

ΤΕΙ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ ΤΜΗΜΑ:ΘΕΚΑ
ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ & ΑΝΘΟΚΟΜΙΑ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Βιβλιοθήκη ΤΕΙ/Μ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΖΩΤΟΥΧΟΥ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΑ ΤΗΣ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ



ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ :ΣΑΛΑΧΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ :ΑΥΔΗ ΜΕΡΟΠΗ

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2004



**ΤΕΙ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ ΤΜΗΜΑ:ΘΕΚΑ
ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ &ΑΝΘΟΚΟΜΙΑ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΖΩΤΟΥΧΟΥ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗ
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΑ ΤΗΣ
ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ**

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ :ΣΑΛΑΧΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ:ΑΥΔΗ ΜΕΡΟΠΗ

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2004

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΗ ΦΥΣΗ:	5
1. Δέσμευση ατμοσφαιρικού αζώτου (αζωτοδέσμευση).....	6
2. Παράγοντες που επηρεάζουν τη δέσμευση αζώτου στο έδαφος	7
3. Αποικοδόμηση οργανικού αζώτου στο έδαφος (νιτροποίηση).....	7
4. Μετατροπή των νιτρικών αλάτων του εδάφους σε	
5. ατμοσφαιρικό(απονιτροποίηση).....	8
6. Διέλευση νιτρικών μέσω των τροφικών αλυσίδων.....	8
7. Απομάκρυνση νιτρικών του εδάφους μέσω της έκπλυσης.....	8
8.	
ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΑΠΟ ΤΑ ΦΥΤΑ:	10
1. Ρόλος αζώτου στα φυτά.....	11
2. Σχέση χορηγούμενου αζώτου και φυτικής αύξηση.....	11
ΤΑ ΝΙΤΡΙΚΑ – ΝΙΤΡΩΔΗ ΣΤΑ ΦΥΤΑ:	13
Ανώτατα επιτρεπτά όρια συγκέντρωσης νιτρικών στα λαχανικά και στο νερό.....	13
ΤΑ ΝΙΤΡΙΚΑ – ΝΙΤΡΩΔΗ ΣΤΟ ΣΥΝΤΗΡΗΜΕΝΟ ΚΡΕΑΣ:	16
1. Γενικά.....	16
2. Συγκέντρωση και τοξικότητα των νιτρικών-νιτρωδών στο συντηρημένο	
3. κρέας	
.....	17
ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ –ΝΙΤΡΩΔΩΝ ΣΤΑ ΖΩΑ:	18
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΝΙΤΡΩΔΩΝ ΑΛΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ:	20
1. Γενικά.....	20
2. Νιτρικά και μεθαμοσφαιριναμία.....	21
Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ:	23
1. Συνθήκες και περιποιήσεις στο θερμοκήπιο.....	23
2. θερμοκρασία αέρος	23
3. Θερμοκρασία εδάφους	24
4. Υγρασία αέρα.....	24

5. Εμπλουτισμός με CO ₂	24
6. Εδαφοκάλυψη.....	25
7. Πότισμα.....	25
8. Επιφανειακή λίπανση.....	25
ΓΟ ΦΟΡΗΤΟ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΟΜΕΤΡΟ.....	27
Αρχή λειτουργίας του SPAD 502.....	27
ΓΟ ΦΟΡΗΤΟ CARDY METER.....	30
1. Ρύθμιση.....	30
2. Μέτρηση του δείγματος.....	31
3. Ηλεκτρόδια.....	31
4. Μετρήσεις στον κυτταρικό χυμό.....	31
ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ.....	33
1. Γενικά.....	33
2. Εξοπλισμός υδροπονικών εγκαταστάσεων.....	35
3. Υποστρώματα υδροπονίας.....	37
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ.....	38
1. Καλλιέργεια σε θρεπτικό διάλυμα.....	38
2. Καλλιέργεια σε κοκκώδη ανόργανα υποστρώματα.....	40
3. Καλλιέργεια σε πλάκες ορυκτοβάμβακα.....	41
4. Καλλιέργεια σε οργανικά ή μείγματα οργανικών και ανόργανων υλικών.....	42
ΑΡΔΕΥΣΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.....	43
1. Ρύθμιση προγράμματος άρδευσης.....	43
2. Άρδευση υδροπονικών καλλιεργειών που αναπτύσσονται σε στερεό υπόστρωμα.....	43
ΕΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	45
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	46
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ.....	49
1. Μετρήσεις συγκέντρωσης χλωροφυλλών στα φύλλα βιοχημικά στο εργαστήριο.....	49
2. Μετρήσεις ξηρού και ναπού βάρους των φύλλων.....	49
3. Μετρήσεις της συγκέντρωσης νιτρικών στον κυτταρικό χυμό του μίσχου.....	49
4. Μετρήσεις της συγκέντρωσης στον καρπό και στο φλοιό του καρπού.....	50
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ -ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	51

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....57

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....59

Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

Το άζωτο είναι ένα χημικό στοιχείο που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς αποτελεί βασικό συστατικό στοιχείο και για τους ζωντανούς οργανισμούς όσο και για την ατμόσφαιρα της οποίας αποτελεί το 80% κ.ο.

Η ατμόσφαιρα, πάνω από 10 στρέμματα εδάφους περιέχει 35000 τόνους στοιχειακό άζωτο.

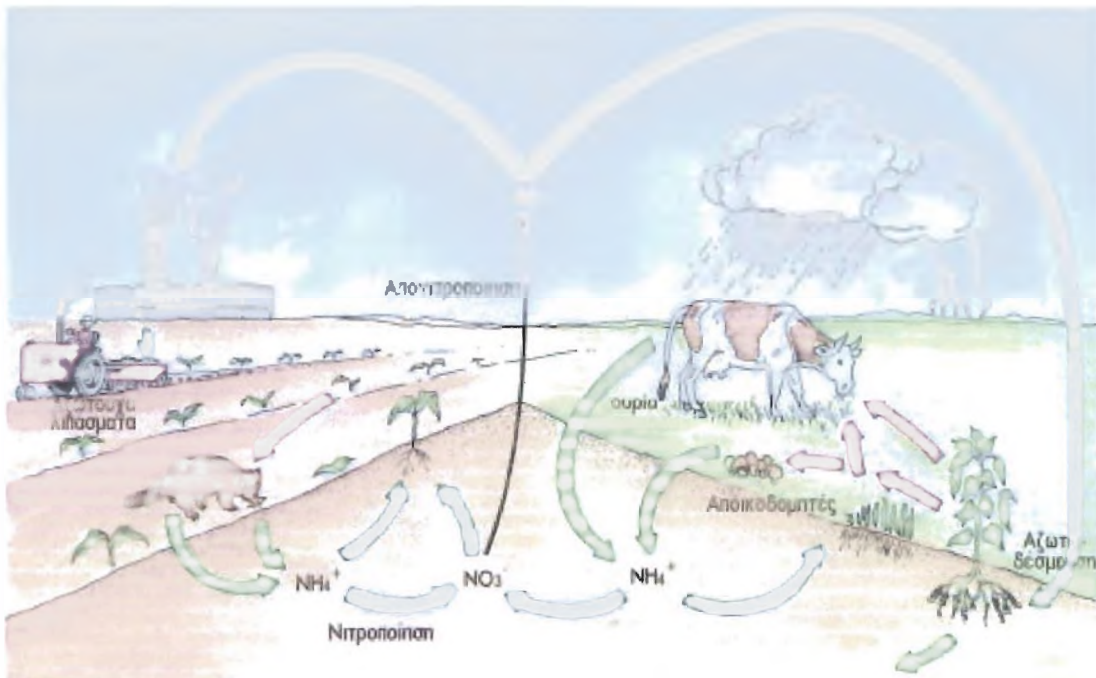
Συμμετέχει στο μόριο των νουκλεοτιδίων και αμινοξέων που αποτελούν τα δύο δομικά συστατικά των νουκλεϊκών οξέων και των πρωτεϊνών αντίστοιχα καθώς και στο μόριο της χλωροφύλλης. Ονομάστηκε άζωτο γιατί χωρίς αυτό δεν μπορεί να υπάρξει ζωή.

Ο κύκλος του αζώτου αποτελεί παράδειγμα ιδιαίτερα σύνθετου αέριου κύκλου και είναι πιθανότατα ο πληρέστερος όλων των κύκλων των θρεπτικών στοιχείων καθώς έχει πολλούς αυτορυθμιζόμενους μηχανισμούς.

Περιλαμβάνει διάφορες αλλαγές από το στοιχειακό ατμοσφαιρικό άζωτο σε ανόργανο, σε οργανικό και αντίστροφα.

Όπως και στην περίπτωση του κύκλου του άνθρακα, η βασική δεξαμενή αποθήκευσης είναι η ατμόσφαιρα ενώ η δεξαμενή ανταλλαγής λειτουργεί ανάμεσα στους οργανισμούς και στο έδαφος. Σε αντίθεση όμως με τον κύκλο του άνθρακα η πρόσληψη του αζώτου απ' τα φυτά δεν μπορεί να γίνει άμεσα απ' τον αέρα. Προτού γίνει διαθέσιμο στην δεξαμενή ανταλλαγής πρέπει να πάρει τη μορφή χημικών ενώσεων όπως είναι τα νιτρικά άλατα. Η διαδικασία αυτή εμπεριέχει πολλούς και πολύπλοκους μηχανισμούς.

Οι πολύπλοκες αντιδράσεις που εμπλέκονται στην δέσμευση και αποδέσμευση του αζώτου στο σύστημα έδαφος-φυτό διασφαλίζονται από τη δράση διαφορετικών ομάδων βακτηρίων σε τρεις κύριες διαδικασίες: **την αζωτοδέσμευση, την νιτροποίηση και την απονιτροποίηση**. Οι διαδικασίες αυτές φαίνονται και στο σχήμα (1). Στη διαδικασία της αζωτοδέσμευσης-οι μικροοργανισμοί μετατρέπουν το ατμοσφαιρικό άζωτο σε αμμωνία ή το ενσωματώνουν σε ορισμένους φυτικούς οργανισμούς (συμβιωτικά βακτήρια). Κατά την νιτροποίηση ορισμένα βακτήρια του εδάφους μετατρέπουν την αμμωνία που προέρχεται από την αποσύνθεση των οργανικών υπολειμμάτων ζώων και φυτών σε νιτρικά τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα από τους αυτότροφους οργανισμούς. Τέλος κατά την απονιτροποίηση μέρος του άζωτο που βρίσκεται στο έδαφος ή στα νερά υπό μορφή νιτρικών αποδεσμεύεται και επιστρέφει στην ατμόσφαιρα (απονιτροποιητικά βακτήρια)



Σχ.1 Ο κύκλος του αζώτου στη φύση

1. Η δέσμευση του ατμοσφαιρικού αζώτου (αζωτοδέσμευση)

- Μέσω της δράσης εξειδικευμένων οργανισμών

Η χρησιμοποίηση του N από τους ζωντανούς οργανισμούς για τις ανάγκες του ,μέσα από τις τεράστιες δεξαμενές του αέρα ή των νερών δεν είναι μια εύκολη διαδικασία ,επειδή ελάχιστες κατηγορίες μικροοργανισμών είναι σε θέση να δεσμεύσουν το άζωτο στη μορφή αυτή και να το χρησιμοποιήσουν άμεσα .Λειτουργούν είτε μόνοι τους στο έδαφος (π.χ. αζωτοβακτήρια) είτε συμβιωτικά με ένα φυτό κυρίως με αυτά της οικογένειας των ψυχανθών όπως είναι το τριφύλλι , το μπιζέλι, ο βίκος κ.τ.λ. Τα βακτήρια δεσμεύουν το άζωτο (π.χ. το *rizobium*) και σχηματίζεται από εξογκώματα στις ρίζες ,γνωστά ως ριζοφυμάτια .Μέσα σε αυτά τα ριζοφυμάτια σχηματίζονται τα νιτρικά ιόντα τα οποία είτε χρησιμοποιούνται απ' τα φυτά είτε αποβάλλονται στο έδαφος .Για το λόγο αυτό τα ψυχανθή είναι πολύ σημαντικά στις αμψεισπορές που γίνονται με στόχο τη διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους .

- Μέσω της δράσης των ηλεκτρικών εκκενώσεων

Η ηλεκτρική δραστηριότητα κατά τη διάρκεια των καταιγίδων προκαλεί τη μετατροπή του ατμοσφαιρικού αζώτου σε νιτρικά .Αυτός ο τύπος δέσμευσης είναι ελάσσονος σημασίας όταν συγκρινόμενος με τον αντίστοιχο που οφείλεται στις βιολογικές δραστηριότητες και συνεισφέρει κατά ένα πολύ μικρό

μικρό μόνο ποσοστό στην συνολική ποσότητα νιτρικών που κυκλοφορούν στα οικοσυστήματα .

2. Παράγοντες που επηρεάζουν τη δέσμευση του αζώτου μέσω των βακτηρίων στο έδαφος

- Το μολυβδαίνιο είναι απαραίτητο στοιχείο για τη δέσμευση του αζώτου
- Κάτω από pH 4.5 η δέσμευση σταματάει
- Η δέσμευση αναχαιτίζεται με την προσθήκη αζωτούχων λιπασμάτων
- Η θερμοκρασία του εδάφους επιδρά στο ρυθμό δέσμευσης του αζώτου και είναι άριστη όταν κυμαίνεται μεταξύ 25-35⁰C
- Ο κλώνος του βακτηρίου .Υπάρχουν ειδικοί κλώνοι που εμβολιάζονται στο σπόρο κάθε είδους ψυχανθών (εξειδίκευση στο είδος του φυτού)

Το επίπεδο του ολικού αζώτου στο έδαφος μπορεί να κυμαίνεται από 1% ή περισσότερο έως 0,1% ,ενώ εκείνο του νιτρικού αζώτου βρίσκεται μεταξύ 2-20 ppm

Η ποσότητα του νιτρικού αζώτου στα συνήθη εδάφη είναι πάντοτε μικρή και αποτελεί το προϊόν της ισορροπίας μεταξύ της ταχύτητας του σχηματισμού των νιτρικών και της απομάκρυνσης τους (προσλαμβάνονται κυρίως απο τα φυτά και απομακρύνονται με τα νερά της έκπλυσης) . Η περιεκτικότητα του εδάφους σε νιτρικά παρουσιάζει ένα μέγιστο στις αρχές του καλοκαιριού κατόπιν ελαττώνεται και εμφανίζει ένα δεύτερο μέγιστο στις αρχές του φθινοπώρου .

3. Η αποικοδόμηση του οργανικού αζώτου στο έδαφος (νιτροποίηση)

- ✱ Το άζωτο βρίσκεται στους ζωντανούς οργανισμούς, δεσμευμένο σε μεγαλομοριακές ενώσεις πλούσιες σε ενέργεια. Η διάσπαση αυτών των ενώσεων σε νιτρικά, προσφέρει ενέργεια σε ορισμένους μικροοργανισμούς. Η διαδικασία αυτή της απελευθέρωσης ενέργειας ονομάζεται **Αμμωνιοποίηση**. Αποτελείται από πολλά στάδια, που το κάθε ένα πραγματοποιείται με τη βοήθεια ειδικών βακτηρίων.
- ✱ Οι πρωτεΐνες μετατρέπονται αρχικά σε αμινοξέα απο τα οποία απελευθερώνονται τα μεταλλικά στοιχεία. Η διαδικασία αυτή γνωστή ως **ανοργανοποίηση** απαιτεί τη δράση μεγάλου φάσματος βακτηρίων και μυκήτων.
- ✱ Τα αμινοξέα στη συνέχεια αποδομούνται περαιτέρω παράγοντας αμμωνία ή ιόντα αμμωνίου (**αμμωνιοποίηση**). Στη συνέχεια ορισμένα βακτήρια του εδάφους ,(π.χ. Nitrosomonas) με μια διαδικασία που ονομάζεται **νιτροποίηση** μετατρέπουν την αμμωνία σε νιτρώδη .

Τα νιτρώδη του εδάφους, μετατρέπονται συνήθως γρήγορα σε νιτρικά (με τη βοήθεια βακτηρίων)τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα από τους αυτότροφους οργανισμούς (κυρίως από τα φυτά) συμπληρώνοντας με τον τρόπο αυτό έναν κύκλο μέσα στη δεξαμενή ανταλλαγής.

4. Η μετατροπή των νιτρικών του εδάφους σε ατμοσφαιρικό άζωτο (απονιτροποίηση)

Στην περίπτωση που τα νιτρικά δεν απορροφηθούν απ' τα φυτά μπορεί να χαθούν από τη δεξαμενή ανταλλαγής. Μέρος των νιτρικών που βρίσκονται στα εδάφη ή στα νερά αποδεσμεύονται και επιστρέφουν στην ατμόσφαιρα υπό μορφή αερίου N_2 . Αυτή η συνολική πορεία ονομάζεται **απονιτροποίηση** και πραγματοποιείται με τη δράση μιας άλλης κατηγορίας μικροοργανισμών, των απονιτροποιών βακτηρίων. Τα βακτήρια αυτά ζουν σε μέρη όπου δεν υπάρχει οξυγόνο όπως είναι οι εκβολές των ποταμών, οι βυθοί των εύφορων λιμνών, τμήματα του θαλάσσιου βυθού και βαλτώδη εδάφη. Τα απονιτροποιά βακτήρια καταναλώνουν ενέργεια και μετατρέπουν τα νιτρικά ιόντα σε νιτρώδη, μετά σε αμμωνία και τελικά σε άζωτο.

5. Η διέλευση των νιτρικών μέσα από τις τροφικές αλυσίδες

Τα νιτρικά χρησιμοποιούνται από τα φυτά για τη σύνθεση των πρωτεϊνών τους. Προσλαμβάνονται είτε απευθείας απ' τα ριζοφυμάτια, εάν υπάρχουν, είτε από το έδαφος. Τα νιτρικά που αφομοιώνονται από τα φυτά για να σχηματίσουν τις πρωτεΐνες μέσω των τροφικών αλυσίδων περνούν στο οικοσύστημα.

Μέσα σε κάθε ετεροτροφικό επίπεδο υπάρχει πάντα μερική απώλεια αζώτου κατά την έκκριση νιτρικών ουσιών με τα ούρα και τα περιττώματα. Το αζωτούχο περιεχόμενο της οργανικής ύλης επιστρέφει τελικά στο αβιοτικό τμήμα του οικοσυστήματος όταν αποσυντίθενται τα φυτά, τα ζώα και τα απορρίμματα.

6. Η απομάκρυνση των νιτρικών του εδάφους μέσω της έκπλυσης

♦ Εάν τα νιτρικά δεν απορροφηθούν από τα φυτά μπορεί να ξεπλυθούν από το έδαφος μέσω των βροχών (διαδικασία γνωστή ως απόπλυση). Με τον τρόπο αυτό τα νιτρικά μεταφέρονται στα ποτάμια και τελικά χάνονται στις λίμνες και στα ρηχά θαλάσσια ιζήματα.

