

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ**

**ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ
ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΤΟΥ
ΑΖΩΤΟΥ ΚΑΙ ΧΑΛΚΟΥ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ
ΚΑΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ
ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΟ ΣΠΑΝΑΚΙ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΣΑΓΚΙΩΤΗ ΧΡΥΣΑΝΘΗ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
Δρ. ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ**

ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2007

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ

	σελ.
1. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ – ΚΑΤΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΣΠΑΝΑΚΙΟΥ.....	2
1.1. ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	3
2. ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΣΠΑΝΑΚΙΟΥ.....	6
2.1. Βοτανική ταξινόμηση.....	6
2.1.1. Φυτό.....	6
2.2. Περιγραφή φυτού	6
2.2.1. Ρίζα	6
2.2.2. Φύλλα.....	7
2.2.3. Άνθη	8
2.2.4. Καρπός	9
2.3. Στοιχεία καλλιέργειας του σπανακιού	10
2.3.1. Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις	10
2.3.1.1. Θερμοκρασία – Φως	10
2.3.1.2. Έδαφος – Λίπανση	11
2.3.2. Καλλιεργητική τεχνική	12
2.3.2.1. Σπορά – Καλλιέργεια.....	12
2.3.2.2. Καλλιεργητικές εργασίες	14
2.3.2.3. Παραγωγή του σπόρου	14
2.4. Ποικιλίες.....	15
2.5. Συγκομιδή – Συντήρηση	18
2.6. Θρεπτική και διατροφική αξία του σπανακιού	20

2.7. ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ.....	23
2.7.1. Μυκητολογικές ασθένειες.....	23
2.7.1.1. Τήξη σπορίων και φυταρίων.....	23
2.7.1.2. Προσβολές από μύκητες του	
γένους Phytophthora.....	24
2.7.1.3. Ριζοκτονίαση	24
2.7.1.4. Σκληρωτίαση	25
2.7.1.5. Περονόσπορος	26
2.7.1.6. Ανθρακνώσεις	27
2.7.1.7. Σεπτορίωση	28
2.7.2. Ιολογικές ασθένειες	29
2.7.2.1. Μωσαϊκό της αγγουριάς (CMV)	29
2.7.3. Εντομολογικές ασθένειες.....	30
2.7.3.1. Αφίδες ή μελίγκρες	30
2.7.3.2. Προσβολές από νηματώδεις του	
γένους Heterodera	31
3. ΛΙΠΑΝΣΗ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ.....	32
3.1. Γενικά	32
3.1.1. Ο ρόλος των κύριων θρεπτικών	
στοιχείων και ιχνοστοιχείων.....	33
3.2. Αζωτο (N).....	35
3.2.1. Ο ρόλος του αζώτου.....	35
3.2.2. Η επίδραση του αζώτου στα φυτά.....	37
3.2.3 Μορφές αζώτου.....	40
3.2.4. Μεταφορά του αζώτου στα φυτά.....	41
3.2.5. Παράγοντες που επιδρούν στη συγκέντρωση	
των νιτρικών και αμμωνιακών στα φυτά.....	42

3.2.6. Τα καλλιεργούμενα είδη και οι ανάγκες αυτών σε άζωτο.....	44
3.2.7. Τα νιτρικά στον άνθρωπο.....	46
3.2.7.1. Τα επιτρεπτά όρια νιτρικών.....	47
3.2.8. Τα σπουδαιότερα αζωτούχα λιπάσματα.....	49
3.3. Φώσφορος (P)	50
3.4. Κάλιο (K)	51
3.5. Ασβέστιο (Ca)	52
3.6. Μαγνήσιο (Mg)	53
4. ΜΙΚΡΟΘΡΕΠΤΙΚΑ ΚΑΙ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ.....	54
4.1. Κυριότερα ορυκτά βαρέων μετάλλων.....	56
4.1.1. Πρόσληψη των μεταλλικών μικροθρεπτικών και των βαρέων μετάλλων από τα φυτά.....	57
4.2. Χαλκός (Cu)	59
4.2.1. Ο ρόλος του χαλκού.....	60
4.2.2. Χημική συμπεριφορά του χαλκού στο έδαφος.....	61
4.2.3. Ο χαλκός στο σύστημα έδαφος-φυτό.....	61
4.2.3.1. Ο χαλκός στη θρέψη των φυτώ.....	61
4.2.3.2. Πρόσληψη και μεταφορά του χαλκού στα φυτά.....	62
4.2.3.3. Τα συμπτώματα τοξικής δράσης του χαλκού στα φυτά.....	64
4.3. Σίδηρος (Fe)	65
4.4. Ψευδάργυρος (Zn)	66
4.5. Μαγγάνιο (Mn)	67

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

5. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	68
5.1. Στόχοι του πειράματος	69
5.2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	70
5.2.1. Προετοιμασία του πειράματος	70
5.2.2. Πειραματικό σχέδιο	72
5.2.3. Καλλιεργητικές φροντίδες	74
5.2.4. Δειγματοληψία φυτικών ιστών, εδάφους και χημικές αναλύσεις	74
5.2.4.1. Δειγματοληψία, μετρήσεις φυτικών ιστών	74
5.2.4.2. Δειγματοληψία εδάφους	75
5.2.4.3. Χημικές αναλύσεις	76
5.2.4.3.1 Έδαφος	76
5.2.4.3.2 Φυτικοί ιστοί	76
5.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ	77
5.4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	140
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	142
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	148

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον υπεύθυνο του εργαστηρίου και επιβλέποντα καθηγητή μου δρ. Πασχαλίδη Χρήστο για την συμβολή του τόσο κατά την διάρκεια της εκπόνησης της πειραματικής εργασίας όσο και κατά την διάρκεια της συγγραφής της.

Θερμές ευχαριστίες θα ήθελα επίσης να εκφράσω για τον δρ. Καββαδία Βίκτωρ, επιστημονικό συνεργάτη και ερευνητή του ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε Λυκόβρυσσης Αττικής, για την πολύτιμη καθοδήγηση και βοήθεια που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την τεχνική βοηθό του εργαστηρίου εδαφολογίας κα. Κορίκη Αντωνία για τις πολύτιμες συμβουλές αλλά και για την αδιάκοπη βοήθεια που μου προσέφερε κατά την διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος.

Τέλος ευχαριστώ όλους τους υπόλοιπους οι οποίοι συνέβαλαν σε οποιαδήποτε βαθμό, ώστε να ολοκληρωθεί η παρούσα μελέτη που διεξήχθη στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας

ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ – ΚΑΤΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΣΠΑΝΑΚΙΟΥ

Το σπανάκι (***Spinacia Oleracea***) είναι ένα αρκετά διαδεδομένο καλλιεργούμενο φυτό της οικογένειας των **Chenopodiaceae**.

Το σπανάκι θεωρείται ότι έχει δημιουργηθεί στην αρχαία Περσία (Ιράν). Στην Κίνα εμφανίστηκε το 7ο αιώνα όταν το έστειλε ο βασιλιάς του Νεπάλ ως δώρο σε αυτήν την χώρα. Στην Ευρώπη παρουσιάστηκε τον 11ο αιώνα και συγκεκριμένα στην Ισπανία.

Το 1920 οι ΗΠΑ ώθησαν το σπανάκι εμπορικά, με τον Popeye τα κινούμενα σχέδια που ήταν ένα μεγάλο «κλειδί» στην κατανάλωσή του.

Το όνομά του προέρχεται από το Περσικό **ISPAN**, το οποίο έγινε **ISBANACK** και **ISFANACK** στην Αραβική. Ύστερα οι Λατίνοι το είπαν **Spanacia** ή **Spino**.

1.1. ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 :

Υπαίθρια καλλιέργεια σπανακιού στην Ελλάδα ανά Γεωγραφικά διαμερίσματα μέχρι το 2002. (Πηγή: Διεύθυνση Γεωργίας)

1) ΑΝ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ – ΘΡΑΚΗΣ		
	ΕΚΤΑΣΗ (στρεμ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (τον.)
ΔΡΑΜΑΣ	110	85
ΚΑΒΑΛΑΣ	710	800
ΣΕΡΡΩΝ	1.100	1.600
ΕΒΡΟΥ	65	71
ΟΡΕΣΤΙΑΔΑΣ		
ΡΟΔΟΠΗΣ		
ΞΑΝΘΗΣ	100	100
ΣΥΝΟΛΟ	2.085	2.656

2) ΔΥΤ. – ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ		
	ΕΚΤΑΣΗ (στρεμ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (τον.)
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	5.500	7.000
ΠΙΕΡΙΑΣ	350	600
ΗΜΑΘΙΑΣ	1.000	1.400
ΠΕΛΛΗΣ	200	200
ΓΙΑΝΝΙΤΣΩΝ		
ΚΙΛΚΙΣ	100	100
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	550	680
ΦΛΩΡΙΝΑΣ		
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	100	80
ΚΟΖΑΝΗΣ	430	322
ΓΡΕΒΕΝΩΝ	40	22
ΣΥΝΟΛΟ	8.270	10.404

3) ΗΠΕΙΡΟΥ		
	ΕΚΤΑΣΗ (στρεμ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (τον.)
ΑΡΤΑΣ	100	100
ΠΡΕΒΕΖΑΣ	98	50
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	150	100
ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	205	178
ΛΕΥΚΑΔΑΣ	8	2
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	60	65
ΣΥΝΟΛΟ	621	495

4) ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ		
	ΕΚΤΑΣΗ (στρεμ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (τον.)
ΛΑΡΙΣΑΣ	500	500
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	360	562
ΤΡΙΚΑΛΩΝ		
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	400	450
ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ		
ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ	400	400
ΣΥΝΟΛΟ	1.660	1.912

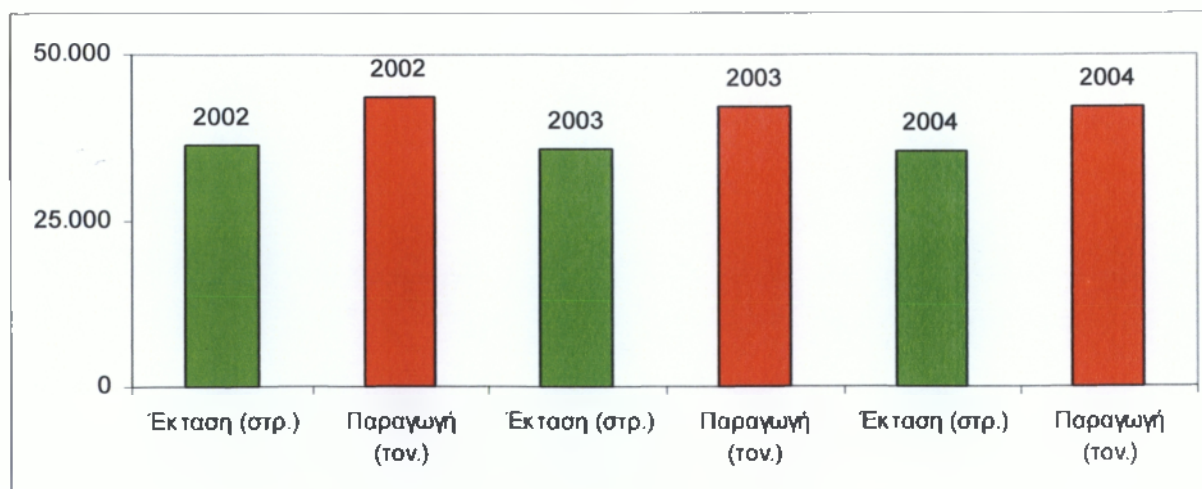
5) ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ – Δ. ΣΤΕΡΕΑΣ		
	ΕΚΤΑΣΗ (στρεμ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (τον.)
ΑΡΓΟΛΙΔΑΣ	1.800	2.600
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	1.000	1.200
ΑΧΑΪΑΣ	150	200
ΑΡΚΑΔΙΑΣ		
ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	800	1.500
ΤΡΙΦΥΛΙΑΣ	10	10
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	230	380
ΗΛΕΙΑΣ	6.000	1.000
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	750	1.000
ΖΑΚΥΝΘΟΥ		
ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	130	40
ΣΥΝΟΛΟ	10.870	7.930

6) ΑΤΤΙΚΗΣ – ΝΗΣΣΩΝ		
	ΕΚΤΑΣΗ (στρεμ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (τον.)
ΑΤΤΙΚΗΣ	700	1.400
ΑΝ. ΑΤΤΙΚΗΣ	1.620	3.180
ΠΕΙΡΑΙΩΣ	50	60
ΒΟΙΩΤΙΑΣ	8.000	13.000
ΦΩΚΙΔΑΣ	15	11
ΕΥΒΟΙΑΣ	1.100	1.100
ΛΕΣΒΟΥ	120	73
ΧΙΟΥ	40	82
ΣΑΜΟΥ	35	50
ΚΥΚΛΑΔΩΝ		
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΟΥ	300	230
ΣΥΝΟΛΟ	11.980	19.186

7) ΚΡΗΤΗΣ		
	ΕΚΤΑΣΗ (στρεμ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (τον.)
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	150	300
ΛΑΣΙΘΙΟΥ		
ΧΑΝΙΩΝ	500	400
ΡΕΘΥΜΝΗΣ	180	290
ΣΥΝΟΛΟ	830	990

ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝ. ΧΩΡΑΣ	ΕΚΤΑΣΗ (στρεμ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (τον.)
Έτος 2002	36.316	43.573
Έτος 2003	35.659	42.256
Έτος 2004	35.467	42.008

(Πηγή : Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων 2007)



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ιωάννης Κ. Μήτσιος, 2003, Γονημότητα Εδαφών, εκδόσεις Lypel
- Φάνης Τσαπικούνης, Βάρδα 1995, Θρέψη-Λίπανση των φυτών Α΄ μέρος.
- Φάνης Τσαπικούνης, (Αθήνα 1997), Θρέψη – Λίπανση των φυτών, Β΄ μέρος, εκδόσεις Α. Σταμούλης.
- Κανάκης Γ. Ανδρέας, 2003, Γενική Λαχανοκομία, εκδόσεις Αγρότυπος .
- Χουλιάρης Νικόλαος, 2002, Μαθήματα εφαρμοσμένης Εδαφολογίας, εκδόσεις Ίων
- Πασχαλίδης Χρήστος, 2005, Εδαφολογία εργαστηριακές ασκήσεις, εκδόσεις Έμβρυο.
- Πασχαλίδης Χρήστος, 2006, Λιπασματολογία εργαστηριακές ασκήσεις, εκδόσεις Έμβρυο.
- Βιτωράτος Αλέξανδρος, 2002, Επίδραση διαφόρων επιπέδων και μορφών αζώτου στην αύξηση του σπανακιού και τη συγκέντρωση νιτρικών στους μίσχους, πτυχιακή εργασία.
- CIRO CIUFOLINI, 1987, Λαχανοκομία κηπευτικών Γενική και Ειδική, εκδόσεις Ψύχαλου.
- Σπάρτσης Ι. Νικόλαος, 1993, Γενική και ειδική λαχανοκομία, εκδόσεις Ο.Ε.Δ.Β.
- Γενιατάκης Ευθ., 2000, Άμεσος προσδιορισμός των νιτρικών ιόντων σε φυτικούς ιστούς(Μεταπτυχιακό δίπλωμα Ειδίκευσης).
- Ταμουσιδής Ευστάθιος, 1998, Σημειώσεις εργαστηρίου Λιπασματολογίας.
- Food-Info.net > Θέματα > Ασφάλεια Τροφίμων> **Βαρέα μέταλλα**

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ



ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ : 19^η – (N_{0,50} P_{0,40}, K_{0,40}) + 100 ppm Cu



ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ : 17^η – (N_{0,40} P_{0,40}, K_{0,40}) + 100 ppm Cu



ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ : 15^η – (N_{0,30} P_{0,40}, K_{0,40}) + 100 ppm Cu



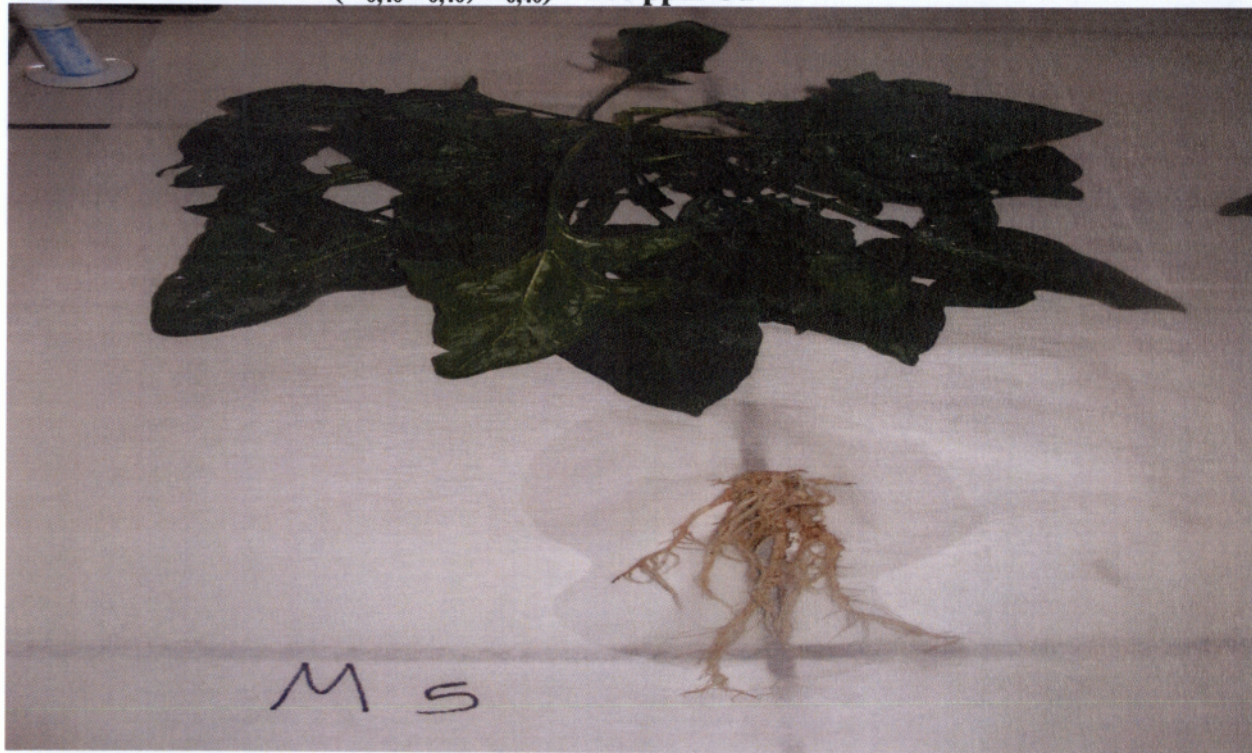
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ : 14^η – (N_{0,20} P_{0,40}, K_{0,40}) + 300 ppm Cu



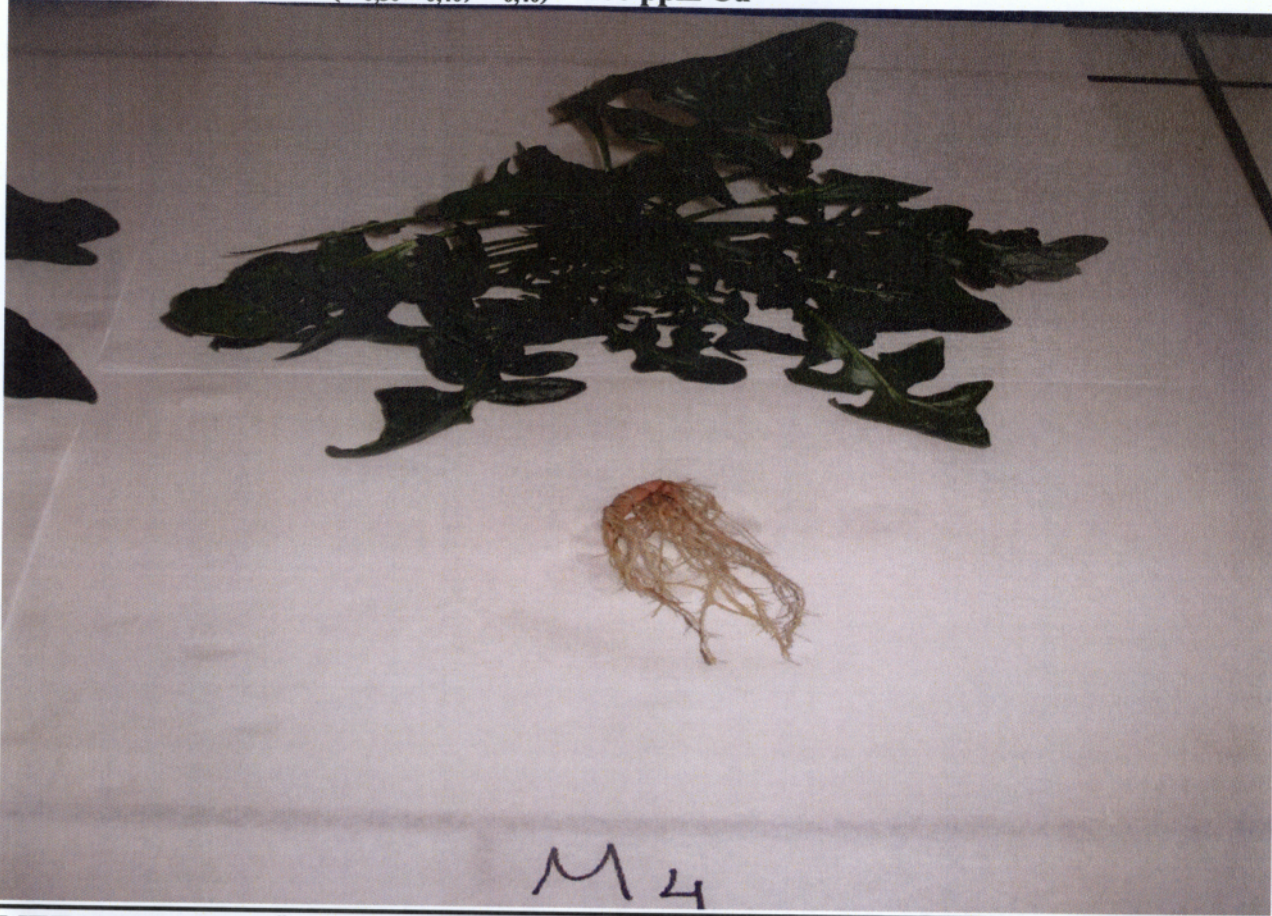
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ : 12^η – (N_{0,50} P_{0,40}, K_{0,40}) + 300 ppm Cu



ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ : 9^η – (N_{0,40} P_{0,40}, K_{0,40}) + 100 ppm Cu



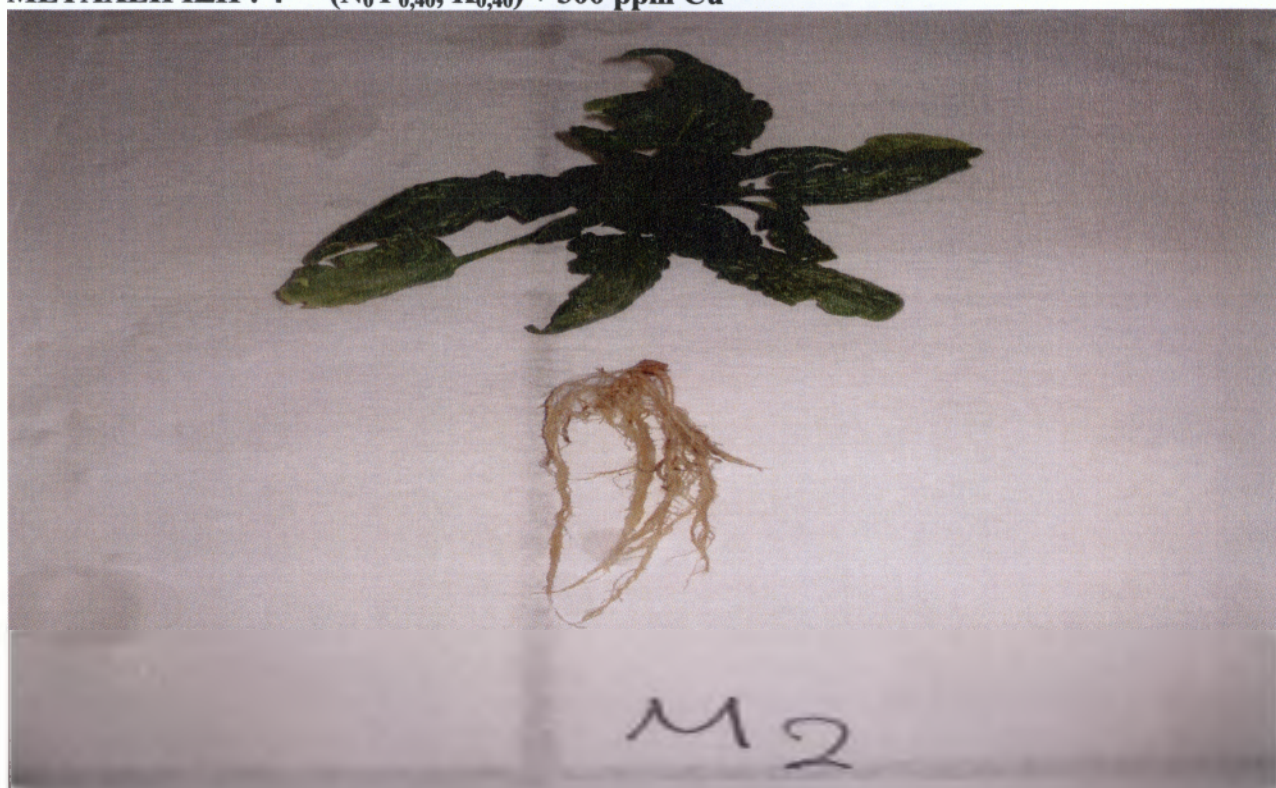
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ : 7^η – (N_{0,30} P_{0,40}, K_{0,40}) + 100 ppm Cu



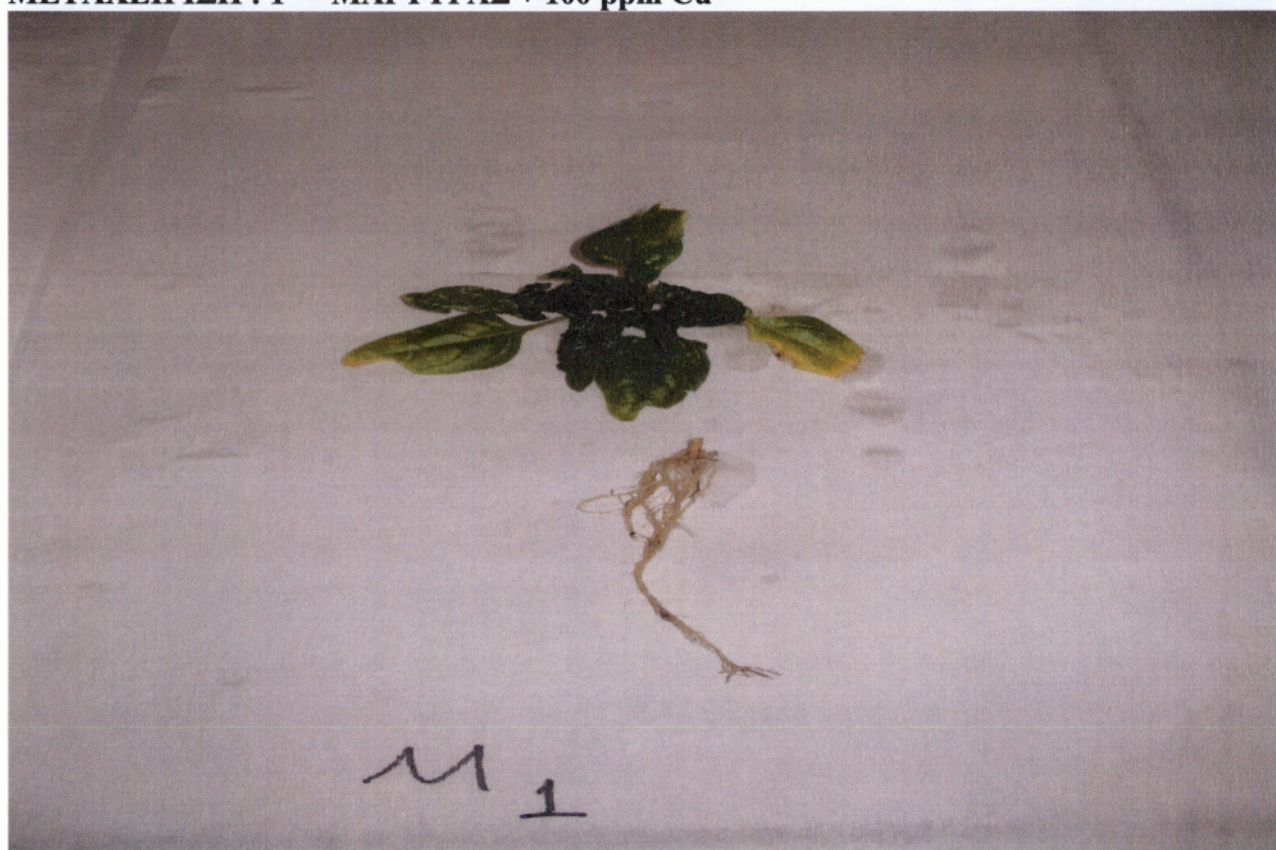
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ : 6^η – (N_{0,20} P_{0,40}, K_{0,40}) + 300 ppm Cu



ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ : 4^η – (N₀ P_{0,40}, K_{0,40}) + 300 ppm Cu



ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ : 1^η – ΜΑΡΤΥΡΑΣ + 100 ppm Cu



2. ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΣΠΑΝΑΚΙΟΥ

2.1. Βοτανική ταξινόμηση

2.1.1. Φυτό

Το σπανάκι *Spinacia Oleracea* ανήκει στην οικογένεια των Χηνοποδιωδών *Chenopodiaceae* και έχει $2x=12$ και $4x=24$ χρωματοσώματα.

Είναι φυτό μονοετές, φυλλώδες λαχανικό που έχει βαθύ, πράσινα φύλλα. Φυτό κατά κανόνα δίοικο (θηλυκά και αρσενικά φυτά) , αλλά έχουν βρεθεί και φυτά ερμαφρόδιτα ή και φυτά μόνοικα – δίκλινα, δηλαδή φέρουν αρσενικά και θηλυκά άνθη σε διαφορετικές θέσεις.

Ο βλαστός είναι κούφιος, αυλακωτός και φτάνει σε ύψος τα 30-60 εκατοστά.

2.2. Περιγραφή φυτού

2.2.1. Ρίζα

Η ρίζα αποτελείται από μία κεντρική (εμβρυακή) ρίζα και πολλές δευτερεύουσες, πλάγιες ρίζες όπου εξαπλώνονται και εισχωρούν βαθιά στο έδαφος.



2.2.2. Φύλλα

Τα φύλλα του στην αρχή αναπτύσσονται σαν ροζέτα, κάτω από βραχύ άξονα και είναι βαθυπράσινα και με λεία ή κυματοειδή επιφάνεια ανάλογα την ποικιλία. Τα φύλλα είναι άτριχα (μη-τριχωτός), πολύ τρυφερά και εμφανίζονται μετά την έκπτυξη ανθοφόρων στελεχών τα οποία δημιουργούνται μετά από μακρά φωτοπερίοδο και φθάνουν ύψος μέχρι ενός περίπου μέτρου, ανάλογα την ποικιλία.

Ο μίσχος είναι εδώδιμος, αλλά πιο σκληρός από τα φύλλα.



Φύλλο κατσαρό



Φύλλο λείο



2.2.3. Άνθη

Ο ανθικός άξονας αναπτύσσεται όταν το μήκος της ημέρας περάσει τις 13 ώρες και καταλήγει στην ταξιανθία των χηνοποδιωδών.

Τα άνθη είναι μικρά και σταυρογονιμοποιούνται με τον αέρα. Εμφανίζονται σε ταξιανθίες μασχαλιαίες ή επάκριες.

Οι περισσότερες ποικιλίες είναι δίοικες με ανεξάρτητα αρσενικά και θηλυκά φυτά, υπάρχουν όμως και ποικιλίες ή άτομα μόνοικα και δίκλινα ή και με άνθη ερμαφρόδιτα.

Τα καθαρώς αρσενικά φυτά σχηματίζουν επί του υψηλότερου τμήματος των ανθοφόρων στελεχών φύλλα ως επί το πλείστον μικρά, ενώ τα θηλυκά ή τα αρρενοθήλα φέρουν μέχρι του άκρου των στελεχών φύλλα πλήρως ανεπτυγμένα.

Σε κάθε ανθοφόρο κλάδο η άνθηση γίνεται διαδοχικά. Γενικά τα άρρενα φυτά ανθίζουν προ των θηλέων και όταν δε συμπληρώσουν την άνθησή τους ξεραίνονται.

Τα άνθη είναι ανεμόφιλα, μικρά, υποπράσινα και στερούνται στεφάνης. Τα αρσενικά έχουν 4 – 5 σέπαλα και 4 – 5 στήμονες, τα δε θηλυκά έχουν περιάνθιο κυπελλοειδές με 2 – 5 δόντια και 4 στύλους οι οποίοι στη βάση τους είναι ενωμένοι.

Τα αρσενικά άνθη διατηρούν τη γύρη τους αρκετό διάστημα, όπως και τα θηλυκά και είναι υποδεκτικά για 2–3 εβδομάδες. Στις καλλιέργειες σπανακιού η σχέση αρσενικών προς θηλυκών ανθέων είναι περίπου 1:1.



Άνθος σπανακιού

2.2.4. Καρπός

Κάθε άνθος γονιμοποιούμενο δίνει ένα σπέρμα περικλειόμενο εντός των στοιχείων του κάλυκα.

Ο καρπός (γνωστός και ως σπόρος) είναι μονόσπερμος, σκληρός, σφαιροειδής ή με ανώμαλη επιφάνεια και περιβάλλεται από τον κάλυκα, του οποίου τα βράκτια φύλλα σχηματίζουν αγκάθια στις αγκαθωτές ποικιλίες.

Με βάση το τελευταίο χαρακτηριστικό διακρίνουμε το σπανάκι στις παρακάτω ποικιλίες :

- *S. oleracea* var. *tipica* , με καρπό ακανθώδη
- *S. oleracea* var. *Glabra* , με καρπό χωρίς αγκάθια.



Σπόρος σπανακιού χωρίς αγκάθια

2.3. Στοιχεία καλλιέργειας του σπανακιού

2.3.1. Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις

2.3.1.1.Θερμοκρασία – Φως

Το σπανάκι είναι φυτό σχετικά χαμηλών θερμοκρασιών και ευδοκίμει σε περιοχές με κλίμα δροσερό και υγρό, με μέση θερμοκρασία 10 – 18 °C.

Νεαρά φυτά μπορούν να αντέξουν σε θερμοκρασίες παγετού χωρίς να υποστούν σημαντικές ζημιές. Παρόλο που παρουσιάζει ανθεκτικότητα στο ψύχος και σε χαμηλές θερμοκρασίες έως και – 7 °C , η ανάπτυξη παρεμποδίζεται σε θερμοκρασίες κάτω των 2°C.

Είναι φυτό μεγάλης ημέρας, δηλαδή για να σχηματίσει άνθη θα πρέπει το μήκος της ημέρας να αυξηθεί πέρα από μια κρίσιμη περίοδο φωτός που είναι 12,5 – 15 ώρες.

Το σπανάκι που προορίζεται για νωπή κατανάλωση, καλλιεργείται όταν το μήκος της ημέρας είναι μικρό. Σε περίπτωση όμως που υπάρχουν υψηλές θερμοκρασίες και μεγάλες ημέρες, δημιουργεί στέλεχος με άνθη όπου αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την καταστροφή της εμπορικής του αξίας αφού προορίζεται για τη νωπή κατανάλωση του πλούσιου φυλλώματός του.

Η θερμοκρασία φαίνεται να παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην μορφολογία και την ποιότητα του σπανακιού. Κρύος καιρός ή κρύες νύχτες τείνουν να δώσουν φυτά πιο στητά και κατσαρά.

Σε πλούσιο έδαφος οι χαμηλές θερμοκρασίες συντελούν σε πλουσιότερη άνθηση και σε βαθύ πράσινο χρωματισμό.

Μεσαίες θερμοκρασίες ή θερμοκρασίες που ευνοούν την γρήγορη ανάπτυξη δίνουν φυτά με μικρότερη άνθηση και ανοιχτότερο χρωματισμό.

Σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, τα παλαιότερα φύλλα κιτρινίζουν ακολουθούμενα από τα νεότερα και τελικά κιτρινίζει ολόκληρο το φυτό ή και νεκρώνεται.

Ο αριθμός των φύλλων σχετίζεται με το μήκος της περιόδου ανάπτυξης, αλλά η θερμοκρασία και η θρεπτική κατάσταση μπορεί να είναι εξίσου σημαντική.

2.3.1.2. Έδαφος – Λίπανση

Το σπανάκι καλλιεργείται σε μεγάλη ποικιλία εδαφών, αλλά τα αμμοπηλώδη είναι τα ιδανικότερα για την ανάπτυξή του.

Ευδοκίμει σε εδάφη αμμώδη, μέσης σύστασης ή ελαφριά, πλούσια σε οργανική ουσία και άζωτο, υγρά αλλά πολύ καλά αποστραγγιζόμενα.

Το pH του εδάφους πρέπει να κυμαίνεται από 6 – 7,5. Είναι πολύ ευαίσθητο σε όξινο pH, μικρότερο από 5,5.

Το χαμηλό pH, θα επιφέρει στην καλλιέργεια χαμηλή βλάστηση, κιτρίνισμα και αμαύρωση των περιθωρίων και των άκρων των φύλλων, αμαύρωση των ριζών και γενικά καθυστερημένη αύξηση και ανάπτυξη του φυτού που ίσως μπορεί να μην την ολοκληρωθεί ποτέ.

Έχει βρεθεί ότι για την παραγωγή 3.000 Kgr. προϊόντος αφαιρούνται από το έδαφος 14,4 Kgr. N, 5,4 Kgr. P₂O₅ και 15 Kgr K₂O.

Καλό, όμως είναι να γίνεται μια εδαφοανάλυση του εδάφους πριν τη σπορά έτσι, ώστε να καθορίζονται τα επίπεδα του αζώτου, φωσφόρου, καλίου και όλων των άλλων μακρο και μικρο ιχνοστοιχείων που υπάρχουν στο έδαφος.

Τα φωσφοροκαλιούχα λιπάσματα ενσωματώνονται στο έδαφος πριν τη σπορά ενώ τα αζωτούχα προστίθενται κυρίως με επιφανειακές λιπάνσεις.

Με μετρήσεις του ρυθμού απορρόφησης στοιχείων σε πειράματα που έγιναν διαπιστώθηκε ότι στα αρχικά στάδια ανάπτυξης του φυτού ο ρυθμός απορρόφησης είναι πολύ αργός και παίρνει τη μέγιστη τιμή του 21 ημέρες πριν τη συγκομιδή.

Ανάλογα με τον τύπο του εδάφους και τις συνθήκες ανάπτυξης, το σπανάκι μπορεί να εμφανίσει κατά καιρούς τροφοπενία μαγνησίου και κυρίως σε εδάφη πλούσια σε κοπριά, τροφοπενίες βορίου ή μολυβδαινίου.

2.3.2. Καλλιεργητική τεχνική

2.3.2.1. Σπορά – Καλλιέργεια

Ο πολλαπλασιασμός του φυτού γίνεται με σπόρο. Το σπανάκι σπέρνεται από αρχές Σεπτεμβρίου έως αρχές Φεβρουαρίου. Ο σπόρος που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να είναι πιστοποιημένος από καλή εταιρεία σποροπαραγωγής. Το μεγαλύτερο μέρος του σπόρου στον κόσμο προέρχεται από την Ολλανδία.

Σπανάκι που σπέρνεται αργά το καλοκαίρι (Αύγουστο) μαζεύεται το φθινόπωρο. Για τη σπορά ενός στρέμματος απαιτούνται 2 – 4 κιλά σπόρου, ενώ για σπορά στα πεταχτά χρησιμοποιείται 1 – 1,5 κιλό ή και λιγότερο.

Σε γραμμική σπορά χρειάζεται 500 – 700 γραμ., σπόρου. Οι γραμμές σποράς θα πρέπει να απέχουν μεταξύ τους 20 – 30 εκατ., να είναι επίπεδες ή σε σαμάρια, ανάλογα με τον τρόπο σποράς και την κατάσταση του χώματος ενώ η απόσταση των φυτών μεταξύ τους θα πρέπει να είναι 5 – 10 εκατ.

Μετά την σπορά ακολουθεί κάλυψη του σπόρου σε βάθος 2 εκατ.

Η άριστη θερμοκρασία εδάφους για την βλάστηση του σπόρου κυμαίνεται από 10 – 15 °C, ενώ σε θερμοκρασία πάνω από 30 °C ο σπόρος εισάγεται στο λήθαργο. Σε φυσιολογικές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας η έκπτυξη των νεαρών φυταρίων θα γίνει σε 5 – 10 ημέρες.

Γενικά οι φθινοπωρινές και χειμερινές σπορές δίνουν καλύτερη ποιότητα προϊόντος, ενώ οι όψιμες ανοιξιάτικες σπορές κινδυνεύουν να υποστούν εαρινοποίηση (διαφοροποίηση ανθικών στελεχών και ανθέων) και να ανθήσουν πριν τα φυτά αναπτύξουν αρκετό φύλλωμα.

Με την εμφάνιση των νεαρών φυταρίων χρειάζεται να γίνει μια αραιώση έτσι ώστε οι αποστάσεις μεταξύ των φυτών, επί της γραμμής να είναι 10 – 15 εκατ.

Για αύξηση της παραγωγής και καλύτερη πρωιμότητα, εφαρμόζονται ψεκασμοί με γιββερελλικό οξύ (10-20 mg/l) και προσκολλητικό, 20 -30 ημέρες πριν τη συγκομιδή και 7 – 10 ημέρες μετά τον πρώτο ψεκασμό.

Η στρεμματική απόδοση κυμαίνεται από 1.000 – 3.000 Kgr στις φθινοπωρινές καλλιέργειες και γύρω στα 1.000Kgr. για τις ανοιξιάτικες.

Την ποιότητα του σπανακιού επηρεάζουν οι αποστάσεις φύτευσης, το ύψος της αζωτούχου λίπανσης, η ποικιλία και ή εποχή καλλιέργειας.

Έχει δειχθεί ότι σε ανοιξιάτικη καλλιέργεια όπου η ανάπτυξη του φυτού συντελείται γρήγορα, το χρώμα των φυτών ήταν πιο ανοιχτό σε σύγκριση με φθινοπωρινή καλλιέργεια και ακόμα πυκνή φύτευση προκαλεί ανοιχτό χρωματισμό και αυξάνει την πιθανότητα σχηματισμού στελέχους.



Σπορά στα πεταχτά



Σπορά σε γραμμές

2.3.2.2. Καλλιεργητικές εργασίες

Απαραίτητες καλλιεργητικές εργασίες κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας είναι η καταπολέμηση των ζιζανίων, το αραίωμα των φυτών, τα ποτίσματα της καλλιέργειας μερικά από τα οποία συνδυάζονται και με επιφανειακές αζωτούχες λιπάνσεις και με εφαρμογή ψεκασμών για την καταπολέμηση ασθενειών ή άλλων παρασίτων.

Η εφαρμογή της ζιζανιοκτονίας πρέπει να γίνει προφυτρωτικά ή νωρίς μεταφυτρωτικά με κατάλληλα ζιζανιοκτόνα και συμπληρώνεται με τα επιφανειακά σκαλίσματα. Όσον αφορά την αραίωση των φυτών, συνήθως δεν γίνεται αραίωμα εκτός εάν επιδιώκεται η παραγωγή μεγάλων και ομοιόμορφων φυτών.

Συνήθως συγκομίζονται πρώτα τα μεγάλα φυτά και έτσι παρέχεται χώρος στα υπόλοιπα να μεγαλώσουν μέχρι την επόμενη συγκομιδή.

Λόγω των ακανόνιστων βροχοπτώσεων στην Ελλάδα και δεδομένου του επιφανειακού ριζικού συστήματος του φυτού και της μεγάλης φιλικής επιφάνειας, είναι απαραίτητη η άρδευση της καλλιέργειας για τη διατήρηση της εδαφικής υγρασίας σε ικανοποιητικά επίπεδα. Η εφαρμογή του νερού μπορεί να γίνει με κατάκλιση, με αυλάκια ή με καταιονισμό.

2.3.2.3 Παραγωγή του σπόρου

Η παραγωγή του σπόρου γίνεται από καλλιέργεια η οποία έχει αρχίσει το Φθινόπωρο. Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών θα πρέπει να είναι 40 εκατ., ενώ οι αποστάσεις των φυτών επί της γραμμής μετά το αραίωμα θα πρέπει να είναι 20 εκατ.

Η καλλιέργεια που προορίζεται για σποροπαραγωγή θα πρέπει να βρίσκεται μακριά από άλλη καλλιέργεια του είδους τουλάχιστον 1 χιλιόμετρο.

Πριν την άνθηση απομακρύνονται όλα τα ασθενικά και μειονεκτικά φυτά καθώς και αυτά που έχουν ανθίσει πρώιμα. Μετά τη γονιμοποίηση αφαιρούνται μόνο τα αρσενικά φυτά για να διατεθεί περισσότερος χώρος στα υπόλοιπα. Οι σπόροι ωριμάζουν τον Ιούνιο – Ιούλιο, τα φυτά κόβονται, ξηραίνονται και γίνεται η συλλογή του σπόρου. Ο σπόρος διατηρείται σε ξηρό χώρο και η βλαστική του ικανότητα διαρκεί 4-5 έτη. Η στρεμματική απόδοση σε σπόρο φτάνει τα 50 χιλιόγραμμα.

2.4. Ποικιλίες

Υπάρχουν πάρα πολλές ποικιλίες που χαρακτηρίζονται από το σχήμα, το χρώμα, το πάχος και την υφή του φυλλώματος. Διακρίνονται σε αυτές που έχουν όρθια ανάπτυξη και σε αυτές που έχουν έρπουσα ανάπτυξη.

Επίσης ανάλογα με το φύλλωμα, οι ποικιλίες διακρίνονται σε αυτές που έχουν κατσαρό φύλλωμα και συνήθως χρησιμοποιούνται για νωπή κατανάλωση, σε αυτές που έχουν ημικατσαρό φύλλωμα και χρησιμοποιούνται τόσο για νωπή κατανάλωση όσο και για μεταποίηση και σε αυτές που έχουν λείο φύλλωμα και χρησιμοποιούνται για μεταποίηση.

Προτιμούνται συνήθως ποικιλίες πρώιμες με αντοχή στις ασθένειες και καθυστέρηση στην εμφάνιση ανθικού στελέχους.

Ακόμα διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την υφή του σπόρου, δηλαδή σε αυτές που έχουν αγκαθωτό σπόρο και σε αυτές που έχουν σπόρο λείο. Οι ποικιλίες με σπόρο αγκαθωτό έχουν φύλλα μικρότερων διαστάσεων και είναι συνήθως ντόπιες, ενώ οι ποικιλίες με λείο σπόρο έχουν φύλλα μεγάλα, πλήρη και σαρκώδη, λεία ή κυματοειδή και είναι συνήθως ξενικές.

