

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΑΓΡΟΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ»**



Δ.Μ.Π.Σ. "ΑΓΡΟΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ"

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΙΚΗΣ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗ
ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΣΤΟ ΜΑΡΟΥΛΙ ΚΑΙ ΣΤΟ
ΡΑΠΑΝΙ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΩΝ ΣΕ ΤΕΧΝΗΤΟ
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΡΑΠΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ**

**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΚΑΡΙΠΙΔΗΣ**

**Αναπληρωτής Καθηγητής
ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ**

Ιωάννινα 2009



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΑΓΡΟΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ»**



Δ.Μ.Π.Σ. "ΑΓΡΟΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ"

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΙΚΗΣ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗ
ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΣΤΟ ΜΑΡΟΥΛΙ ΚΑΙ ΣΤΟ
ΡΑΠΑΝΙ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΩΝ ΣΕ ΤΕΧΝΗΤΟ
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΡΑΠΤΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ**

**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΚΑΡΙΠΙΔΗΣ**
Αναπληρωτής Καθηγητής
ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ

Ιωάννινα 2009



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : Επιπτώσεις από συγκέντρωση νιτρικών	
1.1 Γενικά	7
1.2 Το πρόβλημα συγκέντρωσης νιτρικών στα φυτά και στον άνθρωπο	7
1.3 Νιτρικά και νιτρώδη άλατα στα τρόφιμα	8
1.3.1 Νιτρώδη άλατα	9
1.3.2 Νιτρικά άλατα	9
1.4 Κίνδυνοι στην υγεία από νιτρικά (NO_3^-) και νιτρώδη (NO_2^-)	10
1.5 Τοξικότητα NO_3^- - NO_2^- στον άνθρωπο	10
1.6 Πηγές NO_3^- ή NO_2^- που προκαλούν μεθαιμογλοβιναιμία	12
1.7 Νιτροζαμίνες	12
1.8 Γαστρο - εντερικά νεοπλάσματα	14
1.9 Ευεργετικές επιδράσεις των διατροφικών νιτρικών	15
1.10 Συμπεράσματα	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : Το στοιχείο άζωτο και ο μεταβολισμός του	
2.1 Στοιχείο άζωτο	16
2.2 Φυσιολογική δράση	16
2.3 Κύκλος του αζώτου στη φύση	18
2.4 Νιτροποίηση αζώτου στο έδαφος	18
2.5 Έκπλυση αζώτου	19
2.6 Απονιτροποίηση	19
2.7 Αξιοποίηση ατμοσφαιρικού αζώτου	19
2.8 Δέσμευση ατμοσφαιρικού αζώτου	20
2.9 Νιτρικά ιόντα	21
2.9.1 Χρησιμοποίηση των νιτρικών ιόντων από τα φυτά	21
2.9.2 Η αναγωγή των νιτρικών	22
2.9.3 Η αναγωγή των νιτρωδών	26
2.9.4 Η αφομοίωση της αμμωνίας	27
2.10 Φυσιολογικές επιδράσεις των μορφών N στα φυτά	29
2.11 Παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση NO_3^- στα φυτά	30



2.11.1.1 Κλιματικοί παράγοντες	30
2.11.1.2 Γενετικοί παράγοντες	31
2.11.2 Λίπανση και συσσώρευση νιτρικών	32
2.11.3 Επίδραση λοιπών στοιχείων στη συγκέντρωση NO_3^-	33
2.11.4 Επίδραση ιχνοστοιχείων	34
2.11.5 Λαχανικά με υψηλή συσσωρευτική ικανότητα	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : Ο ρόλος του στοιχείου θείου	
3.1 Γενικά	37
3.2 Φυσιολογική δράση S	37
3.3 Κύκλος του θείου	39
3.4 Αναγωγή σε θειικά (SO_4^{2-})	40
3.5 Μορφές S στο έδαφος και η χρησιμοποίησή του από τα φυτά	41
3.6 Επίδραση της έλλειψης S στο περιβάλλον	42
3.7 Θεικές ενώσεις	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : Ραπάνι και μαρούλι	
4.1 Ραπάνι	44
4.1.1 Περιγραφή του φυτού	45
4.1.2 Κλίμα και έδαφος	46
4.1.3 Λίπανση	46
4.1.4 Σπορά	47
4.1.5 Άλλες καλλιεργητικές εργασίες	47
4.1.6 Συγκομιδή - Αποδόσεις - Διατήρηση	47
4.1.7 Ποικιλίες	48
4.1.8 Θρεπτική & ευεργετική αξία	48
4.2 Μαρούλι	49
4.2.1 Περιγραφή του φυτού	49
4.2.2 Ποικιλίες	50
4.2.3 Καλλιεργητικές φροντίδες	51
4.2.4 Κλίμα και έδαφος	52
4.2.5 Λίπανση	53
4.2.6 Σπορά και φύτευση	54
4.2.7 Συγκομιδή - αποδόσεις - διατήρηση	55
4.2.8 Θρεπτική & ευεργετική αξία	55



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : Πειραματικό Μέρος	
5.1 Υλικά και μέθοδος	57
5.2 Δειγματοληψία φυτικών ιστών μαρουλιού και ραπανιού	60
5.3 Προσδιορισμός νιτρικού αζώτου	61
5.3.1 Χρωματομετρική μέθοδος	61
5.3.2 Αντιδραστήρια	61
5.3.3 Τρόπος εργασίας	61
5.3.4 Αρχή της μεθόδου	62
5.3.4.1 Αντιδραστήρια	62
5.3.4.2 Διαδικασία	62
5.4 Προσδιορισμός S	64
5.4.1 Μέθοδος μέτρησης θεικών	64
5.4.1.1 Αντιδραστήρια	64
5.4.1.2 Διαδικασία	65
5.4.2 Θολομετρική μέθοδος	65
5.4.2.1 Αντιδραστήρια	66
5.4.2.2 Διαδικασία	66
5.4.2.3 Υπολογισμός της θολότητας	66
5.4.2.4 Καμπύλη αναφοράς SO_4^{2-} του πειράματος	67
5.5 Αποτελέσματα	69
Συζήτηση	78
Συμπεράσματα	79
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	80
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	83

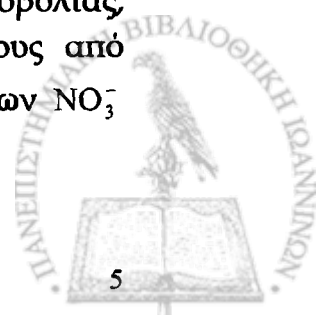
Περίληψη

Το άζωτο αποτελεί το σημαντικότερο μακροστοιχείο στην ανόργανη διατροφή των φυτών τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά. Η επαρκής τροφοδότηση με άζωτο της καλλιέργειας καθορίζει σε μέγιστο βαθμό το μέγεθος της παραγωγής στα καλλιεργούμενα φυτών. Η αύξηση της χορηγούμενης αζωτούχου λίπανσης είναι αρνητικά συσχετισμένη, με την παρουσία νιτρικών ανιόντων στα φύλλα των περισσότερων φυλλωδών λαχανικών.

Σήμερα, τα λαχανικά αποτελούν την κυριότερη πηγή εισροής νιτρικών στον οργανισμό των ενήλικων ανθρώπων. Εκτιμάται πως περισσότερο από 80% της μέσης ημερήσιας εισροής νιτρικών στον οργανισμό προέρχεται από τα λαχανικά. Η συσσώρευση νιτρικών στους φυτικούς ιστούς διαφόρων φυτών και η κατανάλωσή τους από τον άνθρωπο, έχει ευαισθητοποιήσει την κοινή γνώμη, καθώς τα νιτρικά ανιόντα θεωρούνται ότι κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις, μπορούν να γίνουν επικίνδυνα για την υγεία των καταναλωτών. Έτσι στην Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν ορισθεί μέγιστα αποδεκτά ποσοστά νιτρικών για διάθεση των νωπών προϊόντων στην κατανάλωση, τόσο σε προϊόντα που προέρχονται από θερμοκήπια, όσο και σε υπαίθριες καλλιέργειες φυλλωδών λαχανικών.

Διάφορες μέθοδοι έχουν αναφερθεί κατά καιρούς, οι οποίες ασχολούνται με τη μείωση της περιεκτικότητας των νιτρικών στα μαρούλια και σε άλλα φυλλώδη λαχανικά, με ή χωρίς επιπτώσεις στην παραγωγή. Ορισμένες από αυτές βασίζονται στην αρνητική συσχέτιση μεταξύ NO_3^- και φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας (Calvin and Atkins, 1974, Steingröver et al, 1993) ή της θερμοκρασίας (Santamaria et al, 1996). Άλλες μέθοδοι σχετίζονται με αλλαγές στην περιεκτικότητα του θρεπτικού διαλύματος, για παράδειγμα με χρήση αμινοξέων (biofertilizers) (Günes et al, 1994) ή αλλαγές στην σχέση $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ (Boon et al, 1990, Santamaria et al, 1996) ή την ελάττωση του χορηγούμενου NO_3^- -N προ της συγκομιδής (Alt and Ströwer, 1982, Boon et al, 1990, Marlogio, 1995, Carrasco, 1992). Επίσης έχει εφαρμοσθεί η αλλαγή στην ισορροπία των ανιόντων στο θρεπτικό διάλυμα με την μερική αντικατάσταση των νιτρικών ανιόντων με ιόντα Cl^- κατά το τέλος της περιόδου ανάπτυξης των φυτών του μαρουλιού (Steingröver et al, 1993, Santamaria et al, 1996, Urrestarazu et al, 1998).

Οι παραπάνω μέθοδοι βρίσκουν εφαρμογή σε ελεγχόμενες συνθήκες και κυρίως σε υδροπονικές καλλιέργειες. Στον αγρό η χρήση των ανωτέρω μεθόδων κρίνεται μη εφαρμόσιμη (αδυναμία ελέγχου της ακτινοβολίας, θερμοκρασίας και της σχέσης $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$, υποβάθμιση του εδάφους από υπολείμματα Cl^- , ή υψηλού κόστους όπως είναι η μέθοδος μείωσης των NO_3^- με τη χρήση αμινοξέων).



Το είδος της χορηγούμενης αζωτούχου λίπανσης θεωρείται ότι επηρεάζει την συσσώρευση νιτρικών στα φύλλα. Αναφέρεται ότι η οργανική λίπανση είχε μικρότερη επιβάρυνση με νιτρικά ανιόντα στο μαρούλι σε σύγκριση με την ανόργανη λίπανση (Gianquinto et al, 1992, Παύλου κ.α., 2003). Το τελευταίο έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί εκτός από την δυνατότητα της εύκολης εφαρμογής στον αγρό έχει ξεχωριστή σημασία στα πλαίσια της Βιολογικής Γεωργίας, όπου δεν αρκεί η μείωση των νιτρικών για την παραγωγή ποιοτικών προϊόντων, αλλά θα πρέπει και το ύψος της παραγωγής να είναι τέτοιο ώστε να ανταγωνίζεται τα παραγόμενα με συμβατικό τρόπο προϊόντα (μέσο βάρος κεφαλής και συνολικά παραγόμενη ποσότητα νωπό προϊόντος).

Δυνατότητα εφαρμογής στον αγρό φαίνεται να έχει και η ρύθμιση της ισορροπίας των ανιόντων στο ριζόστρωμα των φυτών με την χορήγηση SO_4^{2-} τα οποία πιθανά μπορούν να υποκαταστήσουν τα Cl^- στον ανταγωνισμό με τα NO_3^- και στην ελάττωση της συγκέντρωσης των τελευταίων στα φυτικά χυμοτόπια. Τα SO_4^{2-} αντίθετα με τα Cl^- δεν φαίνεται να υποβαθμίζουν το έδαφος ενώ παράλληλα πιστεύεται ότι μπορεί να έχουν ανάλογη επίδραση (Urrestarazu et al, 1998, Paparozzi, 1999). Ειδικά για τα SO_4^{2-} αναφέρεται η αλληλεπίδραση του θείου με το άζωτο στην πρόσληψή τους από διάφορα φυτά (Dale et al, 1991, Paparozzi et al, 1994, Macz et al, 2001), ενώ η αύξηση της συγκέντρωσης θείου στα κύτταρα θεωρείται ότι ενισχύει και διεγείρει την δράση του συστήματος της ρεδουκτάσης των νιτρικών και κατ' επέκταση περιορίζει την συσσώρευση των νιτρικών στα κυτταρικά χυμοτόπια. Με άλλα λόγια είναι πιθανό η παρουσία αυξημένων ποσοτήτων θεικών ανιόντων μπορεί να επιδρά στην απορρόφηση των νιτρικών και να περιορίσει την συσσώρευσή τους στα κυτταρικά χυμοτόπια

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν να διαπιστωθεί αν η παρουσία θεικών ανιόντων στο θρεπτικό διάλυμα που χορηγείται σε μαρούλια και σε ραπανάκια, μπορεί να επηρεάζει την απορρόφηση των νιτρικών και να προκαλέσει περιορισμό της συσσώρευσής τους στα φύλλα και τις ρίζες των μαρουλιών και ραπανιών αντίστοιχα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Επιπτώσεις από συγκέντρωση νιτρικών

1.1 Γενικά

Η εισδοχή νιτρικών στον ανθρώπινο οργανισμό διά του ποσίμου ύδατος και των τροφίμων, κυρίως των νωπών λαχανικών, έχει εγείρει δύο κύρια ζητήματα σχετιζόμενα με ενδεχόμενες κλινικές-παθολογικές επιδράσεις. Το πρώτο ζήτημα αναφέρεται στον *κίνδυνο της μεθαιμογλοβιναϊμίας*, ή αλλιώς του «συνδρόμου κυάνωσης των βρεφών» (blue baby syndrome) και το δεύτερο στον αυξημένο *κίνδυνο προσβολής από καρκίνο του γαστρο-εντερικού συστήματος* σε ενήλικα άτομα. Κατά την τελευταία 20ετία είδαν το φως της δημοσιότητας πάμπολλες εργασίες πάνω στα δύο αυτά θέματα. Ιδιαίτερα ενημερωμένες και αυθεντικές πηγές θεωρούνται η *Μελέτη της ECETOC (1987) «Νιτρικά και πόσιμο ύδωρ»* και πιο πρόσφατα η συνθετική εργασία των Annette Petersen and Søren Stoltze (1999), 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.

1.2 Το πρόβλημα συγκέντρωσης νιτρικών στα φυτά και στον άνθρωπο

Η συγκέντρωση NO_3^- στους φυτικούς ιστούς αποτελεί φυσιολογικό φαινόμενο, που συνδέεται άμεσα με το μεταβολισμό του αζώτου στα φυτά και προκύπτει από την απορρόφηση των νιτρικών ιόντων σε μεγαλύτερη ποσότητα από αυτή που ανάγεται. Η συγκέντρωση NO_3^- εξαρτάται από

- τον γονότυπο,
- την περιεκτικότητα του εδάφους σε NO_3^- και
- τις κλιματικές συνθήκες κάτω από τις οποίες αναπτύσσονται τα φυτά.

Τελευταία το ενδιαφέρον εστιάζεται στη συγκέντρωση NO_3^- στις τροφές. Η αναγωγή NO_3^- σε NO_2^- και οι δυσμενείς δράσεις αυτής της αναγωγής στον άνθρωπο και τα ζώα είναι υπεύθυνες γι' αυτό το ενδιαφέρον.

Ανάμεσα στις τροφές που καταναλώνονται, τα νωπά και τα κονσερβοποιημένα λαχανικά είναι οι κυριότερες πηγές NO_3^- για τον ανθρώπινο οργανισμό.



1.3 Νιτρικά και νιτρώδη άλατα στα τρόφιμα

Τα συναντάμε σχεδόν σε όλα τα αλλαντικά αλλά και σε αρκετά λαχανικά, καθώς και στο πόσιμο νερό ορισμένων περιοχών. Αν θέλουμε να απαλλαγούμε από τις παρενέργειές τους, ας μάθουμε να τα αναγνωρίζουμε και να τα καταναλώνουμε με ασφάλεια.

Αν εξετάσουμε τη σύσταση των τροφίμων που συμμετέχουν στην καθημερινή διατροφή μας, θα ανακαλύψουμε ότι ένα μεγάλο μέρος από αυτά, περιέχουν ουσίες που μπορούν με ευκολία να χαρακτηριστούν από άχρηστες έως και επικίνδυνες. Ο λόγος, για τα διάφορα πρόσθετα των τροφίμων, που σκοπό έχουν, μεταξύ άλλων, να «βελτιώσουν» την εμφάνιση, το χρώμα και τη σύσταση των τροφίμων. Μια ιδιαίτερη κατηγορία τέτοιων ουσιών είναι και τα συντηρητικά, με βασικό εκπρόσωπό τους, τα νιτρικά και τα νιτρώδη άλατα. Ουσίες καθόλου αθώες που, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, έχουν μπει για τα καλά στην διατροφική μας αλυσίδα.

Σε κανονικά επίπεδα, τα νιτρικά άλατα βοηθούν στη θεραπεία των πληγών και των εγκαυμάτων, ελέγχουν την πίεση του αίματος και ενισχύουν τη λειτουργία του εγκεφάλου. Σε υψηλές όμως συγκεντρώσεις, αφού πρώτα μετατραπούν σε νιτρώδη, αντιδρούν με τις αμίνες (παράγωγα αμμωνίας) δημιουργώντας τις νιτροζαμίνες. Ουσίες, που οι περισσότερες μελέτες, τις κατατάσσουν στις επικίνδυνες και πιθανώς καρκινογόνες.

Τα νιτρικά και νιτρώδη άλατα προστίθενται στα τρόφιμα (κυρίως σε ιχθυοπαρασκευάσματα και κρεατοπαρασκευάσματα) για να εμποδίσουν την ανάπτυξη του βακτηριδίου, *Clostridium botulinum*, η τοξίνη του οποίου μπορεί να οδηγήσει στην παράλυση και πολλές φορές στο θάνατο. Ένας ακόμη λόγος για τη χρησιμοποίησή τους είναι ότι προσδίδουν στα αλλαντικά που δέχονται θερμική επεξεργασία τη χαρακτηριστική γεύση, υφή και ροζέ χρώμα.

Τα βρίσκουμε επίσης στα λαχανικά, τα οποία παρέχουν περισσότερο από το 85% του διαιτητικού νιτρικού άλατος (το οποίο είναι απαραίτητο για τη σωστή λειτουργία του οργανισμού), όμως η υπερβολική λήψη του μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα υγείας.

Τα νιτρικά άλατα μπορούν επίσης να βρεθούν και στο πόσιμο νερό σε αρκετές περιοχές της χώρας μας, λόγω της αλόγιστης χρήσης των λιπασμάτων όπου τα νερά παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών.

1.3.1 Νιτρώδη άλατα

E249 (νιτρώδες κάλιο)

E250 (νιτρώδες νάτριο)

Προέλευση: Φυσικά μεταλλικά στοιχεία. Μπορούν να εξορυχθούν ή να παρασκευαστούν χημικά, το πρώτο από το νιτρικό κάλιο και το δεύτερο από το νιτρικό νάτριο.

Χρήση: Χρησιμοποιείται ως συντηρητικό σε προϊόντα κρέατος και ψαριών.

Ανώτατο όριο: Έως 150 mg ανά κιλό μάζας προϊόντος.

Παρενέργειες: Τα νιτρώδη είναι πρόδρομα μόρια των (πιθανολογούμενων καρκινογόνων) νιτροζαμινών, που σχηματίζονται στο στομάχι από τα νιτρώδη άλατα και τις πρωτεΐνες.

Αντενδείξεις: Προϊόντα με νιτρώδες κάλιο δεν θα πρέπει να χορηγούνται σε παιδιά κάτω του ενός χρόνου, ενώ τα προϊόντα που περιέχουν νιτρώδες νάτριο, δεν θα πρέπει να χορηγούνται σε παιδιά κάτω των έξι μηνών.

1.3.2 Νιτρικά άλατα

E251 (νιτρικό νάτριο)

E252 (νιτρικό κάλιο)

Προέλευση: Φυσικά μεταλλικά στοιχεία. Βρίσκονται σχεδόν σε όλα τα λαχανικά. Από αυτά, μεγάλη περιεκτικότητα σε νιτρικά έχουν: τα μαρούλια, το σπανάκι, τα παντζάρια, τα ραπανάκια, οι ράπες και το κάρδαμο.

Λαχανικά με μέση περιεκτικότητα σε νιτρικά είναι: το σέλινο, το λάχανο, τα κολοκυθάκια, τα αντίδια και το φινόκιο.

Λαχανικά με χαμηλή περιεκτικότητα σε νιτρικά είναι: η μελιτζάνα, τα φασολάκια, τα μπρόκολα, τα ραδίκια, τα μπιζέλια, τα αγγούρια, οι πατάτες, τα καρότα, οι πιπεριές, τα μανιτάρια, το πράσο, τα λαχανάκια των Βρυξελλών, το κόκκινο λάχανο, το σπαράγγι, η ντομάτα και το κρεμμύδι.

Η κατανομή των νιτρικών στα λαχανικά διαφοροποιείται ανάλογα με το τμήμα τους. Έτσι τα εξωτερικά φύλλα των φυλλωδών λαχανικών περιέχουν σημαντικά μεγαλύτερες ποσότητες νιτρικών, σε σχέση με τα υπόλοιπα φύλλα, ενώ οι μίσχοι και οι βλαστοί (κοτσάνια) περιέχουν σημαντικά μεγαλύτερες ποσότητες νιτρικών, σε σχέση με το έλασμα των φύλλων.

Χρήση: Χρησιμοποιούνται ως συντηρητικά και κατά του αποχρωματισμού των φυσικών χρωστικών σε προϊόντα κρέατος, τυροκομικά και πίτσες.

Ανώτατο όριο: Έως 300 mg ανά κιλό μάζας προϊόντος.

Παρενέργειες: Με τη θερμότητα κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος ή στο στομάχι μας κατά τη διαδικασία της πέψης μπορούν να μετατραπούν σε νιτρώδη (E249 και E250 αντίστοιχα).

Χρήσιμη συμβουλή: Όταν βράζουμε τα λαχανικά, ένα σημαντικό μέρος των νιτρικών που περιέχεται σε αυτά περνάει στο νερό που έβρασαν, γι' αυτό και δεν θα πρέπει να καταναλώνεται.



1.4 Κίνδυνοι στην υγεία από νιτρικά (NO_3^-) και νιτρώδη (NO_2^-)

Τα νιτρικά (NO_3^-) από μόνα τους δεν είναι τοξικά και όταν εισέλθουν στην κυκλοφορία του αίματος δεν παίρνουν μέρος στις κανονικές βιολογικές διεργασίες. Αντίθετα αποβάλλονται σχετικά γρήγορα με τα ούρα κατά 80% περίπου ή με τα περιτώματα (σε ποσοστό 1-2%) και ανακυκλώνονται με το σάλιο.

Τα NO_3^- και τα NO_2^- σε μικρές συγκεντρώσεις είναι ακίνδυνα για τον άνθρωπο, αλλά σε υψηλές συγκεντρώσεις ή κάτω από ειδικές συνθήκες μπορούν να γίνουν πολύ επικίνδυνα, που σε κάποιες περιπτώσεις μπορούν να επιφέρουν ακόμη και το θάνατο.

Η τοξικότητα NO_3^- είναι σχετικά χαμηλή και ποικίλλει ευρέως. Η μοιραία δόση για ενήλικες είναι 15-70 mg NO_3^- -N/Kgr ζώντος βάρους. Τα νιτρώδη σχηματίζονται από αναγωγή των νιτρικών ή χορηγούνται με τα συντηρημένα τρόφιμα. Η μοιραία δόση νιτρώδων (NO_2^-) για τον άνθρωπο είναι περίπου 20 mg NO_2^- -N/Kgr ζώντος βάρους.

Πριν την κατάποση η αναγωγή NO_3^- σε NO_2^- μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη δράση μικροοργανισμών που βρίσκονται στο νερό, τα φυτά ή τις τροφές, κατά την συντήρησή τους ή λόγω βακτηριακής μόλυνσης των τροφών σε ανοιχτά δοχεία. Επίσης ένζυμα, που απαντώνται στην φύση μπορεί να συμβάλουν σε κάποια συγκέντρωση NO_3^- σε συντηρημένες τροφές.

Με υγιές πεπτικό σύστημα τα NO_3^- απορροφούνται γρήγορα, χωρίς αναγωγή στο ανώτερο τμήμα του πεπτικού σωλήνα. Ανωμαλίες στο πεπτικό σύστημα καθυστερούν την απορρόφηση NO_3^- και αυξάνουν τις πιθανότητες αναγωγής. Η αναγωγή NO_3^- σε NO_2^- είναι πιο πιθανή στα παιδιά σε σύγκριση με τους ενήλικες, λόγω της μικρότερης οξύτητας των πεπτικών τους υγρών, γεγονός που επιτρέπει την επιβίωση των αναγωγικών βακτηρίων του γένους *E. coli* και *Clostridium*.

1.5 Τοξικότητα NO_3^- - NO_2^- στον άνθρωπο

Από τη φύση τους η δράση των νιτρικών δεν είναι τοξική, όταν όμως εισέλθουν στο αίμα, το διοθενές ιόν σιδήρου (Fe^{+2}) της αιμογλοβίνης μπορεί να οξειδωθεί στην τρισθενή μορφή (Fe^{+3}), με αποτέλεσμα τη δημιουργία μεθαιμογλοβίνης, η οποία σε υψηλά ποσοστά στο αίμα, μπορεί να οδηγήσει σε συμπτώματα ασφυξίας στον άνθρωπο, λόγω της αδυναμίας μεταφοράς οξυγόνου στους περιφερειακούς ιστούς.

Η μεθαιμογλοβίνη απαρτίζει το 1% της αιμογλοβίνης σε υγιέα άτομα, το 4% στα νεογέννητα παιδιά και το 6% ή και περισσότερο σε μωρά με αναπνευστικά προβλήματα ή διάρροια. Η μικρή ποσότητα μεθαιμογλοβίνης, που κανονικά παράγεται, μπορεί να μετατραπεί ενζυματικά ξανά σε



αιμογλοβίνη. Αν η ταχύτητα μετατροπής της μεθαιμογλοβίνης είναι μικρότερη από την ταχύτητα συγκέντρωσης, τότε έχουμε μεγάλη συγκέντρωση μεθαιμογλοβίνης στο αίμα με επιζήμιες συνέπειες για την υγεία μας.

Τα μωρά είναι πολύ πιο ευαίσθητα στη μεθαιμογλοβίνη σε σύγκριση με τα μεγαλύτερα παιδιά ή τους ενήλικες και κυρίως οι επιπτώσεις επαυξάνονται στα μωρά εκείνα, τα οποία υποφέρουν από γαστρεντερικά προβλήματα. Το πρόβλημα εμφανίζεται έντονα σε χώρες τις Αφρικής, που γίνεται χρήση νερού από πηγάδια με έντονη βακτηριακή μόλυνση. Μελέτες στο Ισραήλ έδειξαν ότι καταστάσεις, όπως η διάρροια, είναι η κύρια αιτία παραγωγής μεθαιμογλοβίνης και όχι οι πιθανές ποσότητες των νιτρικών σε τρόφιμα και νερό (Hegewch - Shiloah 1982).

Η αιμογλοβίνη των νεογέννητων παιδιών μετατρέπεται πολύ πιο εύκολα σε μεθαιμογλοβίνη, σε σύγκριση με την αιμογλοβίνη των μεγαλύτερων παιδιών. Η οξεία τοξικότητα NO_2^- εμφανίζεται ως κυάνωση (μεθαιμογλοβιναιμία) με κυανοπορφυρό αποχρωματισμό του δέρματος και των χειλιών και εμφανίζεται όταν το 15% της αιμογλοβίνης οξειδώνεται σε μεθαιμογλοβίνη. Όταν το ποσοστό ανέλθει στο 70% ή και περισσότερο μεθαιμογλοβίνη στο αίμα, μπορεί να αποβεί μοιραία για τον άνθρωπο.

Η συγκέντρωση μεθαιμογλοβίνης μπορεί να προκληθεί και από πολλές ενώσεις όπως: μονοξείδιο του άνθρακα (CO), phenacetin, χρώματα ανιλίνης, και το λούστρο των επίπλων. Εκτός από την κυάνωση, η τοξικότητα NO_3^- ή NO_2^- εκδηλώνεται με πιο χρόνια συμπτώματα όπως:

- Τα NO_3^- και NO_2^- καταστρέφουν την καροτίνη των τροφών και προκαλούν έλλειψη βιταμίνης A σε άνθρωπο και ζώα, ενώ στον άνθρωπο μπορούν να προκαλέσουν βλάβη στο θυροειδή.
- Τα NO_2^- προκαλούν ταχυκαρδίες, εμετούς και διάρροια.
- Τα NO_2^- στα ζώα αυξάνουν την ανάγκη για ιώδιο λόγω των ανωμαλιών που προκαλούνται στο θυροειδή αδένα.
- Υψηλή συγκέντρωση NO_2^- στις τροφές δίνει ανώμαλο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα και πνευματική καθυστέρηση σε ασθενείς με κληρονομική μεθαιμογλοβιναιμία.
- Ανωμαλία στα έμβρυα από την νιτροζαμίνη που σχηματίζεται από αντίδραση νιτρικών και ορισμένων οργανικών αμινών.

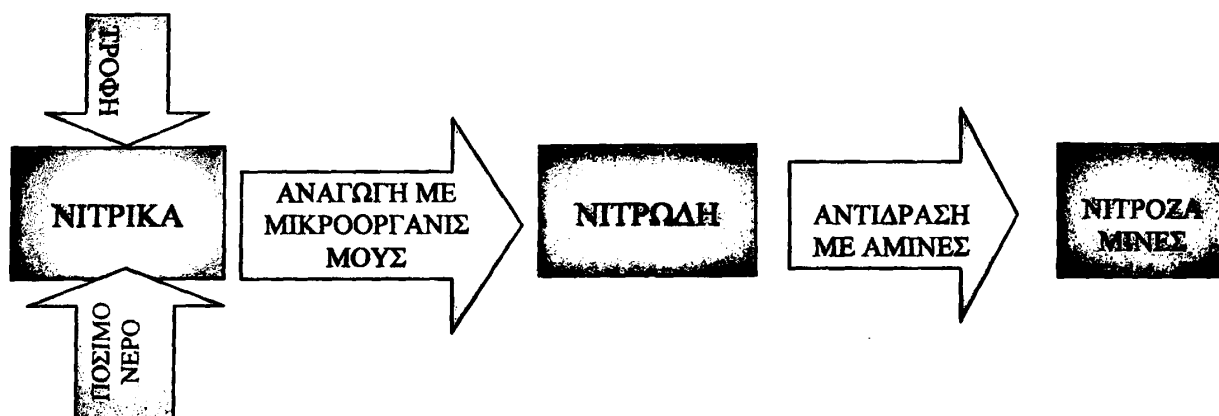
1.6 Πηγές NO_3^- ή NO_2^- που προκαλούν μεθαιμογλοβιναιμία

- **Τα φάρμακα.** Η μεθαιμογλοβιναιμία έχει άμεση σχέση με την χρήση φαρμάκων, όπως νιτρικών ενώσεων για τις καρδιοπάθειες (amyl nitrate, sodium nitrate) φαρμάκων κατά της διάρροιας (νιτρικό βισμούθιο), διουρητικών, φαρμάκων κατά εγκαυμάτων κ.λ.π
- **Το πόσιμο νερό.** Το νερό είναι μια από τις πιο συνηθισμένες αιτίες της δηλητηρίασης από NO_2^- των παιδιών. Αποστείρωση με βρασμό αυξάνει την συγκέντρωση νιτρικών. Η ανώτατη επιτρεπόμενη συγκέντρωση νιτρικών ριζών (NO_3^-) στο πόσιμο νερό σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (Π.Ο.Υ.) και την Ευρωπαϊκή Επιτροπή υπεύθυνη για την ποιότητα των υδάτων θα πρέπει να είναι μικρότερη από 50 mg/lit η οποία ισοδυναμεί με 11,3 mg/lit (NO_3^- -N).
- **Οι συντηρημένες τροφές (κρέατα-ψάρια).** Τα NO_3^- ή τα NO_2^- χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία παρασκευής αλλαντικών. Τέτοια προϊόντα επιτρέπεται να περιέχουν 500 mg/Kgr σε (NO_2^- -N) ή 200 mg/Kgr σε (NO_2^- -N). Σκοπός των ενώσεων αυτών είναι να δώσουν ερυθρορόδινο χρώμα στα προϊόντα, να προσθέτουν ζώνες και να τα προστατεύουν από τη βακτηριακή μόλυνση όπως *Clostridium*.
- **Τα λαχανικά.** Πολλά λαχανικά περιέχουν στους φυτικούς τους ιστούς υψηλή συγκέντρωση NO_3^- . Τέτοια φυτά είναι το μαρούλι, το σπανάκι, το λάχανο, το καρότο, το παντζάρι, το ραδίκι, το σέλινο κ.α. Σαν ανώτερο ασφαλές επίπεδο προτείνεται συγκέντρωση μέχρι 0,1 % σε ξηρή ουσία.

1.7 Νιτροζαμίνες

Κατά την πέψη των τροφών τα νιτρώδη ιόντα (NO_2^-) με τη βοήθεια κάποιων μικροοργανισμών που βρίσκονται στο πεπτικό σύστημα, μπορούν να αναχθούν σε νιτρικές ενώσεις, οι οποίες είναι ιδιαίτερα τοξικές. Τα νιτρώδη ιόντα βιολογικά, είναι περισσότερο δραστικά και επομένως είναι δυναμικά τοξικά. Έτσι η μεγαλύτερη ανησυχία για την υγεία των ανθρώπων σήμερα είναι τα νιτρώδη που βρίσκονται στις τροφές ή σχηματίζονται από τα νιτρικά ή παράγονται ενδογενώς στον οργανισμό.

Η παρουσία (NO_2^-) και των δευτερογενών αμινών μαζί στο αίμα, μπορεί να οδηγήσει στον σχηματισμό νιτροζαμινών, που θεωρούνται υπεύθυνες για την ανάπτυξη καρκίνου σε πολλά όργανα του ανθρώπινου σώματος ή σε πολλές περιπτώσεις προκαλούν μεταλλάξεις και τερατογεννέσεις. Τα νιτρώδη (από τις τροφές ή αυτά που σχηματίζονται με την αναγωγή των νιτρικών ή ενδογενώς) μπορούν να αντιδράσουν με αμίνες και να σχηματίσουν νιτροζαμίνες. Οι νιτροζαμίνες μπορεί να προέρχονται από τις τροφές στις οποίες προστίθενται κυρίως ως συντηρητικά, τον καπνό τσιγάρου και τα ορεκτικά.



ΕΙΚΟΝΑ 1: Διάγραμμα σχηματισμού νιτροζαμινών

Η συσσώρευση νιτρικών ριζών στον ανθρώπινο οργανισμό σε πολλές περιπτώσεις είναι δυνατόν να προκαλέσει βλάβες στο θυροειδή, ταχυκαρδία και άλλες ηπιότερης μορφής παθολογικές ασθένειες.

Βρέθηκε ότι υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ καρκίνου του οισοφάγου της φυλή Bantu και τις έλλειψης Mo στα λαχανικά.

Οι νιτροζαμίνες όπως για παράδειγμα η διμεθυλο-νιτροζαμίνη είναι χημικά σταθερές ενώσεις κάτω από φυσιολογικές συνθήκες, παρόλο που υπόκειται σε φυτοχημική αποσύνθεση στο υπεριώδες φως. Η κύρια επίδραση των νιτροζαμινών είναι κυρίως ζημιά στο συκώτι με την αλλοίωση που δημιουργείται να είναι ένας χαρακτηριστικός αιμοραγικός τύπος νέκρωσης. Αυτό εξηγείται λόγω της σχετικά επιλεκτικής δράσης στο συκώτι, αφού γενικά μιλώντας τα ένζυμα που είναι υπεύθυνα για τον μεταβολισμό χημικών ουσιών και άλλων ξένων συστατικών είναι παρόντα σε υψηλό ποσοστό στο συκώτι.

