

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ**

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

**ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ
ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ**

**«ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗΣ ΤΩΝ
ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΣΕ
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΦΥΤΩΝ ΜΕ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ
ΔΡΑΣΗ N,P,K,Zn»**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΛΙΝΤΖΕΡΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Καλαμάτα ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2009

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ

ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

**ΤΕΙ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΤΜΗΜΑ
ΕΚΔΟΣΕΩΝ & ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ
ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ**

**«ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗΣ ΤΩΝ
ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΣΕ
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΦΥΤΩΝ ΜΕ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ
ΔΡΑΣΗ N,P,K,Zn»**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΛΙΝΤΖΕΡΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

Καλαμάτα ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2009

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στην υπολειμματική δράση των Ν,Ρ,Κ και Ζη στην ανάπτυξη, απόδοση και συσσώρευση των θρεπτικών στοιχείων και βαρέων μετάλλων στην καλλιέργεια μαρουλιού.

Η πραγματοποίηση της πτυχιακής εργασίας προέβλεπε την εκτέλεση πειραματικού μέρους με ανάπτυξη φυτών σε δοχεία, λήψη παρατηρήσεων, συγκέντρωση δειγμάτων φυτικών ιστών και εδάφους. Επίσης πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακές αναλύσεις για τον προσδιορισμό των μακρο, μικροθρεπτικών στοιχείων και βαρέων μετάλλων στα δείγματα που συλλέχτηκαν.

Η πτυχιακή εργασία αποτελείται από 2 μέρη. Το πρώτο αφορά το φυτό μαρούλι, τις συνθήκες ανάπτυξής του, το ρόλο και την επίδραση στοιχείων στην ανάπτυξη του φυτού. Το δεύτερο μέρος αφορά το πειραματικό μέρος και αποτελείται από την περιγραφή των μεθόδων και των υλικών του πειραματισμού, τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή μου Πασχαλίδη Χρήστο για την συμβολή του τόσο κατά τη διάρκεια εκπόνησης της πειραματικής εργασίας όσο και κατά τη διάρκεια συγγραφής της.

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

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την κα. Κορίκη Αντωνία (επιστημονικό – τεχνικό προσωπικό του εργαστηρίου εδαφολογίας), για τις πολύτιμες συμβουλές, αλλά και για την αδιάκοπη βοήθεια που μου προσέφερε κατά την διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος και ιδιαίτερα των αναλύσεων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	3
---------------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7-8
1.1. Καταγωγή - Ιστορική διαδρομή – Εξάπλωση.....	8-11
1.2. Στοιχεία καλλιέργειας μαρουλιού.....	12-13
1.3 Διατροφική αξία μαρουλιού.....	14-17
1.4 Στατιστικά στοιχεία.....	17-19
1.5 Βοτανικά χαρακτηριστικά.....	19-22
1.5.1. Φυτό.....	19
1.5.2. Φύλλα.....	20-21
1.5.3. Βλαστός.....	21
1.5.4. Ανθικό στέλεχος.....	22
1.6 Πολλαπλασιασμός.....	22-23
1.7 Ομάδες τύποι μαρουλιού.....	23-29
1.7.1 Κως ή Ρωμάνα (Cos or Romaine) <i>Lactuca sativa</i> var. <i>romana</i> D.C.....	23
1.7.2 Λείο, κεφαλωτό (Butterhead) <i>Lactuca sativa</i> var. <i>capitata</i> D.C.....	23
1.7.3 Κατσαρό κεφαλωτό (Crisphead, Iceberg or Curly) <i>Lactuca sativa</i> var. <i>capitata</i> D.C.....	24
1.7.4 “Χαλαρό ανοικτό φύλλωμα” (Looseleaf).....	24
1.7.5 Ποικιλίες τύπου Cos or Romaine ΚΩΣ Η ΡΩΜΑΝΑ.....	25-26
1.7.6 Ποικιλίες κεφαλωτού τύπου, Iceberg or Crisphead.....	26-27
1.7.7 Ποικιλίες κεφαλωτού τύπου, Butterhead.....	27
1.7.8 Ποικιλίες με χαλαρό ανοιχτό φύλλωμα (Looseleaf).....	28-29

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

2.1 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ.....	30-36
2.1.1 Προετοιμασία του εδάφους-Προφυτευτική Λύπανση.....	30-31
2.1.2 Μείγματα για σπορείο.....	31-36
2.1.3 Κλίμα.....	36

2.1.4 Ο ρόλος των μακροθρεπτικών στοιχείων.....	37
2.2. Άζωτο.....	37-38
2.2.1 Επίδραση του αζώτου στην ανάπτυξη των φυτών.....	38
2.2.2. Η σημασία του Ν για το φυτό.....	38-41
2.2.3 Η επίδραση του αζώτου στα φυτά.....	41-43
2.2.4 Απορρόφηση του αζώτου.....	43
2.2.5 Συγκριτική χρησιμοποίηση νιτρικού και αμμωνιακού αζώτου από το φυτό.....	43-44
2.2.6 Μεταφορά του αζώτου.....	44-45
2.2.7 Κλάσματα του αζώτου στο φυτό	45-46
2.3 Σχέση χορηγούμενου αζώτου και φυτικής αύξησης.....	46-47
2.3.1 Τα νιτρικά στα τρόφιμα-Νιτρικά και υγεία.....	47-49
2.4. Τα νιτρικά στην τροφή.....	49-50
2.4.1 Διάκριση των νιτρικών, σπουδαιότητα και επιτρεπόμενα όρια.....	50-51
2.4.2 Επιτρεπόμενη Ημερήσια Δόση (Ε.Η.Δ.).....	52-54
2.5 Φώσφορος.....	54-55
2.6 Κάλιο.....	55
2.7 Μαγνήσιο.....	56
2.8 Μαγγάνιο.....	56-59
2.9.1 Λίπανση.....	59-62
2.9.2 Άρδευση.....	62-63
2.10 Σπορά.....	64-66
2.11 Εχθροί και ασθένειες.....	66-70
2.11.1 Ζωικοί εχθροί.....	66-67
2.11.2 Μυκητολογικές ασθένειες.....	67-68
2.11.3 Βακτηριακές ασθένειες.....	68
2.11.4 Ιώσεις.....	69
2.11.5 Μη Παρασιτικές Ασθένειες.....	70
2.11.6 Συγκομιδή	70-71
2.12 Καλλιεργητικές περιποιήσεις μετά τη μεταφύτευση.....	72-73
2.12.1. Πότισμα.....	72-73
2.12.2 Συντήρηση.....	73

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ ΣΤΟ ΦΥΤΟ.....	74
3.1.Πρόσληψη των μεταλλικών μικροθρεπτικών από τα φυτά.....	75
3.2.Παράγοντες που καθορίζουν την πρόσληψη αυτών από τα φυτά.....	75-76
3.3.Ψευδαργυρος.....	77-80
3.3.1.Προέλευση του ψευδαργύρου.....	80
3.3.2 Λιπάσματα και φυτοφάρμακα.....	81
3.3.3 Προσθήκη Zn στο έδαφος από την ύψυ του βιολογικού καθαρισμού (sewage sludge).....	81
3.3.4 Προσθήκη ψευδάργυρου στο έδαφος με ατμοσφαιρική απόθεση.....	82
3.3.5.Χημική συμπεριφορά του Zn στα εδάφη.....	82-85
3.3.6.Ο ψευδάργυρος στο σύστημα έδαφος – φυτό... ..	85-86
3.3.7 Τοξικά συμπτώματα Zn των φυτών στα εδάφη.....	86-87
3.3.8.Πρόσληψη και μεταφορά του ψευδαργύρου στα φυτά.....	87

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

Πειραματικό μέρος	88
Εισαγωγή.....	88
Υλικά και μέθοδοι-Περιγραφή φυτικού υλικού.....	88-89
Πειραματικό σχέδιο.....	90-91
Καλλιεργητικές εργασίες	91
Λήψη φυτών, δειγμάτων εδάφους και προετοιμασίας τους για τις χημικές αναλύσεις.....	91-92
Χημικές αναλύσεις.....	92-93
Προσδιορισμός ιχνοστοιχείων στο έδαφος με τη μέθοδο DTPA.....	92
Διαδικασία προσδιορισμού.....	93
Προσδιορισμός ιχνοστοιχείων στους φυτικούς ιστούς με τη μέθοδο αποτέφρωσης.....	93

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	94-121
Συμπεράσματα	122-123
Βιβλιογραφία.....	124-126
Παράρτημα	127-136

ΜΑΡΟΥΛΙ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα, αλλά και διεθνώς, έχει παρατηρηθεί μια σημαντική αλλαγή στις διατροφικές συνήθειες των ανθρώπων που ανάμεσα στα άλλα, περιλαμβάνει και μια πολύ πιο ενεργή συμμετοχή των λαχανικών στο καθημερινό διαιτολόγιο. Έχει γίνει πιο γνωστή και έχει εκτιμηθεί περισσότερο όχι μόνο η θρεπτική τους αξία και η υψηλή περιεκτικότητα τους σε βιταμίνες αλλά και ο θετικός ρόλος τους ως χονδροειδής τροφές. Ανάμεσα στα λαχανικά το μαρούλι με την λεπτή του γεύση καταλαμβάνει κυρίαρχη θέση στην προτίμηση του καταναλωτικού κοινού και ίσως είναι το πιο διαδεδομένο σαλατικό. Η καλλιέργεια του στην Ελλάδα φτάνει περίπου τα 39000 στρέμματα με μία παραγωγή 69000 τόνους. Η κύρια καλλιέργεια έχει επεκταθεί όλο σχεδόν το χρόνο, με τη χρήση μεταφυτευμένων φυτών από νέες ποικιλίες οι οποίες δεν βγάζουν εύκολα άνθη σε υψηλές θερμοκρασίες. Μεταξύ των διαφόρων καλλιεργητικών επεμβάσεων η λίπανση είναι ένας από τους κύριους παράγοντες της καλλιέργειας ο οποίος σχετίζεται άμεσα με την απόδοση. Στη χώρα μας δεν υπάρχουν πολλά επιστημονικά δεδομένα λίπανσης του μαρουλιού. Έτσι ο παραγωγός κάνει εμπειρική λίπανση που πολλές φορές δεν προσεγγίζει με ακρίβεια την άριστη ποσότητα της λίπανσης, την οποία θα πρέπει να εφαρμόσει για να έχει το άριστο οικονομικά αποτέλεσμα, καθώς και να μην επιβαρύνει το προϊόν και το περιβάλλον με νιτρικά.

Ως οικονομικά άριστη λίπανση αναφέρεται η λίπανση με την οποία ο παραγωγός θα επιτύχει το άριστο οικονομικά αποτέλεσμα το οποίο πολλές φορές δεν συμπίπτει με την μέγιστη παραγωγή. Επιπλέον μετά την ανάπτυξη της νομοθεσίας από την Ε.Ε. η οποία σχετίζεται τόσο με την μικρή περιεκτικότητα του προϊόντος σε νιτρικά όσο και με την μικρή επιβάρυνση του περιβάλλοντος, θα πρέπει σε πολλές καλλιέργειες να μιλάμε πλέον και για περιβαλλοντικά άριστη απόδοση. Δηλαδή για μια απόδοση η οποία θα εξασφαλίζει την μέγιστη απόδοση και όμως δεν επιβαρύνει το περιβάλλον.

Τα βαρέα μέταλλα και μεταλλοειδή που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τη μελέτη των επιπτώσεων στην υγεία του ανθρώπου, ως και στη ρύπανση των αγροτικών προϊόντων και στην οικοτοξικολογία, είναι το κάδμιο, ο μόλυβδος, το σελήνιο, το νικέλιο, το χρώμιο, το αρσενικό, ο υδράργυρος, το θάλλιο, το ουράνιο, το κοβάλτιο, κ.λ.π.

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, τα στοιχεία αυτά χαρακτηρίζονται ως μικροθρεπτικά. Είναι γνωστό ότι στα μικροθρεπτικά υπάγονται και τα μη μεταλλικά στοιχεία βόριο και χλώριο. Όταν όμως τα στοιχεία αυτά βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις στο έδαφος ή στο ύδωρ αρδεύσεως, ενδέχεται να προκαλέσουν τοξικά συμπτώματα στα φυτά.

Τα βαρέα μέταλλα και τα μεταλλοειδή όταν βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις στο έδαφος είναι λίαν τοξικά, τόσο για το περιβάλλον όσο και για τους ζωντανούς μικροοργανισμούς. Οι παράγοντες που ελέγχουν τις συνολικές και βιοδιαθέσιμες συγκεντρώσεις των μικροθρεπτικών, των βαρέων μετάλλων και μεταλλοειδών στα εδάφη, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον σε σχέση με την ανθρώπινη τοξικολογία και την ανθρώπινη παραγωγικότητα. Παρά το γεγονός ότι το έδαφος είναι μια δεξαμενή πολλών και ποικίλων ρυπαντών, εντούτοις λειτουργεί και ως προστατευτικό φίλτρο των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων από πιθανή εισροή ρυπαντών. (Alloway, 1996b).

1.1 ΚΑΤΑΓΩΓΗ –ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗ –ΕΞΑΠΛΩΣΗ

Το καλλιεργούμενο μαρούλι (*Lactuca sativa L.*) θεωρείται ότι κατά πάσα πιθανότητα προήλθε από το άγριο μαρούλι *Lactuca serriola* ή *Scariola L.*, το οποίο συναντάται ως ζιζάνιο σε πολλές περιοχές της Ευρώπης, ή κατόπιν διασταυρώσεων με τα άγρια είδη *L. saligna* και *L. virosa*. Υπάρχουν πάνω από εκατό είδη στο γένος *Lactuca*. Το μαρούλι ανήκει στη μεγαλύτερη βοτανική οικογένεια των φυτών, τα σύνθετα (*Compositae*) και στην υποδιαίρεση *Liguliflorae*, στην οποία τα ανθίδια

έχουν χαρακτηριστικό σχήμα που μοιάζει σαν λουρί, και στους βλαστούς και τα φύλλα σχηματίζεται ένας γαλακτώδης χυμός (Latex). Συγγενικά είδη με το μαρούλι είναι το κичώριο (*chicory*), το αντίδι, κ.α. (*Ryder and Whitaker, 1976*).

Το μαρούλι τύπου *Cos* πιστεύεται ότι έχει διαδοθεί από την Ελλάδα και το όνομα του τύπου προέρχεται από την νήσο Κω, που βρίσκεται στο Αιγαίο Πέλαγος. Επίσης, χώροι προέλευσης του μαρουλιού θεωρούνται οι περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου, Μικράς Ασίας, Καυκάσου, Περσίας και Τουρκιστάν. Στην Ελλάδα, όπως αναφέρει ο Καββαδάς (1956), αυτοφύονται 9 είδη του γένους *Lactuca*.

Ζωγραφιές του μαρουλιού τύπου *Cos* έχουν βρεθεί σε επιτύμβιες πλάκες στην Αίγυπτο από το 4.500 π.χ. και είναι γνωστό ότι το μαρούλι χρησιμοποιείται πάρα πολύ στη διατροφή του ανθρώπου πάνω από 2.000 χρόνια. Πολύ πριν από τη χρήση του σαν τροφή χρησιμοποιείτο για τις φαρμακευτικές του ιδιότητες (έχει ναρκωτικές και παυσίπονες ιδιότητες).

Ο χυμός του ήμερου μαρουλιού *L. sativa* καθώς και των *L. virosa* (λακτούκη η τοξική) και *L. capitata*, είναι φαρμακευτικός, λαμβάνεται δε από τομές που γίνονται στον ανθοφόρο βλαστό του φυτού. Φαρμακευτικό είναι επίσης και το "θριδάκινον ύδωρ", το οποίο λαμβάνεται μετά από απόσταξη των φύλλων του μαρουλιού. Τέλος, με σύνθλιψη του ανθοφόρου βλαστού λαμβάνεται η "θριδακία" (γαλλ. *tridace*), η οποία χρησιμοποιείται στην κατασκευή του φημισμένου σαπουνιού "tridace" (Γεννάδιος, 1959).

Αναφέρεται ότι οι Πέρσες το καλλιεργούσαν τον 6^ο π.Χ. αιώνα. Επίσης, ήταν γνωστό στους Αρχαίους Έλληνες και Ρωμαίους και αναφέρεται από τους Ηρόδοτο, Θεόφραστο, Διοσκουρίδη κ.α. με το όνομα "Θρίδαξ" ή "Θριδακίνη", ενώ οι Κύπριοι το ονόμαζαν "Βρένθις". Ο Θεόφραστος το περιγράφει σαν λαχανικό "επίσπορο", ότι δηλ. μπορεί να σπαρθεί πολλές φορές μέσα σε ένα έτος και μάλιστα περιγράφει τέσσερα διαφορετικά είδη. Στην Κίνα μεταφέρθηκε το 900 μ.Χ.

Στην Αγγλία αναφέρεται για πρώτη φορά το κεφαλωτό μαρούλι το 1543. Στη Γαλλία, και ιδιαίτερα στην περιοχή του Παρισιού, για εκατοντάδες χρόνια εφαρμόζονταν μια εξειδικευμένη μέθοδος καλλιέργειας μαρουλιού σε "τζάκια" με θερμοστρωμένες από ζυμούμενη κοπριά.

Σήμερα το μαρούλι, σε αντίθεση με πολλά άλλα λαχανικά που καλλιεργούνται σε εξειδικευμένες περιοχές, έχει διαδοθεί και καλλιεργείται σχεδόν σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη και μήκη της υφελίου ως ετήσιο λαχανικό (Πίνακας 9.1).

Στην Ασία παράγεται το 50% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής, ενώ το 27% και 20% στη Β. & Κ. Αμερική και Ευρώπη αντίστοιχα. Η Κίνα και οι Η.Π.Α.

είναι οι κυριότερες χώρες παραγωγής σε διεθνές επίπεδο, ενώ η Ιταλία, η Ισπανία και η Γαλλία σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Όσον αφορά την διακίνηση (εισαγωγές-εξαγωγές) μαρουλιού στην Ευρώπη, Β. Αφρική και Μέση Ανατολή, η Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο εισάγουν μεγάλες ποσότητες, ενώ η Ισπανία και η Ολλανδία εξάγουν τις μεγαλύτερες ποσότητες.

Στην Ελλάδα το μαρούλι καλλιεργείται κυρίως σαν υπαίθρια καλλιέργεια σχεδόν όλη τη διάρκεια του χρόνου, αλλά κυρίως από νωρίς το φθινόπωρο μέχρι αργά την άνοιξη. Το καλοκαίρι η παραγωγή περιορίζεται σημαντικά, λόγω των προβλημάτων που δημιουργούνται (σχηματισμός ανθικών στελεχών) από τις υψηλές θερμοκρασίες και το μεγάλο μήκος ημέρας, πρόβλημα που γίνονται προσπάθειες να ξεπεραστεί με την επιλογή ποικιλιών ανθεκτικών στον πρόωμο σχηματισμό ανθικών στελεχών. Η ζήτηση μαρουλιού είναι πάρα πολύ μεγάλη και το καλοκαίρι. Εκτός από τις υπαίθριες καλλιέργειες τα τελευταία χρόνια καλλιεργείται μαρούλι και στα θερμοκήπια κατά τη διάρκεια του χειμώνα, γιατί η ανάπτυξη γίνεται πιο γρήγορα, παράγεται προϊόν πολύ καλής ποιότητας και εκτός από την καλλιέργεια στο έδαφος του θερμοκηπίου παρέχεται η δυνατότητα της ανάπτυξης των φυτών σε υδροπονικές καλλιέργειες και κυρίως στο NFT (θρεπτικό διάλυμα λεπτής στοιβάδας). Το μαρούλι καλλιεργείται σε όλες τις περιοχές της Ελλάδας, οι μεγαλύτερες όμως εκτάσεις συγκεντρώνονται γύρω από τα μεγάλα αστικά κέντρα όπου βρίσκονται και οι περισσότεροι καταναλωτές.

Το παραγόμενο μαρούλι καταναλίσκεται αποκλειστικά στη ντόπια αγορά. Εξαγωγές δεν γίνονται, θα μπορούσε όμως να καλλιεργηθεί (οι τύποι που προτιμώνται) και για εξαγωγές στις χώρες της Β. Ευρώπης κατά τον χειμώνα, λόγω των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει η χώρα (κλίμα κ.λπ.).

