

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ

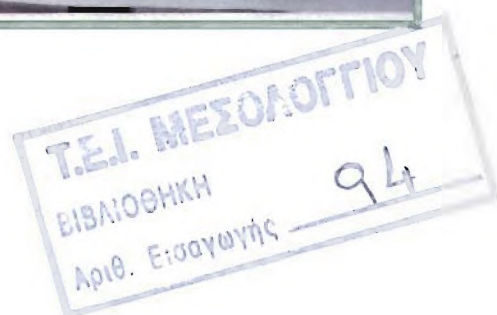
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ
ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ



ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ
ΜΑΙΟΣ 2006



ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ:
ΚΩΝΣΤΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ ΕΛΕΝΗ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΕΣ:
ΣΚΑΚΑ ΒΑΣΙΛΙΚΗ
ΡΕΣΤΕΜΗ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1^ο

Το Μαρούλι γενικά

- Καταγωγή – ιστορικό 2
- Θρεπτική αξία 3
- Βοτανικά χαρακτηριστικά 3
 - Φύλλα 3
 - Ανθικό στέλεχος 4
 - Καρπός 5
 - Ρίζα 5
- Καλλιεργητικές περιποιήσεις 5
- Άρδευση 5
- Η Θερμοκρασία στο θερμοκήπιο 6
- Συνθήκες ανάπτυξης 7
- Φως 8
- Ποικιλίες 10
- Εχθροί και ασθένειες 13

Κεφάλαιο 2^ο

Επίδραση νιτρικών στον ανθρώπινο οργανισμό

- Νιτρικά 17
- Επιπτώσεις των νιτρικών στη δημόσια υγεία 19
 - Μεθαιμογλουβιναιμία 19
 - Γαστρο-εντερικά νεοπλάσματα 20
- Ευεργετικές επιδράσεις των νιτρικών 20
- Συμπεράσματα 21

Κεφάλαιο 3^ο

Υδροπονία

- Γενικές έννοιες και ορισμοί 23
- Πλεονεκτήματα υδροπονικών καλλιέργειών 25
- Μειονεκτήματα υδροπονικών καλλιέργειών 28

Κεφάλαιο 4^ο

Εξοπλισμός – εγκατάσταση υδροπονικής καλλιέργειας

- Ποιες οι απαραίτητες προϋποθέσεις 33
- Το εξοπλισμός χρειάζεται 33
- Τι χρειάζεται για την προετοιμασία του θερμοκηπίου 34
- Πως υπολογίζουμε πόσα φυτά θα χρειαστούμε 35

• Για ποιο λόγο πρέπει να γίνει κάλυψη του εδάφους	35
• Υποστρώματα υδροπονικών καλλιεργειών	36
• Εγκατάσταση παροχής νερού	38
• Φίλτρα καθαρισμού νερού	38
• Δοχεία πυκνών διαλυμάτων	38
• Συστήματα αυτόματου ελέγχου	38
• Μονάδα αραίωσης πυκνών διαλυμάτων	42

Κεφάλαιο 5^ο

Πειραματικό μέρος

• Εισαγωγή	48
• Υλικά και μέθοδοι	49
• Αποτελέσματα – συζήτηση αποτελεσμάτων	61
• Συμπεράσματα	63

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΤΟ ΜΑΡΟΥΛΙ ΓΕΝΙΚΑ

❖ Καταγωγή- ιστορικό

Το καλλιεργούμενο μαρούλι, *Lactuca Sativa* L., είναι φυτό της οικογένειας *compositae*, είναι ποώδες, μονοετές και δικότυλο. Θεωρείται ότι κατά πάσα πιθανότητα προήλθε από ο άγριο μαρούλι *Lactuca serriola* ή *scariola* L, το οποίο συναντάται σαν ζιζάνιο σε πολλές περιοχές της Ευρώπης ή κατόπιν διασταυρώσεων με τα άγρια είδη *L. Saligna* και *L. Virosa*. Υπάρχουν πάνω από 100 είδη στο γένος *Lactuca*. Το μαρούλι ανήκει στην μεγαλύτερη βοτανική οικογένεια των φυτών, τα σύνθετα (*compositae*) και στην υποδιαίρεση *liguliflorae*, στην οποία τα ανθίδια έχουν χαρακτηριστικό σχήμα που μοιάζει σαν λουρί και στους βλαστούς και τα φύλλα σχηματίζεται ένας γαλακτώδης χυμός (*latex*). Συγγενικά είδη με το μαρούλι είναι το κιχώριο, το αντίδι, κ.α.

Ο χυμός του ήμερου μαρουλιού *Lactuca sativa* καθώς και των *Lactuca Virosa* και *L. Capitata*, είναι φαρμακευτικός, λαμβάνεται δε από τομές που γίνονται στον ανθοφόρο βλαστό του φυτού. Φαρμακευτικό είναι επίσης και το «θριδάκινον ύδωρ», το οποίο λαμβάνεται μετά από απόσταξη των φύλλων του μαρουλιού. Τέλος, με σύνθλιψη του ανθοφόρου βλαστού λαμβάνεται η «θριδακία», η οποία χρησιμοποιείται στην κατασκευή του φημισμένου σαπουνιού «*tridace*».

Σήμερα το μαρούλι έχει διαδοθεί και καλλιεργείται σχεδόν σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη και μήκη της υφελίου σαν ετήσιο λαχανικό. Στην Ελλάδα καλλιεργείται κυρίως σαν υπαίθρια καλλιέργεια σχεδόν καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου, αλλά κυρίως από νωρίς το φθινόπωρο μέχρι αργά την άνοιξη. Το καλοκαίρι η παραγωγή περιορίζεται σημαντικά λόγω των προβλημάτων που δημιουργούνται από τις υψηλές θερμοκρασίες και το μεγάλο μήκος ημέρας, πρόβλημα που γίνονται προσπάθειες να ξεπεραστεί με την επιλογή ποικιλιών ανθεκτικών στον πρώιμο σχηματισμό ανθικών στελεχών. Η ζήτηση μαρουλιού είναι πάρα πολύ μεγάλη και το καλοκαίρι. Εκτός από τις υπαίθριες καλλιέργειες τα τελευταία χρόνια καλλιεργείται μαρούλι και στα θερμοκήπια κατά την

διάρκεια του χειμώνα, γιατί η ανάπτυξη γίνεται πιο γρήγορα, παράγεται προϊόν πολύ καλής ποιότητας και εκτός από την καλλιέργεια στο έδαφος του θερμοκηπίου παρέχεται η δυνατότητα της ανάπτυξης των φυτών σε υδροπονικές καλλιέργειες και κυρίως στο NFT. Το μαρούλι καλλιεργείται σε όλες τις περιοχές της Ελλάδας, οι μεγαλύτερες όμως εκτάσεις συγκεντρώνονται γύρω από τα μεγάλα αστικά κέντρα όπου βρίσκονται οι περισσότεροι καταναλωτές.

❖ Θρεπτική αξία

Το μαρούλι τύπου cos ή romaine είναι το πιο θρεπτικό από τους κεφαλωτούς τύπους μαρουλιού, γιατί έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε βιταμίνες A και C. Το μαρούλι επίσης είναι μια καλή πηγή ασβεστίου και φωσφόρου.

❖ Βοτανικά χαρακτηριστικά

Το καλλιεργούμενο μαρούλι ή ήμερο είναι διπλοειδές και έχει 18 χρωμοσώματα ($2n=18$). υπό κανονικές συνθήκες είναι φυτό «μακράς ημέρας» που σημαίνει ότι δεν θα παράγει ανθικό στέλεχος και άνθη, εφόσον η διάρκεια της ημέρας δεν ξεπεράσει κατά πολύ τις 12 ώρες φωτός.

▪ **Φύλλα**

Τα φύλλα του είναι λεία, πλατειά, διαφόρου μεγέθους και σχήματος, ωοειδή, καρδιοειδή, επιμήκη, εμφανίζονται επί του κοντού βλαστού κατά σπειροειδή διάταξη, είναι ακέραια ή κυματοειδή ή ακανόνιστα οδοντωτά. Τα πρώτα φύλλα είναι σχεδόν επίπεδα, ενώ τα επόμενα φύλλα εμφανίζουν διαφόρου βαθμού κύρτωση, ανάλογα με τον τύπο και την ποικιλία και καλύπτει το ένα το άλλο σχηματίζοντας κεφάλι. Το χρώμα ανάλογα με τον τύπο και την ποικιλία,

κυμαίνεται από βαθύ πράσινο ή πρασινοκίτρινο ή με απόχρωση κοκκινωπή. Οι ποικιλίες που μπορούν να μεταχρωματίζονται σε κοκκινωπές όταν οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές περιέχουν τη χρωστική ουσία ανθοκυανίνη.

▪ **Ανθικό στέλεχος**

Κατά την εποχή της αναπαραγωγής σχηματίζεται ανθικό στέλεχος ύψους 60-120 εκ. όρθιο, λείο χωρίς άκανθες, διακλαδιζόμενο και πολύφυλλο.

Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα και φέρονται σε ταξιανθίες – κεφαλές γύρω από τον ανθοφόρο βλαστό σε διακλαδώσεις, υπό μορφή κορυμβόμορφου βότρυ ή φόβης και κάθε κεφαλή φέρει 15-25 άνθη. Τα άνθη είναι μικρά κίτρινα με στεφάνη που αποτελείται από 5 πέταλα ενωμένα μεταξύ τους, 5 στήμονες επίσης ενωμένους που σχηματίζουν σωλήνα γύρω από το στύλο, ο οποίος φέρει λεπτές τρίχες και καταλήγει σε δύλοβο στίγμα. Τα άνθη επί της ταξιανθίας ανοίγουν σχεδόν ταυτόχρονα και τα στίγματα είναι επιδεκτικά επικονίασης μόνο για μερικές ώρες το πρωί. Το μαρούλι αυτογονομοποιείται. Όταν το άνθος είναι ώριμο και έτοιμο να ανοίξει, ο στύλος μεγαλώνει, οι ανθήρες ανοίγουν και ελευθερώνουν τη γύρη η οποία πέφτει μέσα στον κώνο που σχηματίζουν και που βρίσκεται το στίγμα, με αποτέλεσμα να λάβει χώρα αυτοεπικονίαση μόλις ανοίξει το άνθος. Η σταυροεπικονίαση είναι δύσκολο να γίνει γιατί αφενός τα έντομα δεν ελκύνονται από τα άνθη του μαρουλιού αφετέρου λόγω της ιδιάζουσας κατασκευής και λειτουργίας του άνθους. Πολύ σπάνια και σε μικρό ποσοστό μπορεί να λάβει χώρα σταυροεπικονίαση στο μαρούλι. Η παραγωγή υβριδισμένου σπόρου στο μαρούλι δεν είναι εύκολη και γι αυτό δεν κυκλοφορούν πολλά υβρίδια στην αγορά. Οι δυσκολίες για παραγωγή σπόρου υβριδίων οφείλεται στην αυτογονιμοποίηση του μαρουλιού, στη δυσκολία τεχνικής επικονίασης λόγω της κατασκευής του άνθους και στη δυσκολία πρόκλησης αρρενοστεριότητας με χημικά ή γενετικά μέσα.

- ***Καρπός***

Ο καρπός (σπόρος) είναι άχαινιο, μικρός επιμήκης, χρώματος πρασινωπού ή λεκωπού ή γκριζωπού, λείος με 5-7 ραβδώσεις και φέρει πάππο από λεπτές λευκές τρίχες, το χαρακτηριστικό των συνθέτων. Παλαιότερα, από τα σπέρματα εξάγεται λάδι μόνο από συμπίεση, το οποίο χρησιμοποιείται για την διατροφή και για φωτιστικούς σκοπούς.

- ***Ρίζα***

Το μαρούλι σχηματίζει ρίζα πασσαλώδη, όμως με την διαδικασία της μίας ή περισσοτέρων μεταφυτεύσεων που ακολουθούνται, η κεντρική ρίζα του φυτού καταστρέφεται και αναπτύσσει θυссανώδες επιφανειακό ριζικό σύστημα.

- ❖ **καλλιεργητικές περιποιήσεις**

- ***Άρδευση***

Η απόφαση πότε θα εφαρμοστεί άρδευση και πόσο νερό θα δοθεί αποτελεί ένα από τα διαρκή προβλήματα της καλλιέργειας μαρουλιού. Το έδαφος θα πρέπει να θεωρηθεί σαν μια αποθήκη νερού από την οποία το φυτό απορροφά νερό, το οποίο αναπληρώνεται κατά καιρούς με την άρδευση.

Πριν την μεταφύτευση το έδαφος πρέπει να ποτιστεί και να φτάσει στο σημείο της υδατοϊκανότητάς του. Στη συνέχεια σε αμμώδη εδάφη η φύτευση μπορεί να γίνεται την επόμενη ημέρα, ενώ σε πιο βαριά εδάφη πιθανόν να χρειαστεί να περάσουν 3-4 ημέρες ώστε το επιφανειακό στρώμα να χάσει υγρασία. Μετά τη μεταφύτευση ακολουθεί πότισμα, κατά προτίμηση με καταιονισμό, ώστε το επιφανειακό στρώμα του εδάφους να φθάσει και πάλι στο σημείο υδατοϊκανότητάς του. Αυτό θα σημαίνει περιορισμένη άρδευση μερικών μόνο

λεπτών. Μετά τη μεταφύτευση το φυτό απορροφά νερό μόνο από τα επιφανειακά 3-4 εκ. έτσι, είναι σημαντικό το επιφανειακό στρώμα να διατηρείται υγρό. Εάν για οποιοδήποτε λόγο ξηραθεί το επιφανειακό γόνιμο έδαφος ή ο κύβος εδάφους ή η «μπάλα» υποστρώματος, τότε η ανάπτυξη του φυτού είναι προβληματική.

Το μαρούλι αναπτύσσει θυссανώδες επιφανειακό ριζικό σύστημα. Για το λόγο αυτό είναι προτιμότερο να ποτίζεται πολλές φορές και με λίγο νερό.