♦ Σε ορισμένες περιοχές, όπως για παράδειγμα έξω απ' τις ακτές του Περού υπάρχουν θαλάσσια ρεύματα που αναμιγνύουν το νερό και εμπλουτίζουν τα θαλάσσια οικοσυστήματα. Τα νιτρικά μπορεί να περάσουν στις θαλάσσιες τροφικές αλυσίδες και να επιτρέψουν στη χέρσο με τα περιττώματα που

πέφτουν από τα θαλασσοπούλια. Τα περιπτώματα αυτά γνωστά με το όνομα Γκουανό αποτελούσαν κάποτε μια πολύ βασική πηγή αζωτούχου λίπανσης.

♦ Εάν τα νιτρικά που βρίσκονται στα ρηχά θαλάσσια ιζήματα δεν ανακυκλωθούν ως Γκουανό μπορεί να χαθούν σε βαθιά ιζήματα και να καταστούν απρόσιτα στη δεξαμενή ανταλλαγής για εκατομμύρια χρόνια. Η απώλεια αυτή αντισταθμίζεται εν μέρει από την απελευθέρωση αερίου αζώτου από τα ηφαίστεια.

♦ Η χρήση των συνθετικών νιτρικών λιπασμάτων σε τεράστιες ποσότητες έχει επιταχύνει τη διαδικασία απώλειας των νιτρικών με την έκλυση και έχει δημιουργήσει μια εν δυνάμει ανισορροπία στο σύστημα.

ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΑΠΟ ΤΑ ΦΥΤΑ

Το άζωτο είναι από τα πιο διαδεδομένα στοιχεία στη φύση αφού υπάρχει στην ατμόσφαιρα σε αναλογία 78%. Αν και πιστεύεται ότι η μεγαλύτερη πηγή αζώτου είναι η ατμόσφαιρα (περίπου $3,8 \times 10^{15}$ τόνοι μοριακού αζώτου) γεντούτοις τα μεγαλύτερα ποσά είναι δεσμευμένα στο στερεό φλοιό της γης και τα ιζήματα (περίπου 18×10^{15} τόνοι). Παρά τις μεγάλες ποσότητες αζώτου στο έδαφος ελάχιστα ποσά απελευθερώνονται (και από αυτά πάλι πολύ μικρά ποσοστά είναι διαθέσιμα στα φυτά). Για τους αυτότροφους οργανισμούς η βασικότερη πηγή αζώτου είναι τα νιτρικά άλατα του εδάφους, μορφή με την οποία συνήθως απελευθερώνεται και διατίθεται στα φυτά. Το εδαφικό άζωτο που χρησιμοποιείται από τα φυτά προέρχεται είτε από οργανικές ουσίες που ενσωματώνονται στο έδαφος και αποσυντίθενται είτε από τη δράση ορισμένων μικροοργανισμών που προσλαμβάνουν ατμοσφαιρικό άζωτο και σχηματίζουν πρωτεΐνες και πιθανά άλλες αζωτούχες ουσίες μέσα στο σώμα τους.

Υπάρχουν δυο τύποι μικροοργανισμών που είναι υπεύθυνοι για τη δέσμευση του αζώτου στο έδαφος.

Οι μη συμβιωτικοί οργανισμοί (οργανισμοί που ζουν ελεύθεροι στη φύση)

Στους μικροοργανισμούς αυτούς υπάγονται:

- Κλωστρίδια. Είναι αναερόβιοι οργανισμοί που βρίσκονται συνήθως στα δασικά εδάφη
- Αζωτοβακτήρια. Είναι αερόβιοι οργανισμοί που συναντώνται γενικά σε $pH > 4,0$
- Κυανοπράσινα φύκη.

Οι συμβιωτικοί οργανισμοί

Είναι κυρίως είδη του *rhyzodium s.p.* (αζωτοδεσμευτικά βακτήρια) που συμβιών με τα φυτά της οικογένειας των ψυχανθών.

Το άζωτο δεσμεύεται μέσω των βακτηρίων αυτών στα φυμάτια των ριζών όπου μετατρέπεται σε αμμωνιακό.

- α. Πριν όμως μεταβολιστούν πρέπει να αναχθούν σε NH_3 . Η διαδικασία αυτή ονομάζεται αναγωγή του αζώτου και συνίσταται βασικά από τα εξής δύο στάδια: α) αναγωγή του NO_3 σε NO_2 και β) αναγωγή του NO_2 σε NH_3

Ο μηχανισμός, με τον οποίο γίνεται η αφομοίωση των NO_3 ιόντων στους ιστούς των πράσινων φυτών απαιτεί την παρουσία φωτός. Τα δύο ένζυμα που συμμετέχουν στη διαδικασία αυτή είναι η **ρεδουκτάση των νιτρικών** και η

ρεδουκτάση των νιτρωδών. Το πρώτο ένζυμο καταλύει την αναγωγή των NO_3^- σε NO_2^- ιόντα και πραγματοποιείται μέσα στο κυτόπλασμα. Η παραπέρα αναγωγή των NO_2^- σε NH_3 γίνεται μέσα στους χλωροπλάστες από τα ένζυμα **ρεδουκτάση των νιτρωδών**. Τα δύο ένζυμα λειτουργούν διαδοχικά το ένα μετά το άλλο έτσι ώστε να αποφεύγεται οποιαδήποτε συσσώρευση νιτρωδών αλάτων.



Ο ρόλος του αζώτου στα φυτά

Τα αζωτούχα λιπάσματα παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον στη Γεωργία, αφού βρέθηκε ότι η αύξηση και η παραγωγικότητα των φυτών επηρεάζεται κατά μεγάλο ποσοστό από τη διαθεσιμότητα του αζώτου. Η έλλειψη του αζώτου είναι από τα πιο συνήθη φαινόμενα, που παρατηρούνται στις καλλιέργειες. Επειδή συμμετέχει στην πρωτεϊνοσύνθεση, αλλά κυρίως στη δομή της χλωροφύλλης, τα συμπτώματα έλλειψης εμφανίζονται υπό μορφή χλώρωσης. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται κυρίως στα ηλικιωμένα κατώτερα φύλλα τα οποία ως χλωρωτικά κιτρινίζουν και πέφτουν. Τα πιο νέα φύλλα (δηλαδή τα κορυφαία) μπορεί να μη δείχνουν αρχικά αυτά τα συμπτώματα, επειδή το άζωτο μετακινείται από τα παλαιότερα προς τα νεώτερα φύλλα. Έτσι η έλλειψη του αζώτου σε ένα φυτό μπορεί να προσδίδει ελαφρώς πράσινο χρώμα στα ανώτερα φύλλα και κίτρινο στα κατώτερα. Παράλληλα με την χλώρωση αναπτύσσονται ανθοκυανίνες στους μίσχους και κατά μήκος των νεύρων του πλατύσματος των φύλλων. Ένα άλλο επίσης σύμπτωμα έλλειψης αζώτου είναι η αναστολή της αύξησης των μερών του φυτού και κυρίως των πλευρικών κλάδων επειδή αδρανοποιούνται οι πλευρικοί οφθαλμοί. Αντίθετα αύξηση της ποσότητας του αζώτου συνεπάγεται εντονότερη αύξηση του βλαστού και των φύλλων με ταυτόχρονη όμως βράχυνση της ρίζας.

Σχέση χορηγούμενου αζώτου και φυτικής αύξησης

Από πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στο πεδίο αυτό διαπιστώθηκε ότι από όλα τα θρεπτικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση του εδάφους το άζωτο προκαλεί τις πιο εντυπωσιακές μεταβολές στην

παραγωγικότητα .Η διαπίστωση αυτή ισχύει για την πλειονότητα των καλλιεργούμενων ειδών. Παρόλο που η παραγωγικότητα επηρεάζεται από την απουσία αζωτούχων θρεπτικών ουσιών ,εντούτοις η αιτία αυτή δεν πρέπει να θεωρείται και η μοναδική αφού η σύσταση του εδάφους ,οι συνθήκες του περιβάλλοντος και τα είδη που καλλιεργούνται ,αποτελούν επίσης καθοριστικούς παράγοντες .

Είναι γνωστό επίσης πως οι απαιτήσεις των φυτών σε άζωτο ποικίλουν μεταξύ των ειδών .Διαπιστώθηκε ότι οι απαιτήσεις αυτές κυμαίνονται γενικά μεταξύ 2 και 5% του ξηρού βάρους των φυτών .Όταν η παροχή αζώτου είναι μικρότερη της άριστης (τροφοπενία αζώτου) η αύξηση επιβραδύνεται ,ενώ παράλληλα αρχίζουν να εκδηλώνονται πρόωρα συμπτώματα γήρατος των ηλικιωμένων φύλλων .Αύξηση στη χορηγούμενη ποσότητα του αζώτου έχει ως αποτέλεσμα την επιβράδυνση του γήρατος και προώθηση της αύξησης του φυτού, ενώ προκαλεί και περαιτέρω μεταβολές στη μορφολογία του φυτού .Οι μορφολογικές αυτές μεταβολές γίνονται πιο εμφανείς όταν η χορήγηση του αζώτου είναι υψηλή κατά την διάρκεια των αρχικών σταδίων της αύξησης .Έτσι, η επιμήκυνση του βλαστού είναι ταχεία ενώ αντίθετα αναστέλλεται η αύξηση της ρίζας ,πράγμα που αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την πρόσληψη των θρεπτικών ουσιών και του νερού .Οι τυπικές μεταβολές που προκαλούνται από το άζωτο στη μορφολογία του φύλλου αφορούν το μήκος ,το πλάτος και την επιφάνεια του ελάσματος αυξάνουν ,ενώ το πάχος ελαττώνεται καθώς η χορηγούμενη ποσότητα αζώτου αυξάνει.

Με την αύξηση επομένως της χορηγούμενης ποσότητας του αζώτου επιμηκύνεται ο βλαστός και περιορίζεται η αύξηση της ρίζας ,έτσι ώστε μερικά ετήσια φυτά π.χ. τα αγρωστώδη να μην μπορούν να διατηρηθούν σε όρθια στάση. Οι ψηλές κατά συνέπεια δόσεις αζώτου δρουν έμμεσα ως περιοριστικός παράγοντας της παραγωγής.

ΤΑ ΝΙΤΡΙΚΑ-ΝΙΤΡΩΔΗ ΣΤΑ ΦΥΤΑ

Ανώτατα επιτρεπτά όρια συγκέντρωσης νιτρικών στα λαχανικά και στα νερά

Η ανησυχία για τις πιθανές επιπτώσεις των νιτρικών στην ανθρώπινη υγεία οδήγησε την Ευρωπαϊκή Κοινότητα να προτείνει ένα κανονισμό ο οποίος εξειδικεύει τα μέγιστα επιτρεπτά όρια της συγκέντρωσης νιτρικών σε 2 βασικά λαχανικά το μαρούλι και το σπανάκι σε πρώτη φάση. Τα όρια που προτάθηκαν στον κανονισμό EC Regulation (ν1 /3080/93 Rev.7) φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 1.

Τα όρια αυτά υπολογίστηκαν μετά από ένα ερευνητικό πρόγραμμα διάρκειας ενός έτους και επιπλέον αναλύθηκε η περιεκτικότητα νιτρικών και σε άλλα λαχανικά όπως παντζάρια ,μπρόκολα ,λευκά και κόκκινα λάχανα ,καρότα ,σέλινο ,πατάτες ,ραδίκια κ.τ.λ.

Για τα μαρούλια χρησιμοποιούνταν 8 ολόκληρα φυτά για κάθε μέτρηση ενώ για το σπανάκι δείγμα τυποποιημένο. Τα δείγματα αναλύθηκαν με υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης (hplc) με τη μέθοδο (NAMAS) με ακρίβεια προσδιορισμού τα 3ppm. Οι συγκεντρώσεις νιτρικών αναφέρονται σε ναπό βάρος. Οι αναλύσεις γίνονταν σε μια βάση καθ'όλη τη διάρκεια του έτους. Από τα αποτελέσματα των πειραμάτων αυτών καθορίστηκαν τελικά τα ανώτατα επιτρεπτά όρια συγκέντρωσης των νιτρικών στο μαρούλι και το σπανάκι.

Vegetable	Harvest period	Maximum nitrate content (mg NO ₃ /kg fresh product)
Spinach (<i>Spinacia oleracea</i> L.)	1 July 1996 to 31 December 1998	3000
	harvested 1 November to 31 March	2500
		2500
	Preserved/frozen harvested 1 April to 31 October	2000 (processed product)
	From 1 January 1999	
Lettuce (<i>Lactuca sativa</i> L.)	From 1996	
	harvested 1 November to 31 March	4500
		3500
	outdoor lettuce harvested 1 April to 31 October	2500
	harvested 1 May to 31 August	

Πίνακας 1

Τα ανώτατα επιτρεπτά όρια που έχουν καθοριστεί είναι ψηλότερα κατά την διάρκεια του χειμώνα. Και αυτό συμβαίνει επειδή η συσσώρευση νιτρικών στα φύλλα είναι μεγαλύτερη κάτω από συνθήκες μειωμένης ηλιοφάνειας. Τα νιτρικά που απορροφώνται από το ριζικό σύστημα μεταφέρονται στα φύλλα των φυτών όπου μεταβολίζονται μέσω της ρεδοκτάσης των νιτρικών και της ρεδοκτάσης των νιτρωδών (ένζυμα φωτοενεργοποιούμενα) σε νιτρώδη και αμμωνία αντίστοιχα η οποία στην συνέχεια μεταβολίζεται άμεσα σε ακετογλουταρικό οξύ και από εκεί σε αζωτούχες ενώσεις. Ο μειωμένος φωτισμός του χειμώνα έχει σαν αποτέλεσμα την χαμηλή δραστηριότητα των παραπάνω ενζύμων που οδηγεί σε αυξημένα επίπεδα νιτρικών στα φύλλα (συσσώρευση). Το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερα έντονο στις χώρες της Β.Ευρώπης σε σχέση με το νότο όπου επικρατεί αρκετή ηλιοφάνεια κατά την διάρκεια του χειμώνα. Τα ανώτατα επιτρεπτά όρια που έχουν τεθεί με

βάση τις χώρες της Β.Ευρώπης δεν συναντώνται εύκολα στις μεσογειακές χώρες. Ιδιαίτερα στην Ελλάδα δεν έχουν βρεθεί δείγματα που να ξεπερνούν τα ανώτατα επιτρεπτά όρια και κατά μέσο όρο οι μετρούμενες συγκεντρώσεις νιτρικών είναι χαμηλότερες από αυτά .

ΤΑ ΝΙΤΡΙΚΑ –ΝΙΤΡΩΔΗ ΣΤΟ ΣΥΝΤΗΡΗΜΕΝΟ ΚΡΕΑΣ

Γενικά

Για πολλούς αιώνες η συντήρηση του κρέατος γινόταν με την προσθήκη αλάτων. Τα άλατα εμποδίζουν την ανάπτυξη των βακτηρίων είτε άμεσα είτε έμμεσα μέσω της αφυδάτωσης που προκαλούν στο κρέας (τα περισσότερα βακτήρια απαιτούν ένα ελάχιστο ποσό υγρασίας για να επιβιώσουν και να αναπτυχθούν).

Καθώς διαδόθηκε η χρήση των αλάτων ως συντηρητικών του κρέατος, προτιμήθηκαν σιγά σιγά αυτά τα οποία προσέδιδαν ορισμένα επιθυμητά χαρακτηριστικά στο χρώμα και στην γεύση.

Στις αρχές του τελευταίου αιώνα διαπιστώθηκε ότι η παρουσία νιτρικών σε ορισμένα άλατα προσέδιδε καλύτερη γεύση και χρώμα στο κρέας. Αργότερα διαπιστώθηκε ότι τα νιτρικά κατά την διάρκεια της συντήρησης μετατρέπονται σε νιτρώδη από τα βακτήρια και ότι τα ίδια τα νιτρικά δεν έχουν καμιά επίδραση στο χρώμα και στην γεύση. Τα νιτρώδη χρησιμοποιούνται πιο εκτεταμένα στο βιομηχανικά συντηρούμενο κρέας ως νιτρώδες νάτριο.

Σήμερα στο συντηρούμενο κρέας προστίθενται μια σειρά από ουσίες όπως : κοινό αλάτι (NaCl) που προσδίδει γεύση, ζάχαρη, καθώς και άλλες ουσίες που προσδίδουν την χαρακτηριστική γεύση κάθε προϊόντος.

Επίσης τα περισσότερα προϊόντα καπνίζονται για να πάρουν χαρακτηριστική γεύση και τέλος προστίθενται νιτρώδη (NaNO_2), τα οποία όχι μόνο έχουν αντιβακτηριακή δράση αλλά βελτιώνουν σημαντικά τα χαρακτηριστικά του κρέατος. Τα νιτρώδη κατά την διάρκεια της συντήρησης μετατρέπονται σε νιτρικό οξύ το οποίο αντιδρά με την μεθαιμοσφαιρίνη (χρωστική που προσδίδει το κόκκινο χρώμα στο κρέας) την οξειδώνει με αποτέλεσμα το βαθύ έντονο ρόζ ή κόκκινο χρώμα. Τα νιτρώδη βελτιώνουν εκτός από το χρώμα και την γεύση, επικαλύπτονται άλλες ανεπιθύμητες γεύσεις κατά την διάρκεια της συντήρησης. Τέλος προστίθεται και βιταμίνη C ή ερυθροβικό οξύ, τα οποία εμποδίζουν τον σχηματισμό νιτροαμίνων.

Συγκέντρωση και τοξικότητα των νιτρικών-νιτρωδών στο συντηρημένο κρέας

Η μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση νιτρικών, νιτρωδών ή συνδυασμού τους δεν μπορεί να ξεπερνά τα 200 ppm υπολογιζόμενα ως NaNO_2 στο τελικό προϊόν : $\text{ppm} = \text{mgr NaNO}_2 / 1000 \text{ gr}$ συντηρούμενου κρέατος .

Στις περισσότερες περιπτώσεις προστίθεται και βιταμίνη C (ασκορβικό Na ή ισοασκορβικό Na) μέχρι 550 ppm

Όσον αφορά την τοξικότητα των νιτρωδών σύμφωνα με τον αμερικάνικο οργανισμό FDA (food and drug Administration) η θανατηφόρα δόση νιτρικού Na για τους ενήλικες έχει υπολογισθεί σε 30-35 gr όταν καταναλωθούν σε μια δόση και η αντίστοιχη θανατηφόρα δόση για τα νιτρώδη σε 22-23 mg/kg βάρος του σώματος .Χαμηλότερες δόσεις μπορεί να προκαλέσουν μεθαιμοσφαιριναιμία (ιδιαίτερα στα βρέφη).Δεν έχει συνδεθεί η κατανάλωση συντηρημένου κρέατος με τον καρκίνο και αυτό επειδή η εισροή νιτρικών και νιτρωδών από προϊόντα συντηρημένου κρέατος αποτελεί περίπου μόνο το 10% της συνολικής εισροής (90% από λαχανικά νερό και άλλες πηγές).