Πίνακας 1.1: Παγκόσμια έκταση και παραγωγή μαρουλιού

Έκταση ⁽¹⁾ x 1000 στρ.	Παραγωγή ⁽¹⁾ x 1000 MT*	% του συνόλου της παραγωγής	
Παγκόσμια	6.887	15.263	100
Κατά Ήπειρο			
Αφρική	94	200	1,3
Β. & Κ. Αμερική	1.269	4.205	27,6
Ν. Αμερική	112	134	0,9
Ασία	4.049	7.456	49,4
Ευρώπη	1.299	3.124	20,5
Ωκεανία	63	144	0,9
Κυριότερες Χώρες Παραγωγής			
1. Κίνα	2.200	5.500	36,0
2. Η.Π.Α.	1.136	3.949	25,9
3. Ισπανία	350	950	6,2
4. Ιταλία	481	851	5,6
5. Ινδία	1.160	765	5,0
6. Ιαπωνία	270	550	3,6
7. Γαλλία	180	480	3,1
8. Τουρκία	130	225	1,5
9. Ηνωμένο Βασίλειο	74	219	1,4
10. Κορέα	94	194	1,3
Χώρες Ε.Ε.			
1. Ισπανία	350	950	2,7
2. Ιταλία	481	851	1,8
3. Γαλλία	180	480	2,7
4. Ηνωμένο Βασίλειο	74	219	3,0
5. Βέλγιο & Λουξεμβούργο	25	173	6,3
6. Γερμανία	58	137	2,3
7. Ελλάδα	40	85	2,1
8. Ολλανδία	18	80	4,5
9. Πορτογαλία	14	32	2,3
10. Αυστρία	5,9	15	2,5
11. Σουηδία	6	13	2,2
12. Ιρλανδία	-	10	-
13. Δανία	2,5	6,7	2,7
<i>Πηγή: FAO Production Yearbook (1996)</i>			
* <i>MT: Μετρικοί Τόνοι</i>			
* <i>Αξία : Αξία σε χιλιάδες δολάρια</i>			

1.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Το μαρούλι είναι το σημαντικότερο φυλλώδες λαχανικό που χρησιμοποιείται νωπό σε σαλάτα στην Ελλάδα, κυρίως από το φθινόπωρο μέχρι την άνοιξη. Σημαντικό επίσης είναι σε πάρα πολλές χώρες του κόσμου όπως οι Η.Π.Α., οι χώρες της Κ. Ευρώπης, η Αυστραλία, η Νέα Ζηλανδία, η Ιαπωνία. Είναι κατά κανόνα υπαίθρια καλλιέργεια, αλλά καλλιεργείται και σε Θερμοκήπια, σε χώρες όπου ο χειμώνας είναι πάρα πολύ ψυχρός, όπως στις Β. χώρες της Ευρώπης, στον Καναδά, στη Β. Αμερική κ.λπ. Η ζήτηση και κατανάλωση μαρουλιού έχει σχέση με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν. Για παράδειγμα, καλός καιρός προτρέπει τους καταναλωτές να φτιάχνουν σαλάτες, με αποτέλεσμα η ζήτηση να ανέρχεται, και αντίστροφα. Οι εκτάσεις και η παραγωγή υπαίθριας και θερμοκηπιακής καλλιέργειας μαρουλιού στην Ελλάδα την περίοδο 1980-97 δίνονται στον Πίνακα 1.2 και η κατανομή κατά γεωγραφικό διαμέρισμα υπαίθριας καλλιέργειας σε υψηλά Θερμοκήπια και χαμηλά σκέπαστρα δίνεται στον Πίνακα 1.4

Σύμφωνα με στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής υπηρεσίας κατά τη διάρκεια του 1999 εισήχθησαν από χώρες της Ε.Ε. και τρίτες χώρες 1.444 τον. μαρουλιού, ενώ παράλληλα την αντίστοιχη περίοδο εξήχθησαν 142 τον.

Πίνακας 1.2.: Έκταση και παραγωγή υπαίθριας και θερμοκηπιακής καλλιέργειας μαρουλιού στην Ελλάδα, στη χρονική περίοδο 1980-1997.

	Θερμοκηπίου		Υπαίθρια		Ολική	
	Έκταση (στρ.)	Παραγωγή (τον.)	Έκταση (στρ.)	Παραγωγή (τον.)	Έκταση (στρ.)	Παραγωγή (τον.)
1980	100	210	27.200	54.910	27.300	55.020
1981	400	840	25.970	53.830	26.370	54.670
1982	600	1.520	26.190	55.300	26.790	56.820
1983	650	1.610	27.590	56.960	28.240	58.570
1984	240	460	28.230	57.860	28.470	58.320
1985	370	710	26.980	57.360	27.350	58.070
1986	400	810	28.450	58.120	28.850	58.930
1987	460	980	31.640	67.290	32.100	68.270
1988	600	750	29.260	56.750	29.860	57.800
1989	560	500	31.080	61.890	31.640	62.390
1990	450	1.110	30.960	60.770	31.410	61.880
1991	560	1.380	32.180	62.390	32.740	63.770
1992	1.090	2.130	34.350	69.400	35.540	71.530
1993	1.010	1.989	33.630	69.220	34.440	71.020
1994	670	1.470	35.780	74.070	36.450	75.540
1995	700	1.680	32.980	63.900	33.680	65.580
1996	740	2.420	35.330	67.030	36.070	69.450
1997	1.420	4.020	32.810	61.540	34.230	65.560

Πηγή: Στατιστική Υπηρεσία Υπουργείου Γεωργίας

1.3 ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΑΞΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Το μαρούλι τύπου *Cos* ή *Romaine* είναι πιο θρεπτικό από τους κεφαλωτούς τύπους μαρουλιού, γιατί έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε βιταμίνες Α και C. Το μαρούλι επίσης είναι μια καλή πηγή Ca και P. Η περιεκτικότητα των διαφόρων τύπων μαρουλιού σε διάφορα στοιχεία παρουσιάζεται στον πίνακα 1.3.

Το μαρούλι ως νωπό λαχανικό είναι μια από τις πιο υγιεινές τροφές που μπορεί να αποτελέσει μέρος του καθημερινού διαιτολογίου του ανθρώπου. Προσφέρει αρκετές ποσότητες βιταμίνης Α, σιδήρου, ασβεστίου, καλίου και φωσφόρου, ενώ ταυτόχρονα η περιεκτικότητά του σε λίπη, υδατάνθρακες και ενέργεια είναι σχεδόν ασήμαντη. Υστερεί σε οργανοληπτικές ιδιότητες έναντι του άλλου ωμού φυλλώδους κηπευτικού, του λάχανου, του οποίου όμως η περιεκτικότητα σε βιταμίνη Α είναι σχεδόν υποδεκαπλάσια. Με εξαίρεση και την περιεκτικότητά της βιταμίνης C στην οποία το λάχανο είναι πλουσιότερο κατά πέντε περίπου φορές, τα δύο λαχανικά (μαρούλι και λάχανο) είναι σχεδόν ισοδύναμα διαιτητικά. Όμως στο μαρούλι αποδίδονται και φαρμακευτικές ιδιότητες στις οποίες ενδόμυχα πολύ υπολογίζουν οι καταναλωτές.

Στην χώρα μας στην προτίμηση των καταναλωτών βρίσκεται ο τύπος μαρουλιού Ρωμάνα και τα τελευταία χρόνια υπάρχει κάποια στροφή και προς τον τύπο Κεφαλωτού (*Butterhead*). Η κατανάλωση των άλλων τύπων μαρουλιού είναι ελάχιστη και για την κάλυψη των αναγκών, ιδιαίτερα των αλλοδαπών που ζουν ή παραθερίζουν στην χώρα μας, γίνονται και εισαγωγές από άλλες χώρες της Ε.Ε.

Πίνακας 1.3 : Τύποι μαρουλιού και χαρακτηριστικά τους

Στοιχεία	Κεφαλωτό (Butterhead)	Τύπος μαρουλιού Ρωμάνα (Cos or Romaine)	Κατσαρό Κεφαλωτό (Crispead)
Ενέργεια (θερμίδες)	11,00	16.00	11.0
Νερό (g)	96,00	94.00	95.0
Πρωτεΐνες (g)	1,20	1,60	0,8.0
Λίπη (g)	0,20	0,20	0,10
Υδατάνθρακες (g)	1,20	2,10	2,30
Βιταμίνη A (IU) (mg)	1200,0	2600,0	300,0
« B1 (mg)	0,07	0,10	0,07
« B2 (mg)	0,07	0,10	0,03
« C (mg)	9,00	24.0	5.0
Νιασίνη (mg)	0,40	0,50	0,30
Αλατα Ca (mg)	40	60	13
« Fe (mg)	1,1	1,1	1,5
« Mg (mg)	16	6	7
« P (mg)	31	45	25

Πηγή : Howard et al., (1962)

Πίνακας 1.4: Έκταση και παραγωγή μαρουλιού σε θερμοκήπια κατά γεωγραφικό διαμέρισμα στην Ελλάδα, κατά τις καλλιεργητικές περιόδους 1992-1993 και 1996-1997.

Γεωγραφικό Διαμέρισμα	1993			1997		
	Έκταση (στρ.)	Παραγωγή (τον.)	Αποδόσεις (τον./στρ.)	Αποδόσεις (τον./στρ.)	Παραγωγή (τον.)	Αποδόσεις (τον./στρ.)
Α.Μακεδονία- Θράκη	263	617	2,35	253	588	2,32
Δ.&Κ. Μακεδ.	490	830	1,69	735	920	1,25
Ήπειρος	71	136	1,91	64	100	1,56
Θεσσαλία	78	110	1,41	46	72	1,56
Πελοπόννησος						
Δ. Στερεά	25	95	3,80	39	83	2,13
Αττική-Νήσοι	83	201		286	2.259	7,90*
Σύνολο χώρας	1.010	1.989	2,42	1.423	4.022	

Πηγή: Στατιστική Υπηρεσία Υπουργείου Γεωργίας

* Η μέση παραγωγή στην περιοχή Αττικής και Νήσων ήταν υψηλή λόγω της υψηλής εντατικοποίησης της καλλιέργειας με υδροπονικές και άλλες μεθόδους.



Τα μαρούλια *Lactuca Sativa* ανήκουν στην οικογένεια των συνθέτων *Compositae*. Στην Ελλάδα καλλιεργείται σε έκταση 35.000 στρεμμάτων με παραγωγή 65.000 τόνους και διάθεση αποκλειστικά για τις εγχώριες ανάγκες.

1.4 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το μαρούλι είναι το σημαντικότερο φυλλώδες λαχανικό που χρησιμοποιείται νωπό, σε σαλάτα στην Ελλάδα, κυρίως από το φθινόπωρο μέχρι την άνοιξη. Στην Ελλάδα το μαρούλι καλλιεργείται κυρίως σαν υπαίθρια καλλιέργεια, σχεδόν καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου αλλά κυρίως από νωρίς το φθινόπωρο μέχρι αργά την άνοιξη. Οι εκτάσεις και η παραγωγή υπαίθριας και θερμοκηπιακής καλλιέργειας μαρουλιού την περίοδο 1980-2000 στην Ελλάδα παρουσιάζεται στον πίνακα 4. Το καλοκαίρι η παραγωγή περιορίζεται σημαντικά λόγω των προβλημάτων που δημιουργούνται εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών και του μεγάλου μήκους ημέρας (σχηματισμός ανθικών στελεχών και λήθαργος σπόρων). Τα τελευταία χρόνια το μαρούλι καλλιεργείται σε θερμοκήπιο κατά την διάρκεια του χειμώνα. Καλλιεργείται σε όλες τις περιοχές της Ελλάδας, αλλά ειδικά σε εκτάσεις γύρω από μεγάλα αστικά κέντρα, όπου υπάρχει και μεγαλύτερη κατανάλωση.

Πίνακας 1.5: Έκταση και παραγωγή καλλιέργειας μαρουλιού, στη χρονική περίοδο 1990-2003.

ΈΤΟΣ	ΈΚΤΑΣΗ(ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (ΤΟΝΟΙ)
1990	29,704	73,646
1991	28,867	74,572
1992	31,678	62,131
1993	32,732	63,774
1994	34,690	70,212
1995	34,460	69,215
1996	36,460	75,443
1997	33,670	65,580
1998	36,080	69,450
1999	37,700	69,300
2000	37,300	69,340
2001	37,550	69,390
2002	38,600	70,215
2003	38,950	70,455

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Υπουργείου Γεωργίας, στον πίνακα φαίνεται η κατανομή παραγωγής και υπαίθριας καλλιέργειας μαρουλιού κατά γεωγραφικό διαμέρισμα.

Πίνακας 1.6: Έκταση και παραγωγή υπαίθριας καλλιέργειας μαρουλιού κατά γεωγραφικό διαμέρισμα στην Ελλάδα, στην χρονική περίοδο 2000.

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΕΚΤΑΣΗ(ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ(τον./στρ.)
Ανατολική Μακεδονία και Θράκη	8,020	12,640
Δυτική και Κεντρική Μακεδονία	1,210	1,675
Ηπείρου	3,010	5,580
Θεσσαλίας	14,840	33,490
Πελοποννήσου και Δυτικής Στερεάς.	13,860	14,990
Αττικής και Νήσων	1,420	1,840
Σύνολο χώρας	42,360	70,215

Η ζήτηση και κατανάλωση μαρουλιού έχει σχέση με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν. Για παράδειγμα καλός καιρός προτρέπει τους καταναλωτές να φτιάχνουν σαλάτες με αποτέλεσμα η ζήτηση να ανέρχεται, και αντίστροφα.

1.5 ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1.5.1. ΦΥΤΟ

Το μαρούλι είναι φυτό μονοετές, ο σπόρος είναι αχαίνιο.

- Το μαρούλι είναι διπλοειδές με $2\chi=18$ και τετραπλοειδές με $4\chi=36$ χρωματοσώματα. Το φυτό είναι ποώδες με πασσαλώδη ρίζα η οποία κατά τη μεταφύτευση καταστρέφεται εν μέρει και αντικαθίσταται από ένα θυσανώδες επιπόλαιο ριζικό σύστημα.

1.5.2. ΦΥΛΛΑ



Τα φύλλα φυτρώνουν από κοντό στέλεχος και είναι πλατιά, διάφορου μεγέθους και σχήματος με επιφάνεια λεία ή σγουρή και χρώμα πράσινο ή πρασινοκίτρινο και σε μερικές ποικιλίες με κοκκινωπές αποχρώσεις.



Κατά την ωρίμανση, τα φύλλα αλληλοεπικαλυπτόμενα σχηματίζουν σφαιρική ή επιμήκη κεφαλή, χαλαρή ή συνεκτικότερη αναλόγως του τύπου.



Κατά την άνθιση το στέλεχος του φυτού επιμηκύνεται μέχρι ύψους 50 έως 150 cm και σχηματίζει ταξιανθία. Τα άνθη είναι μικρά, κίτρινα, συνήθως αυτογονιμοποιούμενα. Τα φύλλα αναπτύσσονται σπειροειδώς επί του κοντού βλαστού και είναι λεία, πλατιά διαφόρου μεγέθους και σχήματος, ωοειδή, καρδιοειδή, επιμήκη, είναι ακέραια ή κυματοειδή ή ακανόνιστα οδοντωτά.

Τα πρώτα φύλλα είναι σχεδόν επίπεδα, ενώ τα επόμενα φύλλα σχηματίζουν, ανάλογα με τον τύπο και την ποικιλία, διαφόρου βαθμού κύρτωση και καλύπτει το ένα το άλλο σχηματίζοντας κεφαλή. Το χρώμα ανάλογα με τον τύπο και την ποικιλία κυμαίνεται από βαθύ πράσινο ή πρασινοκίτρινο ή με απόχρωση κοκκινωπή (περιέχουν την χρωστική ουσία ανθοκυανίνη).

1.5.3. ΒΛΑΣΤΟΣ

Κατά τη διάρκεια της βλαστικής φάσης είναι πολύ κοντός και φέρει πυκνά φύλλα, ενώ και κατά την παραγωγική φάση αναπτύσσεται σημαντικά φτάνοντας 1-1.5 m σε ύψος.

1.5.4.ΑΝΘΙΚΟ ΣΤΕΛΕΧΟΣ

Το ανθικό στέλεχος (ανθοφόρος βλαστός) έχει ύψος 60-120 cm, είναι όρθιο, χωρίς άκανθες, διακλαδιζόμενο και πολύφυλλο.

Ο βλαστός φέρει γύρω του ταξιανθίες-κεφαλές υπό μορφή κορυμβόμορφου βότρυ ή φόβη. Κάθε άνθος είναι σύνθετο και φέρει 15-24 ανθίδια που έχουν κίτρινο χρώμα με στεφάνη που αποτελείται από 5 πέταλα, 5 στήμονες και μια ωοθήκη το καθένα.

Το μαρούλι αυτογονιμοποιείται. Όλα τα ανθίδια σε ένα άνθος ανοίγουν ταυτόχρονα σχεδόν και τα στίγματα είναι επιδεικτικά επικονίασης μόνο για μερικές ώρες το πρωί. Ο στύλος μεγαλώνει και ταυτόχρονα οι ανθήρες ανοίγουν αφήνοντας τη γύρη να πέσει μέσα στον κώνο των ανθέρων και επάνω στο στίγμα το οποίο επίσης ανοίγει επιτρέποντας έτσι τη γονιμοποίηση.

Η σταυρεπικονίαση είναι δύσκολο να γίνει και αφενός τα έντομα δεν ελκύονται από τα άνθη των μαρουλιών, αφετέρου λόγω της ιδιάζουσας κατασκευής και λειτουργίας του άνθους.

Η παραγωγή υβριδισμένου σπόρου στο μαρούλι δεν είναι εύκολη κυρίως λόγω αυτογονιμοποίησης, και για τον λόγο αυτό δεν κυκλοφορούν πολλά υβρίδια

1.6 ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ

Σε γενικές γραμμές, το μαρούλι πολλαπλασιάζεται με σπόρο και είτε γίνεται απ' ευθείας σπορά στο χωράφι, μέθοδος που σπάνια ακολουθείται ή συνηθέστερα αναπτύσσονται φυτάρια σε σπορεία και ακολουθεί μεταφύτευση. Για καλλιέργειες στα θερμοκήπια εφαρμόζεται αποκλειστικά η μέθοδος της μεταφύτευσης.

Οι κυριότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι οι εξής:

- Αυτόματη σπορά καλυμμένων (palleted) σπόρων σε κύβους εδάφους.
- Με το χέρι σπορά κανονικού σπόρου σε κύβους εδάφους.
- Σπορά καλυμμένων σπόρων με πλαστικούς σπόρους ή δίσκους από φελιζόλ.
- Σπορά σε κιβώτια και μεταφύτευση σε κύβους εδάφους ή δίσκους.

- Σπορά σε κιβώτια. Σε κιβώτια, αλίες ή θερμοσπορεία και μεταφύτευση απ' ευθείας στο έδαφος του θερμοκηπίου.

1.7 ΟΜΑΔΕΣ-ΤΥΠΟΙ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

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

1.7.1 Κως ή Ρωμάνα (*Cos or Romaine*) *Lactuca sativa var. romana D.C*

Φυτό όρθιο, υψηλό, με λεπτή επιμήκη κεφαλή στο εσωτερικό και λεπτά μακριά φύλλα στο εξωτερικό, με χρώμα πράσινο. Υπάρχουν ποικιλίες με διάφορες αποχρώσεις του πράσινου χρώματος. Είναι το μαρούλι που προτιμάται στην Ελλάδα, τη Μέση Ανατολή και Β. Αφρική.



Εικόνα 1.7.1 : Φυτά μαρουλιού τύπου Κως ή Ρωμάνα

1.7.2 Λείο, κεφαλωτό (*Butterhead*) *Lactuca sativa var. capitata D.C*

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



Εικόνα 1.7.2 : φυτά λείο, κεφαλωτό μαρουλιού τύπου *Butterhead Lettuce*.