Παρόλο που η έρευνα για την τοξικότητα και την καρκινογένεση των νιτροζαμινών ξεκίνησε από ενδείξεις που βρέθηκαν στην βιομηχανική χρήση αυτών, πολύ αργότερα εξετάστηκε η επίπτωση από νιτροζαμινών που προέρχονται από άλλες πηγές. Έχει αποδειχθεί ότι οργανισμοί που έχουν τραφεί από γεύματα πλούσια σε νιτρώδη έχουν πιθανό σχηματισμό νιτροζαμινών από δευτερογενείς και τριτογενείς αμίνες. Ο σχηματισμός αυτών των νιτροζαμινών εξαρτάται πάρα πολύ από το pH και ενοείται από τις όξινες συνθήκες που επικρατούν στο στομάχι των θηλαστικών για την πρόκληση καρκίνου. (Mitsui, T., and Kondo, T., 1999)

Είναι ξεκάθαρο ότι πολλά N-NO₂ συστατικά είναι έντονα καρκινογόνα και φαίνεται πιθανό ότι περισσότερα από αυτή την ομάδα συστατικών θα αποδειχθούν να είναι καρκινογόνα στο μέλλον. Φαίνεται να μην υπάρχει δημοσιευμένη έρευνα- αναφορά οποιουδήποτε ζωικού είδους το οποίο να είναι ανθεκτικό στις μεγάλες συγκεντρώσεις των συστατικών αυτών.

1.8 Γαστρο-εντερικά νεοπλάσματα

Η χρόνια έκθεση του οργανισμού σε υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών στο διαιτολόγιο έχει επίσης θεωρηθεί ως πιθανό αίτιο του *γαστρο-εντερικού καρκίνου, λόγω ενδεχομένης ενδογενούς συνθέσεως των καρκινογόνων ενώσεων N-νιτροσαμινών*, από την αντίδραση εντός του στομάχου μεταξύ νιτρώδων αλάτων αφ' ενός και δευτερογενών αμινών αφ' ετέρου. Αυτό έχει οδηγήσει σε επιβολή περιορισμών στην περιεκτικότητα νιτρικών και νιτρώδων σε επεξεργασμένα είδη τροφίμων (Scientific Committee for Food, European Commission, 1995). Πάντως, η υποτιθέμενη επιδημιολογική συσχέτιση των νιτρικών διατροφής με το γαστρικό καρκίνο κατά τα τελευταία 20-30 χρόνια είναι άκρως αντιφατική, υποδεικνύοντας την παρεμβολή λοιπών μη ελεγχόμενων παραγόντων. Απεναντίας, απέδειξαν την ύπαρξη μίας στατιστικώς πολύ σημαντικής αρνητικής συσχέτισης μεταξύ περιεκτικότητας νιτρικού και νιτρώδους N στις εκκρίσεις σιέλου αφενός και κινδύνου γαστρικού καρκίνου αφετέρου (Είναι γνωστό ότι στο σιέλο εντοπίζονται αρκετά υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών, που ανάγονται σε νιτρώδη υπό την επίδραση της συμβιωτικής μικροχλωρίδας του στόματος). Επίσης οι πρόσφατες επιδημιολογικές έρευνες δεν στηρίζουν την άποψη ότι τα νιτρικά προκαλούν καρκίνο στον άνθρωπο, ECETOC, 1988, (Scientific Committee for Food, European Commission, 1995).

Το μέγιστο ποσοστό (80-90%) των νιτρικών που παραλαμβάνονται με την τροφή προέρχονται από τα νωπά λαχανικά και ειδικότερα από τα πράσινα φυλλώδη είδη (σέλινο, σπανάκι, μαρούλι 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 (61 mg κατ' άτομο ημερησίως) θα έπρεπε να παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερη συχνότητα γαστρο-εντερικού καρκίνου, ενώ οι σχετικές κλινικές έρευνες αποδεικνύουν ακριβώς το αντίθετο.

Στις προηγμένες χώρες γενικότερα οι πληθυσμοί είναι εκτεθειμένοι σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις νιτρικών, λόγω της τάσης για μεγαλύτερη συμμετοχή των χορταρικών στο διαιτολόγιο, αλλά και λόγω ανερχομένης στάθμης νιτρικών στο πόσιμο ύδωρ. Ωστόσο παρατηρείται σαφής τάση μείωσης των κρουσμάτων γαστρικού καρκίνου. (Dincer, Y., Akcay, T., Osman, T., Dogusoy, G., 2006)

1.9 Ενεργητικές επιδράσεις των διατροφικών νιτρικών

Αντίθετα από τις κρατούσες παλαιότερα αντιλήψεις, σήμερα ενισχύονται οι ερευνητικές ενδείξεις ότι τα νιτρικά διατροφικής προελεύσεως συμμετέχουν σε ένα αμυντικό μηχανισμό, ο οποίος προστατεύει το γαστροεντερικό 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 NO_2^- -N στο όξινο περιβάλλον του στομάχου αυξάνει την αντιβακτηριακή και αντιμυκητιακή άμυνα του στομάχου στο 100πλάσιο κατά ενός ευρέως φάσματος παθογόνων, συμπεριλαμβανομένων των *Salmonella*, *Shigella* και *E. coli*. Άλλα σχετικά αποτελέσματα δείχνουν ότι το NO_2^- -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 (αναφορά Θερίος Ι., Dykhuizen et al., 1998).

1.10 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, οι οποίες τείνουν να μεταβληθούν, ή και να ανατραπούν από τα σύγχρονα επιστημονικά ευρήματα. Η τιμή των 50 mg NO_3^- -N/lit την οποία δέχεται η Ευρωπαϊκή Νομοθεσία ως το ανώτατο επιτρεπτό όριο περιεκτικότητας νιτρικών στο ύδωρ είναι καθαρά συμβατική και ουδείς μπορεί να αποδείξει ότι η υπέρβασή της προκαλεί προβλήματα δημόσιας υγείας.

Κεφάλαιο 2^ο

Το στοιχείο άζωτο και ο μεταβολισμός του

2.1 Στοιχείο άζωτο.

Το άζωτο είναι αέριο, άχρωμο, άοσμο, άγευστο, ελαφρότερο του αέρα και καταλαμβάνει το 78% του όγκου του. Ο τριπλός δεσμός ανάμεσα στα δύο άτομα που αποτελούν το μόριο του αζώτου (N₂) θεωρείται από τους ισχυρότερους στη φύση, με αποτέλεσμα να είναι αδρανές αέριο, ιδιαίτερα σε συνηθισμένες θερμοκρασίες. Διαλύεται ελάχιστα στο νερό, δεν είναι δηλητηριώδες αέριο αλλά ασφυκτικό. Δεν καίγεται αλλά έχει παρατηρηθεί ότι ορισμένα στοιχεία μπορούν να “καούν” σε άζωτο, όπως το μαγνήσιο στους 300°C και το λίθιο ακόμα και σε θερμοκρασία δωματίου, παράγοντας κρυσταλλικά μεταλλικά νιτρίδια. Όταν θερμανθεί υπό πίεση με το υδρογόνο παρουσία καταλύτη, σχηματίζεται αμμωνία.

Το άζωτο αποτελεί συστατικό πολλών βιομορίων όπως των νουκλεϊνικών οξέων, πρωτεϊνών, βιταμινών, πουρίνων, αλκαλοειδών και άλλα. Αν και το άζωτο αφθονεί στην ατμόσφαιρα, δεν μπορεί να αξιοποιηθεί από τους παραγωγούς στη μορφή με την οποία βρίσκεται σ' αυτή (μοριακό άζωτο). Για το λόγο αυτό η εισαγωγή του ατμοσφαιρικού αζώτου στις τροφικές αλυσίδες των οικοσυστημάτων γίνεται με τη διαδικασία της αζωτοδέσμευσης, η οποία μετατρέπει το ατμοσφαιρικό άζωτο σε μορφές αξιοποιήσιμες από τους παραγωγούς.

2.2 Φυσιολογική δράση

Το άζωτο είναι συστατικό όλων των ζωντανών κυττάρων. Συμμετέχει στο μόριο των πρωτεϊνών, νουκλεοξέων, αμινοξέων, των ένζυμων και των συνενζύμων καθώς και της χλωροφύλλης. Ονομάστηκε άζωτο γιατί χωρίς αυτό δεν μπορεί να υπάρξει ζωή.

Είναι, επομένως, καταφανής η σημασία του αζώτου για τη ζωή των κυττάρων και τη σύνθεση των πρωτεϊνούχων δομικών στοιχείων του πρωτοπλάστη, καθώς και της κληρονομικής ουσίας DNA και του μηχανισμού της πρωτεϊνο σύνθεσης (είδη RNA).

Το άζωτο συντελεί στην ανάπτυξη των ριζών. Για αυτό τα κονδυλόρριζα αφαιρούν τις μεγαλύτερες ποσότητες αζώτου από το έδαφος. Μεγάλες ποσότητες αζώτου ελαττώνουν το σάκχαρο των τεύτλων, ενώ αυξάνουν την ποσότητα των νιτρικών σ' αυτά .

Το πλάγισμα των δημητριακών συσχετίζεται με τη περίσσεια αζώτου και ελαττωμένη ξηρή ουσία. Περίσσεια αζώτου επιβραδύνει την ωρίμανση γιατί παρεμποδίζει την αφυδάτωση των φυτών.



Τα φυτά που υποφέρουν από έλλειψη αζώτου, παρουσιάζουν τα ώριμα φύλλα τους κίτρινα και απονεκρωμένα, ενώ τα νεώτερα φύλλα παραμένουν πρασινωπά. Γενικά τα φυτά με τροφοπένια αζώτου περιέχουν μόνο πρωτεΐνες, οι οποίες και υδρολύονται για να προσφέρουν αμινοξέα στα τμήματα του φυτού που τα έχουν ανάγκη.

Σαν δείκτες για την έλλειψη αζώτου από το έδαφος χρησιμοποιούνται το καλαμπόκι, η μηλιά, η ροδακινιά και τα εσπεριδοειδή. Ο εφοδιασμός των καλλιεργειών σε άζωτο καθορίζει κατά μεγάλο μέρος την αύξηση, την ανάπτυξη και την παραγωγή των φυτών. Η έλλειψη του αζώτου από το έδαφος είναι πάντοτε πιθανή, γιατί οι καλλιέργειες απομακρύνουν μεγάλες ποσότητες από το στοιχείο. Το άζωτο επομένως είναι στοιχείο με το οποίο πάντοτε λιπαινόνται τα χωράφια.

Τα φυτά προσλαμβάνουν το άζωτο που χρειάζονται ως αμμωνιακό ή νιτρικό ιόν. Ποιο από τα δυο αυτά ιόντα θα προτιμήσει το φυτό εξαρτάται από εσωτερικούς και εξωτερικούς παράγοντες .

Καμία φορά παρατηρείται συσσώρευση νιτρικών στα φυτά, όταν αυτά δεν μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν όπως στην περίπτωση που δεν υπάρχουν επαρκείς ποσότητες υδατανθράκων. Νιτρικά συσσωρεύονται περισσότερο στα ετήσια αγρωστώδη και λιγότερο στα διετή και πολυετή αγρωστώδη ή ψυχανθή. Επίσης μεγαλύτερες ποσότητες παρατηρούνται στους μίσχους και στους βλαστούς, παρά στα φύλλα. Η ποσότητα των νιτρικών που υπάρχει στα φυτά και θα μπορούσε να προκαλέσει τοξικά φαινόμενα στα ζώα, δεν έχει ακριβώς καθοριστεί. Πιστεύεται ότι, όταν το ολικό άζωτο υπερβαίνει το 2,5% στα αγρωστώδη και το 3% στα ψυχανθή, είναι ενδεικτικό της πιθανότητας να εμφανιστούν τοξικά συμπτώματα

Οι παράγοντες που είναι υπεύθυνοι για την παρουσία αυξημένων ποσοτήτων νιτρικών στα φυτά, αναφέρονται παρακάτω:

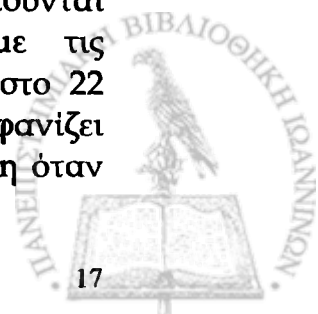
A) η χρησιμοποίηση νιτρικών λιπασμάτων σε ποσότητες μεγαλύτερες από αυτές που χρειάζονται τα φυτά.

B) η χρήση του 2,4D(2,4-διχλωροφαινοξυοξικού οξέος).

Γ) η έλλειψη αφομοιώσιμου μολυβδαινίου στο έδαφος .

Τα νιτρικά, όταν ανάγονται σε νιτρώδη, προκαλούν τοξικά φαινόμενα στους ζωικούς οργανισμούς, γιατί κατά την αναγωγή τους οξειδώνεται η οξυαιμογλοβίνη και γίνεται ανίκανη να μεταφέρει οξυγόνο. Τα νιτρικά ανάγονται επίσης σε νιτρώδη από σαπροφυτικά και παρασιτικά βακτήρια. Μεγάλες ποσότητες νιτρώδων έχουν βρεθεί σε αποθηκευμένα λαχανικά, ιδίως σπανάκια, μαρούλια και σαλατικά.

Μεγάλη χρήση νιτρικών και νιτρώδων γίνεται κατά τη διατήρηση των κρεάτων και ψαριών. Στις Η.Π.Α οι ποσότητες που χρησιμοποιούνται ανέρχονται σε 200-500 p.p.m. έτσι ο άνθρωπος παίρνει με τις κονσερβοποιημένες τροφές νιτρώδη σε ποσότητες που ανέρχονται στο 22 μmoles ή 1,5 mg NaNO₂ την ημέρα. Η ποσότητα των νιτρώδων εμφανίζει τελευταία ιδιαίτερο ενδιαφέρον, γιατί έχει διαπιστωθεί ότι τα νιτρώδη όταν



αντιδρούν με ορισμένες δευτεροταγείς αμίνες, σχηματίζουν νιτροζαμίνες, που είναι ενώσεις καρκινογόνες για τον άνθρωπο.

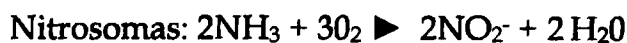
2.3 Κύκλος αζώτου στη φύση

Ο κύκλος του αζώτου δια μέσω των ζώντων οργανισμών συνίσταται από τις εξής μεταβολές :

- απορρόφηση αζώτου από τα φυτά, NH_4^+ και NO_3^-
- αναγωγική μετατροπή του ανόργανου αζώτου σε άζωτο αμινοξέων, πρωτεϊνών και λοιπών οργανικών αζωτούχων ουσιών μέσα στα φυτικά κύτταρα.
- κατανάλωση φυτών από ζώα με συνέπεια μέρος του ανόργανου αζώτου του εδάφους να πέρνα στους ζωικούς οργανισμούς.
- αποσύνθεση οργανικής ουσίας (φυτικά υπολείμματα, περιττώματα ζώων, νεκροί ζωικοί οργανισμοί) με αποτέλεσμα υδρόλυση πρωτεϊνών και σχηματισμό χουμικών ουσιών.
- Αμμωνιοποίηση των οργανικών αζωτούχων ουσιών που περιέχονται στην αποσυντιθέμενη οργανική ουσία στο έδαφος συχνά αποδίδεται και με τον όρο 'ανοραγανοποίηση'
- Νιτροποίηση NH_4^+ με τελικό προϊόν τα νιτρικά ιόντα NO_3^- οπότε ο κύκλος επαναλαμβάνεται.

2.4 Νιτροποίηση αζώτου στο έδαφος

Η νιτροποίηση του αμμωνιακού αζώτου οφείλεται στη δράση δύο ειδών βακτηρίων τα οποία μέσω της οξειδωσης των αμμωνιακών ιόντων σε νιτρώδη αρχικά και στη συνέχεια σε νιτρικά καλύπτουν τις ανάγκες τους σε ενέργεια. Τα βακτήρια αυτά δεν είναι αυτότροφα γιατί δεν διαθέτουν χλωροφύλλη και επομένως δεν μπορούν να δεσμεύσουν απευθείας ενέργεια. Οι αντιδράσεις οξειδωσης του αμμωνιακού σε νιτρικό άζωτο είναι οι εξής :



2.5 Έκπλυση αζώτου

Ένα μέρος του νιτρικού αζώτου που σχηματίζεται στο έδαφος μέσω του κύκλου του αζώτου δεν απορροφάται από τα φυτά αλλά εκπλύνεται από το νερό των βροχών οπότε ακολουθεί τον παρακάτω κύκλο:

NO_3 ► εδαφικό νερό ► λίμνες θάλασσες και ωκεανοί ► πλαγκτον ► ψάρια ► πουλιά ► NO_3 εδάφους

Από το άζωτο που είναι δεσμευμένο στο πλαγκτόν και τους υδρόβιους οργανισμούς ένα μέρος του όμως δεν επιστρέφει ξανά στα χερσαία οικοσυστήματα αλλά εναποτίθεται στον βυθό της θάλασσας και μένει εκεί αδρανοποιημένο για τα φυτά αζώτου.

Το νιτρικό άζωτο που περιέχεται στο εδαφικό νερό είναι ανεπιθύμητο για λόγους υγιεινής. Γι' αυτό η αύξηση της συγκέντρωσης νιτρικών στα υπόγεια και τα επιφανειακά νερά των χερσαίων οικοσυστημάτων συνιστά ένα οικολογικό πρόβλημα το οποίο είναι γνωστό με τον όρο νιτρορύπανση. Πρόβλημα υπάρχει κυρίως με το πόσιμο νερό δεδομένου ότι η πρόσληψη σχετικά μεγάλων ποσοτήτων νιτρικών από τον άνθρωπο μπορεί να προκαλέσει προβλήματα υγείας .

2.6 Απονιτροποίηση

Η απονιτροποίηση προκαλείται από αναερόβιους μικροοργανισμούς σε σημεία του εδάφους που δεν αερίζονται καλά με συνέπεια να επικρατούν αναερόβιες συνθήκες.

NO_3^- εδάφους ►► N_2 , N_2O (αέριες μορφές N που διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα)

Η απονιτροποίηση επομένως έχει και αυτή σαν συνέπεια την απώλεια αφομοιώσιμου για τα φυτά αζώτου από το έδαφος .

2.7 Αξιοποίηση ατμοσφαιρικού αζώτου

Τα ανώτερα φυτά δεν μπορούν να δεσμεύσουν απευθείας το ατμοσφαιρικό άζωτο, μολονότι περιβάλλονται από παντού από αυτό. Υπάρχουν όμως ορισμένοι μικροοργανισμοί, κυρίως βακτήρια, οι οποίοι διαθέτουν βιοχημικούς μηχανισμούς μέσω των οποίων το ατμοσφαιρικό άζωτο ανάγεται σε νιτρικό με συνέπεια να γίνεται αφομοιώσιμο τόσο για αυτά όσο και για τα φυτά.

2.8 Δέσμευση ατμοσφαιρικού αζώτου

Η Τρίτη θεμελιώδης λειτουργία επιπρόσθετα με την φωτοσύνθεση και την αναπνοή είναι η αζωτοδέσμευση. Η διεργασία αυτή είναι μέρος των αντιδράσεων του κύκλου του αζώτου. Όπως προαναφέραμε πολλά συστατικά των ζωντανών οργανισμών περιέχουν N, τα άτομα του οποίου προκύπτουν από τον κύκλο του N, ο οποίος ξεκινά από τα αποθέματα της ατμόσφαιρας. Το άζωτο αφαιρείται από την ατμόσφαιρα με την διεργασία της αζωτοδέσμευσης και επιστρέφει στην ατμόσφαιρα με την απονιτροποίηση. Εκτιμάται ότι 25×10^6 τόνοι αζώτου αφαιρούνται ετησίως από τα εδάφη των Η.Π.Α. με τα συγκομιζόμενα προϊόντα και με έκλυση των εδαφών. Για την αποκατάσταση της γονιμότητας 3×10^6 τόνοι αζώτου προστίθενται ετησίως υπό μορφή λιπασμάτων (κοπριά, ούρα, λιπάσματα). Το πιο σημαντικό τμήμα 10×10^6 τόνοι αζώτου επιστρέφει με τη βιολογική δέσμευση N.

Η δέσμευση του αζώτου μπορεί να γίνει με τις ακόλουθες διεργασίες:

- **Με φυσική αζωτοδέσμευση**, όπου το άζωτο της ατμόσφαιρας ενώνεται με το οξυγόνο ή το υδρογόνο των υδρατμών, με την απορρόφηση ενέργειας που προσφέρεται από κεραυνούς ή άλλες ηλεκτρικές εκκενώσεις, σχηματίζοντας νιτρικά ιόντα ή αμμωνία αντίστοιχα. Αυτά, στη συνέχεια, μεταφέρονται με τη βοήθεια της βροχής στο έδαφος.

- **Με βιολογική αζωτοδέσμευση**, όπου αποτελεί τον κύριο τρόπο μετατροπής του ελεύθερου αζώτου σε χρήσιμες χημικές ενώσεις. Το N αν και απαρτίζει το 79% του ατμοσφαιρικού αέρα είναι θρεπτικό στοιχείο που συνήθως βρίσκεται σε ανεπαρκή εφοδιασμό για τις καλλιέργειες. Πραγματοποιείται με τη βοήθεια μικροοργανισμών του εδάφους, αζωτοδεσμευτικά βακτήρια, τα οποία είτε ζουν ελεύθερα είτε συνηθέστερα συμβιώνουν (πχ. *Rhizobium*) στις ρίζες ορισμένων φυτών όπως τα ψυχανθή (όσπρια, κουκιά κλπ.). Εκεί, τα βακτήρια μετατρέπουν το ατμοσφαιρικό άζωτο σε νιτρικά ιόντα μέρος των οποίων μεταφέρονται στα φυτά. Ως μέρος αυτής της συμβίωσης τα φυτά μετατρέπουν τα νιτρικά ιόντα σε οξειδία το αζώτου και αμινοξέα, για τη δημιουργία πρωτεϊνών και άλλων βιολογικά χρήσιμων μορίων, και σε αντάλλαγμα εκκρίνουν σάκχαρα τα οποία χρειάζονται τα βακτήρια.

2.9 Νιτρικά ιόντα

Τα νιτρικά (NO_3^-) είναι η κύρια μορφή αζώτου που συναντάται στο έδαφος. Είναι πολύ διαλυτά στο νερό σε ελαφρά διαπερατά κυρίως εδάφη, μετά από υψηλή βροχόπτωση. Τα νιτρικά γρήγορα απονιτροποιούνται κάτω από αναγωγικές συνθήκες. Έτσι σε βαρεία εδάφη σημαντικές ποσότητες αερίου N_2 μπορεί να παράγονται.

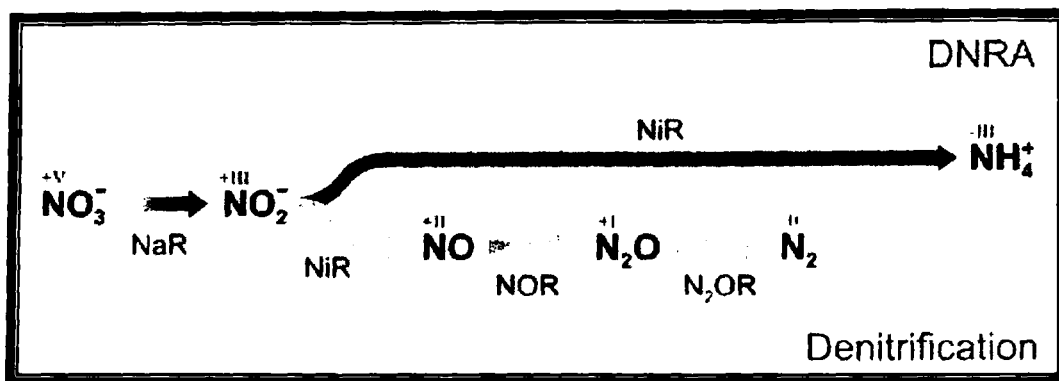
2.9.1 Χρησιμοποίηση των νιτρικών ιόντων από τα φυτά

Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στους φυτικούς ιστούς αποτελεί ένα φυσιολογικό φαινόμενο, που συνδέεται άμεσα με το μεταβολισμό του αζώτου στα φυτά. Τα φυτά μπορούν να απορροφήσουν το άζωτο είτε υπό μορφή νιτρικών (NO_3^-), είτε υπό μορφή αμμωνιακών (NH_4^+) ιόντων και στη συνέχεια να το ανάγουν και να το ενσωματώσουν στα διάφορα όργανά τους. Ενώ όμως, η αμμωνιακή μορφή αζώτου δεν είναι συγκεντρώσιμη μέσα στους φυτικούς ιστούς, γιατί είναι τοξική για τα φυτά, η νιτρική μορφή συγκεντρώνεται στα μιτοχόνδρια των κυττάρων και χρησιμοποιείται από τα φυτά για να αντισταθμίσει τα θετικά φορτία των ιόντων καλίου, μαγνησίου, ασβεστίου, νατρίου, κ.λπ. και όχι μόνο, αλλά επιτελεί και μια δράση ωμορρυθμιστική για την αποκατάσταση τυχόν ελλείψεων των οργανικών συντελεστών στα μιτοχόνδρια.

Τα ιόντα NH_4^+ μόλις απορροφηθούν χρησιμοποιούνται στη σύνθεση των αμινοξέων και άλλων αζωτούχων ενώσεων (πουρίνες, πυριμιδίνες, ορισμένα συνένζυμα κ.α.).

Τα νιτρικά ιόντα (NO_3^-), αντίθετα, όταν απορροφηθούν από το φυτό θα πρέπει να οργανοποιηθούν μέσω αναγωγής. Αυτό πραγματοποιείται μέσω του ενζύμου ρεδουκτάση των νιτρικών (NR) που συντίθεται και ενεργοποιείται από την παρουσία του υποστρώματος του, δηλαδή των νιτρικών ιόντων.

Σε αντίθεση με τα αμμωνιακά ιόντα, το ποσοστό των νιτρικών που δεν ανάγεται από τα ένζυμα μπορεί να συγκεντρωθεί στα κύτταρα, χωρίς να βλάψει το φυτό, αλλά παράλληλα αποτελεί και σημαντική πηγή αποθησαυρισμένων θρεπτικών ουσιών. Μάλιστα, το ποσοστό του νιτρικού αζώτου στους ιστούς, στα πρώτα στάδια ανάπτυξης των φυτών (διαπιστώνεται μέσω φυλλοδιαγνωστικής), αποτελεί σημαντικό δείκτη της υγιεινής κατάστασης της καλλιέργειας και συνδέεται άμεσα με το τελικό παραγωγικό αποτέλεσμα.



ΕΙΚΟΝΑ 2 : Διαδικασία μετατροπής των νιτρικών ιόντων σε αμμωνιακά

Το χαμηλό ποσοστό συγκέντρωσης των νιτρικών μέσα στο φυτό εκδηλώνεται με τα τυπικά συμπτώματα της έλλειψης αζώτου, ενώ η περίσσεια των αμμωνιακών ιόντων εκδηλώνεται με τα ίδια συμπτώματα της έλλειψης καλίου, γιατί υπάρχει υψηλός ανταγωνισμός μεταξύ των δύο αυτών στοιχείων. Ωστόσο, μόνο στις περιπτώσεις όπου η μοναδική πηγή αζώτου είναι η αμμωνιακή, μπορούν να εκδηλωθούν ζημιές στους ιστούς των φυτών.

Από όσα αναφέραμε παραπάνω, προκύπτει ότι τα νιτρικά αποτελούν διεργασία φυσικής σύνθεσης στα φυτά, η συσσώρευση των οποίων στους φυτικούς ιστούς επηρεάζεται από όλους τους παράγοντες που εμπλέκονται στην αφομοίωση του αζώτου. Δυστυχώς, η παρουσία των νιτρικών στα βρώσιμα τμήματα των φυτών μπορεί να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα στους καταναλωτές, από τη στιγμή που τα νιτρικά, όταν φαγωθούν, μπορούν να αναχθούν σε νιτρώδη, τα οποία με τη σειρά τους, μπορούν να ενωθούν με τις ελεύθερες αμίνες και να σχηματίσουν νιτροζαμίνες, ενώσεις εξαιρετικά καρκινογόνες. Το πέρασμα από τα νιτρικά σε νιτρώδη μπορεί να συμβεί και μέσω ενζυματικής μορφής.

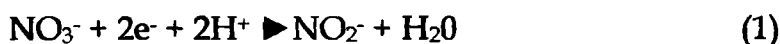
2.9.2 Η αναγωγή των νιτρικών

Για να αφομοιωθούν τα νιτρικά ιόντα από τα φυτικά κύτταρα και να μετασχηματισθούν σε οργανικό άζωτο θα πρέπει αρχικά να μετατραπούν σε αμμωνιακό άζωτο. Η διαδικασία αυτή από χημική άποψη είναι αναγωγή η οποία για να πραγματοποιηθεί απαιτεί κατανάλωση μεταβολικής ενέργειας. Προφανώς βέβαια, το ανόργανο άζωτο που απορροφάται από τα φυτά σε αμμωνιακή μορφή δεν χρειάζεται να υποστεί τέτοια μετατροπή αλλά ήδη είναι έτοιμο να μετατραπεί σε οργανική μορφή.

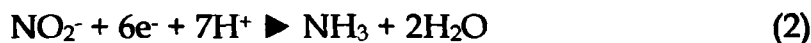
Η αναγωγή του αζώτου μέσα στα κύτταρα από NO_3^- σε NH_3^+ αντιστοιχεί σε μεταβολή του αριθμού οξειδώσεως από +5 που έχει στα νιτρικά σε -3 που έχει στην αμμωνία. Πρόκειται δηλαδή για μια μεταβολή της τάξεως των 8 μονάδων η οποία αντιστοιχεί σε προσθήκη οκτώ ηλεκτρονίων στο νιτρικό ιόν. Η αναγωγή αυτή απαιτεί ενέργεια ίση περίπου με 120 Kcal/mol. Πρόκειται δηλαδή για μια ενδεργονική βιοχημική αντίδραση με υψηλό

ενεργειακό περιεχόμενο η οποία δεν είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί απευθείας. Άλλωστε, όλοι οι δότες ηλεκτρονίων (συνένζυμα ή προσθετικές ομάδες) που υπεισέρχονται σε βιοχημικές αντιδράσεις είναι φορείς μόνον ενός ή δύο το πολύ ηλεκτρονίων. Επομένως, η παραπάνω αντίδραση δεν μπορεί να συντελείται απευθείας αλλά περιλαμβάνει περισσότερες επιμέρους φάσεις, οπότε είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν τα ηλεκτρόνια όχι ενός αλλά περισσότερων συνενζύμων ή άλλων συστημάτων μεταφοράς ηλεκτρονίων.

Το πρώτο στάδιο της αναγωγής των νιτρικών σε αμμωνία μέσα στο φυτό συνίσταται στην αναγωγή τους σε νιτρώδη σύμφωνα με την αντίδραση:



Η παραπάνω αντίδραση η οποία απαιτεί χημική ενέργεια ίση με 34,2 kcal/mol καταλύεται από ένα ενζυμικό σύστημα το οποίο ονομάζεται ρεδουκτάση των νιτρικών. Αμέσως μετά το σχηματισμό τους, τα νιτρώδη ιόντα που παράγονται από την παραπάνω αντίδραση ανάγονται σε αμμωνία μέσω ενός άλλου ενζυμικού συστήματος το οποίο ονομάζεται ρεδουκτάση των νιτρωδών σύμφωνα με την αντίδραση:



Η αναγωγή των νιτρικών σε αμμωνιακά μπορεί να λαμβάνει χώρα είτε στις ρίζες του φυτού, είτε στα φύλλα.

Στην πρώτη περίπτωση το οργανικό άζωτο που παράγεται στις ρίζες μεταφέρεται σε μορφή αμινοξέων, αμιδίων και αμινών προς το υπέργειο τμήμα του φυτού.

Στη δεύτερη περίπτωση, το οργανικό άζωτο από τα φύλλα μεταφέρεται και ανακατανέμεται και στα υπόλοιπα όργανα του φυτού.

Η ρεδουκτάση των νιτρικών είναι ένα σύνθετο ένζυμο το οποίο περιλαμβάνει αρκετές προσθετικές ομάδες και έχει μοριακό βάρος περίπου 200.000 στα ανώτερα φυτά και 500.000 στα κατώτερα φυτά. Το μόριο του ενζύμου περιλαμβάνει πολλές πολυπεπτιδικές αλυσίδες, των οποίων η σύσταση καθορίζεται από αρκετούς γόνους.

Η ρεδουκτάση των νιτρικών συνίσταται από οκτώ διαδοχικά τμήματα. Το ένζυμο ξεκινά από ένα τμήμα με προσθετική ομάδα το NADH ή το NAD(P)H, συνεχίζει με τμήματα τα οποία κατά σειρά φέρουν ως προσθετικές ομάδες ένα FAD, ένα κυτόχρωμα b (σιδηροαίμη) και μία μολυβδαινοπερίνη (MO-MPT) και απολήγει σε ένα όξινο τμήμα. Τα υπόλοιπα τρία ενδιάμεσα τμήματα του ενζύμου φαίνεται μάλλον να χρησιμεύουν στη λειτουργική σύνδεση των παραπάνω περιοχών. (Campbell 1999).

Τα ηλεκτρόνια αρχικά παρέχονται από ανηγμένη αφυδρογονάση η οποία φέρει ως προσθετική ομάδα το NAD(P)H. Από εκεί, τα ηλεκτρόνια μεταφέρονται αρχικά σε οξειδωμένο FAD με αποτέλεσμα το NAD(P)H να οξειδώνεται σε NAD(P)⁺ ενώ το FAD να ανάγεται σε FADH₂. Στη συνέχεια

τα ηλεκτρόνια μεταφέρονται στο κυτόχρωμα c (σιδηροαίμη) οπότε το $FADH_2$ οξειδώνεται ξανά σε FAD. Ακολουθεί η μεταφορά των ηλεκτρονίων από το κυτόχρωμα c στη μολυβδαονοπερίνη η οποία με τη σειρά της τα μεταφέρει στο τελικό δότη, το NO_3^- , το οποίο έτσι ανάγεται σε NO_2^- . Δηλαδή η άμεση αναγωγή των νιτρικών γίνεται από το μολυβδαίνιο (Mo).

Συμφωνά με τον Campbell (1999), εκτός από το φυσικό αρχικό δότη ηλεκτρονίων που είναι το NADPH, η ρεδουκτάση των νιτρικών μπορεί να δέχεται ηλεκτρόνια και από άλλους δότες, όπως από ανηγμένες φλαβίνες ($FMNH_2$). Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι εφόσον κάθε μία από τις προσθετικές ομάδες του ενζύμου μπορεί σε κάποια δεδομένη στιγμή να βρίσκεται είτε σε οξειδωμένη είτε σε ανηγμένη κατάσταση, η ρεδουκτάση των νιτρικών μπορεί να βρίσκεται σε διάφορες οξειδωμένες ή ανηγμένες μορφές.

Στα περισσότερα φυτικά είδη η αναγωγή των νιτρικών μπορεί να γίνει τόσο στις ρίζες όσο και στα φύλλα. Τα ανηγμένα $NAD(P)H$ τα οποία παρέχουν την αρχική ενέργεια και τα ηλεκτρόνια φαίνεται ότι στους μεν πράσινους ιστούς που φωτοσυνθέτουν παράγονται στα grana των χλωροπλαστών κατά τις διεργασίες του φωτοσυνθετικού συστήματος I ενώ στις ρίζες προέρχονται από την αναπνοή.