Οι πιο συνηθισμένες ποικιλίες που καλλιεργούνται στη χώρα μας είναι οι εξής:

1. **Το κοινό σπανάκι.** Δίνει φυτά για συγκομιδή σε 45 μέρες. Έχει λεία φύλλα και αγκαθωτό σπόρο και αντέχει στο κρύο.
2. **Το πλατύφυλλο Άργους.** Συγκομίζεται σε 50 μέρες. Έχει λείο σπέρμα και σουφρωμένα φύλλα.

3. **Βασιλικών** : Εγχώρια ποικιλία με πράσινο λαμπερό χρώμα, με εξαιρετική αντοχή στο κρύο

4. **Mostruoso di Viroflay**. Έχει φυτά εύρωστα με φύλλα μεγάλα και ελαφρώς κυματοειδή, με λείο σπόρο. Είναι ποικιλία ιδιαίτερα κατάλληλη για φθινοπωρινή σπορά.

5. **Eskimo**. Δίνει φύλλα μεγάλα, πλήρη και σπόρο λείο. Είναι ταχείας ανάπτυξης, κατάλληλη για φθινοπωρινή σπορά.

6. **Nobel**. Ποικιλία επίσης ταχέως αναπτύξεως, κατάλληλη για φθινοπωρινή σπορά. Έχει φύλλα μεγάλα και σπόρο λείο.

7. **Gigante d'inverno**. Έχει φύλλα πλατιά και σαρκώδη, με μίσχο μακρύ και σπόρο λείο. Είναι κατάλληλη για φθινοπωρινή σπορά.

8. **Principessa Giuliana**. Φέρει φύλλα κυματοειδή, αρκετά μεγάλα και σπόρο λείο, είναι δε ποικιλία ιδιαίτερος κατάλληλη για σπορά την άνοιξη διότι αργεί να αναπτύξει ανθοφόρο βλαστά.

9. **Viking**. Ποικιλία με φύλλα μεγάλα και λείο σπόρο, είναι κατάλληλη για εαρινή σπορά.

10. **America**. Ποικιλία κατάλληλη και για κονσερβοποίηση και κατάψυξη. Ωριμάζει σε 50 μέρες, έχει κυματοειδή φύλλα και είναι ανθεκτική στο κρύο.

2.5. Συγκομιδή – Συντήρηση

Η συγκομιδή αρχίζει όταν τα φυτά αποκτήσουν εμπορεύσιμο μέγεθος. Οι περισσότερες καλλιέργειες είναι έτοιμες για συγκομιδή μετά από 40 – 50 ημέρες από τη σπορά.

Η συγκομιδή γίνεται τμηματικά όταν τα φυτά έχουν αναπτύξει πλήρως 5 –6 μεγάλα φύλλα και συνεχίζεται μέχρι λίγο πριν την εμφάνιση του ανθικού στελέχους.

Εάν τα φυτά παραμείνουν στο έδαφος, συνεχίζουν να παράγουν νέα φύλλα ενώ τα παλαιότερα αρχίζουν να γέρνουν και ξεραίνονται. Στη διάρκεια της ζωής του φυτού από τα νεαρά φυτάρια μέχρι την πλήρη ωρίμανση, παράγονται συνολικά 22-26 φύλλα.

Το καλής ποιότητας σπανάκι, όταν συγκομίζεται για να διατεθεί στην αγορά, πρέπει να έχει χρώμα βαθύ πράσινο, να είναι τρυφερό και σαρκώδες, δεν πρέπει να έχει αναπτύξει ανθικό στέλεχος και ούτε να έχει κιτρινωμένα φύλλα. Μετά την εμφάνιση ανθικού στελέχους τα φυτά είναι μη εμπορεύσιμα.

Τα σπανάκια που στέλνουν στην αγορά δεν πρέπει να έχουν μεγάλους μίσχους, παρόλο που αυτό συμφέρει οικονομικά.

Κατά τη συγκομιδή το φυτό εκριζώνεται, το ρίζωμα πλένεται και στη συνέχεια τα φυτά δένονται σε δέσμες ή τοποθετούνται χύμα σε σειρές μέσα σε κιβώτια και μεταφέρονται στην αγορά.

Καλό είναι το σπανάκι να μεταφέρεται το συντομότερο στην αγορά και να είναι όσο το δυνατόν στεγνό γιατί το πλύσιμο μειώνει τη εμπορική του αξία.

Όπως όλα τα φυλλώδη λαχανικά έτσι και το σπανάκι έχει υψηλό ρυθμό διαπνοής λόγω της μεγάλης του φιλικής του επιφάνειας. Έτσι για να συντηρηθεί μετά τη συγκομιδή χωρίς να μαραθεί πρέπει αμέσως και γρήγορα να μειωθεί η θερμοκρασία του. Για να επιτευχθεί μακρά περίοδος συντήρησης του σπανάκιου στα ψυγεία πρέπει η μείωση της θερμοκρασίας του φυτού στο επιθυμητό επίπεδο θερμοκρασίας συντήρησης να γίνεται όσο το δυνατόν γρηγορότερα μετά τη συγκομιδή.

Η γρήγορη αφαίρεση της θερμότητας αγρού μετά τη συγκομιδή ονομάζεται πρόψυξη. Στο εξωτερικό εφαρμόζεται η πρόψυξη υπό κενό όπου η θερμοκρασία πέφτει από τους 20 σε 3°C περίπου μέσα σε λίγα λεπτά.

Το προϊόν τοποθετείται σε στεγανούς θαλάμους και η πίεση μειώνεται σε 5 – 10 τογτ. Το νερό εξατμίζεται και το προϊόν ψύχεται με την αφαίρεση της λανθάνουσας θερμότητας που προκαλεί η εξάτμιση του νερού από την επιφάνεια των φύλλων.

Άλλη μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η πρόψυξη με βεβιασμένη κίνηση ψυχρού αέρα. Δημιουργείται δηλαδή διαφορά πίεσης στις δύο αντίθετες πλευρές του κιβωτίου. Η διαφορά πίεσης δημιουργεί ένα ισχυρό ρεύμα αέρα που κυκλοφορεί όχι μόνο γύρω από τα κιβώτια αλλά και μέσα στη φυτική μάζα.

Το προϊόν με αυτή τη μέθοδο ψύχεται στο 1 / 4 με 1 / 10 του χρόνου που θα χρειαζόταν σε ένα κοινό ψυγείο. Άλλες μέθοδοι είναι η υδρόψυξη (με κινούμενο ψυχρό νερό) και η πρόψυξη με πάγο.

Το σπανάκι για τη διατήρησή του χρειάζεται χαμηλές θερμοκρασίες 0 °C και υψηλή σχετική υγρασία 90-95%. Αυτές θεωρούνται άριστες συνθήκες για τη διατήρησή του και κάτω από αυτές το σπανάκι μπορεί να διατηρηθεί σε καλή κατάσταση για 10-14 ημέρες.

2.6. Θρεπτική και διατροφική αξία του σπανακιού

Το σπανάκι είναι ένα φυλλώδες λαχανικό που έχει ευρύ βαθύ - πράσινα φύλλα. Αυτό το λαχανικό είναι μια ετήσια καλλιέργεια που ωριμάζει γρήγορα.

Το σπανάκι είναι πλούσιο στις βιταμίνες και τα ανόργανα άλατα, ιδιαίτερα folate (φολικό οξύ), τη βιταμίνη Κ, τη βιταμίνη Α, το ασβέστιο, το φώσφορο, το σίδηρο και το κάλιο, το μαγνήσιο, το μαγγάνιο και περιέχει επίσης περισσότερη πρωτεΐνη από τα περισσότερα λαχανικά.

Τα χημικά συστατικά του σπανακιού είναι ουσιαστικά **αμινοξέα**, **σίδηρος**, **βιταμίνη Α**, **φολικό οξύ**, τη, **thiamin**, τη **ριβοφλαβίνη**, και **niacin**.

Το ασβέστιο, ο φώσφορος, ο σίδηρος, το νάτριο, και το κάλιο βρίσκονται επίσης στα πράσινα φύλλα του σπανακιού.

Είναι ένα λαχανικό που παρέχει την ίδια ποσότητα της πρωτεΐνης όπως το κρέας, τα ψάρια, τα αυγά και του κοτόπουλου.

Η ανάλυση σπανακιού δίνει την ακόλουθη σύνθεση:

Υγρασία	92.1%
Πρωτεΐνη	2.0%
Ίνα	0.6%
Υδατάνθρακας	2.9%
Φώσφορος	20 mg
Λίπος	0.7%
Ασβέστιο	75 mg
Βιταμίνη C	30 mg
Σίδηρος	11 mg

Το σπανάκι όπως και άλλα φυλλώδη λαχανικά συγκεντρώνει στα φύλλα του άζωτο υπό μορφή νιτρικών. Η συγκέντρωση αυτή στους μίσχους του σπανακιού μπορεί να φτάσει σε τοξικά για τον άνθρωπο επίπεδα, γεγονός που συνήθως αποδίδεται στις μεγάλες ποσότητες νιτρικών και αμμωνιακών λιπασμάτων που εφαρμόζονται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Τα νιτρικά κατά τη διαδικασία της πέψης στο στομάχι, μετατρέπονται σε νιτρώδη τα οποία οξειδώνουν την αιμογλοβίνη και σχηματίζουν τη μεθαιμογλοβίνη.

Η ένωση αυτή είναι υπεύθυνη για την πρόκληση θανατηφόρου ασθένειας που ονομάζεται μεθαιμογλοβουραιμία και προκαλεί σοβαρό πρόβλημα στα μηρυκαστικά. Επιπλέον η νιτρώδης μορφή του αζώτου μπορεί να οδηγήσει στο σχηματισμό νιτροζαμινών, οι οποίες είναι καρκινογόνες.

Την συγκέντρωση νιτρικών ευνοούν η χαμηλή ηλιοφάνεια και οι χαμηλές θερμοκρασίες σε συνδυασμό με αύξηση της αζωτούχου λίπανσης.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό του σπανακιού είναι ότι έχει υψηλή περιεκτικότητα σε αδιάλυτα οξαλικά άλατα. Το οξαλικό ασβέστιο είναι ο συνηθέστερος τύπος ο οποίος συναντάται σε υψηλότερα ποσοστά στο σπανάκι από οποιοδήποτε άλλο φυτό και πιθανόν να επηρεάζει την απορρόφηση του Ca από το φυτό.

- Το σπανάκι είναι μια πηγή άριστης ποιότητας σιδήρου και συμβάλλει στο σχηματισμό του αίματος. Έτσι, είναι πολύ χρήσιμο στην αναιμία.
- Το σπανάκι είναι μια καλή πηγή ασβεστίου και άλλα αλκαλικά στοιχεία απαραίτητα να κρατήσουν τους ιστούς καθαρούς και να διατηρήσουν την αλκαλικότητα αίματος. Έτσι, είναι ένα αντιοξύ επίσης.
- Το σπανάκι φροντίζει επίσης τα μάτια μας δεδομένου ότι περιέχει τη βιταμίνη Α σε καλό ποσό. Επομένως, βοηθά στον έλεγχο της τύφλωσης και άλλων προβλημάτων των ματιών

- Το σπανάκι είναι μια πλούσια πηγή φυλικού όξινο και χρήσιμο κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης και της γαλακτοπαραγωγής. Η κανονική χρήση του σπανακιού κατά τη διάρκεια των βοηθειών εγκυμοσύνης αποτρέπει την ανεπάρκεια του φυλικού οξέος, η έλλειψη του οποίου μπορεί να προκαλέσει την άμβλωση, τη συντομία της αναπνοής, την απώλεια βάρους και τη διάρροια. Αυξάνει επίσης την παραγωγή του γάλακτος κατά τη διάρκεια της γαλακτοπαραγωγής.
- Ο χυμός σπανακιού καθαρίζει την πεπτική οδό με την απομάκρυνση του συλλεχθέντος προϊόντος αποβλήτων. Τρέφει τα έντερα και τονίζει τις μετακινήσεις τους. Είναι, επομένως, μια άριστη θεραπεία τροφίμων για τη δυσκοιλιότητα.

2.7. ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

2.7.1. Μυκητολογικές ασθένειες

Ασθένειες εδάφους

2.7.1.1. Τήξη σπορίων και φυταρίων

Είναι μύκητας εδάφους. Η ασθένεια εκδηλώνεται πριν ή μετά το φύτευμα των νεαρών φυταρίων. Στην πρώτη περίπτωση ο σπόρος σαπίζει πριν βλαστήσει ή βλαστάνει αλλά το νεαρό φυτάριο σαπίζει πριν εξέλθει από την επιφάνεια του εδάφους.

Σε νεαρά φυτά η προσβολή εκδηλώνεται με μαρασμό των φύλλων και την εμφάνιση υδατώδους κηλίδας στην περιοχή του λαιμού. Η κηλίδα μεγαλώνει με την ανάπτυξη του φυτού, το περιβάλλει ολόκληρο και εξελίσσεται σε μαλακή σήψη των ιστών με αποτέλεσμα το «λιώσιμο» (τήξη) του φυτού και την κατάρρευσή του.

Αίτιο: Η ασθένεια οφείλεται σε διάφορους μύκητες εδάφους συνήθως όμως σε μύκητες του γένους *Pythium*, που προσβάλουν το σπανάκι και όλο το σύνολο των κηπευτικών.

Συνθήκες ανάπτυξης: Η ασθένεια ευνοείται από παρατεταμένη υψηλή εδαφική υγρασία και σχετικά χαμηλή θερμοκρασία.

Καταπολέμηση:

- Απολύμανση του εδάφους με κατάλληλα βιολογικά απολυμαντικά.
- Καλός αερισμός και αποφυγή υπερβολικής εδαφικής υγρασίας.
- Μεταφύτευση υγιών φυτών.
- Απομάκρυνση και καταστροφή προσβεβλημένων φυτών.
- Εφαρμογή λιγότερων αρδεύσεων.

2.7.1.2. Προσβολές από μύκητες του γένους *Phytophthora*

Οι μύκητες προσβάλλουν τα φυτά σε όλα τα στάδια της ανάπτυξής τους τόσο στο σπορείο όσο και στον αγρό ή το θερμοκήπιο.

Τα μολυσμένα φυτά εμφανίζουν συμπτώματα «δίψας» και κακής θρέψης και γίνονται αδύναμα. Η ασθένεια εκδηλώνεται συνήθως στη βάση του στελέχους (λαιμό), με μορφή υδατώδους κηλίδας, αρχικά σκουροπράσινης και αργότερα καστανής, συνήθως ελαφρά βυθισμένης.

Όταν έχουμε ολοκληρωτική προσβολή, τα κατώτερα φύλλα πέφτουν και ολόκληρο το φυτό καταρρέει.

Αίτιο: Οφείλεται σε μύκητες του γένους *Phytophthora* και συγκεκριμένα για το σπανάκι :

- *P. cryptogea*
- *P. megasperma*

Συνθήκες ανάπτυξης: Υψηλή εδαφική υγρασία και σχετικά χαμηλής θερμοκρασίας 15-20 °C.

Καταπολέμηση: Ίδια με την «τήξη σπορείων».

2.7.1.3. Ριζοκτονίαση

Οι μόλυνση εμφανίζεται με νέκρωση των νεαρών φυτών. Σε μεγαλύτερα φυτά, η ασθένεια εκδηλώνεται με τη μορφή ερυθρωπών κηλίδων στις ρίζες και στο στέλεχος ακριβώς κάτω από το έδαφος ή στην περιοχή του λαιμού που εξελίσσονται σε ελαφρά βυθισμένες ερυθροκαστανές ή καστανές νεκρωτικές περιοχές (έλκη), με σαφή όρια και ξηρή σύσταση.

Τα φυτά παρουσιάζουν καχεξία, χλώρωση και ξηραίνονται.

Αίτιο : Οφείλεται σε μύκητες του γένους *Rhizoctonia solani* .

Συνθήκες ανάπτυξης: Σε θερμοκρασία 15-18 °C , ενώ η ασθένεια εκδηλώνεται εντονότερα σε συνθήκες μέτριας εδαφικής υγρασίας.

Καταπολέμηση: Ίδια με την «τήξη σπορείων».

2.7.1.4. Σκληρωτίαση

Η προσβεβλημένοι ιστοί εμφανίζουν καστανή μαλακή σήψη η οποία γρήγορα καλύπτεται από πλούσιο λευκό μικκύλιο. Ανάμεσα στις ιφές σχηματίζονται μικρά σφαιρικά, αρχικά λευκά και στη συνέχεια καστανά, σκληρώτια τα οποία μοιάζουν με σπόρους σιναπιού.

Αίτιο : Οφείλεται σε μύκητες του γένους **Sclerotium** και συγκεκριμένα στο **S. rolfsii**, που προσβάλλει σχεδόν όλα τα κηπευτικά.

Συνθήκες ανάπτυξης: Ευνοείται από υψηλή θερμοκρασία 28-35 και εδαφική υγρασία.

Καταπολέμηση: Για την αντιμετώπιση της ασθένειας συνιστώνται καλλιεργητικά μέτρα, όπως:

- Περιορισμός της εδαφικής υγρασίας με καλή αποστράγγιση, αραιή φύτευση, περιορισμός των αρδεύσεων.
- Αμειψισπορά 3-4 ετών με σιτηρά που δεν προσβάλλονται από το παθογόνο.
- Χρονική μετατόπιση των καλλιεργειών σε φθινοπωρινές, όπου η ασθένεια δεν ευνοείται λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών.
- Απομάκρυνση και καταστροφή των προσβεβλημένων φυτών.
- Προληπτική απολύμανση του εδάφους με βιολογικά απολυμαντικά ή ηλιοαπολύμανση.

Ασθένειες φυλλώματος

2.7.1.5. Περονόσπορος

Η ασθένεια εκδηλώνεται με τοπικές και διασυστηματικές μολύνσεις και σε γενικές γραμμές προσβάλλουν όλα τα εναέρια όργανα των φυτών, σ' όλα τα στάδια της ανάπτυξής τους.

Στα φύλλα εμφανίζονται υδατώδεις ή υποκίτρινες, ακανόνιστου σχήματος και ασαφούς περιφέρειας περιοχές (λαδιές), οι οποίες γρήγορα αποκτούν χρώμα καστανό έως μαύρο.

Με υγρό καιρό, στην αντίστοιχη κάτω επιφάνεια, αναπτύσσεται αραιή εξάνθηση με χρώμα λευκό έως ιώδες – τεφροιώδες, αποτελούμενη από κονιδιοφόρους και κονίδια που βγαίνουν από τα στομάτια.

Με ξηρό καιρό δεν εμφανίζεται εξάνθηση, το προσβεβλημένο τμήμα του ελάσματος συρρικνώνεται, αποξηραίνεται και θρυμματίζεται.

Αίτιο : Οφείλεται σε μύκητες του της τάξης **Peronosporales** και συγκεκριμένα από την οικογένεια **Peronosporaceae**.

- **Peronospora parasitica**
- **P. spinaciae**

Συνθήκες ανάπτυξης: Ευνοείται από υψηλή υγρασία και χαμηλή θερμοκρασία.

Καταπολέμηση: Για την αντιμετώπιση της ασθένειας συνιστώνται καλλιεργητικά μέτρα που αποσκοπούν στη μείωση του αρχικού μολύσματος.

- Καταστροφή των υπολειμμάτων της καλλιέργειας.
- Καταστροφή των αυτοφυών φυτών όπου μπορεί να διαχειμάσει το παθογόνο.
- Χρήση υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού.
- Αμειψισπορά.
- Καλή στράγγιση του εδάφους.
- Μείωση της υγρασίας.

2.7.1.6. Ανθρακνώσεις

Η ασθένεια εκδηλώνεται στα φύλλα με τη μορφή κυκλικών ή γωνιωδών, ερυθροκάστανων νεκρωτικών κηλίδων που συχνά συνενώνονται προκαλώντας την καταστροφή ολόκληρου του ελάσματος. Στους μίσχους και τα στελέχη, οι κηλίδες είναι επιμήκεις, καστανές και ελαφρά βυθισμένες.

Στο κέντρο των κηλίδων σχηματίζονται μικρά μαύρα στίγματα, που είναι τα ακάρβουλα του μύκητα από τα οποία, σε συνθήκες υψηλής υγρασίας, εξέρχονται ρόδινες μάζες σπορείων.

Αίτιο : Οφείλεται σε μύκητες του γένους **Colletotrichum** και συγκεκριμένα για το σπανάκι :

- **C. spinaciae**

Συνθήκες ανάπτυξης: Η ασθένεια ευνοείται από ζεστό καιρό ενώ σε ξηρές συνθήκες συνήθως δεν αποτελούν πρόβλημα.

Καταπολέμηση: Συνιστώνται διάφορα καλλιεργητικά μέτρα όπως :

- Χρήση υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού.
- Αμειψισπορά.
- Καταστροφή των υπολειμμάτων της καλλιέργειας.
- Απολύμανση σπόρου με κατάλληλα βιολογικά σκευάσματα.

2.7.1.7. Σεπτορίωση

Η ασθένεια εκδηλώνεται με τη μορφή κυκλικών ή ακανόνιστων κηλίδων κυρίως των κατώτερων αρχικά φύλλων και σπανιότερα στους μίσχους, τους κάλυκες και τους βλαστούς.

Οι κηλίδες είναι αρχικά υδατώδεις αλλά γρήγορα εξελίσσονται σε καστανέρυθρες, νεκρωτικές με ασαφή περιθώριο, περιβάλλονται από κίτρινη ζώνη και στο κέντρο τους σχηματίζονται τα μαύρα πυκνίδια του μύκητα.

Αίτιο : Οφείλεται σε μύκητες του γένους **Septoria** και συγκεκριμένα για το σπανάκι :

- **S. spinaciae**

Συνθήκες ανάπτυξης: Τα πικνίδια (σπόρια) μεταφέρονται στα φύλλα των φυτών με τη βροχή ή το νερό της άρδευσης και τις καλλιεργητικές φροντίδες ενώ η ασθένεια ευνοείται σε συνθήκες υψηλής υγρασίας και από ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασίας (10-27 °C) .

Καταπολέμηση:

- Καταστροφή των υπολειμμάτων της καλλιέργειας.
- Χρήση υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού.
- Κατάλληλες εφαρμογές κατά των ζιζανίων.

2.7.2. Ιολογικές ασθένειες

2.7.2.1. Μωσαϊκό της αγγουριάς (CMV)

Ο κύριος ιός που συναντάται στο σπανάκι είναι ο ιός του μωσαϊκού της αγγουριάς (cucumber mosaic virus, CMV) .

Τα προσβλημένα φυτά εμφανίζουν χλώρωση, καρούλιασμα των φύλλων προς τα κάτω, νανισμό, νέκρωση της κορυφής και τελικά αποξηραίνονται.

Συνθήκες ανάπτυξης: Ο ιός αυτός μεταδίδεται με την πράσινη αφίδα (*Myzus persicae*). Ευνοείται από υψηλή θερμοκρασία, μεγάλες ημέρες και μεγάλη ένταση φωτισμού.

Καταπολέμηση:

- Η καταπολέμηση των αφίδων με τη εξάπλωση στην καλλιέργεια ωφέλιμων – αρπακτικών εντόμων.
- Η χρησιμοποίηση υγιούς σπόρου και φυταρίων κατά τη μεταφύτευση.
- Καταπολέμηση των ζιζανίων.
- Αποφυγή επαφής υγιών φυτών με τα χέρια ύστερα από επαφή με μολυσμένα φυτά, εκτός αν πλυθούν με σαπούνι ή μέσα σε λουτρό γάλακτος.
- Προστασία των καλλιεργειών από έντομα – φορείς με εντομοστεγείς παγίδες.

2.7.3. Εντομολογικές ασθένειες

Έντομα φυλλώματος

2.7.3.1. Αφίδες ή μελίγκρες

Τα συμπτώματα των φυτών από την προσβολή των αφίδων είναι κιτρίνισμα, μαρασμός, ξήρανση και παραμορφώσεις των φύλλων και των εκπτισσόμενων βλαστών.

Επιπλέον οι αφίδες είναι φορείς πολλών σημαντικών ιώσεων (με έμμεσο ή άμεσο τρόπο), ενώ με την έκκριση μελιτωδών ουσιών συμβάλλουν στην ανάπτυξη της καπνιάς η οποία περιορίζει τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φύλλων.

Αίτιο : Οφείλεται στην πράσινη αφίδα (***Myzus persicae***) και στην μαύρη αφίδα των κουκιών (***Aphis fabae***).

Καταπολέμηση:

- Η καταπολέμηση των αφίδων με τη εξάπλωση στην καλλιέργεια ωφέλιμων – αρπακτικών εντόμων.
- Καταπολέμηση των ζιζανίων – ξενιστών.

Νηματώδεις υπόγειου τμήματος

2.7.3.2. Προσβολές από νηματώδεις του γένους *Heterodera*

Τα προσβλημένα φυτά εμφανίζουν χλώρωση, καχεξία, μαρασμό και συχνά ξήρανση της περιφέρειας των φύλλων και των μεσονεύριων διαστημάτων, κυρίως σαν αποτέλεσμα έλλειψης νερού.

Στις ρίζες και κυρίως στα ριζικά τριχίδια δεν παρατηρούνται εξογκώματα όπως του γένους *Meloidogyne*, αλλά γιγάντια κύτταρα που διακρίνονται εύκολα, ακόμα και με γυμνό μάτι και γενικότερα οι ρίζες εμφανίζουν γενική καταστροφή.

Αίτιο :

- ***H. schachtii*.**

Καταπολέμηση:

- Η χρησιμοποίηση υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού.
- Αναστροφή των φυτών με άροση μετά τη συγκομιδή ώστε οι ρίζες να εκτεθούν στον ήλιο και τον αέρα.
- Αμειψισπορά με ανθεκτικά σιτηρά.
- Καταστροφή των ζιζανίων – ξενιστών.

3. ΛΙΠΑΝΣΗ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ

3.1. Γενικά

Το έδαφος αποτελεί το βασικό υπόστρωμα ανάπτυξης των καλλιεργειών. Εφοδιάζει το ριζικό σύστημα με διαθέσιμα θρεπτικά στοιχεία και με νερό και επί πλέον παρέχει σ' αυτό μηχανική στήριξη.

Η ικανότητα αυτή του εδάφους με την πάροδο του χρόνου μειώνεται, με αποτέλεσμα την απομάκρυνση των θρεπτικών του στοιχείων μέσω των συγκομιζόμενων προϊόντων και των φυσικών εκροών (απωλειών) λόγω: α) της έκπλυσης, β) της εξαέρωσης, γ) απονιτροποίησης και δ) διάβρωσης του εδάφους.

Ακόμα, η εξέλιξη της γεωργίας και η δημιουργία νέων βελτιωμένων ποικιλιών έχουν ως αποτέλεσμα την εξάντληση της γονιμότητας του εδάφους, και μείωση της παραγωγικότητας του.

Βασική συνέπεια αυτών είναι η απώλεια των θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος. Έτσι δημιουργείται η ανάγκη συμπλήρωσης των στοιχείων, με την προσθήκη λιπασμάτων.

Πρόκειται για μια γεωργική πρακτική όπου έχει σαν σκοπό να κατευθύνει και να ρυθμίζει τη γονιμότητα του εδάφους, να ικανοποιεί τις ανάγκες σε θρεπτικά στοιχεία της καλλιέργειας, να βοηθά στην αειφορία του εδάφους και τέλος να καθορίζει τις ποσότητες των λιπασμάτων για να μην δημιουργούνται δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η σωστή και αποτελεσματική λίπανση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως:

- τη γνώση των θρεπτικών στοιχείων που χρειάζεται κάθε φυτό
- την διαθεσιμότητα των στοιχείων που έχει το έδαφος
- των φυσικών, χημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών του εδάφους
- την αλληλεπίδραση μεταξύ των θρεπτικών στοιχείων και λιπασμάτων με το νερό
- των οικονομικών παραγόντων
- της προστασίας του περιβάλλοντος

3.1.1. Ο ρόλος των κύριων θρεπτικών στοιχείων και ιχνοστοιχείων.

Για μια περίοδο μεγαλύτερη από 150 χρόνια, οι ερευνητές ασχολήθηκαν με τη μελέτη των θρεπτικών στοιχείων, που είναι αναγκαία και απαραίτητα για την αύξηση και ανάπτυξη των φυτών.

Πραγματοποιήθηκαν λεπτομερείς μελέτες, ώστε να καθορίσουν, ποια στοιχεία είναι βασικά, πώς προσλαμβάνονται από τα φυτά, πως χρησιμοποιούνται, γιατί είναι βασικά και ποιες είναι οι επιπτώσεις στα φυτά, όταν απουσιάζει ένα βασικό στοιχείο.

Στα μέσα του 1880 καθορίστηκε ότι τουλάχιστον 11 από τα χημικά στοιχεία, που βρίσκονταν στα φυτά, ήταν απαραίτητα για την κανονική τους αύξηση και ανάπτυξη. Απουσία κάποιου στοιχείου είχε ως αποτέλεσμα να εκδηλώνονται χαρακτηριστικές ανωμαλίες στην αύξηση των φυτών (τροφοπενίες), ενώ τις περισσότερες φορές δεν ολοκλήρωναν τον κύκλο της ζωής τους κανονικά.

Τα 11 αυτά στοιχεία είναι ο άνθρακας (C), το υδρογόνο (H), το οξυγόνο (O), το άζωτο (N), ο φώσφορος (P), το κάλιο (K), νάτριο (Na), το ασβέστιο (Ca), το μαγνήσιο (Mg), ο σίδηρος (Fe) και το θείο (S).

Χαρακτηρίστηκαν ως απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία για την αύξηση και ανάπτυξη των φυτών.

Από τότε μέχρι και σήμερα έχει διαπιστωθεί η αναγκαιότητα και άλλων στοιχείων, τα οποία όμως στην πλειονότητά τους χρειάζονται σε πολύ μικρές ποσότητες και είναι ο χαλκός (Cu), ο ψευδάργυρος (Zn), το μαγγάνιο (Mn), ο μόλυβδος (Mo), το χλώριο (Cl) και το βόριο (B).

Για την αύξηση και ανάπτυξη των φυτών απαιτούνται 17 περίπου θρεπτικά από τα οποία ο άνθρακας C, το οξυγόνο O και το υδρογόνο H, βρίσκονται σε αφθονία στο περιβάλλον.

Με βάση τις συνήθεις συγκεντρώσεις στα φυτά, τα απαραίτητα ανόργανα θρεπτικά συστατικά μπορεί να διαιρεθούν σε δύο μεγάλες ομάδες τα μακροστοιχεία και τα μικροστοιχεία ή ιχνοστοιχεία. Γενικά, τα μακροστοιχεία είναι τα στοιχεία που απαιτούνται σε μεγάλες ποσότητες και τα μικροστοιχεία (ιχνοστοιχεία) εκείνα που απαιτούνται σε πολύ μικρές ποσότητες ή ίχνη.

Στην κατηγορία των *μακροστοιχείων* ανήκουν ο άνθρακας (C), το οξυγόνο (O), το υδρογόνο (H), το άζωτο (N), ο φώσφορος (P), το κάλιο (K), το νάτριο (Na), το ασβέστιο (Ca) και το μαγνήσιο (Mg).

Στην κατηγορία των *μικροστοιχείων ή ιχνοστοιχείων* ανήκουν τα άλλα οκτώ στοιχεία τα οποία είναι: ο σίδηρος (Fe), ο χαλκός (Cu), ο ψευδάργυρος (Zn), το μαγγάνιο (Mn), το μολυβδαίνιο (Mo), το χλώριο (Cl), το θείο (S) και το βόριο (B).

Στην ενότητα που ακολουθεί θα γίνει μια σύντομη αναφορά σε όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία με εξαίρεση το άζωτο (N) και το χαλκό (Cu), όπου θα παρουσιαστεί εκτενώς ο ρόλος τους στον φυτικό μεταβολισμό καθότι, αποτελούν το αντικείμενο αυτής της πτυχιακής εργασίας.

3.2. Αζωτο (N)

3.2.1. Ο ρόλος του αζώτου

Το άζωτο (N) είναι ένα από τα απαραίτητα στοιχεία για τη θρέψη του φυτού και αυτό φαίνεται από το γεγονός ότι είναι βασικό συστατικό πολλών οργανικών ενώσεων του κυττάρου, μεταξύ των οποίων οι πρωτεΐνες, που αποτελούν το κύριο μέρος του πρωτοπλάσματος και τα νουκλεϊνικά οξέα, που περιέχουν την κωδικοποιημένη γενετική πληροφορία.

Οι δύο αυτές μεγάλης σημασίας αζωτούχες ουσίες (πρωτεΐνες και νουκλεϊνικά οξέα) αποτελούν τα κλειδιά της ζωής κάθε έμβιου οργανισμού.

Το άζωτο επίσης αποτελεί αναγκαίο συστατικό πολλών οργανικών ουσιών του φυτικού κυττάρου, όπως χλωροφύλλης, αλκαλοειδών και μερικών ορμονών ενώ παράλληλα βρίσκεται σε όλα τα αμινοξέα και τα ένζυμα.

Τα αζωτούχα λιπάσματα παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον στη γεωργία, αφού βρέθηκε ότι η αύξηση και η παραγωγικότητα των φυτών επηρεάζεται κατά μεγάλο ποσοστό από τη διαθεσιμότητα του αζώτου.

Το άζωτο δεν υπάρχει στο χώμα με φυσική ορυκτή μορφή όπως οι άλλες θρεπτικές ουσίες. Πρέπει να προέλθει από τον αέρα. Αφαιρείται από την ατμόσφαιρα κυρίως με τη διαδικασία της **αζωτοδέσμευσης** και επιστρέφει στην ατμόσφαιρα με τη διαδικασία της **απονιτροποίησης**.

Για το λόγο αυτό οι περισσότερες καλλιέργειες δεν μπορούν να πάρουν ή να χρησιμοποιήσουν το άζωτο από τον αέρα με τη στοιχειώδη μορφή του. Πρέπει πρώτα να γίνει χημικά σταθερό ή συνδυασμένο με ένα ή περισσότερα στοιχεία όπως το υδρογόνο να διαμορφωθεί το αμμώνιο (NH_4) ή το οξυγόνο για να διαμορφώσει το νιτρικό άλας (NO_3) προτού να μπορέσουν να το χρησιμοποιήσουν τα φυτά.

Οι φυσικές πηγές μέσω των οποίων το άζωτο από τον αέρα έρχεται στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον του φυτού είναι : μια μικρή ποσότητα αζώτου συνδυάζεται με το οξυγόνο ή το υδρογόνο κατά τη διάρκεια των ηλεκτρικών θελλών, αλλά οι κύριες πηγές φυσικού ανεφοδιασμού αζώτου έρχονται μέσω της σταθεροποίησης του αζώτου από τα βακτηρίδια που βρίσκονται στο έδαφος και από τα ζωικά ή φυτικά υπολείμματα.

Εκτιμάται ότι 25 * 10⁶ τόνοι αζώτου αφαιρούνται ετησίως από τα εδάφη των Η.Π.Α με την απονιτροποίηση και την έκπλυση των εδαφών και 3*10⁶ τον. αζώτου προστίθενται ετησίως, υπό μορφή λιπασμάτων (λιπάσματα, κοπριά, ούρα) για την αποκατάσταση της γονιμότητας.

Στη φύση η αζωτοδέσμευση γίνεται από μερικά γένη βακτηρίων (και κυανοπράσινων φυκών). Τα ανώτερα φυτά δεν ανέπτυξαν την ικανότητα για αζωτοδέσμευση, αν και μερικά συμμετέχουν έμμεσα με συμβίωση με τα βακτήρια.

Η πιο γνωστή περίπτωση είναι αυτή των ψυχανθών με τα βακτήρια του γένους *Rhizobium*.

Εκτός από τα αζωτοβακτήρια που ζουν σε συμβίωση με τα ψυχανθή υπάρχουν και άλλα βακτήρια που έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν ατμοσφαιρικό άζωτο. Τα βακτήρια αυτά δεν συμβιώνουν με ζώντες οργανισμούς και για τις τροφές τους χρησιμοποιούν τις αποσυντιθεμένες οργανικές ουσίες του εδάφους.

Η δέσμευση αζώτου από τα βακτήρια αυτά, καλείται μη συμβιωτική, το δε άζωτο που δεσμεύεται αποβαίνει χρήσιμο για τα φυτά μόνο αφού προηγουμένως πεθάνουν τα βακτήρια.

Άλλα βακτήρια συμβιώνουν με άλλους ξενιστές και άλλα ζουν ελεύθερα στο έδαφος ή στο νερό. Ανάμεσα τους έχουμε αερόβια, αναερόβια αλλά και φωτοσυνθετικά βακτήρια.

Όλοι οι παραπάνω οργανισμοί δεσμεύουν το άζωτο δίνοντας αμμωνία σε φυσιολογικές συνθήκες 25 °C και πίεση 1 Atm. σύμφωνα με την αντίδραση:



Εκτός του αμμωνιακού και του νιτρικού αζώτου το φυτό δύναται να προσλάβει και N υπό μορφή αμινών και αμιδών όπως αυτό αποδείχτηκε από πειράματα σε υδατόκαλλιέργειες. Οι αμίνες και τα αμίδια δύνανται να προσληφθούν απευθείας υπό τη ρίζα του φυτού χωρίς να διασπασθούν και να χρησιμοποιηθούν υπό αυτή τη μορφή προς σύνθεση λευκωμάτων.

Από φυσιολογικής απόψεως, το άζωτο είναι στοιχείο απαραίτητο για τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων και για την ανάπτυξη των φυτικών οργάνων. Στους νέους ιστούς βρίσκεται σε μεγαλύτερη ποσότητα και έτσι εξηγείται η εντατική ανάγκη σε άζωτο των νέων φυτών.

Όσο προχωρεί το φυτό σε ηλικία, η αναλογία της κυτταρίνης αυξάνει, ενώ η αναλογία του αζώτου επί τοις εκατό της ξηράς ουσίας μειώνεται, αυξανομένης της σχέσης του άνθρακα προς το άζωτο. Στα φύλλα η αναλογία του αζώτου μειώνεται ταχέως από την αρχή της άνθησης.

3.2.2. Η επίδραση του αζώτου στα φυτά

α) Στα φύλλα

Το άζωτο είναι το στοιχείο που δίνει στο φυτό το σκούρο πράσινο χρώμα και προκαλεί την ταχεία ανάπτυξή του. Τα σωστά ποσά άζωτο αυξάνουν την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, των φυτικών μερών, του σπόρου και των καρπών.

Για κηπευτικά φυτά, ειδικά καλλιεργούμενα για το φύλλωμα και το στέλεχος τους όπως τα σέλινα, μαρούλια, κουνουπίδια η αζωτούχος λίπανση είναι σημαντική, καθότι ανεπάρκεια αζώτου συνεπάγεται μικρή ανάπτυξη της βλάστησης τους.

Στην περίπτωση των σιτηρών, η σχέση του καρπού προς το άχυρο είναι κανονική όταν η καλλιέργεια τους αναπτύσσεται με κανονικές ποσότητες αζώτου. Αντιθέτως, σε περίπτωση ανεπάρκειας αζώτου, το στέλεχος μένει βραχύ και τα φύλλα μικρά, το δε βάρος του άχυρου σε σχέση με το βάρος του καρπού είναι μικρότερο.

Η έλλειψη αζώτου χαρακτηρίζεται από το ελαφρύ, κιτρινωπό-πράσινο χρώμα του φυτού και την επισκιασμένη αύξησή του. Η μεγάλη έλλειψη του στοιχείου θα προκαλέσει το κάψιμο των φύλλων και περισσότερο στη βάση του φυτού. Το κάψιμο αρχίζει από την άκρη των κατώτατων φύλλων και προχωρά κάτω κατά μήκος του φύλλου.

β) Στα άνθη

Η ανάπτυξη των ανθέων επιβραδύνεται από τη χρήση άφθονης αζωτούχου λίπανσης. Συνήθως τα περισσότερα φυτά σε ορισμένο στάδιο της αναπτύξεως τους παύουν να παράγουν νέους βλαστούς και φύλλα, αρχίζουν δε να παράγουν άνθη και καρπούς, για την ανάπτυξη σπόρων. Εάν το φυτό εφοδιάζεται συνεχώς με άμεσα απορροφήσιμο άζωτο και σε όση ποσότητα δύναται να χρησιμοποιήσει κατά το χρόνο που αρχίζουν να αναπτύσσονται οι ανθοφόροι οφθαλμοί η λειτουργία του σχηματισμού των ανθέων σταματά, αναμενόμενης της δημιουργίας βλαστήσεως και φυλλώματος. Υπό αυτές τις συνθήκες προκαλείται μείωση της καρποφορίας.

γ) Επί της επιβραδύνσεως της ωρίμανσης

Μεγάλες ποσότητες απορροφήσιμου αζώτου επιβραδύνουν την ωρίμανση ώστε να οδηγήσει στην ανάπτυξη στελεχών και φυλλώματος εις βάρος των ανθέων και καρπών. Καλλιέργεια αναπτυσσόμενη σε έδαφος πλούσιο σε άζωτο, πάντοτε οδηγείται προς όψιμη ωρίμανση, δείχνει μεγάλη ανάπτυξη στελέχους και φυλλώματος, η οποία στην περίπτωση των σιτηρών οδηγεί στο πλάγιασμα ως συνέπεια ανάπτυξης μεγάλων μεσογονατίων διαστημάτων.

δ) Στη ρύθμιση της γενικής ανάπτυξης του φυτού

Αποτέλεσμα της επιδράσεως του αζώτου επί του φυλλώματος των φυτών είναι η ρύθμιση της γενικής αναπτύξεως όλου του φυτού και συνεπώς της ποσότητας των θρεπτικών στοιχείων τα οποία δύναται να χρησιμοποιήσει το φυτό. Παραδείγματος χάρη, η ποσότητα η οποία θα χρησιμοποιηθεί από μία καλλιέργεια ρυθμίζεται σύμφωνα με το νόμο του ελαχίστου από τη ποσότητα του αζώτου η οποία προσφέρεται προς χρησιμοποίηση από τα φυτά, και είναι ανεξάρτητη των πιθανώς μεγάλων ποσοτήτων διαθέσιμου καλίου και φωσφόρου του εδάφους.

ε) Στην ποιότητα του προϊόντος

Η ποιότητα των προϊόντων επηρεάζεται από την ποσότητα του χρησιμοποιημένου αζώτου. Μεγάλες ποσότητες αζώτου προκαλούν μαλθακότητα των ιστών η οποία αναλόγως του προϊόντος δύναται να είναι επιθυμητή ή ανεπιθύμητη. Στις περιπτώσεις καλλιεργειών με εύχυμα και τρυφερά προϊόντα, η χρήση μεγάλων ποσοτήτων αζώτου ενδείκνυται (διάφορα φυλλώδη λαχανικά όπως μαρούλι, σέλινο, σπανάκι, σπαράγγι κλπ.). Λάχανα και παρόμοια λαχανικά με χρήση μεγάλων ποσοτήτων νιτρικού αζώτου, αυξάνουν ταχέως και καθίστανται νόστιμα, τρυφερά και αφράτα. Αντιθέτως, μερικά φρούτα και λαχανικά δείχνουν μικρότερη αντοχή στις μεταφορές, όταν αναπτύσσονται με υπερβολική ποσότητα αζώτου.

στ) Αντοχή των φυτών στις ασθένειες

Υπερβολικό άζωτο μειώνει την αντοχή των φυτών στις μυκητολογικές προσβολές όπως για παράδειγμα στη σκωρίαση των σιτηρών. Φυτώρια αναπτυσσόμενα με αποκλειστική λίπανση επί έτη με κοπριά, υπόκεινται σε μυκητολογικές προσβολές και ενίοτε σε εντομολογικές. Στα δένδρα όψιμη χρησιμοποίηση αζώτου δεν επιτρέπει την ωρίμανση της βλαστήσεως του έτους, διατρέχοντας κινδύνους από το ψύχος.

3.2.3 Μορφές αζώτου

Τα φυτά μπορούν να απορροφήσουν το άζωτο με τη μορφή των νιτρικών NO_3^- και αμμωνιακών NH_4^+ ιόντων. Ενώ όμως η αμμωνιακή μορφή δεν είναι συγκεντρώσιμη γιατί είναι τοξική στα φυτά, αντίθετα η νιτρική μορφή συγκεντρώνεται στα μιτοχόνδρια των κυττάρων επιτελώντας τρεις φυσιολογικές λειτουργίες :

- αντισταθμίζει τα θετικά φορτία των ιόντων νατρίου, ασβεστίου, καλίου, μαγνησίου.
- ασκεί ωσμορυθμιστική δράση.
- αποτελεί την απόθετη - αποθησαυριστική μορφή του αζώτου, για το φυτό.

Ενώ τα αμμωνιακά ιόντα που απορροφούνται από τα φυτά χρησιμοποιούνται άμεσα για τη σύνθεση των απαραίτητων αμινοξέων και άλλων αζωτούχων ουσιών, τα νιτρικά ιόντα πρέπει πρώτα να αναχθούν σε αμμωνιακά.

Το πρώτο στάδιο της αναγωγής των νιτρικών σε νιτρώδη καταλύεται από το ένζυμο **νιτρική αναγωγάση (nitrate reductase N.R)** η οποία μεταφέρει δύο ηλεκτρόνια από το NADH ή NADPH στο N των νιτρικών ιόντων, κατά το σχήμα :



Το ένζυμο αυτό που επιτελεί μια απλή αναγωγή είναι ένα μεγάλο και σύνθετο ένζυμο. Περιέχει FAD , ένα κυτόχρωμα και μολυβδένιο (Mo).

Ιδιαίτερο βάρος έχει δοθεί στη σημασία της δράσης του ενζύμου, καθότι από αυτό εξαρτάται η σύνθεση των πρωτεϊνών αλλά και η συσσώρευση των νιτρικών στα φυτά.

Στο δεύτερο στάδιο της αναγωγής τα νιτρώδη ανάγονται σε αμμωνιακά με το ένζυμο νιτρώδη αναγωγάση (nitrite reductase) και τη βοήθεια της φερεδοξίνης (Fd) και του φωτός, σύμφωνα με την αντίδραση:



Το ποσοστό των νιτρικών που δεν ανάγεται από τα ένζυμα μπορεί να συγκεντρωθεί στα κύτταρα αποτελώντας εφεδρική πηγή αζώτου για το φυτό, χωρίς να προκαλεί καμιά βλάβη. Το ποσοστό μάλιστα αυτό στα πρώτα στάδια ανάπτυξης των φυτών αποτελεί δείκτη της υγιεινής κατάστασης αλλά και της τελικής αποτελεσματικότητας της καλλιέργειας .

3.2.4. Μεταφορά του αζώτου στα φυτά

Το άζωτο μετά την απορρόφηση του από τη ρίζα μεταφέρεται με τα αγγεία του ξύλου στα ανώτερα μέρη του φυτού. Η μορφή με την οποία μεταφέρεται εξαρτάται από την απορροφώμενη μορφή και το μεταβολισμό της ρίζας.

Το $\text{NH}_4 - \text{N}$ (αμμωνιακό) αφομοιώνεται στους ιστούς της ρίζας και μεταφέρεται στο φυτό με τη μορφή αμινοξέων.

Το $\text{NO}_3 - \text{N}$ (νιτρικό) μπορεί να μεταφέρεται αυτούσιο στους βλαστούς και τα φύλλα, αλλά αυτό εξαρτάται από το αναγωγικό δυναμικό των ριζών.