Όταν το φυτό πλησιάζει την περίοδο συγκομιδής, το ριζικό του σύστημα θα έχει αναπτυχθεί σε όλο τον επιφανειακό όγκο του εδάφους σε βάθος 20-30 εκ. το πότισμα στο μαρούλι καλό είναι να γίνεται με καταιονισμό από ψηλά, για να γίνεται ομοιόμορφη κατανομή του νερού. Η ύπαρξη του συστήματος καταιονισμού στο θερμοκήπιο μπορεί να εξυπηρετήσει και στην αύξηση της υγρασίας (μείωση διαπνοής) καθώς και στην μείωση της θερμοκρασίας στο χώρο του θερμοκηπίου. Αύξηση της υγρασίας στην ατμόσφαιρα όταν πλησιάζει η συγκομιδή μπορεί να βοηθήσει και στη μείωση της πιθανότητας εμφάνισης στα φύλλα και αποφυγής του φυσιολογικού καψίματος και του περιφερειακού εγκαύματος που προκαλούνται από υπερβολική ένταση της ακτινοβολίας και με χαμηλά επίπεδα ατμοσφαιρικής υγρασίας.

Πρέπει να γίνει κατανοητό ότι υπερβολική υγρασία δεν είναι επιθυμητή και μάλιστα κατά την εποχή που σχηματίζεται η κεφαλή γιατί μπορεί να οδηγήσει στο σχηματισμό χαλαρών κεφαλών, αντίθετα μεγάλες διακυμάνσεις της υγρασίας του εδάφους από ακανόνιστα ποτίσματα μπορεί να προκαλέσουν πίκραση των φύλλων.

▪ ***Η Θερμοκρασία στο θερμοκήπιο***

Το μαρούλι είναι φυτό ψυχρής εποχής και αναπτύσσεται ικανοποιητικά σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (αντέχει μέχρι -5°C). Οι άριστες θερμοκρασίες στο θερμοκήπιο τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και κατά την διάρκεια

της νύκτας ποικίλουν ανάλογα με τον τύπο του μαρουλιού και την ποικιλία, την ηλικία του φυτού και την εποχή.

Υψηλές θερμοκρασίες ευνοούν γρήγορη ανάπτυξη των φυτών και νωρίς το φθινόπωρο ενθαρρύνουν την παραγωγή αδύνατων λεπτών φυτών με μικρό βάρος. Όταν οι υψηλές θερμοκρασίες επικρατούν κατά την διάρκεια των πρώτων σταδίων ανάπτυξης των φυτών έχουν μικρότερη καταστρεπτική επίδραση παρά στην περίπτωση που τα φυτά είναι μεγαλύτερα.

Η θερμοκρασία πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο χαμηλή, και κοντά στο άριστο επίπεδο όταν τα φυτά πλησιάζουν την ωρίμανση, για να εξασφαλίζεται η καλύτερη δυνατή ποιότητα.

Υψηλές θερμοκρασίες νωρίς την άνοιξη, ακόμη και για σύντομο χρονικό διάστημα, πολύ συχνά προκαλούν κάψιμο του άκρου των φύλλων ή της περιφέρειας τους. Είναι γεγονός ότι η κίνηση του αέρα μεταξύ των φυτών είναι περιορισμένη όταν τα φυτά μεγαλώσουν. Για το λόγο αυτό, είναι ανάγκη να εξασφαλίζεται ικανοποιητικός εξαερισμός στα θερμοκήπια ώστε να εμποδίζεται αυτή η φυσιολογική ανωμαλία.

Γενικά συνιστάται, η θερμοκρασία κατά την διάρκεια της νύκτας να κυμαίνεται $5 - 7^{\circ}\text{C}$ πιο χαμηλά από την αντίστοιχη θερμοκρασία της ημέρας και η θερμοκρασία στο σπορείο όπου τα φυτά είναι μικρά να κυμαίνεται $2 - 3^{\circ}\text{C}$ πιο υψηλά από την θερμοκρασία στον κύριο χώρο ανάπτυξης όπου τα φυτά είναι μεγαλύτερα.

Για τα κεφαλωτά μαρούλια συνιστούνται οι θερμοκρασίες :

Θερμοκρασία νύκτας				: 15°C
>>	>>	ημέρας	(α) με συννεφιά	: $17 - 20^{\circ}\text{C}$
>>	>>	>>	(β) ηλιόλουστη	: $21 - 24^{\circ}\text{C}$

Για τα κατσαρά κεφαλωτά μαρούλια συνιστούνται οι θερμοκρασίες:

Θερμοκρασία νύκτας :10 – 15 °C

>> ημέρας : 13 – 21 °C

Η διακύμανση της θερμοκρασίας που παρατηρείται πιο πάνω, συνδέεται με την ένταση του φωτισμού. Όσο πιο υψηλή είναι η ένταση του φωτισμού που επικρατεί τόσο υψηλότερη πρέπει να είναι η θερμοκρασία και αντίστροφα.

Μετά από πότισμα με καταιονισμό, όταν το φύλλωμα είναι υγρό, είναι σημαντικό να διατηρείται η θερμοκρασία μερικούς βαθμούς πιο χαμηλά, σε αντίθεση με την περίπτωση που στο φύλλωμα η υγρασία είναι χαμηλή. Καλό είναι οι ποικιλίες να διαχωρίζονται και να καλλιεργούνται την εποχή ανάλογα με τις πραγματικές απαιτήσεις τους σε θερμοκρασία, ώστε να εξασφαλίζεται η ποιότητα του προϊόντος.

Φωτισμός

Το φως είναι ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα όταν η καλλιέργεια γίνεται στο θερμοκήπιο. Ακόμη και όταν το υλικό κάλυψης έχει τα καλύτερα χαρακτηριστικά περατότητας στο φως, μόνο το 70 % της συνολικής ποσότητας που φτάνει στην επιφάνεια του υλικού το διαπερνά και από την ποσότητα που έχει περάσει μόνο το 70 % αξιοποιείται από τα φυτά.

Όταν επομένως το φως το χειμώνα είναι περιορισμένο, δε χρειάζονται υψηλές θερμοκρασίες, γιατί δε μπορεί να τις αξιοποιήσει η καλλιέργεια. Όταν, όμως, συμβαίνει το αντίθετο (αυξημένη ένταση φωτισμού) τότε και οι θερμοκρασίες πρέπει να ανεβαίνουν και το πότισμα καθώς και ο εμπλουτισμός με CO₂ θα πρέπει να διαμορφώνονται έτσι ώστε όλοι μαζί οι παράγοντες αυτοί να συμβάλουν στην αύξηση του ρυθμού και του τελικού μεγέθους των φυτών.

Σήμερα των πιο πάνω παραγόντων μπορεί να γίνει με ένα πρόγραμμα Η/Υ, το οποίο μετρά την ακτινοβολία, μετρά και ρυθμίζει τη θερμοκρασία, την υγρασία και ανάλογα ρυθμίζει το ποσό και τη συχνότητα χορήγησης του θρεπτικού διαλύματος.

Τεχνητός φωτισμός στο σπορείο

Πρόσθετος τεχνητός φωτισμός στο σπορείο εφαρμόζεται όταν ο φυσικός φωτισμός την περίοδο της σποράς και ανάπτυξης των νεαρών φυτών στο φυτώριο είναι πολύ περιορισμένος. Στις ελληνικές συνθήκες δεν φαίνεται να χρειάζεται η εφαρμογή του. Το θέμα του τεχνητού φωτισμού αντιμετωπίζεται με δύο μεθόδους:

Μέθοδος Α: Εφαρμογή συνεχούς φωτισμού για 3 ημέρες με ένταση 5.400 Lux μόλις αρχίσουν να βλαστάνουν οι σπόροι, για να ετοιμαστούν φυτάρια (στάδιο κοτυληδόνων) για μεταφύτευση.

Μέθοδος Β: Εφαρμογή φωτισμού για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα ή μέχρι τα φυτά να αποκτήσουν μέγεθος κατάλληλο για μεταφύτευση στο έδαφος του θερμοκηπίου (3-5 φύλλα). Ο φωτισμός αυτός είναι αναγκαίος σε χώρες όπου ο φυσικός φωτισμός κατά τη διάρκεια της βλάστησης στο σπορείο είναι πολύ φτωχός.

Η πρακτική που ακολουθείται είναι η εξής:

- Σπορά για βλάστηση σε θερμοκρασία 21⁰ C.
- Συνεχής φωτισμός για 7-8 ημέρες με ένταση 5.400 Lux σε γλαστράκια ή κύβους εδάφους διαμέτρου 4 εκατοστών.

Από τα μέχρι στιγμής δεδομένα δε φαίνεται να υπάρχει πρόβλημα ενθάρρυνσης σχηματισμού ανθικό στελέχους από το συνεχή φωτισμό στα φυτά μαρουλιού ακόμα και μέχρι εφαρμογής φωτισμού διάρκειας 14 ημερών σε επίπεδα έντασης 5.400 Lux.

Οι κατάλληλοι λαμπτήρες για τον τεχνητό φωτισμό στο σπορείο είναι οι λαμπτήρες φθορισμού, οι λαμπτήρες υδραργύρου φθορισμού (400 ή 1000 Watts), οι λαμπτήρες υψηλής πίεσης νατρίου HPS/U και οι λαμπτήρες χαμηλής πίεσης νατρίου(SOX180 Watts).

Ανάλογα με την εποχή του έτους, η εφαρμογή τεχνητού φωτισμού στα φυτώρια μπορεί να εξοικονομήσει μέχρι 10 ημέρες λιγότερης παραμονής των φυταρίων σε αυτά, γεγονός που συμβάλλει στην καλύτερη αξιοποίηση του χώρου του φυτωρίου και που σε τελική ανάλυση αποτελεί και το κριτήριο και τη δικαιολογία της εφαρμογής του πρόσθετου φωτισμού.

Ποικιλίες

Ποικιλίες τύπου cos ή romaine

- ✓ Paris island cos
- ✓ Paris white noga
- ✓ Paris cos
- ✓ Fairen
- ✓ Marvel

Ποικιλίες τύπου iceberg εισάγονται στην Ελλάδα οι πιο κάτω ποικιλίες:

- ✓ Salinas
- ✓ Great lakes 659-700
- ✓ Empire
- ✓ Italica

Κεφαλωτό μαρούλι

- ✓ White Boston
- ✓ Citation
- ✓ Bidd
- ✓ Artemis

Σαλάτες: Τύποι μαρουλιού με ελευθέρα φύλλα.

- ✓ Grand rapids
- ✓ Prizehead
- ✓ Simpson s curled
- ✓ Salad bol

Τα καλλιεργούμενα μαρούλια, ανάλογα με τη μορφή και τη διάταξη των φύλλων τους στον κοντό βλαστό και το σχηματισμό ή απουσία κεφαλής, διακρίνονται στις ακόλουθες ομάδες:

- Κως ή ρωμάνα (cos or romaine) *Lactuca sativa* var.

Romana D.G..

Φυτό όρθιο, υψηλό, με λεπτή μικρή επιμήκη κεφαλή στο εσωτερικό και λεπτά μακριά φύλλα στο εξωτερικό με χρώμα συνήθως σκούρο πράσινο. Είναι το μαρούλι που προτιμάται στην Ελλάδα, τη μέση ανατολή και β. Αφρική.

- Λείο, κεφαλωτό (butterhead) *Lactuca sativa* var.

Capitata D.C.

Το φυτό σχηματίζει σφαιρική περίπου κεφαλή, τα φύλλα είναι μαλακά και το χρώμα ποικίλλει από ελαφρύ μέχρι βαθύ πράσινο. Είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος μαρουλιού στην κεντρική και βόρεια Ευρώπη.

- Κατσαρό κεφαλωτό (crisphead, iceberg ή curly) *Lactuca sativa* var.

Capitata D.C

Το φυτό σχηματίζει σφαιρική περίπου κεφαλή, τα φύλλα είναι κυματοειδή τραγανά και εύθραυστα. Το χρώμα ποικίλλει από ελαφρύ μέχρι βαθύτερο πράσινο. Είναι η ποικιλία που καλλιεργείται στις Η.Π.Α και Καναδά.

- Σαλάτα (loose leaf)

Τα φυτά αναπτύσσουν τα φύλλα τους ελεύθερα. Δεν σχηματίζουν κεφάλι. Τα φύλλα είναι κυματοειδή-κατσαρά και το χρώμα τους ποικίλλει στις διάφορες αποχρώσεις του πράσινου και πολλές φορές, τα εξωτερικά κυρίως, φέρουν απόχρωση κοκκινωπή.

Υπάρχουν και μερικοί άλλοι τύποι μαρουλιού όπως το κινέζικο *Lactuca sativa var. Angustana* το οποίο καλλιεργείται στην Κίνα και Taiwan, τόσο για το σαρκώδες στέλεχος του, το οποίο χρησιμοποιείται νωπό ή μαγειρεμένο, όσο και για τα τρυφερά του φύλλα. Το ινδικό μαρούλι ενδημεί στην κίνα, είναι πολυετές και καλλιεργείται για τα σαρκώδη φύλλα του τα οποία χρησιμοποιούνται νωπά ή μαγειρεμένα.

Για την εκλογή του τύπου και της ποικιλίας του μαρουλιού που θα καλλιεργηθεί στο θερμοκήπιο θα πρέπει ο καλλιεργητής να αποφασίσει με βάση τα πιο κάτω κριτήρια:

1. Τις προτιμήσεις της αγοράς. Εάν το προϊόν θα διατεθεί στην ντόπια αγορά, τότε κατά κύριο λόγο επιλέγεται ποικιλία τύπου ρωμάνα, χωρίς αυτό να είναι απόλυτο γιατί σήμερα όλο και περισσότεροι καταναλωτές προτιμούν και το κεφαλωτό μαρούλι ή τις «σαλάτες». Εάν βέβαια το προϊόν θα διατεθεί σε αγορές του εξωτερικού θα πρέπει πρώτα να καλλιεργηθεί ο τύπος που προτιμά η συγκεκριμένη αγορά.
2. Ανάλογα με την εποχή φύτευσης. Στην Ελλάδα όπου οι θερμοκρασίες αργά την άνοιξη, καλοκαίρι και νωρίς το φθινόπωρο, είναι υψηλές και η φωτοπερίοδος μεγάλη, θα πρέπει οι ποικιλίες που θα καλλιεργηθούν ιδιαίτερα τις περιόδους αυτές, να είναι ανθεκτικές στον πρώιμο σχηματισμό ανθικού στελέχους
3. Ανάλογα με τους υπόλοιπους κλιματικούς παράγοντες και το έδαφος.

4. Ανάλογα με τα ιδιαίτερα προβλήματα παθογόνων που συναντούνται στην περιοχή.