Επομένως, η ενεργεία για την αναγωγή των νιτρικών στις μεν ρίζες προέρχεται από την αποδόμηση των αναπνευστικών υποστρωμάτων (υδατάνθρακες), ενώ στα φύλλα προέρχεται άμεσα από τις διεργασίες της φωτοσύνθεσης. Γι' αυτό το λόγο, στα περισσότερα ανώτερα φυτά η αναγωγή των νιτρικών συντελείται κυρίως στα φύλλα και όχι στις ρίζες των φυτών. Η δυνατότητα των ριζών να μεταβολίζουν τα νιτρικά και να τα μετατρέπουν σε οργανικό άζωτο καθορίζεται κυρίως από την διαθεσιμότητα αναπνευστικών υποστρωμάτων (σακχάρων) τα οποία έχουν μεταφερθεί εκεί από τα υπέργεια, φωτοσυνθετικά ενεργά όργανα. Γι' αυτό όταν η συγκέντρωση νιτρικών στο περιβάλλον των ριζών είναι σχετικά χαμηλή, το ποσοστό του νιτρικού αζώτου που μετατρέπεται σε οργανικό άζωτο στις ρίζες είναι μεγάλο.

Καθώς όμως η τροφοδότηση με νιτρικά αυξάνεται, η διαθεσιμότητα αναπνευστικών υποστρωμάτων καθίσταται περιοριστικός παράγοντας στην περαιτέρω αύξηση της ενζυμικής δραστηριότητας της ρεδουκτάσης των νιτρικών στις ρίζες. Έτσι, το ποσοστό των νιτρικών που μεταφέρεται στα φύλλα για να μεταβολισθεί εκεί σε οργανικό άζωτο διευρύνεται.

Η ρεδουκτάση των νιτρικών περιέχεται στο κυτόπλασμα του κυττάρου και επομένως και η διεργασία της αναγωγής του NO_3^- σε NO_2^- γίνεται μέσα στο κυτόπλασμα. Η ρεδουκτάση των νιτρικών είναι ένα βραχύβιο ένζυμο. Ο χρόνος ημίσειας ζωής της δεν ξεπερνά τις λίγες ώρες (Beever and Haageman, 1983). Η παρουσία νιτρικού υποστρώματος καθώς και κυτοκινινών διεγείρει τα κύτταρα στη παραγωγή ρεδουκτάσης των νιτρικών ενώ αντίθετα η αμμωνία καθώς και ορισμένα αμινοξέα ή αμίνες προκαλούν πλήρη ανάσχεση στην βιοσύνθεση του ενζύμου.

Ανάσχεση στη δραστηριότητα του ενζύμου προκαλεί επίσης και η έλλειψη μολυβδαίνιου στο περιβάλλον του.



Η στάθμη της ρεδουκτάσης των νιτρικών στα φύλλα υπόκειται σε σημαντική ημερήσια διακύμανση η οποία σε μεγάλο βαθμό ακολουθεί την διακύμανση του φωτός. Η ρεδουκτάση των νιτρικών που βρίσκεται στο υπέργειο μέρος του φυτού είναι ένα φωτοευαίσθητο ένζυμο το οποίο αδρανοποιείται ταχύτατα όταν δεν υπάρχει φως ενώ αντίθετα ο έντονος φωτισμός επάγει την βιοσύνθεση του ενζύμου. Γι' αυτό κάτω από συνθήκες φτωχού φωτισμού η περιεκτικότητα των φύλλων σε ρεδουκτάση των νιτρικών είναι περιορισμένη με συνέπεια να μειώνεται και ο ρυθμός μετατροπής του νιτρικού σε οργανικό άζωτο. Κάτω από τέτοιες συνθήκες αυξάνεται η συσσώρευση νιτρικών στα χυμοτόπια, με συνέπεια οι φυτικοί ιστοί να παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις σε NO_3^- .

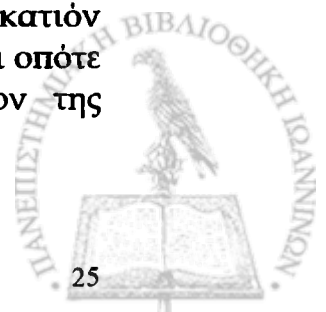
Αντίθετα με τα φύλλα, στις ρίζες τα επίπεδα της ρεδουκτάσης των νιτρικών δεν παρουσιάζουν διακυμάνσεις που να σχετίζονται με τις ημερήσιες μεταβολές στην ένταση του φωτός. Είναι γνωστό ότι, ενώ η αναπνοή δεν παρουσιάζει διακυμάνσεις που να σχετίζονται άμεσα με την ένταση του φωτισμού, το αντίθετο συμβαίνει με τη φωτοσύνθεση. Επομένως αυτή η διαφορετική συμπεριφορά οφείλεται στο γεγονός ότι η δραστηριότητα της ρεδουκτάσης των νιτρικών καθορίζεται από την διαθεσιμότητα NAD(P)H ή NADH τα οποία στα μεν φύλλα προέρχονται από τη φωτοσύνθεση ενώ στις ρίζες από την αναπνοή.

Η κινητικότητα των νιτρικών μέσω του ηθμού είναι πρακτικά ασήμαντη με αποτέλεσμα η μετακίνηση και ανακατανομή του αζώτου μέσω του ηθμού να γίνεται σχεδόν αποκλειστικά και μόνο σε μορφή αμινοξέων, αμινών, αμιδίων και λουπών διαλυτών οργανικών αζωτούχων ουσιών. Η μετακίνηση του οργανικού αζώτου μέσω του ηθμού συμβάλλει στην ανακατανομή του αζώτου μέσα στο φυτό με στόχο την ομοιόμορφη κάλυψη των διατροφικών του αναγκών. Παράλληλα όμως συμβάλλει στην αποφυγή συνεχούς συσσώρευσης νιτρικών ιόντων και ανιόντων οργανικών οξέων μέσα στα χυμοτόπια των πλήρως ανεπτυγμένων φύλλων η οποία αν συνέβαινε θα οδηγούσε σε υπερβολικά υψηλές τιμές ωσμωτικού δυναμικού μέσα σε αυτά με προφανείς τις καταστροφικές επιδράσεις στη λειτουργία των κύτταρων.

Εκτός όμως από την μεταφορά μέσω του ηθμού και την ανακατανομή του οργανικού αζώτου σε άλλα όργανα του φυτού που έχουν άμεσες ανάγκες, η συσσώρευση οργανικών ιόντων μέσα στο χυμοτόπιο αποφεύγεται και μέσω δύο επιπλέον μηχανισμών.

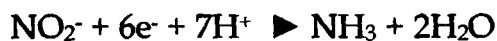
Ο πρώτος μηχανισμός συνίσταται στη κατακρήμνιση οργανικών ανιόντων σε μορφή αδιάλυτων αλάτων τα οποία δεν επηρεάζουν το ωσμωτικό δυναμικό, όπως το οξαλικό ασβέστιο. (Van Egmond and Breteler, 1972)

Ο δεύτερος μηχανισμός περιλαμβάνει μεταφορά ανιόντων οργανικών οξέων από την κόμη του φυτού στις ρίζες μέσω του ηθμού με συνοδό κατιόν του καλίου. Στη συνέχεια, τα οργανικά ανιόντα αποκαρβοξυλιώνονται οπότε απελευθερώνονται ιόντα OH^- ή HCO_3^- στο εξωτερικό περιβάλλον της ρίζας. (Marschner, 1995)



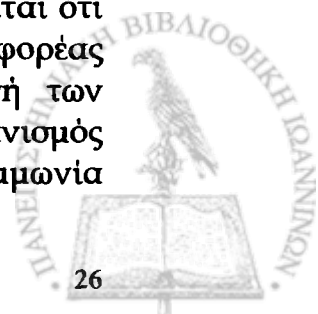
2.9.3 Η αναγωγή των νιτρωδών

Τα νιτρώδη ιόντα που προκύπτουν από την αναγωγή των νιτρικών δεν συσσωρεύονται στα φυτικά κύτταρα αλλά ανάγονται περαιτέρω σε αμμωνία αμέσως μετά τον σχηματισμό τους. Η αναγωγή των νιτρωδών σε αμμωνία μέσα στα φυτικά κύτταρα επιτυγχάνεται με την βοήθεια ενός ενζυμικού συστήματος που είναι γνωστό ως ρεδουκτάση των νιτρωδών. Η αναγωγή των νιτρωδών σε αμμωνία αμέσως μετά τον σχηματισμό τους οφείλεται στο γεγονός ότι η ρεδουκτάση των νιτρωδών βρίσκεται σε πολύ μεγαλύτερες ποσότητες μέσα στα φυτικά κύτταρα σε σύγκριση με τη ρεδουκτάση των νιτρικών. Η γενική αντίδραση, μέσω της οποίας τα νιτρώδη ιόντα μετατρέπονται σε αμμωνία είναι η εξής :



Όπως φαίνεται στην παραπάνω αντίδραση, για να αναχθεί ένα ιόν NO_2^- σε αμμωνία απαιτείται η μεταφορά 6 ηλεκτρονίων σε αυτό. Η μεταβολή της ελεύθερης ενθαλπίας της αντίδρασης αυτής ανέρχεται σε 85kcal/mol περίπου. Επειδή τα γνωστά συνένζυμα και προσθετικές ομάδες που μεταφέρουν ηλεκτρόνια στις βιοχημικές αντιδράσεις είναι φορείς ενός ή δύο ηλεκτρονίων το πολύ, αρχικά πιστευόταν ότι η αναγωγή των νιτρωδών συντελείται σε τρία επιμέρους στάδια. Κάτι τέτοιο όμως σημαίνει ότι θα πρέπει να παράγονται κάποια ενδιάμεσα προϊόντα του μεταβολισμού. Μέχρι σήμερα όμως, τέτοια ενδιάμεσα προϊόντα του μεταβολισμού δεν έχουν ανιχνευθεί. Αντίθετα, τα μέχρι σήμερα ερευνητικά δεδομένα υποδεικνύουν ότι η ρεδουκτάση των νιτρωδών είναι ένα σύνθετο ένζυμο το οποίο περιλαμβάνει περισσότερες από μια προσθετικές ομάδες και ανάγει τα νιτρώδη σε αμμωνία χωρίς την απελευθέρωση ενδιάμεσων προϊόντων. Έχει αποδειχθεί ότι ο τελικός δότης των ηλεκτρονίων στα νιτρώδη ιόντα είναι μία ειδική σιδηροπρωτεΐνη, η σιροαιμη, η οποία όμως είναι φορέας ενός μόνο ηλεκτρονίου. Στα φύλλα η σιροαιμη λαμβάνει το ηλεκτρόνιο από ανηγμένη φερρεδοξίνη η οποία ενεργοποιείται μέσω οξειδωσης NAD(P)H. Τα NAD(P)H που ανάγουν την φερρεδοξίνη προέρχονται από το φωτοσύστημα I όταν υπάρχει φως και από την αναπνοή στο σκοτάδι. Ας σημειωθεί ακόμη ότι στις ρίζες δεν έχει ανιχνευθεί φερρεδοξίνη.

Σε αντίθεση με την ρεδουκτάση των νιτρικών η οποία βρίσκεται μέσα στο κυτόπλασμα, στα φύλλα η ρεδουκτάση των νιτρωδών εδράζει στους χλωροπλάστες ενώ στις ρίζες σε προπλάστιδια. Το ένζυμο έχει σχετικά χαμηλό μοριακό βάρος (περίπου 60.000-70.000), χρώμα ερυθροφαιό και περιέχει 2 άτομα σιδήρου ανά μόριο. Η προσθετική ομάδα της σιροαιμης θεωρείται ότι προσδίδει στο ένζυμο την μοναδική του ικανότητα να λειτουργεί ως φορέας μεταφοράς 6 ηλεκτρονίων καθιστώντας έτσι εφικτή την αναγωγή των νιτρωδών σε αμμωνία. Πρέπει όμως να τονισθεί ξανά ότι ο μηχανισμός μεταφοράς ηλεκτρονίων στα νιτρώδη κατά την αναγωγή τους σε αμμωνία



μέσω της ρεδουκτάσης των νιτρωδών δεν είναι ακόμη πλήρως γνωστός.

2.9.4 Η αφομοίωση της αμμωνίας

Σύμφωνα με τα τελευταία ερευνητικά δεδομένα, η μετατροπή της αμμωνίας σε οργανικό άζωτο επιτυγχάνεται μέσω ενσωμάτωσής της στο αμινοξύ γλουταμινικό οξύ, οπότε παράγεται το αμίδιο γλουταμίνη.

Η αντίδραση αυτή θεωρείται ότι είναι η μοναδική μεταβολική οδός μετατροπής του αμμωνιακού αζώτου σε οργανικό άζωτο. Ως εκ τούτου θεωρείται ότι έχει ρόλο κλειδί στην αφομοίωση όλων των μορφών ανόργανου αζώτου που εισέρχονται μέσα στο φυτικό κύτταρο (νιτρικά, αμμωνιακά, ατμοσφαιρικό άζωτο που δεσμεύεται από τα αζωτοβακτήρια).

Στη συνέχεια η γλουταμίνη αντιδρά με το 2-κετογλουταρικό οξύ με την επίδραση του ενζύμου συνθετάση του γλουταμινικού οξέως (GOGAT), οπότε παράγονται δύο μόρια γλουταμινικού οξέως. Από αυτά, το ένα χρησιμοποιείται ξανά για την βιοσύνθεση γλουταμίνης στον κύκλο της αφομοίωσης της αμμωνίας ενώ το δεύτερο εγκαταλείπει τον κύκλο και χρησιμοποιείται σε τρασαμινώσεις για την βιοσύνθεση και των υπόλοιπων αμινοξέων που είναι απαραίτητα για την πρωτεϊνοσύνθεση.

Έχει διαπιστωθεί ότι η συνθετάση της γλουταμίνης και η συνθετάση του γλουταμινικού οξέως περιέχονται τόσο στα κύτταρα των ριζών όσο και στα κύτταρα των πράσινων φυτικών οργάνων. Ειδικά στα τελευταία, τα προαναφερόμενα ένζυμα φαίνεται ότι εδράζονται στους χλωροπλάστες. Η συνθετάση της γλουταμίνης παρουσιάζει υψηλό βαθμό εκλεκτικότητας (χαμηλή τιμή K_m) ως προς την αμμωνία με αποτέλεσμα η συγκέντρωση της τελευταίας μέσα στα κύτταρα να διατηρείται σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Αυτό σημαίνει ότι αμέσως μόλις σχηματίζεται αμμωνία ως προϊόν της αναγωγής των νιτρικών ή εισέρχεται μέσα στο κύτταρο από άλλη πηγή η συνθετάση της γλουταμίνης την μετασχηματίζει ταχύτατα σε γλουταμίνη. Έτσι η ενδοκυτταρική συγκέντρωση της αμμωνίας παραμένει χαμηλή. Αυτό είναι πολύ σημαντικό δεδομένου ότι η αμμωνία είναι τοξική για τα κύτταρα ακόμη και σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις αφού είναι γνωστό ότι προκαλεί απόζευξη των αντιδράσεων φωτοφωσφορύλιωσης. Πέρα από αυτό, η υψηλή εκλεκτικότητα του ενζύμου ως προς την αμμωνία που επιτρέπει να είναι αποτελεσματικό στην αξιοποίηση του ανόργανου αζώτου που εισέρχεται μέσα στα κύτταρα ακόμη και όταν ο ρυθμός απορρόφησης αζώτου από το φυτό ή αναγωγής των νιτρικών σε αμμωνία είναι σχετικά χαμηλός.

Η συνθετάση της γλουταμίνης χρειάζεται ATP για να ενεργοποιηθεί. Επιπλέον, φαίνεται ότι η παρουσία επαρκών ποσοτήτων μαγνησίου καθώς και η ύπαρξη ενός σχετικά αλκαλικού περιβάλλοντος είναι επίσης απαραίτητοι παράγοντες για την ενεργοποίηση του ενζύμου.



Σε περίπτωση που η τροφοδότηση των φυτών με άζωτο είναι υψηλή, με συνέπεια η συγκέντρωση αμμωνίας μέσα στο φυτικό κύτταρο να τείνει να ανυψωθεί, και τα δύο μόρια γλουταμινικού οξέως που προκύπτουν από την αμίνωση του 2-κετογλουταρικού οξέως δρουν ως υποδοχείς αμμωνίας.

Όταν η αμμωνία δεσμεύεται μέσω αυτής της εναλλακτικής μεταβολικής οδού, από τα δύο μόρια γλουταμίνης που προκύπτουν το ένα συνεχίζει τον κύκλο ενώ το άλλο τον εγκαταλείπει για να αξιοποιηθεί για την βιοσύνθεση άλλων αμινοξέων και πρωτεϊνών.

Παλιότερα πιστευόταν ότι η αρχική αφομοίωση της αμμωνίας επιτυγχανόταν μέσω της αντίδρασης βιοσύνθεσης του γλουταμινικού οξέως.

Σύμφωνα όμως με τον Marschner (1995), η αφυδρογονάση του γλουταμινικού οξέως έχει εκλεκτικότητα ως προς την αμμωνία (υψηλή τιμή K_m) και επομένως δεν μπορεί να διατηρεί την συγκέντρωση της αμμωνίας μέσα στα κύτταρα σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Επιπλέον, το ένζυμο αυτό συναντάται μόνον στα μιτοχόνδρια των ριζών και των φύλλων. Είναι επομένως απίθανο να έχει η αφυδρογονάση του γλουταμινικού οξέως τον ρόλο που της αποδιδόταν παλιότερα στην αφομοίωση του ανοργανού αζώτου από τα φυτά.

Μετά τον σχημασμό του το γλουταμινικό οξύ αντιδρά με διάφορα άλλα κετονοξέα (π.χ. οξαλοξικό, πυροσταφυλικό) στα οποία μεταβιβάζει την αμινομάδα του με αποτέλεσμα να προκύπτουν και τα υπόλοιπα 19 από τα συνολικά 20 αμινοξέα τα οποία είναι αναγκαία για την πρωτεϊνοσύνθεση καθώς και τα διάφορα άλλα ενδιάμεσα του μεταβολισμού του οργανικού αζώτου.

Οι αντιδράσεις αυτές καλούνται αντιδράσεις τρανσαμίνωσης ενώ τα ένζυμα που τις καταλύουν καλούνται αμινοτρανσφεράσες ή τρανσαμινάσες. Από τα υπάρχοντα πειραματικά δεδομένα όμως, φαίνεται ότι μόνο λίγα αμινοξέα, ή άλλες αζωτούχες οργανικές ενώσεις βιοσυντίθενται στην ρίζα ενώ η βιοσύνθεση όλων των άλλων αζωτούχων οργανικών ενώσεων λαμβάνει χώρα στο υπέργειο τμήμα του φυτού. Αυτό γίνεται για λόγους ενεργειακής οικονομίας του φυτού. Πράγματι, για την βιοσύνθεση των διαφόρων αμινοξέων και αμινών μέσω αντιδράσεων τρανσαμίνωσης είναι αναγκαία η ύπαρξη των αντίστοιχων σκελετών άνθρακα στους οποίους θα μεταφερθεί η αμινομάδα. Οι σκελετοί άνθρακα που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις αντιδράσεις προέρχονται είτε από την αναπνευστική αποδόμηση υδατανθράκων (γλυκόλυση, κύκλος τρικαρβοξυλικών οξέων), είτε από ενδιάμεσα παράγωγα της φωτοσύνθεσης.

Τα κύτταρα της ρίζας όμως δεν φωτοσυνθέτουν, ενώ η αναπνευστική αποδόμηση υδατανθράκων έχει ως συνέπεια την κατανάλωση σημαντικού μέρους των ενεργειακών αποθεμάτων των ριζών. Γι' αυτό, το φυτό προτιμά να ενσωματώνει όσο περισσότερο άζωτο μπορεί στους διαθέσιμους σκελετούς άνθρακα και να τους στέλνει στα φύλλα (Marschner, 1995). Εκεί ο περαιτέρω μεταβολισμός του οργανικού αζώτου γίνεται με την χρήση σκελετών άνθρακα που παράγονται κατά τις διεργασίες της φωτοσύνθεσης, οπότε η ενεργειακή



επιβάρυνση του φυτού είναι πολύ μικρότερη. Η ενσωμάτωση μεγάλων ποσοτήτων αζώτου σε έναν σκελετό άνθρακα σημαίνει ότι η αζωτούχες ενώσεις που μεταφέρονται από την ρίζα προς την κόμη του φυτού μέσω του ανιόντος χυμού έχουν υψηλή τιμή N/C. Πραγματικά οι περισσότερες αζωτούχες οργανικές ενώσεις που μεταφέρονται από την ρίζα προς την κόμη του φυτού μέσω του ανιόντος χυμού έχουν τιμή N/C μεγαλύτερη από 0,4 (Wallace and Pate, 1965). Τέτοιες ενώσεις είναι συνήθως τα αμιδία γλουταμίνη (2N/5C) και η ασπαραγίνη (2N/4C), το αμινοξύ αργινίνη (4N/6C) και το ουρείδιο αλαντοΐνη (4N/4C).

2.10 Φυσιολογικές επιδράσεις των μορφών N στα φυτά

Φυτά που αναπτύσσονται σε εδάφη που περιέχουν αμμωνιακά ιόντα NH_4^+ χωρίς καθόλου νιτρικά NO_3^- , περιέχουν μικρότερες συγκεντρώσεις Ca, Mg, K και υψηλότερες συγκεντρώσεις P και S.

Τα φυτά που δέχθηκαν μόνο NH_4^+ είχαν υψηλότερο ολικό άζωτο, ελεύθερα αμινοξέα, αμιδία και NH_4^+ . Χορήγηση NH_4^+ σε τομάτα κατά την άνθηση οδηγεί στο σύμπτωμα 'blossom end rot' (ξηρή σήψη κορυφής), λόγω ανταγωνισμού από το NH_4^+ της απορρόφησης Ca. Το περιεχόμενο σε οργανικά οξέα ήταν σημαντικά χαμηλότερο σε φυτά που είχαν τραφεί με NH_4^+ .

Πιστεύεται ότι για τα περισσότερα είδη φυτών, η κανονική θρέψη περιλαμβάνει την απορρόφηση υψηλής αναλογίας αζώτου στη μορφή NO_3^- . Έτσι η θρέψη με NH_4^+ είναι μια τεχνητή και εξαιρετική περίπτωση, αν και υπάρχουν μερικά φυτά όπως του γένους *Pinus* που προτιμούν αμμωνιακό N και μπορούν να αναπτύσσονται σε εδάφη όπου οι συνθήκες είναι δυσμενείς για νιτροποίηση. Στα είδη που έχουν προσαρμοστεί και αναπτύσσονται κάτω από υψηλό NH_4^+ , δεν παρατηρήθηκε τροφопενία Ca και Mg.

2.11 Παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση NO_3^- στα φυτά

Η συγκέντρωση NO_3^- στους φυτικούς ιστούς επηρεάζεται από διάφορους κλιματικούς και γενετικούς παράγοντες.

- Είδος φυτού
- Ποικιλία
- Όργανα φυτού
- Μέθοδος συγκομιδής
- Ακτινοβολία (εποχή)
- Απόδοση ασθένειας
- Μηχανική σύσταση
- Λίπανση
- Θερμοκρασία και υγρασία
- Διεργασίες αποθήκευσης
- Εποχή συγκομιδής

2.11.1.1 Κλιματικοί παράγοντες

Οι κλιματικοί παράγοντες επηρεάζουν την συγκέντρωση NO_3^- τόσο σε μακροπρόθεσμη βάση, όσο και βραχυπρόθεσμα. Ελάχιστη συγκέντρωση παρατηρείται στις 4 το απόγευμα. Μέγιστο σε νιτρικά εμφανίζεται από τις 4 το απόγευμα ως 8 το πρωί. Η συγκέντρωση NO_3^- στους φυτικούς ιστούς βρίσκεται πάντα σε δυναμική ισορροπία, διότι αντιπροσωπεύει τη διαφορά μεταξύ απορρόφησης και αναγωγής μέσα στο φυτό. Επίσης μπορεί να λάβει χώρα μεταφορά από και προς ένα φυτικό τμήμα, μετά την απορρόφηση NO_3^- . Έτσι η συγκέντρωση NO_3^- μπορεί να μεταβληθεί με τροποποίηση μιας τουλάχιστον από τις ποιο πάνω διεργασίες.

Σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα οι κλιματικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση νιτρικών στα φυτά είναι:

- ♦ **Φως.** Μείωση της έντασης φωτός ακολουθείται από αυξημένη συγκέντρωση NO_3^- . Το πρώτο στάδιο στην αναγωγή NO_3^- είναι η μετατροπή NO_3^- σε NO_2^- με το ένζυμο νιτρική αναγωγάση (NR), που είναι μια μεταλλοφλαβοπρωτεΐνη. Το στάδιο αυτό είναι που καθορίζει την ταχύτητα αναγωγής. Το ένζυμο NR χάνει την αναγωγική ικανότητα πολύ γρήγορα στο σκοτάδι.

Ως προς την ένταση του φωτός παρατηρήθηκαν τα ακόλουθα: Η



βράχυνση της φωτοπερίοδου αυξάνει τη συγκέντρωση NO_3^- .

Όσο αφορά την ποιότητα φωτός η δραστηριότητα του ενζύμου NR είναι μεγαλύτερη σε κυανό φως (380-470 nm) και άρα η συγκέντρωση NO_3^- είναι μικρότερη σε κυανό, σε σχέση με το ερυθρό φως (680-740 nm). Κατά την ανεπαρκή ένταση του φωτισμού ή τον περιορισμό της φωτεινής ημέρας, επιβραδύνεται η φωτοσύνθεση και επομένως μειώνεται η δημιουργία υδατανθράκων, γεγονός που οδηγεί στη μειωμένη αξιοποίηση των νιτρικών στην σύνθεση αμινοξέων (στις πρωτεϊνικές διαδικασίες). Ο παράγοντας αυτός αποκτά ιδιαίτερη σημασία για θερμοκηπιακές καλλιέργειες. Πειράματα σε σπανάκι έδειξαν ότι περνώντας από τα 6.460 LUX στα 37.660 LUX, η συγκέντρωση των νιτρικών στους ιστούς των φυτών μειώθηκε από 5,58% της ξηράς ουσίας σε 1,51% ξηράς ουσίας.

- ♦ **Θερμοκρασία.** Η θερμοκρασία επηρεάζει την απορρόφηση, μεταφορά και αναγωγή NO_3^- . Πτώση της θερμοκρασίας οδηγεί σε συγκέντρωση NO_3^- . Γι' αυτό σε χειμερινές καλλιέργειες μαρουλιών, λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών, παρατηρούνται υψηλότερα ποσοστά NO_3^- σε σχέση με τις ανοιξιάτικες καλλιέργειες. Η πτώση της θερμοκρασίας τη νύχτα δεν έχει τόσο μεγάλη επίδραση στην απορρόφηση NO_3^- όσο στην αναγωγή, γεγονός που οδηγεί σε συγκέντρωση NO_3^- . Η επίδραση της θερμοκρασίας ποικίλλει ανάλογα με το φυτικό είδος. Σύμφωνα με τους Gammore και Kafkasi (1980) σε έρευνα θερμοκηπίου όταν η θερμοκρασία στο ριζικό σύστημα είναι άνω των 17°C τα νιτρικά προτιμούνται από τα φυτά. Ενώ κάτω από 17°C τα αμμωνιακά είναι η καλύτερη πηγή αζώτου. Επίσης θερμοκρασία $>30^\circ \text{C}$ μπορεί να μειώσει τη δραστηριότητα της NR σε πολλά φυτά. Μεταξύ έντασης φωτός και θερμοκρασίας παρατηρείται αλληλεπίδραση, όσο αφορά την συγκέντρωση NO_3^- . Σε πολλές περιπτώσεις η θερμοκρασία ασκεί μέγιστη επίδραση με υψηλό N και χαμηλή ένταση φωτός. Το φως ασκεί την μέγιστη δράση σε υψηλή θερμοκρασία και υψηλό άζωτο.
- ♦ **Συγκέντρωση CO_2** Μείωση της συγκέντρωσης CO_2 συντελεί σε αύξηση της συγκέντρωσης NO_3^- . Αντίθετα εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας σε CO_2 , μειώνει τη συγκέντρωση NO_3^- .

2.11.1.2 Γενετικοί παράγοντες

Οι ποικιλίες σπανακιού με λεία φύλλα περιέχουν πολύ λιγότερα NO_3^- σε σύγκριση με τις ποικιλίες που έχουν σγουρά φύλλα, επίσης μεγαλύτερες συγκεντρώσεις βρέθηκαν σε ποικιλίες μαρουλιών κεφαλόμορφου (Butter head) τύπου. Οι διαφορές στις συγκεντρώσεις NO_3^- μπορεί να σχετίζονται με διαφορές στην απορρόφηση, αφομοίωση ή μεταφορά των NO_3^- . Στις ποικιλίες με λεία φύλλα η δραστηριότητα του ενζύμου NR είναι πολύ μεγαλύτερη, σε σύγκριση με τις σγουρές ποικιλίες. Πολλές φορές παρατηρείται συγκέντρωση

NO_3^- στους μίσχους, διότι η δραστηριότητα του ενζύμου NR είναι μικρή. Η επιλογή γονότυπων με υψηλή δραστηριότητα NR τόσο στο υπέργειο τμήμα όσο και στις ρίζες, εξασφαλίζει την αναγωγή NO_3^- . Η δραστηριότητα του ενζύμου NR είναι ένα χαρακτηριστικό που κληρονομείται.

Πειραματικά αποτελέσματα του σταθμού Αγρονομίας και Φυσιολογίας Γ' INDRA D' ANTIDE'S έδειξαν ότι: Σε δύο διαφορετικές ποικιλίες μαρουλιού που δέχτηκαν την ίδια μεταχείριση αζώτου οι συγκεντρώσεις νιτρικών στα φύλλα δύο διαφορετικών ποικιλιών είναι διαφορετικές. Έχουμε για την ποικιλία APOLLO συγκέντρωση NO_3^- σε φύλλα 3.700 mgr/Kgr ενώ στην ποικιλία KLOEK 2.360 mgr/ Kgr

Διαπιστώθηκε ακόμη ότι οι πρώιμες ποικιλίες παρουσιάζουν μεγαλύτερη τάση συσσώρευσης νιτρικών (NO_3^-) στους ιστούς τους.

2.11.2 Λίπανση και συσσώρευση νιτρικών

Η αποφυγή της συσσώρευσης των NO_3^- , σύμφωνα με τα όρια που έχουν θεσπιστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση και τους διεθνείς οργανισμούς αποτελεί πλέον υποχρέωση των παραγωγών λαχανικών. Είναι προφανές ότι ο παράγοντας πάνω στον οποίο χρειάζεται να παρέμβουμε καταρχήν είναι το άζωτο. Τα αζωτούχα λιπάσματα (νιτρική αμμωνία, νιτρικό ασβέστιο, κ.λ.π.) ευνοούν τη συσσώρευση των νιτρικών μολονότι, διεγείροντας τη δράση της ρεδοκτάσης των νιτρικών, επιταχύνουν τους ρυθμιστές ανάπτυξης των φυτών (γνωρίζουμε ότι τα καλύτερα λαχανικά είναι εκείνα που παράγονται σε μικρό χρονικό διάστημα), με βάση το μέσο όρο του καλλιεργητικού κύκλου του κάθε είδους και της κάθε ποικιλίας.

Από έρευνες που έγιναν, βρέθηκε ότι η χρήση οργανικών ή αμμωνιακών λιπασμάτων ευνοούν τη συσσώρευση νιτρικών στα φυτά. Τα αμμωνιακά λιπάσματα (ουρία, θειικό αμμώνιο, κ.λ.π.) περιορίζουν τον κίνδυνο της συσσώρευσης των νιτρικών, τουλάχιστον μέχρις ότου δε μετατρέπονται με τη σειρά τους σε νιτρικό άζωτο στο έδαφος.

Συνεπώς και στις δύο περιπτώσεις είναι βασικό να προσέξουμε τη δόση και την εποχή χορήγησης των αζωτούχων λιπασμάτων. Οι μειωμένες δόσεις και η εποχή χορήγησης της τελευταίας δόσης (να απέχει πολύ από τη συλλογή) μπορούν να αποτελέσουν μεθόδους μείωσης των ποσοστών συσσώρευσης του νιτρικού αζώτου στους ιστούς των πιο επικίνδυνων ειδών.

Δε θα πρέπει να υποβαθμίζεται, ωστόσο, το νιτρικό άζωτο που περιέχει το έδαφος (το φυσικό) και που μπορεί να σχηματιστεί κατά τρόπο ανεξέλεγκτο μετά την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας (λόγου χάριν μετά από αμειψιοπορά ψυχανθών ή χλωρής λίπανσης). Γι' αυτό το λόγο αυτοί οι τύποι εδαφών θα πρέπει να αποκλείονται από την καλλιέργεια εκείνων των λαχανικών, που είναι ικανά να συγκεντρώσουν μεγάλες ποσότητες νιτρικών.

Ο ανταγωνισμός μεταξύ νιτρικού και αμμωνιακού αζώτου στο υπόστρωμα καλλιέργειας, παρέχει μια περαιτέρω ευκαιρία ελέγχου της συσσώρευσης των νιτρικών. Αλλά αυτό είναι δυνατόν μόνο στα φτωχά σε οργανική ουσία εδάφη (αμμώδη εδάφη, κοκκινοχώματα) όπου, με μια σωστή διαχείριση της ανόργανης λίπανσης, μπορούμε να ικανοποιήσουμε τις απαιτήσεις της καλλιέργειας,

Ορισμένες έρευνες απέδειξαν ότι τα αμμωνιακά λιπάσματα που χορηγούνται στα λαχανικά, τα οποία καλλιεργούνται σε φτωχά σε οργανική ουσία εδάφη, παρέχουν τη δυνατότητα παραγωγής μεγάλων ποσοτήτων προϊόντων με χαμηλά ποσοστά NO_3^- , ενώ στα πλούσια σε οργανική ουσία εδάφη το αμμωνιακό άζωτο δε διακόπτει τη συσσώρευση των νιτρικών, λόγω υπερβολικής παρουσίας νιτρικού αζώτου στο έδαφος. Και αυτό γιατί τα φυτά απορροφούν αμμωνιακό άζωτο, χωρίς όμως να πειράζει, εάν στο μέσο καλλιέργειας υπάρχει και μια μέτρια ποσότητα νιτρικού αζώτου, που μπορεί να καλύψει τις ποσότητες εκείνες, που συνδέονται με το μεταβολισμό του αζώτου. Σύμφωνα με τα είδη, για να πραγματοποιηθεί αυτός ο μηχανισμός, η σχέση μεταξύ NO_3^- και NH_4^+ αζώτου, μπορεί να κυμαίνεται από 1 μέχρι 10.

Ο ανταγωνισμός μεταξύ του νιτρικού και του αμμωνιακού αζώτου μπορεί πιο εύκολα να ρυθμιστεί στις καλλιέργειες σε θρεπτικά υποστρώματα, όπου επίσης μπορούμε να μειώσουμε δραστικά τη συγκέντρωση των νιτρικών στους φυτικούς ιστούς, καταργώντας το άζωτο του θρεπτικού διαλύματος στα τελευταία στάδια της καλλιέργειας, υποχρεώνοντας έτσι τα φυτά να χρησιμοποιήσουν τα μεγάλα ποσοστά νιτρικού αζώτου που ήδη έχουν συσσωρεύσει. Πιο δύσκολη είναι αντίθετα η ρύθμιση στο χωράφι.

Τέλος ο παράγοντας που φέρει την κύρια ευθύνη της εμφανίσεως του προβλήματος στον ανησυχητικό βαθμό που υπάρχει σήμερα είναι η εφαρμοζόμενη αζωτούχος λίπανση. Κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες (συνθήκες εργαστηρίου) η συσσώρευση NO_3^- είναι συνάρτηση της ποσότητας και του τύπου της παρεχομένης λίπανσης.

