα των ριζών και δημιουργία νέων κοντόχοντρων ριζών. Ακόμη με χλώρωση (κιτρίνισμα) . Η μυρωδιά σε μερικά φυτά μπορεί να μειωθεί. Αν τα επίπεδα χλωρίου είναι αυξημένα τότε μερικά φυτά μπορεί να παρουσιάσουν σημάδια τοξικότητας.

- Νικέλιο : Είναι απαραίτητο για τα ένζυμα urease για την διάσπαση της ουρίας από το άζωτο σε χρήσιμη μορφή για τα φυτά. Το νικέλιο είναι απαραίτητο για την απορρόφηση του σιδήρου. Οι σπόροι χρειάζονται νικέλιο για την βλάστηση. Τα φυτά που αναπτύσσονται χωρίς νικέλιο δεν έχουν ιδιαίτερο πρόβλημα μέχρι την ανάπτυξη σπόρων. Αν δεν υπάρχει νικέλιο τα φυτά δεν θα παράγουν σπόρους ικανούς για αναπαραγωγή.
- Νάτριο : εμπλέκεται στην όσμωση και στην ισορροπία των ιόντων στα φυτά.
- Κοβάλτιο : είναι απαραίτητο για την απορρόφηση αζώτου κυρίως στα βολβώδη φυτά. Η απώλεια δίνει και απώλεια αζώτου.
- Πυρίτιο : βρίσκεται σαν στοιχείο στο εξωτερικό μέρος των κυττάρων. Τα φυτά που έχουν το σωστό μέρος πυριτίου δίνουν δυνατά κύτταρα φτιάχνοντας ένα μηχανικό φράγμα για τα μασητικά έντομα. Άλλο ένα στοιχείο είναι η ανθεκτικότητα στο κρύο και στη ζέστη. Η διαλυτική απορρόφηση πυριτίου δίνει αποτελέσματα μειώνοντας δραστικά τους πληθυσμούς ψειρών και εντόμων. Μερικά τεστ έχουν δείξει ότι το πυρίτιο μπορεί να βοηθήσει στην καταπολέμηση των μυκήτων[12][13][14][20]

2.6 ΤΥΠΟΙ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

Τα λιπάσματα διακρίνονται ανάλογα με τη σύστασή τους, την προέλευση τους και την παραγωγή τους.

Διακρίνουμε:

- Οργανικά λιπάσματα : κόπρος , ούρα , γλωρή λίπανση , διάφορα υπολείμματα γεωργικών εκμεταλλεύσεων .
- Ανόργανα λιπάσματα :είναι συνήθως απλές οργανικές , χημικές ουσίες που παρασκευάζονται στο εργαστήριο η εξορύσσονται από τα φυτικά κοιτάσματα και εφοδιάζουν τα φυτά με θρεπτικά στοιχεία.

Τα ανόργανα λιπάσματα διακρίνονται σε :

- Απλά λιπάσματα (περιέχουν ένα από τα τρία μακροστοιχεία N,P,K)
- Πλήρη λιπάσματα (περιέχουν και τα τρία μακροστοιχεία N,P,K)
- Μεικτά η σύνθετα λιπάσματα (περιέχουν δυο η περισσότερα μακροστοιχεία N,P,K)
- Βασικά : (για να μειώσουν την οξύτητα του εδάφους)
- Όξυνα : (για να αυξήσουν την οξύτητα του εδάφους)

Ιδιαίτερης αξιολόγησης είναι η διαλυτότητα των λιπασμάτων συνολικά ή των περιεχόμενων θρεπτικών στοιχείων. Διαδεδομένα λιπάσματα είναι διαφόρων μορφών N, P, K και ιχνοστοιχείων. Η σύσταση του λιπάσματος περιγράφεται από τον τύπο του και αναφέρεται ειδικότερα στην περιεκτικότητα σε N (%), σε P (P₂O₅%) και σε K (K₂O%).

Ενδεχόμενα το ασβέστιο και μαγνήσιο εκφράζονται και αυτά ως οξειδία (CaO%, MgO%). Τα υπόλοιπα στοιχεία εκφράζονται επίσης % σε διάφορες χημικές μορφές[14][12][20]

2.7 ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΛΙΠΑΝΣΕΙΣ

2.7.1 Αζωτούχα λίπανση

Το άζωτο είναι πρωταρχικός παράγοντας της αύξησης των αποδόσεων. Με εξαίρεση τα ψυχανθή, οι περισσότερες καλλιέργειες έχουν ανάγκη ενίσχυσης της περιεκτικότητας των εδαφών σε N. Είναι όμως δεδομένη και η εμπειρία της μείωσης των αποδόσεων από υπερβολική αζωτούχα περιεκτικότητα. Η επιστημονική έρευνα και εμπειρία αναφορικά με την αζωτούχα λίπανση επιτρέπει τις παρακάτω επισημάνσεις:

- Η αποτελεσματικότητα της αζωτούχας λίπανσης καθορίζεται αποφασιστικά από τις κλιματικές συνθήκες και ειδικότερα τις βροχοπτώσεις που ακολουθούν τις λιπαντικές εφαρμογές.
- Η κλασμάτωση των δόσεων πρέπει να παρακολουθεί χρονικά τις αιχμές των απαιτήσεων των καλλιεργειών.
- Σε εδάφη που υπάρχουν οργανικά αποθέματα, η ανοργανοποίηση είναι χαμηλή σε περιόδους χαμηλών θερμοκρασιών και ξηρασίας, οπότε τότε οι εφαρμογές ανόργανων αζωτούχων λιπασμάτων ενδείκνυνται αν φυσικά τις χρειάζονται οι καλλιέργειες. Σε μια καλλιεργητική περίοδο όταν οι εν λόγω καιρικές συνθήκες ευνοούν την ανοργανοποίηση του N, το σχετικό αποτέλεσμα μπορεί να είναι και 50% μικρότερο σε σύγκριση με αυτό σε αντίθετες συνθήκες υγρασίας (Turpin & al. 1997).
- Η σχέση C/N είναι κριτήριο που καθορίζει την ισορροπία μεταξύ δέσμευσης του N από τη μικροβιακή βιομάζα και της απελευθέρωσης του σε αφομοιώσιμη μορφή από την ανοργανοποίηση των οργανικών μορφών, όταν στο έδαφος ενσωματώνονται οργανικά υλικά όπως φυτικά υπολείμματα κλπ. (Bolger et Al: 2003).
- Η δέσμευση του N από τη μικροχλωρίδα μπορεί να λειτουργεί και θετικά στην εξοικονόμηση λιπάσματος γιατί το προστατεύει από την έκπλυση, αρκεί σ' αυτή τη φάση να μην είναι αναγκαίο για τα φυτά.

2.7.2 Φωσφορική λίπανση

Η φωσφορική λίπανση αποσκοπεί να αναπληρώσει τις εξαγωγές των συγκομιδών και συνήθως διακρίνουμε τη λίπανση διόρθωσης και τη λίπανση συντήρησης.

- διόρθωσης: ένα πολύ πτωχό σε P έδαφος εμπλουτίζεται σε αφομοιώσιμο P.
- συντήρησης: η προηγούμενη διόρθωση συντηρείται με εφαρμογές αναπλήρωσης των απωλειών δέσμευσης, αφαίρεσης από συγκομιδές.

Η εφαρμογή του P συνήθως γίνεται με τις βασικές λιπάνσεις που συνδυάζονται με τη βασική κατεργασία του εδάφους. Οι χημικές μορφές των λιπασμάτων που επιλέγονται καθορίζονται από τις χημικές ιδιότητες του εδάφους όπως το pH. Σε πολλές δε καλλιέργειες μπορεί η βασική εφαρμογή να εξασφαλίσει την καλλιέργεια σε P, υπάρχουν όμως και περιπτώσεις όπου αυτό δεν είναι ικανό.

2.7.3 Καλιούχος λίπανση

Η εφαρμογή εξαρτάται από τα επίπεδα του εδάφους σε αφομοιώσιμο K και τις ανάγκες της καλλιέργειας. Επίσης το K υπόκειται σε σχετική έκλυση, πολύ μεγαλύτερη από το P, μικρότερη από το νιτρικό N αλλά η έκλυση ευνοείται στα χονδρόκοκκα εδάφη. Στα ασβεστούχα και λεπτόκοκκα εδάφη (βαριά) ευνοείται αντίθετα η δέσμευση. Απώλειες K προκαλεί η διάβρωση, η στράγγιση και η δέσμευση από τα ορυκτά της αργίλου (2:1), ενώ η αποσάθρωση ευνοεί την παραγωγή αφομοιώσιμων ποσοστών. Οι λιπαντικές εφαρμογές K συνδυάζονται συνήθως με τις εφαρμογές P ως βασικές λιπάνσεις. Σε πολλές όμως καλλιέργειες που το K εφαρμόζεται σε μεγάλες δόσεις (δένδρα, κηπευτικά, λειμώνες τεχνητοί και εντατικοί) συνιστάται κλασμάτωση των δόσεων σε περισσότερες της μιας, με συνέπεια κάποιες εφαρμογές να εκτελούνται επιφανειακά με ή χωρίς ενσωμάτωση στο έδαφος.

2.8 ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

Τα στερεά λιπάσματα διανέμονται με μηχανές διαφόρων τύπων (φυγόκεντρες, κλπ). Για τα υγρά λιπάσματα οι λιπασματοδιανομείς είναι εφοδιασμένοι με ειδικούς εκτοξευτήρες ή εγχυτήρες. Ειδικά για την αμμωνία, είναι εφοδιασμένοι με εγχυτήρες που διεισδύουν σε βάθος 12-15 cm εντός του εδάφους. Όσον αφορά την εφαρμογή του λιπάσματος στο έδαφος αυτή μπορεί να γίνει κατά διαφόρους τρόπους:

- Στα πεταχτά: Γίνεται πριν από το όργωμα διασπορά του λιπάσματος σε όλη την επιφάνεια του εδάφους και το όργωμα που ακολουθεί ενσωματώνει το λίπασμα. Οδηγεί σε εφαρμογή μεγάλων δόσεων και εξυπηρετεί κυρίως καλλιέργειες πυκνών σπορών, γιατί εφοδιάζει με λίπασμα όλη τη μάζα του εδάφους.
- Κατά γραμμές: Με τον τρόπο αυτό λιπαίνονται οι γραμμές σποράς από τη μία ή και τις δύο πλευρές της γραμμής σποράς. Απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή η σωστή ρύθμιση του λιπασματοδιανομέα για την κατάλληλη τοποθέτηση του λιπάσματος σε σχέση με τη θέση του σπόρου (δίπλα και κάτω) προς αποφυγή τοξικής επίδρασης.
- Σπορά και λίπανση: Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή η ποσότητα του λιπάσματος, γιατί το λίπασμα που είναι σε στενή επαφή με το νεαρό φυτάριο, μπορεί να προκαλέσει τοξική επίδραση αν δημιουργεί ισχυρά αλατούχο περιβάλλον στην μικροπεριοχή του φυταρίου.
- Επιφανειακή λίπανση: Κατά τη φάση της εξέλιξης της καλλιέργειας σε περίοδο αιχμής των αναγκών της σε θρεπτικά συστατικά. Επιλέγονται διαλυτά με μεγάλη κινητικότητα λιπάσματα.
- Υδρολίπανση: Συνδυασμένη εφαρμογή άρδευσης και λίπανσης σε τακτά

χρονικά διαστήματα, σύμφωνα με τις ανάγκες της καλλιέργειας. Είναι η τεχνική λίπανσης η οποία θα παρουσιαστεί αναλυτικότερα στο επόμενο κεφαλαίο.[20][13][12][17].

3ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΜΕΘΟΔΟΙ ΘΡΕΨΗΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΙΠΑΝΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

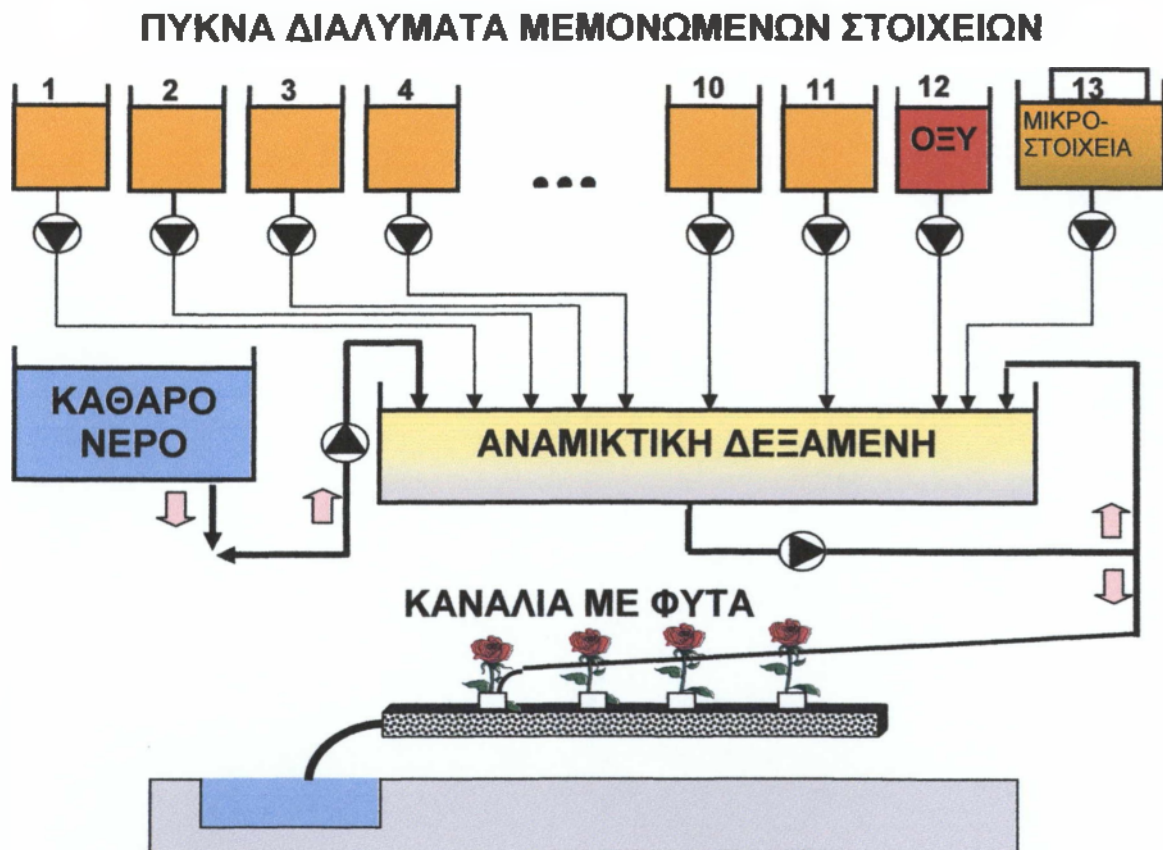
ΓΕΝΙΚΑ

Στις μέρες μας η ανάγκη για την βελτιστοποίηση της παραγωγής σε συνδυασμό με την ανάγκη καλύτερευσης της ποιότητας , ανάγκασε τους παραγωγούς να προχωρήσουν σε πιο σύγχρονες μεθόδους λίπανσης του θερμοκηπίου . Οι μέθοδοι αυτές αρχικά εφαρμόστηκαν πολύ απλά. Στην πορεία όμως αυτοματοποιήθηκαν πλήρως , κάνοντας έτσι την διαδικασία θρέψης και υδρολίπανσης του θερμοκηπίου μια από τις πιο σημαντικές διαδικασίες κατά την διάρκεια της παραγωγής .



3.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΕΦΑΛΩΝ ΥΔΡΟΛΙΠΑΝΣΗΣ

Η ανάγκη της ταυτόχρονης προσθήκης λιπασμάτων μαζί με το νερό της άρδευσης οδήγησε στην δημιουργία αρχικά ορισμένων απλών συσκευών για επιτευχθεί αυτός ο σκοπός . Τα συστήματα των κεφαλών υδρολίπανσης, όπως κατέληξαν να λέγονται , βασίζονται στην αρχή του venturi . Στην πορεία θα αναλυθούν οι διαφορές μορφές συστημάτων υδρολίπανσης ,ανάλογα με το τρόπο λειτουργίας τους.



Εικόνα 24: Σύστημα υδρολίπανσης

3.1.1 Με χρήση Λιπαντήρα

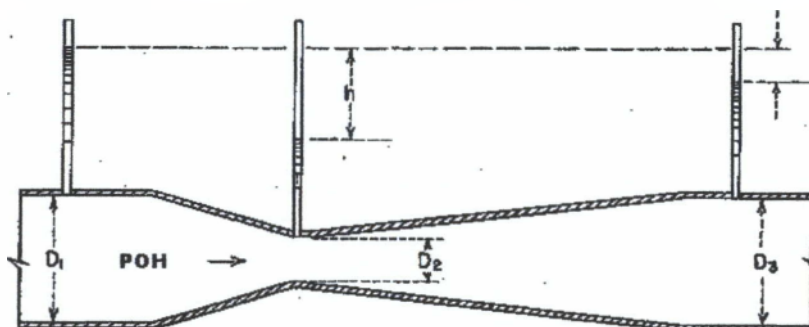
Μια από τις πρώτες μεθόδους η οποία δυστυχώς μέχρι σήμερα , εφαρμόζεται στην γεωργική παραγωγή σε σχέση με λίπανση στα θερμοκήπια είναι η χρήση λιπαντήρα . Ο λιπαντήρας αποτελείται από μια μεταλλική κατασκευή τύπου βαρελιού , μέσα στην οποία μπαίνει το λίπασμα που θέλουμε να δώσουμε στα φυτά . Το βαρέλι αυτό προσαρμόζεται μέσω ενός συστήματος σωληνώσεων (μπαιπιάς) στην κεντρική παροχή μας ανάμεσα στην αντλία και στα φυτά , όπου με την χρήση μιας βαλβίδας προσδοκούμε να ρυθμίσουμε την ποσότητα του νερού που θα περάσει μέσα από το βαρέλι .[19][16]



Εικόνα 25: Λιπαντήρας προσαρμοσμένος σε ειδικό τρέιλερ.

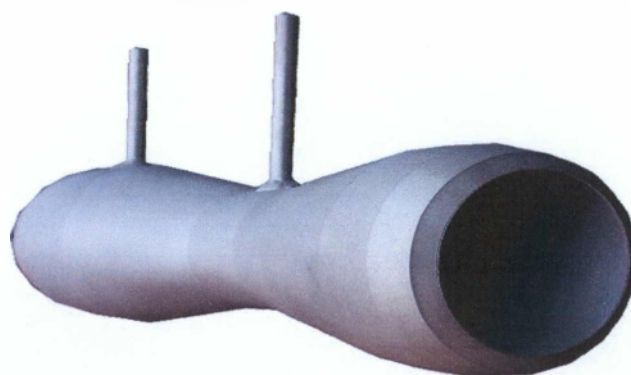
3.1.2 Με χρήση βεντούρι

Η χρήση του venturi βασίζεται στην κίνηση του νερού σε έναν αγωγό ο οποίος στενεύει σε κάποιο του σημείο . Βάση των φαινόμενων τις υδραυλικής της κίνησης του νερού , όταν μια ποσότητα νερού πηγαίνει με μια συγκεκριμένη ταχύτητα μέσα σε ένα σωλήνα ,ο οποίος σωλήνας σε κάποιο σημείο του στενεύει, τότε αν στο σημείο στένωσης διανοιχθεί μια οπή και προσαρμοστεί σωλήνας σε αυτή, τότε στο σημείο δημιουργείται το φαινόμενο της αναρρόφησης.