Εχθροί και ασθένειες

- **Μυκητολογικές ασθένειες**
 - Τήξη σπορείων *phythium sp.* , *Rhizoctonia solani*

Οι μύκητες αυτοί προσβάλλουν τα πολύ νεαρά φυτά στο σπορείο και προκαλούν σημαντικές ζημιές. Οι μύκητες αναπτύσσονται στο λαιμό των φυταρίων με αποτέλεσμα τη σήψη, το μααρασμό και την καταστροφή τους.

Για την πρόληψη της ασθένειας συνιστάται η χρησιμοποίηση πάντοτε νέου υποστρώματος στο σπορείο, η απολύμανση τόσο του υποστρώματος όσο και όλων των μέσων που χρησιμοποιούνται στο σπορείο, η χρησιμοποίηση υγιούς σπόρου, η αποφυγή υπερβολικής υγρασίας και σχετικά αραιή σπορά.

Η προσβολή εμφανίζεται αρχικά στα κατώτερα φύλλα υπό μορφή καστανών κηλίδων και στην συνέχεια το φυτό ξηραίνεται.

- Περονόσπορος *Premia Lactuca*

Ο μύκητας αυτός προκαλεί στο μαρούλι χλωρωτικές κηλίδες στα κάτω φύλλα, όταν επικρατούν συνθήκες υψηλής υγρασίας και στην συνέχεια προκαλείται σήψη των φύλλων. Στην κάτω επιφάνεια των κηλίδων εμφανίζεται λευκό επίχρισμα που είναι τα κονίδια του μύκητα τα οποία μεταφέρονται στην συνέχεια με τον αέρα σε άλλα φυτά και φύλλα και με την υψηλή υγρασία διαιωνίζεται η ασθένεια.

Μπορεί να περιοριστεί ή και να προληφθεί με αραιή φύτευση, περιορισμό των αρδεύσεων , και με ψεκασμούς με χαλκούχα ή καρβαμιδικά μυκητοκτόνα.

- Βοτρύτης (φαιά σήψη) *Botrytis cinerea*

Ο μύκητας προσβάλλει το μαρούλι σε όλα τα στάδια της ανάπτυξής του και προκαλεί ζημιές ιδιαίτερα στις καλλιέργειες του φθινοπώρου και της άνοιξης. Στην αρχή η προσβολή εμφανίζεται σαν στίγματα σκούρου χρώματος στα κάτω φύλλα, εξελίσσεται σε μαλακή σήψη και στην συνέχεια εμφανίζεται η γκριζοκαφέ καρποφορία του μύκητα και το φυτό μαραίνεται και καταστρέφεται.

- Σκληροτίνια *Sclerotinia sclerotiorum*

Η προσβολή αναπτύσσεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους στον κορμό του φυτού και τα κατώτερα φύλλα. Όταν επικρατούν συνθήκες υψηλής υγρασίας η προσβολή εμφανίζεται σαν υγρή σήψη, στη συνέχεια αναπτύσσεται τι άσπρο μυκήλιο του μύκητα και ακολουθεί η εμφάνιση των μαύρων σκληρωτίων του μύκητα.

Αποτέλεσμα της προσβολής είναι η μάρανση και καταστροφή των φυτών.

- Ωίδιο *Erysiphe cichoracearum*

Ο μύκητας εμφανίζεται υπό μορφή κηλίδων στα φύλλα με το χαρακτηριστικό λευκό επάνθισμα των ωιδίων. Η πιθανότητα προσβολής εντείνεται όταν επικρατούν υψηλά επίπεδα υγρασίας και θερμοκρασίας.

- Εντομολογικές προσβολές

- Αφίδες

Οι αφίδες εμφανίζονται και πολλαπλασιάζονται πάνω στα νεαρά κυρίως φύλλα του μαρουλιού. Το μεγαλύτερο πρόβλημα που προκαλούν είναι η συμβολή τους στη μετάδοση των ιώσεων κυρίως η πράσινη αφίδα *Myzus persicae*.

- Αλευρώδης

Στα θερμοκήπια πρόβλημα δημιουργεί και ο αλευρώδης του οποίου οι προνύμφες και τα τέλεια εγκαθίστανται στην κάτω επιφάνεια των φύλλων και μυζούν. Καταπολεμούνται με παγίδες και με ψεκασμούς χημικών παρασκευασμάτων.

- Θρίπας *Frankliniella occidentalis*

Τελευταία παρατηρείται έξαρση της προσβολής από τον θρίπα
Αντιμετωπίζεται με ψεκασμούς και εντομοκτόνα.

- Κοχλίες – Σαλιγκάρια

Προκαλούν ζημιές γιατί τρώγουν τα φύλλα των φυτών. Καταπολεμούνται με δολώματα μεταλδεύδης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

❖ Νιτρικά

Τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί το ενδιαφέρον γύρω από το πρόβλημα που δημιουργεί η συσσώρευση των νιτρικών στο περιβάλλον, το πόσιμο νερό και τα τρόφιμα ανθρώπου και ζώων. Μέσω του πόσιμου νερού και των τροφών, ο άνθρωπος προσλαμβάνει σημαντικές ποσότητες νιτρωδών (NO_2) και νιτρικών (NO_3). Οι ουσίες αυτές σε μικρές ποσότητες είναι ακίνδυνες αλλά σε μεγάλες ποσότητες είναι πολύ επικίνδυνες. Για ενήλικα άτομα περιεκτικότητα στον οργανισμό 15-70 ppm ζώντος βάρους θεωρείται θανατηφόρα.

- Τα προβλήματα που δημιουργούνται έχουν ως εξής:
 1. Κατά την εισαγωγή των νιτρικών στο αίμα ο Fe^{++} της αιμογλοβίνης μπορεί να οξειδωθεί σε Fe^{+++} δημιουργώντας μεθαιμογλοβίνη η οποία δεν μπορεί να μεταφέρει το οξυγόνο. Έτσι όταν το ποσοστό της μεθαιμογλοβίνης φθάσει το 15% της αιμογλοβίνης έχουμε την κυάνωση (μεθαιμογλοβιναιμία). Όταν το ποσοστό ανέλθει στο 70% τότε επέρχεται ο θάνατος.
 2. Τα νιτρώδη με την ταυτόχρονη παρουσία δευτεροταγών αμινών μπορεί να σχηματίσουν νιτροζαμίνες οι οποίες είναι καρκινογόνες.
 3. Η συσσώρευση νιτρωδών και νιτρικών σε ζώα οδηγεί στην έλλειψη βιταμίνης Α ενώ στον άνθρωπό βλάβη στον θυροειδή.
- Οι σημαντικότερες πηγές νιτρικών και νιτρωδών είναι τα φάρμακα, το νερό, τα λαχανικά, τα συντηρημένα κρέατα και ψάρια. Στις ΗΠΑ στο πόσιμο νερό επιτρέπεται σαν μεγαλύτερη συγκέντρωση νιτρικών τα 10 ppm. Σε πολλά λαχανικά όπως : σπανάκι, μαρούλι κτλ. έχει βρεθεί να περιέχουν νιτρικά σε υψηλές συγκεντρώσεις. Σαν ανώτερο επίπεδο προτείνεται συγκέντρωση μέχρι 0,1 % σε ξηρή ουσία.

- Χρήση οργανικών ή αμμωνιακών λιπασμάτων ευνοούν την συσσώρευση νιτρικών, έτσι η χρήση επιβραδυντικών της νιτροποίησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μειωμένη συσσώρευση των νιτρικών στα λαχανικά.
- Η εμπειρία όμως δείχνει ότι η ορθολογική χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα. Έτσι λοιπόν ανάλογα με το Ph, την εποχή καλλιέργειας και το προς καλλιέργεια είδος, θα προσθέσουμε την ενδεδειγμένη μορφή αζώτου στην κατάλληλη εποχή με την κατάλληλη ποσότητα. Υπερκατανάλωση αζωτούχων οδηγεί στην αυξημένη εισαγωγή των νιτρικών και νιτρωδών στο περιβάλλον και την τροφική αλυσίδα με αποτέλεσμα τα προαναφερθέντα προβλήματα.
- Σύμφωνα με τον Σιμόνη (1991), γενικά η συγκέντρωση νιτρικών είναι μεγαλύτερη στους βλαστούς και τα φύλλα- ιδιαίτερα στους μίσχους και τις νευρώσεις – παρά στους καρπούς, έτσι έχουμε μεγαλύτερη συσσώρευση στα φυλλώδη λαχανικά παρά στα λαχανικά όπου το φαγώσιμο μέρος είναι ο καρπός.

Περιεκτικότητα νιτρικών σε διάφορα φυτικά είδη

Είδος φυτού	NO ₃ ppm νωπού βάρους
Αραβόσιτος	45
Τομάτα	62
Κουνουπίδι	547
Λάχανο	635
Μαρούλι	850
Σπανάκι	1860
Σέλινο	2340
Παντζάρι	2760

Ταξινόμηση λαχανικών σύμφωνα με την συσσωρευτική τους ικανότητα σε νιτρικά

Περιεκτικότητα	λαχανικά
<200 ppm	πατάτες, τομάτες, πιπεριές, αρακάς
<500 ppm	όσπρια, κρεμμύδια, πεπόνια, αγγούρια
<1000 ppm	καρότα, μαρούλι, κάρδαμο, λάχανο.
<2500 ppm	ραδίκια, μαϊντανός, πράσα
>2500 ppm	σέλινο, σπανάκι, άνιθος, ραπανάκι

❖ **Επιπτώσεις των νιτρικών στην δημόσια υγεία**

▪ **Μεθαιμογλουβινιμία**

Η είσοδος νιτρικών στον ανθρώπινο οργανισμό δια του πόσιμου νερού και των τροφίμων, κυρίως των νωπών λαχανικών, έχει εγείρει δυο κύρια ζητήματα σχετιζόμενα με ενδεχόμενες κλινικές – παθολογικές επιδράσεις.

Το πρώτο ζήτημα αναφέρεται στον κίνδυνο της μεθαιμογλουβιναιμίας ή αλλιώς του <<συνδρόμου κυάνωσης των βρεφών>> και το δεύτερο στον αυξανόμενο κίνδυνο προσβολής από καρκίνο του γαστρο-εντερικού συστήματος σε ενήλικα άτομα. Κατά την τελευταία εικοσαετία είδαν το φως της δημοσιότητας πάμπολλες εργασίες πάνω στα δύο θέματα. Ιδιαίτερα ενημερωμένες και αυθεντικές πηγές θεωρούνται η Μελέτη της ECETOC (1987) <<Νιτρικά και πόσιμο ύδωρ>> και πιο πρόσφατα η συνθετική εργασία των Dunkan et al. (1997), η οποία αξιολογεί τα τελευταία ευρήματα και επανεξετάζει τις υποτιθέμενες τοξικολογικές επιδράσεις των νιτρικών στον

ανθρώπινο οργανισμό, ενώ συγχρόνως αναδεικνύει τον ευεργετικό ρόλο τους στην ανθρώπινη υγεία.

▪ **Γαστρο-εντερικά νεοπλάσματα**

Η χρόνια έκθεση του οργανισμού σε υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών στο διαιτολόγιο έχει θεωρηθεί ως πιθανό αίτιο του γαστρο-εντερικού καρκίνου, λόγω ενδεχόμενης ενδογενούς συνθέσεως των καρκινογόνων ενώσεων N-νιτροζαμίνων, από την αντίδραση εντός του στομάχου μεταξύ νιτρωδών αλάτων αφ ενός και δευτερογενών αμινών αφ ετέρου. Αυτό έχει οδηγήσει σε επιβολή περιορισμών στην περιεκτικότητα νιτρικών και νιτρωδών σε επεξεργασμένα είδη τροφίμων.

Το μέγιστο ποσοστό (80-90%) των νιτρικών που παραλαμβάνονται με την τροφή προέρχονται από τα νωπά λαχανικά και ειδικότερα από τα πράσινα φυλλώδη είδη(μαρούλι, σπανάκι, κλπ). Εάν τα νιτρικά ήταν ένας κρίσιμος παράγων για την πρόκληση καρκίνου τότε οι χορτοφάγοι με πολύ μεγαλύτερη κατανάλωση νιτρικών (185-194 mg κατ άτομο ημερησίως) από τους μη χορτοφάγους (61mg κατ άτομο ημερησίως) θα έπρεπε να παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερη συχνότητα γαστρο-εντερικού καρκίνου, ενώ οι σχετικές κλινικές έρευνες αποδεικνύουν ακριβώς το αντίθετο.

❖ **Ευεργετικές επιδράσεις των νιτρικών**

Αντίθετα από τις παλαιότερες αντιλήψεις, σήμερα ενισχύονται οι ερευνητικές ενδείξεις ότι τα νιτρικά διατροφικής προελεύσεως συμμετέχουν σε ένα αμυντικό μηχανισμό, ο οποίος προστατεύει το γαστρεντερικό σύστημα από παθογόνους μικροοργανισμούς, όπως το *Helicobacter pylori*, το οποίο προκαλεί γαστρίτιδες, έλκη και γαστρικό καρκίνο.

Περίληπτικά, ο μηχανισμός της θετικής αυτής επίδρασης έχει ως αφετηρία την αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη στη στοματική κοιλότητα, από το ένζυμο

νιτρική ρεδουκτάση, που προέρχεται από συμβιωτικά βακτήρια του στόματος. Πρόσφατες έρευνες που διεξήχθησαν *in vitro* απέδειξαν ότι η προσθήκη NO₂-N στο όξινο περιβάλλον του στομάχου αυξάνει την αντί-βακτηριακή και αντί-μυκητιακή άμυνα του στομάχου στο 100πλάσιο κατά ενός ευρέως φάσματος παθογόνων, συμπεραλαμβανομένων των *Salmonella* και *Shigella*. Άλλα σχετικά αποτελέσματα δείχνουν ότι το NO₂-N στο όξινο περιβάλλον του στομάχου μπορεί να προσφέρει προστασία κατά του *Helicobacter pylori*, πράγμα που θα εξηγούσε γιατί τα νιτρικά διατροφικής προελεύσεως μειώνουν τα κρούσματα καρκίνου του στομάχου.