Συνεπώς οι κύριες μορφές με τις οποίες το N μεταφέρεται στους αγωγούς ιστούς των φυτών είναι το $\text{NO}_3\text{-N}$ και τα αμινοξέα. Το 70-80% των αμινοξέων στο χυμό των αγγείων του ξύλου είναι πλούσια σε N, με σχέση N/C πάνω από 0.4.

Στα ψυχανθή που δεσμεύουν ατμοσφαιρικό N_2 , η κύρια μορφή με την οποία το αφομοιώσιμο N μεταφέρεται είναι η ασπαραγίνη. Σε μερικά όμως είδη, μεταξύ των οποίων και η σόγια, τα ουρείδια (αλλαντοΐνη και αλλαντοϊκό οξύ) είναι η κύρια μορφή με την οποία το N μεταφέρεται στο ξύλο μετά τη δέσμευση του ατμοσφαιρικού N_2 .

Στα αγγεία του ηθμού δεν υπάρχουν νιτρικά ανεξάρτητα της μορφής της αζωτούχου θρέψης και μόνο με τη μορφή αμινοξέων μεταφέρεται το N.

Το άζωτο μεταφέρεται κατά προτεραιότητα στα νεαρά φύλλα. Η ένταση του μεταβολισμού του N και ιδίως ο ρυθμός συνθέσεως πρωτεϊνών φαίνεται ότι καθορίζει την κατανομή του στα διάφορα μέρη του φυτού.

Όταν η παροχή του N μέσω των ριζών είναι ανεπαρκής, κινητοποιείται N από τα μεγάλης ηλικίας φύλλα και μεταφέρεται στα νεαρά όργανα του φυτού. Για το λόγο αυτό φυτά που υποφέρουν από έλλειψη N εμφανίζουν συμπτώματα πρώτα στα μεγαλύτερης ηλικίας φύλλα.

Στα φύλλα αυτά οι πρωτεΐνες έχουν υδρολυθεί και τα αμινοξέα που παρήχθησαν έχουν ανακατανεμηθεί στις αυξανόμενες κορυφές και τα νεαρά φύλλα. Η πρωτεόλυση προκαλεί συρρίκνωση των χλωροπλαστών και συνεπώς μείωση του ποσού της χλωροφύλλης.

Έτσι η χλώρωση των παλαιών φύλλων είναι το πρώτο σύμπτωμα της ανεπαρκούς αζωτούχου θρέψεως.

3.2.5. Παράγοντες που επιδρούν στη συγκέντρωση των νιτρικών και αμμωνιακών στα φυτά

Η συσσώρευση των νιτρικών στα φυτά με τη προϋπόθεση ότι τα νιτρικά αποτελούν τη κύρια μορφή του απορροφούμενου αζώτου, εξαρτάται από το βαθμό απορρόφησης τους και την ενεργητικότητα του ενζύμου της νιτρικής ρεδουκτάσης

Η βοτανική κατάταξη του φυτικού είδους, το κληρονομικό δυναμικό της ποικιλίας, το όργανο και η θέση του ιστού, η ηλικία του φυτού, η ενεργητικότητα της νιτρικής ρεδουκτάσης είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες που επιδρούν στη συσσώρευση των νιτρικών στα φυτά.

Διάφοροι περιβαλλοντικοί παράγοντες, που έχουν σχέση με την ανάπτυξη του φυτού όπως : θερμοκρασία , φως, υγρασία, το CO₂ , η αζωτούχος λίπανση, οι αναστολείς της νιτροποίησης, η περιεκτικότητα του εδάφους σε νιτρικά, παίζουν επίσης σημαντικό ρόλο, στην συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων.

Η απορρόφηση του NH₄-N είναι μεγαλύτερη σε ουδέτερο pH και μειώνεται σε χαμηλότερα ενώ για τα NO₃⁻ συμβαίνει το αντίθετο, η απορρόφηση είναι ταχύτερη σε χαμηλά pH.

Η μείωση της απορροφήσεως των NO₃⁻ σε υψηλά pH αποδίδεται σε ανταγωνισμό με τα OH⁻ τα οποία εμποδίζουν το μηχανισμό μεταφοράς των NO₃⁻.

Σε pH 6.8 η απορρόφηση και των δύο μορφών είναι σχεδόν ίδια. Σε pH όμως 4, η απορρόφηση των NO_3^- είναι σημαντικά μεγαλύτερη από ό, τι των NH_4^+ N. Η απορρόφηση του αμμωνιακού αζώτου επηρεάζεται επίσης από το ποσό των υδατανθράκων στο φυτό. Υψηλό επίπεδο υδατανθράκων ευνοεί την απορρόφηση $\text{NH}_4\text{-N}$, πιθανώς λόγω αυξημένης αφομοίωσης της NH_3 αφού υπάρχει αφθονία ενώσεων C και ενέργεια.

Η απορρόφηση των νιτρικών ιόντων εξ άλλου μπορεί να μειωθεί ανταγωνιστικά από το αμμωνιακό άζωτο ενώ η απορρόφηση του αμμωνιακού αζώτου δεν επηρεάζεται από τα νιτρικά ιόντα.

Η απορρόφηση και των δύο μορφών αζώτου επηρεάζεται επίσης από τη θερμοκρασία και ο ρυθμός απορροφήσεως τους μειώνεται σε χαμηλές θερμοκρασίες. Μάλιστα όταν οι δύο μορφές προστίθενται σε ίδιες συγκεντρώσεις η αμμωνιακή απορροφάται ταχύτερα από τη νιτρική στις χαμηλές θερμοκρασίες.

Γενικά για τα διάφορα φυτικά είδη υπάρχει διαφοροποίηση στη συγκέντρωση των νιτρικών, η οποία δεν είναι απόλυτη διότι επηρεάζεται πολύ και από τους υπόλοιπους παράγοντες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Μια τέτοια γενική κατάταξη είναι η παρακάτω :

Σπανάκι, παντζάρια, σέλινο > πράσα, ραδίκια, μαϊντανός > μαρούλι, λάχανο, κολοκύθια> αγγούρια, κουνουπίδια, πεπόνια> πατάτες, ντομάτες, φασόλια.

Όσον αφορά την κατανομή στα επί μέρους όργανα του φυτού, αυτή γενικά ακολουθεί της εξής σειρά:

Μίσχος > Έλασμα > Σπόρος> Καρπός> Άνθος

Η φάση της ανάπτυξης, κυρίως λίγο πριν την άνθηση είναι η εποχή της μεγαλύτερης συσσώρευσης, ενώ η ωρίμανση συνοδεύεται με μείωση. Συστηματικές μεταβολές παρατηρούνται ακόμα και κατά τη διάρκεια της ημέρας. Μέγιστα έχουμε από τις 4 -8 το πρωί και ελάχιστα στις 4 το απόγευμα.

Οι κλιματικοί παράγοντες επηρεάζουν την συγκέντρωση των NO_3^- μακροπρόθεσμα αλλά και βραχυπρόθεσμα. Έτσι, δεν είναι περίεργο που τα

επιτρεπτά όρια ορίζονται συχνά με βάση την εποχή του έτους (π.χ. καλοκαίρι, χειμώνας).

Μείωση της έντασης του φωτός συνοδεύεται από αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών, διότι το ένζυμο νιτρική αναγωγάση χάνει την αναγωγική του ικανότητα στο σκοτάδι. Ανάλογα με την επίδραση του φωτός ισχύουν και για τη θερμοκρασία. Δηλαδή πτώση της θερμοκρασίας προκαλεί μείωση της αναγωγικής δράσης του ενζύμου και επομένως αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών.

Ο σημαντικότερος όμως παράγοντας που προκαλεί αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών είναι η χρησιμοποίηση των αζωτούχων λιπασμάτων.

Ανεξάρτητα από το είδος της αζωτούχου λίπανσης λόγω της ανοργανοποίησης και νιτροποίησης έχουμε αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών, στα φυτά. Από τα αζωτούχα λιπάσματα ουρία, KNO_3 και NH_4NO_3 , το KNO_3 προκαλεί τη μεγαλύτερη αύξηση νιτρικών. Γενικά, τα αμμωνιακά λιπάσματα και οι αναστολείς της νιτροποίησης χρησιμοποιούνται πρακτικά για τον έλεγχο της συγκέντρωσης νιτρικών στα φυτά.

3.2.6. Τα καλλιεργούμενα είδη και οι ανάγκες αυτών σε άζωτο.

Είναι γνωστό, ότι τα διάφορα φυτικά είδη, οι ποικιλίες και οι ομάδες φυτών δεν έχουν τις ίδιες ανάγκες σε θρεπτικά στοιχεία διότι άλλα είναι απαιτητικά σε N, άλλα σε φώσφορο και άλλα σε κάλιο ή ασβέστιο.

Ομοίως τα διάφορα φυτικά είδη διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την έκταση του ριζικού τους συστήματος και ως εκ τούτου έχουν διαφορετική ικανότητα να εξασφαλίζουν από το έδαφος τα αναγκαία θρεπτικά στοιχεία για την ανάπτυξη τους.

Στους παρακάτω πίνακες παρέχονται δεδομένα από τα οποία καταφαίνονται οι ανάγκες σε N διαφόρων φυτικών ειδών, η περιεκτικότητά τους σε νιτρικά και η ταξινόμηση τους σύμφωνα με τη συσσωρευτική τους ικανότητα σε νιτρικά.

Πίνακας 1: Ανάγκες σε N διάφορων φυτικών ειδών

Ελάχιστη ανάγκη σε N	Μέση ανάγκη σε N	Μέγιστη ανάγκη σε N
Σίκαλη	Τεύτλο	Μαρούλι
Αγγούρι	Καρότο	Κριθή
Αραβόσιπος	Βρώμη	κολοκύθι
πατάτα	τομάτα	κρεμμύδι

Πίνακας 2: Ταξινόμηση λαχανικών σύμφωνα με την συσσωρευτική τους ικανότητα σε νιτρικά.

Περιεκτικότητα	Λαχανικά
<200ppm	Πατάτες, λαχανάκι Βρυξελλών, τομάτες, πιπεριές, μανιτάρια, αρακάς , φασολιά
<500ppm	Μελιτζάνες, μπρόκολα, πεπονιά, αγγουριά, κουνουπίδια, όσπρια, κρεμμύδια.
<1000ppm	Άσπρα και κόκκινα λαχανικά, καρότα, κολοκυθάκια, μαρούλι
<2500ppm	Ραδίκια, μαϊντανός, πράσσα, γογγύλια.
>2500ppm	Σέλινο, σπανάκι, ραπανάκια, παζάρια, άνηθος.

3.2.7. Τα νιτρικά στον άνθρωπο

Τα τελευταία 20 χρόνια το πρόβλημα της συσσώρευσης των νιτρικών σε νερά και τρόφιμα ιδίως λαχανικά, μετατράπηκε από ένα δευτερεύον - τοπικό πρόβλημα, σε πρόβλημα με διεθνείς διαστάσεις.

Η εκτεταμένη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων στις καλλιέργειες οδηγεί συχνά σε υπερβολική συσσώρευση σε πολλά είδη λαχανικών, σε εκτεταμένη ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων νερών και τελικά σε μια διαρκώς μεγαλύτερη προσλαμβανόμενη ποσότητα από τον ίδιο τον άνθρωπο.

Μελέτες δείχνουν ότι η μεγαλύτερη ποσότητα νιτρικών που προσλαμβάνει ο άνθρωπος προέρχεται από τα λαχανικά, των οποίων η κατανάλωση διαρκώς αυξάνει, για λόγους διαίτης.

Η επόμενη σε σημασία πηγή νιτρικών είναι το πόσιμο νερό και τέλος τα διάφορα προϊόντα του κρέατος, όπου τα νιτρικά χρησιμοποιούνται ως συντηρητικά. Στον επόμενο πίνακα 3, παρουσιάζεται η μέση ημερήσια πρόσληψη νιτρικών ανά πηγή και ανά κάτοικο στις Η.Π.Α.

Πίνακας 3: Μέση ημερήσια πρόσληψη νιτρικών, ανά κάτοικο στις Η.Π.Α

Πηγή Νιτρικών	Ημερήσια προσλαμβανόμενη ποσότητα NO ₃ ⁻	
	mg	%
Λαχανικά	86,1	81,2
Φρούτα	1,4	1,3
Προϊόντα γάλακτος	0,2	0,2
Ψωμί	2,0	1,9
Νερό	0,7	0,7
Κρέας	15,6	14,7
Σύνολο	106,0	100,0

3.2.7.1. Τα επιτρεπτά όρια νιτρικών.

Η διαρκώς αυξανόμενη πρόσληψη νιτρικών ιόντων διαμέσου της τροφής και του νερού κυρίως, έχουν επιβάλλει από καιρού την ανάγκη για τη θέσπιση ανώτερων ορίων για την συνολική πρόσληψη νιτρικών, αλλά και ανώτερων ορίων στο πόσιμο νερό και στα λαχανικά που συνιστούν την κύρια πηγή νιτρικών στη διατροφή.

Για τη συνολική ποσότητα νιτρικών που προσλαμβάνονται καθημερινά, η Ευρωπαϊκή Ένωση δια της αρμόδιας επιτροπής τροφίμων, (Commission of the European Communities Scientific Committee for Food ,1995, εισηγήθηκε το 1995, ως Επιτρεπτή Ημερήσια Δόση (Acceptable Daily Intake) (ADI) :

ADI = 3.65 mg NO₃- / kg σωματικού βάρους

Τα όρια που έχουν προταθεί για πολλά είδη λαχανικών με την οδηγία της Ε.Ε. (VI / 3080 / 93 Rev.7) παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 4. Η κατώτερη τιμή του ορίου αναφέρεται σε συγκομιδή το καλοκαίρι (Απρίλιος - Οκτώβριος) και η μεγαλύτερη αφορά συγκομιδή το χειμώνα (Νοέμβριος-Μάρτιος). Οι τιμές εκφράζουν τα mg NO₃⁻ / kg νωπής φυτικής ύλης (ppm NO₃ - F. W).

Στα νερά, η συγκέντρωση των νιτρικών παρουσιάζει σταθερή αύξηση τα τελευταία χρόνια, γεγονός που συνδέεται άμεσα με την αυξημένη ή και αλόγιστη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων.

Η συμμετοχή του πόσιμου νερού, στην ημερήσια προσλαμβανόμενη ποσότητα νιτρικών είναι φυσιολογικά μικρή (περίπου 2-3% της συνολικής) (NAS 1981). Αν όμως το πόσιμο νερό περιέχει νιτρικά που ξεπερνούν τα ανώτερα όρια (45 - 50 ppm), τότε και με τη συμμετοχή της μπύρας το ποσοστό συμμετοχής μπορεί να φτάσει το 20%, ημερησίως.

Πίνακας 4: Ανώτερα όρια νιτρικών ιόντων σε λαχανικά κατά την οδηγία VI / 3080 / 93 Rev.7 της Ε. Ένωσης

Είδος	Ανώτερα Όρια (mg NO₃- / kg F.W)
Μαρούλι	2500 - 4500
Σπανάκι	2500 - 3000
Καλαμπόκι	2500 - 3500
Πατζάρι	3500 - 4500
Λάχανο	1500
Καρότο	1500
Παιδικές τροφές	250

Επιδημιολογικές και διαιτολογικές μελέτες πολλών ετών, σε Ευρώπη οδήγησαν στα παρακάτω ανώτερα επιτρεπτά όρια για το πόσιμο νερό :

Ευρωπαϊκή Ένωση: 50 ppm NO₃⁻ (οδηγία 80/78/ΕΟΚ, 15/7/1980)

Η τεχνική η οποία προτείνεται για την απομάκρυνση των νιτρικών από το πόσιμο νερό σε περιπτώσεις που έχουμε υπέρβαση των ορίων είναι η ιοντοανταλλαγή και η αντίστροφη ώσμωση.

3.2.8. Τα σπουδαιότερα αζωτούχα λιπάσματα.

Λίπασμα	Χημικός τύπος	Ολικό N %
Ανυδρη αμμωνία	NH_3	82
Ένυδρη αμμωνία	NH_4OH	19-24
Θειική αμμωνία	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	21
Χλωριούχο αμμώνιο	NH_4Cl	26
Νιτρική αμμωνία	NH_4NO_3	33,5
Ασβ. νιτρική αμμωνία	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$	26
Θειονιτρική αμμωνία	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3$	22-25
Νιτρικό νάτριο	NaNO_3	16
Νιτρικό καλιομαγνήσιο	$\text{KNO}_3 \text{ Mg}(\text{NO}_3)_2$	12
Νιτρικό ασβέστιο	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	15,5
Νίτρο Νορβηγίας	$5\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	15,5
Ουρία	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	46
Ασβεστοκυαναμίδιο	CaCN_2	21-22
Ουρία-Φορμαλδεύδη (Ureaform)	-	38
Κροτονυλιδενε-Διουρία (CDU)	-	28%
Ισοβουτυλιδενε-Διουρία (IBDU)	-	28%
Οξαμίδιο	$\text{H}_2\text{NCOCONH}_2$	32%

3.3. Φώσφορος (P)

Ο φωσφόρος είναι συστατικό των φωσφορολιπιδίων, των νουκλεοπρωτεϊνών και άλλων ουσιών με μεγάλη ενέργεια (Α TP και ADP). Έτσι, ο φωσφόρος είναι το στοιχείο το οποίο αποτελεί το κέντρο των συστημάτων μεταφοράς ενέργειας από το ένα κύτταρο στο άλλο.

Ο φωσφόρος δεν βρίσκεται ελεύθερος στη φύση και είναι σταθερά ενωμένος στα συστατικά του εδάφους, απ' όπου αποσπάται δύσκολα από τα φυτά. Δύσκολα όμως αποπλένεται και από το έδαφος.

Ο φωσφόρος ενθαρρύνει τη ριζοβόληση στα φυτά και το φύτευμα των σπόρων, στηρίζει την καλή ανάπτυξη της βλάστησης των φυτών και βελτιώνει την ποιότητα των καρπών και των λαχανικών.

Η διαθεσιμότητα του φωσφόρου στα φυτά εξαρτάται από το pH του εδάφους. Σε pH 5 έως 7 είναι εύκολα διαθέσιμος στα φυτά, ενώ σε pH 7 έως 10 σχηματίζει αδιάλυτα άλατα με το ασβέστιο και σε pH 2 έως 5 σχηματίζει δυσδιάλυτα άλατα με το σίδηρο και το αργίλιο.

Η απορρόφηση του φωσφόρου από τα φυτά των καλοκαιρινών λαχανικών μειώνεται δραματικά σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από 10°C, ενώ δε συμβαίνει το ίδιο στα χειμερινά λαχανικά.

Είναι δυσκίνητο στοιχείο, συγκρατείται με σχετικά μεγάλες δυνάμεις από τα κολλοειδή του εδάφους και δεν είναι διαθέσιμος στο εδαφικό διάλυμα.

Τα συμπτώματα από την έλλειψή του εκδηλώνονται με την ανάπτυξη μοβ ή κοκκινωπού χρώματος στην κάτω επιφάνεια των φύλλων στα περισσότερα λαχανοκομικά φυτά, με καχεκτική βλάστηση και με μειωμένη ανθοφορία. Η μείωση της ποσότητας φωσφόρου από το έδαφος οφείλεται κυρίως στην απορρόφησή του από τα φυτά και ελάχιστα σε άλλα αίτια. Για την εξασφάλιση καλής ανάπτυξης, πλούσιας ανθοφορίας και καλής ποιότητας καρπών, η φωσφορούχος λίπανση πρέπει να γίνει γενναιόδωρα πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας, ώστε το στοιχείο να είναι διαθέσιμο σε αφομοιώσιμη μορφή από τα πρώτα βλαστικά στάδια.

3.4. Κάλιο (K)

Το κάλιο προσλαμβάνεται από τα φυτά στη μεγαλύτερη ποσότητα από όλα τα άλλα θρεπτικά στοιχεία, εκτός από το άζωτο και ίσως το ασβέστιο.

Το κάλιο, αντίθετα με το φώσφορο, βρίσκεται σχετικά σε μεγάλες ποσότητες στα περισσότερα εδάφη.

Είναι απαραίτητο για τη σύνθεση των πρωτεϊνών, συμβάλλει αποφασιστικά στη διαδικασία των κυτταροδιαρρέσεων και είναι επίσης απαραίτητο για το σχηματισμό και τη μεταφορά των σακχάρων (προϊόντων της φωτοσύνθεσης) από τα φύλλα στους αποθησαυριστικούς ιστούς και τους καρπούς. Έτσι, η έλλειψή του είναι ιδιαίτερα αισθητή στα λαχανικά που καλλιεργούνται για τις διογκωμένες ρίζες, τους κονδύλους, τους σαρκώδεις μίσχους των φύλλων και τους καρπούς τους.

Παίζει σημαντικό ρόλο στη λειτουργία των στοματιών, στη ρύθμιση της οσμωτικής πίεσης του κυττάρου, επεμβαίνει καταλυτικά σ' όλες σχεδόν τις βιοχημικές αντιδράσεις ενεργοποιώντας τα ένζυμα και εξουδετερώνει τα οργανικά οξέα, έτσι ώστε να σταθεροποιείται το pH μεταξύ 7 και 8 (άριστο pH για τις περισσότερες ενζυμικές αντιδράσεις) στο κυτταρόπλασμα και στους χλωροπλάστες. Επίσης, προωθεί την ανάπτυξη της ρίζας, βελτιώνει την ποιότητα του παραγόμενου καρπού και αυξάνει την αντοχή των φυτών στις ασθένειες και την ξηρασία. Μετακινείται εύκολα μέσα στα φυτά.

Τα λαχανικά απαιτούν τόσο μεγάλες ποσότητες καλίου, όσο καμιά άλλη κατηγορία ετήσιων ή πολυετών φυτών. Το κάλιο μετακινείται εύκολα μέσα στο φυτό και η έλλειψή του εμφανίζεται πρώτα στα ηλικιωμένα φύλλα. Συνήθως τα εδάφη περιέχουν μεγάλες ποσότητες καλίου, αλλά επειδή τα λαχανικά είναι πολύ απαιτητικά χρειάζεται η προσθήκη του κάθε χρόνο στο χωράφι τόσο με τη βασική όσο και με την επιφανειακή λίπανση.

Πρόβλημα διαθέσιμου καλίου παρουσιάζεται σε εδάφη με άφθονη οργανική ουσία. Η απόπλυση του καλίου από το έδαφος εξαρτάται από τον τύπο της αργίλου και την ποσότητα οργανικής ουσίας σε αυτό.

Το κάλιο είναι ανταγωνιστικό με το μαγνήσιο και προκειμένου να υπάρχει καλή ανάπτυξη των φυτών και ικανοποιητική καρποφορία πρέπει οι ποσότητες του διαθέσιμου καλίου στο έδαφος να είναι υπερδιπλάσιες εκείνων του μαγνησίου.

3.5. Ασβέστιο (Ca)

Το ασβέστιο είναι απαραίτητο στοιχείο για τη θρέψη των φυτών. Βρίσκεται άφθονο στα περισσότερα ελληνικά εδάφη και η περιεκτικότητά του εδάφους σε ολικό ασβέστιο μπορεί να κυμαίνεται από 0,1% σε αμμώδη εδάφη, έως 30% ή και πολύ περισσότερο.

Συμμετέχει στην κατασκευή των κυτταρικών τοιχωμάτων και είναι απαραίτητο για τη διαίρεση και επιμήκυνση των κυττάρων. Αποτελεί βασικό παράγοντα στη ρύθμιση του ηλεκτρικού δυναμικού των κυτταρικών μεμβρανών και στην απόφυγή μεγάλων διακυμάνσεών του, όταν αυξομειώνονται οι συγκεντρώσεις των κατιόντων στο εξωτερικό μέσο.

Παίζει σπουδαίο ρόλο στον έλεγχο της περατότητας των κυτταρικών μεμβρανών και στη ρύθμιση της πρόσληψης του καλίου, νατρίου και μαγνησίου και ακόμα είναι το μοναδικό ιόν, που βρίσκεται σε μεγαλύτερη αναλογία απ' όλα τα ανταλλάξιμα κατιόντα του εδαφικού συμπλόκου.

Σχηματίζει αδιάλυτα άλατα με τα οξέα (οξαλικό, κιτρικό, τρυγικό), που είναι ενδιάμεσα προϊόντα του μεταβολισμού και τοξικά για το κυτταρόπλασμα όταν υπερβούν κάποια όρια συγκέντρωσης, προφυλάσσοντας το κύτταρο από την τοξική επίδρασή τους. Συμμετέχει στις διεργασίες της απορρόφησης των ιόντων από τα κύτταρα, δραστηριοποιώντας τα ένζυμα που υπεισέρχονται στη διακίνηση των ιόντων από τις κυτταρικές μεμβράνες.

Με τη ρυθμιστική ικανότητα που ασκεί στο pH του εδάφους, το ασβέστιο επηρεάζει την πρόσληψη από τα φυτά των περισσότερων θρεπτικών στοιχείων.

Δε μετακινείται εύκολα μέσα στο φυτό, γιατί αυτό και η έλλειψή του εμφανίζεται πρώτα στις βλαστικές κορυφές, στις κορυφές των ριζών, αλλά και στα νέα φύλλα τα οποία παραμένουν μικρού μεγέθους.

Τροφопενία ασβεστίου εκδηλώνεται και ως ξήρανση κορυφής σε καρπούς τομάτας, πιπεριάς, μελιτζάνας κ.λπ. Σπάνια παρουσιάζονται ελλείψεις ασβεστίου στα εδάφη της χώρας μας. Μάλλον προβλήματα δημιουργούνται στις περισσότερες περιπτώσεις από περίσσεια ασβεστίου στο έδαφος.

3.6. Μαγνήσιο (Mg)

Το μαγνήσιο είναι συστατικό της χλωροφύλλης και επηρεάζει την φωτοσύνθεση.

Προσλαμβάνεται κατ' ευθείαν από τις ρίζες και υπάρχει στο έδαφος, είτε ως υδατοδιαλυτό είτε ως ανταλλάξιμο. Και οι δύο αυτές μορφές βρίσκονται σε ισορροπία στο εδαφικό σύστημα.

Παίζει σπουδαίο ρόλο στην πρωτεϊνοσύνθεση και στο σχηματισμό του πυρηνικού RNA. Ενεργοποιεί διάφορα ένζυμα που δρουν στις διάφορες πλούσιες σε ενέργεια φωσφορικές ενώσεις κατά τη διάρκεια του σχηματισμού των υδατανθράκων και το μετέπειτα μεταβολισμό τους μέσα στα φυτά.

Έλλειψη μαγνησίου μπορεί να παρατηρηθεί σε όξινα, αμμώδη εδάφη και ιδίως σε υγρές περιοχές. Είναι σχετικώς ευκίνητο στοιχείο μέσα στα φυτά, γι' αυτό και η έλλειψή του εμφανίζεται στα μεγαλύτερης ηλικίας φύλλα.

4. ΜΙΚΡΟΘΡΕΠΤΙΚΑ ΚΑΙ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Τα βαρέα μέταλλα είναι φυσικά συστατικά του φλοιού της γης. Δεν μπορούν να διασπαστούν σε απλούστερες μορφές ή να καταστραφούν. Σε μικρή έκταση εισάγονται στον ανθρώπινο οργανισμό μέσω των τροφίμων, του πόσιμου νερού και του αέρα.

Σαν ιχνοστοιχεία, μερικά βαρέα μέταλλα (π.χ. χαλκός, μαγγάνιο, ψευδάργυρος) είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών και στο μεταβολισμό του ανθρώπινου σώματος.

Όταν τα στοιχεία Fe, Mn, Cu, Zn, Mo και B είναι σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις στο έδαφος ή σε θρεπτικά διαλύματα υδρολίπανσης των καλλιεργειών, εμφανίζονται συμπτώματα τροφοπενιών στα φύλλα των φυτών, χαρακτηριστικά για κάθε στοιχείο.

Η έλλειψη αυτή προκαλεί τροφικές ανωμαλίες ως και υποβάθμιση της ποιότητας των προϊόντων και μείωση της παραγωγής των φυτών. Στην περίπτωση αυτή χαρακτηρίζονται ως μικροθρεπτικά. Όταν όμως τα στοιχεία αυτά βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις στο έδαφος ή στο νερό της άρδευσης, ενδέχεται να προκαλέσουν τοξικά συμπτώματα στα φυτά.

Δηλητηρίαση, στον ανθρώπινο οργανισμό, από τα βαρέα μέταλλα μπορεί να προκύψει, παραδείγματος χάριν, από τη μόλυνση πόσιμου νερού (π.χ. σωλήνες μολύβδου), υψηλές συγκεντρώσεις στο περιβάλλοντα αέρα κοντά σε πηγές εκπομπής, ή εισαγωγή μέσω της τροφικής αλυσίδας.

Τα βαρέα μέταλλα είναι επικίνδυνα επειδή τείνουν να βιοσυσσωρεύονται. Βιοσυσσώρευση σημαίνει αύξηση στη συγκέντρωση μιας χημικής ουσίας σε έναν βιολογικό οργανισμό με την πάροδο του χρόνου, συγκρινόμενη με τη συγκέντρωση της χημικής ουσίας στο περιβάλλον.

Οι ενώσεις συσσωρεύονται στα έμβια όντα οποτεδήποτε λαμβάνονται, και αποθηκεύονται γρηγορότερα από ότι διασπώνται, (μεταβολίζονται) ή εκκρίνονται. Επιπλέον, η τροφική δηλητηρίαση από τα βαρέα μέταλλα είναι πολύ σπάνια και στις περισσότερες περιπτώσεις εμφανίζεται μόνο μετά από περιβαλλοντική ρύπανση.

Το πιο γνωστό παράδειγμα τέτοιας περιβαλλοντικής ρύπανσης εμφανίστηκε στην Ιαπωνία μεταξύ 1932-55. Από το 1932 τα λύματα που

περιείχαν υδράργυρο απελευθερώνονταν από τις εργασίες χημικών ουσιών Chisso στον κόλπο Μινιμάτα στην Ιαπωνία. Ο υδράργυρος συσσωρεύεται στα πλάσματα της θάλασσας και οδηγεί τελικά σε δηλητηρίαση από τον υδράργυρο στον πληθυσμό. Το 1952, τα πρώτα κρούσματα της δηλητηρίασης υδραργύρου εμφανίστηκαν στον πληθυσμό του κόλπου Μινιμάτα στην Ιαπωνία, προκαλούμενη από την κατανάλωση ψαριών μολυσμένων από υδράργυρο. Συνολικά 500 μοιραία περιστατικά καταγράφηκαν στη δεκαετία του '50.

Από τότε, η Ιαπωνία έχει τους πιο αυστηρούς περιβαλλοντικούς νόμους στο βιομηχανοποιημένο κόσμο και η ασθένεια είναι γνωστή ως σύνδρομο Μινιμάτα.

(Πηγή ενημέρωσης - περισσότερες πληροφορίες: www.food-info.net)

4.1. Κυριότερα ορυκτά βαρέων μετάλλων

Στοιχείο	Ορυκτό
Cd	CdS: εξαγωνικό σύστημα (γρηκονίτης)
	CdS: μετασταθής μορφή στο κυβικό σύστημα
	CdCO ₃ : σταβίτης
	CdO: μοντεπονίτης
	CdSe: καδμιοσεληνίτης
Cr	FeOCr ₂ O ₃ : χρωμίτης
	PbCrO ₄ : κροκίτης
Cu	Cu ₂ S: χαλκοσίνης
	CuS: κοβελλίνης
	CuFeS ₂ : χαλκοπυρίτης
	Cu ₂ O: κυπρίτης
	CuO: τενορίτης
	Cu ₂ [(OH) ₂ CO ₃]: μαλαχίτης
Fe	Fe ₂ O ₃ : αιματίτης
	Fe ₃ O ₄ : μαγνητίτης
	FeO(OH): λειμωνίτης
	FeS ₂ : σιδηροπυρίτης
	Cu ₅ FeS ₄ : βορνίτης
Pb	PbS: γαληνίτης
	PbCO: κεροσίτης
	PbCrO ₄ : κροκίτης
	PbMoO ₄ : βουλφενίτης
	PbWO ₄ : στολτσίνης
	PbSO ₄ : αγγλεσίτης
	5 PbS.2Sb ₂ S ₃ : βουλανζερίτης
Mn	MnO ₂ : πυρολουσίτης
	MnCO ₃ : ροδοχρωσίτης
	MnS: αλαβανδίτης
Zn	ZnS: κυβικό σύστημα (σφαλερίτης)
	ZnS: εξαγωνικό σύστημα (βουρασίτης)
	ZnCO ₃ : σμιθσωνίτης
	Zn ₄ Si ₂ O ₇ (OH) ₂ .H ₂ O: εμιμορφίτης
	ZnO: ζνκίτης
	Zn ₂ SiO ₄ : βιλλεμίτης

4.1.1. Πρόσληψη των μεταλλικών μικροθρεπτικών και των βαρέων μετάλλων από τα φυτά

Η μεταβολική πορεία και ο ρόλος ενός μεταλλικού μικροθρεπτικού ή ενός βαρέως μετάλλου στο φυτό καθορίζεται από πολλούς παράγοντες (Mench et al. 1994) , οι οποίοι αναφέρονται κατωτέρω :

- Πρόσληψη ή μη πρόσληψη και μετακίνηση των μεταλλικών μικροθρεπτικών και των βαρέων μετάλλων στο φυτό .
- Ενζυματικές διαδικασίες που πραγματοποιούνται στο φυτό .
- Συγκεντρώσεις και μορφές των μετάλλων στο φυτό .
- Έλλειψη και τοξικότητα .
- Ανταγωνιστικά ιόντα φαινόμενα και αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μικροθρεπτικών .
- Η πρόσληψη των μεταλλικών μικροθρεπτικών και των βαρέων μετάλλων από τα φυτά γίνεται από τις ρίζες τους αλλά και από τη φυλλική τους επιφάνεια.

Οι παράγοντες που καθορίζουν την πρόσληψη αυτών από τα φυτά είναι οι κατωτέρω:

- Η ποσότητα του μεταλλικού μικροθρεπτικού (ή βαρέως μετάλλου) που περιέχεται στο εδαφικό διάλυμα (μεγαλύτερη τάση για πρόσληψη παρατηρείται στις περιπτώσεις εκείνες στις οποίες οι συγκεντρώσεις των μετάλλων είναι χαμηλές) .
- Η μορφή και το είδος (speciation) του μετάλλου μέσα στο εδαφικό διάλυμα .
- Η παρουσία ιόντων υδρογόνου ή άλλων ιόντων στο εδαφικό διάλυμα .
- Οι συνθήκες αερισμού και θερμοκρασίας που επικρατούν στο έδαφος , καθώς και η τιμή του δυναμικού οξειδοαναγωγής του εδάφους .

- Το είδος του φυτού και η ικανότητά του να προσλαμβάνει ή όχι μεταλλικά στοιχεία .
- Η κινητικότητα του μεταλλικού ιόντα στο εδαφικό διάλυμα προς την επιφάνεια της ρίζας του φυτού .
- Η μεταφορά του μετάλλου από την επιφάνεια στο εσωτερικό της ρίζας
- Η μετακίνηση του μετάλλου από τη ρίζα προς το βλαστό και τα φύλλα.

Η πρόσληψη των μετάλλων από τις ρίζες των φυτών μπορεί να γίνει ενεργητικά ή παθητικά , δηλαδή με κατανάλωση ή όχι ενέργειας . Η ενεργητική πρόσληψη είναι μεταβολική διαδικασία , απαιτεί κατανάλωση ενέργειας και είναι δυνατό να παρεμποδιστεί από την παρουσία τοξινών και ενάντια στη διαφορική μεταβολή (gradient) του χημικών συστατικών του εδαφικού διαλύματος . (Loneragan , 1975 ; Moore , 1972 ; Lorenz et al. 1994) .

Η σπουδαιότητα των βαρέων μετάλλων για την υγιή ανάπτυξη των φυτών και των ζώων μελετήθηκε σχετικά πρόσφατα . Σήμερα είναι γνωστά γύρω στα δέκα μέταλλα τα οποία είναι απαραίτητα στους ζωντανούς οργανισμούς , ενώ τα περισσότερα δημιουργούν προβλήματα σ'αυτούς κυρίων όταν οι συγκεντρώσεις τους είναι υψηλότερες από μία συγκεκριμένη τιμή .

4.2. Χαλκός (Cu)

Ο χαλκός είναι ένα από τα πιο σημαντικά και απαραίτητα στοιχεία, τόσο για τα φυτά όσο και για τα ζώα. Σε μεταλλική κατάσταση, ο χαλκός έχει χαρακτηριστική μεταλλική λάμψη και χρώμα κόκκινο. Η βασική χρήση του είναι για την παραγωγή καλωδίων και κραμάτων του, κυρίως με σίδηρο (μπρούντζος).

Ο χαλκός είναι μια πολύ κοινή ουσία που εμφανίζεται φυσικά στο περιβάλλον και διαδίδεται σε αυτό μέσω των φυσικών φαινομένων. Οι άνθρωποι χρησιμοποιούν ευρέως το χαλκό. Παραδείγματος χάριν βρίσκει εφαρμογή στις βιομηχανίες και στη γεωργία.

Η παραγωγή του χαλκού έχει αυξηθεί κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών και λόγω αυτού, οι ποσότητες του χαλκού στο περιβάλλον έχουν αυξηθεί.

Ο χαλκός μπορεί να βρεθεί σε πολλά είδη τροφίμων, στο πόσιμο νερό και στον αέρα. Εξαιτίας αυτού απορροφά με σημαντικές ποσότητες χαλκού κάθε μέρα με την κατανάλωση τροφίμων, την πόση και την αναπνοή. Η απορρόφηση του χαλκού είναι απαραίτητη, επειδή ο χαλκός είναι ένα απαραίτητο ιχνοστοιχείο για την ανθρώπινη υγεία. Αν και οι άνθρωποι μπορούν να χειριστούν αναλογικά μεγάλες συγκεντρώσεις χαλκού, υπερβολική πρόσληψη χαλκού μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα υγείας.

Οι περισσότερες ενώσεις του χαλκού θα δεσμευθούν είτε στα ιζήματα στο νερό είτε σε μόρια του εδάφους. Οι διαλυτές ενώσεις του χαλκού αποτελούν τη μεγαλύτερη απειλή για την ανθρώπινη υγεία. Συνήθως οι υδατοδιαλυτές ενώσεις χαλκού εμφανίζονται στο περιβάλλον κατά την αποδέσμευσή τους κατά τη διάρκεια γεωργικών εφαρμογών.

Οι συγκεντρώσεις χαλκού στον αέρα είναι συνήθως αρκετά χαμηλές και έτσι η έκθεση στο χαλκό μέσω της αναπνοής είναι αμελητέα. Όμως άνθρωποι που ζουν κοντά στους χύτες που επεξεργάζονται τα μεταλλεύματα χαλκού βιώνουν αυτό το είδος της έκθεσης.

Οι άνθρωποι που ζουν σε σπίτια που έχουν ακόμα υδραυλική εγκατάσταση χαλκού εκτίθενται σε υψηλότερα επίπεδα χαλκού σε σχέση με

τους περισσότερους ανθρώπους, επειδή ο χαλκός απελευθερώνεται στο νερό που πίνουν μέσω της διάβρωσης των σωλήνων.

Έκθεση στο χαλκό εξαιτίας του επαγγέλματος εμφανίζεται συχνά. Στον εργασιακό χώρο, η μετάδοση του χαλκού μπορεί να οδηγήσει σε μια κατάσταση παρόμοια με τη γρίπη, γνωστή και ως πυρετός εκ μετάλλων.

Δεν έχει καθοριστεί ακόμα εάν ο χαλκός είναι καρκινογόνος. Υπάρχουν επιστημονικά άρθρα που υποδεικνύουν σχέση μεταξύ της μακρόχρονης έκθεσης σε υψηλές συγκεντρώσεις χαλκού και σε μείωση του επιπέδου νοημοσύνης στους νέους εφήβους. Εάν αυτό πρέπει να θεωρηθεί ανησυχητικό είναι θέμα περαιτέρω έρευνας.

4.2.1. Ο ρόλος του χαλκού

Στο έδαφος βρίσκεται σχεδόν αποκλειστικά με τη μορφή των δισθενών κατιόντων του Cu^{2+} . Η μέση τιμή στο έδαφος δεν υπερβαίνει τα 10-20 ppm, ενώ τα μεγαλύτερα ποσοστά του είναι συνήθως ενωμένα με μικρού μοριακού βάρους οργανικά συστατικά. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις Cu από αυτές που υπάρχουν στο φυτό εντοπίζονται στα φύλλα και ειδικότερα στους χλωροπλάστες.

Ο χαλκός είναι ενεργοποιητής ενζύμων και ακόμη συμμετέχει στη σύνθεση άλλων που καταλύουν βιολογικές οξειδώσεις στη βάση αλλαγής του σθένους του. Μαζί με το σίδηρο και το βόριο συμμετέχει στη βιοσύνθεση των φαινολών. Βέβαια η έλλειψη χαλκού συγκριτικά με τις ελλείψεις άλλων ιχνοστοιχείων είναι λιγότερο συχνή και αφορά έναν μικρό αριθμό ειδών.

Ο χαλκός αποτελεί βασικό συστατικό μερικών ενζύμων, όπως για παράδειγμα της πλαστοκυανίνης, που είναι συστατικό της αλυσίδας μεταφοράς ηλεκτρονίων φωτοσυστήματος I, της υπεροξειδικής δισμουτάσης, που προστατεύει τους φωτοσυνθετικούς μηχανισμούς από τις δηλητηριώδεις επιδράσεις του οξυγόνου, της φαινολάσης, που συντελεί στην οξείδωση των φαινολών, συμμετέχει στη βιοσύνθεση της λιγνίνης (έλλειψη Cu έχει ως συνέπεια την εξασθενημένη αποξήλωση των κυτταρικών τοιχωμάτων) και των αλκαλοειδών καθώς επίσης και στο σχηματισμό μελανωτικών συστατικών

(όταν κόβονται οι ιστοί και εκτίθενται στο οξυγόνο της ατμόσφαιρας, π.χ. το εμφανιζόμενο σκούρο χρώμα σε τομές μήλων και πατάτας). Συμμετέχει στην αναγωγή των νιτρικών. Συμπεριφέρεται όπως ο σίδηρος στο αίμα μερικών ζωικών ειδών (αιμοκυανίνη).

4.2.2. Χημική συμπεριφορά του χαλκού στο έδαφος

Ο χαλκός βρίσκεται στο έδαφος με τις παρακάτω μορφές:

- Υδατοδιαλυτά ιόντα του μετάλλου, καθώς και ανόργανα και οργανικά σύμπλοκά του στο εδαφικό διάλυμα.
- Ανταλλάξιμος χαλκός.
- Σταθερά οργανικά σύμπλοκα με την οργανική ουσία.
- Προσροφημένος χαλκός στα οξειδία και υδροξειδία του σιδήρου μαγγανίου και αργιλίου.
- Προσροφημένος χαλκός στα κolloειδή σωματίδια της αργίλου ή των χουμικών οξέων.
- Χαλκός που είναι δεσμευμένος στο κρυσταλλικό πλέγμα των ορυκτών του εδάφους.

4.2.3. Ο χαλκός στο σύστημα έδαφος-φυτό.

4.2.3.1. Ο χαλκός στη θρέψη των φυτών.

Τροφοπενίες χαλκού έχουν παρατηρηθεί σε όλο τον κόσμο. Σε 23 χώρες παρουσιάζονται τροφοπενίες χαλκού στο σιτάρι, σε 12 χώρες στη βρώμη, σε 12 χώρες στα βοσκοτόπια, σε 12 χώρες στο καλαμπόκι, σε 12 χώρες στο κριθάρι και σε 9 χώρες στο ρύζι.

Οι τροφοπενίες χαλκού παρουσιάζονται συχνότερα σε οργανικά εδάφη, κατόπιν σε Podzols, τα οποία περιέχουν υψηλά ποσοστά άμμου και δεν έχουν

την ικανότητα να συγκρατούν ικανοποιητικές ποσότητες ύδατος και θρεπτικών στοιχείων. Επίσης, σημαντικές τροφοπενίες χαλκού παρατηρούνται σε εδάφη νατριωμένα, στα οποία η τιμή του pH είναι ιδιαίτερα υψηλή, το ποσοστό διασποράς της αργίλου είναι ιδιαίτερα υψηλό και έχουν πολύ μικρό ποσοστό υγρασίας.

Ο χαλκός σε χαμηλές συγκεντρώσεις είναι απαραίτητος για την ανάπτυξη των φυτών, αλλά και για την υγεία των ζώων και του ανθρώπου.

Ορισμένα είδη φυτών έχουν την ικανότητα να συσσωρεύουν μεγάλες ποσότητες χαλκού στους ιστούς τους. Επειδή η απομάκρυνση του χαλκού από το έδαφος εξαιτίας της έκπλυσης είναι μηδαμινή, η προσθήκη ποσοτήτων χαλκού στο έδαφος οδηγεί στη δημιουργία υψηλών συγκεντρώσεων με αποτέλεσμα τοξικά συμπτώματα στα φυτά.

4.2.3.2. Πρόσληψη και μεταφορά του χαλκού στα φυτά

Η συγκέντρωση του χαλκού στους φυτικούς ιστούς είναι συνάρτηση των επιπέδων του μετάλλου στο θρεπτικό διάλυμα ή στο εδαφικό διάλυμα.

Οι μηχανισμοί πρόσληψης του χαλκού από τα φυτά δεν έχουν ακόμα ερευνηθεί σε ικανοποιητικό βαθμό. Σε πολλές περιπτώσεις η μεταφορά και πρόσληψη του χαλκού από τα φυτά γίνεται ενεργητικά, δηλαδή με κατανάλωση ενέργειας. Ωστόσο υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες παρατηρείται παθητική μεταφορά και πρόσληψη του μετάλλου από το φυτό και ιδιαίτερα όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε ρυπασμένα εδάφη.

Οι βιοχημικές λειτουργίες του χαλκού μέσα στο φυτό παρουσιάζονται κατωτέρω:

- Στους ιστούς της ρίζας παρουσιάζεται κυρίως με τη μορφή συμπλόκου με οργανικές ενώσεις χαμηλού μοριακού βάρους, καθώς και με πρωτεΐνες.
- Σε πολλές περιπτώσεις ο χαλκός περιέχεται σε ενώσεις που δεν έχουν γνωστό βιοχημικό ρόλο, και σε ένζυμα τα οποία παίζουν καθοριστικό ρόλο στο μεταβολισμό των φυτών.

- Ο χαλκός συμμετέχει σε μεγάλο αριθμό φυσιολογικών λειτουργιών που πραγματοποιούνται στο φυτό. Όπως στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, της αναπνοής, της αναγωγής του αζώτου, της σύνθεσης των υδρογονανθράκων, του σχηματισμού αλλά και της αποικοδόμησης του τοιχώματος των κυττάρων καθώς και στο μεταβολισμό των πρωτεϊνών.
- Ο χαλκός επηρεάζει τη μετακίνηση του ύδατος στα ξυλώδη αγγεία και επομένως καθορίζει τη διαθεσιμότητα του ύδατος στο φυτό.
- Καθορίζει την παραγωγή των νουκλεονικών οξέων (DNA και RNA). Συγκεκριμένα η έλλειψή του αναστέλλει την αναπαραγωγή των φυτών, καθώς ελαττώνεται σημαντικά η σποροπαραγωγή.
- Εμπλέκεται στους μηχανισμούς άμυνας των φυτών στις ασθένειες. Φυτά τα οποία έχουν πλεονάζοντα αποθέματα χαλκού, παρουσιάζουν ευαισθησία σε μεγάλο αριθμό ασθενειών, ενώ η έλλειψή του σε αρκετές περιπτώσεις έδειξε ενίσχυση της αντίστασης των φυτών στις ασθένειες.