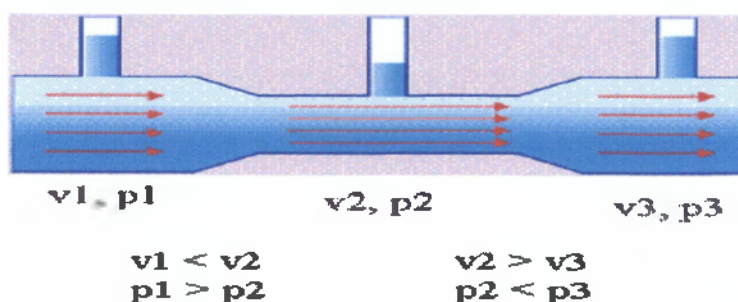
Εικόνα 26: Σχεδιάγραμμα μόνου βεντούρι

Αυτό συμβαίνει διότι η πίεση από την πλευρά της εισόδου ,σε σχέση με την πίεση της εξόδου είναι μεγαλύτερη , συνεπώς δημιουργείται το φαινόμενο της αναρρόφησης . Οπότε από την μια πλευρά του βεντούρι εφαρμόζουμε νερό με πίεση και από την άλλη άκρη αναρροφούμε. Στο σημείο αναρρόφησης συνδέεται το βαρέλι και από το βαρέλι αναρροφάται το λίπασμα. Αυτή είναι η βασική λειτουργία του βεντούρι . [21]



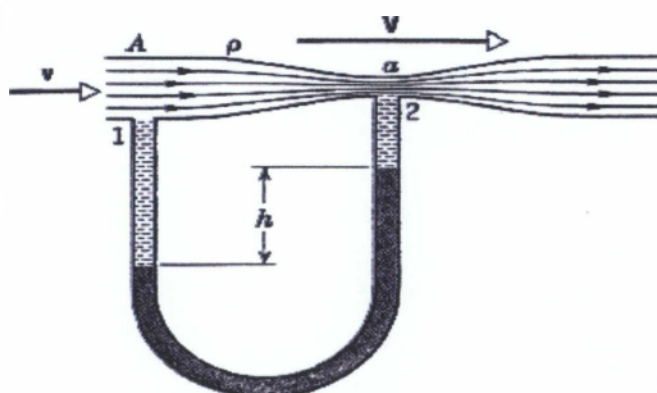
Εικόνα 27: Τρισδιάστατο σχεδιάγραμμα μόνου βεντούρι

Η ποσότητα του νερού που θα αναρροφηθεί εξαρτάται από την ταχύτητα του νερού εισόδου που εισέρχεται και από την στένωση που υπάρχει στον σωλήνα . Επειδή όμως οι παραγωγοί κατά καιρούς δεν χρησιμοποιούσαν μόνο ένα βαρέλι, γιατί δεν μπορούν να συνδυαστούν πολλά λιπάσματα όπως π.χ. ασβέστιο και θείο στο ίδιο βαρέλι , έπρεπε να υπάρχουν δυο βαρέλια ξεχωριστά .Για να υπάρξουν δυο βαρέλια έπρεπε να υπάρχουν δυο βεντούρι. Αυτό όμως δημιούργησε το έξης πρόβλημα. Καθώς τα βεντούρι, όσο πανομοιότυπα και να ήταν, λειτουργούσαν με διαφορετικά χαρακτηριστικά , δηλαδή αναρροφούσαν διαφορετική ποσότητα νερού και συνεπώς δημιουργούνταν ανισοκατανομή στα βαρέλια.



Εικόνα 28: Τρόπος λειτουργίας μονού βεντούρι

Αυτό ήταν λοιπόν το πρόβλημα της υδρολίπανσης με μονό βεντούρι. Αναγκαστήκαμε λοιπόν να μπούμε μετά από ορισμένες μετατροπές στην χρήση του πολυβεντούρι , το οποίο περιγράφουμε παρακάτω.[21]



Εικόνα 29: Τρόπος αναρρόφησης βεντούρι

3.1.3 Με χρήση πολυβεντούρι

Η εξέλιξη των κεφαλών υδρολίπανσης με το βεντούρι , οδήγησαν όπως προαναφέραμε στην χρήση του πολυβεντούρι . Το πολυβεντούρι έχει ξεκινήσει σαν μια πατέντα , από το γεωπονικό πανεπιστήμιο της Αθήνας από τον Καθηγητή κ. Νικολάο Συγριμή , ο οποίος πρώτος εφεύρε και πατένταρε το πολυβεντούρι .

Η βασική αρχή του πολυβεντούρι είναι η ίδια με εκείνη του μονού Βεντούρη , με την διαφορά ότι αντί να υπάρχει μια παροχή , υπάρχουν αρκετές παροχές αναρρόφησης . Για να μπορέσει όμως το πολυβεντούρι αν λειτουργεί συμμετρικά πρέπει οι έξοδοι αυτών των παροχών να έχουν κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά , δηλαδή θα πρέπει , το υγρό το οποίο αναρροφάται να είναι του ίδιου ειδικού βάρους για όλες τις παροχές . [21]



Εικόνα 30: Πολυβεντούρι

3.1.4 Με χρήση Δοσομετρικής

Με το σύστημα της δοσομετρικής αντλίας , εισάγεται μια ποσότητα πυκνού διαλύματος σε συγκεκριμένη αναλογία , που εμείς επιλεγούμε μέσω του δικτύου άρδευσης . Αν η παροχή του νερού μένει σταθερή τότε η αγωγιμότητα του διαλύματος τροφοδοσίας είναι σταθερή σε όλη την έκταση του δικτύου άρδευσης.



Εικόνα 31: Δοσομετρική αντλία

Το πρόβλημα σε αυτές τις περιπτώσεις είναι ,ότι οι δοσομετρικές αντλίες ή βαλβίδες έχουν το χαρακτηριστικό ότι αποτελούνται από πολλά κινητά μέρη. Για να επιτυγχάνεται ακριβώς η δοσομέτρηση θα πρέπει κατά συχνά χρονικά διαστήματα να ρυθμίζεται και να ελέγχεται η ακρίβεια της . Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ,εάν πολλές φορές δεν ρυθμιστεί η κάθε μια ξεχωριστά αλλά και η κάθε μια σε σχέση με τις άλλες που αποτελούν το όλο σύστημα του αυτοματισμού της θρέψης , να υπάρξει ανισοκατανομή των λιπασμάτων , και η τελική συνταγή θρέψης να μην είναι αυτή η οποία θεωρητικά έχει υπολογιστεί.



Εικόνα 32: Δοσομετρική αντλία

Γενικά οι δοσομετρικές αντλίες έχουν το αρνητικό ότι έχουν μεγάλο κόστος αγοράς , κάνοντας την απόκτηση τους σχεδόν απαγορευτική από αρκετούς παραγωγούς. Με τις δοσομετρικές αντλίες έχουμε την δυνατότητα να ρυθμίσουμε την δόση , την συχνότητα με την οποία αυτή η δόση εκχύνεται μέσα στο νερό άρδευσης. Ταυτόχρονα, ένα σύνολο δοσομετρικών σε μια πιο εξελιγμένη μορφή μπορούν με την χρήση υπολογιστή να αυτοματοποιηθούν ακόμα περισσότερο και να προχωρήσουμε ένα βήμα παραπάνω στην αυτοματοποίηση της θρέψης .[17][18][21]

3.2 ΤΡΟΠΟΙ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΘΡΕΨΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

Η ρύθμιση της θρέψης και γενικότερα της υδρολίπανσης στηρίζεται σε 3 βασικές παραμέτρους :

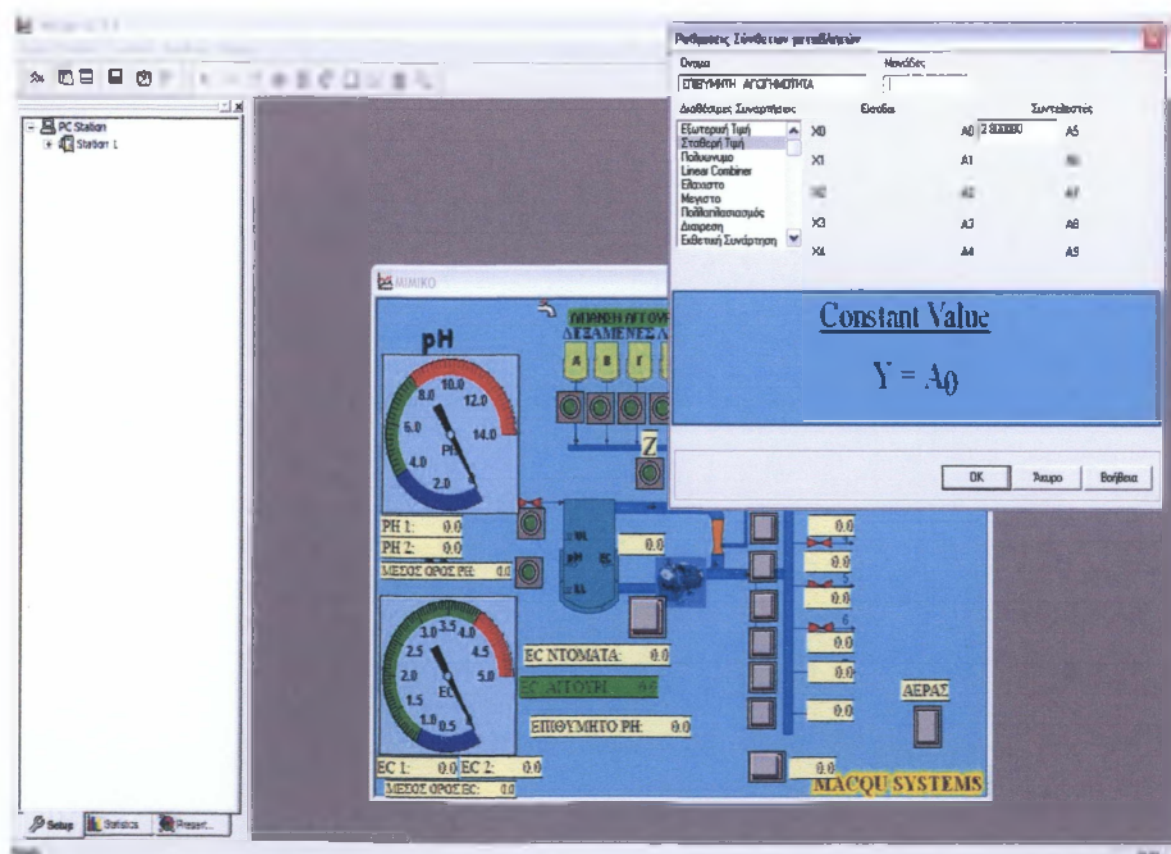
- α) Έλεγχος αγωγιμότητας (E.C.)
- β) Έλεγχος P.H.
- γ) Έλεγχος στοιχείων που απορροφούνται από το φυτό

Για να μπορέσουν και οι τρεις αυτοί παράμετροι να ελεγχθούν και να ρυθμιστούν είναι απαραίτητη η χρήση ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή με ειδικό λογισμικό , το οποίο θα μπορέσει να εκτελέσει αυτήν την διαδικασία. Αυτό γιατί η συγκεκριμένη διαδικασία δεν μπορεί να ρυθμιστεί με ανθρώπινο χέρι , ειδικά όταν μιλάμε για υδροπονικές καλλιέργειες , όπου η ρύθμιση αυτών των παραμέτρων πρέπει να γίνεται με τεραστία ακρίβεια . Η ακρίβεια αυτή επιτυγχάνεται με την χρήση υπολογιστών οι οποίοι διαθέτουν τους κατάλληλους αισθητήρες στους οποίους θα αναφερθούμε στην συνέχεια .