❖ Συμπεράσματα

Εν κατακλείδι οι αντιλήψεις που συνεχίζουν να προβάλλονται από τα μαζικά μέσα και να φορτίζουν την κοινή γνώμη, περί των πιθανών κινδύνων που συνεπάγονται για τη δημόσια υγεία τα νιτρικά, βασίζονται σε μη τεκμηριωμένες απόψεις από τα σύγχρονα επιστημονικά ευρήματα. Η τιμή των 50 mg NO₃-N/lit την οποία δέχεται η Ευρωπαϊκή νομοθεσία ως ανώτατο επιτρεπτό όριο περιεκτικότητας νιτρικών σε ύδωρ είναι καθαρά συμβατική και όπως ορθά παρατηρεί ο Tinker (1991) ουδείς μπορεί να αποδείξει ότι η υπέρβαση της προκαλεί προβλήματα δημόσιας υγείας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

❖ Γενικές έννοιες και ορισμοί

Υδροπονία είναι η μέθοδος καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους, σύμφωνα με την οποία οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται εντός στερεών υποστρώματων εμποτισμένων με τεχνητό θρεπτικό διάλυμα ή εντός καθαρού θρεπτικού διαλύματος, από το οποίο τα φυτά παίρνουν τις απαραίτητες για την ανάπτυξη τους ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων.

Τα υποστρώματα υδροπονικών καλλιεργειών συνήθως είναι πορώδη υλικά, φυσικά ή προερχόμενα από βιομηχανική επεξεργασία, τα οποία χάρις στην ύπαρξη των πόρων είναι σε θέση να συγκρατούν νερό (θρεπτικό διάλυμα) και αέρα σε κατάλληλες για την ανάπτυξη των φυτών αναλογίες. Έτσι στο βαθμό που το θρεπτικό διάλυμα με το οποίο τροφοδοτούνται περιέχει τα απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών θρεπτικά στοιχεία, τα υποστρώματα μπορούν να υποκαθιστούν το έδαφος. Τα περισσότερα υποστρώματα υδροπονίας στις συνηθισμένες συνθήκες καλλιέργειας συμπεριφέρονται χημικώς ως αδρανή υλικά, δεδομένου ότι πρακτικά δεν αποδίδουν ούτε δεσμεύουν ήδη υπάρχοντα στο θρεπτικό διάλυμα ιόντα.

Δυο όροι που χρησιμοποιούνται ορισμένες φορές όταν γίνεται αναφορά σε υδροπονικές καλλιέργειες είναι οι ονομασίες «καλλιέργεια σε υπόστρωμα» και «καλλιέργεια σε θρεπτικό διάλυμα». Οι δύο αυτοί όροι μπορεί να θεωρηθεί ότι περιγράφουν δύο ξένα μεταξύ τους υποσύνολα, από τα οποία απαρτίζεται το σύνολο των υδροπονικών καλλιεργειών. Συγκεκριμένα οι υδροπονικές καλλιέργειες στις οποίες γίνεται χρήση υποστρώματος ονομάζονται και «καλλιέργεια σε υπόστρωμα», ενώ όταν δεν γίνεται χρήση υποστρώματος και οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται μέσα σε στάσιμο ή ρέον θρεπτικό διάλυμα, εκτός από τον όρο υδροκαλλιέργεια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η ονομασία «καλλιέργεια σε θρεπτικό διάλυμα».

Όλες οι υπόλοιπες γνωστές ονομασίες, όπως αεροπονία, NFT, καλλιέργεια σε άμμο, καλλιέργεια σε χαλίκι, καλλιέργεια σε πετροβάμβακα,

καλλιέργεια σε τύρφη κλπ. αναφέρονται σε συγκεκριμένα ειδικά συστήματα και μεθόδους υδροπονικών καλλιεργειών.

Τέλος μια άλλη διάκριση που γίνεται μεταξύ των διαφόρων μεθόδων υδροπονικής καλλιέργειας είναι αυτή μεταξύ ανοιχτών και κλειστών υδροπονικών συστημάτων.

Ένα υδροπονικό σύστημα ονομάζεται ανοιχτό όταν το μέρος του θρεπτικού διαλύματος που απορρέει ως πλεονάζον από τον χώρο των ριζών δεν συλλέγεται αλλά αφήνεται να χαθεί στο περιβάλλον. Κλειστό αντίθετα καλείται κάθε υδροπονικό σύστημα, στο οποίο το πλεονάζον θρεπτικό διάλυμα που απομακρύνεται από το χώρο των ριζών συλλέγεται, ανανεώνεται, συμπληρώνεται και με την βοήθεια μιας αντλίας οδηγείται ξανά στα φυτά προς επαναχρησιμοποίηση. Στα κλειστά συστήματα έχουμε δηλαδή μια συνεχή κυκλική ροή του διαλύματος. Κατ' αυτόν τον τρόπο η ποσότητα νέου διαλύματος που εισάγεται στο σύστημα ισούται με την ποσότητα που καταναλώνεται από τα φυτά, στο βαθμό τουλάχιστον που δεν υπάρχουν διαρροές και οι αγωγοί, μέσα από τους οποίους ρέει το διάλυμα, είναι καλυμμένοι, οπότε οι απώλειες από εξάτμιση είναι αμελητέες. Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία μιας υδροπονικής καλλιέργειας είναι η τροφοδότηση των φυτών με θρεπτικό διάλυμα κατάλληλης σύστασης. Εκτός από την περιεκτικότητα στα επιμέρους θρεπτικά στοιχεία η ποιότητα του θρεπτικού διαλύματος εξαρτάται από το pH του και την ηλεκτρική αγωγιμότητα αυτού. Το pH είναι μέτρο της συγκέντρωσης ιόντων υδρογόνου στο διάλυμα ενώ η ηλεκτρική αγωγιμότητα μέτρο της συνολικής συγκέντρωσης αλάτων σε αυτό. Τα δύο αυτά μεγέθη μετρώνται εύκολα και γρήγορα με απλά φορητά όργανα και γι αυτό χρησιμοποιούνται ευρύτατα για τον έλεγχο της ποιότητας του διαλύματος.

❖ Πλεονεκτήματα υδροπονίας

1. Το πρώτο και προφανέστερο πλεονέκτημα της υδροπονίας είναι η ριζική αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκαλούν στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες οι μεταδιδόμενες μέσω του εδάφους ασθένειες (φουζάριο, βερτισίλλιο, πύθιο, πηρυνochaίτη, έντομα εδάφους κλπ) πρέπει βέβαια να διευκρινισθεί ότι προβλήματα με ορισμένα μεταδιδόμενα μέσω εδάφους παθογόνα, όπως το πύθιο, η φυτόφθορα, το φουζάριο κτλ. Δεν είναι απίθανο να εμφανισθούν ακόμη και στις υδροπονικές καλλιέργειες, μολονότι η πιθανότητα είναι πολύ μικρότερη σε σύγκριση με τις καλλιέργειες στο έδαφος. Συνήθως όμως τέτοια προβλήματα στην υδροπονία μπορούν να εμφανισθούν μόνο όταν η απομόνωση του υποστρώματος ή του θρεπτικού διαλύματος από το έδαφος του θερμοκηπίου δεν είναι πλήρης ή όταν το νερό άρδευσης είναι έντονα μολυσμένο με κάποιο παθογόνο.
2. Εφόσον στις υδροπονικές καλλιέργειες το χώμα δεν έρχεται καθόλου σε επαφή με το φυτό και ιδιαίτερα με τις ρίζες του, δεν υφίσταται ανάγκη για απολύμανση του εδάφους. Αποφεύγεται επομένως η εφαρμογή χημικών απολυμαντικών υψηλής τοξικότητας όπως το βρωμιούχο μεθύλιο, η χρήση των οποίων εγκυμονεί σοβαρούς κινδύνους για την υγεία τόσο των παραγωγών όσο και των καταναλωτών. Παράλληλα μειώνεται δραστικά ή και εξαλείφεται πλήρως η ανάγκη εφαρμογής όλων εκείνων των φυτοφαρμάκων που χρησιμοποιούνται στις παραδοσιακές καλλιέργειες στο έδαφος με στόχο την αντιμετώπιση των εδαφογενών ασθενειών.
3. Μέσω της μεταπήδησης στην υδροπονία λύνεται ριζικά το πρόβλημα της χαμηλής γονιμότητας που εμφανίζουν πολλά εδάφη θερμοκηπίου, είτε λόγω της υπερεντατικής τους εκμετάλλευσης και της μονοκαλλιέργειας, είτε λόγω δυσμενών φυσικών ιδιοτήτων. Σε τέτοιες περιπτώσεις η υδροπονία αποτελεί πιο ριζική και πιο αποτελεσματική λύση από την βελτίωση και την ανάπλαση του προβληματικού εδάφους.

4. Ιδιαίτερα χρήσιμη είναι η υδροπονία στις περιπτώσεις εκείνες που το χρησιμοποιούμενο για άρδευση νερό έχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα. Στις περιπτώσεις αυτές η υδροπονία είναι ίσως ο μόνος τρόπος επιτυχημένης αντιμετώπισης του προβλήματος. Πρέπει όμως να διευκρινισθεί ότι, όταν υφίσταται πρόβλημα υπερβολικά υψηλής περιεκτικότητας του νερού άρδευσης σε ανόργανα άλατα, λύση αποτελεί μόνο η καλλιέργεια σε ανοιχτά υδροπονικά συστήματα. Αντίθετα τα κλειστά υδροπονικά συστήματα στα οποία εφαρμόζεται ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος παρουσιάζουν σοβαρά προβλήματα όταν η περιεκτικότητα του νερού άρδευσης σε ανόργανα άλατα είναι υψηλή και συνεπώς σε τέτοιες περιπτώσεις θα πρέπει να αποφεύγεται η υιοθέτηση τους.

5. Στις υδροπονικές καλλιέργειες το κόστος θέρμανσης είναι μειωμένο. Όπως είναι γνωστό, η εξάτμιση νερού συνοδεύεται πάντοτε από κατανάλωση ενέργειας υπό μορφή λανθάνουσας θερμότητας. Σε ένα θερμοκήπιο που καλλιεργείται υδροπονικά όμως, η εξάτμιση νερού από την επιφάνεια του εδάφους είναι πρακτικά αμελητέα, δεδομένου ότι αυτό είναι πλήρως καλυμμένο με φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου. Συνεπώς οι ανάγκες σε ενέργεια για την θέρμανση του αέρα μειώνονται. Εκτός όμως από την εξοικονόμηση ενέργειας λόγω ελαχιστοποίησης της εξάτμισης νερού από το έδαφος, μειωμένες δαπάνες για θέρμανση προκύπτουν και από το γεγονός ότι η καλλιέργεια παύει να εξαρτάται από την θερμοκρασία του εδάφους του θερμοκηπίου σε ικανοποιητικά επίπεδα τον χειμώνα είναι δύσκολη και απαιτεί την διατήρηση υψηλών θερμοκρασιών στον εναέριο χώρο ή την συγκράτηση επιδαπέδιου ή υπόγειου συστήματος θέρμανσης του εδάφους. Στην υδροπονία αντίθετα, οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται μέσα στον περιορισμένο όγκο των υποστρωμάτων ή των θρεπτικών διαλυμάτων, τα οποία μάλιστα είναι τοποθετημένα πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, χωρίς να έρχονται σε επαφή με το χώμα.

6. Έχει αποδειχθεί επανειλημμένα στην πράξη ότι η καλλιέργεια τόσο πάνω σε καλής ποιότητας υποστρώματα όσο και σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα επιφέρει σημαντική πρωίμιση της πρώτης συγκομιδής. Αυτό οφείλεται κυρίως στις υψηλότερες θερμοκρασίες που όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, διαμορφώνονται στον χώρο του ριζοστρώματος των φυτών όταν αυτά καλλιεργούνται εκτός εδάφους.
7. Στις υδροπονικές καλλιέργειες η θρέψη των φυτών είναι πολύ πιο ακριβής, μπορεί να ελέγχεται και να εποπτεύεται καλύτερα και με μεγαλύτερη αξιοπιστία και επίσης μπορεί να διορθώνεται ευκολότερα και ταχύτερα σε περίπτωση που έχει διαπραχθεί κάποιο λάθος. Στην υδροπονία όλα τα θρεπτικά στοιχεία παρέχονται σε συγκεκριμένες περιπτώσεις και αναλογίες μεταξύ τους, μέσω του θρεπτικού διαλύματος. Κατά συνέπεια, μία σειρά από μεταβλητές του εδάφους που επηρεάζουν την τροφοδοσία των φυτών με θρεπτικά στοιχεία, όπως π.χ. η μηχανική του σύστημα, η δομή του, η περιεκτικότητά του σε οργανική ουσία, η ανταλλακτική του ικανότητα κ.λ.π. αλλά και οι άλλοι παράγοντες, όπως π.χ. αυτοί που επηρεάζουν την ταχύτητα ανοργανοποίησης της οργανικής ουσίας δεν ασκούν πλέον καμία επίδραση στην καλλιέργεια, με τελικό αποτέλεσμα, η σχεδίαση ενός κατάλληλου σχήματος θρέψης των φυτών να καθίσταται πολύ πιο εύκολη.
8. Η καλλιέργεια των φυτών εκτός εδάφους απαλλάσσει τον καλλιεργητή από τις εργασίες της προετοιμασίας του εδάφους με αποτέλεσμα, αφενός μεν να μειώνονται οι ανάγκες σε εργατικά και αφετέρου να είναι δυνατή η φύτευση νέας καλλιέργειας αμέσως μετά την απομάκρυνση της προηγούμενης. Αυτή η τελευταία δυνατότητα είναι πολύ χρήσιμη όταν τι θερμοκήπιο αξιοποιείται όλο τον χρόνο με περισσότερες από μία καλλιέργειες ανά ημερολογιακό έτος.
9. Οι καλύτερες φυσικοχημικές ιδιότητες των υποστρωμάτων σε σύγκριση με το έδαφος, η αριστοποίηση της θρέψης και η διατήρηση υψηλότερων

θερμοκρασιών στο ριζόστρωμα κατά την διάρκεια της ψυχρής εποχής του έτους έχουν σαν τελικό αποτέλεσμα την αύξηση των αποδόσεων. οι αποδόσεις των υδροπονικών καλλιεργειών είναι κατά μέσο όρο γύρω στο 15-20% υψηλότερες, συγκρινόμενες με καλλιέργειες που λαμβάνουν χώρα σε γόνιμα, καλής ποιότητας εδάφη. Όταν όμως το έδαφος του θερμοκηπίου παρουσιάζει προβλήματα όπως αυτά που έχουν ήδη αναφερθεί (αλατότητα, χαμηλή γονιμότητα κ.λ.π.) τότε η αύξηση της παραγωγής που επιτυγχάνεται στην υδροπονία είναι πολύ υψηλότερη και όχι σπάνια μπορεί να διπλασιάσει τις αποδόσεις.

