

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΑΓΡΟΧΗΜΕΙΑ - ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗΣ ΝΙΤΡΙΚΩΝ (NO_3^-)
ΣΤΟΥΣ ΦΥΤΙΚΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ ΣΠΑΝΑΚΙΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ
ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΝΟΡΓΑΝΩΝ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ ΣΕ
ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΘΕΪΚΩΝ (SO_4^{2-})



ΑΝΔΡΕΑΣ Δ. ΤΣΙΑΝΤΗΣ
ΓΕΩΠΟΝΟΣ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΚΑΡΙΠΙΔΗΣ

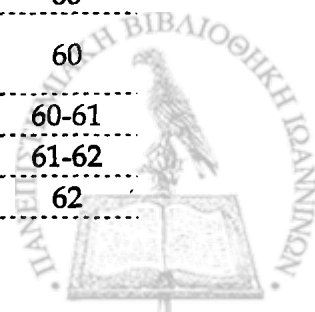
Αναπληρωτής Καθηγητής
ΑΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2007



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	6
Εισαγωγή	6
Περιεκτικότητα των λαχανικών σε ενέργεια, νερό,σάκχαρα,πρωτείνες και λίπη	6-8
Περιεκτικότητα των λαχανικών σε ανόργανα θρεπτικά στοιχεία	8-9
Περιεκτικότητα των λαχανικών σε βιταμίνες	9
Διατροφικό και οικολογικό πρόβλημα	10-12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	13
Εισαγωγή	13-15
Βοτανικά χαρακτηριστικά	15-17
Απαιτήσεις σε κλίμα	17-19
Σχηματισμός ανθικών στελεχών	19-20
Απαιτήσεις σε έδαφος	20-21
Λίπανση	21-22
Πολλαπλασιασμός	22-24
Καλλιεργητικές περιποιήσεις	24-26
Συγκομιδή	26-27
Αποθήκευση	27-29
Αποδόσεις	29-30
Θρεπτική αξία	30-31
Ποιότητα	31-32
Ποικιλίες	33-34
Εχθροί και ασθένειες	34-35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	36
Αζωτο- Απορρόφηση και φυσιολογικός ρόλος του αζώτου	36-37
Ο κύκλος του αζώτου	37-41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	42
Χρησιμοποίηση των νιτρικών ιόντων από τα φυτά	42-43
Συστήματα πρόσληψης νιτρικών	44-46
Σύστημα πρόσληψης ιόντων αμμωνίας	46-47
Αναγωγή νιτρικών ιόντων	47-50
Αναγωγή νιτρικών ιόντων σε νιτρώδη	50-52
Αναγωγή νιτρώδων ιόντων σε αμμωνιακά	53-57
Ρύθμιση της αναγωγής των νιτρικών ιόντων	57-58
Προτιμήσεις των φυτών στην απορρόφηση και χρήση νιτρικών και αμμωνιακών ιόντων	58
Φυσιολογικές επιδράσεις των μορφών Ν στα φυτά	59
Συγκέντρωση νιτρικών σε φυτά σπανακιού και μαρουλιού	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	60
Το πρόβλημα της συγκέντρωσης των νιτρικών στα φυτά και στον άνθρωπο	60
Κίνδυνοι στην υγεία από νιτρικά και νιτρώδη	60-61
Τοξικότητα από νιτρικά και νιτρώδη στον άνθρωπο	61-62
Πηγές νιτρικών ή νιτρώδων που προκαλούν μεθαιμογλοβιναιμία	62



Νιτροζαμίνες	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	64
Παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση των νιτρικών στα φυτά	64
Κλιματικοί παράγοντες	64-65
Γενετικοί παράγοντες	66
Εφοδιασμός νιτρικών καλλιεργούμενων σε θρεπτικό υπόστρωμα	66
Λίπανση και συσσώρευση νιτρικών	67-72
Αναστολείς νιτροποίησης	72
Επίδραση λοιπών στοιχείων στην συγκέντρωση νιτρικών	72
Επίδραση ιχνοστοιχείων	72-73
Άλλοι παράγοντες	73-74
Ταχύτητα απορρόφησης ανιόντος και κατιόντος του ίδιου άλατος	74
Κατανομή νιτρικών στα φυτά	74-76
Νιτρικά και εσωτερική ζημιά στα κουτιά των κονσερβών	77
Νιτρικά και ποιότητα των επεξεργασμένων προϊόντων	77
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	78
Συγκέντρωση νιτρικών στα λαχανικά	78
Λαχανικά με υψηλή συσσωρευτική ικανότητα	78-81
Συγκέντρωση νιτρικών στο σπανάκι και στα μαρούλια	81-85
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	86
Στοιχείο Θείο	86
Φυσιολογική δράση S	86-87
Καλλιέργειες και θείο	88
Ο κύκλος του θείου	88-93
Φυσιολογική δράση του θείου	93-94
Μορφές S στο έδαφος και η χρησιμοποίησή του από τα φυτά	95
Θεικές ενώσεις	95
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9	96
Εγκατάσταση πειραματικού αγρού καλλιέργειας σπανακιού	96
Σκοπός του πειράματος	96-98
Υλικά και μέθοδοι	99
Επιλογή ποικιλίας	99
Σπορά και ανάπτυξη στο σπορείο	99-100
Μεταφύτευση	100-101
Συνθήκες περιβάλλοντος στο θερμοκήπιο	101
Καλλιεργητικές φροντίδες	101-102
Απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία του σπανακιού	102-103
Λιπάνσεις πειραματικού μέρους	103-104
Χαρακτηριστικά λιπασμάτων των επεμβάσεων	105-107
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10	108
Τρόπος και χρόνος δειγματοληψίας	108
Μεταφορά και αποθήκευση δειγμάτων	109
Προετοιμασία των φυτικών ιστών για ανάλυση	109
Ξήρανση σε φούρνο	109-111
Άλεσμα των φυτικών ιστών	111-112
Αποθήκευση - συντήρηση	112



Στατιστική επάρκεια και αξιοπιστία αποτελέσματος	112
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11	113
1. Προσδιορισμός νιτρικού αζώτου	113
Εκχύλιση δειγμάτων φυτικών ιστών	113
Χρωματομετρική μέθοδος	113
Υλικά και όργανα	113
Αντιδραστήρια	113-114
Τρόπος εργασίας	114
Αρχή της μεθόδου	114
Αντιδραστήρια	114-115
Διαδικασία- Καμπύλη αναφοράς νιτρικών του πειράματος	115-118
2. Προσδιορισμός Θείου	119
Μέθοδος μέτρησης θεικών σε φυτικούς ιστούς σπανάκιου	119
Μετατροπή του θείου των φυτικών ιστών σε θειικά (SO_4^{2-})	119
Αντιδραστήρια	119-120
Θολομετρική μέθοδος	120
Αντιδραστήρια	121
Διαδικασία	121-122
Υπολογισμός της θολότητας	122
Καμπύλη αναφοράς ολικού θείου του πειράματος	123-125
ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	126-127
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	128-131
ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ - ΕΦΗΜΕΡΙΔΕΣ	131
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ	131



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η διατριβή αυτή έγινε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος «Αγροχημεία και βιολογικές καλλιέργειες» που πραγματοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων από τα τμήματα Χημείας και Βιολογικών Εφαρμογών και από τα τμήματα Φυτικής Παραγωγής, Ζωικής Παραγωγής και Ανθοκομίας & Αρχιτεκτονικής Τοπίου του ΤΕΙ Ηπείρου.

Η επιλογή του θέματος έγινε σε συνεργασία με τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Χαράλαμπο Καρυπίδη και με βάση την επιθυμία του γράφοντα να προσεγγίσει ένα χώρο που αφορά άμεσα την υγεία μας και αποτελεί πηγή σημαντικού προβληματισμού, όχι μόνο των καταναλωτών λαχανικών, αλλά και των κυβερνήσεων των κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των άλλων κρατών, αλλά παράλληλα και μεγάλων διεθνών οργανισμών όπως ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας.

Με την εργασία αυτή πιστεύουμε πως θα συμβάλουμε και εμείς στην κατανόηση και τυχόν ανακάλυψη των απαντήσεων που προβληματίζουν την επιστημονική κοινότητα, καθώς και στην πραγμάτωση μιας προσπάθειας ευαισθητοποίησης της κοινής γνώμης, εφόσον τα νιτρικά ανιόντα θεωρούνται πολύ επικίνδυνα για την υγεία των καταναλωτών.

Για να γίνει αυτή η έρευνα πάνω σε πειραματικό αγρό καλλιέργειας σπανακιών εργάστηκαν πολλοί τους οποίους και ευχαριστώ. Ιδιαίτερα θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Χ. Καρυπίδη για την αμέριστη συμπαράστασή του σε αυτή τη δύσκολη προσπάθεια, τον κ. Σ. Ραπακούση που με βοήθησε στην καλλιέργεια των σπανακιών και τέλος τις Ε. Βουκελάτου και Ε. Μπουντιώ που βοήθησαν στις αναλύσεις των φυτικών ιστών.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα λαχανικά κατέχουν βασική θέση στο διαιτολόγιο του ανθρώπου και συνεισφέρουν στην υγιεινή διατροφή τόσο με τα συστατικά που περιέχουν όσο και με τις απαραίτητες γεύσεις που προσφέρουν στα γεύματα, συμβάλλοντας έτσι στο «άνοιγμα» της όρεξης, στη σωστή λειτουργία του πεπτικού συστήματος και στον εφοδιασμό του ανθρώπινου οργανισμού με τα εντελώς απαραίτητα κι θρεπτικά στοιχεία. Πρέπει επίσης να τονιστεί ότι το μέγιστο μέρος των λαχανικών χαρακτηρίζονται από φαρμακευτικές ιδιότητες και συμβάλλουν θετικά στη διατήρηση της φυσιολογικής κατάστασης των διάφορων ζωτικών ανθρώπινων οργάνων και λειτουργιών.

α. Περιεκτικότητα των λαχανικών σε ενέργεια, νερό, ζάχαρα, πρωτεΐνες και λίπη

Τα περισσότερα προϊόντα των λαχανοκομικών καλλιεργειών χαρακτηρίζονται από την υψηλή περιεκτικότητα σε νερό (μεγαλύτερη από 85% του νωπού βάρους) και από σχετικά μικρή περιεκτικότητα σε ζάχαρα (υδατάνθρακες) που κυμαίνεται από 3,2-22,1% του νωπού βάρους τους. Εξαιρέση αποτελούν τα ξερά μπιζέλια (60,3%) και τα ξερά φασόλια (61,3%).

Από τα φρέσκα λαχανικά σχετικά υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες έχουν η πατάτα με 17,1%, ο φρέσκος αρακάς με 14,4%, η αγκινάρα με 9,9%, το πράσο με 11,2%, το παντζάρι με 9,9%, το καρότο με 9,7%, η καυτερή πιπεριά με 10,0% κλπ (Πίνακας 1).

Η περιεκτικότητα των φρέσκων λαχανικών σε πρωτεΐνες είναι πολύ μικρή και κυμαίνεται από 0,8% στο αγγούρι μέχρι 6,3% στο μπιζέλι. Πλούσια σε καλής βιολογικής αξίας πρωτεΐνες είναι τα ξερά μπιζέλια (24,1%) και τα ξερά φασόλια (22,3%), τα οποία και συνιστώνται ιδιαίτερος στο διαιτολόγιο των χορτοφάγων (vegeterians) προς αντικατάσταση των υψηλής βιολογικής αξίας ζωικών πρωτεϊνών, οι οποίες δεν είναι δυνατόν να προσληφθούν από την κατηγορία αυτών των ατόμων που για λόγους θρησκευτικούς, ηθικούς, υγειονομικούς ή φυσιολογίας δεν καταναλώνουν ζωικής προέλευσης τρόφιμα.

Πολύ μικρή είναι και η περιεκτικότητα των λαχανικών σε λίπη, η οποία κυμαίνεται σε επίπεδα μικρότερα του 0,6%, με εξαίρεση το γλυκό καλαμπόκι (1,0%), τα ξερά μπιζέλια (1,3%) και τα ξερά φασόλια (1,6%). Δεδομένου ότι τα φυτικά λίπη (έλαια) συνίστανται, στο μεγαλύτερο ποσοστό τους, από ακόρεστα λιπαρά οξέα, είναι φανερό ότι αυτά αποτελούν χρήσιμα συστατικά για μια υγιεινή διατροφή.



Πίνακας 1: Θρεπτικά συστατικά και ενέργεια που περιέχονται σε 100 γρ. λαχανικών

Λαχανικό	Ενέργεια	Νερό	Πρωτεΐνες	Λίπη	Υδατάνθρακες	Αλατα					Βιταμίνες				
						Ασβέστιο	Φωσφόρος	Σίδηρος	Νάτριο	Κάλιο	Α	Θειαμίνη	Νιασίνη	Ριβοφλαβίνη	Ασκορβικό οξύ
	Kcal	%	g	g	g	mg	mg	mg	mg	mg	ΔΜ	mg	mg	mg	mg
Αγγούρι	15	95,1	0,9	0,1	3,4	25	27	1.1	6	160	250	0.03	0.04	0,2	11
Αγκινάρες	44	88,5	2,8	0,2	9,9	51	69	1.1	30	301	160	0.08	0.05	1.0	12
Αντίδια	20	93,1	1.7	0,1	4,1	81	54	1.7	14	294	3300	0.07	0.14	0,5	10
Αραβόσιτος ωμός, χλωρός	96	72,7	3,5	1,0	18,8	3	89	0,5	Ίχνη	165	400	0.11	0.10	1,3	7
Αρακάς ωμός	84	78	6,3	0,4	14,4	26	116	1,9	2	316	640	0.35	0.14	2,9	27
Γλυκοπατάτα	105	75,6	1,7	0,3	35,2	22	-	0,6	-	-	2000	0.07	0.70	0.04	23
Γογγύλι ωμό	30	91,5	1,0	0,2	6,6	39	30	0,5	49	268	Ίχνη	0.04	0.07	0,6	36
Καρότο	42	88,2	1,1	0,2	9,7	37	36	0,7	47	341	11000	0.06	0.05	0,6	8
Καρπούζι	26	92,6	0,5	0,2	6,4	7	10	0,5	1	100	590	0.03	0.03	0,2	7
Κοκκινόγούλι (πατζάρι) βραστό	32	90.9	1,1	0,1	7,2	14	23	0.5	43	208	20	0.03	0.04	0.3	6
Κολοκυθάκι	26	91,6	1.0	0,1	6,5	21	44	0,8	1	340	1600	0.05	0.11	0,6	9
Κουνουπίδι	27	91,0	2,7	0,2	5,2	25	56	1,1	13	295	60	0.11	0.10	0,7	78
Κρεμμύδια ξερά	350	4,0	8,7	1,3	82,1	166	273	2,9	88	1383	200	0.25	0.18	1,4	35
Κρεμμυδάκια φρέσκα	38	89,1	1,5	0,1	8,7	27	36	0,5	10	157	40	0.03	0.04	0,2	10
Λάχανο	24	92,4	1,3	0,2	5,4	49	29	0,4	20	233	130	0.05	0.05	0,3	47
Μαϊντανός	44	85,1	3,6	0,6	8,5	203	63	6,2	45	727	8500	0.12	0.26	1.2	172
Μάραθο	26	91,6	2,5	0,3	5,1	215	-	2,3	-	-	292	0.03	0.70	0.2	43
Μαρούλι	14	95,1	1,2	0,2	2,5	35	26	2,0	9	254	970	0.06	0.06	0,3	8
Μελιτζάνες	25	92,4	1,2	0,2	5,6	12	26	0,7	2	214	10	0.05	0.05	0,6	5
Μπάμιες	36	88,9	2,4	0,3	7,6	92	51	0,6	3	249	520	0.17	0.21	1,0	31
Μπιζέλια ωμά	84	78,0	6,3	0,4	14,4	26	116	1,9	2	316	640	0.35	0.14	2,9	27
Μπιζέλια ξηρά	343	10,1	21,7	1,5	60,3	130	-	5,2	-	-	3	0.60	3.00	0.2	0
Μπρόκολο	26	91,3	3,1	0,3	4,5	88	62	0,8	10	267	2500	0.09	0.2	0,8	90
Πατάτα	86	79,8	2,1	0,1	17,1	7	53	0,6	3	407	Ίχνη	0.10	0.04	1,5	20
Πατζάρι ωμό	43	87,3	1,6	0,1	9,9	16	33	0,7	60	335	20	0.03	0.05	0,4	10
Πιπони	33	90,6	0,8	0,3	7,7	14	16	0,4	12	251	40	0.04	0.03	0,6	23
Πιπεριές πράσινες	25	93,4	0,9	0,5	4,8	6	16	1,3	13	213	53	0.09	0,6	0.08	128
Πιπεριές κόκκινες	25	94,7	0,9	0,5	4,8	6	17	1,3	13	213	530	0.09	0,6	0.06	235
Πιπριά καυτερή	37	88,8	1,3	0,2	10,0	25	25	0,7	-	-	770	0.09	0,6	1,7	235

Ραδίκια	45	85,6	2,7	0,7	9,2	30	31	1,0	18	322	10	0,03	0,03	0,3	26
Ραπανάκια	16	94,6	0,8	-	3,2	9	16	0,5	9	149	420	0,06	0,07	0,5	96
Σέλινο βλαστο	14	95,3	0,8	0,1	3,1	31	22	0,2	88	239	230	0,02	0,03	0,3	6
Σκόρδο (σκελίδες)	137	61,3	6,2	0,2	30,8	29	202	1,5	19	529	Ιχνη	0,25	0,08	0,5	15
Σπανάκι	26	90,7	3,2	0,3	4,3	107	66	2,1	71	470	8100	0,10	0,20	0,6	51
Σπαράγγια	26	91,7	2,5	0,2	5,0	22	62	1,0	2	278	900	0,68	0,20	1,5	33
Τομάτα	22	93,5	1,1	0,2	4,7	13	27	0,5	3	244	900	0,06	0,04	0,7	20
Φασολάκια χλωρά	36	88,8	3,8	0,2	6,6	19	64	1,3	5	223	20	0,13	0,13	0,8	19
Φασόλια ξηρά	349	10,9	22,3	1,6	61,3	144	425	7,8	19	1196	0	0,65	0,22	2,4	-
Φράουλα	37	89,9	0,7	0,5	8,4	21	21	1,0	1	164	60	0,03	0,07	0,6	59

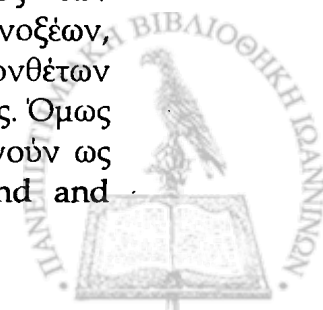
Πηγές: α). Παπανικολάου, Γ. Κ. 1983. Σωστή Διατροφή και Σωστό Αδυνάτισμα. Εκδόσεις Σικυών, Αθήνα, β). Latham, M. C. 1997. Human in the Developing World . Εκδοση FAO, Rome.

Κύριες πηγές ενέργειας ενός τροφίμου αποτελούν οι περιεχόμενες σ' αυτό ποσότητες υδατανθράκων (σακχάρων), πρωτεϊνών και λιπών. Από τα ανωτέρω παρατιθέμενα στοιχεία προκύπτει ότι και η ενεργειακή κατάσταση των λαχανοκομικών προϊόντων είναι επίσης χαμηλή και δεν ξεπερνά τις 50 θερμίδες ανά 100 γραμμάρια βάρους, με εξαίρεση τα ξερά φασόλια και τα ξερά μπιζέλια (από 340 θερμ. το κάθε είδος), το γλυκό καλαμπόκι (96 θερμ.), την πατάτα (86 θερμ.) και το φρέσκο μπιζέλι (84 θερμ.). Λόγω της μικρής περιεκτικότητας σε ενέργεια, συνιστάται από τους γιατρούς και διαιτολόγους, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις των ανθρώπων που χρειάζονται προσοχή στη διαίτα τους, η κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων λαχανικών.

Σημαντικός είναι ο ρόλος των λαχανικών στην προμήθεια του ανθρώπου με τα απαραίτητα αμινοξέα, τα οποία ούτε ο ανθρώπινος οργανισμός ούτε τα υπόλοιπα ζώα μπορούν να συνθέσουν. Από τα 25 αμινοξέα, που βρέθηκαν ως συστατικά των πρωτεϊνών, δέκα θεωρούνται απαραίτητα και ο άνθρωπος τα προμηθεύεται σχεδόν κατά αποκλειστικότητα από τα φυτικά τρόφιμα (σιτηρά, όσπρια, λαχανικά, φρούτα, κόνδυλοι, ριζώματα, βολβοί και άλλα φυτικά μέρη).

β. Περιεκτικότητα λαχανικών σε ανόργανα θρεπτικά στοιχεία

Αν και η σημασία των ανόργανων στοιχείων στη διατροφή του ανθρώπου έχει αναγνωριστεί πριν από 120 χρόνια περίπου, ο ειδικός τους ρόλος στα φυτά και τα ζώα άρχισε να αποσαφηνίζεται εδώ και 70 χρόνια και συνεπώς τα φυτικά και ζωικά τρόφιμα θεωρούνται πλέον οι κύριες πηγές κάλυψης των ανθρώπινων αναγκών σε ανόργανα στοιχεία, τόσο σε μακροστοιχεία όσο και ιχνοστοιχεία. Ο σημαντικός ρόλος, που τα ανόργανα στοιχεία παίζουν στη βιοχημεία της διατροφής, αποδίδεται στο ότι αποτελούν μέρος των μεγαλομοριακών ή μικρομοριακών ενώσεων όπως π.χ. πρωτεϊνών, αμινοξέων, νουκλεϊκών οξέων και συμβάλλουν στο σχηματισμό περισσότερο συνθέτων οργανικών ενώσεων (ενζύμων), χάρη στις ηλεκτρολυτικές τους ιδιότητες. Όμως αρκετές φορές τα ανόργανα στοιχεία και ιδιαίτερα τα μέταλλα ενεργούν ως καταλύτες σ' ένα μεγάλο αριθμό βιοχημικών αντιδράσεων (Aurand and



Woods, 1973).

Τα λαχανικά περιέχουν, άλλα σε μικρές και άλλα σε μεγάλες ποσότητες, ανόργανα άλατα. Η περιεκτικότητα τους επηρεάζεται άμεσα από τη σύσταση του εδάφους. Είναι άλλωστε γνωστό ότι μερικές περιοχές είναι ονομαστές για την παραγωγή λαχανικών με συγκεκριμένες ιδιότητες που αναφέρονται ακόμη και στη «βραστερότητα» των οσπρίων. Η περιεκτικότητα των λαχανικών σε συγκεκριμένα ανόργανα στοιχεία όπως N, P, K, Mg, Ca, S επηρεάζεται και από το είδος και το ποσό του παρεχομένου στην καλλιέργεια λιπάσματος. Τα φρέσκα και ιδιαίτερα τα πράσινα λαχανικά αποτελούν πολύ καλές πηγές για τον εφοδιασμό του ανθρώπου με αφομοιώσιμης μορφής ανόργανα στοιχεία (κυρίως μέταλλα). Έτσι, για παράδειγμα, ο μαϊντανός, το μάραθο, το μπρόκολο και το σέσκουλο περιέχουν υψηλές ποσότητες Ca, το γλυκό καλαμπόκι, ο πράσινος αρακάς, τα ξερά μπιζέλια και τα ξερά φασόλια είναι πλούσια σε P, ο μαϊντανός, το σέσκουλο, το σπανάκι και ο μάραθος είναι πλούσια σε Fe. Τέλος το σέλινο, το σέσκουλο, το πατζάρι, το καρότο και ο μαϊντανός είναι πλούσια σε Na, ενώ όλα σχεδόν τα λαχανικά περιέχουν υψηλές ποσότητες K (Πίνακας 1.1). Σημειώνεται ότι τα τρόφιμα ζωικής προέλευσης περιέχουν υψηλότερες ποσότητες φωσφόρου και θείου και είναι αυτά που κυρίως συμπληρώνουν τις καθημερινές ανάγκες του διαιτολογίου.

Τα ανόργανα μέταλλα, πέραν της χρησιμότητάς τους ως συστατικά των πολύπλοκων βιοχημικών ενώσεων, επενεργούν θετικά στον ανθρώπινο οργανισμό, επειδή βοηθούν στην εξουδετέρωση των οξέων, που παράγονται κατά τη διάρκεια της πέψης των τροφίμων ζωικής προέλευσης (κρέας, τυρί), συμβάλλοντας έτσι στη διατήρηση της σωστής αντίδρασης του αίματος και των άλλων σωματικών υγρών στο στομάχι, στα έντερα, στο ουροποιητικό σύστημα (Ολύμπιος, 1995).

γ. Περιεκτικότητα λαχανικών σε βιταμίνες

Σήμερα με τον όρο βιταμίνη ονομάζονται σύνθετες οργανικές ουσίες, οι οποίες απαιτούνται σε πολύ μικρές ποσότητες και δρουν ως καταλύτες για την κανονική λειτουργία των ζωντανών κυττάρων.

Τα περισσότερα λαχανικά εφοδιάζουν τον ανθρώπινο οργανισμό με τις απαραίτητες βιταμίνες όπως η Βιταμίνη Α, η Βιταμίνη Β, η Βιταμίνη C, η Βιταμίνη D, Βιταμίνη Ε και η Βιταμίνη Κ.



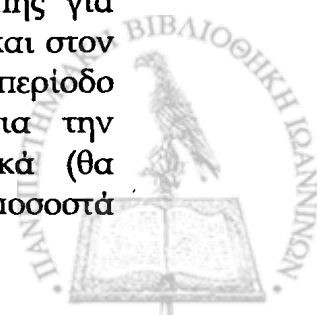
ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΟ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Ο άνθρωπος προσλαμβάνει νιτρικά μέσω του πόσιμου νερού και της τροφής του. Τα τρόφιμα που περιέχουν νιτρικά είναι κυρίως αυτά τα οποία είναι φυτικής προέλευσης και ιδιαίτερα τα λαχανικά. Σημαντικές ποσότητες νιτρικών όμως περιέχονται και σε διάφορα κονσερβοποιημένα ή συντηρημένα τρόφιμα καθώς και αλλαντικά. Στα τρόφιμα αυτά τα νιτρικά (ή νιτρώδη) άλατα προστίθενται από τις ίδιες τις βιομηχανίες τροφίμων με στόχο είτε την επίτευξη έντονου ερυθρού χρώματος στο προϊόν (κυρίως στα αλλαντικά) είτε ως συντηρητικά.

Τα ίδια τα νιτρικά ιόντα δεν έχουν καμία τοξική επενέργεια στον ανθρώπινο οργανισμό. Τα νιτρικά όμως μέσα στο πεπτικό σύστημα μπορούν να μετατραπούν σε νιτρώδη τα οποία είναι γνωστό ότι οξειδώνουν την αιμογλοβίνη μετατρέποντάς την σε μεθαιμογλοβίνη. Η μεθαιμογλοβίνη όμως δεν μπορεί να μεταφέρει το αίμα από τους πνεύμονες στα διάφορα μέλη του ανθρώπινου σώματος με αποτέλεσμα ο ανθρώπινος οργανισμός να υφίσταται δηλητηρίαση (ασφυξία) ανάλογη με εκείνη που προκαλούν οι αναθυμιάσεις του μονοξειδίου του άνθρακα. Η ασθένεια αυτή είναι γνωστή με τον όρο «μεθαιμογλοβιναιμία». Σε έναν ενήλικα οι ποσότητες νιτρικών που προσλαμβάνονται μέσω της ανθρώπινης τροφής δεν είναι αρκετές για να προκαλέσουν τέτοια φαινόμενα στην πράξη. Στα βρέφη όμως η εμφάνιση ασφυξίας λόγω υπερβολικής κατανάλωσης νιτρικών είναι πιθανή. Η δηλητηρίαση των βρεφών με νιτρώδη προκαλεί ένα σύμπλεγμα συμπτωμάτων το οποίο είναι γνωστό με τον όρο κυάνωση. Σύμφωνα με ορισμένες επιστημονικές μελέτες φαίνεται ότι τα νιτρώδη, εκτός από τα άμεσα προβλήματα που μπορούν να προκαλέσουν στην ανθρώπινη υγεία, μπορούν κάτω από ορισμένες συνθήκες να μετατραπούν περαιτέρω σε νιτροζαμίνες μέσα στο πεπτικό σύστημα. Οι νιτροζαμίνες όμως θεωρούνται καρκινογόνες. Συνεπώς, η υπερβολική κατανάλωση νιτρικών μπορεί να έχει ιδιαίτερα δυσμενείς επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία.

Σύμφωνα με την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας, η μέγιστη ασφαλής ποσότητα νιτρικών που μπορεί να προσλάβει ένας ενήλικας ανέρχεται στα 220 mg NO_3^- ανά ημέρα. Σύμφωνα επίσης με ορισμένα άλλα ερευνητικά δεδομένα, ο άνθρωπος προσλαμβάνει νιτρικά κατά 70% από τα λαχανικά, κατά 15% από τα υπόλοιπα τρόφιμα και κατά το υπόλοιπο 15% από το πόσιμο νερό. Η συνολική ποσότητα νιτρικών που προσλαμβάνει ένας άνθρωπος ανά ημέρα εξαρτάται από τις διατροφικές συνήθειες, την περιεκτικότητα των λαχανικών σε νιτρικά και την περιεκτικότητα του πόσιμου νερού σε νιτρικά.

Είναι γνωστό ότι οι αγρότες της Βόρειας και Κεντρικής Ευρώπης για κλιματολογικούς λόγους, που οφείλονται στις χαμηλές θερμοκρασίες και στον περιορισμένο φωτισμό, που επικρατούν στις χώρες αυτές κυρίως την περίοδο του χειμώνα, χρειάζονται περισσότερες αζωτούχες λιπάνσεις για την παραγωγή μεγάλης μάζας από βλάστηση σε πράσινα λαχανικά (θα μπορούσαμε να παράγουμε κάτι λιγότερο αλλά με σαφώς μικρότερα ποσοστά



νιτρικών). Στην Ελλάδα, λόγω του μεσογειακού της κλίματος, το πρόβλημα δεν είναι τόσο έντονο και εντοπίζεται κυρίως κατά τους χειμερινούς μήνες (Δεκέμβριο, Ιανουάριο, Φεβρουάριο) με μεγάλα διαστήματα νέφωσης.

Το πρόβλημα των νιτρικών στα λαχανικά απασχολεί τους ερευνητές εδώ και πολλά χρόνια, ιδιαίτερα όμως τα τελευταία χρόνια, που οι διαιτολογικές απόψεις συνέτειναν στην αύξηση της κατανάλωσης λαχανικών.

Ελπιδοφόρα αποτελέσματα προς την κατεύθυνση της λύσης αυτού του προβλήματος, έχουν δώσει ορισμένα πειράματα βελτίωσης των υφισταμένων ποικιλιών μέσω διασταύρωσης με γονότυπους, που τείνουν να συσσωρεύουν μικρές μόνο ποσότητες νιτρικών, κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες περιβάλλοντος και θρεπτικής κατάστασης του εδάφους (Reinink, 1988).

Εκτός από τα λαχανικά ο κίνδυνος από αυξημένη ποσότητα νιτρικών συνδέεται και με τις τροφές φυτικής προέλευσης, ιδίως σε κράτη και κοινωνίες με χαμηλή μεταποιητική τεχνολογία, λόγω του πρόχειρου και κακού τρόπου μεταποίησης και διατήρησης των προϊόντων, αλλά και λόγω της εύκολης βακτηριακής μόλυνσης, που διευκολύνει τη συσσώρευση νιτρικών. Στη βιβλιογραφία αναφέρονται μεγάλες ζημιές στη δημόσια υγεία, όπου χρησιμοποιήθηκαν γεωργικά προϊόντα που είχαν λιπανθεί, μεταποιηθεί και διατηρηθεί σε μη ασφαλείς συνθήκες.

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η επίδραση του είδους της λίπανσης (ανόργανης και οργανικής) πάνω στη συσσώρευση νιτρικών μιας καλλιέργειας σπανακιού, με σταθερή την ποσότητα του χορηγούμενου αζώτου σε όλες τις λιπαντικές επεμβάσεις, σε συνδυασμό με τρία διαφορετικά επίπεδα θεικής λίπανσης, με τη χρησιμοποίηση λιπασμάτων που επιτρέπονται στη βιολογική γεωργία και περιέχουν θειικά ιόντα, όπως το θεικό καλιομαγνήσιο.

Σκοπός του πειράματος ήταν να μελετηθεί η συμπεριφορά των νιτρικών κατά τη χειμερινή περίοδο σε φυτά δείκτες (σπανακιού), που παρουσιάζουν τάσεις συσσώρευσης νιτρικών στους ιστούς τους, με τη χρήση αυξημένων ποσοτήτων θεικών λιπασμάτων, σε έδαφος θερμοκηπίου που δέχτηκε ανάλογα ανόργανη ή οργανική λίπανση.

Από τη βιβλιογραφία και από ερευνητικές εργασίες είναι γνωστό ότι υπάρχουν πολλές ομοιότητες στη βιοχημεία των ατόμων του θείου (S) και του αζώτου (N). Ακόμη γνωρίζουμε ότι η έλλειψη θείου οδηγεί σε συγκέντρωση νιτρικών στα λαχανικά, επειδή μειώνει τη δραστηριότητα του ενζύμου νιτρική ρεδουκτάση, που είναι υπεύθυνη για την αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη με τελικό προϊόν τα αμμωνιακά και έχει ως αποτέλεσμα τη συγκέντρωση των νιτρικών στους φυτικούς ιστούς. Επίσης είναι γνωστό ότι η αφομοίωση των θεικών είναι ανάλογη με την αφομοίωση των νιτρικών.

Ο απώτερος λοιπόν στόχος του πειράματος ήταν η μείωση των νιτρικών ιόντων σε φυτά σπανακιού, με τη χρησιμοποίηση αυξημένων ποσοτήτων θεικών, χωρίς φυσικά να επηρεάζεται η απόδοση της καλλιέργειας. Η βιβλιογραφία καθώς και οι δημοσιευμένες ερευνητικές εργασίες που αφορούν



το θέμα, δηλαδή την επίδραση των θεικών πάνω στη συσσώρευση νιτρικών στους φυτικούς ιστούς είναι πολύ περιορισμένη.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΠΑΝΑΚΙ

Spinacea oleracea.

Οικογένεια: Chenopodiaceae

Αριθμός χρωμοσωμάτων $2n=2x=12$ ή $4n=4x=24$

Αγγλικά: **Spinach**, Γαλλικά: **Epinard**, Γερμανικά: **Spinat**, Ιταλικά: **Spinacio**. Ισπανικά: **Espinaca**, Πορτογαλικά: **Espinafre**

Εισαγωγή

Είναι μέλος της οικογένειας των Chenopodiaceae και συγγενές με το σέσκουλο, παντζάρι κ.α. Το όνομα Spinacia προέρχεται από το λατινικό spina, που σημαίνει "άκανθα - ακανθωτός καρπός" και το oleracea από το Ισπανικό, που σημαίνει "βότανο γλάστρας". Υπάρχει και το σπανάκι της Νέας Ζηλανδίας (Tetragonia tetragonoides) το οποίο "μοιάζει" με το κοινό σπανάκι, έχει το πλεονέκτημα ότι είναι ανθεκτικό στις υψηλές θερμοκρασίες, ανήκει όμως στην οικογένεια των Tetragoniaceae.

Το σπανάκι είναι φυλλώδες (χρησιμοποιούνται τα φύλλα του) πράσινο λαχανικό και συνήθως καταναλίσκεται αφού μαγειρευτεί (βραστό, κοκκινιστό, αυγολέμονο, σε πίττα, κ.λπ.). Εν τούτοις όμως, πρόσφατα, σε μερικές χώρες χρησιμοποιείται και νωπό σε σαλάτες μαζί με το μαρούλι και άλλα λαχανικά ή μαζί με κομμάτια μπέικον, ωμά μανιτάρια, κομμάτια από βραστό αυγό κ.α. Διατίθεται στην αγορά νωπό, κονσερβοποιημένο ή κατεψυγμένο.

Καλλιεργείται σε πλείστες χώρες του κόσμου σε εποχές κατά την διάρκεια των οποίων το κλίμα είναι ψυχρό και υγρό, δηλ. οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές. Η παγκόσμια καλλιεργούμενη έκταση και παραγωγή, καθώς και η κατά ηπείρους, οι κυριότερες χώρες παραγωγής σε παγκόσμια κλίμακα και η παραγωγή σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης δίνονται στον Πίνακα 2.



ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Έκταση και παραγωγή σπανακιού σε παγκόσμια κλίμακα στις χώρες της Ε.Ε. και οι κυριότερες χώρες παραγωγής κατά το 1996

	Έκταση	Παραγωγή	Παραγωγή ως % του Συνόλου της παραγωγής
	Χ 1000 στρ.	Χ 1000 ΜΤ	
Παγκόσμια	5,129	6.992	100
Κατά ήπειρο			
Αφρική	49	72	1.0
Β. & Κ. Αμερική	181	251	3.6
Ασία	4.560	6.135	87.7
Ευρώπη	333	528	7.5
Ωκεανία	6	6	0.08
Κυριότερες χώρες παραγωγής			
1. Κίνα	3,500	5.300	75.8
2. Ιαπωνία	267	360	5.2
3. Ολλανδία	360	135	1.9
4. Η.Π.Α.	152	224	3.2
5. Βέλγιο-Λουξεμβούργο	75	80	1.1
6. Γαλλία	77	129	1.8
7. Γερμανία	39	67	1.0
8. Τουρκία	175	170	2.4
9. Ισπανία	80	106	1.5
10. Πορτογαλία	88	125	1.8
Χώρες Ε.Ε.			
1. Ολλανδία	15	40	
2. Βέλγιο - Λουξεμβούργο	20	39	
3. Γαλλία	77	129	
4. Γερμανία	39	67	
5. Ισπανία	30	50	
6. Πορτογαλία	8	14	
7. Ελλάδα	30	45	
8. Ιταλία	80	106	

Πηγή: FAO . Annual Production Yearbook (1997).

Φαίνεται ότι στην περιοχή της Ασίας, όπου αποτελεί και το κέντρο διασποράς του σπανακιού, καλλιεργείται σε μεγάλη κλίμακα (71.3% της παγκόσμιας παραγωγής). Πολύ δημοφιλές είναι και στην Ευρώπη, όπου παράγεται σχεδόν το 25% της παγκόσμιας παραγωγής.

Στην Ελλάδα η παραγωγή σπανακιού είναι σημαντική (Πίνακας 3). Σε σύγκριση με τα μέσα της δεκαετίας του 1980, σήμερα παρουσιάζεται μια αύξηση της παραγωγής κατά 22%. Οι μεγαλύτερες ποσότητες παράγονται γύρω από τα μεγάλα αστικά κέντρα της χώρας, στους περιφερειακούς λαχανόκηπους.



ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Έκταση σε στρέμματα, παραγωγή σε τόνους σπανακιού που καλλιεργήθηκε στην Ελλάδα την χρονική περίοδο 1984-1995.

ΕΤΟΣ	ΕΚΤΑΣΗ (στρέμματα)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (τόνοι)
1984	23.330	32.250
1985	25.480	37.920
1986	25.430	39.040
1987	28.500	43.540
1988	28.940	44.770
1989	29.260	46.730
1990	29.700	47.930
1991	30.720	48.580
1992	28.000	43.320
1993	33.840	49.740
1994	32.100	45.000
1995	31.440	44.780

Πηγή: Στατιστική Υπηρεσία Υπουργείου Γεωργίας

Καταγωγή

Ο Vavilon αναφέρει ότι το κέντρο διασποράς του σπανακιού βρίσκεται στην περιοχή της Κεντρικής Ασίας και κατά πάσα πιθανότητα στην Περσία. Η καλλιέργεια του πιθανό να ξεκίνησε στην περιοχή αυτή κατά την περίοδο του Ελληνικού και Ρωμαϊκού Πολιτισμού. Όμως, ήταν άγνωστο φυτό στους Έλληνες και τους Ρωμαίους κατά τη διάρκεια της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας. Το κοινό όνομα του σπανακιού μοιάζει στις διάφορες γλώσσες, γεγονός που δείχνει σχετική πρόσφατη διάδοση (βλ. τη λέξη σπανάκι στις διάφορες γλώσσες). Κατά τον De Candolle, το σπανάκι πιθανώς να προήλθε από το *Spinacia tetrandra*, είδος το οποίο αυτοφύεται σε χώρες της Κεντρικής και Ανατολικής Ασίας. Η παλαιότερη αναφορά συνάντησης του σπανακιού μακριά από το κέντρο διασποράς του είναι στην Κίνα, όπου είχε μεταφερθεί μέσω του Νεπάλ το 647 μ.Χ. Προς Δυσμάς, μέσω της Βορείου Αφρικής, μεταφέρθηκε στην Ισπανία από τους Μαυριτανούς το 1100 μ.Χ. Ο ακανθωτός σπόρος ήταν γνωστός στη Γερμανία τον 13^ο αιώνα. Ο λείος σπόρος είχε διαδοθεί το 1552. Στην Αμερική το σπανάκι περιλαμβάνεται σε καταλόγους σπόρων από το 1806, αλλά πολύ πιθανόν το σπανάκι να μεταφέρθηκε πολύ νωρίτερα στην Αμερική από τους πρώτους εποίκους. Οι χαρακτήρες, όπως στρογγυλός λείος σπόρος, φύλλα με λεία περιθώρια και απουσία χρωστικών, θεωρούνται ότι έχουν σχέση με τη συστηματική καλλιέργεια του φυτού και έχουν επιτευχθεί σε διαφορετικές περιοχές που καλλιεργείται το σπανάκι με ανεξάρτητες προσπάθειες.

Βοτανικά χαρακτηριστικά

Φυτό: Ετήσιο, ποώδες φυτό, ψυχρής εποχής, η καλλιέργεια του οποίου διαρκεί περίπου 1,0-2,5 μήνες από σπορά μέχρι εμπορικού σταδίου συγκομιδής. Καλλιεργείται για τα φύλλα του.



Ρίζα: Αναπτύσσει βαθιά κεντρική ρίζα και μεγάλο αριθμό πλαγίων δευτερευουσών επιφανειακών ριζών.

Βλαστός-φύλλα: Αρχικά το φυτό σχηματίζει εμφανή ροζέτα από τα φύλλα τα οποία βρίσκονται πολύ πυκνά τοποθετημένα, εναλλασσόμενα, πάνω σε υποτυπώδες μη ανεπτυγμένο βλαστό. Τα πολυάριθμα σαρκώδη φύλλα μπορεί να έχουν λεία επιφάνεια ή ζαρωμένη, κυματοειδή (τύπος Savoy), ανάλογα με την ποικιλία. Το σχήμα των φύλλων μπορεί να είναι ωοειδές, στρογγυλεμένο ή τριγωνοειδές και φέρονται πάνω σε κοντό μίσχο. Κατά το δεύτερο στάδιο ανάπτυξης, το αναπαραγωγικό, ο βλαστός επιμηκύνεται και σχηματίζεται ανθικό στέλεχος που φέρει λεπτά επιμήκη οξύληκτα φύλλα.