1.7.3 Κατσαρό κεφαλωτό (*Crisphead, Iceberg or Curly*) *Lactuca sativa* var. *capitata* D.C

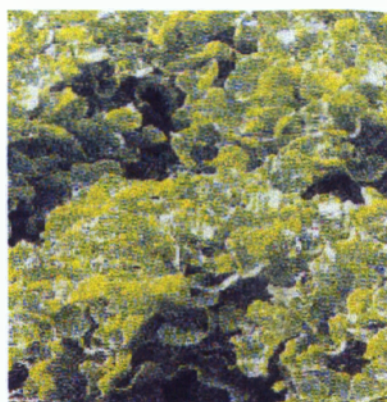
Το φυτό σχηματίζει σφαιρική περίπου κεφαλή, τα φύλλα είναι κυματοειδή τραγανά και εύθραυστα. Το χρώμα ποικίλει από ελαφρύ μέχρι βαθύτερο πράσινο. Είναι η ποικιλία που καλλιεργείται κυρίως στις Η.Π.Α και τον Καναδά.



Εικόνα 1.7.3 : Φυτά μαρουλιού τύπου, “ Κατσαρό κεφαλωτό “ *Iceberg Lettuce*.

1.7.4 “Χαλαρό ανοικτό φύλλωμα” (*Looseleaf*)

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



Εικόνα 1.7.4 : φυτά μαρουλιού τύπου *Loose leaf*.

1.7.5 ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΤΥΠΟΥ *Cos or Romaine* ΚΩΣ Η ΡΩΜΑΝΑ

Οι ποικιλίες στον τύπο αυτό μπορεί να διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το χρώμα, ως προς την πρωιμότητα, ως προς την αντοχή στο σχηματισμό ανθοφόρου βλαστού σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών και μεγάλης ημέρας, ως προς την εποχή καλλιέργειας. Είναι κατ' εξοχήν τύπος που καλλιεργείται στην Ελλάδα.

Parris island Cos

Είναι η πιο διαδεδομένη ποικιλία μαρουλιού τύπου "Ρωμάνα" που καλλιεργείται στην Ελλάδα. Τα φυτά είναι όρθια, ύψους 20-25 εκ. Τα εσωτερικά νεαρά φύλλα σχηματίζουν κεφαλή, ενώ τα εξωτερικά έχουν ελαφρά κυματοειδές σχήμα, το χρώμα των φύλλων είναι ελαφρά γκριζοπράσινο. Είναι μεσοπρώιμη ποικιλία κατάλληλη για φθινοπωρινή και χειμερινή καλλιέργεια και απαιτεί περίπου 70 ημέρες μέχρι τη συγκομιδή. Είναι ανεκτική στο μωσαϊκό του μαρουλιού.

Gramsi

Είναι παρόμοια με την *Parris Island Cos*, αλλά έχει το πλεονέκτημα της ανθεκτικότητας στις υψηλές θερμοκρασίες και επομένως κατάλληλη για καλλιέργεια αργά την άνοιξη και νωρίς το φθινόπωρο.

Paris White noga

Τα φυτά αναπτύσσονται σε μεγάλα μεγέθη, τα εξωτερικά φύλλα έχουν ελαφρά κυματοειδές σχήμα και το χρώμα είναι πρασινωπό. Είναι πρώιμη ποικιλία, αντέχει στο σχηματισμού του ανθικού στελέχους όταν επικρατούν θερμοκρασίες και είναι κατάλληλη για καλοκαιρινή καλλιέργεια.

Parris Cos

Φυτά όρθια, μεγάλα, με κλειστή κεφαλή και με σκούρα πράσινα φύλλα. Παραλλαγή της ποικιλίας αυτής παρουσιάζει ανθεκτικότητα στο μωσαϊκό του μαρουλιού (LMV). Κατάλληλη για φθινοπωρινή και χειμερινή καλλιέργεια.

Fairen

Φυτά όρθια με κλειστή κεφαλή. Χρώμα φύλλων πράσινο. Παρουσιάζει ανθεκτικότητα στο μωσαϊκό του μαρουλιού (LMV). Καλλιεργείται το φθινόπωρο και το χειμώνα.

Marvel

Σχηματίζει μεγάλο κεφάλι, φύλλα χρώματος σκούρου πράσινου. Ανθεκτική ποικιλία στο σχηματισμό του ανθικού στελέχους, μεσοόψιμη, γι' αυτό καλλιεργείται με επιτυχία αργά την άνοιξη και το καλοκαίρι.

Εισάγονται και αρκετές ποικιλίες τύπου "Ρωμάνα" όπως: *Cos Corsica, Romana Inver, Romana Ballon, Blonde Romaine* κ.λπ. σε μικρότερες σχετικά ποσότητες.

1.7.6 ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΚΕΦΑΛΩΤΟΥ ΤΥΠΟΥ, *Iceberg or Crisphead*.

Από τις "κεφαλωτές" ποικιλίες του τύπου *Iceberg or Crisphead* εισάγονται στην Ελλάδα οι πιο κάτω. Οι εκτάσεις που καλλιεργούνται σήμερα είναι πολύ περιορισμένες. Είναι ο κυρίαρχος τύπος που καλλιεργείται στις Η.Π.Α.

Salinas

Έχει επιλεγεί στην Αμερική για καλλιέργεια σε παραθαλάσσιες περιοχές την άνοιξη, το καλοκαίρι και το φθινόπωρο. Παρουσιάζει καλή ανθεκτικότητα στον περονόσπορο, στο μωσαϊκό του μαρουλιού και στο περιφερειακό κάψιμο. Η κεφαλή του φυτού αναπτύσσεται σε αρκετά μεγάλο μέγεθος, τα φύλλα είναι κατσαρά, τρυφερά και το χρώμα είναι βαθύ πράσινο.

Great Lakes 659-700

Σχηματίζει κεφαλή μετρίου μεγέθους, χρώματος σκούρου πράσινου και με επιφάνεια κεφαλής ελαφρά κυματοειδούς εμφάνισης. Είναι πολύ ανθεκτική στο περιφερειακό κάψιμο των φύλλων.

Empire

Η κεφαλή είναι μετρίου μεγέθους, χρώματος ελαφρού πράσινου, καλής εμφάνισης με πολύ καλή ανθεκτικότητα στο περιφερειακό κάψιμο και με ανθεκτικότητα στο σχηματισμό ανθικού στελέχους σε υψηλές θερμοκρασίες και μεγάλη φωτοπερίοδο.

Italika

Η κεφαλή έχει μέτριο έως μεγάλο μέγεθος και χρώμα βαθύ πράσινο. Καλής εμφάνισης με ικανοποιητική ανθεκτικότητα στο περιφερειακό κάψιμο των φύλλων. Κατάλληλη για καλλιέργεια αργά την άνοιξη και το καλοκαίρι.

Brogan

Φυτό ταχείας ανάπτυξης, σχετικά ανθεκτικό στο σχηματισμό ανθικών στελεχών και στον περονόσπορο και το ωίδιο. Κεφαλή μετρίου μεγέθους, χρώματος ελαφρού πράσινου.

1.7.7 ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΚΕΦΑΛΩΤΟΥ ΤΥΠΟΥ, *Butterhead*

Καλλιεργείται σε μεγαλύτερη έκταση στην Ελλάδα από τον τύπο Iceberg, αλλά και πάλι σε σχετικά μικρή έκταση. Είναι ο τύπος που προτιμάται στις πλείστες χώρες. Οι κυριότερες ποικιλίες είναι:

White Boston

Το μέγεθος του φυτού είναι μέτριο, τα φύλλα είναι λεία και κυματοειδή και το χρώμα ελαφρύ πράσινο. Απαιτεί 70 ημέρες μέχρι την συγκομιδή.

Citation

Το μέγεθος του φυτού είναι μέτριο προς μεγάλο, τα φύλλα είναι λεία και χονδρά, με βαθύ πράσινο χρώμα. Πολύ καλής ποιότητας, αντέχει στις υψηλές θερμοκρασίες και στο περιφερειακό κάψιμο των φύλλων.

Bibb

Το φυτό είναι σχετικά μικρόσωμο. Είναι πρώιμο, αναπτύσσεται γρηγορότερα, έχει όμως το μειονέκτημα του πρόωρου σχηματισμού ανθικού στελέχους.

Artemis

Ανθεκτική στον πρόωμο σχηματισμό ανθικού στελέχους και κατάλληλη για όψιμη καλλιέργεια την άνοιξη προς το καλοκαίρι. Αντέχει επίσης στο περονόσπορο και στο περιφερειακό κάψιμο των φύλλων.

Rachel

Φυτό ταχείας ανάπτυξης με καλά ανεπτυγμένη κεφαλή. Φύλλα μέσου πάχους και σχετικά ανοικτού πράσινου χρώματος. Ανθεκτικό στο ωίδιο και τον περονόσπορο.

1.7.8 ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΜΕ ΧΑΛΑΡΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΦΥΛΛΩΜΑ (*Looseleaf*).

Looseleaf : Τύπος μαρουλιού με ελεύθερα φύλλα, δεν σχηματίζει κεφάλι. Οι πιο διαδεδομένες ποικιλίες είναι:

Grand rapids

Ποικιλία με χαλαρό ανοικτό φύλλωμα. Φυτά όρθια μετρίου μεγέθους. Τα φύλλα ελεύθερα κυματιστά στο σύνολο τους και με έντονο κυματισμό στην περιφέρεια τους, με ελαφρύ πράσινο χρώμα. Είναι πρώιμη ποικιλία, συμπληρώνει την ανάπτυξη της σε 43 ημέρες. Κατάλληλη ποικιλία για καλλιέργεια σε θερμοκήπια.

Prizehead

Ποικιλία με χαλαρό ανοικτό φύλλωμα. Φυτά μετρίου μεγέθους. Φύλλα κατσαρά με έντονο κυματισμό στην περιφέρεια τους. Χρώμα στο εσωτερικό του φυτού. Ελαφρά πιο όψιμη από την προηγούμενη, συμπληρώνει την ανάπτυξη της σε 50 μέρες. Είναι ποικιλία ανθεκτική στη μεταφορά.

Simpson's Curled

Ποικιλία με χαλαρό ανοικτό φύλλωμα. Φυτά μεγάλου μεγέθους. Φύλλα κατσαρά με έντονο κυματισμό στην περιφέρεια τους. Το χρώμα των φύλλων πολύ ελαφρύ πράσινο. Συμπληρώνει την ανάπτυξη της σε 45 ημέρες. Ποικιλία πολύ δημοφιλής.

Salad Bowl

Ποικιλία με χαλαρό ανοικτό φύλλωμα. Φυτά μετρίου μεγέθους, με φύλλα πυκνά τοποθετημένα σε σχήμα ροζέτας. Τα φύλλα έχουν ανώμαλη επιφάνεια και το χρώμα τους είναι ελαφρύ πράσινο. Συμπληρώνει την ανάπτυξη της, όπως και η προηγούμενη, σε 45 ημέρες. Ποικιλία ανθεκτική στον πρώιμο σχηματισμό ανθικού στελέχους.

E9908

Ποικιλία με χαλαρό ανοικτό φύλλωμα. Φυτό συμπαγές με κυματοειδή φύλλα. Ανεκτική στο μωσαϊκό του μαρουλιού(LMV).

Terra

Ποικιλία με χαλαρό ανοικτό φύλλωμα με κοκκινωπά κυματοειδή φύλλα. Μαρούλι πολύ καλής ποιότητας, ανθεκτικό στο σχηματισμό ανθικών στελεχών.

*PARRIS ISLAND COS
MT*



POMANA



VALMAINE



ROSARIO



GREAT LAKES



WHITE BOSTON



Σχήμα 1.8.1. Ποικιλίες μαρουλιού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

2.1 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ

2.1.1 Προετοιμασία του εδάφους-Προφυτευτική Λίπανση

Οι ποσότητες των λιπασμάτων και ιδιαίτερα του αζώτου, φωσφόρου, καλίου θα εξαρτηθούν από τη γονιμότητα του εδάφους και από τον στόχο της παραγωγής. Έχει υπολογισθεί ότι η καλλιέργεια του μαρουλιού αφαιρεί από το έδαφος με την παραγωγή 1000 χιλιόγραμμων προϊόντος 2,1 χιλιόγραμμα N, 0,8 χιλιόγραμμα P₂O₅ και 4,8 χιλιόγραμμα K₂O. Το αζωτούχο λίπασμα προστίθεται πριν από την μεταφύτευση (βασική λίπανση) και εν μέρει κατά την ανάπτυξη των φυτών επιφανειακά. Όσον αφορά τον φώσφορο και το κάλιο, μεγαλύτερη αξιοποίηση του λιπάσματος έχουμε με την εφαρμογή του στη βασική ή προφυτευτική λίπανση. Κατά τη λίπανση με φώσφορο και κάλιο πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη ότι ο υπερβολικός φώσφορος δύναται να ευνοήσει την πρόωμη ανάπτυξη ανθοφόρου βλαστού υπό θερμές συνθήκες.

Το μαρούλι είναι από τις ελάχιστες καλλιέργειες που οι ανάγκες του σε θρεπτικά στοιχεία για όλη την περίοδο ανάπτυξης μπορούν να ικανοποιηθούν με μια μόνο εφαρμογή πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας, επειδή η παραμονή του στο χωράφι είναι μικρής διάρκειας (45-80 ημέρες). Συνήθως ανάλογα με τον τρόπο του ποτίσματος οι παραγωγοί εφαρμόζουν 11 Kgr/ στρέμμα αζώτου και 15 Kgr/ στρέμμα φωσφόρου και καλίου αντίστοιχα μαζί με την εφαρμογή της κοπριάς, για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούν σύνθετα λιπάσματα π.χ. 11-15-15. Η ανάγκη επιφανειακής λίπανσης, εάν υπάρξει τέτοια περιορίζεται κυρίως στο άζωτο. Τότε μπορούν να εφαρμοστούν μέχρι 5 φορές 2 κλά ανά στρέμμα νιτρική αμμωνία (NH₄NO₃) ανάλογα με την ανάγκη της καλλιέργειας. Εξίσου καλά αποτελέσματα στην παραγωγή μπορεί να προκύψουν από την εφαρμογή ουρίας ή μείγματος ουρίας και νιτρικής αμμωνίας στο έδαφος.

Σε εδάφη βαριά και ιδιαίτερα στο θερμοκήπιο πολλοί παραγωγοί εφαρμόζουν υδρολίπανση (με στάγδην ή καταιονισμό). Στην περίπτωση αυτή μειώνονται ανάλογα οι ποσότητες των αζωτούχων, φωσφορούχων και καλιούχων λιπασμάτων κατά τη βασική λίπανση. Οποιαδήποτε μέθοδος λίπανσης και αν εφαρμοστεί πρέπει να σημειωθεί ότι η χορήγηση θειικής αμμωνίας θα πρέπει να γίνεται με προσοχή στη καλλιέργεια του μαρουλιού, επειδή μειώνει το pH ιδιαίτερα σε εδάφη με χαμηλή

περιεκτικότητα σε CaCO_3 . Επιπλέον εφαρμογή μεγάλης ποσότητας αμμωνιακού αζώτου προκαλεί την εμφάνιση χαρακτηριστικών συμπτωμάτων ιδιαίτερα στα αγγεία του ξύλου.

(Δημητράκης, 1983).

Για εκτεταμένες καλλιέργειες μαρουλιού χρειάζονται χώματα αμμοπηλώδη, γόνιμα, όπως συμβαίνει και με τα άλλα λαχανικά. Το χώμα προετοιμάζεται κατάλληλα για να δεχτεί τους μικρούς σπόρους και να βοηθήσει τις κοντές ρίζες να αναπτυχθούν κανονικά.

2.1.2 Μείγματα για σπορείο

I. Υποστρώματα σπορείου

Το μέσο, στο οποίο θα βλαστήσει ο σπόρος των λαχανοκομικών και άλλων φυτικών ειδών, δεν πρέπει να είναι το έδαφος του λαχανόκηπου ή του χωραφιού, ανεξάρτητα αν αυτό είναι γόνιμο. Το έδαφος αυτό, τόσο στην υφή του όσο και στη δομή του, δεν παρέχει τις καλύτερες δυνατές συνθήκες που απαιτούνται για τη βλάστηση του σπόρου. Στις περισσότερες των περιπτώσεων δεν αερίζεται καλά, δεν στραγγίζει, έχει υπολείμματα ζιζανιοκτόνων και άλλων χημικών φυτοφαρμάκων, περιέχει σπόρους ή ριζώματα ζιζανίων, παθογόνους μικροοργανισμούς. Στη σύγχρονη λαχανοκομική πρακτική το μέσο βλάστησης των σπόρων είναι αποστειρωμένο, ομοιογενές, ελαφρύ, στραγγερό, αφράτο και παρέχει όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία σε αναλογίες τέτοιες που ικανοποιούν το σκοπό, για τον οποίο το υπόστρωμα προορίζεται.

Έτσι τα υποστρώματα ανάλογα με το σκοπό διακρίνονται σε υποστρώματα σπορείου και υποστρώματα μεταφύτευσης των φυτών. Επίσης, ανάλογα με το αν περιέχουν ή όχι έδαφος, τα υποστρώματα διακρίνονται σε εδαφικά μείγματα και συνθετικά μείγματα ή κομπόστες.

α. Εδαφικά μείγματα

Τα εδαφικά μείγματα έχουν ως κύριο συστατικό τους το έδαφος. Προκειμένου να βελτιωθούν οι φυσικές ιδιότητες αλλά και η γονιμότητα του εδάφους, χρησιμοποιούνται διάφορα οργανικά και ανόργανα υλικά. Έτσι από τα οργανικά υλικά το πιο διαδεδομένο και χρήσιμο υλικό ήταν και είναι η κοπριά. Προέχει η κοπριά αιγοπροβάτων και μονόπλων, ακολουθεί η πλούσια σε στρωμνή αγελαδινή

κοπριά. Αποφεύγεται η χρήση κοπριάς χοίρων και πουλερικών επειδή είναι πλούσιες σε άλατα και αζωτούχες ουσίες, οι οποίες απελευθερώνονται υπό μορφή αμμωνίας και προκαλούν βλάβη στα νεαρά και ευπαθή φυτά μετά τη βλάστηση των σπόρων. Πρέπει να τονιστεί με έμφαση ότι οποιοδήποτε είδος κοπριάς και αν χρησιμοποιηθεί αυτή πρέπει να είναι χωνεμένη, δηλαδή να υποστεί τη διαδικασία της αποσύνθεσης της οργανικής ύλης. Για μια καλή παρασκευή του μείγματος πρέπει να αποστειρωθεί και το έδαφος. Η αποστείρωση του εδάφους επιτυγχάνεται είτε με τη χρήση χημικών ουσιών, υδρατμού ή με ανάμειξη του με αχώνευτη κοπριά.

Πολλές φορές δεν είναι γνωστές οι επεμβάσεις που έχουν γίνει στο έδαφος, ιδιαίτερα σε έδαφος που προέρχονται από χωράφι ξένης ιδιοκτησίας, το περασμένο έτος. Έτσι είναι πολύ πιθανό να υπάρχουν στο έδαφος ποσότητες υπολειμματικών ζιζανιοκτόνων ή άλλων τοξικών ουσιών που εμποδίζουν το φύτεμα του σπόρου ή καταστρέφουν τα νεαρά σπορόφυτα στα αρχικά τους στάδια αμέσως μετά το φύτεμα. Για την αποφυγή τέτοιων δυσάρεστων καταστάσεων επιβάλλεται ο έλεγχος της καταλληλότητας του εδάφους.