Τα νιτρώδη στο πεπτικό σύστημα με την βοήθεια μικροοργανισμών μετατρέπονται κάτω από ορισμένες συνθήκες σε νιτροζαμίνες οι οποίες έχουν ενοχοποιηθεί για ορισμένες μορφές καρκίνων .

Έχει αποδειχθεί ότι η προσθήκη στην συντήρηση και βιταμίνης C ή ερυθροβικού οξέως μειώνει στο ελάχιστο την πιθανότητα σχηματισμού νιτροζαμινών .Γι' αυτό το λόγο οι ανιχνευόμενες νιτροαμίνες στο συντηρούμενο κρέας είναι ελάχιστες και κυρίως εμφανίζονται στο υπερβολικά ψημένο κρέας .

ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ-ΝΙΤΡΩΔΩΝ ΣΤΑ ΖΩΑ

Στις περιόδους ανομβρίας η συγκέντρωση των νιτρικών στο έδαφος μπορεί να αυξηθεί δραματικά λόγω της μείωσης της έκπλυσής τους από το έδαφος προς τα βαθύτερα στρώματα, της μείωσης της πρόσληψής τους από τα φυτά και της αύξησης της αποσύνθεσής της οργανικής ύλης. Μετά το τέλος της ξηρασίας η πρόσληψη νιτρικών από ορισμένα φυτά μεγιστοποιείται ιδιαίτερα την πρώτη εβδομάδα μετά την βροχή. Εάν τα πεινασμένα ζώα αφεθούν να βοσκήσουν άφθονα αυτά τα φυτά η δηλητηρίαση από τα νιτρικά-νιτρώδη μπορεί να είναι καταστροφική.

Τα νιτρικά από μόνα τους δεν είναι πάντοτε τοξικά για τα ζώα. Στα μηρυκαστικά μετατρέπονται στο στομάχι τους σε νιτρώδη και μετά σε αμμωνία από τα μικρόβια ως εξής :

Νιτρώδη της Τροφής



Μηρυκαστικά: Νιτρικά της τροφής → νιτρώδη → αμμωνία

Άλλα ζώα : νιτρικά της τροφής → νιτρώδη της τροφής

Εν τούτοις τα νιτρικά εάν καταναλωθούν σε μεγάλες συγκεντρώσεις από τα ζώα μπορεί να προκαλέσουν καυστικά φαινόμενα στο στομάχι και διάρια. Τα νιτρώδη είναι πολύ πιο τοξικά. Παράγονται από τα νιτρικά κατά την διάρκεια της πέψης ή προέρχονται από φυτική τροφή αλλοιωμένη από βακτήρια και μύκητες (αναμμένα χλωρά χόρτα). Απορροφώνται από το αίμα μετατρέποντας την αιμοσφαιρίνη σε μεθαιμοσφαιρίνη (ανοξία). Πολλά ζώα αντέχουν ακόμη και σε μετατροπή του 50% της αιμοσφαιρίνης τους χωρίς σημάδια ασθένειας. Πάνω όμως από το 80% προκαλείται θάνατος.

Πολλά φυτά έχουν υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών και το φαινόμενο αυτό εντείνεται από την υπερλίπανση. Περισσότερα από 80 φυτά, σπόροι και ριζώματα είναι γνωστά για την πρόκληση δηλητηρίασης νιτρικών-νιτρωδών στα ζώα. Τέτοια φυτά είναι το σόργο, το καλαμπόκι το κικούγιον, η σόγια, το κριθάρι, το σιτάρι, τα ζαχαρότευτλα, ο καπνός κ.λ.π.

Η συγκέντρωση νιτρικών αυξάνει σε αυτά τα φυτά λόγω ξηρασίας, συννεφιάς ή παγωνιάς και τήξης και εξαρτάται από το είδος του φυτού. Συνήθως είναι υψηλότερη στα νεαρά φυτά και στους κορμούς σε σχέση με τα φύλλα.

Το νερό όταν έχει μολυνθεί από λιπάσματα, κοπριά ζώων ή αποσυντιθέμενη οργανική ύλη μπορεί να είναι επίσης πηγή τοξικών επιπέδων νιτρικών. Συνδυασμός νιτρικών στην τροφή και το νερό των ζώων μπορεί επίσης προσθετικά να οδηγήσει σε δηλητηρίαση.

Η ευαισθησία των ζώων στην τοξικότητα των νιτρικών-νιτρωδών διαφέρει ανάλογα με το είδος του ζώου αλλά και ανάλογα με τη μορφή των αλάτων που καταναλώνουν με τη τροφή τους (νιτρικά ή νιτρώδη). Πιο ευαίσθητα στα νιτρώδη είναι τα γουρούνια και λιγότερο οι αγελάδες, τα πρόβατα και τελευταία τα άλογα.

Τα γουρούνια που δεν μηρυκάζουν δεν μετατρέπουν τα νιτρικά σε νιτρώδη στο στομάχι τους και έτσι δεν κινδυνεύουν εύκολα από τροφή πλούσια σε νιτρικά. Εν τούτοις κινδυνεύουν πολύ από δηλητηρίαση νιτρωδών στην τροφή, επειδή δεν μπορούν να τα μετατρέψουν σε αμμωνία.

Η δηλητηρίαση από νιτρικά-νιτρώδη προκαλεί δυσκολία αναπνοής, νευρικήτητα, εξασθένηση, μπλε σοκολατί χείλη, βαθύ σοκολατί αίμα, κώμα και θάνατο. Θεραπευτικά μπορεί να χορηγείται χλωρή τροφή με χαμηλά νιτρικά πρέπει να χορηγείται για να διαλύσει τα νιτρικά στο στομάχι. Επίσης θεραπευτικά μπορεί να χορηγηθεί το methylene blue (κυανούν του μεθυλενίου), που αντιδρά με τη μεθαιμοσφαιρίνη επαναφέροντάς τη στη μορφή της αιμογλοβίνης, αν και έχει απαγορευθεί η χρήση της σε ζώα που προορίζονται για διατροφή.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΝΙΤΡΩΔΩΝ ΑΛΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

Γενικά

Η εισροή των νιτρικών στον ανθρώπινο οργανισμό γίνεται μέσω της διατροφής. Έχει υπολογιστεί ότι η μέση ημερήσια δόση νιτρικών που προσλαμβάνονται είναι 75-100mg. Περίπου 80-90% αυτής της ποσότητας προέρχεται από τα λαχανικά. Οι άνθρωποι που ακολουθούν την χορτοφαγία προσλαμβάνουν περίπου 250mg ημερήσια τρεις περίπου φορές περισσότερο από το φυσιολογικό. Αυτά τα όρια προέκυψαν από αναλύσεις των δειγμάτων με δεδομένο ότι στο πόσιμο νερό δεν υπάρχουν νιτρικά. Η υπολογιζόμενη ημερήσια πρόσληψη νιτρικών είναι συνολικά αυξημένη όταν στο πόσιμο υπάρχουν σημαντικές ποσότητες νιτρικών. Στις περιπτώσεις ειδικά υψηλών καταναλώσεων πατάτας και λαχανικών σε συνδυασμό με συντηρημένο κρέας (λουκάνικο) μια επιπλέον ημερήσια δόση 75 mg νιτρικών προστίθεται..

Η υψηλή συγκέντρωση νιτρικών στα λαχανικά και στο πόσιμο νερό έχει συνδεθεί σε ορισμένες περιπτώσεις με σοβαρές συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία. Ένα μέρος των νιτρικών που εισάγονται στο στομάχι με τη διατροφή (περίπου 5%) μετατρέπονται σε νιτρώδη από μικροοργανισμούς του στομάχου. Υψηλή συγκέντρωση νιτρώδων προκαλεί μεθαιμοσφαιριναιμία (blue baby syndrome). Κυρίως στα βρέφη αλλά και σε ευπαθείς ομάδες ενηλίκων, τα νιτρώδη αντιδρούν με την αιμοσφαιρίνη εμποδίζοντας την μεταφορά του O₂ στο αίμα. Επιπλέον η παρουσία υψηλής συγκέντρωσης νιτρώδων στο στομάχι έχει ενοχοποιηθεί και σε ορισμένες περιπτώσεις καρκίνου κυρίως μέσω της παραγωγής των καρκινογενών νιτροζαμινών.

Η χρόνια κατανάλωση υψηλής συγκέντρωσης νιτρικών μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα υγείας για παράδειγμα καρκίνους και τερατογενέσεις. Τα νιτρώδη στο στομάχι αντιδρώντας με διάφορες αμίνες παράγουν τις ενεχόμενες για πολλές περιπτώσεις καρκίνου νιτροζαμίνες.

Διατροφικά πειράματα ταυτόχρονης κατανάλωσης λαχανικών και ψαριών (με υψηλή συγκέντρωση αμινών) στα ίδια γεύματα απέδειξαν σημαντικά αυξημένη παραγωγή καρκινογενών νιτροζαμινών. Μελέτες της επίδρασης των υπολειμμάτων νιτρικών του πόσιμου νερού στον όγκο και στη λειτουργία του θηροειδούς αδένος σε ανθρώπινους πληθυσμούς που εκτέθηκαν σε διαφορετικά επίπεδα νιτρικών (στο νερό που κατανάλωναν) έδειξαν την ανάπτυξη υπερτροφίας του θηροειδούς σε ομάδες που κατανάλωναν υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών και ιδιαίτερα σε αυτές που ξεπερνούσαν τα 50 mg/lit.

Νιτρικά και μεθαιμοσφαιριναιμία

Η μεθαιμοσφαιριναιμία είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία που συνδέεται με την συγκέντρωση νιτρικών στα νερά και στα τρόφιμα .

Τα νιτρικά δεν προκαλούν φυσιολογικά προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία εκτός αν αναχθούν σε νιτρώδη .

Ένα μέρος των νιτρικών που εισέρχονται μέσω της διατροφής και του νερού στο στομάχι μετατρέπονται in vivo μέσω βακτηρίων σε νιτρώδη .

Παρουσία νιτρωδών η αιμοσφαιρίνη (η ένωση που μεταφέρει οξυγόνο στο αίμα) μετατρέπεται σε μεθαιμοσφαιρίνη ,χάνοντας αυτή της την ιδιότητα .

Στο αίμα των ενηλίκων ,τα ένζυμα μετατρέπουν συνεχώς την μεθαιμοσφαιρίνη πάλι σε αιμοσφαιρίνη ,ώστε τα επίπεδα μεθαιμοσφαιρίνης να μην ξεπερνούν το 1% .Αντίθετα στα βρέφη ,που έχουν χαμηλότερα επίπεδα των απαραίτητων ενζύμων (περίπου 60%) ,τα επίπεδα της μεθαιμοσφαιρίνης είναι συνήθως 1 με 2% .

Πάνω από αυτά τα επίπεδα προκαλείται μεθαιμοσφαιριναιμία .Τα βρέφη καταναλώνουν επιπλέον μεγάλες ποσότητες νερού σε σχέση με το βάρος τους και ιδιαίτερα όταν το νερό χρησιμοποιείται ως διαλύτης της στερεάς τροφής ή των χυμών .Για τους λόγους αυτούς είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα και προσβάλλονται ευκολότερα από τους ενήλικες .

Μεθαιμοσφαιριναιμία ορίζεται η κατάσταση στην οποία τα ερυθρά αιμοσφαίρια χάνουν την ικανότητα τους να μεταφέρουν ικανοποιητικές ποσότητες O_2 στα σωματικά κύτταρα .Τα συμπτώματα που προκαλούν είναι κυάνωση γύρω από το στόμα ,τα χέρια και τα πόδια ,προβλήματα αναπνοής διάρροια κ.λ.π. Τα δείγματα αίματος ενός βρέφους με αυτά τα συμπτώματα είναι καφέ και σε ποιο βαριές περιπτώσεις ακολουθεί λήθαργος ,απώλεια συνείδησης και θάνατος .

Μετά την διάγνωση η μεθαιμοσφαιρίνη μπορεί να αντιστραφεί, αν και είναι πιθανό η ανοξία μπορεί να έχει ήδη προκαλέσει μόνιμες βλάβες κυρίως εγκεφαλικές .Η χρήση νερού με χαμηλά νιτρικά μπορεί να επαναφέρει την μεθαιμοσφαιρίνη σε αιμοσφαιρίνη σε δυο με τρεις ημέρες .Σε βαριές περιπτώσεις χρησιμοποιείται διάλυμα methylene blue .

Τα όρια που έχουν τεθεί από την (EPA) –Environmental protection Agency των 10 mg/l ή $10 \text{ ppm NO}_3 -\text{N}$ είναι ασφαλή για το πόσιμο νερό τόσο για τους ενήλικες όσο και για τα βρέφη .Εκτός από τα βρέφη ευαισθησία παρουσιάζεται και στις έγκυες γυναίκες ,σε αυτές που θηλάζουν και σε ορισμένους ενήλικες με ιδιαίτερα προβλήματα .

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στις ποσότητες πράσινων λαχανικών που καταναλώνονται από τις ευαίσθητες ομάδες με δεδομένο ότι το 80 με 90% των εισροών νιτρικών προέρχεται από τα λαχανικά και το άλλο 10-20 % από το νερό και το συντηρημένο κρέας .

Περιπτώσεις μεθαιμοσφαιριναιμίας σε βρέφη έχουν αναφερθεί τόσο στις ΗΠΑ όσο και στην Ευρώπη και σε όλες η συγκέντρωση νιτρικών στο πόσιμο νερό ήταν πολύ υψηλότερες των ορίων ασφάλειας .

Επίσης περιπτώσεις μεθαιμοσφαιριναιμίας έχουν αναφερθεί σε βρέφη που διατρέφονται με αλεσμένα πράσινα λαχανικά .

Το μητρικό γάλα δεν περιέχει μεγάλες συγκεντρώσεις νιτρικών κάτω από φυσιολογικές συνθήκες διατροφής .Στην Γερμανία συστήνεται τόσο στις εγκύους όσο και στις θηλάζουσες μητέρες η αποφυγή κατανάλωσης μεγάλων ποσοτήτων νωπών λαχανικών .Επίσης η διατροφή των βρεφών με νωπά λαχανικά πρέπει να αποφεύγεται .

Τεχνολογικές μέθοδοι μείωσης των νιτρικών στις τροφές έχουν αναπτυχθεί με την χρήση βιταμινών ,ιχνοστοιχείων και υδατανθράκων . Το μεγαλύτερο μέρος των νιτρικών απομακρύνεται από τα λαχανικά μετά το βρασμό τους στο νερό .

Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Συνθήκες και περιποιήσεις στο θερμοκήπιο

Η αγγουριά είναι φυτό πολύ ευπαθές στις συνθήκες του περιβάλλοντος ,ιδιαίτερα στα πρώτα στάδια της ανάπτυξής του.Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στην ευπάθειά του στις συνθήκες που επηρεάζουν την δραστηριότητα του ριζικού συστήματος .Υπάρχει αλληλεπίδραση των παραγόντων του περιβάλλοντος . Η μεταβολή του ενός έχει σαν αποτέλεσμα την διαφοροποίηση της επίδρασης και των άλλων παραγόντων .Αναπτύσσεται και καρποφορεί ικανοποιητικά όταν οι συνθήκες θερμοκρασίας ,φωτισμού ,υγρασίας ,ατμόσφαιρας εδάφους και διατροφής ,βρίσκονται σε ικανοποιητικά για το φυτό επίπεδα .Στη συνέχεια δίδονται οι συνθήκες που θα πρέπει να επικρατούν κατά την καλλιέργεια στο θερμοκήπιο .



1. θερμοκρασία αέρος

Η αγγουριά σαν φυτό θερμής εποχής έχει ανάγκη υψηλών θερμοκρασιών από 18-30°C για να αναπτυχθεί και να δώσει υψηλές αποδόσεις .Τα φυτά υφίστανται ζημιές από ψύχος όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από 10°C .Για εκτός εποχής καλλιέργεια στο θερμοκήπιο συνιστώνται οι πιο κάτω θερμοκρασίες ,ανάλογα με την φάση ανάπτυξης του φυτού .Λαμβάνοντας υπόψη την οικονομικότητα της καλλιέργειας η αγγουριά είναι πολύ πιο

ευπαθές φυτό σε σύγκριση με την τομάτα στις χαμηλές θερμοκρασίες οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν μείωση της ανάπτυξης και της παραγωγής. Διακυμάνσεις της θερμοκρασίας μπορεί να προκαλέσουν διάφορες ανεπιθύμητες επιδράσεις στους καρπούς που βρίσκονται υπό ανάπτυξη. Για παράδειγμα μια απότομη πτώση της θερμοκρασίας όταν υπάρχουν αρκετοί καρποί στο φυτό μπορεί να προκαλέσει το "στεγνώμα" της μέσης του καρπού αν και το ίδιο σύμπτωμα μπορεί να παρουσιάζεται και από άλλες περιπτώσεις π.χ. προβλήματα από πότισμα, λίπανση κ.λ.π.

Μικρές περιόδους χαμηλών θερμοκρασιών μπορούν να προκαλέσουν και το σχηματισμό λευκών ή καφέ επιμηκών επιφανειακών "ουλών" στους αναπτυσσόμενους καρπούς.

Χαμηλές θερμοκρασίες νωρίς την καλλιεργητική περίοδο μπορούν να προκαλέσουν τον σχηματισμό πολλαπλών καρπών, φαινόμενο ιδιαίτερα έντονο σε ορισμένες ποικιλίες, ενώ σε άλλες όχι.

Ο εξαερισμός βοηθά στην αποφυγή υψηλών θερμοκρασιών και στην μείωση της υγρασίας και κατά συνέπεια στη μείωση του κινδύνου από ασθένειες.

2. Θερμοκρασία εδάφους

Όταν η φύτευση γίνεται στο έδαφος, συνιστάται η ελάχιστη θερμοκρασία ριζοστρώματος κατά τη φύτευση να είναι 15°C. Αναφέρεται ότι πότισμα με ζεστό νερό παρουσιάζει πλεονεκτήματα σε πρώιμες καλλιέργειες.

3. Υγρασία αέρα

Για καλύτερη ανάπτυξη του φυτού και αποφυγή προβλημάτων στην ποιότητα του καρπού συνιστάται επίπεδο υγρασίας γύρω στο 70-80% Σ.Υ. ή και ελαφρώς μεγαλύτερο.

4. Εμπλουτισμός με CO₂

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, συνιστάται ο εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας του σπορείου με 1000 ppm CO₂ όταν οι συνθήκες φωτισμού είναι καλές. Στο θερμοκήπιο, και όταν η καλλιέργεια γίνεται στο έδαφος, ή μίγμα εδάφους με άλλα υποστρώματα που δεν παράγουν CO₂, ο πρόσθετος εμπλουτισμός με 1000 ή μέχρι και 1500 ppm CO₂, έχει σαν αποτέλεσμα την αυξημένη ανάπτυξη και αύξηση της παραγωγής κατά 25-50%. Τον χειμώνα ο εμπλουτισμός ξεκινά 3 ημέρες μετά την μεταφύτευση και διαρκεί από την ανατολή μέχρι 1-2 ώρες πριν τη δύση του ηλίου και συνεχίζεται μέχρις όταν ο εξαερισμός να αποτελεί εμπόδιο στον εμπλουτισμό. Την Άνοιξη και το Φθινόπωρο η περίοδος εμπλουτισμού περιορίζεται λόγω της ανάγκης για εξαερισμό. Στην Ελλάδα δεν έχει μέχρι σήμερα τεκμηριωθεί με πειραματισμό η συμβολή του εμπλουτισμού με CO₂.