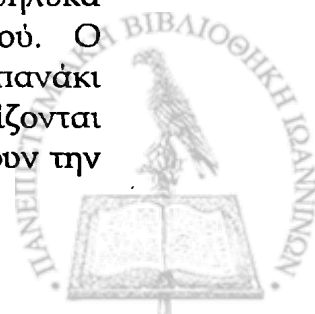
Άνθη: Είναι φυτό δίοικο, δηλ. τα αρσενικά και θηλυκά άνθη φέρονται σε διαφορετικά φυτά και τα σπέρματα παράγονται από το θηλυκό φυτό, ενώ το αρσενικό φυτό καταστρέφεται σύντομα μετά την άνθηση. Η αναλογία εμφάνισης αρσενικών και θηλυκών φυτών είναι 1:1. Η γύρη μεταφέρεται με τον άνεμο, είναι δηλ. ανεμόφιλο φυτό. Η γονιμοποιημένη ωοθήκη αναπτύσσεται σε καρπό που φέρει μόνο ένα σπόρο. Σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά άνθησης, τα φυτά στο σπανάκι διακρίνονται σε: εξαιρετικά αρσενικά, βλαστητικά αρσενικά, σε θηλυκά, και σπάνια υπάρχουν φυτά με ερμαφρόδιτα άνθη καθώς και μόνονικα (μονόοικα) δίκλινα, δηλ. εμφανίζονται σε διάφορες αναλογίες αρσενικά και θηλυκά άνθη στο ίδιο φυτό. Τα αρσενικά φυτά σχηματίζουν ανθικά στελέχη και ανθίζουν πιο νωρίς από τα θηλυκά. Στην πράξη προτιμούνται τα βλαστητικά αρσενικά και τα θηλυκά γιατί έχουν φύλλα μεγαλύτερα, ενώ τα εξαιρετικά αρσενικά, τα οποία επίσης ανθίζουν πολύ νωρίτερα, έχουν φύλλα μικρά.

Το φύλο των φυτών αναγνωρίζεται μετά την εμφάνιση των ανθοφόρων στελεχών, τα οποία αναπτύσσονται σε ύψος περίπου 1 μέτρο μετά από έκθεση των φυτών σε μεγάλες φωτοπεριόδους.

Τα άνθη φέρονται πάνω σε μασχαλιαίες ταξιανθίες ή σε επάκριες (όπως τα αρσενικά). Τα καθαρώς αρσενικά φυτά σχηματίζουν στο υψηλότερο τμήμα των ανθοφόρων στελεχών μικρά φύλλα, ενώ τα θηλυκά ή αρρενοθήλεα φυτά φέρουν μέχρι του άκρου των στελεχών τους φύλλα, τα οποία είναι πλήρως ανεπτυγμένα. Σε κάθε ανθοφόρο κλάδο η άνθηση γίνεται διαδοχικά.

Το θηλυκό άνθος είναι μικρό, υποπράσινο και στερείται στεφάνης, αποτελείται, από απλή ωοθήκη με 4-5 στύλους και φέρονται πάνω σε οδοντωτό κάλυκα (2-4 δόντια). Εμφανίζονται σε ταξιανθίες στους άξονες των φύλλων και διατηρούνται επιδεκτικά επικονίασης για αρκετές ημέρες.

Το αρσενικό άνθος αποτελείται από 4-5 στήμονες που φέρονται πάνω σε τετράλοβο ή πεντάλοβο κάλυκα. Τόσο τα αρσενικά όσο και τα θηλυκά στερούνται πετάλων, δεν διακρίνονται εύκολα επί του φυτού. Ο χρωμοσωματικός αριθμός του φυτού είναι $2n=2x=12$ ή $4n=4x=24$. Το σπανάκι είναι ένα από τα σχετικά λίγα φυτά όπου οι γυρεοσωλήνες διακλαδίζονται κατά την ανάπτυξη τους στο στύλο και μετά τη γονιμοποίηση συνεχίζουν την ανάπτυξη τους υπό μορφή μυκηλίου.



Κάθε θηλυκό άνθος, αφού γονιμοποιηθεί, δίνει ένα σπέρμα το οποίο περικλείεται από τα μέρη του κάλυκα.

Καρπός: Ο καρπός στο σπανάκι ονομάζεται σπόρος και είναι σκληρός σφαιροειδής.

Σπόρος: Υπάρχουν δύο τύποι σπόρων στο σπανάκι. Αυτοί που έχουν ακανθωτή εξωτερική επιφάνεια και οι άλλοι που έχουν λεία επιφάνεια. Ο ακανθωτός τύπος αποτελεί πρωτόγονο χαρακτήρα.

Με βάση τα δύο αυτά χαρακτηριστικά του σπόρου, διακρίνουμε στο σπανάκι δύο βοτανικές ποικιλίες.

(α) *Spinacea oleracea* var. *tipica* : με καρπό (σπόρο) ακανθώδη.

(β) *Spinacea oleracea* var. *glabra*: με καρπό (σπόρο) χωρίς άκανθες. Σήμερα καλλιεργούνται ποικιλίες που ανήκουν στη (β) βοτανική ποικιλία

Απαιτήσεις σε κλίμα

Το σπανάκι είναι φυτό ψυχρής εποχής και ευδοκίμει σε περιοχές με μέση θερμοκρασία 16-18°C, αλλά αποδίδει ικανοποιητικά και σε χαμηλότερες μέσες θερμοκρασίες, γύρω στους 10°C. Νεαρά φυτά μπορούν να ανεχθούν θερμοκρασίες παγετού μέχρι και -9°C, χωρίς να υποστούν σημαντικές ζημιές. Η άριστη θερμοκρασία εδάφους για τη βλάστηση του σπόρου κυμαίνεται από 10-15°C. Ο σπόρος του σπανακιού εισέρχεται σε λήθαργο σε θερμοκρασίες πάνω από 30°C, για το λόγο αυτό η βλάστηση του είναι αδύνατη ή πολύ περιορισμένη σε υψηλές θερμοκρασίες. Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται η επίδραση της θερμοκρασίας του εδάφους πάνω στο ποσοστό βλαστικότητας και στο χρόνο που απαιτείται για τη βλάστηση του σπόρου του σπανακιού.

Πίνακας 4. Επίδραση της θερμοκρασίας εδάφους στο ποσοστό βλαστικότητας και στο χρονικό διάστημα που απαιτείται για τη βλάστηση του σπόρου του σπανακιού.

Θερμοκρασία °C	Βλαστικότητα %	Ημέρες για τη βλάστηση του σπόρου
0	83	63
5	96	23
10	91	12
15	82	7
20	52	6
25	30	5
30	30	6
35	0	-

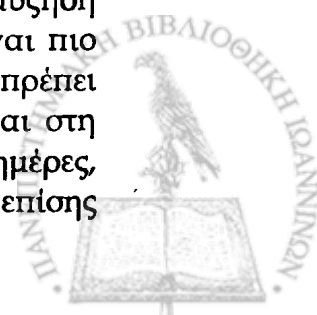
Πηγή: Harrington and Minges (1954).



Βλαστικότητα των σπόρων των λαχανικών

Είδος Λαχανικού	Βλαστικότητα		Σπόροι ανά γραμμάριο	Θερμοκρασία σποράς °C
	%	διάρκεια (χρόνια)		
Αγκινάρα	80	5-6	25-30	-
Αγγούρι	85	5-8	25-30	20-30
Αντίδια	80	3-4	500-700	-
Γουλιά-Ρέβες	70	2-3	200-300	-
Κάρδαμο-Ρόκα	75	4-5	1000-1200	-
Καρότα	80	3-4	500-700	8-18
Καριούζι	85	4-5	5-8	20-30
Κολοκυθάκια	85	3-6	3-8	20-30
Κουκιά	95	5-6	1-3	15-30
Κουνουπίδι	80	4-5	400-500	11-25
Κρεμμύδι	80	1-2	250-300	11-30
Λάχανο	90	3-5	400-500	6-10
Μαϊντανός	80	1-3	500-600	-
Μάραθο-Λνηθο	80	2-3	400-500	-
Μαρούλια	85	4-5	700-900	4-25
Μελιτζάνες	75	5-6	250-300	20-30
Μπάριες	80	4-5	10-15	20-30
Μπιζέλια	90	2-3	2-3	4-18
Παντζάρια	100	3-4	200-250	-
Πεπόνι	85	4-6	15-30	20-30
Πιπεριά	80	4-6	400-450	18-30
Πράσο	80	2-3	400-450	-
Ραδίκια	85	8-10	600-650	-
Ραπανάκια	90	2-4	100-150	11-30
Σέλινο	80	6-8	2500-3000	-
Σέσκουλο	100	4-6	60-80	-
Σινάπι-Βρούβα	85	3-4	400-450	-
Σκόρδα	75	3-4	350-400	-
Σπανάκι	80	3-5	100-150	4-8
Σπαράγγι	90	5-6	50-55	-
Τομάτα	85	4-5	300-350	18-20
Φασόλια	90	3-5	2-3	20-30

Όσον αφορά την αντίδραση στον φωτοπεριορισμό, το σπανάκι είναι φυτό μεγάλης ημέρας, δηλ. για να σχηματίσει ανθικό στέλεχος και άνθη θα πρέπει η διάρκεια της ημέρας (φωτός) να είναι μεγάλη. Για την καλλιέργεια του φυτού για κατανάλωση, θα πρέπει να καλλιεργείται όταν το μήκος της ημέρας είναι μικρό. Όταν επικρατούν μεγαλύτερες ημέρες από την κριτική ελάχιστη, η παρουσία υψηλών θερμοκρασιών προκαλεί πρόωμη εμφάνιση ανθικών στελεχών. Η εμφάνιση αυτή των ανθικών στελεχών επιταχύνεται με την αύξηση του μήκους της ημέρας, και μάλιστα τα μεγαλύτερης ηλικίας φυτά είναι πιο ευαίσθητα στην άνθηση, σε σύγκριση με τα νεαρής ηλικίας φυτά. Θα πρέπει επίσης να τονιστεί ότι έκθεση των φυτών σε χαμηλές θερμοκρασίες, και στη συνέχεια η παρουσία υψηλών θερμοκρασιών και μεγάλου μήκους ημέρας, οδηγεί στην πιο γρήγορη άνθηση του σπανακιού. Πυκνή φύτευση επίσης



συμβάλλει στον πρώιμο σχηματισμό ανθικών στελεχών σε σύγκριση με αραιή φύτευση. Οι ποικιλίες μεταξύ τους διαφέρουν στην αντίδραση στον φωτοπεριορισμό. Η κριτική περίοδος κυμαίνεται από 12.5-15.0 ώρες. Έχει παρατηρηθεί ότι η βλαστική ανάπτυξη του σπανακιού είναι ταχύτερη όταν καλλιεργείται σε ελαφρά μικρότερη από την κριτική περίοδο φωτοπερίοδο της συγκεκριμένης ποικιλίας. Θα πρέπει, επομένως, οι ποικιλίες που θα καλλιεργηθούν να επιλέγονται ανάλογα με την κριτική φωτοπερίοδο τους, λαμβάνοντας υπόψη τη γεωγραφική θέση της περιοχής καλλιέργειας (γεωγραφικό πλάτος και την εποχή καλλιέργειας). Οι φθινοπωρινές και χειμερινές σπορές δίνουν καλύτερη ποιότητα προϊόντος, ενώ οι όψιμες ανοιξιάτικες σπορές κινδυνεύουν να υποστούν εαρινοποίηση και να ανθίσουν πριν τα φυτά αναπτύξουν αρκετό φύλλωμα.

Σχηματισμός ανθικών στελεχών

Ο σχηματισμός ανθικών στελεχών και ανθέων στο σπανάκι επηρεάζεται από τρεις παράγοντες:

(α) Από το μήκος της ημέρας. Μεγάλο μήκος ημέρας αυξάνει τον ρυθμό εμφάνισης ανθικών στελεχών και ανθέων και οι πρώιμες ποικιλίες έχουν ταχύτερο ρυθμό ανάπτυξης ανθέων από τις όψιμες ποικιλίες.

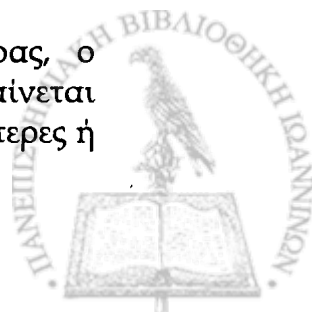
(β) Ρυθμό ανάπτυξης των φυτών. Επιτάχυνση του ρυθμού ανάπτυξης των φυτών οδηγεί στον πρώιμο σχηματισμό ανθικών στελεχών.

(γ) Από την ισορροπία μεταξύ βλάστησης και ανάπτυξης. Δύο ποικιλίες με τις ίδιες απαιτήσεις σε μήκος ημέρας και ρυθμό ανάπτυξης μπορεί να διαφέρουν στο σχηματισμό ανθικών στελεχών. Αυτό αποδίδεται σε διαφορές στην κατανομή της ενέργειας στις δύο διεργασίες της βλάστησης και ανάπτυξης.

Η πρωιμότητα στην εμφάνιση ανθικών στελεχών πιθανόν να ελέγχεται από πολυγωνικό τρόπο κληρονομησης και των δύο χαρακτήρων, βλάστησης και ανάπτυξης.

Το σπανάκι είναι φυτό μεγάλης ημέρας, επομένως εμφανίζει ανθικά στελέχη όταν το μήκος της ημέρας αυξηθεί πέραν της κριτικής περιόδου φωτός που απαιτεί. Εκτός από την φωτοπερίοδο και άλλοι παράγοντες επηρεάζουν επίσης τον σχηματισμό ανθικών στελεχών. Ο Khot (1939) μελέτησε την επίδραση της θερμοκρασίας και της φωτοπεριόδου και διάφορους συνδυασμούς των παραγόντων αυτών στο σχηματισμό ανθικών στελεχών στο σπανάκι. Τα συμπεράσματα του συνοψίζονται πιο κάτω:-

Όταν το σπανάκι αναπτύσσεται σε 15 ώρες μήκος ημέρας, ο σχηματισμός ανθικών στελεχών είναι μέγιστος όταν η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 15.6-21.1°C, ενώ περιορίζεται όταν οι θερμοκρασίες είναι υψηλότερες ή χαμηλότερες.



Φυτά τα οποία αναπτύσσονται για 1 μήνα σε 15 ώρες μήκος ημέρας και σε θερμοκρασίες 4.4-10.0°C όταν μεταφέρονται στη συνέχεια σε ζεστό περιβάλλον, ο σχηματισμός ανθικών στελεχών εμφανίζεται γρηγορότερα στις υψηλότερες παρά στις χαμηλότερες θερμοκρασίες.

Φυτά τα οποία αναπτύσσονται για 1 μήνα σε μικρό μήκος ημέρας και σε θερμοκρασίες 4.4-10.0°C όταν μεταφέρονται στη συνέχεια σε ζεστό περιβάλλον, ο σχηματισμός ανθικών στελεχών εμφανίζεται γρηγορότερα στα υψηλότερα επίπεδα θερμοκρασίας (21.1-26.7°C), και αργότερα όσο οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες.

Γενικά, όσο πιο χαμηλή είναι η θερμοκρασία τον πρώτο μήνα ανάπτυξης του φυτού, τόσο γρηγορότερα αναπτύσσεται ανθικό στέλεχος στη συνέχεια, σε όλα τα υψηλότερα επίπεδα θερμοκρασίας.

Απαιτήσεις σε έδαφος

Εδάφη μέσης συστάσεως, όπως τα αμμοπηλώδη και πηλοαμμώδη, πλούσια σε οργανική ουσία, είναι τα πλέον κατάλληλα για την καλλιέργεια του σπανακιού. Σε περιοχές όμως με υψηλές βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, τα ελαφρά αμμώδη εδάφη που στραγγίζουν ευκολότερα θεωρούνται ακόμη περισσότερο κατάλληλα. Το άριστο pH πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 6.0-7.0. Το φυτό μπορεί να αναπτυχθεί ικανοποιητικά και σε χαμηλότερο pH μέχρι 5.5, καθώς και σε ελαφρά αλκαλικό εδαφικό περιβάλλον. Πιο όξινα εδάφη πρέπει να αποφεύγονται ή να διορθώνονται με προσθήκη ενώσεων ασβεστίου.

Κατάταξη μερικών λαχανικών ανάλογα με την προτίμηση τους σε εύρος τιμών PH			
Λαχανικό	PH*	Λαχανικό	PH*
1. Πατάτα	4,8-6,5	16. Λάχανο	6,0-7,2
2. Καρπούζι	5,5-6,5	17. Πεπόνι	6,0-7,2
3. Μπιζέλι	5,1-7,0	18. Ραπανάκι	6,0-7,2
4. Καρότο	5,3-6,9	19. Μελιτζάνα	6,0-7,2
5. Γλυκοπατάτα	5,5-6,5	20. Σέλινο	6,0-7,2
6. Φράουλα	5,5-6,5	21. Σπανάκι	6,0-7,2
7. Αγγούρι	5,5-7,0	22. Αντίδι	6,0-7,2
8. Πιπεριά	5,5-7,0	23. Κολοκυθάκι	6,0-7,5
9. Τομάτα	5,5-7,0	24. Πατζάρι	6,0-7,5
10. Φασολιά	5,5-7,2	25. Μπάμια	6,0-8,0
11. Κουνουπίδι	5,5-7,0	26. Μαρούλι	6,3-7,2
12. Ρέβα	5,5-7,0	27. Πράσο	6,5-7,5
13. Αρακάς	5,5-7,0	28. Κουκιά	7,0-8,0
14. Σκόρδο	6,0-7,0	29. Σπαράγγι	7,0-8,0
15. Κρεμμύδι	6,0-7,0		
* Κάθε λαχανικό αναπτύσσεται πολύ καλύτερα σε τιμές pH που πλησιάζουν προς τη μέση τιμή του διαστήματος του ανωτέρω εύρους			



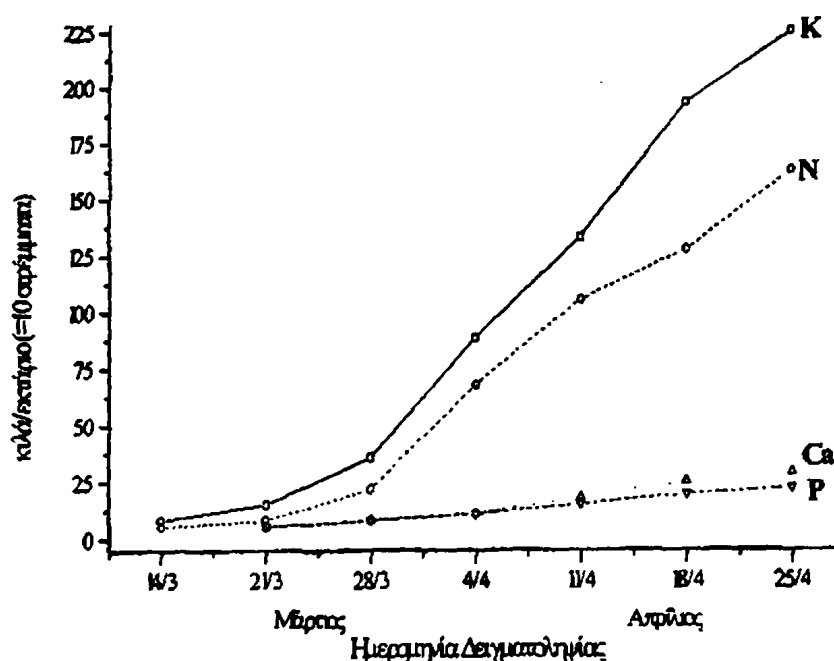
Προετοιμασία εδάφους

Αρχικά γίνεται όργωμα με άροτρο, για την ενσωμάτωση και της οργανικής ουσίας (κοπριάς) και στη συνέχεια κατεργασία του εδάφους του εδάφους με φρέζα για ενσωμάτωση χημικών λιπασμάτων και ισοπέδωση του εδάφους. Ακολουθεί η διαμόρφωση του εδάφους ανάλογα με τη μέθοδο φύτευσης. Η φύτευση μπορεί να γίνεται σε αλίες μέσα στις οποίες σπέρνεται και ενσωματώνεται ο σπόρος, ή ο σπόρος να φυτευτεί στις παρυφές αυλακών δια μέσου των οποίων γίνεται και το πότισμα ή σε αναχώματα, ιδιαίτερα όταν το έδαφος διατηρεί υπερβολική υγρασία για να εξασφαλιστεί καλύτερη στράγγιση του εδάφους. Για μηχανική συγκομιδή στις φυτείες που προορίζονται για κονσερβοποίηση η φύτευση γίνεται σε αναχώματα.

Λίπανση

Συνιστάται βασική λίπανση με 4.0 κιλά P και 20.0 κιλά K/στρέμμα. Προσθήκη αζωτούχου λίπανσης επίσης, είναι αναγκαία, τόσο σε βασική όσο και σε επιφανειακή εφαρμογή, γιατί συμβάλλει στην αύξηση των αποδόσεων. Ως γνωστό, τον χειμώνα οι χαμηλές θερμοκρασίες εδάφους μειώνουν αισθητά τη διαδικασία της νιτροποίησης. Δόσεις 7.0-15.0 κιλά N/στρέμμα θεωρούνται ικανοποιητικές. Ο ΖιήΚ (1965) μελέτησε τον ρυθμό και τις ποσότητες θρεπτικών στοιχείων που απορροφήθηκαν από ανοιξιάτικη φυτεία σπανακιού στην Καλιφόρνια. Ο ρυθμός απορρόφησης ήταν πολύ αργός στα αρχικά στάδια ανάπτυξης του φυτού, όπως αυτός προσδιορίζεται με χημικές αναλύσεις στο φυτό και αλλαγές στην ξηρή ουσία. Ο μέγιστος ρυθμός ανάπτυξης παρατηρήθηκε 21 ημέρες πριν από τη συγκομιδή των φυτών, όπου πάνω από 60% του αζώτου, 70% του φωσφόρου και 65% του καλίου είχαν απορροφηθεί. Ο μέσος όρος, από πέντε πειράματα που έγιναν, των ολικών ποσοτήτων των στοιχείων που έχουν απορροφηθεί ήταν: άζωτο 15.0 κιλά/στρ., φωσφόρος 2.2 κιλά/στρ., κάλιο 21.9 κιλά/στρ., ασβέστιο 3.8 κιλά/στρ., μαγνήσιο 4.1 κιλά/στρ. και νάτριο 4.0 κιλά/στρ. (Εικ. 1).





όνα 1. Καμπύλες απορρόφησης θρεπτικών στοιχείων (αζώτου, φωσφόρου, καλίου και ασβεστίου), κατά τη διάρκεια της άνοιξης. (Διασκευασμένο από ZinK (1965))

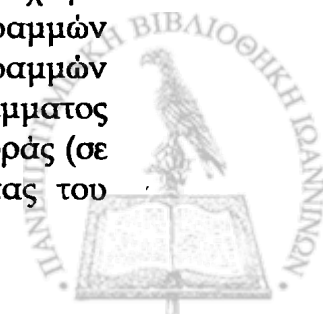
Πολλαπλασιασμός

Η καλλιέργεια του σπανακιού γίνεται με απευθείας σπορά στο χωράφι. Στην Ελλάδα οι σπόροι ή σπέρνονται στα "πετακτά" ή φυτεύονται με σπαρτικές μηχανές σε γραμμές με απόσταση 20-30 εκ. Το βάθος σποράς πρέπει να είναι περίπου 1-2 εκ. Η σπορά στην Ελλάδα γίνεται από το τέλος του καλοκαιριού μέχρι τις αρχές της άνοιξης (λαχανικό ψυχρής εποχής).

Στην Καλιφόρνια το σπανάκι σπέρνεται σε αναχώματα, τα οποία έχουν απόσταση 101 εκ. από κέντρο σε κέντρο. Η μέθοδος φύτευσης επί του αναχώματος διαφέρει, ανάλογα με τον προορισμό του σπανακιού. Για νωπή κατανάλωση το σπανάκι σπέρνεται σε δύο γραμμές ή δύο στενές λωρίδες στα άκρα του αναχώματος, ώστε να μπορεί εύκολα να συγκομιστεί ολόκληρο το φυτό και να συσκευαστεί σε δεσμίδες. Το σπανάκι όμως που προορίζεται για μεταποίηση και συγκομίζονται μόνο τα φύλλα, φυτεύεται σε πολλαπλές γραμμές, συνήθως 4 σε κάθε ανάχωμα. Μερικές φορές και το σπανάκι που προορίζεται για νωπή κατανάλωση φυτεύεται με τον ίδιο τρόπο, όπως και αυτό για μεταποίηση, εφόσον όμως θα συγκομιστεί με κοπή μόνο των φύλλων.

Σε διάφορες άλλες χώρες το σπανάκι φυτεύεται ή στα πετακτά ή φυτεύεται σε γραμμές σε επίπεδο έδαφος.

Οι αποστάσεις φύτευσης ποικίλλουν σημαντικά, ανάλογα με τη μέθοδο φύτευσης που ακολουθείται και επίσης ποικίλλει η ποσότητα σπόρου που χρησιμοποιείται. Για παράδειγμα, με το σύστημα των δύο γραμμών/ανάχωμα που εφαρμόζεται στην Καλιφόρνια, οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών κυμαίνονται από 30.5-40.0 εκ. Σε άλλες χώρες οι αποστάσεις μεταξύ γραμμών κυμαίνονται από 13.0-40.5 εκ. Στην Ελλάδα για τη σπορά ενός στρέμματος χρησιμοποιούνται 2-3 κιλά σπόρου, ανάλογα βέβαια με τη μέθοδο σποράς (σε γραμμές ή στα πετακτά) και ανάλογα με το ποσοστό βλαστικότητας του



σπόρου.

Σε άλλες χώρες, η ποσότητα του σπόρου στις αραιές φυτεύσεις κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα 450-700 γρ/στρέμμα και 1700 γρ. σε πυκνές φυτεύσεις. Για σπορά στα πεταχτά εφαρμόζεται ποσότητα σπόρου μεταξύ 1200-1700 γρ/στρ. Στις περιπτώσεις όπου το φυτόρωμα είναι φτωχό, αποτέλεσμα προσβολής μυκήτων κατά τη βλάστηση, τότε η ποσότητα του σπόρου πρέπει να αυξηθεί.

Το ποσοστό βλάστησης ποικίλλει, ανάλογα με τη θερμοκρασία του εδάφους κατά και αμέσως μετά την σπορά. Με βάθος σποράς 1.5 εκ. και θερμοκρασία εδάφους 5°C απαιτούνται 22 ημέρες για τη βλάστηση. Σε θερμοκρασία 10°C απαιτούνται 12 ημέρες, στους 15°C 7 ημέρες και στους 25°C μόνο 5 ημέρες. Στους 29.5°C και άνω μπορεί να αποτυγχάνει η βλάστηση αποτέλεσμα λήθαργου υψηλής θερμοκρασίας (Sackett. 1975).

Είδος Λαχανικού	Εποχή σποράς ή φυτέματος	Βάθος σε εκ.	Αποστάσεις φυτέματος (σε εκατ.)	
			των γραμμών	Στην γραμμή
Αγκινάρα	Σεπτέμβριος-Μάιος	2,5	100	100
Αγγούρι	Φεβρουάριος-Ιούλιος	2,5	120	120
Αντίδια	Αύγουστος-Μάρτιος	1,5-2	30	20
Γλυκοπατάτα	Μάρτιος-Ιούλιος	7-9	80	40
Γουλιά - Ρέβες	Αύγουστος-Σεπτέμβρης	1-2	20	20
Κάρδαμο - Ρόκα	Άνοιξη - Φθινόπωρο	0,5	-	-
Καρπούζι	Απρίλιος-Μάιος	3-4	100-150	200-250
Κολοκύθια	Φεβρουάριος-Οκτώβριος	4	100	50
Καρότα	όλο το χρόνο	1-2	25	5-10
Κουκιά	Αύγουστος-Φεβρουάριος	4-6	70	30
Κρεμμύδια σπόρος	Σεπτέμβριος-Μάρτιος	1-2	30	5-10
Κοκκάρι	όλο το χρόνο	2-5	30	5-10
Κουνουπίδι	Απρίλιος-Σεπτέμβριος	1,5	60-70	30-40
Λάχανο	όλο το χρόνο	1,5	60-70	30-40
Μαϊντανός	όλο το χρόνο	1-2	15-20	5-10
Μάραθο - Άνηθο	φθινόπωρο - Ιούνιος	2	15-20	10
Μαρούλια	όλο το χρόνο	1,5	50	20
Μελιτζάνες	Ιανουάριος-Αύγουστος	1,5	60-70	60-70
Μπάμιες	Απρίλιος-Ιούνιος	3-5	80-90	50
Μπιζέλια	Οκτώβριος-Μάρτιος	2-3	80-90	15
Παντζάρια	Φεβρουάριος-Ιούλιος	3	20-25	25
Πατάτες	Ιανουάριος-Αύγουστος	10-15	50	30-40
Πεπόνι	Μάρτιος-Απρίλιος	3-4	100-150	200-250
Πιπεριές	Ιανουάριος-Μάρτιος	1,5	70	30
Πράσα σπόρος	Σεπτέμβριος-Απρίλιος	1-5	30-40	10-15
Πράσα φυτά	Αύγουστος	1-5	30-40	10-15
Ραδίκια	Σεπτ.- Μάιος ή όλο το χρόνο	1	30-40	5-8
Ραπανάκια	όλο το χρόνο	1,5	30	3-5
Σέλινο	Απρίλιος-Μάιος	5	20-70	25-30
Σέσκουλο	Άνοιξη	5	50	20
Σινάπι - Βρούβα	Άνοιξη	1,5-2	50	5-10
Σκόρδα	Σεπτ.- Μάρτιος ή όλο τον	3-4	30	10-15
Σπανάκι	όλο τον χρόνο ή φθινόπωρο	1-2	50	5-10
Σπαράγγι	Μάρτιος-Απρίλιος	10	60-80	60-80
Τομάτα	Ιανουάριος-Απρίλιος	1	120	60
Φασόλια χαμηλά	Μάρτιος-Αύγουστος	2-5	90	15
Φασόλια κλαριού	Μάρτιος-Αύγουστος	2-5	90	45



Αν τα λαχανικά σπαρθούν σε αμώδες έδαφος ή σε περίοδο ξηρασίας, τότε οι σπόροι μπαίνουν σε διπλάσιο βάθος από το κανονικό.

Χ ευνοϊκός Δ δυσμενής κενό ουδέτερος	φασόλια	Μπιζέλια	φράουλα	Αγγούρι	Πατάτες	Σκόρδο	Λάχανο	Μαρούλι	Πράσο	Καρότα	Πατζάρια	Σέλινο	Σπανάκι	Κολοκύθι	Κρεμμύδι	Ρεπάνια	Τομάτα	Μαϊδανός	Μάραθο
Φασόλια	0	Δ	Χ	Χ	Χ	Δ	Χ	Χ	Δ		Χ	Χ			Δ	Χ	Χ		Δ
Μπιζέλια	Δ	0		Χ	Δ	Δ	Χ	Χ	Δ	Χ				Χ	Δ	Χ	Δ		Χ
Φράουλα	Χ		0			Χ	Δ	Χ	Χ				Χ		Χ	Χ			
Αγγούρι	Χ	Χ		0	Δ	Χ	Χ	Χ	Χ		Χ	Χ			Χ	Δ			Χ
Πατάτες	Χ	Δ	Δ		0	Χ					Δ	Δ	Χ				Δ		
Σκόρδο	Δ	Δ	Χ	Χ	Χ	0	Δ			Χ	Χ						Χ		
Λάχανα	Χ	Χ	Δ	Χ		Δ	0	Χ	Δ		Χ	Χ	Χ		Δ	Χ	Χ		
Μαρούλι	Χ	Χ	Χ	Χ			Χ	0	Δ	Χ	Χ	Δ			Χ	Χ	Χ	Δ	
Πράσο	Δ	Δ	Χ	Χ			Δ	Δ	0	Χ	Δ	Χ			Χ		Χ		
Καρότα		Χ				Χ		Χ	Χ	0					Χ	Χ	Χ	Χ	
Πατζάρια	Χ			Χ	Δ	Χ	Χ	Χ	Δ		0				Χ		Χ		
Σέλινο	Χ		Χ		Δ		Χ		Χ			0					Χ		
Σπανάκι			Χ		Χ		Χ						0			Χ	Χ	Χ	
Κολοκύθι		Χ												0	Χ				
Κρεμμύδι	Δ	Δ	Χ	Χ			Δ	Χ	Χ	Χ	Χ			Χ	0	Δ	Χ	Χ	
Ρεπάνια	Χ	Χ	Χ	Δ			Χ	Χ		Χ			Χ		Δ	0	Χ	Δ	
Τομάτα	Χ	Δ		Δ	Δ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	0	Δ	Δ
Μαϊδανός								Δ		Χ			Χ		Χ	Χ	Χ	0	
Μάραθο	Δ	Χ		Χ				Χ									Δ		0

Συνδυασμοί συγκαλλιέρνειας λαχανικών, που εξασφαλίζουν όφελος στα φυτά και δεν ευνοούν την ανάπτυξη ασθενειών και εχθρών.

Καλλιεργητικές περιποιήσεις

Καταπολέμηση ζιζανίων

Σκαλίσματα για την καταπολέμηση ζιζανίων, αν επιβάλλεται να γίνονται, θα πρέπει να εφαρμόζονται με μεγάλη προσοχή γιατί το ριζικό σύστημα του φυτού είναι πολύ επιφανειακό, επομένως επιφανειακό πρέπει να



είναι και το σκάλισμα. Σε γραμμικές καλλιέργειες και μεγάλες εκτάσεις, σκαλίσματα μεταξύ των γραμμών φύτευσης γίνονται με μηχανικά μέσα.

Βοτανίσματα

Βοτανίσματα για απομάκρυνση ζιζανίων γίνονται εφόσον υπάρχουν ζιζάνια στο χωράφι και οι άλλες μέθοδοι καταπολέμησης τους δεν ήταν πλήρως αποτελεσματικές (ζιζανιοκτόνα, σκαλίσματα). Όταν εφαρμόζονται μηχανικά σκαλίσματα σε γραμμικές σορές, πιθανόν να χρειάζεται βοτάνισμα πλησίον των φυτών και επί της γραμμής φύτευσης.

Ζιζανιοκτονία

Η καταπολέμηση των ζιζανίων με ζιζανιοκτόνα γίνεται μόνο με την εφαρμογή ζιζανιοκτόνων προφυτρωτικά, όταν το έδαφος έχει προετοιμαστεί και είναι καθαρό από ζιζάνια. Τα ζιζανιοκτόνα που συνιστώνται είναι:

(α) **Cycloate**: σε ποσότητα 330-470 γρ./στρ.

Η εφαρμογή γίνεται λίγο πριν τη σορά σε καλά κατεργασμένο και ψιλοχωματισμένο χωράφι και πρέπει να ενσωματώνεται σε βάθος 3-5 εκ. Δεν συνιστάται η χρήση του σε πολύ αμμώδη εδάφη γιατί υπάρχει κίνδυνος φυτοτοξικότητας, ούτε σε εδάφη με υψηλό ποσοστό οργανικής ουσίας, γιατί παρουσιάζεται μειωμένη αποτελεσματικότητα. Το ζιζανιοκτόνο αυτό καταπολεμά τα ετήσια αγρωστώδη και πλατύφυλλα ζιζάνια.

(β) **Lenacil**: σε ποσότητα 80-100 γρ/στρ.

Η εφαρμογή γίνεται μετά τη σορά και πριν φυτρώσει η καλλιέργεια. Το βάθος σοράς πρέπει να γίνεται τουλάχιστον στο 1.5 εκ. Και στη περίπτωση του Lenacil δεν συνιστάται η χρήση του στα αμμώδη εδάφη και στα εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, για τους λόγους που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Το χημικό αυτό ζιζανιοκτόνο καταπολεμά τα ετήσια πλατύφυλλα και αγρωστώδη ζιζάνια.

Αραίωμα φυτών

Συνήθως δεν γίνεται αραίωμα φυτών, εκτός εάν επιδιώκεται η παραγωγή μεγάλων και ομοιόμορφων φυτών. Οι καλλιεργητές συνήθως συγκομίζουν στην αρχή τα μεγάλα φυτά και έτσι δίνεται η ευκαιρία και στα υπόλοιπα να μεγαλώσουν μέχρι την επόμενη συγκομιδή.

Πότισμα

Η εφαρμογή νερού άρδευσης είναι αναγκαία για τη διατήρηση της υγρασίας του εδάφους σε ικανοποιητικά επίπεδα, λόγω των ακανόνιστων βροχοπτώσεων στην Ελλάδα κατά την περίοδο της καλλιέργειας. Η εφαρμογή του νερού μπορεί να γίνεται με κατάκλιση, με αυλάκια ή με καταιονισμό.



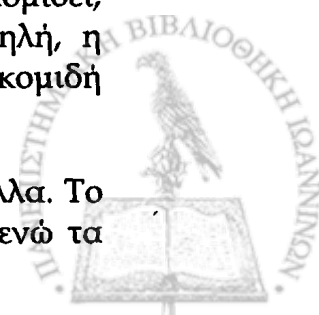
Ποιοτική κατάταξη του αρδευτικού νερού κατά Christiansen & Olsen 1977						
Κατηγορία Νερού	EC Ms/c	SAR	Na (%)	Na ₂ CO ₃ Meq/l	CL Meq/l	B ⁺ ppm
Άριστο	<0,5	<3	<30	<0,5	<3	<0,5
Καλό	0,5-1	3-6	30-60	0,5-1	3-6	0,5-1
Ανεκτό	1-2	6-9	60-70	1-2	6-10	1-2
Αμφίβολο	2-3	9-12	70-80	2-3	10-15	2-3
Επιβλαβές	3-4	12-15	80-90	3-4	15-20	3-4
Ακατάλληλο	>4	>15	>90	>4	>20	>4

Ανθεκτικότητα λαχανικών στην ολική αλατότητα του νερού			
Λαχανικό	Ανώτατα όρια ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC)μhos/cm στους 25°C	Λαχανικό	Ανώτατα όρια ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC)μhos/cm στους 25°C
Ραδίκι	2.500	Τομάτα	6.500
Σέλινό	1.600	Κουνουπίδι	4.000
Λάχανο	1.000	Αγκινάρα	3.000
Μελιτζάνα	800	Καρότο	2.000
Αγγούρι	400	Σπαράγγι	1.000
Κολοκυθάκι	400	Σπανάκι	1.000
Ραπανάκι	400	Μαρούλι	1.000
Φασόλια	400	Κρεμμύδι	1.000
Πεπόνι	400	Πιπεριά	1.000
		Πατάτα	1.000

Συγκομιδή

Η συγκομιδή αρχίζει όταν τα φυτά αποκτήσουν εμπορεύσιμο μέγεθος. Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από τη σπορά μέχρι την συγκομιδή διαρκεί από 35-70 ημέρες, ανάλογα με τον ρυθμό ανάπτυξης του φυτού, που επηρεάζεται από την εποχή και το κλίμα που επικρατεί, όπως επίσης και από το στάδιο ανάπτυξης που επιλέγει ο καλλιεργητής να το συγκομίσει, παρακολουθώντας τις τιμές της αγοράς, π.χ. εάν η τιμή είναι υψηλή, η συγκομιδή επισηπεύεται. Οι περισσότερες φυτείες είναι έτοιμες για συγκομιδή μετά από 40-50 ημέρες.

Το φυτό συγκομίζεται όταν έχει αναπτύξει πλήρως 5-6 μεγάλα φύλλα. Το φυτό, εάν παραμείνει στο έδαφος, συνεχίζει να παράγει νέα φύλλα, ενώ τα



παλαιά αρχίζουν να γερνούν και να ξηραίνονται. Στη διάρκεια της ζωής του φυτού από το νεαρό φυτάριο μέχρι την πλήρη ωρίμανση, παράγονται συνολικά 22-26 φύλλα/φυτό. Καλής ποιότητας προϊόν, όταν συγκομίζεται για να διατεθεί στην αγορά, δεν πρέπει να έχει αναπτύξει ανθικό στέλεχος ούτε να έχει κιτρινισμένα φύλλα. Κατά τη συγκομιδή το φυτό κόβεται ολόκληρο κάτω από τη ροζέτα και μεταφέρεται έτοιμο στην αγορά. Όταν η καλλιέργεια προορίζεται για κονσερβοποίηση, η συγκομιδή γίνεται με μηχανικά μέσα (χορτοκοπτικά - mower) και η κοπή γίνεται στη βάση των φύλλων, πάνω δηλ. από τη ροζέτα. Στην περίπτωση αυτή, το φυτό αναβλαστάνει και ακολουθεί δεύτερη συγκομιδή.

Το σπανάκι μπορεί να συγκομίζεται αφού αποκτήσει εμπορεύσιμο μέγεθος μέχρι λίγο πριν αναπτύξει ανθικό στέλεχος. Πρώιμες ποικιλίες, σπανακιού, οι οποίες φυτεύονται για πρώιμη συγκομιδή, κινδυνεύουν να σχηματίσουν ανθικά στελέχη καθώς οι ημέρες μεγαλώνουν αργά την άνοιξη και στις αρχές του καλοκαιριού. Γενετική βελτίωση για επίτευξη πρωιμότητας στο σπανάκι εξαρτάται από το μήκος της ημέρας, καθώς το χαρακτηριστικό της πρωιμότητας συσχετίζεται με τον χαρακτήρα του πρώιμου σχηματισμού ανθικού στελέχους. Όμως, ο κύριος αντικειμενικός σκοπός στη γενετική βελτίωση του σπανακιού είναι οι υψηλές αποδόσεις. Ο Parlevliet (1968A,B) εισηγείται όπως η επιλογή για μεγιστοποίηση της παραγωγής στηρίζεται στο χαρακτηριστικό του υψηλού ρυθμού ανάπτυξης και του χαμηλού ρυθμού σχηματισμού φύλλων, γιατί έτσι καθυστερεί η έναρξη του σχηματισμού ανθικών στελεχών.

Κατά τη συγκομιδή στην Ελλάδα τα φυτά εκριζώνονται και το ρίζωμα πλένεται και στη συνέχεια τα φυτά δένονται σε δεσμίδες του μισού έως 1/4 του κιλού ή σε μεγαλύτερα δέματα των 5 κιλών ή τοποθετούνται σε σειρές χύμα στα κιβώτια ή το ρίζωμα κόβεται κάτω από το σημείο της ροζέτας και παραμένει ένα πολύ μικρό τμήμα ρίζας μήκους περίπου 1 εκ. Και πάλι τα φυτά ή δένονται σε δεσμίδες μικρές ή μεγάλες ή τοποθετούνται χύμα σε κιβώτια και μεταφέρονται στην αγορά. Καλόν είναι το προϊόν να αποστέλλεται στην αγορά αμέσως μετά τη συγκομιδή, χωρίς δηλ. καθυστέρηση και όσο το δυνατόν στεγνό. Στην πράξη η συγκομιδή γίνεται το απόγευμα και μεταφέρονται την ίδια νύκτα ή πολύ νωρίς την επόμενη ημέρα στην αγορά.

Το σπανάκι έχει μεγάλη φυλλική επιφάνεια και υψηλό ρυθμό αναπνοής. Επομένως, για να διατηρηθεί η ποιότητα του, θα πρέπει η θερμοκρασία του προϊόντος να μειωθεί αμέσως και γρήγορα μετά τη συγκομιδή για να αποφευχθεί η μάρανση και απώλεια βάρους. Στο εξωτερικό εφαρμόζουν την ψύξη υπό κενό (vacuum cooling) όπου η θερμοκρασία από 19.5°C κατέρχεται στους 2.8°C σε 10 λεπτά. Χρειάζονται 4 ώρες για να μειωθεί η θερμοκρασία του προϊόντος από 16.7°C μέχρι -1.1°C, με βεβαιασμένο ψυχρό αέρα.

Αποθήκευση

Οι άριστες συνθήκες για την αποθήκευση του σπανακιού είναι η θερμοκρασία των 0°C και πολύ υψηλά επίπεδα υγρασίας 90-95 % Σ.Υ. (Sackett, 1975). Σε αυτές τις συνθήκες διατηρείται σε πολύ καλή κατάσταση για 10-14



ημέρες. Μεγάλο πρόβλημα δημιουργείται από την βακτηριδιακή μαλακή σήψη, εάν επικρατήσουν υψηλότερες θερμοκρασίες. Για να περιορίζεται το πρόβλημα στο ελάχιστο, επιβάλλεται όπως, αμέσως μετά την συγκομιδή και διαλογή, να ακολουθηθεί πρόψυξη, αφαίρεση του επιπλέον νερού από τα φύλλα και προσεκτική μεταχείριση, ώστε να αποφεύγονται μηχανικές ζημιές.