2.11.3 Επίδραση λοιπών στοιχείων στην συγκέντρωση NO_3^-

- Ο εφοδιασμός φωσφόρου (P) δεν επιδρά σημαντικά στην συγκέντρωση NO_3^- στα λαχανικά.
- Η έλλειψη θείου (S) οδηγεί στην συγκέντρωση NO_3^- στα λαχανικά. Έλλειψη S μειώνει την δραστηριότητα του ενζύμου NR και οδηγεί σε συγκέντρωση NO_3^- στους φυτικούς ιστούς. Έχει μεγάλη σημασία να διατηρήσουμε άριστο επίπεδο S για να αποφευχθεί η συγκέντρωση NO_3^- στους φυτικούς ιστούς. Επίσης η έλλειψη S μειώνει την αποτελεσματικότητα χρησιμοποίησης N στα φυτά. Έτσι η τροφопενία S μπορεί να αυξήσει την απώλεια N από γεωργικά εδάφη, μέσω της απονιτροποίησης και της έκπλυσης.

- Η παρουσία Κ αυξάνει την απορρόφηση NO_3^- .
- Δεν παρατηρήθηκε συγκεκριμένη τάση της επίδρασης ασβεστίου (Ca) στην συγκέντρωση NO_3^- στα λαχανικά. Έλλειψη Ca μειώνει την αύξηση των ριζών με συνέπεια και την απορρόφηση NO_3^- . Το Ca ασκεί επίδραση στην απορρόφηση NO_3^- και πιθανώς στην αναγωγή του. Σε αντίθεση με τα NO_3^- που ευνοούν την προσρόφηση Ca και Mg και εμποδίζουν αυτή των φωσφορικών (Μπούρμπος - Σκουντριδάκης 1990).

2.11.4 Επίδραση ιχνοστοιχείων

Εξετάζοντας τον παράγοντα ιχνοστοιχεία θα πρέπει να έχουμε βαθιά συνειδητοποιήσει τον καθοριστικό τους ρόλο στην ισορροπία θρέψης του φυτού ξέχωρα από τις απαραίτητες συγκεντρώσεις του που θα είναι μόνο κάποια μέρη στο εκατομμύριο (ppm)

Ειδικότερα ενδιαφερόμαστε για τα ιχνοστοιχεία μολυβδαίνιο (Mo) που αποτελεί βασικό δομικό συστατικό της νιτρικής ρεδουκτάσης (ή νιτρικής αναγωγάσης) που καταλύει την αντίδραση μετατροπής των νιτρικών (NO_3^-) σε νιτρώδη (NO_2^-) μέσα στο φυτό. Σε φυτά με έλλειψη Mo τα NO_3^- συγκεντρώνονται και φθάνουν ως το 3% του ξηρού βάρους. Φυτά που λιπαίνονται με NH_4^+ δεν παρουσιάζουν τέτοια εξάρτηση από το Mo. Η έλλειψη Mo οδηγεί σε συγκέντρωση NO_3^- . Αντίστοιχα το ιχνοστοιχείο μαγγάνιο (Mn) αποτελεί συστατικό της νιτρώδους ρεδουκτάσης, του ενζύμου που είναι υπεύθυνο για την περαιτέρω μετατροπή των νιτρώδων. Όσον αφορά τα μη θεμελιώδη στοιχεία η αύξηση του εναλλακτικού νατρίου (Na) στο έδαφος αυξάνει την απορρόφηση NO_3^- .

Πολλοί ερευνητές επιχείρησαν να κάνουν χρήση του γεγονότος αυτού στην γεωργική πρακτική. Συγκεκριμένα στην περιοχή LIMOUSINE της κεντροδυτικής Γαλλίας η εταιρεία DIERAL που παράγει παιδικές τροφές σε βαζάκια εφάρμοσε ένα εκτεταμένο πρόγραμμα παροχής των δύο αυτών ιχνοστοιχείων στα φυτά είτε από το έδαφος, είτε από το φύλλωμα. Με τον τρόπο αυτό επιτεύχθηκε μεγαλύτερη ενεργοποίηση των ενζύμων, και μετατροπή των νιτρικών. Όμως σε φυτά που έχουν την τάση να απορροφούν μεγάλες ποσότητες νιτρικών (όπως το σπανάκι και το καρότο), η προσθήκη αυτή δεν μπόρεσε να επιλύσει παρά ένα μέρος του προβλήματος. Οι δυνατότητες αύξησης της ποσότητας των αναγωγικών ενζύμων είναι περιορισμένες. Στόχος μας βέβαια είναι η αποφυγή τροφοπενιών μαγγανίου (Mn) ή μολυβδαίνιου (Mo). Η πρώτη παρατηρείται σε υψηλό pH λόγω οξείδωσης του αφομοιώσιμου διοθενούς μαγγανίου (Mn) σε οξείδιο του μαγγανίου (MnO_2) από τη δράση μικροοργανισμών, ενώ η δεύτερη είναι φαινόμενο των όξινων εδαφών.

2.11.5 Λαχανικά με υψηλή συσσωρευτική ικανότητα

Η δυναμική του κινδύνου ποικίλλει σημαντικά σε σχέση με τα διάφορα τμήματα του φυτού. Γενικά η συσσώρευση των νιτρικών στα ανθικά όργανα είναι πάρα πολύ χαμηλή. Αυξάνει σταδιακά στους καρπούς, σπόρους, φύλλα, ρίζες, μίσχους και στελέχη. Ορισμένα φυτά συνήθως αποτελούν μεγάλους συσσωρευτές νιτρικών, όπως το σπανάκι, το μαρούλι, το σέλινο, το λάχανο, το μπρόκολο, το κουνουπίδι, το ρεπάνι, το παντζάρι, ενώ το καρότο, το κρεμμύδι, η πατάτα, το φασολάκι και η γλυκοπατάτα, δεν αποτελούν συσσωρευτές νιτρικών.

Καλά θα είναι να έχουμε υπόψη, ότι αυτή η ταξινόμηση δεν είναι δεδομένη, αφού η συγκέντρωση των νιτρικών μπορεί να εξαρτηθεί από γενετικούς, κλιματικούς και καλλιεργητικούς παράγοντες. Μεγάλη διαφορά μπορεί να παρατηρηθεί ακόμη και μεταξύ των ίδιων οργάνων διαφορετικών ειδών, π.χ. η ρίζα του παντζαριού και του ρεπανιού συσσωρεύουν νιτρικά, ενώ η ρίζα του καρότου και της πατάτας καθόλου ή ελάχιστα. Παλιά όργανα παρουσιάζουν μεγαλύτερα ποσοστά νιτρικών σε σχέση με τα νεότερα του ίδιου φυτού: τα εξωτερικά φύλλα (που συνήθως δεν τα τρώμε) του μαρουλιού παρουσιάζουν συγκεντρώσεις ακόμη και διπλάσιες από τα εσωτερικά.

Τα φρέσκα λαχανικά συνήθως περιέχουν περισσότερα νιτρικά από τα διατηρημένα. Αυτό οφείλεται στο ξέπλυμα που υφίστανται στη φάση του πλυσίματος και κυρίως κατά το βράσιμο. Στα φρέσκα προϊόντα που συγκεντρώνονται χωρίς να καταψυχθούν, μόλις συλλέγουν, το ποσοστό των νιτρικών είναι πάντα μεγαλύτερο λόγω της αναγωγής των νιτρικών που καταρχήν είναι ενζυμική (πολύ υψηλή, πάνω από 10° C) και βακτηριακή στη συνέχεια, χαρακτηριστική των διατηρημένων προϊόντων που δεν καταψύχονται κανονικά. Το σημαντικό πλεονέκτημα των νωπών λαχανικών, είναι ωστόσο, η μεγάλη περιεκτικότητα βιταμίνης C, η οποία αντιδρά σαν αντίδοτο και εμποδίζει το σχηματισμό νιτροζαμινών.

Τα διάφορα φυτικά είδη, ανάλογα με τη γενετική τους προέλευση, που αποτελεί βασικό παράγοντα ελέγχου της περιεκτικότητάς τους σε νιτρικά, κατατάσσονται σε διάφορες κατηγορίες, με βασικό κριτήριο τη συσσωρευτική τους ικανότητα σε νιτρικά. Τα λαχανοκομικά φυτά διαφέρουν ως προς το βαθμό συσσώρευσης νιτρικών που συνήθως μπορεί να φθάσουν. Υπάρχουν φυτά που συσσωρεύουν αρκετά μεγάλες ποσότητες όπως σπανάκι, μαρούλι, παντζάρι και άλλα λιγότερο επικίνδυνα όπως τομάτες, αρακάς, πατάτες.

Πίνακας 1: Περιεκτικότητα διαφόρων λαχανοκομιών καλλιεργειών σε νιτρικά (ppm NO₃ στο ωπό βάρος)

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΝΙΤΡΙΚΩΝ
<u>Μαρούλι</u>	<u>7</u>	<u>720</u>
Βαλεριάνα	3	2447
<u>Ραπανάκι</u>	<u>3</u>	<u>1480</u>
Σπανάκι	4	1706
Καρότο	2	102
Σέλινο	5	449
Κουνουπίδι	6	152
Πράσο	7	73

Πηγή: Επιστημονική Ημερίδα BASF Limburgerhof 17 και 18/05/1999

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Ο ρόλος του στοιχείου θείου

3.1 Γενικά

Ο ρόλος του θείου για την αύξηση των φυτών είναι γνωστός εδώ και 150 χρόνια. Το θείο είναι ένα από τα μακροστοιχεία, αν και τα φυτά χρειάζονται πολύ λιγότερο, από ότι N ή K. Οι ποσότητες S που απαιτούνται από τις περισσότερες καλλιέργειες είναι συγκρίσιμες με τις απαιτούμενες ποσότητες Mg. Πολύ προτού γίνει γνωστός ο θεμελιώδης ρόλος του στα φυτά, το θείο χρησιμοποιήθηκε υπό μορφή γύψου. Τα τελευταία χρόνια αυξάνεται το ενδιαφέρον για το S ως θρεπτικό στοιχείο, λόγω της επίδρασης του τόσο στην απόδοση, όσο και στην ποιότητα των προϊόντων.

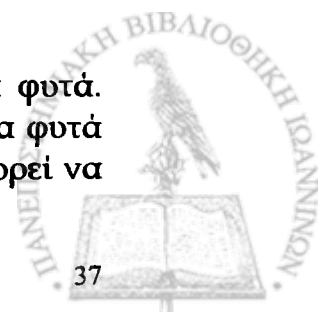
3.2 Φυσιολογική δράση S

Η φυσιολογική δράση του θείου σε ένα φυτικό οργανισμό είναι θεμελιώδης. Μέσα στο φυτό το S μπορεί να συγκεντρωθεί ως SO_4^{2-} ή ως συστατικό της ένωσης γλουταθείο. Το γλουταθείο είναι μια μορφή αποθησαυρισμού του αναχθέντος S. Ενδέχεται η συγκέντρωση γλουταθείου να αποτελεί μηχανισμό αντιμετώπισης της υπερβολικής ποσότητας του S μέσα στο φυτό. Το S παίζει σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό των χλωροπλαστών και της χλωροφύλλης, επίσης δρα καταλυτικά στη μεγάλη συγκέντρωση των νιτρικών στα φυτά (Σιμώνης Α, 1995).

Το N και το S είναι κύρια συστατικά των πρωτεϊνών, έτσι η έλλειψη S επηρεάζει την αξιοποίηση N μέσα στο φυτό για τη σύνθεση πρωτεΐνης. Η έλλειψη θείου μπορεί να εμπλουτίσει τα παραγόμενα φυτικά προϊόντα σε μη πρωτεϊνικό άζωτο, συμπεριλαμβανομένου του NO_3^- στους φυτικούς ιστούς. Έτσι έχει μεγάλη σημασία η διατήρηση του άριστου επιπέδου S στα φυτά, ώστε να αποφευχθεί η μεγάλη συγκέντρωση (NO_3^-) στους φυτικούς ιστούς (Θεριός Ι. 1996).

Το S περιέχεται σε δύο θειοαμινοξέα (μεθειονίνη, κυστεΐνη, κυστίνη, θειαμίνη κ.λ.π.) που είναι αναντικατάστατα συστατικά των πρωτεϊνών. Τρεις ακόμη ενώσεις η ανευρίνη, η βιοτίνη και η φερρεδοξίνη, καθώς και το συνένζυμο A της αναπνοής περιέχουν το στοιχείο αυτό. Προϊόντα με χαρακτηριστική οσμή, όπως το κρεμμύδι και η μουστάρδα, περιέχουν S. Το S είναι ενεργοποιητής ενζύμων όπως η παπαΐνη, βρομελίνη και φυκίνη.

Το ιόν του ανάγεται προκειμένου να χρησιμοποιηθεί από τα φυτά. Προσλαμβάνεται ως SO_4^{2-} . Τα SO_4^{2-} που δεν χρησιμοποιούνται από τα φυτά συσσωρεύονται στα φύλλα και λιγότερο στους σπόρους, από όπου μπορεί να



κινητοποιηθεί αν χρειαστεί. Η θειική μορφή (SO_4^{2-}) του θείου απαντάται και στο πλασματικό υγρό. Εκεί το βρίσκουμε όχι μόνο ως θειικό ασβέστιο αλλά και ως θειικό ανιόν (SO_4^{2-}) που δρα ανταγωνιστικά στα νιτρικά ιόντα (NO_3^-) και ανιόντα χλωρίου Cl.

Η αναγκαία ποσότητα S για μια καλλιέργεια συσχετίζεται με το ποσό του χορηγούμενου N-ούχου λιπάσματος. Έλλειψη S επιβραδύνει την αύξηση των φυτών, διότι το S διαδραματίζει τους εξής ρόλους:

- Είναι συστατικό των αμινοξέων κυστίνη, κυστεΐνη και μεθειονίνη, που αποτελούν τμήμα των πρωτεϊνών.
- Σύνθεση της χλωροφύλλης, αν και η χλωροφύλλη δεν περιέχει S.
- Ενεργοποίηση μερικών πρωτεολυτικών ενζύμων, όπως η παπαΐνη.
- Σύνθεση μερικών βιταμινών, όπως βιοτίνη, θειαμίνη (βιταμίνη B₁), γλουτοθειόνη, λιποϊκό οξύ καθώς και το συνένζυμο A.
- Σχηματισμός μερικών σουλφιδρυλικών δεσμών, που έχουν σχέση με τα δομικά χαρακτηριστικά του πρωτοπλάσματος. Η πυκνότητα των σουλφιδρυλικών δεσμών σχετίζεται με την αντοχή στο ψύχος ή την ξηρασία.
- Σχηματισμός ελαίων, όπως του κρεμμυδιού και φυτών της οικογένειας *Cruciferae*.
- Σχηματισμός φερρεδοξίνης, που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη φωτοσύνθεση.
- Σχηματισμός αζωφερρεδοξίνης, που παίρνει μέρος στην αζωτοδέσμευση με τα βακτήρια του γένους *Rhizodium*.
- Δραστηριότητα της ATP-σουλφουρυλάσης, ενός ενζύμου που παίρνει μέρος στο μεταβολισμό του S.
- Δραστηριότητα του ενζύμου νιτρική αναγωγή, που είναι υπεύθυνη για τη μετατροπή του NO_3^- -N σε αμινοξέα και κατόπιν σε πρωτεΐνη.

3.3 Κύκλος του θείου

Το θείο αποτελεί τμήμα των θειούχων αμινοξέων (κυστίνη, κυστεΐνη, μεθειονίνη) και δύο βιταμινών (θειαμίνη, βιοτίνη). Ακόμη αποτελεί συστατικό της κερατίνης, δηλαδή της σκληρής πρωτεϊνικής ουσίας του δέρματος, των τριχών και των νυχιών. Ακόμη είναι απαραίτητο για τη σύνθεση του κολλαγόνου. Χωρίς το θείο ο οργανισμός δεν μπορεί να κάνει τον μεταβολισμό των πρωτεϊνών σωστά. Βοηθά στην καλή διατήρηση της γενικής εμφάνισης και ομορφιάς

Δίνει ωραίο χρώμα στο δέρμα και αστραφτερά μαλλιά. Οι διαβητικοί συχνά έχουν έλλειψη θείου και η σωστή ποσότητα μας προφυλάσσει αποτελεσματικά από αυτήν την ασθένεια. Τέλος όσοι έχουν προβλήματα τριχόπτωσης ωφελούνται όταν παίρνουν από τις τροφές την απαραίτητη ποσότητα θείου.

Από τα λαχανικά που είναι πλούσια σε θείο είναι το λάχανο, μπρόκολο, ραδίκια, καρότα, σέλινο, κουνουπίδι, κάστανα, μαύρες σταφίδες. Οι περισσότερες τροφές που περιέχουν φυσικού θείου πρέπει να τρώγονται ωμές, γιατί το ψήσιμο τις κάνει δύσπεπτες και προκαλούνται αέρια.

Η κυκλοφορία του θείου διαμέσου της τροφικής αλυσίδας είναι σχετικά απλή. Οι απεκκρίσεις των οργανισμών, καθώς και οι νεκροί οργανικοί ιστοί περιέχουν θείο, το οποίο απελευθερώνεται από τους αποικοδομητές με τη μορφή υδρόθειου (H_2S). Στη συνέχεια, εξειδικευμένα βακτήρια μετατρέπουν το υδρόθειο σε θειικά ιόντα τα οποία μπορούν να προσλάβουν εκ νέου τα φυτά και να τα ενσωματώσουν στα αμινοξέα και τις πρωτεΐνες.

Το θείο δεν είναι εύκολα διαλυτό στοιχείο, με αποτέλεσμα να συσσωρεύεται σε ιζήματα και να σχηματίζει ενώσεις αδιάλυτες στο νερό. Σε αυτή τη μορφή το θείο δεν είναι διαθέσιμο στους ζωντανούς οργανισμούς. Αντίστοιχα όμως, νέες ποσότητες θείου καθίστανται διαθέσιμες με την αποσάθρωση θειούχων πετρωμάτων όπως ο γύψος.

Οι εκρήξεις ηφαιστειών, αλλά και η καύση ορυκτών καυσίμων, απελευθερώνουν θείο στην ατμόσφαιρα, συνήθως με τη μορφή υδρόθειου, το οποίο αρχικά μετατρέπεται σε διοξείδιο του θείου και στη συνέχεια σε θειικό οξύ. Το θειικό οξύ καταλήγει στην επιφάνεια της γης με τις βροχοπτώσεις, όπου ασκεί ιδιαίτερα τοξική επίδραση στα φυτά. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως όξινη βροχή και έχει προκαλέσει μεγάλες καταστροφές δασών σε πολλές περιοχές του πλανήτη.

3.4 Αναγωγή σε θειικά (SO₄²⁻)

Τα ανώτερα φυτά και πολλοί μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν το SO₄²⁻ ως πηγή S. Η αφομοίωση των (SO₄²⁻) είναι ανάλογη με την αφομοίωση των νιτρικών και αφορά μια σειρά από αντιδράσεις όπου το SO₄²⁻ ανάγεται σε σουλφίδιο και χρησιμοποιείται για το σχηματισμό κυστεΐνης. Η όλη διαδικασία είναι μια εξαιρετικά ενδόθερμη διαδικασία, η οποία απαιτεί ενέργεια της τάξης των 180 kcal/mol. Η αναγωγή των θεικών θεωρείται η πιο ενεργοδυναμική αντίδραση που γίνεται στα ζωντανά κύτταρα. Το αρχικό στάδιο περιλαμβάνει την ενεργοποίηση του SO₄²⁻ με αδενοσινοτριφωσφορικό οξύ (ATP) και καταλήγει στο σχηματισμό αδενοσίνης-5-φωσφοθεικής (APS) και στο τέλος της ένωσης 3-φωσφοαδενοσίνης-5-φωσφοθεικής (PAPS). Η αρχική αντίδραση καταλύεται με ATP σουλφουριλάση και έχει ως εξής:



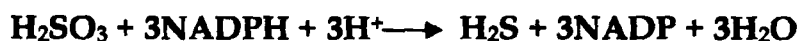
Το δεύτερο στάδιο πραγματοποιείται με το ένζυμο APS κινάση και δίνει:



Η ένωση αυτή χρησιμοποιείται ως δότης S σε ενώσεις όπως υδατάνθρακες, φαινόλες και στερόλες. Επίσης η ένωση PAPS είναι υπόστρωμα για αναγωγή του S⁶⁺ σε S⁴⁺ ως σουλφίδιο. Το ένζυμο που καταλύει αυτή την αναγωγή 2 ηλεκτρονίων είναι η **PAPS αναγωγάση**. Η ένωση PAPS μεταφέρεται σε μια διθειόλη πρωτεΐνης με μικρό μοριακό βάρος.

Η θειοθειική πρωτεΐνη υφίσταται οξειδοαναγωγή η οποία απελευθερώνει δι σουλφίδιο με αριθμό οξείδωσης του S = +4

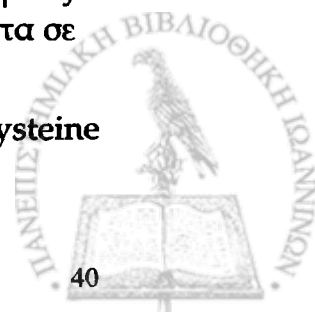
Στη συνέχεια γίνεται αναγωγή σε H₂S με το ένζυμο ρεδουκτάση των θεικών ή θεική αναγωγάση. Συνολικά απαιτούνται 6 ηλεκτρόνια για αυτή την αναγωγή και χορηγούνται από 3 mol NADPH:



Το τελευταίο στάδιο της αφομοίωσης S περιλαμβάνει την αντίδραση H₂S με Ο-ακετυλ-σερίνη η οποία έχει τύπο [CH³OCH₂CH(NH₂)COOH], για σχηματισμό του αμινοξέος κυστεΐνη [HSCH₂CH(NH₂)COOH].

Η κυστεΐνη χρησιμοποιείται από τα φυτά και τους μικροοργανισμούς ως κύρια πηγή θείου για το σχηματισμό μεθειονίνης. Ενδιάμεσα προϊόντα σε αυτή τη διεργασία είναι η cystathione και ομοκυστίνη.

Τα ζώα, τα φυτά και πολλοί μικροοργανισμοί περιέχουν το ένζυμο cysteine desulfurylase, που καταλύει την αντίδραση:





Και το H_2S στη συνέχεια μας δίνει θειοθειικά:



3.5 Μορφές S στο έδαφος και η χρησιμοποίησή του από τα φυτά

Τα εδάφη περιέχουν ανόργανο και οργανικό S. Τα φυτά χρησιμοποιούν αποκλειστικά την ανόργανη μορφή (SO_4^{2-}). Πολλά εδάφη σε υγρές και σε εύκρατες περιοχές περιέχουν μικρές ποσότητες ανόργανου S. Σε τέτοια εδάφη τα φυτά γρήγορα χρησιμοποιούν το S που ανοργανοποιείται με οξείδωση της οργανικής ουσίας μαζί με το S από το διαλυμένο στο νερό της βροχής και το SO_4^{2-} που προσροφάται από τα εδάφη. Τα SO_4^{2-} που χρησιμοποιούνται από τα φυτά προέρχεται από την οργανική ουσία. Έτσι το οργανικό S αναφέρεται ως αποθεματικό S.

Το SO_4^{2-} απαντάται στα εδάφη σε 3 μορφές, στο εδαφικό διάλυμα, ως ίζημα και ως προσροφημένο στην επιφάνεια των ορυκτών της αργίλου. Η γύψος είναι η πιο συνηθής μορφή SO_4^{2-} υπό μορφή ιζήματος. Η διαλυτότητα της γύψου είναι μικρή (450 $\mu\text{g/l}$ H_2O). Η συγκέντρωση SO_4^{2-} σε ισορροπία με $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ είναι πολλές φορές μεγαλύτερη από τη συγκέντρωση που χρειάζονται τα φυτά για άριστη θρέψη. Τα περισσότερα εδάφη με υψηλό βαθμό αποσάθρωσης περιέχουν προσροφημένο SO_4^{2-} .

Η συγκέντρωση SO_4^{2-} στο εδαφικό διάλυμα ποικίλει και κυρίως σε εδάφη που έχουν μικρή ικανότητα να προσροφούν SO_4^{2-} . Αν τα εδάφη έχουν αξιόλογη ικανότητα να προσροφούν SO_4^{2-} η συγκέντρωση του SO_4^{2-} στο διάλυμα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον επί της % κορεσμό με SO_4^{2-} . Τα θειοθειικά λιπάσματα είναι χημικώς ασταθείς ενώσεις σε όξινο διάλυμα και παράγουν SO_2 και στοιχειακό S. Τα πολυσουλφίδια είναι χημικώς ασταθείς ενώσεις και παράγουν κolloειδές S και σουλφίδια, όταν προστίθενται στο έδαφος. Τα σουλφίδια οξειδώνονται γρήγορα σε στοιχειακό S.

Ανεξάρτητα από τη μορφή με την οποία χορηγείται το S στο έδαφος, το τελικό προϊόν σε καλά αεριζόμενα εδάφη είναι τα θειικά ιόντα (SO_4^{2-}). Το SO_4^{2-} σχηματίζει μικρής διαλυτότητας άλατα με Ca. Το SO_4^{2-} κατακρημνίζεται μαζί με το CaCO_3 στο έδαφος και γίνεται σχετικά μη διαθέσιμο για το φυτό. Σε υγρά εδάφη τα SO_4^{2-} είναι λιγότερο ευκίνητα στο έδαφος απ' ό,τι τα NO_3^- ή τα ιόντα Cl^- και δυσκολότερα εκπλύνονται. Αυτό εξηγεί γιατί οι απώλειες σε S είναι μικρότερες σε σύγκριση με το N.

Εδάφη με υψηλό βαθμό αποσάθρωσης έχουν σημαντική ικανότητα προσρόφησης SO_4^{2-} . Η προσρόφηση SO_4^{2-} είναι συνάρτηση της συγκέντρωσης. Λιπάσματα που αυξάνουν τη συγκέντρωση των SO_4^{2-} στο εδαφικό διάλυμα, αυξάνουν την προσρόφηση. Τα φυτά μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα προσροφημένα SO_4^{2-} . Η προσρόφηση μπορεί να μειώσει τις απώλειες των θεικών λιπασμάτων, με μείωση της έκπλυσης. Προσθήκη P μειώνει την ικανότητα του εδάφους για προσρόφηση SO_4^{2-} .

3.6 Επίδραση της έλλειψης S στο περιβάλλον

Σήμερα στην Αγγλία, Σουηδία, Δανία, Γερμανία και Γαλλία η έλλειψη S είναι η πιο διαδεδομένη από όλες τις τροφοπενίες. Ο μειωμένος εφοδιασμός S στις καλλιέργειες έχει πολλές συνέπειες. Το S διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον πρωτογενή και δευτερογενή μεταβολισμό των φυτών, ως συστατικό των πρωτεϊνών και άλλων ενώσεων που καθορίζουν την ποιότητα και θρεπτική αξία των προϊόντων. Πέρα από τη μείωση της απόδοσης, η τροφοπενία S είναι γνωστό ότι επηρεάζει δυσμενώς την ποιότητα των προϊόντων για κατανάλωση από τους ανθρώπους και τα ζώα. Έτσι στα σιτηρά για ψωμί η περιεκτικότητα σε S έχει θετική συσχέτιση με την αρτοποιητική ικανότητα των αλεύρων. Επίσης η λίπανση με S επηρεάζει την ποιότητα των ζωοτροφών με αύξηση της βιταμίνης A της μηδικής, αύξηση της χλωροφύλλης του τριφυλλιού, αυξημένο περιεχόμενο πρωτεΐνης και σύσταση των αμινοξέων των ζωοτροφών.

Η περιεκτικότητα σε NO_3^- στα λαχανικά και τις ζωοτροφές είναι ένα σημαντικό κριτήριο της ποιότητας των τροφών. Τα N και S είναι κύρια συστατικά των πρωτεϊνών, έτσι η έλλειψη S επηρεάζει την αξιοποίηση N μέσα στο φυτό για τη σύνθεση πρωτεΐνης.

Η έλλειψη S μπορεί να εμπλουτίσει τα προϊόντα σε μη πρωτεϊνικό N, συμπεριλαμβανομένου του NO_3 στο φυτικό ιστό.

Έχει μεγάλη σημασία να διατηρήσουμε άριστο επίπεδο S για να αποφευχθεί η συγκέντρωση NO_3^- στους φυτικούς ιστούς. Η επίδραση του S στην ποιότητα των ζωοτροφών έχει μεγάλη σημασία λόγω της σημαντικής επίδρασης στη διατροφή των θηλαστικών. Αυξημένο επίπεδο S στο σιτηρέσιο των θηλαστικών συνεπάγονταν αυξημένη λήψη τροφής, αυξημένη πεπτικότητα και κατάλληλο ισοζύγιο γάλακτος και μαλλιού, Η άριστη περιεκτικότητα σε S επίσης βελτίωσε την αντοχή των φυτών σε εχθρούς και ασθένειες. Αυτό έχει μεγάλη σημασία για την οργανική Γεωργία, όπου δε χρησιμοποιούνται φυτοφάρμακα.

Η έλλειψη S μείωσε την αποτελεσματικότητα χρησιμοποίησης N στα φυτά. Έτσι η τροφοπενία S μπορεί να αυξήσει την απώλεια N από γεωργικά εδάφη, μέσω της απονιτροποίησης και της έκπλυσης.



3.7 Θεικές ενώσεις

Ανεξάρτητα από τη μορφή με την οποία χορηγείται το S στο έδαφος, το τελικό προϊόν σε καλά αεριζόμενα εδάφη είναι τα θειικά ιόντα (SO_4^{2-}). Το SO_4^{2-} σχηματίζει μικρής διαλυτότητας άλατα με Ca. Το SO_4^{2-} κατακρημνίζεται μαζί με το CaCO_3 στο έδαφος και γίνεται σχετικά μη διαθέσιμο για το φυτό. Σε υγρά εδάφη τα SO_4^{2-} είναι λιγότερο ευκίνητα στο έδαφος απ' ό,τι τα NO_3^- ή τα ιόντα Cl^- και δυσκολότερα εκπλύνονται. Αυτό εξηγεί γιατί οι απώλειες σε S είναι μικρότερες σε σύγκριση με το N.

Εδάφη με υψηλό βαθμό αποσάθρωσης έχουν σημαντική ικανότητα προσρόφησης SO_4^{2-} . Η προσρόφηση SO_4^{2-} είναι συνάρτηση της συγκέντρωσης. Λιπάσματα που αυξάνουν τη συγκέντρωση των SO_4^{2-} στο εδαφικό διάλυμα, αυξάνουν την προσρόφηση. Τα φυτά μπορούν χρησιμοποιήσουν τα προσροφημένα SO_4^{2-} . Η προσρόφηση μπορεί να μειώσει τις απώλειες των θεικών λιπασμάτων, με μείωση της έκπλυσης. Προσθήκη P μειώνει την ικανότητα του εδάφους για προσρόφηση SO_4^{2-} .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

Ραπάνι και μαρούλι

4.1 ΡΑΠΑΝΙ

(*Raphanus sativus* L.)

Γένος: *Raphanus*

Είδος: *R. sativus*

Οικογένεια : *Cruciferae*

Σταυρανθή

Ρεπανάκι ή ραπανάκι, όπως και να το πείτε, δεν πρόκειται ν' αλλάξει τίποτα από το γνωστό σε όλους μας στρογγυλό ή ακανόνιστο άλλες φορές μπαλάκι της φύσης, που από το 3000 π.Χ. καλλιεργείται στη Μεσόγειο, καταναλώνεται και περιβάλλεται από πλήθος αναφορών.

Από τον Θεόφραστο μας έμεινε η ονομασία «ραφανίδα», αλλά και πολλοί άλλοι αρχαίοι συγγραφείς περιλαμβάνουν το ραπανάκι στις γραφές τους, ενώ μια εκδοχή για την αρχαία του ονομασία είναι ότι προέρχεται από σύντμηση των λέξεων «ραδίως - φαίνεσθαι = ραφανίδα (ραπάνι)», λόγω της ταχύτατης ανάπτυξης του φυτού. Λέγεται, λοιπόν, ότι το ραπάνι άρχισε να καλλιεργείται στην ανατολική Μεσόγειο, ενώ, σύμφωνα με κάποιες αναφορές, κατάγεται από την Κίνα, όπου εντοπίστηκε αρχικά σε άγρια μορφή. Άλλες αναφορές θέλουν το ραπανάκι να φύτευται στη νότια Ρωσία για χιλιάδες χρόνια. Άλλα στοιχεία αναφέρουν ότι το 2780 π.Χ. οι Αιγύπτιοι ήδη είχαν αρχίσει την καλλιέργεια των ραπανιών. Και μάλιστα οι Αιγύπτιοι έτρωγαν ραπανάκια πριν ακόμα χτίσουν τις Πυραμίδες.

Αρχικά τα ραπανάκια ήταν μαύρα και σιγά-σιγά άρχισαν να αλλάζουν χρώματα, μέχρι να καταλήξουν στα γνωστά σημερινά, άσπρο και κόκκινο. Τα λευκά δε, άρχισαν να καλλιεργούνται στην Ευρώπη περίπου το 1500 και δύο αιώνες αργότερα τα κόκκινα.

Οι περισσότεροι αρχαίοι συγγραφείς αναφέρονται στις θεραπευτικές ιδιότητες των ραπανιών, αλλά και στις ευεργετικές. Το συνιστούσαν ως ορεκτικό, αντιβηχικό, πρόσφορο για τη διάλυση νεφρόλιθων, χολόλιθων, κατά της υδρωπικίας, των ηπατικών παθήσεων, της αρθρίτιδας και γενικώς το θεωρούσαν πλούσιο υλικό «διά πάσαν νόσον». Μύθοι και θρύλοι περιβάλλουν το ραπανάκι ακόμα και για το μέγεθός του.

Για παράδειγμα, ο Πλίνιος ο πρεσβύτερος αναφέρει ότι εντόπισε μακριά λευκά ραπανάκια σε μέγεθος μικρού παιδιού. Οι αρχαίοι Έλληνες εξευμένιζαν τους θεούς τους, δωρίζοντάς τους ραπανάκια που κουβαλούσαν



σε χρυσούς δίσκους. Ο Ρωμαίος ποιητής Οράτιος υποστήριξε ότι το ραπανάκι βοήθησε πολύ στο ξαλάφρωμα ενός φορτωμένου στομαχιού.

Ακόμα και στις μέρες μας το ραπανάκι θεωρείται πολύ ξεχωριστό λαχανικό, σύμβολο σχεδόν της χαράς και της ζωής: για παράδειγμα, σε διάφορες περιοχές του κόσμου, όπως στην πόλη Οαζάκα στο Μεξικό, καλλιεργούνται μεγάλα και μακριά ραπανάκια, ειδικά για να κατασκευαστούν γλυπτά για τη Νύχτα των Ραπανακιών - μια γιορτή αφιερωμένη στο ραπανάκι. Δεν είναι, λοιπόν, το ραπανάκι μόνο για την όρεξη.

Ο Μπέντζαμιν Τζόνσον (1572-1637), Άγγλος δραματουργός, ποιητής και ηθοποιός, στενός φίλος του Σέξπιρ, είχε μια πολύ ιδιαίτερη πρόταση για τα ραπανάκια. Ελεγε ότι έπρεπε οπωσδήποτε να φάει κάποιος ραπανάκια πριν δοκιμάσει την ποιότητα ενός καλού κρασιού. Μόνο τότε θα μπορούσε να ξεχωρίσει τα βαθιά του χαρακτηριστικά.

Το ραπάνι, η 'συρμαία' του Ηρόδοτου ή το 'ράπανον' και 'ραφανίς' του Αθήναιου, σήμερα καλλιεργείται στη χώρα μας σποραδικώς και σε μικροεκτάσεις, κοντά στις μεγάλες πόλεις και σε οικιακούς λαχανόκηπους, ώστε να μην μπορεί να εκτιμηθεί η έκταση καλλιέργειάς του. Συνολικά, ίσως αυτή δεν απέχει από τα 2.500 - 3.000 στρέμματα.