5. Εδαφοκάλυψη

Σε διάφορες χώρες συνιστούν την κάλυψη των διαδρόμων με διάφορα υλικά όπως άχυρο ,σανό , κάλυψη αράπικου φιστικιού ή σπαστούς σπάδικες καλαμποκιού .Η Εδαφοκάλυψη αυτή μειώνει την εξάτμιση ,τη συμπίεση του εδάφους και τη διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους .Επίσης από την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας παράγεται CO₂ που συμβάλει στην ανάπτυξη των φυτών .Σε άλλες χώρες συνιστάται η κάλυψη των γραμμών φύτευσης με διαφανές ή μαύρο πλαστικό. Όπως είναι γνωστό ,το διαφανές πλαστικό συμβάλει στην προώθηση της παραγωγής ,ενώ το μαύρο καταπολεμά τα ζιζάνια .

6. Πότισμα

Γενικά ,η αγγουριά έχει αυξημένες απαιτήσεις σε νερό .Μετά την μεταφύτευση όμως ,μόνο ελαφρά ποτίσματα χρειάζονται ώστε να κρατά την περιορισμένη περιοχή του ριζοστρώματος υγρή μέχρι να αρχίσει να αναπτύσσεται η ρίζα .Στη συνέχεια 2-3 ποτίσματα ανα εβδομάδα μπορεί να είναι αναγκαία .Κατά την διάρκεια του θερμού καιρού μπορεί να γίνεται πότισμα καθημερινά .Έχει υπολογιστεί ότι οι ανάγκες σε νερό για μια φυτεία που διαρκεί από Οκτώβρη μέχρι τον Μάη είναι γύρω στα 600m³/στρέμμα

Η ποιότητα του νερού είναι σημαντικός παράγοντας επιτυχίας .Νερό που περιέχει πάνω από 100mg/l χλωρίου πρέπει να αποφεύγεται .Η μέθοδος ποτίσματος με σταγόνες είναι ικανοποιητική για την αγγουριά .Το σύστημα με τα μικρής διαμέτρου σωληνάκια έχει αρκετά πλεονεκτήματα ,δίδουν περισσότερο νερό και τα σωληνάκια δεν βουλώνουν εύκολα .Περιοδικά ,καλό είναι να γίνεται ένα πλούσιο πότισμα για να εξασφαλίζεται η καλή διείσδυση του νερού στο ριζόστρωμα .Η θερμοκρασία επίσης του νερού πρέπει να είναι η κατάλληλη . Σε καμιά περίπτωση το νερό δεν πρέπει να έχει θερμοκρασία κάτω από 18°C κατά το πότισμα. Ψυχρό νερό παγώνει τις Άνοιξης , του Καλοκαιριού και του Φθινοπώρου θα πρέπει να γίνεται ψεκασμός του φυλλώματος για να αυξάνεται η υγρασία και να μειώνεται η απώλεια νερού από τα φύλλα ,γιατί τις περιόδους αυτές έχει παρατηρηθεί ότι στην Ελλάδα η υγρασία στην ατμόσφαιρα του θερμοκηπίου είναι χαμηλότερη από την κανονική .Η πρακτική αυτή πρέπει να περιορίζεται μόνο κατά τις πρωινές ώρες και να σταματά σε χρόνο που να ολοκληρώνεται το στέγνωμα των φύλλων πριν νυχτώσει .Αυτή η ενέργεια βοηθά στην ανάπτυξη των φυτών και συγχρόνως μειώνει την πιθανότητα προσβολής από ωίδιο ,βοτρυτή και άλλες ασθένειες που προσβάλλουν τα φύλλα ,τους βλαστούς και τους καρπούς.

7. Επιφανειακή λίπανση

Η αγγουριά έχει υψηλές ανάγκες σε θρεπτικά στοιχεία γι' αυτό χρειάζεται αρκετά υψηλές ποσότητες λιπασμάτων. Έχει υπολογιστεί ότι μια καλλιέργεια αγγουριάς με πληθυσμό 2000 περίπου φυτών/στρέμμα, με παραγωγή 12 περίπου κιλά καρπού/φυτό και με παραμονή στο έδαφος από 15 Ιανουαρίου- 15 Ιουλίου αφαιρεί 38 κιλά N, 8,5 κιλά P, 51 κιλά K, 22 κιλά Ca και 5,3 κιλά Mg.

Η επιφανειακή λίπανση συνιστάται να γίνεται ταυτόχρονα με το πότισμα (υγρή λίπανση) με την χρήση ειδικών συσκευών -λιπαντήρων

Η καλλιέργεια της αγγουριάς στο έδαφος έχει ανάγκη από αρκετές ποσότητες αζώτου και καλίου. Οι συνιστώμενες ποσότητες για κάθε πότισμα είναι:

150mg/lt N

+ (Συγκέντρωση που φτάνει στο φυτό)

100 mg/lt K₂O

Το λίπασμα μπορεί να δοθεί και σε στερεά μορφή, αν και η υγρή λίπανση είναι καλύτερη γιατί δίνει στο φυτό συνέχεια και σταθερά τις ποσότητες του λιπάσματος, χωρίς τον κίνδυνο πρόκλησης ζημιάς στις ρίζες.

Η στερεά λίπανση ξεκινά 3-4 εβδομάδες μετά την μεταφύτευση και δίνονται 30 gr ασβεστούχου νιτρικής αμμωνίας (26-0-0) ανά μέτρο γραμμής φύτευσης και ανα 15ήμερο και 30 κιλά θεικού ανά μέτρο γραμμής φύτευσης ανά μήνα.

Τα πιο πάνω προγράμματα λίπανσης θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σαν οδηγός. Πρέπει να γίνεται ανάλυση εδάφους και ανάλυση φυτικών ιστών και ανάλογα να τροποποιείται το πιο πάνω πρόγραμμα.

Στην περίπτωση που διαπιστώνεται έλλειψη μαγνησίου τότε θα πρέπει να προστίθεται μαζί με τη βασική λίπανση 20-25 κιλά θεικού μαγνησίου ανά στρέμμα. Όταν η έλλειψη εμφανιστεί στην καλλιέργεια, τότε ή θα πρέπει να γίνει ψεκασμός με 0,5 θεικό μαγνήσιο ή θα πρέπει να προστεθεί στο νερό του ποτίσματος 8 κιλά /στρέμμα. Η εφαρμογή των λιπασμάτων επαναλαμβάνεται ανάλογα με τις ανάγκες.

ΤΟ ΦΟΡΗΤΟ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΟΜΕΤΡΟ

Τα επίπεδα της συγκέντρωσης των χλωροφυλλών στα φύλλα σχετίζονται άμεσα με την φωτοσυνθετική ικανότητα, με την συγκέντρωση του αζώτου και την παραγωγικότητα των φυτών. Μια σειρά περιβαλλοντικών παραγόντων, όπως έλλειψη αζώτου ή Fe, έλλειψη νερού, ακραίες συνθήκες θερμοκρασίας και φωτισμού, έλλειψη O₂ στις ρίζες, ασθένειες που οφείλονται σε μύκητες ή βακτήρια κλπ., οδηγούν σε μείωση των επιπέδων των χλωροφυλλών. Έτσι τα επίπεδα τους ιδιαίτερα για τα καλλιεργούμενα φυτά είναι ένας ευαίσθητος δείκτης κυρίως της επάρκειας αζώτου.

Μέχρι πρόσφατα ο προσδιορισμός των επιπέδων των χλωροφυλλών γινόταν με τις κλασικές βιοχημικές μεθόδους, δηλ. τα φύλλα αποκόπτονταν από τα φυτά και μεταφέρονταν στο Εργαστήριο, όπου μετά από εκχύλιση σε οργανικό διαλύτη μετρούνταν φασματοφωτομετρικά η απορρόφηση των χλωροφυλλών και υπολογίζονταν η συγκέντρωσή τους από εξισώσεις της βιβλιογραφίας. Οι μέθοδοι αυτές είναι χρονοβόρες και απαιτούν το κόστιμο και την μεταφορά των φύλλων στο εργαστήριο.

Πρόσφατα κυκλοφόρησε σε εμπορική μορφή το φορητό χλωροφυλλόμετρο (SPAD-502 της Minolta), το οποίο παρέχει μια άριστη ευκαιρία για έναν γρήγορο και μη καταστροφικό τρόπο υπολογισμού των επιπέδων των χλωροφυλλών στα φύλλα.

Αρχή λειτουργίας του SPAD-502

Η μέτρηση με το χλωροφυλλόμετρο στηρίζεται στη απορρόφηση από τα φύλλα σε δύο μήκη κύματος στα 650 και 940 nm. Οι μετρούμενες τιμές -ενδείξεις του spad-502 είναι ανάλογες με το περιεχόμενο των χλωροφυλλών στα φύλλα.

Από το παρακάτω σχήμα φαίνονται τα φασματικά χαρακτηριστικά των χλωροφυλλών που εκχυλίζονται από τα φύλλα σε 80% διάλυμα ακετόνης. Η συγκέντρωση των χλωροφυλλών στο φύλλο Β είναι μικρότερη από του φύλλου Α. Το γράφημα δείχνει επίσης ότι οι κορυφές απορρόφησης των χλωροφυλλών εντοπίζονται στις μπλε και κόκκινες περιοχές του ορατού

Για κάθε συγκεκριμένο είδος καλλιέργειας ,ή ποικιλία ,θα πρέπει να γίνει η πρότυπη καμπύλη .Από την πρότυπη καμπύλη και μέσα σε ελάχιστο χρόνο με την χρήση του χλωροφυλλόμετρου μπορεί και ο καλλιεργητής να ελέγχει κατά την διάρκεια της καλλιέργειας τα επίπεδα των χλωροφυλλών .

Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό ,διότι η συγκέντρωση των χλωροφυλλών είναι ανάλογη της συγκέντρωσης του αζώτου στα φύλλα .Έμεσα λοιπόν και με πολύ μεγάλη ακρίβεια σε συνεχή βάση δίνεται η δυνατότητα ελέγχου των επιπέδων αζώτου (με άμεσο και μη καταστροφικό τρόπο), και η δυνατότητα ρύθμισης της αζωτούχου λίπανσης ,ώστε να μεγιστοποιείται η παραγωγή ,αποφεύγοντας ταυτόχρονα την άσκοπη σπατάλη νιτρικών λιπασμάτων ,και την ρύπανση του περιβάλλοντος .

ΤΟ ΦΟΡΗΤΟ CARDY METER

Το άζωτο είναι ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών .Αποτελεί βασικό συστατικό της χλωροφύλλης, της χρωστικής ουσίας που εκμεταλλεύεται την ενέργεια του ηλίου για να μετατρέψει το CO₂ σε υδατάνθρακες .Τα εργαλεία που παρέχουν την καλύτερη διαχείριση της αζωτούχου λίπανσης προσφέρουν σημαντικά οικονομικά οφέλη στους καλλιεργητές των φυτών όλων των τύπων .Επιπλέον η εφαρμογή ακριβώς του σωστού ποσού αζώτου στο σωστό χρόνο μπορεί να προστατεύσει το περιβάλλον με την μείωση των υπολειμμάτων νιτρικών αλάτων στα επιφανειακά και υπόγεια νερά .

Το Cardy meter νιτρικού αζώτου προσδιορίζει άμεσα και αξιόπιστα την συγκέντρωση του στα νερά ,στο έδαφος και στον κυτταρικό χυμό των φυτών . Οι μετρήσεις των νιτρικών ιόντων γίνονται με την βοήθεια ενός επιπέδου με δυο γειτονικούς σένσορες -ηλεκτρόδια ,πάνω στα οποία τοποθετείται ειδική γάζα και δυο τρεις σταγόνες του προς μέτρηση διαλύματος ή του κυτταρικού χυμού .Η διαφορά μεταξύ των δυο ηλεκτροδίων δίνει την συγκέντρωση των ιόντων του δείγματος .Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων δεν μπορεί να μετρηθεί εάν τα ηλεκτρόδια δεν καλύπτονται ταυτόχρονα από το υγρό δείγμα.

Προκειμένου οι μετρούμενες τιμές να έχουν υψηλή επαναληψιμότητα ,πρέπει οι συνθήκες των μετρήσεων να είναι σταθερές π.χ. η ποσότητα του δείγματος ,η ποσότητα του απιονισμένου νερού που χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό μετά από κάθε μέτρηση ,και ο τρόπος απομάκρυνσης του δείγματος .

ΡΥΘΜΙΣΗ-(CALIBRATION)

Το ηλεκτρόδιο του Cardy-meter μετρά την συγκέντρωση των NO₃⁻ ιόντων όπως και το πεχάμετρο μετρά την συγκέντρωση των ιόντων H⁺
Στην οθόνη του οργάνου η συγκέντρωση μπορεί να εμφανισθεί με δύο επιλογές :

- a) NO₃⁻ (νιτρικά)
- b) NO₃-N (άζωτο-νιτρικών)

Οι δυο μορφές αλληλομετατρέπονται ως εξής :
NO₃⁻/4,42=NO₃⁻-N

Τα standard διαλύματα ρύθμισης του οργάνου για τα NO₃⁻ είναι δύο:
150 ppm διαλύματος NO₃⁻
1500 ppm διαλύματος NO₃⁻

ρύθμιση:

1. Άνοιγμα ON, και μέτρηση στην κλίμακα NO_3^-
2. Άνοιγμα του καλύμματος του ηλεκτροδίου ,προσθήκη απιονισμένου νερού ,σκούπισμα με απορροφητικό χαρτί .Επανάληψη της διαδικασίας .
3. Τοποθέτηση γάζας στο ηλεκτρόδιο και έκχυση 3 σταγόνων με πιπέτα των 100μl του standard διαλύματος νιτρικών .π.χ. 150 ppm
4. Μετά 30-45 sec ,με κατσαβίδι προσαρμόζουμε την ένδειξη στην ακριβή συγκέντρωση π.χ.10×15
5. Καθαρίζουμε και ξεπλένουμε το ηλεκτρόδιο ,και επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία με το δεύτερο standard δείγμα (π.χ.1500 ppm)
6. Διαφορά $>\pm 10\%$ δείχνει ότι το όργανο έχει απορυθμιστεί .

Μέτρηση του δείγματος

- I. Τοποθετείται κομμάτι γάζας πάνω στα ηλεκτρόδια ώστε να τα καλύπτει ταυτόχρονα
- II. Με πιπέτα ρίχνουμε το δείγμα πάνω στην γάζα (πάντα την ίδια ποσότητα για να έχουμε επαναληψιμότητα)
- III. Περιμένουμε 30-45 sec ,και διαβάζουμε την ένδειξη του οργάνου (για κάθε δείγμα παίρνουμε των Μ.Ο. τριών μετρήσεων .
- IV. Απορρίπτουμε το δείγμα ,ξεπλένουμε με απιονισμένο νερό και στεγνώνουμε δυο φορές τα ηλεκτρόδια πριν την επόμενη μέτρηση
- V. Στο τέλος ξεπλένουμε
- VI. στεγνώνουμε καλά τα ηλεκτρόδια

(Χρησιμοποιείται ειδική πρέσσα όπου πιέζονται τεμάχια του μίσχου αργά ,ώστε να βγει ο κυτταρικός χυμός .)

Ηλεκτρόδια

Τα ηλεκτρόδια αντέχουν για περίπου 200-400 μετρήσεις .Πρέπει να αντικατασταθούν όταν:

1. δεν μπορούν να ρυθμιστούν με τα standard διαλύματα
2. Δεν παίρνουμε τις ίδιες τιμές όταν επαναληφθούν τα standard .Τα ηλεκτρόδια μπορεί να καταστραφούν από οργανικούς διαλύτες ,αλκοόλη, ισχυρά οξέα $\text{PH}(0-2)$, ισχυρά αλκάλια $\text{PH} 12-14$.Τα ηλεκτρόδια είναι καλυμμένα με ένα λεπτό φιλμ ,το οποίο δεν πρέπει να καταστραφεί .

Μετρήσεις στον κυτταρικό χυμό

Η ανάλυση του κυτταρικού χυμού είναι μια σχετική νέα μέθοδος ανάλυσης των φυτικών ιστών .Η θερμοκρασία και η ώρα της ημέρας παίζουν ρόλο

στην μέτρηση των νιτρικών ,και η έρευνα έδειξε ότι πρέπει να γίνονται μεταξύ 10:00 και 14:00 π.μ.

Οι μίσχοι που συλλέγονται μπορούν να αποθηκευθούν στον πάγο για 8 ώρες περίπου χωρίς να επέρχεται αλλαγή στην περιεκτικότητα των NO_3^- . Επίσης μπορούν να αποθηκευτούν σε θερμοκρασία δωματίου μέσα σε bags για περίπου 1,5h

Αποθηκεύουμε μόνο μίσχους όχι κυτταρικό χυμό. Οι παγωμένοι μίσχοι πρέπει να επανέλθουν σε θερμοκρασία δωματίου πριν μετρηθούν .

ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

ΓΕΝΙΚΑ

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

Η καλλιέργεια φυτών εκτός φυσικού εδάφους έχει λάβει χώρα ήδη από τα αρχαία χρόνια .Η πιο γνωστή περίπτωση από την αρχαιότητα ,αν και όχι η μοναδική ,είναι οι Κρεμαστοί Κήποι της Βαβυλώνας ,όπου τα φυτά αναπτυσσόταν πάνω σε αναβαθμίδες γεμάτες με μείγμα άμμου και χώματος .Στα νεότερα χρόνια η πρώτη αναφορά σε καλλιέργεια φυτών εκτός εδάφους γίνεται από τον Ιρλανδό Robert Boyle κατά το 1666 ,ο οποίος κατάφερε να καλλιεργήσει ορισμένα είδη φυτών σε φυτοδοχεία γεμισμένα μόνο με φυσικό νερό ,χωρίς να υπάρχει κάποιο στερεό μέσο στον χώρο ανάπτυξης των ριζών .

Η υδροπονία όμως με την πλήρη έννοια του όρου μπορεί να θεωρηθεί ότι γεννήθηκε ,όταν για πρώτη φορά καλλιεργήθηκαν φυτά μέσα σε τεχνητό θρεπτικό διάλυμα. Οι πρώτοι που παρασκεύασαν θρεπτικά διαλύματα και καλλιεργήσαν φυτά ήταν οι γερμανοί φυσιολόγοι Sachs και Knop . Σήμερα θεωρείται ότι είναι εκείνοι που με τις έρευνές τους έθεσαν τις επιστημονικές βάσεις της υδροπονίας.