Συνιστώμενες συνθήκες συντήρησης (θερμοκρασία, σχετική υγρασία), χρόνος συντήρησης και ανώτερα όρια θερμοκρασίας που προκαλούν πάγωμα στα λαχανικά				
Είδος λαχανικού	Θερμοκρασία στο ψυγείο (°C)	Σχετική Υγρασία (%)	Κατά προσέγγιση Χρόνος Συντήρησης	Υψηλότερη θερμοκρασία (°C) που προκαλεί ζημιές στο προϊόν από πάγωμα
Αγγούρι	7,2-10	95	10-14 ημέρες	-0,5
Άνιθος-Μάραθος	0,0	90-95	2-3 εβδομάδες	-0,3
Αντίδι	0,0	90-95	2-3 εβδομάδες	-0,3
Αρακάς	0,0	95	1-2 εβδομάδες	-0,3
Γλυκοπατάτα	12,8-15	85-90	4 -6 μήνες	-
Γογγύλι	0,0	90-95	2-4 εβδομάδες	-1,0
Καρότο με φύλλωμα	0,0-1,1	95	2 εβδομάδες	-
Καρότο μόνο ρίζες	0,0-1,1	95	4-5 εβδομάδες	-1,4
Καρπούζι	2,2-4,4	85-90	2-3 εβδομάδες	-0,4
Κρεμμύδι ξερό	0,0	50-70	5-9 μήνες	-0,3
Κρεμμυδάκι φρέσκο	0,0	90-95	5-7 μήνες	-0,8
Καλαμπόκι γλυκό	0,0	90-95	8 ημέρες	-0,6
Κολοκυθάκι χειμερινό	7,2-10	70-75	6 μήνες	-0,7
Κολοκυθάκι θρινό	7,2-10	70-75	2 εβδομάδες	-0,5
Κουνουπίδι	0,0	90-95	2 εβδομάδες	-0,8
Λάχανο κεφαλωτό	0,0	90-95	3-4 εβδομάδες	-0,8
Λάχανο βρυξελλών	0,0	90-95	3-4 εβδομάδες	-0,8
Μαϊντανός	0,0	90-95	2 - 4 μήνες	-0,3
Μανιτάρια καλ/μενα	0,0	85-90	5 ημέρες	-0,3
Μαρούλι	0,0	95	2-3 εβδομάδες	-0,2
Μελιτζάνα	7,2-10	85-90	10 ημέρες	-0,8
Μηρόκολο	0,0	90-95	1 εβδομάδα	-0,6
Πατζάρι-φύλλωμα	0,0	90-95	10-14 ημέρες	-0,4
Πατζάρι μόνο ρίζες	0,0	90-95	1-3 μήνες	-0,9
Πατάτα πρόκλη ανοιξιάτικη	10,0	85-90	1-3 εβδομάδες	-0,9
Πατάτα όψιμη	3,9	85-90	4-9 μήνες	-0,9
Πεπόνι	7,2 - 10	85-90	2-3 εβδομάδες	-0,8
Πιπεριά	7,2 - 10	85-90	8-10 ημέρες	-0,7
Πράσο	7,2 - 10	90-95	1-3 μήνες	-0,7
Ραδίκι	0,0	90-95	2 εβδομάδες	-0,3
Ραπανάκι με φύλλωμα	0,0	90-95	2 εβδομάδες	-0,4

Ραπανάκι μόνο ρίζες	0,0	90-95	2-4 μήνες	-0,7
Ρέβα	0,0	90-95	6 μήνες	-1.1
Σέλινο	0,0	95 +	3 μήνες	-0,2
Σέσκουλο	0,0	90-95	10-15 ημέρες	-0.3
Σκόρδο ξερό	0,0	70-75	6-8 μήνες	-0,8
Σπανάκι	0,0	90-95	10-14 ημέρες	-0,3
Σπαράγγι	0,0	95	3 εβδομάδες	-0,6
Τομάτα ώριμη	10,0	85-90	3-5 ημέρες	-0,5
Τομάτα πράσινη	12,8-15,6	85-90	2-6 εβδομάδες	-0,8
Φασολάκι χλωρό	7.2-10	85-90	8-10 ημέρες	-0,7
Φράουλα	0,0	85-90	10 ημέρες	-0,8

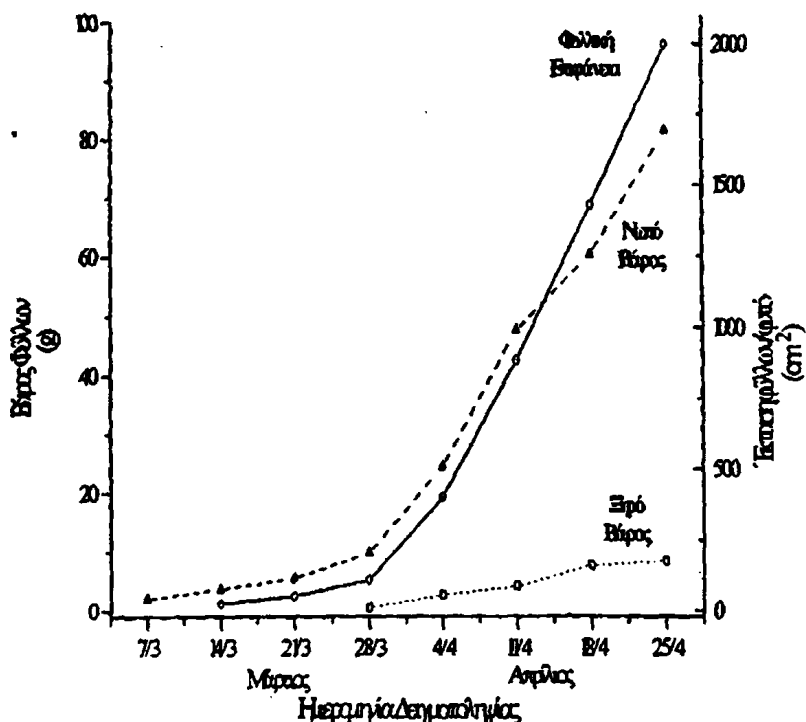
Πηγή: α) Whiteman, T.M. 1957, β) Mitchell, F.G. et al. 1972 και γ) Porritt, S.W. 1974.

Αποδόσεις

Οι αποδόσεις ποικίλλουν σημαντικά, ανάλογα με την περιοχή και την εποχή καλλιέργειας, από 1000-3000 κιλά/στρέμμα. Οι φθινοπωρινές καλλιέργειες δίνουν υψηλότερες αποδόσεις, ενώ οι ανοιξιάτικες χαμηλότερες. Η παραγωγή είναι μειωμένη όταν οι θερμοκρασίες είναι πολύ χαμηλές, όπως επίσης όταν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες και μεγάλη φωτοπερίοδος κατά την ανάπτυξη της καλλιέργειας, γιατί ενθαρρύνουν την ανάπτυξη ανθοφόρων βλαστών σε βάρος της ανάπτυξης των φυτών, δηλ. του σχηματισμού φύλλων (Parlevliet, 1968B).

Ο Ζιήκ (1965) μελέτησε τον ρυθμό ανάπτυξης του σπανακιού την άνοιξη, στην κοιλάδα Salinas της Καλιφόρνιας. Ο μέσος όρος πέντε πειραμάτων έδειξε ότι ο μέσος αριθμός φύλλων αυξήθηκε γραμμικά καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Η φυλλική επιφάνεια και το νωπό βάρος αρχικά παρουσιάζουν μικρή αύξηση, αργότερα όμως η αύξηση είναι ταχεία. Το ποσοστό της ξηράς ουσίας μειωνόταν ή αυξομειωνόταν ανάλογα με το πείραμα. Τα φυτά απέκτησαν το 68% του νωπού βάρους τους τις τελευταίες 21 ημέρες, πριν από την συγκομιδή (Εικόνα 2).





Εικόνα 2. Καμπύλες ανάπτυξης, έκτασης φύλλου, νωπού και ξηρού βάρους φυτού σπανακιού, κατά τη διάρκεια της άνοιξης. (Διασκευασμένο από Zink 1965).

Θρεπτική αξία

Το σπανάκι είναι το λαχανικό με την υψηλότερη περιεκτικότητα σε βιταμίνη Α. Στα 100 γραμμάρια νωπού προϊόντος περιέχει 5,800 IU. Επίσης, είναι πλούσιο σε βιταμίνη C (52mg/100g) και σε Ca (107 mg/100g) και είναι πολύ καλή πηγή σιδήρου (2.1 mg), φωσφόρου (66 mg) και μαγνησίου (103 mg). Για τον λόγο αυτό, το σπανάκι θεωρείται ένα από τα πλέον θρεπτικά λαχανικά της ομάδας των φυλλωδών λαχανικών.

Η θρεπτική αξία του Σπανακιού, του Σπανακιού Νέας Ζηλανδίας, του Σέσκουλου και Παντζαριού δίνονται στον Πίνακα 5.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. Περιεκτικότητα του Σπανακιού, του Σπανακιού Ν. Ζηλανδίας, του Σέσκουλου και Παντζαριού στα 100 γρ. νωπού προϊόντος.

		Σπανάκι	Σπανάκι Ν. Ζηλανδίας	Σέσκουλο	Παντζάρι
		(φύλλα)	(φύλλα)	(φύλλα)	(Ρίζα)
Refuse %		5	0	5	65
Θερμίδες	cal	20	10	16	34
Νερό %	(g)	90	94	92	89
Πρωτεΐνες	(g)	3.6	1.5	1.8	1.9
Λίπη	(g)	0.4	0.2	0.2	0.1
Υδατάνθρακες	(g)	0.8	0.6	1.5	6.3
Βιταμίνη Α	IU	5800	4400	3300	Τχνη
Βιταμίνη Β1	(mg)	0.12	0.04	0.04	0.05
Βιταμίνη Β2	(mg)	0.16	0.13	0.9	0.02



Νιασίνη	(mg)	0.8	0.5	0.4	0.4
Βιταμίνη C	(mg)	52	30	30	11
Ca	(mg)	107	58	51	13
Fe	(mg)	2.1	0.8	1.8	0.5
Mg	(mg)	103	39	75	19
P	(mg)	66	28	46	55

Πηγή: Howard et al, 1962

Ποιότητα

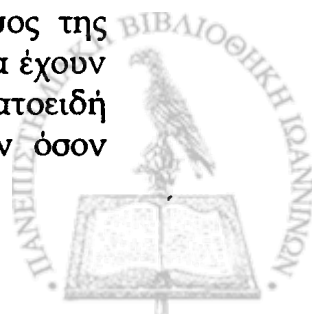
Όπως ελέγχθη και στα προηγούμενα, το σπανάκι καταναλίσκεται κυρίως μαγειρεμένο είτε είναι νωπό ή μεταποιημένο (καταψυγμένο-κονσέρβα). Τα επιθυμητά ποιοτικά χαρακτηριστικά είναι το βαθύ πράσινο χρώμα του φύλλου και η απουσία ανάπτυξης βλαστού (ανθοφόρος βλαστός). Το νωπό σπανάκι πρέπει να είναι τραγανό, σαρκώδες και η επιφάνεια των φύλλων ελαφρά κυματώδης. Αντίθετα, για μεταποίηση προτιμούνται τα επίπεδα φύλλα.

Την ποιότητα του σπανακιού επηρεάζουν οι αποστάσεις φύτευσης, το ύψος της αζωτούχου λίπανσης, η ποικιλία και η εποχή καλλιέργειας. Σχετικά πειράματα έδειξαν ότι καλλιέργεια την άνοιξη, όπου η ανάπτυξη του φυτού συντελείται γρήγορα, το χρώμα των φυτών ήταν ανοικτότερο σε σύγκριση με καλλιέργεια του φθινοπώρου. Πυκνή φύτευση προκαλεί επίσης ανοικτό χρωματισμό και αυξάνει την πιθανότητα σχηματισμού στελέχους.

Τα φυλλώδη πράσινα λαχανικά έχουν την τάση να συγκεντρώνουν άζωτο υπό την νιτρική μορφή NO_3^- , ιδιαίτερα σαν αποτέλεσμα της εφαρμογής μεγάλων ποσοτήτων NO_3^- για την εξασφάλιση του πράσινου χρώματος και του σαρκώδους των φύλλων. Στη διαδικασία της πέψης τα νιτρικά NO_3^- μετατρέπονται σε νιτρώδη NO_2^- , τα οποία οξειδώνουν την αιμογλοβίνη και σχηματίζουν τη μεθεμογλοβίνη. Η ουσία αυτή είναι υπεύθυνη για την πρόκληση θανατηφόρας ασθένειας που ονομάζεται μεθεμογλοπινεμία, που προκαλεί σοβαρό πρόβλημα στα μηρυκαστικά ζώα. Στον άνθρωπο το πιθανό πρόβλημα παρατηρείται στα νήπια, όταν καταναλώσουν μεγάλες ποσότητες σπανακιού. Η ασθένεια αναφέρεται σαν "blue baby" και πιστεύεται ότι υπερλιπάνσεις με άζωτο υπό μορφή NO_3^- μπορεί να προκαλέσει την πάθηση. Πρόσθετα σημειώνεται ότι η νιτρώδης μορφή του αζώτου NO_2^- μπορεί να οδηγήσει στο σχηματισμό νιτροζαμινών, οι οποίες είναι καρκινογόνες.

Η συγκέντρωση νιτρικών NO_3^- στους μίσχους του σπανακιού μπορεί να φθάσει σε τοξικά επίπεδα για τον άνθρωπο. Αυτό συμβαίνει ιδιαίτερα όταν εφαρμόζονται μεγάλες ποσότητες νιτρικών και αμμωνιακών λιπασμάτων κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας. Σχετικά με το θέμα της συγκέντρωσης νιτρικών στο σπανάκι, έχουν γίνει διάφορες πειραματικές εργασίες. Τα κύρια συμπεράσματα παρουσιάζονται στην συνέχεια:

Υπάρχουν διαφορές μεταξύ των ποικιλιών όσον αφορά το ύψος της συγκέντρωσης νιτρικών NO_3^- στα φυτά. Οι ποικιλίες με επίπεδα φύλλα έχουν λιγότερη συγκέντρωση σε σύγκριση με τις ποικιλίες που έχουν κυματοειδή φύλλα. Οι ποικιλίες που έχουν ημικυματοειδή φύλλα, ποικίλλουν όσον αφορά τη συγκέντρωση του NO_3^- .



Η μελέτη αλληλεπίδρασης μεταξύ της αύξησης της αζωτούχου λίπανσης και της αύξησης της θερμοκρασίας στη συγκέντρωση νιτρικών NO_3^- στους ιστούς του φυτού, έδειξε ότι η συγκέντρωση NO_3^- στους ιστούς αυξάνεται στις χαμηλές θερμοκρασίες με την αύξηση της N-ούχου λίπανσης. Από την θερμοκρασία των 5°C μέχρι τη θερμοκρασία των 25°C αυξάνεται η συγκέντρωση των NO_3^- στους ιστούς. Από τους 25°C μέχρι τους 30°C παρατηρείται μείωση της συγκέντρωσης των NO_3^- στους ιστούς.

Η μελέτη της αλληλεπίδρασης μεταξύ αζωτούχου λίπανσης και έντασης φωτισμού έδειξε ότι η συγκέντρωση NO_3^- είναι μεγαλύτερη στις χαμηλές εντάσεις φωτισμού 600 foot candles (δοκιμάστηκαν τα επίπεδα 600, 1600, 2400 και 3500 foot candles). Βέβαια, αντίδραση της αύξησης της N-ούχου λίπανσης στην ανάπτυξη των φυτών ήταν μεγαλύτερη στις υψηλές εντάσεις φωτισμού.

Το σπανάκι έχει υψηλή περιεκτικότητα σε αδιάλυτα οξαλικά άλατα, περισσότερα ίσως από όλα τα άλλα λαχανικά. Το οξαλικό ασβέστιο είναι ο συνηθέστερος τύπος, ο οποίος συναντάται σε υψηλότερα ποσοστά στο σπανάκι σε σύγκριση με πολλά άλλα φυτά, αλλά επίσης παρουσιάζει ενδιαφέρον, γιατί πιθανό να επηρεάζει την απορρόφηση του ασβεστίου από το φυτό (Sackett, 1975). Τα φύλλα του σέσκουλου και παντζαριού, μέλη και αυτά της οικογένειας των *Chenopodiaceae*, περιέχουν επίσης υψηλά επίπεδα οξαλικών αλάτων. Υπάρχουν όμως σημαντικές διαφορές μεταξύ ποικιλιών και γενετικών σειρών όσον αφορά την ολική περιεκτικότητα τους σε οξαλικά άλατα. Π.χ. ο Kitchen et. al. (1964B) προσδιόρισε την περιεκτικότητα σε άνυδρο οξαλικό οξύ σε 39 υβρίδια, πληθυσμούς και γενετικές σειρές και βρήκε ότι η περιεκτικότητα κυμαινόταν από 5.49-9.80% επί του ξηρού βάρους, διαφορές με σημαντική στατιστική διαφορά. Υπάρχουν επίσης, σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων τύπων σπανακιού με βάση τα φύλλα τους. Ο τύπος Savoy έχει χαμηλότερο ποσό οξαλικών αλάτων σε σύγκριση με τους τύπους με λεία φύλλα και ενδιάμεσους (semi-savoy).

Ο Kitchen et. al. (1964A) μελέτησε την επίδραση του φωτός, της θερμοκρασίας και διαφόρων ενώσεων στο σχηματισμό οξαλικού οξέως στα φύλλα του σπανακιού. Τα οξαλικά σχηματίζονται από δύο πηγές: από μετατροπή ουσιών που βρίσκονται αποθηκευμένες στο σπόρο και με την φωτοσύνθεση. Το οξαλικό οξύ αυξάνει σε ποσότητα πολύ λίγο κατά τη διάρκεια της περιόδου του σκότους (δηλ. απουσία φωτός). Μια σημαντική παρατήρηση είναι το γεγονός ότι δεν παρουσιάζεται μείωση στην περιεκτικότητα, επομένως δεν λαμβάνει μέρος στην αναπνοή. Επίσης, διαπίστωσαν ότι τα κατιόντα συμβάλλουν στην προώθηση του σχηματισμού οξαλικού οξέος, ενώ τα ανιόντα τείνουν να εμποδίζουν το σχηματισμό του. Μείωση της θερμοκρασίας συμβάλλει στην αύξηση της παραγωγής του οξαλικού οξέως.



Ποικιλίες

Οι ποικιλίες του σπανακιού μπορούν να χωριστούν σε τρεις ομάδες, ανάλογα με τον τύπο του φύλλου τους: ανώμαλης επιφάνειας (savoy), ημι-ανώμαλης επιφάνειας (semi-savoy) και τα επίπεδα (smooth).

Επίσης, διακρίνονται σε αυτές που χρησιμοποιούνται για νωπή κατανάλωση στην αγορά και αυτές που καλλιεργούνται για μεταποίηση. Το σπανάκι που προορίζεται για την αγορά ανήκει κυρίως σε αυτές που έχουν ανώμαλη επιφάνεια φύλλου (savoy), ενώ αυτές για μεταποίηση στα επίπεδου φύλλου (smooth), ενώ τα ημι-ανώμαλης επιφάνειας φύλλου ((semi-savoy) χρησιμοποιούνται τόσο για την αγορά όσο και για την μεταποίηση.

Οι ποικιλίες, επίσης, μπορεί να διαχωριστούν σε αυτές που σχηματίζουν γρήγορα ανθικά στελέχη και στις άλλες που εμφανίζουν ανθικά στελέχη πολύ αργά. Επίσης, διακρίνονται στις ελεύθερης γονιμοποίησης ποικιλίες (open-pollinated) και στα υβρίδια F1. Οι ελεύθερης γονιμοποίησης περιλαμβάνουν ποικιλίες μόνοικες και δίοικες.

Μερικές ποικιλίες έχουν την τάση να αναπτύσσονται πλάγια -χαμηλά στο έδαφος, και άλλες έχουν την τάση να αναπτύσσονται προς τα πάνω -όρθιες. Οι τελευταίες προσφέρονται καλύτερα για μηχανική συγκομιδή.

Ποικιλίες σπανακιού

Viroflay: Πολύ δημοφιλής ποικιλία, κατάλληλη για συγκομιδή το φθινόπωρο, τον χειμώνα και νωρίς την άνοιξη. Τα φυτά είναι ζωηρά, μεγάλα, με ελαφρά πλάγια βλάστηση, με μεγάλα λεία και με σκούρο πράσινο χρώμα φύλλα. Ο σπόρος είναι λείος.

Nobel: Ποικιλία ταχείας ανάπτυξης, κατάλληλη για φθινοπωρινή καλλιέργεια. Έχει φύλλα μεγάλα, πλατειά και σπόρο λείο.

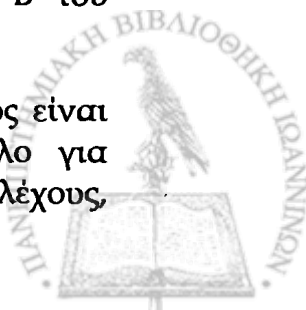
Achille: (Αχιλλεύς): Πλατύφυλλο, παραγωγικό με σκούρο πράσινο φύλλωμα, ανθεκτικό στην παραγωγή ανθικών στελεχών και στην υγρασία.

Geant d' Hiver: Γαλλικής προέλευσης, με πολύ μεγάλο φύλλωμα σκούρου χρώματος, ανθεκτικό στο κρύο και στις ασθένειες, κατάλληλο για καλλιέργεια σε υγρές περιοχές τον χειμώνα.

Υβρίδια σπανακιού

Parys F1: Υβρίδιο κατάλληλο για καλλιέργεια το φθινόπωρο και την άνοιξη. Πολύ ανθεκτικό στις χαμηλές θερμοκρασίες. Έχει παχιά, σκούρου πράσινου χρώματος και λεία φύλλα, με πολύ μεγάλους μίσχους. Αποδίδει ικανοποιητικά. Είναι ανθεκτικό στις φυσιολογικές μορφές Α και Β του περονόσπορου και στη μωσαϊκή της αγγουριάς.

Correnta F1: Φυτό με φύλλα χρώματος σκούρου πράσινου. Ο σπόρος είναι σφαιρικός. Ανθεκτικό στον περονόσπορο. Είναι όψιμο, κατάλληλο για ανοιξιιάτικη σπορά. Είναι ανθεκτικό στην παραγωγή ανθικού στελέχους, επομένως κατάλληλο και για καλοκαιρινή παραγωγή.



Melody F1: Υβρίδιο τύπου semi-savoy, με φύλλωμα ελαφρά κυματοειδές. Χρώμα φυλλώματος σκούρο πράσινο, πλατύ, ανθεκτικό στον περονόσπορο. Είναι ανθεκτικό στην παραγωγή ανθικού στελέχους, κατάλληλο για ανοιξιάτικη και καλοκαιρινή παραγωγή Καλλιεργείται για νωπή κατανάλωση και για κατάψυξη.

Polka F1: Ταχείας ανάπτυξης φυτό, πολύ παραγωγικό, καλής ποιότητας, με φύλλα μεγάλα, πλατειά και λεία. Είναι ανθεκτικό σε όλες τις φυλές του περονόσπορου. Κατάλληλο για νωπή κατανάλωση και τη βιομηχανία. Κατάλληλη εποχή σποράς από το φθινόπωρο μέχρι αρχές χειμώνα.

Εχθροί και ασθένειες

Αφίδες *Myzus persicae* Sulz.
Κολεόπτερα
Ακάρεα
Φυλλορύκτες *Pegomyia hyoscyami* Panzer
Leaf spot
Pythium
Σκωρίαση (White Rust. *Albugo occidentalis* Wilson.

Το σπανάκι υφίσταται ζημιές και από τη μόλυνση του περιβάλλοντος. Το όζον προκαλεί σημαντικές ζημιές, προκαλώντας χλώρωση, αποχρωματισμό και νεκρωτικές κηλίδες στα φύλλα.

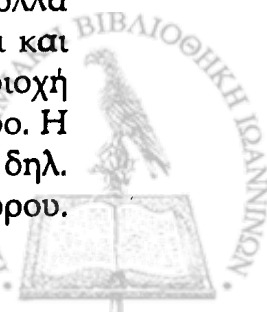
Περονόσπορος : *Peronospora spinaciae* Laubert

Ο μύκητας προσβάλλει τα φύλλα και προκαλεί περιοχές με ελαφρό κίτρινο χρώμα. Προσβεβλημένα νεαρά φυτά μπορεί να εμφανίζουν χλωρωτικά πράσινα φύλλα, τα οποία δεν αναπτύσσονται και παρουσιάζουν και κυματισμό. Σε περιόδους υψηλής υγρασίας εμφανίζονται οι καρποφορίες του μύκητα, αρχικά λευκές και αργότερα ιώδεις μάζες από κονιδιοφόρους και κονίδια. Υπάρχουν υποψίες ότι ο μύκητας μπορεί να μεταδίδεται με το σπόρο. Σε περιοχές με ήπιο χειμώνα, ο μύκητας μπορεί να επιβιώνει υπό μορφή μυκηλίου σε φυτά που ξεχειμωνιάζουν. Δευτερογενείς προσβολές γίνονται με τα κονίδια που μεταφέρονται με τον αέρα. Οι άριστες συνθήκες για βλάστηση σπορίων του μύκητα είναι 9°C και υψηλή υγρασία.

Έλεγχος της ασθένειας σήμερα επιτυγχάνεται σε μεγάλο βαθμό με την καλλιέργεια ποικιλιών και υβριδίων ανθεκτικών στον περονόσπορο. Επίσης, με την εφαρμογή κατάλληλων μυκητοκτόνων.

Αδρομύκωση Φουζάριο : *Fusarium oxysporum* Schlecht f. sp. Spinaciae (Sherd) Snyd and Hans.

Μετά από προσβολή το φυτό, εμφανίζεται χλωρωτικό, τα φύλλα συστρέφονται προς το εσωτερικό τους και το φυτό σταδιακά μαραίνεται και πεθαίνει. Παρουσιάζεται αγγειακός αποχρωματισμός, ιδιαίτερα στην περιοχή της ροζέτας. Ο μύκητας ζει στο έδαφος και επίσης μεταφέρεται με το σπόρο. Η άριστη θερμοκρασία για την ανάπτυξη του μύκητα είναι 21°C, δηλ. δημιουργεί προβλήματα τέλος άνοιξης-καλοκαίρι-αρχές φθινοπώρου.



Υπάρχει σχετική αντοχή στις ποικιλίες. Δεν υπάρχουν ανθεκτικές ποικιλίες. (Ο' Brien and Winters, 1977). Η αντιμετώπιση θα πρέπει να γίνει με την εφαρμογή συστήματος πολυετούς αμειψισποράς.

Mosaic. Μωσαϊκό του σπανακιού

Οφείλεται στον ιό 1 του μωσαϊκού του αγγουριού. Τα πρώτα συμπτώματα εμφανίζονται σαν στικτός χρωματισμός στα νεαρά εσωτερικά φύλλα, τα οποία στη συνέχεια κιτρινίζουν και ξηραίνονται. Ο ιός εξαπλώνεται και στα παλαιά φύλλα, τα οποία κιτρινίζουν. Προκαλείται επίσης, νανισμός του φυτού και τα φύλλα εμφανίζονται κυματοειδή. Ο ιός μεταδίδεται με την πράσινη αφίδα *Myzus persicae* Sulz. Ευνοείται από υψηλή θερμοκρασία, μεγάλες ημέρες και μεγάλη ένταση φωτισμού. Ο καλύτερος έλεγχος είναι με την καλλιέργεια ανθεκτικών ποικιλιών και υβριδίων, την καταπολέμηση των αφίδων, οι οποίες μεταφέρουν τους ιούς και την χρησιμοποίηση υγιούς σπόρου.

Curly top virus:

Μεταδίδεται με το φυλλορύκτη *Eutettix tenellus* Baker.

Beet yellows:

Μεταδίδεται κυρίως με την πράσινη αφίδα *Myzus persicae* Sulz.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΖΩΤΟ

Απορρόφηση και φυσιολογικός ρόλος του αζώτου

Το άζωτο (N) είναι συστατικό των αμινοξέων στα οποία συμμετέχει σε μορφή αμινομάδας ($-NH_2$). Κατά συνέπεια το άζωτο είναι συστατικό όλων των πρωτεϊνών, αφού είναι γνωστό ότι οι τελευταίες αποτελούνται από πολλά αμινοξέα συνδεδεμένα μεταξύ τους σε μορφή αλυσίδας. Υπολογίζεται ότι οι πρωτεΐνες περιέχουν κατά μέσο όρο 12% άζωτο περίπου. Επιπλέον, το άζωτο συμμετέχει στην δομή των 5 βάσεων που συνιστούν τα νουκλεοξέα (αδενίνη, γουανίνη, κυτοσίνη, θυμίνη, ουρακίλη), καθώς και στο μόριο ορισμένων συνενζύμων, μεταξύ των οποίων και της χλωροφύλλης. Επομένως, το άζωτο είναι ένα θρεπτικό στοιχείο το οποίο είναι απολύτως αναγκαίο για όλους τους ζώντες οργανισμούς και όχι μόνο για τα φυτά. Η ονομασία ά-ζωτο χρησιμοποιήθηκε ακριβώς για να υποδηλώσει ότι χωρίς αυτό το χημικό στοιχείο δεν νοείται ζωή, ούτε ακόμη και σε στοιχειώδη μορφή όπως είναι αυτή των ιών. Κατά μέσο όρο η περιεκτικότητα των διαφόρων φυτών σε άζωτο ανέρχεται περίπου σε 1,5-4,5% της ξηράς ουσίας ολόκληρου του φυτού (Forde and Clarkson, 1999).

Τα φυτά προσλαμβάνουν το άζωτο από το έδαφος κατά κύριο λόγο σε μορφή νιτρικού ιόντος. Μπορούν όμως να το προσλάβουν και σε μορφή αμμωνιακού ιόντος, ιδιαίτερα όταν υπάρχουν σημαντικές ποσότητες αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος. Αυτό συμβαίνει κυρίως σε όξινα εδάφη (Forde and Clarkson, 1999) γιατί τα τελευταία δεν αποικίζονται από βακτήρια που οξειδώνουν τα αμμωνιακά ιόντα σε νιτρικά (*Nitrosomonas*, *Nitrobacter* sp.). Ο βαθμός κάλυψης των αναγκών ενός φυτού σε άζωτο μέσω πρόσληψης αμμωνιακών ιόντων διαφοροποιείται επίσης και ανάλογα με το φυτικό είδος, την θερμοκρασία του εδάφους, κ.λπ. Σημειώνεται ότι οι μορφές ανοργάνου αζώτου που συναντώνται στα εδάφη και στα επιφανειακά ύδατα είναι το νιτρικό και το αμμωνιακό ιόν. Άλλες μορφές, όπως τα νιτρώδη ιόντα NO_2^- , τα οξειδία του αζώτου (N_2O_X) η υδροξυλαμίνη (NH_2OH) και η ουρία $CO(NH_2)_2$ είναι σπάνιες και δεν έχουν πρακτικά καμία αξία για την θρέψη των φυτών. Το μεγαλύτερο μέρος του αζώτου στην βιόσφαιρα βέβαια υπάρχει σε μορφή στοιχειακού αζώτου (N_2) το οποίο όπως είναι γνωστό αποτελεί το 80% του ατμοσφαιρικού αέρα. Αυτή η μορφή όμως είναι χημικά αδρανής και όπως θα εξηγηθεί αναλυτικά παρακάτω δεν είναι άμεσα αφομοιώσιμη από τα ανώτερα φυτά, μολονότι τα περιβάλλει από παντού.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, όλα τα πράσινα φυτά, ανώτερα και κατώτερα, σε αντίθεση με τους ζωικούς οργανισμούς έχουν την ικανότητα να συνθέτουν όλα τα συστατικά του ζωντανού κυττάρου τους χρησιμοποιώντας αποκλειστικά και μόνο ανόργανα συστατικά. Επομένως, τα φυτά μπορούν να αξιοποιήσουν το ανόργανο άζωτο (NO_3^- , NH_4^+) που προσλαμβάνουν μέσω των ριζών για την βιοσύνθεση όλων των αμινοξέων, πρωτεϊνών, νουκλεοξέων, συνενζύμων και λοιπών αζωτούχων συστατικών που τους είναι αναγκαία για



να επιβιώσουν και να αναπτυχθούν. Για να αφομοιωθεί όμως το ανόργανο άζωτο από τα φυτά και να μεταβολισθεί θα πρέπει τα νιτρικά ή τα αμμωνιακά ιόντα, μόλις εισέλθουν μέσα στο κύτταρο, να μετατραπούν σε οργανικές μορφές αζώτου.

Ο Κύκλος του Ν

Η τρίτη θεμελιώδης λειτουργία επιπρόσθετα με τη φωτοσύνθεση και την αναπνοή είναι η αζωτοδέσμευση. Η διεργασία αυτή είναι μέρος των αντιδράσεων του κύκλου του αζώτου. Πολλά συστατικά των ζωντανών κυττάρων περιέχουν άζωτο, όπως πρωτεΐνες και τα παράγωγά τους (πεπτόνες, πολυπεπτίδια, αμινοξέα, λεκιθίνη), νουκλεϊνικά οξέα, πουρίνες, πυριμιδίνες, πορφυρίνες (κυτόχρωμα, χλωροφύλλη), αλκαλοειδή, αμίδια, αμίνες και βιταμίνες (ανευρίνη, ριβοφλαβίνη, πυριδοξίνη, βιοτίνη, παντοθενικό οξύ, νικοτινικό οξύ).

Τα άτομα του Ν, αυτών των ενώσεων προκύπτουν από τον κύκλο του Ν, ο οποίος ξεκινά από τα αποθέματα της ατμόσφαιρας. Το άζωτο αφαιρείται από την ατμόσφαιρα με τη 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 έκπλυση των εδαφών. Για αποκατάσταση της γονιμότητας, 3×10^6 τόνοι αζώτου προστίθενται ετησίως υπό μορφή λιπασμάτων (κοπριά, ούρα, λιπάσματα).



- Αποσύνθεση οργανικής ουσίας (φυτικά υπολείμματα, περιττώματα ζώων νεκροί ζωικοί οργανισμοί) → Υδρόλυση πρωτεϊνών και σχηματισμός χουμικών ουσιών
- Αμμωνιοποίηση των οργανικών αζωτούχων ουσιών που περιέχονται στην αποσυντιθέμενη οργανική ουσία με αποτέλεσμα τον σχηματισμό NH_4^+ . Η αμμωνιοποίηση του οργανικού αζώτου στο έδαφος συχνά αποδίδεται και με τον όρο «ανοργανοποίηση».
- Νιτροποίηση NH_4^+ με τελικό προϊόν τα νιτρικά ιόντα (NO_3^-) οπότε ο κύκλος επαναλαμβάνεται.

Διάφορες ανόργανες και πάρα πολλές οργανικές ενώσεις N μπορεί να θεωρηθούν ως συστατικά του κύκλου του N. Εδώ υπάγονται τα εξής:

- N_2 (αέριο άζωτο- 78% του αέρα που αναπνέουμε)
- NH_3 (αμμωνία)
- NH_4^+ (αμμωνιακό κατιόν)
- NO_3^- (νιτρικό ανιόν)
- NO_2^- (νιτρώδες ανιόν)
- NH_2OH (Υδροξυλαμίνη)
- Οργανικό άζωτο (πρωτεΐνες, αμινοξέα, αλκαλοειδή κ.α)

Από αυτά προκύπτει ότι το άτομο του N μπορεί να έχει διάφορους αριθμούς οξείδωσης όπως:

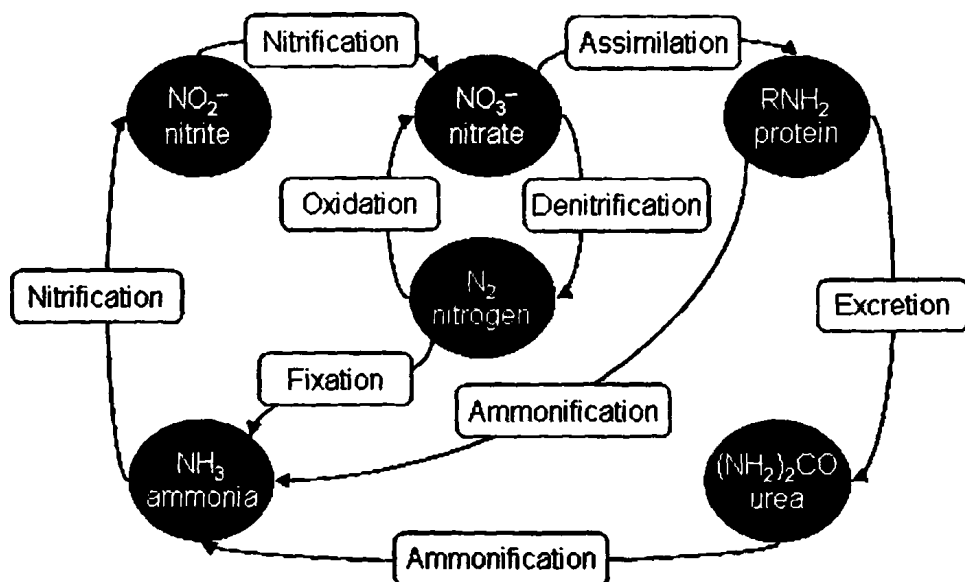
NO_3	NO_2	N_2O_2	N_2	NH_2OH	NH_3
+5	+3	+1	0	-1	-3

Έτσι το άζωτο στη φύση μπορεί να απαντάται, είτε σε πολύ οξειδωμένη μορφή (NO_3^-), είτε σε μορφή που βρίσκεται σε κατάσταση αναγωγής (NH_4^+).

Το N είναι θεμελιώδες συστατικό των πρωτεϊνών και είναι τόσο για τα φυτά, όσο και για τον άνθρωπο ο πιο κοινός περιοριστικός παράγοντας της αύξησης των. Το N αν και απαρτίζει περίπου το 78% του ατμοσφαιρικού αέρα, είναι θρεπτικό στοιχείο, που συνήθως βρίσκεται σε ανεπαρκή εφοδιασμό στο έδαφος για τις καλλιέργειες. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι η μορφή του αέριου αζώτου (N_2) στην ατμόσφαιρα είναι αδρανής και μη χρήσιμη για την πλειονότητα των έμβιων όντων. Το αέριο N μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οργανισμούς μόνο αφότου έχει δεσμευτεί ή ενωθεί με άλλα στοιχεία, όπως O_2 ή H_2 .



Σήμερα η δέσμευση του αζώτου για την παραγωγή λιπασμάτων, πραγματοποιείται στις βιομηχανίες, με σύνθεση της αμμωνίας από υδρογόνο (H_2) και ατμοσφαιρικό άζωτο (N_2) και την κατανάλωση για τη σύνθεση αυτή μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας ($930 \text{ kJ} \times \text{mol}^{-1}$), για να σπάσει ο πολύ ισχυρός δεσμός των δύο ατόμων αζώτου ($N \equiv N$).



ΕΙΚΟΝΑ 4: ΚΥΚΛΟΣ ΑΖΩΤΟΥ

Στη φύση η αζωτοδέσμευση γίνεται από μερικά γένη βακτηρίων (*Cyanobacterium*, *Rhizobium* κ.α.). Τα ανώτερα φυτά δεν ανέπτυξαν την ικανότητα για αζωτοδέσμευση, αν και μερικά συμμετέχουν έμμεσα, με συμβίωση τους με τα βακτήρια. Η πιο γνωστή περίπτωση είναι αυτή των ψυχανθών με τα βακτήρια του γένους *Rhizobium*. συμβίωση τους με τα βακτήρια. Η πιο γνωστή περίπτωση είναι αυτή των ψυχανθών με τα βακτήρια του γένους *Rhizobium*.

Οργανισμός	Δεσμευμένο N (kg/εκτάριο/έτος)
Ελεύθεροι μικροοργανισμοί	
Κυανοπράσινα φύκη	25
Αζωτοβακτήρια	0,3
<i>Clostridium pasteurianum</i>	0,1-0,5
Συμβιώσεις φυτών-φυκών	
<i>Gunnera</i>	12-21
<i>Azollas</i>	313
<i>Lichens</i>	39-84
Ψυχανθή	
Σόγια	57-94
Είδη φασολιών	84
Τριφύλλι	104-160
Μηδική	128-600
Λούπινα	150-169



Άλλα βακτήρια συμβιώνουν με άλλους ξενιστές και άλλα ζουν ελεύθερα στο έδαφος ή στο νερό. Μερικά είναι φωτοσυνθετικά, άλλα χρειάζονται οξυγόνο ενώ άλλα ζουν σε αναερόβιες συνθήκες. Όλοι οι ανωτέρω οργανισμοί δίνουν ως αρχικό προϊόν αμμωνία και έχουν ως κοινό ένζυμο τη νιτρογενάση.

Η τιμή των λιπασμάτων έχει αυξηθεί δραματικά τα τελευταία χρόνια επηρεάζοντας σημαντικά το κόστος. Κατά συνέπεια η αζωτοδέσμευση τείνει να μειώσει σημαντικά το κόστος της αζωτούχου λίπανσης.

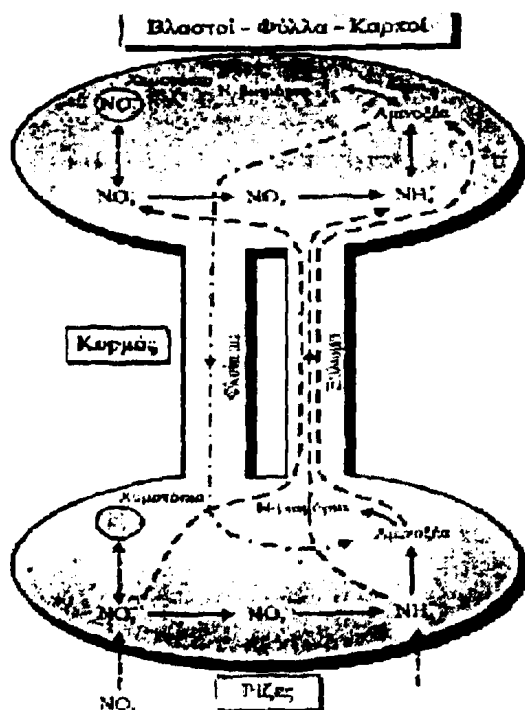


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ

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 ωσμωρυθμιστική για την αποκατάσταση τυχόν ελλείψεων των οργανικών συντελεστών στα μιτοχόνδρια.



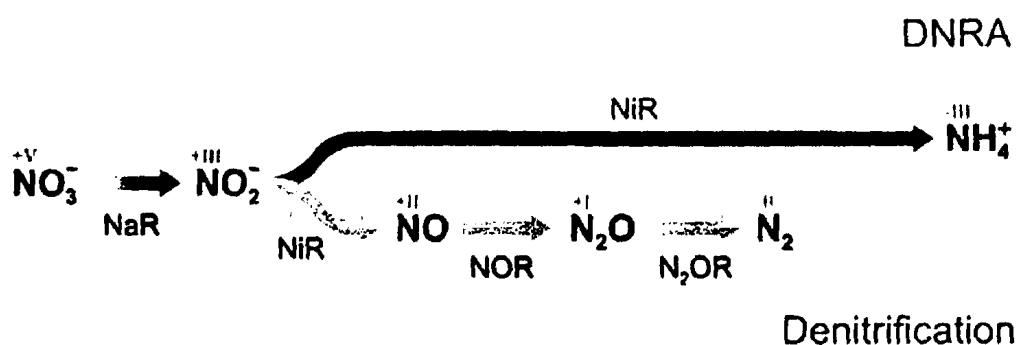
ΕΙΚΟΝΑ 5: ΧΡΗΣΗ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΜΜΩΝΙΑΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΦΥΤΑ

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 ρεδοукτάση 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 6: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΣΕ ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ

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.