10. Η αριστοποίηση της θρέψης που μπορεί να επιτευχθεί μέσω της μεταπήδησης στην υδροπονία αλλά και η αποφυγή μίας σειράς προβλημάτων τα οποία έχουν ήδη εκτεθεί πιο πάνω, έχει σαν συνέπεια τα παραγόμενα στις υδροπονικές καλλιέργειες λαχανικά και καλλωπιστικά φυτά να είναι καλύτερης ποιότητας.
11. Τέλος η δυνατότητα αποτελεσματικότερης προστασίας του περιβάλλοντος όταν η καλλιέργεια λαμβάνει χώρα σε κλειστό υδροπονικό σύστημα. Χάρη στην δυνατότητα συνεχούς ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος, όλα τα λιπάσματα που χορηγούνται στην καλλιέργεια αξιοποιούνται από τα φυτά με συνέπεια να μην μένουν κάποιες ποσότητες αναξιοποίητες και επιβαρύνουν το περιβάλλον. Το πλεονέκτημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε περιοχές στις οποίες το πόσιμο νερό είναι επιφανειακό ή προέρχεται από μικρό βάθος με συνέπεια να μολύνονται εξαιτίας της έκλυσης ενός μέρους των λιπασμάτων.

❖ Μειονεκτήματα της υδροπονίας

Όπως όλες σχεδόν οι τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί και εφαρμοσθεί από τον άνθρωπο, η υδροπονία έχει και αυτή ορισμένα μειονεκτήματα. Τα μειονεκτήματα της υδροπονίας γενικά είναι λιγότερο σημαντικά από τα

4. Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα υφίσταται κίνδυνος εύκολης εξάπλωσης μιας μόλυνσης μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος εφόσον προσβληθεί ένα φυτό. Από την πρακτική εμπειρία όσο και από σχετικά πειράματα έχει αποδειχθεί ότι ακόμη και αν μολυνθούν ένα-δύο φυτά η υπόλοιπη καλλιέργεια συνήθως δεν μολύνεται εφόσον αυτά απομακρυνθούν αμέσως από την υδροπονική εγκατάσταση. Η ύπαρξη μικρής ποσότητας μολύσματος μέσα στο θρεπτικό διάλυμα δεν οδηγεί αυτόματα στην προσβολή των υπολοίπων φυτών εφόσον δεν συντρέχουν και ορισμένες άλλες προϋποθέσεις, όπως η ύπαρξη πληγών στις ρίζες, κ.λ.π. άλλωστε η έγκαιρη εφαρμογή ενός ριζοποτίσματος αμέσως μόλις διαγνωσθεί ασθένεια έστω και σε ένα μόνο φυτό συνήθως μειώνει ακόμη περισσότερο τις πιθανότητες μίας εκτεταμένης προσβολής λόγω μόλυνσης μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος.

Στην υδροπονία ο καλλιεργητής θα πρέπει να χορηγεί όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία, ενώ αντίθετα στο έδαφος πολλά στοιχεία όπως το ασβέστιο και τα περισσότερα ιχνοστοιχεία χορηγούνται σπάνια μέσω της λίπανσης, δεδομένου ότι περιέχονται σε επαρκείς ποσότητες στο χώμα.

Επίσης οι χορηγούμενες στην υδροπονία ποσότητες αζώτου, φωσφόρου και καλίου σε γενικές γραμμές δεν ξεπερνούν τις αντίστοιχες ποσότητες που απαιτούνται για μια καλλιέργεια εδάφους, δεδομένου ότι και στις δύο περιπτώσεις ισχύει η γενική αρχή ότι οι χορηγούμενες ποσότητες θα πρέπει να ισούνται με το ύψος της κατανάλωσης από τα φυτά συν τις απώλειες μέσω έκπλυσης, ακινητοποίησης, κ.λ.π. Όμως και οι ποσότητες λιπασμάτων ασβεστίου που απαιτούνται συνήθως δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλες γιατί στις περισσότερες περιπτώσεις το χρησιμοποιούμενο νερό περιέχει ασβέστιο σε σημαντικές συγκεντρώσεις οι οποίες όχι σπάνια είναι υψηλότερες από το ήμισυ της περιεκτικότητας που θα πρέπει να επιτευχθεί στο θρεπτικό διάλυμα.

Στην πραγματικότητα υπαρκτό πρόβλημα υπερβολικής κατανάλωσης λιπασμάτων υφίσταται μόνο σε ανοιχτά υδροπονικά συστήματα και μόνο όταν

το χορηγούμενο νερό άρδευσης είναι πολύ περισσότερο από τις πραγματικές ανάγκες της καλλιέργειας. Συνεπώς το μειονέκτημα αυτό της υδροπονίας δεν είναι απόλυτο αλλά σχετικό και μπορεί να αντιμετωπισθεί ικανοποιητικά μέσω προσαρμογής του προγράμματος άρδευσης στις ανάγκες της καλλιέργειας. Σημαντική εξοικονόμηση νερού και επομένως και λιπασμάτων μπορεί επίσης να επιτευχθεί και μέσω χρησιμοποίησης κατάλληλων υλικών για την εγκατάσταση και λειτουργία του υδροπονικού συστήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

❖ **Ποιες είναι οι απαραίτητες προϋποθέσεις για να μπορέσει ένας παραγωγός να εξασκήσει την τεχνική αυτή.**

Στην υδροπονία, το οποιοδήποτε υπόστρωμα είναι αδρανές και η χορήγηση των θρεπτικών στοιχείων γίνεται μέσω άρδευσης. Ευνόητο είναι ότι το μόνο που χρειάζεται είναι νερό καλής ποιότητας και, μάλιστα, σε ποσότητες ικανές να καλύψουν τις ανάγκες των φυτών σε όλη την διάρκεια της καλλιέργειας. Η ποιότητα του νερού μετράτε με την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) και με την συγκέντρωση των επιμέρους στοιχείων.

Για παράδειγμα, νερό με EC > 1,5 ms/cm (στους 25 °c) θεωρείται ακατάλληλο για υδροπονία.

Όταν χρησιμοποιείται νερό με μεγάλη ηλεκτρική αγωγιμότητα δε θα πρέπει να αναμένονται υψηλές αποδόσεις.

Όσον αφορά τα επιμέρους ανεπιθύμητα στοιχεία που μπορεί να περιέχονται στο νερό άρδευσης, στην Ελλάδα κυρίως είναι το Νάτριο(Na) και το χλώριο(Cl). Η περιεκτικότητα του νερού σε Na>150 ppm και σε Cl>150 ppm είναι επισφαλής για την επιτυχία της καλλιέργειας.

Ένας επιπλέον σημαντικός παράγοντας είναι η περιεκτικότητα του νερού σε διττανθρακικά (HCO₃). Όσο μεγαλύτερη είναι συγκέντρωση σε διττανθρακικά, τόσο περισσότερο οξύ χρειάζεται για την εξουδετέρωση τους. Γι' αυτό πριν την απόφαση χρήσης της τεχνικής, πρέπει να γίνει μια πλήρης ανάλυση νερού, για PH, EC, HCO₃, N-NO₃, P, K, Ca, Mg, Na, Cl, So₄, Fe, Mn, B, Cu, Zn, και Mo.

▪ ***Τι εξοπλισμός χρειάζεται.***

Την καρδιά της υδροπονικής μεθόδου αποτελεί ο μείκτης – δοσομετρική αντλία των λιπασμάτων. Το μηχάνημα αυτό είναι υπεύθυνο για

τη σωστή και ομοιόμορφη κατανομή του θρεπτικού διαλύματος σε όλη την έκταση της καλλιέργειας και σε όλα ανεξαιρέτως τα φυτά.

Βασικό συστατικό σε αυτή τη διαδικασία αποτελεί ένα καλοστημένο σύστημα άρδευσης, ώστε να υπάρχει σταθερή παροχή σε όλα τα σημεία.

Για τον έλεγχο αυτό του συστήματος, ο παραγωγός χρησιμοποιεί καθημερινά το πεχάμετρο του και το αγωγιμόμετρο του και έτσι ελέγχει το ΡΗ και την EC, τόσο στο διάλυμα που φεύγει από το μείκτη προς τα φυτά, όσο και κοντά στην ρίζα.

▪ ***Τι χρειάζεται για την προετοιμασία του θερμοκηπίου.***

Πριν από όλα χρειάζεται ένας σωστός σχεδιασμός της μονάδας από έναν ειδικό και κατόπιν η εκτέλεση μιας σειράς έργων που θα μπορούσαν να ονομαστούν <<έργα υποδομής>>, πάνω στα οποία θα στηριχτεί και θα αναπτυχθεί η τεχνική της υδροπονίας.

- Καταρχήν πρέπει να γίνει ακριβής υπολογισμός της καλλιεργούμενης έκτασης.
- Να ισοπεδωθεί το έδαφος και παράλληλα να δοθεί μια πολύ μικρή κλίση, για καλή αποστράγγιση της περίσσειας του θρεπτικού διαλύματος.
- Να καλυφθεί το έδαφος με πλαστικό.
- Να σχεδιαστεί ένα πλήρες αρδευτικό σύστημα, με μια παροχή σε κάθε θέση φύτευσης.
- Να υπολογιστεί ο χώρος των υπολοίπων εγκαταστάσεων.
- Να κατασκευαστεί ένα αποστραγγιστικό δίκτυο.
- Να γίνει απολύμανση του χώρου.
- Να τοποθετηθούν τα υποστρώματα στις γραμμές φύτευσης.

- ***Πως μπορούμε να υπολογίσουμε πόσα φυτά θα χρειαστούμε σε μία καλλιέργεια.***

Βασικός παράγοντας για τον υπολογισμό αυτό είναι το είδος της καλλιέργειας και η κατασκευή του θερμοκηπίου. Όσο πιο σύγχρονη είναι η μονάδα (μεγάλο ύψος ,καλός αερισμός, σύστημα θέρμανσης), τόσο καλύτερη εκμετάλλευση του χώρου μπορεί να γίνει και να φυτευτούν περισσότερα φυτά.

Είδος καλλιέργειας	Φυτά/στρέμμα
Τομάτα	2.600/4.000
Αγγούρι	1.700/2.000
Πιπεριά	2.500/2.700
πεπόνι	1.700/2.000
Φασόλι	7.000/9.000

- ***Για ποιο λόγο πρέπει να γίνει κάλυψη του εδάφους***

Η κάλυψη του εδάφους πρέπει να γίνει με ένα πλαστικό που έχει μια πλευρά μαύρη και την άλλη άσπρη, για τους παρακάτω λόγους:

1. Το υπόστρωμα απομονώνεται από το έδαφος κι έτσι αποφεύγεται η μόλυνση του από τις διάφορες ασθένειες του εδάφους.
2. Η κάτω πλευρά του πλαστικού (μαύρη) δεν επιτρέπει να αναπτυχθούν ζιζάνια, ενώ η πάνω πλευρά (άσπρη), με την αντανάκλαση, αυξάνει τη φωτεινότητα του χώρου, κάτι που είναι ιδιαίτερα σημαντικό τους χειμερινούς μήνες.
3. Δημιουργείται ένα ευχάριστο περιβάλλον για τους εργαζομένους, αφού επικρατεί καθαριότητα, δεν υπάρχουν δυσάρεστες οσμές κ.λ.π.

❖ *Υποστρώματα υδροπονικών καλλιιεργειών*

Υδροπονικός περλίτης

Αποτελείται από κόκκους διαμέτρου 0,5 – 2,5 mm, είναι πολύ ελαφρύς και έχει υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού. Είναι χημικά αδρανής, δε δεσμεύει ούτε αποδεσμεύει στα φυτά ιόντα, έχει ουδέτερο pH και είναι απαλλαγμένος από ασθένειες και από σπόρους ζιζανίων. Δεν σαπίζει, δεν αλλοιώνεται και η διάρκεια ζωής του είναι πολύ μεγάλη.

Άμμος

Συνήθως χρησιμοποιείται κρυσταλλική άμμος, η οποία έχει μηδενική ανταλλακτική ικανότητα. Επίσης έχει χαμηλή ικανότητα συγκράτησης υγρασίας και γι' αυτό απαιτεί συχνά ποτίσματα, ώστε να μπορέσουν να αναπτυχθούν οι ρίζες των φυτών. Βοηθά στον καλό αερισμό του ριζικού συστήματος, έχει φθηνό κόστος αγοράς και απεριόριστη διάρκεια ζωής.

Διογκωμένη άργιλλος

Είναι αδρανές υλικό, έχει μεγάλη ικανότητα συγκράτησης υγρασίας, καλό αερισμό και πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής. Μειονεκτεί στο ότι έχει ακριβό κόστος αγοράς και στο ότι κάθε χρόνο πριν από κάθε νέα καλλιέργεια χρειάζεται απολύμανση.

Χαλίκια

Οι κόκκοι τους είναι μεγέθους 2 – 15 mm, το μέγιστο πορώδες είναι 85% του όγκου και η ικανότητα απορρόφησης νερού είναι 45%. Έχουν την ικανότητα να απορροφούν P, Fe, Mg, Ba και πριν από τη χρήση τους είναι αναγκαία η βελτίωση των χημικών τους ιδιοτήτων.

Γι' αυτό το σκοπό γίνεται εμβάπτιση των χαλικιών για 24 ώρες σε διάλυμα υπερφωσφορώδους άλατος και μετά πρόσθεση 100 –200 ml συμπυκνωμένο νιτρικό οξύ για κάθε m³ διαλύματος (Ellis και Swanay). Τη διαδικασία αυτή ακολουθεί πλύσιμο των χαλικιών μέχρι το νερό του πλυσίματος να μην περιέχει ίχνη οξέος. Για την αποφυγή τροφопενιών Fe, Μ και Β γίνεται εμπλουτισμός με διάλυμα τροφοδοτημένο με ιχνοστοιχεία.

Κεραμικά θρόμματα

Το μέγεθος των πεπιεσμένων κόκκων πρέπει να είναι 2 –15 mm, το πορώδες 60% και η μέγιστη ικανότητα απορρόφησης 15%. Το υλικό είναι απαλλαγμένο από κάθε είδους παράσιτα. Λόγω του ότι μπορούν να κατακρατήσουν ή να αποβάλλουν κάποια στοιχεία, υποβάλλονται στη διαδικασία που προαναφέρθηκε για τα χαλίκια.