Ο χαλκός είναι ένα από τα πλέον δυσκίνητα βαρέα μέταλλα. Η κίνηση του χαλκού στο έδαφος και η πρόσληψή του από τα φυτά είναι μια ενεργή μεταβολική διαδικασία και είναι δυνατό να περιοριστεί από μεταβολικούς αναστολείς.

Η πρόσληψη του χαλκού από τα φυτά περιορίζεται από την παρουσία του ιόντος Zn^{2+} , διότι τα δύο ιόντα (Zn^{2+} και Cu^{2+}) δρουν ανταγωνιστικά. Ανάλογη είναι και η δράση των ιόντων Ca^{2+} , K^+ και NH_4^+ .

Τα ιόντα αυτά διαφοροποιούν τη διαπερατότητα των μεμβρανών και περιορίζουν την είσοδο των ιόντων Cu^{2+} στα κύτταρα των ριζών.

Ο Tiffin (1972), καθώς και ο Lonegagan (1981), διατύπωσαν την άποψη ότι ο χαλκός συγκρατείται ισχυρά στους ιστούς της ρίζας, με αποτέλεσμα να αναστέλλεται η μετακίνησή του προς το βλαστό του φυτού. Το φαινόμενο αυτό παρατηρήθηκε τόσο σε περιπτώσεις έλλειψης, όσο και σε περιπτώσεις υψηλής συγκέντρωσης χαλκού στο εδαφικό διάλυμα. Οι ανωτέρω ερευνητές κατέληξαν επίσης στο συμπέρασμα ότι ο κύριος μηχανισμός για τη μετακίνηση του χαλκού μέσα στο φυτό είναι η απελευθέρωσή του από τα

κύτταρα της ρίζας και μετάβασή του στα αγγεία του βλαστού, όπου ο χαλκός μετατρέπεται σε μορφές περισσότερο ευκίνητες.

Η ποσότητα του χαλκού στο ξυλώδες παρέγχυμα και φλοιώδες παρέγχυμα του βλαστού κυμαίνεται από ίχνη μέχρι 140 μM και σχετίζεται με την ποσότητα των αμινοξέων που περιέχονται στο αντίστοιχο τμήμα του φυτού.

Συγκεκριμένα ο Loneragan, (1987), ανέφερε ότι στο ξύλωμα η συγκέντρωση του κατιόντος του δισθενούς χαλκού κυμαίνεται από 1,5 μέχρι 2 μM , ενώ στο φλοίωμα από 3 μέχρι 140 μM .

Στο βλαστό η κίνηση του χαλκού καθορίζεται από το μεταβολισμό του αζώτου καθώς ο χαλκός σχηματίζει σταθερούς δεσμούς με τις αζωτούχες ομάδες των αμινοξέων.

Η χαμηλή κινητικότητα του χαλκού στο φυτό, οδηγεί σε συσσώρευσή του σε μεγαλύτερο ποσοστό στις ρίζες, αλλά και στα φύλλα. Ελάχιστες ποσότητες του μετάλλου μετακινούνται προς τα νεώτερα όργανα του φυτού. Παράλληλα υπάρχει σημαντική τάση για συσσώρευση του χαλκού στα μέρη αναπαραγωγής του φυτού.

4.2.3.3. Τα συμπτώματα τοξικής δράσης του χαλκού στα φυτά

- Καταστροφή των ιστών και επιμήκυνση - διόγκωση των κυττάρων της ρίζας.
- Διαφοροποίηση της διαπερατότητας της κυτταροπλασματικής μεμβράνης των κυττάρων της ρίζας, με αποτέλεσμα τη διαφυγή των ιόντων K^+ και PO_4^{3-} .
- Οξειδωση των λιπιδίων που βρίσκονται στη μεμβράνη των χλωροπλαστών και παρεμπόδιση της μεταφοράς ηλεκτρονίων κατά τη φωτοσύνθεση.
- Ακινητοποίηση των ιόντων Cu^{2+} στα κυτταρικά τοιχώματα και περιορισμό της δυνατότητας κίνησης των συμπλόκων χαλκού - πρωτεϊνών στο κύτταρο.

4.3. Σίδηρος (Fe)

Πρόκειται για ένα αρχαίο στοιχείο. Το 1843 αποδείχτηκε ότι αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για τα φυτά. Είναι σημαντική η αναλογία σιδήρου:μαγγάνιου, καθόσον το μαγγάνιο ίσως ανταγωνίζεται την απορρόφηση και χρησιμοποίηση του σιδήρου.

Συνδέεται στενά με οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις, όπου τα ηλεκτρόνια προσλαμβάνονται και στη συνέχεια παραχωρούνται κατά τη διάρκεια μεταφοράς ηλεκτρονίων, με αποτέλεσμα εναλλάξ να ανάγεται και να οξειδώνεται.

Οι πιο γνωστές λειτουργίες του σιδήρου είναι στενά συνδεδεμένες με τα ενζυματικά συστήματα στα οποία συμμετέχει (καταλάση, περοξειδάση και κυτοχρώμων). Καταλύει τη βιοσύνθεση των πυρολικών πυρήνων, βασικών στοιχείων του μορίου της χλωροφύλλης.

Είναι συστατικό των κυτοχρώμων, σημαντικών δηλαδή συστημάτων redox των κυττάρων, η δραστηριότητα των οποίων συνδέεται με το αντιστρεπτό πέρασμα του Fe από το ένα σθένος στο άλλο. Επιδρά στο μεταβολισμό του αζώτου.

Τα συμπτώματα που εμφανίζονται στα φυτά εξαιτίας της έλλειψης σιδήρου είναι η σημαντική μείωση της χλωροφύλλης στα πράσινα μέρη των φυτών. Τα συμπτώματα αυτά είναι γνωστά ως χλώρωση. Στις περιπτώσεις εκείνες που η χλώρωση δεν είναι έντονη, τα πράσινα μέρη των φυτών απώλεσαν το έντονο χρώμα τους. Στην περίπτωση αυτή η χλώρωση δεν είναι εύκολο να διαχωριστεί από την τροφοπενία του αζώτου ή και άλλων στοιχείων (Haas, 1942, Wallihan, 1955).

Το χαρακτηριστικό σύμπτωμα της τροφοπενίας του σιδήρου είναι ότι τα φύλλα δεν έχουν πράσινο χρώμα και αποκτούν παράλληλα κίτρινες κηλίδες, οι οποίες είναι δυνατό να επεκταθούν σε ολόκληρο το φυτό.

Φυτά δείκτες για την τροφοπενία του σιδήρου είναι το μπρόκολο (Wallace 1951 και 1952), τα δημητριακά, τα ψυχανθή και τα εσπεριδοειδή.

4.4. Ψευδάργυρος (Zn)

Είναι σημαντικός ο ρόλος του στη σύνθεση της τρυπτοφάνης, πρόδρομου μορίου της αυξίνης. Σε ιστούς με έλλειψη ψευδαργύρου η συγκέντρωση της αυξίνης μειώνεται λόγω της μειωμένης δράσης του ενζύμου συνθετάση της τρυπτοφάνης.

Συμμετέχει σε πολλές ενζυμικές αντιδράσεις, ως συνένζυμο ή ως ενεργοποιητής, που σχετίζονται με το μεταβολισμό των υδατανθράκων και τη σύνθεση των πρωτεϊνών, των αυξινών και του RNA. Μετακινείται δύσκολα μέσα στο φυτό.

Ακόμα συμμετέχει στο μεταβολισμό των υδατανθράκων και το σχηματισμό χλωροφύλλης. Παίζει σημαντικό ρόλο στις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις, ενώ συμμετέχει στο μεταβολισμό των πρωτεϊνών και του RNA.

Στο έδαφος ο ψευδάργυρος εμφανίζεται πιο συχνά με τη μορφή του δισθενούς ιόντος. Οι παράγοντες που καθορίζουν την κίνηση του ψευδαργύρου στο έδαφος είναι οι ίδιοι όπως και στην περίπτωση του χαλκού, αλλά ο ψευδάργυρος εμφανίζεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στην υδατοδιαλυτή του μορφή σε σχέση με το χαλκό.

Υψηλές συγκεντρώσεις ψευδαργύρου μπορεί να δράσουν τοξικά στα φυτά, ενώ ανταγωνίζονται το P και το σίδηρο (εντός του φυτού) και μπορεί να δημιουργήσει συνθήκες έλλειψης P.

4.5. Μαγγάνιο (Mn)

Ενεργοποιεί τα ένζυμα του μεταβολισμού των υδατανθράκων, τού κύκλου του Krebs, τα οξειδοαναγωγικά ένζυμα, ενώ παίζει σημαντικό ρόλο στο φωτοσύστημα II και στις αντιδράσεις που ελευθερώνουν οξυγόνο. Φαίνεται να ελέγχει το επίπεδο αυξίνης στο φυτό, ενώ αποτελεί σημαντικό παράγοντα του μηλικού ενζύμου στα C4 φυτά.

Απαραίτητο για τη σύνθεση των φωσφολιπιδίων των μιτοχονδριακών μεμβρανών και για τη σύνθεση των πρωτεϊνών μέσω του ενζύμου RNA πολυμερόση.

Στο φωτοσύστημαII, όπου πραγματοποιείται η φωτόλυση του νερού, το Mn συμμετέχει σαν μεταφορέας ηλεκτρονίων. Το ένζυμο υπεροξειδική δισμουτάση (απομονώθηκε από εκχυλίσματα φύλλων αρακά) φέρει στο μόριό του ένα άτομο Mn. Το ένζυμο εντοπίζεται κυρίως στους χλωροπλάστες συμμετέχοντας η φωτόλυση του νερού και έχοντας σαν βασική λειτουργία την προστασία του φωτοσυνθετικού μηχανισμού από τις δηλητηριώδεις επιδράσεις του οξυγόνου.

Τέλος, φαίνεται να ρυθμίζει τη διαθέσιμη ποσότητα δισθενούς σιδήρου μέσα στο φύλλο, ενώ είναι απαραίτητο για την αναγωγή των νιτρικών ρυθμίζοντας τη δραστηριότητα της νιτρικής ρεδοκτάσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

5. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο πειραματικός προσδιορισμός των αναγκών για τα βασικά θρεπτικά στοιχεία, καθώς και η εφαρμογή της φυλλοδιαγνωστικής είναι αναγκαία για να διαθέτουμε μια καλύτερη εικόνα για τη θρέψη και τη σωστή λίπανση των φυτών του σπανακιού.

Η περιεκτικότητα των φυτικών ιστών σε άζωτο επί της ξηρής ουσίας, κυμαίνεται από 1 έως 5%. Η συνήθεις περιεκτικότητα για πολλές καλλιέργειες κυμαίνεται από 2,5 – 3,5% στα φύλλα, ενώ γι' αυτές τις καλλιέργειες διαφορετική είναι η περιεκτικότητα του αζώτου (N) σε άλλους ιστούς όπως είναι μίσχοι, βλαστοί, φύλλα κ.λ.π.

Οι κρίσιμες συγκεντρώσεις εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες όπως είναι το φυτικό είδος, το στάδιο ανάπτυξης και το μέρος του φυτού.

Το άζωτο φαίνεται να μειώνεται με την ηλικία του φυτού σε όλους τους ιστούς ενώ, γενικά όλες οι συγκεντρώσεις του αζώτου είναι χαμηλότερες στα σπυροφόρα και υψηλότερες στα κηπευτικά.

Πηγή αζώτου για τη θρέψη των φυτών αποτελούν στο έδαφος τα άλατα του νιτρικού οξέως και το αμμωνιακό άζωτο.

Εκτός από το άζωτο για την ανάπτυξη του φυτού απαιτούνται τα μακροθρεπτικά στοιχεία όπως ο φώσφορος και το κάλιο. Ο ρόλος αυτών των στοιχείων είναι γνωστός.

Έτσι, ο φώσφορος κατέχει ρόλο κλειδί στις διεργασίες του μεταβολισμού και της βιοσύνθεσης, γιατί παρέχει την απαιτούμενη ενέργεια.

Το κάλιο, είναι στοιχείο μεγάλης σπουδαιότητας για τα φυτά γιατί βρίσκεται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση στους φυτικούς ιστούς αλλά και γιατί έχει μεγάλη συμμετοχή στις φυσιολογικές και βιοχημικές διεργασίες.

Σημειώνεται ότι εκτός τις ποσότητες που πρέπει να χρησιμοποιούνται γι' αυτά τα στοιχεία, παίζει αποφασιστικό ρόλο ο χρόνος προσθήκης αυτών των στοιχείων και ιδιαίτερα του αζώτου.

Εκτός από τα μακροστοιχεία για την ανάπτυξη του φυτού είναι απαραίτητα και τα ιχνοστοιχεία. Ένα από αυτά είναι ο χαλκός.

Ο χαλκός είναι σχετικά ακίνητος στα ανώτερα φυτά και συγκεντρώνεται στους χλωροπλάστες. Εμπλέκεται στο σχηματισμό των νουκλεϊνικών οξέων και στο μεταβολισμό των γλυκιδίων, των πρωτεϊνών και των λιπιδίων.

Το εύρος για την επάρκεια του χαλκού στα φύλλα κυμαίνεται από 3-7 ppm, επί ξηρής ουσίας ενώ, τοξικότητα εμφανίζεται πάνω από 20-30 ppm.

5.1. Στόχοι του πειράματος

Οι στόχοι του πειράματος ήταν ο προσδιορισμός της επίδρασης των επιπέδων του αζώτου και ο χρόνος προσθήκης του σε συνδυασμό με δυο δόσεις χαλκού:

α : Στην παραγωγή φυτικής βιομάζας σπανακιού

β : Στη συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων στους φυτικούς ιστούς και στο έδαφος.

Για τον προσδιορισμό των παραπάνω αναφερθέντων στόχων πραγματοποιήθηκε πειραματισμός σε δοχεία ανάπτυξης φυτών στο υπόστεγο του εργαστηρίου της Εδαφολογίας και Λιπασματολογίας του Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας.

5.2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

5.2.1. Προετοιμασία του πειράματος

Ο πειραματισμός πραγματοποιήθηκε σε δοχεία ανάπτυξης φυτών από τις 3/11/06 έως 15/2/07.

Τα δοχεία ήταν χωρητικότητας 3,5 Kgr., αεροξηραμένου εδάφους, το οποίο πάρθηκε από το επιφανειακό στρώμα (0-30εκ.) αγρού του κτήματος του Τ.Ε.Ι. Ο συνολικός αριθμός των δοχείων ήταν 80.

Το έδαφος από άποψη μηχανικής σύστασης περιείχε άργιλο 10,6%, ιλύς 20,6%, και άμμος 68,7% και χαρακτηρίζεται ως αμμοπηλώδες. Η περιεκτικότητα σε CaCO_3 ήταν 2,7%. Το pH πάστας ήταν 6,5 δηλαδή ελαφρά όξινο, με ελάχιστη περιεκτικότητα σε υδατοδιαλυτά άλατα. Η οργανική ουσία ήταν 2,41%.

Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του εδάφους παρουσιάζονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1 : ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ**ΕΔΑΦΟΥΣ**

Μηχανική σύσταση	Άμμος:	Ίλύς :	Άργιλος :
	68,74%	20,60%	10,66%
	Αμμοπηλώδες		
ρΗ	6,5 (ελαφρά όξινο έως ουδέτερο)		
Ηλεκ. αγωγιμότητα	9,7 μS/cm (μέτρια αλατούχο)		
CaCO ₃	2,7 % (εφοδιασμένο/πλούσιο)		
Ολικό Άζωτο Ν%	0,139%		
Οργανική ουσία	2,4%		
Αφομοιώσιμος P	33,5 ppm		
Ανταλλάξιμα K	4,6 meq / 100gr. εδάφους(πολύ ανεπαρκώς)		
" Na	3,2 meq /100 gr. εδάφους		
Ολικά ιχνοστοιχεία Fe	0,3 meq / 100gr. εδάφους		
" Cu	4,0 meq / 100gr. εδάφους		
" Zn	0,1 meq / 100gr. εδάφους		
" Mn	0,5 meq / 100gr. εδάφους		

Σε κάθε δοχείο τοποθετήθηκαν στον πυθμένα κομμάτια πυλού (300-350gr.) και σωλήνας, τα οποία επικαλύφθηκαν με χαρτί για το ελεγχόμενο πότισμα κάθε δοχείου.

Πριν γίνει το γέμισμα των δοχείων με έδαφος, έγινε ο προσδιορισμός της υγρασίας και της υδατοχωρητικότητας του εδάφους.

Το έδαφος τοποθετήθηκε σε δοχεία με κλειστό πυθμένα, ώστε να υπάρχει κλειστό σύστημα άρδευσης, χωρίς απώλεια θρεπτικού διαλύματος.

Στη συνέχεια έγινε ανάμιξη του εδάφους με τα ζυγισμένα λιπάσματα για κάθε μεταχείριση ξεχωριστά.

Καλλιεργήθηκε η άγρια ποικιλία με ονομασία Prickly.

Πριν τη σπορά οι σπόροι του σπανακιού τοποθετήθηκαν σε κάψα με νερό για 24 ώρες. Στη συνέχεια έγινε η σπορά στις 3/11/06 απευθείας στα δοχεία.

5.2.2. Πειραματικό σχέδιο

Το πειραματικό σχέδιο παρουσιάζεται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2. Πειραματικό σχέδιο λίπανσης σπανακιού σε δοχεία ανάπτυξης φυτών.

ΤΡΟΠΟΣ ΛΙΠΑΝΣΗΣ	α/α	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	ΔΟΧΕΙΑ
χωρίς N	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ + 100 ppm Cu	1,2,3,4
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ + 300 ppm Cu	5,6,7,8
	3 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} + 100 ppm Cu	9,10,11,12
	4 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} + 300 ppm Cu	13,14,15,16
100% N στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} + 100 ppm Cu	17,18,19,20
	6 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} + 300 ppm Cu	21,22,23,24
	7 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} + 100 ppm Cu	25,26,27,28
	8 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} + 300 ppm Cu	29,30,31,32
	9 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} + 100 ppm Cu	33,34,35,36
	10 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} + 300 ppm Cu	37,38,39,40
	11 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} + 100 ppm Cu	41,42,43,44
	12 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} + 300 ppm Cu	45,46,47,48
30% N στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} + 100 ppm Cu	49,50,51,52
	14 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} + 300 ppm Cu	53,54,55,56
	15 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} + 100 ppm Cu	57,58,59,60
	16 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} + 300 ppm Cu	61,62,63,64
	17 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} + 100 ppm Cu	65,66,67,68
	18 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} + 300 ppm Cu	69,70,71,72
	19 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} + 100 ppm Cu	73,74,75,76
	20 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} + 300 ppm Cu	77,78,79,80

Το πειραματικό σχέδιο περιλαμβάνει 20 μεταχειρίσεις σε 4 επαναλήψεις. Μελετήθηκαν τα επίπεδα αζώτου 0,00gr., 0,20gr., 0,30gr., 0,40gr., 0,50gr., με σταθερό φόντο φωσφόρου 0,40gr., και καλίου 0,40gr/kg. αεροξηραμένου εδάφους.

Υπήρχε μάρτυρας χωρίς N,P,K και μεταχείριση μόνο με P,K χωρίς άζωτο, αλλά με την προσθήκη των δόσεων του θειικού χαλκού.

Στις μεταχειρίσεις 3^η – 12^η τα λιπάσματα δόθηκαν με την ανάμειξή τους με το έδαφος πριν το γέμισμα των δοχείων.

Στις μεταχειρίσεις 13^η – 20^η ο P, το K και το 30% του N, δόθηκαν στη βασική λίπανση, δηλαδή με την ανάμειξή τους με το έδαφος. Η υπόλοιπη ποσότητα αζώτου, δηλαδή το 70%, δόθηκε σε δύο επιφανειακές λιπάνσεις.

Οι δύο δόσεις χαλκού 100 και 300 ppm χορηγήθηκαν στις 8/12/06 την περίοδο που εμφανίστηκαν τα 1-2 πραγματικά φύλλα του φυτού.

Τα λιπάσματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν:

- Υπερφωσφορικό (0-20-0)
- Θεικό Κάλιο (0-0-45)
- Θειική Αμμωνία (21-0-0)
- Η επιφανειακή λίπανση έγινε με Νιτρική αμμωνία (35,5-0-0)

Η ποσότητα του Θειικού χαλκού (CuSO₄) προστέθηκε σε διάλυμα με αντίστοιχη πυκνότητα για κάθε μεταχείριση, σύμφωνα με το πειραματικό σχέδιο.

Η υγρασία του εδάφους διατηρήθηκε κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας στο επίπεδο 70%, της υδατοχωρητικότητας του εδάφους, με καθημερινή προσθήκη νερού, ανάλογα με τις ανάγκες των φυτών και ζύγιση των δοχείων σε συχνά διαστήματα.

Σημειώνεται ότι, λόγω χαμηλών θερμοκρασιών και υψηλής υγρασίας στο περιβάλλον την περίοδο του πειραματισμού, παρουσιάστηκαν έντονα προβλήματα σηψιρριζίας, με αποτέλεσμα να υπάρξουν απώλειες φυτών σε μερικά δοχεία, πράγμα που είχε αρνητική συνέπεια ως προς τον συνολικό αριθμό των επαναλήψεων.

5.2.3. Καλλιεργητικές φροντίδες

Κατά τη διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω καλλιεργητικές εργασίες:

- Αραίωμα των φυτών από την αρχική τους θέση γιατί υπήρχε πυκνή φύτρωση των σπόρων σε μια θέση. Αυτό θα επιβάρυνε την ανάπτυξη των φυτών, αφού δεν υπήρχε ομοιόμορφη κατανομή σε όλη τη διάμετρο του δοχείου.
- Σκάλισμα για τον αερισμό του εδάφους, διότι ήταν εμφανής η περίσσεια υγρασίας του λόγω, αυξομείωσης της θερμοκρασίας εκείνο τον καιρό και αύξηση της ατμοσφαιρικής υγρασίας. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση έντονης σηψιρριζίας και κατά συνέπεια την απώλεια αρκετών επαναλήψεων και 2 μεταχειρίσεων, την 16^η και 20^η.
- Συμπληρωματική λίπανση. Λόγω των παραπάνω προβλημάτων άρχισε η εμφάνιση χλώρωσης των φύλλων. Έγινε εμφανείς το κιτρίνισμα της περιφέρειας του ελάσματος στην αρχή και στη συνέχεια επεκτάθηκε στις κεντρικές νευρώσεις του φύλλου. Μερικά φυτά άντεξαν στο καιρικό σοκ, ενώ μερικά όχι. Για το λόγο αυτό έγινε στις 21-12-06 η προσθήκη λιπασμάτων με 0,10gr., αζώτου και 0,20gr., φωσφόρου και καλίου αντίστοιχα.

5.2.4. Δειγματοληψία φυτικών ιστών, εδάφους και χημικές αναλύσεις

5.2.4.1. Δειγματοληψία, μετρήσεις φυτικών ιστών

Στο πείραμα έγινε μία δειγματοληψία φυτών στο στάδιο της συγκομιδής, δηλαδή στις 15-2-07.

Διαχωρίστηκε το υπέργειο, από το υπόγειο μέρος, στη συνέχεια μετρήθηκε το βάρος τους, το μήκος τους και ο αριθμός των φύλλων.

Έγινε πλύση των φυτικών ιστών με απορρυπαντικό, ξέπλυμα με άφθονο νερό και με απιονισμένο νερό.

Τα φυτά τοποθετήθηκαν σε διηθητικό χαρτί σε πάγκους του εργαστηρίου για να στεγνώσουν από τα νερά και κωδικοποιήθηκαν .

Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν στο φούρνο για 48 ώρες στους 75-80 °C για να απομακρυνθεί όλη η υγρασία που περιείχαν . Κατόπιν, ζυγίστηκε το ξηρό βάρος του υπέργειου μέρους του φυτού και της ρίζας.

Τα δείγματα θρυμματίστηκαν και αλέστηκαν σε ειδικό μύλο μέχρι τη μορφή της σκόνης έτοιμα για κάθε ανάλυση.

5.2.4.2. Δειγματοληψία εδάφους

Η δειγματοληψία του εδάφους από τα δοχεία, όπου πάρθηκαν τα φυτά, πραγματοποιήθηκε στις 15-2-07 .

Η λήψη έγινε με ένα σωλήνα-δειγματολήπτη εδάφους από 5 διαφορετικά σημεία του δοχείου και σε βάθος 15-20 εκατοστά. Η ποσότητα που πάρθηκε ήταν 70-80gr εδάφους.

Επίσης, λήφθηκε συμπληρωματικά ποσότητα 30gr. εδάφους, για τον προσδιορισμό του νιτρικού αζώτου (N-NO₃), ο οποίος γίνεται σε νωπό έδαφος, αυθημερόν. Εάν δεν γίνει την ίδια ημέρα μπορεί να διατηρηθεί για λίγες ημέρες στην κατάψυξη στους 0 με -2 °C .

Στη συνέχεια τα δείγματα εδάφους απλώθηκαν σε χαρτί για αεροξήρανση στο πατάρι του εργαστηρίου. Ο χώρος αυτός αερίζεται και είναι μακριά από τα αντιδραστήρια του εργαστηρίου και τους ατμούς των οξέων. Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας της αεροξήρανσης (3-4ημέρες), τα δείγματα κοσκινίστηκαν με κόσκινο 2mm, ώστε να είναι έτοιμα για χημική ανάλυση.

5.2.4.3. Χημικές αναλύσεις

5.2.4.3.1 Έδαφος

Οι χημικές αναλύσεις του εδάφους έγιναν με τις παρακάτω μεθόδους στο εργαστήριο της εδαφολογίας:

- ✓ Η μηχανική ανάλυση με την μέθοδο Βουγιούκο.
- ✓ Το νιτρικό άζωτο με την μέθοδο Cataldo.
- ✓ Το ολικό άζωτο με την μέθοδο Kjeldhal.
- ✓ Η οργανική ουσία με την μέθοδο Walkley and Black.
- ✓ Το pH μετρήθηκε με pHμετρο.
- ✓ Η ηλεκτρική αγωγιμότητα με το αγωγιμόμετρο.
- ✓ Ο αφομοιώσιμος φώσφορος με τη μέθοδο Olsen.
- ✓ Το ανταλλάξιμο K και Na με το φλογοφωτόμετρο μετά από εκχύλιση με το οξικό αμμώνιο (NH_4AC).
- ✓ Το ανταλλάξιμο Ca και Mg με ατομική απορρόφηση.
- ✓ Το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) με την μέθοδο Bernard.
- ✓ Τα ιχνοστοιχεία με τη μέθοδο DTPA.

5.2.4.3.2 Φυτικοί ιστοί

Οι χημικές αναλύσεις των φυτικών ιστών έγιναν με τις παρακάτω μεθόδους:

- ✓ Το ολικό άζωτο με την μέθοδο Kjeldhal.
- ✓ Τα υπόλοιπα θρεπτικά στοιχεία με τη μέθοδο της αποτέφρωσης και αποδιοργάνωσης με οξέα και ο προσδιορισμός τους στην ατομική απορρόφηση, φασματοφωτόμετρο και φλωγοφωτόμετρο.

5.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σύμφωνα με τα ληφθέντα δεδομένα μελετήθηκε η επίδραση των επιπέδων, του χρόνου προσθήκης του αζώτου σε συνδυασμό με δύο δόσεις χαλκού στην ανάπτυξη, απόδοση σπανακιού, καθώς και στην περιεκτικότητα των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος και τους φυτικούς ιστούς.

Στους πίνακες και σχήματα αναφέρονται αναλυτικά στοιχεία για τους παραπάνω αναφερόμενους παραμέτρους :

- Στον πίνακα 3 και σχήμα 1 τα στοιχεία του βάρους νωπής βιομάζας του υπέργειου μέρους του φυτού.
- Στον πίνακα 4 και σχήμα 2 τα στοιχεία του βάρους νωπής ρίζας.
- Στον πίνακα 5 και σχήμα 3 τα στοιχεία του ξηρού βάρους του υπέργειου μέρους.
- Στον πίνακα 6 και σχήμα 4 τα στοιχεία του ξηρού βάρους της ρίζας.
- Στον πίνακα 7 και σχήμα 5 τα στοιχεία για το ύψος του υπέργειου μέρους.
- Στον πίνακα 8 και σχήμα 6 τα στοιχεία για το μήκος της ρίζας.
- Στον πίνακα 9 και σχήμα 7 τα στοιχεία που αφορούν τον αριθμό των φύλλων ανά φυτό.

Στο έδαφος :

- Στον πίνακα 10 και σχήμα 8α και 8β η περιεκτικότητα του αφομοιώσιμου φωσφόρου.
- Στον πίνακα 10α η περιεκτικότητα του αφομοιώσιμου φωσφόρου σε δοχεία χωρίς φυτά.
- Στον πίνακα 11 και σχήμα 9α και 9β η περιεκτικότητα του καλίου.
- Στον πίνακα 11α η περιεκτικότητα του καλίου σε δοχεία χωρίς φυτά.
- Στον πίνακα 12 και σχήμα 10α και 10β η περιεκτικότητα του νατρίου.
- Στον πίνακα 12α η περιεκτικότητα του νατρίου σε δοχεία χωρίς φυτά.

- Στον πίνακα 13 και σχήμα 11α και 11β η περιεκτικότητα του σιδήρου.
- Στον πίνακα 13α η περιεκτικότητα του σιδήρου σε δοχεία χωρίς φυτά.
- Στον πίνακα 14 και σχήμα 12α και 12β η περιεκτικότητα του χαλκού.
- Στον πίνακα 14α η περιεκτικότητα του χαλκού σε δοχεία χωρίς φυτά.
- Στον πίνακα 15 και σχήμα 13α και 13β η περιεκτικότητα του ψευδαργύρου.
- Στον πίνακα 15α η περιεκτικότητα του ψευδαργύρου σε δοχεία χωρίς φυτά.
- Στον πίνακα 16 και σχήμα 14α και 14β η περιεκτικότητα του μαγγανίου.
- Στον πίνακα 16α η περιεκτικότητα του μαγγανίου σε δοχεία χωρίς φυτά.

Στα φύλλα:

- Στον πίνακα 17 και σχήμα 15α και 15β η περιεκτικότητα του ολικού αζώτου.
- Στον πίνακα 18 και σχήμα 16α και 16β η περιεκτικότητα του νιτρικού αζώτου.
- Στον πίνακα 19 και σχήμα 17α και 17β η περιεκτικότητα του φωσφόρου.
- Στον πίνακα 20 και σχήμα 18α και 18β η περιεκτικότητα του καλίου.
- Στον πίνακα 21 και σχήμα 19α και 19β η περιεκτικότητα του νατρίου.
- Στον πίνακα 22 και σχήμα 20α και 20β η περιεκτικότητα του ασβεστίου.
- Στον πίνακα 23 και σχήμα 21α και 21β η περιεκτικότητα του μαγνησίου.
- Στον πίνακα 24 και σχήμα 22α και 22β η περιεκτικότητα του σιδήρου.

- Στον πίνακα 25 και σχήμα 23α και 23β η περιεκτικότητα του χαλκού.
- Στον πίνακα 26 και σχήμα 24α και 24β η περιεκτικότητα του ψευδαργύρου.
- Στον πίνακα 27 και σχήμα 25α και 24β η περιεκτικότητα του μαγγανίου.

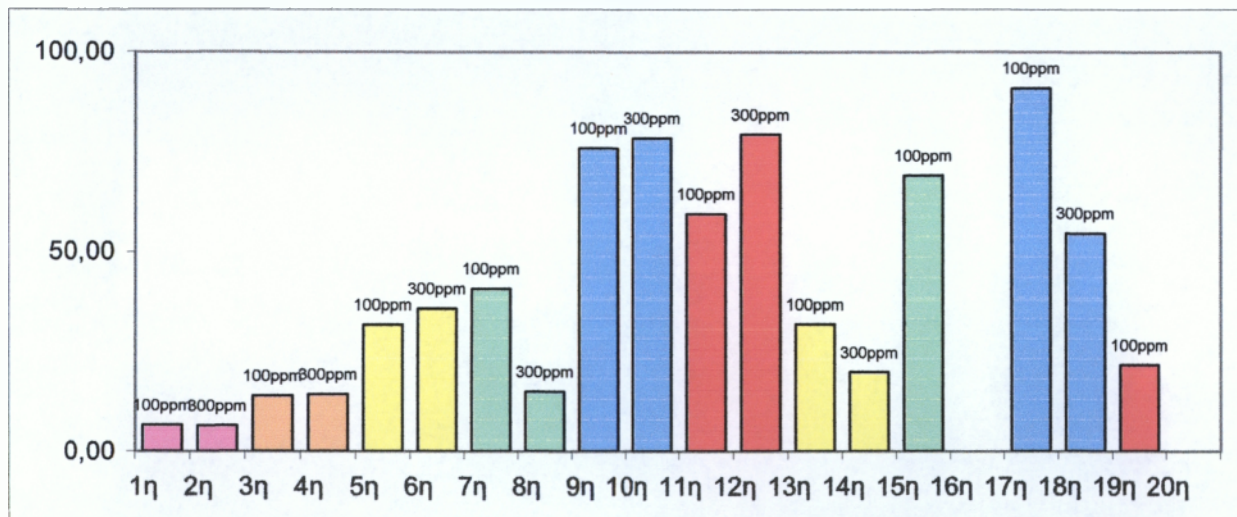
Στη ρίζα:

- Στον πίνακα 28 και σχήμα 26α και 26β η περιεκτικότητα του φωσφόρου.
- Στον πίνακα 29 και σχήμα 27α και 27β η περιεκτικότητα του καλίου.
- Στον πίνακα 30 και σχήμα 28α και 28β η περιεκτικότητα του νατρίου.
- Στον πίνακα 31 και σχήμα 29α και 29β η περιεκτικότητα του ασβεστίου.
- Στον πίνακα 32 και σχήμα 30α και 30β η περιεκτικότητα του μαγνησίου.
- Στον πίνακα 33 και σχήμα 31α και 31β η περιεκτικότητα του σιδήρου.
- Στον πίνακα 34 και σχήμα 32α και 32β η περιεκτικότητα του χαλκού.
- Στον πίνακα 35 και σχήμα 33α και 33β η περιεκτικότητα του ψευδαργύρου.
- Στον πίνακα 36 και σχήμα 34α και 34β η περιεκτικότητα του μαγγανίου.

Πίνακα 3 και σχήμα 1 τα στοιχεία του βάρους νωπής βιομάζας του υπέργειου μέρους του φυτού.

	α/α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Μ.Ο. σε gr.
Χωρίς Ν	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 100 ppm Cu	6,60
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 300 ppm Cu	6,42
	3 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	13,98
	4 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	14,32
100% Ν στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	31,77
	6 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	35,81
	7 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	40,73
	8 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	14,95
	9 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	75,83
	10 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	78,36
	11 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	59,42
	12 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	79,28
30% Ν στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	31,95
	14 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	19,94
	15 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	69,08
	16 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	-
	17 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	90,92
	18 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	54,63
	19 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	21,80
	20 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	-

Σχήμα 1



Τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο έδαφος χωρίς την προσθήκη λιπασμάτων, παρουσίασαν το μικρότερο βάρος της νωπής βιομάζας του σπανακιού. Έτσι, η παραγωγή νωπής βιομάζας στις μεταχειρίσεις 1^η – 2^η κυμαινόταν στα 6,42-6,60 gr./δοχείο, ενώ στις μεταχειρίση 3^η – 4^η όπου

προστέθηκε μόνο P και K χωρίς N, το υπέργειο μέρος έφθασε στα 14,32 gr/δοχείο.

Η επίδραση των επιπέδων αζώτου φαίνεται ότι είχε αποτέλεσμα στην ανάπτυξη της απόδοσης του υπέργειου μέρους του φυτού μέχρι ενός σημείου.

Η υψηλότερη παραγωγή σε νωπή βιομάζα παρατηρήθηκε στη μεταχείριση 10^η, όπου είχε προστεθεί άζωτο 0,40gr/κιλό εδάφους σε κάθε δοχείο με φόντο P και K 0,40gr./κιλό εδάφους.

Η παραπέρα αύξηση της δόσης αζώτου (0,50gr N /κιλό εδάφους), δεν είχε επίδραση στην απόδοση του σπανακιού.

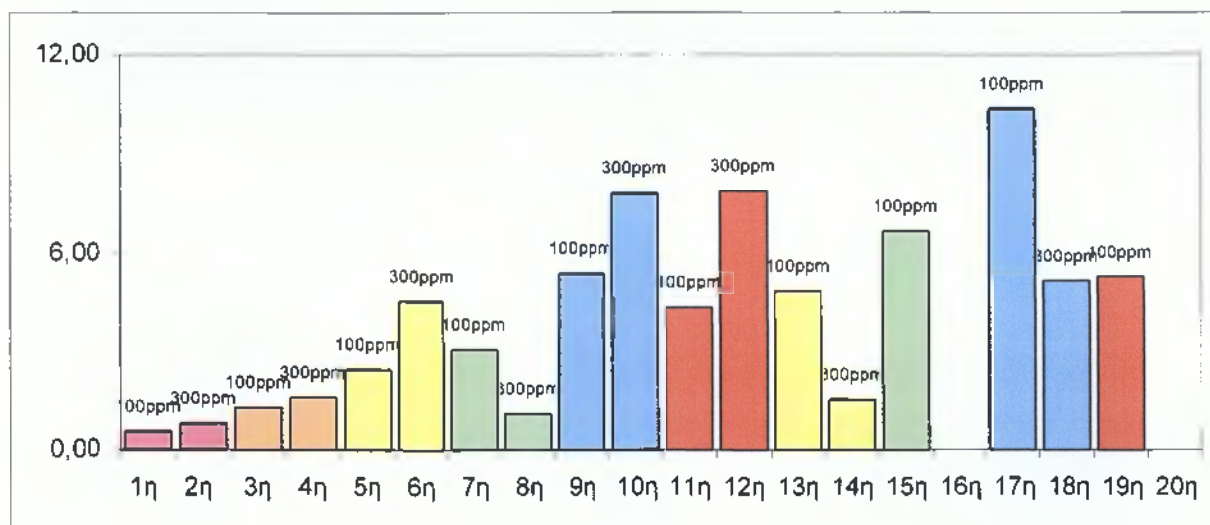
Σημειώνεται ότι η προσθήκη του αζώτου διατηρηματικά δηλαδή, το 30% στη βασική λίπανση, κατά το γέμισμα των δοχείων με έδαφος και το 70% του αζώτου σε δύο δόσεις, δεν συνέβαλε στην αύξηση της απόδοσης της νωπής βιομάζας, η οποία κυμαινόταν στα ίδια επίπεδα με τη βιομάζα των μεταχειρίσεων, όπου το άζωτο που δόθηκε ολόκληρο στη βασική λίπανση.

Πρέπει να αναφερθεί ότι σε δυο μεταχειρίσεις λείπουν τα στοιχεία του βάρους της νωπής βιομάζας, λόγω αρνητικής επίδρασης της υπερβολικής υγρασίας με συνέπεια να έχουμε απώλεια των φυτών στα δοχεία.

Πίνακα 4 και σχήμα 2 τα στοιχεία του βάρους νωπής ρίζας.

	α/α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Μ.Ο. σε gr.
χωρίς N	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 100 ppm Cu	0,57
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 300 ppm Cu	0,78
	3 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	1,28
	4 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	1,55
100% N στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	2,46
	6 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	4,48
	7 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	3,02
	8 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	1,07
	9 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	5,36
	10 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	7,81
	11 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	4,32
	12 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	7,88
30% N στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	4,80
	14 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	1,51
	15 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	6,61
	16 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	-
	17 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	10,36
	18 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	5,14
	19 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	5,26
	20 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	-

Σχήμα 2.

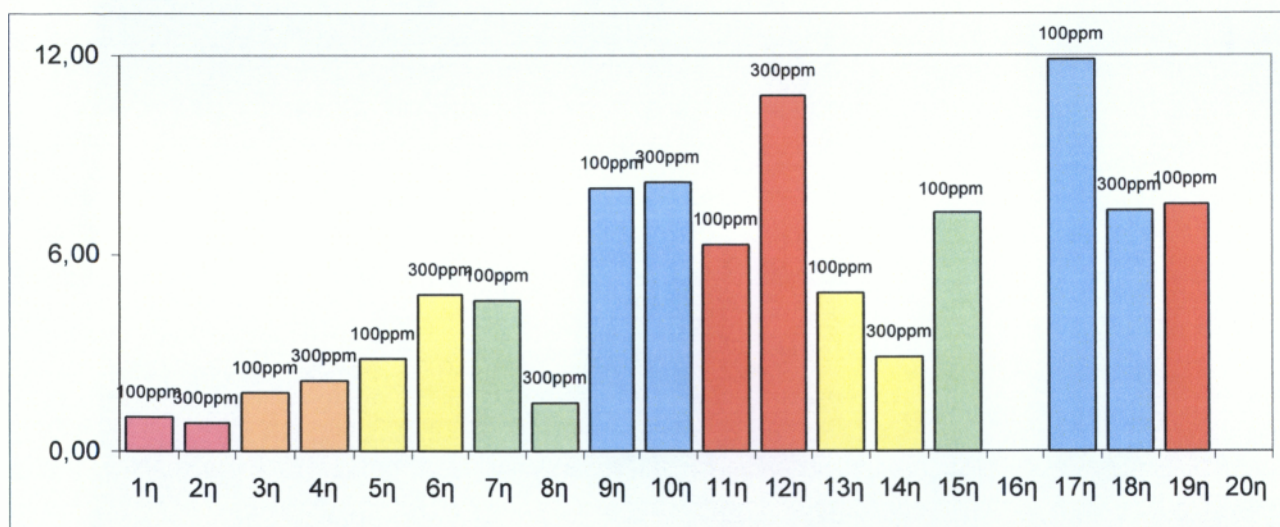


Ανάλογα αποτελέσματα με αυτά της απόδοσης νωπού βάρους βιομάζας προέκυψαν και για το ξηρό βάρος της ρίζας.

Πίνακα 5 και σχήμα 3 τα στοιχεία του ξηρού βάρους του υπέργειου μέρους.

	α/α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Μ.Ο. σε gr.
Χωρίς N	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 100 ppm Cu	1,04
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 300 ppm Cu	0,87
	3 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	1,79
	4 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	2,16
100% N στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	2,79
	6 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	4,76
	7 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	4,56
	8 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	1,45
	9 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	7,95
	10 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	8,18
	11 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	6,30
	12 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	10,80
30% N στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	4,83
	14 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	2,84
	15 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	7,23
	16 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	-
	17 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	11,85
	18 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	7,33
	19 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	7,51
	20 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	-

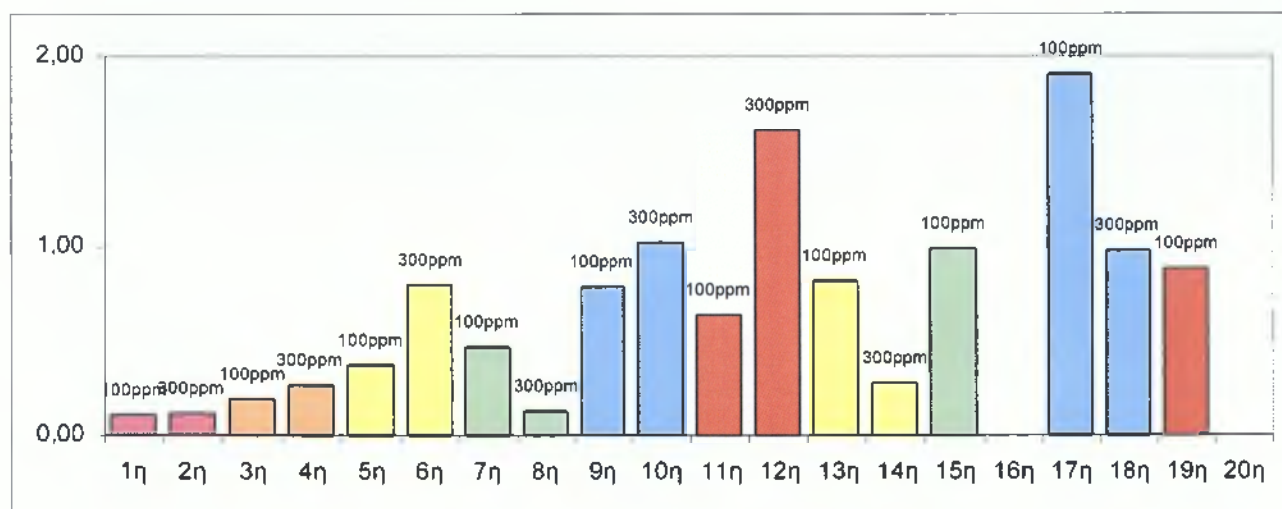
Σχήμα 3.



Πίνακα 6 και σχήμα 4 τα στοιχεία του ξηρού βάρους της ρίζας.

	α/α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Μ.Ο. σε gr.
χωρίς N	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 100 ppm Cu	0,11
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 300 ppm Cu	0,11
	3 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	0,19
	4 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	0,26
100% N στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	0,37
	6 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	0,79
	7 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	0,46
	8 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	0,13
	9 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	0,78
	10 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	1,02
	11 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	0,63
	12 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	1,61
30% N στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	0,82
	14 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	0,28
	15 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	0,98
	16 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	-
	17 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	1,90
	18 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	0,97
	19 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	0,88
	20 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	-

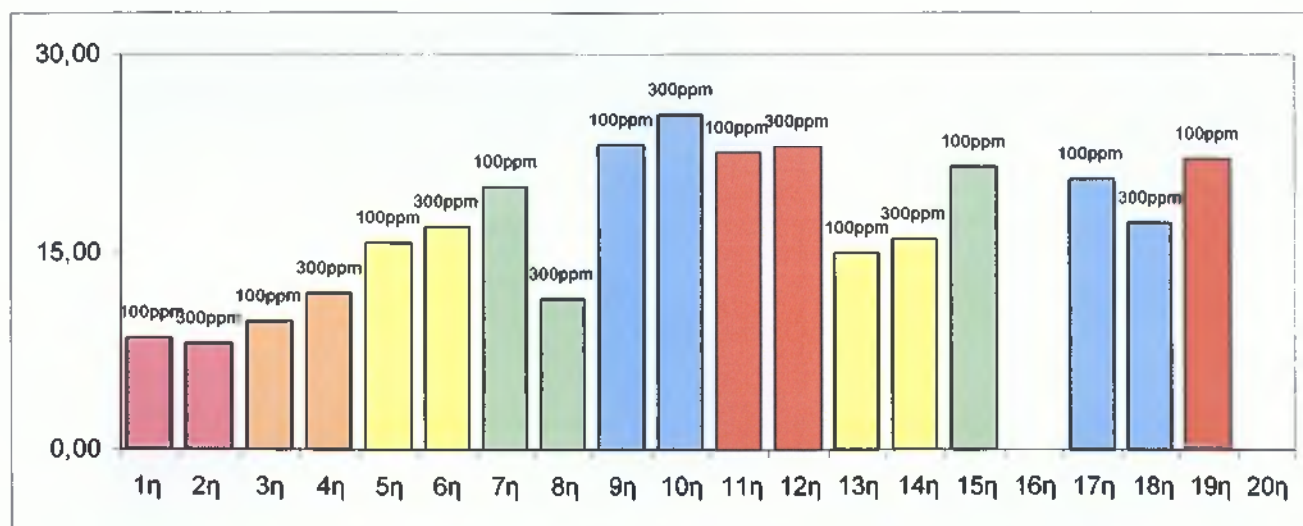
Σχήμα 4.