Η υδροπονία βρήκε πρακτική εφαρμογή σε μεγάλη κλίμακα για πρώτη φορά κατά την διάρκεια του Β Παγκοσμίου πολέμου από τον αμερικάνικο στρατό σε ορισμένα άγονα νησιά του Ειρηνικού με σκοπό την παραγωγή νωπών λαχανικών για την κάλυψη των διατροφικών αναγκών των μαχόμενων στρατιωτών στην περιοχή .

Μετά τα τέλη της δεκαετίας του 60 η υδροπονία βρήκε κυρίως πρακτική εφαρμογή μόνο σποραδικά και σε περιορισμένη κλίμακα, κυρίως στην Αμερική και στην Αγγλία .Από τις αρχές της δεκαετίας του 70 το ενδιαφέρον για την χρήση υδροπονικών συστημάτων σε εμπορικό κλίμακα αναζωπυρώθηκε διεθνώς και κυρίως στις Σκανδιναβικές χώρες και στην Ολλανδία , όπου κυριάρχησε η καλλιέργεια σε αδρανή στερεά υποστρώματα και κυρίως πετροβάμβακα

Σύμφωνα με στοιχεία του 1991 στις 8 βόρειες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (εκτός Ελλάδας ,Ισπανίας και Πορτογαλίας) ,το 27,6% των εκτάσεων με θερμοκηπιακές καλλιέργειες καλλιεργείται υδροπονικά .

Με την πλατιά 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 την σωστή ανάπτυξη των φυτών είναι απαραίτητο στη ρίζα τους να υπάρχει άφθονο οξυγόνο και ταυτόχρονα άφθονο νερό που να έχει διαλυμένα τα απαραίτητα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία στη σωστή τους αναλογία . Στη συμβατική καλλιέργεια εδάφους, είναι δύσκολο να επιτευχθεί ο συνδυασμός αυτός . Στο φυσικό έδαφος στις περισσότερες περιπτώσεις ,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 στα συστατικά του εδάφους ή δύσκολα μετακινούνται στην περιοχή της ρίζας .Με τις υδροπονικές καλλιέργειες τα προβλήματα αυτά λύνονται με τη ρύθμιση της τροφοδοσίας του θρεπτικού διαλύματος και την χρησιμοποίηση υλικών με πολύ ψηλό 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 ή σε θέσεις χωρίς καθόλου φυσικό έδαφος .

Άλλα πλεονεκτήματα των υδροπονικών καλλιεργειών είναι :

- Η απαλλαγή από τις ασθένειες εδάφους και το κόστος της απολύμανσης που είναι συνήθως σημαντικό
- Η διευκόλυνση της αυτοματοποίησης της άρδευσης και της λίπανσης
- Η δημιουργία ευχάριστου περιβάλλοντος για τον εργαζόμενο, με την απομόνωση του εδάφους και επομένως την απουσία οσμών και σκόνης
- Η εξοικονόμηση νερού και θρεπτικών στοιχείων γιατί περιορίζονται οι απώλειες από επιφανειακές διαρροές και βαθιά διείσδυση του νερού στο έδαφος
- Η απλοποίηση του προγράμματος των εργασιών της παραγωγικής επιχείρησης ,γιατί δεν απαιτείτε η δημιουργία ειδικών εδαφικών μιγμάτων για την ανάπτυξη των νεαρών φυτών και

● Ο περιορισμός της σκληρής χειρονακτικής εργασίας ,που είναι αναγκαία στις καλλιέργειες εδάφους ,όπως κατεργασία εδάφους ,φύτεμα ,ζιζανιοκτόνα κλπ.

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της υδροπονικής καλλιέργειας είναι :

- Απαιτούνται αρκετά μεγάλες δαπάνες επένδυσης
- Είναι σχετικά ευαίσθητο σύστημα καλλιέργειας χωρίς μεγάλες ανοχές λαθών
- Απαιτούνται περισσότερες γνώσεις από τον καλλιεργητή .

Η υδροπονική καλλιέργεια ,ιδιαίτερα όταν γίνεται στο θερμοκήπιο, απαιτεί μεγάλο βαθμό τεχνικής επιδεξιότητας και καλή γνώση της θρέψης των φυτών

Οι περιποιήσεις των φυτών που καλλιεργούνται υδροπονικά διαφέρουν από αυτές των φυτών που καλλιεργούνται στο έδαφος ως προς στην δημιουργία του περιβάλλοντος της ρίζας ,είναι όμως ίδιες ως προς τη δημιουργία του περιβάλλοντος της κόμης ,καθώς και στις καλλιεργητικές εργασίες όπως το κλάδεμα ,τη γονιμοποίηση και τις καταπολεμήσεις παρασίτων της κόμης .

Τα προϊόντα της υδροπονικής καλλιέργειας ,δε διαφέρουν σε γεύση και άρωμα από αυτά που καλλιεργούνται με το συνηθισμένο τρόπο στο έδαφος , μάλιστα περιέχουν ανόργανα στοιχεία και βιταμίνες ακριβώς στην ίδια ποσότητα με τα υψηλής ποιότητας προϊόντα εδάφους .

Εξοπλισμός υδροπονικών εγκαταστάσεων

Μια υδροπονική εγκατάσταση από άποψη εξοπλισμού μπορεί να διακριθεί σε τέσσερα επιμέρους τμήματα:

1. Σύστημα Παρασκευής θρεπτικού διαλύματος

Περιλαμβάνει

- I. **Την 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 μπορεί να δημιουργήσουν πρόβλημα στην καλλιέργεια .
- II. **Συσκευές καθαρισμού του νερού(φίλτρα νερού)** : είναι απαραίτητα για τον καθαρισμό του νερού από στερεά σωματίδια , όπως άμμος άργιλος , μικροοργανισμοί κ.λ.π. ώστε να μην δημιουργούνται προβλήματα στο σύστημα παροχής του διαλύματος στα φυτά .
- III. **Δοχεία πυκνών διαλυμάτων** : είναι μεγάλα δοχεία χωρητικότητας 50-1.000 λίτρων ,κατασκευασμένα από υλικό που δεν διαβρώνεται

και δεν οξειδώνεται ,στα οποία τοποθετούνται τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος ,με το οποίο τροφοδοτούνται τα φυτά σε ποσότητες πολλαπλάσιες από αυτές που απαιτούνται για να προκύψουν οι επιθυμητές συγκεντρώσεις .

IV. Σύστημα αυτόματου ελέγχου : υπάρχει μόνο στους μείκτες λιπασμάτων .Το σύστημα αυτόματου ελέγχου της ανάμειξης νερού και πυκνού διαλύματος και της παροχής του προκύπτοντας τροφοδοσία 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 .

V. Μονάδα αραιώσης πυκνών διαλυμάτων μπορεί να είναι

1. Μια εγκατάσταση αποτελούμενη από μία ή περισσότερες δοσομετρικές αντλίες στην πιο απλή της εκδοχή αποτελείται από δύο ή τρεις απλές δοσομετρικές αντλίες συνδεδεμένες σε σειρά ή (σπανιότερα) παράλληλα καθεμιάς με τις άλλες στο δίκτυο άρδευσης . Ο αριθμός των δοσομετρικών αντλιών ισούται με τον αριθμό των δοχείων των πυκνών διαλυμάτων που υπάρχουν .
2. Ένας αυτόματος μείκτης λιπασμάτων : είναι πιο πολύπλοκες εγκαταστάσεις οι οποίες 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 .Χρησιμοποιούνται στις περισσότερες υδροπονικές μονάδες .
3. Σύστημα παροχής θρεπτικού διαλύματος

Ανάλογα με το είδος του υδροπονικού συστήματος και το χρησιμοποιούμενο υπόστρωμα καλλιέργειας ,σε γενικές γραμμές διακρίνουμε τις εξής κύριες περιπτώσεις :

- A. Δεν υπάρχει στερεό υπόστρωμα και το θρεπτικό διάλυμα κυλάει σε υδροροές ή στο κατάλληλα διαμορφωμένο δάπεδο του θερμοκηπίου και ανακυκλώνεται .
- B. Τα φυτά αναπτύσσονται σε στερεό υπόστρωμα , η ανώτερη επιφάνεια , του οποίου δεν βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο σε όλο το μήκος των φυτών .
- C. Σε κάθε γραμμή φύτευσης η επιφάνεια του υποστρώματος είναι ομοιόμορφη και βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο σε όλο το μήκος της .

Υποστρώματα υδροπονίας

Απαραίτητη προϋπόθεση ,που καθιστά οικονομικά σκόπιμη την χρήση υποστρώματος αντί της καλλιέργειας στο έδαφος ,είναι το υπόστρωμα να είναι σε θέση να επιτελεί όλες τις λειτουργίες που γίνονται από το χώμα και μάλιστα με καλύτερο τρόπο .Η βασική λειτουργία ,την οποία καλούνται να επιτελέσουν επιτυχώς τα υποστρώματα ,είναι η εξασφάλιση καλής και ισόρροπης θρέψης στα φυτά .Για να είναι σε θέση ένα υπόστρωμα να επιτελεί με τον καλύτερο τρόπο τον ρόλο για τον οποίο προορίζεται ,πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά :

- I. Σταθερή δομή ,ώστε να μην αποσυντίθεται εύκολα .
- II. Ικανοποιητική αναλογία μεταξύ νερού και αέρα στην κατάσταση της υδατοϊκανότητας .
- III. Ομοιομορφία στην σύσταση ,στην εμφάνιση και στην συμπεριφορά από άποψη θρέψης .
- IV. Απαλλαγμένο από παθογόνα ,ζωικούς εχθρούς και σπόρους ζιζανίων
- V. Εύκολο στη χρήση του και γενικά στους καλλιεργητικούς χειρισμούς .
- VI. Σχετικά χαμηλό κόστος .
- VII. Θα πρέπει να είναι χημικά αδρανές ή να διαθέτει μεγάλη ανταλλακτική ικανότητα και κατάλληλο pH ,εφόσον είναι χημικά ενεργό

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Τα διάφορα υδροπονικά συστήματα ταξινομούνται με βάση δύο σημαντικά χαρακτηριστικά :

- A. Ανάλογα με το αν το θρεπτικό διάλυμα που απορρέει από το χώρο του ριζοστρώματος συλλέγεται και επαναχρησιμοποιείται ή όχι ,διακρίνονται σε κλειστά και ανοιχτά .
- B. Με βάση το χρησιμοποιούμενο υπόστρωμα ,εφόσον γίνεται χρήση κάποιου υποστρώματος .

Καλλιέργεια σε θρεπτικό διάλυμα

- **Καλλιέργεια σε δοχεία γεμισμένα με θρεπτικό διάλυμα:**τα φυτά αναπτύσσονται είτε σε μικρά (ατομικά) είτε σε μεγάλα (ομαδικά) φυτοδοχεία ,τα οποία είναι γεμισμένα με θρεπτικό διάλυμα κατάλληλης σύστασης. Τέτοιου είδους συστήματα χρησιμοποιήθηκαν κυρίως παλαιότερα ,όμως δεν βρήκαν εφαρμογή στη γεωργική πράξη, γιατί παρουσιάζουν αρκετά προβλήματα, σπουδαιότερο από τα οποία είναι οι δυσκολίες αερισμού και οξυγόνωσης των ριζών, που δυσχεραίνουν τη λειτουργία της αναπνοής προκαλώντας σήψεις και καταστροφές στο ριζικό σύστημα των φυτών .
- **Σύστημα NFT (nutrient film technigue =τεχνική λεπτής θρεπτικής στοιβάδας):**στο σύστημα NFT οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται μέσα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα ,το οποίο είναι τρεχούμενο Σύμφωνα με τον αρχικό σχεδιασμό του συστήματος NFT ,τα φυτά τοποθετούνται γυμνόριζα μέσα σε υδροροές ,όπου το ριζικό τους σύστημα κατά το μεγαλύτερο μέρος του καλύπτεται από τη λεπτή στρώση του ρέοντος θρεπτικού διαλύματος ,ενώ η ανώτερη επιφάνεια των ριζών έρχεται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα αλλά παραμένει υγρή λόγω της ανοδικής κατακόρυφης κίνησης του διαλύματος .Στην πράξη τα φυτά δεν τοποθετούνται γυμνόριζα μέσα στις υδροροές, αλλά μαζί με έναν κύβο (ή μπάλα)υποστρώματος .

Το NFT παρουσιάζει όλα τα μειονεκτήματα των κλειστών υδροπονικών συστημάτων ,δηλαδή:

- Αναγκαιότητα συχνών αναλύσεων και εκτεταμένων αναπροσαρμογών στη σύνθεση του μετά από κάθε ανάλυση .

- Συσσώρευση ιόντων Na και CL σε περίπτωση που το χρησιμοποιούμενο νερό έχει αυξημένη περιεκτικότητα στα δυο αυτά ιόντα
- Αυξημένο ρίσκο καταστροφής της καλλιέργειας λόγω έλλειψης ενός στερεού υποστρώματος και
- Τον κίνδυνο διασποράς μολυσμάτων σε όλη την καλλιέργεια μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος σε περίπτωση που προσβληθεί έστω και ένα φυτό

Απέναντι σε αυτά τα μειονεκτήματα αντιπαρατίθεται κυρίως το πλεονέκτημα του μηδενικού κόστους κτήσης υποστρώματος και της μη επιβάρυνσης του περιβάλλοντος μέσω της υπερβολικής λίπανσης, όπως γίνεται στο έδαφος και στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα. Η εφαρμογή της υδροπονικής αυτής μεθόδου στη γεωργία, εκτός από μία αρχική περίοδο επέκτασής της, τα τελευταία δέκα χρόνια βαίνει συνεχώς μειωμένη, με εξαίρεση την καλλιέργεια μικρών φυλλωδών λαχανικών, όπως το μαρούλι και το γογγύλι. Η αξία του όμως σαν πειραματική μέθοδος για έρευνα σε θέματα διατροφής των φυτών (και όχι μόνο) θα παραμείνει αδιαμφισβήτητη και στο μέλλον.

Αεροπονία: η αεροπονία είναι μια παραλλαγή της υδροπονίας σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα χωρίς την χρήση υποστρώματος. Το θρεπτικό διάλυμα ψεκάζεται με ακροφύσια πάνω στο ριζικό σύστημα που αναπτύσσεται μέσα σε κενά κιβώτια ή φυτοδοχεία, έτσι ώστε ο χώρος να είναι συνεχώς κορεσμένος σε υγρασία. Η ύπαρξη και ανοιχτών υδροπονικών συστημάτων είναι δυνατή, είναι όμως αναπόφευκτη η σπατάλη νερού και λιπασμάτων.

Επιδαπέδια υδροπονία (plant plane hydroponics): αρχικά το έδαφος του θερμοκηπίου θα πρέπει να ισοπεδωθεί επιμελημένα, ώστε να μην υπάρχουν κοιλότητες και να αποκτήσεις μία κλίση γύρω στο 1:50 έως 1:75 στη συνέχεια, το έδαφος καλύπτεται σε όλη του την επιφάνεια με φύλλο πλαστικό πολυαιθυλενίου πάνω από το οποίο επιστρώνεται ένα λεπτό φύλλο από ένα απορροφητικό υλικό με τριχοειδής ιδιότητες. Το απορροφητικό φύλλο σκεπάζεται από πάνω σε όλη του την επιφάνεια με ένα κάλυμμα από ασπρόμαυρο πλαστικό πολυαιθυλένιο, με την λευκή πλευρά από πάνω, ώστε να αντανακλά μέρος του ηλιακού φωτός που πέφτει πάνω του. Στη συνέχεια ανοίγονται μικρές τρύπες κατά μήκος νοητών γραμμών, όπου θα τοποθετηθούν τα σποριόφυτα, σε αποστάσεις ανάλογες με την πυκνότητα φύτευσης που επιδιώκεται και διαβρέχεται το απορροφητικό υλικό με θρεπτικό διάλυμα. Μια σειρά από σωλήνες παροχής του θρεπτικού διαλύματος στην ανώτερη (υψηλότερη) άκρη του θερμοκηπίου εξασφαλίζουν την απρόσκοπτη παροχή του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά.

Το θρεπτικό διάλυμα μπορεί να συλλέγεται και να επαναχρησιμοποιείται, όταν φθάνει στη χαμηλότερη πλευρά του θερμοκηπίου, οπότε η καλλιέργεια

αναπτύσσεται σε κλειστό υδροπονικό σύστημα ή να απορρέει και να χάνεται στο έδαφος, οπότε η εγκατάσταση λειτουργεί ως ανοιχτό σύστημα.

Μολονότι μέχρι σήμερα έχει δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα στην καλλιεργητική πράξη δεν έχει εξαπλωθεί ακόμη σε μεγάλη κλίμακα.

Καλλιέργεια σε κοκκώδη ανόργανα υποστρώματα

Καλλιέργεια σε άμμο: Συνήθως χρησιμοποιείται κρυσταλλική άμμος προερχόμενη από την κοίτη ποταμών. Η άμμος τοποθετείται σε ατομικά ή ομαδικά φυτοδοχεία, σε σάκους ή υδροροές, σε ποσότητα 15-20 λίτρων / φυτό. Εναλλακτικά μπορεί να διασκορπιστεί σε ολόκληρη την καλλιεργούμενη επιφάνεια του θερμοκηπίου, εφόσον έχει πρώτα ισοπεδωθεί το έδαφος και έχει επικαλυφθεί με πλαστικό φύλλο πολυαιθυλενίου που φέρνει ανοίγματα αποστράγγισης ομοιόμορφα κατανομημένα σε όλη της την επιφάνεια. Τα φυτά τροφοδοτούνται μέσω ενός συνηθισμένου συστήματος στάγδην άρδευσης. Η άμμος πρέπει να ποτίζεται πολύ τακτικά. Αυτό συνεπάγεται σημαντικές απώλειες σε θρεπτικό διάλυμα και νερό σε περίπτωση που το διάλυμα δεν ανακυκλώνεται.

Τα πλεονεκτήματα της άμμου ως υπόστρωμα υδροπονίας είναι ο καλός αερισμός του ριζικού συστήματος, το φθινό κόστος κτήσης της και η θεωρητικά απεριόριστη διάρκεια ζωής της. Για την αποφυγή εξάπλωσης εδαφογενών ασθενειών θα ήταν καλύτερα να απολυμαίνεται, το οποίο γίνεται εύκολα και απλά με ατμό.

Καλλιέργεια σε χαλίκι: Το χαλίκι είναι ένα χονδρόκοκκο υπόστρωμα. Η χημική του σύσταση ποικίλει και εξαρτάται από το μητρικό πέτρωμα από το οποίο προέρχεται. Η διάμετρος των κόκκων που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία κυμαίνεται μεταξύ 5 και 20 mm. Σαν υπόστρωμα έχει πρακτικά μηδενική ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και αμελητέα ικανότητα συγκράτησης νερού. Γι' αυτό η καλλιέργεια σε χαλίκι συνίσταται μόνο ως κλειστό υδροπονικό σύστημα.