Καλής σύστασης μείγματα προκύπτουν από ανάμειξη 2 μερών εδάφους, 1 μέρους κοπριάς, 1 μέρους ποταμίσιας άμμου. Το μείγμα αυτό πρέπει να εμπλουτιστεί και με μικρές ποσότητες χημικών λιπασμάτων, που δεν περιέχει σε μεγάλες ποσότητες η κοπριά. Για παραπέρα βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων του μείγματος και ιδιαίτερα του πορώδους και της στράγγισης, μπορούν να προστεθούν μικρές ποσότητες περλίτη ή βερμικουλίτη. Στην περίπτωση που είναι δύσκολη η εύρεση κοπριάς, στη θέση της μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τύρφη. Γενικά μπορεί να λεχθεί ότι η αναλογία μεταξύ των υλικών εξαρτάται πρωτίστως από την ποιότητα του εδάφους, που θα χρησιμοποιηθεί. Για παράδειγμα, στην περίπτωση του αμμοαργιλώδους εδάφους δεν χρησιμοποιείται για την παρασκευή του μείγματος η άμμος. Όμως σε αργιλώδες ή πηλώδες έδαφος είναι εντελώς απαραίτητη η άμμος. Επίσης, αντί της κοπριάς ή της τύρφης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλες οργανικές ύλες όπως π.χ. άχυρο, στέμφυλα οινοποιίας, σπάδικες αραβόσιτου, πριονίδια αρκεί αυτά να έχουν υποστεί ανάλογη διαδικασία αποδόμησης της οργανικής τους ύλης. Για καλής ποιότητας μείγματα προτιμώνται τα αμμοπηλώδη ή τα ελαφρά αργιλοπηλώδη εδάφη, τα οποία ψιλοχωματίζονται πριν τη χρησιμοποίησή τους. Η σπουδαιότητα του εδάφους στο μείγμα οφείλεται τόσο στις φυσικοχημικές του όσο και στις βιολογικές του ιδιότητες και κυρίως στις

ιδιότητες των κολλοειδών της αργίλου, δηλαδή στην ικανότητα ανταλλαγής ανιόντων και κατιόντων και τον εφοδιασμό του μείγματος με ιχνοστοιχεία. Έτσι, κατά την επιλογή του εδάφους, οι παρακάτω παράμετροι πρέπει να λαμβάνονται υπόψη :το pH, τα συστατικά του, η δομή του, η υφή του, η περιεκτικότητα του σε οργανική ύλη, η οποία καθορίζει και την αντίδραση του εδάφους στην αποστείρωση του, ιδιαίτερα με υδρατμό.

Πλεονεκτήματα εδαφικών μειγμάτων

1. Το βασικό πλεονέκτημα τους είναι ότι, στην περίπτωση καλής ποιότητας εδάφους, περιέχουν περισσότερα θρεπτικά στοιχεία και η θρέψη των φυτών ιδιαίτερα σ' ότι αφορά στο άζωτο και το φώσφορο είναι εύκολη.
2. Τροφopenίες, ιδιαίτερα σ' ότι αφορά στα ιχνοστοιχεία, σπάνια παρουσιάζονται.
3. Χάρη στις ρυθμιστικές ιδιότητες των κολλοειδών του εδάφους, αποφεύγονται οι απότομες και απρόβλεπτες μεταβολές στη συμπεριφορά των φυτών.

Μειονέκτημα εδαφικών μειγμάτων

1. Δυσκολία στο να ευρεθεί κατάλληλο έδαφος το οποίο να μην προκαλεί προβλήματα, ιδιαίτερα κατά την αποστείρωση του με υδρατμό.
2. Δυσκολία στην εύρεση μεγάλων αποθεμάτων της ίδιας ποιότητας εδάφους για να εξασφαλιστεί η συνεχής παραγωγή της ίδιας ποιότητας μείγματος.
3. Το έδαφος πρέπει να διατηρείται ξερό και να υποστεί αποστείρωση πριν από τη χρησιμοποίησή του.
4. Το παρασκευαζόμενο μείγμα έχει υψηλό ειδικό βάρος και συνεπώς είναι δύσκολος ο χειρισμός του.
5. Η παρασκευή του μείγματος θέλει ιδιαίτερη επιμέλεια προκειμένου να επιτευχθεί καλή ανάμειξη. Σε μερικές περιπτώσεις και το κόστος παρασκευής είναι υψηλό.

β. Συνθετικά μείγματα

Το αυξανόμενο κόστος εργασίας κατά την αποστείρωση του εδάφους και την παρασκευή των εδαφικών μειγμάτων και η δυσκολία να εξευρεθεί καλής ποιότητας

έδαφος οδήγησε τους καλλιεργητές, ιδιαίτερα των αναπτυγμένων χωρών (ΒΔ Ευρώπη και Β. Αμερική), στη χρήση συνθετικών μειγμάτων τα οποία να παρασκευάζονται εύκολα, να είναι αξιόπιστα και να μην απαιτούν αποστείρωση εφόσον υποστούν σωστούς χειρισμούς.

Η επιλογή των υλικών, που θα χρησιμοποιηθούν στην παρασκευή ενός συνθετικού μείγματος, καθορίζεται από την επάρκεια και διαθεσιμότητά τους, το κόστος προμήθειας, την τοπική εμπειρία και κυρίως να είναι απαλλαγμένα από τοξικές για τα φυτά ουσίες. Έτσι, ενώ στις χώρες της Β.Δ. Ευρώπης τη βάση των μειγμάτων αποτελεί η τύρφη (σε όλες τις μορφές της), στις ΗΠΑ και Καναδά αντιθέτως τη βάση των μειγμάτων αποτελεί ο βερμικουλίτης και ο περλίτης. Στη χώρα μας τις δύο τελευταίες δεκαετίες υπάρχει μία κάποια στροφή στη χρήση συνθετικών μειγμάτων από τύρφη, περλίτης και αποδομημένα υπολείμματα διάφορων καλλιεργειών (π.χ. άχυρο, στέμφυλα οινοποιίας, σπάδικες και βράκτια φύλλα αραβοσίτου κ.λπ.). Σε μερικές χώρες γίνεται ευρύτατη χρήση πριονιδίων και αλεσμένων φλοιών δένδρων, κατά προτίμηση από κωνοφόρα δένδρα. Πριονίδια από φυλλοβόλα δένδρα είναι λιγότερο κατάλληλα, επειδή αποδομούνται γρήγορα. Στις χώρες της Κεντρικής Ευρώπης χρησιμοποιούνται οι πευκοβελόνες για ειδικές χρήσεις.

Στη δεινδροκηπευτική πρακτική ο όρος κομπόστα (compost) χρησιμοποιείται για διαφορετικές έννοιες όπως π.χ. για α) τα υλικά που έχουν υποστεί βιολογική αποδόμηση πριν αυτά ενσωματωθούν στους λαχανόκηπους, β) την κοπριά και αχυροστρωμένη που χρησιμοποιούνται ως βάση για το υπόστρωμα ανάπτυξης των μανιταριών και γ) τα μείγματα οργανικών και ανόργανων υλικών που χρησιμοποιούνται στα σπορεία και στις κλίνες των μεταφυτευμένων φυτών. Για τις ανάγκες του παρόντος μαθήματος με τον όρο κομπόστα εννοούμε τα μείγματα οργανικών και ανόργανων (πλην εδάφους) υλικών, που χρησιμοποιούνται στη λαχανοκομική πρακτική και ονομάζονται **συνθετικά μείγματα**.

Επειδή στα μείγματα αυτά κυρίαρχο λόγο παίζει η τύρφη, είναι αναγκαίο να δοθούν μερικές πρόσθετες πληροφορίες για το υλικό αυτό. Η **τύρφη** είναι προϊόν της μερικής αποδομής φυτών που αναπτύχθηκαν σε περιοχές με υψηλό βροχομετρικό ύψος, υψηλή ατμοσφαιρική υγρασία και χαμηλές θερμοκρασίες την άνοιξη. Υπό την επίδραση όξινου περιβάλλοντος, συνθηκών πλημμύρας (αναερόβιες συνθήκες) και απουσίας θρεπτικών στοιχείων, οι μικροοργανισμοί, οι οποίοι συνήθως αποδομούν τα φυτά(αερόβιοι μικροοργανισμοί), απουσιάζουν και έτσι μόνο μερική αποδομή των νεκρών φυτικών ιστών λαμβάνει χώρα. Οι διαφορές που παρουσιάζονται ανάμεσα στους ποικίλους τύπους τύρφης οφείλονται κυρίως στις διαφορετικές κλιματικές

συνθήκες και τα διαφορετικά φυτικά είδη από τα οποία σχηματίζεται η τύρφη. Η τύρφη σε ό,τι αφορά την προέλευσή της διακρίνεται: α) στην τύρφη που προέρχεται από την αποδόμηση των βρυόφυτων του γένους *Sphagnum* (*S. papillosum*, *S. imbricatum*, *S. magellanicum*, *S. rubellum*, *S. plumulosum*, *S. fuscum* και *S. acutifolia*) και β) την τύρφη του γένους *Carex* της οικογένειας *Cyperaceae*, του γένους *Phragmites* και του *Calluna vulgaris*. Ο πρώτος τύπος χαρακτηρίζεται από ινώδη και σπογγώδη υφή, υψηλό πορώδες και μεγάλη ικανότητα συγκράτησης του νερού (μέχρι 200 φορές το βάρος της), χαμηλή περιεκτικότητα σε τέφρα, χαμηλό pH και είναι ανοιχτού χρώματος. Η τύρφη του δεύτερου τύπου είναι σκοτεινότερου χρώματος, περισσότερο υγρή, έχει υποστεί μεγαλύτερη αποδόμηση, έχει μεγαλύτερη ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και περιέχει περισσότερα θρεπτικά στοιχεία απ' ό,τι ο πρώτος τύπος. Έχει χαμηλότερη ικανότητα συγκράτησης της υγρασίας απ' ό,τι ο πρώτος τύπος τύρφης από *Sphagnum*. Λόγω της δομής της και της μεγαλύτερης δύναμης συγκόλλησης κάτω από πίεση, ο δεύτερος τύπος τύρφης προτιμάται, όταν πρόκειται για τη μηχανική παρασκευή μικρών κύβων που χρησιμοποιούνται στα σπορεία.

Κατά τους Kinevin και Punstjarvi (1972) η διάκριση των κατηγοριών της τύρφης βασίζεται τόσο στο φυτικό είδος, από το οποίο προέρχεται, όσο και στο βαθμό αποδόμησης της οργανικής ύλης ως εξής:

1. Τύρφη προέλευσης από φυτά του γένους *Sphagnum*
2. Τύρφη προέλευσης από φυτά του γένους *Hyrnum*
3. Τύρφη προέλευσης από φυτά των γενών *Carex*, *Phragmites* και *Calluna*
4. Τύρφη προέλευσης από φυτά δασικών ειδών
5. Μαύρη τύρφη

Πλεονεκτήματα των συνθετικών μειγμάτων

1. Επιτυγχάνεται μεγαλύτερη τυποποίηση των επί μέρους υλικών, καλύτερη ομογενοποίηση του μείγματος και μεγαλύτερη σταθερότητα στην ποιότητα του μείγματος από παρτίδα σε παρτίδα.
2. Δεν απαιτείται αποστείρωση των υλικών (είναι από μόνα τους αποστειρωμένα).
3. Μικρότερο το κόστος παρασκευής τους.
4. Είναι ελαφρού βάρους και συνεπώς εύκολα στους χειρισμούς.
5. Η μικρή έως μηδαμινή περιεκτικότητα των συστατικών υλικών σε θρεπτικά στοιχεία επιτρέπει τον ευκολότερο έλεγχο και ρύθμιση των λιπάνσεων, ώστε να ελέγχεται καλύτερα η ανάπτυξη των φυτών.

Μειονεκτήματα των συνθετικών μειγμάτων

1. Απαιτείται μεγαλύτερη προσοχή στον έλεγχο του αζώτου, του φωσφόρου και των ιχνοστοιχείων όπως π.χ. του βορίου και του χαλκού.
2. Η ανάπτυξη των φυτών πάνω σε τέτοια υποστρώματα εξαρτάται λίγο ως πολύ από συνθήκες υδροπονίας.
3. Έλλειψη της ρυθμιστικής ικανότητας των μειγμάτων επειδή κανένα από τα συστατικά υλικά δεν έχει τις ιδιότητες των κολλοειδών του εδάφους. Έτσι, ακόμα και οι μικρότερες αλλαγές ή παρεκκλίσεις από τις σταθερές και προκαθορισμένες τιμές των διάφορων παραμέτρων έχουν άμεσο αντίκτυπο στη θρέψη και συνεπώς στην ανάπτυξη των φυτών.
4. Η καλύτερη αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων των συνθετικών μειγμάτων απαιτεί καλλιεργητές περισσότερο εκπαιδευμένους και εξειδικευμένους στις ελάχιστες απαιτήσεις των τεχνικών καλλιέργειας πάνω σε τέτοια υποστρώματα.

2.1.3 Κλίμα

Είναι φυτό δροσερών κλιμάτων και ευδοκimei καλύτερα την περίοδο από το φθινόπωρο μέχρι την άνοιξη. Αντέχει σε χαμηλές θερμοκρασίες μέχρι -5°C . Αριστη θερμοκρασία για τη βλάστηση των σπόρων είναι μεταξύ 15° και 20°C .

Τα μαρούλια, και ιδίως τα κεφαλωτά, απαιτούν κατά την περίοδο σχηματισμού της κεφαλής χαμηλές θερμοκρασίες.

Οι κεφαλές γίνονται χαλαρές, όταν βρέχει στην εποχή σχηματισμού τους, ενώ όταν οι θερμοκρασίες είναι υψηλές προκαλούν την επιμήκυνση του στελέχους, οπότε η ποιότητά τους μειώνεται. Με τη βελτίωση βρέθηκαν ποικιλίες, οι οποίες δε σχηματίζουν πρόωρα στελέχη για σποροποίηση.

2.1.4 Ο ρόλος των μακροθρεπτικών στοιχείων

2.2 ΑΖΩΤΟ

Το μεγαλύτερο του N βρίσκεται στο έδαφος σε οργανική μορφή (περίπου το 90-95% του εδαφικού N). Μόνο μικρές ποσότητες βρίσκονται σε ανόργανη μορφή (NO_3^- ή NH_4^+).

Οι διάφορες οργανικές ουσίες (υπολείμματα φυτών, ζώων κ.λ.π), που ενσωματώνονται μέσα στο έδαφος, προσβάλλονται από ετερότροφους μικροοργανισμούς (μύκητες, βακτήρια) και τότε το άζωτο των οργανικών ουσιών μετατρέπεται σε απλές αμμωνιακές ενώσεις.

Η διεργασία αυτή καλείται Αμμωνιοποίηση ή Ανοργανοποίηση του αζώτου και συνήθως ακολουθείται από οξειδώσεις που προκαλούνται από δύο γένη αυτότροφων βακτηρίων. Το γένος *Nitrosomonas* οξειδώνει την αμμωνία σε νιτρώδη και το γένος *Nitrobacter* οξειδώνει τα νιτρώδη σε νιτρικά. Επομένως, σε κανονικές συνθήκες δεν παρατηρείται συσσώρευση αμμωνίας ή νιτρωδών μέσα στο έδαφος, το δε άζωτο παίρνει τελικά νιτρική μορφή.

Η διεργασία αυτή της οξείδωσης του αμμωνιακού αζώτου σε νιτρικό άζωτο καλείται Νιτροποίηση (Nitrification) και είναι εντονότερη στα ακαλλιέργητα απ' ότι στα καλλιεργούμενα εδάφη.

Το νιτρικό άζωτο (NO_3) σε αναερόβιες συνθήκες (υγρό έδαφος), διασπάται σε οξειδία του αζώτου (NO , N_2O) και τελικά σε αέριο άζωτο που διαχέεται κατόπιν στην ατμόσφαιρα. Η παραπάνω αναγωγή των νιτρικών σε αέριο άζωτο καλείται

Απονιτροποίηση (Dinitrification).

Δέσμευση αζώτου

Το εδαφικό άζωτο που χρησιμοποιείται από τα φυτά, προέρχεται είτε από οργανικές ουσίες που ενσωματώνονται στο έδαφος και αποσυνθέτονται, είτε από τη δράση ορισμένων οργανισμών που προσλαμβάνουν ατμοσφαιρικό άζωτο και σχηματίζουν πρωτεΐνες και ίσως άλλες αζωτούχες ουσίες μέσα στο σώμα τους.

Το επίπεδο του ολικού αζώτου στο έδαφος μπορεί να κυμαίνεται από 1% ή περισσότερο, έως 0,1%, ενώ εκείνο του νιτρικού αζώτου βρίσκεται μεταξύ 2 - 20 p.p.m (mg N/1000 g εδάφους). Η ποσότητα αυτή του νιτρικού αζώτου σε συνηθισμένα εδάφη είναι πάντοτε μικρή και αποτελεί το προϊόν της ισορροπίας μεταξύ της ταχύτητας του σχηματισμού των νιτρικών και της απομάκρυνσής τους, επειδή προσλαμβάνονται κυρίως από τα φυτά ή απομακρύνονται με τα νερά της αποστράγγισης.

Η περιεκτικότητα του εδάφους σε νιτρικά παρουσιάζει ένα μέγιστο κατά τις αρχές του καλοκαιριού, κατόπιν ελαττώνεται και εμφανίζει ένα δεύτερο μέγιστο στις αρχές του φθινοπώρου.

Στις Ελληνικές συνθήκες (θερμό και ξηρό κλίμα), η έλλειψη από το έδαφος αρκετού αφομοιώσιμου αζώτου για τις ανάγκες των περισσότερων καλλιεργειών είναι, με μικρό αριθμό εξαιρέσεων, γενική. Επομένως, είναι απαραίτητη η ύπαρξη μιας μεθόδου προσδιορισμού των αφομοιώσιμων μορφών αζώτου, που να προβλέπει, με λογική αξιοπιστία πάντοτε, κατά πόσο μια καλλιέργεια που αναπτύσσεται σε ορισμένο έδαφος, θα αντιδράσει στην αζωτούχο λίπανση.

Η χρησιμοποίηση μεθόδων, όπως του προσδιορισμού του ολικού αζώτου ή των διαλυτών μορφών αζώτου (αμμωνιακών και νιτρικών κυρίως), είναι δυνατό, με ορισμένες προϋποθέσεις, να δώσουν καμιά φορά χρήσιμες ενδείξεις, αλλά η πραγματοποίησή τους δεν είναι γενικά δυνατή στη γεωργική πράξη. Κατά συνέπεια, όσον αφορά στο άζωτο, δεν έχει να περιμένει κανείς τίποτε σχεδόν από την ανάλυση του εδάφους και θα πρέπει να στηριχτεί αλλού για τη λιπαντική τακτική που θ' ακολουθήσει για το στοιχείο αυτό.

2.2. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

2.2.1 Επίδραση του αζώτου στην ανάπτυξη των φυτών

2.2.2 Η σημασία του N για το φυτό:

Στη μελέτη της διατροφής των φυτών και ειδικά της ανάπτυξης αυτών, πιθανώς κανένα άλλο θρεπτικό στοιχείο δεν επισύρει τόσο την προσοχή, όσο το άζωτο. Το N είναι ένα από τα απαραίτητα στοιχεία για τη θρέψη του φυτού και αυτό καταφαίνεται από το γεγονός ότι είναι βασικό συστατικό πολλών οργανικών ενώσεων του κυττάρου, μεταξύ των οποίων οι πρωτεΐνες, που αποτελούντο κύριο μέρος του πρωτοπλάσματος και τα νουκλεϊκά οξέα, που περιέχουν την

κωδικοποιημένη γενετική πληροφορία.

Οι δύο αυτές μεγάλης σημασίας αζωτούχες ουσίες (πρωτεΐνες και νουκλεϊκά 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 τέλος . βρίσκεται σε όλα τα αμινοξέα και τα ένζυμα.

Συγκεκριμένα, οι πρωτεΐνες οι οποίες έχουν μέγιστη σημασία σε πολλά φυτικά όργανα όπως στους σπόρους, είναι ως γνωστόν, αζωτούχες ενώσεις. Ομοίως και η χλωροφύλλη περιέχει το στοιχείο αυτό ενώ σε περιπτώσεις ανεπάρκειας αζώτου, τα φύλλα περιέχουν σχετικά λίγη χλωροφύλλη και συνεπώς αποκτούν χρώμα ωχρό-υποπράσινο.

Η επίδραση του στοιχείου αυτού στην ανάπτυξη των φυτών είναι πρωταρχική, ευλόγως δε χαρακτηρίζεται ότι αποτελεί τη σκελετώδη βάση της λιπάνσεως. 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 φυτό είναι το χημικό εργαστήριο εντός του οποίου, από ανόργανες ενώσεις του N (NO_3^- , NH_4^+ , N_2) παράγονται οργανικές με μεγάλη βιολογική σημασία, γιατί η διατροφή των ζώων εξαρτάται από οργανικές πηγές αζώτου που παρασκευάζονται από τα φυτά και τους μικροοργανισμούς.

Η εξέχουσα σπουδαιότητα του αζώτου μεταξύ των θρεπτικών στοιχείων των φυτών καταφαίνεται επίσης εκ του ότι οι ενώσεις του περιλαμβάνουν τα 40-50% της ξηράς ουσίας του πρωτοπλάσματος, της ζώσης δηλ. ουσίας των φυτικών κυττάρων ενώ η ξηρά ουσία των φυτών περιέχει περίπου 2-4% N, ποσοστό μικρό συγκρινόμενο με το ποσοστό του άνθρακα το οποίο φτάνει μέχρι και 40%. Είναι όμως αναντικατάστατο συστατικό πολλών οργανικών ενώσεων μεγάλης σημασίας, όπως αμινοξέων πρωτεϊνών και νουκλεοξέων και αυτό φαίνεται από το γεγονός ότι σε συνθήκες έλλειψης επαρκούς αζώτου δε λαμβάνει χώρα ικανοποιητική ανάπτυξη των φυτών.