3.2.1 Ρύθμιση και έλεγχος αγωγιμότητας EC- Αισθητήρες

Η ρύθμιση της αγωγιμότητας , θεωρείται η πρωταρχική και βασική λειτουργία μιας κεφαλής υδρολίπανσης . Η ρύθμιση της αγωγιμότητας έχει να κάνει με το άθροισμα των ιόντων των στοιχείων οπου συνολικά υπάρχουν στο θρεπτικό διάλυμα κατά την διάρκεια μιας άρδευσης .

Η ρύθμιση της αγωγιμότητας επιτυγχάνεται με την χρήση αισθητηρίων , οπου ο βασικός τρόπος λειτουργίας τους έγκειται στην διαφορά δυναμικού που δημιουργείται από τη παρουσία των διαφορών ιόντων μέσα στο διάλυμα τροφοδοσίας . Δηλαδή όταν έχουμε πολλά ιόντα μέσα σε ένα διάλυμα τροφοδοσίας η διαφορά δυναμικού είναι μεγάλη. Όταν έχουμε πιο πολύ νερό και λίγα ιόντα (λίγα λιπάσματα) η διαφορά δυναμικού είναι μικρή. Αυτό σημαίνει πολλά λιπάσματα μεγάλη αγωγιμότητα , λίγα λιπάσματα μικρή αγωγιμότητα .[21]



Εικόνα 33: Screen shot από το πρόγραμμα Macqu v.2.3.1 για τη ρύθμιση και τον έλεγχο της αγωγιμότητας (EC).

Αυτή είναι η βασική αρχή λειτουργίας αισθητηρίων της αγωγιμότητας. Το αισθητήριο δίνει στην κεφαλή υδρολίπανσης μια τιμή, μια τάση. Αυτή η τάση μέσω ενός πολυωνύμου μετατρέπεται σε αγωγιμότητα , η αγωγιμότητα ανάγεται στους 25 βαθμούς Κελσίου και προκύπτει η τελική , ρυθμισμένη και διορθωμένη, όπως είθισται να λέγεται, ηλεκτρική αγωγιμότητα του διαλύματος τροφοδοσίας .



Εικόνα 34: Αγωγιμόμετρο

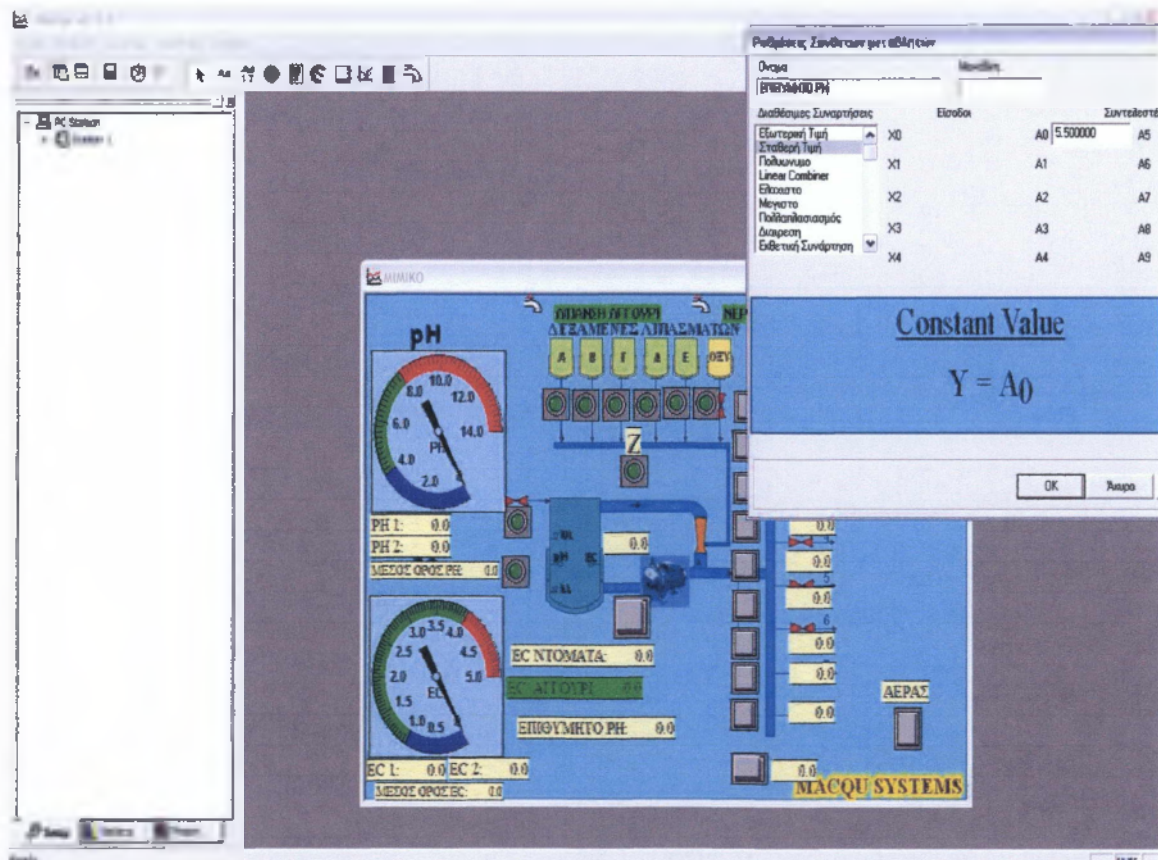
Είναι βασικό να ελέγχεται η αγωγιμότητα γιατί είναι το χαρακτηριστικό σημείο που μας υποδηλώνει εάν το φυτό μας παίρνει την απαραίτητη ποσότητα τροφής – λιπασμάτων για την ανάπτυξη του .

Ταυτόχρονα η ρύθμιση της αγωγιμότητας ειδικά σε υδροπονικές καλλιέργειες και ο έλεγχος της αγωγιμότητας της απορροής , μας υποδηλώνει εάν η άρδευση μας γίνεται σωστά , εάν υπάρχει πρόβλημα στην λειτουργία της ρίζας ή εάν οι συνθήκες οι κλιματολογικές ή του υποστρώματος δεν επιτρέπουν την σωστή απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων από την ρίζα .

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι ο έλεγχος και η ρύθμιση της αγωγιμότητας ειδικά στα κλειστά συστήματα υδροπονίας , αποτελεί το βασικό σημείο ελέγχου σωστής λειτουργίας ενός κλειστού συστήματος κλειστού βρόγχου .

3.2.2 Ρύθμιση PH- Αισθητήρες

Η δεύτερη παράμετρος έλεγχου της υδρολίπανσης , είναι ο έλεγχος και η ρύθμιση της οξύτητας , δηλαδή ο έλεγχος και η ρύθμιση του PH . Ο έλεγχος και γίνεται με την χρήση ηλεκτροδίων που λέγονται πεχάμετρα . Η βασική λειτουργία ενός πεχαμέτρου έγκειται στην αντίδραση μεταξύ του υπό μέτρηση διαλύματος και του ρυθμιστικού διαλύματος που βρίσκεται μέσα στο πεχάμετρο .



Εικόνα 35: Screen shot από το πρόγραμμα Macqu v.2.3.1 για τη ρύθμιση του PH

Αυτό ελέγχεται από την ποσότητα του οξέος ή από τη χρονική στιγμή εισαγωγής του οξέος στο διάλυμα τροφοδοσίας . Ρίχνοντας παραπάνω οξύ ο αισθητήρας διαβάζει ότι το PH πέφτει. Αυτή η πληροφορία αποστέλλεται στο λογισμικό του υπολογιστή , με αποτέλεσμα να γίνεται η αντίστοιχη ρύθμιση (feedback).



Εικόνα 36: Πεχάμετρο εδάφους

Η ρύθμιση του PH γίνεται συνεχώς διαβάζοντας την πληροφορία του αισθητήριου και ρυθμίζοντας το ποσοστό οξέος που θα πέσει στο διάλυμα τροφοδοσίας . Το οξύ όπως και όλα τα αλάδια διαλύματα , ελέγχονται από μια βαλβίδα η οποία ρυθμίζει την ποσότητα του οξέος ή του λιπάσματος θα πέσει . [21]

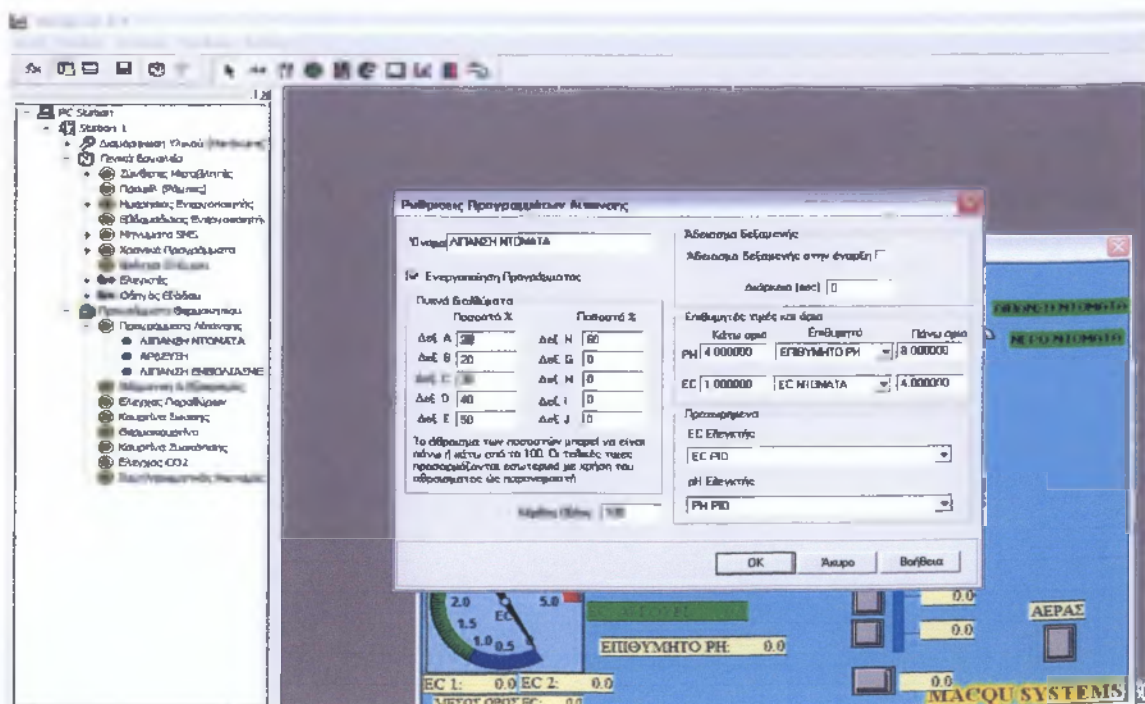


Εικόνα 37: Φορητό πεχάμετρο εργαστηριού

3.2.3 Ρύθμιση Αναλογιών λιπασμάτων

Η τελευταία παράμετρος στην υδρολίπανση είναι τα ποσοστά ιόντων από το κάθε λίπασμα που θα πέσουν στο φυτό . Αναφέραμε και παραπάνω ότι η ρίψη των λιπασμάτων στο διάλυμα τροφοδοσίας , γίνεται με την χρήση βεντούρι ή με κάποια άλλη μέθοδο . Το πόσο λίπασμα και τι λίπασμα θα πέσει από κάθε βαρέλι , ρυθμίζεται μέσω του λογισμικού του υπολογιστή , ο οποίος ελέγχει τις βαλβίδες του κάθε βαρελιού όπου βρίσκονται τα λιπάσματα .