Συστήματα πρόσληψης νιτρικών

Το σύστημα πρόσληψης των νιτρικών ιόντων στα φυτά είναι ενεργό, πολυφασικό και ρυθμιζόμενο από ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες. Οι πρωτεΐνες-μεταφορείς νιτρικών ιόντων διακρίνονται σε:

- **Πρωτεΐνες με υψηλή συγγένεια**, υπεύθυνες για την πρόσληψη νιτρικών ιόντων από χαμηλές συγκεντρώσεις (μικρότερες του 1 mM). Η πρόσληψη ακολουθεί κινητική Michaelis-Menten, έχουν K_m^1 300 μ M και ορισμένες επάγονται από την υψηλή συγκέντρωση νιτρικών. Αυτή η ρύθμιση φαίνεται να συμβαίνει στο μεταγραφικό επίπεδο, αφού απαιτείται σύνθεση RNA και πρωτεΐνης.

- **Πρωτεΐνες με χαμηλή συγγένεια**, υπεύθυνες για την πρόσληψη νιτρικών ιόντων από υψηλές συγκεντρώσεις (~1 mM). Είναι επίσης ηλεκτρογενείς και συνοδεύονται από συμμεταφορά κατιόντων. Ωστόσο, η ταχύτητα πρόσληψης έχει γραμμική σχέση με τη συγκέντρωση του υποστρώματος, με K_m ίσο ή μεγαλύτερο του 0,5 mM. Τα γονίδια τους εκφράζονται συνεχώς.

Και τα δύο συστήματα ελέγχονται με ανάδρομη παρεμπόδιση (feedback inhibition) από υψηλή ενδογενή συγκέντρωση νιτρικών στα ριζικά κύτταρα και, ενδεχομένως, από άλλα μεταβολικά παράγωγα της αναγωγής των νιτρικών (νιτρώδη, αμμωνία ή γλουταμίνη).

Μέχρι τώρα έχει κλωνοποιηθεί πρωτεΐνη-μεταφορέας μεγάλης συγγένειας για τα νιτρικά από μύκητες και φύκη, όπως το γονίδιο *crna* του *Aspergillus*. Το μετάλλαγμα *crna* έχει 2-4 φορές μειωμένη ικανότητα πρόσληψης νιτρικών, αλλά τα μυκήλια επιβιώνουν σε μέσο με νιτρικά. Το *crna* ανήκει σε μια οικογένεια, που περιλαμβάνει και τα γονίδια *niia* και *niia*, που κωδικοποιούν τη νιτρική και νιτρώδη αναγωγή, αντίστοιχα. Το *crna* κωδικοποιεί μια μεμβρανική πρωτεΐνη με 10-12 διαμεμβρανικά τμήματα. Στη *Chlamydomonas* έχουν ταυτοποιηθεί δύο σχετικά γονίδια, τα *nar-3* και *nar-4*. Οι πρωτεΐνες NAR-3 και NAR-4 έχουν 80% ομολογία στο C-αμινοτελικό άκρο, ενώ έχουν την ίδια αλληλουχία κατά 27% και 31%, αντίστοιχα, με τη πρωτεΐνη CRNA του *Aspergillus*.

Πρόσφατα (2002), απομονώθηκε από το κριθάρι ένας κλώνος CDNA, ο *rbch*, που κωδικοποιεί μια πρωτεΐνη 55 kD με 12 διαμεμβρανικές περιοχές και έχει 32% και 50% ομολογία με τις πρωτεΐνες CRNA και NAR-3, αντίστοιχα. Αντίγραφα του γονιδίου συσσωρεύονται στα ριζικά κύτταρα παρουσία νιτρικών ιόντων. Την πενταετία (2000-2004) έχουν χαρακτηριστεί από φυτικά είδη δύο γονιδιακές οικογένειες, οι *nrt1* και *nrt2*, που κωδικοποιούν πρωτεΐνες-μεταφορείς νιτρικών ιόντων στα φυτά. Οι NRT2 είναι πρωτεΐνες-μεταφορείς υψηλής συγγένειας. Οι NRT1 είναι πρωτεΐνες-μεταφορείς με διττή συγγένεια (χαμηλό και υψηλό K_m και λέγονται αντίστοιχα HATS και

¹ Το K_m είναι η σταθερά Michaelis-Menten και υποδηλώνει τη συγγένεια της πρωτεΐνης με το υπόστρωμα, στην προκειμένη περίπτωση με τα νιτρικά ιόντα.

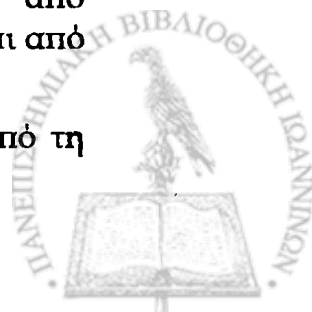


LATS (higt και low affinity transport systems). Οι **NRT2** επάγονται από τα νιτρικά και τους υδατάνθρακες ενώ καταστέλλονται από την αμμωνία και τα αμινοξέα. Η ρύθμιση των πρωτεϊνών **NRT2** γίνεται μεταμεταγραφικά, με φωσφορυλιώσεις-αποφωσφορυλιώσεις που παρεμποδίζονται από την αμμωνία και τη γλουταμίνη.

Σε ό,τι αφορά τις πρωτεΐνες-μεταφορείς χαμηλής συγγένειας, έχει απομονωθεί το γονίδιο *chl1*(= *nr1*) από την *Arabidopsis*, που κωδικοποιεί μια πρωτεΐνη-μεταφορέα νιτρικών χαμηλής συγγένειας. Το *chl1* κωδικοποιεί ένα πεπτιδίο 590 αμινοξέων με MB 65 kD. Δεν έχει σημαντική ομολογία με άλλες πρωτεΐνες-μεταφορείς νιτρικών που έχουν κλωνοποιηθεί. Το γονίδιο εκφράζεται κυρίως στις ρίζες, αυξάνεται με προσθήκη νιτρικών εντός 30 min και φθάνει στη μέγιστη τιμή σε 2 ώρες. Επίσης, αυξάνεται με μείωση του εξωτερικού pH, παρουσία και απουσία νιτρικών. Γονιδιακή ανάλυση έχει δείξει ότι στην *Arabidopsis* υπάρχουν και άλλα ομόλογα γονίδια. Το γονίδιο είναι μέλος μιας οικογένειας τουλάχιστον πέντε γονιδίων. Ένα από αυτά κωδικοποιεί μια πρωτεΐνη-μεταφορέα πεπτιδίου. Πρωτεΐνες όπως οι **CHL1** στα ζώα είναι μεταφορείς πεπτιδίων, ιδιαίτερα στο έντερο.

Η απαιτούμενη ενέργεια για την πρόσληψη νιτρικών ιόντων από το έδαφος, όπου η συγκέντρωση τους κυμαίνεται από 10 μ M έως 100 mM, προέρχεται από διαβαθμισμένη συγκέντρωση κατιόντων κατά μήκος της κυτταρικής μεμβράνης, με τη βοήθεια της H^+ -ATPάσης. Η πρόσληψη των νιτρικών ανιόντων από τα κύτταρα των ριζών γίνεται κατά μήκος τιμών ηλεκτρικού δυναμικού μεταξύ -100 και -250 mV (αρνητικό φορτίο στο εσωτερικό του κυττάρου). Αν θεωρηθούν ως εξωτερική συγκέντρωση νιτρικών ιόντων τα 2 mM και ηλεκτρικό δυναμικό τα -110 mV, τότε η αναμενόμενη κυτταροπλασματική συγκέντρωση νιτρικών ιόντων θα ήταν 28 nM, σύμφωνα με την εξίσωση Nest. Όμως, οι κυτταροπλασματικές συγκεντρώσεις νιτρικών που έχουν προσδιορισθεί σε ριζικά κύτταρα βρώμης κυμάνθηκαν από 1 έως 5 mM, δηλαδή 35 έως 175 φορές μεγαλύτερες από τις αναμενόμενες. Επομένως, η πρόσληψη νιτρικών γίνεται όχι με βάση τα ωσμωτικά φαινόμενα, αλλά με δαπάνη ενέργειας, με ηλεκτρογενή συμμεταφορά πρωτονίων. Κατά την πρόσληψη των νιτρικών γίνεται μια βραχεία (1-2 min) αποπόλωση της πλασματικής μεμβράνης, που λαμβάνει χώρα έως και 60 mV περισσότερο θετική στο εσωτερικό του κυττάρου. Η χρήση παρεμποδιστών της H^+ -ATPάσης της πλασματικής μεμβράνης ή η αλκαλίωση του εξωτερικού διαλύματος, παρέμποδίζει την πρόσληψη. Οξύνισή του προκαλεί αύξηση της πρόσληψης χλωριόντων, τα οποία είναι ανάλογα των νιτρικών, από κυστιδία πλασματικής μεμβράνης που έχουν γεμίσει προηγουμένως με χλωριόντα. Αν η πρόσληψη ενός νιτρικού ανιόντος συνοδευόταν από συμμεταφορά ενός μόνο κατιόντος δεν θα παρατηρούνταν αποπόλωση της μεμβράνης. Επομένως, η πρόσληψη συνοδεύεται από συμμεταφορά δύο κατιόντων. Η επαναφορά του δυναμικού ίσως γίνεται από την ενεργοποίηση της H^+ -ATPάσης.

Γενικά, η πρόσληψη νιτρικών από τις ρίζες είναι μικρότερη από τη



μέγιστη ικανότητα πρόσληψης τους (uptake capacity). Αυτό ενισχύει την άποψη ότι η πρόσληψη βρίσκεται κάτω από αρνητικό έλεγχο, δηλαδή ότι περιορίζεται από κάποιο σήμα επάρκειας (safety signal), παρά ότι ενεργοποιείται από κάποιο θετικό σήμα έλλειψης (demand signal). Υπό συνθήκες ισορροπίας (steady-state conditions), η ανακύκλωση αμινο-N μεταξύ υπέργειου και υπόγειου φυτικού τμήματος υποστηρίζει την πρώτη εκδοχή.

Ο ενδοκυτταρικός έλεγχος του pH από οργανικά οξέα είναι άλλος ένας πιθανός μηχανισμός ρύθμισης της πρόσληψης νιτρικών. Κατά την αναγωγή των νιτρικών ελευθερώνονται αλκαλικά ιόντα (1 mol ισοδύναμο υδροξυλίου για κάθε mol αναγομένων νιτρικών). Για την ομοιοστασία του κυττάρου συντίθενται οργανικά οξέα, κυρίως οξαλοξικό από φωσφοενολοπυροσταφυλικό και HCO_3^- , με τη δράση της καρβοξυλάσης του φωσφοενολοπυροσταφυλικού οξέος (PEP carboxylase) στα φύλλα. Ο αριθμός όμως των αρνητικών φορτίων που ελευθερώνονται κατά την αναγωγή των νιτρικών, είναι 3 φορές μεγαλύτερος από τα συσσωρευμένα καρβοξύλια, επειδή τα τελευταία μεταφέρονται ως μηλικό κάλιο στις ρίζες, όπου αποκαρβοξυλιώνονται. Το NHC_3^- εξέρχεται από τη ρίζα και το μηλικό κάλιο συνοδεύει στο ξήλωμα ένα νέο ανιόν νιτρικών, που μεταφέρεται στα φύλλα. Έτσι, η ταχύτητα μεταφοράς του μηλικού καλίου εξαρτάται από την ταχύτητα αναγωγής των νιτρικών στα φύλλα και αντανakλά το επίπεδο μεταβολισμού του N. Επομένως, ίσως το μηλικό κάλιο να είναι υπεύθυνο για τον συντονισμό πρόσληψης και αναγωγής νιτρικών. Η προσθήκη μηλικού οξέος στο διάλυμα θρέψης προκαλεί αύξηση της ταχύτητας πρόσληψης.

Στα ανώτερα φυτά, η πρόσληψη νιτρικών ρυθμίζεται, εκτός από τους ενδογενείς παράγοντες που προαναφέρθηκαν, και από περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως είναι η φωτεινή ένταση, η θερμοκρασία και οι συνθήκες καταπόνησης (υδατικής, θερμοκρασιακής, αλατότητας κ.ά.), καθώς και από ενδογενείς παράγοντες, όπως η διαθεσιμότητα υδατανθράκων.

Σύστημα πρόσληψης ιόντων αμμωνίας

Τα αμμωνιακά ιόντα είναι η δεύτερη, μετά τα νιτρικά, σημαντική πηγή αζώτου για τα φυτά. Η σημασία τους είναι μεγαλύτερη στα όξινα εδάφη, όπου η ταχύτητα νιτροποίησης και επομένως η διαθεσιμότητα νιτρικών ιόντων είναι μικρή. Η πρόσληψη των αμμωνιακών ιόντων έχει χαρακτηριστεί ως πολυφασική, σε διάφορα φυτικά είδη, υποδηλώνοντας τη συμμετοχή πολλών συστημάτων μεταφοράς. Οι τιμές της σταθεράς Michaelis-Menten, K_m , είναι 10-70 μM .

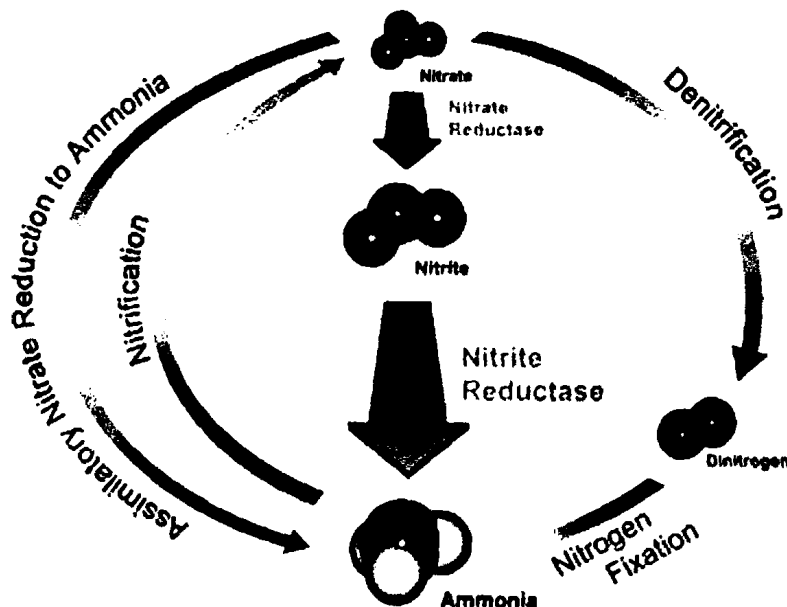
Η πρόσληψη των αμμωνιακών ιόντων γίνεται με τη μεσολάβηση μιας μεμβρανικής πρωτεΐνης-μεταφορέα περίπου 500 αμινοξέων, υδρόφοβης, με διαμεμβρανικές περιοχές. Η ενέργεια που απαιτείται προέρχεται από την κινητήρια δύναμη πρωτονίων (proton motive force).



Τελευταία έχουν χαρακτηριστεί τα γονίδια που κωδικοποιούν τους μεταφορείς της αμμωνίας. Το γονίδιο *amt1* (ammonia transporten), από την *Arabidopsis* και την τομάτα, είναι ομόλογο του μεταφορέα αμμωνίας του σακχαρομύκητα.

Αναγωγή νιτρικών ιόντων

Προκειμένου τα φυτά να χρησιμοποιήσουν το ανόργανο άζωτο για να



ΠΗΓΗ: www.img.bio.uni-goettingen.de/ms-www/images/S

ΕΙΚΟΝΑ 7 : ΑΝΑΓΩΓΗ NO_3^- σε NH_4^+

συνθέσουν αμινοξέα πρέπει να το έχουν διαθέσιμο υπό τη μορφή αμμωνιακών ιόντων. Επομένως, όταν τα φυτά προσλαμβάνουν από το έδαφος το άζωτο ως αμμωνία, αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί αμέσως χωρίς καμιά μετατροπή. Μάλιστα, επειδή είναι τοξική, αποθηκεύεται σε πολύ μικρές ποσότητες, σε αντίθεση με τα νιτρικά ιόντα, που ναι μεν μπορούν να αποθηκευτούν στα χυμοτόπια σε μεγαλύτερες ποσότητες, όμως προκειμένου να χρησιμοποιηθούν πρέπει πρώτα να αναχθούν σε αμμωνιακά ιόντα από το φυτό.

Μετά την πρόσληψη των νιτρικών από τις ρίζες, ένα μέρος τους μεταφέρεται στο κυτταρόπλασμα ή στα χυμοτόπια των κυττάρων των ριζών για άμεση χρήση ή για αποθήκευση, ένα άλλο μέρος τους επανεξέρχεται (efflux) και ένα τρίτο μέρος τους μεταφέρεται μέσω των αγγείων του ξύλου στα υπέργεια μέρη του φυτού για αποθήκευση ή άμεση χρήση.

Με τα νιτρικά (NO_3^-), ως την κυρίαρχουσα μορφή αζώτου στο έδαφος, τα φυτά και οι μικροοργανισμοί ανέπτυξαν μια ικανότητα να χρησιμοποιούν



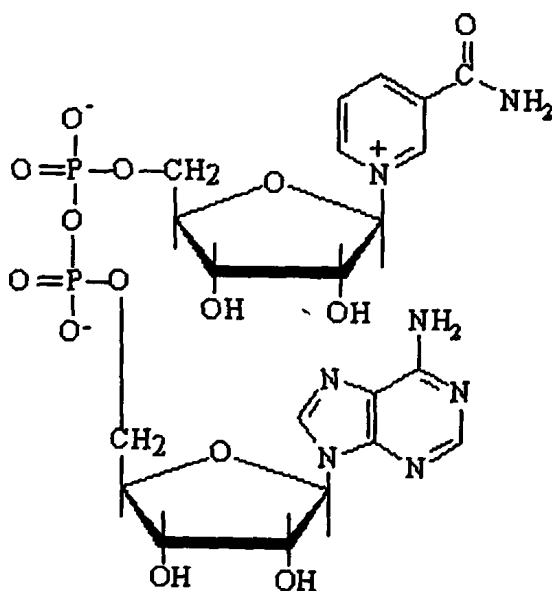
το ανιόν (NO_3^-), ως κύρια πηγή N, που απαιτείται για την αύξηση και ανάπτυξη τους. Έτσι τα ανώτερα φυτά και οι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούν NO_3^- πρέπει πρώτα να το ανάγουν σε NH_4^+ . Η αναγωγή των NO_3^- σε NH_4^+ αντιστοιχεί στη μεταβολή του (+5) θετικού σθένους του N στα νιτρικά σε (-3) του αρνητικού σθένους των αμμωνιακών, ήτοι κατά 8 σθένη και άρα την προσθήκη 8 e⁻ στο νιτρικό N. Η αναγωγή αυτή απαιτεί ενέργεια 100 kcal/mol περίπου. Επειδή η αναγωγή αυτή είναι ισχυρά ενεργοδυναμική αντίδραση και τέτοιες αντιδράσεις δεν μπορούν να γίνουν στους ζώντες οργανισμούς μόνο με μία αντίδραση και επειδή τα ένζυμα που τις καταλύουν είναι φορείς ενός ή δύο ηλεκτρονίων, στην πράξη έχουμε πολλές αντιδράσεις οι οποίες γίνονται για να φτάσουμε στο τελικό αποτέλεσμα.

Η άμεση χρήση των νιτρικών στα κύτταρα της ρίζας ή στα κύτταρα των υπέργειων οργάνων, περιλαμβάνει ως πρώτο βήμα την αναγωγή τους. Αυτή η διαδικασία αποτελείται από τουλάχιστον δύο αντιδράσεις: την αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη και των νιτρωδών σε αμμωνιακά, όπου τα NADH^2 ή NADPH δρουν ως αναγωγικά μόρια.

Η αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη γίνεται στο κυτταρόπλασμα με τη βοήθεια της νιτρικής αναγωγάσης (nitrate reductase, NR). Υπάρχουν 3 ισοένζυμα NR, που διαφέρουν ως προς το αναγωγικό μέσο που χρησιμοποιούν. Το πλέον σύνηθες είναι το NADH-NR , το δεύτερο είναι το NAD(P)H , που χρησιμοποιεί NADH ή NADPH^3 και το τρίτο είναι το NADPH-NR , που έχει βρεθεί μόνο σε μύκητες και φύκη.

² NADH

Νικοτιναμιδ-αδενιν-
δινουκλεοτίδιου (NAD^+)

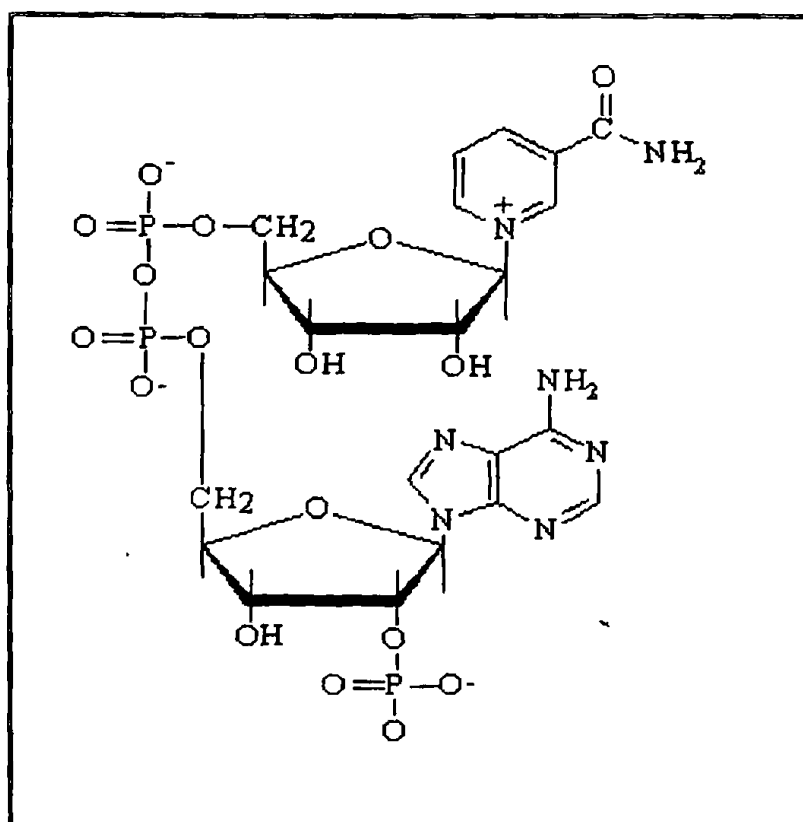


³ NADP





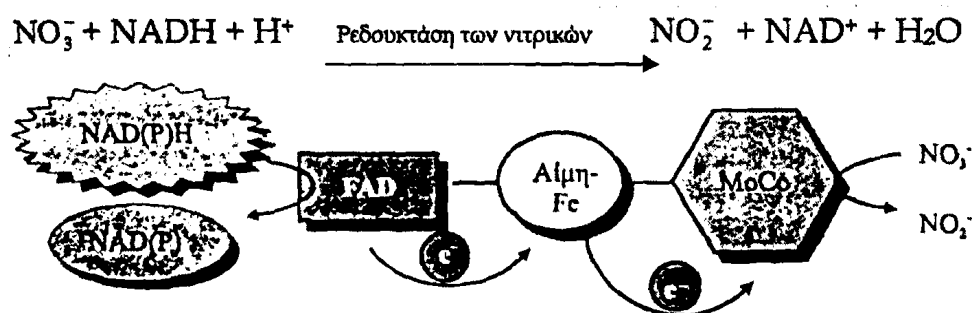
ΕΙΚΟΝΑ 8: ΠΡΩΤΕΪΝΗ ΡΕΔΟΥΚΤΑΣΗ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ (NR)
 Πηγή: : www.siu.edu/departments/biochem/chime



Νικοτιναμίδιο-αδενινο-φωσφορικό- δινουκλεοτίδιο (NAD)

Το ένζυμο βρίσκεται κυρίως στο κυτταρόπλασμα των κυττάρων της επιδερμίδας και του φλοιού των ριζών, καθώς και στα κύτταρα του μεσόφυλλου στα φύλλα.

Το ένζυμο αυτό είναι ένα σύνθετο μεταλλοένζυμο, που σχηματίζει ομοδιμερή ή ομοτετραμερή μιας υπομονάδας 100-200 kD. Έχει περιοχές πρόσδεσης με το NAD(P)H και τα νιτρικά. Μεταφέρει δύο ηλεκτρόνια στο νιτρικό ιόν από NAD(P)H, με τη βοήθεια τριών αναγωγικών κέντρων που αποτελούνται από δύο προσθετικές ομάδες, φλαβινο-αδενινο-δινουκλεοτίδιο (flavin adenine dinucleotide, FAD) και αίμη⁴, και έναν συμπαραγοντα MoCo. Το N-άκρο της NR ενώνεται με το μεσαίο με την αίμη και το C-άκρο με το FAD.

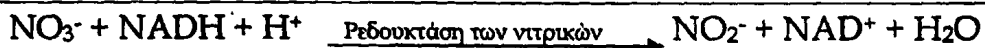


ΕΙΚΟΝΑ 7: ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΠΟΥ ΚΑΤΑΛΥΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗ ΝΙΤΡΙΚΗ ΑΝΑΓΩΓΑΣΗ

Η NR κωδικοποιείται από το γονίδιο *nia*. Το γονίδιο αυτό και οι cDNA κλώνοι του έχουν κλωνοποιηθεί σε αρκετά φυτικά είδη. Σύγκριση των αλληλουχιών δείχνει μεγάλη ομολογία τόσο μεταξύ των φυτών, μυκήτων και φυκών όσο και μεταξύ των ισοενζύμων, γεγονός που υποδεικνύει όμοια τεταρτογενή δομή και καταλυτική δράση για όλες τις ευκαρυωτικές NR.

Αναγωγή νιτρικών ιόντων σε νιτρώδη

Στο πρώτο στάδιο της αναγωγής των NO₃⁻ σε NH₄⁺ πραγματοποιείται η αναγωγή τους σε NO₂⁻ και η αντίδραση γίνεται σύμφωνα με την εξίσωση:



Το ένζυμο που καταλύει την αντίδραση αυτή όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω είναι η ρεδουκτάση των νιτρικών⁵ ή νιτρική αναγωγή (NR)

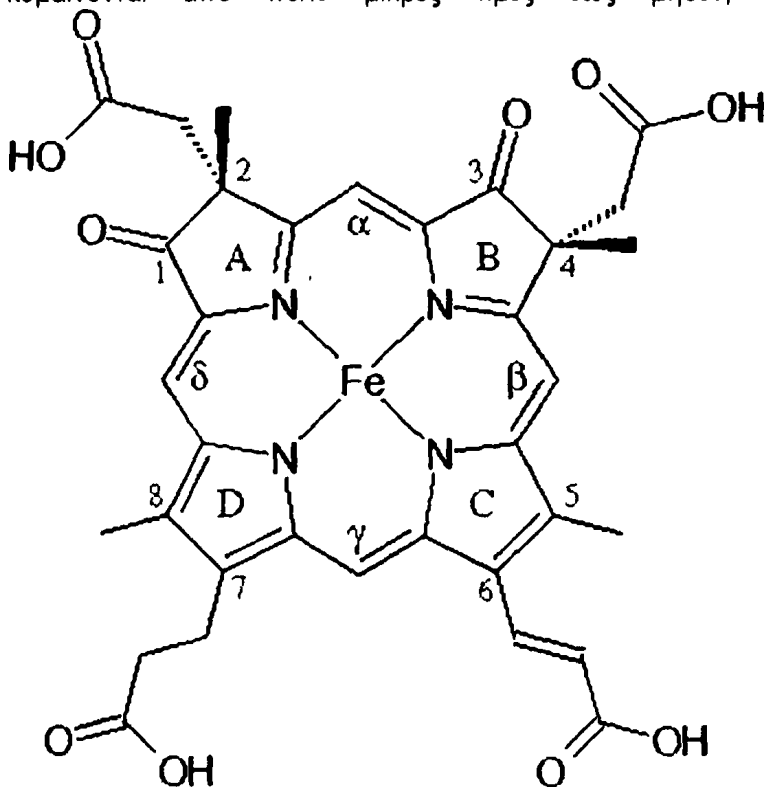
⁴ Η αίμη είναι μια ένωση που περιέχει σίδηρο και βρίσκεται σε διάφορα σημαντικά βιολογικά μόρια. Η αιμογλοβίνη και η μυογλοβίνη είναι πρωτεΐνες που περιέχουν αίμη και συμμετέχουν στην μεταφορά και την αποθήκευση του οξυγόνου.

⁵ Η ρεδουκτάση των νιτρικών είναι φλαβοπρωτεΐνη με προσθετική ομάδα το φλαβινο-αδενινο-δινουκλεοτίδιο (FAD), η ενεργότητα του οποίου απαιτεί την παρουσία Μολυβδαινίου (MoO₄²⁻). Το ένζυμο αυτό διακρίνεται από την πλαστικότητα του γιατί μπορεί να δέχεται e⁻ από πολλούς δότες. Το μόριο του ενζύμου αποτελείται από πολλές πολυπεπτιδικές αλυσίδες.

διαχωρίστηκε και καθαρίστηκε από εκχυλίσματα βακτηρίων, ανωτέρων φυτών από τους Sato και Egami (1949). Δότης ηλεκτρονίων e^- για αναγωγή NO_3^- στα ανώτερα φυτά στις περισσότερες περιπτώσεις είναι το νικοτιναμιδο-αδενινο-δινουκλεοτίδιο (NADH). Σε μερικές περιπτώσεις δότης e^- είναι το νικοτιναμιδο-αδενινο-φωσφορικό δινουκλεοτίδιο (NADPH). Επίσης η ανοιγμένη φλαβίνη μπορεί να αποτελέσει δότη e^- για πολλά φυτά. Η NR είναι το μόνο ένζυμο στα φυτά που περιέχει στο μόριο του μολυβδαίνιο (Mo), το οποίο και είναι θεμελιώδες συστατικό του. Η δραστηριότητα του ενζύμου

η σύσταση των οποίων καθορίζεται από πολλούς παράγοντες.

Η συγκέντρωση του ενζύμου στους φυτικούς ιστούς και η ενζυμική δραστηριότητά του κυμαίνονται από πολύ μικρές τιμές έως μηδέν, μέχρι πολύ υψηλές τιμές.



Πηγή: WWW.metallo.scripps.edu/PROMISE/CYTCD1.html

Η παρουσία και η συγκέντρωση του ενζύμου είναι συνάρτηση της παρουσίας ή όχι των νιτρικών στο εδαφικό διάλυμα, της ταχύτητας απορρόφησης τους, της διάχυσής τους μέσα στο φυτό και της στάθμης αυτών στους φυτικούς ιστούς εκεί όπου γίνεται η αναγωγή. Η μεγάλη αυτή διακύμανση της συγκέντρωσης του ενζύμου και της ενζυμικής δραστηριότητάς του οφείλεται στον γρήγορο ρυθμό του μεταβολισμού της ενζυμικής πρωτεΐνης (σύνθεση και αποδομή της). Διαπιστώθηκε ότι ο χρόνος της ζωής του ενζύμου κυμαίνεται από 4-60 ώρες με μέσο όρο τις 8-14 ώρες και εξαρτάται από το είδος του φυτού, τη φυσιολογική κατάσταση του και από διάφορες εξωτερικές συνθήκες (φωτισμός, θερμοκρασία, υδατική κατάσταση του φυτού κ.α.). Ο γρήγορος ρυθμός του μεταβολισμού του ενζύμου έχει ως αποτέλεσμα να ελαττώνεται πολύ γρήγορα όταν λείπουν τα νιτρικά από το εδαφικό διάλυμα. Η παρουσία των νιτρικών αντίθετα επάγει τη σύνθεση του ενζύμου, η στάθμη του οποίου, εφόσον διατηρείται η στάθμη των νιτρικών στο υπόστρωμα σταθερή, φτάνει μετά από κάποιο χρόνο σε σταθερή κατάσταση και σταθερή ενεργότητα, γιατί το ένζυμο συντίθεται και αποδομείται με σταθερό ρυθμό.

Η βιοσύνθεση της ρεδουκτάσης των νιτρικών, σε αντίθεση με τη ρεδουκτάση των νιτρωδών, γίνεται στο κυτόπλάσμα και παρεμποδίζεται από την παρουσία NH_4^+ . Κατά συνέπεια η άφθονη παρουσία και απορρόφηση αμμωνιακών αλάτων από το εδαφικό διάλυμα, παρεμποδίζει τη βιοσύνθεση της ρεδουκτάσης των νιτρικών.



μπορεί να αυξηθεί με τη χορήγηση NO_3^- ή με το φως (induction). Έτσι, έλλειψη του στοιχείου αυτού προκαλεί συσσώρευση των νιτρικών ιόντων στα φυτικά κύτταρα, με σύμπτωμα τη χλώρωση των φύλλων.

Η ενέργεια της αναγωγής (NADPH) προέρχεται από τη φωτεινή ενέργεια. Το NADPH παράγεται στους χλωροπλάστες. Τα σάκχαρα από τους χλωροπλάστες μεταφέρονται και μεταβολίζονται με γλυκόλυση στο κυτόπλασμα. Η οξείδωση της 3-φωσφορικής γλυκερυναλδεΐδης είναι η τελική πηγή του NADH για την αναγωγή NO_3^- . Οι ρίζες και οι μη χλωροφυλλούχοι ιστοί μπορούν να ανάγουν NO_3^- . Στις περιπτώσεις αυτές η ενέργεια (NADH) προέρχεται από τον αναπνευστικό μεταβολισμό των φυτών (προκύπτει από τη γλυκόλυση και δίνει τα e^- για την αναγωγή NO_3^-).

Τα φυτά μπορούν να διαιρεθούν σε 3 ομάδες, σε σχέση με τη θέση όπου γίνεται η αναγωγή του NO_3^- :

- ♦ Το ξύλο πολλών φυτικών ειδών, κυρίως ξυλωδών φυτών, περιέχει όλο το άζωτο σε οργανική μορφή. Στα φυτά αυτά η αναγωγή NO_3^- , γίνεται στις ρίζες. Ως παράδειγμα αναφέρεται η μηλιά. Σε πολλά άλλα φυτά επίσης η αναγωγή NO_3^- γίνεται στις ρίζες όπως *Vaccinium*, *Rhododendron* κλπ.
- ♦ Σε πολλά φυτά οι ανιόντες χυμοί περιέχουν N κατά 95-99% υπό νιτρική μορφή. Στα φυτά αυτά η αναγωγή γίνεται στα φύλλα. Ως παράδειγμα αναφέρεται το φυτό *Xanthium*.
- ♦ Άλλα φυτά διατηρούν ενεργό νιτρική αναγωγή τόσο στις ρίζες, όσο και στα φύλλα. Πολλά καλλιεργούμενα φυτά ανήκουν σε αυτή την κατηγορία.



Αναγωγή νιτρωδών ιόντων σε αμμωνιακά

Τα νιτρώδη (NO_2^-) είναι τοξικά για το κύτταρο. Έτσι, το επόμενο βήμα



ΕΙΚΟΝΑ 9: ΠΡΩΤΕΪΝΗ ΡΕΔΟΥΚΤΑΣΗ ΤΩΝ ΝΙΤΡΩΔΩΝ (NiR)

Πηγή: WWW.srs.dl.ac.uk/mbg/images/nir.pic1.gif

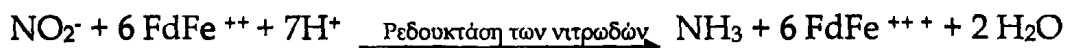
μετά την αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη στο κυτταρόπλασμα είναι η άμεση μεταφορά τους στους χλωροπλάστες των φύλλων ή στα πλαστίδια των κυττάρων της ρίζας για άμεση αναγωγή τους σε αμμωνιακά ιόντα με τη δράση της νιτρώδους αναγωγάσης⁶ ή νιτρώδης ρεδουκτάση (nitrite

⁶ Η ρεδουκτάση των νιτρωδών (NiR) είναι ένα ένζυμο που βρίσκεται στους χλωροπλάστες και τα πλαστίδια (σε αντιδιαστολή με τη ρεδουκτάση των νιτρικών. Κωδικοποιείται από το πυρηνικό DNA και μεταφέρεται στους χλωροπλάστες αφήνοντας πίσω του ένα πεπτιδίο μεταφοράς 30 αμινοξέων. Το ένζυμο είναι ένα μονομερές 60-70 kD με δύο αναγωγικά κέντρα, ένα συροαιμικό-Fe και ένα κέντρο σιδηροθείου (Fe_4S_4). Το C-άκρο της πρωτεΐνης περιέχει τα δύο αναγωγικά κέντρα και το N-άκρο ενώνεται με τη φερρεδοξίνη.

Sirohaem - Fe_4S_4 κέντρο (γενική δομή)	Άκρο Fe-S

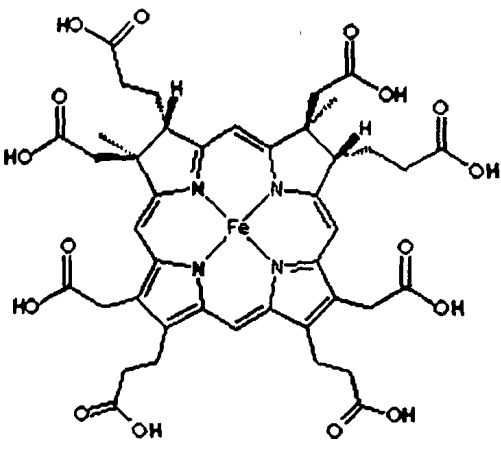
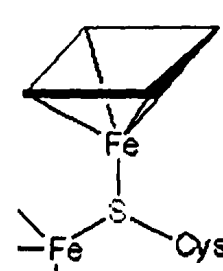
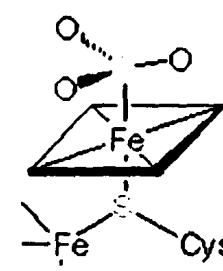
reductase, NiR). Η αναγωγή περιλαμβάνει μεταφορά 6 ηλεκτρονίων, σε αντίθεση με την αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη, που περιλαμβάνει μεταφορά 2 ηλεκτρονίων. Πηγή των ηλεκτρονίων είναι η αναγόμενη φερρεδοξίνη (Fd_{red}), που ανάγεται στους χλωροπλάστες με τη φωτοσυνθετική μη κυκλική μεταφορά ηλεκτρονίων. Στους μη φωτοσυνθέτοντες ιστούς, όπως είναι οι ρίζες, το NADPH που παράγεται από την οξείδωση της φωσφορικής πεντόζης ανάγει μια πρωτεΐνη όμοια με τη φερρεδοξίνη.

Η αναγωγή των NO₂⁻ σε NH₃ γίνεται σύμφωνα με την εξίσωση:



Όπου 6 FdFe⁺⁺ = αναγόμενη φερρεδοξίνη δότης των 6 e⁻

όπου 6 FdFe⁺⁺⁺ = οξειδωμένη φερρεδοξίνη

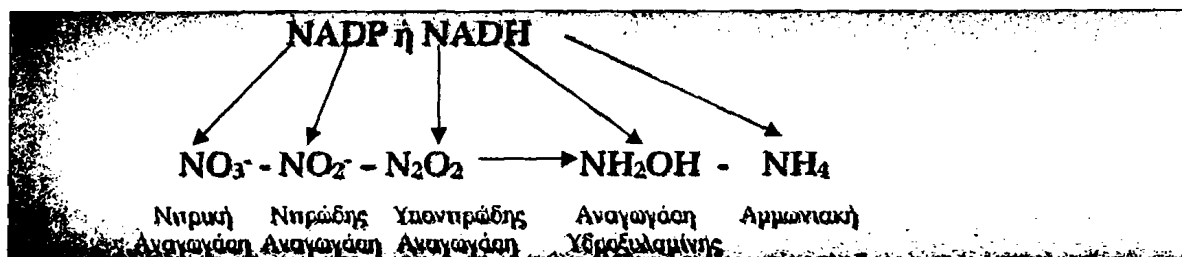
Τύπος Αίμης	Συντονισμός Αίμης - Fe	Axial iron ligand(s)
 Sirohaem	 Pentacoordinate	S ¹ _{Cys}
	 Hexacoordinate	S ^y _{Cys} ; SO ₃ ²⁻ , HSO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , PO ₄ ³⁻ , or other ligand

Δότης των e⁻ της αναγωγής είναι η φερρεδοξίνη, η οποία είναι ένας από τους πλέον αρχικούς δέκτες e⁻ στις αναγωγικές διαδικασίες του φωτοσυστήματος I, κατά τη διαδικασία μετατροπής της φωτεινής ενέργειας σε χημική. Επομένως η αναγωγή των νιτρωδών στα φύλλα και τους χλωροπλάστες εξαρτάται από το φως. Η ρεδουκτάση των νιτρωδών είναι όπως προαναφέρθηκε μια σίδηρο-τετραύδρο- πορφυρίνη, περιέχει δύο άτομα Fe ανά μόριο ενζύμου, με δύο γειτονικούς πορφυρινικούς δακτυλίους ανηγμένους και οκτώ καρβοξυλικές ρίζες στις πλάγιες ρίζες. Από έρευνες του Siegel (1974) βρέθηκε ότι η ρεδουκτάση των νιτρωδών έχει την ίδια προσθετική ομάδα με τη ρεδουκτάση των θειωδών η οποία ονομάζεται και σιροαΐμη.

Η NiR κωδικοποιείται από το γονίδιο *nii*. Το γονίδιο αυτό και οι κλώνοι έχουν απομονωθεί και χαρακτηριστεί από ανώτερα φυτά, με ένα ή δύο αντίγραφα ανά απλοειδές γονιδίωμα. Στον καπνό υπάρχουν τέσσερα αντίγραφα, δύο από κάθε γονέα. Τα δύο γονίδια κάθε γονέα εκφράζονται διαφορετικά στα φύλλα και στις ρίζες. Σύγκριση των αλληλουχιών δείχνει υψηλή ομολογία, 75-80%, ενώ υπάρχει χαμηλή ομολογία μεταξύ φυτών και μυκήτων, εκτός της NiR από κυανοβακτήρια, που μοιάζει περισσότερο με εκείνη των φυτών παρά των εντεροβακτηρίων.

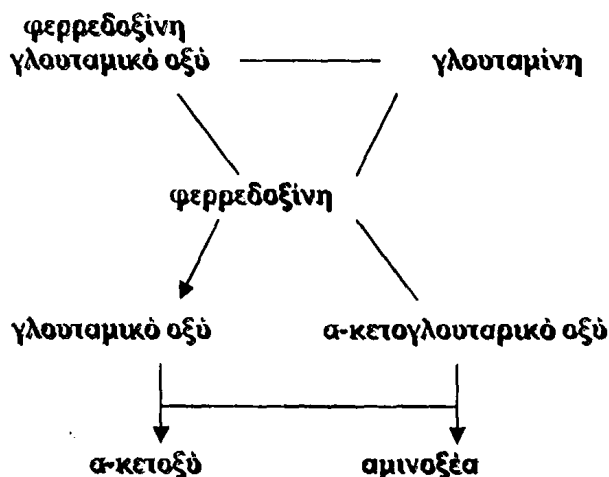
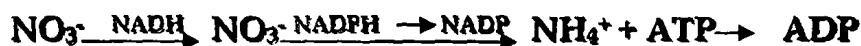


Η διεργασία επαναλαμβάνεται με περαιτέρω αναγωγή και σχηματισμό άλλων ενδιάμεσων προϊόντων, όπως υπονιτρώδη ιόντα, υδροξυλαμίνη και NH_3 . Η αναγωγή NO_3^- σε NH_3 ακολουθεί την εξής πορεία:



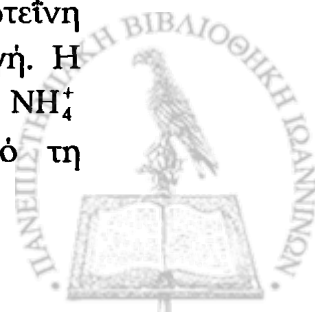
Κάθε αντίδραση περιλαμβάνει την προσθήκη 2 ηλεκτρονίων e^- στο άτομο N, που προέρχονται από NADPH ή NADP. Από την έρευνα προέκυψε ότι κάθε ένζυμο απαιτεί φλαβινο-αδενινο-δινουκλεοτίδιο (FAD) και μέταλλο, ως ενεργοποιητές.