Η τεχνική της εγκατάστασης σε γενικές γραμμές είναι ανάλογη με αυτή που ακολουθείται στην καλλιέργεια σε άμμο. Ανάλογα επίσης είναι και τα πλεονεκτήματα που χαρακτηρίζουν τις υδροπονικές καλλιέργειες σε χαλίκι. Σαν μειονέκτημα εκτός από την έλλειψη ικανότητας συγκράτησης νερού, πρέπει ακόμη να αναφερθεί και το υψηλό ειδικό βάρος, το οποίο καθιστά την μεταφορά του σε μεγάλες αποστάσεις προβληματική και τους χειρισμούς κατά την εγκατάσταση της καλλιέργειας δύσκολη και επίμονη, άρα και αρκετά δαπανηρή διαδικασία.

Καλλιέργεια σε διογκωμένο περλίτη: ο περλίτης είναι ηφαιστειακό, υαλώδες, αργιλλοπυριτικό πέτρωμα λευκού χρώματος, το οποίο περιέχει και κρυσταλλικό νερό σε ποσοστό 2-6%. Το μέγεθος των κόκκων που συνιστανται για την

υδροπονία είναι 3-5 mm. Ποσότητα 4-5 λίτρων ανά φυτό είναι επαρκής για την καλλιέργεια των κυριότερων καρποδετικών κηπευτικών. Ο περλίτης μπορεί να τοποθετηθεί είτε σε σάκους, είτε σε γλάστρες, είτε σε άλλα φυτοδοχεία. Μπορεί επίσης να απλωθεί μέσα σε φύλλο πολυαιθυλενίου. Η πιο συνηθισμένη μέθοδος είναι η προβλάστηση των σποροφυτών σε κύβους τύρφης ή πετροβάμβακα ή άλλου αποστειρωμένου υλικού και η τοποθέτησή τους κατά την μεταφύτευση πάνω στους σάκους ή στα φυτοδοχεία με τον περλίτη. Η παρασκευή και η παροχή του διαλύματος στα φυτά δεν παρουσιάζει καμία ιδιαιτερότητα σε σχέση με τα άλλα υδροπονικά συστήματα πάνω σε αδρανή υποστρώματα. Ο περλίτης δεν μπορεί κατά κανόνα να χρησιμοποιηθεί για δεύτερη και πολύ περισσότερο για τρίτη φορά, γιατί οι κόκκοι του θρυμματίζονται. Σε γενικές γραμμές η συμπεριφορά του σαν υπόστρωμα για μια καλλιέργεια είναι ικανοποιητική, αρκεί η θρέψη να είναι ενδεδειγμένη. Το μεγάλο πλεονέκτημα σε σχέση με τα άλλα υποστρώματα είναι το φθινό κόστος του.

Καλλιέργεια σε πλάκες ορυκτοβάμβακα

1)Καλλιέργεια σε πλάκες πετροβάμβακα:Ο πετροβάμβακας είναι ένα ανόργανο ινώδες υλικό. Η καλλιέργεια σε πλάκες πετροβάμβακα είναι η πλέον διαδεδομένη υδροπονική μέθοδος καλλιέργειας σήμερα. Η μεγάλη της εξάπλωση κατ'αρχήν οφείλεται στην ύπαρξη πετροβάμβακα σε αφθονία στις χώρες που πρώτες αναγκάστηκαν να μεταπηδήσουν στην υδροπονία για εμπορική καλλιέργεια κηπευτικών και ανθοκομικών φυτών σε μεγάλη κλίμακα. Εξίσου σπουδαίο ρόλο έπαιξαν βέβαια και οι άριστες ιδιότητες του πετροβάμβακα, που τον καθιστούν ιδεώδες υπόστρωμα για την καλλιέργεια φυτών.

Η άριστη συμπεριφορά του πετροβάμβακα ως υπόστρωμα καλλιέργειας οφείλεται :

- Στην υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού που τον χαρακτηρίζει, σε συνδυασμό με την επίτευξη άριστης αναλογίας μεταξύ αέρα και νερού στο πορώδες του.
- Στο γεγονός ότι το νερό που συγκρατεί ο πετροβάμβακας είναι σχεδόν στο σύνολό του εύκολα διαθέσιμο για τα φυτά, πράγμα που δεν συμβαίνει με τα περισσότερα υποστρώματα.
- Στην χημική του αδράνεια (χημικά συνίσταται από οξείδια διαφόρων οργανικών στοιχείων) που δίνει την δυνατότητα στον καλλιεργητή να καθορίζει και να ελέγχει πλήρως την θρέψη των φυτών που αναπτύσσονται πάνω του μέσω της σύστασης του θρεπτικού διαλύματος.

- Στην πλήρη απουσία παθογόνων ,ζωικών εχθρών και ζιζανίων σε οποιαδήποτε μορφή μέσα στην μάζα του (χάρης στον τρόπο παρασκευής του) ,με συνέπεια να παρέχεται αποτελεσματική προστασία της καλλιέργειας από ζιζάνια και ασθένειες του εδάφους .
- Στην δυνατότητα να υπάρχει και να καθορίζεται εύκολα ,όχι μόνο ο όγκος που θα χρησιμοποιηθεί ,αλλά και το σχήμα του (πλάκες ,κύβιοι κ.λ.π.) ,χωρίς να εξαρτάται κανείς από τα υλικά συσκευασίας του (σάκοι κ.λ.π.)ή υποδοχής του στο χώρο του θερμοκηπίου (γλάστρες ,φυτοδοχεία κ.λ.π.)

Για γεωργική χρήση ο πετροβάμβακας διατίθεται σε μορφή πλακών, διαστάσεων αναλόγων με το είδος του φυτού που πρόκειται να καλλιεργηθεί πάνω τους .Συνήθως για τα λαχανικά χρησιμοποιούνται πλάκες διαστάσεων 7,5-15-100 cm ,ενώ για τα ανθοκομικά φυτά οι διαστάσεις είναι τελείως διαφορετικές από είδος σε είδος .

2)Καλλιέργειες σε πλάκες υαλοβάμβακα

Ο υαλοβάμβακας είναι παρεμφερές υλικό με τον πετροβάμβακα. Όπως ο πετροβάμβακας έτσι και ο υαλοβάμβακας ,παράγεται από φυσικές πρώτες ύλες (χαλαζιακή άμμος)μετά από θερμική επεξεργασία στους 1400°C και χρησιμοποιείται κυρίως σαν μονωτικό υλικό .

Η χρήση υαλοβάμβακα ως υπόστρωμα καλλιέργειας μέχρι σήμερα δεν έχει εξαπλωθεί ιδιαίτερα .Οι λόγοι σχετίζονται κυρίως με το κόστος παραγωγής του, το οποίο είναι αρκετά υψηλότερο από αυτό του πετροβάμβακα .

Καλλιέργεια σε οργανικά ή μείγματα οργανικών και ανόργανων υλικών

Το πιο συνηθισμένο οργανικό υπόστρωμα που χρησιμοποιείται για την καλλιέργεια φυτών εκτός εδάφους είναι η τύρφη .

Η τύρφη είναι οργανικό υλικό .Προέρχεται από την αποδόμηση της υδροχαρούς βλάστησης που φύεται σε ελώδεις περιοχές και γενικότερα σε υγρότοπους .

ΑΡΔΕΥΣΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Στην υδροπονία η παροχή νερού συνδέεται άρρηκτα με τη χορήγηση λιπασμάτων ,δεδομένου ότι τα φυτά δεν αρδεύονται ποτέ με καθαρό νερό ,αλλά με θρεπτικό διάλυμα .Η ανάγκη να χορηγείται νερό στην υδροπονία είναι πολύ συχνή ,ενώ παράλληλα η αρδευτική δόση νερού ,που παρέχεται στα φυτά κάθε φορά ,θα πρέπει να είναι ανάλογα μειωμένη ,εφόσον ο όγκος του διαλύματος και συνεπώς και του θρεπτικού διαλύματος που αντιστοιχεί σε κάθε φυτό είναι δραστικά μικρότερος σε σύγκριση με τις παραδοσιακές καλλιέργειες στο έδαφος . Η συνολική ποσότητα νερού ,που θα πρέπει να χορηγηθεί σε μία υδροπονική καλλιέργεια ,συνήθως δεν διαφέρει σημαντικά συγκρινόμενη με τις ποσότητες που παρέχονται σε μία αντίστοιχη καλλιέργεια στο έδαφος ,στην οποία χρησιμοποιείται σύστημα στάγδην άρδευσης ,εφόσον οι υπόλοιποι παράγοντες (ηλικία φυτών, καιρικές συνθήκες κ.λ.π.)είναι οι ίδιοι .Συχνά μάλιστα στην υδροπονία η κατανάλωση νερού είναι χαμηλότερη σε σύγκριση με το έδαφος δεδομένου ότι η εξάτμιση είναι μειωμένη ,άρα ο συντελεστής αξιοποίησης του νερού υψηλότερος .Η ανάγκη τόσο συχνής χορήγησης νερού στα φυτά ,που αναπτύσσονται σε υδροπονικές καλλιέργειες ,προφανώς απαιτεί την ύπαρξη και του κατάλληλου εξοπλισμού ,ώστε να είναι δυνατή η αυτοματοποίηση της άρδευσης ,διαφορετικά οι ανάγκες σε δυναμικά διαμορφώνονται σε απαγορευτικά υψηλά επίπεδα .Είναι προφανές ότι τόσο το σύστημα όσο και το πρόγραμμα άρδευσης μιας υδροπονικής καλλιέργειας ,έχουν επιτύχει τον σκοπό τους ,όταν οι ανάγκες των φυτών σε νερό καλύπτονται πάντα πλήρως ,χωρίς να γίνεται σπατάλη νερού και λιπασμάτων .

Ρύθμιση προγράμματος άρδευσης

Οι μέθοδοι καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους που έχουν επινοηθεί και εφαρμοστεί κατά καιρούς ,είναι αρκετά διαφορετικές μεταξύ τους .Το κάθε επιμέρους υδροπονικό σύστημα έχει τις ιδιαιτερότητές του, οι οποίες συχνά αφορούν και την άρδευση. Λόγω των σημαντικών διαφορών που υπάρχουν ,θα γίνει διάκριση μεταξύ των υδροπονικών καλλιεργειών που λαμβάνουν χώρα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα και αυτών που αναπτύσσονται σε στερεό υπόστρωμα .

Άρδευση υδροπονικών καλλιεργειών που αναπτύσσονται σε στερεό υπόστρωμα

Στα συστήματα αυτά, το υπόστρωμα κατά την άρδευση είναι σε θέση να συγκρατήσει μια ποσότητα νερού ,το μεγαλύτερο μέρος της οποίας είναι διαθέσιμο στα φυτά στο μεσοδιάστημα που ακολουθεί κάθε άρδευση. Επομένως σε κάθε άρδευση το χορηγούμενο νερό θα πρέπει να είναι

τουλάχιστον τόσο ,ώστε το υπόστρωμα να φθάνει στην υδατοϊκανότητα του. Η χορηγούμενη ποσότητα θρεπτικού διαλύματος σε κάθε νέα άρδευση δε θα πρέπει να είναι ακριβώς ίση με αυτήν που καταναλώθηκε από τα φυτά στο μεσοδιάστημα μεταξύ δύο αρδεύσεων ,αλλά κατά 15-30% υψηλότερη ,η οποία θα διαφύγει μεν μέσω απορροής από το υπόστρωμα ,αλλά δεν αποτελεί άσκοπη απώλεια. Μαζί της θα συμπαρασύρει και θα εκπλύνει και ορισμένα άλατα που έχουν την τάση να συσσωρεύονται στο υπόστρωμα .Αυτά βλάπτουν τα φυτά γιατί δεν απορροφώνται παρά σε πολύ μικρές ποσότητες από τις ρίζες τους .

Όσον αφορά τον χρόνο έναρξης μιας νέας άρδευσης πρέπει να ειπωθεί ,ότι τα υποστρώματα δεν θα πρέπει να αφήνονται να χάνουν περισσότερο από 20-30% περίπου του νερού που περιέχουν ,πρίν τους χορηγηθεί ξανά θρεπτικό διάλυμα .Αν αφεθούν να χάσουν περισσότερο από 20-30% του νερού τους πριν ποτισθούν ξανά ,από κάποια χρονική στιγμή και μετά υπάρχει κίνδυνος τα φυτά να μην τροφοδοτούνται με νερό σε επαρκείς ποσότητες .

Η διάρκεια των ποτισμάτων θα πρέπει να μην μεταβάλλεται ,αλλά να μένει σταθερή .Εκείνο που θα πρέπει να μεταβάλλεται συνεχώς είναι ο χρόνος έναρξης του κάθε ποτίσματος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο χρόνος που απαιτείται για την κατανάλωση μιας δεδομένης ποσότητας νερού από μία καλλιέργεια, είναι συνήθως αρκετά διαφορετικός, τόσο κατά την διάρκεια ενός 24ώρου, όσο και από ημέρα σε ημέρα, δεδομένου ότι εξαρτάται κυρίως από τη συνεχώς μεταβαλλόμενη ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και από το εκάστοτε μέγεθος των φυτών.

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Τα τελευταία χρόνια διατίθεται στην αγορά το φορητό χλωροφυλλόμετρο SPAD-502 της Minolta, που παρέχει στους χρήστες του τη δυνατότητα για άμεσο, γρήγορο και μη καταστροφικό για τα φύλλα προσδιορισμό της συγκέντρωσης των χλωροφυλλών και του αζώτου στα φύλλα.

Η ταχύτητα αυτή και μη καταστροφική μέθοδος έχει αποδειχθεί (από τη διεθνή βιβλιογραφία που αναπτύχθηκε τα τελευταία χρόνια) ιδιαίτερα αποτελεσματική στον έλεγχο και τη διαχείριση της αζωτούχου λίπανσης σε αρκετά φυτικά είδη όπως το ρύζι, το καλαμπόκι, το αμπέλι, η μηλιά, αρκετά υποτροπικά δέντρα, η σόγια κ.λ.π. Σε όλα τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν υπάρχει θετική συσχέτιση, μεταξύ των μετρούμενων τιμών -ενδείξεων του SPAD-502 και των βιοχημικά μετρούμενων αντίστοιχων τιμών των χλωροφυλλών και του αζώτου, διαφορετική όμως ανάλογα με το είδος του φυτού, αλλά και των ποικιλιών ή του τρόπου καλλιέργειας.

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν να προσδιοριστούν οι σχέσεις μεταξύ της συγκέντρωσης των νιτρικών του θρεπτικού διαλύματος της καλλιέργειας και των μετρούμενων τιμών-ενδείξεων του χλωροφυλλόμετρου SPAD-502 και των επιπέδων των χλωροφυλλών και των νιτρικών στα φύλλα της αγγουριάς στο θερμοκήπιο, προκειμένου να διερευνηθεί η δυνατότητα τυποποίησης του άμεσου και συνεχούς *in vivo* ελέγχου και διαχείρισης της αζωτούχου λίπανσης στη συγκεκριμένη καλλιέργεια ώστε να περιορισθεί κατά το δυνατόν η συγκέντρωση των NO_3^- στα φύλλα και στους καρπούς. Επίσης μετρήθηκαν ταυτόχρονα και οι φυσιολογικές παράμετροι των φύλλων (φωτοσύνθεση, διαπνοή, και στοματική αγωγιμότητα του CO_2) με το φορητό όργανο μέτρησης της φωτοσύνθεσης LCI της ADC και καταγράφηκε η συσχέτισή τους με τις τιμές ενδείξεις SPAD-502.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Πειραματόφυτο: Ως πειραματόφυτο επιλέχθηκε η αγγουριά, φυτό με μεγάλη ευαισθησία στην αζωτούχο λίπανση. Χρησιμοποιήθηκαν σπόροι αγγουριάς από το υβρίδιο Gador

Ανάπτυξη της καλλιέργειας

Οι σπόροι αναπτύχθηκαν σε σποριόφυτα μέσα σε γλαστράκια τύρφης με υπόστρωμα φυτόχωμα για 20 μέρες και σε συνθήκες:

Θερμοκρασία ημέρας: 21°C

Θερμοκρασία νύχτας: 19°C

Φωτισμός: 1.800-2.000 fc

Σχετική υγρασία: 70-80%

Τα έτοιμα σποριόφυτα μεταφέρθηκαν στο θερμοκήπιο και φυτεύτηκαν σε πλάκες πετροβάμβακα (1^η Απριλίου 2004) που ήταν τοποθετημένες στα κανάλια ανάπτυξης των φυτών της υδροπονίας. Χρησιμοποιήθηκαν πέντε κανάλια για κάθε επανάληψη και οι επαναλήψεις ήταν τρεις. Σε κάθε κανάλι φυτεύτηκαν δεκαπέντε φυτά.

Οι αποστάσεις μεταξύ των φυτών ήταν 40cm. Τα κανάλια απείχαν μεταξύ τους 60 cm. Τα φυτά υποστυλώθηκαν με την βοήθεια κατακόρυφου σπάγκου. Κάθε εβδομάδα αφαιρούνταν οι πλάγιοι βλαστοί και η καλλιέργεια αναπτύχθηκε για διάστημα δυο μηνών.

Σύστημα άρδευσης

Το σύστημα άρδευσης ήταν στάγδην. Χρησιμοποιήθηκαν σωλήνες άρδευσης Φ16. Από κάθε δοχείο τροφοδοσίας ξεκινάει ένας κεντρικός αγωγός ο οποίος διακλαδίζεται σε μικρότερους σωλήνες και τροφοδοτεί τα κανάλια αντίστοιχης συγκέντρωσης. Κάθε διακλαδισμένος σωλήνας ξαναδιακλαδίζεται σε μικρότερους, οι οποίοι με την βοήθεια του μακαρόν ποτίζουν (στάγδην) τα γλαστράκια που βρίσκονται μέσα στο αντίστοιχο κανάλι. Συνολικά τα δοχεία τροφοδοσίας είναι πέντε καθώς και τα κανάλια τα οποία τροφοδοτούνται όλα με τον ίδιο τρόπο.

Σύσταση θρεπτικού διαλύματος

Έγιναν πέντε μεταχειρίσεις με διαφορετικά επίπεδα νιτρικών. Σε όλες τις μεταχειρίσεις έγινε αραίωση στα 200lt νερού.