Χαρακτηριστικό γνώρισμα της έλλειψης αζώτου στο έδαφος είναι η καθυστερημένη βλάστηση των φυτών, κιτρινοπράσινο και ενίοτε ερυθροπράσινο χρώμα φυλλώματος και μειωμένη απόδοση.

Στα ανώτερα φυτά λαμβάνει χώρα η μετατροπή του ανόργανου N σε οργανικό και οι σημαντικότερες ανόργανες πηγές στη διεργασία αυτή είναι η νιτρική και η αμμωνιακή μορφή.

Εκτός του αμμωνιακού και του νιτρικού αζώτου το φυτό δύναται να προσλάβει και Ν υπό μορφή αμινών και αμιδών όπως αυτό αποδείχτηκε από πειράματα σε υδατοκαλλιέργειες. Οι αμίνες και τα αμιδία δύνανται να προσληφθούν απ' ευθείας υπό των ριζών του φυτού, χωρίς να διασπασθούν και να χρησιμοποιηθούν υπό αυτή τη μορφή προς σύνθεση λευκωμάτων.

Επί του αγρού όμως οι μορφές αυτές του Ν, λόγω της μικροβιακής δράσεως μετατρέπονται σε αμμωνιακό και νιτρικό άζωτο και υπό τις μορφές αυτές χρησιμοποιούνται από τα φυτά. Τα λευκώματα δεν δύνανται να προσληφθούν απ' ευθείας από τις ρίζες του φυτού. Αυτά διασπώνται στο έδαφος και μετασχηματίζονται σε αμμωνιακά και νιτρικά άλατα και τότε χρησιμοποιούνται από τα φυτά, για τη διατροφή αυτών.

Επίσης το άζωτο της οργανικής ουσίας του εδάφους, ήτοι του χούμου, δε δύναται να χρησιμοποιηθεί από το φυτό υπό μορφή των πολύπλοκων ενώσεων που βρίσκονται σε αυτή. Με τη βοήθεια των μικροβίων του εδάφους, μετατρέπεται σε αμμωνιακό και νιτρικό και εν συνεχεία χρησιμοποιείται από το φυτό.

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 (όπως θα αναλυθεί σε επόμενη ενότητα πιο εκτενώς) 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, αυξανόμενη της σχέσης του άνθρακα προς το άζωτο. Στα φύλλα η αναλογία του αζώτου μειώνεται ταχέως από την αρχή της άνθησης.

Συνοπτικά λοιπόν, η γεωργική σπουδαιότητα του αζώτου καταφαίνεται από τα κάτωθι γεγονότα:

❖ Το άζωτο είναι το κατ' εξοχήν στοιχείο για τη ζωή και την ανάπτυξη των φυτών καθώς συμμετέχει στη σύσταση του κυτταρικού πρωτοπλάσματος και της πρωτεΐνης και συναντάται περισσότερο στα αυξανόμενα μέρη των φυτών και τελικά στους σπόρους, αποτελεί δε το σκελετό της λιπάνσεως.

❖ Οι ενώσεις του αζώτου είναι μεγάλης αξίας για τη γεωργία και την βιομηχανία.

❖ Οι ποσότητες του, οι συνήθως αφομοιώσιμες από τη φύση για άμεση χρήση είναι μικρές.

❖ Από όλες τις μορφές των λιπασμάτων τα αζωτούχα λιπάσματα είναι τα ακριβότερα.

❖ Όταν χρησιμοποιείται καλώς, δείχνει ταχύτερα από κάθε άλλο στοιχείο

τα ευεργετικά του αποτελέσματα επί της αυξήσεως των φυτών.

2.2.3 Η επίδραση του αζώτου στα φυτά

Στην ανάπτυξη του φυλλώματος.

Περίσσεια αζώτου προκαλεί υπερβολική ανάπτυξη βλαστήσεως και φυλλώματος, η οποία είναι υψίστης σημασίας καθ' όσον τα πράσινα μέρη του φυτού είναι το εργαστήριο αφομοιώσεως των τροφών του. Για κηπευτικά φυτά, ειδικά καλλιεργούμενα για το φύλλωμα και το στέλεχος τους όπως τα σέλινα, μαρούλια, κουνουπίδια η αζωτούχος λίπανση είναι πρωταρχική, ανεπάρκεια δε αζώτου συνεπάγεται μικρή ανάπτυξη της βλάστησης τους. Στη 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.

Στην ανθοφορία.

Η ανάπτυξη των ανθέων επιβραδύνεται από τη χρήση άφθονης αζωτούχου τροφής. 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 εξ ολοκλήρου 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, ανανεούμενης της δημιουργίας βλαστήσεως και φυλλώματος. Υπό αυτές τις συνθήκες θα παράγονταν άνθη κατά κάποιο τρόπο άγονα με αποτέλεσμα την ελαττωματική καρποφορία.

Στην επιβράδυνση της ωρίμανσης.

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

Στο χρώμα των φυτών.

Η παρουσία άφθονου αζώτου στα φυτά συνοδεύεται από βαθυπράσινο φύλλωμα, δηλωτικό δραστηριότητας της χλωροφύλλης και υγείας των φυτών. Το άζωτο είναι το κύριο συστατικό της χλωροφύλλης, το πρωτόπλασμα δε και η χλωροφύλλη έχουν συνυφασμένη δράση, από την οποία παράγονται από τα θρεπτικά στοιχεία οι οργανικές ενώσεις στα φυτά.

Στην ρύθμιση της γενικής ανάπτυξης των φυτών.

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 από αυτό τα οποία δύναται να χρησιμοποιήσει το φυτό. Παραδείγματος χάρη, ασχέτως από μεγάλες ποσότητες φωσφόρου και καλίου στο έδαφος, 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. Αυτή η επίδραση του αζώτου αποδεικνύει επιπλέον τη σπουδαία σημασία των αζωτούχων λιπασμάτων.

Στην ποιότητα των προϊόντων.

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. Μερικά φρούτα και λαχανικά δείχνουν μικρότερη αντοχή στις μεταφορές, όταν αναπτύσσονται με υπερβολική ποσότητα αζώτου.

Στην αντοχή των φυτών στις ασθένειες.

Υπερβολικό άζωτο μειώνει την αντοχή των φυτών στις μυκητολογικές προσβολές και ειδικότερα 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 του δεν επιτρέπει την ωρίμανση της βλαστήσεως του έτους, διατρέχοντας κινδύνους από το ψύχος (ατελής ξυλοποίηση).

Τέλος, να σημειωθεί ότι φυτά περισσότερα ευνοούμενα και συνεπώς ευαίσθητα από την αζωτούχα λίπανση, εξαιτίας των ανωτέρω επιδράσεων του αζώτου, είναι τα φθινοπωρινά σιτηρά και τα οπωροφόρα δένδρα. Στο αυξανόμενο φυτό, το άζωτο συναντάται σε μεγαλύτερη αναλογία στα φύλλα και τελικά στους σπόρους. Βρίσκεται σαν ζών συστατικό του πρωτοπλάσματος και ως εφεδρική τροφή στα κύτταρα.

2.2.4. Απορρόφηση του αζώτου

α) Αναγωγή των νιτρικών-Δράση της νιτρικής ρεδοκτάσης.

Το άζωτο είναι από τα πιο διαδεδομένα στοιχεία στη φύση αφού αποτελεί το 78% του ατμοσφαιρικού αέρα. Αν και πιστεύεται γενικά ότι η μεγαλύτερη πηγή αζώτου είναι η ατμόσφαιρα εντούτοις τα μεγαλύτερα ποσά είναι δεσμευμένα στο στερεό φλοιό της γης και τα ιζήματα.

Παρά τις μεγάλες ποσότητες αζώτου στο έδαφος ελάχιστα ποσά απελευθερώνονται και από αυτά πάλι πολύ μικρά ποσά είναι διαθέσιμα στα φυτά

Κύριες πηγές αζώτου για τα φυτά είναι οι νιτρικές ενώσεις NaNO_3 , KNO_3 , NHNO_3 και $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ καθώς και μερικά αμμωνιακά άλατα. Και στις δύο περιπτώσεις τα άλατα αυτά για να μεταβολισθούν πρέπει να αναχθούν σε NH_3 .

2.2.5 Συγκριτική χρησιμοποίηση νιτρικού και αμμωνιακού αζώτου από το φυτό.

Για την ερμηνεία του φαινομένου υποτίθεται ότι η χαμηλή θερμοκρασία επιφέρει φυσικές μεταβολές στη κυτταρική μεμβράνη που ευνοούν την απορρόφηση των ιόντων του NH_4 . Υπάρχουν όμως ενδείξεις ότι η μορφή που απορροφάται είναι NH_3 και όχι NH_4^+ . Επειδή δε το μόριο της NH_3 είναι ουδέτερο διαπερνά εύκολα τη κυτταρική μεμβράνη.

Αμμωνιακό N σε διάλυμα μπορεί να καταστεί τοξικό πάνω από ορισμένη συγκέντρωση. Η τοξικότητα προκαλείται από την έκλυση NH_3 η οποία ευνοείται από υψηλό pH και επηρεάζει το μεταβολισμό του φυτού. Επηρεάζει την ανάπτυξη των ριζών σε συγκεντρώσεις ακόμα και 2 mM, ενώ το φύτεμα των σπόρων εμποδίζεται και σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις NH_3 [Barker et al., 1970].

Ο μηχανισμός της τοξικότητας της αμμωνίας δεν είναι γνωστός. Υποθέσεις αφορούν στην αρνητική της επίδραση σε μεταβολικές διαδικασίες όπως τη φοσφορυλίωση στη θυλακοειδή μεμβράνη των χλωροπλαστών και την αναπνοή

Πολλά είδη φυτών αναπτύσσονται κανονικά σε υψηλές συγκεντρώσεις $\text{NH}_4\text{-N}$ όταν το pH είναι όξινο ή ουδέτερο, γιατί η συγκέντρωση των H^+ μειώνει τη συγκέντρωση της NH_3 στο εδαφικό διάλυμα. Ψηλότερος ρυθμός απορροφήσεως του N

παρατηρήθηκε όταν το θρεπτικό διάλυμα περιείχε και τις δύο μορφές αζώτου $\text{NH}_4\text{-N}$ και $\text{NO}_3\text{-N}$. Επίσης οι Brouineau and Blanc (1961) διαπίστωσαν αύξηση στο ρυθμό αναπτύξεως των φυτών όταν μαζί με το $\text{NO}_3\text{-N}$ προσέθεσαν και $\text{NH}_4\text{-N}$

Η ευνοϊκή επίδραση του $\text{NH}_4\text{-N}$ σε συνδυασμό με $\text{NO}_3\text{-N}$ είναι ακόμα θέμα μελέτης. Πάντως επειδή η αναγωγή των NO_3^- σε NH_3 στο φυτό απαιτεί ενέργεια, μπορούμε να υποθέσουμε ότι παρέχοντας $\text{NH}_4\text{-N}$ εξοικονομείται ενέργεια η οποία διοχετεύεται σε άλλες μεταβολικές διεργασίες στις οποίες περιλαμβάνονται η απορρόφηση και η αύξηση. Η επίδραση των δύο αυτών ιόντων, επηρεάζεται από τις διαλύσεις του Ca, Mg και K.

Άλλοτε η γεωργική αξία του αμμωνιακού αζώτου σε σχέση προς το νιτρικό άζωτο ήταν 90% δηλαδή 100 K gr αμμωνιακού αζώτου ανταποκρίνονται σε αποτελέσματα 90 K gr νιτρικού αζώτου.

Σήμερα η αντίληψη αυτή θεωρείται εσφαλμένη, γιατί κάθε μορφή έχει τις ιδιαίτερες ιδιότητες της και δίνει διάφορα αποτελέσματα, αναλόγως της φύσης και της αντίδρασης του εδάφους, του καλλιεργούμενου φυτού και των μετεωρολογικών συνθηκών.

Γενικά υπό συνθήκες έντονης νιτροποίησης οι δύο μορφές του αζώτου δίνουν σχεδόν τα ίδια αποτελέσματα. Σε εδάφη αλκαλικά ή σχεδόν ουδέτερα η επίδραση της αμμωνιακής μορφής είναι ικανοποιητική και στα όξινα της νιτρικής μορφής. Στην πράξη ενδείκνυται η συνδυασμένη χρήση τους.

Τέλος, η ουρία μετατρέπεται σε αμμωνιακό άζωτο υπό την επίδραση της ουρεάσης. Η παροχή της όμως συνεπάγεται μικρότερη απορρόφηση N αλλά και διαταραχή του μεταβολισμού των πρωτεϊνών και συσσώρευση της ασπαραγίνης [Kirkby and Mengel, 1970].

2.2.6 Μεταφορά του αζώτου

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

Το $\text{NH}_4\text{-N}$ αφομοιώνεται στους ιστούς της ρίζας και μεταφέρεται στο φυτό με τη μορφή αμινοξέων. Το $\text{NO}_3\text{-N}$ 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 στον ξυλώδη χυμό 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

αφομοιούμενο 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 N₂.

Στο χυμό του ηθμού δεν υπάρχουν νιτρικά ανεξάρτητα της μορφής N-χου θρέψεως 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 γηραιά φύλλα και μεταφέρεται στα νεαρά όργανα του φυτού.

Για το λόγο αυτό φυτά που υποφέρουν από έλλειψη N εμφανίζουν συμπτώματα πρώτα στα γηραιά φύλλα.

Στα φύλλα αυτά οι πρωτεΐνες έχουν υδρολυθεί και τα αμινοξέα που παρήχθησαν έχουν ανακαταταμηθεί στις αυξανόμενες κορυφές και τα νεαρά φύλλα. Η πρωτεόλυση προκαλεί συρρίκνωση των χλωροπλαστών και συνεπώς μείωση του ποσού της χλωροφύλλης. Έτσι η χλώρωση των γηραιών φύλλων είναι το πρώτο σύμπτωμα της ανεπαρκούς N-χου θρέψεως.

2.2.7 Κλάσματα του αζώτου στο φυτό

Σε αντίθεση με τους ζωικούς οργανισμούς, τα ανώτερα φυτά δεν διαθέτουν εκκριτικούς μηχανισμούς που αποβάλλουν τις πλεονάζουσες ποσότητες αζώτου με τη μορφή οργανικών ενώσεων (π.χ. ουρία). Κατά συνέπεια, τα φυτά πρέπει να αποταμιεύουν το άζωτο σε μη τοξική μορφή, ώστε να ξαναχρησιμοποιείται σε περιπτώσεις άμεσης ανάγκης.

Η ανακύκλωση του αζώτου στα φυτά χαρακτηρίζεται από τρία βασικά στάδια:

- 1) Μετατροπή του ανόργανου N σε οργανικές ενώσεις N μικρού μοριακού βάρους (αμινοξέα, αμίδια, αμίνες, πεπτίδια).
- 2) Σύνθεση N-χων ενώσεων μεγάλου μοριακού βάρους, στις οποίες περιλαμβάνονται πρωτεΐνες και νουκλεοξέα.
- 3) Αποδόμηση των N-χων μακρομορίων από υδρολυτικά ένζυμα.

Όλα τα παραπάνω κλάσματα επηρεάζονται από τη θρέψη του φυτού και ιδίως από την Ν-ούχο. Αυξάνοντας τα επίπεδα της Ν-χου θρέψεως αυξάνονται και τα τρία κλάσματα, αλλά το καθένα σε διαφορετικό βαθμό. Τα ποσά των διαλυτών αμινοενώσεων (ελεύθερα αμινοξέα, αμίνες, αμίδια) αυξάνονται σημαντικά, ενώ οι πρωτεΐνες αυξάνονται λιγότερο με υψηλές προσθήκες αζωτούχων λιπασμάτων είτε αν το Ν προστεθεί στο έδαφος υπό νιτρική είτε υπό αμμωνιακή μορφή [Mengel and Helal, 1970].

Το γλουταμινικό και η γλουταμίνη είναι τα δύο πρώτα αμινοξέα που συντίθεται με τις διεργασίες αφομοίωσης της αμμωνίας. Το γλουταμινικό και το ασπαραγινικό καθώς και τα αμίδια τους συσσωρεύονται όταν προστίθενται μεγάλα ποσά λιπασματικού αζώτου στο έδαφος.

Υπό τις συνθήκες αυτές το ανόργανο άζωτο αφομοιώνεται με μεγαλύτερο ρυθμό από ότι χρησιμοποιούνται τα παραγόμενα αμινοξέα στη σύνθεση πρωτεϊνών. Έλλειψη βαρέων μετάλλων ή συνθήκες αλατότητας [Pluenncke and Joham, 1972] προκαλούν επίσης συσσώρευση διαλυτών αμινοενώσεων στους ιστούς του φυτού. Τέλος, φυτά που υποφέρουν από έλλειψη Κ εμφανίζουν συχνά αυξημένα ποσά διαλυτών αμινοξέων. Η αύξηση αυτή υπό συνθήκες ελλείψεως Κ, κατά τους Koch and Menge (1974) είναι αποτέλεσμα της μείωσης του ρυθμού αναπτύξεως.

Στα πράσινα φυτά το πρωτεϊνικό Ν είναι το μεγαλύτερο και μπορεί να φτάσει στα 80-85% του ολικού Ν στο φυτό. Στα νουκλεοξέα είναι περίπου 10% και το διαλυτό αμινο-Ν περίπου 5% του ολικού. Στα βλαστικά όργανα του φυτού οι πρωτεΐνες είναι κυρίως ενζυμικές ενώ στους σπόρους και τους καρπούς το μεγαλύτερο κλάσμα είναι αποθηκευτικές πρωτεΐνες. Ένα άλλο κλάσμα πρωτεϊνών είναι οι δομικές που απαντούν κυρίως στις βιολογικές μεμβράνες. Το άζωτο είναι επίσης βασικό συστατικό διαφόρων συνενζύμων.

2.3 Σχέση χορηγούμενου αζώτου και φυτικής αύξησης

Από πειράματα, διαπιστώθηκε ότι από όλα τα θρεπτικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται ως βελτιωτικά των εδαφών το άζωτο προκαλεί τις πιο εντυπωσιακές μεταβολές στη παραγωγικότητα. Η διαπίστωση αυτή ισχύει για τη πλειονότητα των καλλιεργούμενων ειδών.

Παρόλο που η παραγωγικότητα επηρεάζεται από την απουσία αζωτούχων θρεπτικών ουσιών, η αιτία αυτή δε πρέπει να θεωρείται η μοναδική καθώς η σύσταση του εδάφους, οι συνθήκες του περιβάλλοντος και τα είδη που καλλιεργούνται αποτελούν επίσης καθοριστικούς παράγοντες.

Οι απαιτήσεις των φυτών σε άζωτο ποικίλουν μεταξύ 2 και 5% του ξηρού βάρους των φυτών. Όταν η παροχή αζώτου είναι μικρότερη του αρίστου, η αύξηση επιβραδύνεται, ενώ παράλληλα αρχίζουν να εκδηλώνονται πρόωρα συμπτώματα γήρανσης των ηλικιωμένων φύλλων. Αύξηση στη χορηγούμενη ποσότητα αζώτου έχει ως αποτέλεσμα την επιβράδυνση του γήρατος και προώθηση της αύξησης του φυτού, πέραν τούτου προκαλούνται μεταβολές στη μορφολογία του φυτού. Οι μορφολογικές αυτές μεταβολές γίνονται πιο εμφανείς αν η χορήγηση του αζώτου είναι ψηλή κατά τη διάρκεια των αρχικών σταδίων αύξησης.

Παρατηρούνται τότε, ταχεία επιμήκυνση του βλαστού, αναστολή της αύξησης της ρίζας που αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για τη πρόσληψη των θρεπτικών ουσιών και του νερού. Το μήκος, το πλάτος και η επιφάνεια του ελάσματος του φύλλου αυξάνει, ενώ το πάχος ελαττώνεται καθώς η χορηγούμενη ποσότητα αυξάνει.

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

2.3.1 Τα νιτρικά στα τρόφιμα-Νιτρικά και υγεία.