Το νιτρικό ιόν (NO_3^-) πρέπει να αναχθεί πριν την αφομοίωσή του. Το αμμωνιακό ιόν (NH_4^+) όμως μόλις απορροφηθεί, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη σύνθεση αμινοξέων και λοιπών οργανικών ενώσεων. Έτσι εξοικονομείται ενέργεια όταν χορηγείται NH_4^+ αντί NO_3^- στο φυτό, διότι λιγότερη αναγωγή είναι απαραίτητη κατά τη διάρκεια της αφομοίωσης. Η διαδικασία της αφομοίωσης NO_3^- σε αμινοξέα και πρωτεΐνες είναι όμοια με αυτή του αμμωνίου. Η αναγωγή NO_3^- και NH_4^+ σε αμινοξέα γίνεται σύμφωνα με το σχήμα:



ΕΙΚΟΝΑ 10: ΑΝΑΓΩΓΗ ΤΩΝ NO_3^- & NH_4^+ ΣΕ ΑΜΙΝΟΞΕΑ

Η συγκέντρωση αμινοξέων στο φυτό μπορεί να αναστείλει τη δράση του ενζύμου νιτρική αναγωγή. Επίσης έχει βρεθεί ότι φυτά που έχουν προσαρμοστεί σε θρέψη με NH_4^+ , περιέχουν μια πρωτεΐνη, που αναστέλλει τη δράση της νιτρικής αναγωγής. Σε υψηλές συγκεντρώσεις NH_4^+ η πρωτεΐνη αυτή προσδένεται στη νιτρική αναγωγή και την καθιστά ανενεργή. Η αναστολή της αναγωγής NO_3^- με NH_4^+ μειώνεται, όταν η αφομοίωση NH_4^+ περιορίζεται, λόγω ανεπάρκειας εφοδιασμού με άνθρακα C από τη



φωτοσύνθεση. Επίσης μεταβολές στο οξειδοαναγωγικό δυναμικό των φυτικών κυττάρων, μπορεί να επηρεάσουν τη δραστηριότητα του ενζύμου νιτρική αναγωγή.

Η αμμωνία δεν είναι μόνο ο αναστολέας του ενζύμου νιτρική αναγωγή, αλλά και ο μεταβολίτης, μέσω του οποίου η αντίστροφη εμφάνιση της οξειδωμένης ενεργού μορφής της νιτρικής αναγωγής, μετατρέπεται *in vivo* στην ανοιγμένη αδρανή μορφή. Το ένζυμο ρεδουκτάση των νιτρωδών είναι η πρωτεΐνη, στην οποία μια ομάδα σιδηροπορφυρίνης καταλύει τη μεταφορά $2e^-$. Δεδομένου ότι δεν χρειάζεται το πρώτο στάδιο αναγωγής κατά τη διάρκεια της αφομοίωσης NH_4^+ , τα NADH και NADPH δεν καταναλώνονται. Μελέτη της αφομοίωσης NO_3^- και NH_4^+ έδειξε ότι τα πρωταρχικά προϊόντα της αφομοίωσης είναι το γλουταμικό οξύ και η γλουταμίνη.

Μια ποσότητα NH_4^+ μπορεί να παράγει ασπαρτικό οξύ και αλανίνη. Η γλουταμίνη παρεμποδίζει την τοξικότητα NH_4^+ και επίσης αποτελεί μορφή αποθησαυρισμού του N. Η αφυδρογονάση του γλουταμικού είναι το ένζυμο που είναι υπεύθυνο για την ενσωμάτωση του N στην α-αμινοομάδα των αμινοξέων. Σύμφωνα με πρόσφατες απόψεις το NH_4^+ αφομοιώνεται στα ανώτερα φυτά μέσω της συνδυασμένης λειτουργίας της συνθετάσης της γλουταμίνης και της υδρογονάσης του γλουταμικού οξέος, όπου το γλουταμικό ενεργεί ως ο πρώτος δέκτης του ανοιγμένου N. Το ένζυμο συνθειάση της γλουταμίνης αναστέλλεται από το τελικό προϊόν (γλουταμίνη).

Η χρησιμοποίηση του N, όπου αερόβιοι μικροοργανισμοί και ανώτερα φυτά ανάγουν το NO_3^- σε NH_4^+ με σκοπό να ενσωματώσουν το N σε πρωτεΐνη των κυττάρων τους, φέρεται με το όνομα αφομοίωση νιτρικών (NO_3^- assimilation). Είναι δύσκολο να κατανοηθεί γιατί στη φύση το NH_4^+ οξειδώνεται εύκολα σε NO_3^- , το οποίο με τη σειρά του πρέπει ξανά να αναχθεί σε NH_4^+ , προτού να ενσωματωθεί σε αμινοξέα. Ένα πλεονέκτημα είναι κατά πάσα πιθανότητα ότι το NO_3^- αντιπροσωπεύει μια πιο σταθερή μορφή αποθησαυρισμένου N από ότι είναι το πτητικό NH_4^+ , αν και η παρουσία του τελευταίου ως NH_4^+ είναι πιο πιθανή σε ουδέτερα και όξινα εδάφη. Ένα δεύτερο πλεονέκτημα είναι ότι το μόριο της αμμωνίας είναι μάλλον τοξικό και κατά συνέπεια δεν μπορεί να αποθηκευτεί στους ιστούς, ενώ τα νιτρικά είναι σχετικά λιγότερο τοξικά και μπορούν να εύκολα να συγκεντρωθούν σε μεγάλες ποσότητες στον κυτταρικό χυμό των φυτών.

Μερικοί μικροοργανισμοί όπως *Escherichia coli* και *B. subtilis* ανάγουν NO_3^- σε NH_4^+ για άλλο σκοπό. Οι μικροοργανισμοί αυτοί χρησιμοποιούν το NO_3^- ως το τελικό δέκτη ηλεκτρονίων αντί του O_2 . Τα ενδιαμέσα προϊόντα είναι NO_2 , N_2O και NH_2OH . Η διεργασία αυτή καλείται αναπνοή νιτρικών



(NO_3^- respiration). Πολλά βακτήρια (*Pseudomonas denitrificans*, *denitrobacillus*) στα οποία παρατηρείται αναπνοή NO_3^- παράγουν αέριο N_2 αντί για NH_3 . Το N_2 επιστρέφει στην ατμόσφαιρα και αυτή η μετατροπή καλείται απονιτροποίηση. Ελάχιστα είναι γνωστά για τα ένζυμα που παίρνουν μέρος σε αυτή.

Ρύθμιση της αναγωγής των νιτρικών ιόντων

Η αφομοίωση των αμμωνιακών ιόντων, τα οποία προέρχονται από την αναγωγή των νιτρικών, είναι μια σύνθετη διαδικασία που απαιτεί ενέργεια και συνδέεται με τη φωτοσύνθεση και τον μεταβολισμό του άνθρακα, ενώ αυτή καθαυτή η αναγωγή των νιτρικών ιόντων είναι μια επίσης ενεργοβόρα αντίδραση. Επομένως, η ρύθμιση της αναγωγής είναι και αυτή πολύπλοκη. Στα φυτά, η νιτρική ρεδουκτάση (NR) και νιτρώδης ρεδουκτάση (NiR) ρυθμίζονται θετικά από τα νιτρικά ιόντα, τα σάκχαρα, το διοξείδιο του άνθρακα, τις κυτοκινίνες και το φως και αρνητικά από τα προϊόντα της αφομοίωσης της αμμωνίας και κυρίως από το γλουταμικό και τη γλουταμίνη. Οι παράγοντες αυτοί συνδέουν την αναγωγή των νιτρικών με τη φωτοσύνθεση και τον μεταβολισμό του άνθρακα.

- Τα νιτρικά ιόντα είναι το κυριότερο μήνυμα για την έκφραση των *nia*, *nii* και *chl*. Η παρουσία νιτρικών, ακόμη και σε χαμηλή συγκέντρωση ($10 \mu\text{M}$), προκαλεί έκφραση τους. Στις ρίζες, η έκφραση της NR είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι στα φύλλα και εντοπίζεται περισσότερο στα κύτταρα των ριζικών τριχιδίων. Στους βλαστούς, η ενεργότητα εντοπίζεται στον ηθμό και στα γειτονικά παρεγχυματικά κύτταρα. Στα φύκη και στους μύκητες, αλλά όχι στα ανώτερα φυτά, η παρουσία αμμωνίας καταστέλλει τη γονιδιακή της έκφραση.
- Τα αζωτούχα βιομόρια που προέρχονται από την αφομοίωση της αμμωνίας επηρεάζουν την έκφραση των γονιδίων *nia* και *nii*. Αποτελέσματα με απενεργοποίηση της γλουταμινικής συνθετάσης, που συμμετέχει στην αφομοίωση των αμμωνιακών ιόντων (βλ. παρακάτω) σε κυτταροκαλλιέργειες σπανακιού, παρουσία και απουσία γλουταμίνης, έδειξαν ότι ίσως η γλουταμίνη επιδρά αρνητικά στις ποσότητες των *nia*- και *nii*-mRNA και στις ενεργότητες των NR και NiR.
- **Κιρκαδικοί ρυθμοί⁷:** Οι ποσότητες των *nia*-mRNA και της πρωτεΐνης NR, καθώς και η ενεργότητά της στα φύλλα ή στους βλαστούς των φυτών, έχουν μέγιστες τιμές το πρωί και λίγες ώρες μετά. Το ίδιο παρατηρείται για το *nii*-mRNA και την πρωτεΐνη και για την ενεργότητά της NiR, αλλά με μικρότερη αύξηση. Σε φυτά καπνού και *Arabidopsis*, η αύξηση του *nia*-mRNA στα φύλλα διατηρείται για τουλάχιστον 24 ώρες μετά τη μεταφορά των φυτών σε συνεχές φως ή

⁷ Κιρκαδικοί ρυθμοί: Κύκλοι φυσιολογικών μεταβολών που διαρκούν 24 ώρες



σκοτάδι, κάτι που συνηγορεί στο ότι το φαινόμενο είναι κυκλικό. Η κυκλική διακύμανση των *nia*, και *nii*-mRNA μπορεί να προκαλείται από τη γλουταμίνη, της οποίας οι συγκεντρώσεις ακολουθούν αντίθετη τάση.

- **Φως και υδατάνθρακες:** Το φως είναι ένας άλλος παράγοντας που αυξάνει την έκφραση των NR και NiR. Τα *nia*- και *nii*-mRNA αυξάνονται όταν φυτά που έχουν παραμείνει για λίγο στο σκοτάδι μεταφερθούν στο φως, και αντιστρόφως. Ερευνητικά αποτελέσματα των τελευταίων χρόνων έχουν δείξει ότι η έκφραση του γονιδίου *nia* επάγεται από το φως, σε μεταγραφικό, μεταφραστικό και μεταμεταφραστικό επίπεδο, και ότι αυτό συνδέεται με τη διαθεσιμότητα σκελετών άνθρακα, που απαιτούνται για την σύνθεση αμινοξέων. Αντίθετα, η έκφραση του *nii* δεν φαίνεται να επηρεάζεται από τη διαθεσιμότητα υδατανθράκων.
- **Ορμόνες:** Η NR επηρεάζεται επίσης από τις ορμόνες. Η NR αυξάνεται παρουσία εξωγενούς βενζυλαδενίνης. Σε ορισμένα φυτικά είδη η δράση αυτή απαιτεί την παρουσία φωτός ή νιτρικών. Η επίδραση της κυτοκινίνης στην αύξηση της NR γίνεται, τουλάχιστον μερικά, σε μεταγραφικό επίπεδο, ενώ το ABA ματαιώνει την αύξηση του *nia*-mRNA.
- **Άλλοι παράγοντες:** Διάφορες συνθήκες καταπόνησης, όπως είναι η υδατική καταπόνηση, τα χαμηλά επίπεδα CO₂ ή η απουσία φωτός, προκαλούν μείωση της ενεργότητας της NR, που οφείλεται σε φωσφορυλίωση, ενώ η φωτοενεργοποίηση οφείλεται σε αποφωσφορυλίωση με δράση της φωσφατάσης 2A.

Ο μεταβολισμός άνθρακα επιδρά στην αναγωγή των νιτρικών, αφού η ενσωμάτωση της αμμωνίας και η σύνθεση των αζωτούχων ενώσεων προϋποθέτει ότι τα αντίστοιχα υποστρώματα είναι διαθέσιμα.

Προτιμήσεις των φυτών στην απορρόφηση και χρήση νιτρικών (NO₃⁻) και (NH₄⁺)

Τα φυτά διαφέρουν στην ικανότητα τους να απορροφούν και χρησιμοποιούν NH₄⁺ και NO₃⁻ ως πηγή N. Μερικά ασβεστόφοβα φυτά (*calcifuges*) προσαρμόζονται ή αντέχουν στη χρήση N υπό μορφή κυρίως NH₄⁺. Φαίνεται ότι η ανισορροπία ιόντων είναι ο παράγοντας που συμβάλλει στην προτίμηση NH₄⁺ ή NO₃⁻. Φυτά που προτιμούν NO₃⁻ δείχνουν συμπτώματα έλλειψης Mg και Ca, όταν τους χορηγηθεί NH₄⁺. Το ροδόδενδρο και η αζαλέα αναπτύσσονται καλύτερα σε NH₄⁺ από ότι σε NO₃⁻. Το NH₄⁺ μείωσε το pH του φυτικού ιστού ενώ τα NO₃⁻ αύξησαν την απορρόφηση και το pH των ιστών.



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, αμίδια 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.

Συγκέντρωση NO_3^- σε φυτά σπανακιού και μαρουλιού

Μερικά λαχανικά, όπως το σπανάκι και το μαρούλι συγκεντρώνουν πολλά NO_3^- στους ιστούς τους. Τα φυτά αυτά δεν έχουν, την ικανότητα να ανάγουν τα NO_3^- , στη ρίζα ή ανάγουν μικρό μέρος στις ρίζες και μεταφέρουν τα περισσότερα νιτρικά στα φύλλα. Τα NO_3^- μπορεί να συγκεντρώνονται στα φύλλα, όταν η αναγωγή τους σε NH_4^+ σε ορισμένες περιπτώσεις δεν μπορεί να καλύψει το σύνολο του απορροφούμενου νιτρικού αζώτου, από το έδαφος. Ως εκ τούτου η αποθήκευση των νιτρικών (NO_3^-) στους ιστούς των φυτών είναι αναπόφευκτη (Bloom-Zandstra, 1989).

Δεν συμβαίνει το ίδιο με τη φάση των νιτρικών, διότι η περαιτέρω εξέλιξη της μετατροπής των νιτρικών (NO_3^-) σε αμμωνιακά (NH_4^+), είναι ταχεία και η νιτρικής φάση εξαιρετικά ασταθής.

Υψηλά επίπεδα NO_3^- στα φύλλα μπορούν να προκαλέσουν τοξικότητα και ιδιαίτερα όταν η συσσώρευση αυτών των προϊόντων αυξάνει τα επίπεδα NO_3^- .



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ NO_3^- ΣΤΑ ΦΥΤΑ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

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.

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 περιττώματα (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 mgr 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 mgr 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*.

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 τον 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: μονοξειδίο 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 Α 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 νιτρωδών και ορισμένων οργανικών αμινών.

Πηγές NO_3^- ή NO_2^- που προκαλούν μεθαιμογλοβιναιμία

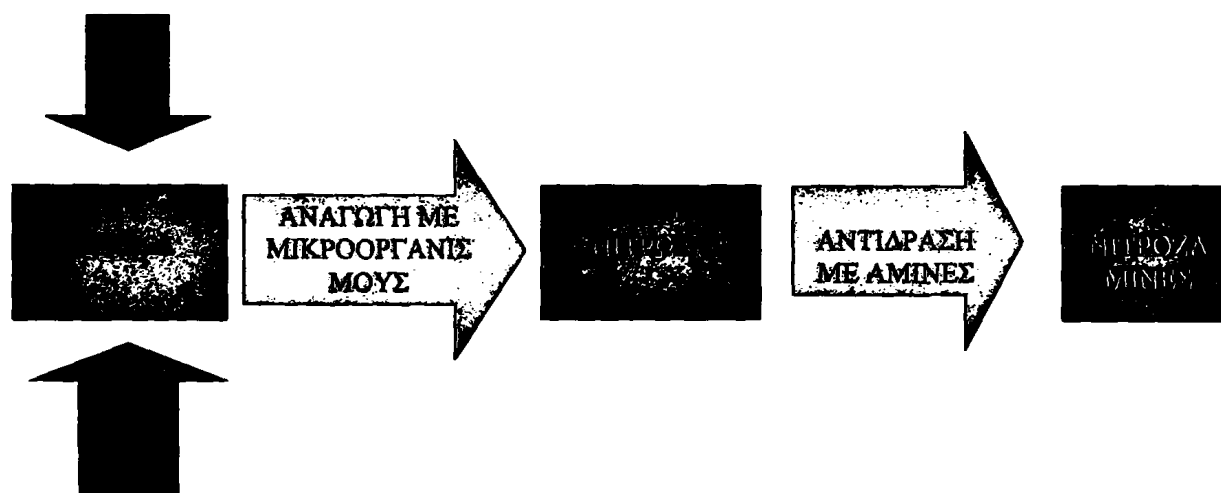
- ❑ **Τα φάρμακα.** Η μεθαιμογλοβιναιμία έχει άμεση σχέση με την χρήση φαρμάκων, όπως νιτρωδών ενώσεων για τις καρδιοπάθειες (amyl nitrate, sodium nitrate) φαρμάκων κατά της διάρροιας (νιτρικό βισμούθιο), διουρητικών, φαρμάκων κατά εγκαυμάτων κ.λ.π
- ❑ **Το πόσιμο νερό.** Το νερό είναι μια από τις πιο 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 σπανάκι, το μαρούλι, το λάχανο, το καρότο, το παντζάρι, το ραδίκι, το σέλινο κ.α. Σαν ανώτερο ασφαλές επίπεδο προτείνεται συγκέντρωση μέχρι 0,1 % σε ξηρή ουσία.



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 νιτρώδεις 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.



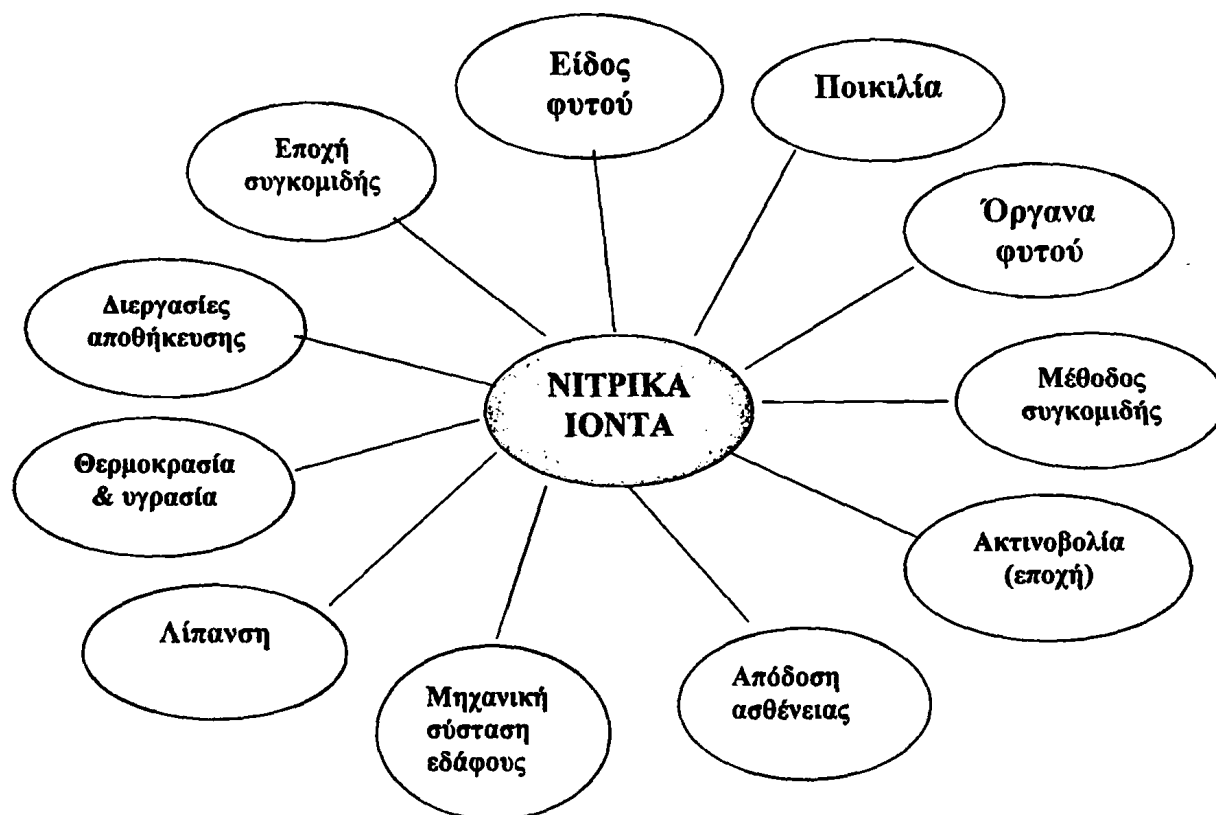
ΕΙΚΟΝΑ 11: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΝΙΤΡΟΖΑΜΙΝΩΝ

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ NO_3^- ΣΤΑ ΦΥΤΑ

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



ΕΙΚΟΝΑ 12: ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΣΕ ΝΙΤΡΙΚΑ

Α. 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 πιο 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 φωτοπερίόδου 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^- .



Β. 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.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ NO_3^- (σε ppm) ΝΩΠΙΩΝ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ

Φύλλο	Λάχανο	207	165
"	Μαρούλι	63	170
"	Σπανάκι	468	524
Μίσχος	Σέλινο	226	535
"	Τεύτλο	548	600
"	Καρότο	76	32
"	Ραδίκι	456	402
Καρπός	Μπιζέλι	—	26
"	Τομάτα	—	20
Βλαστός	Σπαράγγι	—	25
Βολβός	Κρεμμύδι	—	14
Κόνδυλος	Πατάτα	—	42
Ανθοταξία	Μπρόκολα	214	—
"	Κουνουπίδι	238	—

Πηγή: Lee, Maynard, Barker

Εφοδιασμός NO_3^- καλλιεργούμενων σε θρεπτικό υπόστρωμα

Παρατηρείται υψηλή συγκέντρωση στα φυτά, όταν η συγκέντρωση NO_3^- στο θρεπτικό υπόστρωμα είναι υψηλή ή όταν παρεμποδίζεται από διάφορους παράγοντες ο μεταβολισμός τους μέσα στα φυτά.



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 καλυφθεί τις ποσότητες εκείνες, που συνδεονται με το μεταβολισμό αζώτου. Σύμφωνα με τα είδη, για να πραγματοποιηθεί αυτός ο μηχανισμός 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 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 εφαρμοζόμενη αζωτούχος λίπανση. Κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες (συνθήκες εργαστηρίου) η συσσώρευση NO_3^- είναι συνάρτηση της ποσότητας και του τύπου της παρεχομένης λίπανσης.

Σε πειραματική καλλιέργεια σπανακιού σε φυτοδοχεία (Μάνος & Παπαδόπουλος, 1986), διαπιστώθηκε ότι η αμμωνιακή λίπανση έδω μικρότερη συσσώρευση νιτρικών σε φύλλα σπανακιού απ' όση η νιτρική. Παρά τις μεγάλες ποσότητες που προστέθηκαν, η συσσώρευση NO_3^- είναι σαφώς χαμηλότερη στις μεταχειρίσεις με οργανική λίπανση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6: ΝΙΤΡΙΚΟ ΚΑΙ ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ ΣΤΑ ΒΡΩΣΙΜΑ ΜΕΡΗ ΝΩΠΙΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

ΜΟΡΦΗ ΛΙΠΑΝΣΗΣ	Ποσότητα	ΝΙΤΡΙΚΟ ΑΖΩΤΟ Mg/kg	ΑΖΩΤΟ Mg/φυτό	ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ Mg/φυτό	Ποσοστό (%) σε σχέση με ολικό N
Νιτρική Λίπανση	10 μον/στρ	551	10,38	72	14,14 %
«	20 μον/στρ	1127	28,02	112	25,01 %
«	30 μον/στρ	1371	34,35	109	31,50 %
Αμμωνιακή Λίπανση	10 μον/στρ	553	11,52	83	13,87 %
«	20 μον/στρ	893	23,91	115	20,79 %
«	30 μον/στρ	1021	26,46	120	22,05 %
Οργανική Λίπανση	5 τον./στρ	198	4,26	76	6,08 %
«	10 τον./στρ	311	8,15	90	9,06 %
«	15 τον./στρ	546	14,14	114	12,40 %
Μικτή Λίπανση	5 τον./στρ + 10 μον./στρ	600	17,99	126	14,27 %

ΠΗΓΗ: Μάνος Γ. - Παπαδόπουλος Γ. (1986)



ΠΙΝΑΚΑΣ 7: ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΣΕ ΝΩΠΟ ΠΡΟΪΟΝ ΚΑΙ ΞΗΡΗ ΟΥΣΙΑ ΦΥΤΩΝ
ΣΠΑΝΑΚΙΟΥ

ΠΡΟΣΘΕΤΗ ΛΙΠΑΝΣΗ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	Αποδόσεις σε νωπό προϊόν g/δράγιο	Αποδόσεις σε ξηρή ουσία g/δράγιο	Αποδόσεις σε ξηράς ουσίας g/δράγιο
Νιτρική Αμμωνία	10 μον. / στρ	18,84	1,42	7,58
«	20 μον. / στρ	24,87	1,93	7,77
«	30 μον. / στρ	25,06	1,96	7,86
Θειική Αμμωνία	10 μον. / στρ	20,84	1,63	7,83
«	20 μον. / στρ	26,78	2,09	7,82
«	30 μον. / στρ	25,92	2,14	8,28
Οργαν. λίπανση	5 τον./στρ	23,37	1,86	7,99
«	10 τον./στρ	26,22	2,00	7,63
«	15 τον./στρ	25,91	2,17	8,40
Μικτή λίπανση	5 τον./στρ + 10 μον./στρ	29,98	2,37	7,91

ΠΗΓΗ: Μάνος Γ. - Παπαδόπουλος Γ (1986)

Η μικτή λίπανση έδωσε μια ενδιαμέση περιεκτικότητα σε NO_3^- . Οι αποδόσεις, όπως φαίνεται στον πίνακα, τόσο στην ανόργανη όσο και στην οργανική λίπανση δεν διαφέρουν μεταξύ τους ειδικά στις δυο υψηλότερες δόσεις, όπου χορηγήθηκαν 20 και 30 μονάδες αζωτούχου λίπανσης και 10 με 15 τόνοι κοπριάς στο στρέμμα αντίστοιχα. Τις καλύτερες αποδόσεις έδωσε η μικτή λίπανση. Στο χωράφι, όπου έχουμε συνδυασμένη δράση πολλών παραγόντων, το φαινόμενο της συσσώρευσης των νιτρικών γίνεται πολύπλοκο.

Οι συντελεστές αξιοποίησης από τα φυτά του αζώτου σε συνθήκες υπαίθρου σπάνια φτάνει το 60% και με την αύξηση των δόσεων των αζωτούχων λιπασμάτων ο συντελεστής αξιοποίησης μειώνεται, με αποτέλεσμα οι απώλειες να αυξάνουν. Σε πειράματα που έγιναν στο Αγρίνιο την άνοιξη του 1988 σε καλλιέργεια καπνού, βρέθηκε ότι οι απώλειες αζώτου σε συνάρτηση με τις μονάδες αζώτου ανά στρέμμα, κυμάνθηκαν σε διαφορετικά επίπεδα, όπως φαίνεται και στο σχετικό πίνακα. Αξίζει να επισημανθεί ότι την περίοδο αυτή επικράτησε έντονη ξηρασία, ενώ σε συνθήκες αυξημένων βροχοπτώσεων οι απώλειες N μπορεί να φτάσουν στο 80% των παρεχόμενων



μονάδων.

Παρεχόμενες μονάδες N/στρ	Απώλειες Αζώτου
12	25 %
25	34 %
60	48 %

Θα λέγαμε συνοψίζοντας ότι μιλάμε για απώλειες N των αζωτούχων λιπασμάτων κατά μέσο όρο 20-30 % κι όμως αντιμετωπίζουμε πρόβλημα συσσώρευσης NO_3^- , πρόκειται για δύο αντιφατικές διαπιστώσεις.

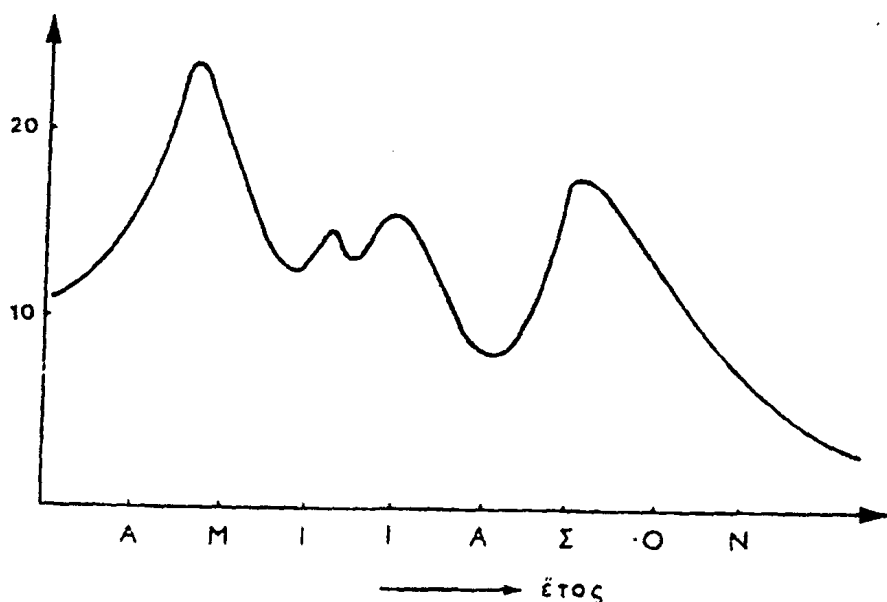
Χορηγούνται συχνά ανεξέλεγκτα ποσότητες σε νιτρική μορφή ή με τη μορφή κοπριάς, όπου στην δεύτερη περίπτωση ο έλεγχος αποδέσμευσης του οργανικού αζώτου είναι δύσκολος. Είναι επίσης άσκοπη, αν όχι επικίνδυνη, η χορήγηση συμπληρωματικής αζωτούχας λίπανσης, κυρίως νιτρικής μορφής, λίγο καιρό πριν τη συγκομιδή.

Έχει αποδειχθεί πειραματικά σε φυτά καρότου ότι η συσσώρευση νιτρικών στα υπόγεια μέρη τους, εξαρτάται από την ποσότητα νιτρικού αζώτου στο έδαφος κατά τα τελευταία στάδια ανάπτυξης των φυτών.

Εξετάζοντας τον τύπο του εδάφους, θα πρέπει να σταθούμε στην μηχανική του σύσταση, διότι ενώ σε ένα αργιλώδες έδαφος μπορεί να έχουμε κάποια συγκράτηση των NO_3^- , στα λεπτόκοκκα συστατικά του, άρα και πιθανή συσσώρευση, με τις ίδιες δόσεις σε ένα αμμουδερό, ειδικά μετά από έντονη βροχόπτωση, έχουμε έκπλυση και διήθηση των NO_3^- σε βαθύτερα στρώματα από αυτό του ριζοστρώματος. Επίσης η οξύτητα επιδρώντας πάνω στους μικροοργανισμούς, μπλοκάρει την νιτροποίηση, οπότε φυτά που προέρχονται από όξινα χωράφια, μπορεί να έχουν μικρότερες συγκεντρώσεις NO_3^- , από αντίστοιχα φυτά αλκαλικών ή ουδέτερων χωραφιών, αν και έχουν δεχθεί τις ίδιες μεταχειρίσεις.

Κατά την ετήσια διακύμανση του νιτρικού αζώτου στο έδαφος, όπως αυτή προκύπτει από παρατηρήσεις του Πανεπιστημίου ROTH AMSTED στην Αγγλία. Τα νιτρικά στο έδαφος παρουσιάζουν ένα μέγιστο κατά τις αρχές του καλοκαιριού κι ένα μέγιστο δεύτερο στις αρχές φθινοπώρου.





ΕΙΚΟΝΑ 13: Η ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΝΙΤΡΙΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ.

ΠΗΓΗ: Πανεπιστήμιο ROTH AMSTED Αγγλίας

Από πειράματα που πραγματοποιήθηκαν (Μάνος και Παπαδόπουλος, 1986) σε επίπεδο 4 παραγωγών με καλλιέργεια καρότου και την χρήση της παραδοσιακής μικτής λίπανσης, απέδειξε ότι η συσσώρευση εξαρτάται στενά από τη σύμπτωση των φάσεων, υψηλής απορρόφησης θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά και των περιόδων έντονης ανοργανοποίησης της οργανικής ουσίας του εδάφους.

Συγκεκριμένα στο 1^ο δείγμα τον Αυγούστου, οι τιμές $\text{NO}_3^- \text{N}$ βρισκόταν κάτω από το όριο των 67,7 mgr/kg, ενώ το Σεπτέμβριο όπου το φυτά βρίσκονται στο τελευταίο στάδια ανάπτυξης, όλες οι πειραματικές μονάδες ξεπέρασαν το όριο. Το Σεπτέμβριο παρατηρήθηκε και έντονη ανοργανοποίηση του δεσμευμένου οργανικού αζώτου στην κοπριά.

Εάν τους παραπάνω παράγοντες μπορούμε κατά κάποιον τρόπο να τους επηρεάσουμε, τις κλιματικές παραμέτρους και τις δραστηριότητες της μικροχλωρίδας είναι δύσκολο (εάν όχι αδύνατον) να τις ελέγξουμε. Ρυθμίζοντας το pH του εδάφους και εφαρμόζοντας αποστράγγιση σε υγρά εδάφη (αναερόβιες συνθήκες), επηρεάζουμε έστω και έμμεσα την δραστηριότητα των μικροοργανισμών του εδάφους.

Η συγκέντρωση NO_3^- στα λαχανικά προκύπτει, κυρίως από τα NO_3^- που προστίθενται ή σχηματίζονται στο θρεπτικό υπόστρωμα. Το ποσό N και το είδος λιπάσματος που χορηγείται, καθώς και ο χρόνος και η μέθοδος εφαρμογής του καθορίζουν την δράση των λιπασμάτων στην συγκέντρωση NO_3^- στα λαχανικά.

Η συνήθης αρχή είναι ότι με αύξηση του επιπέδου της αζωτούχου λίπανσης, αυξάνεται η συγκέντρωση NO_3^- στα λαχανικά. Λόγω της ανοργανοποίησης και νιτροποίησης το NO_3^- είναι η κύρια πηγή N,



ανεξάρτητα από την πηγή N που χορηγείται. Υλικά που ανοργανοποιούνται γρήγορα συντελούν σε ταχεία συγκέντρωση NO_3^- .

Από τα λιπάσματα σε καλλιέργεια σπανακιού τη μικρότερη αύξηση NO_3^- στα φύλλα έδωσε η ουρία και την μέγιστη το KNO_3 .

Το ιόν NH_4^+ μειώνει την απορρόφηση NO_3^- σε σχέση με την δράση των ιόντων Ca, K, Na και Mg. Επίσης το ιόν NH_4^+ αναστέλλει την δράση του ενζύμου NR, ενώ το ιόν NO_3^- προάγει την δραστηριότητα του ενζύμου.

Αναστολείς νιτροποίησης

Η χρήση αμμωνιακών λιπασμάτων και αναστολέων νιτροποίησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της συγκέντρωσης NO_3^- στα λαχανικά.

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 K 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).

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 ιχνοστοιχείο Μολυβδαίνιο (Μο) 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 Μο τα NO_3^- συγκεντρώνονται και φθάνουν ως το 3% του ξηρού βάρους. Φυτά που λιπαίνονται με NH_4^+ δεν παρουσιάζουν τέτοια εξάρτηση από το Μο. Η έλλειψη Μο οδηγεί σε συγκέντρωση NO_3^- . Αντίστοιχα το ιχνοστοιχείο Μαγγάνιο (Μη) 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 (Να) 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 (Μη) ή Μολυβδαίνιου (Μο). Η πρώτη παρατηρείται σε υψηλή pH λόγω οξείδωσης του αφομοιώσιμου δισθενούς Μαγγανίου (Μη) σε οξείδιο του Μαγγανίου (MnO_2) από τη δράση μικροοργανισμών, ενώ η δεύτερη είναι φαινόμενο των όξινων εδαφών.

Άλλοι παράγοντες

Πέρα όμως από όλους αυτούς τους παράγοντες που αφορούν τον φυτικό οργανισμό αυτόν καθ' αυτόν και τη συμπεριφορά τους, υπάρχουν και κάποιοι άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τη συσσώρευση νιτρικών στους φυτικούς ιστούς όπως:

Το ζιζανιοκτόνο 2,4 D. Ραντίζοντας (παλαιότερα) για την καταπολέμηση των ζιζανίων στο χωράφι, επηρεαζόταν επικίνδυνα η συγκέντρωση των NO_3^- στα φυτά. Συγκεκριμένα το ζιζανιοκτόνο 2,4 D ανακόπτει την διαδικασία νιτροποίησης στο έδαφος, που σημαίνει ότι η εφαρμοζόμενη αζωτούχα λίπανση, επιφέρει αποτελέσματα μήνες μετά, εφόσον παρήλθε η δράση του ζιζανιοκτόνου, οπότε στο φυτό παρέχονται νιτρικά πιθανότατα σε ακατάλληλο βλαστικό στάδιο (π.χ. η περίοδος πριν από τη συγκομιδή). Στο καλαμπόκι και στα ζαχαρότευτλα αυξανόταν απότομα η συγκέντρωση των νιτρικών μετά από ψεκασμό με 2,4 D. Η άμεση κατανάλωση τέτοιων φυτών, ειδικά από τα μηρυκαστικά ζώα είναι επιβλαβής. Κατά την αποθήκευση, επίσης καλαμποκιού, σόργου και βρώμης που



περιείχαν νιτρικά, αυτά σχημάτισαν οξείδια του αζώτου και ακόμη μικρός χρόνος παραμονής εργάτων στις αποθήκες, προκάλεσε σε αυτούς χημική πνευμονία, όπως ενδεικτικά αναφέρουν οι μελέτες που έγιναν από την Ιατρική Σχολή του Πανεπιστημίου της Μινεσότα στις ΗΠΑ.

Το ζιζανιοκτόνο σιμαζίνη Η σιμαζίνη προκαλεί σημαντική αύξηση των πρωτεϊνών των φύλλων και ακόμη σημαντική αύξηση της ρεδουκτάσης των νιτρικών χωρίς να είναι γνωστό αν πρόκειται για άμεση ή έμμεση επενέργεια.

Ταχύτητα απορρόφησης ανιόντος και κατιόντος του ίδιου άλατος

Το κατιόν και το ανιόν ενός άλατος έχουν διαφορετική ταχύτητα απορρόφησης από τα φυτά. Στην περίπτωση που το κατιόν απορροφάται γρηγορότερα από το ανιόν από το ριζικό σύστημα του φυτού, η διαφορά σε αρνητικά φορτία καλύπτεται με τη σύνθεση από το φυτό οργανικών οξέων, τα οποία στο φυσιολογικό pH του κυττάρου είναι κατά 80-90% υπό μορφή ανιόντων. Τα οργανικά οξέα που παράγονται από το φυτό σχετίζονται άμεσα με την απορρόφηση των ιόντων. Από μέτρηση του περιεχομένου σε οργανικά οξέα, βρέθηκε ότι **το μεγαλύτερο περιεχόμενο είχαν τα κύτταρα σε φυτά που λιπάνθηκαν με θειικό κάλιο (K_2SO_4)**. Εκεί παρατηρήθηκε και μεγαλύτερη απορρόφηση νιτρικών (Θερίος 1996).

Έτσι προκύπτει το συμπέρασμα ότι **όσο μεγαλύτερο είναι το περιεχόμενο των ριζών σε οργανικά οξέα, τόσο μεγαλύτερη είναι η απορρόφηση των νιτρικών**. Μάλιστα η ποσότητα των νιτρικών ιόντων που απορροφάται είναι στοιχειομετρικά ισοδύναμη με τη σύνθεση του μηλικού οξέος στο φυτό.

Το περιεχόμενο των φυτών σε οργανικά οξέα μπορεί να επηρεαστεί με την ανόργανη θρέψη. Έτσι τοποθέτηση του ριζικού συστήματος σε άλας με ταχεία απορρόφηση κατιόντων και βραδεία ανιόντων (K_2SO_4) επαυξάνει τη σύνθεση οργανικών οξέων, ενώ τοποθέτηση σε άλατα βραδείας απορρόφησης κατιόντων και ταχείας ανιόντων ($CaCl_2$) μειώνει τη σύνθεσή τους.

Καταλήγουμε συνεπώς στο συμπέρασμα ότι η συσσώρευση των νιτρικών στο φυτό επηρεάζεται από γενετικούς, κλιματικούς και καλλιεργητικούς παράγοντες που δρουν συνεργηστικά και μπορούν να ελεγχθούν με την ορθή διαχείριση της αζωτούχου λίπανσης, αλλά μόνο μετά από μια προσεκτική αγρονομική στάθμιση των ειδικών συνθηκών καλλιέργειας.

Κατανομή NO_3^- στα φυτά

Τα νιτρικά τείνουν να κατανέμονται ανομοιόμορφα στα φυτά, με τάση συγκέντρωσης σε ορισμένα όργανα. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι η συγκέντρωση NO_3^- είναι μικρότερη σε ανθικά τμήματα και αυξάνεται στον καρπό ή στον σπόρο, στις ρίζες, στους βλαστούς, στα φύλλα και ιδιαίτερα



στους μίσχους και τις νευρώσεις (Σιμώνης 1991). Μέσα στο ίδιο φυτό η συγκέντρωση NO_3^- είναι υψηλότερη σε γηραιότερους ιστούς. Στην ντομάτα υψηλότερη συγκέντρωση NO_3^- βρέθηκε στο μίσχο των φύλλων. Έτσι έχουμε μεγαλύτερη συγκέντρωση NO_3^- στα φυλλώδη λαχανικά παρά στη ντομάτα και τα αγγούρια όπου το προϊόν είναι ο καρπός.