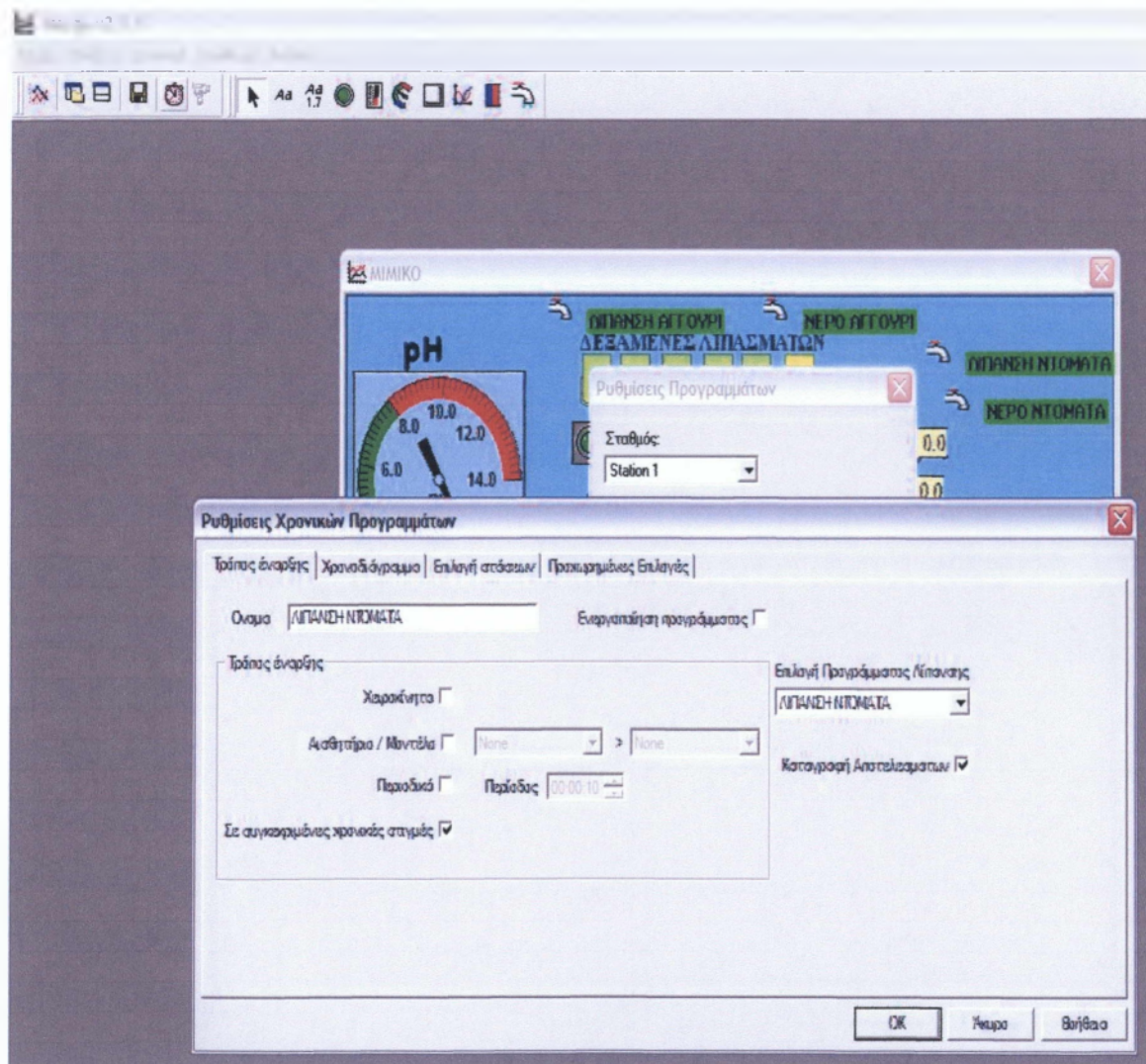
Μέσα από το λογισμικό του υπολογιστή , εισάγουμε το ποσοστό με το οποίο θέλουμε να δουλεύσει η βαλβίδα. Ο συνδυασμός του ποσοστού αυτού συνδυαζόμενος με την επιθυμητή αγωγιμότητα οδηγεί σαν έξοδο στο πόσο λίπασμα ακριβώς θα πέσει . Για παράδειγμα ζητάμε αγωγιμότητα 3000 mS . Από το βαρέλι Α θα πάρεις 50%, από το Β βαρέλι 20% και από το Γ βαρέλι 30% . Ο υπολογιστής λαμβάνοντας υπόψη του τα ποσοστά θα δώσει εντολή να αναρροφηθεί από το κάθε βαρέλι η ποσότητα που χρειάζεται , στις αναλογίες που του έχουμε δώσει , για να επιτύχει την αγωγιμότητα 3000mS που του έχουμε δώσει ως επιθυμητή . [21][16]



Εικόνα 38: Screen shot από το πρόγραμμα Macqui v.2.3.1 για τη ρύθμιση του προγράμματος λίπανσης

3.2.4 Ρύθμιση συχνότητας και διάρκειας άρδευσης

Εξηγήσαμε πρωτότερα το κομμάτι της λίπανσης. Λίπανση όμως χωρίς νερό δεν υφίσταται . Η συχνότητα και η διάρκεια της άρδευσης διαδραματίζει πρωταρχικό ρολό σε μια ολοκληρωμένη υδρολίπανση . Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι , ειδικά σε υδροπονικές καλλιέργειες για να ελέγχουμε την συχνότητα και την διάρκεια της άρδευσης .



Εικόνα 39: Screen shot από το πρόγραμμα Macqui v.2.3.1 για τη ρύθμιση συχνότητας και διάρκειας άρδευσης

Υπάρχει η δυνατότητα μέσω του λογισμικού του υπολογιστή να επιλέξουμε άρδευση σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα . Δηλαδή π.χ. «θέλω έναρξη ποτίσματος στις 8 ,στις 9 ,και στις 10 για 1 ώρα» .Υπάρχει η δυνατότητα να επλεχθεί περιοδική λειτουργία της άρδευσης , «δηλαδή από τις 8 π.μ , μέχρι στις 10 μ.μ θα ποτίζεις για 30 λεπτά». Επίσης υπάρχει δυνατότητα χρήσης αισθητήριου για τον έλεγχο τις συχνότητας και της διάρκειας της άρδευσης .



Εικόνα 40: Screen shot από το πρόγραμμα Macqui v.2.3.1 για τη ρύθμιση συχνότητας και διάρκειας άρδευσης

Τα αισθητήρια που μπορούν να χρησιμοποιούν είναι ο ήλιος ,για παράδειγμα υπάρχει ένα λουξόμετρο, ένα αισθητήριο ηλιοφάνειας δηλαδή , το οποίο μετρά τον ήλιο , και όσο περισσότερο ήλιο έχουμε , τόσο πιο συχνά γίνονται τα ποτίσματα. Αυτό γιατί περισσότερος ήλιος σημαίνει μεγαλύτερη εξατμισοδιαπνοή, άρα οι ανάγκες του φυτού σε νερό είναι μεγάλες .

Ο υπολογιστής παίρνει λοιπόν τα δεδομένα από το αισθητήριο της ηλιοφάνειας και μέσω μιας διαδικασίας προγραμματισμού , ποτίζει αντίστοιχα. Υπάρχει, επίσης, το αισθητήριο το όποιο μετρά το ποσοστό της υγρασίας μέσα στο χώμα ή μέσα στο υπόστρωμα της υδροπονίας . Βλέπουμε λοιπόν πως όταν το νερό μέσα σε ένα υπόστρωμα υδροπονίας , πέσει κάτω από μια συγκεκριμένη στάθμη τότε άμεσος δίνεται εντολή από τον υπολογιστή να ξεκινήσει η άρδευση. Θα σταματήσει όταν το νερό επανέλθει στα επιθήματα επίπεδα .