4.1.1 Περιγραφή του φυτού

Οι χαρακτήρες του είδους αυτού καθορίζονται από τα γονίδια $2n = 18$ χρωμοσωμάτων.

Το φυτό είναι μονοετές ή διετές μέχρι την παραγωγή του σπόρου κι αυτό εξαρτάται από την εποχή της σποράς του. Καλλιεργούμενο την άνοιξη δίνει σπόρο το ίδιο έτος, ενώ με όψιμη σπορά κλείνει το βιολογικό του κύκλο το επόμενο έτος.

Η ρίζα του (γογγυλόρριζα) για την οποία καλλιεργείται είναι σαρκώδης, σφαιροειδής έως επιμήκης με επιφάνεια χρώματος κόκκινου, λευκού ή και μελανοιώδους αναλόγως της ποικιλίας.

Έχει σάρκα λευκή, συνεκτική και τρυφερή που σε προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης γίνεται σπογγώδης. Παρουσιάζει ορεκτικές και διουρητικές ιδιότητες και περιέχει περίπου 94% νερό, 1.2% πρωτεΐνες και 4% υδατάνθρακες.

Τα φύλλα του είναι οδοντωτά και τραχείας επιφάνειας. Από το κέντρο του φυτού εκπύσσεται ανθοφόρος βλαστός, όρθιος, διακλαδιζόμενος που φθάνει σε ύψος 0.70-1 μ. Σ' αυτόν σχηματίζονται τα άνθη κατά ταξιανθίες, τα οποία είναι λευκά, κίτρινα ή ιώδη, ερμαφρόδιτα, διασταυρούμενα κυρίως με τις μέλισσες.

Οι καρποί (κεράτια) είναι λογχοειδείς, χοντρότεροι εκείνων του λάχανου και του κουνουπιού και περιέχουν σπόρους σφαιρικούς σκοτεινού ερυθρωπού χρώματος.

Το βρώσιμο μέρος του φυτού είναι ο ριζοκόνδυλος που σχηματίζεται υπόγεια σε μικρό βάθος. Ο ριζοκόνδυλος του ραπανιού σχηματίζεται κατά ένα μέρος από το υποκοτύλιο και κατά το υπόλοιπο από πάχυνση μέρους της

ρίζας. Το σχήμα τους ποικίλλει και μπορεί να είναι στρογγυλό, ωοειδές, επιμήκες με αιχμηρή απόληξη ή επιμήκες κυλινδρικό. Μεγάλες διαφορές από ποικιλία σε ποικιλία υφίστανται επίσης και ως προς το μέγεθος (διάμετρος από 3 έως και 40 cm σε ορισμένες ακραίες περιπτώσεις). Το χρώμα των ποικιλιών που είναι οι πιο διαδεδομένες στην Ελλάδα είναι είτε λευκό είτε ροδοκόκκινο έως κόκκινο. Υπάρχουν όμως και ποικιλίες με διάφορα άλλα χρώματα όπως βιολετί, γκριζο, μαύρο και κόκκινο με λευκή κορυφή.

Η έκθεση του ραπανιού σε χαμηλές θερμοκρασίες επιταχύνει την έκπτυξη του ανθικού στελέχους. Αντίθετα όμως με λαχανικά του γένους Brassica η έκθεση σε χαμηλές θερμοκρασίες επιταχύνει σημαντικά αλλά δεν αποτελεί προϋπόθεση για την μετάβαση στην εγγενή φάση ανάπτυξης. Έχει διαπιστωθεί ότι η έκθεση σε θερμοκρασία 5-8° C για 10-20 μέρες είναι αρκετή για την εμφάνιση ανθικού στελέχους. Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί ότι αν μετά την εαρινοποίηση επικρατεί μακρά φωτοπερίοδος η άνθηση επιταχύνεται ακόμη περισσότερο.

4.1.2 Κλίμα και έδαφος

Το ραπάνι είναι φυτό ανθεκτικό στις χαμηλές θερμοκρασίες. Στις ψυχρότερες περιοχές δεν καλλιεργείται κατά τους ψυχρούς μήνες του χειμώνα ή καλλιεργείται σε θέσεις προφυλαγμένες. Κατά τους θερμούς μήνες μπορεί επίσης να καλλιεργηθεί, όμως φοβάται του θερμούς και ξηρούς ανέμους, οι οποίοι αναστέλλουν την ανάπτυξη του φυτού και προκαλούν την παραγωγή υποβαθμισμένης ποιότητας γογγυλορριζών. Γενικά προτιμά κλίμα εύκρατο δροσερό και υποφέρει υπό συνθήκες παρατεινόμενης υψηλής θερμοκρασίας.

Ευδοκίμει καλύτερα σε εδάφη μέσης σύστασης ελαφρά και γόνιμα, πλούσια σε οργανική ουσία, ελαφρώς όξινης αντίδρασης (pH 6-7) και διατηρούντα αρκετή υγρασία ή αρδευόμενα. Σε εδάφη ξηρά και φτωχά δεν δίνει καλά αποτελέσματα και οι ρίζες του αποκτούν περισσότερο καυστική γεύση.

4.1.3 Λίπανση

Κατά τη βασική λίπανση (πριν τη σπορά) μπορεί να γίνει ενσωμάτωση κοπριάς σε ποσότητα 2.000-3.000 χγρ./στρέμμα μόνο όταν αυτή είναι καλά χωνευμένη. Καλύτερα πάντως είναι να γίνεται οργανική λίπανση στην προηγούμενη καλλιέργεια.

Οι ποσότητες των χημικών λιπασμάτων είναι αρκετά περιορισμένη για το λόγο ότι το ραπάνι δίνει την παραγωγή του πολύ γρήγορα, σε 30-50 συνήθως ημέρες από τη σπορά, ώστε να μη προφταίνει να αξιοποιήσει μεγάλες ποσότητες. Έτσι συνιστούν την προσθήκη κατά στρέμμα, συνολικά :

P_2O_5 8-10 χγρ. = 40-50 χγρ. 0-20-0

K_2O 10-12 χγρ. = 20-25 χγρ. 0-0-50 και

N 10-15 χγρ. = 40-60 χγρ. 26-0-0



Τα φωσφορούχα και καλιούχα λιπάσματα καθώς και το μεγαλύτερο μέρος του αζωτούχου προστίθενται στο έδαφος και καλύπτονται με μια άροση πριν από τη σπορά. Το υπόλοιπο αζωτούχο δίνεται με επιφανειακή λίπανση, σε μια συνήθως δόση (15 - 20 ημέρες μετά τη σπορά) και εφόσον η διαρκεί ζωής των φυτών το επιτρέπει.

4.1.4 Σπορά

Η σπορά μπορεί να γίνει καθ'όλο το έτος, κυρίως όμως σπέρνουμε κατά τις περιόδους Φεβρουαρίου - Μαΐου και Αυγούστου - Οκτωβρίου ή Νοεμβρίου. Κατά τους θερινούς μήνες οι σπορές διακόπτονται, κυρίως για το λόγο ότι οι γογγυλόρριζες που παράγονται κατά την εποχή αυτή αποκτούν γρήγορα σπογγώδη υφή και είναι για μη εμπορεύσιμες.

Ο σπόρος σπέρνεται σε βραγίες, στα πεταχτά ή καλύτερα κατά γραμμές, οι οποίες απέχουν μεταξύ τους 15-20 εκ., και σε βάθος 1-2 εκ. Εφόσον η σπορά γίνεται με το χέρι, απαιτούνται για έκταση ενός στρέμματος 1,5-2 χιλιόγραμμα σπόρου.

4.1.5 Άλλες καλλιεργητικές εργασίες

Μία περίπου εβδομάδα από το φύτευμα των σπόρων, που γίνεται 5-8 ημέρες μετά τη σπορά, πρέπει να πραγματοποιηθεί το αραιώμα των φυτών, κατά τρόπο ώστε αυτά που θα διατηρηθούν να απέχουν μεταξύ τους περίπου 5 εκ. επί των γραμμών. Είναι επίσης η καταστροφή των ζιζανίων που πρέπει να γίνει με βοτανίσματα και ελαφρά σκαλίσματα στις γραμμικές καλλιέργειες ή με τη χρησιμοποίηση ζιζανιοκτόνων. Άλλες εργασίες είναι η επιφανειακή λίπανση, καθώς και τα ποτίσματα, η συχνότητα των οποίων εξαρτάται κυρίως από την εποχή καλλιέργειας. Ως προς την καταπολέμηση των ασθενειών ή άλλων εχθρών, συνήθως δεν εμφανίζονται προβλήματα στο ραπάνι λόγω της σύντομης ζωής του, εκτός εάν πρόκειται για καλλιέργεια σποροπαραγωγής.

4.1.6 Συγκομιδή - Αποδόσεις - Διατήρηση

Ανάλογα με την πρωιμότητα της ποικιλίας και την εποχή καλλιέργειας, η συγκομιδή αρχίζει 1,5-3 μήνες μετά τη σπορά. Τα φυτά εκριζώνονται όταν οι γογγυλόρριζες φτάσουν σε εμπορεύσιμο μέγεθος και πάντως πριν αποκτήσουν σπογγώδη υφή, η οποία ευνοείται ιδιαίτερα κατά τη θερμή και ξηρή εποχή. Μετά τη συγκομιδή τα φυτά πλένονται και αποστέλλονται στην αγορά σε μάτσα. Οι αποδόσεις κυμαίνονται γύρω στα 1.000-2.000 χγρμ. Κατά στρέμμα αναλόγως της ποικιλίας και των καλλιεργητικών συνθηκών. Η διατήρηση των ριζών (χωρίς φύλλωμα) μπορεί να παραταθεί επί δύο μήνες ή περισσότερο υπό συνθήκες θερμοκρασίας 0°C σχ 90-95%

4.1.7 Ποικιλίες

Μερικές από τις πιο γνώστες ποικιλίες είναι οι εξής :

Round Red Forcing. Ποικιλία πρώιμη, κατάλληλη και για καλλιέργεια υπό κάλυψη. Έχει φύλλωμα περιορισμένο και ρίζα σφαιροειδή κόκκινη, μέτριου μεγέθους.

Saxa. Πολύ πρώιμη ποικιλία, κατάλληλη και για υπό κάλυψη καλλιέργεια. Φύλλωμα περιορισμένο και ρίζα σφαιρική, μέτριου μεγέθους, κόκκινη.

Cherry belle. Έχει τους ίδιους με την προηγούμενη ποικιλία χαρακτήρες.

Large Red. Ποικιλία όψιμη με πλούσιο φύλλωμα. Η ρίζα είναι ευμεγέθης, σφαιρική, κόκκινη.

Clipo F1. Υβρίδιο πρώιμο με περιορισμένο φύλλωμα και ρίζα κυλινδρική, μικρού μήκους, κόκκινη με άκρη λευκή.

Novo. Μεσοπρώιμη ποικιλία. Ρίζα μέτριου μήκους, κυλινδρική, κόκκινη με άκρη λευκή.

Long icicle F1. Υβρίδιο όψιμο με πλούσιο φύλλωμα και ρίζα κυλινδρική, μακριά και λευκή.

4.1.8 Θρεπτική & ευεργετική αξία

Τα ραπανάκια είναι καυτερά και έχουν θερμαντική δράση στον οργανισμό, διεγείροντας την έκκριση γαστρικών οξέων και χρησιμοποιούνται πολύ συχνά σαν 'ορεκτικά' στην αρχή του γεύματος. Τα πύρινα άτομα θα πρέπει να τα χρησιμοποιούν με προσοχή και σε μικρές ποσότητες. Έχουν αποτοξινωτική δράση στο συκώτι και μειώνουν τα αέρια από τα έντερα, καθαρίζοντάς τα από διάφορα παράσιτα .

Εκτός από το να τα χρησιμοποιεί κανείς φρέσκα στις σαλάτες, μπορεί να κάνει χυμό από ραπανάκι μαζί με λάχανο, καρότο και άλλα λαχανικά και να τον πίνει σε μικρές ποσότητες (ένα ποτήρι του κρασιού) πριν τα γεύματα σαν ορεκτικό ποτό. Εάν βάλει κανείς και μια πρέζα σκόνη από ginger, αυξάνεται δραστηριότητα των γαστρικών υγρών και έτσι εξασφαλίζουμε καλή πέψη. Εάν χρησιμοποιήσουμε ένα ποτήρι του κρασιού φρέσκο χυμό από ραπανάκια με μία πρέζα σκόνη από κοριανδρο, τότε βοηθάμε στην αποτοξίνωση του ήπατος.

Είναι πιπεράτο στη γεύση και ανοίγει την όρεξη, εμπλουτίζει τις σαλάτες μας με το χαρακτηριστικό άρωμα του. Εκτός αυτού, είναι γεμάτο από βιταμίνη C και κάλιο . Είναι αντισηπτικό και κάνει καλό στα αρθρικά, αντιραχητικό και βοηθάει στους ρευματισμούς . Λένε ακόμα ότι χρησιμοποιείται και ως αντιπυρετικό, ότι βοηθάει στη χώνεψη, στις βρογχίτιδες, στο άσθμα και τη ραχίτιδα. Είναι επίσης καλό για το συκώτι και για την πήκτικότητα του αίματος . Με λίγα λόγια είναι θαυματοργό .

4.2 ΜΑΡΟΥΛΙ

(*Lactuca Sativa* L.)

Οικογένεια: Σύνθετα (*Compositae*),

Υποδιαίρεση: *Liguliflorae*

Γένος: *Lactuca*

Το καλλιεργούμενο ήρεμο μαρούλι αναφέρεται ότι προήλθε από το άγριο είδος *L. scariola* ή *serriola*, το οποίο αυτοφύεται στην Ελλάδα όπως και μερικά άλλα είδη, τα *L. saligna*, *L. virosa*, *L. graeca*, *L. cretica*.

Το *L. sativa* φέρεται καταγόμενο από τις ΝΔ χώρες της Ασίας (Μικρά Ασία - Περσία) και ήταν γνωστό στους αρχαίους Έλληνες και Ρωμαίους όπως και στους Αιγύπτιους. Αναφέρεται από τον Ηρόδοτο, το Θεόφραστο και το Διοσκουρίδη με το όνομα 'θριδακίνη' και 'θρίδαξ'

Η ιστορία του χρονολογείται πάνω από 5.000 χρόνια. Ιδιαίτερα διαδεδομένο ήταν στην Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία που θεωρούνταν πως το μαρούλι είχε θεραπευτικές ιδιότητες. Αναφέρεται στα ιστορικά κείμενα ότι ο Αύγουστος Καίσαρας θεραπεύτηκε από σοβαρή ασθένεια, χρησιμοποιώντας τα φύλλα του μαρουλιού, και από τότε είχε το μαρούλι σε μεγάλη υπόληψη. Ίσως δεν είναι τυχαίο που η πιο δημοφιλής σαλάτα σε όλο τον κόσμο, που χρησιμοποιεί σαν βάση της το μαρούλι, ονομάζεται *Caesar's salad*.

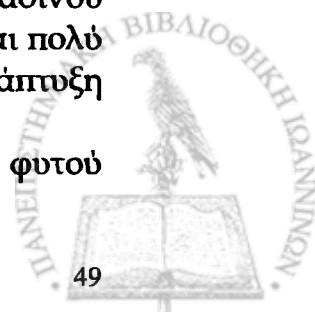
Οι Η.Π.Α έχουν τη μεγαλύτερη παραγωγή στον κόσμο, ακολουθούν η Κίνα, η Ισπανία και ο Καναδάς. Στην Ελλάδα καλλιεργείται σε έκταση 35.000 στρεμμάτων με παραγωγή 65.000 τόνους και διάθεση αποκλειστικά για τις εγχώριες ανάγκες.

4.2.1 Περιγραφή του φυτού

Αναλόγως της μορφής και της διάταξης των φύλλων το *L. Sativa* διακρίνεται στα: *L. sativa* var. *capitata* D.C., η οποία σχηματίζει σφαιροειδή κεφαλή (κεφαλωτά μαρούλια), *L. s.* var. *romana* D.C. με κεφαλή επιμήκη (η καλλιεργούμενη στη χώρα μας ρωμάνα) και σε μερικές άλλες μορφές που σχηματίζουν κεφαλή, οι οποίες αυτοφύονται ή και καλλιεργούνται για τα φύλλα τους (αντιδομάρουλα) ή τους βλαστούς τους. Γενικώς έχουν $2n=18$ χρωμοσώματα, υπάρχουν όμως και τετραπλοειδείς μορφές με $4n=36$ χρωμοσώματα.

Το καλλιεργούμενο μαρούλι είναι φυτό ποώδες με ρίζα πασσαλώδη, η οποία κατά την μεταφύτευση συνήθως καταστρέφεται για να αναπτυχθεί αργότερα ένα επιπόλαιο θυσοανώδες ριζικό σύστημα. Τα φύλλα σχηματίζονται από ένα βραχύ στέλεχος και είναι πλατιά, ποικίλλοντας μεγέθους και σχήματος, με επιφάνεια λεία ή κυματοειδή, χρώματος πράσινου ή πρασινοκίτρινου και σε μερικές ποικιλίες με απόχρωση κόκκινη. Είναι πολύ κοντά το ένα με το άλλο, κατά τρόπο που να σχηματίζουν κατά την ανάπτυξη του φυτού σφαιροειδή ή προμήκη κεφαλή.

Κατά την εποχή της αναπαραγωγής το στέλεχος του φυτού



επιμηκύνεται φτάνοντας συνήθως το ύψος των 0.80-1.20 μ. και σχηματίζει διακλαδώσεις, οι οποίες καταλήγουν σε ταξιανθίες με 15-25 η καθεμία ερμαφρόδιτα άνθη. Αυτά είναι μικρά και κίτρινα με στεφάνη από 5 ενωμένα πέταλα και 5 στήμονες που σχηματίζουν σωλήνα γύρω από το στύλο. Ο τελευταίος είναι εφοδιασμένος με λεπτές τρίχες και φέρει δίλοβο στίγμα, το οποίο είναι επιδεκτικό επικονίασης μόνο για μερικές ώρες, το πρωί. Η αυτογονιμοποίηση είναι ο κανόνας, σπάνια συμβαίνει να σταυρογονιμοποιηθούν μερικά άνθη.

Ο σπόρος είναι μικρός, επιμήκης χρώματος ποικίλλοντος αναλόγως της ποικιλίας και εφοδιασμένος με πάππο (φούντα) από λεπτές και λευκές τρίχες.

Η κεφαλή του μαρουλιού περιέχει περίπου 94% νερό, 1,6% πρωτεΐνες, 2% υδατάνθρακες και 0,2% λίπη είναι πλούσια σε βιταμίνη Α και C καθώς και σε Β₁ Β₂.

4.2.2 Ποικιλίες

Υπάρχουν πάρα πολλές ποικιλίες μαρουλιού που μπορούν να διακριθούν σε 4 βοτανικές ποικιλίες.

Ο φυλλώδης τύπος, στον οποίο τα φύλλα σχηματίζονται σαν ρόδα και δεν έχουν κεφαλή. Φύονται κατά δεκάδες και ανανεώνονται όταν τα πρώτα φύλλα κοπούν. Είναι κατσαρά ή μοιάζουν με της βελανιδιάς. Το χρώμα τους είναι πράσινο, ανοιχτό πράσινο ή και κόκκινο. Στον τύπο αυτό ανήκουν οι ποικιλίες σαλάτες Νεαπόλεως, αντιδομάρουλα και τα κοινά μαρούλια.

Ο κεφαλωτός τύπος, με παχιά, μαλακά φύλλα που σχηματίζουν μία συμπαγή κεφαλή. Οι ποικιλίες εδώ είναι τα κόκκινα κλειστά μαρούλια, Μπατάβια, Σαλαμάνδρα, Νιού Γιορκ Ιμπέριαλ και άλλες.

Ο τύπος μαρουλιού-σπαραγγιού με στενά φύλλα και παχύ σαρκώδη βλαστό. Οι ποικιλίες αυτού του τύπου καλλιεργούνται στην Ασία κυρίως για τους βλαστούς τους.

Ο τύπος ρωμάνα με λεία σκληρά και ανορθωμένα φύλλα που σχηματίζουν ψηλή κεφαλή. Έχουν πολύ λεπτή γεύση και η υφή τους είναι τραγανή. Εδώ έχουμε τις ποικιλίες Σκουροπράσινο, λευκό Παρισιού και Κωνσταντινούπολης. Ο κυριότερος τύπος μαρουλιού που είναι ιδιαίτερα διαδεδομένος σε όλο τον κόσμο είναι ο τύπος ρωμάνα.

Στη χώρα μας καλλιεργούνται κυρίως οι ρωμάνες. Παρακάτω περιγράφονται σύντομα μερικές ποικιλίες όλων των τύπων, οι οποίες κατά καιρούς έχουν δοκιμαστεί στην Ελλάδα και αποτελούν ένα δείγμα μόνο των εκατοντάδων ποικιλιών που αναφέρονται στους διάφορους καταλόγους σπόρων:

Parris Island Cos. Είναι ποικιλία τύπου Ρωμάνα με ευμεγέθη κεφαλή, πράσινη, κλειστή και συμπαγή, επιμήκη όπως όλες οι ρωμάνες, κατάλληλη για ανοιξιιάτικη και φθινοπωρινή καλλιέργεια. Είναι ανθεκτική στο μωσαϊκό.

Verte Maraichere και **Blonde Maraichere.** Είναι και οι δύο ρωμάνες ενδιαφέρουσες, η πρώτη πράσινου χρώματος, η δεύτερη ανοικτότερη (ξανθού)



χρώματος

Esmeralda. Νέα ποικιλία κεφαλωτού μαρουλιού με φύλλα λεία και κυματοειδή με κεφαλή ανοικτού πράσινου χρώματος και μεγάλου μεγέθους. Είναι κατάλληλη για καλοκαιρινή παραγωγή, αντέχοντας στην έκπτυξη ανθοφόρου βλαστού. Αναφέρεται ως ανθεκτική στο μωσαϊκό και στο περονόσπορο.

Divina. Ημιόψιμη κεφαλωτή ποικιλία, κατάλληλη για φθινοπωρινή και ανοιξιάτικη καλλιέργεια με φύλλα λεία, κυματοειδή. Κεφαλή βάρους 500-600 συνήθως γραμμαρίων. Είναι ανθεκτική στον περονόσπορο και ανεκτική στο μωσαϊκό.

Carlane. Κεφαλωτή και αυτή ποικιλία με φύλλα λεία και κυματοειδή, με κεφαλή ευμεγέθη. Είναι κατάλληλη για φθινοπωρινή και ανοιξιάτικη καλλιέργεια και ανθεκτική στο περονόσπορο, ανεκτική στο μωσαϊκό.

Great Lakes. Είναι κεφαλωτό, κατσαρό μαρούλι, κατάλληλη για φθινοπωροχειμερινή και ανοιξιάτικη καλλιέργεια. Κεφαλή συνεκτική, μεγάλη και κλειστή. Ποικιλία μεσοπρώιμη και ανθεκτική στην έκπτυξη ανθοφόρου βλαστού.

Italica. Κεφαλωτή και αυτή ποικιλία με φύλλα κατσαρά όπως η προηγούμενη, με κεφαλή μετρίου μεγέθους και χρώμα βαθυπράσινο. Είναι κατάλληλη για ανοιξιάτικη και καλοκαιρινή καλλιέργεια.

Nerone. Είναι του ίδιου τύπου με τις δύο προηγούμενες ποικιλίες. Δίνει κεφαλή βάρους 700-800 γραμμαρίων και είναι κατάλληλη για καλοκαιρινές και φθινοπωρινές καλλιέργειες σε ήπια κλίματα.

Lollo rossa (Atsina). Είναι φυλλώδες μαρούλι, πολύ κατσαρό που σχηματίζει κεφαλή, αλλά οπωσδήποτε είναι συμπαγές. Τα φύλλα λεπτά και τρυφερά, έχουν στο άκρο τους καφέ-κόκκινο χρώμα. Καλλιεργείται από την άνοιξη μέχρι το φθινόπωρο.

4.2.3 Καλλιεργητικές φροντίδες

Το μαρούλι είναι ετήσιο, ποώδες φυτό γρήγορης ανάπτυξης. Η ρίζα του είναι πασσαλώδης με μήκος έως μισό μέτρο. Τα φύλλα του βγαίνουν από το βλαστό που είναι κοντός χρώματος ανοιχτοπράσινου ή βαθυπράσινου. Είναι λεία, στρογγυλά ή κατσαρά. Η άνθηση του μαρουλιού γίνεται σταδιακά και οι καρποί του βγαίνουν 10-15 μέρες μετά την άνθηση. Κατά την ωρίμανση, τα φύλλα αλληλοεπικαλυπτόμενα σχηματίζουν σφαιρική ή επιμήκη κεφαλή, χαλαρή ή συνεκτικότερη αναλόγως του τύπου. Τα μαρούλια πολλαπλασιάζονται με σπόρο. Η σπορά γίνεται σε φυτώρια ή σπορεία και σε 15 περίπου μέρες τα φυτάρια είναι έτοιμα για μεταφύτευση.

Η σπορά γίνεται συνήθως από τον Αύγουστο ή Σεπτέμβριο μέχρι το Φεβρουάριο για συγκομιδή κατά την περίοδο από τον Οκτώβριο μέχρι το Μάιο ή τον Ιούνιο. Εννοείται ότι είναι δυνατό να γίνονται σπορές κατά τη διάρκεια ολόκληρου του έτους, όταν χρησιμοποιούνται ποικιλίες κατάλληλες για τις διάφορες εποχές. Απαιτούνται 3-5 μήνες από τη σπορά μέχρι τη συγκομιδή, ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη ποικιλία και την εποχή της καλλιέργειας. Στη χώρα μας σπείρετε το μαρούλι σχεδόν αποκλειστικά σε



υπαίθρια σπορεία και τα σχηματιζόμενα φυτάρια μεταφυτεύονται στον αγρό, όταν έχουν αποκτήσει 3-5 φύλλα.

Λίγες μέρες μετά την φύτευση γίνεται αντικατάσταση των φυτών που απέτυχαν και ακολουθεί πότισμα. Κατά την πρόοδο της ανάπτυξης των φυτών, συχνά μάλλον ποτίσματα, ιδίως στις καλλιέργειες των θερμότερων εποχών, είναι επίσης αναγκαία για την επίτευξη αυξημένης απόδοσης αλλά και καλής ποιότητας προϊόντος. Η υπερβολική υγρασία δεν είναι επιθυμητή και μάλιστα κατά την περίοδο σχηματισμού της κεφαλής, γιατί μπορεί να προκαλέσει παραγωγή χαλαρών κεφαλών, όπως επίσης ανεπιθύμητες είναι και οι μεγάλες διακυμάνσεις της υγρασίας από ακανόνιστα ποτίσματα, οι οποίες γίνονται αιτία πίκρασης των φύλλων.

Κάποια βοτανίσματα και πολύ ελαφρά σκαλίσματα κατά τη διάρκεια ανάπτυξης των φυτών, συνιστώνται επίσης για την καταστροφή των ζιζανίων, τα οποία μπορούν να αντιμετωπιστούν και με χρησιμοποίηση ζιζανιοκτόνων σύμφωνα πάντοτε με τις οδηγίες του προμηθευτή ή του τοπικού γεωπόνου.

Υπό συνθήκες βροχοπτώσεων, μπορούν να παρουσιαστούν σοβαρές προσβολές από περονόσπορο, ο οποίος αντιμετωπίζεται με προληπτικούς ψεκασμούς χαλκούχων ή άλλων κατάλληλων φαρμάκων.

Για την αύξηση της παραγωγής και τη βελτίωση της ποιότητας του προϊόντος χρησιμοποιούν κατά τα τελευταία έτη γιββερελλικό οξύ με ψεκασμό των φυτών 10-15 ημέρες πριν από τη συγκομιδή. Στο ψεκαστικό υγρό το οποίο έχει πυκνότητα 10-20 mg/l πρέπει να προστίθεται και προσκολλητικό.

Σε πολύ προχωρημένη εποχή καλλιέργειας ποικιλιών, οι οποίες τείνουν να σχηματίσουν νωρίς ανθοφόρο βλαστό όπως η ρωμάνα, συνιστούν κατά τη θερμότερη τουλάχιστον εποχή την προστασία των φυτών από τον ήλιο.

4.2.4 Κλίμα και έδαφος

Η άριστη θερμοκρασία για την βλάστηση των σπόρων είναι μεταξύ 15 - 21 °C. Το μαρούλι γενικά είναι φυτό ψυχρής εποχής και μπορεί να αντέξει και σε χαμηλές θερμοκρασίες, δηλαδή έως -5 °C, ενώ υπό συνθήκες θερμές έχει την τάση να αναπτύσσει πρώιμα ανθοφόρο βλαστό, ιδιαιτέρως όταν οι υψηλές θερμοκρασίες συνδυάζονται και με μεγάλη φωτοπερίοδο. Καλλιέργειες που γίνονται νωρίς το φθινόπωρο ή αργά την άνοιξη αποτυγχάνουν πολλές φορές, γι' αυτόν ακριβώς το λόγο. Δεν προφταίνουν να σχηματίσουν κεφαλή γιατί εκπύσσουν γρήγορα ανθοφόρο βλαστό. Ο φωτισμός είναι πολύ σημαντικός παράγοντας για τη βλάστηση των σπόρων καθώς και για την περαιτέρω ανάπτυξη του.

Γενικώς τα μαρούλια και ιδιαιτέρως τα κεφαλωτά απαιτούν κατά την περίοδο κυρίως σχηματισμού της κεφαλής χαμηλές θερμοκρασίες. Αλλιώς, και αν σχηματίσουν κεφαλή, αυτή θα είναι μάλλον χαλαρή και η γεύση των φύλλων υπόπικρη. Αλλά και οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες δεν είναι ευνοϊκές για την καλή ανάπτυξη του φυτού. Κατά τη χειμερινή περίοδο και για καλλιέργειες κεφαλωτών μαρουλιών μέσα σε θερμοκήπιο, θα ήταν ευνοϊκές θερμοκρασίες 15-20 °C κατά τη νύχτα.



Πολλές ποικιλίες έχουν ευρεία προσαρμογή στις διάφορες συνθήκες θερμοκρασίας και φωτισμού και άλλες διακρίνονται για την ιδιαιτερότητά τους να ευδοκιμούν υπό κάποιες εποχικές συνθήκες.

Οι βροχές υπό συνθήκες μέτριων θερμοκρασιών ευνοούν την ανάπτυξη του περονόσπορου, ο οποίος μπορεί να προκαλέσει μεγάλες ζημιές στην καλλιέργεια.

Ως προς το έδαφος το μαρούλι είναι λιγότερο απαιτητικό. Αναπτύσσεται και αποδίδει σε διάφορους τύπους εδαφών, οπωσδήποτε όμως ευδοκιμεί καλύτερα σε γόνιμα, μέσης σύστασης, πλούσια σε οργανική ουσία, στα ποιοτικά και αποστραγγιζόμενα εδάφη. Ιδιαίτερος απαιτητικό σε εδαφική υγρασία είναι το κεφαλωτό μαρούλι, η υπερβολική όμως υγρασία του εδάφους μπορεί σε όλες τις περιπτώσεις να γίνει αιτία ανάπτυξης ασθενειών και ιδίως της σκληρωτίνιας. Εδάφη συνεκτικά βαριά, τα οποία συγκρατούν την υγρασία, είναι περισσότερο κατάλληλα για καλλιέργεια στις θερμότερες εποχές, ενώ τα ελαφρότερα θα εξυπηρετούσαν καλύτερα χειμερινές καλλιέργειες.

Η καλύτερη αντίδραση του εδάφους είναι η ουδέτερη ή ελαφρώς όξινη (pH 6-7). Περισσότερο όξινα εδάφη δεν είναι ευνοϊκά για το μαρούλι και πρέπει να διορθώνονται με ενσωμάτωση της αναγκαίας ποσότητας ασβέστου. Επίσης πρέπει να αποφεύγονται και τα πολύ αλκαλικά εδάφη, στα οποία τα φυτά μπορούν να παρουσιάσουν χλώρωση.

Καλλιέργεια μαρουλιού συνεχής στο ίδιο έδαφος ή και μετά καλλιέργεια συγγενών φυτών δεν συνίσταται, κυρίως για την αποφυγή ζημιών από ασθένειες ή άλλα ζωικά παράσιτα. Στην αμειψισπορά μπορεί να ακολουθήσει την τομάτα, τα κολοκυνθώδη, το κρεμμύδι.

4.2.5 Λίπανση

Το μαρούλι χαρακτηρίζεται από το βραχύ βιολογικό κύκλο, το πολύ επιπόλαιο ριζικό σύστημα και από την ιδιαίτερη ευαισθησία του στην έλλειψη νερού. Είναι επίσης ευαίσθητο στα όξινα εδάφη (προτιμά εδάφη με pH από 7 και πάνω) και πολύ ευαίσθητο στα άλατα του εδάφους.

Ενδεικτικά, η συνιστώμενη λίπανση του μαρουλιού είναι όπως στον παρακάτω πίνακα.

Λιπαντικές μονάδες (Kg/στρ)		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O
10-12	5-6	20-28

Ενδεικτικό πρόγραμμα λίπανσης της υπό κάλυψη καλλιέργειας μαρουλιού:

Λιπαντικές μονάδες (Kg/στρ)		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O
6-10	7,5-12	15-25

Για την αποφυγή της εναλάτωσης του εδάφους οι παραπάνω δόσεις εφαρμόζονται τμηματικά 4-5 φορές ισόποσα. Η πρώτη εφαρμογή γίνεται πριν ή κατά την εγκατάσταση της καλλιέργειας και η κάθε μια από τις επόμενες ανά 15 έως 20 ημέρες.

Το μαρούλι είναι πολύ ευαίσθητο στην έλλειψη των ιχνοστοιχείων βόριο και μολυβδαίνιο και χρειάζεται προσοχή για την πρόληψη των τροφωπενιών των στοιχείων αυτών. Επίσης είναι πολύ ευαίσθητο στο χλώριο που μπορεί να περιέχει το νερό του ποτίσματος.

4.2.6 Σπορά και φύτευση

Η σπορά γίνεται συνήθως από τον Αύγουστο ή Σεπτέμβριο μέχρι το Φεβρουάριο, για συγκομιδή κατά την περίοδο Οκτωβρίου μέχρι Μαΐου ή Ιουνίου, όταν φυσικά οι κλιματικές συνθήκες το επιτρέπουν. Εννοείται ότι είναι δυνατό να γίνονται σπορές καθ' όλο το έτος, εφόσον χρησιμοποιούνται κατάλληλες ποικιλίες για τις διάφορες εποχές. Περνούν 3-5 μήνες από τη σπορά μέχρι τη συγκομιδή, αναλόγως της χρησιμοποιούμενης ποικιλίας και της εποχής καλλιέργειας.

Η σπορά γίνεται συνήθως σε ψυχρά σπορεία ή και σε θερμαινόμενα κατά την χειμερινή περίοδο στις ψυχρές περιοχές. Σχεδόν δεν συνηθίζεται να σπέρνουν απευθείας στον αγρό, όπως σε άλλες χώρες που χρησιμοποιούν πολύ μεγάλες εκτάσεις για την καλλιέργεια αυτή.

Ως προς το σπορείο χρησιμοποιείται έδαφος καλής φυσικής σύστασης, προφυλαγμένο από ψυχρούς ανέμους, λιπασμένο με κοπριά και χημικά λιπάσματα και αν είναι δυνατό απολυμασμένο, όπως απολυμαίνονται τα σπορεία των σολανωδών.

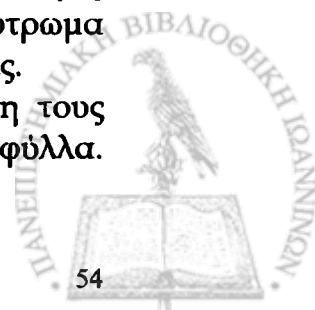
Ο χρησιμοποιούμενος σπόρος είναι φρόνιμο να μην έχει συγκομισθεί πρόσφατα, γιατί συνήθως λόγω λήθαργου δεν έχει καλή βλαστική ικανότητα. Το ποσοστό των σπόρων που ληθαργούν μειώνεται αρκετά μετά 2-3 μήνες από τη συγκομιδή τους.