Βερμικουλίτης

Είναι ένα ορυκτό που περιέχει αργίλιο, σίδηρο και μαγνήσιο, έχει μεγάλο πορώδες και θρυμματίζεται εύκολα. Μειονεκτεί στο ότι έχει υψηλό κόστος αγοράς και γενικά δεν πρέπει να χρησιμοποιείται μόνος του, γιατί εύκολα μπορεί να καθιζάνει.

Πετροβάμβακας

Είναι η πιο διαδεδομένη υδροπονική μέθοδος καλλιέργειας. Είναι ένα ανόργανο ινώδες υλικό, με άριστες ιδιότητες, που το καθιστούν ιδανικό υπόστρωμα για την καλλιέργεια φυτών. παράγεται με θερμική επεξεργασία ενός μείγματος το οποίο αποτελείται κατά 60% από διαβάση, 20% από ασβεστόλιθο και 20% από άνθρακα. Το υλικό αυτό έχει περίπου 92-96% πορώδες, ειδικό βάρος γύρω στα 60-100 Kgr

❖ Εγκατάσταση παροχής νερού

Είναι σημαντικό το νερό να είναι καλής ποιότητας και τα υλικά της εγκατάστασης να μην απελευθερώνουν στο νερό ουσίες ή ιόντα σε συγκεντρώσεις που μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα στην καλλιέργεια.

❖ Φίλτρα καθαρισμού νερού

Είναι απαραίτητα για τον καθαρισμό του νερού από στερεά σωματίδια όπως άμμος, άργιλος, σπόροι φυτών, μικροοργανισμοί κ.λ.π. ώστε να μην δημιουργούνται προβλήματα στο σύστημα παροχής του διαλύματος στα φυτά. Υπάρχουν διάφοροι τύποι φίλτρων νερού που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία και οι οποίοι δεν διαφέρουν από τους αντίστοιχους που χρησιμοποιούνται στις κοινές καλλιέργειες εδάφους.

❖ Δοχεία πυκνών διαλυμάτων

Τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την Παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος με το οποίο τροφοδοτούνται τα φυτά αρχικά τοποθετούνται σε μεγάλα δοχεία χωρητικότητας 50-100 λίτρων. Μέσα στα δοχεία αυτά προστίθεται φυσικό νερό από την πηγή άρδευσης σε ποσότητα ανάλογη με την χωρητικότητά τους. Τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία είναι πλήρως υδατοδιαλυτά με συνέπεια να διαλύονται πλήρως μέσα στο προστεθέν νερό και να προκύπτει έτσι διάλυμα λιπασμάτων. Οι ποσότητες των λιπασμάτων που τοποθετούνται μέσα στο δοχείο όμως είναι πολλαπλάσιες από αυτές που απαιτούνται για να προκύψουν οι επιθυμητές συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων μέσα στο δοχείο μετά το γέμισμα του με νερό. Επομένως τα διάλυμα λιπασμάτων που προκύπτει στο δοχείο είναι ένα πυκνό διάλυμα με συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων πολλαπλάσιες από αυτές που ενδείκνυται

για την θρέψη των φυτών και κατά συνέπεια πριν αποσταλεί στα φυτά θα πρέπει να αραιώνεται. Γι αυτό τι λόγο τα διαλύματα των λιπασμάτων που σχηματίζονται μέσα στα δοχεία αυτά ονομάζονται πυκνά ή μητρικά διαλύματα και τα δοχεία που τα περιέχουν δοχεία πυκνών ή μητρικών διαλυμάτων.

Για να επιτευχθεί ο κατάλληλος συνδυασμός συγκεντρώσεων θρεπτικών στοιχείων κατά την Παρασκευή ενός θρεπτικού διαλύματος κατάλληλου για την θρέψη μιας υδροπονικής καλλιέργειας είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση περισσότερων του ενός λιπασμάτων. Ορισμένα λιπάσματα όμως δεν μπορούν να τοποθετηθούν μαζί μέσα στο ίδιο δοχείο πυκνών διαλυμάτων και να αναμειχθούν μεταξύ τους. Γι αυτό το λόγο κάθε μονάδα παρασκευής θρεπτικού διαλύματος θα πρέπει να διαθέτει τουλάχιστον δυο δοχεία πυκνών διαλυμάτων ενώ κατά κανόνα υπάρχει και ένα τρίτο βαρέλι στο οποίο τοποθετείται ένα οξύ για την ρύθμιση του Ph του διαλύματος.

Το δοχείο των πυκνών (μητρικών) διαλυμάτων πρέπει να είναι από υλικό που δεν διαβρώνεται από τα πυκνά διαλύματα και δεν οξειδώνεται. Συνήθως κατασκευάζονται από πλαστικά υλικά. Συνιστάται να είναι εφοδιασμένα με σύστημα ανάδευσης για την καλύτερη διάλυση των λιπασμάτων και για εκ νέου ομογενοποιήσει σε περίπτωση δημιουργίας ιζήματος.

❖ Σύστημα αυτόματου ελέγχου

Σύστημα αυτόματου ελέγχου υπάρχει μόνο στους μείκτες λιπασμάτων της προαναφερθείσας κατηγορίας, ενώ οι δοσομετρικές αντλίες στερούνται ή έχουν μόνο σαν πρόσθετο εξοπλισμό τέτοια συστήματα. Το σύστημα αυτόματου ελέγχου της ανάμειξης νερού και πυκνού διαλύματος και της παροχής του προκύπτοντος από την ανάμειξη αραιού διαλύματος στα φυτά στην απλούστερη μορφή του είναι ένας ηλεκτρονικός πίνακας εφοδιασμένος με πλήκτρα ή κοχλίες μέσω των οποίων γίνεται η ρύθμιση του PH και της αγωγιμότητας και έναν ή περισσότερους χρονοδιακόπτες για τον καθορισμό της συχνότητας και του χρόνου παροχής θρεπτικού διαλύματος στα φυτά. Συνήθως δίνεται και η

δυνατότητα επιλογής διαφόρων συνδυασμών δοχείων πυκνών διαλυμάτων, από τα οποία θα γίνεται έγχυση στον κάδο ανάμειξης . κατ' αυτόν τον τρόπο μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει περισσότερα δοχεία από το ελάχιστο των τριών και να παρασκευάζει μητρικά διαλύματα για περισσότερα από ένα καλλιεργούμενα φυτά αν καλλιεργεί και τα δύο ταυτόχρονα στο θερμοκήπιο του επιλέγοντας για κάθε φυτό τον κατάλληλο συνδυασμό δοχείων μητρικών διαλυμάτων ανά δυο. επιπλέον και η ίδια καλλιέργεια, στην περίπτωση που καταλαμβάνει έκταση μεγαλύτερη του ενός ή δύο στρεμμάτων, μπορεί να χωρίζεται σε τομείς. Οι τομείς θα μπορούν να ποτίζονται διαδοχικά, οπότε η παροχή της αντλίας δεν απαιτείται να είναι ανάλογη με την έκταση της καλλιέργειας αλλά τόση, ώστε να μπορεί να τροφοδοτήσει ταυτόχρονα 1-2 στρέμματα με διάλυμα.

Η ενεργοποίηση ή η διακοπή της έγχυσης πυκνών διαλυμάτων και οξέως στον κάδο ανάμειξης γίνεται όπως προαναφέρθηκε, μέσω του ηλεκτρονικού συστήματος αυτόματου ελέγχου. Με το σύστημα αυτόματου ελέγχου είναι συνδεδεμένα επίσης και τα όργανα μέτρησης του PH και της αγωγιμότητας, τα οποία είναι διαρκώς σε λειτουργία. Όταν λοιπόν η τιμή του PH ανεβαίνει ή της αγωγιμότητας ελαττώνεται πέρα από ένα προκαθορισμένο όριο, ο ηλεκτρονικός πίνακας που λαμβάνει αυτή την πληροφορία από τα όργανα μέτρησης δίνει εντολή να ενεργοποιηθεί η έγχυση οξέως ή πυκνών διαλυμάτων αντίστοιχα. Η έγχυση τερματίζεται μόλις οι τιμές του PH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ξεπεράσουν ένα κατώτατο ή ανώτατο όριο. Με τον τρόπο αυτό οι τιμές του PH και της αγωγιμότητας διατηρούνται συνεχώς μέσα σε συγκεκριμένα σταθερά όρια καθορίζονται από τον χρήστη του μηχανήματος.

Η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, στην οποία προγραμματίζεται ο μείκτης, πρέπει να υπολογισθεί λαμβάνοντας υπόψιν τις συγκεντρώσεις όλων των υπάρχοντων στο αραιό διάλυμα ιόντων, θρεπτικών και μη. Ως συγκέντρωση του κάθε ιόντος στο αραιό διάλυμα θα ληφθεί η συγκέντρωση του στα πυκνά διαλύματα πολλαπλασιασμένη με την επιθυμητή αναλογία αραιώσης αυτών από τον μείκτη συν την συγκέντρωση του στο νερό, με το οποίο παρασκευάζεται το αραιό διάλυμα. Κατά αυτόν τον τρόπο ο μείκτης συντονίζεται από μόνος του να εργάζεται στην επιθυμητή αναλογία αραιώσης,

επιλέγοντας απλώς στον ηλεκτρονικό πίνακα την υπολογισθείσα θεωρητικά τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Εκτός από τις παραπάνω δυνατότητες, σε πιο πολύπλοκες εγκαταστάσεις παρασκευής του θρεπτικού διαλύματος είναι δυνατόν να υπάρχει συνδεδεμένος με το σύστημα αυτόματου ελέγχου και αισθητήρας μέτρησης της ηλιακής ενέργειας. Ένας τέτοιος αισθητήρας δίνει την δυνατότητα ακριβέστερου καθορισμού της ποσότητας θρεπτικού διαλύματος που παρέχεται στα φυτά, ώστε αυτή να αντιστοιχεί στις συνεχώς μεταβαλλόμενες, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και κυρίως με το ύψος της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας, ανάγκες διαπνοής.

Ο έλεγχος της ποσότητας του θρεπτικού διαλύματος που παρέχεται στα φυτά μπορεί να γίνει και με άλλα όργανα μέτρησης συνδεδεμένα με τον πίνακα αυτόματου ελέγχου, όπως π.χ. η μέτρηση της υγρασίας του υποστρώματος, η μέτρηση της εξάτμισης μέσα στο θερμοκήπιο, η μέτρηση της απορροής στα ανοιχτά συστήματα κλπ. Ακόμη καλύτερες δυνατότητες αυτοματισμού από έναν ηλεκτρονικό πίνακα δίνει η σύνδεση του μείκτη λιπασμάτων με ηλεκτρονικό υπολογιστή εφοδιασμένο με κατάλληλο πρόγραμμα για τέτοιου είδους γεωργικές εφαρμογές.

Η πλέον σύγχρονη εξέλιξη στο τομέα αυτόν στις μεγάλες θερμοκηπιακές μονάδες χωρών με μεγάλη εξάπλωση της υδροπονίας είναι η χρήση πολυδύναμων μεικτών λιπασμάτων, εφοδιασμένων με ξεχωριστό δοχείο πυκνού διαλύματος για το καθένα από τα 6-10 λιπάσματα που χρησιμοποιούνται. Η προμήθεια του κάθε λιπάσματος από το εμπόριο γίνεται υπό μορφή έτοιμου πυκνού διαλύματος, το οποίο διανέμεται και τοποθετείται στην προβλεπόμενη για το δεδομένο λίπασμα δεξαμενή με φορτηγό –βυτιοφόρο, με παρόμοιο τρόπο όπως τα υγρά καύσιμα. Με τον τρόπο αυτό ελαχιστοποιούνται τα εργατικά και εκμηδενίζονται πρακτικά οι υφιστάμενες κατά την Παρασκευή πυκνών διαλυμάτων πηγές λαθών. Τα μικροστοιχεία συνήθως τοποθετούνται όλα μαζί (εκτός του σιδήρου) σε ένα δοχείο, υπό μορφή υπερπυκνού διαλύματος .

Ο μείκτης λιπασμάτων έχει τόσες ηλεκτροβαλβίδες εισαγωγής πυκνών διαλυμάτων στον κάδο ανάμειξης, όσα και τα δοχεία πυκνών διαλυμάτων της εγκατάστασης. Η όλη λειτουργία της μονάδας ελέγχεται από κεντρικό ηλεκτρονικό υπολογιστή. Με τον τρόπο αυτό δίνεται η δυνατότητα επίτευξης άπειρων συνδυασμών στις συγκεντρώσεις των επιμέρους θρεπτικών στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα μέσω κατάλληλου προγραμματισμού του ηλεκτρονικού υπολογιστή και μόνο, οπότε δεν απαιτείται η παρασκευή νέων πυκνών διαλυμάτων κάθε φορά που είναι απαραίτητη κάποια τροποποίηση στην ιοντική σύνθεση του παρεχομένου στα φυτά διαλύματος. Όταν λοιπόν μετά από χημική ανάλυση του θρεπτικού προκύπτει ότι πρέπει να τροποποιηθεί η σύνθεση του παρεχομένου στα φυτά διαλύματος, αυτό μπορεί να γίνει τελείως αυτόματα εισάγοντας μόνο τα δεδομένα της ανάλυσης στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

❖ **Μονάδα αραίωσης πυκνών διαλυμάτων**

Η μονάδα αραίωσης των πυκνών διαλυμάτων μπορεί να είναι είτε μια εγκατάσταση αποτελούμενη από μια ή περισσότερες δοσομετρικές αντλίες είτε ένας αυτόματος μείκτης λιπασμάτων ειδικά κατασκευασμένος για χρήση στις υδροπονικές καλλιέργειες.

▪ **Αραίωση πυκνών διαλυμάτων με δοσομετρικές αντλίες**

Στην πιο απλή της εκδοχή μία μονάδα αραίωσης πυκνών διαλυμάτων αποτελείται από δύο ή τρεις απλές δοσομετρικές αντλίες, κάθε μία από τις οποίες είναι συνδεδεμένη σε σειρά ή παράλληλα με τις άλλες στο δίκτυο άρδευσης. Κάθε απλή δοσομετρική αντλία είναι συνδεδεμένη και διοχετεύει πυκνό διάλυμα στο νερό του ποτίσματος από ένα μόνο δοχείο πυκνών διαλυμάτων

Κάθε δοσομετρική αντλία συνδέεται με το δίκτυο άρδευσης είτε πάνω στον κεντρικό αγωγό είτε παράλληλα με αυτόν εφόσον η πίεση πάνω στον κεντρικό αγωγό είναι πολύ μεγάλη και δημιουργεί προβλήματα στην λειτουργία της αντλίας ή εφόσον ο τύπος της αντλίας απαιτεί παράλληλη σύνδεση.