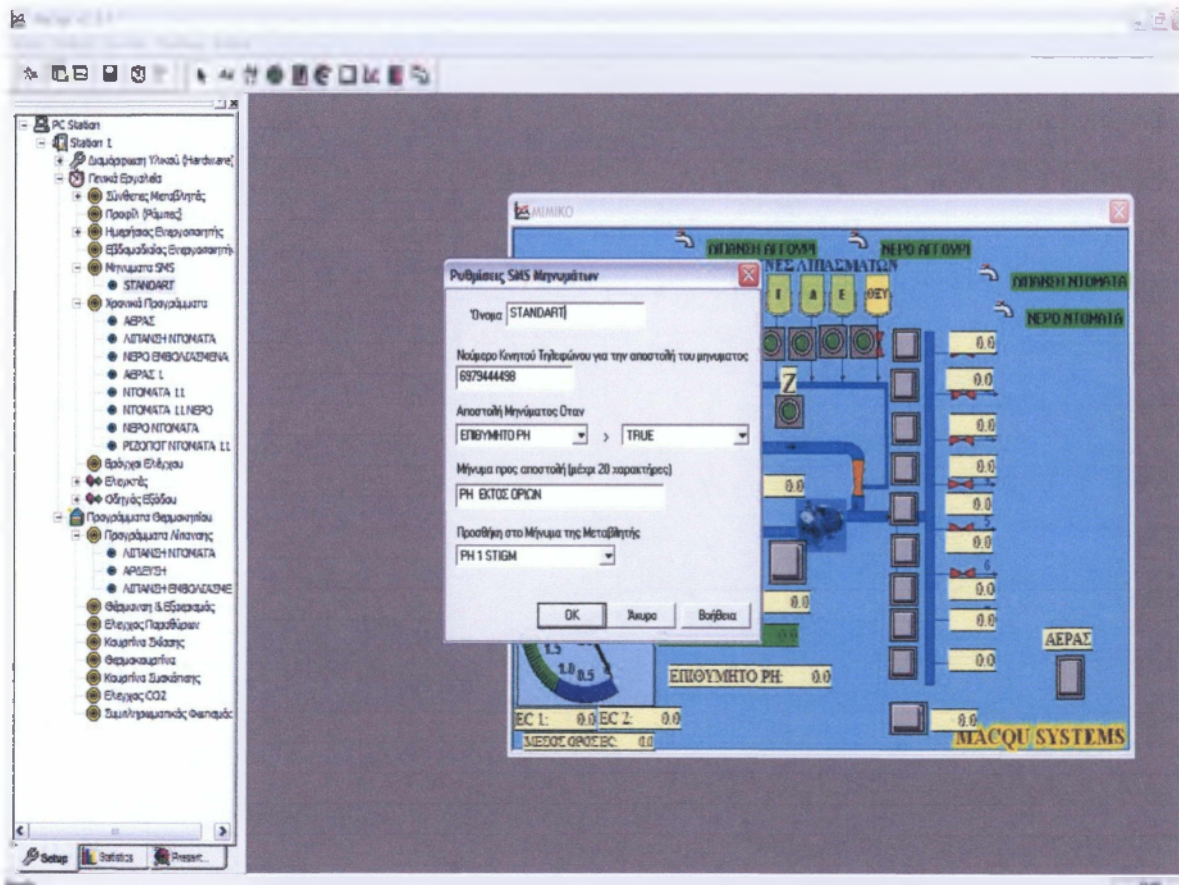


Εικόνα 41: Screen shot από το πρόγραμμα Macqui v.2.3.1 για ρύθμιση ηλεκτροβανών

Η διάρκεια της άρδευσης εξαρτάται και από την ηλικία του φυτού. Βάζοντας εμείς σαν παραμέτρους ,μέσα στο λογισμικό του υπολογιστή, την ηλικία του φυτού τον δείκτη φυλλικής επιφάνειας ,την θερμοκρασία του περιβάλλοντος και την υγρασία , ο υπολογιστής μετρώντας το VPD (εξατμισοδιαπνοή) του φυτού , μπορεί να υπολογίσει της απαιτήσεις του φυτού σε νερό , οπότε εφαρμόζει το αντίστοιχο πρόγραμμα άρδευσης. Η άρδευση του φυτού μπορεί επίσης να γίνει με χρήση και άλλων αισθητήριων , τα οποία ελέγχουν το ποσοστό νερού , στο έδαφος ή στο υπόστρωμα .[21]

3.2.5 Απομακρυσμένη Διαχείριση - Συναγερμοί

Μια από τις βασικές δυνατότητες των κεφαλών υδρολίπανσης είναι η χρήση συστημάτων απομακρυσμένης διαχείρισης . Επειδή πλέον η παραγωγή και η καλλιεργήσιμες εκτάσεις έχουν μεγαλώσει , οι παραγωγοί δεν μπορούν να βρίσκονται ανά πάσα στιγμή στο χώρο του θερμοκηπίου .



Εικόνα 42: Screen shot από το πρόγραμμα Macqu v.2.3.1 για αποστολή sms

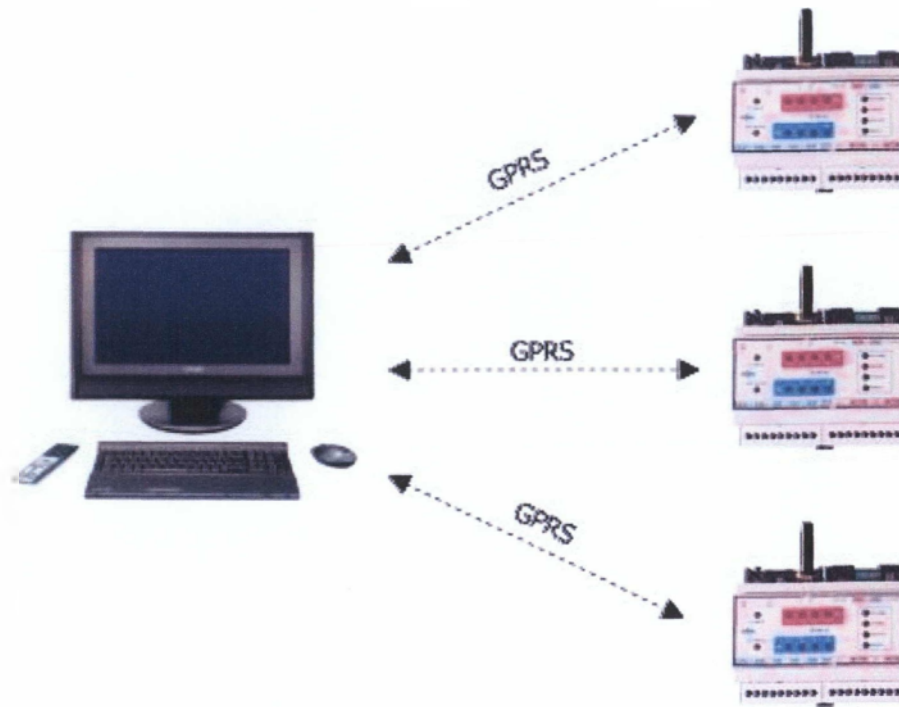
Ταυτόχρονα, κυρίως στις υδροπονικές καλλιέργειες , όπου η ακρίβεια των μετρήσεων και της λίπανσης είναι τεράστια , η διαφοροποίηση ή η εκτός ορίων λειτουργία κάποιων αισθητηρίων , ή και το πότισμα εκτός ορίων , δημιουργεί τεραστία προβλήματα. Ως εκ τούτου, η απομακρυσμένη διαχείριση, η δυνατότητα δηλαδή του παραγωγού από μακριά να μπορεί να βλέπει την εικόνα του θερμοκηπίου του , τις παραμέτρους άρδευση , λίπανση και ελέγχου του κλίματος ανά πασά στιγμή με ταυτόχρονη αποστολή μηνυμάτων συναγερμού , κρίνεται κάτι περισσότερο από αναγκαία.

Τα εξελιγμένα συστήματα υδρολίπανσης διαθέτουν αυτήν την δυνατότητα, αφού στέλνουν στον παραγωγό οποιαδήποτε πληροφορία που είναι απαραίτητη για τον έλεγχο της καλλιέργειας . Εάν για παράδειγμα η αγωγιμότητα του διαλύματος τροφοδοσίας ξεπεράσει κάποια προκαθορισμένα όρια , ο παραγωγός με την χρήση είτε sms είτε δορυφορικών συστημάτων , γίνεται δέκτης της πληροφορίας του σφάλματος στο θερμοκήπιο του.



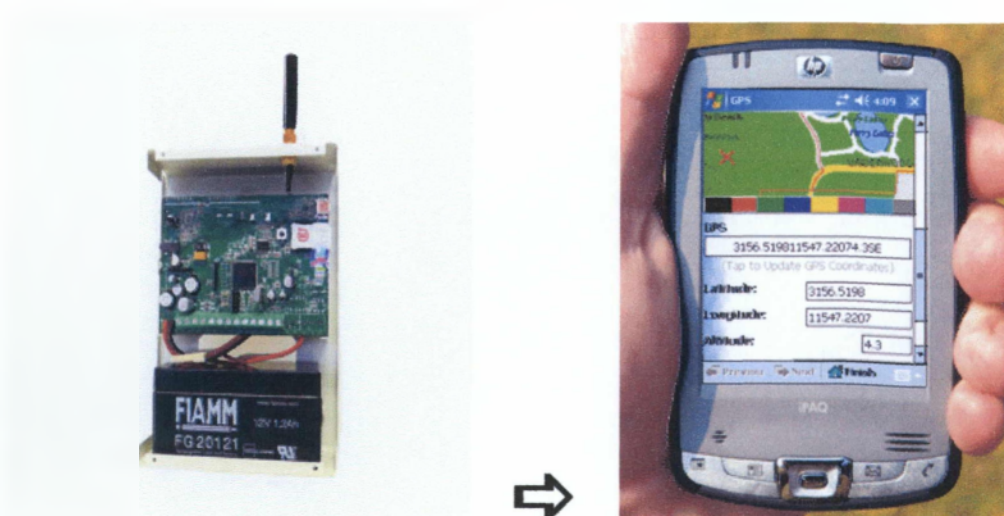
Εικόνα 43: Σύστημα απομακρυσμένης διαχειρίσεις μέσω SMS

Με την χρήση ενός φορητού ηλεκτρονικού υπολογιστή, συνδεδεμένος με το θερμοκήπιο του μπορεί να διορθώσει τυχόν πρόβλημα , είτε να μπορέσει να γίνει γνώστης του προβλήματος και επιτόπου πηγαίνοντας στο χώρο , να το λύσει. Η απομακρυσμένη διαχείριση εκτός των παραπάνω δίνει την δυνατότητα στον παραγωγό , ανά πασα στιγμή να μπορεί να δει την εικόνα του θερμοκηπίου του . Οι διάφοροι αισθητήρες που μπορούν να μπουν μέσα στο θερμοκήπιο , διευκολύνουν αυτή την διαδικασία.



Εικόνα 44: Κέντρο ελέγχου ανάλυσης και αποστολής SMS

Για παράδειγμα, τοποθετούνται θερμομέτρα σε όλους τους χώρους του θερμοκηπίου , όπως επίσης αγωγιμόμετρα στις απορροές, ακόμα και μέσα στα slaps της υδροπονίας μπορούν να τοποθετηθούν ηλιόμετρα και κάμερες. Εάν αυτές συνδεθούν με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή κάποιας εταιρίας που ελέγχει την καλλιέργεια ή με την τον ίδιο τον παραγωγό, τότε αυτός έχει πλήρη εικόνα και είναι σε θέση να επιλύσει το πρόβλημά του.