Πίνακα 7 και σχήμα 5 τα στοιχεία για το ύψος του υπέργειου μέρους.

	α/α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Μ.Ο. σε cm.
χωρίς N	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 100 ppm Cu	8,57
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 300 ppm Cu	8,10
	3 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	9,73
	4 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	11,87
100% N στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	15,65
	6 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	16,83
	7 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	19,90
	8 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	11,40
	9 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	23,13
	10 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	25,50
	11 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	22,55
	12 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	23,00
30% N στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	15,00
	14 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	6,00
	15 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	21,50
	16 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	-
	17 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	20,50
	18 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	17,20
	19 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	22,10
	20 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	-

Σχήμα 5.

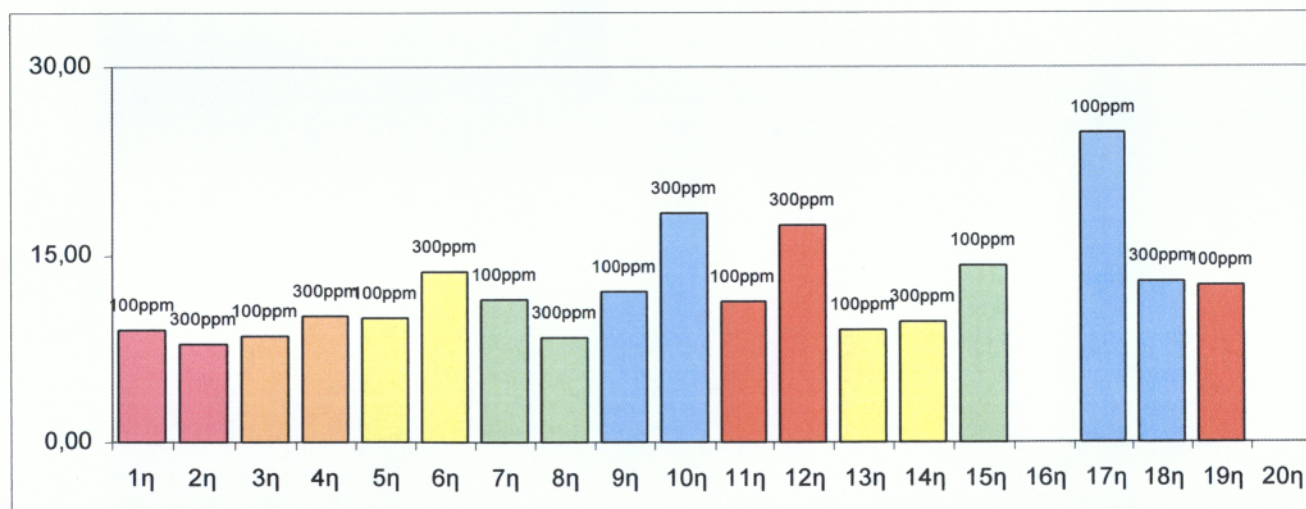


Στις μεταχειρίσεις όπου έχουν προστεθεί οι δόσεις N στη βασική λίπανση, παρατηρείται αύξηση του ύψους του υπέργειου μέρους του φυτού.

Πίνακα 8 και σχήμα 6 τα στοιχεία για το μήκος της ρίζας.

	α/α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Μ.Ο. σε cm.
Χωρίς N	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 100 ppm Cu	9,00
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 300 ppm Cu	7,87
	3 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	8,57
	4 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	10,17
100% N στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	9,90
	6 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	13,67
	7 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	11,40
	8 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	8,40
	9 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	12,30
	10 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	18,30
	11 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	11,20
	12 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	17,40
30% N στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	9,00
	14 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	9,70
	15 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	14,10
	16 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	-
	17 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	24,70
	18 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	12,90
	19 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	12,50
	20 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	-

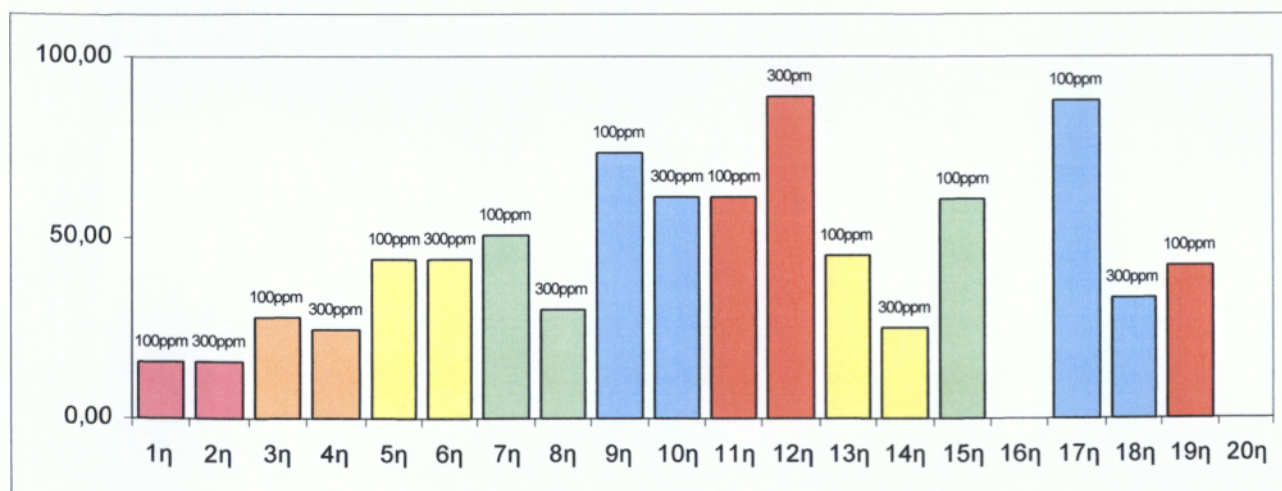
Σχήμα 6.



Πίνακα 9 και σχήμα 7 τα στοιχεία που αφορούν τον αριθμό των φύλλων ανά φυτό.

	α/α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Μ.Ο. φύλλων
Χωρίς N	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 100 ppm Cu	15,33
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 300 ppm Cu	15,33
	3 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	28,00
	4 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	24,67
100% N στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	44,00
	6 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	44,00
	7 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	50,50
	8 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	30,00
	9 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	73,33
	10 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	61,00
	11 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	61,00
	12 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	89,00
30% N στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	45,00
	14 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	25,00
	15 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	60,50
	16 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	-
	17 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	88,00
	18 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	33,50
	19 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	42,00
	20 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	-

Σχήμα 7.

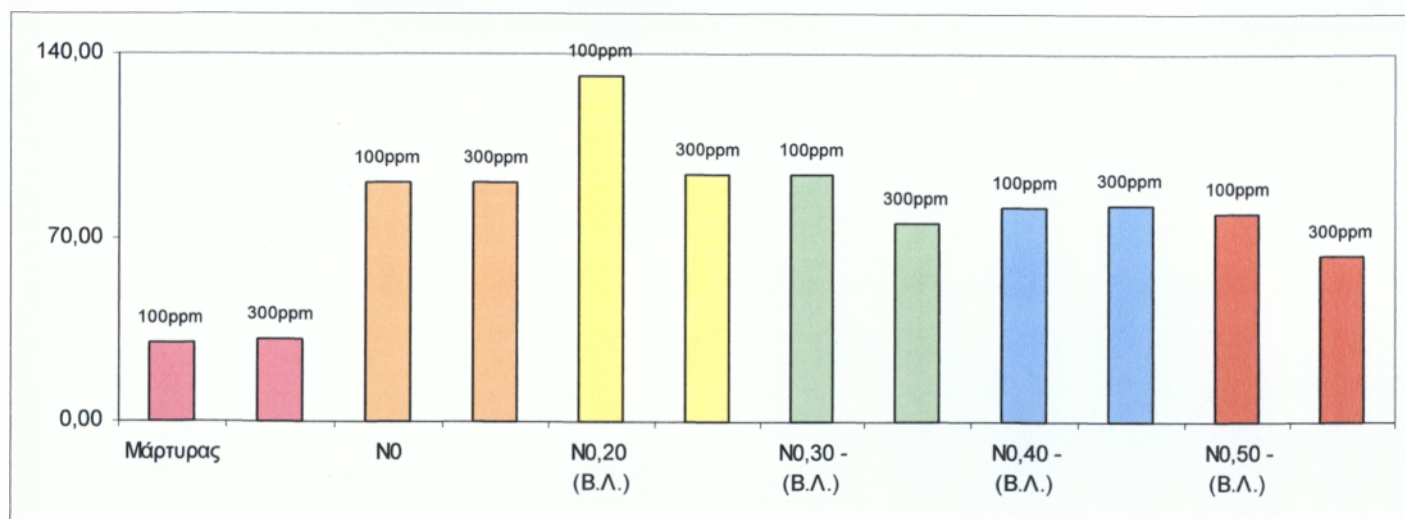


Στις μεταχειρίσεις με την προσθήκη των δόσεων N, παρατηρήθηκε η αύξηση του αριθμού των φύλλων.

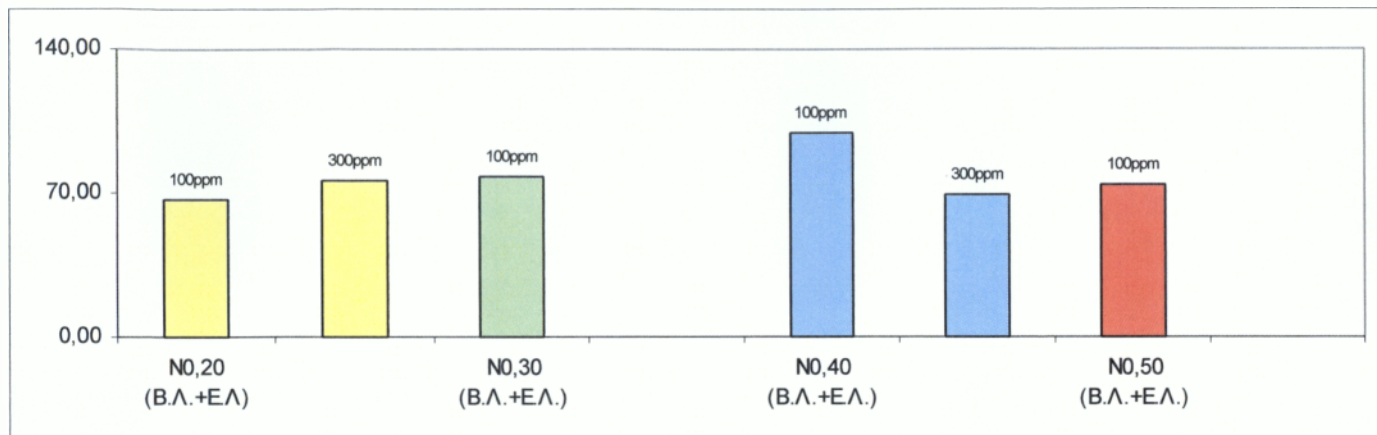
Πίνακα 10: Η περιεκτικότητα του αφομοιώσιμου φωσφόρου στο έδαφος.

	α/α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Μ.Ο./Μεταχ. ppm
χωρίς N	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 100 ppm Cu	30,20
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 300 ppm Cu	31,32
	3 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	91,28
	4 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	91,05
100% N στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	131,21
	6 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	94,41
	7 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	93,96
	8 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	75,84
	9 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	81,66
	10 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	82,55
	11 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	79,19
	12 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	63,76
30% N στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	67,11
	14 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	75,84
	15 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	78,84
	16 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	78,19
	17 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	-
	18 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	99,33
	19 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	68,79
	20 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	-

Σχήμα 8α: Περιεκτικότητα του αφομοιώσιμου φωσφόρου στο έδαφος στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



Σχήμα 8β: Περιεκτικότητα του αφομοιώσιμου φωσφόρου στο έδαφος στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).

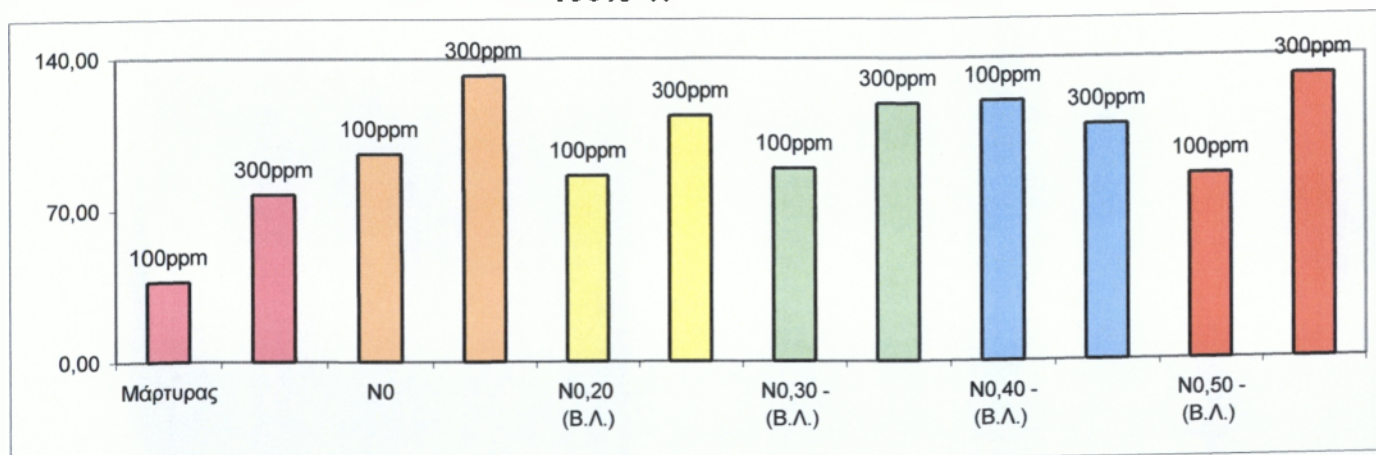


Ο αφομοιώσιμος φώσφορος στο έδαφος κυμάνθηκε από 30,2 έως 131,2 ppm που σημαίνει ότι το έδαφος υπερεπάρκως εφοδιασμένο με αυτό το στοιχείο.

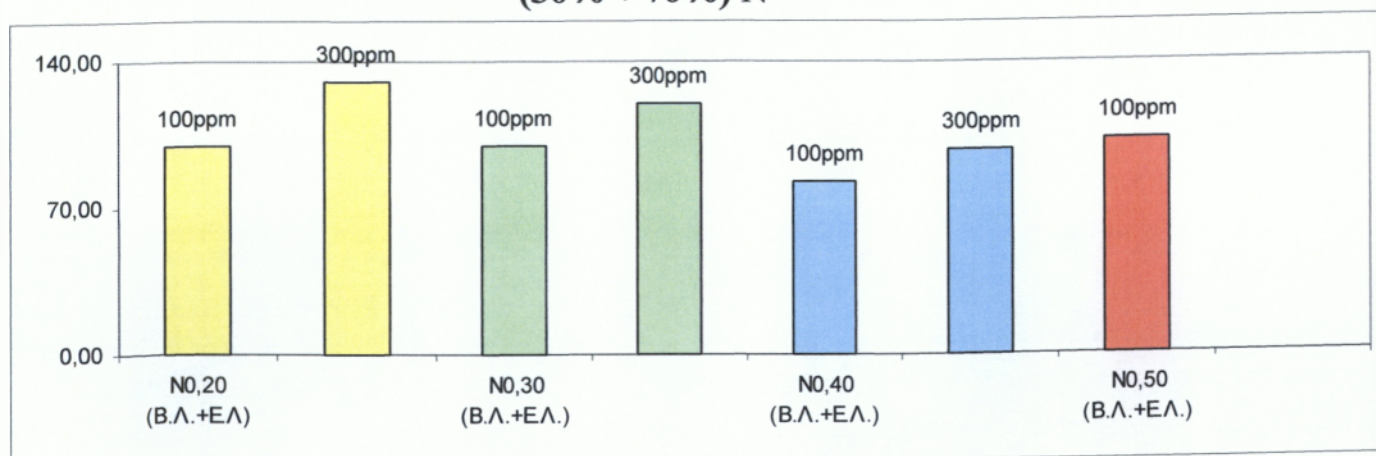
Πίνακας 10α : Περιεκτικότητα του αφομοιώσιμου φωσφόρου σε δοχεία χωρίς φυτά.

Μάρτυρας	100μg Cu g⁻¹	36,91			
	300μg Cu g⁻¹	77,18			
N₀	100μg Cu g⁻¹	95,97			
	300μg Cu g⁻¹	132,21			
N_{0,20} (B.A.)	100μg Cu g⁻¹	85,91	N_{0,20} (B.A.+E.A.)	100μg Cu g⁻¹	99,33
	300μg Cu g⁻¹	113,42		300μg Cu g⁻¹	130,87
N_{0,30} - (B.A.)	100μg Cu g⁻¹	89,26	N_{0,30} (B.A.+E.A.)	100μg Cu g⁻¹	100,00
	300μg Cu g⁻¹	118,79		300μg Cu g⁻¹	119,46
N_{0,40} - (B.A.)	100μg Cu g⁻¹	120,13	N_{0,40} (B.A.+E.A.)	100μg Cu g⁻¹	82,55
	300μg Cu g⁻¹	108,72		300μg Cu g⁻¹	97,99
N_{0,50} - (B.A.)	100μg Cu g⁻¹	85,23	N_{0,50} (B.A.+E.A.)	100μg Cu g⁻¹	102,68
	300μg Cu g⁻¹	130,87		300μg Cu g⁻¹	

100% N



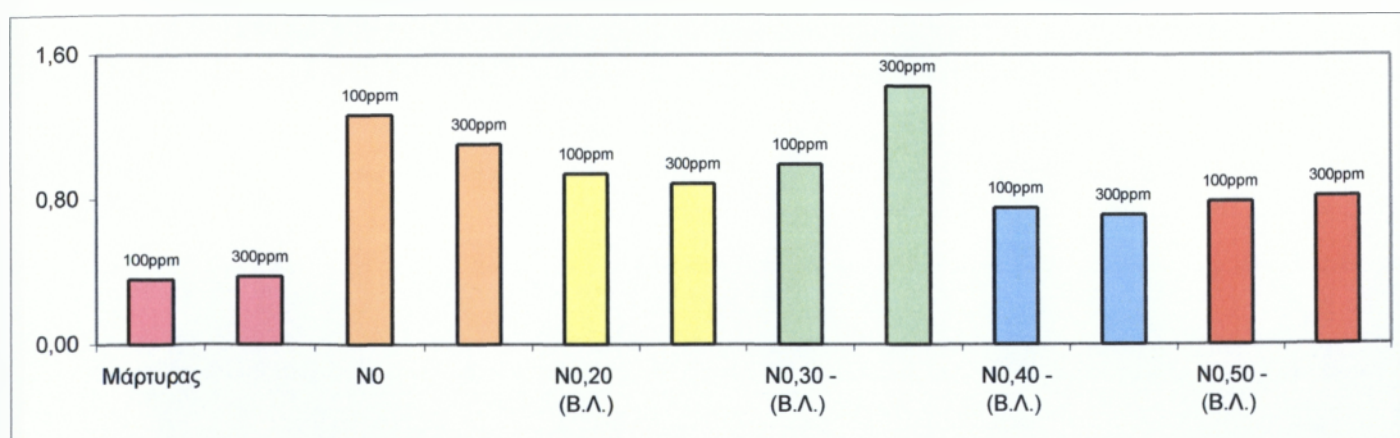
(30% + 70%) N



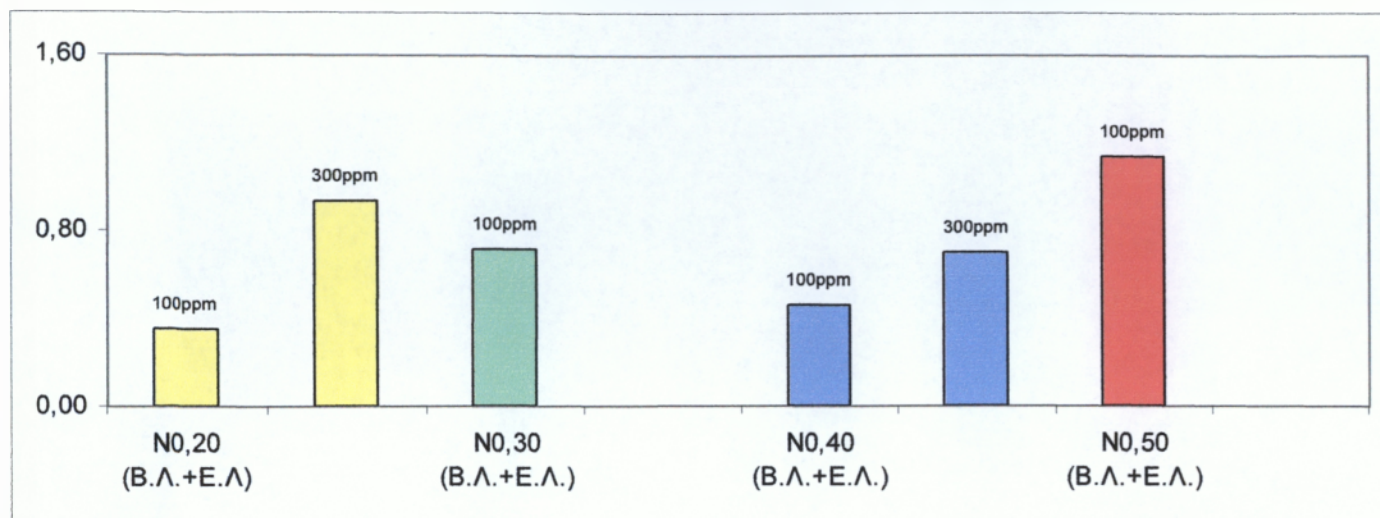
Πίνακα 11: Η περιεκτικότητα του αφομοιώσιμου καλίου στο εδάφους.

	α/α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Μ.Ο./Μεταχ. μεγ/100gr
χωρίς N	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 100 ppm Cu	0.36
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 300 ppm Cu	0.38
	3 ^η	N ₀ , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	1.27
	4 ^η	N ₀ , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	1.10
100% N στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	0.94
	6 ^η	N _{0,20} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	0.89
	7 ^η	N _{0,30} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	0.99
	8 ^η	N _{0,30} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	1.43
	9 ^η	N _{0,40} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	0.75
	10 ^η	N _{0,40} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	0.71
	11 ^η	N _{0,50} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	0.79
	12 ^η	N _{0,50} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	0.82
30% N στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	0.36
	14 ^η	N _{0,20} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	0.94
	15 ^η	N _{0,30} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	0.71
	16 ^η	N _{0,30} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	-
	17 ^η	N _{0,40} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	0.46
	18 ^η	N _{0,40} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	0.70
	19 ^η	N _{0,50} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	1.14
	20 ^η	N _{0,50} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	-

Σχήμα 9α: Περιεκτικότητα του καλίου στο έδαφος στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



Σχήμα 9β: Περιεκτικότητα του καλίου στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).

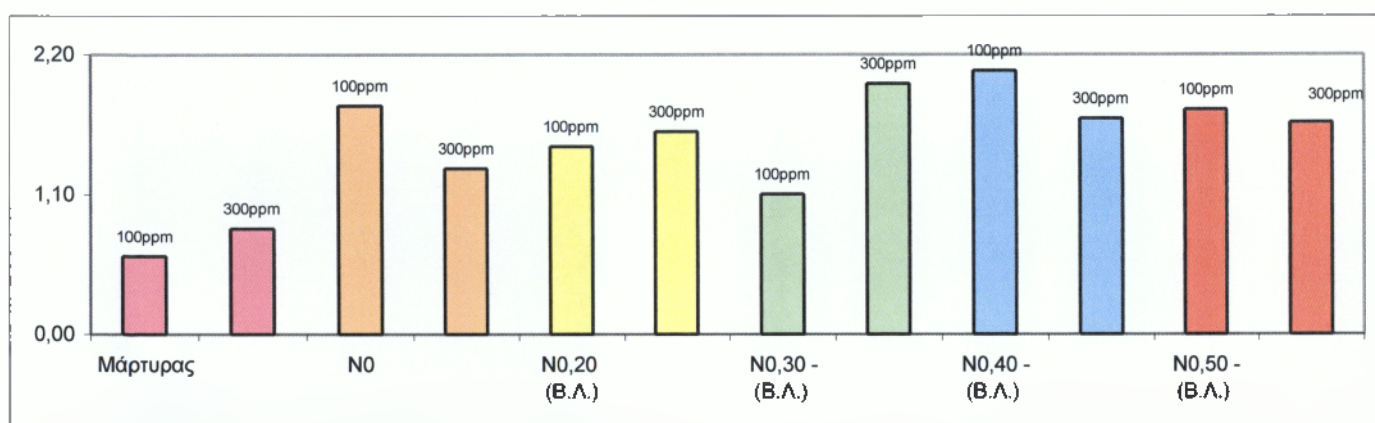


Το ανταλλάξιμο κάλιο κυμάνθηκε από 0,36 έως 1,43 mg/100gr και το έδαφος θεωρείται υπερεπάρκεις σε αφομοιώσιμο κάλιο.

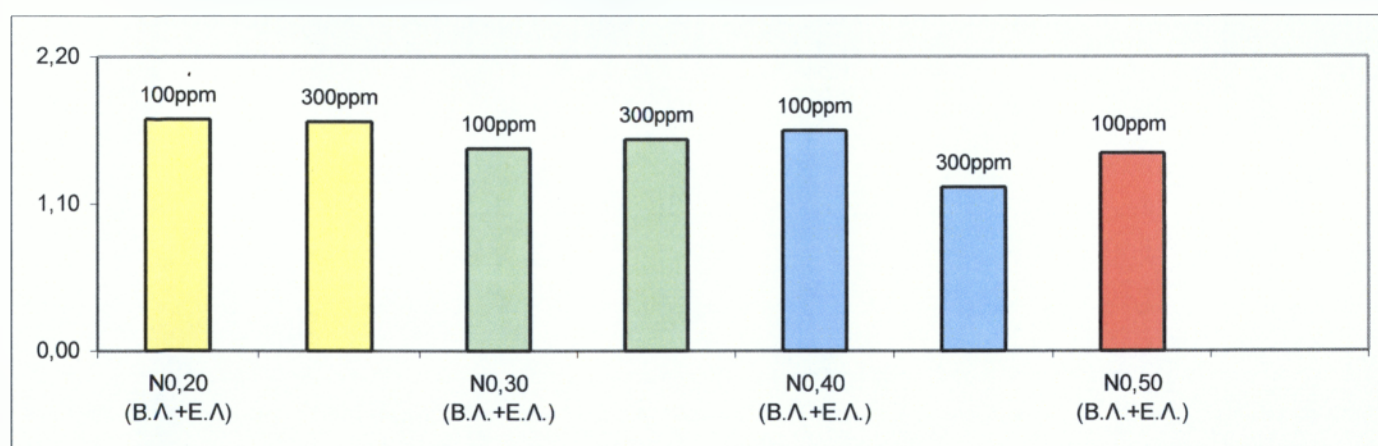
Πίνακας 11α : Περιεκτικότητα του αφομοιώσιμου καλίου σε δοχεία χωρίς φυτά.

Μάρτυρας	100μg Cu g⁻¹	0,61			
	300μg Cu g⁻¹	0,83			
N₀	100μg Cu g⁻¹	1,80			
	300μg Cu g⁻¹	1,31			
N_{0,20} (B.Λ.)	100μg Cu g⁻¹	1,48	N_{0,20} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g⁻¹	1,73
	300μg Cu g⁻¹	1,60		300μg Cu g⁻¹	1,72
N_{0,30} - (B.Λ.)	100μg Cu g⁻¹	1,10	N_{0,30} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g⁻¹	1,51
	300μg Cu g⁻¹	1,97		300μg Cu g⁻¹	1,58
N_{0,40} - (B.Λ.)	100μg Cu g⁻¹	2,07	N_{0,40} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g⁻¹	1,65
	300μg Cu g⁻¹	1,70		300μg Cu g⁻¹	1,22
N_{0,50} - (B.Λ.)	100μg Cu g⁻¹	1,77	N_{0,50} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g⁻¹	1,48
	300μg Cu g⁻¹	1,66		300μg Cu g⁻¹	-

100% N



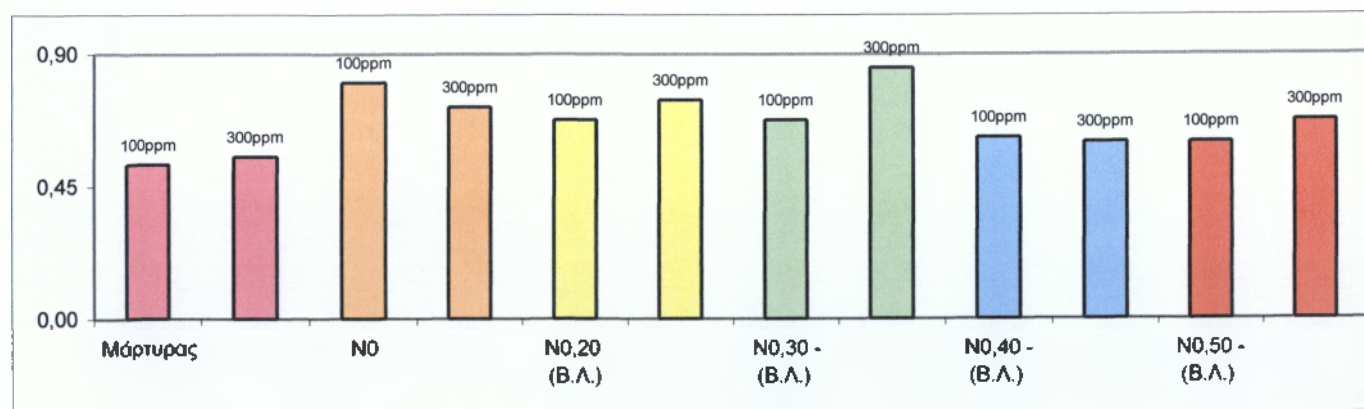
30% + 70% N



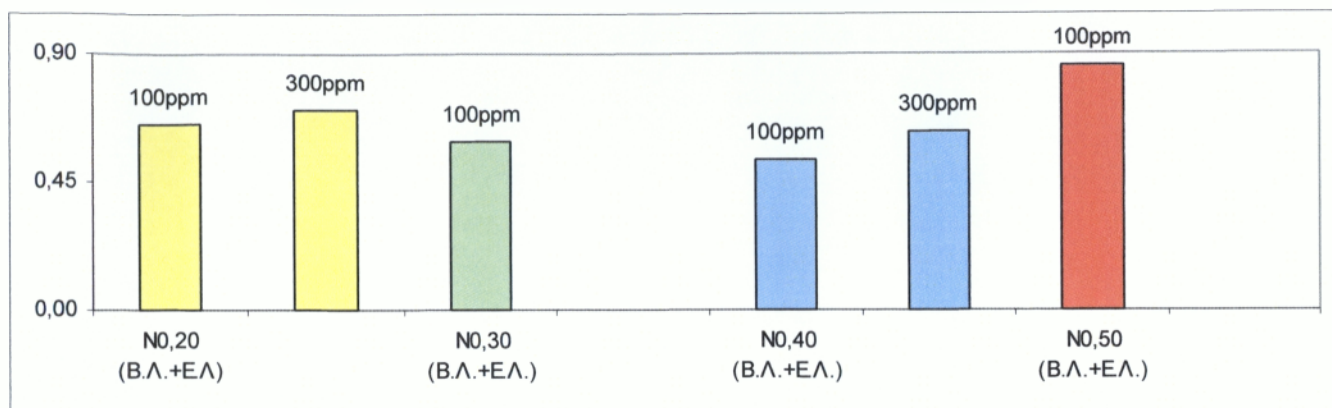
Πίνακα 12 :Η περιεκτικότητα του νατρίου στο εδάφους.

	α/α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ		Μ.Ο./Μεταχ. μεq/100gr
χωρίς N	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ,	100 ppm Cu	0,53
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ,	300 ppm Cu	0,55
	3 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40}	100 ppm Cu	0,80
	4 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40}	300 ppm Cu	0,72
100% N στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40}	100 ppm Cu	0,68
	6 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40}	300 ppm Cu	0,74
	7 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40}	100 ppm Cu	0,68
	8 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40}	300 ppm Cu	0,85
	9 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40}	100 ppm Cu	0,62
	10 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40}	300 ppm Cu	0,60
	11 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40}	100 ppm Cu	0,60
	12 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40}	300 ppm Cu	0,68
30% N στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40}	100 ppm Cu	0,65
	14 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40}	300 ppm Cu	0,70
	15 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40}	100 ppm Cu	0,59
	16 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40}	300 ppm Cu	-
	17 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40}	100 ppm Cu	0,53
	18 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40}	300 ppm Cu	0,63
	19 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40}	100 ppm Cu	0,85
	20 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40}	300 ppm Cu	-

Σχήμα 10α: Περιεκτικότητα νατρίου στο έδαφος στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



Σχήμα 10β: Περιεκτικότητα του νατρίου (meq/100gr) στο έδαφος στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).

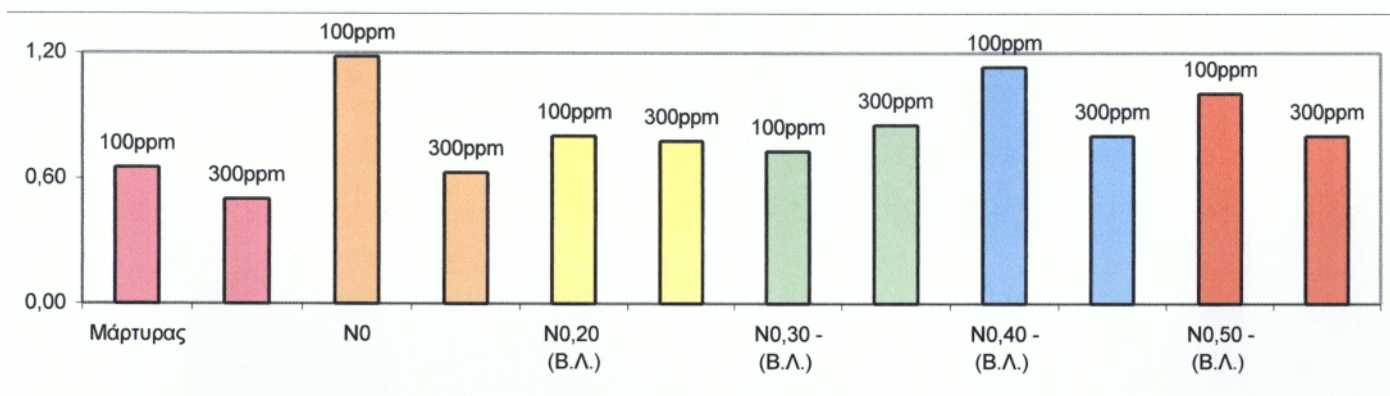


Το ανταλλάξιμο Na κυμάνθηκε από 0,53 έως 0,85 και δεν αποτελεί κίνδυνο παθογένειας. Όπως είναι διαπιστωμένο, το νάτριο είναι απαραίτητο για τα φυτά της οικογένειας Chenopodiaceae, όπως τα σπανάκι και τα τεύτλα.

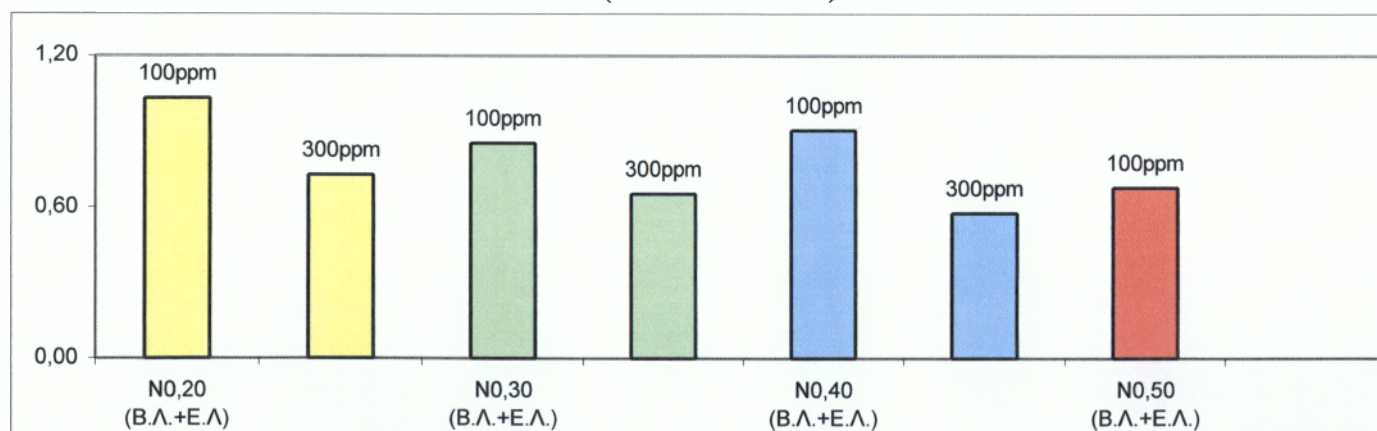
Πίνακας 12α : Περιεκτικότητα του νατρίου στο έδαφος σε δοχεία χωρίς φυτά.

Μάρτυρας	100μg Cu g ⁻¹	0,65			
	300μg Cu g ⁻¹	0,50			
N₀	100μg Cu g ⁻¹	1,18			
	300μg Cu g ⁻¹	0,63			
N_{0,20} (B.A.)	100μg Cu g ⁻¹	0,80	N_{0,20} (B.A.+E.A.)	100μg Cu g ⁻¹	1,03
	300μg Cu g ⁻¹	0,78		300μg Cu g ⁻¹	0,73
N_{0,30} - (B.A.)	100μg Cu g ⁻¹	0,73	N_{0,30} (B.A.+E.A.)	100μg Cu g ⁻¹	0,85
	300μg Cu g ⁻¹	0,85		300μg Cu g ⁻¹	0,65
N_{0,40} - (B.A.)	100μg Cu g ⁻¹	1,13	N_{0,40} (B.A.+E.A.)	100μg Cu g ⁻¹	0,90
	300μg Cu g ⁻¹	0,80		300μg Cu g ⁻¹	0,58
N_{0,50} - (B.A.)	100μg Cu g ⁻¹	1,01	N_{0,50} (B.A.+E.A.)	100μg Cu g ⁻¹	0,68
	300μg Cu g ⁻¹	0,80		300μg Cu g ⁻¹	

100% N



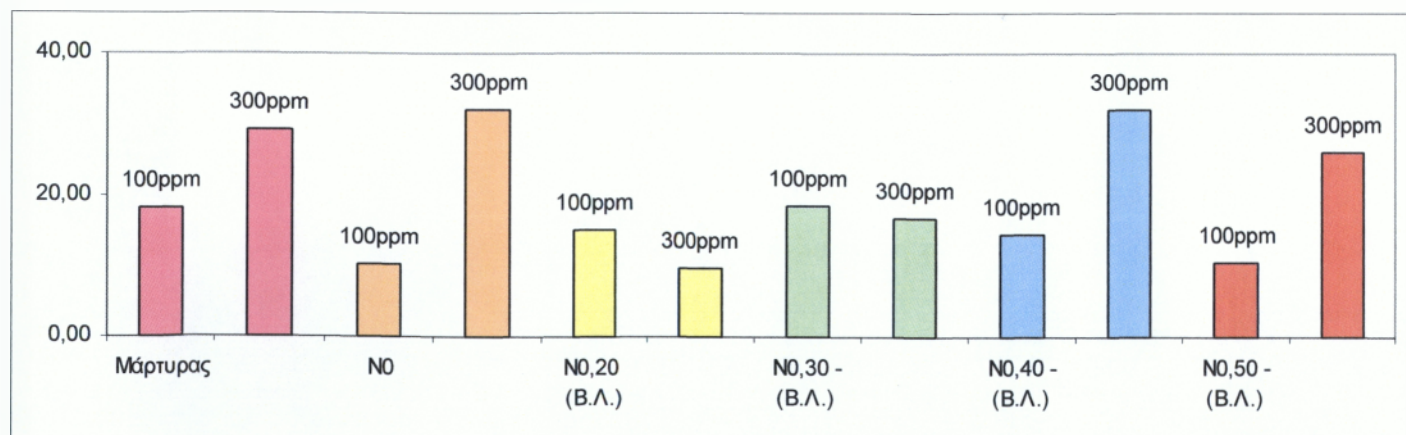
(30% + 70%) N



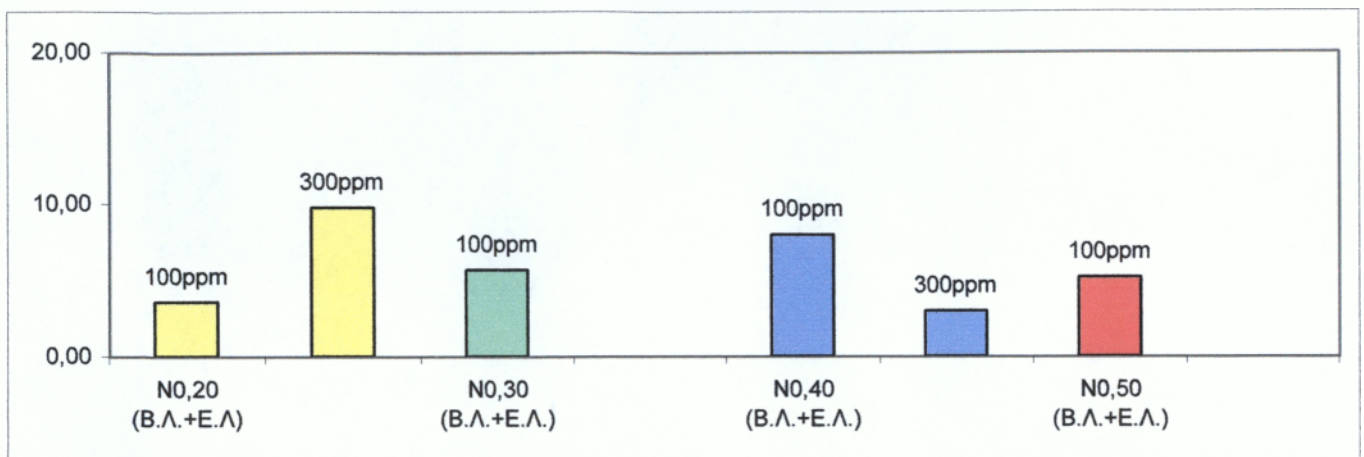
Πίνακα 13: Η περιεκτικότητα του σιδήρου στο εδάφους.

	α/α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Μ.Ο./Μεταχ. σε ppm
χωρίς N	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 100 ppm Cu	18,27
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 300 ppm Cu	29,27
	3 ^η	N ₀ , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	10,13
	4 ^η	N ₀ , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	32,00
100% N στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	15,150
	6 ^η	N _{0,20} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	9,73
	7 ^η	N _{0,30} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	18,50
	8 ^η	N _{0,30} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	16,80
	9 ^η	N _{0,40} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	14,33
	10 ^η	N _{0,40} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	32,00
	11 ^η	N _{0,50} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	10,50
	12 ^η	N _{0,50} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	26,00
30% N στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	3,60
	14 ^η	N _{0,20} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	9,80
	15 ^η	N _{0,30} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	5,70
	16 ^η	N _{0,30} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	-
	17 ^η	N _{0,40} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	8,00
	18 ^η	N _{0,40} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	3,00
	19 ^η	N _{0,50} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	5,20
	20 ^η	N _{0,50} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	-

Σχήμα 11α: Περιεκτικότητα του σιδήρου(ppm) στο έδαφος στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



Σχήμα 11β: Περιεκτικότητα του σιδήρου(ppm) στο έδαφος στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).

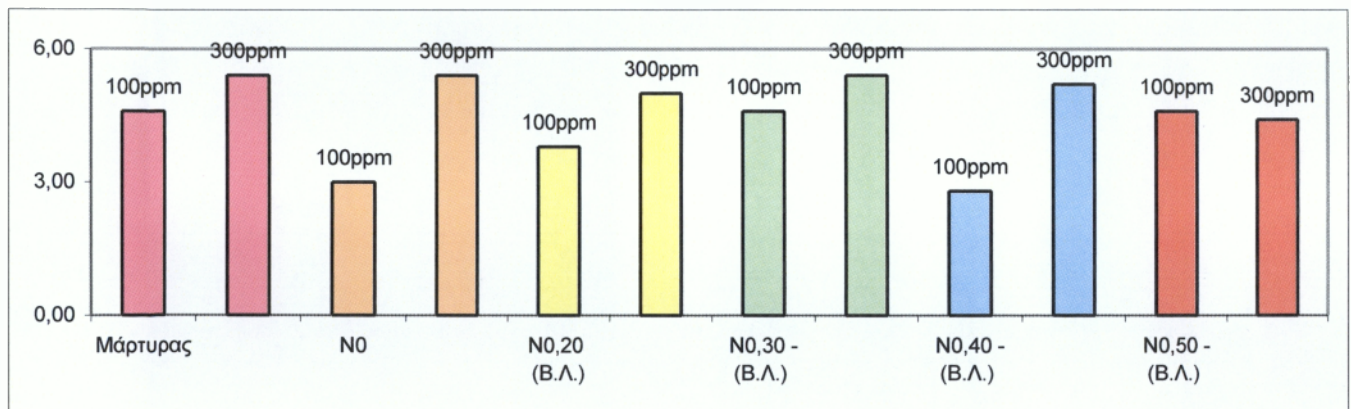


Ο αφομοιώσιμος σίδηρος στο έδαφος διακυμάνθηκε στις μεταχειρίσεις, όπου προστέθηκε το άζωτο στη βασική λίπανση, σε υψηλά επίπεδα, (9,7 έως 32,0 ppm), ενώ στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά ο σίδηρος ήταν σε χαμηλά επίπεδα (3,0-9,8ppm).

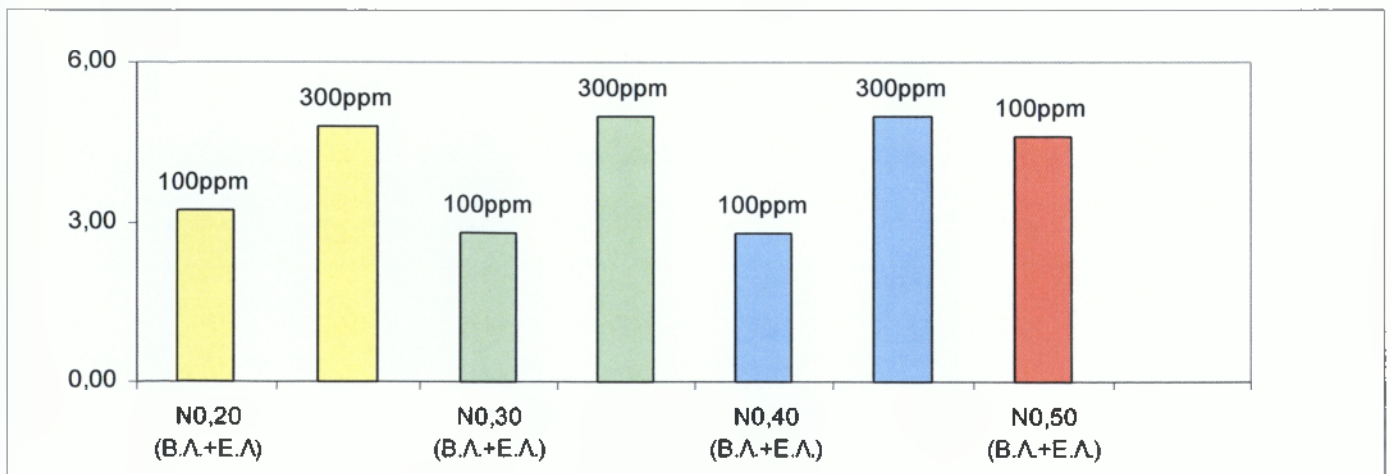
Πίνακας 13α : Περιεκτικότητα του αφομοιώσιμου σιδήρου στο έδαφος σε δοχεία χωρίς φυτά.