Στη πρώτη μεταχείριση η συγκέντρωση των νιτρικών είναι 20 ppm. Και η σύσταση του διαλύματος είναι η εξής:

Νιτρικό ασβέστιο	29,39 gr
Θεικό Μαγνήσιο	55.4 gr
Μονοφωσφορικό κάλιο	108.1 gr
Φωσφορικό Οξύ	0.0132lt

Στη δεύτερη μεταχείριση η συγκέντρωση των νιτρικών είναι 80 ppm .Και η σύσταση του διαλύματος είναι η εξής :

Νιτρικό ασβέστιο	97,46 gr
Θεικό μαγνήσιο	55.4 gr
Νιτρικό κάλιο	18.6 gr
Μονοφωσφορικό κάλιο	136.1 gr
Φωσφορικό οξύ	0.0132 lt

Στη τρίτη μεταχείριση η συγκέντρωση των νιτρικών είναι 140ppm .Και η σύσταση του διαλύματος είναι η εξής :

Νιτρικό ασβέστιο	97,46 gr
Θεικό μαγνήσιο	55.4 gr
Νιτρικό κάλιο	100.9 gr
Φωσφορικό οξύ	0.0132lt

Στη τέταρτη μεταχείριση η συγκέντρωση των νιτρικών είναι 200 ppm .Και η σύσταση του διαλύματος είναι η εξής :

Νιτρικό ασβέστιο	140,68 gr
Θεικό μαγνήσιο	55.4 gr
Νιτρικό κάλιο	142.75 gr
Φωσφορικό οξύ	0.0132 lt

Στη πέμπτη μεταχείριση η συγκέντρωση των νιτρικών είναι 260 ppm .Και η σύσταση του διαλύματος είναι η εξής :

Νιτρικό ασβέστιο	172,88 gr
Θεικό μαγνήσιο	55.4 gr
Νιτρικό κάλιο	194.92 gr
Φωσφορικό οξύ	0.0132 lt

Σε όλες τις μεταχειρίσεις (5) εκτός των βασικών στοιχείων θα βάλουμε και λιπάσματα ιχνοστοιχείων στις παρακάτω ποσότητες :

Χηλικός σίδηρος	2.8 gr
Θευκό μαγγάνιο	0.42gr
Θειικός ψευδάργυρος	0.3 gr
Βόρακας	0.5 gr
Επταμόλυβδο αμμώνιο	0.03gr
Θευκός χαλκός	0.05gr

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ IN VIVO ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Μαρκάραμε 12 φύλλα από κάθε μεταχείριση στα οποία μετρήσαμε τις φωτοσυνθετικές παραμέτρους με το φορητό όργανο της φωτοσύνθεσης LDC της ICI (ταχύτητα φωτοσύνθεσης, διαπνοή και αντίσταση διαχύσεως του CO₂). Επίσης μετρήθηκαν οι τιμές -ενδείξεις του χλωροφυλλόμετρου SPAD -502 της Minolta. Κατόπιν τα μαρκαρισμένα φύλλα αποκόπηκαν τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο. Η ίδια διαδικασία έγινε και με τους μίσχους των φύλλων.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

1. Μετρήσεις της συγκέντρωσης χλωροφυλλών στα φύλλα βιοχημικά στο εργαστήριο

Ακολούθως, από το αντίστοιχο έλασμα αφαιρέθηκαν με φελλοτρυπητήρα 3 δίσκοι διαμέτρου 0,9cm ο καθένας οι οποίοι αφού ζυγίστηκαν τοποθετήθηκαν σε 3 ml διαλύματος DMSO μέσα σε υάλινους δοκιμαστικούς σωλήνες και επωάστηκαν στους 60°C για 1 ώρα και 10 min. Στο χρόνο αυτό οι δίσκοι αποχρωματίστηκαν πλήρως και οι χλωροφύλλες διαλύθηκαν στο DMSO (dimethylsulphoxide). Αφού αφαιρέθηκαν οι δίσκοι τα διάλυμα των χλωροφυλλών ογκομετρήθηκε εκ νέου και οι δοκιμαστικοί σωλήνες μεταφέρθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου όπου μετρήθηκε και καταγράφηκε η απορρόφηση στα 648 και 665 nm σε φασματοφωτόμετρο simadzu -1601 προκειμένου να υπολογιστεί η συγκέντρωσή των χλωροφυλλών με τη μέθοδο των Shimano et.al...1996 σε mg/g συνολικών χλωροφυλλών /g νεπού βάρους ($chl a = 14.85 A_{665} - 5.14 A_{648}$, $chl b = 25.48 A_{648} - 5.14 A_{665}$). Η όλη πειραματική διαδικασία επαναλήφθηκε συνολικά 3 φορές.

2. Μετρήσεις ξηρού και νεπού βάρους των φύλλων

Τα μαρκαρισμένα φύλλα αφού τα αποκόψαμε από τα φυτά τα μεταφέραμε στο εργαστήριο και με την βοήθεια του ζυγού μετρήσαμε τα νεπά τους βάρη. Κατόπιν βάλαμε τα φύλλα στο φούρνο για 2 ημέρες στους 75°C και αφού αποξηράνθηκαν τα ζυγίσαμε ξανά έτσι ώστε να υπολογίσουμε και τα ξηρά τους βάρη.

3. Μετρήσεις της συγκέντρωσης νιτρικών στον κυτταρικό χυμό του μίσχου

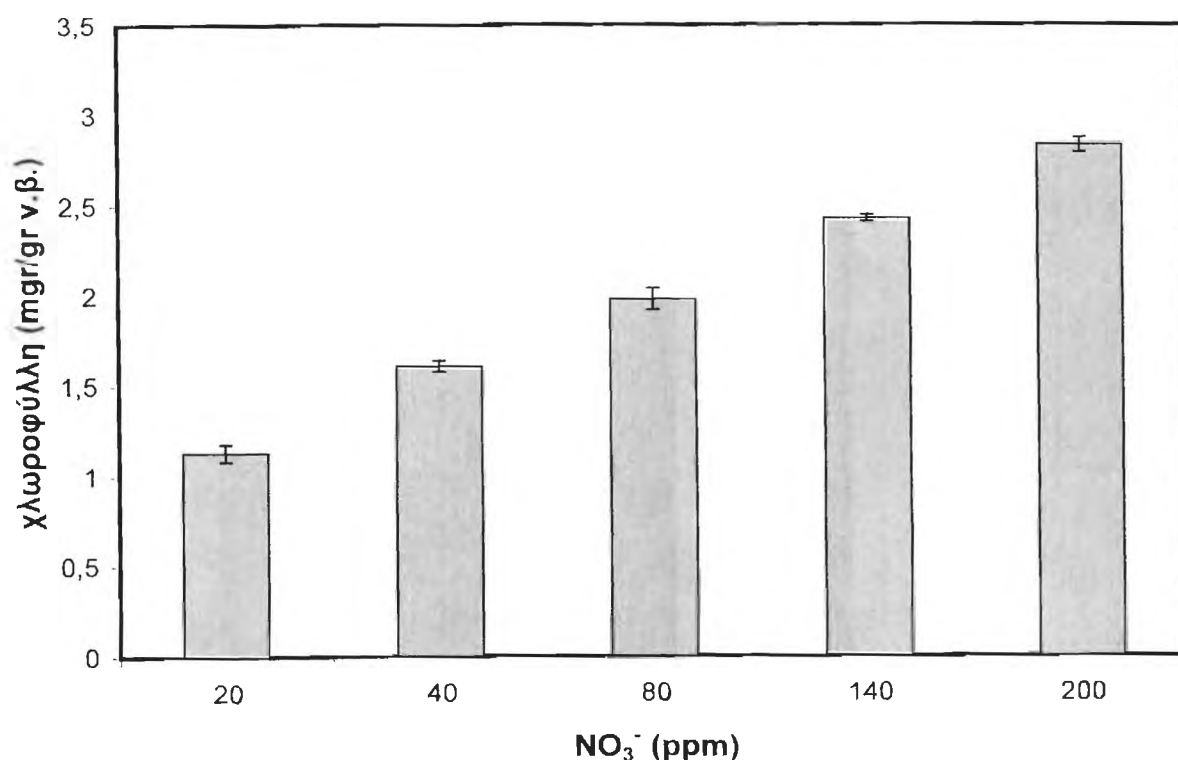
Ένα μικρό μέρος από το μέσον του μίσχου του κάθε φύλλου (περίπου 3 cm μήκος), αφού τεμαχίστηκε σε μικρούς κυλίνδρους (μήκους 0,5cm) τοποθετήθηκε σε ειδική πρέσσα, όπου συμπιέστηκε ήπια και ο κυτταρικός χυμός συγκεντρώθηκε σε υάλινο δοκιμαστικό σωλήνα. Αμέσως, δυο σταγόνες του κυτταρικού χυμού, τοποθετήθηκαν πάνω σε γάζα στο ειδικό ηλεκτρόδιο του οργάνου μέτρησης NO_3^- (Cardy Nitrate Meter της Horiba-Japan) και μετά 45 sec καταγράφηκε η ένδειξη του οργάνου. Το όργανο είχε προηγουμένως ρυθμισθεί (calibration) με τη χρήση προτύπων διαλυμάτων NO_3^- συγκεντρώσεων 150ppm και 1500 ppm. Η συγκέντρωση των NO_3^- στον κυτταρικό χυμό του μίσχου, είναι ο μέσος όρος τιμών τριών ανεξάρτητων μετρήσεων για κάθε φύλλο.

4. Μετρήσεις της συγκέντρωσης στον καρπό και στο φλοιό του καρπού

Με την ίδια ακριβώς διαδικασία μετρήθηκε η συγκέντρωση νιτρικών στον καρπό και στο φλοιό του καρπού.

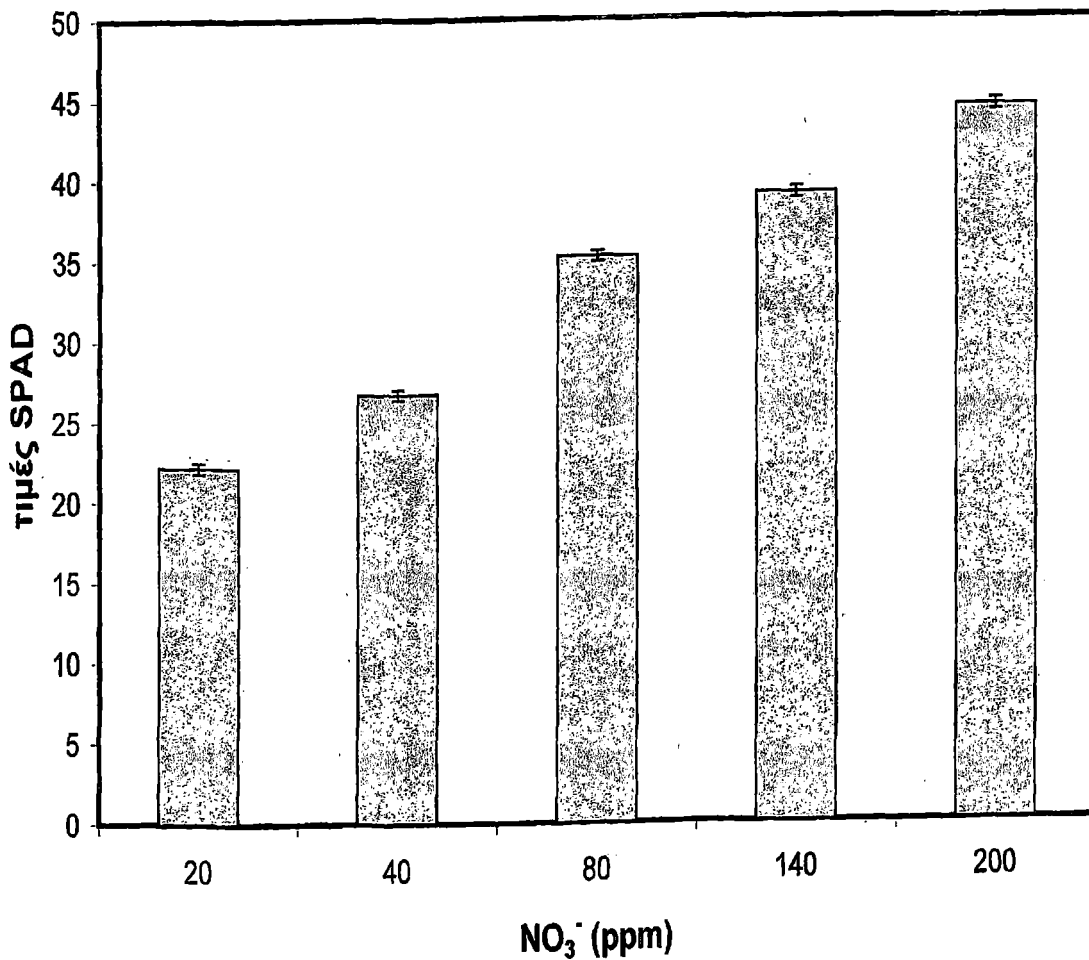
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στην εικόνα (1) απεικονίζεται η επίδραση της συγκέντρωσης των NO_3^- του θρεπτικού διαλύματος στη συγκέντρωση χλωροφυλλών στα φύλλα της αγγουριάς. Η χαμηλότερη τιμή χλωροφύλλης στην οποία τα φύλλα εμφανίζονται κίτρινα είναι περίπου 1,2 mgr/gr νωπού βάρους για συγκέντρωση 20 ppm NO_3^- στο θρεπτικό διάλυμα και η μέγιστη τιμή χλωροφύλλης στην οποία τα φύλλα είναι έντονα πράσινα είναι περίπου 3 mgr/gr για την αντίστοιχη συγκέντρωση νιτρικών 200 ppm.



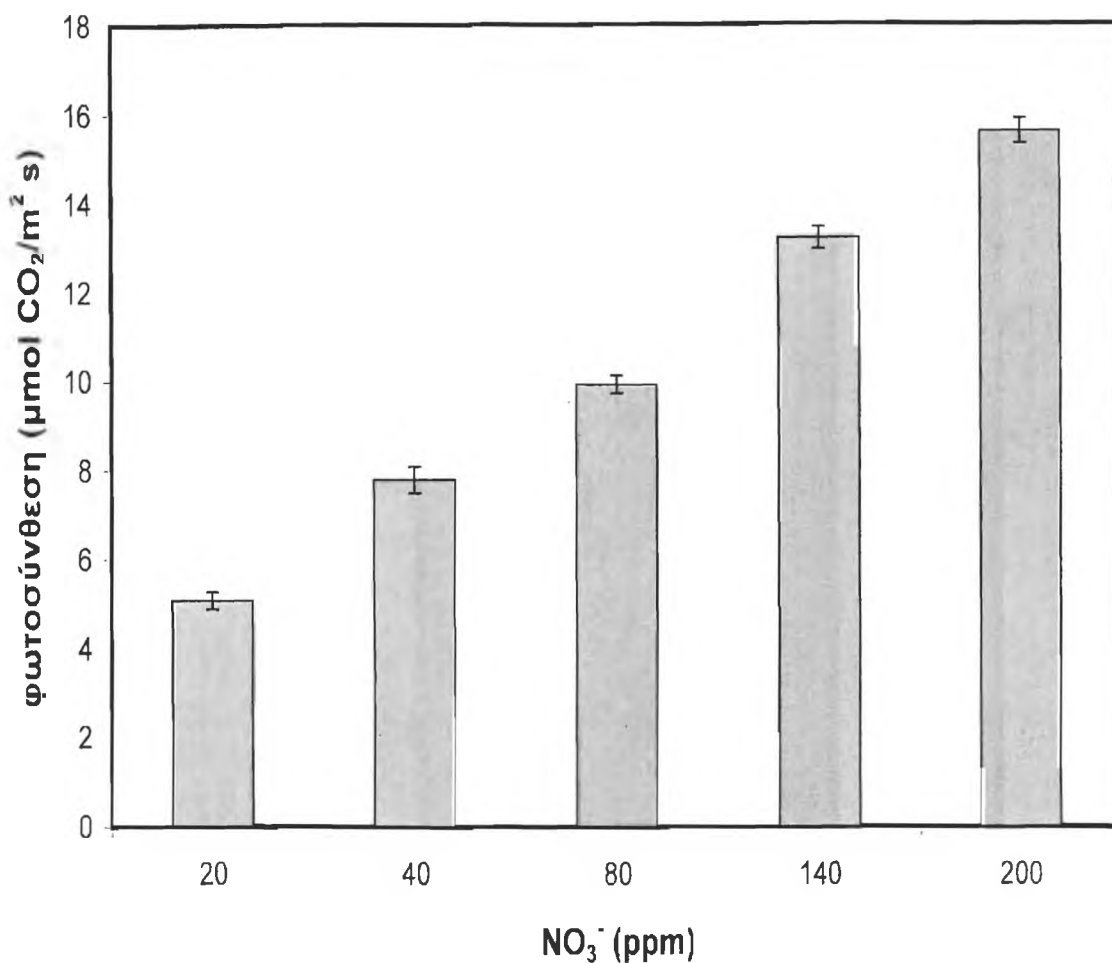
Εικόνα 1: Συσχέτιση της συγκέντρωσης των NO_3^- του θρεπτικού διαλύματος με την συγκέντρωση χλωροφυλλών (βιοχημικά μετρούμενη) στα φύλλα της αγγουριάς

Στην εικόνα (2) απεικονίζεται η συσχέτιση της συγκέντρωσης των NO_3^- του θρεπτικού διαλύματος με τις μετρούμενες τιμές –ενδείξεις του SPAD-502 .Η ελάχιστη τιμή SPAD (αυθαίρετες μονάδες) είναι περίπου 23 και η μέγιστη 45 με αντίστοιχες συγκεντρώσεις NO_3^- από 20-200 ppm



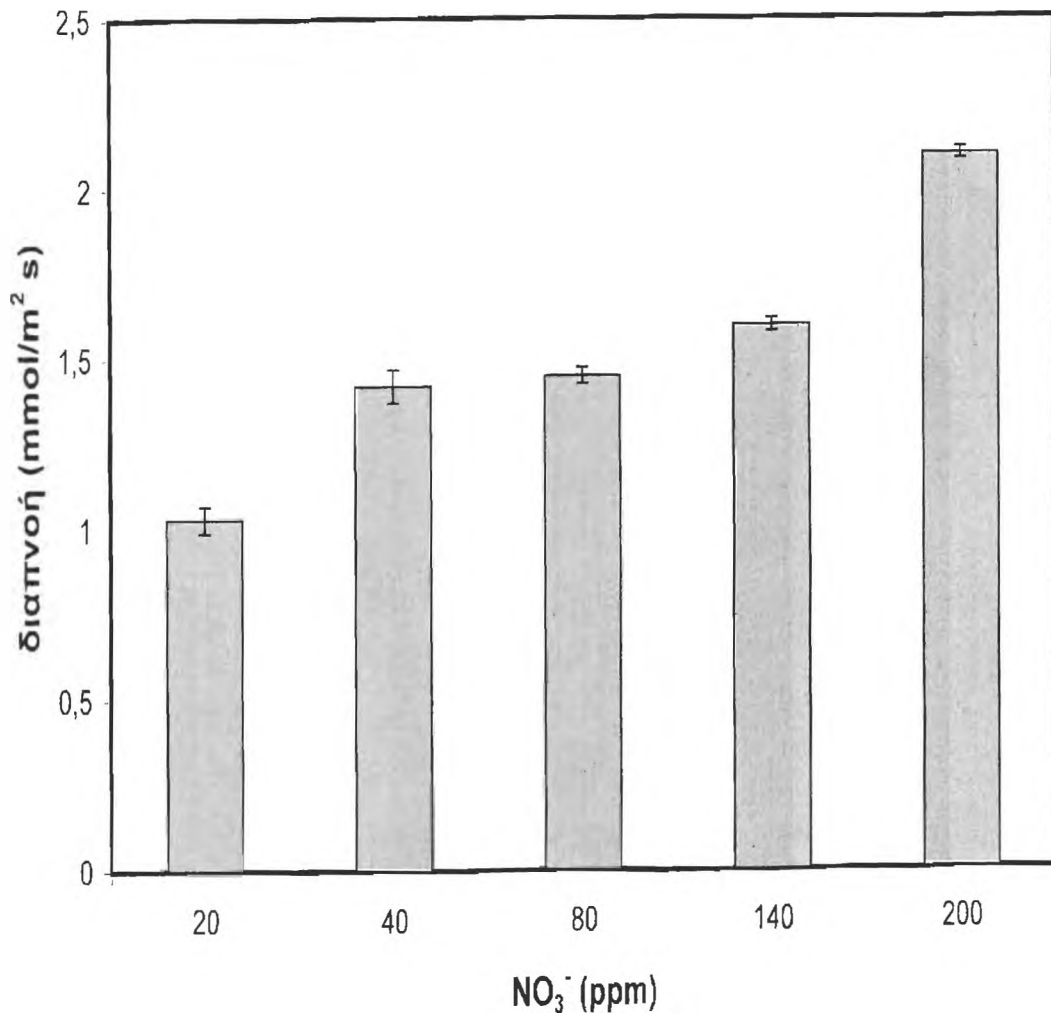
Εικόνα 2: Συσχέτιση της συγκέντρωσης των NO_3^- του θρεπτικού διαλύματος με την με τις τιμές-ενδείξεις των SPAD-502