Η σπορά στο σπορείο γίνεται αραιά, είτε στα πεταχτά είτε καλύτερα κατά γραμμές και καλύπτεται σε βάθος 0,5-1 εκ. εάν γίνει σε έδαφος ξηρό, ακολουθεί πότισμα με ποτιστήρι. Για την απόκτηση 10.000 φυτών, όσων περίπου χρειάζονται για την κάλυψη ενός στρέμματος, απαιτείται έκτασή σπορείου 20 τουλάχιστον τετραγωνικών μέτρων και σπόρος ποσότητας 20-30 γραμμαρίων.

Μετά το φύτευμα που ακολουθεί σε 5-10 ημέρες από της σποράς αναλόγως συνθηκών, συνεχίζονται τα ποτίσματα και γίνονται βοτανίσματα και αραιώμα των φυταρίων, όπου αυτά εμφανίστηκαν πυκνά. Η εφαρμογή ψεκασμών για την πρόληψη ασθενειών πιθανώς επίσης να είναι αναγκαία εάν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές για την ανάπτυξη τους.

Στην απευθείας σπορά στον αγρό χρησιμοποιούνται πολύ μεγαλύτερες ποσότητες σπόρου, 300-400 γραμμάρια κατά στρέμμα, μετά το φύτευμα γίνεται αραιώμα ώστε να διατηρηθούν φυτά στις επιθυμητές αποστάσεις.

Η μεταφύτευση των φυτών από το σπορείο στη μόνιμη θέση τους γίνεται 1-1,5 μήνα μετά τη σπορά, όταν έχουν αποκτήσει 4-6 φύλλα.



Φυτεύονται σε επίπεδο έδαφος εάν θα εφαρμόζεται πότισμα με τεχνητή βροχή ή σε βραγίες ή ακόμα σε τραπέζια (σαμάρια). Ο τελευταίος τρόπος προτιμάται, όταν η καλλιέργεια είναι χειμερινή (περίοδος βροχών) ή όταν η αποστράγγιση του εδάφους δεν είναι ικανοποιητικοί. Οι αποστάσεις φύτευσης είναι γενικώς 30-50 εκ. μεταξύ των γραμμών και 25-30 επί των γραμμών. Με αυτές τις αποστάσεις, ο αριθμός των φυτών μπορεί να κυμαίνεται περίπου από 6.500 έως 13.000 κατά στρέμμα.

4.2.7 Συγκομιδή -αποδόσεις -διατήρηση

Γενικά η συγκομιδή σε μία καλλιέργεια είναι τμηματική. Στον τύπο 'ρωμάνα' γίνεται όταν έχει σχηματιστεί καλά η κεφαλή, όταν δηλαδή έχει κλείσει. Συνήθως τα μαρούλια κόβονται από τη βάση τους, όχι όμως σπάνια φέρονται στην αγορά με τη ρίζα τους για καλύτερη διατήρηση. Τα κεφαλωτά μαρούλια, τα οποία είναι κατάλληλα και για εξαγωγή, συγκομίζονται όταν έχει σχηματιστεί πλήρως η κεφαλή με κοπή λίγο πιο κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και κατά τις ώρες που δεν έχουν πάνω τους υγρασία.

Μετά την συγκομιδή αφαιρούνται τα κατεστραμμένα εξωτερικά φύλλα και τα φυτά συσκευάζονται ή και πλένονται προηγουμένως για να αποσταλούν στην αγορά.

Η εποχή συγκομιδής εξαρτάται από την εποχή σποράς και από την ποικιλία. Γενικώς από τη σπορά μέχρι τη συγκομιδή περνούν 3-5 μήνες ή και περισσότερο στις χειμερινές καλλιέργειες και εφόσον μάλιστα πρόκειται για όψιμες καλλιέργειες και εφόσον μάλιστα πρόκειται για όψιμες ποικιλίες όπως συνήθως είναι η ρωμάνες.

Οι αποδόσεις ποικίλλουν από 2.000 έως 2.500 χγρ. Κατά στρέμμα για τα κεφαλωτά μαρούλια και από 2.500-3.500 συνήθως για τις ρωμάνες.

Η διατήρηση τους σε συνθήκες δωματίου είναι πολύ σύντομη. Σε συνθήκες ψυγείου μπορούν να διατηρηθούν για 20 περίπου ημέρες με θερμοκρασία 0 °C και σχετική υγρασία 90-95%.

4.2.8 Θρεπτική & ευεργετική αξία

Το μαρούλι περιέχει διάφορες βιταμίνες (A, B και E) αλλά και υψηλά ποσοστά ασβεστίου που είναι απαραίτητα για τον ανθρώπινο οργανισμό. Ακόμα, θεωρείται ότι τα φύλλα και οι βλαστοί του μαρουλιού περιέχουν ένα γαλακτώδη χυμό που έχει φαρμακευτικές ιδιότητες (παυσίπονες αλλά και ναρκωτικές). Επίσης, το μαρούλι είναι ιδιαίτερα πλούσιο σε βιταμίνη C, φυλλικό οξύ, μαγγάνιο και χρώμιο. Το μαγγάνιο είναι συστατικό πληθώρας ενζύμων και παίζει σημαντικό ρόλο στον σχηματισμό των οστών ενώ το χρώμιο θεωρείται ότι είναι απαραίτητο για να ολοκληρωθεί η αλληλεπίδραση ανάμεσα στο μόριο της ινσουλίνης και τον κυτταρικό της υποδοχέα, ώστε να γίνει η μεταφορά της γλυκόζης από το αίμα στα κύτταρα.

Επιπρόσθετα, υψηλή είναι η περιεκτικότητα του μαρουλιού και σε φυτικές ίνες. Υπολογίζεται πως σε μια μερίδα μαρουλιού περιέχονται πάνω από 2,1 γρ. φυτικών ινών. Οι φυτικές ίνες προσδίδουν όγκο στο υπόλειμμα



τροφής αυξάνοντας τον όγκο και το βάρος των κοπράνων από 40% έως και 100%. Μέσω της δράσης αυτής, βοηθείται η λειτουργία του πεπτικού σωλήνα και μειώνεται ο χρόνος διέλευσης τυχόν «βλαβερών» ουσιών.

Η χρησιμότητα του γνωστού μας μαρουλιού είναι πολύ μεγάλη. Ανήκει στην κατηγορία των εξαιρετικών καλλιεργούμενων φυτών. Σπουδαίο σαν σαλατικό που τρώγεται ωμό. Το φυτό αυτό φέρνει ύπνο στους αναρρώνοντες και εξαντλημένους από μακρά ασθένεια χωρίς ενοχλήσεις. Το μαρούλι ωφελεί το νευρικό σύστημα. Είναι κατά του ίκτερου και ωφέλιμο στο συκώτι. Κατάπλασμα μαρουλιού είναι κατά των αποστημάτων και εγκαυμάτων. Αποτελεσματικό κατά της νευρασθένειας. Συστατικό του μαρουλιού που ονομάζεται «Λαυτουκάριο» έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί για τον μετριασμό των παλμών της καρδιάς. Είναι κατά της βρογχίτιδας, της γρίπης και των ρευματισμών.

Σημαντική παρουσιάζεται να είναι η επίδραση του μαρουλιού και στον μεταβολισμό της χοληστερόλης. Σε έρευνα που δημοσιεύτηκε στο περιοδικό *Clinical Nutrition* το 2004, φάνηκε πως η κατανάλωση μαρουλιού από πειραματόζωα για 3 εβδομάδες μείωσε σημαντικά το πηλίκο LDL/HDL και τα επίπεδα χοληστερόλης του ήπατος κατά 44%. Επίσης, το ποσοστό απορρόφησης της διαιτητικής χοληστερόλης μειώθηκε κατά 37%. Στην ίδια έρευνα φάνηκε πως βελτιώθηκε και η αντιοξειδωτική κατάσταση των πειραματόζωων που κατανάλωναν μαρούλι. Πιο συγκεκριμένα, αυξήθηκαν τα επίπεδα των αντιοξειδωτικών βιταμινών C, E και καροτενοειδών στο πλάσμα. Όλα αυτά τα στοιχεία συνηγορούν στο ότι μια συστηματική κατανάλωση μαρουλιού είναι δυνατόν να συνεισφέρει στην προστασία από καρδιαγγειακά νοσήματα.

Το μαρούλι περιέχει σημαντικές ποσότητες καροτενοειδών (α- και β-καροτένιο, λουτεΐνη και ζεαξανθίνη). Επιδημιολογικές έρευνες σε όλο τον κόσμο συσχέτισαν την υψηλή διαιτητική πρόσληψη αυτών των καροτενοειδών με μειωμένα επεισόδια καρκίνων του πνεύμονα, μαστού, τραχήλου, δέρματος και στομάχου.

Επιδημιολογικές μελέτες έχουν δείξει ότι δίαιτες πλούσιες σε φυτικές ίνες δρουν προληπτικά ενάντια στην εμφάνιση καρκίνου του παχέος εντέρου καθώς και των εκκολπωμάτων. Ακόμη, οι φυτικές ίνες είναι δυνατόν να ελαττώσουν την απορρόφηση της γλυκόζης και τα επίπεδα των μεταγευματικών επιπέδων ινσουλίνης.

Από όλα τα παραπάνω στοιχεία φαίνεται για άλλη μια φορά ο σημαντικό ρόλος των λαχανικών και ειδικότερα του μαρουλιού, το οποίο εύκολα μπορούμε να τα προμηθευτούμε και σε αρκετά οικονομικές τιμές.

Το τελικό συμπέρασμα είναι πως συνδυάζοντας συστηματικά μια σαλάτα μαρουλιού μαζί με το κύριο γεύμα μας, είναι δυνατόν να προστατευτούμε κατά ένα μεγάλο ποσοστό από σοβαρές μορφές καρκίνου και καρδιαγγειακών νοσημάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

Πειραματικό Μέρος

5.1 Υλικά και μέθοδοι

Φυτά μαρουλιού (*Lactuca sativa* var *crispa* cv *Italica*) και κοινού ραπανιού (*Raphanus sativus*) καλλιεργήθηκαν σε φυτοδοχεία και αναπτύχθηκαν με την χορήγηση θρεπτικών διαλυμάτων. Η καλλιέργεια των φυτών έγινε σε μη θερμαινόμενο θερμοκήπιο του αγροκτήματος του Τ.Ε.Ι. Ηπείρου από τον Φεβρουάριο ως τον Απρίλιο του 2008.

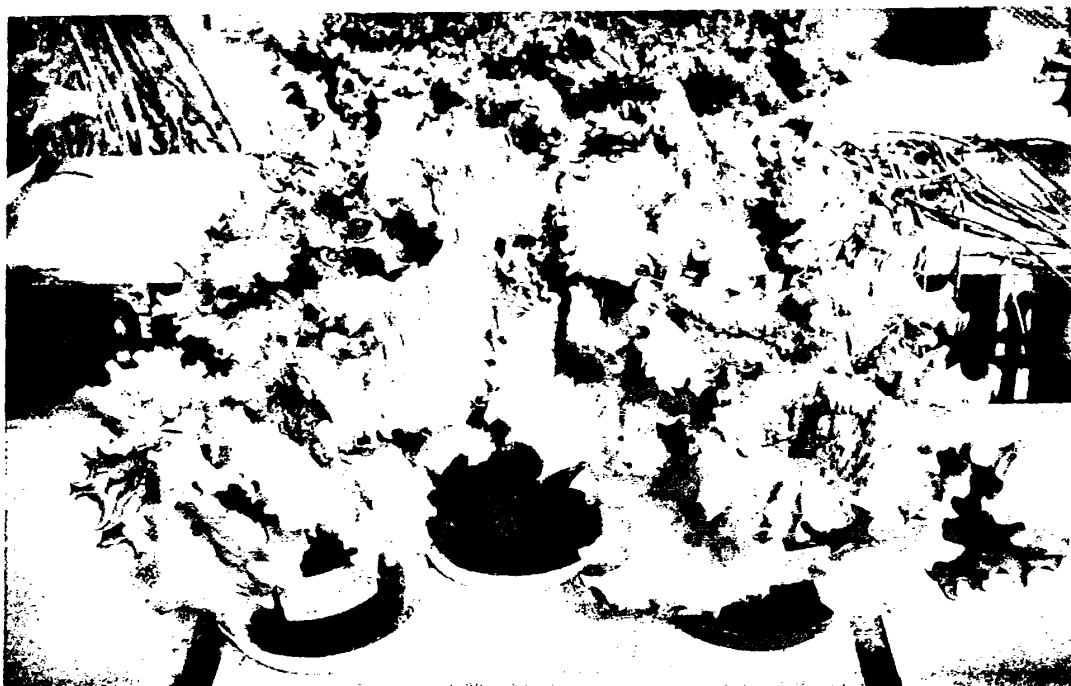
Τα φυτοδοχεία είχαν χωρητικότητα 1 lit και περιείχαν επεξεργασμένο υπόστρωμα από μείγμα 1:1 τύρφης-περλίτη.

Στα φυτά χορηγήθηκαν θρεπτικά διαλύματα τα οποία αφορούσαν εννέα συνδυασμούς συγκεντρώσεων N και S (ως θειικά ανιόντα). Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ποσότητες των χορηγηθέντων λιπασμάτων ανά λίτρο θρεπτικού διαλύματος. Σύμφωνα με τις ποσότητες αυτές προέκυψαν οι εννέα συνδυασμοί N και S που παρουσιάζονται στην στήλη των επεμβάσεων του πειράματος. (τρία επίπεδα N-ούχου λίπανσης 100, 200 και 400 χιλιοστογραμμάρια N ανά λίτρο διαλύματος και τρία επίπεδα θεικής λίπανσης 0, 150 και 300 χιλιοστογραμμάρια θείου υπό μορφή θεικών ανιόντων ανά λίτρο διαλύματος) Τα θρεπτικά διαλύματα σε κάθε περίπτωση παρέρχονταν μέχρι απορροής. Συνολικά μέχρι την συγκομιδή έγιναν 10 ποτίσματα σε τρία από τα οποία έγινε και πρόσθετη χορήγηση μείγματος ιχνοστοιχείων (χρησιμοποιήθηκε το εμπορικό σκεύασμα Fertilon Combi). (Το νερό του ποτίσματος ήταν βρόχινο και προερχόταν από δεξαμενή συγκέντρωσης. Είχε περιεκτικότητα σε νιτρικά μη μετρίσιμη και σε θειικά <30 ppm)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ × L ⁻¹	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ Ν ΚΑΙ S ΣΤΟ ΝΕΡΟ ΤΟΥ ΠΟΤΙΣΜΑΤΟΣ (mg × L ⁻¹)
0,652 g φωσφορικό μονοκάλιο	N 100 × S 0
0,349 g νιτρικό κάλιο	
0,157 g νιτρική αμμωνία	
0,652 g φωσφορικό μονοκάλιο	N 200 × S 0
0,349 g νιτρικό κάλιο	
0,423 g νιτρική αμμωνία	
0,652 g φωσφορικό μονοκάλιο	N 400 × S 0
0,349 g νιτρικό κάλιο	
1,015 g νιτρική αμμωνία	
0,652 g φωσφορικό μονοκάλιο	N 100 × S 150
0,295 g θειικό κάλιο	
0,434 g θειικό μαγνήσιο	
0,286 g νιτρική αμμωνία	
0,652 g φωσφορικό μονοκάλιο	N 200 × S 150
0,295 g θειικό κάλιο	
0,434 g θειικό μαγνήσιο	
0,572 g νιτρική αμμωνία	
0,652 g φωσφορικό μονοκάλιο	N 400 × S 150
0,295 g θειικό κάλιο	
0,434 g θειικό μαγνήσιο	
1,143 g νιτρική αμμωνία	
0,652 g φωσφορικό μονοκάλιο	N 100 × S 300
0,295 g θειικό κάλιο	
1,09 g θειικό μαγνήσιο	
0,284 g νιτρική αμμωνία	
0,652 g φωσφορικό μονοκάλιο	N 200 × S 300
0,295 g θειικό κάλιο	
1,09 g θειικό μαγνήσιο	
0,572 g νιτρική αμμωνία	
0,652 g φωσφορικό μονοκάλιο	N 400 × S 300
0,295 g θειικό κάλιο	
1,09 g θειικό μαγνήσιο	
1,143 g νιτρική αμμωνία	

Για κάθε ένα συνδυασμό από τις εννέα παραπάνω λιπασματικές επεμβάσεις χρησιμοποιήθηκαν τόσο για τα μαρούλια όσο και για τα ραπανάκια πέντε φυτά που αναπτύχθηκαν ανά ένα σε κάθε φυτοδοχείο. Το κάθε φυτό αποτελεί και ένα ανεξάρτητο πειραματικό τεμάχιο και συνεπώς σε κάθε πειραματική επέμβαση ελήφθησαν πέντε επαναλήψεις για κάθε μεταβλητή του πειράματος.



Εικόνα 3 : Πειραματική εγκατάσταση μαρουλιού.

Από τα φυτά του μαρουλιού προσδιορίστηκαν:

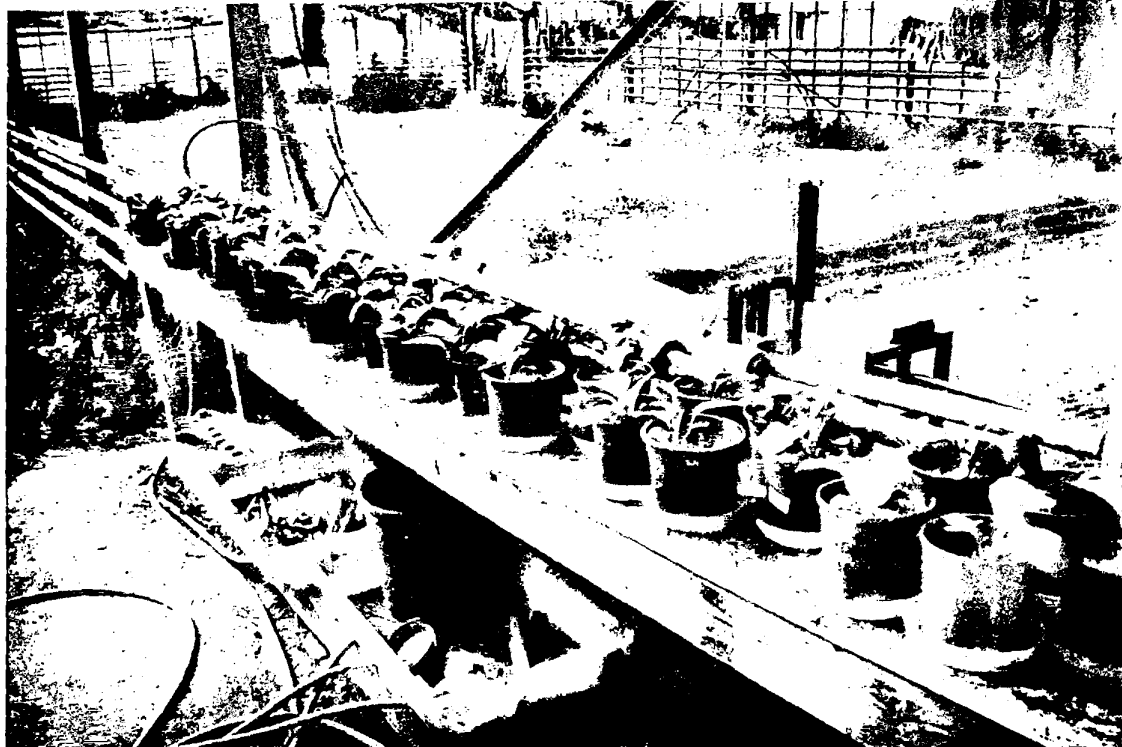
1. Το βάρος της κεφαλής των φυτών
2. Η ποσότητα νιτρικών στα εξωτερικά (παλαιά) φύλλα της κεφαλής
3. Η ποσότητα νιτρικών στα εσωτερικά (νεότερα) φύλλα της κεφαλής
4. Η ποσότητα του ολικού θείου εξωτερικά φύλλα της κεφαλής
5. Η ποσότητα του ολικού θείου στα εσωτερικά φύλλα της κεφαλής

Ο παράλληλος προσδιορισμός νιτρικών και ολικού θείου σε δύο θέσεις κεφαλής των φυτών ήταν απαραίτητος καθώς τα νεότερα φύλλα ε περισότερο βιολογικά ενεργά και συνήθως παρουσιάζουν μικρότερες τ σε νιτρικά από τα εξωτερικά φύλλα τα οποία αποτελούν και θέσεις «αποθή νιτρικών» στα φυλλώδη λαχανικά.

Από τα ραπανάκια προσδιορίστηκαν:

1. Το βάρος των ριζών
2. Η ποσότητα των νιτρικών στις ρίζες
3. Η ποσότητα του ολικού θείου στις ρίζες





Εικόνα 4 : Ραπανάκια πειραματικής εγκατάστασης

5.2 Δειγματοληψία φυτικών ιστών μαρουλιού και ραπανιού

Στο στάδιο της συγκομιδής μετρήθηκε το βάρος των φυτών ακολούθως μία ποσότητα από παλιά (εξωτερικά) φύλλα και μία ποσότητα από νεότερα (εσωτερικά) φύλλα της κεφαλής των φυτών ζυγίστηκαν για προσδιορισμό του νωπού τους βάρους και τοποθετήθηκαν σε ξηραντήρα 48 ώρες στους 70° C.

Μετά την ξήρανση τα δείγματα ζυγίστηκαν έτσι ώστε να προσδιοριστούν το ξηρό τους βάρος και από την σχέση νωπού / ξηρό βάρος το ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας του κάθε δείγματος. Το ποσοστό υγρασίας απαραίτητο κατά την αναγωγή των τιμών των νιτρικών και του ολικού σαν ποσότητα ανά χιλιόγραμμο νωπών φυτών.

Τα ξηρά δείγματα κονιοροποιήθηκαν με μύλο άλεσης, σφραγίστηκαν σε αεροστεγή φιαλίδια και αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία -20° C μέχρι τη στιγμή όπου θα γινόταν ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας των δειγμάτων σε NO_3^- και ολικό S.

Για τον προσδιορισμό του νιτρικού-N έγινε εκχύλιση ποσότητας αλεσμένων ιστών με διάλυμα ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 0,01 M και Ag_2SO_4 0,002 M στο εκχύλισμα εφαρμόστηκε η μέθοδος του χρωμοτροπικού οξέος φασματοφωτόμετρο στα 410 nm.

Ο προσδιορισμός του ολικού S έγινε μετά από καύση ποσότητας ξηρών ιστών παρουσία Ag_2O και NaHCO_3 στους 550° C για την οξείδωση του S σε SO_4^{2-} , εκχύλιση των SO_4^{2-} με οξικό οξύ 1 M και τέλος προσδιορισμός του με τη βοήθεια της θολομετρικής μέθοδο του BaCl_2 σε φασματοφωτόμετρο στα 420 nm.

Τα αποτελέσματα τόσο των νιτρικών όσο και του ολικού S μετατράπηκαν σε mg/Kg νωπού βάρους. Η ανάλυση της διασποράς αποτελεσμάτων έγινε σύμφωνα με το εντελώς τυχαίο πείραμα σε 3×3 διπαραγοντικό πείραμα με πέντε επαναλήψεις ανά επέμβαση.



5.3 Προσδιορισμός νιτρικού αζώτου

5.3.1. Χρωματομετρική μέθοδος

Το δείγμα των φυτικών ιστών καλό είναι να αναλύεται αμέσως μετά την κατεργασία του για τον προσδιορισμό των νιτρικών. Αν αυτό δεν μπορεί να γίνει οι φυτικοί ιστοί μπορούν να διατηρηθούν για λίγες ημέρες στο ψυγείο προκειμένου να αποφευχθεί μικροβιακή και ενζυμική δραστηριότητα που επηρεάζει την περιεκτικότητα των φυτικών ιστών σε νιτρικά. Για περισσότερο καιρό το δείγμα μπορεί να διατηρηθεί σε θερμοκρασία $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.3.2. Αντιδραστήρια

Διάλυμα νιτρικού αζώτου 100 ppm. Παρασκευάζεται διαλύοντας 0,722 gr νιτρικού καλίου (KNO_3) σε 1 lt νερό.

Εκχυλιστικό διάλυμα. Παρασκευάζεται διαλύοντας 25 gr θειικού χαλκού ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) και 3,3 gr θειικού αργύρου (Ag_2SO_4) σε 5 lt. Καλύτερα ο θειικός άργυρος να διαλύεται σε ζεστό νερό.

Μίγμα υδροξειδίου του ασβεστίου [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] και ανθρακικού μαγνησίου-υδροξειδίου μαγνησίου ($\text{MgCO}_3 + \text{Mg}(\text{OH})_2$). Παρασκευάζεται με ένα μέρος [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] και δύο μέρη $\text{MgCO}_3 + \text{Mg}(\text{OH})_2$ μέσα σε γουδί με πάρα πολύ καλό ανακάτεμα. Η λειοτριβίση και η ανάδευση μπορεί να γίνουν με ειδικό μύλο άλεσης.

Ενεργός άνθρακας (Carcoal activated). Χρησιμοποιείται για τον αποχρωματισμό των εκχυλισμάτων. Ο ενεργός άνθρακας πρέπει να ξεπλένεται με απεσταγμένο ή απιονισμένο νερό και να ξηραίνεται πριν τη χρησιμοποίησή του.

5.3.3. Τρόπος εργασίας

- ✓ Σε κωνική φιάλη των 100 ή 150 ml ζυγίζουμε ποσότητα αλεσμένων φυτικών ιστών, συνήθως 0,5 gr.
- ✓ Στη συνέχεια προσθέτουμε ποσότητα εκχυλιστικού διαλύματος [$(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) + (\text{Ag}_2\text{SO}_4)$] 50 ml.
- ✓ Στην κωνική φιάλη προσθέτουμε και ενεργό άνθρακα 0,25 gr.
- ✓ Η φιάλη πωματίζεται και αναδεύεται για 1 λεπτό με μηχανικό αναδευτήρα ή με το χέρι κατά διαστήματα για 30 min.
- ✓ Προσθέτουμε ποσότητα 0,5 gr μίγματος [$\text{Ca}(\text{OH})_2 - \text{MgCO}_3$], ανακινούμε το δείγμα και το αφήνουμε στη συνέχεια σε ηρεμία για 20 min.
- ✓ Το διάλυμα διηθείται με ηθμό Whatman No 2 ή κάποιο αντίστοιχο.

5.3.4. Αρχή της μεθόδου

Δύο moles NO_3 αντιδρούν με ένα mole χρωμοτροπικού οξέως και σχηματίζουν σύμπλοκο με κίτρινο χρώμα που απορροφά σε μήκος κύματος 410 nm. Υπολείμματα χλωρίου και κάποια οξειδία μπορεί να αναπτύξουν κίτρινο χρώμα με το χρωμοτροπικό οξύ γι αυτό προστίθεται θειικό οξύ.

5.3.4.1. Αντιδραστήρια

Διάλυμα Θεικής ουρίας: Παρασκευάζεται διαλύοντας 5 gr ουρίας και 4 gr Na_2SO_3 σε 100 ml απεσταγμένο νερό.

Αντιδραστήριο χρωμοτροπικού οξέος: Παρασκευάζεται διαλύοντας 0,1 gr χρωμοτροπικού οξέως σε 100 ml θειικού οξέως (H_2SO_4). Διατήρηση για 2 εβδομάδες σε σκούρα φιάλη.

Standard Νιτρικών (με μορφή N στα νιτρικά): Παρασκευάζεται διάλυμα 1.000 ppm με την προσθήκη 0,720 gr νιτρικού καλίου (KNO_3) σε 100 ml νερό. Στη συνέχεια το διάλυμα αυτό αραιώνεται δέκα φορές ώστε να προκύψει διάλυμα των 100 ppm. Με κατάλληλη αραιώση γίνεται η παρασκευή των standards διαλυμάτων.

5.3.4.2. Διαδικασία

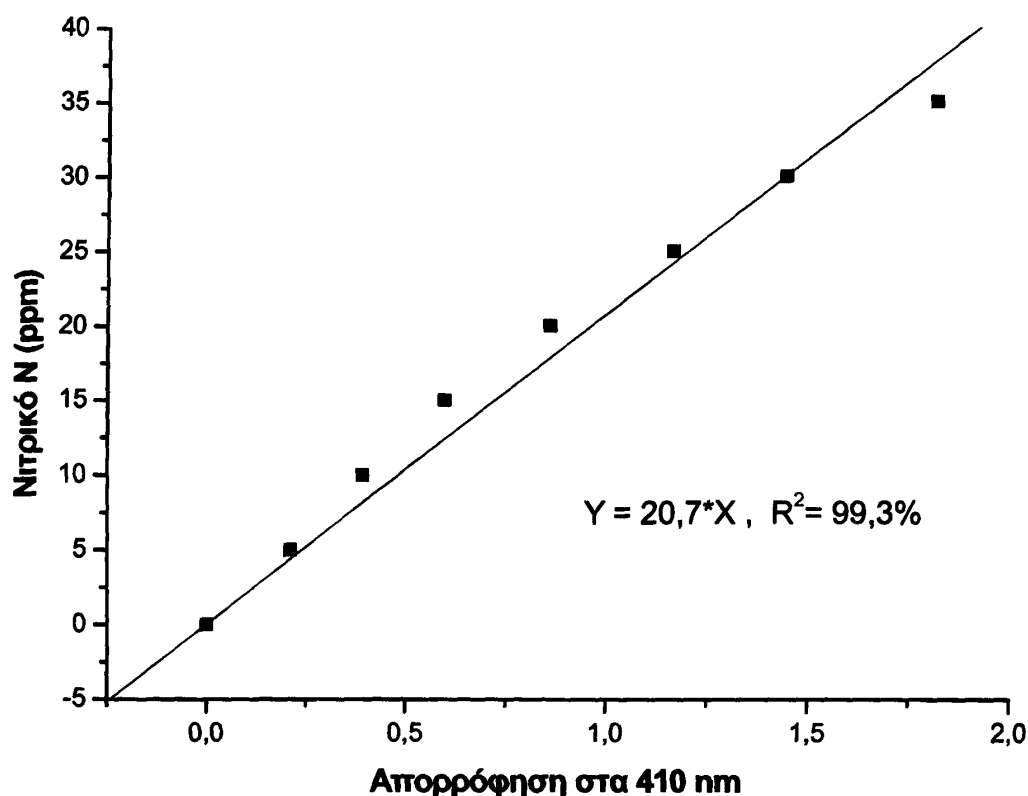
- ✓ Παιρνουμε 2 ml δείγματος και τα τοποθετούμε σε δοκιμαστικό σωλήνα.
- ✓ Προσθέτουμε μία σταγόνα από το αντιδραστήριο της θειικής ουρίας με συνεχή ανάδευση.
- ✓ Αφήνουμε το δείγμα σε ηρεμία για 4 min.
- ✓ Προσθέτουμε 1 ml από το αντιδραστήριο του χρωμοτροπικού οξέος με συνεχή ανάδευση.
- ✓ Στη συνέχεια προσθέτουμε 7 ml πυκνού θειικού οξέος (H_2SO_4).
- ✓ Αναδεύουμε για λίγο.
- ✓ Τοποθετούμε το δείγμα στο υδατόλουτρο σε θερμοκρασία 10-20° C για 45 min.
- ✓ Παρασκευή standards διαλυμάτων:

STANDARDS 100 ppm (ml) N	Νερό (σε ml)	Τελική συγκέντρωση (σε ppm) N
0.0	2.0	0.0
0.1	1.9	5.0
0.2	1.8	10.0
0.3	1.5	15.0 κ.ο.κ.

Αφού προσθέσουμε τις παραπάνω ποσότητες νερού και διαλύματος 100 ppm N (παρασκευασμένο από νιτρικό κάλιο) σε δοκιμαστικούς σωλήνες ακολουθούμε την ίδια διαδικασία με τα δείγματα.

- ✓ Μετράμε τα STANDARDS διαλύματα στο φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 410 nm και κατασκευάζουμε την καμπύλη αναφοράς.
- ✓ Στη συνέχεια στο ίδιο μήκος κύματος μετράμε και τα δείγματά μας.

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η καμπύλη αναφοράς που προσδιορίστηκε με βάση τα standard διαλύματα του πειράματός μας.



Καμπύλη αναφοράς για τον προσδιορισμό του νιτρικού N (όπως προκύπτει από τη μέτρηση των STANDARD διαλυμάτων).

Η παραπάνω καμπύλη αναφοράς αφορά την γραμμική σχέση, η οποία προκύπτει από την στατιστική επεξεργασία της γραμμικής παλινδρόμησης της συγκέντρωσης του νιτρικού αζώτου, πάνω στις ενδείξεις του φασματοφωτόμετρου και η οποία είναι :

$$Y = 20,7 \times X \quad (R^2=99,5\%)$$

όπου Y είναι η συγκέντρωση του νιτρικού αζώτου σε ppm που αντιστοιχεί στην τιμή X της ένδειξης του φασματοφωτόμετρου. Επειδή στο εκάστοτε διάλυμα που εισάγεται προς μέτρηση στο φασματοφωτόμετρο η τιμές Y αφορούν τις συγκεντρώσεις του νιτρικού N σε ppm, ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των

NO_3^- στα φύλλα του μαρουλιού ή τις ρίζες των ραπανιών και η επεξεργασία των αποτελεσμάτων, έγινε ύστερα από αναγωγή των ppm νιτρικού N σε mg NO_3^- /kg νωπού βάρους.

Για την μετατροπή των ppm νιτρικού N σε mg NO_3^- /kg νωπού βάρους, υπολογίσθηκε αρχικά η περιεκτικότητα σε mg νιτρικών του δείγματος των 500 mg ξηρών ιστών, τα οποία ανάγονται σε βάρος νωπών ιστών λαμβάνοντας υπόψη τον συντελεστή αφυδάτωσης. Από την τιμή αυτή αναλογικά προσδιορίζεται η περιεκτικότητα σε νιτρικά ανά χιλιόγραμμο νωπού βάρους

5.4. Προσδιορισμός S

Για προσδιορισμό των αναγκών των φυτών σε S μπορεί να μετρηθούν τα εξής:

- 1) Το ολικό S
- 2) SO_4^{2-}
- 3) Ο λόγος N/S
- 4) SO_4^{2-} /ολικό S

Το ολικό S σχετίζεται με τον εφοδιασμό σε S των φυτών. Οι κρίσιμες όμως τιμές επηρεάζονται από το τμήμα του φυτού από όπου παίρνουμε το δείγμα, από το στάδιο της αύξησης κλπ. Οι τελευταίες μέθοδοι απαιτούν 2 αναλύσεις, που αυξάνουν το κόστος και την παραλλακτικότητα. Το μειονέκτημα των 4 αυτών κριτηρίων είναι η δειγματοληψία που περιορίζεται σε βραχεία περίοδο. Για καλύτερη ανάλυση της σχέσης του S με τα άλλα θρεπτικά στοιχεία μπορεί να χρησιμοποιηθεί το σύστημα DRIS.