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

Τα προβλήματα που δημιουργούνται έχουν ως εξής:

α. Κατά την εισαγωγή των νιτρικών στο αίμα ο Fe^{++} της αιμογλοβίνης μπορεί να οξειδωθεί σε Fe^{+++} δημιουργώντας μεθαιμογλοβίνη η οποία δεν μπορεί να μεταφέρει το οξυγόνο. Έτσι όταν το ποσοστό της μεθαιμογλοβίνης φθάσει το 15% της αιμογλοβίνης έχουμε την κυάνωση (μεθαιμογλοβιναιμία). Όταν το ποσοστό ανέλθει στο 70% τότε επέρχεται ο θάνατος.

β. Τα νιτρικά ιόντα ανάγονται από βακτήρια στο στομάχι σε νιτρώδη. Εκτός ότι αποτρέπουν το οξυγόνο από το να φτάσει στους ιστούς, τα νιτρώδη με την ταυτόχρονη παρουσία δευτεροταγών αμινών μπορεί να σχηματίσουν νιτροζαμίνες οι οποίες είναι καρκινογόνες. Πολλές επιδημιολογικές έρευνες προσπάθησαν να συνδέσουν τα νιτρικά με τον καρκίνο (κυρίως του στομάχου). Αυτό όμως, δεν έγινε κατορθωτό διότι παρεμβάλλεται μεγάλος αριθμός άλλων παραγόντων, πέρα από την έκθεση στα νιτρικά.

γ. Η συσσώρευση νιτρωδών και νιτρικών σε ζώα οδηγεί στην έλλειψη βιταμίνης Α ενώ μπορεί να προκαλέσει στον άνθρωπο βλάβη στον θυρεοειδή.

-Οι σημαντικότερες πηγές νιτρικών και νιτρωδών είναι τα φάρμακα, το νερό, τα λαχανικά, τα συντηρημένα κρέατα και ψάρια. Τα λαχανικά αποτελούν την κύρια πηγή έκθεσης του ανθρώπου στα νιτρικά, ενώ ακολουθεί η κατανάλωση νερού. Στις Η.Π.Α στο πόσιμο νερό επιτρέπεται σαν μεγαλύτερη συγκέντρωση τα 10 ppm. Σε πολλά λαχανικά όπως σπανάκι, παντζάρια, ραδίκι, σέλινο, μαϊντανό, μαρούλι, λάχανο και καρότα, έχει βρεθεί να περιέχουν νιτρικά σε υψηλές συγκεντρώσεις.

-Έρευνες σε φρούτα και λαχανικά έδειξαν συγκεντρώσεις νιτρικών από 200 έως 2.500 ppm. Τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις παρουσιάζουν λαχανικά όπως σπανάκια, μαρούλια και ραπανάκια ιδιαίτερα όταν αυτά καλλιεργούνται σε θερμοκήπια. Τα σπανάκια είναι τα λαχανικά με την υψηλότερη συγκέντρωση νιτρικών μεταξύ αυτών, η οποία εντοπίζεται κυρίως στους μίσχους, έτσι ώστε μερική ή ολική απομάκρυνση των μίσχων ελαττώνει σημαντικά την εισαγωγή νιτρικών.

-Χρήση οργανικών ή αμμωνιακών λιπασμάτων ευνοούν την συσσώρευση νιτρικών, έτσι η χρήση επιβραδυντικών της νιτροποίησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μειωμένη συσσώρευση των νιτρικών στα λαχανικά.

-Η εμπειρία όμως δείχνει ότι η ορθολογιστική χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα. Έτσι λοιπόν, ανάλογα με το pH, την εποχή καλλιέργειας και το προς καλλιέργεια είδος, θα προσθέσουμε την ενδεδειγμένη μορφή αζώτου στην κατάλληλη εποχή με την κατάλληλη ποσότητα. Υπερκατανάλωση αζωτούχων οδηγεί στην αυξημένη εισαγωγή των νιτρικών και νιτρωδών στο περιβάλλον και την τροφική αλυσίδα με αποτελέσματα τα προαναφερθέντα προβλήματα.

-Σύμφωνα με τον Σιμόνη (1991), γενικά η συγκέντρωση νιτρικών είναι μεγαλύτερη στους βλαστούς και τα φύλλα -ιδιαίτερα στους μίσχους και τις νευρώσεις- παρά στους καρπούς, έτσι έχουμε μεγαλύτερη συσσώρευση στα φυλλώδη λαχανικά παρά στα αγγούρια και τις τομάτες όπου το προϊόν είναι ο καρπός.

-Η Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων με οδηγία η οποία εκδόθηκε το 1991 έθεσε ανώτατο επιτρεπτό όριο συγκέντρωσης νιτρικών στο πόσιμο νερό τα 50 mg/l (ppm).

Προέλευση: Το άζωτο είναι απαραίτητο για την σύνθεση πολύπλοκων μορίων στα ζώα_όπως πρωτεΐνες, DNA, RNA, ορμόνες και ένζυμα. Τα ζώα δεν μπορούν να αξιοποιήσουν το άζωτο στις απλούστερες μορφές τους, όπως τα νιτρικά, αλλά το προσλαμβάνουν μέσω αμινοξέων και νουκλεϊνικών οξέων από τα φυτά που είναι η κύρια πηγή πρόσληψης των πολύπλοκων αυτών μορίων. Η σύνθεση τους στα φυτά γίνεται με την αξιοποίηση κυρίως των νιτρικών, νιτροδών και αμμωνιακών ιόντων.

Η εντατικοποίηση της αγροτικής παραγωγής οδήγησε στην χρήση, μετά το 1950, τεράστιων ποσοτήτων λιπασμάτων που περιείχαν άζωτο με την μορφή των νιτρικών ιόντων. Τα φυτά δεν αξιοποιούν το σύνολο του προστιθέμενου αζώτου και σε συνδυασμό με την μεγάλη διαλυτότητα των νιτρικών στο νερό αυτά παρασύρονται προς τα υπόγεια νερά, που αποτελούν την κύρια πηγή πόσιμου νερού.

2.4 Τα νιτρικά στην τροφή.

Τα νιτρικά περιέχονται σε πολλές τροφές είτε σαν φυσικά συστατικά είτε σαν προσθετικά. Αυτό συμβαίνει, φυσικά ή ενδέχεται να συμβεί ως αποτέλεσμα της χρήσης λιπασμάτων στις καλλιέργειες ή από τη χρήση τους ως συντηρητικών. Οι κύριες πηγές νιτρικών είναι τα λαχανικά και το νερό [Loggers, 1979, Tremp, 1981, Walker, 1975, White, 1975].

Η φυσική παρουσία των νιτρικών στα φυτά είναι συνέπεια του κύκλου του αζώτου (όπως παρατίθεται σε προηγούμενο κεφάλαιο).

Στην Ολλανδία, η μέση ημερήσια κατανάλωση νιτρικών που εκτιμήθηκε έπειτα από έρευνες είναι περίπου 160 mg NO₃, εκ των οποίων το 75% προέρχεται από τα λαχανικά και λιγότερο από 10% από ροφήματα και νερό. Η ημερήσια πρόσληψη νιτρικών εξαρτάται από το ποσό και τη περιεκτικότητα των λαχανικών σε νιτρικά [Loggers, 1979].

Το περιεχόμενο των νιτρικών των τροφών παρουσιάζει έντονο ενδιαφέρον για πολλά χρόνια, εξαιτίας των πιθανών επιπτώσεων στην υγεία. Ωστόσο, η χημεία του μεταβολισμού των νιτρικών είναι σύνθετη και υπάρχει ένας αριθμός από δυνητικές επιζήμιες αλλά και ευεργετικές επιπτώσεις στην υγεία.

Ένα παράδειγμα μιας πιθανής βλαβερής επίπτωσης είναι ο μεταβολισμός των νιτρικών που προσλαμβάνονται από το έντερο σε καρκινογόνα παράγωγα όπως τα νιτρώδη.

Κατ' αντιστοιχία οι όξινες συνθήκες στο στομάχι προκαλούν το σχηματισμό νιτρικού οξέος που έχει πρόσφατα συνδεθεί για το ρόλο του στην άμυνα του οργανισμού κατά παθογενών βακτηρίων.

Παρόλο ότι η τοξικότητα των νιτρικών είναι σχετικά χαμηλή, η παρουσία τους στις τροφές πρέπει να θεωρηθεί επικίνδυνη λόγω πιθανής αναγωγής τους σε νιτρώδη πριν την κατανάλωση ή ακόμα και στο γαστρεντερικό περιβάλλον.

Άμεση πρόσληψη νιτρωδών μπορεί να προέρχεται από συντηρητικά νιτρικών ή νιτρωδών στο παστό κρέας λόγω των βακτηριοστατικών τους ιδιοτήτων (καθώς αποτρέπουν την βοτυλίαση ή αλαντίαση, δηλητηρίαση από βακτήρια που οφείλεται σε κακώς συντηρούμενες τροφές), τα ψάρια και το τυρί ή από βακτηριακή ή ενζυμική μείωση των νιτρικών στα λαχανικά για παράδειγμα εξαιτίας ακατάλληλης επεξεργασίας ή αποθήκευσης (Tannenbaum, 1979]. Νιτρικά επίσης, βρίσκονται στο πόσιμο νερό εξαιτίας της φυσικής τους παρουσίας αλλά και της μόλυνσης των αποθεμάτων ύδατος συνήθως από γεωργικές πηγές (λιπάσματα και κοπριά) και δημοτικά απόβλητα.

Τα νιτρικά εκτός των άλλων χρησιμοποιούνται και για την ιδιότητα που έχουν να σχηματίζουν κόκκινο χρώμα.

Επομένως οι τρεις βασικές πηγές νιτρικών αλάτων στην ευρωπαϊκή διατροφή είναι τα λαχανικά, το νερό και το παστό κρέας με τα λαχανικά να παρέχουν γενικά, περισσότερο από το 80% της συνολικής ποσότητας από κατανάλωση τροφών που περιέχουν νιτρικά.

2.4.1 Διάκριση των νιτρικών, σπουδαιότητα και επιτρεπόμενα όρια

Είναι γενικά αποδεκτό ότι τα νιτρικά απορροφώνται ταχέως μόλις φθάνουν στο έντερο. Μόλις απορροφηθούν, τα νιτρικά υποβάλλονται σε μια μεταβολική διαδικασία. Το ζήτημα των νιτρικών αλάτων στα τρόφιμα σχετίζεται με αυτή την απορρόφηση και την αντίδραση του οργανισμού ως αποτέλεσμα αυτής με πιθανές επιπτώσεις στην υγεία.

Όπως προαναφέρθηκε, είναι δυνατό να δημιουργηθεί μια υπερβολή της μεθαιμογλοβίνης που οδηγεί σε τοξικότητα και επίσης μπορεί να προκαλέσει τον ενδογενή σχηματισμό καρκινογόνων παραγόντων.

Όμως, θα πρέπει να γίνει μια διάκριση μεταξύ των νιτρικών αλάτων παρόντων ως πρόσθετες ουσίες και αυτών που αποτελούν φυσικά συστατικά στα διάφορα τρόφιμα.

Τα νιτρικά σαν συντηρητικά, όπως ήδη ανεφέρθη, χρησιμοποιούνται ευρέως στην παραγωγή του παστού κρέατος, την επέκταση του χρόνου συντήρησης των ψαριών καθώς και στη παραγωγή τυριού.

Τα νιτρικά που υπάρχουν φυσικώς σαν συστατικά των τροφών κι όχι ως πρόσθετα μπορούν να βρεθούν στα φρέσκα προϊόντα κρέατος, το γάλα και τα προϊόντα γάλακτος, το σιτάρι, τα φρούτα, τα οινοπνευματώδη ποτά και τα λαχανικά συμπεριλαμβανομένων των πατατών.

Για τα περισσότερα από αυτά μόνο χαμηλές συγκεντρώσεις βρίσκονται με εξαίρεση μερικούς τύπους λαχανικών. Επισταμένες έρευνες στο παρελθόν έχουν κάνει σαφές ότι η έκθεση στα νιτρικά άλατα είναι κυρίως πρόβλημα κατανάλωσης λαχανικών και ειδικότερα του τύπου του λαχανικού που καταναλώνεται.

Τα νιτρικά και επίσης τα νιτρώδη άλατα είναι καταχωρημένα στην επίσημη λίστα των αποδεκτών συντηρητικών στην οδηγία 95/2/Ε.Κ του συμβουλίου της Ε.Ε. για τις πρόσθετες ουσίες τροφίμων εκτός από τα χρώματα και τις γλυκαντικές ουσίες.

Τα όρια συγκέντρωσης για τα νιτρικά υπολογισμένα ως νιτρικό άλας καλίου, κυμαίνονται από 50 mg/kg για το τυρί σε 250 mg/kg για τα νιτρικά άλατα προϊόντων κρέατος.

Είναι δύσκολο να εκτιμηθεί μια μέση διατροφική ανάγκη σ' ό,τι αφορά τη πρόσληψη νιτρικών γιατί εξαρτάται από τις ατομικές μεταβολικές ανάγκες και από τη συγκέντρωση των νιτρικών στο νερό που επίσης παραλλάσσει ανάλογα με τη περιοχή και την εποχή.

Η εκτιμώμενη συνολική πρόσληψη νιτρικών από τις τροφές ποικίλει από 50 έως 150 mg/άτομο/ημέρα.

Οι χορτοφάγοι έχουν μια μάλλον υψηλότερη προσληψιμότητα νιτρικών που φτάνει περίπου τα 200 mg/άτομο/ημέρα, εντούτοις αυτή η εκτίμηση μπορεί να ποικίλει ανάλογα με τα λαχανικά που καταναλώνονται.

2.4.2 Επιτρεπόμενη Ημερήσια Δόση (Ε.Η.Δ.)

Η αποδεκτή ημερήσια δόση είναι μια μέγιστη συστημένη ποσότητα μιας ουσίας που δύναται να ληφθεί ανά ημέρα.

Καθορίζεται βάσει ενός μη παρατηρηθέντος δυσμενούς επιπέδου επίδρασης που συμπεραίνεται από τις τοξικολογικές δοκιμές για τις πρόσθετες ουσίες ή άλλες ουσίες που μπορούν να θέσουν την υγεία σε κίνδυνο. Μια Ε.Η.Δ από 0-3,7 mg ανά κίλο σωματικού βάρους, που εκφράζεται σε νιτρικά ιόντα έχει συστηθεί από την επιτροπή FAO/WHO της Ε.Ε. Ωστόσο, για το καθορισμό της Ε.Η.Δ για τα νιτρικά η κοινότητα ήταν ενήμερη ότι τα λαχανικά είναι μια σημαντική πηγή πρόσληψης νιτρικών.

Έτσι, λαμβάνοντας υπόψη τα γνωστά οφέλη των λαχανικών και την έλλειψη στοιχείων σχετικά με τη βίο-διαθεσιμότητα των νιτρικών των φυτών, η επιτροπή θεώρησε ακατάλληλο να συγκριθεί η έκθεση στα νιτρικά άμεσα με την Ε.Η.Δ και ως εκ τούτου να καθοριστούν τα όρια για τα νιτρικά στα λαχανικά απευθείας από αυτή.

Δεδομένου ότι η τοξικότητα των νιτρικών έχει ως αποτέλεσμα τη μετατροπή τους σε νιτρώδη και τον πιθανό ενδογενή σχηματισμό νιτροζο-ενώσεων, η Ε.Η.Δ για τα νιτρώδη θα πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη.

Έτσι για τα νιτρώδη άλατα η επιτροπή FAO/WHO της Ε.Ε. συστήνει μια Ε.Η.Δ από 0-0,06 mg/kg σωματικού βάρους εκφρασμένο σε νιτρώδη ιόντα.

Αυτή η Ε.Η.Δ ισχύει για όλες τις πηγές πρόσληψης τέτοιων ιόντων, εντούτοις τα νιτρώδη δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται ως πρόσθετη ουσία στα τρόφιμα για τα βρέφη κάτω από την ηλικία των 3 μηνών. Η Ε.Η.Δ δεν ισχύει σε αυτή τη περίπτωση.

Μελέτες για καρκινογένεση οφειλόμενη σε νιτρικά και νιτρώδη έχουν δώσει αρνητικά αποτελέσματα με εξαίρεση τις περιπτώσεις όπου εξαιρετικά υψηλές δόσεις νιτρικών και προδρόμων σχηματισμού αυτών είχαν αντιμετωπιστεί. Δεν υπήρξε κανένα αποδεικτικό στοιχείο του ενδογενούς σχηματισμού των νιτροζο-ενώσεων στα επίπεδα πρόσληψης νιτρικών ή νιτρωδών.

Κατά συνέπεια, μια ποσοτική αξιολόγηση κινδύνου με βάση των ενδογενώς παραγόμενων νιτροζο-ενώσεων δεν θεωρήθηκε ως κατάλληλη και αναγκαία από την επιτροπή εμπειρογνομόνων.

Επιτρεπτή ημερήσια δόση καθορισμένη από την FAO/ WHO.

Νιτρικά:

Ε.Η.Δ: 0-3,7 mg/kg σωματικού βάρους εκφρασμένο σε νιτρικό ιόν. Εκτιμημένο με βάση την μη παρατηρούμενη επίδραση σε επίπεδα αποτελεσμάτων NOAEL (No Observed Adverse Effect Level) σε 370 mg νιτρικών ιόντων ανά κίλο σωματικού βάρους ανά ημέρα σε μακρά διαρκείας έρευνα σε ποντίκια και με παράγοντα ασφαλείας 100.

Νιτρώδη:

Ε.Η.Δ: 0-0.06 mg/kg σωματικού βάρους, εκφρασμένο σε νιτρώδη ιόντα.

Με τα ίδια κριτήρια όπως και με τα νιτρικά (ΝΟΑΕΙ), καθορίστηκε σε 5,4 mg νιτρωδών ιόντων ανά κιλό σωματικού βάρους ανά μέρα σε μια δίμηνη μελέτη τοξικότητας στα ποντίκια (και 6,7 mg σε 2 χρόνια μελέτη) στην οποία παρατηρήθηκαν υπερτροφία στη ζώνη της αδρεναλίνης καθώς και επιπτώσεις στη καρδιά και τους πνεύμονες, με παράγοντα ασφαλείας 100 (5,4 +6,7 με μ.ο~6).

Αυτή η Ε.Η.Δ δεν αφορά στα μωρά κάτω των 3 μηνών.

(Πηγή: Evaluation of Certain Food additives and contaminants. 44th report of the Joint FAO/WHO Experts Committee on Food Additives. WHO 1995)

Η SCF (Scientific Committee for Food) συνιστά ως ημερήσια αποδεκτή δόση (ADI) για τα νιτρικά ιόντα τα 3,65 mg/kg σωματικού βάρους (ισοδύναμο με 219 mg/ημέρα για ένα άτομο 60 kg).

Τα συμπεράσματα των ερευνών της SCF έχουν αποδειχθεί χρήσιμα ώστε να μειώσουν τους κινδύνους για τους καταναλωτές από τα νιτρικά στις τροφές εκτιμώντας την διατροφική έκθεση και συγκρίνοντας τη με την ADI όπως και στη περίπτωση της ΕΗΔ της FAO/WHO όπου οι αριθμοί σχεδόν συγκλίνουν.

Παραδείγματος χάρη, οι διατροφικές εκθέσεις των ενήλικων καταναλωτών σε νιτρικά, εκτιμημένες από την UK TDS (Total Diet Study) το 1997 ήταν 57 mg/ημέρα για τους «μέσους» καταναλωτές και 105 mg/ημέρα για τους καταναλωτές με μεγαλύτερη συχνότητα έκθεσης τους σε νιτρικά. Αυτές οι εκθέσεις εκτιμούνται όλες σαν κατώτερες από την ADI. Τα λαχανικά, ιδιαίτερα τα πράσινα, περιέχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις νιτρικών από άλλους τύπους τροφίμων και συμβάλλουν στο μέγιστο βαθμό στην συνολική διατροφική έκθεση σε νιτρικά.

Παρακολούθηση (monitoring) των επιπέδων συσσώρευσης νιτρικών στα φυλλώδη λαχανικά (μαρούλι, σπανάκια) σε επίπεδο χώρας.