Μερικά φυτά συγκεντρώνουν πολλά νιτρικά. Παρατηρείται όμως σημαντική διακύμανση στην συγκέντρωση NO_3^- στα ίδια όργανα, αλλά σε διαφορετικά φυτά (π.χ. οι ρίζες τεύτλων περιέχουν πολλά NO_3^- , ενώ τα καρότα γενικά έχουν πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις). Τα τεύτλα, το σπανάκι και το ραδίκι απορροφούν και συγκεντρώνουν NO_3^- . Επίσης τα φυτά που συγκεντρώνουν νιτρικά είναι τα μπρόκολα, το σέλινο, το μαρούλι, το παντζάρι και άλλα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8: ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΙΔΗ ΦΥΤΩΝ
(Sicilliano et al 1975)

ΕΙΔΟΣ ΦΥΤΟΥ	Περιεκτικότητα NO_3^- σε ppm νωπού βάρους
Αραβόσιτος	45
Ντομάτα	62
Κουνουπίδι	547
Λάχανο	635
Μαρούλι	850
Σπανάκι	1.860
Σέλινο	2.340
Παντζάρι	2.760

Πηγή: Σιμώνης 1991

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι περιεκτικότητες σε νιτρικά σε συνδυασμό με τον αριθμό των ημερών μετά τα φύτευμα για φυτά μαρουλιού, ενώ στον πίνακα δίνονται οι συγκεντρώσεις σε νιτρικά στον καρπό φυτών κόκκινης πιπεριάς και κολοκυθιού, όσον αφορά πριν και μετά την ωρίμανση του καρπού.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9: ΣΧΕΣΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΗΛΙΚΙΑΣ ΦΥΤΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

ΗΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ ΤΟ ΦΥΤΕΥΜΑ	Νιτρικά νωπών φυτικών ιστών (mg/Kgr)
63	4.139
75	3.942
81	3.477

Πηγή: Σταθμός Αγρονομίας & Φυσιολογίας I' INTRA D' ANTIDES PARIS 1986



ΠΙΝΑΚΑΣ 10: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΩΡΙΜΑΝΣΗ

ΦΥΤΟ	Προ της ωρίμανσης σε mg/Kgr	Ωριμοί καρποί σε mg/Kgr
Κόκκινη πιπεριά	210	23
Κόκκινη πιπεριά	230	40
Κολοκύθι	470	90

Πηγή: Σταθμός Αγρονομίας & Φυσιολογίας Γ' INTRA D' ANTIDES PARIS 1986

Είναι προφανές ότι τα νεώτερα φυτά και τα ανώριμα έχουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις. Ειδικά οι άγουροι καρποί μπορεί να περιέχουν 10 φορές μεγαλύτερες συγκεντρώσεις από τους ώριμους καρπούς.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η σημασία που θα πρέπει να δώσουμε στο τμήμα και στο όργανο του φυτού που θα χρησιμοποιήσουμε.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11: ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΤΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΣΕ ΤΜΗΜΑΤΑ ΦΥΤΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΤΗΣ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ RAVEL

ΦΥΛΛΑ	% ξηρή ουσία σε νωπό προϊόν	NO ₃ στην ξηρή ουσία (mg/Kgr)	NO ₃ στην ξηρή ουσία (%)
Εξωτερικά	4,42	3.030	6,85
Μεσαία	3,78	1.410	3,72
Εσωτερικά	4,42	670	1,52

Πηγή: Ερευνητικός σταθμός της CHAN GINS (1987)

Ο ερευνητικός σταθμός της CHAN GINS καθιστά φανερό ότι η συγκέντρωση σε NO₃ των εξωτερικών φύλλων μπορεί να κυμαίνεται και 5 φορές παραπάνω από τα NO₃ που περιέχουν τα εσωτερικά φύλλα. Έχει ακόμα διαπιστωθεί ότι το φυτό χρησιμοποιεί σαν άμεσες αποθήκες νιτρικών τους μίσχους και τους βλαστούς του όπου φέρουν τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις παρά τους καρπούς του.

Η συγκέντρωση NO₃ σε επεξεργασμένα λαχανικά είναι πολύ μικρότερη από ότι σε νωπά λαχανικά. Γενικά η συγκέντρωση NO₃ σε κονσέρβα σπανάκι είναι το 60% του νωπού σπανακιού, που οφείλεται στο ξέπλυμα αυτών κατά τη διαδικασία πλυσίματος και κυρίως κατά το βράσιμο (blanching). Με το βρασμό των λαχανικών απομακρύνεται σημαντικό μέρος των νιτρικών, που περιέχονται σε αυτά. Έτσι το νερό που έβρασαν λαχανικά δεν πρέπει να καταναλώνεται.



Νιτρικά και εσωτερική ζημιά στα κουτιά των κονσερβών

Τα NO_3^- ενεργούν ως οξειδωτικός παράγοντας και προκαλούν αποκασιτέρωση των κουτιών των κονσερβών. Η οξείδωση των δοχείων οφείλεται τόσο στα νιτρικά όσο και σε άλλους παράγοντες όπως οξαλικό οξύ, pH του προϊόντος κ.λ.π.

Νιτρικά και ποιότητα των επεξεργασμένων προϊόντων

Η συγκέντρωση N και NO_3^- στα λαχανικά ασκεί σημαντική επίδραση στην ποιότητα ορισμένων επεξεργασμένων προϊόντων. Έτσι στα τεύτλα η συγκέντρωση σακχαρόζης και γλουταμίνης σχετίζονται με την λίπανση N. Τόσο η σακχαρόζη όσο και η γλουταμίνη παίζουν σημαντικό ρόλο στην ποιότητα των τεύτλων. Χωρίς προσθήκη αζωτούχου λιπάσματος οι ρίζες των τεύτλων έχουν χαμηλή συγκέντρωση NO_3^- και γλουταμίνης και μικρή απόδοση.

Χορήγηση N προ της σποράς σε τεύτλα, είχε ως συνέπεια την δημιουργία ριζωμάτων με υψηλή συγκέντρωση NO_3^- που σταδιακά μειωνόταν με τον χρόνο ως 0,01% NO_3^- -N (ξηρό βάρος) στην συγκομιδή. Η απόδοση σε ριζώματα ήταν υψηλή με 1,79% ολικό N.

Χορήγηση αζώτου κατά μήκος των γραμμών σε καλλιέργεια τεύτλων αύξησε την συγκέντρωση NO_3^- -N και γλουταμίνης στις ρίζες, η απόδοση όμως δεν είναι τόσο υψηλή, όπως με χορήγηση N προ της φύτευσης.

Λόγω της συγκέντρωσης γλουταμίνης με αύξηση της χορήγησης N στα τεύτλα, παρατηρήθηκε σχηματισμός της ένωσης 2-pyrrolidone-5-carboxylic acid (PCA) από την ευαίσθητη στην θερμική επεξεργασία γλουταμίνη και συμβάλλει στην απόκτηση δυσοσμίας στα κονσερβοποιημένα τεύτλα.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Συγκέντρωση νιτρικών στα λαχανικά

Η αποφυγή της συγκέντρωσης των νιτρικών στα λαχανικά αποτελεί πλέον υποχρέωση του παραγωγού ο οποίος θα πρέπει να τηρεί τους κανόνες που έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση. Στη χώρα μας και ιδίως στη νότια Ελλάδα ωστόσο, οι συγκεντρώσεις στα λαχανικά, φαίνεται να είναι σαφώς χαμηλότερες συγκριτικά με εκείνες που διαπιστώνονται στις χώρες της βόρειας Ευρώπης. Αυτό οφείλεται στο ότι στην Ελλάδα επικρατούν συνθήκες (φωτισμού, θερμοκρασίας), που αυξάνουν την αποτελεσματικότητα της ρεδουκτάσης σχεδόν ολόκληρο το χρόνο. Εξαίρεση αποτελεί η χειμερινή περίοδος όπου οι ώρες φωτισμού περιορίζονται και οι θερμοκρασία πέφτει με έντονες διακυμάνσεις μεταξύ ημέρας και νύχτας.

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, αποτελούν συσσωρευτές νιτρικών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 12: ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΚΑΤΑ ΚΑΤΟΙΚΟ ΣΤΙΣ ΗΠΑ

Πηγή νιτρικών	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΡΟΣΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΝΙΤΡΙΚΩΝ	
	Mgr	%
Λαχανικά	86,1	81,2
Φρούτα	1,4	1,3
Γάλα και προϊόντα	0,2	0,2
Ψωμί	2,0	1,9
Νερό	0,7	0,7
Συντηρημένο κρέας	15,6	14,7
ΣΥΝΟΛΟ	106,0	100,0

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 αντιδοτο 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 συσσωρευσης 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. Ο πίνακας ταξινομεί τα λαχανικά σε 5 ομάδες σύμφωνα με την ανώτερη περιεκτικότητά τους σε NO_3^- , που συνήθως έχουν:

ΠΙΝΑΚΑΣ 13: ΛΑΧΑΝΙΚΑ ΠΟΥ ΣΥΝΗΘΩΣ ΠΕΡΙΕΧΟΥΝ ΝΙΤΡΙΚΑ (NO_3^-)

$\text{NO}_3^- < 200$ (mgr/Kgr)	$\text{NO}_3^- < 500$ (mgr/Kgr)	$\text{NO}_3^- < 1.000$ (mgr/Kgr)	$\text{NO}_3^- < 2.500$ (mgr/Kgr)	$\text{NO}_3^- > 2.500$ (mgr/Kgr)
Πατάτα Αρακάς Λάχανο Βρυξ Ντομάτα Φασόλι Ξερό Σπαράγγι Πιπεριά Κοκκ Γλυκοπατά τα Μανιτάρι	Μελιτζάνα Μπρόκολο Πεπόνι Αγγούρι Κουνούπιδι Κρεμμύδι άσπρ Όσπρια	Λάχανο άσπρ Λάχανο κόκκ Λάχανο κατσ Καρότο Φασολάκια Κάρδαμο Κολοκυθάκι	Ραδίκι κατσ. Μαϊντανός Πράσο Γογγύλι	Μαρούλι Σέλινο Ραπανάκι Σπανάκι Παντζάρι Ανηθος Αντράκλα

Πηγή: Σιμώνης 1991



Το Επιστημονικό Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, για να καθορίσει τα όρια των μέγιστων αποδεκτών ποσοστών νιτρικών (οδηγία 194/31-12-1997) έθεσε αυτό το πρόβλημα διαφοροποιώντας τις αποδεκτές συγκεντρώσεις σύμφωνα με την περίοδο καλλιέργειας. Αλλά αυτό φαίνεται ότι αντιβαίνει προς την τόσο επικίνδυνη τοξικότητα των νιτρικών, που δεν θα έπρεπε να αλλάζει σύμφωνα με την περίοδο του έτους.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (OMS ή WHO) όρισε την ημερήσια ανεκτή δόση για έναν ενήλικα τα 5 mgtr νιτρικών ανά κιλό σωματικού βάρους και αυτή των νιτρώδων στα 0,2 mgtr ανά κιλό σωματικού βάρους εκφρασμένα αντίστοιχα σε (KNO₃) νιτρικό κάλιο και νιτρώδες Νάτριο (NaNO₂). Διαπιστώθηκε δε ότι με τα φρούτα και τα λαχανικά στον ανθρώπινο οργανισμό εισάγεται περίπου το 8,2 % σε νιτρικά και μόνο το 0,7 % από το πόσιμο νερό. Έρευνες και δοκιμές απέδειξαν ότι οι συγκεντρώσεις των νιτρικών στα λαχανικά μας βρίσκονται μέσα στα θεμιτά πλαίσια που έχει προσδιορίσει η Ε.Ε. και απέχουν κατά πολύ από εκείνα της βόρειας Ευρώπης. Αυτό δε σημαίνει ότι δεν πρέπει να λαμβάνονται όλα εκείνα τα προληπτικά μέτρα για να διατηρηθούν μέσα στα ενδεικνυόμενα όρια.

Ο κίνδυνος των νιτρικών στα λαχανικά περιορίζεται όταν τηρούνται οι κανόνες που παρέχουν τη δυνατότητα διατήρησης της φρεσκάδας αυτών των προϊόντων, όταν καταναλώνονται νωπά ή όταν μεταποιούνται. Ήδη το Συμβούλιο του αμερικάνικου κογκρέσου είχε εκφράσει τις ανησυχίες του από τα πρώτα χρόνια της δεκαετίας του '60 και είχε επισημάνει τους σοβαρούς κινδύνους που εγκυμονεί η λήψη των νιτρικών από τους καταναλωτές, που πέρα από τα λαχανικά, υπάρχουν στο νερό, στα συντηρητικά και προσθετικά των ψαριών, κρεάτων κλπ.

Ο κίνδυνος των νιτρικών που συνδέεται με τις τροφές φυτικής προέλευσης παραμένει υψηλός στις κοινωνίες με χαμηλή μεταποιητική τεχνολογία, λόγω του πρόχειρου και κακού τρόπου μεταποίησης και διατήρησης των προϊόντων, αλλά και λόγω της εύκολης βακτηριακής μόλυνσης, που διευκολύνει τη συσσώρευση των άκρως επικίνδυνων νιτρικών. Στη βιβλιογραφία αναφέρονται μεγάλες ζημιές στη δημόσια υγεία, όπου χρησιμοποιήθηκαν γεωργικά προϊόντα που είχαν λιπανθεί, μεταποιηθεί και διατηρηθεί σε πρωτόγονες συνθήκες.

Για τα διάφορα είδη λαχανικών έχουν καθοριστεί σε ορισμένες χώρες, τιμές αναφοράς σε νιτρικά (χωρίς δίωξη σε περίπτωση υπέρβασης) ή τιμές περιορισμού (με δίωξη σε περιπτώσεις υπέρβασης) σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:



ΠΙΝΑΚΑΣ 14: ΟΡΙΑ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΛΑΧΑΝΙΚΑ ΣΕ ΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΧΩΡΕΣ

	Ρωσία		Γερμανία		Ολλανδία	Αυστρία	Ελβετία	
προϊόν	Αγρός (όριο)	Θερμοκήπιο (όριο)	Τιμή αναφοράς	όριο	όριο	όριο	Τιμή αναφοράς	όριο
Μαρούλι	2000	3000	3000		3000 (1) 4500 (1)	3000 (1) 4000 (2)	3500	4000
Μαρούλι (καρδιά)					3000 (1) 4500 (1)	3000 (1) 4000 (2)		
Καλαμπόκι (σαλάτα)			2500				3500	
Σπανάκι	2000	3000	2000		3500 (1) 4500 (2)	2000 (3) 3000 (4)		
Παντζάρι	1400		3000		3500 (5) 4000 (6)	3500 (1) 4500 (2)	3000	
Ραδίκι						3500 (1) 4500 (2)		
Αντίδι			3000		3000 (3)	2500 (1)		
Λάχανο	900 500					1500	875	
Καρότο	400 250					1500		
Παιδικές τροφές				250		250	250	

(1) καλοκαίρι, (2) χειμώνας, (3) συγκομιδή έως Ιούνιο, (4) συγκομιδή από Ιούλιο, (5) συγκομιδή Ιούλιο έως Μάρτιο, (6) Απρίλιο έως Ιούνιο

(τιμές σε mg/l NO₃ /kg φρέσκης ύλης)

Συγκέντρωση νιτρικών στο σπανάκι και στα μαρούλια.

Στις 31 Ιανουαρίου 1997 η επιτροπή γεωργίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης εξέδωσε μια οδηγία (194/97) που προσδιορίζει τα μέγιστα αποδεκτά ποσοστά για ορισμένες ουσίες που περιέχονται στα βρώσιμα προϊόντα και συγκεκριμένα αναφέρονται τα ποσοστά των νιτρικών στο σπανάκι και στο μαρούλι. Παραλείπουμε τα εκατό σημεία αναφοράς και παραθέτουμε τα πιο σημαντικά:



"Λαμβάνοντας υπόψη ότι θα είναι σκόπιμο να επανεξετάσουμε και ενδεχομένως να μειώσουμε τα καθορισμένα ποσοστά για το μαρούλι και το σπανάκι πριν την 1^η Οκτώβρη του 1998 λαμβάνοντας υπόψη ότι εισακούσθηκε η άποψη του Επιστημονικού Συμβουλίου Δημόσιας Διατροφής σε ότι αφορά τα ποσοστά που μπορούν να επηρεάσουν τη δημόσια υγεία, λαμβάνοντας υπόψη ότι το προβλεπόμενα όρια από τον κανονισμό είναι σύμφωνα με την άποψη του Διαρκούς Συμβουλίου των βρώσιμων προϊόντων, τα εν λόγω προϊόντα δεν πρέπει να παρουσιάζουν, τη στιγμή που βρίσκονται στην αγορά, ποσοστά νιτρικών (επικίνδυνα) μεγαλύτερα από εκείνα που καθορίστηκαν με την εγκύκλιο. Στην περίπτωση δικαιολογημένων καταστάσεων τα κράτη μέλη, στο έδαφος τους, μπορούν να επιτρέψουν την πώληση μαρουλιών και σπανακιών που περιέχουν νιτρικά σε μεγαλύτερα ποσοστά από εκείνα που καθορίζει η εγκύκλιος.

Η εγκύκλιος καθορίζει τα εξής:

Σπανάκια (μέγιστα αποδεκτά ποσοστά νιτρικών για νωπό)

- από την 1^η Νοεμβρίου μέχρι 31 Μαρτίου: 3.000 mgr NO₃/Kgr
- από την 1^η Απριλίου μέχρι 31 Οκτωβρίου: 2.500 mgr NO₃/Kgr
- Διατηρημένο και κατεψυγμένο σπανάκια (μέγιστα αποδεκτά ποσοστά νιτρικών για όλο το έτος): 2000 mgr NO₃/Kgr.

Μαρούλια (μέγιστα αποδεκτά ποσοστά νιτρικών για νωπά προστατευόμενα σε θερμοκήπια, αλλά και σε μαρούλια που καλλιεργούνται στην ύπαιθρο)

- από την 1^η Οκτωβρίου μέχρι 31 Μαρτίου: 4.500 mgr NO₃/Kgr νωπού βάρους για φυτά υπό κάλυψη
- από την 1^η Οκτωβρίου μέχρι 31 Μαρτίου: 4.000 mgr NO₃/Kgr νωπού βάρους για υπαίθρια καλλιέργεια
- από την 1^η Απριλίου μέχρι 30 Σεπτεμβρίου : 3.500 mgr NO₃/Kgr νωπού βάρους για φυτά υπό κάλυψη
- από την 1^η Απριλίου μέχρι 30 Σεπτεμβρίου : 3.000 mgr NO₃/Kgr νωπού βάρους για υπαίθρια καλλιέργεια

Για μαρούλια τύπου Iceberg:

- 2.500 mgr NO₃/Kgr νωπού βάρους για φυτά υπό κάλυψη
- 2.000 mgr NO₃/Kgr νωπού βάρους για υπαίθρια καλλιέργεια



Νιτρικά άλατα σε τρόφιμα που προορίζονται για βρέφη και μικρά παιδιά (κανονισμός ΕΚ αριθ. 655/2004): Μείωση των νιτρικών αλάτων στο χαμηλότερο δυνατό επίπεδο για την ευάλωτη αυτή πληθυσμιακή ομάδα και σε τιμές μικρότερες από 200 mg NO₃ /Kgr

Μέγιστα επιτρεπτά όρια, ως προς την περιεκτικότητα σε νιτρικά, έχουν θεσπιστεί για ορισμένα λαχανικά σε διάφορες χώρες και στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Με βάση τον Κανονισμό αριθμ. 194/97 της Ευρωπαϊκής Ένωσης, "τα κράτη μέλη πρέπει να λάβουν κατάλληλα μέτρα επαγρύπνησης σχετικά με την παρουσία νιτρικών προσμίξεων στα τρόφιμα".

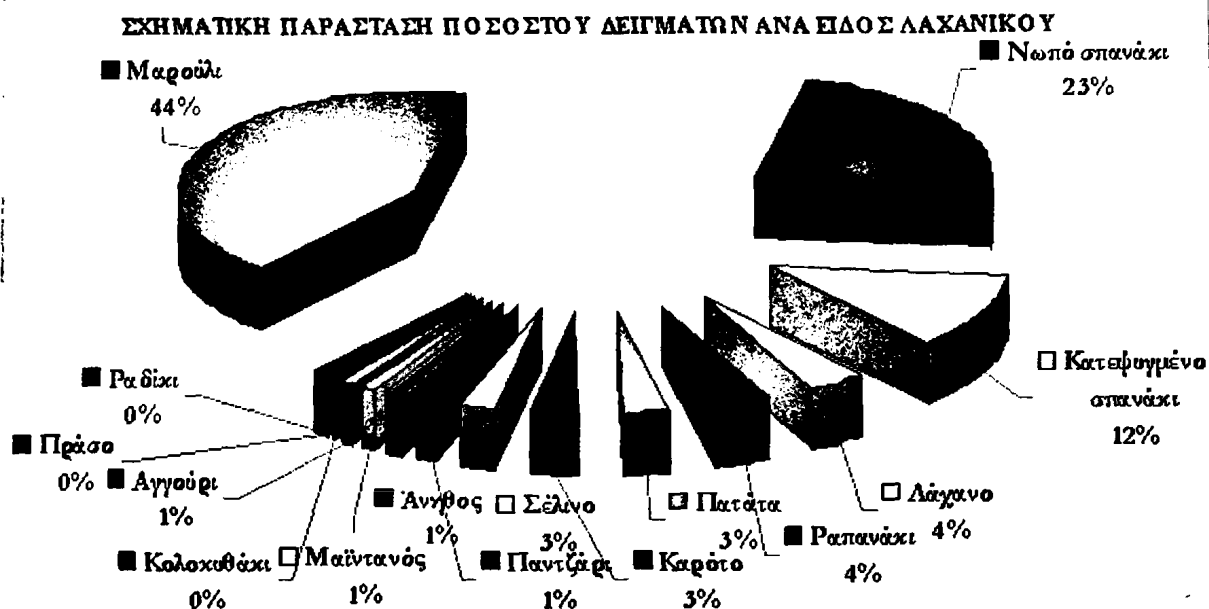
Στις χώρες, όπου γίνονται έλεγχοι έχουν αναφερθεί πολύ υψηλές περιεκτικότητες νιτρικών σε ορισμένα λαχανικά. Για παράδειγμα, στη Μεγάλη Βρετανία βρέθηκε περιεκτικότητα σε νιτρικά, υψηλότερη από τα επιτρεπόμενα όρια, στο 30% των δειγμάτων εγχώριου σπανακιού και στο 22% των δειγμάτων εισαγόμενου σπανακιού.

Στη χώρα μας δεν γινόταν συστηματικοί έλεγχοι στα λαχανικά για την περιεκτικότητά τους σε νιτρικά πριν από λίγα χρόνια. Ωστόσο σήμερα, μετά από έρευνες του Εργαστηρίου Λαχανοκομίας του Τμήματος Γεωπονίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, του Ινστιτούτου Εδαφολογίας Θεσσαλονίκης, του Εθνικού Ιδρύματος Αγροτικών Ερευνών καθώς και του Ενιαίου Φορέα Ελέγχου Τροφίμων (ΕΦΕΤ), προέκυψε ότι οι περιεκτικότητες σε νιτρικά των εγχώριων λαχανικών που διακινούνται από τις Κεντρικές Λαχαναγορές της χώρας, οι τιμές σε νιτρικά είναι χαμηλότερες από τις τιμές νιτρικών που έχουν βρεθεί σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες.

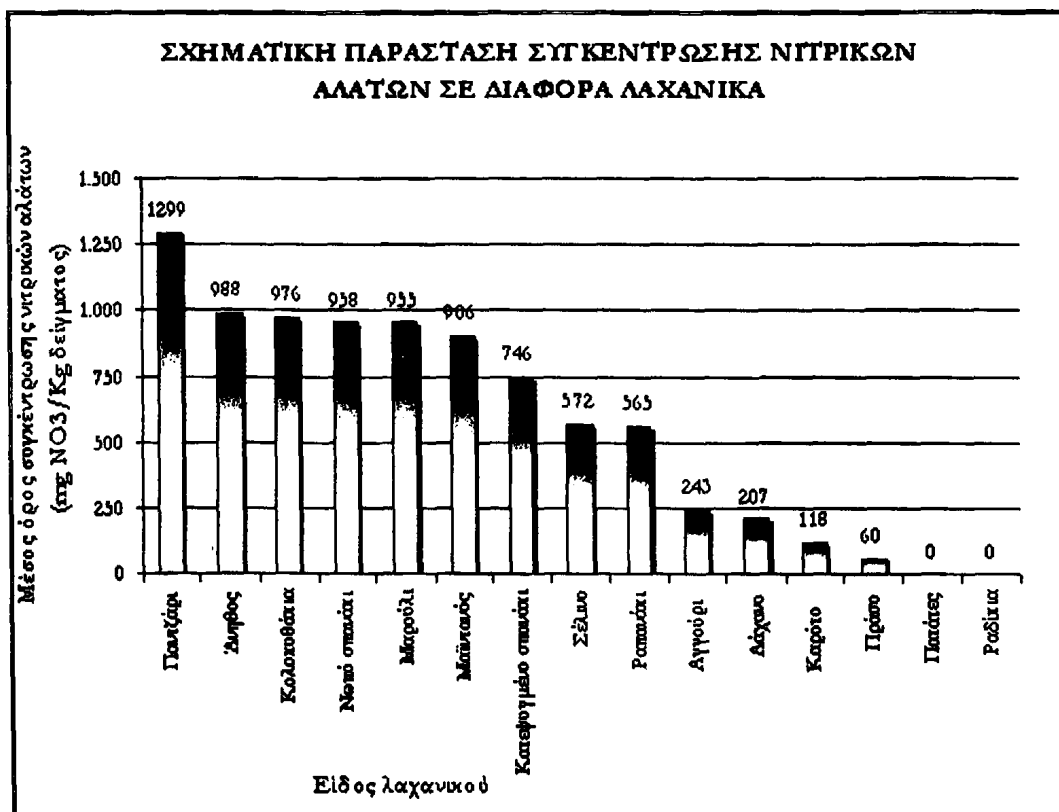
Από έρευνα του ΕΦΕΤ και της εταιρείας Εταιρεία Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης Βιομηχανιών Τροφίμων (ΕΤΑΤ Α.Ε.) σε «πρόγραμμα παρακολούθησης των επιπέδων των νιτρικών αλάτων σε λαχανικά σε συμμόρφωση με τον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 466/2001 της Επιτροπής της 8ης Μαρτίου 2001 για τον καθορισμό μεγίστων τιμών ανοχής για ορισμένες προσμείξεις στα τρόφιμα», που υλοποιήθηκε τους Νοέμβριο - Δεκέμβριο 2001, έγινε έρευνα που αφορούσε συλλογή δειγμάτων λαχανικών από επιχειρήσεις λιανικής και χονδρικής πώλησης. Στο σύνολο των διακοσίων εβδομήντα (270) δειγμάτων που ελήφθησαν, κανένα δεν βρέθηκε να υπερβαίνει τις μέγιστες τιμές ανοχής για ορισμένες προσμείξεις σύμφωνα με το Παράρτημα Ι του Κανονισμού ΕΚ 466/2001 της Επιτροπής.

Στις παρακάτω γραφικές παραστάσεις αποτυπώνονται τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας:





ΕΙΚΟΝΑ 14: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΑΝΑ ΕΙΔΟΣ ΛΑΧΑΝΙΚΟΥ
 Πηγή: ΕΦΕΤ



ΕΙΚΟΝΑ 15: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΛΑΧΑΝΙΚΑ

Πηγή: ΕΦΕΤ



Για το σπανάκι και το μαρούλι, οι περιεκτικότητες ήταν κατά πολύ χαμηλότερες από τα μέγιστα επιτρεπτά όρια που έχουν θεσπιστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Ωστόσο, δεν υπάρχουν δεδομένα για την περιεκτικότητα σε νιτρικά των εισαγόμενων στη χώρα μας λαχανικών.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΘΕΙΟ

ΓΕΝΙΚΑ

Το θείο είναι γνωστό για περισσότερα από 6.000 χρόνια, ενώ η ευρεία χρήση του άρχισε πριν από 2.000 χρόνια. Το 2.000 π.Χ. οι Αιγύπτιοι χρησιμοποιούσαν το θείο για τη λεύκανση του βαμβακιού και των λινών και ακόμη για την Παρασκευή χρωστικών και βαφών. Επίσης χρησιμοποιήθηκε από τους αρχαίους Έλληνες και τους Ρωμαίους για θρησκευτικούς σκοπούς, αλλά και ως απολυμαντικό φάρμακο.

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 ό,τι 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.

Όπου εφαρμόζονται μέτρα περιορισμού της ρύπανσης, η ποσότητα S από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα τείνει να μειωθεί. Αυτό θα οδηγήσει, ιδιαίτερα σε περιοχές με έλλειψη, σε πιο έντονη τροφοπενία. Η τροφοπενία S παρουσιάζεται με μεγαλύτερη συχνότητα κάτω από τις εξής συνθήκες:

- Χρησιμοποίηση υψηλής καθαρότητας λιπασμάτων, τα οποία δεν περιέχουν S.
- Μεγάλες αποδόσεις και μεγαλύτερη απορρόφηση S.
- Πιο αποτελεσματικός έλεγχος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και μείωση του S της ατμόσφαιρας
- Μειωμένη χρήση του S, ως φυτοφαρμάκου
- Μείωση της οργανικής ουσίας στο έδαφος.

Τελευταία καταβάλλεται προσπάθεια μείωσης των προβλημάτων από έλλειψη S, όπως με αποκέντρωση της βιομηχανίας και με αυξημένη χρήση λιπασμάτων και οργανικής ουσίας που περιέχουν S.

Φυσιολογική δράση S

Το μεγαλύτερο ποσοστό του θείου προσλαμβάνεται από τα φυτά



κυρίως με τη μορφή θεικών ανιόντων (SO_4^{2-}) με τις φυτικές ρίζες από το εδαφικό διάλυμα και η πρόσληψη αυτή συνδυάζεται με την προσρόφηση και άλλων ανιόντων όπως (NO_3^-), (HPO_4^{2-}) και Cl^- . Ένα ποσοστό θείου προσλαμβάνεται ως διοξείδιο του θείου (SO_2) από τα φύλλα και χρησιμοποιείται από τα φυτά, αφού προηγουμένως μετατραπεί σε θεική μορφή.

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, κυστεΐνη⁸ και μεθειονίνη⁹, 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 δεσμών¹⁰, 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.

⁸ Κυστεΐνη= $[\text{HS}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}]$

⁹ Μεθειονίνη= $[\text{CH}_3\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}]$

¹⁰ Οι σουλφιδρυλικές ομάδες των πρωτεϊνών και των συνενζύμων έχουν ιδιαίτερη σημασία για τη δομή των πρωτεϊνών και τους καταλυτικούς χαρακτήρες των ενζύμων. Σε ορισμένα μάλιστα από αυτά (τα σουλφιδρυλο-ένζυμα), η θειολική ή σουλφιδρυλική ομάδα αποτελεί το κέντρο της καταλυτικής δράσης. Το ίδιο ισχύει και για τα περισσότερα συνένζυμα.



Καλλιέργειες και θείο

Οι καλλιέργειες διαφέρουν στις απαιτήσεις τους σε S, όπως προκύπτει από τη συγκέντρωση S σε πολλά φυτά. Καλλιέργειες με υψηλές αποδόσεις, όπως σακχαρότευτλα, καλαμπόκι και σόγια περιέχουν περισσότερο S από πολλές άλλες καλλιέργειες. Τα λαχανικά και το βαμβάκι χρειάζονται ενδιάμεσες ποσότητες S. Η μηδική αν και είναι μια καλλιέργεια με τη μεγαλύτερη αντίδραση στο S, δεν απαιτεί μεγάλες ποσότητες S. Τα πιο πολλά αγρωστώδη απαιτούν λιγότερο S. Έτσι το απαιτούμενο S στις περισσότερες καλλιέργειες είναι σχεδόν ίσο με τις απαιτήσεις σε P και Mg. Οι ελάχιστες απαιτήσεις σε S στις διάφορες καλλιέργειες δίνονται και στον πίνακα 11.

ΠΙΝΑΚΑΣ 15: Η ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΠΟΥ ΑΦΑΙΡΟΥΝΤΑΙ ΑΠΟ ΜΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ, ΑΝΑ ΕΤΟΣ ΚΑΙ ΣΤΡΕΜΜΑ

Καλλιέργεια	Αποδόσ Kg/στρ	N	P	K	S	Mg
		Kg/στρ				
Καλαμπόκι	1.200	34,3	5,0	22,0	4,7	7,1
Σόργο	800	28,8	5,4	20,5	4,3	2,5
Σιτάρι	500	15,6	3,2	10,4	2,3	2,5
Κριθάρι	500	15,6	2,6	13,0	2,6	-
Ρύζι	700	14,5	2,4	14,4	1,9	1,6
Σόγια	350	21,6	2,6	11,7	1,1	1,4
Αραχίδα	350	25,6	2,3	11,7	2,9	3,3
Καπνός	350	11,0	1,3	18,7	2,5	2,8
Πατάτα	2.500	20,8	2,5	26,6	2,8	2,5
Σακχαρότευτλα	7.000	14,1	2,0	24,5	9,4	11,5

Οι ανάγκες των καλλιεργειών σε S ικανοποιούνται με συγκέντρωση 2-5 mgr/lit S στο εδαφικό διάλυμα. Το S επίσης έχει και συμπληρωματική δράση πέραν του θρεπτικού του ρόλου, ήτοι οξινίζει το έδαφος και αυξάνει τη διαθεσιμότητα των στοιχείων P, Zn και Mg.

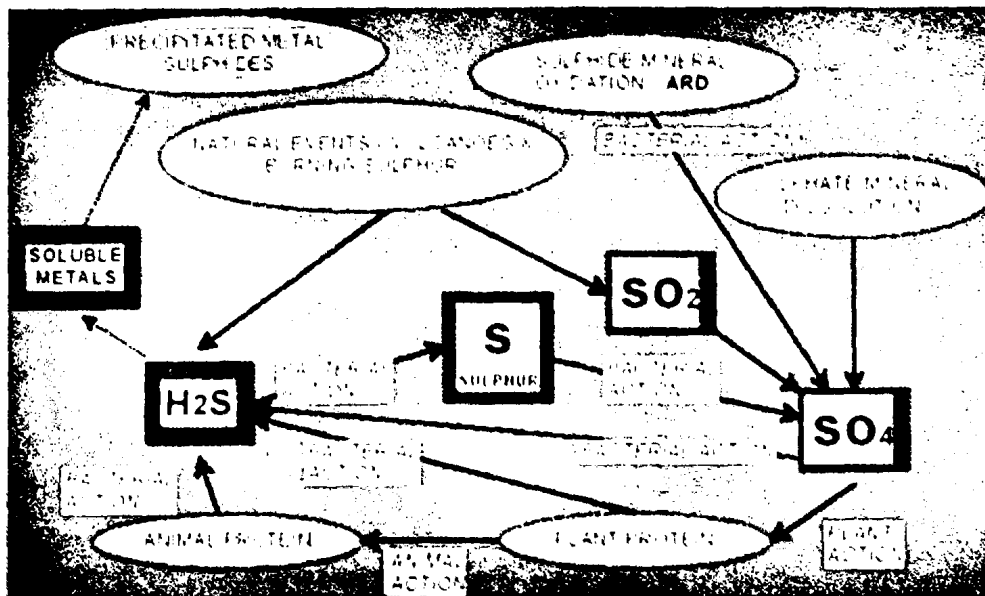
Ο κύκλος του θείου

Οι μετατροπές που παθαίνουν οι διάφορες μορφές θείου στο έδαφος και οι ανταλλαγές με την ατμόσφαιρα, μπορούν να θεωρηθούν ότι μετέχουν σε ένα 'κύκλο του θείου' ανάλογο προς τον 'κύκλο του αζώτου'. Κατά κάποιο τρόπο τελείως ανάλογο προς την ανοργανοποίηση του οργανικού αζώτου του εδάφους (και τη νιτροποίηση), το φαινόμενο της ανοργανοποίησης του θείου εξαρτάται επίσης από την τιμή C/S (ή καλύτερα N/S). Ο λόγος N:S στους φυτικούς ιστούς δίνει μια καλή ένδειξη επάρκειας θείου και είναι περίπου 18:1 ή μικρότερη (Dijkhoorn - Van Wisk, 1967) που θεωρείται επαρκής για την άριστη ανάπτυξη και την πρωτεϊνική σύνθεση των φυτών. Στο έδαφος, όταν το πηλίκο αυτό έχει μεγάλη τιμή, παρατηρείται ακινητοποίηση των διαλυτών μορφών του θείου στο έδαφος.

Ο στερεός φλοιός της γης περιέχει περίπου 0,1% S και βρίσκεται σε αποθέσεις μαζί με καλσίτη και γύψο. Απαντάται ως σουλφίδια (χρυσού),



θειικά άλατα, σε υδρόθειο (H_2S) και σε οργανικές μορφές, σε συνδυασμό με C και N.



ΕΙΚΟΝΑ 16: Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ

Το S σήμερα στα περισσότερα καλλιεργημένα εδάφη βρίσκεται ως οργανική ουσία, διαλυτά θειικά ανιόντα (SO_4^{2-}) στο εδαφικό διάλυμα ή προσροφημένο στα κολλοειδή του εδάφους (η συγκράτηση αυτή είναι ασθενής). Σε πολλά εδάφη μπορεί να υπάρχει και ως θειικό ασβέστιο ή γύψος ($CaSO_4$). Σε ξηρά εδάφη οι θειικές ρίζες με το Ca, Mg, Na και K συχνά κατακρημνίζονται σε μεγάλες ποσότητες στην εδαφοτομή. Επίσης σημαντικές ποσότητες ανταλλάξιμων (SO_4^{2-}) μπορεί να βρίσκονται σε εδάφη που περιέχουν ορυκτά της αργίλου του τύπου 1:1 και ένυδρα οξείδια Fe και Al.

Επίσης ένα μέρος του εδαφικού S προέρχεται από την ατμόσφαιρα, από καύση προϊόντων που περιέχουν S. Μέρος αυτού του S επιστρέφει στο έδαφος με τη βροχή. Τα φυτά επίσης μπορεί να προσλαμβάνουν SO_2 με διάχυση μέσα στα φύλλα. Το S αυτό μεταβολίζεται από τα φυτά. Η ποσότητα S που επιστρέφει με τη βροχή στο έδαφος, ανά στρέμμα και έτος, μπορεί να ανέλθει από 100 gr σε κανονικές συνθήκες, ως 10 Kgr σε βιομηχανικές περιοχές. Επίσης η ηφαιστειακή δραστηριότητα απελευθερώνει μεγάλες ποσότητες από πτητικές ενώσεις S.

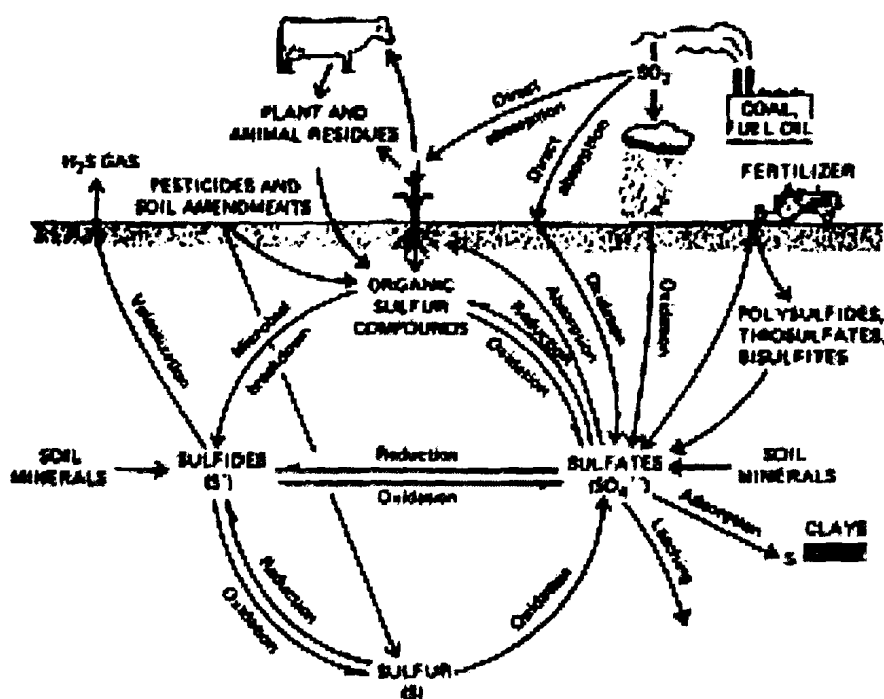
Σε καλά αεριζόμενα εδάφη το S απαντάται ως SO_4^{2-} . Λόγω του αρνητικού του φορτίου, το SO_4^{2-} σε διαπερατά εδάφη εκπλύνεται εύκολα, εκτός και αν προσροφηθεί σε υπάρχοντα θετικά φορτία σε υδροξείδια Fe, οξείδια Al, στον καολινίτη ή την οργανική ουσία. Η συγκέντρωση θειικών στα εδάφη είναι της τάξης των 2,1 gr/Kgr εδάφους.

Υπάρχουν πολλές ομοιότητες ανάμεσα στη βιοχημεία των ατόμων του S και του N. Έτσι το άτομο S υφίσταται σε αρκετές ανόργανες μορφές



όπως θειική (SO_4^{2-}), θειώδης (SO_3), θειοθειική (S_2O_3), στοιχειακό S και σουλφίδιο (S^{2-}). Η κατάσταση οξειδωσης αυτών των ενώσεων κυμαίνεται από +6 για το (SO_4^{2-}) ως -2 για το σουλφίδιο.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω το θείο ως συστατικό των διαφόρων ενώσεων του πρωτοπλάστη, βρίσκεται με τη μορφή του σουλφιδικού θείου με σθένος (-2). Δεδομένου ότι το θείο απορροφάται με μορφή SO_4^{2-} σθένους (+6), προτού ενσωματωθεί σε οργανικές ενώσεις πρέπει να αναχθεί από τη μορφή των θεικών με σθένος (+6) σε σουλφίδιο (H_2S) σθένους (-2). Όταν το άτομο του S απελευθερώνεται από οργανικές ενώσεις πρέπει να οξειδωθεί από μικροοργανισμούς του εδάφους του γένους *Thiobacillus thiooxidans* σε SO_4^{2-} προκειμένου να προσληφθεί από τα φυτά.



ΕΙΚΟΝΑ 17: ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ

Τα ανώτερα φυτά και πολλοί μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν το SO_4^{2-} ως πηγή S. Η αφομοίωση των (SO_4^{2-}) είναι ανάλογη με την αφομοίωση των νιτρικών και αφορά μια σειρά από αντιδράσεις όπου το SO_4^{2-} 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 κύτταρα¹¹. Το αρχικό στάδιο περιλαμβάνει την ενεργοποίηση του SO_4^{2-} με αδενοσι-νοτριφωσφορικό 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:

¹¹ (Bandurski, 1965, -Wilson, 1962)



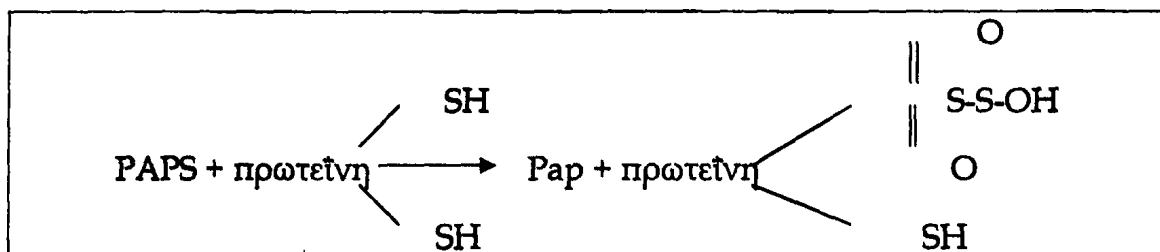


Το δεύτερο στάδιο πραγματοποιείται με το ένζυμο APS κινάση και δίνει:

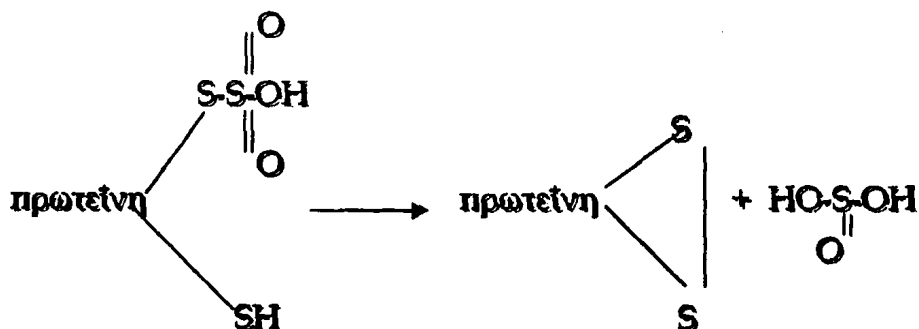


$$\text{To DG} = -11.000 \text{ kcal / mol}$$

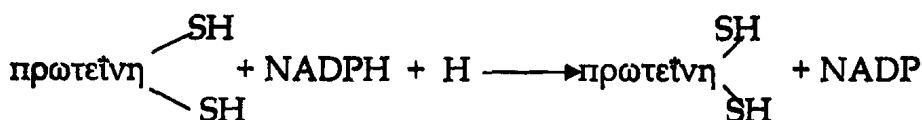
Η ένωση αυτή χρησιμοποιείται ως δότης S σε ενώσεις όπως υδατάνθρακες, φαινόλες και στερόλες. Επίσης η ένωση PAPS είναι υπόστρωμα για αναγωγή του S^{6+} σε S^{4+} ως σουλφίδιο. Το ένζυμο που καταλύει αυτή την αναγωγή 2 ηλεκτρονίων είναι η PAPS αναγωγάση. Η ένωση PAPS μεταφέρεται σε μια διθειόλη πρωτεΐνης με μικρό μοριακό βάρος σύμφωνα με την εξίσωση:



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



Αναγωγή του δισουλφιδίου σε διθειόλη με NADPH

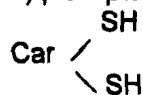


Στη συνέχεια γίνεται αναγωγή σε H_2S με το ένζυμο ρεδουκτάση των θεικών¹² ή θεική αναγωγάση. Συνολικά απαιτούνται 6 ηλεκτρόνια για αυτή

¹² Η ρεδουκτάση των θεικών (sulfur reductase) είναι μια πρωτεΐνη που αποτελείται από τρεις παράγοντες:

1) μία τρανσφεράση

2) μια πρωτεΐνη χαμηλού βάρους με σουλφιδριλικές ομάδες που ονομάζεται φορέας (car)

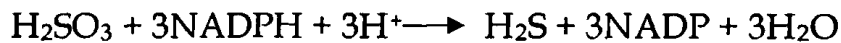


και 3) μία ρεδουκτάση.