Η εικόνα (3) μας δείχνει την επίδραση των NO_3^- του θρεπτικού διαλύματος στην ταχύτητα φωτοσύνθεσης στα φύλλα. Η ταχύτητα φωτοσύνθεσης κυμαίνεται από 5-16 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ για τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις NO_3^- από 20-200 ppm



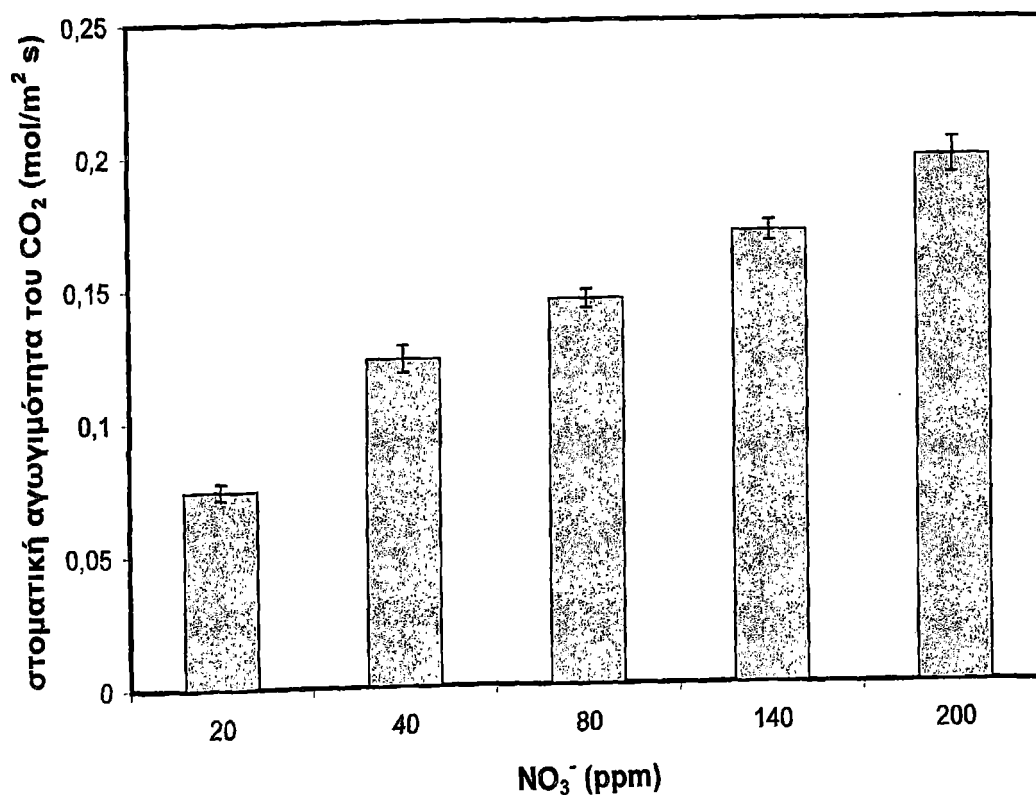
Εικόνα 3 Συσχέτιση της συγκέντρωσης των NO_3^- του θρεπτικού διαλύματος στην ταχύτητα φωτοσύνθεσης .

Στην εικόνα (4) απεικονίζεται η επίδραση της συγκέντρωσης των NO_3^- του θρεπτικού διαλύματος στην μετρούμενη ταχύτητα της διαπνοής στα φύλλα της αγγουριάς .



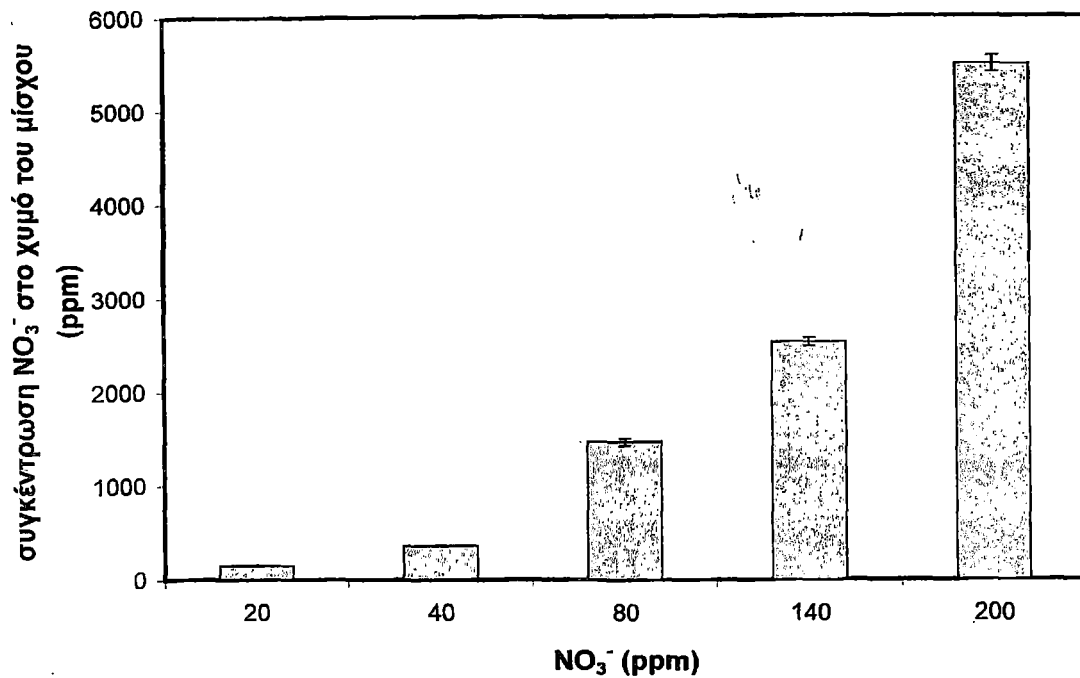
Εικόνα 4: Συσχέτιση της συγκέντρωσης των NO_3^- του θρεπτικού διαλύματος στην ταχύτητα διαπνοής

Στην εικόνα (5) απεικονίζεται η επίδραση της συγκέντρωσης των NO_3^- του θρεπτικού διαλύματος στη στοματική αγωγιμότητα του CO_2 των φύλλων της αγγουριάς.



Εικόνα 5: Επίδραση των NO_3^- του θρεπτικού διαλύματος στη στοματική αγωγιμότητα του CO_2

Στην εικόνα (6) απεικονίζεται η συσχέτιση των συγκεντρώσεων των NO_3^- του θρεπτικού διαλύματος με την αντίστοιχη συγκέντρωσή τους στον κυτταρικό χυμό του μίσχου των φύλλων της αγγουριάς.



Εικόνα 6: Επίδραση των NO_3^- του θρεπτικού διαλύματος με την αντίστοιχη συγκέντρωσή τους στον κυτταρικό χυμό

ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το πλεονέκτημα της χρήσης του φορητού χλωροφυλλόμετρου SPAD -502 έγκειται στον εύκολο και άμεσο προσδιορισμό της συγκέντρωσης των χλωροφυλλών και του αζώτου στα φύλλα των φυτών με την προϋπόθεση της κατασκευής πρότυπων διαγραμμάτων συσχέτισης για κάθε είδος φυτού κάθε ποικιλία ή και καλλιεργητικές συνθήκες .

Η πρότυπη καμπύλη συσχέτισης των τιμών του SPAD-502 με τη συγκέντρωση των συνολικών χλωροφυλλών και των NO_3^- στα φύλλα της αγγουριάς είναι σύμφωνη με παρόμοια αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών που αφορούν το ολικό άζωτο σε άλλα φυτά και δείχνει ότι είναι δυνατή η χρήση του SPAD-502 στην καλλιέργεια της αγγουριάς στο θερμοκήπιο .

Η καλλιέργεια αυτή είναι σημαντική για τους Έλληνες καλλιεργητές λαχανικών εκτός εποχής .Επιπλέον ,η αγγουριά είναι κατ' εξοχήν αζωτόφιλο φυτό και αντιδρά στην αζωτούχο λίπανση και ιδιαίτερα στο νιτρικό άζωτο .Ο έλεγχος των επιπέδων των νιτρικών καθίσταται επιτακτικός όχι μόνο όσον αφορά τη μεγιστοποίηση της απόδοσης της καλλιέργειας αλλά και για περιβαλλοντικούς λόγους .Αυξημένες συγκεντρώσεις NO_3^- στα τρόφιμα συνιστούν σοβαρή απειλή για την ανθρώπινη υγεία .Αυτό συμβαίνει διότι τα NO_3^- ανάγονται σε NO_2^- τα οποία κάτω από ορισμένες συνθήκες αντιδρούν με αμίνες παράγοντας τοξικές καρκινογόνες ενώσεων (νιτροζαμίνες) για τον ανθρώπινο οργανισμό .Επίσης ,αυξημένες εισροές μέσω των NO_3^- λιπασμάτων στο έδαφος προκαλούν ρύπανση των υδάτινων οικοσυστημάτων .Στο ανθρώπινο διαιτολόγιο τα λαχανικά συνεισφέρουν το 72-94% .Από τον Ιανουάριο του 1997 η Ε.Ε. έχει θεσπίσει ανώτατα επιτρεπόμενα όρια τόσο στο πόσιμο νερό όσο και στα πράσινα λαχανικά .Με βάση τα στοιχεία αυτά ,τα αποτελέσματα της εργασίας μας καθίστανται ιδιαίτερα επίκαιρα ,καθ' ότι βρέθηκε πολύ υψηλός βαθμός συσχέτισης των τιμών –ενδείξεων του SPAD-502 με τη συγκέντρωση χλωροφυλλών και νιτρικών στο κυτταρικό χυμό των μίσχων των φύλλων .

Συγκεκριμένα για τις δεδομένες συγκεντρώσεις των νιτρικών που χρησιμοποιήθηκαν στο θρεπτικό διάλυμα (20,80,140,200,260 ppm) βρέθηκε ότι τόσο οι τιμές SPAD (εικ.2) όσο και οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις των χλωροφυλλών (εικ.1)που μετρήθηκαν στα φύλλα αυξάνονταν με ανάλογο τρόπο σε σχέση με τις συγκεντρώσεις NO_3^- του θρεπτικού διαλύματος ,γεγονός που συμφωνεί με αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών σε άλλα φυτά .

Επιπλέον η συγκέντρωση νιτρικών που μετρήθηκε στο κυτταρικό χυμό των μίσχων του φύλλου αυξάνονταν με την αύξηση (εικ.6) της συγκέντρωσης των

νιτρικών του θρεπτικού διαλύματος και μάλιστα στις δυο μικρότερες συγκεντρώσεις (20 και 40 ppm NO_3^-) η συγκέντρωση νιτρικών στον κυτταρικό χυμό ήταν σχετικά πολύ χαμηλή ενώ από την συγκέντρωση των 40 ppm μέχρι και την συγκέντρωση των 200 ppm η αντίστοιχη αύξηση ήταν σημαντικά υψηλότερη.

Παρόμοιες πρότυπες καμπύλες (κυρίως όσον αφορά το ολικό άζωτο) έχουν γίνει από άλλους ερευνητές για ορισμένα φυτά, μεγάλων καλλιεργειών (καλαμπόκι, σόργο, ρύζι κ.λ.π.) και η χρήση του χλωροφυλλόμετρου έχει αποδειχθεί απόλυτα επιτυχής για τον έλεγχο και την διαχείριση της αζωτούχου λίπανσης στις καλλιέργειες αυτές. Οι Santamaria κ.α., το 1997 ανέπτυξαν στρατηγικές λίπανσης για την, μείωση των νιτρικών στα φυλλώδη λαχανικά. Από τα αποτελέσματα μας αποκαλύφθηκε επίσης υψηλή συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης NO_3^- του θρεπτικού διαλύματος με τις φυσιολογικές παραμέτρους των φύλλων της αγγουριάς.

Και για τις τρεις φυσιολογικές παραμέτρους που μελετήθηκαν δηλ. ταχύτητα φωτοσύνθεσης (εικ.3), ταχύτητα διαπνοής (εικ.4) και στοματική αγωγιμότητα του CO_2 (εικ.5) παρατηρήθηκε η ίδια περίπου σημαντική αύξηση των τιμών των παραμέτρων αυτών σε σχέση με την αύξηση των αντίστοιχων συγκεντρώσεων των NO_3^- του θρεπτικού διαλύματος.

Συμπερασματικά τα δεδομένα της εργασίας αυτής δείχνουν ότι το φορητό χλωροφυλλόμετρο SPAD-502 μπορεί να χρησιμοποιηθεί αξιόπιστα για τον άμεσο προσδιορισμό και τον έλεγχο των επιπέδων χλωροφυλλών και NO_3^- με στόχο τον περιορισμό της συγκέντρωσης των NO_3^- στα φύλλα κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας της αγγουριάς στο θερμοκήπιο. Προϋπόθεση είναι η δημιουργία πρότυπων καμπύλων συσχέτισης για κάθε ποικιλία και υβρίδιο. Στη συνέχεια της εργασίας αυτής προτείνονται πειράματα με κλιμάκωση της αζωτούχου λίπανσης, ώστε να τυποποιηθεί ένα τεστ άμεσου ελέγχου και διαχείρισης των επιπέδων της N/τούχου λίπανσης κατά την διάρκεια της ανάπτυξης και παραγωγής της αγγουριάς στο θερμοκήπιο.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

BULLOK, D.G. AND ANDERSON, D.S., 1998. Evaluation of Minolta SPAD-502 Chlorophyll Meter for Nitrogen Management in Corn. *Journal of Plant Nutrition*, 21(4), 741-755.

CAMBELL, R. J., MOBLEY, K. N., MARINI, R. P. AND PFEIFFER D.G., 1990., Growing Conditions Alter the Relationship Between SPAD-502 Values and Apple Leaf Chlorophyll. *Hort. Science* 25(3) : 330-331.

DITCH, J., IRVINEN, R., KNEKT, P. and PENTILL, P. L., 1996. Dietary intakes of nitrate, nitrite and NDMA in the Finish Mobile Clinic Health Examination Survey. *Food Add. Contam.* 13 : 541-552.

FANNIZA, G, GATTA, D, C & BAGNULO, C. , 1991. A non-destructive determination of leaf chlorophyll in *Vitis vinifera*. 1991. *App. Biology* , 119 : 203-205.

KAPOTIS, G., ZERVOUDAKIS, G., VELTSISTAS, T., AND SALAHAS, G., 2003. Comparison of chlorophyll meter readings with leaf chlorophyll concentration in *Amaranthus vitis* : Correlation with physiological processes. *Russian Journal of Plant Physiology*, Vol 50, No 3, pp.395-397.

ΚΑΡΑΤΑΓΛΗΣ, Σ., Σ., 1994 ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΦΥΤΩΝ. Εκδόσεις Art of text ISBN 960-312-009-X.

MARKWELL, J., OSTERMAN, J. C., & MITCHEL, J. L. 1995 Calibration of the Minolta SPAD-502 Leaf Chlorophyll Meter. *Photosynthesis Research*. 46: 467-472.

ΠΑΠΑΣΑΒΒΑΣ, Α., 2004. Απομόνωση και βιολογική συντήρηση πρωτοπλαστών και χλωροπλαστών από τα κύτταρα του μεσόφυλλου του φυτού *Spinach Oleraceae* (Σπανάκι), Μεσσολόγι.

PIEKIELEK, W. P. and FOX, R. H. 1992. Use of a Chlorophyll Meter to Predict Sidedress Nitrogen Requirements for Maize. *Agron. J.* 84: 59-65.

SANTAMARIA, P. ELIA, A. AND GONNELLA, M. 1997. Changes in Nitrate Accumulation and Growth of Endive Plants During Light Period are Affected by Nitrogen Level and Form. *Jof Plant Nutrition* 20(10) : 1255-1266.

SCHAPER, H. and CHACKO, E. K. 1991. Relation between Extractable Chlorophyll and Portable Chlorophyll Meter Readings in Leaves of Eight tropical and Subtropical fruit-tree Species. *Journal of plant physiology*. 138, 674-677.

Van der SCHEE, H.A. SPEEK, A.J., 2000 Report of nitrate monitoring results concerning Regulation EU 194/97

SHINANO, T., LEI, T. T., KAWAMUKAI, T., INOUI, M. T., KOIKE, T. and TADANO, T. 1996. Dimethylsulfoxide method for the extraction of chlorophylls *a* and *b* from the leaves of wheat, field bean, dwarf bamboo, and oak. *Photosynthetica* 32(3) : 409-415.

THOMSON, J. A., SCHWEITZER, L.E. & NELSON, R.L. 1996. Association of specific leaf weight, an estimate of chlorophyll, and chlorophyll concentration with apparent photosynthesis in soybean. *Photosynthesis Research* 49: 1-10.

TURNER, F.T. and JUND, M. F. 1991 Chlorophyll Meter to Predict Nitrogen Topdress Requirement for Semidwarf Rice. *Agron. J.* 83:926-928 .

WALKER, R. 1990. Nitrates, nitrites and N-nitroso compounds: A review of the occurrence in food and diet and the toxicological implications. *Food Add. Cont.* 6: 717-768.

YADAVA, U. L. 1986. A Rapid and Nondestructive Method to Determine Chlorophyll in Intact Leaves. *HortScience*. Vol. 21(6) 1449-1450.