Κατά το 1998 συνεχίστηκαν οι έλεγχοι που γίνονται από το καλοκαίρι του 1997 για τον προσδιορισμό, σε επίπεδο χώρας, της συγκέντρωσης των νιτρικών στο μαρούλι και το σπανάκι, για τον οριστικό καθορισμό από τα αρμόδια όργανα της Ε.Ε, των μέγιστων ορίων ανοχής των περιεκτικοτήτων σε νιτρικά στα φυλλώδη λαχανικά για όλες τις Ε. Ε.

Έγιναν συνολικά κατά το 1998, αναλύσεις 47 δειγμάτων μαρουλιών και 27 δειγμάτων σπανακιού από διάφορες περιοχές της Ελλάδας, για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας τους σε νιτρικά.

Τόσο οι δειγματοληψίες όσο και οι αναλύσεις των δειγμάτων, έγιναν σύμφωνα με τις επίσημες μεθόδους που ορίζονται από την Ε.Ε. Οι δειγματοληψίες έγιναν κυρίως από την Κ. Λαχαναγορά Αθηνών και δευτερευόντως από Λαχαναγορές άλλων πόλεων. Για κάθε δείγμα καταγράφηκαν το όνομα του παραγωγού, η περιοχή καθώς και κάθε άλλο στοιχείο που είναι διαθέσιμο (λίπανση, χρήση φυτορυθμιστικών ουσιών κ.λ.π.).

Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος HPLC.

Από τα αποτελέσματα βρέθηκε ότι, όσον αφορά το μαρούλι, η συγκέντρωση των νιτρικών σε όλα τα δείγματα που αναλύθηκαν δεν υπερέβη, σε καμία περίπτωση, τα ισχύοντα σήμερα στην Ε.Ε. ανώτερα όρια ανοχής.

(Πηγή: Ε.Α Πασπάτης, Γαρυφαλλιά Οικονόμου και Ελένη Τσορμπατζούδη-Αναγνωστοπούλου, Εργαστήριο Χημικού Ελέγχου Γεωργικών Φαρμάκων του Μ.Ψ.Ι.)

2.5 ΦΩΣΦΟΡΟΣ

Τα φυτά προσλαμβάνουν το φώσφορο ως H_2PO_4 και HPO_4 που βρίσκονται στο εδαφικό διάλυμα. Η ολική περιεκτικότητα του εδάφους σε φώσφορο κυμαίνεται μέσα σε μεγάλα όρια (από 0,02% έως 1%). Γενικά η συνολική ποσότητά του ανέρχεται χονδρικά σε 2,5 τόνους / στρέμμα και απ' αυτό, το μεγαλύτερο μέρος βρίσκεται σε αδιάλυτη μορφή. Μόνο ένα μικρό ποσό (0,15-0,25 kg /στρ.) από την παραπάνω ποσότητα είναι υδατοδιαλυτό. Αυτή η μικρή διαλυτότητα του φωσφόρου στο νερό, δημιουργεί μικρές απώλειες λόγω εκπλύσεων, ακόμα και σε υγρά κλίματα.

Ο αμέσως αφομοιώσιμος φώσφορος, υπάρχει στο έδαφος σε πολύ μικρά ποσά (1% του ολικού εδαφικού φωσφόρου), ο βραδέως αφομοιώσιμος φώσφορος, βρίσκεται σε ποσοστό 20% του ολικού και το μεγαλύτερο ποσοστό (80-90% του ολικού), περιλαμβάνει πολύ αργά αφομοιώσιμες μορφές, που παρ' όλα αυτά είναι χρήσιμες στη θρέψη των καλλιεργούμενων φυτών. Οι τρεις αυτές μορφές βρίσκονται σε ισορροπία μεταξύ τους, κατά τρόπο ώστε τα φωσφορικά λιπάσματα δεν χρησιμοποιούνται από τα φυτά, παρά μόνο σε μικρό ποσοστό και εμφανίζουν αξιόλογη υπολειμματική δράση.

Στην πράξη, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, η σημασία της αντίδρασης του εδάφους και της παρουσίας σ'αυτό αρκετής οργανικής ουσίας, καθώς και το ότι, η δέσμευση των λιπασμάτων που εφαρμόζονται υπό μορφή διαλυτών φωσφορικών είναι αναπόφευκτη, αν και τα διάφορα εδάφη έχουν διαφορετική δεσμευτική δύναμη στη προκειμένη περίπτωση. Δεν πρέπει να ξεχνιέται ότι και οι δεσμευμένες μορφές εξακολουθούν να συμβάλλουν κάπως στη θρέψη των καλλιεργειών με φώσφορο. Επομένως, κορεσμός της δεσμευμένης για το φώσφορο ικανότητας του εδάφους, με τη χρησιμοποίηση μεγάλων ποσών φωσφορικών λιπασμάτων, έχει σαν συνέπεια να υπάρχουν μεγαλύτερα ποσά από τα ιόντα H_2PO_4 και HPO_4 στο εδαφικό διάλυμα.

2.6 ΚΑΛΙΟ

Το κάλιο προσλαμβάνεται από τα φυτά στη μεγαλύτερη ποσότητα απ' όλα τ' 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.

Η περιεκτικότητα του φλοιού της γης σε φώσφορο, ανέρχεται μόνο σε 0,11% ενώ του καλίου σε 2,4%. Η ποσότητα του ολικού καλίου στο έδαφος, όπως και στην περίπτωση του φωσφόρου, δεν μας παρέχει καμιά ένδειξη για το διαθέσιμο κάλιο στα φυτά. Αν εξαιρέσουμε το κάλιο που προσθέτεται με τα λιπάσματα, ο εφοδιασμός του εδάφους σε κάλιο γίνεται από την αποσάθρωση των καλιούχων ορυκτών.

Μορφές καλίου στο έδαφος.

Οι διάφορες μορφές του καλίου στο έδαφος, κατατάσσονται όπως παρακάτω:

Μορφές αμέσως αφομοιώσιμες από τα φυτά.

- α) Άλατα καλίου στο εδαφικό διάλυμα.
- β) Ανταλλάξιμο K^+ .

2.7 ΜΑΓΝΗΣΙΟ

Το μαγνήσιο, όπως και το ασβέστιο (μαζί με το Ba και το Sr), ανήκει στις αλκαλικές γαίες και βρίσκεται στο έδαφος σε πολύ κυμαινόμενα ποσά. Η περιεκτικότητα του εδάφους σε ολικό μαγνήσιο, γενικά κυμαίνεται από 0,01% έως 30%.

Το εδαφικό μαγνήσιο μπορεί ν' ανήκει στις παρακάτω δύο μορφές:

Αφομοιώσιμο μαγνήσιο

Αυτό προσλαμβάνεται κατ' ευθείαν από τις φυτικές ρίζες και υπάρχει στο έδαφος, είτε ως υδατοδιαλυτό (Water Soluble), είτε ως ανταλλάξιμο (Exchangeable). Και οι δύο αυτές μορφές βρίσκονται σε ισορροπία στο εδαφικό σύστημα.

2.8 Μαγγάνιο (Mn)

Το μαγγάνιο είναι πολύ βασικό στοιχείο για τη ζωή τόσο των μικροοργανισμών, όσο και των ανώτερων φυτών και ζώων.

Τα περιβαλλοντικά προβλήματα που δημιουργούνται από το μαγγάνιο είναι ασήμαντα σε σχέση με τα προβλήματα που δημιουργούνται από τα άλλα βαρέα μέταλλα.

Το ενδιαφέρον για το Mn άρχισε να αυξάνεται όταν έγινε γνωστός ο ρόλος του στην ανάπτυξη των φυτών και των ζώων. Ο ερευνητής Raulin (1863), διαπίστωσε ότι το Mn είναι ένα βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη του fungus *Rhizophus* (*Ascophora*) *nigricans*. Ο ρόλος του Mn ως ιχνοστοιχείο στα ανώτερα φυτά εντοπίστηκε από τον ερευνητή McHargue (1928), σε πειράματα που πραγματοποίησαν σε σόγια και τομάτα.

Το μαγγάνιο ενεργοποιεί μια σειρά ενζύμων στο φυτό. Η επίδραση του στην φωτοσύνθεση έχει υπογραμμιστεί από πολλούς ερευνητές, το ίδιο και ο ρόλος του στη βιοσύνθεση της χλωροφύλλης. Το μαγγάνιο είναι στοιχείο αναγκαίο στην αναγωγή των νιτρικών ιόντων, ρυθμίζει τη δραστηριότητα της νιτρικής ρεδουκτάσης.

Στο έδαφος το μαγγάνιο βρίσκεται σε διάφορες μορφές (τετρασθενές, τρισθενές, δισθενές), όμως τα φυτά προσλαμβάνουν μόνο τη δισθενή μορφή. (Mn^{2+}). Συμμετέχει στη φωτόλυση του νερού κατά την φωτοσύνθεση και στη δομή των θυλακοειδών στους χλωροπλάστες. Προστατεύει το φωτοσυνθετικό μηχανισμό από τις δηλητηριώδεις επιδράσεις του οξυγόνου. Ενεργοποιητής μερικών ενζύμων του κύκλου Krebs και κατά συνέπεια ο ρόλος του στο μεταβολισμό των υδατανθράκων είναι καθοριστικός.

Η απουσία Mn προκαλεί μείωση του ξηρού βάρους, της φωτοσυνθετικής ικανότητας, της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη και της κυτταροδιαίρεσης (αναστολή επιμήκυνσης ριζών). Ανταγωνίζεται την απορρόφηση του Fe.

Σε πολλές περιπτώσεις παρατηρείται νέκρωση, εμφανιζόμενη στην αρχή σαν μικρά καφέ στίγματα μεγέθους κεφαλής καρφίτσας, τα οποία εκτείνονται και σχηματίζουν μεγάλες νεκρωτικές κηλίδες που φανερώνουν πλήρη διάλυση του ιστού.

Το μαγγάνιο στο σύστημα έδαφος-φυτό

Το μαγγάνιο στη θρέψη των φυτών

Τα εδάφη εκείνα στα οποία τα καλλιεργούμενα φυτά ενδέχεται να παρουσιάσουν τροφοπενίες μαγγανίου είναι τα εξής:

- Εδάφη με μεγάλο ποσοστό οργανικής ουσίας με αλκαλικό υπέδαφος.
- Οργανικά εδάφη τα οποία δεν έχουν επαρκές ποσοστό υγρασίας.
- Εδάφη αλλουβιακά, που προέρχονται από ασβεστόχα υλικά.
- Ασβεστόχα εδάφη με μεγάλο ποσοστό άμμου.
- Εδάφη τα οποία για μεγάλο χρονικό διάστημα έχουν δεχτεί κοπριά και ασβέστωση.
- Εδάφη όξινα και αμμώδη, τα οποία έχουν πολύ μικρό ποσοστό σε ορυκτά του μαγγανίου.

Τα εδάφη που είναι δείκτες για τις τροφοπενίες του μαγγανίου είναι η μηλιά, η κερασιά, τα εσπεριδοειδή, η βρώμη και τα σακχαρότευτλα (Charman et al., 1939, Charman et al., Wallance, 1951). Συχνά όμως παρατηρούνται και τοξικά συμπτώματα στα φυτά, εξαιτίας της μεγάλης συγκέντρωσης του μαγγανίου που είναι διαθέσιμη σ' αυτά. Τα εδάφη στα οποία είναι δυνατόν να παρατηρηθούν τοξικά συμπτώματα μαγγανίου είναι τα εξής:

- Εδάφη ισχυρά όξινα (pH,5,5), τα οποία δημιουργούν τις ευνοϊκότερες προϋποθέσεις για την αύξηση της διαθεσιμότητας του μαγγανίου στα φυτά (Snider, 1943, Fried και Peech,1946).
- Εδάφη στα οποία επικρατούν αναγωγικές συνθήκες, όπου επίσης αυξάνεται η ποσότητα του μαγγανίου που είναι διαθέσιμη στα φυτά (Brandfield et al., 1934).

Πρόσληψη και μεταφορά του μαγγανίου στα φυτά.

Η πρόσληψη του μαγγανίου από τα φυτά ελέγχεται από μεταβολικές διαδικασίες με τρόπο ανάλογο με αυτόν που πραγματοποιείται η πρόσληψη άλλων δισθενών κατιόντων, όπως του ασβεστίου και του μαγνησίου.

Ωστόσο όμως, πραγματοποιείται παθητική πρόσληψη του μαγγανίου στις περιπτώσεις εκείνες στις οποίες η συγκέντρωση του μαγγανίου στο έδαφος βρίσκεται σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα.

Όταν η συγκέντρωση του μαγγανίου στο έδαφος βρίσκεται σε τοξικά επίπεδα, τότε προσλαμβάνεται ταχύτατα από τα φυτά και ταχύτατα διοχετεύεται προς τα νεώτερα μέρη του φυτού. Αντίθετα όταν η διαθέσιμη ποσότητα του μαγγανίου βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα, τότε παρατηρείται συσσώρευση του στα πιο ώριμα φύλλα και ελάχιστη μετακίνηση του προς τα νεώτερα, όπου είναι δυνατό να παρατηρηθούν προβλήματα τροφopenίας.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, η ποσότητα του μαγγανίου στα φύλλα είναι ανάλογη της διαθέσιμης ποσότητας στα εδάφη, παρουσιάζει ελάττωση με την αύξηση της τιμής του pH του εδάφους και αύξηση με την αύξηση της οργανικής ουσίας του εδάφους.

Ο βιοχημικός ρόλος του μαγγανίου στα φυτά σχετίζεται άμεσα με τις αντιδράσεις οξειδοαναγωγής που πραγματοποιούνται σε φυτά. Ο Boardmann (1975) ο Shkolnik (1974) και οι Mengel και Kirkby (1978), υποστηρίζουν ότι τα ιόντα μαγγανίου αποτελούν βασικό συστατικό των ενζύμων: αργινάσης και φωσφοτρανσαμινάσης. Επίσης το μαγγάνιο είναι δυνατό να αντικαταστήσει το μαγνήσιο σε μεγάλο αριθμό άλλων ενζύμων.

Το μαγγάνιο εμφανίζεται να συμμετέχει στο φωτοσυνθετικό μηχανισμό μεταφοράς ηλεκτρονίων καθώς και στην πρόσληψη οξυγόνου από τα φυτά.

Οι χλωροπλάστες είναι τα πιο ευαίσθητα τμήματα του κυττάρου στην έλλειψη του μαγγανίου, γιατί το μαγγάνιο αποτελεί δομικό συστατικό τους (Boardmann 1975).

Ο Foy (1983), υποστηρίζει ότι υψηλές ποσότητες μαγγανίου επηρεάζουν τη δραστικότητα ορισμένων αμινοξέων, ενζύμων και ορμονών (αυξίνες και γιββεριλίνες).

2.9.1 Λίπανση

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

Οι ποσότητες των λιπασμάτων και ιδιαίτερα του αζώτου, φωσφόρου, καλίου θα εξαρτηθούν από τη γονιμότητα του εδάφους και από τον στόχο της παραγωγής. Έχει υπολογισθεί ότι η καλλιέργεια του μαρουλιού αφαιρεί από το έδαφος με την παραγωγή 1000 χιλιόγραμμων προϊόντος 2,1 χιλιόγραμμα N, 0,8 χιλιόγραμμα P₂O₅ και 4,8 χιλιόγραμμα K₂O. Το αζωτούχο λίπασμα προστίθεται πριν από την μεταφύτευση (βασική λίπανση) και εν μέρει κατά την ανάπτυξη των φυτών επιφανειακώς. Όσον αφορά τον φώσφορο και το κάλιο, μεγαλύτερη αξιοποίηση του λιπάσματος έχουμε με την εφαρμογή του στη βασική ή προφυτευτική λίπανση. Κατά τη λίπανση με φώσφορο και κάλιο πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη ότι ο υπερβολικός φώσφορος δύναται να ευνοήσει την πρόωμη ανάπτυξη ανθοφόρου βλαστού υπ ο θερμές συνθήκες.

Το μαρούλι είναι από τις ελάχιστες καλλιέργειες που οι ανάγκες του σε θρεπτικά στοιχεία για όλη την περίοδο ανάπτυξης μπορούν να ικανοποιηθούν με μια μόνο εφαρμογή πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας, επειδή η παραμονή του στο χωράφι είναι μικρής διάρκειας (45-80 ημέρες). Συνήθως ανάλογα με τον τρόπο του ποτίσματος οι παραγωγοί εφαρμόζουν 11 Kgr/ στρέμμα αζώτου και 15 Kgr/ στρέμμα φωσφόρου και καλίου αντίστοιχα μαζί με την εφαρμογή της κοπριάς, για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούν σύνθετα λιπάσματα π. χ. 11-15-15. Η ανάγκη επιφανειακής λίπανσης, εάν υπάρξει τέτοια περιορίζεται κυρίως στο άζωτο.

Τότε μπορούν να εφαρμοστούν μέχρι 5 φορές 2 κιλά ανά στρέμμα νιτρική αμμωνία (N₁₁NO₃) ανάλογα με την ανάγκη της καλλιέργειας. Εξίσου καλά αποτελέσματα στην παραγωγή μπορεί να προκύψουν από την εφαρμογή ουρίας ή μείγματος ουρίας και νιτρικής αμμωνίας στο έδαφος.

Σε εδάφη βαριά και ιδιαίτερα στο θερμοκήπιο πολλοί παραγωγοί εφαρμόζουν υδρολίπανση (με στάγδην ή καταιονισμό). Στην περίπτωση αυτή μειώνονται ανάλογα οι ποσότητες των αζωτούχων, φωσφορούχων και καλιούχων λιπασμάτων κατά τη βασική λίπανση. Οποιαδήποτε μέθοδος λίπανσης και αν εφαρμοστεί πρέπει να σημειωθεί ότι η χορήγηση θειικής αμμωνίας θα πρέπει να γίνεται με προσοχή στη καλλιέργεια του μαρουλιού, επειδή μειώνει το pH ιδιαίτερα σε εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε CaCO₃. Επιπλέον εφαρμογή μεγάλης ποσότητας αμμωνιακού αζώτου προκαλεί την εμφάνιση χαρακτηριστικών συμπτωμάτων ιδιαίτερα στα αγγεία του ξύλου.(Δημητράκης, 1983).

Για εκτεταμένες καλλιέργειες μαρουλιού χρειάζονται χώματα αμμοπηλώδη, γόνιμα, όπως συμβαίνει και με τα άλλα λαχανικά. Το χώμα προετοιμάζεται κατάλληλα για να δεχτεί τους μικρούς σπόρους και να βοηθήσει τις κοντές ρίζες να αναπτυχθούν κανονικά.

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

Λιπαντικές μονάδες (kg/στρ)		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O
15 – 20	8 – 10	25 – 30

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

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

Η λίπανση των καλλιεργειών για την αύξηση της παραγωγής είναι μια τεχνική που υπήρχε από την αρχαιότητα . Μέχρι το 18^ο αιώνα τα οργανικά λιπάσματα (φυτικά και ζωικά υπολείμματα) ήταν η μοναδική πηγή για την λίπανση των καλλιεργειών. Βασίζόμενος στο γεγονός αυτό ο Albrecht Thaer, ένας ιατρός που ερευνούσε τον τρόπο θρέψης των φυτών, διατύπωσε τη γνωστή θεωρία του «χούμους»(εδώ εννοείται η οργανική ουσία του εδάφους) που λέει ότι ο χούμος είναι αυτός που δίνει στα φυτά τα πιο απαραίτητα τρόφιμα.

Η θεωρία αυτή, σε μια εποχή που η επιστήμη της γεωργίας και ιδιαίτερα της θρέψης των φυτών δεν είχε εξελιχθεί ήταν η μοναδική βάση για την εξήγηση της θρέψης των φυτών.

Αργότερα όμως τα αποτελέσματα των ερευνών Liebig(1803-1873) απέδειξαν ότι δεν ήταν ο χούμος που θρέφει τα φυτά, αλλά τα ανόργανα χημικά στοιχεία τα οποία απορροφούν τα φυτά με τις ρίζες τους από το έδαφος, τα μεταφέρουν στα φύλλα τους και εκεί με την παρουσία του διοξειδίου του άνθρακα και του νερού σχηματίζουν τις πιο απαραίτητες για την ανάπτυξη τους ουσίες. Αυτό γίνεται εύκολα αντιληπτό όταν σκεφθεί κανείς ότι στην αρχή της εμφανίσεως των φυτών στην επιφάνεια της γης υπήρχε νερό και ανόργανα θρεπτικά στοιχεία, αλλά δεν υπήρχε χούμος, ή με άλλα λόγια οργανική ουσία.