Η τρανσφεράση καταλύει τη μετατροπή της θειώδους ρίζας, μετά την αναγωγή της θεικής, από το APS σε θειοθειική πρωτεΐνη. Πάνω στην πρωτεΐνη αυτή δρα η ρεδουκτάση η οποία

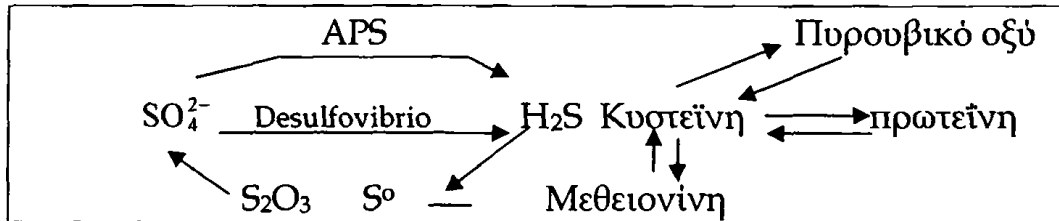


την αναγωγή και χορηγούνται από 3 mol NADPH:

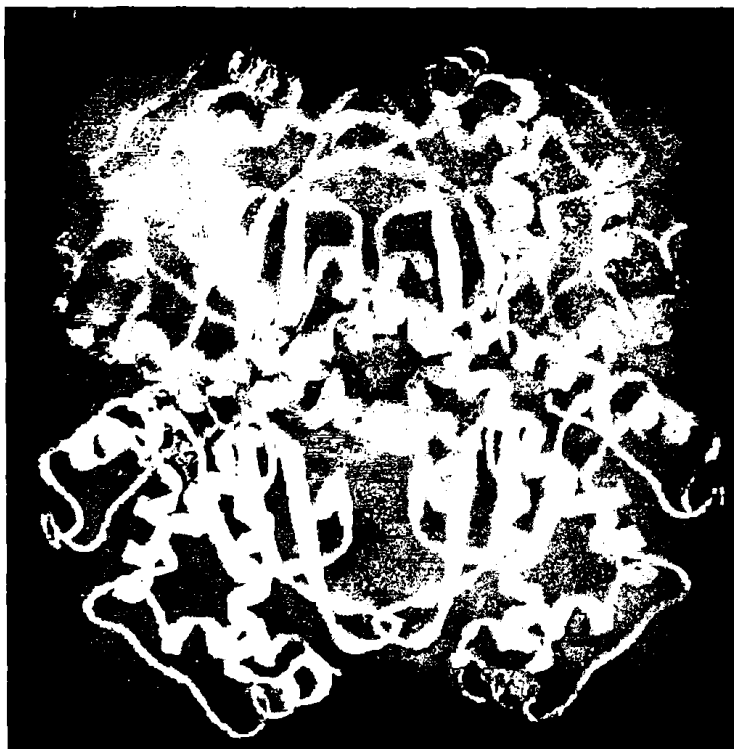


Το τελευταίο στάδιο της αφομοίωσης S περιλαμβάνει την αν-
 H_2S με Ο-ακετυλ-σερίνη η οποία έχει τύπο $[\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CO}]$
 σχηματισμό του αμινοξέος κυστεΐνη $[\text{HSCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}]$.

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



ΕΙΚΟΝΑ 18: ΑΝΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΤΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ ΠΟΥ Ι
 ΘΕΙΟ



ΕΙΚΟΝΑ 19: ΡΕΔΟΥΚΤΑΣΗ ΤΩΝ ΘΕΙΩΔΩΝ

ΠΗΓΗ: www.siu.edu/departments/biochem/chime_rasmol/iron_

ανάγει τη θειώδη ρίζα σε σουλφιδική ρίζα. Δότης των e^- στην τελευταία ανα-
 φερρεδοξίνη, η δε ρεδουκτάση που συμμετέχει ονομάζεται ρεδουκτάση των θειωδ

Στα φυτά η ρεδουκτάση των θειικών βρίσκεται στα πλασμίδια και τα σπο-
 φλαβίνες, γιατί τα e^- κατά την αναγωγή των θειικών μεταφέρονται στη σιροαίμη (ι-
 των θειικών) από την φερρεδοξίνη που παράγεται από τη φωτοχημική φά-
 φωτοσύνθεση.



Απελευθέρωση θείου από οργανικές ενώσεις

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



Και το H_2S στη συνέχεια μας δίνειθειικά:



Φυσιολογική δράση του θείου

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 θείου¹³ μπορεί να εμπλουτίσει τα παραγόμενα φυτικά προϊόντα σε μη πρωτεϊνικό άζωτο, συμπεριλαμβανομένου του NO_3^- -N 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 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 Α 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

¹³ Τα συμπτώματα τροφопενίας θείου είναι ανάλογα με τα συμπτώματα της τροφопенίας αζώτου και εκδηλώνονται με γενική καχεξία του φυτού και προοδευτικό κιτρίνισμα των φύλλων από τα κατώτερα και μεγαλύτερης ηλικίας φύλλα προς τα νεώτερα. Οι τροφопенίες θείου είναι σπάνιες και περιορίζονται σε εδάφη περιοχών με μεγάλες βροχοπτώσεις και έντονη κλίση του εδάφους. Επίσης εμφανίζεται σε απομακρυσμένες περιοχές από βιομηχανική δραστηριότητα ή από μεγάλους αυτοκινητοδρόμους.



[illegible]

Sulfur metabolism

ΕΙΚΟΝΑ 20: ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΘΕΙΟΥ



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 ιζημα και ως προσροφημένο στην επιφάνεια των ορυκτών της αργίλου. Η γύψος είναι η πιο συνήθης μορφή SO_4^{2-} υπό μορφή ιζήματος. Η διαλυτότητα της γύψου είναι μικρή (450 $\mu\text{gr S/ml H}_2\text{O}$). 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 κολλοειδές S και σουλφίδια, όταν προστίθενται στο έδαφος. Τα σουλφίδια οξειδώνονται γρήγορα σε στοιχειακό S.

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 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-} .



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΑΓΡΟΥ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΠΑΝΑΚΙΟΥ

Εισαγωγή

Σκοπός του πειράματος

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 οριστεί 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.

Η περιεκτικότητα των διαφόρων φυτικών οργάνων σε νιτρικά ποικίλει με αποτέλεσμα και η πρόσληψη νιτρικών μέσω των φυτικών τροφίμων να κυμαίνεται ανάλογα. Ένα παράδειγμα για το μέγεθος και το είδος των διαφορών στις περιεκτικότητες διαφορετικών φυτικών οργάνων του ίδιου φυτού σε νιτρικά δίνεται στον Πίνακα 16 για την μελιτζάνα.

Πίνακας 16. Περιεκτικότητα των κυριότερων φυτικών τμημάτων της μελιτζάνας σε NO_3^- (Savvas, 1992, Savvas and Lenz, 2000).

Φυτικό τμήμα	mg NO_3 ανά g ξηρής μάζας	mg NO_3 ανά kg νωπής μάζας
Ρίζες	2,48	-
Μίσχοι παλιών φύλλων	38,7	2340
Μίσχοι νεαρών φύλλων	23,0	2170
Ελάσματα παλιών φύλλων	15,9	2050
Ελάσματα νεαρών φύλλων	6,95	1100
Καρποί	0,81	64



Πίνακας 17. Περιεκτικότητα του βρώσιμου τμήματος ορισμένων λαχανικών σε νιτρικά (Scharpf and Wehrmann, 1991).

Είδος φυτού	mg NO ₃ ανά kg νωπής μάζας
Παντζάρι	150 - 5.700
Σπανάκι	350 - 3.900
Μαρούλι	380 - 3.500
Ραπανάκι	260 - 1.200
Φασολάκι	80 - 820
Κουνουπίδι	60 - 660
Αγγούρι	20 - 300
Τομάτα	10-100

Από τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα φαίνεται καθαρά ότι τα πλέον επιβαρυνόμενα με νιτρικά φυτικά όργανα είναι τα φύλλα και ιδιαίτερα οι μίσχοι τους. Επιπλέον φαίνεται σαφώς ότι η συσσώρευση νιτρικών είναι εντονότερη στα μεγαλύτερης ηλικίας φύλλα. Εκτός από αυτούς όμως τους παράγοντες (φυτικό όργανο και ηλικία φύλλου) η περιεκτικότητα των φυτικών ιστών σε νιτρικά επηρεάζεται επίσης σημαντικά και από το είδος του φυτού, την αζωτούχο λίπανση που εφαρμόζεται και την ηλιοφάνεια. Επιπλέον, η παρατεταμένη μετασυλλεκτική συντήρηση μπορεί να οδηγήσει στην αύξηση της περιεκτικότητας των φυτικών ιστών σε νιτρώδη ενώ και η κατεργασία που υφίστανται τα λαχανικά με το μαγείρεμα επηρεάζουν την τελική επιβάρυνση του καταναλωτή με νιτρικά.

Λαμβάνοντας υπόψη το βρώσιμο τμήμα καθώς και τα δεδομένα του Πίνακα 17, τα λαχανικά μπορούν να καταταγούν στην εξής σειρά όσον αφορά την περιεκτικότητά τους σε νιτρικά:

Παντζάρι>σπανάκι>μαρούλι>ραπανάκι>φασολάκι>κουνουπίδι>αγγούρι>τομάτα.

Σημαντική είναι επίσης και η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην περιεκτικότητα των λαχανικών σε νιτρικά. Η αύξηση της διαθεσιμότητας νιτρικών στο περιβάλλον των ριζών οδηγεί σε αυξημένη απορρόφηση NO₃. Από ένα σημείο και μετά όμως, το μεγαλύτερο μέρος του επιπλέον χορηγούμενου νιτρικού λιπάσματος δεν μεταβολίζεται σε οργανικό άζωτο μέσα στα φυτικά κύτταρα αλλά συσσωρεύεται στα χυμοτόπια με συνέπεια το φυτό να παρουσιάζει αυξημένη περιεκτικότητα σε NO₃.

Από όλα τα παραπάνω καθίσταται φανερό ότι η μείωση της περιεκτικότητας των λαχανικών σε νιτρικά μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή ενός συνδυασμού μέτρων τα σπουδαιότερα από τα οποία είναι τα εξής:

Μείωση της αζωτούχου λίπανσης στα κατώτατα δυνατά επίπεδα που δεν προκαλούν σημαντική πτώση στην παραγωγή.

Τερματισμός της χορήγησης νιτρικών λιπασμάτων αρκετές μέρες πριν την συγκομιδή.

Μερική υποκατάσταση νιτρικών με αμμωνιακά αζωτούχα λιπάσματα

Μερική υποκατάσταση NO₃⁻ από τα χλωριόντα (Cl⁻) στον ρόλο του ως μέσο



ρύθμισης του ωσμωτικού δυναμικού του χυμοτοπίου.

Αποφυγή παραγωγής και συγκομιδής λαχανικών όταν επικρατεί χαμηλή ηλιοφάνεια.

Δημιουργία ποικιλιών που είναι φτωχές σε νιτρικά μέσω γενετικής βελτίωσης.

Επιπλέον, η μείωση της κατανάλωσης βλαστών και μίσχων λαχανικών είναι μια διατροφική συνήθεια η οποία μπορεί και αυτή να συμβάλει σημαντικά στην μείωση της πρόσληψης νιτρικών μέσω της τροφής.

Από τους παραπάνω τρόπους μείωσης της περιεκτικότητας των λαχανικών σε νιτρικά ο περιορισμός της αζωτούχου λίπανσης είναι η πιο αποτελεσματική επέμβαση που μπορεί να εφαρμοστεί άμεσα.

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 στα λαχανικά 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 νωπού 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 ρεδοκτάσης των νιτρικών και κατ' επέκταση περιορίζει την συσσώρευση των νιτρικών στα κυτταρικά χυμοτόπια.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να διερευνηθεί η επίδραση του είδους της λίπανσης (ανόργανης ή οργανικής) με σταθερή την ποσότητα του διατιθέμενου αζώτου σε όλες τις επεμβάσεις, σε συνδυασμό με τέσσερα επίπεδα θεικής λίπανσης, πάνω στη συσσώρευση νιτρικών στα φύλλα μιας καλλιέργειας σπανακιού.



Α. Επιλογή ποικιλίας

Για καλλιέργεια επιλέχτηκε η ποικιλία Viroflay. Πολύ δημοφιλής ποικιλία, κατάλληλη για συγκομιδή το φθινόπωρο, τον χειμώνα και νωρίς την άνοιξη. Τα φυτά είναι ζωηρά, μεγάλα, με ελαφρά πλάγια βλάστηση, με μεγάλα λεία και με σκούρο πράσινο χρώμα φύλλα. Ο σπόρος είναι λείος.



ΕΙΚΟΝΑ 21: ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΑΓΡΟΣ

Β. Σπορά και ανάπτυξη στο σπορείο

Κατά την εγκατάσταση του πειραματικού αγρού σε γυάλινο θερμοκήπιο στο ΤΕΙ Ηπείρου στην Άρτα έγιναν τα ακόλουθα:

Ο πολλαπλασιασμός του σπανακιού έγινε με σπόρο. Οι σπόροι σπάρθηκαν αρχικά στο σπορείο στις 18 Νοεμβρίου 2006.

Η σπορά έγινε σε μεγάλα ομαδικά κιβώτια σποράς γεμισμένα με αποστειρωμένο υπόστρωμα κατάλληλης σύστασης. Η απαιτούμενη ποσότητα σπόρου που χρησιμοποιήθηκε ήταν στα 15-20 gr/στρέμμα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο σπόρος του μαρουλιού αμέσως μετά την συγκομιδή του βρίσκεται σε κατάσταση λήθαργου και δεν βλαστάνει. Γι' αυτό τον λόγο η σπορά πρόσφατα συγκομισθέντων σπόρων μαρουλιού δεν συνιστάται.

Οι σποροί του σπανακιού φυτρώνουν συνήθως 6-8 μέρες μετά τη σπορά, ανάλογα με την θερμοκρασία που επικρατεί μέσα στο μέσο σποράς (εδαφικό μίγμα ή υπόστρωμα). Το φύτευμα των σπόρων στο σπορείο με έγινε 12 ημέρες αργότερα.

Για να επιτευχθεί σύντομο και ομοιόμορφο φύτευμα του σπόρου θερμοκρασία στο μέσο σποράς θα πρέπει να ανέρχεται στους 15-20° C. Με το φύτευμα τα νεαρά φυτά δέχονται τις ίδιες περιποιήσεις όπως όλα τα νεαρά σπορόφυτα στο σπορείο (άρδευση, λίπανση, φυτοπροστασία, κλπ.) και στη συνέχεια, μόλις φθάσουν στο κατάλληλο για τον σκοπό αυτό στάδιο μεταφυτεύονται στο θερμοκήπιο.

Γ. Μεταφύτευση

Η εγκατάσταση της καλλιέργειας στο έδαφος του θερμοκηπίου έγινε στις 6 Δεκεμβρίου 2006 με μεταφύτευση των σποροφύτων που προέκυψαν αφού πρώτα τα φυτάρια έφθασαν στο κατάλληλο στάδιο ανάπτυξης.

Πριν την μεταφύτευση των φυταρίων στο θερμοκήπιο, το έδαφος προετοιμάστηκε κατάλληλα. Κατ' αρχήν μια έκταση του θερμοκηπίου χωρίστηκε με σκοινιά και πασσάλους, κατά μήκος σε τρεις γραμμές πλάτους 1,5 m. Ανάμεσα από τις γραμμές διαμορφώθηκε διάδρομος μήκους 1,0 m. Εντός των γραμμών διαμορφώθηκαν 36 τεμάχια διαστάσεων 1,0 × 1,0 m.



ΕΙΚΟΝΑ 22: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΑΓΡΟΥ-ΦΥΤΕΥΣΗ ΣΠΑΝΑΚΙΩΝ

Οι εργασίες που έγιναν με σκοπό την προετοιμασία του εδάφους είναι σε γενικές γραμμές το όργωμα, ο ψιλοχωματισμός του με την βοήθεια ενός φρεζαρίσματος και για κάθε τεμάχιο ξεχωριστά η ενσωμάτωση της κοπριάς κότας και των ενδεδειγμένων λιπασμάτων.

Η μεταφύτευση έγινε χειρωνακτικά. Η ακριβής πυκνότητα φύτευσης του σπανακιού που υιοθετήθηκε εξαρτήθηκε:

- από την καλλιεργούμενη ποικιλία
- από το ελάχιστο μέγεθος που επιδιώκεται να έχουν τα φυτά όταν συγκομίζονται. Γενικά υφίσταται μία αρνητική συσχέτιση μεταξύ του μεγέθους των φυτών στο στάδιο της συγκομιδής και της πυκνότητας φύτευσης.
- από τον έλεγχο της καλλιέργειας σε 'επιμολύνσεις' των φυτών με θρεπτικά στοιχεία από τα διπλανά τεμάχια.

Συνθήκες περιβάλλοντος στο θερμοκήπιο

Το σπανάκι είναι ψυχροαπαιτητικό λαχανικό. Η θερμοκρασία που θα πρέπει να επικρατεί στον χώρο του σπορείου μετά το φύτευμα των σπόρων και μέχρι την μεταφύτευση είναι 15° C την ημέρα και 8° C την νύχτα. Μετά την μεταφύτευση, οι θερμοκρασίες που συνιστώνται στο θερμοκήπιο είναι 10° C την ημέρα και 6° C την νύχτα, ενώ στους 18-20° C θα πρέπει να τίθεται σε λειτουργία το σύστημα εξαερισμού.

Η άριστη σχετική υγρασία (Σ.Υ.) για το σπανάκι μέσα στο θερμοκήπιο κυμαίνεται μεταξύ 70-80%. Χαμηλές τιμές σχετικής υγρασίας έχουν σαν συνέπεια την εμφάνιση της φυσιολογικής ανωμαλίας "κάψιμο του περιθωρίου των φύλλων". Αντίστοιχα, υπερβολικά υψηλή σχετική υγρασία έχει σαν συνέπεια την αύξηση του ποσοστού προσβολών από βοτρυτή, σκληρωτίνια καθώς και άλλες μυκητολογικές ασθένειες.

Καλλιεργητικές φροντίδες

Λόγω του μεγέθους του και της διάταξης των φύλλων του το σπανάκι καταναλώνει μέσω της διαπνοής μικρές μόνο ποσότητες νερού, ιδιαίτερα τον χειμώνα, όπου κατά κύριο λόγο καλλιεργείται στην Ελλάδα. Γι' αυτό τόσο η συχνότητα του ποτίσματος και η ποσότητα νερού ανά άρδευση ήταν περιορισμένες, ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος εμφάνισης ασθενειών που ευνοούνται από την υπερβολική υγρασία.

A. Ανάλυση εδάφους

Από ανάλυση που έγινε στο έδαφος του θερμοκηπίου από την επιλεγμένη έκταση των 300 m² περίπου, σε τρία δείγματα (βάθος δειγματοληψίας 0-30 cm) προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα:



ΠΙΝΑΚΑΣ 18: ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ

	A	B	Γ	Μέσος όρος	Επίπεδο
Οργανική ουσία %	1,5	1,7	2,2	1,8	Χαμηλό
PH	6.6	6.8	7.1	6.8	Ελαφρώς όξινο
Μηχανική σύσταση	Αμμοπηλώδες	Αμμοπηλώδες	Αμμοπηλώδες		
P σε ppm (OLSEN)	16	18	27	20,3	Πολύ υψηλό
K σε ppm (οξικό αμμώνιο)	178	165	182	175	Μέσο
Ca σε ppm (οξικό αμμώνιο)	287	323	189	266	Υψηλό
Mg σε ppm (οξικό αμμώνιο)	22	17	24	21	μέσο
S σε ppm (LiCl)	4	5	4	4	Χαμηλό

Για τον προσδιορισμό του διαθέσιμου S στο έδαφος, 50 gr εδάφους του θερμοκηπίου εκχυλίστηκαν με ανακίνηση 50 cm³ από διάλυμα χλωριούχου λιθίου (LiCl) 1M.

Απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία του σπανακιού

Οι απαιτήσεις του σπανακιού σε θρεπτικά στοιχεία είναι οι ακόλουθες:

Λιπαντικές μονάδες (Kg/στρ)		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O
10	5-6	20-25

Ενδεικτικό πρόγραμμα λίπανσης της υπό κάλυψη καλλιέργειας σπανακιού.

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



Σύμφωνα με το Διεθνές Ινστιτούτο Καλίου για κάθε τόνο νωπού προϊόντος μαρουλιού απομακρύνονται από το έδαφος και τα εξής:

(Σε Kgr θρεπτικού στοιχείου ανά τόνο προϊόντος)

Είδος Φυτού	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₃
Σπανάκι	5,0	2,5	7,0	2,0	1,5	1,0

ΠΗΓΗ: Tistale et al (Παπαδάκης 1994)

Λιπάνσεις πειραματικού μέρους

Οι επεμβάσεις οι οποίες έγιναν ήταν συνολικά οκτώ (8) και αφορούσαν τον συνδυασμό δύο τύπων αζωτούχου λίπανσης (ανόργανης και οργανικής προέλευσης) σε συνδυασμό με τέσσερα επίπεδα θειικής λίπανσης, 0, 15 και 30 μονάδων θείου υπό την μορφή του θειικού καλιομαγνήσιου, λίπασμα το οποίο επιτρέπεται στην Βιολογική Γεωργία, καθώς και ενός οργανικού εδαφοβελτιωτικού σκευάσματος 20 μονάδων θείου. Σε κάθε επανάληψη εφαρμόστηκαν 20 μονάδες αζώτου, είτε ανόργανης, είτε οργανικής προέλευσης. Για κάθε μια από τις παραπάνω μεταχειρίσεις έγιναν μετά από τυχαιοποίηση τέσσερις επαναλήψεις (τεμάχια). Πιο συγκεκριμένα εφαρμόστηκαν, για κάθε μια από τις οκτώ μεταχειρίσεις του πειράματος, οι εξής λιπαντικές επεμβάσεις στο έδαφος του θερμοκηπίου:

- ✓ Για την **οργανική λίπανση** εφαρμόστηκε σε όλα τα τεμάχια (16 σε αριθμό) επεξεργασμένη κοπριά ορνίθων σε μορφή pellets, προερχόμενη από το εργοστάσιο του Πτηνοτροφικού Συνεταιρισμού Ιωαννίνων. Μετά από ανάλυσή της κοπριάς βρέθηκε ότι περιείχε τις παρακάτω ποσότητες θρεπτικών στοιχείων: 4% N, 3,2% P, 3,4% K, 4,6%Ca, και 0,8% Mg.

Για να καλυφτούν λοιπόν οι απαιτούμενες ποσότητες σε N, P και K χρησιμοποιήθηκε ποσότητα 500 Kgr επεξεργασμένης κοπριάς ορνίθων στο στρέμμα ή 500 gr στο 1 m². Έτσι εφαρμόστηκαν 20 Kgr/στρ N, 16 Kgr/στρ P, 17 Kgr/στρ K, 23 Kgr/στρ Ca και 4 Kgr/στρ Mg ή 40 gr/τεμάχιο N, 32 gr/τεμάχιο P, 34 gr/τεμάχιο K, 46 gr/τεμάχιο Ca και 8 gr/τεμάχιο Mg.

- ✓ Για την **ανόργανη λίπανση** εφαρμόστηκαν σε όλα τα τεμάχια (16 σε αριθμό) τα εξής λιπάσματα:
 - Νιτρική αμμωνία (με τύπο 34,5-0-0 εκ των οποίων 17% αμμωνιακό N και 17,5% νιτρικό N) σε ποσότητα 50 gr/τεμάχιο ή 50 Kgr/στρ



- Νιτρικό κάλιο (με τύπο 13,5 - 0 - 46,2) σε ποσότητα 30 gr/τεμάχιο ή 30 Kgr/στρ
- Φωσφορικό κάλιο (με τύπο 0 - 52 - 34) σε ποσότητα 25 gr/τεμάχιο ή 25 Kgr/στρ.

Έτσι σε κάθε τεμάχιο προσθέσαμε 20 μονάδες N.

Στα παραπάνω τεμάχια τόσο στην οργανική όσο και στην ανόργανη λίπανση εφαρμόστηκαν τέσσερα διαφορετικά επίπεδα θεικής λίπανσης (0, 15, 30 μονάδες S ως θεικό καλιομαγνήσιο και Acidam με 30 μονάδες S). Έτσι προέκυψαν οι παρακάτω οκτώ συνδυασμοί επεμβάσεων :

ΑΝΟΡΓΑΝΗ + 0 S	20 ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΝΟΡΓΑΝΟ N + 0 ΜΟΝΑΔΕΣ S
ΑΝΟΡΓΑΝΗ + 15 S	20 ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΝΟΡΓΑΝΟ N + 15 ΜΟΝΑΔΕΣ S - ΚΑΛΙΟΜΑΓΝΗΣΙΟ
ΑΝΟΡΓΑΝΗ + 30 S	20 ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΝΟΡΓΑΝΟ N + 30 ΜΟΝΑΔΕΣ S - ΚΑΛΙΟΜΑΓΝΗΣΙΟ
ΑΝΟΡΓΑΝΗ + ACIDAM	20 ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΝΟΡΓΑΝΟ N + 30 ΜΟΝΑΔΕΣ S - ACIDAM
ΟΡΓΑΝΙΚΗ + 0 S	20 ΜΟΝΑΔΕΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟ N + 0 ΜΟΝΑΔΕΣ S
ΟΡΓΑΝΙΚΗ + 15 S	20 ΜΟΝΑΔΕΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟ N + 15 ΜΟΝΑΔΕΣ S - ΚΑΛΙΟΜΑΓΝΗΣΙΟ
ΟΡΓΑΝΙΚΗ + 30 S	20 ΜΟΝΑΔΕΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟ N + 30 ΜΟΝΑΔΕΣ S - ΚΑΛΙΟΜΑΓΝΗΣΙΟ
ΟΡΓΑΝΙΚΗ + ACIDAM	20 ΜΟΝΑΔΕΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟ N + 30 ΜΟΝΑΔΕΣ S - ACIDAM

Οι ποσότητες θεικού καλιομαγνήσιου (με τύπο 0 - 0 - 30 + 10% Mg +18% S) και acidam (με τύπο AVC 50) που προστέθηκαν στα αντίστοιχα τεμάχια για να προκύψουν οι επιθυμητές μονάδες θείου ήταν:

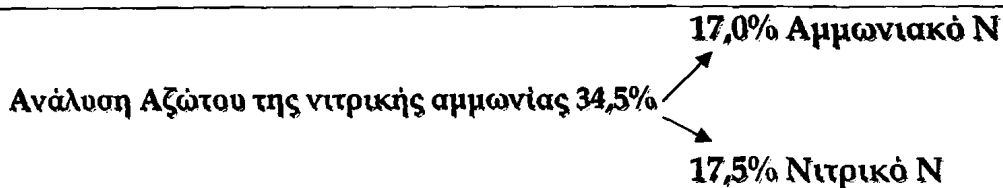
ΤΕΜΑΧΙΟ	O0 & A0	O15 & A15	O30 & A30	O και Acidam & A και Acidam
ΘΕΙΙΚΟ ΚΑΛΙΟΜΑΓΝΗΣΙΟ σε kgr/στρ	-	100	200	60
ΘΕΙΟ σε kgr/στρ	0,0	15	30	30

Για κάθε επέμβαση πραγματοποιήθηκαν τέσσερις επαναλήψεις οι οποίες κατανεμήθηκαν μετά από τυχαιοποίηση του αγρού σύμφωνα με το σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων.

Χαρακτηριστικά λιπασμάτων των επεμβάσεων

ΝΙΤΡΙΚΗ ΑΜΜΩΝΙΑ (NH_4NO_3)

ΤΥΠΟΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΣ: 34,5-0-0 + 0,5 Mg



Είναι υδατοδιαλυτό λίπασμα, κατάλληλο για όλους τους τύπους εδαφών. Είναι πολύ υγροσκοπικό με αποτέλεσμα πολλές φορές να απορροφά υγρασία και να γίνεται συμπαγής 'πετρώνει'. Επίσης όταν είναι σε επαφή με υλικά που περιέχουν C σχηματίζει εκρηκτικό μίγμα (πυρίτιδα). Το μέγεθος των κόκκων του κατά 92 % είναι 2-4 mm. Το λίπασμα αυτό είναι κατά 98,6% NH_4NO_3 και περιέχει 0,2% H_2O , 0,5% αδιάλυτα συστατικά, 0,05 % οργανική ουσία και έχει pH = 5,7.

Το λίπασμα είναι πολύ ευδιάλυτο στο έδαφος, όπου με ελάχιστη υγρασία διαλυτοποιείται διασπώμενη σε ιόντα αμμωνίου (NH_4^+) και νιτρικά ιόντα (NO_3^-). Σε διάστημα λίγων εβδομάδων τα αμμωνιακά ιόντα μετατρέπονται σε νιτρικά με μικροβιακή δράση, η οποία απαιτεί όμως κατάλληλη θερμοκρασία και pH >5. Επίσης τα αμμωνιακά ιόντα εάν δεν απορροφηθούν από τις ρίζες των φυτών συγκρατούνται από τα κολλοειδή του εδάφους, σε αντίθεση με τα νιτρικά τα οποία παρουσιάζουν μεγάλη ευκινησία, δεν συγκρατούνται στο έδαφος και εάν δεν απορροφηθούν από τις ρίζες, εκπλύνονται προς το υπέδαφος και τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα.

ΝΙΤΡΙΚΟ ΚΑΛΙΟ (KNO_3)

ΤΥΠΟΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΣ: (13,5-0-46,2)

Συντίθεται είτε από NaNO_3 είτε από KCl και νιτρικό οξύ με συνεχή κρυστάλλωση και διαχωρισμό του KNO_3 . Είναι φυσιολογικά αλκαλικό λίπασμα. Αποτελεί πλούσια πηγή υδατοδιαλυτού καλίου και συγχρόνως πηγή νιτρικού N. Είναι κρυσταλλικό ή κοκκώδες και είναι πολύ ευδιάλυτο στο νερό. Χρησιμοποιείται σε εντατικές καλλιέργειες και για διαφυλλικές λιπάνσεις, κατεξοχήν δε σε συστήματα υδρολιπάνσεων.

ΦΩΣΦΟΡΙΚΟ ΚΑΛΙΟ (KH_2PO_4)

Άλλη ονομασία : ΟΡΘΟΦΩΣΦΟΡΙΚΟ ΔΙΣΟΞΙΝΟ ΚΑΛΙΟ
(Monopotassium Phosphate)

ΤΥΠΟΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΣ: (0-52-34)

Είναι πλήρης υδατοδιαλυτό λίπασμα σε κρυσταλλική μορφή, χημικά καθαρό. Περιέχει 52% P_2O_5 και 34% K. Είναι άριστο λίπασμα ως πηγή καλίου και φωσφόρου. Χρησιμοποιείται είτε αυτούσια, είτε σαν συστατικό P και K για



υδρολιπάνσεις και υδροπονικές καλλιέργειες.

ΘΕΙΙΚΟ ΚΑΛΙΟΜΑΓΝΗΣΙΟ (K_2SO_4 , $MgSO_4$)

ΤΥΠΟΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΣ: (0-0-30 + 10 Mg + 18 S)

Είναι κοκκώδες καλιούχο λίπασμα με υψηλή περιεκτικότητα σε Mg. Η περιεκτικότητα του σε στοιχεία είναι: 30% K_2O , 10% Mg και 18% S. Αποτελεί πηγή αφομοιώσιμου Καλίου, Μαγνησίου και Θείου ταυτόχρονα. Συνήθως χορηγείται πριν τη φύτευση για τα ετήσια φυτά.

ACIDAM AVC 50

Είναι οργανικό εδαφοβελτιωτικό σκεύασμα για αλκαλικά και αλατούχα εδάφη με υψηλό pH. Αποκαθιστά τη σωστή απορρόφηση των λιπαντικών στοιχείων σε εδάφη με μεγάλη συγκέντρωση αλάτων. Η περιεκτικότητα του είναι: 50% S, 13% οργανικός άνθρακας βιολογικής προέλευσης, 1% οργανικό άζωτο και 22% οργανική ουσία.

ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΛΙΠΑΝΣΗ

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΗ ΚΟΠΡΙΑ ΟΡΝΙΘΩΝ

Για την οργανική λίπανση χρησιμοποιήθηκε επεξεργασμένη κοπριά ορνίθων σε μορφή Pellets προερχόμενη από το εργοστάσιο του Πτηνοτροφικού Συνεταιρισμού Ιωαννίνων.

Η μέθοδος επεξεργασίας της κοπριάς που εφαρμόστηκε, είναι η φυσική αερόβια ζύμωση των πτηνοτροφικών αποβλήτων από τα πτηνοτροφία του Συνεταιρισμού. Κατά τη μέθοδο αυτή τα πτηνοτροφικά απόβλητα μεταφέρονται σε ειδικές τάφρους από τοιμέντο, όπου με συνεχές ανακάτεμα και ύγρανση επιτυγχάνεται η αερόβια ζύμωση (θερμοκρασία μάζας 65-70° C) σε μικρό σχετικά χρονικό διάστημα (25-30 ημέρες, ανάλογα με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος), η απολύμανση του προϊόντος και η μείωση της υγρασίας του. Το τελικό προϊόν, μετά από διαδικασία κοκκοποίησης, συσκευάζεται σε μορφή Pellets.

Τα πλεονέκτημα της επεξεργασμένης κοπριάς ορνίθων είναι πολλά όπως:

- Έχει ομοιομορφία κόκκων
- Είναι απαλλαγμένη από παθογόνους μικροοργανισμούς
- Έχει σταθερότητα δομής
- Δεν περιέχει σπόρους ζιζανίων
- Έχει σχετικά χαμηλή υγρασία (10-20%)



- Έχει απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία για τα φυτά σε ικανοποιητικές ποσότητες σε σχέση με όλα τα άλλα είδη κοπριάς ζώων. Ακόμη περιέχει Mg και ιχνοστοιχεία τα οποία βρίσκονται σε χηλική μορφή.
- Περιέχει μεγάλο ποσοστό (20-25%) πρωτεϊνών υψηλής βιολογικής αξίας (σε χώρες όπως οι ΗΠΑ και η Γαλλία χρησιμοποιείται μετά από επεξεργασία για τροφή των μηρυκαστικών).

Μετά από ανάλυσή της που έγινε στο εργαστήριο βρέθηκε η παρακάτω σύσταση:

N	P	K	Ca	Mg
4,0%	3,2%	3,4%	4,6%	0,8%

Έκτος από αυτά η εταιρία που την επεξεργάζεται μετά από μετρήσεις βρήκε και τα ακόλουθα:

Οργανική Ουσία 75-80%

Υγρασία 10-20%

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

Τρόπος και χρόνος δειγματοληψίας

Συλλέξαμε τα ώριμα φύλλα του φυτού σε δύο ημερομηνίες στις 6 και στις 8 Μαρτίου 2007 από 16 πειραματικά τεμαχίδια την κάθε ημερομηνία και νωπού βάρους φύλλων σπανακιού 90-100 gr που αντιστοιχούσαν περίπου σε 5-9 φύλλα.



ΕΙΚΟΝΑ 23: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΑΓΡΟΣ - ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΦΥΛΛΩΝ ΣΠΑΝΑΚΙΟΥ



ΕΙΚΟΝΑ 24: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΕΜΑΧΙΟ ΣΠΑΝΑΚΙΟΥ

Μεταφορά και αποθήκευση δειγμάτων

Η συλλογή των δειγμάτων έγινε σε χάρτινες σακούλες, οι οποίες και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο αμέσως για ανάλυση. Με τον τρόπο αυτό αποφεύχθηκε η αποδόμηση της φυτικής μάζας από τους διάφορους μικροοργανισμούς.

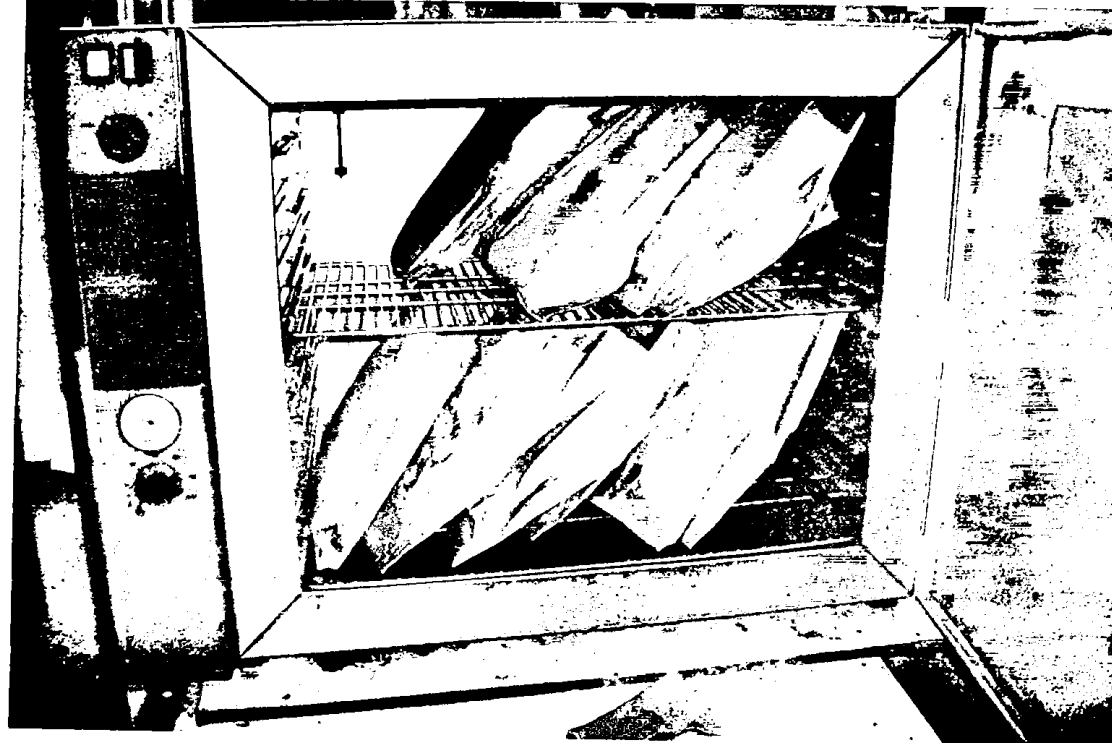
Προετοιμασία των φυτικών ιστών για ανάλυση

Επειδή το πλύσιμο των φύλλων δεν κρίθηκε απαραίτητο, γιατί ενδέχεται με το πλύσιμο να απομακρυνθούν και κάποιες ποσότητες νιτρικών, επελέγη η μέθοδος του ξυρού καθαρισμού, με απομάκρυνση όλων των ξένων υλών από την επιφάνεια των φύλλων με ένα στεγνό πανί.

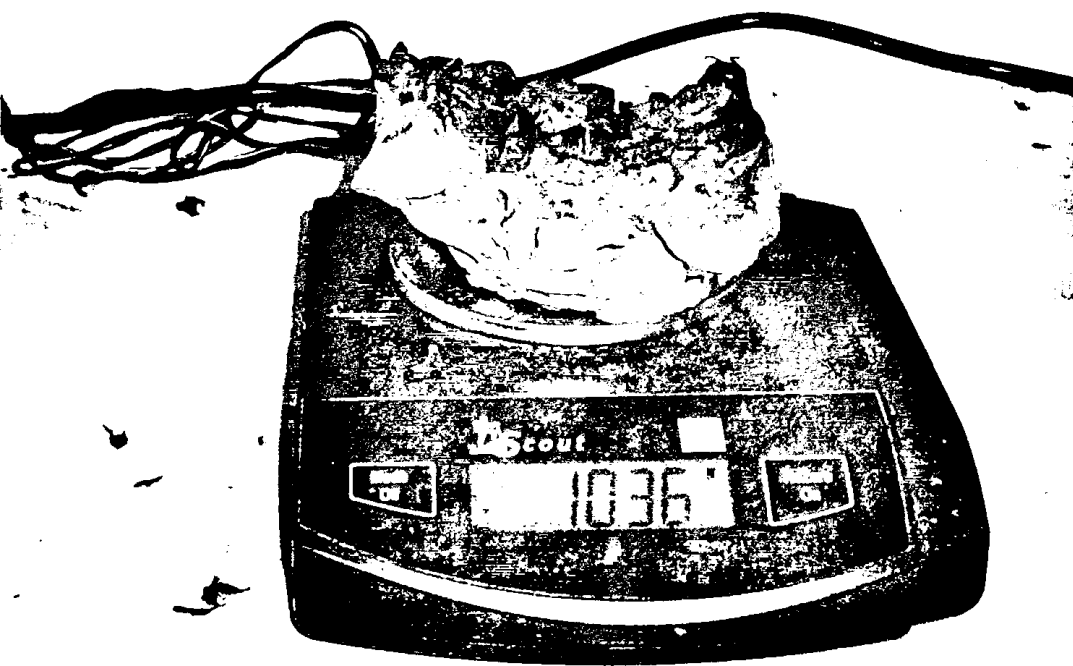
Ξήρανση σε φούρνο

Η ξήρανση των φυτικών ιστών του δείγματος έγινε σε φούρνο στους 70° C για 48 ώρες με σκοπό την απομάκρυνση όλης της ποσότητας του συγκρατημένου νερού και την καταστροφή των ενζύμων με σκοπό τη διακοπή όλων των διεργασιών μέσα στους φυτικούς ιστούς. Ξήρανση σε χαμηλότερες θερμοκρασίες δεν απομακρύνει όλο το νερό των ιστών, ενώ ξήρανση σε υψηλές θερμοκρασίες, μπορεί να οδηγήσει σε θερμική αποικοδόμηση και διάσπαση της οργανικής ουσίας, μειώνοντας έτσι το ξηρό βάρος.





ΕΙΚΟΝΑ 25: ΞΗΡΑΝΣΗ ΝΩΠΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΣΠΑΝΑΚΙΟΥ ΣΕ ΦΟΥΡΝΟ



ΕΙΚΟΝΑ 26: ΖΥΓΙΣΗ ΦΥΛΛΩΝ ΣΠΑΝΑΚΙΟΥ



ΕΙΚΟΝΑ 27



ΕΙΚΟΝΑ 27,28 : ΠΛΑΣΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΣΠΑΝΑΚΙΟΥ

Άλεσμα των φυτικών ιστών

Μετά την ξήρανση των δειγμάτων ακολούθησε η άλεσή τους με ειδικό ε σφαιρίδια από ανοξείδωτο χάλυβα για 1 λεπτό σε συχνότητα 29,5 τσι ώστε να μην επηρεαστεί το αποτέλεσμα της ανάλυσης και

παράλληλα με τη μείωση του μεγέθους των σωματιδίων του φυτικού ιστού, καθιστά το υλικό εύκολο στους χειρισμούς και ομοιόμορφο.