Μάρτυρας	100µg Cu g ⁻¹	4,60			
	300µg Cu g ⁻¹	5,40			
N ₀	100µg Cu g ⁻¹	3,00			
	300µg Cu g ⁻¹	5,40			
N _{0,20} (B.Λ.)	100µg Cu g ⁻¹	3,80	N _{0,20} (B.Λ.+E.Λ.)	100µg Cu g ⁻¹	3,20
	300µg Cu g ⁻¹	5,00		300µg Cu g ⁻¹	4,80
N _{0,30} - (B.Λ.)	100µg Cu g ⁻¹	4,60	N _{0,30} (B.Λ.+E.Λ.)	100µg Cu g ⁻¹	2,80
	300µg Cu g ⁻¹	5,40		300µg Cu g ⁻¹	5,00
N _{0,40} - (B.Λ.)	100µg Cu g ⁻¹	2,80	N _{0,40} (B.Λ.+E.Λ.)	100µg Cu g ⁻¹	2,80
	300µg Cu g ⁻¹	5,20		300µg Cu g ⁻¹	5,00
N _{0,50} - (B.Λ.)	100µg Cu g ⁻¹	4,60	N _{0,50} (B.Λ.+E.Λ.)	100µg Cu g ⁻¹	4,60
	300µg Cu g ⁻¹	4,40		300µg Cu g ⁻¹	-

100% N



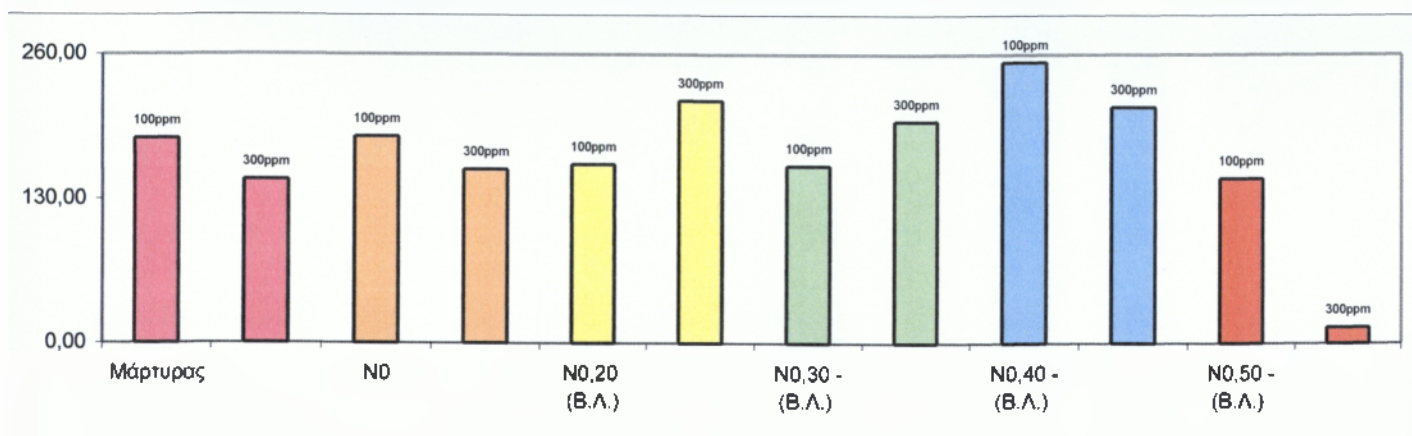
(30% + 70%) N



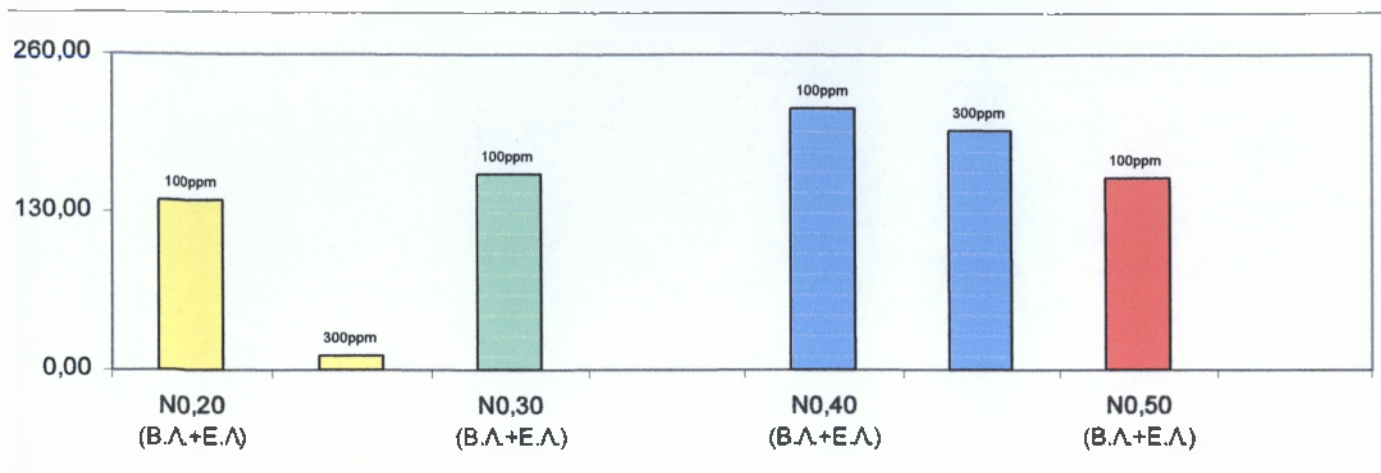
Πίνακα 14: Η περιεκτικότητα του χαλκού στο εδάφους.

	α/α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Μ.Ο./Μεταχ. σε ppm
χωρίς N	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 100 ppm Cu	184,07
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 300 ppm Cu	146,96
	3 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	185,97
	4 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	156,57
100% N στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	160,93
	6 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	218,24
	7 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	160,05
	8 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	199,54
	9 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	252,85
	10 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	212,74
	11 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	148,50
	12 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	14,30
30% N στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	139,70
	14 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	11,00
	15 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	160,60
	16 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	-
	17 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	215,38
	18 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	197,89
	19 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	158,40
	20 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	

Σχήμα 12α: Περιεκτικότητα του χαλκού(ppm) στο έδαφος στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



Σχήμα 12β: Περιεκτικότητα του χαλκού(ppm) στο έδαφος στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).



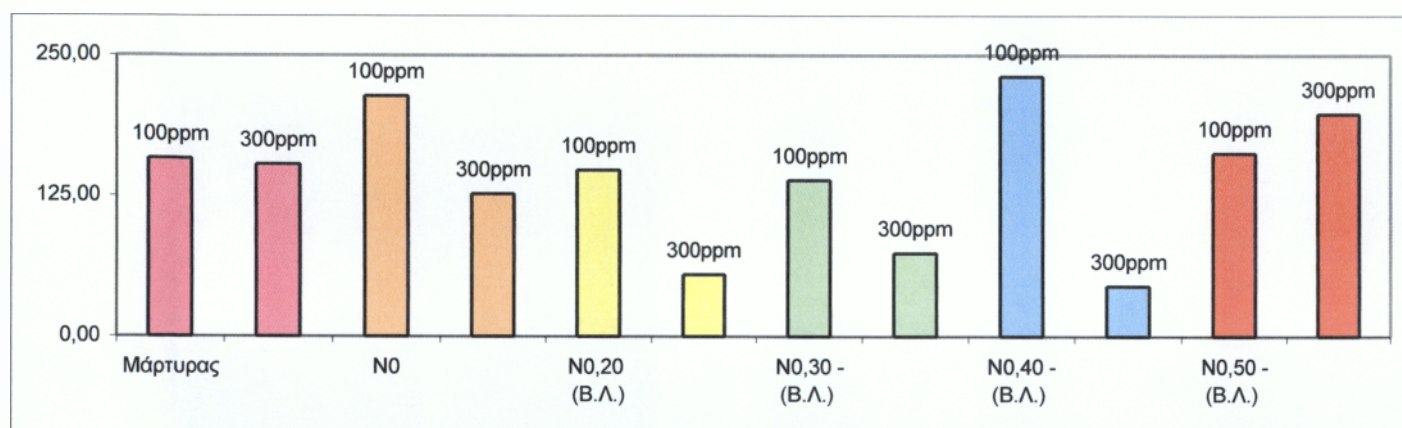
Όπως φαίνεται από τα στοιχεία της συγκέντρωσης του χαλκού στο έδαφος έχουμε υπερβολική περιεκτικότητα αλλά διακρίνεται η διαφορά που υπάρχει μεταξύ των δύο δόσεων χαλκού που προστέθηκε στο έδαφος.

Έτσι, στις μεταχειρίσεις όπου προστέθηκε στο έδαφος 100ppm Cu, η περιεκτικότητά του κυμαίνεται από 139-184 ppm, ενώ στις μεταχειρίσεις όπου προστέθηκαν 300ppm Cu, κυμαίνεται από 197-218,24 ppm.

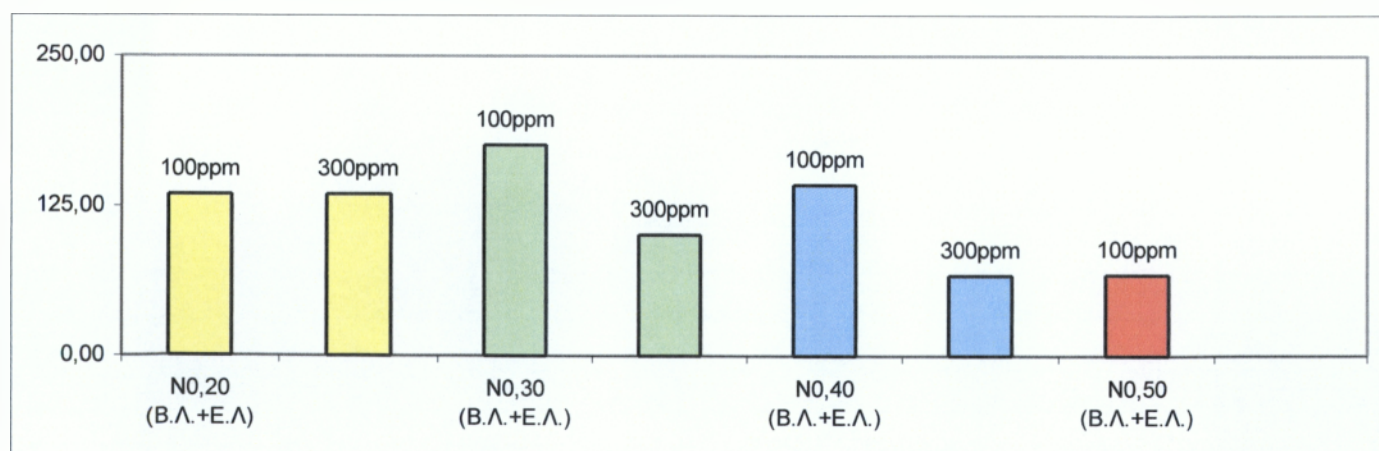
Πίνακας 14α : Περιεκτικότητα του χαλκού στο έδαφος σε δοχεία χωρίς φυτά.

Μάρτυρας	100μg Cu g⁻¹	158,18			
	300μg Cu g⁻¹	153,12			
N₀	100μg Cu g⁻¹	214,06			
	300μg Cu g⁻¹	126,94			
N_{0,20} (B.A.)	100μg Cu g⁻¹	147,84	N_{0,20} (B.A.+E.A.)	100μg Cu g⁻¹	134,20
	300μg Cu g⁻¹	55,00		300μg Cu g⁻¹	134,20
N_{0,30} - (B.A.)	100μg Cu g⁻¹	139,04	N_{0,30} (B.A.+E.A.)	100μg Cu g⁻¹	175,34
	300μg Cu g⁻¹	74,14		300μg Cu g⁻¹	100,54
N_{0,40} - (B.A.)	100μg Cu g⁻¹	231,00	N_{0,40} (B.A.+E.A.)	100μg Cu g⁻¹	142,56
	300μg Cu g⁻¹	44,88		300μg Cu g⁻¹	66,88
N_{0,50} - (B.A.)	100μg Cu g⁻¹	162,58	N_{0,50} (B.A.+E.A.)	100μg Cu g⁻¹	67,54
	300μg Cu g⁻¹	197,78		300μg Cu g⁻¹	

100% N



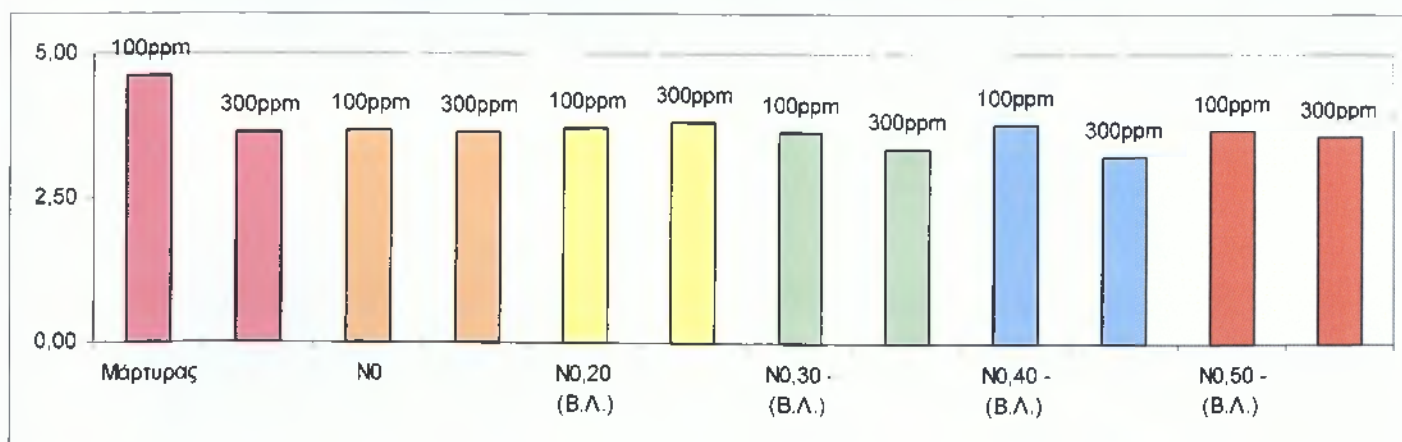
(30% + 70%) N



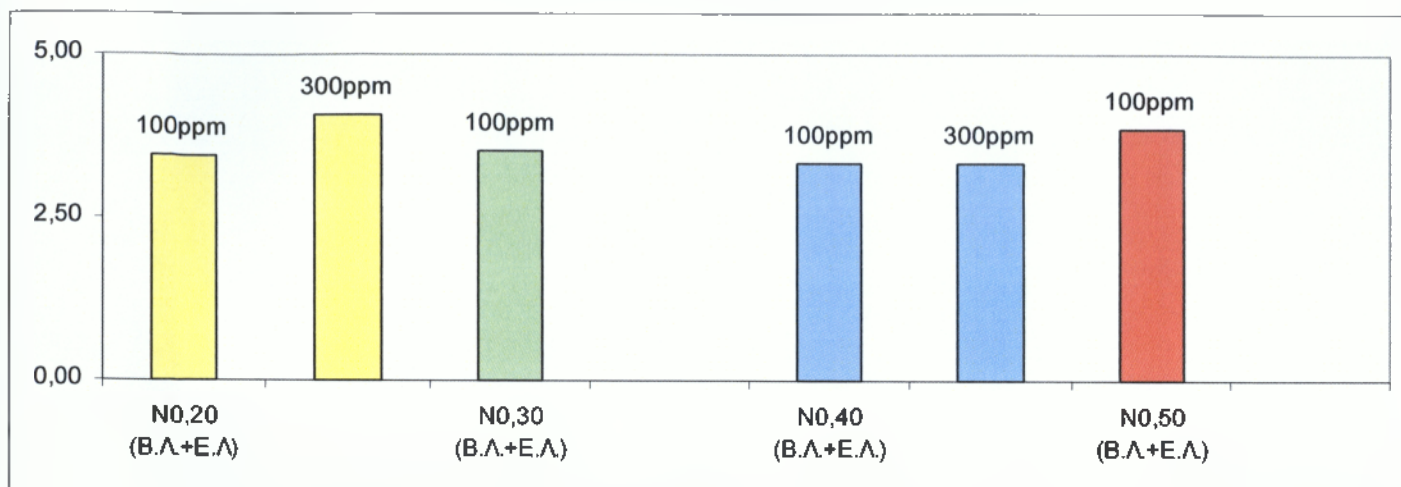
Πίνακα 15 : Η περιεκτικότητα του ψευδαργύρου στο εδάφους.

	α/α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Μ.Ο./Μεταχ. σε ppm
χωρίς N	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 100 ppm Cu	4,60
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 300 ppm Cu	3,65
	3 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	3,66
	4 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	3,63
100% N στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	3,70
	6 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	3,82
	7 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	3,63
	8 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	3,37
	9 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	3,79
	10 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	3,24
	11 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	3,70
	12 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	3,59
30% N στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	3,47
	14 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	4,06
	15 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	3,51
	16 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	-
	17 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	3,34
	18 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	3,32
	19 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	3,86
	20 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	-

Σχήμα 13α: Περιεκτικότητα του ψευδαργύρου στο έδαφος στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



Σχήμα 13β: Περιεκτικότητα του ψευδαργύρου στο έδαφος στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).

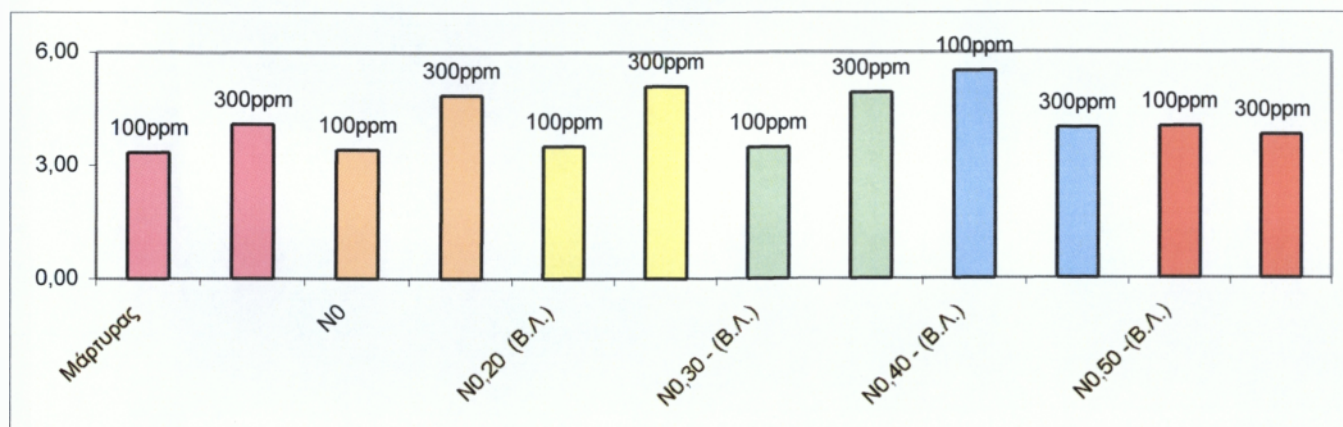


Ο ψευδάργυρος στο έδαφος διακυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα μεταξύ 3,24 και 4,60 ppm.

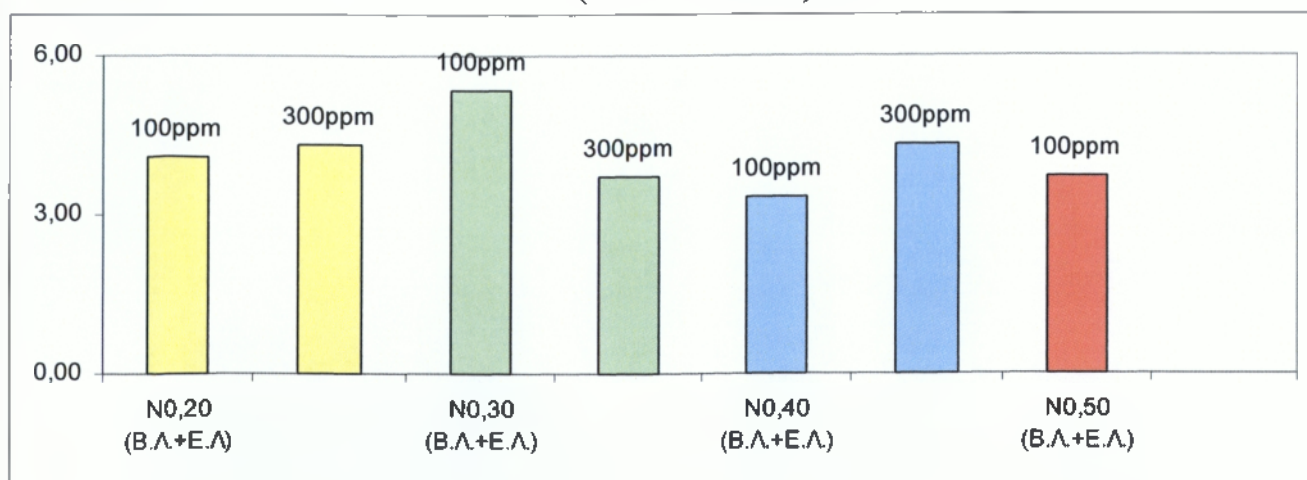
Πίνακας 15α : Περιεκτικότητα του ψευδαργύρου στο έδαφος σε δοχεία χωρίς φυτά.

Μάρτυρας	100μg Cu g⁻¹	3,33			
	300μg Cu g⁻¹	4,10			
N₀	100μg Cu g⁻¹	3,42			
	300μg Cu g⁻¹	4,86			
N_{0,20} (B.Λ.)	100μg Cu g⁻¹	3,51	N_{0,20} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g⁻¹	4,08
	300μg Cu g⁻¹	5,09		300μg Cu g⁻¹	4,32
N_{0,30} - (B.Λ.)	100μg Cu g⁻¹	3,47	N_{0,30} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g⁻¹	5,37
	300μg Cu g⁻¹	4,93		300μg Cu g⁻¹	3,71
N_{0,40} - (B.Λ.)	100μg Cu g⁻¹	5,51	N_{0,40} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g⁻¹	3,34
	300μg Cu g⁻¹	3,98		300μg Cu g⁻¹	4,33
N_{0,50} - (B.Λ.)	100μg Cu g⁻¹	4,03	N_{0,50} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g⁻¹	3,71
	300μg Cu g⁻¹	3,81		300μg Cu g⁻¹	

100% N



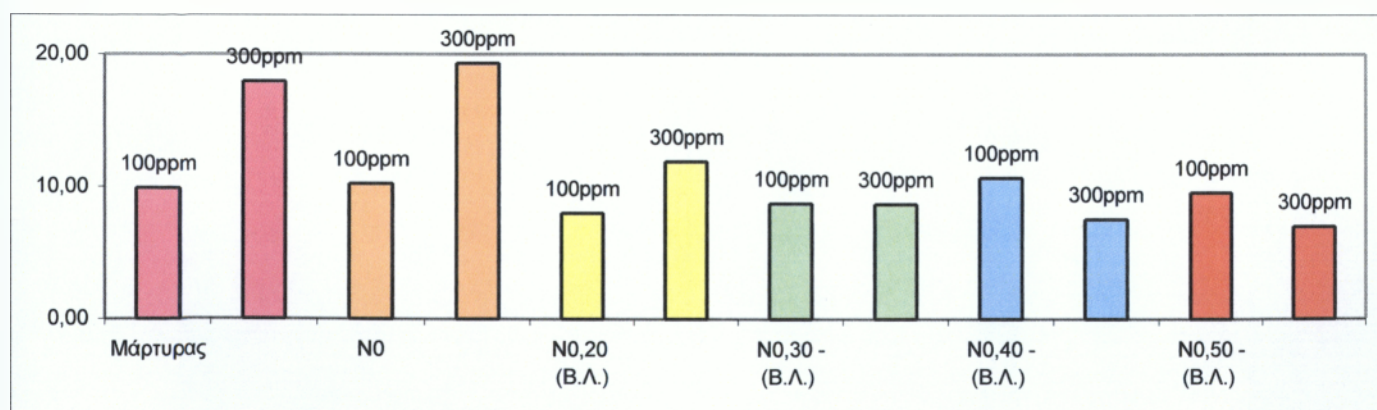
(30% + 70%) N



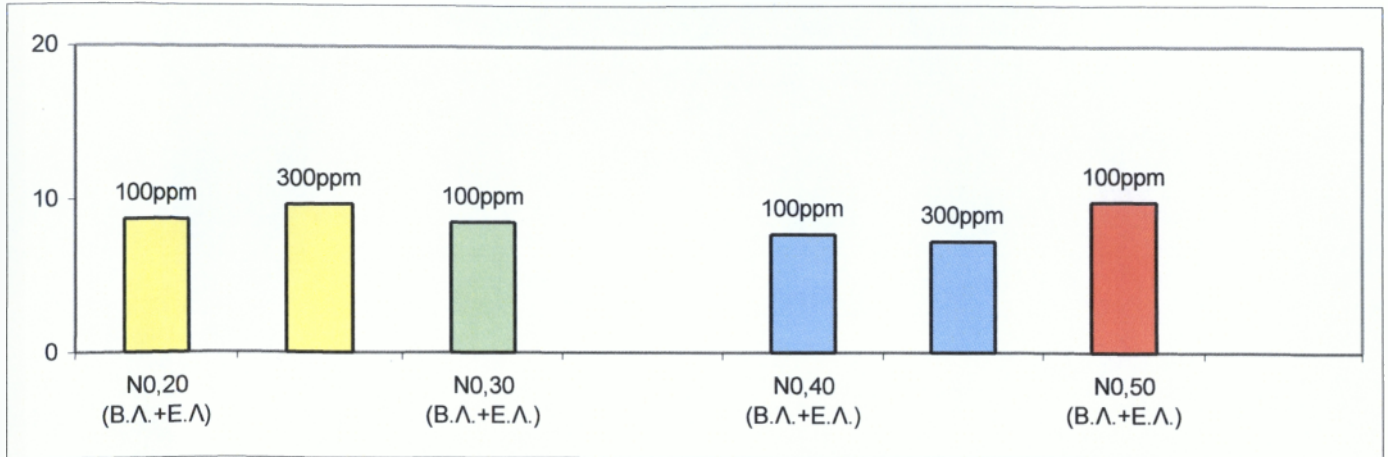
Πίνακα 16: Η περιεκτικότητα του μαγγανίου στο εδάφους.

	α/α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Μ.Ο./Μεταχ. σε ppm
χωρίς N	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 100 ppm Cu	9,89
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 300 ppm Cu	17,96
	3 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	10,2
	4 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	19,34
100% N στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	7,96
	6 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	11,88
	7 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	8,71
	8 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	8,68
	9 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	10,67
	10 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	7,52
	11 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	9,55
	12 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	7,02
30% N στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	8,68
	14 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	9,66
	15 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	8,49
	16 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	-
	17 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	7,72
	18 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	7,26
	19 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	9,84
	20 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	-

Σχήμα 14α: Περιεκτικότητα του μαγγανίου στο έδαφος στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



Σχήμα 14β: Περιεκτικότητα του μαγγανίου(ppm) στο έδαφος στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).

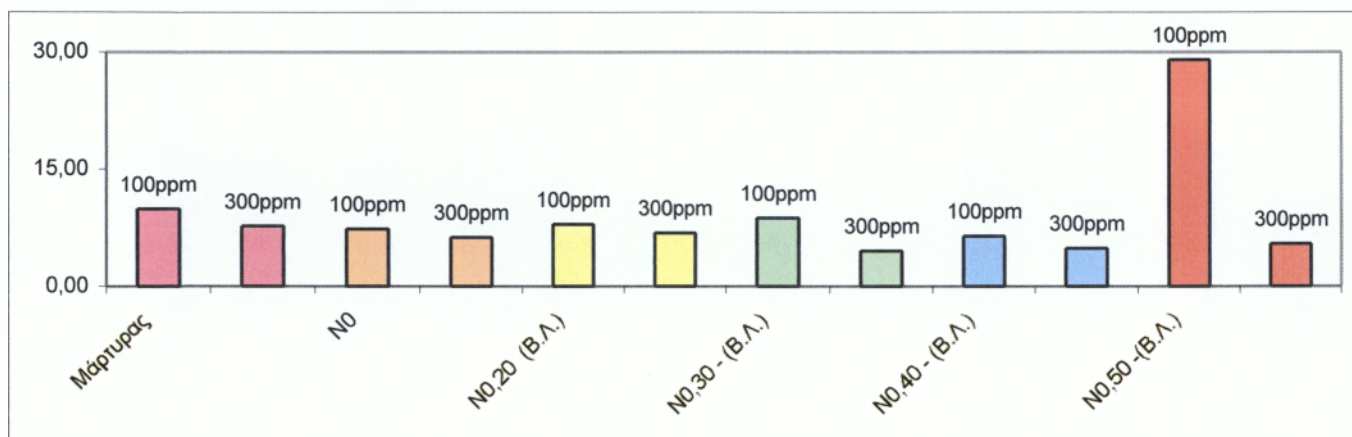


Το αφομοιώσιμο μαγγάνιο στο έδαφος διακυμάνθηκε σε μέτρια επίπεδα μεταξύ 7,52 και 19,34 ppm.

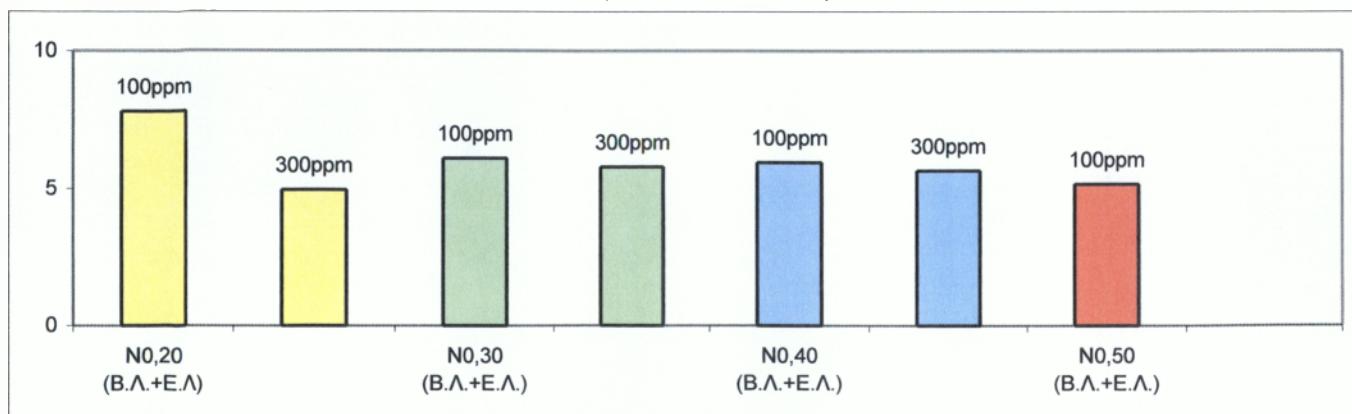
Πίνακας 16α : Περιεκτικότητα του μαγγανίου στο έδαφος σε δοχεία χωρίς φυτά.

Μάρτυρας	100μg Cu g⁻¹	9,9			
	300μg Cu g⁻¹	7,68			
N₀	100μg Cu g⁻¹	7,34			
	300μg Cu g⁻¹	6,24			
N_{0,20} (B.Λ.)	100μg Cu g⁻¹	7,92	N_{0,20} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g⁻¹	7,8
	300μg Cu g⁻¹	6,84		300μg Cu g⁻¹	4,94
N_{0,30} (B.Λ.)	100μg Cu g⁻¹	8,74	N_{0,30} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g⁻¹	6,1
	300μg Cu g⁻¹	4,52		300μg Cu g⁻¹	5,78
N_{0,40} (B.Λ.)	100μg Cu g⁻¹	6,46	N_{0,40} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g⁻¹	5,94
	300μg Cu g⁻¹	4,84		300μg Cu g⁻¹	5,64
N_{0,50} (B.Λ.)	100μg Cu g⁻¹	29	N_{0,50} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g⁻¹	5,16
	300μg Cu g⁻¹	5,4		300μg Cu g⁻¹	

100% N



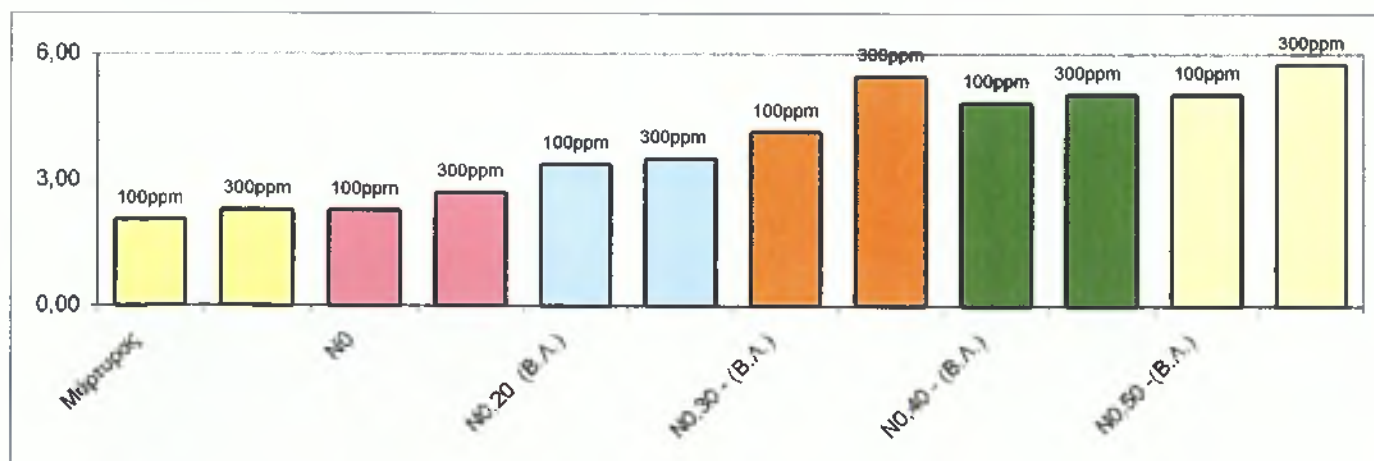
(30% + 70%) N



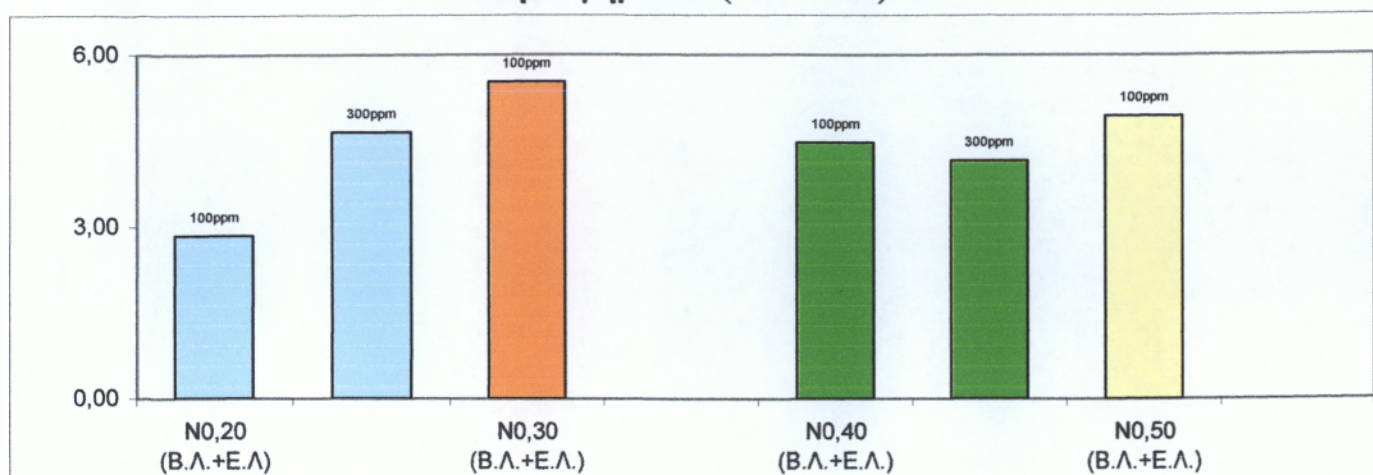
Πίνακα 17: Η περιεκτικότητα του ολικού αζώτου στα φύλλα.

	α/α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Μ.Ο./Μεταχ. %
χωρίς N	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 100 ppm Cu	2,05
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 300 ppm Cu	2,29
	3 ^η	N ₀ , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	2,27
	4 ^η	N ₀ , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	2,70
100% N στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	3,38
	6 ^η	N _{0,20} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	3,51
	7 ^η	N _{0,30} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	5,59
	8 ^η	N _{0,30} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	5,46
	9 ^η	N _{0,40} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	4,85
	10 ^η	N _{0,40} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	5,04
	11 ^η	N _{0,50} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	5,04
	12 ^η	N _{0,50} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	5,75
30% N στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	2,86
	14 ^η	N _{0,20} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	4,64
	15 ^η	N _{0,30} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	5,52
	16 ^η	N _{0,30} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	-
	17 ^η	N _{0,40} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	4,46
	18 ^η	N _{0,40} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	4,16
	19 ^η	N _{0,50} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	4,93
	20 ^η	N _{0,50} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	-

Σχήμα 15α: Περιεκτικότητα του ολικού αζώτου στα φύλλα στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



Σχήμα 15β: Περιεκτικότητα του ολικού αζώτου στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).



Η συγκέντρωση του N στα φύλλα του σπανακιού στις μεταχειρίσεις όπου δεν προστέθηκε N ή μόνο η μικρή δόση 0,20gr/Kgr, κυμάνθηκε σε χαμηλά επίπεδα (2,05-2,70% και 3,38-3,51% αντίστοιχα). Οι χαμηλές συγκεντρώσεις στους φυτικούς ιστούς οφείλονται στο γεγονός ότι το N στο έδαφος είναι στοιχείο που βρίσκεται σε χαμηλή συγκέντρωση.

Στις μεταχειρίσεις όπου στη βασική λίπανση προσθέσαμε τις δόσεις 0,30gr., 0,40gr, 0,50gr./kgf. εδάφους, παρατηρήθηκε η συγκέντρωση του N σε κανονικά όρια (4,85-5,75%).

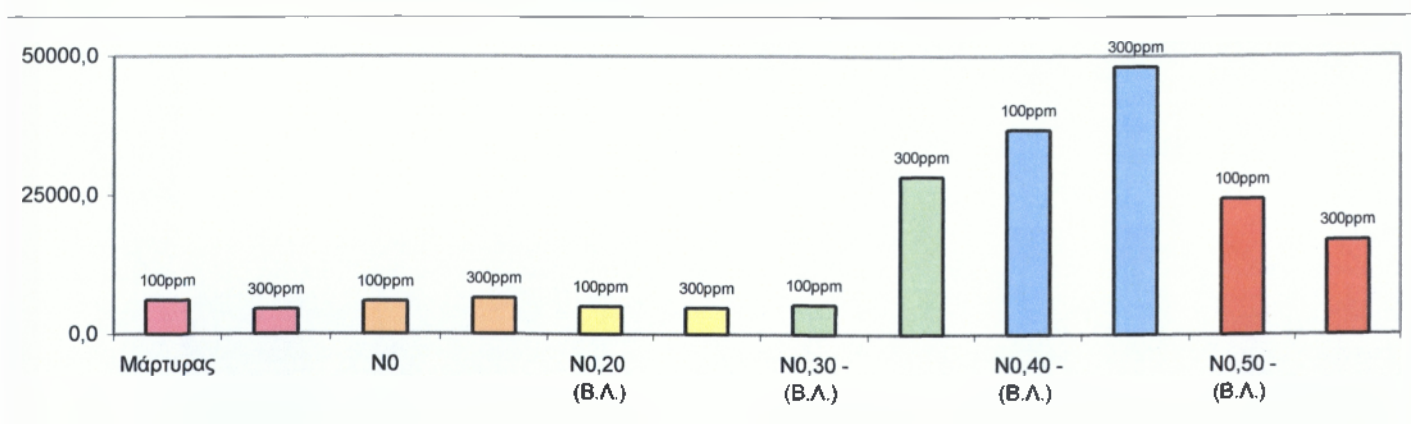
Στις μεταχειρίσεις όπου το N προστέθηκε τμηματικά η συγκέντρωση του N κυμαίνεται στα κανονικά όρια.

Σημειώνεται ότι δεν παρατηρήθηκε καμιά επίδραση στη συγκέντρωση του αζώτου από την προσθήκη χαλκού.

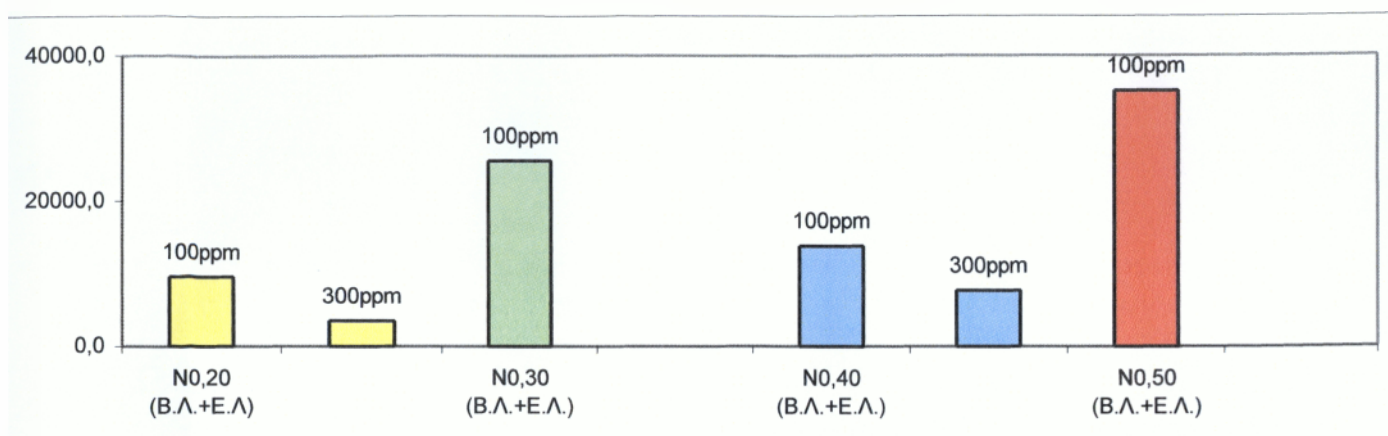
Πίνακα 18 : Η περιεκτικότητα του νιτρικού αζώτου στα φύλλα.

	α/α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Μ.Ο./Μεταχ. ppm-ξ.β.
χωρίς N	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 100 ppm Cu	6075,0
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 300 ppm Cu	4491,7
	3 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	5852,8
	4 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	6463,9
100% N στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	4908,3
	6 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	4686,1
	7 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	5366,7
	8 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	28325,0
	9 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	36686,1
	10 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	47991,7
	11 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	24408,3
	12 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	16991,7
30% N στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	9658,3
	14 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	3491,7
	15 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	25491,7
	16 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	-
	17 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	13783,3
	18 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	7658,3
	19 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	35158,3
	20 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	-

Σχήμα 16α: Περιεκτικότητα του νιτρικού αζώτου στα φύλλα στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



Σχήμα 16β: Περιεκτικότητα του νιτρικού αζώτου στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).



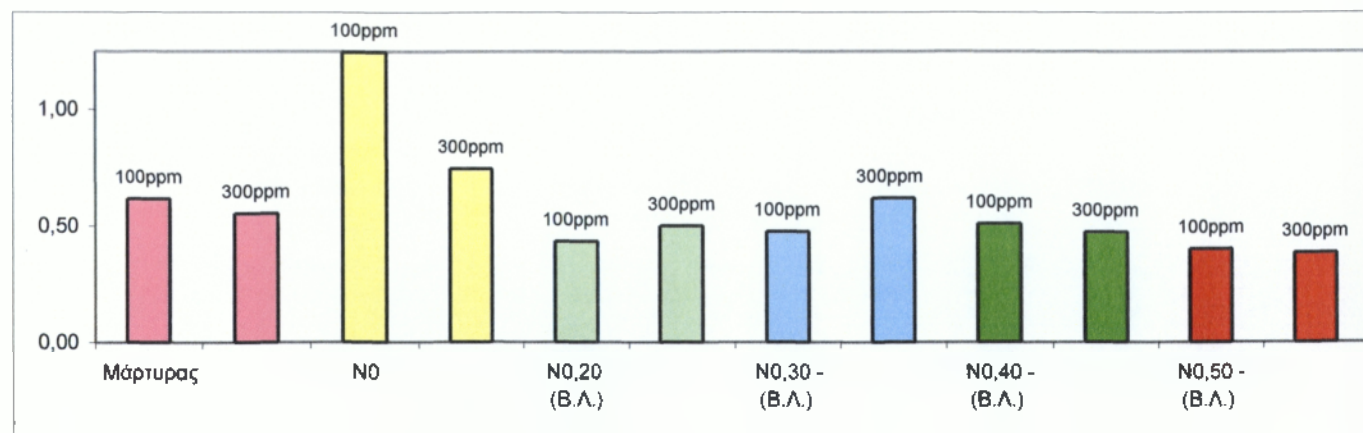
Η συγκέντρωση του νιτρικού αζώτου στα φύλλα είναι μικρότερη στις μεταχειρίσεις όπου δεν προστέθηκε με την λίπανση άζωτο. Έτσι, στις μεταχειρίσεις από την 1^η μέχρι την 4^η η συγκέντρωση του αζώτου κυμαίνεται από 4491 – 6463 ppm/ξηρού βάρους.

Στις μεταχειρίσεις όπου προστέθηκαν οι υψηλότερες δόσεις αζώτου, η συγκέντρωση του νιτρικού αζώτου είναι μεγάλη και κυμαίνεται από 4000 – 47000 ppm ξηρού βάρους.