Δεν υπάρχει πάντοτε μία ξεχωριστή δοσομετρική αντλία για έγχυση οξέως στο θρεπτικό διάλυμα που παράγεται από την αραίωση των πυκνών διαλυμάτων με το νερό της άρδευσης. Όταν όμως υπάρχει, το ΡΗ του διαλύματος μπορεί να ρυθμιστεί καλύτερα και ευκολότερα. Στην αντίθετη περίπτωση, το οξύ για την ρύθμιση του ΡΗ είναι απαραίτητο να τοποθετηθεί σε ένα από τα δοχεία των πυκνών διαλυμάτων.

Εφόσον υπάρχουν μόνο δύο δοχεία πυκνών διαλυμάτων είναι δυνατή η χρήση μίας διπλής δοσομετρικής αντλίας αντί δύο απλών. Η διπλή δοσομετρική αντλία μπορεί μέσω δύο ξεχωριστών σωλήνων να είναι συνδεδεμένη και να εισάγει μητρικά διαλύματα στο δίκτυο άρδευσης συγχρόνως από δύο δοχεία πυκνών διαλυμάτων.

Σε κάθε δοσομετρική αντλία η αναλογία των πυκνών διαλυμάτων ρυθμίζεται κατάλληλα, έτσι ώστε το αραιό διάλυμα που προκύπτει να έχει τις επιδιωκόμενες τιμές του ΡΗ και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Η αναλογία αραίωσης κατά κανόνα πρέπει να είναι η ίδια και για τα δύο πυκνά διαλύματα και συνήθως ανέρχεται στο 1:100.Γι αυτό όλες οι δοσομετρικές αντλίες που συνιστούν μία μονάδα αραίωσης πυκνών διαλυμάτων θα πρέπει να είναι της ίδιας δυναμικότητας και του ίδιου τύπου.

Οι τύποι αναλογικών δοσομετρικών αντλιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι οι ίδιοι με αυτούς που χρησιμοποιούνται για υδρολίπανση διαφόρων καλλιεργειών στο έδαφος. Ανάλογα με την πηγή ενέργειας που χρησιμοποιεί ο κινητήρας τους μπορούν να διακριθούν σε μηχανικές και υδραυλικές. Οι πρώτες εργάζονται με ηλεκτρικό ή εσωτερικής καύσεως κινητήρα ενώ οι δεύτερες με την πίεση του δικτύου παροχής του νερού. Επομένως στην περίπτωση χρησιμοποίησης υδραυλικών δοσομετρικών αντλιών δεν χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί ηλεκτρικό ρεύμα ή καύσιμο.

Οι δοσομετρικές αντλίες αρχίζουν να λειτουργούν αμέσως μόλις ανοίξει η παροχή νερού στο δίκτυο άρδευσης. Αυτό συνήθως γίνεται αυτόματα από μια ηλεκτροβάννα η οποία είναι συνδεδεμένη με έναν χρονοδιακόπτη και έναν χρονορυθμιστή. Έτσι η συχνότητα και η διάρκεια της παροχής διαλύματος ρυθμίζονται και ελέγχονται αυτόματα μέσω του χρονοδιακόπτη και του χρονορυθμιστή αντίστοιχα. Σημαντικό είναι, η δυναμικότητα της αντλίας να επαρκεί για την άρδευση όλης της έκτασης που καλλιεργείται υδροπονικά στην συγκεκριμένη θερμοκηπιακή μονάδα. Σε κάθε τομέα η έναρξη λειτουργίας της δοσομετρικής αντλίας ελέγχεται από μια διαφορετική ηλεκτροβάννα και ρυθμίζεται να ξεκινάει σε διαφορετικό χρόνο. Με αυτόν τον τρόπο η παροχή διαλύματος κλιμακώνεται χρονικά με αποτέλεσμα να μπορεί να τροφοδοτείται με θρεπτικό διάλυμα μια καλλιέργεια με πολύ μεγαλύτερη έκταση από αυτή που αντιστοιχεί στην δυναμικότητα της δοσομετρικής αντλίας

Τα πλεονεκτήματα των δοσομετρικών αντλιών για υδροπονία είναι κυρίως το χαμηλό κόστος τους και δευτερευόντως η δυνατότητα εγκατάστασης τους και σε μέρη όπου δεν υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα. Στην τελευταία αυτή περίπτωση βέβαια, η δυνατότητα αυτόματης ρύθμισης του χρόνου των ποτισμάτων δεν υπάρχει, αφού δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ηλεκτροβάννα.

Τα μειονεκτήματα της χρήσης δοσομετρικών αντλιών για την δημιουργία ενός συστήματος παρασκευής θρεπτικού είναι:

- Η μειωμένη ακρίβεια στη δοσομέτρηση σε σύγκριση με τις απαιτήσεις της υδροπονίας,
- Η ανάγκη συχνών χειρωνακτικών ελέγχων με φορητά όργανα των ιδιοτήτων του διαλύματος που παρασκευάζεται από αυτές
- Και η αδυναμία αλλαγής της αγωγιμότητας του διαλύματος που παρέχεται στα φυτά, χωρίς αλλαγή της σύνθεσης των πυκνών διαλυμάτων στα δοχεία που τα περιέχουν. Ειδικά στην περίπτωση που δεν υπάρχει ξεχωριστό δοχείο και ξεχωριστή δοσομετρική αντλία για το

οξύ προκύπτουν και προβλήματα με την επίτευξη και διατήρηση του επιθυμητού ΡΗ στο διάλυμα.

Αραιώση πυκνών διαλυμάτων με αυτόματο μείκτη λιπασμάτων

Όπως προαναφέρθηκε, οι δοσομετρικές αντλίες αποτελούν μια φθηνή λύση για μικρές μονάδες που θέλουν να μεταπηδήσουν στην υδροπονία αλλά δεν μπορούν να σηκώσουν το αρχικό κόστος της εγκατάστασης ακριβού εξοπλισμού. Οι περισσότερες υδροπονικές μονάδες σήμερα όμως χρησιμοποιούν πιο πολύπλοκες εγκαταστάσεις για την αραιώση των πυκνών διαλυμάτων, τους αυτόματους μείκτες λιπασμάτων οι οποίοι εργάζονται με μεγαλύτερη ακρίβεια και προσφέρουν περισσότερη ευελιξία ως προς τους χειρισμούς του θρεπτικού διαλύματος ενώ είναι σημαντικά αυξημένες και οι δυνατότητες αυτοματισμών που παρέχουν.

Σε γενικές γραμμές, ένας τυπικός μείκτης λιπασμάτων κατάλληλος για υδροπονία περιλαμβάνει:

- a) Ένα δοχείο στο οποίο γίνεται η ανάμειξη του νερού με τα πυκνά διαλύματα .
- b) Έναν πλωτήρα για τον έλεγχο της στάθμης του νερού στο δοχείο αυτό.
- c) Έναν σωλήνα εισαγωγής του νερού του δικτύου στον κάδο ανάμειξης Έναν σωλήνα επιστροφής στον κάδο ανάμειξης του χρησιμοποιούμενου θρεπτικού διαλύματος που επανασυλλέγεται σε περίπτωση που έχουμε ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος.
- d) Σωλήνες εισαγωγής των πυκνών διαλυμάτων στον κάδο ανάμειξης σε αριθμό ίσο με τον αριθμό των δοχείων μητρικών διαλυμάτων .
- e) Ηλεκτροβάνες για τον έλεγχο εισαγωγής του νερού του δικτύου και των πυκνών διαλυμάτων στον κάδο ανάμειξης, από μία για κάθε σωλήνα εισαγωγής.
- f) Σωλήνα εξαγωγής του έτοιμου διαλύματος από τον κάδο ανάμειξης από τα φυτά.
- g) Αισθητήρες για την μέτρηση του ΡΗκαι της αγωγιμότητας του διαλύματος μέσα στον κάδο ανάμειξης ή κατά την έξοδο του από αυτόν μέσω του σωλήνα εξαγωγής του έτοιμου διαλύματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Εσαγωγή

Στο μαρούλι όπως και σε όλα τα φυλλώδη λαχανικά το πρόβλημα της συσσώρευσης των νιτρικών ιόντων στα φύλλα και τους ιστούς είναι έντονο και έχει συσχετιστεί με τη σύνθεση καρκινογόνων ουσιών, όπως οι νιτροζαμίνες. Για την προστασία των καταναλωτών η Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων έχει θεσπίσει ανώτατα επιτρεπτά όρια στην περιεκτικότητα νιτρικών στο μαρούλι (Ε.Κ. 563/2002). Συγκεκριμένα όπως ήδη έχει αναφερθεί η ανώτερη τιμή περιεκτικότητας νιτρικών για συγκομιδή από 1 Οκτωβρίου έως 31 Μαρτίου καθορίζεται στα 4500 ppm σε νωπό βάρος για υπό κάλυψη καλλιέργειες.

Η συσσώρευση των νιτρικών στα φύλλα είναι άμεσα εξαρτώμενη από διάφορους παράγοντες, όπως η ποικιλία, η εποχή καλλιέργειας, η διάρκεια του φωτισμού, η βροχόπτωση, η θερμοκρασία, το μέρος του φύλλου και κυρίως η ποσότητα και το είδος των χρησιμοποιούμενων λιπασμάτων.

Το καλοκαίρι οι συγκεντρώσεις νιτρικών είναι χαμηλότερες απ' ότι το χειμώνα, δεδομένου ότι η μεγάλη διάρκεια φωτισμού, η υψηλή θερμοκρασία και η χαμηλή βροχόπτωση οδηγούν στη συσσώρευση λιγότερων νιτρικών στα φύλλα (Byrne 2002).

Σκοπός των πειραμάτων ήταν η μελέτη της επίδρασης της αζωτούχου λίπανσης στη συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στα φύλλα του μαρουλιού κατά το στάδιο συγκομιδής τους.

Υλικά και μέθοδοι

Το πείραμα εγκαταστάθηκε σε υαλόφρακτο θερμοκήπιο του ΤΕΙ Μεσολογγίου, σε ανοιχτό υδροπονικό σύστημα πάνω σε αδρανές υπόστρωμα πετροβάμβακα κατά τη χρονική περίοδο Σεπτέμβριο – Οκτώβριο 2005. η ποικιλία μαρουλιού που χρησιμοποιήθηκε ήταν Paris Island Cos.

Σπόρος μαρουλιού της παραπάνω ποικιλίας σπάρθηκε αρχές Σεπτεμβρίου σε κιβώτια σποράς γεμισμένα με υπόστρωμα φυτοχώματος. Η τοποθέτηση των σπόρων έγινε επιφανειακά, λόγω του μικρού τους μεγέθους και καλύφθηκαν ελαφρά με μέρος του υποστρώματος. Στη συνέχεια τα κιβώτια σποράς τοποθετήθηκαν σε φωτεινό θάλαμο θερμοκρασίας 21°C και το υπόστρωμα διατηρούνταν συνεχώς υγρό για να διευκολυνθεί η βλάστηση των σπόρων. Μετά από 4 ημέρες οι σπόροι φύτρωσαν και 6 ημέρες αργότερα έγινε η πρώτη μεταφύτευση των σπορόφυτων σε μικρά γλαστράκια από jiffy γεμισμένα με μικρή ποσότητα φυτοχώματος. Κατά τη μεταφύτευση επιλέχθηκαν τα καλύτερα και υγιέστερα σπορόφυτα. Στη συνέχεια τα σπορόφυτα μεταφέρθηκαν στο σπορείο του θερμοκηπίου μέχρι να μεταφυτευτούν μετά από δύο επιπλέον εβδομάδες στην οριστική τους θέση στο θερμοκήπιο σε υδροπονικό σύστημα.

Κατά την παραμονή των σπορόφυτων στο σπορείο δεχόταν τακτικά ποτίσματα με μικρές ποσότητες νερού, ώστε να αποφευχθούν τήξεις των νεαρών φυταρίων από υπερβολική υγρασία. Πριν τη μεταφύτευση πραγματοποιήθηκε ριζοπότισμα με μυκητοκτόνο (Previcur – Toram) για πρόληψη μυκητολογικών προσβολών στο λαιμό και τη ρίζα των φυτών.

Κατά τον χρόνο παραμονής των σπορόφυτων στο σπορείο, γινόταν και η διαμόρφωση του χώρου του θερμοκηπίου για να υποδεχτεί την καλλιέργεια. Προετοιμάστηκαν 15 κανάλια ανάπτυξης των φυτών, τα οποία καλύφθηκαν με πλαστικό φύλλο πολυαιθυλενίου, λευκό από την πάνω και μαύρο από την κάτω επιφάνεια (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: Υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού σε κανάλια

Τα κανάλια ήταν από γαλβανισμένο σίδηρο και τοποθετημένα το καθένα πάνω σε σιδερένια βάση που εξασφάλιζε κλίση του καναλιού, έτσι ώστε να απορρέει το πλεονάζον απ' το υπόστρωμα θρεπτικό διάλυμα και να συγκεντρώνεται στο ένα μέρος του καναλιού, να συλλέγεται εύκολα και να μπορεί να απομακρυνθεί από το χώρο του θερμοκηπίου. Μέσα στα κανάλια τοποθετήθηκαν πλάκες πετροβάμβακα καλυμμένες με πλαστικό, διαστάσεων 100 cm x 25 cm x 7,5 cm. Σε κάθε κανάλι τοποθετήθηκαν 4 πλάκες.

Αφού οι πλάκες του πετροβάμβακα τοποθετήθηκαν στα κανάλια, ανοίχτηκαν οπές στην πάνω επιφάνεια του πλαστικού περιτυλίγματός τους στα

σημεία που επρόκειτο να τοποθετηθούν τα φυτά. Οι οπές ήταν ανάλογες με το μέγεθος των κύβων ανάπτυξης των σπορόφυτων στο σπορείο.