5.4.1 Μέθοδος μέτρησης θεικών

Η μέθοδος που θα ακολουθήσουμε στηρίζεται στην μετατροπή του θείου των φυτικών ιστών σε θειικά (SO_4^{2-})

5.4.1.1 Αντιδραστήρια

Οξειδωτικό μίγμα: 2 gr. οξειδίου του αργύρου (Ag_2O) και 50 gr μονόξινο ανθρακικό νάτριο ($NaHCO_3$) (ποιότητα ACS)

Αντιδραστήριο προστασίας της στάχτης Ώξινο ανθρακικό νάτριο $NaHCO_3$

Διαλύτης στάχτης: 1M οξικό οξύ (58 ml / lt απεσταγμένο νερό)

STANDARDS Θεικών: Παρασκευάζονται από θειικό κάλιο (K_2SO_4)



5.4.1.2 Διαδικασία

- ✓ Ζυγίζουμε 0,100 +/- 0,005 gr. ξηρού (εντός φούρνου) φυτικών ιστών σε σκόνη (100 mesh) και την τοποθετούμε σε πορσελάνινη κάψα.
- ✓ Προσθέτουμε 0,52 +/- 0,005 gr οξειδωτικού μίγματος και τα αναμειγνύουμε κτυπώντας ελαφρά την κούπα στον πάγκο.
- ✓ Προσθέτουμε 0,5 +/- 0,005 gr NaHCO₃ καλύπτοντας πλήρως το δείγμα.
- ✓ Τοποθετούμε τις κάψες σε φούρνο υψηλών θερμοκρασιών στους 550°C για τρεις ώρες και ακολούθως τις απομακρύνουμε μέχρι να κρυώσουν.
- ✓ Προσθέτουμε σε κάθε κάψα με προσοχή 15 ml από το διαλύτη στάχτης.
- ✓ Για την επιτάχυνση της εξουδετέρωσης και απομάκρυνσης του CO₂ και διάλυσης της στάχτης, θερμαίνουμε τις κάψες σε θερμαντική πλάκα στους 200° C για 20 λεπτά.
- ✓ Το περιεχόμενο της κάψας αφού κρυώσει, μεταφέρεται σε ογκομετρική φιάλη με τη βοήθεια ενός χωνιού, ξεπλένοντάς την με απεσταγμένο νερό, φτάνοντας τον όγκο του διαλύματος στα 20 ml.

5.4.2 Θολομετρική μέθοδος

Ιδιότητες - χαρακτηριστικά: Τα θειικά ιόντα (SO₄²⁻) καθιζάνουν μέσω οξικού οξέος με χλωριούχο βάριο (BaCl₂) προς σχηματισμό κρυστάλλων θειικού βαρίου (BaSO₂) ομοιόμορφου μεγέθους. Η απορρόφηση του φωτός από το αιώρημα του θειικού βαρίου (BaSO₂) μετράται με ένα φασματοφωτόμετρο και η συγκέντρωση των θεικών (SO₄²⁻) προσδιορίζεται δια μέσου συγκριτικής αντιπαραβολής με μια καμπύλη αναφοράς που δημιουργείται από διαλύματα γνωστής συγκέντρωσης.

Επιμολύνσεις - αποκλίσεις: Έγχρωμα ή αιωρούμενα υλικά σε μεγάλες ποσότητες μπορεί να επηρεάσουν τα αποτελέσματα. Μερικά αιωρούμενα υλικά μπορεί να απομακρυνθούν από το διάλυμα με φιλτράρισμα. Αν τα παραπάνω είναι μικρά σε σύγκριση με τη συγκέντρωση των θεικών ανιόντων (SO₄²⁻), γίνεται διόρθωση με τη χρησιμοποίηση τυφλών διαλυμάτων χωρίς τη χρήση χλωριούχου βαρίου (BaCl₂).

Πυρίτιο σε περίσσεια 500 mgr/lit προκαλεί επίδραση στα αποτελέσματα και σε νερά ή διαλύματα με μεγάλες ποσότητες οργανικών ουσιών μπορεί να μην είναι δυνατή η καθίζηση του θειικού βαρίου (BaSO₄) ικανοποιητικά.

Οι προσδιορισμοί γίνονται σε θερμοκρασία δωματίου. Διακύμανση θερμοκρασίας 10° C δεν προκαλεί σοβαρά σφάλματα.

Ελάχιστη συγκέντρωση προσδιορισμού θεικών (SO₄²⁻): περίπου 1 ppm



5.4.2.1 Αντιδραστήρια

1) Ρυθμιστικά διαλύματα

✓ Ρυθμιστικό διάλυμα Α: διαλύονται 30 gr χλωριούχο μαγνήσιο ($\text{MgCl}_2 \times 6 \text{H}_2\text{O}$), 5 gr οξικό νάτριο ($\text{CH}_3\text{COONa} \times 3 \text{H}_2\text{O}$), 1 gr νιτρικό κάλιο (KNO_3) και 20 ml οξικό οξύ (CH_3COOH) (glacial 99%) σε 500 ml απεσταγμένο νερό και ακολούθως τροποποιείται το διάλυμα στα 1000 ml.

✓ Ρυθμιστικό διάλυμα Β: (απαραίτητο όταν η συγκέντρωση θεικών είναι < 10 ppm)

Επιπλέον των παραπάνω υλικών προστίθενται και 0,111 gr θεικό νάτριο (Na_2SO_4)

✓ Ρυθμιστικό διάλυμα ΕΛΟΤ. Αντί των παραπάνω αντιδραστηρίων ο ΕΛΟΤ συνιστά το ακόλουθο ρυθμιστικό διάλυμα: Σε 300 ml απεσταγμένο νερό διαλύονται 75 ml χλωριούχου νατρίου (NaCl). Προστίθενται 30 ml πυκνό υδροχλωρικό οξύ (HCl), 100 ml αιθυλική αλκοόλη 95% ή ισοπροπυλική αλκοόλη και 50 ml γλυκερίνη. Το διάλυμα ομογενοποιείται.

2) Χλωριούχο Βάριο (BaCl_2) σε κρυστάλλους (20-30 mesh).

3) STANDARDS διαλύματα θεικών: 0,1479 gr άνυδρο Na_2SO_4 αποξηραμένο στους 140°C για δύο ώρες στα 1000 ml ή διαλύονται 10,41 ml πρότυπο διάλυμα 0,02 N H_2SO_4 στα 100 ml απεσταγμένου νερού.

5.4.2.2 Διαδικασία

• Σχηματισμός αιωρήματος θεικού βαρίου

- ✓ Λαμβάνεται ποσότητα 100 ml δείγματος ή μικρότερη η οποία αραιώνεται με απεσταγμένο νερό σε φιάλη των 100 ml. Το διάλυμα αυτό τοποθετείται σε κωνική φιάλη των 250 ml.
- ✓ Προστίθενται 20 ml από το ρυθμιστικό διάλυμα ή 5 ml από το ρυθμιστικό διάλυμα του ΕΛΟΤ και αναμειγνύονται με μαγνητικό αναδευτήρα.
- ✓ Ενώ γίνεται η ανάδευση με σταθερή ταχύτητα προστίθεται μια μεζούρα χλωριούχο βάριο (BaCl_2), οπότε και αρχίζει η μέτρηση του χρόνου ανάδευσης (1 λεπτό ακριβώς).

5.4.2.3 Υπολογισμός της θολότητας

- ✓ Αμέσως μετά την ανάδευση μεταφέρεται μικρή ποσότητα (ανάλογα με το όργανο μέτρησης) στην κυψελίδα του οργάνου.
- ✓ Η θολότητα μετράται στα $5 \pm 0,5$ λεπτά αν χρησιμοποιηθεί το Α ή Β buffer

ή στα 4 λεπτά αν χρησιμοποιηθεί το ρυθμιστικό διάλυμα του ΕΛΟΤ.

- Κατασκευή της καμπύλης αναφοράς: Για τα STANDARDS από 0 - 40 ppm (ανά 5 ppm). Πάνω από 40 ppm η ακρίβεια περιορίζεται.
- Διόρθωση για θολά ή έγχρωμα δείγματα: Χρησιμοποιούνται τυφλά δείγματα χωρίς την προσθήκη χλωριούχου βαρίου (BaCl_2).
- Υπολογισμός

$$\text{mgr (SO}_4\text{=) / lt} = \frac{\text{mgr (SO}_4\text{=}^-) \times 100}{\text{ml δείγματος}}$$

Αν εφαρμοστεί το buffer A προσδιορίζεται η συγκέντρωση των θεικών απευθείας από την καμπύλη αναφοράς μετά την αφαίρεση της απορρόφησης του δείγματος πριν την προσθήκη BaCl_2 .

Αν εφαρμοστεί το buffer B αφαιρείται η συγκέντρωση των θεικών του τυφλού δείγματος από την φαινόμενη συγκέντρωση θεικών όπως προσδιορίζεται παρακάτω. Εξ αιτίας του γεγονότος ότι η καμπύλη αναφοράς δεν είναι ευθεία, αυτό δεν είναι ισοδύναμο με την αφαίρεση της απορρόφησης των τυφλών από την απορρόφηση του δείγματος.

5.4.2.4 Καμπύλη αναφοράς SO_4^{2-} του πειράματος.

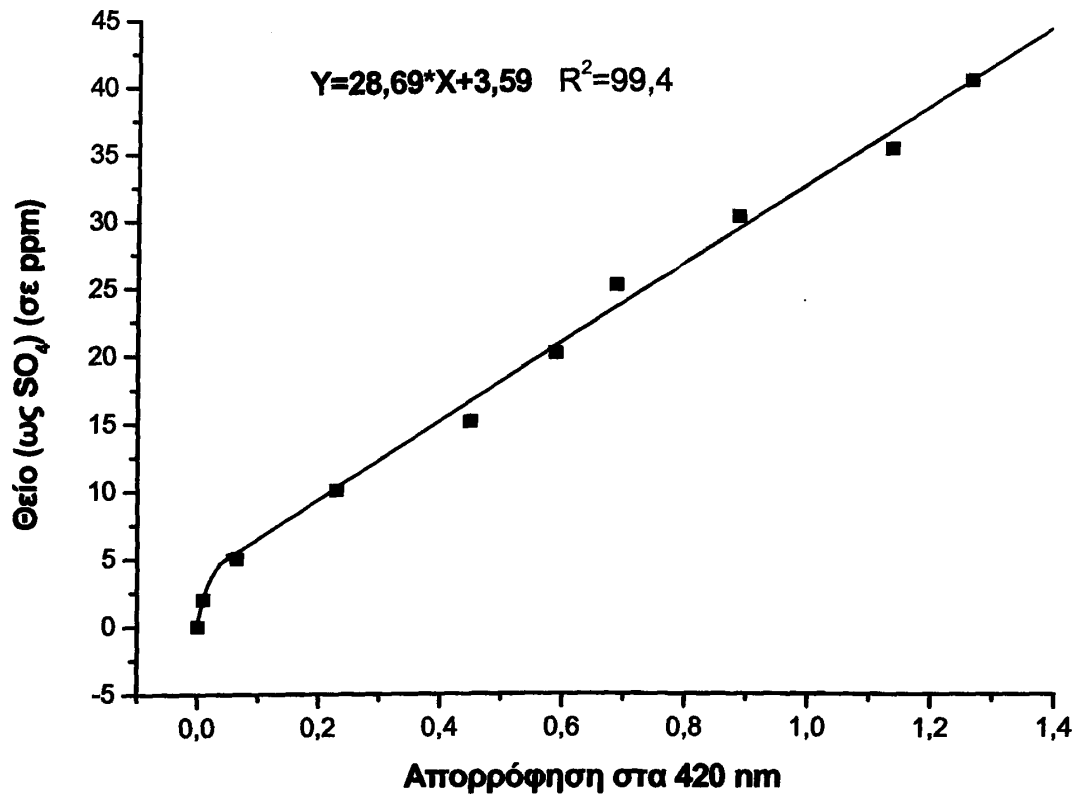
Με βάση τα πρότυπα διαλύματα SO_4^{2-} καταρτίστηκε η παρακάτω καμπύλη αναφοράς. Η σχέση μεταξύ συγκέντρωσης S (εξαρτημένη μεταβλητή) και ενδείξεων του φασματοφωτόμετρου (ανεξάρτητη μεταβλητή) αποδίδεται από μια γραμμική συνάρτηση η οποία προκύπτει από την ανάλυση της παλινδρόμησης της συγκέντρωσης S πάνω στις τιμές του φασματοφωτόμετρου και είναι :

$$Y = 28,69 * X + 3,59$$

$$R^2 = 99,4$$

όπου Y : Οι τιμές S σε ppm και X οι τιμές του φασματοφωτόμετρου για $X > 0,06$

για τιμές $X < 0,06$ οι συγκεντρώσεις προσδιορίστηκαν με αντιπαραβολή απορρόφησης - συγκέντρωσης από το διάγραμμα διασκόρπισης του διαγράμματος 4, διότι για τιμές απορρόφησης κάτω από 0,06 η σχέση μεταξύ απορρόφησης οργάνου και συγκέντρωσης S δεν είναι γραμμική.



Καμπύλη αναφοράς για τον προσδιορισμό του θείου (όπως προκύπτει από τη μέτρηση των STANDARDS).

Οι τιμές που προκύπτουν από την παραπάνω σχέση αφορούν την συγκέντρωση του ολικού S σε ppm στα διαλύματα τα οποία παρασκευάστηκαν από τα δείγματα των φυτών. Τα αποτελέσματα του πειράματος και η στατιστική τους επεξεργασία έγιναν ύστερα από αναγωγή σε mg S/kg νωπού βάρους.

5.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

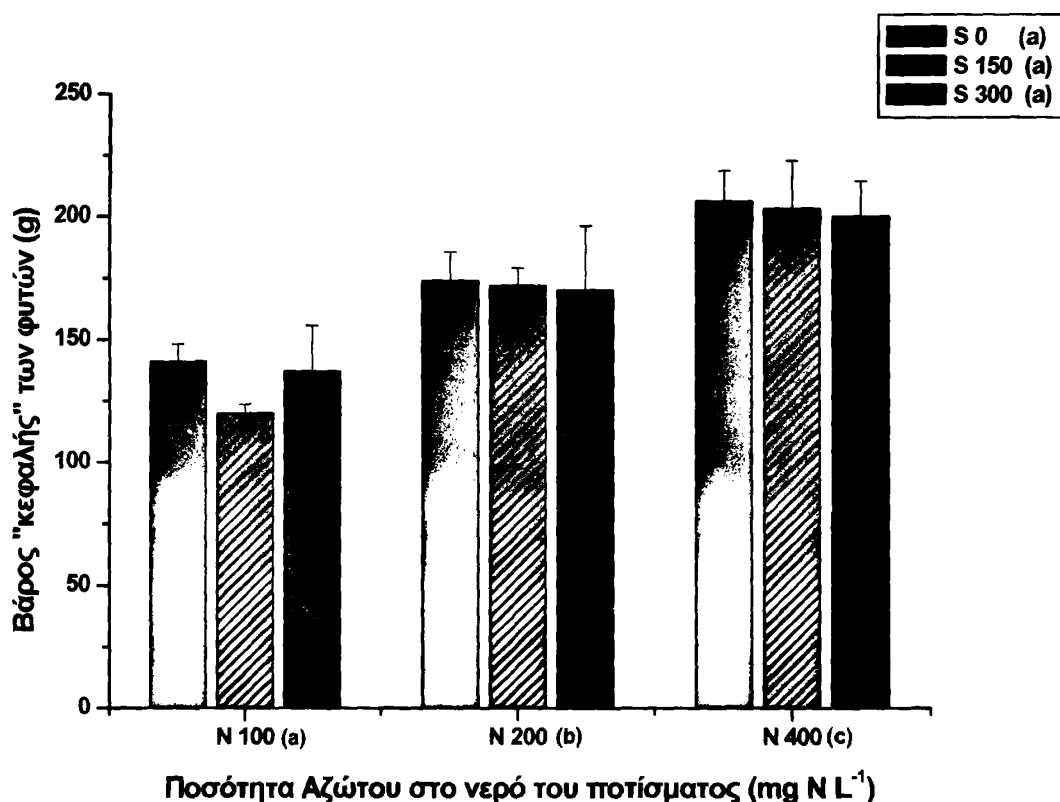
A. Μαρούλια

1. Βάρος κεφαλής μαρουλιών

Η ανάλυση της διασποράς των αποτελεσμάτων του βάρους της κεφαλής των φυτών έδειξε ότι το βάρος τους εξαρτάται αποκλειστικά από την συγκέντρωση του αζώτου στο χορηγούμενο θρεπτικό διάλυμα ($F= 16,54$ για 2 και 36 BE, $P=0,0$) και είναι ανεξάρτητο από την συγκέντρωση των θεικών στο θρεπτικό διάλυμα ($F= 0,25$ για 2 και 36 BE, $P=0,77$).

Το βάρος των φυτών κυμάνθηκε από 130 g με την χορήγηση 100 mgNL⁻¹ (χιλιοστογραμμαρίων αζώτου στο λίτρο του νερού του ποτίσματος) και ανήλθε στα 170 – 180 g με την χορήγηση 200 mgNL⁻¹ και ξεπέρασε τα 200 g στην περίπτωση της χορήγησης 400 mgNL⁻¹.

Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στο παρακάτω γράφημα της εικόνας 5.

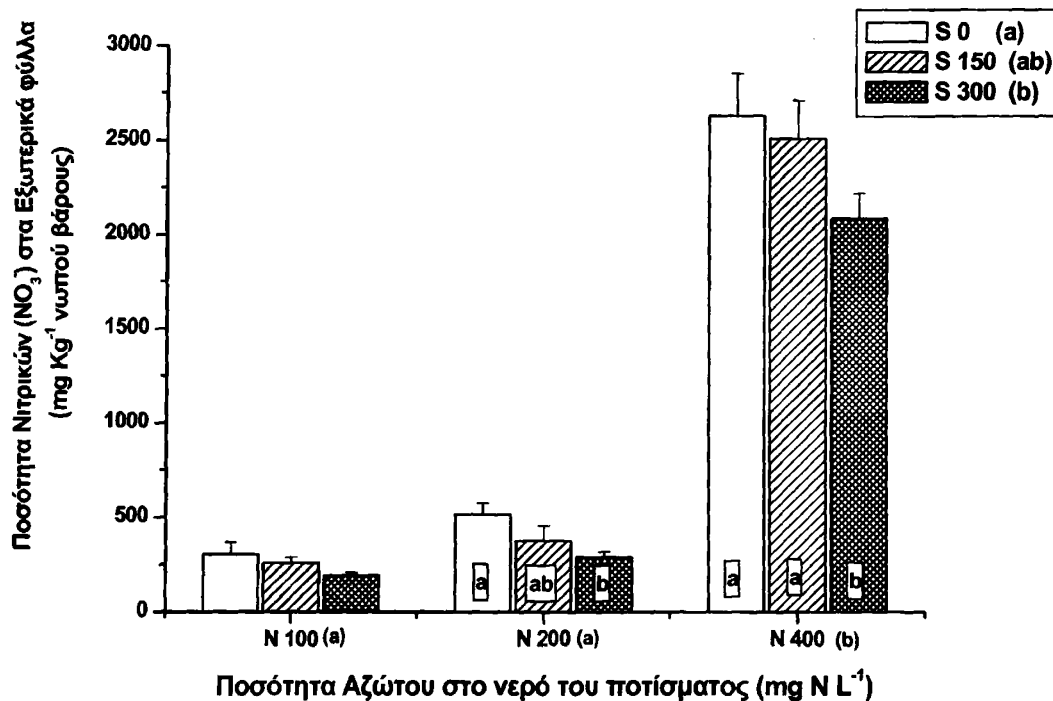


Εικόνα 5. Μέσοι και τυπικά σφάλματα του βάρους της κεφαλής των μαρουλιών του πειράματος. Οι μέσοι που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα, σύμφωνα με το κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) και για επίπεδο σημαντικότητας 5%.

2. Ποσότητα Νιτρικών στα εξωτερικά φύλλα των μαρουλιών.

Η ανάλυση της διασποράς και η δοκιμασία του F καθώς και οι συγκρίσεις των μέσων (περιθωριακοί μέσοι για τα τρία επίπεδα της Ν-ούχου

λίπανσης, τα τρία επίπεδα της θειικής λίπανσης και των μέσων των απλών κύριων επιδράσεων του ενός παράγοντα μέσα στα επίπεδα του άλλου) έγιναν μετά από μετατροπή των τιμών της ποσότητας των νιτρικών στη τετραγωνική τους ρίζα. Η μετατροπή αυτή έγινε διότι οι πραγματικές τιμές των δεδομένων των νιτρικών δεν παρουσιάζουν ομοσκεδαστικότητα των διασπορών του πειραματικού σφάλματος καθώς οι διασπορές των πειραματικών επεμβάσεων αυξάνονται ανάλογα με την αύξηση των τιμών των μέσων τους.



Εικόνα 6. Μέσοι και τυπικά σφάλματα της ποσότητας των νιτρικών στα εξωτερικά φύλλα της κεφαλής των μαρουλιών του πειράματος. Οι μέσοι που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα, σύμφωνα με το κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) και για επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Τα αποτελέσματα των προσδιορισμών των νιτρικών στα εξωτερικά φύλλα της κεφαλής των μαρουλιών έδειξαν ότι η ποσότητα των νιτρικών που ανιχνεύεται στα φύλλα επηρεάζεται σημαντικά από την χορηγούμενη N-ούχο λίπανση ($F=483,8$ για 2 και 36 ΒΕ, $P=0,00$). Οι συγκρίσεις των περιθωριακών μέσων του παράγοντα «N-ούχος λίπανση» (μέσοι όροι περιεκτικότητας σε νιτρικά όλων των φυτών που δέχτηκαν μια συγκεκριμένη επέμβαση- λίπανση με N ανεξάρτητα από την χορηγούμενη θειική λίπανση) έδειξαν ότι, μεταξύ των επιπέδων χαμηλής και ενδιάμεσης N-ούχου λίπανσης, ανεξάρτητα από τα επίπεδα του παράγοντα S, δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές στην ποσότητα των νιτρικών που συσσωρεύθηκαν στα φύλλα. **Σημαντική αύξηση νιτρικών παρατηρήθηκε από τα φυτά που δέχθηκαν υψηλά επίπεδα N-ούχου λίπανσης.** Οι μέσες τιμές των νιτρικών από τα 251,4 και 392,6 mg NO₃⁻ / Kg νβ στην περίπτωση της χαμηλής και ενδιάμεσης N-ούχου λίπανσης, εκτινάχθηκαν στα 2407,9 mg NO₃⁻ / Kg νβ στα φυτά που δέχθηκαν υψηλές τιμές N-ούχου λίπανσης.

Από την άλλη μεριά η μελέτη της επίδρασης της θειική λίπανσης στην ποσότητα των νιτρικών που ανιχνεύθηκε στα εξωτερικά φύλλα φανερώνει ότι η αύξηση της παρουσίας των θειικών ανιόντων στο νερό του ποτίσματος και ανεξάρτητα από τα επίπεδα της αζωτούχου λίπανσης (περιθωριακοί μέσοι) προκαλεί περιορισμό της συσσώρευσης νιτρικών ($F= 7,84$ για 2 και 36 ΒΕ, $P=0,001$).

Η μελέτη των απλών κύριων επιδράσεων του παράγοντα S μέσα στα επίπεδα του παράγοντα N φανερώνει ότι η επίδραση αυτή των θειικών ανιόντων στην συσσώρευση των νιτρικών καθίσταται εμφανής μέσα στα επίπεδα των 200 και 400 ppm N-ούχου λίπανσης. Μέσα σε αυτά τα επίπεδα της N-ούχου λίπανσης, η πρόσθετη χορήγηση θειικών ανιόντων στο θρεπτικό διάλυμα φαίνεται να επιφέρει περιορισμό στις τιμές των νιτρικών που ανιχνεύονται στα φύλλα των μαρουλιών και η επίδραση αυτή των θειικών ανιόντων ήταν περισσότερο έντονη στο επίπεδο των 300 ppm S. Τα παραπάνω παρουσιάζονται στο γράφημα της εικόνας 6.

3. Ποσότητα Νιτρικών στα εσωτερικά φύλλα των μαρουλιών

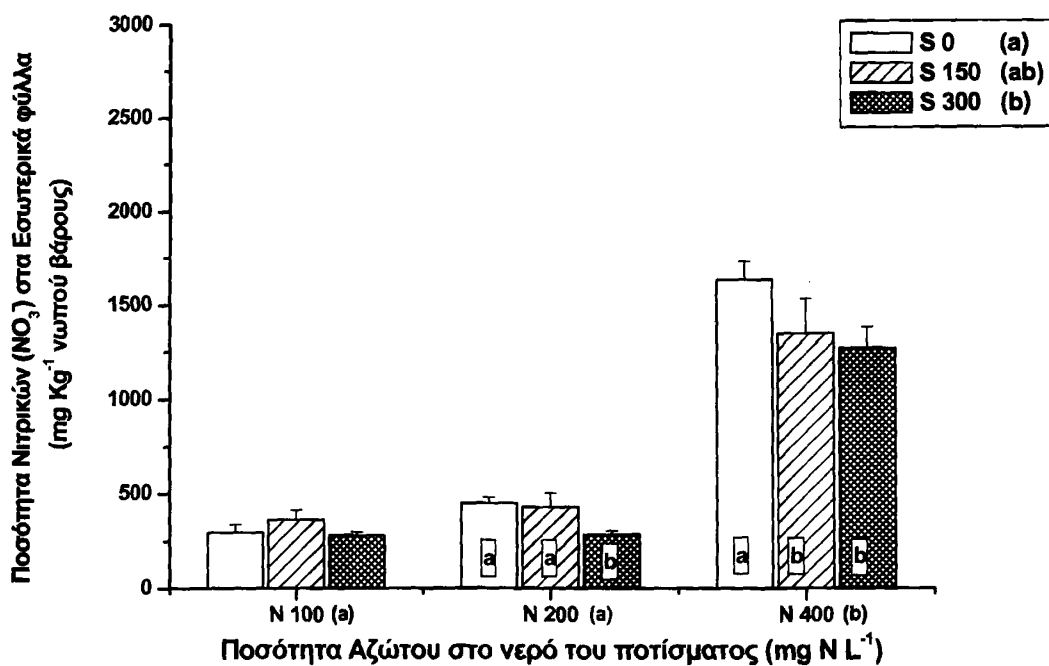
Αντίστοιχα αποτελέσματα βρέθηκαν και από τα εσωτερικά (και περισσότερο ενεργά από την άποψη του μεταβολισμού) φύλλα των φυτών. Και στην περίπτωση των νιτρικών στα εσωτερικά φύλλα, η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε μετά από μετατροπή τους στην τετραγωνική τους ρίζα για τους λόγους που εκτέθηκαν προηγούμενα.

Η επίδραση της N-ούχου λίπανσης στην ποσότητα των νιτρικών στα εσωτερικά φύλλα ήταν σημαντική ($F= 198,66$ για 2 και 36 ΒΕ, $P=0,00$). Οι συγκρίσεις των περιθωριακών μέσων των τριών επιπέδων του παράγοντα «N-ούχος λίπανση» φανερώνει ότι μεταξύ των επιπέδων χαμηλής και ενδιάμεσης N-ούχου λίπανσης, ανεξάρτητα από τα επίπεδα του παράγοντα S, δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές στην ποσότητα των νιτρικών που συσσωρεύθηκαν στα φύλλα (312,33 και 386,33 mg NO₃⁻ /Kg νβ αντίστοιχα). Αντίθετα σημαντική αύξηση νιτρικών παρατηρήθηκε από τα φυτά που δέχθηκαν υψηλά επίπεδα N-ούχου λίπανσης (1408,2 mg NO₃⁻ /Kg νβ, που ήταν 1000 mg λιγότερα από τα εξωτερικά φύλλα). Η ποσότητα των νιτρικών στις μεταχειρίσεις N100 και N200 ήταν αντίστοιχη εκείνης που προσδιορίστηκε και στα εξωτερικά φύλλα.

Και στα εσωτερικά φύλλα η αύξηση της παρουσίας των θειικών ανιόντων στο νερό του ποτίσματος φαίνεται ότι ανεξάρτητα από τα επίπεδα της αζωτούχου λίπανσης (περιθωριακοί μέσοι) προκαλεί περιορισμό της συσσώρευσης νιτρικών και στα εσωτερικά φύλλα ($F= 4,37$ για 2 και 36 ΒΕ, $P=0,02$).

Η επίδραση αυτή των θειικών ανιόντων στην συσσώρευση των νιτρικών καθίσταται εμφανής μέσα στα επίπεδα των 200 και 400 ppm N. Ο περιορισμός της συσσώρευσης νιτρικών είναι περισσότερο έντονος στο επίπεδο των 300 ppm S. (απλές κύριες επιδράσεις του παράγοντα S μέσα στα επίπεδα του παράγοντα N). Τα προηγούμενα παρουσιάζονται στο γράφημα της παρακάτω εικόνας.





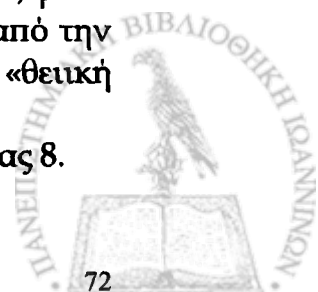
Εικόνα 7. Μέσοι και τυπικά σφάλματα της ποσότητας των νιτρικών στα εσωτερικά φύλλα της κεφαλής των μαρουλιών του πειράματος. Οι μέσοι που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα, σύμφωνα με το κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) και για επίπεδο σημαντικότητας 5%.

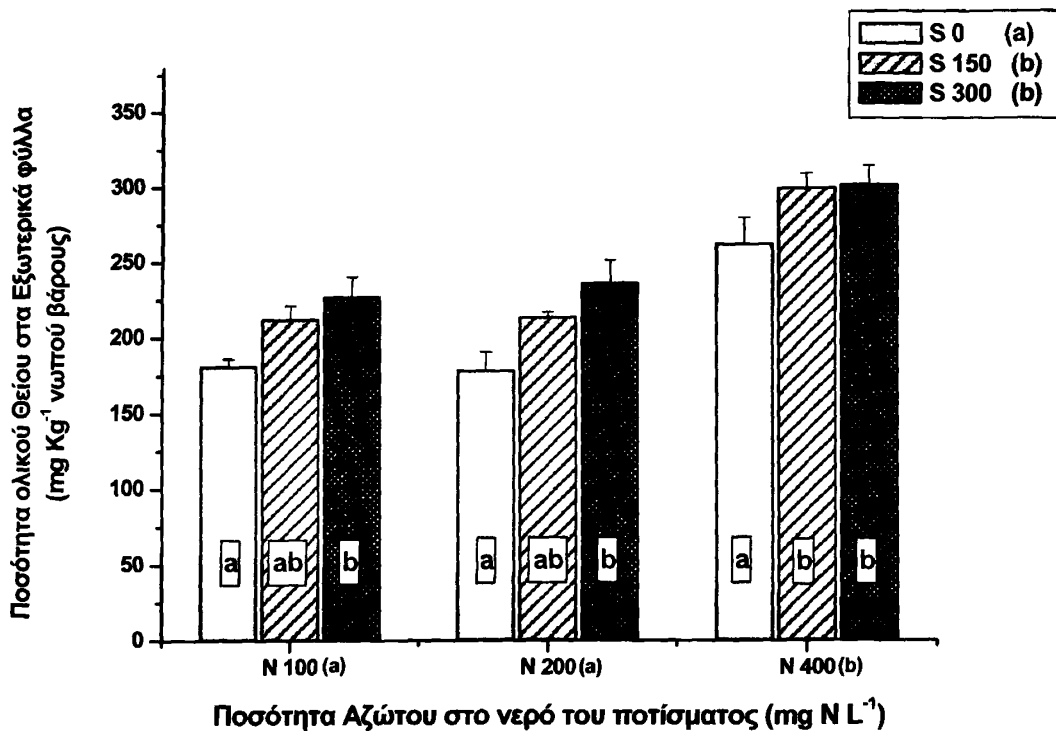
4. Ποσότητα ολικού θείου στα εξωτερικά φύλλα των μαρουλιών

Η στατιστική ανάλυση των τιμών της ποσότητας του ολικού θείου που ανιχνεύθηκε στα εξωτερικά φύλλα των μαρουλιών έδειξε ότι η μεταβλητή εξαρτάται τόσο από τον παράγοντα «N-ούχος λίπανση» ($F= 44,05$ για 2 και 36 ΒΕ, $P=0,00$), όσο και από τον παράγοντα «θειική λίπανση» ($F= 12,8$ για 2 και 36 ΒΕ, $P=0,001$). Η σύγκριση των περιθωριακών μέσων για τον παράγοντα N-ούχος λίπανση» έδειξε ότι η ποσότητα του ολικού S που προσδιορίστηκε στα εξωτερικά φύλλα του μαρουλιού παρουσίασε τις ίδιες τιμές μεταξύ των επιπέδων της χαμηλής και της ενδιάμεση N-ούχου λίπανσης. Αύξηση στις τιμές ολικού S παρατηρήθηκαν στα φυτά που δέχθηκαν τα υψηλά επίπεδα N-ούχου λίπανσης.

Οι αντίστοιχες συγκρίσεις των περιθωριακών μέσων για τον παράγοντα «S-ούχος λίπανση» δείχνουν ότι τα φυτά που δέχθηκαν πρόσθετη θειική λίπανση (150 και 300 ppm S) παρουσίασαν αύξηση στην ποσότητα του ολικού θείου που εντοπίζεται στα φύλλα του μαρουλιού, ανεξάρτητα από την ποσότητα της N-ούχου λίπανσης που δέχθηκαν τα φυτά. Μάλιστα ιδιαίτερα σημαντικό είναι το γεγονός ότι το ολικό S δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των φυτών που δέχθηκαν 150 ppm S και εκείνων που δέχθηκαν 300 ppm S, μέσα σε κάθε επίπεδο N-ούχου λίπανσης. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει από την σύγκριση των μέσων των απλών κύριων επιδράσεων του παράγοντα «θειική λίπανση μέσα σε κάθε επίπεδο του παράγοντα «N-ούχος λίπανση».

Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στο γράφημα της εικόνας 8.



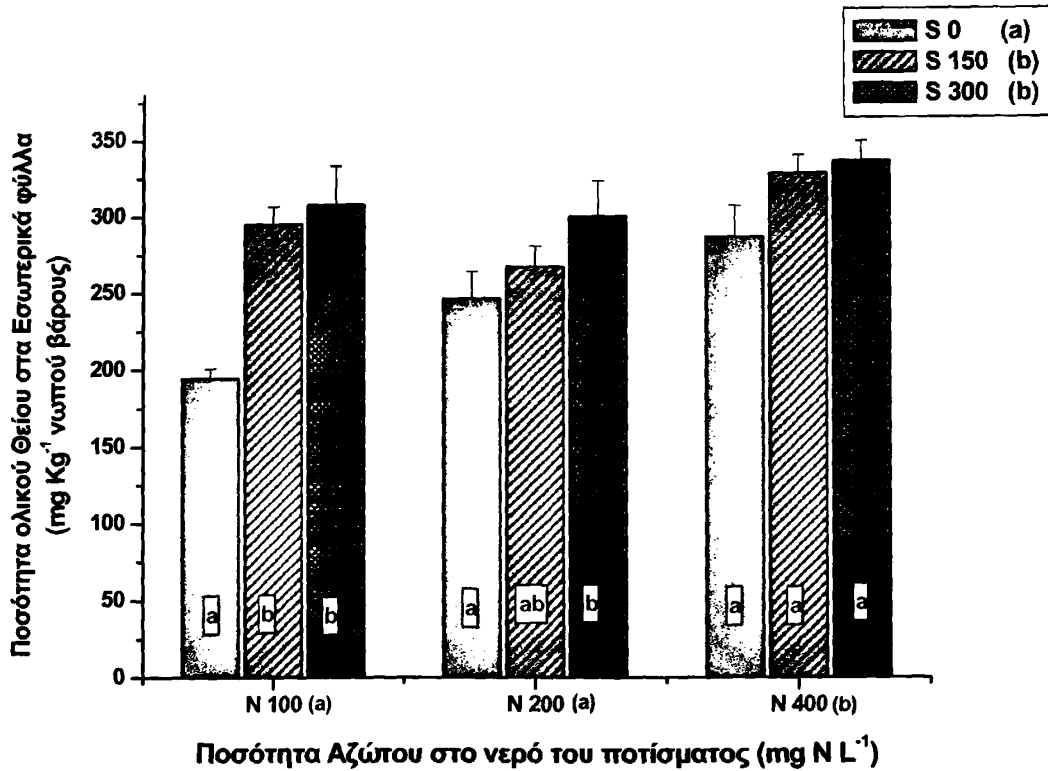


Εικόνα 8. Μέσοι και τυπικά σφάλματα της ποσότητας του ολικού S στα εξωτερικά φύλλα της κεφαλής των μαρουλιών του πειράματος. Οι μέσοι που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα, σύμφωνα με το κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) και για επίπεδο σημαντικότητας 5%.