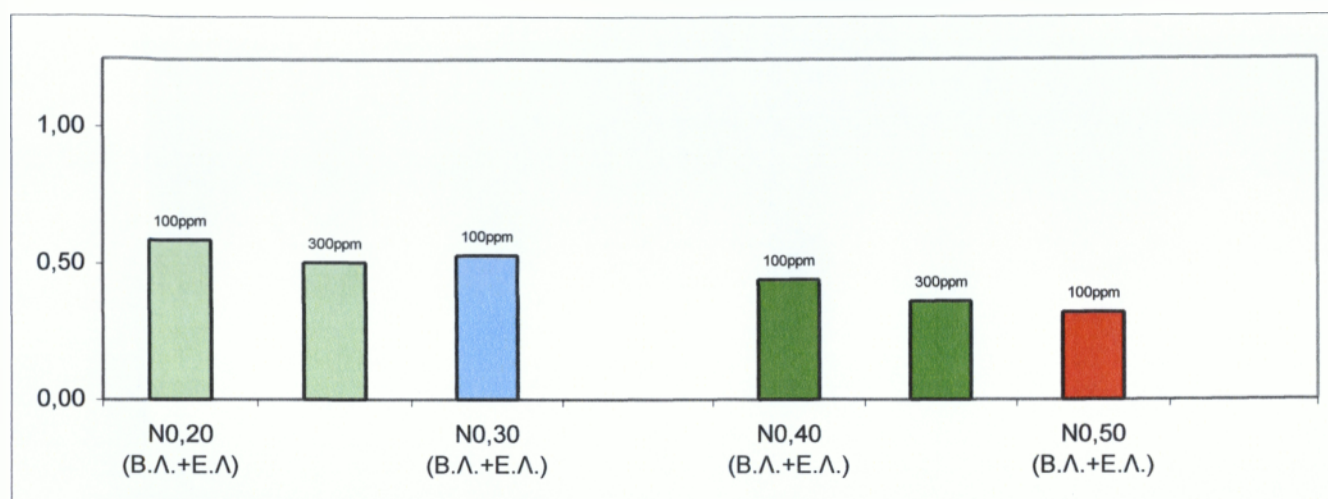
Πίνακα 19: Η παρουσιάζεται η περιεκτικότητα του φωσφόρου στα φύλλα.

	α/α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Μ.Ο./Μεταχ. %
χωρίς N	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 100 ppm Cu	0,62
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 300 ppm Cu	0,55
	3 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	1,25
	4 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	0,75
100% N στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	0,43
	6 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	0,50
	7 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	0,47
	8 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	0,62
	9 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	0,51
	10 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	0,47
	11 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	0,40
	12 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	0,38
30% N στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	0,59
	14 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	0,50
	15 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	0,53
	16 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	-
	17 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	0,44
	18 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	0,36
	19 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	0,32
	20 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	-

Σχήμα 17α: Περιεκτικότητα του φωσφόρου στα φύλλα στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



Σχήμα 17β: Περιεκτικότητα του φωσφόρου στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).



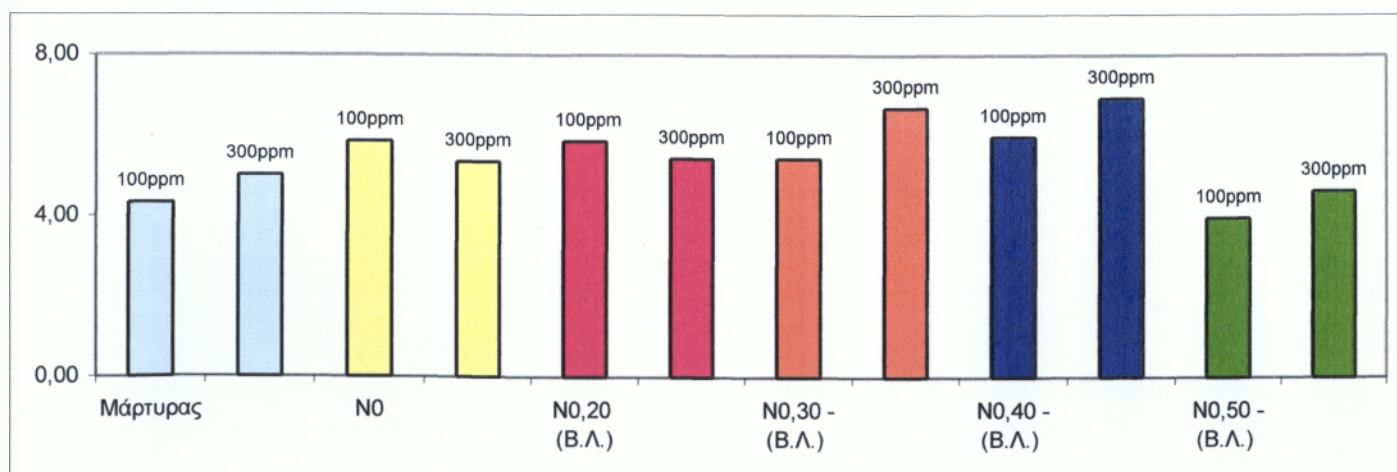
Οι συγκεντρώσεις του P στα φύλλα σπανακιού διακυμάνθηκε σε κανονικά όρια (από 0,38-1,25%).

Οι τιμές αυτές της συγκέντρωσης του P δεν επηρεάστηκαν καθόλου από την αύξηση των δόσεων αζώτου και χαλκού.

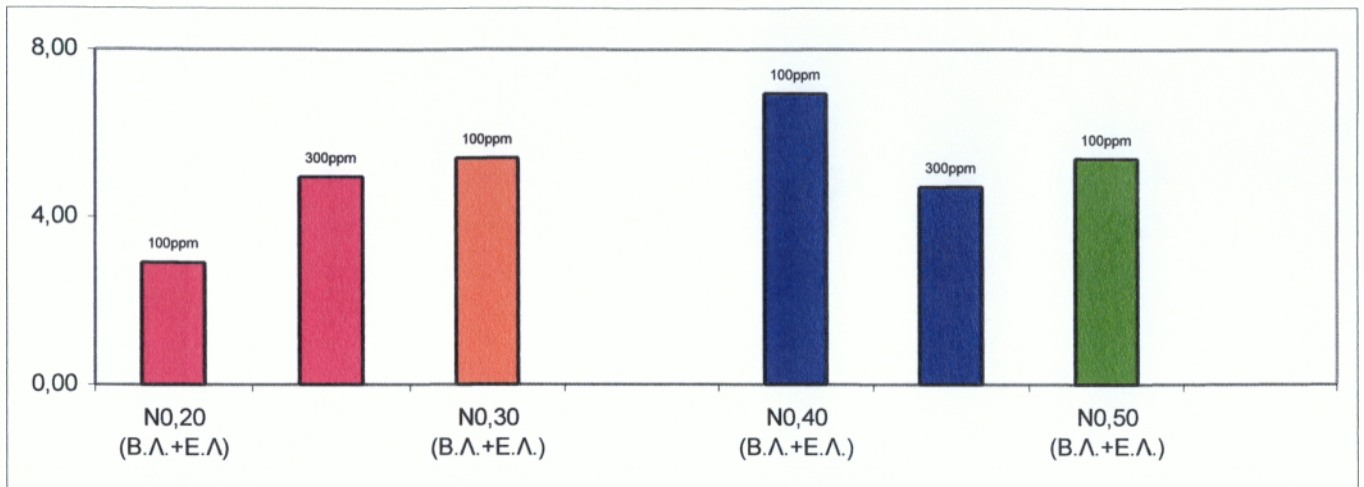
Πίνακα 20: Η περιεκτικότητα του καλίου στα φύλλα.

	α/α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Μ.Ο./Μεταχ. %
χωρίς N	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 100 ppm Cu	4,32
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 300 ppm Cu	5,01
	3 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	5,86
	4 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	5,35
100% N στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	5,85
	6 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	5,43
	7 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	5,43
	8 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	6,68
	9 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	5,98
	10 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	6,93
	11 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	3,97
	12 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	4,64
30% N στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	2,91
	14 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	4,95
	15 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	5,40
	16 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	-
	17 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	6,93
	18 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	4,71
	19 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	5,38
	20 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	-

Σχήμα 18α: Περιεκτικότητα του καλίου στα φύλλα στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



Σχήμα 18β: Περιεκτικότητα του καλίου στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).

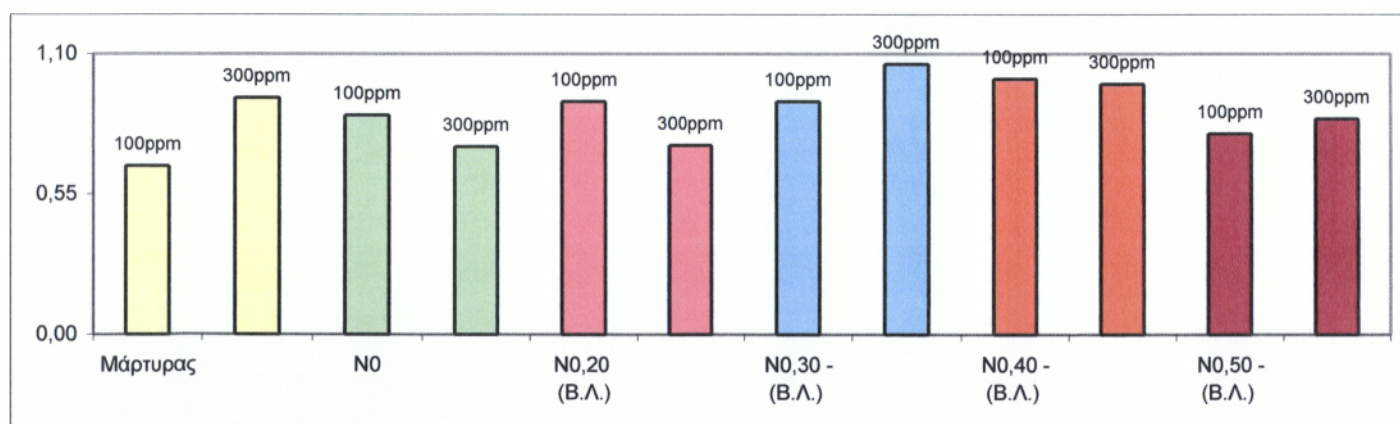


Οι συγκεντρώσεις του Κ στο υπέργειο μέρος του φυτού διακυμάνθηκε από (2,91-6,93%). Οι τιμές αυτές της συγκέντρωσης του καλίου κυμαίνονται στα κανονικά όρια που δίνονται για τα λαχανικά.

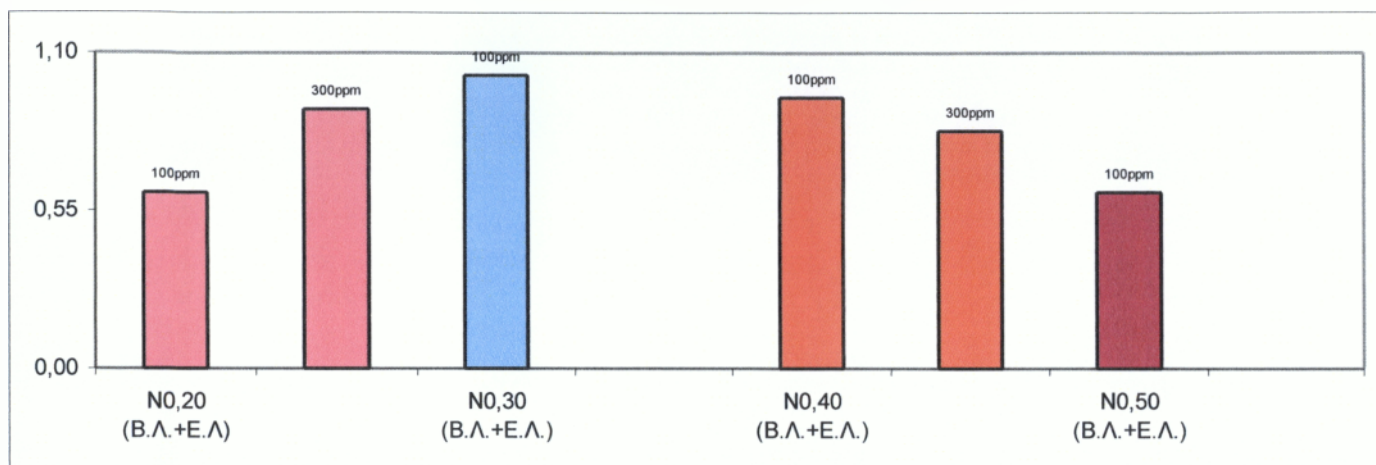
Πίνακα 21: Η περιεκτικότητα του νατρίου στα φύλλα.

	α/α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Μ.Ο./Μεταχ. %
χωρίς N	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 100 ppm Cu	0,66
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 300 ppm Cu	0,93
	3 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	0,86
	4 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	0,74
100% N στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	0,91
	6 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	0,74
	7 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	0,91
	8 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	1,06
	9 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	1,00
	10 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	0,98
	11 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	0,79
	12 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	0,85
30% N στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	0,61
	14 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	0,90
	15 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	1,02
	16 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	-
	17 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	0,94
	18 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	0,83
	19 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	0,61
	20 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	-

Σχήμα 19α: Περιεκτικότητα του νατρίου στα φύλλα στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



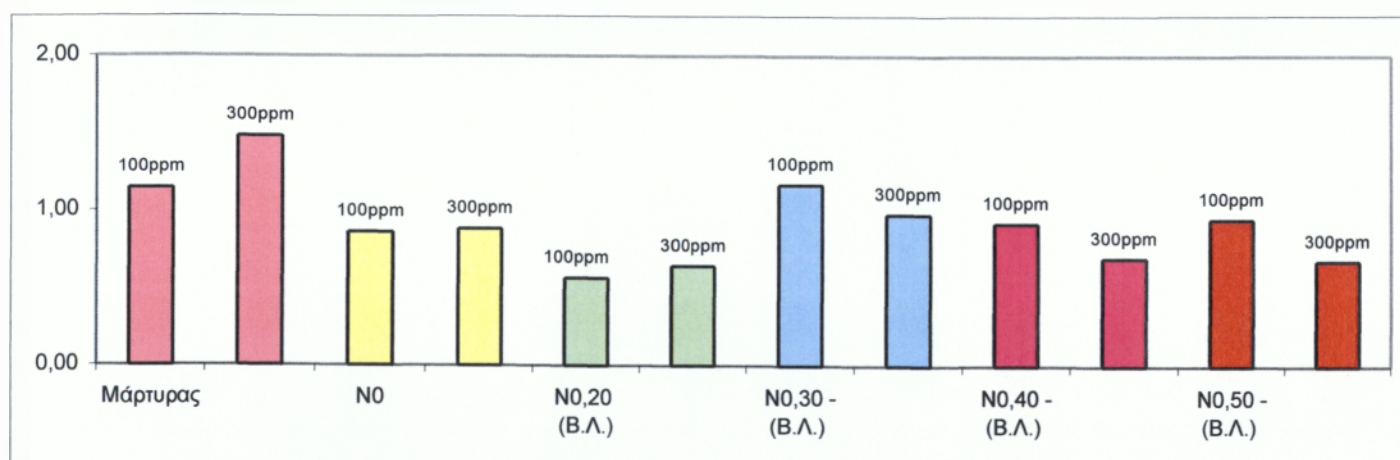
Σχήμα 19β: Περιεκτικότητα του νατρίου στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).



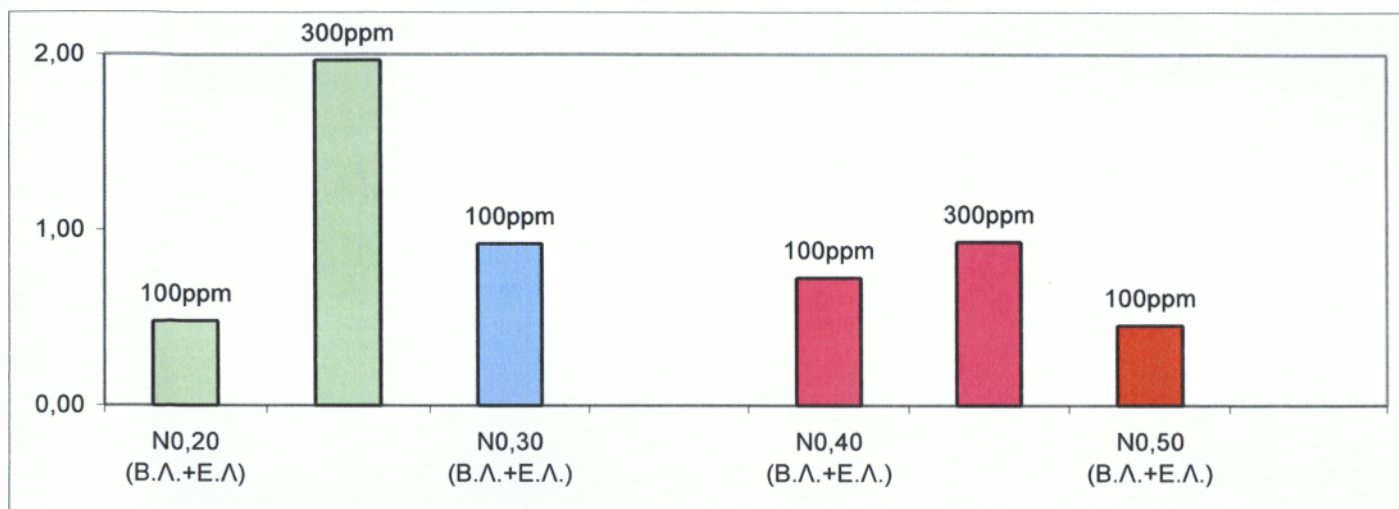
Πίνακα 22: Η περιεκτικότητα του ασβεστίου στα φύλλα.

	α/α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Μ.Ο./Μεταχ. %
χωρίς N	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 100 ppm Cu	1,15
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 300 ppm Cu	1,48
	3 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	0,86
	4 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	0,88
100% N στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	0,57
	6 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	0,64
	7 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	1,17
	8 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	0,98
	9 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	0,92
	10 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	0,70
	11 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	0,95
	12 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	0,68
30% N στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	0,48
	14 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	1,97
	15 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	0,92
	16 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	-
	17 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	0,73
	18 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	0,93
	19 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	0,45
	20 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	-

Σχήμα 20α: Περιεκτικότητα του ασβεστίου στα φύλλα στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



Σχήμα 20β: Περιεκτικότητα του ασβεστίου στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).



Η συγκέντρωση του ασβεστίου στα φύλλα σπανακιού διακυμάνθηκε από 0,45-1,48%.

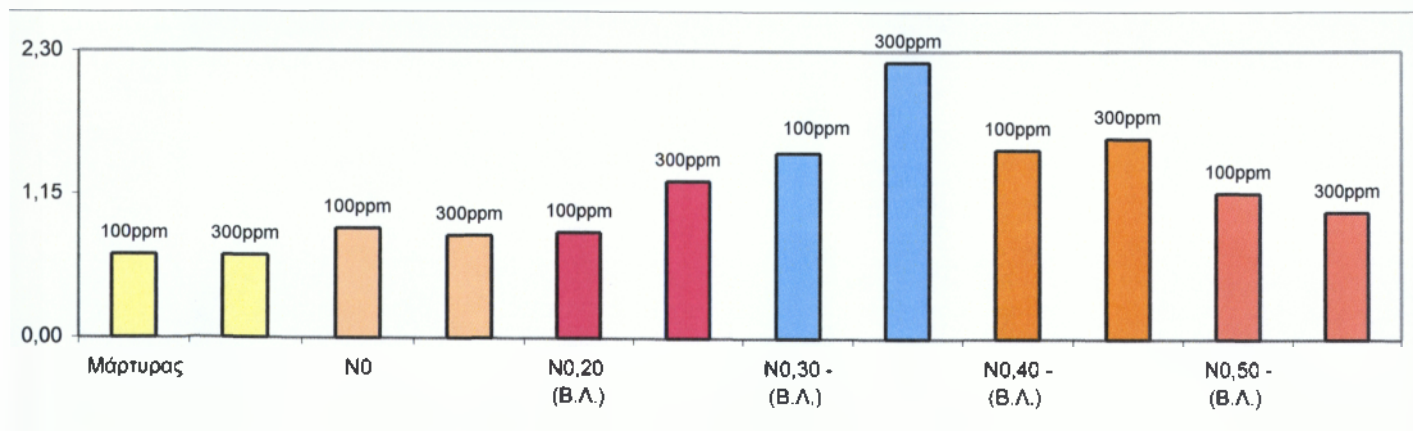
Τα όρια αυτά βρίσκονται μεταξύ τροφοπενίας – κανονικών ορίων.

Δεν παρατηρήθηκε συγκεκριμένη τάση ως προς τη συγκέντρωση ασβεστίου στο φυτό.

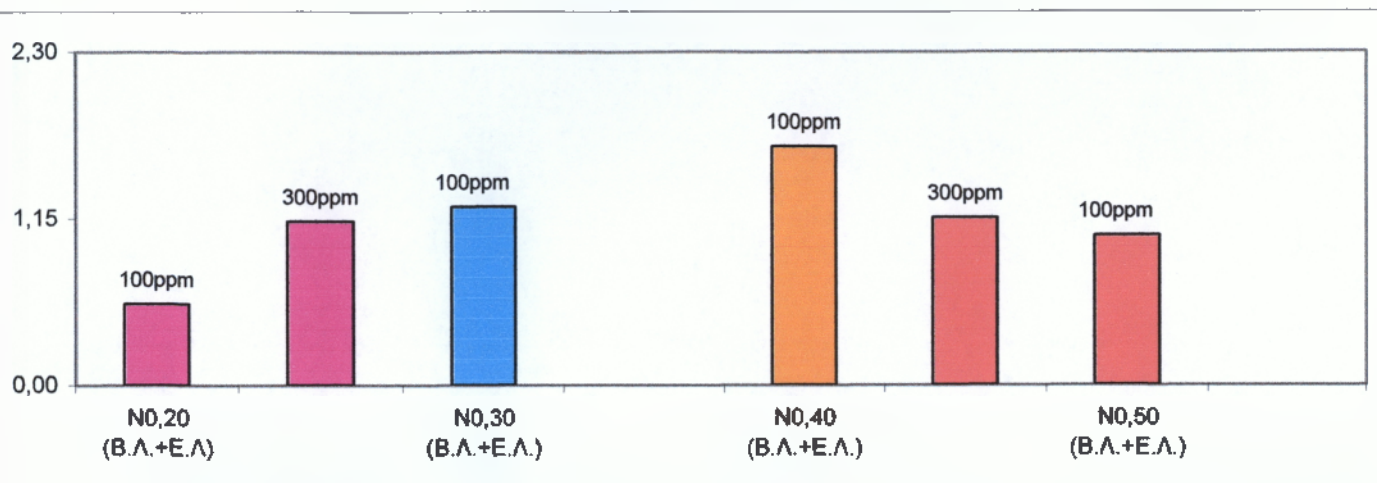
Πίνακα 23: Η περιεκτικότητα του μαγνησίου στα φύλλα.

	α/α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Μ.Ο./Μεταχ. %
χωρίς N	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 100 ppm Cu	0,67
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 300 ppm Cu	0,66
	3 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	0,87
	4 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	0,82
100% N στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	0,85
	6 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	1,26
	7 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	1,48
	8 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	2,21
	9 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	1,51
	10 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	1,60
	11 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	1,17
	12 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	1,02
30% N στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	0,56
	14 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	1,13
	15 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	1,23
	16 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	-
	17 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	1,64
	18 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	1,16
	19 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	1,03
	20 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	-

Σχήμα 21α: Περιεκτικότητα του μαγνησίου στα φύλλα στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



Σχήμα 21β: Περιεκτικότητα του μαγνησίου στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).



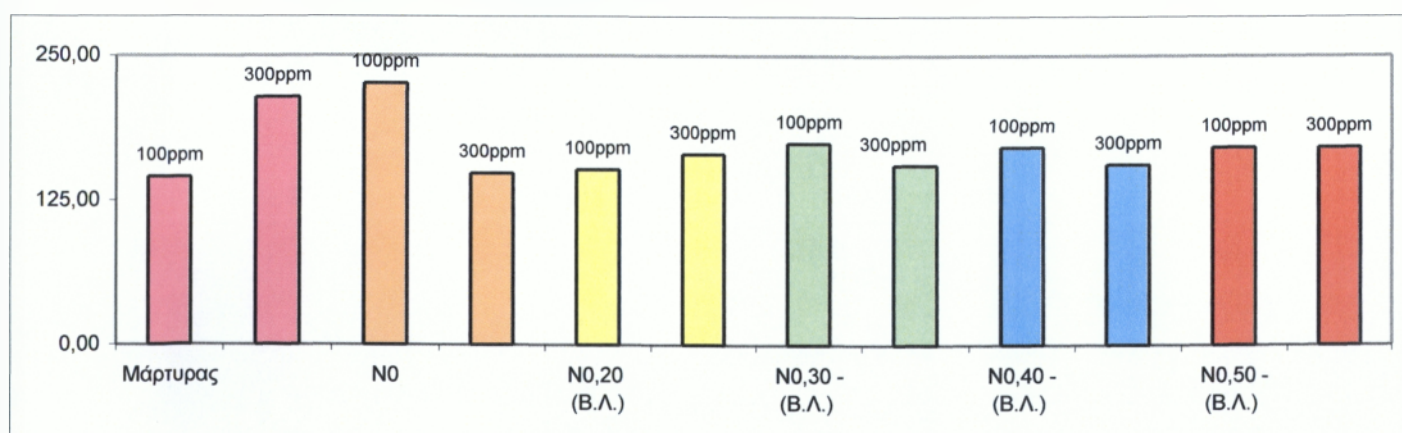
Η συγκέντρωση του μαγνησίου στα φύλλα διακυμάνθηκε σε κανονικά επίπεδα από 0,56-2,21%

Παρατηρήθηκε ότι στις μεταχειρίσεις 1^η και 4^η όπου δεν έχει προστεθεί N, οι συγκεντρώσεις του μαγνησίου κυμαίνονται στα επίπεδα 0,67-0,82% ενώ στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις έχουμε υπερβολική συγκέντρωση που κυμαίνεται από 1,02-2,21%.

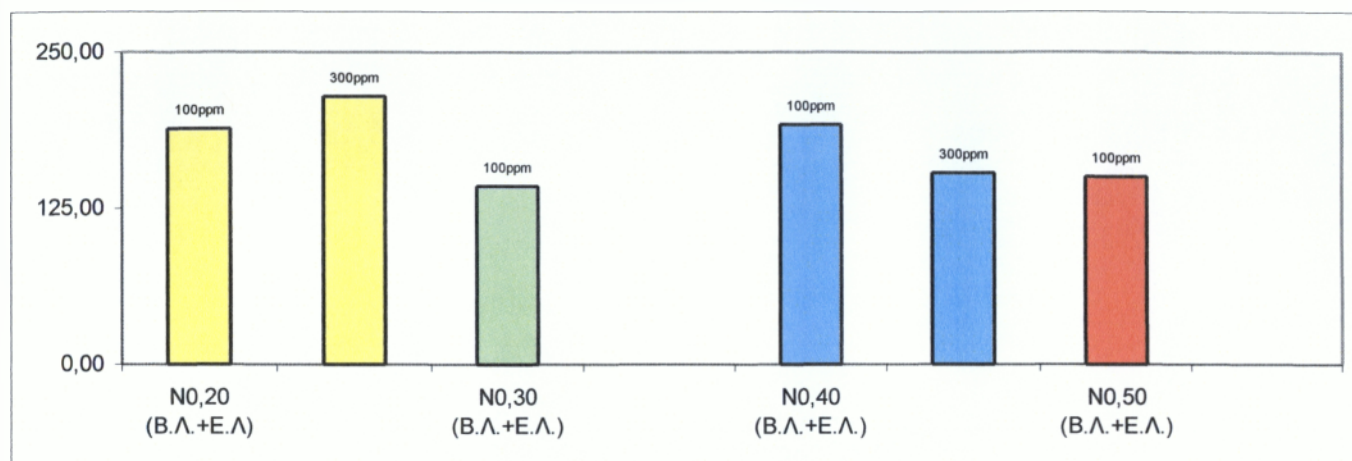
Πίνακα 24: Η περιεκτικότητα του σιδήρου στα φύλλα.

	α/α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Μ.Ο./Μεταχ. ppm
χωρίς N	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 100 ppm Cu	145,36
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 300 ppm Cu	214,55
	3 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	226,01
	4 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	147,96
100% N στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	151,47
	6 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	164,66
	7 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	174,24
	8 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	155,29
	9 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	170,79
	10 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	155,77
	11 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	170,94
	12 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	170,92
30% N στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	188,94
	14 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	214,39
	15 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	142,55
	16 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	-
	17 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	191,77
	18 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	153,52
	19 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	150,44
	20 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	-

Σχήμα 22α: Περιεκτικότητα του σιδήρου στα φύλλα στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



Σχήμα 22β: Περιεκτικότητα του σιδήρου στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).



Η συγκέντρωση του σιδήρου στα φύλλα διακυμάνθηκε από 145,36-226,01 ppm.

Τα όρια αυτά θεωρούνται ότι είναι κανονικά και λίγο πάνω από τα όρια της επάρκειας σιδήρου για το σπανάκι.

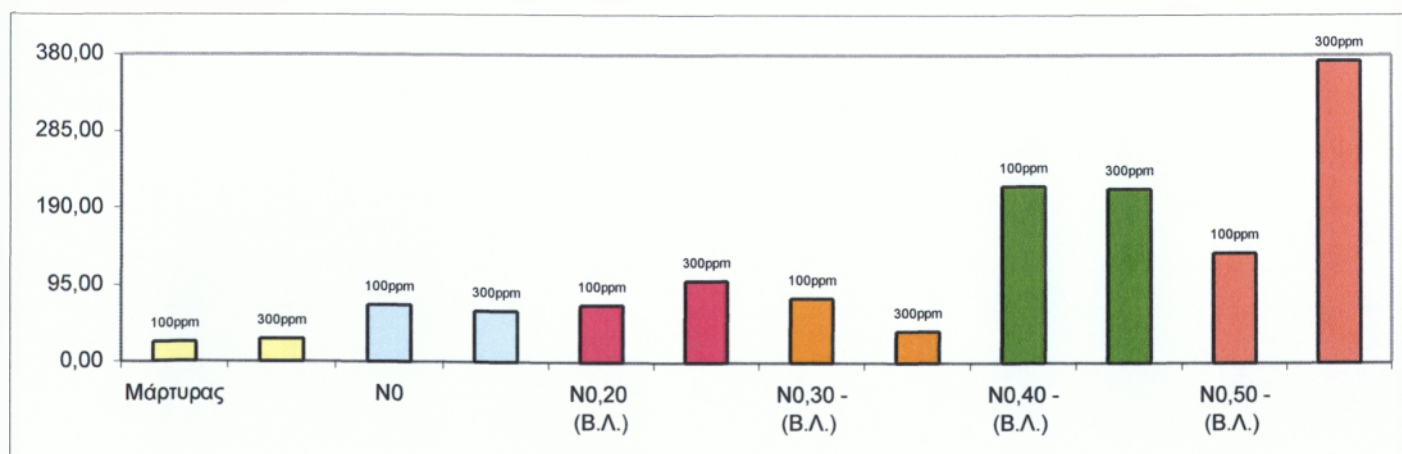
Δεν παρατηρήθηκε συγκεκριμένη τάση ως προς τη συγκέντρωση σιδήρου στο φυτό.

Τα στοιχεία αυτά επιβεβαιώνουν το γεγονός ότι το σπανάκι είναι γενικά πλούσιο σε σίδηρο και κατά συνέπεια αυτό συνίσταται σε ανθρώπους οι οποίοι πάσχουν από έλλειψη σιδήρου.

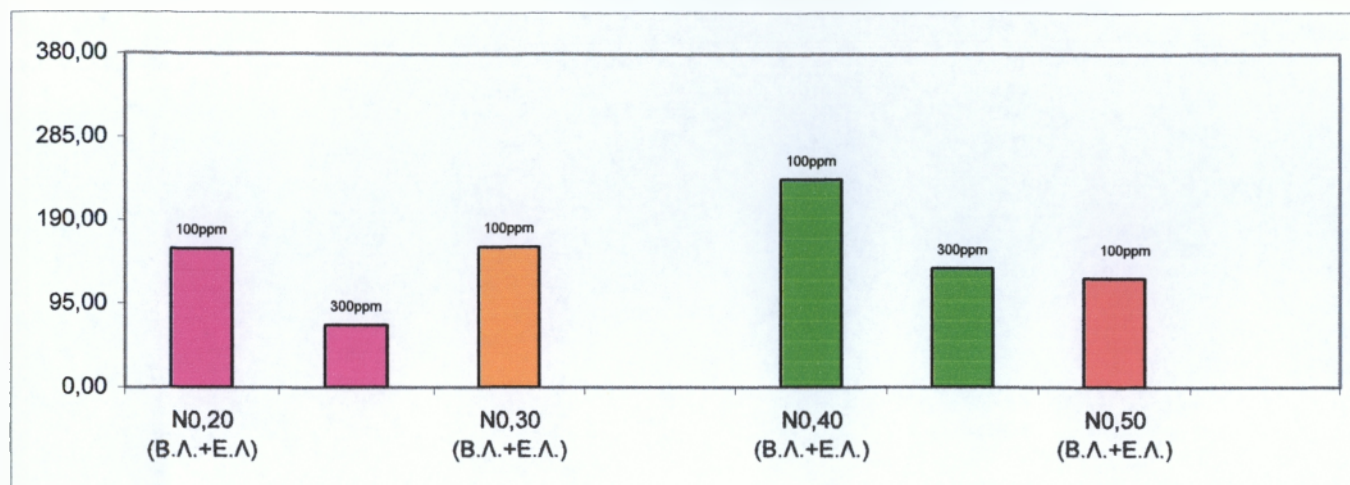
Πίνακα 25: Η περιεκτικότητα του χαλκού στα φύλλα.

	α/α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Μ.Ο./Μεταχ. ppm
χωρίς N	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 100 ppm Cu	24,16
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 300 ppm Cu	27,54
	3 ^η	N ₀ , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	70,12
	4 ^η	N ₀ , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	62,65
100% N στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	71,10
	6 ^η	N _{0,20} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	100,79
	7 ^η	N _{0,30} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	79,64
	8 ^η	N _{0,30} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	38,79
	9 ^η	N _{0,40} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	217,55
	10 ^η	N _{0,40} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	214,73
	11 ^η	N _{0,50} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	136,19
	12 ^η	N _{0,50} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	372,60
30% N στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	158,18
	14 ^η	N _{0,20} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	70,57
	15 ^η	N _{0,30} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	159,75
	16 ^η	N _{0,30} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	-
	17 ^η	N _{0,40} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	236,72
	18 ^η	N _{0,40} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	135,22
	19 ^η	N _{0,50} , K _{0,40} , P _{0,40} , 100 ppm Cu	124,48
	20 ^η	N _{0,50} , K _{0,40} , P _{0,40} , 300 ppm Cu	-

Σχήμα 23 α: Περιεκτικότητα του χαλκού στα φύλλα στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



Σχήμα 23β: Περιεκτικότητα του χαλκού στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).



Σύμφωνα με τον (Χουλιάρια Ν. – 2002), η συγκέντρωση του χαλκού στο υπέργειο μέρος του φυτού κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα από το εύρος άριστης επάρκειας (6-20ppm).

Η συγκέντρωση του χαλκού στα φύλλα διακυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα από 24,16-236,72ppm.

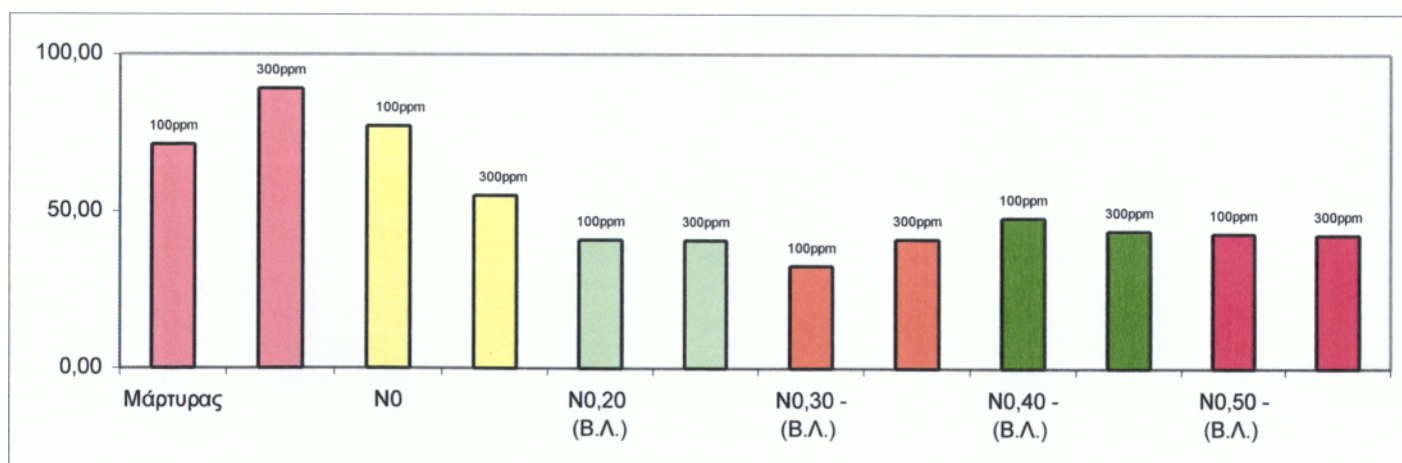
Παρατηρήθηκε ότι όπου έχει προστεθεί ο χαλκός, σε επίπεδο 300ppm έχουμε αύξηση των συγκεντρώσεων αυτού του στοιχείου.

Η επίδραση των επιπέδων του χαλκού στις μεταχειρίσεις όπου δεν έχουμε προσθέσει άζωτο, κυμαίνεται από 24,16 έως 70,12 ppm, ενώ στις μεταχειρίσεις όπου έχουμε προσθέσει διάφορα επίπεδα αζώτου κυμαίνεται από 38,79 – 236,72 ppm, που σημαίνει ότι υπάρχει υπερβολική απορρόφηση του χαλκού από τα φύλλα.

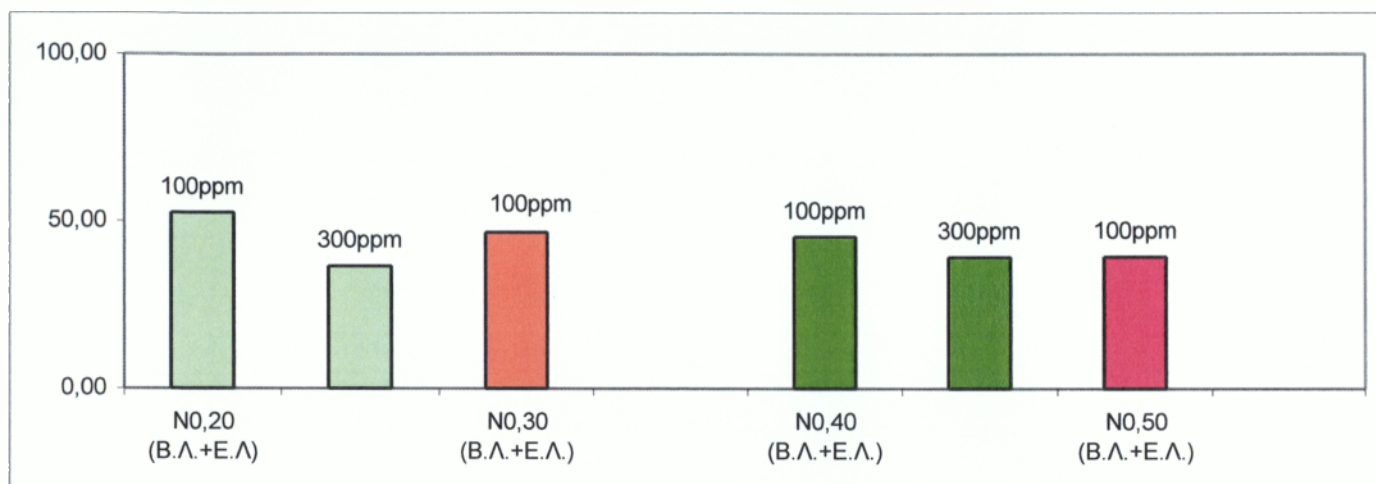
Πίνακα 26: Η περιεκτικότητα του ψευδαργύρου στα φύλλα.

	α/α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Μ.Ο./Μεταχ. ppm
χωρίς N	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 100 ppm Cu	71,39
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 300 ppm Cu	89,12
	3 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	77,23
	4 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	55,06
100% N στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	41,01
	6 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	40,87
	7 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	32,58
	8 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	41,23
	9 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	48,01
	10 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	43,93
	11 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	42,97
	12 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	42,63
30% N στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	52,53
	14 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	36,48
	15 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	46,57
	16 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	-
	17 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	45,26
	18 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	39,27
	19 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	39,51
	20 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	-

Σχήμα 24α: Περιεκτικότητα του ψευδαργύρου στα φύλλα στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



Σχήμα 24β: Περιεκτικότητα του ψευδαργύρου στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).



Η συγκέντρωση του ψευδαργύρου στα φύλλα διακυμάνθηκε από 36,48-89,12ppm.

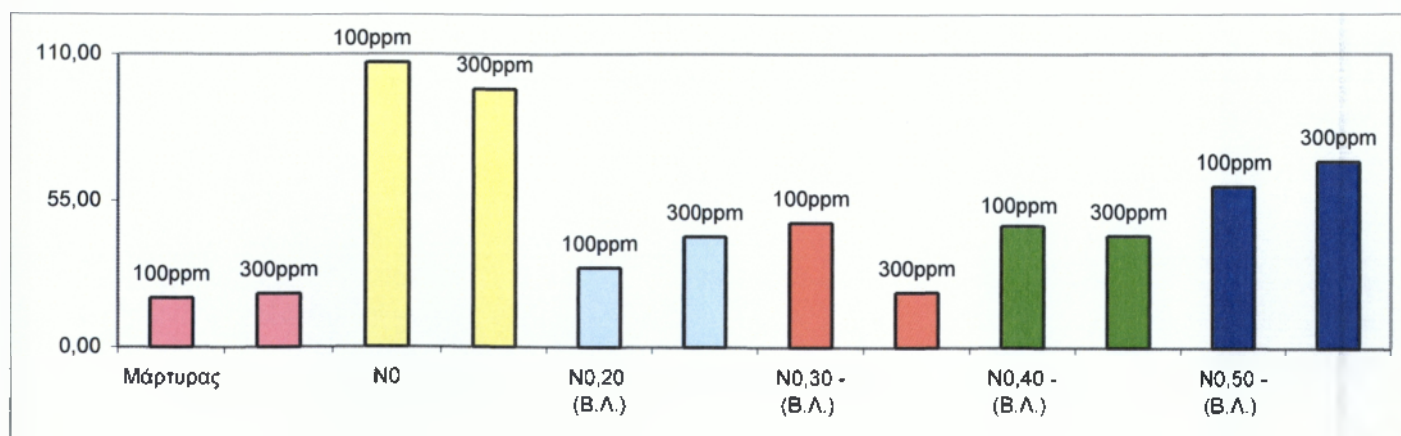
Τα όρια αυτά βρίσκονται στα πλαίσια των κανονικών επιπέδων της επάρκειας του ψευδαργύρου για το σπανάκι.

Δεν παρατηρήθηκε συγκεκριμένοι τάση ως προς τη συγκέντρωση του ψευδαργύρου στο φυτό.

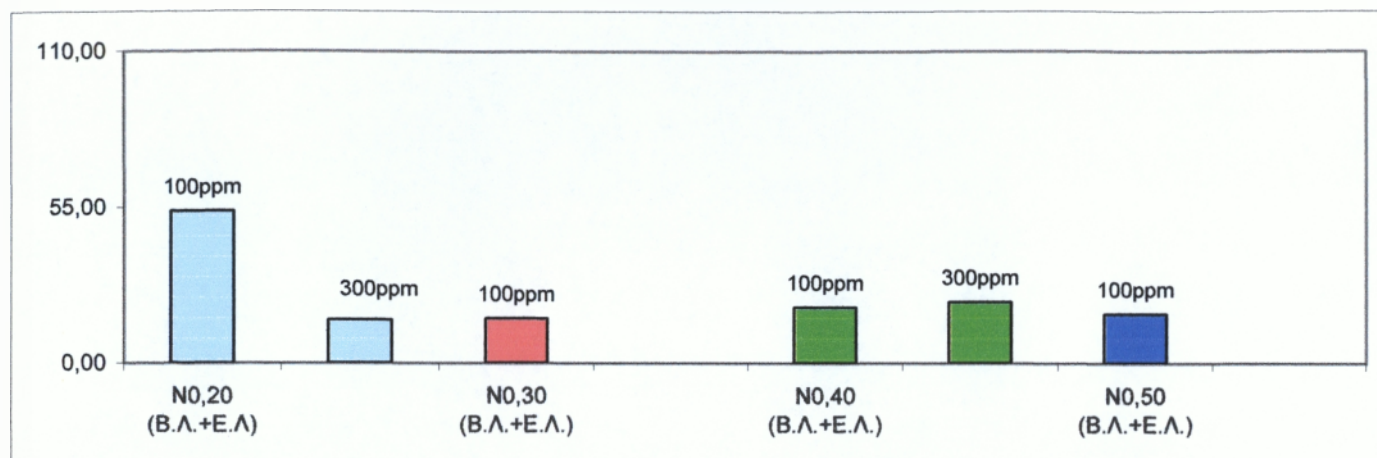
Πίνακα 27:Η περιεκτικότητα του μαγγανίου στα φύλλα.

	α/α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	Μ.Ο./Μεταχ. ppm
χωρίς N	1 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 100 ppm Cu	18,40
	2 ^η	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 300 ppm Cu	19,95
	3 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 100 ppm Cu	106,83
	4 ^η	N ₀ ,K _{0,40} ,P _{0,40} , 300 ppm Cu	96,88
100% N στη βασική λίπανση	5 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	29,75
	6 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	41,45
	7 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	46,75
	8 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	20,60
	9 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	45,67
	10 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	42,00
	11 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	60,63
	12 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	70,00
30% N στη βασική λίπανση και το 70% κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας	13 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	53,75
	14 ^η	N _{0,20} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	15,15
	15 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	15,65
	16 ^η	N _{0,30} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	-
	17 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	19,60
	18 ^η	N _{0,40} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	21,54
	19 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 100 ppm Cu	17,25
	20 ^η	N _{0,50} ,K _{0,40} ,P _{0,40} 300 ppm Cu	-

Σχήμα 25α: Περιεκτικότητα του μαγγανίου στα φύλλα στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



Σχήμα 25β: Περιεκτικότητα του μαγγανίου στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).

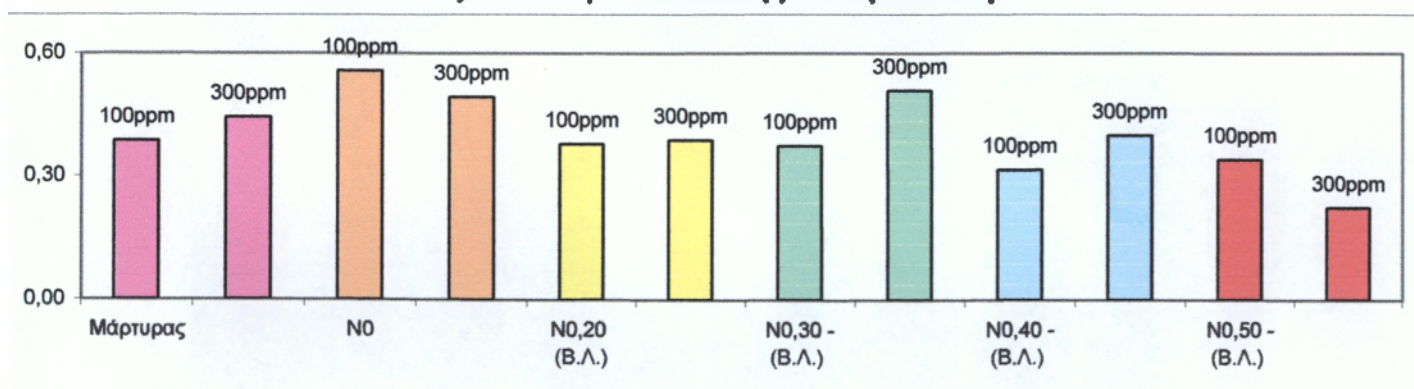


Οι συγκεντρώσεις του μαγγανίου στα φύλλα διακυμάνθηκαν σε ορισμένες μεταχειρίσεις στα όρια τροφωπενίας (όπως στις μεταχειρίσεις 3^η και 4^η όπου τα επίπεδα κυμαίνονται από 96,88 – 106,83 ppm).