Εικόνα 45: IP CAMERA ελέγχου σε θερμοκήπιο

Τέλος, η όλη αυτή διαδικασία ,μπορεί να συνδεθεί και με κάποιο μετεωρολογικό κέντρο πληροφοριών. Διαβάζοντας τις προγνώσεις , το σύστημα μπορεί να προβλέπει την διάρκεια του ποτίσματος ,το κλείσιμο και το άνοιγμα των παραθύρων , την λειτουργία ή όχι του καυστήρα και την λειτουργία ή όχι των συστημάτων δροσισμού που υπάρχουν σε ένα σύγχρονο θερμοκήπιο .[21][16]

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ –ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η καλλιέργειες στις μέρες μας έχουν εξελιχτεί σημαντικά .Η καλλιεργητική παραγωγή έχει περάσει δυναμικά πλέον από την υπαίθρια καλλιέργεια στην καλλιέργεια φυτών υπό κάλυψη, δηλαδή στο θερμοκήπιο. Η εξελίξει αυτή, αν και καθυστερημένα είχε αντίκτυπο και στην χωρά μας . Σταδιακά αναπτύχθηκαν οι πρώτες θερμοκηπιακές μονάδες και στην χωρά μας . Ήδη πολλές από αυτές λειτουργούν με επιτυχία στην βόρειο και στερεά Ελλάδα, στην Κρήτη και στην βορειοδυτική και κεντρική Πελοπόννησο .

Στην παρούσα εργασία περιγράφονται και αναλύονται πάλαια, αλλά κυρίως σύγχρονα, συστήματα άρδευσης και λίπανσης τα οποία προσφέρουν την δυνατότητα καλύτερης διαχείρισης και ποιότητας του νερού και των λιπασμάτων . Τα αρδευτικά και λιπαντικά μέσα που έχει πλέον ο παράγωγος στο περιβάλλον του θερμοκηπίου είναι πλέον αρκετά και του εξασφαλίζουν μια σειρά από πλεονεκτήματα :

- Ακριβής έλεγχος
- Απομακρυσμένη διαχείριση
- Άμεση και δυναμική παρέμβαση
- Βελτιστοποίηση ποιότητας και ποσότητας παράγωγης
- Εξοικονόμηση χρόνου και χρήματος

Μεγάλη βαρύτητα έχει δοθεί, πλέον, στην διαχείριση του νερού, η οποία όπως διαπιστώνουμε μπορεί να εξασφαλιστεί με τις κεφαλές άρδευσης και με τις συσκευές ποιοτικής βελτίωσης του νερού άρδευσης, σε συνδυασμό με τον ακριβή έλεγχο θρέψης (λίπανση) που επιτυγχάνεται με τις κεφαλές υδρολίπανσης . Επίσης, συμπεραίνουμε ότι η ανάγκη αυτοματοποίησης των καλλιεργειών με χαμηλό κόστος οδήγησε στην ταυτόχρονη διεξαγωγή άρδευσης και λίπανσης.

Η υδρολίπανση, όπως ονομαστικέ, ήταν μια επαναστατική μέθοδος η οποία όχι μονό επιτάχυνε την διαδικασία λίπανσης, αλλά σε συνάρτηση με την αυτοματοποίηση της άρδευσης μείωσε και το κόστος της συνολικής παράγωγης .

Η υδρολίπανση πρωτοεφαρμόστηκε με έναν απλό τρόπο ανάμειξης του αρδευτικού νερού και του λιπάσματος. Η συσκευή που εκτελούσε την διαδικασία αυτήν ονομαστικέ λιπαντήρας . Ευτυχώς, η εξέλιξη έφερε στον σύγχρονο παράγωγο νέες συσκευές όπως το βεντούρι και το πολυβεντούρι, τελευταία λέξη της τεχνολογίας στον χώρο της υδρολίπανσης.

Η νέα τεχνολογία δεν έχει μόνο πλεονεκτήματα. Η εξασφάλιση των παραπάνω απαιτεί δαπάνη χρηματικών κεφαλαίων και τεχνογνωσία των παραγωγικών συστημάτων , την οποία δυστυχώς οι έλληνες παραγωγοί στην πλειονότητά τους δεν διαθέτουν . Έτσι, λοιπόν, κάθε παραγωγός πρέπει να υπολογίσει πριν προβεί σε αγορά μηχανημάτων, την απόσβεση των δαπανών , που πρέπει να είναι σύντομη, ώστε ο παράγωγος να έχει σύντομα καθαρά κέρδη. Και φυσικά οφείλει να ενημερωθεί προσεκτικά για τα μηχανήματα που αγοράζει καθώς και τον τρόπο λειτουργίας τους. Έτσι, λοιπόν, με την καθοδήγηση ειδικευμένου και εμπειρού γεωπόνου και με ίδια κρίση, πρέπει να αποφασιστεί το κόστος της επενδύσεως για οποιαδήποτε ενεργεία.

Ένα βασικό κομμάτι στο πάζλ της σύγχρονης γεωργίας που είναι συνυφασμένο με την υδρολίπανση στα θερμοκήπια είναι η υδροπονικές καλλιέργειες. Με την ευρεία έννοια του όρου, υδροπονία ή ανέδαφος καλλιέργεια είναι η χρήση οποιασδήποτε μεθόδου καλλιέργειας φυτών που δεν έχει σχέση με το φυσικό έδαφος ή με ειδικά μίγματα εδάφους. Αναφέρεται μερικές φορές και ως χημική καλλιέργεια, τεχνητή καλλιέργεια, ανέδαφος γεωργία και υδροκαλλιέργεια. Ο πιο γνωστός όμως και διαδεδομένος όρος, διεθνώς, είναι η ελληνική λέξη υδροπονία. Με τη μέθοδο της υδροπονίας τα φυτά καλλιεργούνται είτε πάνω σε αδρανή υποστρώματα στα οποία προστίθεται θρεπτικό διάλυμα ή σε σκέτο θρεπτικό διάλυμα. Γενικά για τη σωστή ανάπτυξη των φυτών είναι απαραίτητο στη ρίζα τους να υπάρχει άφθονο οξυγόνο και ταυτόχρονα άφθονο νερό που θα περιέχει, διαλυμένα, τα απαραίτητα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία στη σωστή τους αναλογία.

Στη συμβατική καλλιέργεια εδάφους, είναι δύσκολο να επιτευχθεί ο συνδυασμός αυτός. Στο φυσικό έδαφος όσο περισσότερο νερό υπάρχει τόσο λιγότερο οξυγόνο μένει και αντίθετα, με αποτέλεσμα τότε το ένα και τότε το άλλο να βρίσκεται σε έλλειψη. Στο έδαφος επίσης σημαντικό είναι και το πρόβλημα της διαθεσιμότητας των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων για τη ρίζα του φυτού.

Μπορεί να προστίθενται ανόργανα θρεπτικά στοιχεία στο έδαφος, αλλά αυτά δεν είναι πάντα αμέσως διαθέσιμα στη ρίζα, γιατί δεσμεύονται από τα συστατικά του εδάφους ή δύσκολα μετακινούνται στην περιοχή της ρίζας .

Με τις υδροπονικές καλλιέργειες τα προβλήματα αυτά λύνονται ρυθμίζοντας την τροφοδοσία του θρεπτικού διαλύματος και τη χρησιμοποίηση (σε όσες περιπτώσεις χρησιμοποιείται στερεό υπόστρωμα) υλικών με πολύ υψηλό πορώδες και χημικά αδρανών. Σήμερα η υδροπονική καλλιέργεια είναι μια διαρκώς επεκτεινόμενη δραστηριότητα, διότι με τη βελτιστοποίηση του περιβάλλοντος της ρίζας που επιτυγχάνει αυξάνονται οι αποδόσεις των φυτών και βελτιώνεται η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Εκτός αυτών όμως παρέχει τη δυνατότητα να καλλιεργηθούν φυτά σε περιοχές με πολύ κακής ποιότητας εδάφη (πολύ αλατούχα, πολύ συνεκτικά κλπ.) ή σε θέσεις χωρίς καθόλου φυσικό έδαφος.

Η συνεχής χρήση του εδάφους σε εντατική μορφή και με το ίδιο είδος φυτού, όπως συμβαίνει στα θερμοκήπια, αλλά και πολλές φορές στις υπαίθριες καλλιέργειες, δημιούργησε παθογενείς καταστάσεις και έλλειψη των περισσότερων από τα αναγκαία θρεπτικά στοιχεία. Αυτό οδήγησε στην ανάγκη για καθιέρωση των δαπανηρών και επιβλαβών για το περιβάλλον απολυμάνσεων του εδάφους, αλλά και στη χρήση συστημάτων πλήρους τροφοδοσίας θρεπτικών στοιχείων και ρύθμισης της οξύτητας των συστημάτων υδρολίπανσης. Ταυτόχρονα, η συνεχώς αυξανόμενη απαίτηση της αγοράς για παραγωγή ποιοτικών προϊόντων επέφεραν αύξηση του κόστους παραγωγής και βαθμιαία μείωση του κέρδους για τον παραγωγό. Ως εκ τούτου, κρίνεται επιτακτική η εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών και καλλιεργητικών μεθόδων, που αποσκοπούν στην παραγωγή ποιοτικών προϊόντων, στην ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Η χρήση της υδροπονικής καλλιέργειας των φυτών σε θερμοκήπια, είναι δυνατόν να οδηγήσει στην επίτευξη των παραπάνω στόχων. Για παράδειγμα στην Ολλανδία, όπου η υδροπονία αποτελεί τον πλέον διαδεδομένο τρόπο καλλιέργειας φυτών υπό κάλυψη, η παραγωγή τομάτας υπερβαίνει τους 60 τόνους ανά στρέμμα. Στην Ελλάδα, με την παραδοσιακή μέθοδο καλλιέργειας τομάτας, η απόδοση των 20 τόνων ανά στρέμμα θεωρείται επιτυχημένη. Συγχρόνως, με την υδροπονία αυξάνεται και η αποδοτικότητα της χρήσης του νερού. Από 12-15 κιλά τομάτας ανά κ.μ. νερού με τον παραδοσιακό τρόπο, με την υδροπονία η απόδοση μπορεί να ανέλθει στα 60-70 κιλά, κάτι σημαντικό για την εξοικονόμηση νερού .

Επιπλέον, με την εφαρμογή της υδροπονικής καλλιέργειας των φυτών σε ένα πλήρως αυτοματοποιημένο θερμοκήπιο, είναι δυνατή η ολοκληρωμένη διαχείριση του συστήματος παραγωγής θερμοκήπιο – κλίμα - καλλιέργεια, για παραγωγή πιστοποιημένων προϊόντων.