5. Ποσότητα ολικού θείου στα εσωτερικά φύλλα των μαρουλιών

Ανάλογα αποτελέσματα βρέθηκαν και από τα εσωτερικά φύλλα των φυτών του μαρουλιού (εικόνα 9). Η ποσότητα ολικού S εξαρτάται τόσο από την αζωτούχο όσο και από την πρόσθετη θεική λίπανση ($F=7,88$ για 2 και 36 BE, $P=0,001$ και $F=14,74$ για 2 και 36 BE, $P=0,000$ αντίστοιχα). Όσον αφορά τις συγκρίσεις των περιθωριακών μέσων των παραγόντων N και S διαπιστώθηκε ότι α) μεταξύ των επιπέδων χαμηλής και ενδιάμεσης N-ούχου λίπανσης δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά, ενώ αντίθετα σημαντική αύξηση στο ολικό θείο των εσωτερικών φύλλων παρουσίασαν τα φυτά που δέχθηκαν την υψηλή λίπανση με άζωτο και β) η χορήγηση επιπλέον θεικής λίπανσης προκαλεί αύξηση των επιπέδων του ολικού θείου.

Σε σχέση με τα εξωτερικά φύλλα οι ποσότητες του ολικού θείου παρουσιάζονται υψηλότερες στα εσωτερικά φύλλα και επίσης ότι μέσα στο επίπεδο N 400 του παράγοντα άζωτο, δεν υφίσταται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των απλών κύριων επιδράσεων του παράγοντα S.



Εικόνα 9. Μέσοι και τυπικά σφάλματα της ποσότητας του ολικού S στα εσωτερικά φύλλα της κεφαλής των μαρουλιών του πειράματος. Οι μέσοι που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα, σύμφωνα με το κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) και για επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Β. Ραπανάκια

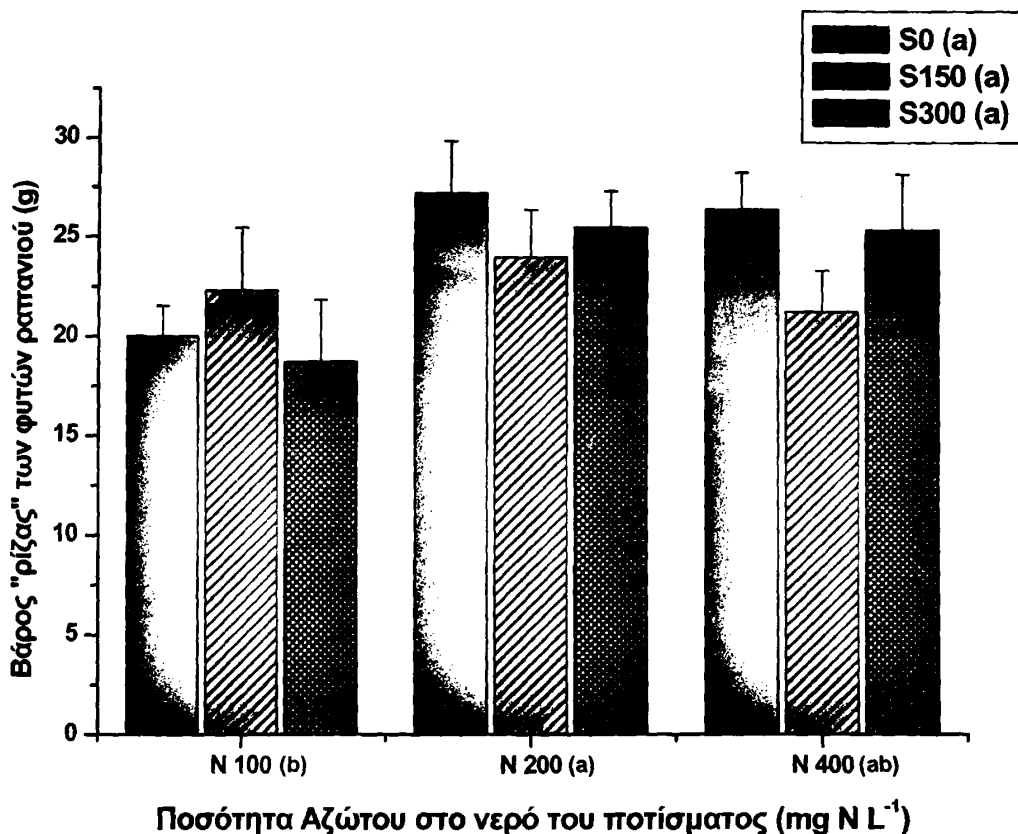
Ανάλογα αποτελέσματα, αναφορικά με την επίδραση των παραγόντων της λίπανσης με άζωτο και θείο, πάνω στην αύξηση του βάρους, την συσσώρευση νιτρικών και την αύξηση του ολικού θείου στις ρίζες τους, παρουσίασαν και τα ραπανάκια που μελετήθηκαν στο πείραμα.

1. Βάρος ρίζας ραπανιών.

Στο γράφημα της εικόνας 10 παρουσιάζεται η μεταβολή του βάρους των φυτών ανάλογα με την εκάστοτε λιπασματική επέμβαση του πειράματος. Η ανάλυση της διασποράς των αποτελεσμάτων του βάρους της ρίζας και η δοκιμασία του F, φανερώνει ότι το βάρος της ρίζας των φυτών εξαρτάται μόνο από την N-ούχο λίπανση ($F= 3,66$ για 2 και 36 BE, $P=0,035$), ενώ η θειική λίπανση δεν επιδρά στην αύξηση του βάρους των ραπανιών ($F= 0,53$ για 2 και 36 BE, $P=0,5$).

Το βάρος των ριζών του ραπανιού από 20,3 g (κατά μέσο όρο) με την χορήγηση 100 mgNL⁻¹ στο νερό του ποτίσματος, αυξήθηκε στα 25,5 και 24,3 g με την χορήγηση 200 mgNL⁻¹ και 400 mgNL⁻¹ αντίστοιχα. Μεταξύ των μεταχειρίσεων ενδιάμεσης και υψηλής N-ούχου λίπανσης οι διαφορές του βάρους των φυτών δεν ήταν σημαντικές. Το αποτέλεσμα αυτό φανερώνει ότι

στα ραπανάκια λιπάνσεις υψηλότερες από τα 200 mgNL⁻¹ δεν έχουν κανέν όφελος από την άποψη της αύξησης της παραγωγής.



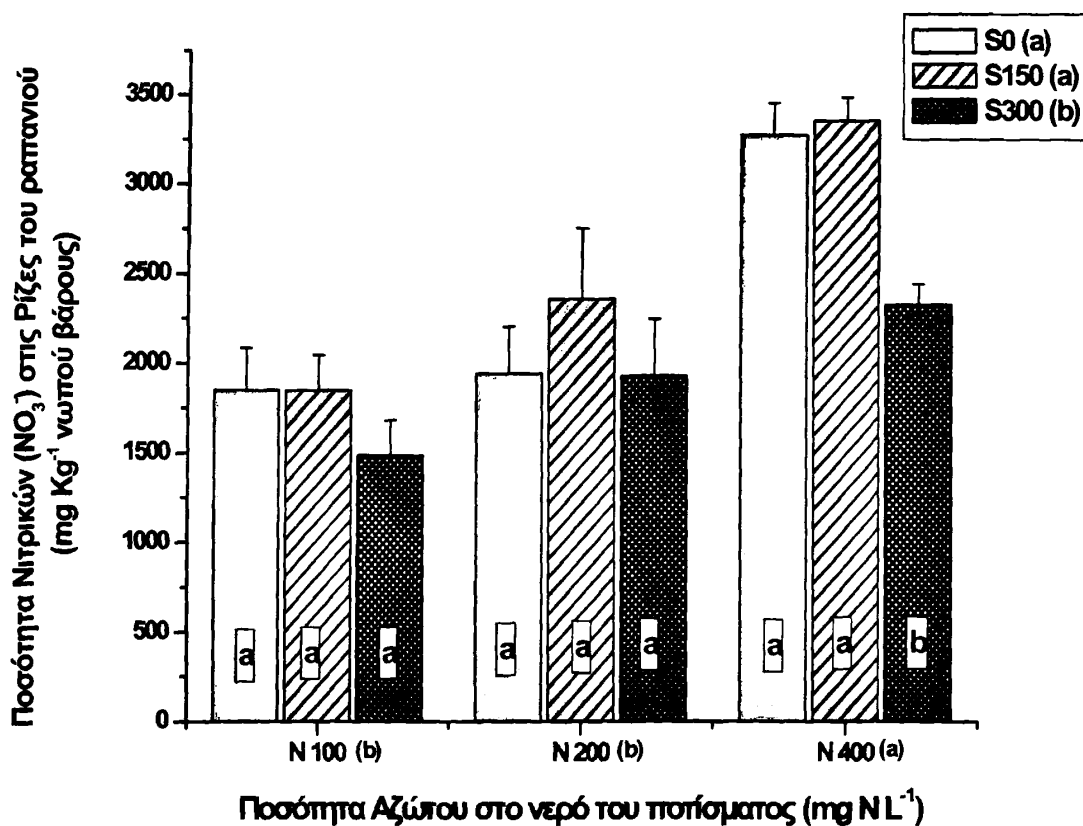
Εικόνα 10. Μέσοι και τυπικά σφάλματα του βάρους των ριζών των ραπανιών του πειράματος. Οι μέσοι που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα, σύμφωνα με το κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) και για επίπεδο σημαντικότητας 5%.

2. Ποσότητα Νιτρικών στις ρίζες των ραπανιών

Η ανάλυση της διασποράς των τιμών της ποσότητας των νιτρικών στις ρίζες των ραπανιών και η δοκιμασία του F για τον παράγοντα «N-ούχος λίπανση» έδειξε ότι και στα ραπανάκια, η ποσότητα των νιτρικών που ανιχνεύεται στις ρίζες των φυτών επηρεάζεται σημαντικά από την χορηγούμενη N-ούχο λίπανση ($F= 21,93$ για 2 και 36 BE, $P=0,000$). Οι συγκρίσεις των περιθωριακών μέσων του παράγοντα «N-ούχος λίπανση» (μέσοι όροι περιεκτικότητας σε νιτρικά όλων των φυτών που δέχτηκαν μια συγκεκριμένη επέμβαση- λίπανση με N ανεξάρτητα από την χορηγούμενη θειική λίπανση) έδειξαν ότι, μεταξύ των επιπέδων χαμηλής και ενδιάμεσης N-ούχου λίπανσης, ανεξάρτητα από τα επίπεδα του παράγοντα S, δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές στην ποσότητα των νιτρικών που συσσωρεύθηκαν στα φύλλα. Σημαντική αύξηση νιτρικών παρατηρήθηκε από τα φυτά που δέχθηκαν υψηλά επίπεδα N-ούχου λίπανσης. Οι μέσες τιμές των νιτρικών από τα 1726 και 2073 mg NO₃⁻ /Kg νβ στην περίπτωση της

χαμηλής και ενδιάμεσης N-ούχου λίπανσης, αυξήθηκαν στα 2982 mgNO₃⁻/Kg νβ στα φυτά που δέχθηκαν υψηλές τιμές N-ούχου λίπανσης (LSD_{0,05}=397). Αξίζει να σημειωθεί ότι οι τιμές αυτές ήταν αρκετά μεγαλύτερες από τις τιμές που προσδιορίστηκαν από τα φύλλα των μαρουλιών.

Η ποσότητα των νιτρικών στις ρίζες των ραπανιών επηρεάζεται σημαντικά και από την παρουσία των θεικών ανιόντων στο θρεπτικό διάλυμα που χορηγήθηκε στα φυτά (F= 5,12 για 2 και 36 BE, P=0,01). Η χορήγηση 300 mg S L⁻¹ (ως SO₄²⁻ ανιόν) στο νερό του ποτίσματος, φαίνεται να προκαλεί περιορισμό της συσσώρευσης νιτρικών στις ρίζες των ραπανιών. Από την μελέτη των απλών κύριων επιδράσεων του παράγοντα S μέσα στα επίπεδα του παράγοντα N φανερώνει ότι η επίδραση αυτή των θεικών ανιόντων στην συσσώρευση των νιτρικών αφορά μόνο το επίπεδο της υψηλής N-ούχου λίπανσης (LSD_{0,05}=688). Τα προηγούμενα παρουσιάζονται στο γράφημα της παρακάτω εικόνας.

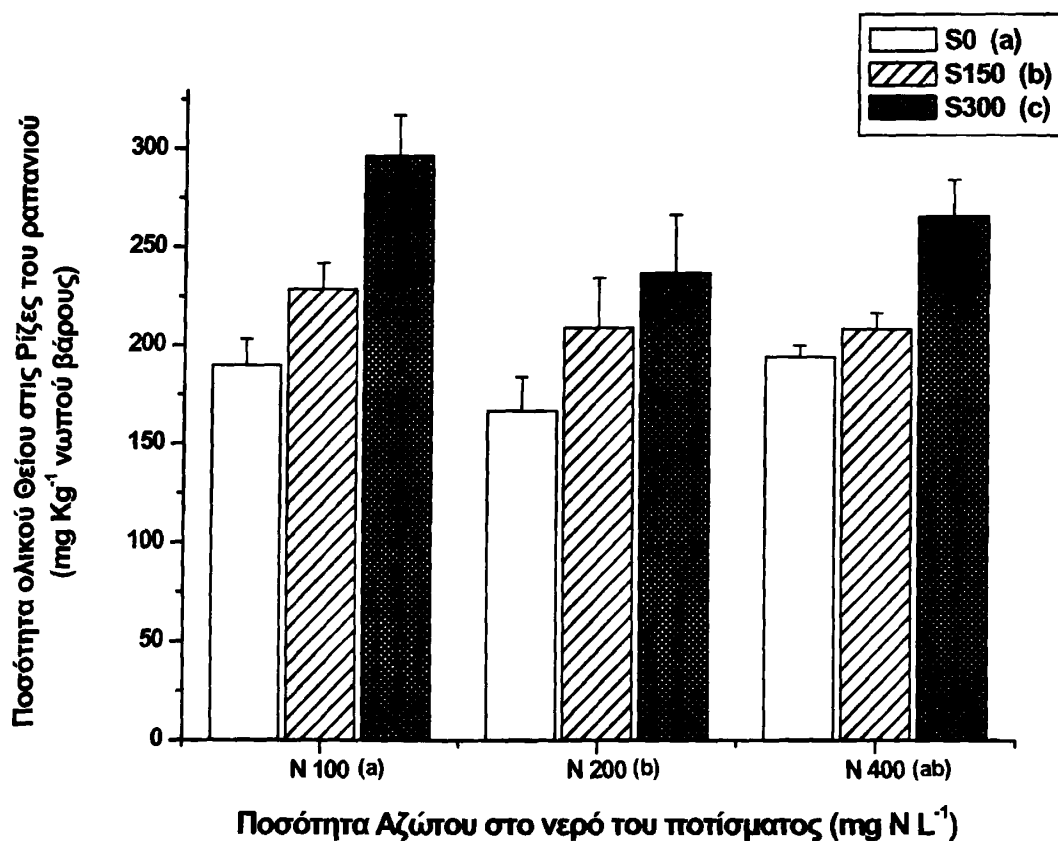


Εικόνα 11. Μέσοι και τυπικά σφάλματα της ποσότητας των νιτρικών στις ρίζες των ραπανιών του πειράματος. Οι μέσοι που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα, σύμφωνα με το κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) και για επίπεδο σημαντικότητας 5%.

4. Ποσότητα ολικού θείου στις ρίζες των ραπανιών

Η ανάλυση της διασποράς των τιμών του ολικού θείου που προσδιορίστηκε από τις ρίζες των ραπανιών έδειξε ότι η αζωτούχος λίπανση δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση ($F= 2,63$ για 2 και 36 ΒΕ, $P=0,08$), αντίθετα από ότι βρέθηκε στα φύλλα των μαρουλιών. Μόνο ο παράγοντας «S-ούχος λίπανση έχει σημαντική επίδραση ($F= 15,44$ για 2 και 36 ΒΕ, $P=0,00$). Αύξηση της θειικής λίπανσης σε κάθε περίπτωση προκάλεσε στατιστικά σημαντική αύξηση στις τιμές ολικού θείου στις ρίζες.

Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στο γράφημα της εικόνας 12.



Εικόνα 12. Μέσοι και τυπικά σφάλματα της ποσότητας του ολικού S στις ρίζες των ραπανιών του πειράματος. Οι μέσοι που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα, σύμφωνα με το κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) και για επίπεδο σημαντικότητας 5%.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα προηγούμενα αποτελέσματα της εργασίας αυτής φανερώνουν ότι τόσο στα μαρούλια όσο και στις ρίζες των ραπανιών, η αυξημένη παρουσία των θεικών ανιόντων στο νερό του ποτίσματος προκαλεί περιορισμό στην συσσώρευση νιτρικών στα κυτταρικά χυμοτόπια, ιδιαίτερα στα φυτά που δέχονται αυξημένες ποσότητες αζωτούχου λίπανσης. Ανάλογα αποτελέσματα για την επίδραση της θεικής λίπανσης στην συσσώρευση νιτρικών στα φύλλα των μαρουλιών αναφέρονται και από τους Βασδέκης κ.α. (2005).

Δύο είναι οι πιθανότερες αιτίες για αυτή την επίδραση των θεικών ανιόντων στην συσσώρευση των νιτρικών.

1. Εντατικοποίηση του κυτταρικού μεταβολισμού και αύξηση του ρυθμού της αναγωγής των νιτρικών σε νιτρώδη και οργανικό άζωτο.

Το S όπως και το N αποτελεί σημαντικό θρεπτικό στοιχείο, το οποίο συμμετέχει στην δομή των πρωτεϊνών του κυττάρου. Συμμετέχει στην δομή του συστήματος της ρεδουκτάσης των νιτρικών. Θα ήταν λογικό να υποθέσουμε πως η αύξηση της χορήγησης S επιφέρει την εντατικοποίηση του μεταβολισμού, ιδιαίτερα σε σχέση με τις μεταχειρίσεις με 0 ppm S, με αποτέλεσμα την αύξηση της αναγωγής των νιτρικών και την μείωση της ποσότητας που ανιχνεύεται στα φύλλα. Όμως αυτό θα έπρεπε να συνοδεύεται και από αύξηση της βιομάζας των φυτών, ως αποτέλεσμα την αύξηση του πρωτεϊνικού δυναμικού και της ενεργότητας των ενζυμικών συστημάτων που εμπλέκονται στην αναγωγή των νιτρικών, με αντίκτυπο την αύξηση του βάρους της κεφαλής των μαρουλιών και της ρίζας των ραπανιών. Τα αποτελέσματα όμως έδειξαν ότι το βάρος των κεφαλών (μαρούλια) και των ριζών (ραπανάκια) είναι ανεξάρτητο από το χορηγούμενο S.

Επίσης, αν η μείωση των νιτρικών που διαπιστώθηκε στο πείραμα είχε ως αιτία την εντατικοποίηση του μεταβολισμού των νιτρικών, η αύξηση του χορηγούμενου S θα έπρεπε να οδηγεί σε αύξηση του ολικού θείου στους ιστούς των φύλλων των μαρουλιών. Αυτό συνέβη μόνο από τα 0 στα 150 ppm S, ενώ από 150 στα 300 ppm, όπου και παρατηρήθηκε η μείωση των νιτρικών, δεν συνοδεύτηκε από αύξηση στην ποσότητα του ολικού S που ανιχνεύτηκε στα φύλλα των φυτών. Αντίθετα αύξηση στο ολικό θείο, με την αύξηση της θεικής λίπανσης, παρατηρήθηκε μόνο στις ρίζες των ραπανιών. Όμως αυτό το γεγονός δεν σχετίζεται με την εντατικοποίηση του μεταβολισμού καθώς είναι γνωστό ότι στις ρίζες των φυτών δεν υφίσταται αναγωγή των νιτρικών λόγω της έλλειψης της φωτοσυνθετικής διαδικασίας, (λειτουργία άμεσα σχετιζόμενης με την αναγωγή των νιτρικών).

2. Αλλαγές στην ισορροπία των ανιόντων

Αναφέρεται ότι ανιόντα όπως το Cl^- μπορεί να ανταγωνίζονται την απορρόφηση των νιτρικών ή δρώντας ως οσμωτικός ρυθμιστής να προκαλούν την απομάκρυνσή τους από τα χυμοτόπια (Urrestarazu et al, 1998).

Τα αποτελέσματα από τις ρίζες των ραπανιών μπορεί να εξηγηθούν με βάση αυτή την υπόθεση. Το ολικό θείο παρουσίασε συνεχή αύξηση με την αύξηση της θεικής λίπανσης στο νερό του ποτίσματος και παράλληλα



παρατηρήθηκε και ελάττωση στην ποσότητα των νιτρικών στις ρίζες. Είναι πιθανό τα θειικά να παίζουν αντίστοιχο ρόλο στην ιοντική ισορροπία και στην μείωση των νιτρικών στο μαρούλι. Όμως μελετώντας τα αποτελέσματα της ποσότητας του ολικού θείου μεταξύ των επιπέδων 150 και 300 ppm S δεν διαπιστώνεται αύξηση του θείου (κάτι που θα ήταν λογικό στην απλή περίπτωση του ανταγωνισμού στην απορρόφηση των ανιόντων). Επιπλέον θεωρείται ότι τα θειικά ανιόντα από την στιγμή της εισαγωγής τους στα κύτταρα ανάγονται ταχύτατα σε οργανικό θείο.

Σύμφωνα με τα προηγούμενα η μείωση των νιτρικών που παρατηρήθηκε με την αύξηση της χορήγησης θειικών ανιόντων στο θρεπτικό διάλυμα να οφείλεται πιθανά σε κάποιο είδος παρεμπόδισης της απορρόφησης τους από το θρεπτικό διάλυμα λόγω της παρουσίας αυξημένης συγκέντρωσης θειικών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

A. Μαρούλια

1. Η πρόσθετη λίπανση των φυτών με θειικά ανιόντα προκάλεσε ελάττωση των νιτρικών που ανιχνεύονται στα φύλλα των φυτών. Αυτή όμως δεν ήταν τόσο έντονη όσο έντονη ήταν η αύξηση των νιτρικών όταν η χορηγούμενη N-ούχος λίπανση έφθασε τα 400 mgL⁻¹.
2. Σε καμία μεταχείριση δεν ξεπεράστηκαν τα θεσπισμένα όρια της ΕΕ για νιτρικά στα μαρούλια, ακόμα και με την λίπανση με 400 mgL⁻¹ N.
3. Το βάρος των φυτών εξαρτάται από την ποσότητα της N-ούχου λίπανσης και ήταν ανεξάρτητο από την ποσότητα της λίπανσης με θειικά.
4. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με την δόση των 250-300 mgL⁻¹ που προτείνεται για υδρολίπανση του μαρουλιού. Πράγματι αυξάνοντας από τα 200 στα 400 mgL⁻¹ την χορηγούμενη N-ούχο λίπανση:
 - Αυξήθηκε η ποσότητα της παραγωγής κατά 10%
 - Αυξήθηκε η ποσότητα της λίπανσης με N κατά 100%
 - Αυξήθηκε η ποσότητα των νιτρικών στα φύλλα κατά 400%

B. Ραπανάκια

1. Η πρόσθετη λίπανση των φυτών με θειικά ανιόντα προκάλεσε ελάττωση των νιτρικών που ανιχνεύονται στις ρίζες τους. Όμως οι ποσότητες των νιτρικών ήταν πολύ μεγαλύτερες από ότι στα μαρούλια.
2. Το βάρος των ριζών αν και άμεσα σχετιζόμενο από την αζωτούχο λίπανση, δεν παρουσίασε αύξηση στην περίπτωση της λίπανσης με 400 mg N L⁻¹. Τα αποτελέσματα του πειράματος δείχνουν ότι δόσεις μεγαλύτερες από 200 mg N L⁻¹ δεν έχουν κανένα καλλιεργητικό όφελος. Αντίθετα προκαλούν μεγαλύτερη συσσώρευση νιτρικών στις ρίζες.

Παράρτημα

ΜΑΡΟΥΛΙ

ΝΙΤΡΙΚΑ ΣΤΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΦΥΛΛΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Πίνακας ανάλυσης της διασποράς και δοκιμασία του F για τα αποτελέσματα των νιτρικών στα εξωτερικά φύλλα της κεφαλής των μαρουλιών. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε μετά από μετατροπή τους στην τετραγωνική τους ρίζα.

Πηγή Παραλλακτικότητας	Βαθμοί Ελευθερίας	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	P
Παράγοντας 1 ^ο : N	2	9923,862	4661,931	483,865	0,0000
Παράγοντας 2 ^ο : S	2	179,260	89,630	7,837	0,0015
Αλληλεπίδραση N*S	4	17,937	4,484	0,392	0,8129
Υπόλοιπο	36	411,716	11,436		
Σύνολο	44	10532,777			

ΝΙΤΡΙΚΑ ΣΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΦΥΛΛΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Πίνακας ανάλυσης της διασποράς και δοκιμασία του F για τα αποτελέσματα των νιτρικών στα εσωτερικά φύλλα της κεφαλής των μαρουλιών. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε μετά από μετατροπή τους στην τετραγωνική τους ρίζα.

Πηγή Παραλλακτικότητας	Βαθμοί Ελευθερίας	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	P
Παράγοντας 1 ^ο : N	2	3569,104	1784,5524	198,660	0,000
Παράγοντας 2 ^ο : S	2	78,567	39,283	4,373	0,019
Αλληλεπίδραση N*S	4	54,801	13,700	1,525	0,215
Υπόλοιπο	36	323,385	8,982		
Σύνολο	44	10532,777			

ΒΑΡΟΣ ΚΕΦΑΛΗΣ ΦΥΤΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Πίνακας ανάλυσης της διασποράς και δοκιμασία του F για τα αποτελέσματα του βάρους της κεφαλής των μαρουλιών.

Πηγή Παραλλακτικότητας	Βαθμοί Ελευθερίας	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	P
Παράγοντας 1 ^ο : N	2	37133,911	18566,956	16,545	0,0000
Παράγοντας 2 ^ο : S	2	573,911	286,955	0,255	0,7758
Αλληλεπίδραση N*S	4	812,088	203,022	0,180	0,9468
Υπόλοιπο	36	40398,000	1122,166		
Σύνολο	44	78917,911			

ΟΛΙΚΟ ΘΕΙΟ ΣΤΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΦΥΛΛΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Πίνακας ανάλυσης της διασποράς και δοκιμασία του F για τα αποτελέσματα του ολικού θείου στα εξωτερικά φύλλα της κεφαλής των μαρουλιών.

Πηγή Παραλλακτικότητας	Βαθμοί Ελευθερίας	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	P
Παράγοντας 1 ^ο : N	2	60658,3111	30029,1560	44,0546	0,0000
Παράγοντας 2 ^ο : S	2	17710,0444	8855,0222	12,8623	0,0001
Αλληλεπίδραση N*S	4	680,8888	170,2222	0,2472	0,9094
Υπόλοιπο	36	24784,0000	688,4444		
Σύνολο	44	103833,2444			

ΟΛΙΚΟ ΘΕΙΟ ΣΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΦΥΛΛΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: Πίνακας ανάλυσης της διασποράς και δοκιμασία του F για τα αποτελέσματα του ολικού θείου στα εσωτερικά φύλλα της κεφαλής των μαρουλιών.

Πηγή Παραλλακτικότητας	Βαθμοί Ελευθερίας	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	P
Παράγοντας 1 ^ο : N	2	22378,8444	11189,422	7,8808	0,0014
Παράγοντας 2 ^ο : S	2	41880,7111	20930,356	14,7485	0,0000
Αλληλεπίδραση N*S	4	10556,0888	2639,0222	1,8586	0,1390
Υπόλοιπο	36	51113,6	1419,8222		
Σύνολο	44	125929,2444			

ΡΑΠΑΝΑΚΙ

ΒΑΡΟΣ ΡΙΖΑΣ ΡΑΠΑΝΙΟΥ

ΠΙΝΑΚΑΣ 6: Πίνακας ανάλυσης της διασποράς και δοκιμασία του F για τα αποτελέσματα του βάρους της ρίζας των ραπανιών.

Πηγή Παραλλακτικότητας	Βαθμοί Ελευθερίας	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	P
Παράγοντας 1 ^ο : N	2	217,4697	108,7348	3,6659	0,356
Παράγοντας 2 ^ο : S	2	31,8751	15,9375	0,5373	0,5889
Αλληλεπίδραση N*S	4	100,9048	25,2262	0,8504	0,5028
Υπόλοιπο	36	1067,8	29,6611		
Σύνολο	44	1418,0497			

ΝΙΤΡΙΚΑ ΣΤΗ ΡΙΖΑ ΡΑΠΑΝΙΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 7: Πίνακας ανάλυσης της διασποράς και δοκιμασία του F για τα αποτελέσματα των νιτρικών στη ρίζα των ραπανιών.

Πηγή Παραλλακτικότητας	Βαθμοί Ελευθερίας	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	P
Παράγοντας 1 ^ο : N	2	12624016,84	6312008,4	21,9343	0,0000
Παράγοντας 2 ^ο : S	2	2948735,244	1474367,6	5,1234	0,0110
Αλληλεπίδραση N*S	4	1341873,689	335468,42	1,1657	0,3421
Υπόλοιπο	36	10359677,2	287768,81		
Σύνολο	44	27274302,98			

ΘΕΙΚΑ ΣΤΗ ΡΙΖΑ ΡΑΠΑΝΙΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 8: Πίνακας ανάλυσης της διασποράς και δοκιμασία του F για τα αποτελέσματα του ολικού θείου στη ρίζα των ραπανιών.

Πηγή Παραλλακτικότητας	Βαθμοί Ελευθερίας	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	P
Παράγοντας 1 ^ο : N	2	8857,7333	4428,8667	2,6335	0,0856
Παράγοντας 2 ^ο : S	2	51946,5333	25973,267	15,4446	0,0000
Αλληλεπίδραση N*S	4	3603,7333	900,9333	0,5357	0,7103
Υπόλοιπο	36	60541,2	1681,7		
Σύνολο	44	124949,2			

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Addiscott T.M. with contributions from Cold A.J., Oviatt C.A., Benjamin N. and Giller K.E., 2005. Nitrate ,agriculture and the environment., pp 145-152, 159-171, 201-203
- Atkinson, D., Jackson, J. E., Sharples, R.O and Waller, W. M. (eds). 1980 Mineral nutrition of fruit trees. Butterwoths. London pp 435
- Blom-Zandstra., M., 1989. Nitrate accumulation in vegetables and its relationship to quality. *Ann. Apl. Biol.* 115: 553-561.
- Dincer, Y., Akcay, T., Osman, T., Dogusoy, G., Nitric Oxide and Antioxidant Defense in Patients with Gastric Cancer., C Springer Science+Business Media, Inc. 2006., pp 1367-1370
- Gianquinto, G., Borin M., (1992). Nitrate content in vegetable crops as affected by soil characteristics, rate and type of fertilization. In: Scaife A. (Ed.) *Proc. Second Congress of the European society of Agronomy, Warwick, 23-28/8/92, 256-257.*
- Kowalenko, C.G., and Van Laerhoven C.J., (1998). Total sulfur determination in plant tissue. In "Handbook of reference methods for plant analysis". (Y.P Kartra ed.) CRC Press., Boca Raton, Florida. pp. 93-102.
- Macz, O., Paparozzi, E. T. and W. W. Stroup. (2001). The effect of nitrogen and sulfur applications on pot chrysanthemum production and post-harvest performance I. Leaf nitrogen and sulfur concentrations. *J. Plant Nutrition* 24(1):111-130
- Mitsui, T., and Kondo, T., 1999. Vegetables, High Nitrate Foods, Increased Breath Nitrous Oxide, Digestive Diseases and Sciences, Vol. 44, No. 6 (June 1999), pp. 1216-1219
- Paparozzi, E. T. (1999). Nitrogen and sulfur interaction in floricultural crops. *Acta Horticulturae* 481:379-383.
- Petersen, A., and Stoltze, S., 1999. Nitrate and nitrite in vegetables on the Danish market: content and intake., *Food Additives and Contaminants*, Vol. 16, No. 7, 291-299
- Snedecor G. W and Cochran W. G., 1989. Square root transformation for counts, pp 287-289 in *Statistical Methodw*, 8th edition. Iowa State University Press
- Steingrover, E.G., Steenhuizen, J.W., and Vander Boon, J., (1993). Effects of low light Intensities at night on nitrate accumulation in lettuce grown on a recirculating nutrient solution. *Netherlands J. Agric. Sci.* 41(1): 13-21.
- Urrestarazu, M; Postigo, A; Salas, M; Sanchez, A; Carrasco, G., 1998. Nitrate accumulation reduction using chloride in the nutrient solution on lettuce growing by NFT in semiarid climate conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 21 (8) pp. 1705-1714.
- Αναλογίδης Δ. Α. (1989) 'NO₃ -N ως δείκτης διαθεσιμότητας εδαφικού αζώτου...' Πρακτικά 2^{ου} Πανελληνίου εδαφολογικού συνεδρίου Λάρισα



Βασδέκης Ε., Καρυπίδης Χ., Σάββας Δ., 2005. Επίδραση ανόργανης ή οργανικής λίπανσης στη συσσώρευση νιτρικών στα φύλλα μαρουλιού καλλιεργούμενου στο έδαφος. Πρακτικά 22ου Πανελληνίου Επιστημονικού Συνεδρίου της Ε.Ε.Ε.Ο. (1): 483-486.

Δημητράκης Κ.Γ Λαχανοκομία, σελ.280-284,304-316

Θερίος Ιωάννης (1996) Ανόργανη θρέψη και λιπάσματα Αθήνα

Μάνος Γ. - Παπαδόπουλος Γ. (1986) Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη συσσώρευση νιτρικών στους ιστούς των λαχανοκομικών φυτών Περιοδικό Αγροτικά θέματα τεύχος 5

Σάββας Δημήτριος (1996) Σημειώσεις ειδικής Λαχανοκομίας ΤΕΙ Ηπείρου Άρτα

Σάββας Δημήτριος (2005). Σημειώσεις διδακτικής ενότητας : Το άζωτο ως θρεπτικό στοιχείο και το πρόβλημα των νιτρικών για την ποιότητα των γεωργικών προϊόντων και το περιβάλλον.,σελ.1-23

Σιμώνης Α - Σετάτου Ε. (1995) Το πρόβλημα με τα νιτρικά Περιοδικό Γεωργική Τεχνολογία τεύχος 3

Σιμώνης Α. , Σετάτου Ε. (1992) Αποτελεσματικότητα Αζώτου - παράγοντες που την επηρεάζουν και τρόποι βελτίωσής της V. Απονιτροποίηση Περιοδικό Γεωπονικά τεύχος 340

Σίωμος Αναστάσιος (2001) Νιτρικά και φυτορμόνες στα λαχανικά και μέτρα προστασίας του καταναλωτή Περιοδικό Καταναλωτικό Βήμα Τεύχος Απριλίου - Μαΐου

Τσιτοίας Κυριάκος Λιπασματολογία σελ.27-33,46-49, ΟΕΔΒ Αθήνα 1987

Ηλεκτρονικές διευθύνσεις

www.kepka.org/Grk/info/Nutricion/nut003_005.htm

www.ipk-gatersleben.de

www.firstinfloriculture.org/pdf/2005_7_nitro_sulfur_part2.pdf

www.botany.ubc.ca/biol351/351h.htm

www.scripps.edu/~stroupe/

www.siu.edu/departments/biochem/chime_rasmol/iron_sulfur