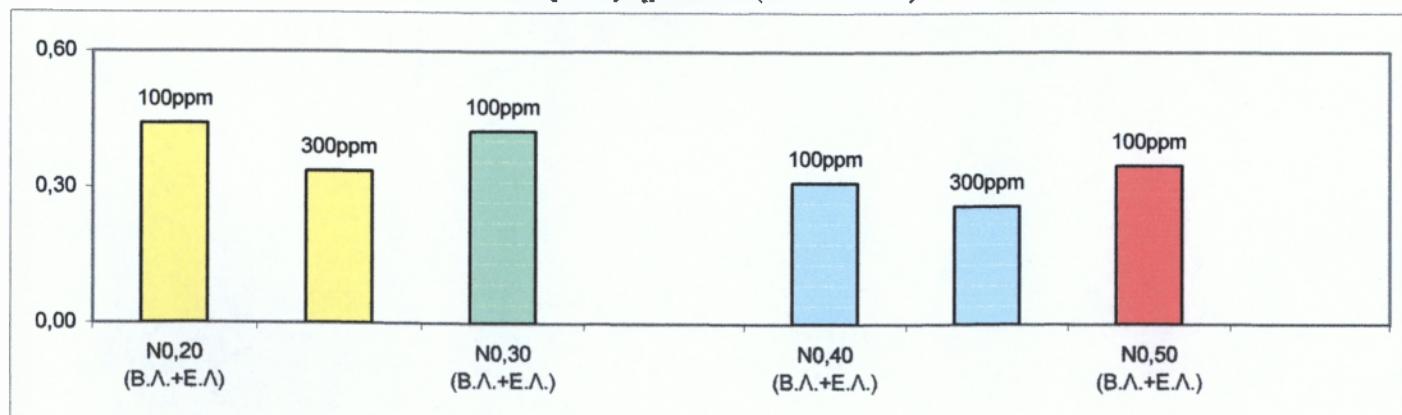
Πίνακα 28: Η περιεκτικότητα του φωσφόρου στη ρίζα.

Μάρτυρας	100μg Cu g ⁻¹	0,39			
	300μg Cu g ⁻¹	0,44			
N₀	100μg Cu g ⁻¹	0,56			
	300μg Cu g ⁻¹	0,49			
N_{0,20} (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	0,38	N_{0,20} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	0,44
	300μg Cu g ⁻¹	0,39		300μg Cu g ⁻¹	0,34
N_{0,30} - (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	0,37	N_{0,30} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	0,42
	300μg Cu g ⁻¹	0,51		300μg Cu g ⁻¹	
N_{0,40} - (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	0,32	N_{0,40} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	0,31
	300μg Cu g ⁻¹	0,40		300μg Cu g ⁻¹	0,26
N_{0,50} - (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	0,34	N_{0,50} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	0,35
	300μg Cu g ⁻¹	0,22		300μg Cu g ⁻¹	

Σχήμα 26α: Περιεκτικότητα του φωσφόρου στη ρίζα στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



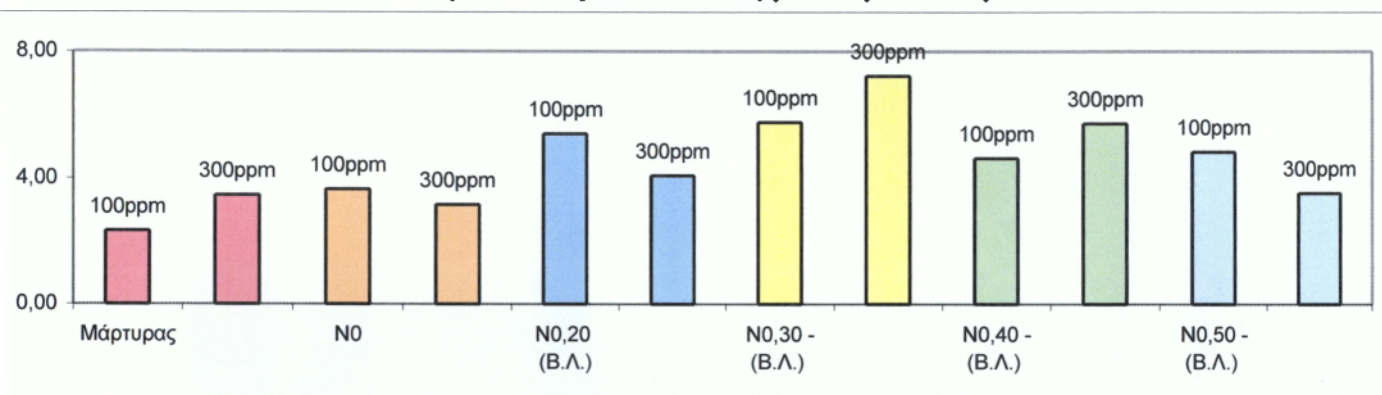
Σχήμα 26β: Περιεκτικότητα του φωσφόρου στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).



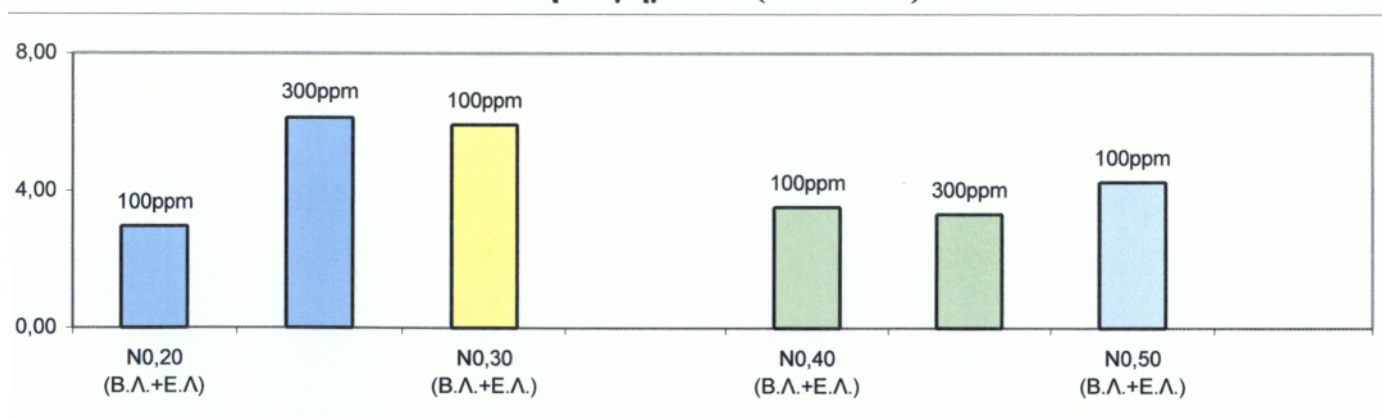
Πίνακα 29: Η περιεκτικότητα του καλίου στη ρίζα.

Μάρτυρας	100μg Cu g ⁻¹	2,32			
	300μg Cu g ⁻¹	3,46			
N₀	100μg Cu g ⁻¹	3,65			
	300μg Cu g ⁻¹	3,16			
N_{0,20} (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	5,40	N_{0,20} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	2,97
	300μg Cu g ⁻¹	4,08		300μg Cu g ⁻¹	6,13
N_{0,30} - (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	5,76	N_{0,30} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	5,91
	300μg Cu g ⁻¹	7,22		300μg Cu g ⁻¹	
N_{0,40} - (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	4,62	N_{0,40} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	3,53
	300μg Cu g ⁻¹	5,71		300μg Cu g ⁻¹	3,31
N_{0,50} - (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	4,83	N_{0,50} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	4,26
	300μg Cu g ⁻¹	3,53		300μg Cu g ⁻¹	

Σχήμα 27α: Περιεκτικότητα του καλίου στη ρίζα στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



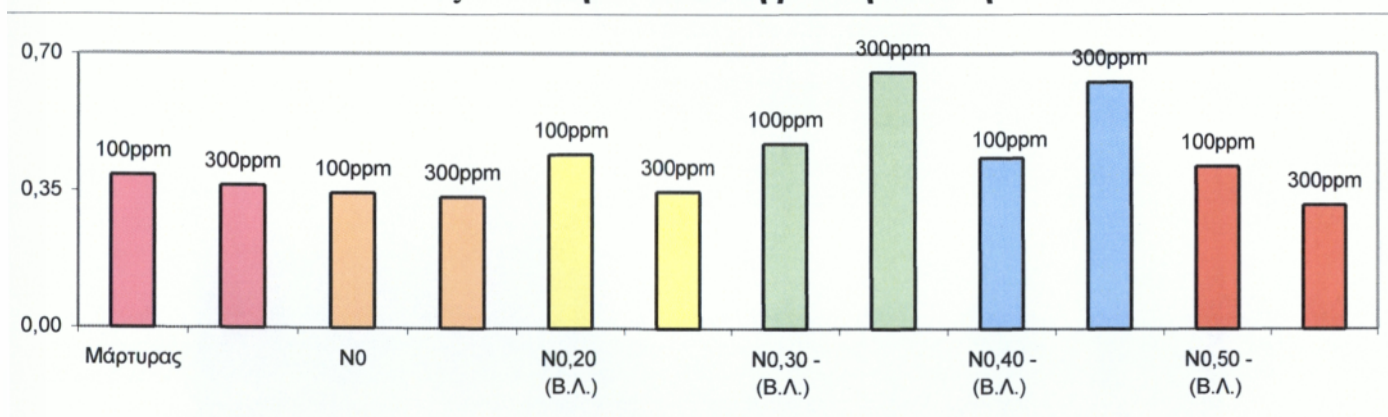
Σχήμα 27β: Περιεκτικότητα του καλίου στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).



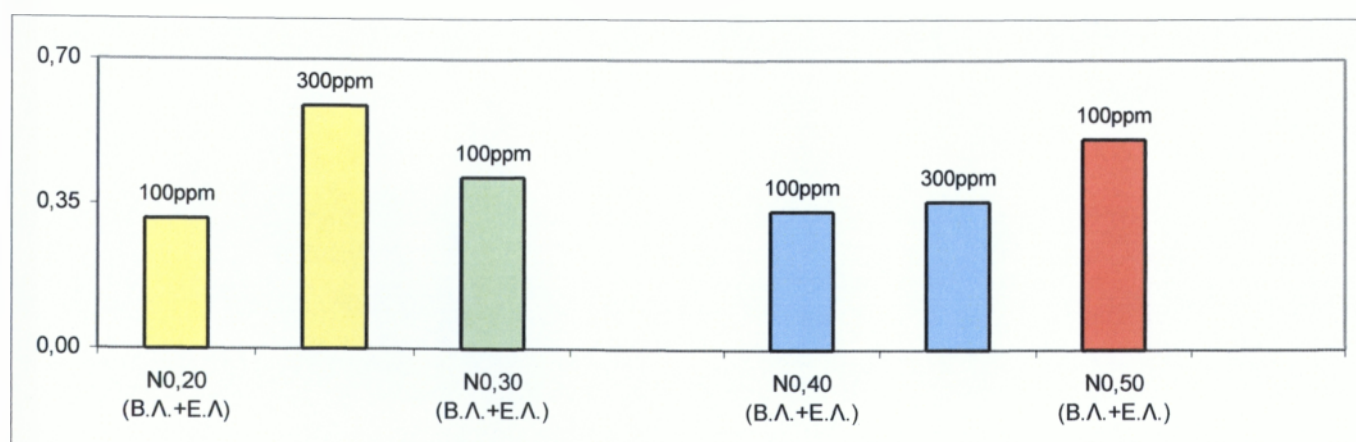
Πίνακα 30: Η περιεκτικότητα του νατρίου στη ρίζα.

Μάρτυρας	100μg Cu g ⁻¹	0,39			
	300μg Cu g ⁻¹	0,36			
N₀	100μg Cu g ⁻¹	0,34			
	300μg Cu g ⁻¹	0,33			
N_{0,20} (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	0,44	N_{0,20} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	0,31
	300μg Cu g ⁻¹	0,35		300μg Cu g ⁻¹	0,59
N_{0,30} - (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	0,47	N_{0,30} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	0,42
	300μg Cu g ⁻¹	0,65		300μg Cu g ⁻¹	
N_{0,40} - (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	0,43	N_{0,40} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	0,33
	300μg Cu g ⁻¹	0,63		300μg Cu g ⁻¹	0,36
N_{0,50} - (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	0,41	N_{0,50} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	0,51
	300μg Cu g ⁻¹	0,31		300μg Cu g ⁻¹	

Σχήμα 28α: Περιεκτικότητα του νατρίου στη ρίζα στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



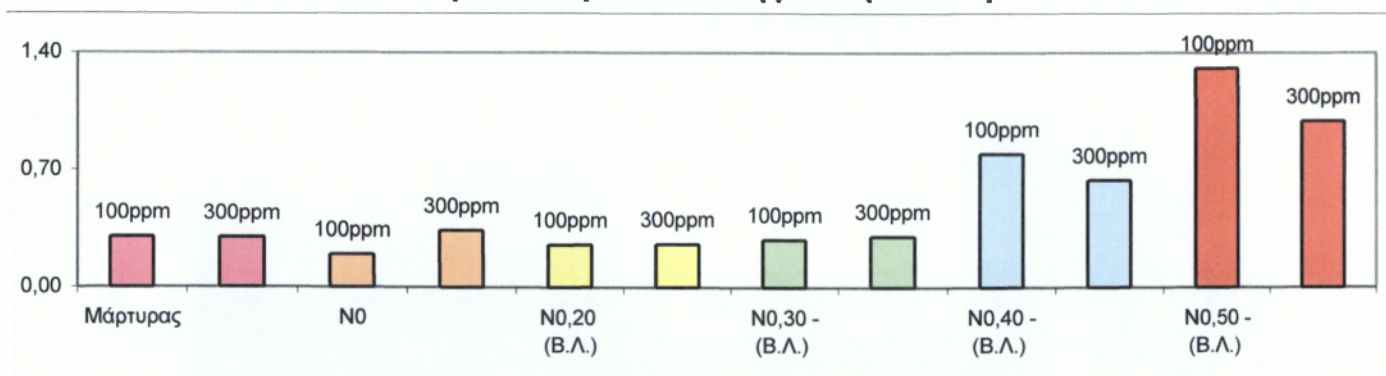
Σχήμα 28β: Περιεκτικότητα του νατρίου στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).



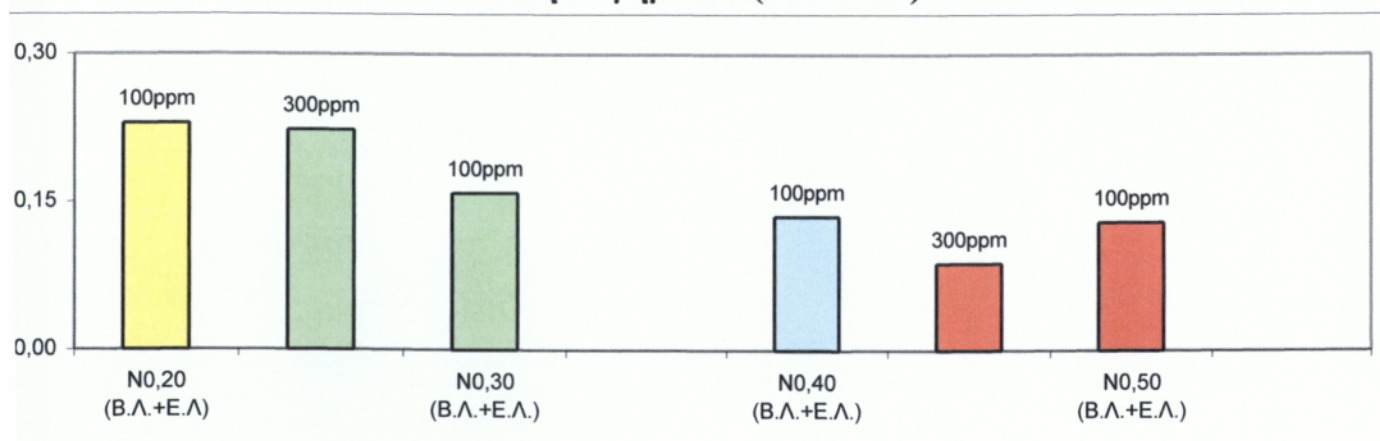
Πίνακα 31: Η περιεκτικότητα του ασβεστίου στη ρίζα.

Μάρτυρας	100μg Cu g ⁻¹	0,30			
	300μg Cu g ⁻¹	0,29			
N₀	100μg Cu g ⁻¹	0,19			
	300μg Cu g ⁻¹	0,34			
N_{0,20} (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	0,25	N_{0,20} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	0,23
	300μg Cu g ⁻¹	0,26		300μg Cu g ⁻¹	0,22
N_{0,30} - (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	0,29	N_{0,30} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	0,16
	300μg Cu g ⁻¹	0,31		300μg Cu g ⁻¹	
N_{0,40} - (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	0,80	N_{0,40} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	0,14
	300μg Cu g ⁻¹	0,64		300μg Cu g ⁻¹	0,09
N_{0,50} - (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	1,31	N_{0,50} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	0,13
	300μg Cu g ⁻¹	0,99		300μg Cu g ⁻¹	

Σχήμα 29α: Περιεκτικότητα του ασβεστίου στη ρίζα στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



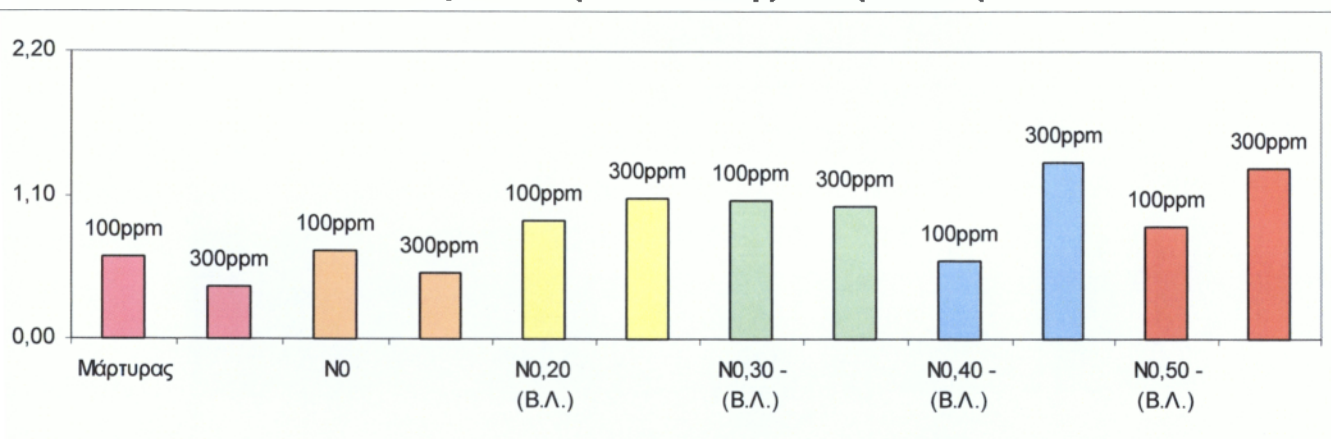
Σχήμα 29β: Περιεκτικότητα του ασβεστίου στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).



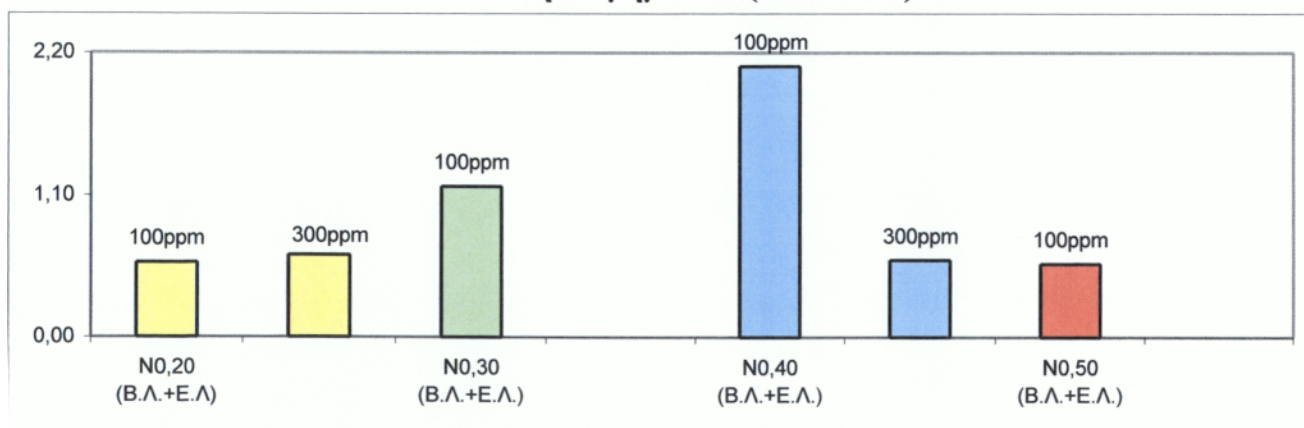
Πίνακα 32: Η περιεκτικότητα του μαγνησίου στη ρίζα.

Μάρτυρας	100μg Cu g ⁻¹	0,62			
	300μg Cu g ⁻¹	0,40			
N₀	100μg Cu g ⁻¹	0,68			
	300μg Cu g ⁻¹	0,51			
N_{0,20} (B.A.)	100μg Cu g ⁻¹	0,91	N_{0,20} (B.A.+E.A.)	100μg Cu g ⁻¹	0,58
	300μg Cu g ⁻¹	1,08		300μg Cu g ⁻¹	0,64
N_{0,30} - (B.A.)	100μg Cu g ⁻¹	1,07	N_{0,30} (B.A.+E.A.)	100μg Cu g ⁻¹	1,17
	300μg Cu g ⁻¹	1,01		300μg Cu g ⁻¹	
N_{0,40} - (B.A.)	100μg Cu g ⁻¹	0,60	N_{0,40} (B.A.+E.A.)	100μg Cu g ⁻¹	2,10
	300μg Cu g ⁻¹	1,35		300μg Cu g ⁻¹	0,60
N_{0,50} - (B.A.)	100μg Cu g ⁻¹	0,86	N_{0,50} (B.A.+E.A.)	100μg Cu g ⁻¹	0,57
	300μg Cu g ⁻¹	1,31		300μg Cu g ⁻¹	

Σχήμα 30α: Περιεκτικότητα του μαγνησίου στη ρίζα στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



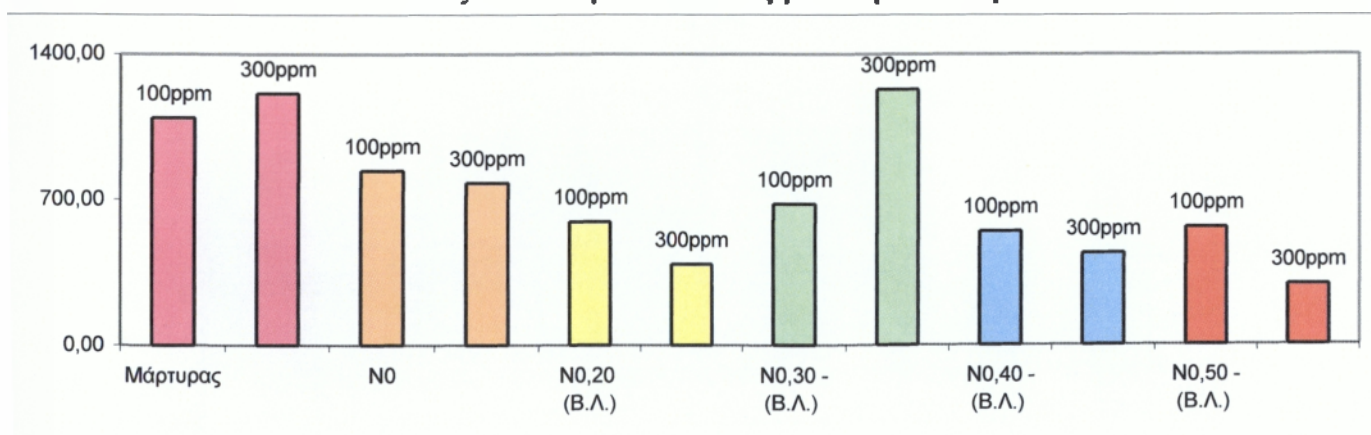
Σχήμα 30β: Περιεκτικότητα του μαγνησίου στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).



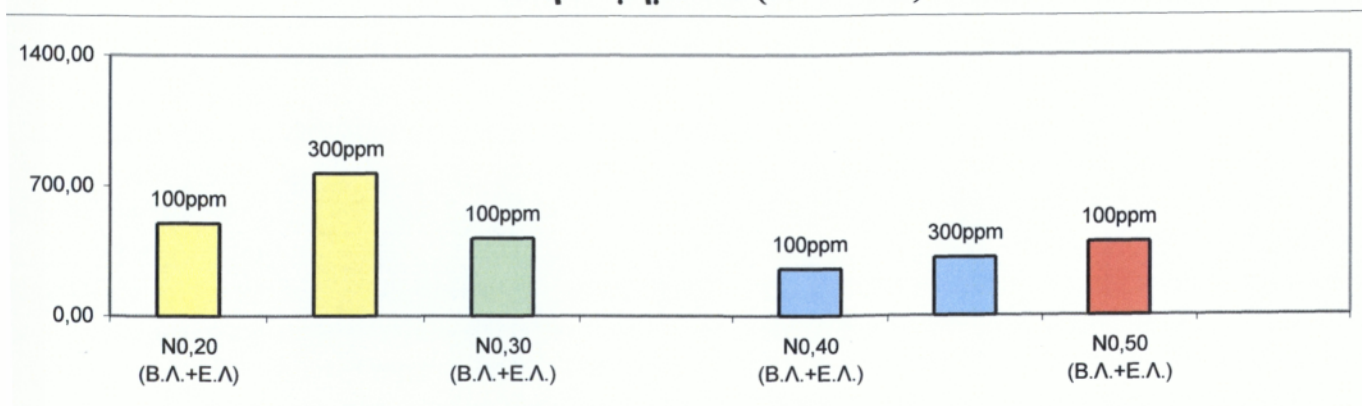
Πίνακα 33: Η περιεκτικότητα του σιδήρου στη ρίζα

Μάρτυρας	100μg Cu g ⁻¹	1092,24			
	300μg Cu g ⁻¹	1209,81			
N₀	100μg Cu g ⁻¹	840,18			
	300μg Cu g ⁻¹	780,46			
N_{0,20} (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	593,75	N_{0,20} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	498,55
	300μg Cu g ⁻¹	390,97		300μg Cu g ⁻¹	767,95
N_{0,30} - (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	679,78	N_{0,30} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	417,08
	300μg Cu g ⁻¹	1231,15		300μg Cu g ⁻¹	
N_{0,40} - (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	548,22	N_{0,40} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	252,75
	300μg Cu g ⁻¹	444,00		300μg Cu g ⁻¹	311,65
N_{0,50} - (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	565,50	N_{0,50} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	392,45
	300μg Cu g ⁻¹	289,75		300μg Cu g ⁻¹	

Σχήμα 31α: Περιεκτικότητα του σιδήρου στη ρίζα στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



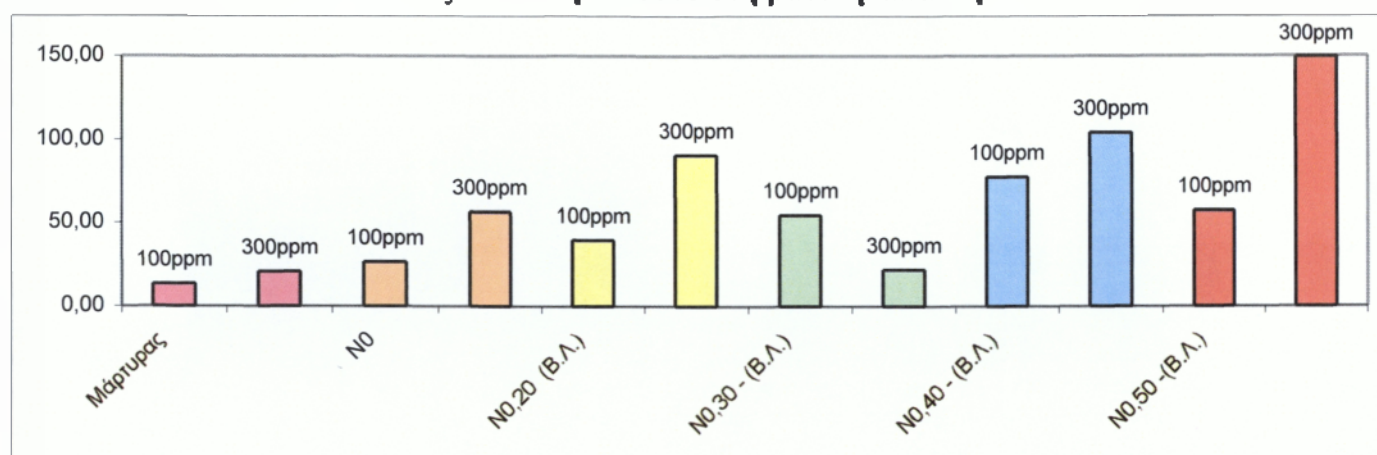
Σχήμα 31β: Περιεκτικότητα του σιδήρου στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).



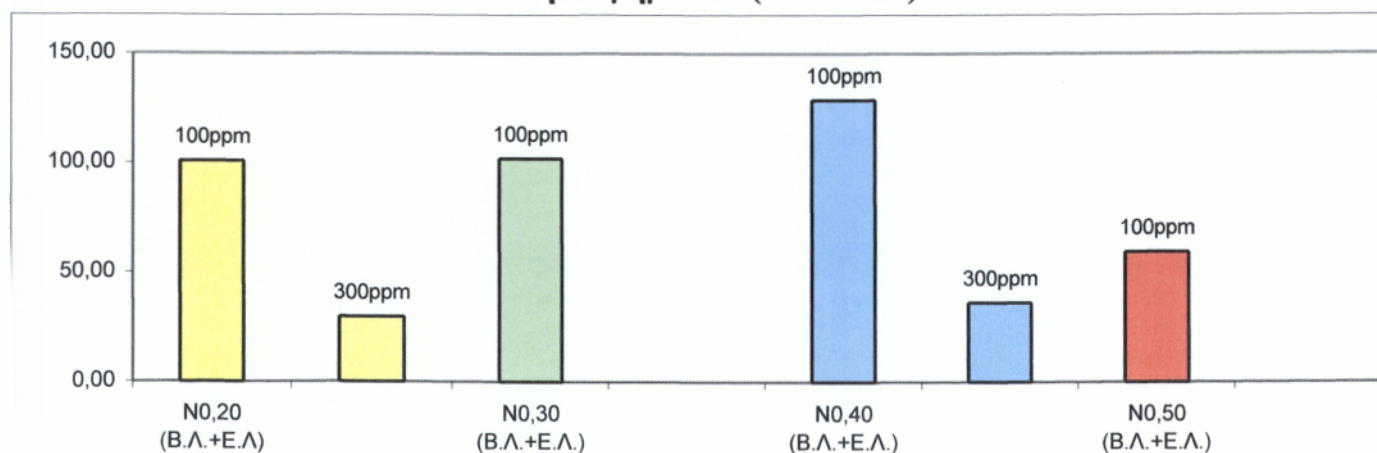
Πίνακα 34: Η περιεκτικότητα του χαλκού στη ρίζα.

Μάρτυρας	100µg Cu g ⁻¹	13,49			
	300µg Cu g ⁻¹	20,88			
N₀	100µg Cu g ⁻¹	26,45			
	300µg Cu g ⁻¹	56,75			
N_{0,20} (B.Λ.)	100µg Cu g ⁻¹	39,75	N_{0,20} (B.Λ.+E.Λ.)	100µg Cu g ⁻¹	100,86
	300µg Cu g ⁻¹	90,47		300µg Cu g ⁻¹	29,75
N_{0,30} - (B.Λ.)	100µg Cu g ⁻¹	54,88	N_{0,30} (B.Λ.+E.Λ.)	100µg Cu g ⁻¹	101,99
	300µg Cu g ⁻¹	22,08		300µg Cu g ⁻¹	
N_{0,40} - (B.Λ.)	100µg Cu g ⁻¹	77,36	N_{0,40} (B.Λ.+E.Λ.)	100µg Cu g ⁻¹	128,73
	300µg Cu g ⁻¹	104,04		300µg Cu g ⁻¹	36,07
N_{0,50} - (B.Λ.)	100µg Cu g ⁻¹	57,61	N_{0,50} (B.Λ.+E.Λ.)	100µg Cu g ⁻¹	59,40
	300µg Cu g ⁻¹	149,73		300µg Cu g ⁻¹	

Σχήμα 32α: Περιεκτικότητα του χαλκού στη ρίζα στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



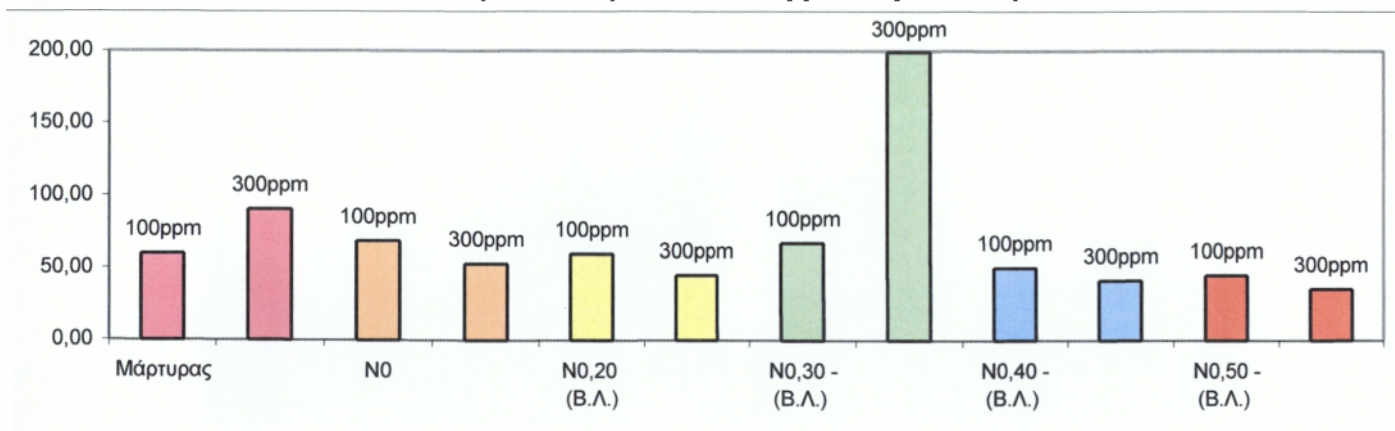
Σχήμα 32β: Περιεκτικότητα του χαλκού στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).



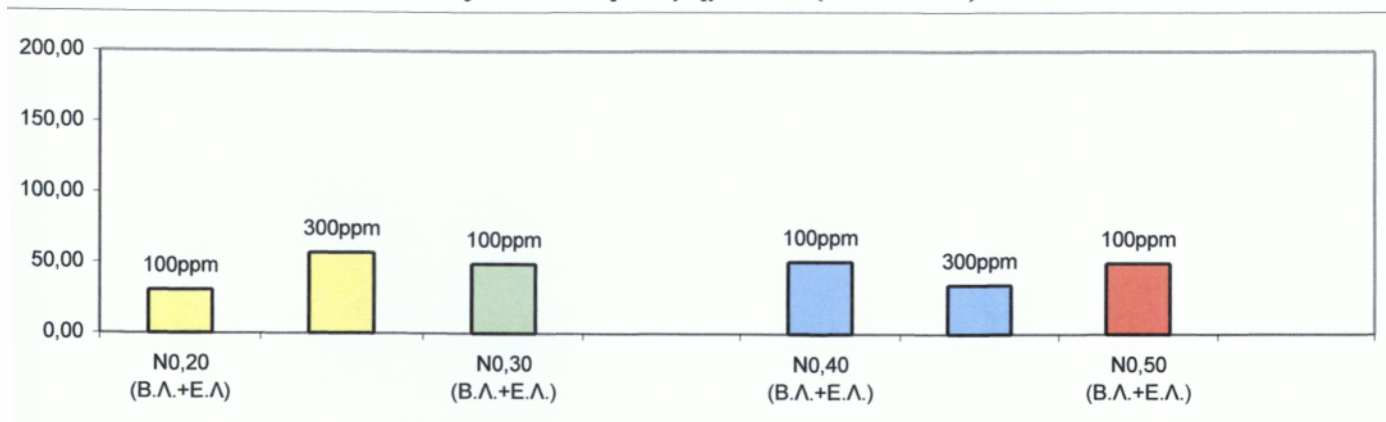
Πίνακα 35: Η περιεκτικότητα του ψευδαργύρου στη ρίζα.

Μάρτυρας	100μg Cu g ⁻¹	59,52			
	300μg Cu g ⁻¹	90,28			
N₀	100μg Cu g ⁻¹	68,50			
	300μg Cu g ⁻¹	52,82			
N_{0,20} (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	59,87	N_{0,20} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	30,47
	300μg Cu g ⁻¹	45,00		300μg Cu g ⁻¹	57,11
N_{0,30} - (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	67,24	N_{0,30} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	49,35
	300μg Cu g ⁻¹	199,01		300μg Cu g ⁻¹	
N_{0,40} - (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	50,27	N_{0,40} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	51,04
	300μg Cu g ⁻¹	41,27		300μg Cu g ⁻¹	34,72
N_{0,50} - (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	44,87	N_{0,50} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	50,22
	300μg Cu g ⁻¹	35,82		300μg Cu g ⁻¹	

Σχήμα 33α: Περιεκτικότητα του ψευδαργύρου στη ρίζα στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



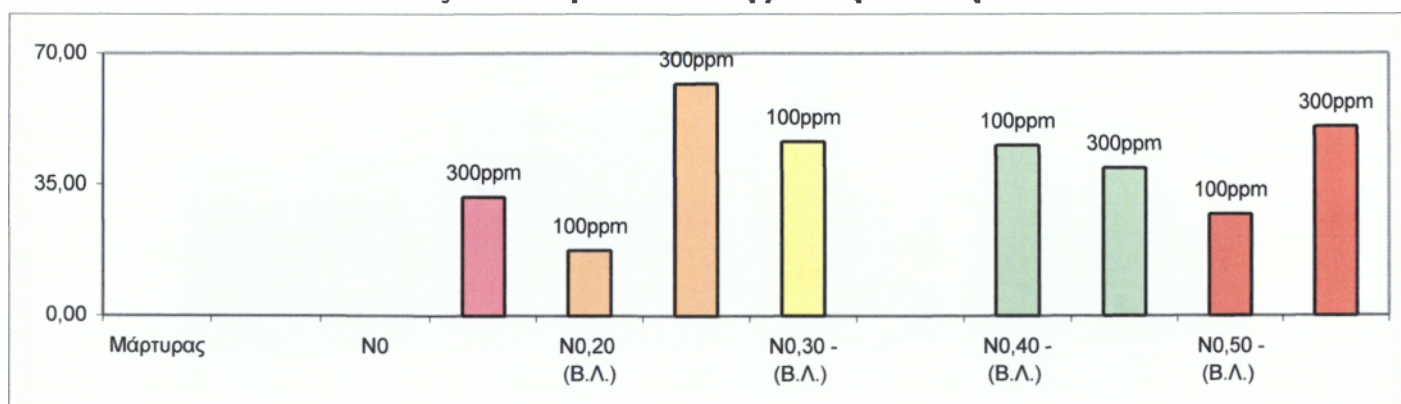
Σχήμα 33β: Περιεκτικότητα του ψευδαργύρου στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).



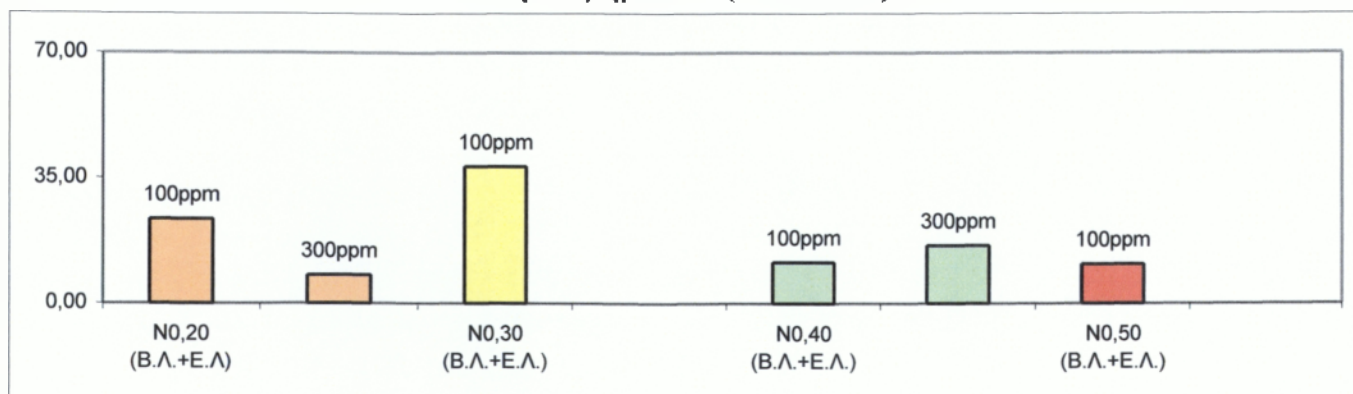
Πίνακα 36: Η περιεκτικότητα του μαγγανίου στη ρίζα.

Μάρτυρας	100μg Cu g ⁻¹	0,00			
	300μg Cu g ⁻¹	0,00			
N₀	100μg Cu g ⁻¹	0,00			
	300μg Cu g ⁻¹	31,74			
N_{0,20} (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	17,45	N_{0,20} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	23,50
	300μg Cu g ⁻¹	61,89		300μg Cu g ⁻¹	7,95
N_{0,30} - (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	46,43	N_{0,30} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	38,25
	300μg Cu g ⁻¹	0,00		300μg Cu g ⁻¹	
N_{0,40} - (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	45,48	N_{0,40} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	11,55
	300μg Cu g ⁻¹	39,50		300μg Cu g ⁻¹	16,15
N_{0,50} - (B.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	27,03	N_{0,50} (B.Λ.+E.Λ.)	100μg Cu g ⁻¹	11,00
	300μg Cu g ⁻¹	50,50		300μg Cu g ⁻¹	

Σχήμα 34α: Περιεκτικότητα του μαγγανίου στη ρίζα στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε 100% στη βασική λίπανση.



Σχήμα 34β: Περιεκτικότητα του μαγγανίου στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο δόθηκε τμηματικά (30%+70%).



5.4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1^{ov} : Η επίδραση των επιπέδων του αζώτου, είχε αποτέλεσμα στην ανάπτυξη του υπέργειου μέρους του φυτού μέχρι ενός σημείου.

Η υψηλότερη παραγωγή σε βιομάζα σημειώθηκε στη 10^η μεταχείριση όπου είχε προστεθεί N 0,40gr/kg., εδάφους σε κάθε δοχείο, με P και K 0,40gr/kg.

Η παραπέρα αύξηση της δόσης του αζώτου (0,50gr/kg., εδάφους) δεν είχε επίδραση στην απόδοση του σπανακιού.

Η προσθήκη του αζώτου διατηρηματικά δηλαδή, το 30% στη βασική λίπανση, κατά το γέμισμα των δοχείων με έδαφος και το 70% του αζώτου σε δύο δόσεις, δεν συνέβαλε στην αύξηση της απόδοσης της νωπής βιομάζας η οποία κυμάνθηκε στα ίδια επίπεδα με το βάρος της βιομάζας των μεταχειρίσεων όπου το άζωτο δόθηκε ολόκληρο στη βασική λίπανση.

2^{ov} : Η συγκέντρωση του χαλκού στο έδαφος ήταν υπερβολική ωστόσο, διακρίνεται η διαφορά που υπάρχει στις μεταχειρίσεις όπου προστέθηκαν διαφορετικές δόσεις χαλκού (100ppm και 300ppm).

3^{ov} : Η συγκέντρωση του αζώτου στα φύλλα του σπανακιού στις μεταχειρίσεις όπου δεν προστέθηκε άζωτο ή μόνο η μικρή δόση 0,20 gr/kg, κυμάνθηκε σε χαμηλά επίπεδα (2,05-2,70% και 3,38-3,51% αντίστοιχα).

Οι χαμηλές συγκεντρώσεις στους φυτικούς ιστούς οφείλονται στο γεγονός ότι το άζωτο στο έδαφος είναι στοιχείο που βρίσκεται σε χαμηλή συγκέντρωση.

Στις μεταχειρίσεις όπου στη βασική λίπανση προσθέσαμε τις δόσεις 0,30 gr , 0,40 gr και 0,50 gr/kg εδάφους, παρατηρήθηκε η συγκέντρωση του αζώτου σε κανονικά όρια(4,85-5,75%).

Στις μεταχειρίσεις όπου το άζωτο προστέθηκε τμηματικά (30%+70%), η συγκέντρωση του αζώτου κυμάνθηκα σε κανονικά όρια.

Σημειώνεται ότι δεν παρατηρήθηκε καμιά επίδραση στη συγκέντρωση του αζώτου από την προσθήκη χαλκού.

4^{ov} : Η συγκέντρωση του νιτρικού αζώτου στο στα φύλλα είναι μικρότερη στις μεταχειρίσεις όπου δεν προστέθηκε με την λίπανση άζωτο. Έτσι, στις μεταχειρίσεις από την 1^η έως την 4^η , η συγκέντρωση του αζώτου κυμάνθηκε από 4491 έως 6463 ppm/ξηρού βάρους.

Ενώ στις μεταχειρίσεις όπου προστέθηκαν οι υψηλότερες δόσεις αζώτου, η συγκέντρωσή του είναι μεγάλη και κυμαίνεται από 4000 έως 47000 ppm/ξηρού βάρους.

5^{ον} : Για τα υπόλοιπα θρεπτικά στοιχεία όπως είναι ο P, το K, το Na, και τα άλλα ιχνοστοιχεία (εκτός του Cu) , δεν διαπιστώθηκε σχετική συσχέτιση στις μεταχειρίσεις με διαφορετικά επίπεδα αζώτου και χαλκού.

Τέλος μια γενική παρατήρηση είναι ότι δεν έγινε στατιστική επεξεργασία των στοιχείων. Αυτό οφείλεται στην αδυναμία της ύπαρξης πολλών επαναλήψεων, εξαιτίας παρουσίασης μυκητολογικών ασθενειών (ριζοκτονίασης) με συνέπεια να υπάρχουν απώλειες φυτών στα δοχεία.