Για τη διάδοση της υδροπονίας στην Ελλάδα είναι απαραίτητη η διάχυση της τεχνογνωσίας και η ενημέρωση των παραγωγών για τα πλεονεκτήματα και τις οικονομικές προοπτικές και δυνατότητες της. Ο πλέον αποτελεσματικός τρόπος για να διασφαλισθούν τα ανωτέρω, είναι η εκπαίδευση. Χρόνια τώρα πολλές εταιρείες έχουν επενδύσει τεράστια κεφάλαια στην έρευνα και στον πειραματισμό σε υποστρώματα και συστήματα. Η έρευνα αυτή είχε σαν αποτέλεσμα μια μεγάλη ποικιλία υποστρωμάτων και συστημάτων.

Γενικά πρέπει να γνωρίζουμε ότι ισχύει το ρητό «τίποτε δεν κερδίζεται χωρίς κάποια αντίστοιχη ζημία». Η ευκολότερη και ασφαλέστερη για τα φυτά λύση είναι το ανοικτό σύστημα με πλούσια υπεράρδευση. Αυτή η λύση βέβαια δημιουργεί υψηλό κόστος νερού, λιπασμάτων και περιβάλλοντος. Ο ρόλος της επιστήμης είναι να δώσει την «χρυσή τομή» στο πρόβλημα. Λαμβάνοντας υπόψη την κατάσταση της υδροπονίας στην χώρα και τις οικονομικές συνθήκες που έχουν διαμορφωθεί στην αγορά προτείνουμε:

- Όπου το νερό έχει υψηλή αλατότητα συνιστάται η χρήση ανοικτού συστήματος με ελεγχόμενη απόπλυση (10-50% ανάλογα με την ποιότητα του νερού).
- Όπου υπάρχει καλή ποιότητα νερού συνιστάται η ανακύκλωση με ελεγχόμενη υπεράρδευση (ανακυκλοφορία 30-60%) και ασυνεχή απόρριψη, φίλτρα, σκότος, χαμηλές θερμοκρασίες στο κύκλωμα ανακυκλοφορίας και καλό αερισμό του διαλύματος. Χρήση δεικτών (πχ άνω όριο αγωγιμότητας ανακυκλοφορίας, όρια ιόντων νατρίου, χλωρίου, όρια μικροβιακού πληθυσμού BOD κλπ) για την απόρριψη/ανανέωση του διαλύματος.

Αποτελεί γεγονός ότι το νερό δεν επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες των καλλιεργητών και τα επακόλουθα της έλλειψης αυτής είναι αλυσιδωτά και πολύ σημαντικά. Η βασικότερη συνέπεια της έλλειψης του νερού είναι η αύξηση της τιμής του παραγόμενου προϊόντος. Το θέμα είναι ότι με την παρούσα κατάσταση στον χώρο της φυτικής παραγωγής, ο παράγωγος θα αναγκαστεί είτε να αποχωρίσει από τον χώρο είτε να προσαρμοστεί στα νέα δεδομένα. Οι μεγάλες αλλαγές ποτέ δεν ήταν εύκολες για τον άνθρωπο σε οποιοδήποτε τομέα της δραστηριότητάς του. Δεν ήταν όμως και αδύνατες. Βασικό όχημα προς την κατεύθυνση αυτή, αποδεικνύεται η συνεχής και αδιάλειπτη ενημέρωσή του σε θέματα τεχνολογικής εξέλιξης στον τομέα της φυτικής παραγωγής. Ο καλά πληροφορημένος παραγωγός, έχει «οικοδομήσει» αντίληψη, διαθέτει συγκροτημένη άποψη, αλλά και το κριτήριο που θα τον κατευθύνει σε νέες, βελτιωμένες, μεθόδους καλλιέργειας, που εγγυώνται ανώτερη ποιότητα προϊόντος αλλά και μεγαλύτερη βιωσιμότητα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Ελληνική βιβλιογραφία:

- Ολύμπιος Χ.Μ. (2001). Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια
- Μαυρογιανόπουλος Γ.(1994). Θερμοκήπια
- Μαυρογιανόπουλος Γ.(2005). Υδροπονία.
- Λόντρα Π.(2002). Ειδικά θέματα υποστρωμάτων καλλιέργειας και εδαφολογίας.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία:

- Gieling Th.H., Reference Model of MACQU Project (Management and Control for Quality in greenhouse- CT: AIR3 - CT93- 1603)
- Gieling Th.H., E.A.van Os, P.Hamer and A.W.J. van Antwerpen. Reference Model of MACQU Project (Management and Control for Quality in greenhouse- CT: AIR3 - CT93- 1603); Chapter 2.
- Stanghellini C. Model the relationship of environmental conditions and nutrition with product quality: Final Report of MACQU Project (Management and Control for Quality in greenhouse- CT: AIR3 - CT93- 1603)

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
- <http://www.irrigation.org/>

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Ελληνική βιβλιογραφία:

- Τσαπκούνης Φάνης Α. (2004) Θρέψη, λίπανση των φυτών.
- Χουλιάρας Νίκος ,(2000) Λιπανση των κηπευτικων.
- Καραμπέτσος, Χ, Ιωάννης , σημειώσεις θρέψης ΤΕΙ Καλαμάτας.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία:

- Ansari, A.Q. and D.J.F. Bowling, 1972. Measurement of the trans-root electrical potential of plants grown in soil. *New Phytol.*, 71: 111-117.
- De Cormis, L., 1968. Contribution a l'étude de l'absorption du soufre par les plantes soumises a une atmosphère contenant du dioxyde de soufre. *Ann. Physiol. Vég.*, 10: 99-112.
- Spanner, D.C., 1975. Electroosmotic flow. In: Zimmermann, M.H. and J.A. Milburn (Eds). *Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, Vol. 1*, pp. 301-327. Springer Verlag, Berlin, New York.
- Tanner, W., 1980. On the possible role of ABA on phloem unloading. *Berichte der Deutschen Botanischen Gessellschaft.*, 93: 349-351.
- Van Egmond, F. and H. Breteler, 1972. Nitrate reductase activity and oxalate content of sugar-beet leaves. *Netherlands J. Agric. Sci.*, 20Q 193-198.

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία:

- <http://www.agr.state.nc.us/>
- <http://retirees.uwaterloo.ca/~jerry/orchids/nutri.html>

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Ελληνική βιβλιογραφία

- Μαυρογιανόπουλος Γ.(1994). Θερμοκήπια
- Μαυρογιανόπουλος Γ.(2005). Υδροπονία.
- Λόντρα Π.(2002). Ειδικά θέματα υποστρωμάτων καλλιέργειας και εδαφολογίας.
- Ολύμπιος Χ.Μ. (2001). Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Gieling Th.H., Reference Model of MACQU Project (Management and Control for Quality in greenhouse- CT: AIR3 - CT93- 1603)
- Gieling Th.H., E.A.van Os, P.Hamer and A.W.J. van Antwerpen. Reference Model of MACQU Project (Management and Control for Quality in greenhouse- CT: AIR3 - CT93- 1603); Chapter 2.
- Northeast Regional Agricultural Engineering Service. “Water and Nutrient Management for Greenhouses” NRAES-56
- Stanghellini C. Model the relationship of environmental conditions and nutrition with product quality: Final Report of MACQU Project (Management and Control for Quality in greenhouse- CT: AIR3 - CT93- 1603)

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

- <http://www.processinnovation.com>
- <http://www.lenntech.com>

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Μαυρογιαννόπουλος Γ.(1994). Θερμοκήπια
- [2] Μαυρογιαννόπουλος Γ.(2005). Υδροπονία.
- [3] Λόντρα Π.(2002). Ειδικά θέματα υποστρωμάτων καλλιέργειας και εδαφολογίας.
- [4] Ολύμπιος Χ.Μ. (2001). Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια
- [5] Gieling Th. H., G. van Straten, H.J.J. Janssen, A. J.P. van den Berge. “Control of water supply in closed growing systems in a greenhouse”. 1st IFAC Workshop on Control Applications and Ergonomics in Agriculture Athens Greece June 15-17, 1998 (in press).
- [6] Epstein, E., 1965. Mineral metabolism. In: Bonner, J. and J.E. Varner (Eds): Plant Biochemistry, pp. 438-466. Academic Press, London, Orlando.
- [7] Stanghellini C. Model the relationship of environmental conditions and nutrition with product quality: Final Report of MACQU Project (Management and Control for Quality in greenhouse- CT: AIR3 - CT93- 1603)
- [8] Forde, B.G. and D.T. Clarkson, 1999. Nitrate and ammonium nutrition of plants: Physiological and molecular Perspectives. Advances in Botanical Research, 30: 1-90.
- [9] Northeast Regional Agricultural Engineering Service. “Water and Nutrient Management for Greenhouses” NRAES-56
- [10] Vernooij, C.J.M. 1992. Op weg naar een schonere glastuinbouw (1): Het verbruik van water en meststoffen op praktijkbedrijven. LEI-DLO (Agricultural Economics Research Institute) publication 4- 131, The Hague, 64pp (in Dutch)
- [11] <http://knowledgepublications.com>
- [12] Τσαπικούνης Φάνης Α. (2004)Θρέψη, λίπανση των φυτών.
- [13] Χουλιάρης Νίκος ,(2000) Λίπανση των κηπευτικών.
- [14] Καραμπέτσος, Χ, Ιωάννης , σημειώσεις θρέψης ΤΕΙ Καλαμάτας.

- [15] De Cormis, L., 1968. Contribution a l'étude de l'absorption du soufre par les plantes soumises a une atmosphère contenant du dioxyde de soufre. *Ann. Physiol. Vég.*, 10: 99-112.
- [16] Spanner, D.C., 1975. Electroosmotic flow. In: Zimmermann, M.H. and J.A. Milburn (Eds). *Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, Vol. 1*, pp. 301-327. Springer Verlag, Berlin, New York.
- [17] Tanner, W., 1980. On the possible role of ABA on phloem unloading. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft.*, 93: 349-351.
- [18] Van Egmond, F. and H. Breteler, 1972. Nitrate reductase activity and oxalate content of sugar-beet leaves. *Netherlands J. Agric. Sci.*, 20Q 193-198.
- [19] Tanner, W., 1980. On the possible role of ABA on phloem unloading. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft.*, 93: 349-351.
- [20] Van Egmond, F. and H. Breteler, 1972. Nitrate reductase activity and oxalate content of sugar-beet leaves. *Netherlands J. Agric. Sci.*, 20Q 193-198.
- [21] Συνεντεύξεις με διοικητικά στελέχη της GEOMATIONS A.E. πάνω στο πρόγραμμα αρδευτικών κεφάλων **macqu**.