Στη συνέχεια εγκαταστάθηκε και το σύστημα άρδευσης στα κανάλια που αποτελούνταν από πλαστικούς σωλήνες διαστάσεων Φ_{25} τοποθετημένους κατά μήκος του καναλιού και σε κάθε θέση φυτού υπήρχε σταλάκτης τύπου spraggeti παροχής 4 lt/h στερεωμένος στη θέση του φυτού με λόγχη. Οι σωλήνες αυτοί (Φ_{25}) ήταν συνδεδεμένοι με δοχείο όπου ετοιμάστηκε το θρεπτικό διάλυμα και μετέφεραν με τη βοήθεια αντλίας το θρεπτικό διάλυμα στα φυτά.

Μετά την τοποθέτηση των υποστρωμάτων στο χώρο καλλιέργειας και την προετοιμασία του θρεπτικού διαλύματος, τέθηκε σε λειτουργία το σύστημα παροχής του διαλύματος και το υπόστρωμα διαβράχθηκε με θρεπτικό διάλυμα μέχρι να κορεστεί πλήρως.

Μια μέρα μετά τον κορεσμό του υποστρώματος με διάλυμα, στο κάτω μέρος των πλακών του πετροβάμβακα ανοίχτηκαν δύο κάθετες σχισμές με ξυράφι στο πλαστικό, ώστε να απορρέει το διάλυμα που δε συγκρατείται από το υπόστρωμα και περισσεύει μετά από κάθε πότισμα. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν τα φυτά και οι σταλάκτες σε κάθε φυτό.

Μετά την παρέλευση δύο ημερών από τη μεταφύτευση τέθηκε σε λειτουργία ξανά το σύστημα παροχής του θρεπτικού διαλύματος, αρχικά με μία άρδευση την ημέρα για 2 λεπτά, ενώ καθώς τα φυτά μεγάλωναν και ανάλογα με τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες, αυξανόταν η συχνότητα και ο χρόνος άρδευσης. Στο τέλος της καλλιέργειας οι αρδεύσεις γινόταν 4 φορές την ημέρα (στις 8.30 π.μ., 10.30 π.μ., 12.30 μ.μ. και 15.30 μ.μ.) για 3-4 λεπτά τη φορά.

Τα θρεπτικά διαλύματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν πέντε διαφορετικά ως προς τη συγκέντρωση $\text{NO}_3\text{-N}$ σε πέντε διαφορετικά δοχεία και το κάθε δοχείο τροφοδοτούσε τρία διαφορετικά κανάλια τα οποία αποτελούσαν τις τρεις επαναλήψεις μας. Τα θρεπτικά διαλύματα είχαν όλα την ίδια σύσταση σε θρεπτικά στοιχεία και διέφεραν μόνο ως προς τη συγκέντρωση $\text{NO}_3\text{-N}$, η οποία διαμορφώθηκε αντίστοιχα στα επίπεδα των 20, 80, 140, 200, 260 ppm N (Εικόνα 2,3,4,5,6). Επίσης, το θρεπτικό διάλυμα των 20 ppm N υπολείπονταν σε συγκέντρωση Ca συγκριτικά με τα άλλα θρεπτικά διαλύματα, διότι λόγω της

χαμηλής συγκέντρωσης του N αναγκαστικά συγκρατήθηκε και η συγκέντρωση Ca, αφού το χρησιμοποιούμενο υδατοδιαλυτό λίπασμα για προσθήκη Ca είναι η ασβεστούχος νιτρική αμμωνία.



Εικόνα 2 Καλλιέργεια μαρουλιού εφοδιασμένη με θρεπτικό διάλυμα που περιέχει 20 ppm N



Εικόνα 3. Καλλιέργεια μαρουλιού εφοδιασμένη με θρεπτικό διάλυμα που περιέχει 80 ppm N



Εικόνα 4. Καλλιέργεια μαρουλιού εφοδιασμένη με θρεπτικό διάλυμα που περιέχει 140 ppm N



Εικόνα 5. Καλλιέργεια μαρουλιού εφοδιασμένη με θρεπτικό διάλυμα που περιέχει 200 ppm N



Εικόνα 6. Καλλιέργεια μαρουλιού εφοδιασμένη με θρεπτικό διάλυμα που περιέχει 260 ppm N

Το καθένα λοιπόν από τα χρησιμοποιούμενα θρεπτικά διαλύματα εκτός από το NO₃-N περιείχε την εξής σύσταση σε μακροστοιχεία και ιχνοστοιχεία:

ΜΑΚΡΟΣΤΟΙΧΕΙΑ

H ₂ PO ₄ -O:	1,00 meq/lt	(31 ppm P)
SO ₄ -S:	2,25 meq/lt	(36 ppm S)
NH ₄ -N:	0,50 meq/lt	(7 ppm N)
K:	5,00 meq/lt	(185 ppm K)
Ca:	4,50 meq/lt	(90 ppm Ca)
Mg:	1,50 meq/lt	(18 ppm Mg)

ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ

Fe:	35 μmol	(2 ppm Fe)
Mn:	5 μmol	(0,28 ppm Mn)
Zn:	3 μmol	(0,2 ppm Zn)
Cu:	0,5 μmol	(0,03 ppm Cu)
B:	20 μmol	(0,22 ppm B)
Mo:	0,5 μmol	(0,5 ppm Mo)

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του διαλύματος σε όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας ήταν 2,1 dS/m.

Το pH του διαλύματος διατηρήθηκε στα 5,5 , ενώ το pH στον χώρο ανάπτυξης των ριζών ήταν 6,0.

Η συγκομιδή των φυτών έγινε μετά από 50 περίπου ημέρες νωρίς το πρωί με κοπή των κεφαλών τους από τη βάση τους. Η συγκομιδή περιλάμβανε 10 φυτά από κάθε επέμβαση και από κάθε επανάληψη. Στη συνέχεια, έγινε μεταφορά των φυτών στο εργαστήριο και, αφού ζυγίστηκαν, έγινε διαχωρισμός

των φύλλων του κάθε μαρουλιού σε εξωτερικά και εσωτερικά. Τόσο τα εξωτερικά όσο και τα εσωτερικά φύλλα κάθε φυτού χωρίστηκαν σε τρία ίσα μέρη (βάση, άκρη και μίσχος). Μετρήθηκε το νωπό βάρος του κάθε μέρους σε ζυγαριά ακριβείας και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν στον φούρνο μέσα σε χάρτινα σακουλάκια για ξήρανση στους 65°C για 3 ημέρες. Στη συνέχεια μετρήθηκε το ξηρό τους βάρος και ακολούθησε λειοτριβήση των δειγμάτων σε ειδικό μύλο.

Τέλος έγινε ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των νιτρικών στο εργαστήριο Βοτανικής του ΤΕΙ Μεσολογγίου, από τα ξερά λειοτριβιμένα δείγματα. Ο προσδιορισμός αυτός πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τη χρωματομετρική μέθοδο AOAC Official methods of Analysis (1995). Κατά την παραπάνω μέθοδο έγινε αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη μέσω στήλης καδμίου (Εικόνα 7), ανάπτυξη χρώματος και μέτρηση του χρώματος των διαλυμάτων των δειγμάτων στα 540 nm σε φασματοφωτόμετρο, χρησιμοποιώντας ως πρότυπα για σύγκριση, διαλύματα γνωστής συγκέντρωσης σε νιτρώδη.



Εικόνα 7: Στήλη καδμίου, όπου έγινε η αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη

Αναλυτικά η διαδικασία μέτρησης νιτρικών ιόντων ήταν η ακόλουθη:

Αρχικά έγινε η προετοιμασία των δειγμάτων, κατά την οποία ζυγίστηκαν 0,5gr του κάθε δείγματος σε ζυγαριά ακριβείας, στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε δοχείο όγκου 50 ml, προστέθηκαν 10 ml εκχυλιστικό διάλυμα (50 gr CdCl_2 , 50 gr BaCl_2 σε 30 ml H_2O ρυθμισμένο με HCL σε $\text{pH}=1$). Μετά από μία ώρα ανάδευσης προστέθηκαν 4ml NaOH 2,5 N για κατακρήμνιση οργανικού αζώτου και 6 ml H_2O . Συνεχίστηκε η ανάδευση για μισή ώρα επιπλέον και στη συνέχεια σε φιάλες των 50 ml που περιείχαν 10 ml Buffer (50gr NH_4Cl αραιωμένο σε νερό και ρυθμισμένο σε $\text{pH}=9,6$ με NH_4OH) και 15 ml H_2O έγινε με γρήγορο ρυθμό διήθηση 25 ml από το κάθε δείγμα, μέχρι συμπλήρωσης τελικού όγκου 50 ml στη φιάλη.

Αφού έγιναν οι απαραίτητες αραιώσεις, ακολούθησε η διαδικασία μέτρησης των δειγμάτων από τις στήλες. Πριν τη χρησιμοποίηση των στηλών, έγιναν οι απαραίτητες πλύσεις. Την πρώτη φορά πλύθηκαν με 25 ml HCl 0.1 N και στη συνέχεια περάστηκαν 3 φορές από 25 ml με απιονισμένο νερό και κατόπιν 3 φορές από 25 ml με Buffer.. Αμέσως μετά περάστηκαν από τη στήλη 20ml του δείγματος και μετά το τέλος του δείγματος 15 ml NaCl . Η συλλογή τους έγινε σε φιάλες των 50 ml. Μετά το κάθε δείγμα που περνούσε η στήλη πλενόταν με 25 ml H_2O (2 φορές) και στη συνέχεια με 25 ml Buffer 1/9 και η διαδικασία επαναλαμβάνονταν εξολοκλήρου για κάθε επόμενο δείγμα.

Ανάπτυξη χρώματος δειγμάτων

Στις φιάλες όπου είχαν συλλεχθεί τα δείγματα προστέθηκαν 5 ml Sulfanilamide (1.25 gr Sulfanilamide σε 250 ml HCL 1/1) και αφού έμειναν για τρία λεπτά, προστέθηκαν 2 ml Coupling (N-(1-naphthyl)ethyl-enediamine HCL (1-(1 Naphthyl-ethylendiamindihydrochlorid) και H_2O μέχρι τελικού όγκου 50 ml για την ανάπτυξη χρώματος (Εικόνα 8).

. Στη συνέχεια τα δείγματα αφήνονταν για 20 λεπτά και μετρούνταν η απορρόφηση στο φασματοφωτόμετρο στα 540 nm στους 20⁰ C (Εικόνα 4). Στο τέλος, εφόσον οι στήλες δεν επρόκειτο να ξαναχρησιμοποιηθούν, αφήνονταν πάντα με NaCl. Κάθε 2-3 ημέρες οι στήλες έπρεπε να πλένονται, άσχετα με το αν θα περνούσαν από αυτές δείγματα, έτσι ώστε να μην καταστραφούν και πάντα στο τέλος έμεναν με αλάτι.



Εικόνα 8 :Ανάπτυξη χρώματος διαλυμάτων.



Εικόνα 9 Φασματοφωτόμετρο, όπου έγινε η μέτρηση του χρώματος των διαλυμάτων.

Αποτελέσματα

Από τις μετρήσεις που έγιναν, προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, ο αριθμός των φύλλων αυξάνει σταδιακά από τη μεταχείριση των 20 ppm, όπου είναι 26 φύλλα, ως τη μεταχείριση των 260 ppm, που φτάνει τα 39 φύλλα. Μεταξύ των 140 και 200 ppm δεν υπάρχει σημαντική στατιστική διαφορά όσον αφορά τον αριθμό των φύλλων. Αντίστοιχα το νωπό βάρος από 44,47gr στα 20 ppm αυξάνει μέχρι τα 248,5 gr στα 260 ppm. Στατιστικά σημαντική διαφορά υπάρχει μεταξύ 20 και 80 ppm καθώς επίσης και μεταξύ των 200-260 ppm N.

Πίνακας 1 Αριθμός φύλλων – νωπά /ξηρά βάρη μαρουλιού *

<i>ΕΠΙΠΕΔΑ N</i>	<i>Αριθμός φύλλων</i>	<i>Νωπό Βάρος</i>	<i>Ξηρό βάρος</i>
20 ppm	26 a	44,47 a	3,47 a
80 ppm	30 b	115,79 b	6,38 b
140 ppm	35 c	148,58 bc	8,68 c
200 ppm	35 c	167,19 c	9,25 c
260 ppm	39 d	248,59 d	13,16 d

Από τα αποτελέσματα του Πίνακα 2 βλέπουμε τις συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων τόσο για τα τρία διαφορετικά μέρη των εσωτερικών φύλλων(βάση -άκρη- μίσχος) όσο και για των εξωτερικών φύλλων του μαρουλιού. Καθώς λοιπόν αυξάνουν τα επίπεδα της αζωτούχου λίπανσης, παρατηρείται αύξηση της συσσώρευσης των νιτρικών ιόντων, η οποία είναι στατιστικά σημαντική μεταξύ όλων των επιπέδων χορηγούμενου αζώτου. Αυτό συμβαίνει και για τα τρία μέρη του φύλλου.

* Οι τιμές που φέρουν το ίδιο γράμμα στα αποτελέσματα του πίνακα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Φάνης Α. Τσαπικούνης 1995, Θρέψη -λίπανση των φυτών, μέρος Α: Έδαφος -νερό, Βάρδα.

Byrne C., Macher M. J., Hennerty M. J., 2000. Nitrate levels in greenhouse lettuce. Teagase, Kinsealy Research Center, Research Report for 1999, 49-51.

Byrne C., Macher M. J., Hennerty M. J., 2000. Influence of fertilization on the nitrate content of glasshouse lettuce. Irish journal of Agricultural and Food Research, 38(2):300.

Θερίος Ι, 1986, Σημειώσεις Θρέψης φυτού και λιπασμάτων.

Μιχελάκη Ν, 1988., Συστήματα αυτόματης άρδευσης -άρδευση με σταγόνες, Αθήνα.

FAO 1989, Fertilizer and food production.

Edward Mucl, Hydroponic Nutrients, Growers Press inc, 1993

Υπουργείο Γεωργίας, 1998 Κώδικας ορθής γεωργικής πρακτικής για την προστασία των νερών από τη νιτρορρύπανση

Μαυρογιαννόπουλος Γεώργιος 1994, Υδροπονικές καλλιέργειες και θρεπτικά διαλύματα, εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα.

Σάββας Δημήτριος, 1998, Σημειώσεις Λαχανοκομίας IV, ΤΕΙ Ηπείρου.

Walls G. Ian 1993, The complete book of the greenhouse, Grower Books.