Αποθήκευση - συντήρηση

Μετά την άλεση το δείγμα συλλέχτηκε σε πλαστικές διαφανείς σακούλες που κλείνουν αεροστεγώς και αποθηκεύτηκε στο ψυγείο.

Στατιστική επάρκεια και αξιοπιστία αποτελέσματος.

Η οργάνωση του πειραματικού αγρού, η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων και η γενική δοκιμασία του F έγινε σύμφωνα με το σχέδιο των Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων σε ένα 2×4 διπαραγοντικό πείραμα με τέσσερις επαναλήψεις (ομάδες), με 6 φυτά σπανακιού ανά τεμάχιο σε δύο γραμμές φύτευσης. Από τα φυτά αυτά μετρήσιμα στοιχεία πάρθηκαν από όλα τα φυτά.

Στο πείραμά μας έγιναν προσδιορισμοί σε δύο μεταβλητές, α) Στην συγκέντρωση των νιτρικών ανιόντων, β) στο ολικό θείο όπως αυτό εκφράζεται με τον προσδιορισμό των θεικών ανιόντων.

Ο συνδυασμός του αριθμού των φυτών που θα επιλεγούν για τη δειγματοληψία (επανάληψη), με τον αριθμό των δειγμάτων από κάθε φυτό, καθορίζει και την ποιότητα του αποτελέσματος της ανάλυσης.

Έτσι επελέγη η διαδικασία της δειγματοληψίας περισσότερων φυτών από την ίδια μεταχείριση, γιατί θεωρήθηκε ότι το δείγμα που αξιολογήθηκε είναι αντιπροσωπευτικότερο της θρεπτικής κατάστασης των φυτών. Η μέση τιμή των αποτελεσμάτων από τη συνένωση περισσότερων του ενός δειγμάτων από το ίδιο τεμάχιο είναι ακριβέστερη, από τη μέτρηση ενός δείγματος από ένα φυτό.

Τα φύλλα δειγματοληψίας που επιλέγηκαν ήταν απαλλαγμένα από προσβολές εντόμων, ασθενειών και αλλοιωμένα από μηχανικές βλάβες. Δεν επιλέγηκαν φύλλα που είχαν διάφορους αποχρωματισμούς στο έλασμά τους.

Ένα άλλο στοιχείο που επίσης προσέχτηκε, ήταν η μη δειγματοληψία εξωτερικών φύλλων από φυτά, τα οποία ήταν στις άκρες των τεμαχίων και γειτόνευαν με τα διπλανά τεμάχια. Αυτό έγινε για να μειώσουμε τη στατιστική παραλλακτικότητα, από επηρεασμό της θρεπτικής τους κατάστασης από τη λίπανση του διπλανού τεμαχίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 19: ΤΙΜΕΣ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΕ ΦΥΛΛΑ ΣΠΑΝΑΚΙΟΥ

P	K	Ca	Mg	N	As	Co	Mn	Zn	
3,8-5 %	0,4-0,6 %	3,5-5,3 %	0,6-1,2 %	0,35-0,8 %	40-80 ppm	0,3-1,0 ppm	7-15 ppm	40-150 ppm	20-70 ppm

Πηγή: Bergmann (1988)



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΝΙΤΡΙΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

Εκχύλιση δειγμάτων φυτικών ιστών

Για τον προσδιορισμό του νιτρικού αζώτου στους φυτικούς ιστούς ή και σε άλλα εκχυλίσματα έχουν αναπτυχθεί πολλές μέθοδοι. Η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι η μέθοδος Kjeldahl. Εκτός από αυτή σήμερα έχουν αναπτυχθεί πολλές χρωματομετρικές μέθοδοι, που μας δίνουν αξιόπιστα αποτελέσματα, μεγάλης ακριβείας και η κάθε μία από αυτές διαφέρει από τις άλλες, τόσο στη διαδικασία παραλαβής των νιτρικών στο διάλυμα, όσο και στην ανάπτυξη χρώματος ή τη μέτρηση της απορρόφησης, έστω και χωρίς χρώμα στην περιοχή UV.

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°C .

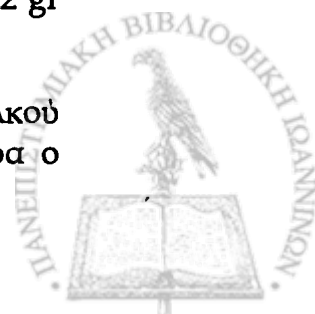
Υλικά και όργανα

- 1) Φασματοφωτόμετρο.
- 2) Δοκιμαστικοί σωλήνες
- 3) Αναδευτήρας
- 4) Υδατόλουτρο
- 5) Χρωματόμετρο ή σπεκτοφωτόμετρο
- 6) Αυτόματες πιπέτες των 5 και 10 ml

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



θεικός άργυρος να διαλύεται σε ζεστό νερό.

Μίγμα υδροξειδίου του ασβεστίου $[Ca(OH)_2]$ και ανθρακικού μαγνησίου-υδροξειδίου μαγνησίου $(MgCO_3 + Mg(OH)_2)$. Παρασκευάζεται με ένα μέρος $[Ca(OH)_2]$ και δύο μέρη $MgCO_3 + Mg(OH)_2$ 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 ξηπλύνεται με απεσταγμένο ή απιονισμένο νερό και να ξηραίνεται πριν τη χρησιμοποίησή του.

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 $[(CuSO_4 \cdot 5H_2O) + (Ag_2SO_4)]$ 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 $[Ca(OH)_2 - MgCO_3]$, ανακινούμε το δείγμα και το αφήνουμε στη συνέχεια σε ηρεμία για 20 min.
- ✓ Το διάλυμα διηθείται με ηθμό Whatman No 2 ή κάποιο αντίστοιχο.

Ανάπτυξη χρώματος

Αρχή της μεθόδου

Δύο moles NO_3 αντιδρούν με ένα mole χρωμοτροπικού οξέως και σχηματίζουν σύμπλοκο με κίτρινο χρώμα που απορροφά σε μήκος κύματος 420 nm. Υπολείμματα χλωρίου και κάποια οξείδια μπορεί να αναπτύξουν κίτρινο χρώμα με το χρωμοτροπικό οξύ γι αυτό προστίθεται θεικό οξύ.

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 θεικού 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.

Διαδικασία

- ✓ Παίρνουμε 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:

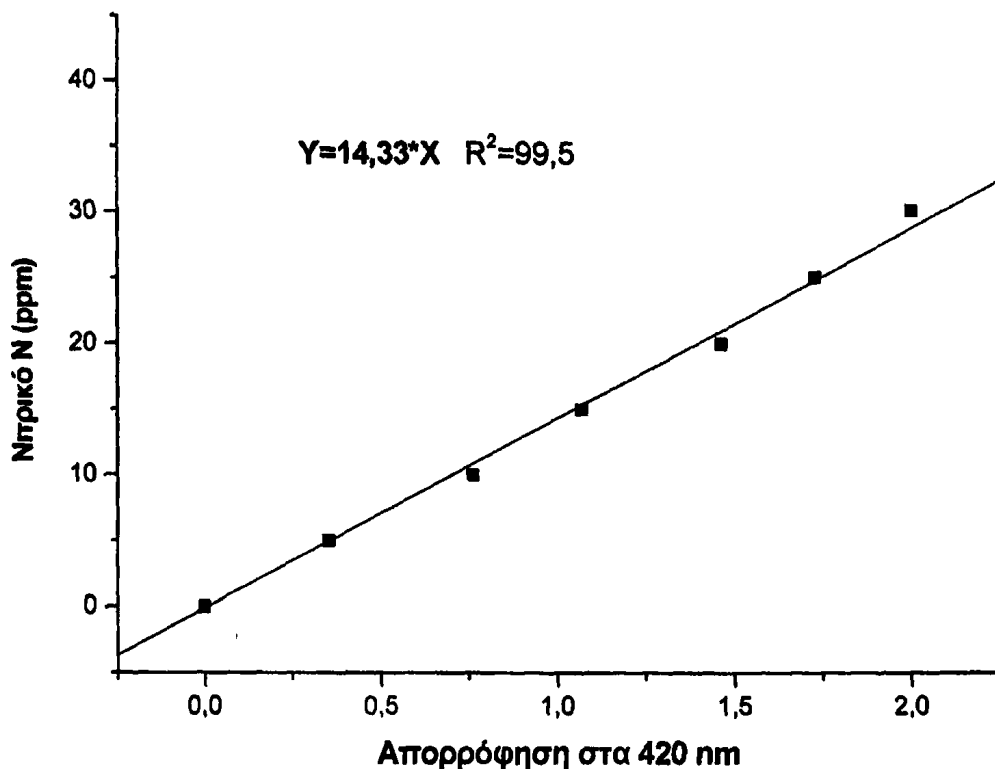
STANDARDS 100 ppm (ml) N	Νερό (σε ml)	Τελική συγκέντρωση (σε ppm) N
0.0	2.0	0.0
0.1	1.9	5.0
0.2	1.8	10.0
0.3	1.5	15.0

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 420 nm και κατασκευάζουμε την καμπύλη αναφοράς.
- ✓ Στη συνέχεια στο ίδιο μήκος κύματος μετράμε και τα δείγματά μας.



Στην εικόνα 29 παρουσιάζεται η καμπύλη αναφοράς που προσδιορίστηκε με βάση τα standard διαλύματα του πειράματός μας.



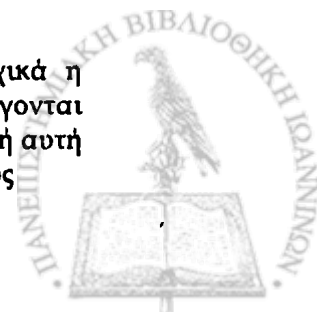
ΕΙΚΟΝΑ 29: Καμπύλη αναφοράς για τον προσδιορισμό νιτρικών (όπως προκύπτει από τη μέτρηση των STANDARD διαλυμάτων.

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

$$Y = 14,33 * X \quad (R^2=99,5\%)$$

όπου Y είναι η συγκέντρωση των νιτρικών σε ppm που αντιστοιχεί στην τιμή X της ένδειξης του φασματοφωτόμετρου. Επειδή η τιμές Y αφορούν τις συγκεντρώσεις NO_3^- σε ppm στο εκάστοτε διάλυμα που εισάγεται προς μέτρηση στο φασματοφωτόμετρο, ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των NO_3^- στα φύλλα του σπανακιού και η επεξεργασία των αποτελεσμάτων, έγινε ύστερα από αναγωγή των ppm σε $\text{mg NO}_3^- / \text{kg}$ νωπού βάρους.¹⁴

¹⁴ Για την μετατροπή των ppm σε mg / 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 χιλιόγραμμα νωπού βάρους



Στον πίνακα 20 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και τα τυπικά σφάλματα των νιτρικών ανιόντων που προσδιορίστηκαν από τα φύλλα των φυτών του πειράματος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 20: Μέσοι όροι και τυπικά σφάλματα της συγκέντρωσης των NO_3^- στα φύλλα φυτών σπανακιού ανάλογα με το είδος της λίπανσης (Ανόργανης ή οργανικής μορφής, με προσθήκη ή όχι επιπλέον θείου).

Είδος επέμβασης	Συγκέντρωση NO_3^- σε mg/kgf νωπού βάρους
Ανόργανη + 0 μον S	3052 ±166
Ανόργανη + 15 μον S	3241 ± 344
Ανόργανη + 30 μον S	2574 ± 355
Ανόργανη + Acidam	3306±254
Οργανική + 0 μον S	3116 ± 208
Οργανική + 15 μον S	2729 ± 187
Οργανική + 30 μον S	2678± 73
Οργανική + Acidam	2774±322
LSD	564

Η ανάλυση της διασποράς και η γενική δοκιμασία του F έγινε σύμφωνα με το σχέδιο των τυχαποιημένων ομάδων για δύο παράγοντες (τύπος N-ούχου λίπανσης και προσθήκη θεικής λίπανσης) με δύο επίπεδα για τον πρώτο παράγοντα (ανόργανης και οργανικής προέλευσης N) και τέσσερα επίπεδα για τον δεύτερο (0, 15, 30 μονάδες θείου - υπό μορφή θεικού καλιομαγνήσιου και 30 μονάδες S - ως acidam). Σύμφωνα με αυτή:

Δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «τύπος N-ούχου λίπανσης» και «θεικής λίπανσης» στην συσσώρευση νιτρικών στα φύλλα των φυτών του πειράματος ($F=1,66$ για 3 και 21 BE, $P=0,2$).

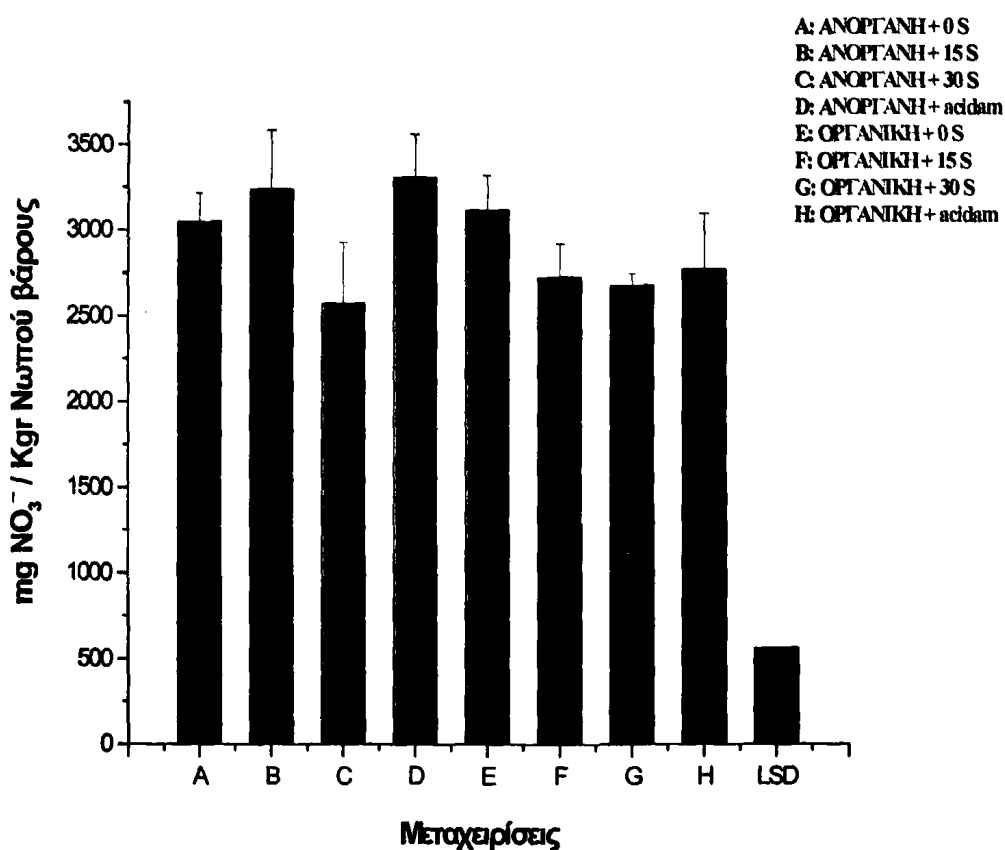
Μεταξύ ανόργανης και οργανικής λίπανσης και ανεξάρτητα από την προσθήκη ή όχι θεικής λίπανσης («περιθωριακοί μέσοι» του παράγοντα τύπος N-ούχου λίπανσης) οι διαφορές των μέσων είναι στατιστικά μη σημαντικές ($F=2,61$ για 1 και 21 BE, $P=0,12$). Αυτό ήταν αναμενόμενο καθώς όλα τα πειραματικά τεμάχια λιπάνθηκαν με τις ίδιες μονάδες άζωτου είτε ανόργανης είτε οργανικής μορφής. Αξίζει όμως να σημειωθεί ότι τα φυτά που δέχθηκαν οργανικής μορφής άζωτο παρουσίασαν γενικά χαμηλότερες τιμές νιτρικών σε σχέση με τα φυτά που δέχθηκαν ανόργανο άζωτο.

Μεταξύ των επιπέδων του παράγοντα «θεική λίπανση» και ανεξάρτητα από τον τύπο της N-ούχου λίπανσης (περιθωριακοί μέσοι) οι διαφορές στις μέσες τιμές νιτρικών δεν ήταν στατιστικά σημαντικές ($F=2,38$ για 3 και 21 BE, $P=0,1$), παρά το γεγονός ότι τα φυτά που δέχθηκαν πρόσθετη θεική λίπανση



και ιδιαίτερα με 30 μονάδες S ως θειικό καλιομαγνήσιο παρουσίασαν αρκετά μικρότερες τιμές νιτρικών στα φύλλα του σε σχέση με τα υπόλοιπα (πίνακας 20). Πιθανά αίτια της απουσίας στατιστικά σημαντικών διαφορών είναι το σχετικά μεγάλο εύρος των διακυμάνσεων των τιμών, το οποίο πιθανά οφείλεται στην σημαντική παραλλακτικότητα μεταξύ των πειραματικών μονάδων που ανήκουν σε διαφορετικές ομάδες (επαναλήψεις) ($F=7,22$ για 1 και 3 BE, $P=0,0016$) και στο γεγονός ότι στο νερό του ποτίσματος ανιχνεύθηκαν αρκετά θειικά ανιόντα (45-50 mg/lit).

Τα παραπάνω παρουσιάζονται στο ιστόγραμμα της εικόνας



ΕΙΚΟΝΑ 30: Μεταβολές στην ποσότητα των νιτρικών στα φύλλα σπανακιού ανάλογα με το είδος της λίπανσης οργανικής ή ανόργανης, με προσθήκη ή όχι θειικού καλιομαγνήσιου και acidam .

2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ 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.

ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΘΕΙΚΩΝ ΣΕ ΦΥΤΙΚΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ ΣΠΑΝΑΚΙΟΥ

Μετατροπή του θείου των φυτικών ιστών σε θειικά (SO_4^{2-})

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 διαλύματος)

STANDARDS Θεικών: Παρασκευάζονται από θειικό κάλιο (K_2SO_4)

Διαδικασία

- ✓ Ζυγίζουμε 0,100 $\pm$ 0,005 gr. ξηρού (εντός φούρνου) φυτικών ιστών σε σκόνη (100 mesh) και την τοποθετούμε σε πορσελάνινη κάψα.
- ✓ Προσθέτουμε 0,52 $\pm$ 0,005 gr οξειδωτικού μίγματος και τα αναμειγνύουμε κτυπώντας ελαφρά την κούπα στον πάγκο.
- ✓ Προσθέτουμε 0,5 $\pm$ 0,005 gr NaHCO_3 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 CO_2 και διάλυσης της στάχτης, θερμαίνουμε της 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.

Θολομετρική μέθοδος

Ιδιότητες - χαρακτηριστικά: Τα θειικά ιόντα (SO_4^{2-}) καθιζάνουν μέσω οξικού οξέος με χλωριούχο βάριο (BaCl_2) προς σχηματισμό κρυστάλλων θειικού βαρίου (BaSO_4) ομοιόμορφου μεγέθους. Η απορρόφηση του φωτός από το αιώρημα του θειικού βαρίου (BaSO_4) μετράται με ένα φασματοφωτόμετρο και η συγκέντρωση των θεικών (SO_4^{2-}) 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 (SO_4^{2-}), γίνεται διόρθωση με τη χρησιμοποίηση τυφλών διαλυμάτων χωρίς τη χρήση χλωριούχου βαρίου (BaCl_2).

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 (BaSO_4) ικανοποιητικά.

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

Ελάχιστη συγκέντρωση προσδιορισμού θεικών (SO_4^{2-}): περίπου 1 ppm

Συσκευές

1) **Μαγνητικός αναδευτήρας:** Εφαρμόζεται σταθερή ταχύτητα ανάδευσης. Χρησιμοποιούνται μαγνήτες με σταθερό σχήμα και μέγεθος. Η ταχύτητα ανάδευσης δεν είναι κρίσιμη, αλλά πρέπει να είναι σταθερή σε όλες της μεταχειρίσεις

2) Φωτόμετρα

- Φασματοφωτόμετρο: Μέτρηση για τα θειικά στα **420 nm**,



εφοδιασμένο με φωτεινή διαδρομή των 2,5 ως 10 cm.

- Νεφελόμετρο
- Χρωμόμετρο

3) Μεζούρες των 0,2 ως 0,3 ml

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 $< 10 \text{ ppm}$)

Επιπλέον των παραπάνω υλικών προστίθενται και 0,111 gr θειικό 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.

Διαδικασία

• Σχηματισμός αιωρήματος θειικού 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).

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 A ή B 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**

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

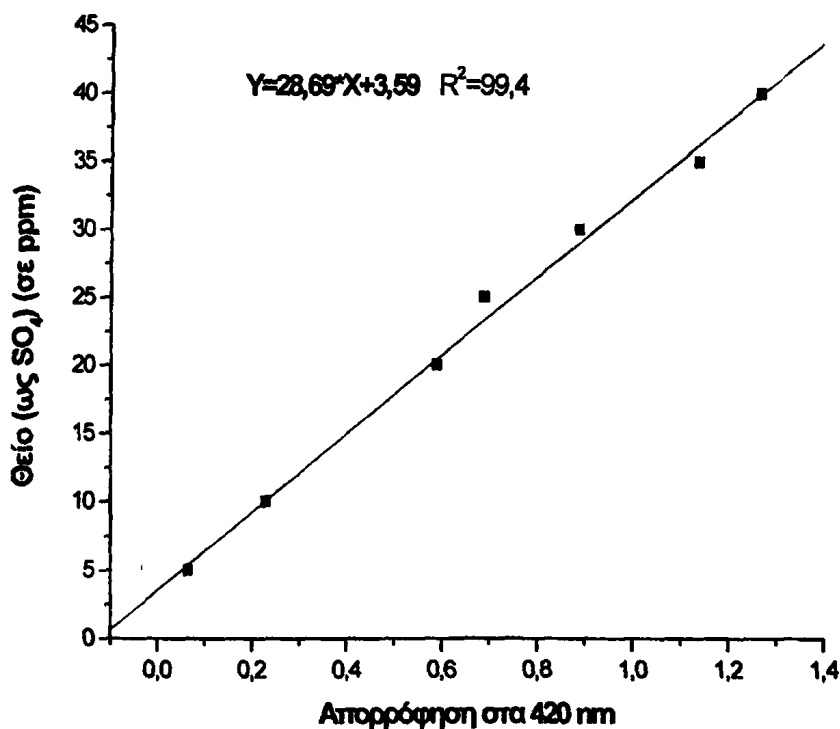
Αν εφαρμοστεί το buffer A προσδιορίζεται η συγκέντρωση των θεικών απευθείας από την καμπύλη αναφοράς μετά την αφαίρεση της απορρόφησης του δείγματος πριν την προσθήκη BaCl_2 .

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.



Καμπύλη αναφοράς ολικού S του πειράματος

Με βάση τα πρότυπα διαλύματα SO_4^{2-} καταρτίστηκε η παρακάτω καμπύλη της εικόνας 31.



ΕΙΚΟΝΑ 31: Καμπύλη αναφοράς για τον προσδιορισμό του ολικού S (όπως προκύπτει από τη μέτρηση των STANDARDS)

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

Στον πίνακα 21 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και τα τυπικά σφάλματα της περιεκτικότητας σε S των φύλλων σπανακιού, όπως αυτή εκφράζεται από την ποσότητα των εκχυλιζόμενων SO_4^{2-} , για τις οκτώ επεμβάσεις του πειράματος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 21: Μέσοι όροι και τυπικά σφάλματα της συγκέντρωσης ολικού S που απομονώθηκε από τα φύλλα φυτών σπανακιού ανάλογα με το είδος της λίπανσης (Ανόργανης ή οργανικής μορφής, με προσθήκη ή όχι επιπλέον θείου).

Είδος επέμβασης	Ποσότητα S (σε mg S/kgρ νωπού βάρους)
Ανόργανη + 0 μον S	403,39 ± 19,84 β
Ανόργανη + 15 μον S	387,45 ± 39,83 β
Ανόργανη + 30 μον S	412,34 ± 41,08 β
Ανόργανη + Acidam	410,55 ± 39,71 β
Οργανική + 0 μον S	449,28 ± 33,01 αβ
Οργανική + 15 μον S	465,59 ± 26,87 αβ
Οργανική + 30 μον S	494,52 ± 51,83 α
Οργανική + Acidam	396,29 ± 41,52 β
LSD	75

Οι μέσοι οι οποίοι συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$

Η ανάλυση της διασποράς και η γενική δοκιμασία του F για τις τιμές της ποσότητας ολικού S, έδειξε ότι:

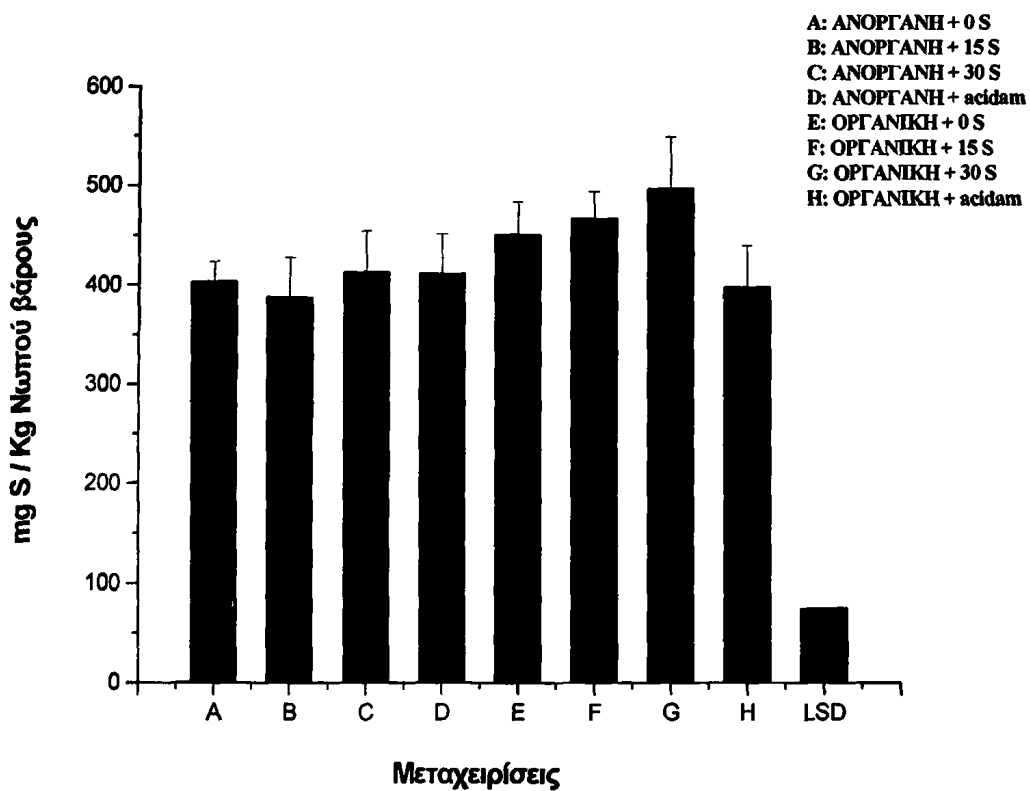
Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων στο ολικό S που ανιχνεύεται στα φύλλα των φυτών ($F=1,53$ για 3 και 21 BE, $P=0,23$).

Στα φυτά που δέχθηκαν οργανικής μορφής αζωτούχο λίπανση και ανεξάρτητα από την προσθήκη ή όχι θειικής λίπανσης (περιθωριακοί μέσοι του παράγοντα «είδος N-ούχου λίπανσης») παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερες τιμές ολικού θείου στα φύλλα σε σχέση με τα φυτά που δέχθηκαν ανόργανης μορφής άζωτο ($F=1,29$ για 3 και 21 BE, $P=0,3$)

Μεταξύ των επιπέδων του παράγοντα «θειική λίπανση» και ανεξάρτητα από το είδος της αζωτούχου λίπανσης (περιθωριακοί μέσοι) δεν διαπιστώνονται στατιστικά σημαντικές διαφορές ($F=1,29$ για 3 και 21 BE, $P=0,3$). Το γεγονός όμως ότι μεταξύ των επιπέδων του παράγοντα «είδος N-ούχου λίπανσης» υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά πρέπει να μας κάνει επιφυλακτικούς ως προς την αποδοχή της υπόθεσης ότι η πρόσθετη θειική λίπανση δεν επιδρά στο ολικό θείο των φύλλων. Πράγματι η ανάλυση της απλής κύριας επίδρασης των επεμβάσεων του παράγοντα «θειική λίπανση» μέσα στα τεμάχια που δέχθηκαν οργανική λίπανση ήταν στατιστικά σημαντική ($F=3,5$ για 3 και 21 BE, $P=0,04$). Η αύξηση των τιμών ολικού θείου στα φύλλα διαπιστώνεται στις επεμβάσεις με προσθήκη θειικού καλιομαγνήσιου και ιδιαίτερα στην περίπτωση με 30 μονάδες S (πίνακας 21).



Τα παραπάνω παρουσιάζονται σχηματικά στην εικόνα 32.



ΕΙΚΟΝΑ 32: Μεταβολές της περιεκτικότητας σε S στα φύλλα σπανακιού ανάλογα με το είδος της λίπανσης οργανικής ή ανόργανης, με προσθήκη ή όχι θειικού καλιομαγνήσιου και acidam

ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ θείου και αζώτου φαίνεται πως είναι ο περιορισμός της βιοσυσσώρευσης των νιτρικών ανιόντων στα φύλλα του σπανακιού όταν χορηγούνται ταυτόχρονα και θειικά ανιόντα. Η πιθανή εξήγηση είναι ότι τόσο το άζωτο όσο και το θείο προσλαμβάνονται από το φυτό, κυρίως με τη μορφή ανιόντων (NO_3^- και SO_4^{2-}), που ο μηχανισμός αλληλεπίδρασής τους στις θέσεις απορρόφησης των ριζών, του κορμού και των κυττάρων των φύλλων είναι ανταγωνιστικός.

Πράγματι από τα αποτελέσματα του πειράματος, στα φυτά που έγινε εφαρμογή οργανικής λίπανσης παρατηρείται μια ελάττωση της συγκέντρωσης των νιτρικών όσο αυξάνεται η δόση της θειικής λίπανσης (από 3115 mg/kg ν.β. μειώνεται στα 2729 mg/kg ν.β στην δόση των 15 μονάδων S και φθάνει τα 2677 mg/kg ν.β στις 30 μονάδες S). (Πίνακας 20).

Αυτή η μείωση στην συγκέντρωση των νιτρικών δεν παρατηρείται όμως στην περίπτωση των φύλλων των φυτών που δέχθηκαν ανόργανη λίπανση και μάλιστα η συγκέντρωση των νιτρικών κατά την λίπανση με 15 μονάδες θείου ήταν η δεύτερη μεγαλύτερη από κάθε άλλη μεταχείριση. Αντίθετα, μείωση των νιτρικών στα φύλλα, παρουσιάστηκε μόνο όταν η χορηγούμενη ποσότητα θείου έφθασε τις 30 μονάδες ως θειικό καλιομαγνήσιο στη ανόργανη λίπανση. Η αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών στην περίπτωση της χορήγησης 15 μονάδων θείου (ως θειικό καλιομαγνήσιο) πιθανότατα οφείλεται στην δράση του καλίου. Το κάλιο αναφέρεται ότι αυξάνει την απορρόφηση των νιτρικών. Στην περίπτωση της χορήγησης 30 μονάδων S η μείωση των νιτρικών σε σχέση με την περίπτωση των 15 μονάδων, ίσως οφείλεται στην αύξηση της στάθμης του θείου και στην εντατικοποίηση της ρεδουκτάσης των νιτρικών.

Στις περιπτώσεις όπου η πηγή αζώτου ήταν οργανικής προέλευσης οι τιμές των νιτρικών παρουσιάζονται μειωμένες που πιθανά οφείλεται στο είδος της καλιούχου λίπανσης (οργανικής μορφής και θειικό καλιομαγνήσιο). Στην περίπτωση της ανόργανης λίπανσης, το μεγαλύτερο μέρος του χορηγούμενου καλίου (25 μονάδες) ήταν εξόχως διαλυτό και άμεσα διαθέσιμο (σε αντίθεση με την κοπριά και το θειικό καλιομαγνήσιο) για τα φυτά στα αρχικά στάδια ανάπτυξης. Στις περιπτώσεις της οργανικής λίπανσης το κάλιο δεν είναι άμεσα διαθέσιμο για τα φυτά αλλά κινητοποιείται βαθμιαία. Επίσης η οργανική ουσία διαθέτει και επιπλέον θέσεις ιοντοανταλλαγής καθιστώντας έτσι την δράση του καλίου (αναφορικά με την αύξηση των νιτρικών) περιορισμένη.

Αξιοσημείωτο είναι ότι η μέση συγκέντρωση των νιτρικών στα φύλλα των φυτών που δέχθηκαν την οργανική λίπανση, χωρίς την πρόσθετη λίπανση με θειικά, δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά με την συγκέντρωση νιτρικών που μετρήθηκε στα φυτά που δέχθηκαν ανόργανη λίπανση.



Επίσης θα πρέπει να σημειωθεί ότι παρατηρείται η υψηλότερη τιμή νιτρικών με την προσθήκη του Acidam. Το γεγονός αυτό πιθανά οφείλεται στην μορφή του θείου που περιέχεται στο εδαφοβελτιωτικό. Στο Acidam το θείο βρίσκεται σε στοιχειακή μορφή S και όχι υπό μορφή θειικού ανιόντος. Έτσι για μπορέσει να δράσει ως πιθανός ανταγωνιστής των νιτρικών στο εδαφικό διάλυμα θα πρέπει να υποστεί πρώτα την οξειδωτική δράση των μικροοργανισμών του γένους *Thiobacillus* με τους οποίους είναι εμπλουτισμένο το συγκεκριμένο εδαφοβελτιωτικό. Ενδεχομένως ο χρόνος από την εφαρμογή του ως την αύξηση στο έδαφος των θεικών να είναι μεγαλύτερος από την διάρκεια ανάπτυξης των φυτών που χρησιμοποιήσαμε στο πείραμα. Αυτό γίνεται αντιληπτό από το ότι στα φυτά που έγινε εφαρμογή Acidam οι τιμές του ολικού S στα φύλλα τους ήταν σημαντικά μικρότερες από εκείνα που δέχθηκαν θεικό καλιομαγνήσιο και ιδιαίτερα όταν η N-ούχος λίπανση ήταν οργανικής μορφής.

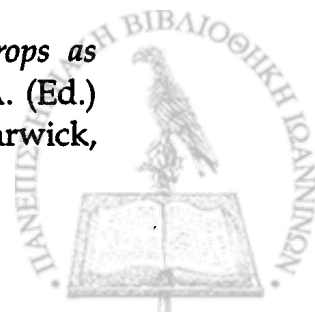
Γενικά όσον αναφορά το ολικό S , παρατηρήθηκε μια σταθερή αύξηση των τιμών του στα φύλλα του σπανακιού όσο αυξάνεται η παρεχόμενη ποσότητα θειικού καλιομαγνήσιου, ιδιαίτερα με την εφαρμογή οργανικής λίπανσης, ενώ δεν μειώνεται στην προσθήκη του Acidam (πίνακας 21).

Κρίνεται σκόπιμο να σημειωθεί ότι τα συμπεράσματα της εργασίας αυτής ως αποτέλεσμα πειράματος στο έδαφος θερμοκηπίου, έχουν προσανατολιστικό χαρακτήρα και η επιβεβαίωσή τους πρέπει να γίνει με αντίστοιχα πειράματα σε φυτοδοχεία με ελεγχόμενες συνθήκες ή σε σύστημα υδροπονικής καλλιέργειας.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **ADAS leaflet, 662 (1982)** *Protected lettuce production No 2. Soil preparation, Nutrition and Planting*
- **Αναλογίδης Δ. Α. (1989)** 'NO₃ -N ως δείκτης διαθεσιμότητας εδαφικού αζώτου...' Πρακτικά 2^{ου} Πανελληνίου εδαφολογικού συνεδρίου Λάρισα
- **Αναλογίδης Δημήτριος (2000)** Έδαφος θρεπτικά στοιχεία και φυτική παραγωγή Αθήνα
- **Βάρκα Θ., Χρυσούλη Α., (1979)** Επίδραση του θείου στην απόδοση και την στοιχειακή σύσταση της μηδικής Περιοδικό Γεωργική Έρευνα Τεύχος 111
- **Βασδέκης Ε., -Μπιζας Δ., (2005)** Θρέψη φυτών-Λιπασματολογία Σημειώσεις εργαστηρίων ΤΕΙ Ηπείρου Άρτα
- **Benton Jr, Wolf B., Mills A., (1991)** Plant Analysis Handbook. Micro-Macro Publishing Inc. USA
- **Blom-Zandstra M. and J. E. M. Lambe (1985)** *The role of nitrate in the osmoregulation of Letusse (Lactuca sativa L.) grown at different light intensities.* J. Ext. Bot., 36
- **Γαλάτης Β., Γανωτάκης Δ., Γκάνη Κ., Καραμπουρνιώτης Γ., Κοτζαμπάσης Κ., Κωνσταντινίδου Ε., Μανέτας Ι., Ρουμπελάκη Κ., (2002)** Φυσιολογία Φυτών από το μόριο στο περιβάλλον Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης
- **Γρηγοροπούλου Ε. (1990)** Το πρόβλημα της συσσώρευσης νιτρικών στους ιστούς λαχανοκομικών φυτών Πτυχιακή εργασία Άρτα
- **Cataldo A., Haroon M., Schrader E., Youngs L., (1975)** *Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid.* Commun. Soil. Sci. Plant Anal. 6
- **Conley, M. E. , E. T. Paparozzi and W. W. Stroup. (2002).** *Leaf anatomical and nutrient concentration responses to nitrogen and sulfur applications in poinsettia.* J. Plant Nutrition 25
- **Dirkshoorn W., Van Wisk L., (1967)** *The sulfur requirement of plants as evidenced by the S-N ratio in the organic matter* Plant and Soil 26
- **Εκδόσεις Ζευς (1998)** Οδηγός λίπανσης
- **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.



- **Θεριός Ιωάννης (1996) Ανόργανη θρέψη και λιπάσματα Αθήνα**
- **Kalra P. Yash (1996) Handbook of Reference Methods for Plant Analysis USA**
- **Κανάκης Γ. Ανδρέας (2003) Γενική λαχανοκομία Αθήνα.σελ.13-17,130,202,254-255.**
- **Κουκουλάκης Π., Μπλαδανοπούλου Σ., Σιμώνης Α., Γκαντίδης Ν. (1990) Η συγκέντρωση νιτρικών στα φυλλώδη λαχανικά Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωργικής Έρευνας τόμος Α΄**
- **Κουιμτζή Θ., Φυτιάνου Κ., Σαμαρά Κ. (1998) Χημεία Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη**
- **Κωνσταντινίδης Γ., Ζαχάκος Λ. (1992) Λίπανση με επεξεργασμένη κοπριά ορνίθων Περιοδικό Γεωργική Τεχνολογία Τεύχος Δεκεμβρίου**
- **Μαλισσιόβας Νικόλαος (1998) Λιπασματολογία Σημειώσεις εργαστηρίων ΤΕΙ Ηπείρου Άρτα**
- **Μάνος Γ. – Παπαδόπουλος Γ. (1986) Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη συσσώρευση νιτρικών στους ιστούς των λαχανοκομικών φυτών Περιοδικό Αγροτικά θέματα τεύχος 5**
- **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**
- **Νιαβής Κωνσταντίνος (1981) Μαθήματα φυσιολογίας φυτών-Ανόργανη διατροφή των φυτών Αθήνα**
- **Παπαδάκης Γ. (1994) Έδαφος και θρεπτικά στοιχεία Εκδόσεις Παναγροτικής Κρήτης**
- **Paparozzi, E. T. (1999). Nitrogen and sulfur interaction in floricultural crops. Acta Horticulturae 481:379-383.**
- **Ολύμπιος Χρίστος (1987) Ειδική λαχανοκομία Αθήνα. σελ.268-289.**
- **Ολύμπιος Χρίστος (2001) Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια Αθήνα**
- **Πασχαλίδης Χ. (1989) Λιπάσματα και ρύπανση του περιβάλλοντος Περιοδικό Αγροτικός Συνεργατισμός τεύχος 12**
- **Παύλου, Γ.Χ., Οικαλιώτης Κ.Δ., και Καββαδίας, Β.Α., (2003). Επίδραση οργανικής και ανόργανης λίπανσης στην παραγωγή και στην συσσώρευση νιτρικών**



στο μαρούλι σε σχέση με την εποχή καλλιέργειας. Πρακτικά 21^{ου} Πανελληνίου Επιστημονικού Συνεδρίου της Ε.Ε.Ε.Ο. (2):67-70

- **Σάββας Δημήτριος** (1996) Σημειώσεις ειδικής Λαχανοκομίας ΤΕΙ Ηπείρου Άρτα
- **Σιμώνης Δ. Α** (1997) Οι 10 μύθοι για τα ανόργανα λιπάσματα Περιοδικό Γεωργία - Κτηνοτροφία Τεύχος 4
- **Σιμώνης Α. , Σετάτου Ε.** (1992) Αποτελεσματικότητα Αζώτου - παράγοντες που την επηρεάζουν και τρόποι βελτίωσής της V. Απονιτροποίηση Περιοδικό Γεωπονικά τεύχος 340
- **Σιμώνης Α - Σετάτου Ε.** (1993) Ο ρόλος του εδάφους στη διατροφή μας. Οργανικά και ανόργανα λιπάσματα και ποιότητα γεωργικών προϊόντων . Περιοδικό Γεωπονικά τεύχος 345
- **Σιμώνης Α - Σετάτου Ε.** (1995) Το πρόβλημα με τα νιτρικά Περιοδικό Γεωργική Τεχνολογία τεύχος 3
- **Σίωμος Αναστάσιος** (2001) Νιτρικά και φυτορμόνες στα λαχανικά και μέτρα προστασίας του καταναλωτή Περιοδικό Καταναλωτικό Βήμα Τεύχος Απριλίου -Μαΐου
- **Στεργίου Β, Ακουμιανάκης Κ. , Μουστάκας Ν., Ολύμπιος Χ., Πάσσαμ Χ.,** (2004) Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην περιεκτικότητα νιτρικών στα φύλλα δύο ποικιλιών μαρουλιού Πρακτικά Ελληνικής Εταιρίας Οπωροκηπευτικών Τόμος 11 Τεύχος Α.
- **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.
- **Stryer Lubert** (1997) Βιοχημεία Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης Τόμος πρώτος
- **Tabatabai M. A.** (1983) *Methods of Measurement of Sulfur in Soil, Plant Materials and Waters* Agronomy Department Iowa State University, USA
- **Τσαντίλας Χ.,** (1998) Αξιολόγηση αποτελεσμάτων εδαφικών και φυτικών αναλύσεων Περιοδικό Γεωργία και κτηνοτροφία Τεύχος 2
- **Τσαπικούνης Φάνης** (1995) Θρέψη-λίπανση των φυτών Μέρος Α' Βάρδα
- **Τσαπικούνης Φάνης** Θρέψη-λίπανση των φυτών Μέρος Δ' Αθήνα
- **Τσικαλός Πλούταρχος** (2003) Θρέψη φυτών - Γονιμότητα εδαφών ΤΕΙ Κρήτης Ηράκλειο
- **Τσιτσιάς Κυριάκος** Λιπασματολογία ΟΕΔΒ Αθήνα 1987



- 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.
- Hegesch E. – Shiloah J. (1982) *Blood nitrates and infant methaimoglobinaemia* Clinica Chimica Acta

ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ - ΕΦΗΜΕΡΙΔΕΣ

- Εφημερίδα Ευρωπαϊκής Ένωσης

Οδηγία Ε.Ε 194/1997,

Κανονισμοί Ε.Ε 466/2001, 563/2002, 655/2004

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

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