Η ουσία αυτή σχηματίστηκε με την πάροδο του χρόνου από τα υπολείμματα των φυτών που παρέμεναν στο έδαφος, γι' αυτό ο χούμος είναι συνέπεια και όχι αιτία για την ανάπτυξη των φυτών. Εξάλλου όπως είναι γνωστό, μπορούμε να αναπτύσσουμε φυτό μέσα στο νερό στο οποίο προσθέτουμε τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία, χωρίς να είναι αναγκαία η παρουσία του χούμου. Με αυτόν τον τρόπο, που ονομάζεται υδροκαλλιέργεια, παράγονται πλέον ανεξάρτητα από το έδαφος λαχανικά, λουλούδια.

Ο Liebig με βάση αυτά τα αποτελέσματα διατύπωσε το 1840 τη θεωρία της ανόργανης θρέψης των φυτών, η οποία λέει ότι τα φυτά χρειάζονται για την ανάπτυξη τους ανόργανα στοιχεία όπου με την προσθήκη των αλάτων τους στο έδαφος, όταν αυτό έχει βέβαια έλλειψη από αυτά, έχουμε σημαντική αύξηση της παραγωγής. Τα σαφή αποτελέσματα της έρευνας του Liebig οδήγησαν στη συστηματική βιομηχανική παραγωγή των αλάτων αυτών των στοιχείων, κυρίως αζώτου, φωσφόρου, καλίου (N, P, K) γιατί αυτά είναι σε γενικές γραμμές εκείνα τα θρεπτικά στοιχεία που περισσότερο από όλα καθορίζουν την απόδοση των καλλιεργειών.

Η αλματώδης αύξηση της γεωργικής παραγωγής με την αυξημένη χρήση των βιομηχανικών λιπασμάτων υποστηρίζει την ορθότητα των απόψεων του Liebig.

Αλλά και τα οργανικά λιπάσματα (κοπριές, κομπόστες, χλωρή λίπανση) δεν έχασαν την αξία τους, γιατί αυτά είναι πολύτιμες ουσίες που βελτιώνουν τις φυσικές και χημικές ιδιότητες των εδαφών γιατί χωρίς αυτές τις ουσίες, η παραγωγικότητα του εδάφους δεν θα φτάνει σε επιθυμητά επίπεδα, ακόμη και όταν σ' αυτό προσθέτουμε όλα τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία που με την πάροδο του χρόνου με την αποικοδόμηση της ελευθερώνονται και γίνονται προσιτά στα φυτά.(Cooke, Marschner).

2.9.2 ΑΡΔΕΥΣΗ

Για να επιτύχουμε μια άριστη παραγωγή μαρουλιού, απαιτείται σταθερός και πλούσιος ανεφοδιασμός με νερό καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Απότομες μεταβολές της υγρασίας στο έδαφος, ειδικά στα αρχικά ή στα τελευταία στάδια ανάπτυξης του φυτού, έχουν ως αποτέλεσμα ανεπανόρθωτες ζημιές που εκδηλώνονται με πίκραση των φύλλων και μείωση της παραγωγής. Όμως και υπερβολική υγρασία στο έδαφος, ιδιαίτερα την εποχή σχηματισμού της κεφαλής, είναι ανεπιθύμητη επειδή συντελεί στην παραγωγή χαλαρών κεφαλών.

Η φύτευση γίνεται όταν το έδαφος βρίσκεται στο ρώγο του. Ακολουθεί το πρώτο πότισμα, κατά προτίμηση με καταιονισμό, μέχρι που η επιφανειακή στρώση εδάφους φθάσει στο σημείο της υδατοικανότητας του. Τις αμέσως επόμενες της μεταφύτευσης ημέρες τα φυτά αντλούν το νερό από βάθος 3-4 εκ. του εδάφους, συνεπώς οι ποσότητες νερού που απαιτούνται για το πότισμα είναι μικρές.

Το μαρούλι αναπτύσσει ριζικό σύστημα που μπορεί να φθάσει σε βάθος μέχρι τα 60 εκ. Όμως το μεγαλύτερο μέρος της θυссανώδους ρίζας περιορίζεται στα πρώτα 30 εκ. του εδάφους. Γι' αυτό το λόγο όλες οι φροντίδες πρέπει να κατατείνουν στη διατήρηση ή τη βελτίωση των φυσικών, χημικών και βιολογικών ιδιοτήτων του εδάφους σ' αυτό το βάθος.

Ο χρόνος εφαρμογής των ποτισμάτων καθορίζεται από το επίπεδο της εδαφικής υγρασίας.. Η ποσότητα του νερού άρδευσης εξαρτάται από τη θερμοκρασία, τον τύπο του εδάφους, το βλαστικό στάδιο του φυτού, την ηλιοφάνεια, την εποχή του έτους.

Τα τελευταία χρόνια η εφαρμογή του ποτίσματος στο μαρούλι γίνεται με σύστημα καταιονισμού ή και στάγδην, το οποίο σχεδόν αντικατέστησε το πότισμα με αυλάκια. (Κανάκης, 1998)

Η απόφαση πότε θα εφαρμοστεί άρδευση και πόσο νερό θα δοθεί αποτελεί ένα από τα διαρκή προβλήματα της καλλιέργειας του μαρουλιού. Το έδαφος θα

πρέπει να θεωρηθεί σαν μια αποθήκη νερού από την οποία το φυτό απορροφά νερό, το οποίο αναπληρώνεται κατά καιρούς με την άρδευση.

Πριν την μεταφύτευση το έδαφος πρέπει να ποτιστεί και να φτάσει στο σημείο της υδατοικανότητας του. Στη συνέχεια, σε αμμώδη εδάφη η φύτευση μπορεί να γίνεται την επόμενη μέρα, ενώ σε πιο βαριά εδάφη πιθανόν να χρειαστεί να περάσουν 3-4 ημέρες, ώστε το επιφανειακό στρώμα να χάσει υγρασία. Μετά τη μεταφύτευση το φυτό απορροφά νερό μόνο από τα επιφανειακά 3-4 εκ. Έτσι είναι σημαντικό το επιφανειακό στρώμα να διατηρείται υγρό. Εάν για οποιοδήποτε λόγο το επιφανειακό γόνιμο έδαφος ξηραθεί, ή ο κύβος εδάφους ή η "μπάλα" υποστρώματος, τότε η ανάπτυξη του φυτού είναι προβληματική.

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

Πρέπει να γίνει κατανοητό ότι υπερβολική υγρασία δεν είναι επιθυμητή και μάλιστα κατά την εποχή που σχηματίζεται η κεφαλή, γιατί μπορεί να οδηγήσει στο σχηματισμό χαλαρών κεφαλών, αντίθετα, μεγάλες διακυμάνσεις της υγρασίας του εδάφους από ακανόνιστα ποτίσματα μπορεί να προκαλέσουν πίκραση των φύλλων. Στην περίπτωση που εφαρμόζεται εδαφοκάλυψη με πλαστικό σε όλη την έκταση του θερμοκηπίου τότε το πότισμα ή γίνεται με την μέθοδο στάγδην από σωλήνες που βρίσκονται κάτω από το πλαστικό κάλυψης (1 σωλήνα κάθε 2 γραμμές φυτών) ή γίνεται με καταιονισμό αλλά θα πρέπει το πλαστικό της εδαφοκάλυψης να είναι διάτρητο.

2.10 ΣΠΟΡΑ

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

Στη χώρα μας σπείρεται το μαρούλι σχεδόν αποκλειστικά σε υπαίθρια σπορεία και τα σχηματιζόμενα φυτάρια μεταφυτεύονται στον αγρό, όταν έχουν αποκτήσει 3-5 φύλλα.



Τα μαρούλια μεταφυτεύονται (με φυτευτήρι χεριού) με τη ρίζα τους κάθετα και όχι βαθύτερα από ό,τι στο σπορείο. Οι αποστάσεις φυτέματος είναι 25 X 40 cm. Συνήθως χρησιμοποιούνται σαμάρια μιας έως έξι γραμμών φυτών.



και κυρίως, δύο ή τριών σειρών σαμάρια, για να μπορεί να κυκλοφορήσει και τρακτέρ με πλατφόρμα για συλλογή μέσα στα αυλάκια.

Σε χώρες της Ευρώπης η καλλιέργεια γίνεται με μηχανική σπορά με επενδυμένα σπέρματα με θρεπτικό υλικό (Pelleted Seeds) σε εδαφικούς κύβους (Soilblocks).



Διαδεδομένη είναι και η καλλιέργειά του σε NFT



όπου το μέγεθος του φυτού είναι πιο ομοιόμορφο και η μετάδοση ασθενειών ελαττώνεται πάρα πολύ.

Η καλλιέργεια του εδάφους μετά τη μεταφύτευση πρέπει να είναι επιτόλαιη για να διατηρείται το χώμα καθαρό από ζιζάνια. Όταν δεν υπάρχουν ζιζάνια, δεν πρέπει να γίνεται καλλιέργεια.

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

2.11 ΕΧΘΡΟΙ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

2.11.1 Ζωικοί εχθροί

A) Νηματώδεις σκώληκες όπως : *Meloidogyne* sp., *Platylenchus* sp., *Nacobus batatiformis*.

Προσβάλλουν το ριζικό σύστημα του μαρουλιού, αλλά στα θερμοκήπια δεν δημιουργούν προβλήματα επειδή καταπολεμούνται ολοσχερώς με την απολύμανση του εδάφους.

B) Έντομα

i) Οι αφίδες και ειδικά η πράσινη (*Myzus persicae*), ο θρύπας (*Frankliniella occidentalis*), ο λύγος (*Lugus* sp.) και άλλα μυζητικά έντομα προκαλούν τόσο άμεσες ζημιές στο μαρούλι που επιφέρουν μείωση της ανάπτυξης των φυτών και συνεπώς της παραγωγής και επικάλυψη των φύλλων με μελιτώματα όσο και έμμεσες ζημιές επειδή μεταφέρουν ιώσεις.

ii) Ο αλευρώδης (*Trialeurodes variegatum*) στην τέλεια μορφή του αλλά και οι προνύμφες του εγκαθίστανται στην κάτω επιφάνεια των φύλλων και τα απομυζούν. Έτσι υποβαθμίζεται η εμπορική αξία του μαρουλιού ενώ η παρουσία μεγάλου αριθμού αυγών στα φύλλα προκαλούν την αποστροφή του αγοραστή.

iii) Τα έντομα εδάφους (*Gryllotalpa*, *Agrotis* κ.α.) ενώ προκαλούν μεγάλες ζημιές στις υπαίθριες καλλιέργειες, δεν συνιστούν πρόβλημα στα θερμοκήπια επειδή καταπολεμούνται με την απολύμανση του εδάφους.

iv) Τα Λεπιδόπτερα *Trichoplusia ni*, *Spodoptera exigua* και *Heliothis zea* προκαλούν μεγάλες ζημιές επειδή οι προνύμφες τους κατατρώγουν τα φύλλα του μαρουλιού. Για την καταπολέμηση ή τον περιορισμό των προσβολών από τα έντομα διενεργούνται προληπτικοί, δολωματικοί και εξοντωτικοί ψεκασμοί με διάφορα εντομοκτόνα ή αναρτώνται παγίδες ή εναλλακτικά χρησιμοποιείται πρόγραμμα βιολογικής καταπολέμησης.

Γ) Κοιλίες και σαλιγκάρια

Μεγάλοι πληθυσμοί τους απειλούν την καλλιέργεια του μαρουλιού επειδή κατατρώγουν τα φύλλα. Καταπολεμούνται μάλλον εύκολα με δολώματα μεταλδεύδης.

(Κανάκης, 1998)

2.11.2. Μυκητολογικές ασθένειες

α) Περονόσπορος (*Bremia lactucae*)

Τα πρώτα συμπτώματα της ασθένειας είναι ακανόνιστες και οξύληκτες γωνιώδεις χλωρωτικές κηλίδες στην κάτω επιφάνεια των εξωτερικών φύλλων, σε περιοχές μεταξύ των νεύρων. Όταν οι συνθήκες ευνοούν την εξάπλωση της ασθένειας, οι ανωτέρω κηλίδες καλύπτονται από λευκές εξανθήσεις που μπορούν να προκαλέσουν από μικρές μέχρι και μεγάλες ζημιές σε καλλιέργειες μαρουλιού, ανάλογα με τις συνθήκες και τις καλλιεργητικές φροντίδες. Αντιμετωπίζονται με

γενικά μέτρα προστασίας τα οποία λαμβάνονται για την καταπολέμηση των σοβαρών μυκητολογικών ασθενειών που αναφέρθηκαν προηγουμένως.(Κανάκης, 1998)

β) Κηλιδώσεις των φύλλων (*Microdochium ranattonianum*)

Εκτός από το μαρούλι ο μύκητας *M. Ranattonianum* προσβάλλει και άλλα είδη της οικογένειας Compositae. Στα παλαιότερα φύλλα εμφανίζονται (>5mm) υδατώδεις κηλίδες που αργότερα ξηραίνονται και παίρνουν χρώμα καστανό. Ο νεκρός ιστός στο έλασμα του φύλλου συρρικνώνεται και απορρίπτεται σχηματίζοντας τρύπα στο έλασμα. Χαρακτηριστικές είναι οι κηλίδες που σχηματίζονται στο μίσχο και τα κεντρικά νεύρα των φύλλων που είναι μακρόστενες, βυθισμένες και έχουν χρώμα καστανοκόκκινο. Σε σοβαρές προσβολές μολύνονται και τα εσωτερικά φύλλα. Η ασθένεια ευνοείται από υγρό ψυχρό καιρό. Τα σπόρια του μύκητα παράγονται άφθονα πάνω στους μολυσμένους ιστούς και μεταδίδονται σε γειτονικά υγιή φύλλα και φυτά, με πιτσιλίσματα νερού. Το αρχικό μόλυσμα προέρχεται από τα υπολείμματα παλαιότερης καλλιέργειας, από ζιζάνια και μερικές φορές από μολυσμένο σπόρο.(Ε.Φ.Ε., 1998).

γ) Τήξη σπορείων

Οφείλεται στους μύκητες *Pythium* sp., *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora* sp., οι οποίοι προσβάλλουν τους βλαστάνοντες σπόρους και τα νεαρά σπορόφυτα.

δ) Σκληρωτινίαση

Οφείλεται στον μύκητα *Sclerotinia sclerotiorum* ο οποίος εισβάλλει στον κεντρικό άξονα του φυτού από το έδαφος και προσβάλλει τους μίσχους του φύλλου.

2.11.3 Βακτηριακές ασθένειες

Οφείλονται στα βακτήρια *Pseudomonas* sp. και *Xanthomonas* sp. και προκαλούν είτε σήψεις είτε στιγματώση στα φύλλα.

2.11.4. Ιώσεις

A) Μωσαϊκό του καπνού (LMV=Lettuce Mosaic Virus)

Είναι η σημαντικότερη ίωση που προσβάλλει το μαρούλι. Προκαλεί στικτή μωσαϊκή εμφάνιση των φύλλων με χλωρωτικές κηλίδες, νανισμό στα φυτά και πτυχωτή επιφάνεια στα φύλλα. Μεταδίδεται με τις αφίδες και μπορεί να προκαλέσει μεγάλες ζημιές. Για την πρόληψη της εμφανίζονται όλα εκείνα τα μέτρα που αφορούν τις ιώσεις, δηλαδή χρησιμοποίηση υγιών σπόρων, διαφύλαξη της υγείας των σπορόφυτων, έγκαιρη απομάκρυνση των ύποπτων φυτών, απολύμανση χεριών και εργαλείων, αποτελεσματική καταπολέμηση των αφίδων. Όμως η αντοχή στο μωσαϊκό του μαρουλιού έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να προσδοθεί στα φυτά με ένα υπολειπόμενο αλληλόμορφο γονίδιο το οποίο για πρώτη φορά εντοπίστηκε στην ποικιλία Gallega.

B) Μεγάλο νεύρο του μαρουλιού (big vein of lettuce)

Η μόλυνση των φυτών από την ασθένεια μπορεί να συμβεί σε οποιοδήποτε βλαστικό στάδιο. Προσβλημένα νεαρά φυτά συνήθως αποθνήσκουν γρήγορα. Τα συμπτώματα από την ίωση συνήθως δεν εμφανίζονται πριν από την έκπτυξη του 5^{ου} ή 6^{ου} φύλλου. Τα πρώτα συμπτώματα εμφανίζονται ως ελαφρό κίτρινο ή λευκοκίτρινο χρώμα κατά μήκος των νεύρων, τα οποία σταδιακά γίνονται περισσότερο φανερά καθώς προκαλείται πάχυνση και πτύχωση στα φύλλα. Τα φυτά που προσβάλλονται σε μικρή ηλικία αδυνατούν να σχηματίσουν σφιχτή κεφαλή.

Η ασθένεια αυτή θεωρείται ότι οφείλεται στον μύκητα *Olipidium brassicae*. Σήμερα πιστεύεται ότι οφείλεται σε ιό, ο οποίος μεταφέρεται με τον *Olipidium brassicae* και με τα υπολείμματα των ριζών των μολυσμένων φυτών. Τα προβλήματα από την ασθένεια αυτή σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες μαρουλιού είναι περιορισμένα επειδή με την απολύμανση καταστρέφονται οι φορείς του ιού, δηλαδή ο μύκητας και τα υπολείμματα των προσβεβλημένων ριζών.

Γ) Άλλες ιώσεις

Το μαρούλι προσβάλλεται επίσης και από τις εξής ιώσεις: Dandelion Yellow Mosaic, Tobacco Streak Virus, Turnip Mosaic Virus και Lettuce Ring-Spot Virus. (Κανάκης, 1998)

2.11.5. Μη Παρασιτικές Ασθένειες

Στο μαρούλι έχουν αναφερθεί πολλές μη παρασιτικής αιτιολογίας ασθένειες οι οποίες σχετίζονται με ελλείψεις θρεπτικών στοιχείων, τοξικότητες ανόργανων θρεπτικών στοιχείων της ατμόσφαιρας καθώς και με την δυσμενή επίδραση του περιβάλλοντος και ρύποι της ατμόσφαιρας. Εδώ θα αναφερθεί η πιο κύρια μη παρασιτική ασθένεια του μαρουλιού και η οποία σχετίζεται με την λίπανση του αζώτου.

Κάψιμο της κορυφής (Tip burn)

Η ασθένεια εμφανίζεται συνήθως στα φύλλα της κορυφής του φυτού (καρδιά μαρουλιού) με την μορφή νεκρώσεων στην κορυφή των φύλλων. Η ασθένεια αυτή προκαλείται από την μη ισορροπημένη θρέψη των φυτών με ασβέστιο και επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως υπερβολική αζωτούχα λίπανση, έλλειψη του ασβεστίου, συνθήκες οι οποίες επηρεάζουν την ομαλή τροφοδοσία των φυτών με νερό. Είναι γνωστό ότι το ασβέστιο μετακινείται στο υπέργειο μέρος των φυτών με το νερό της διαπνοής, έτσι οτιδήποτε διαταράσσει την ομαλή τροφοδοσία των φυτών με νερό π.χ. έλλειψη νερού, υπερβολικά υγρός καιρός ιδιαίτερα την νύχτα προκαλεί την ασθένεια. (Ε.Φ.Ε., 1998, Grogan, Fink, 1956)

2.11.6 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ

Τα φυλλώδη μαρούλια μαζεύονται μόλις τα φύλλα τους μεγαλώσουν και υπάρχει ζήτηση στην αγορά.

Η συγκομιδή γίνεται όταν τα φυτά αποκτήσουν εμπορεύσιμο μέγεθος, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της αγοράς και ανάλογα με τον τύπο του μαρουλιού και της ποικιλίας.

Στο μαρούλι τύπου Ρομάνα, η συγκομιδή γίνεται όταν εμφανιστεί η μικρή κεφαλή στο κέντρο του φυτού. Ο εργάτης κόβει το φυτό κοντά ή λίγο πιο κάτω από την επιφάνεια του εδάφους με μαχαίρι ή με ειδικό εργαλείο και στη συνέχεια αφαιρούνται τα εξωτερικά κατεστραμμένα φύλλα. Τοποθετούνται σε πλαστικά ή ξύλινα κιβώτια, όταν προορίζονται για την ντόπια αγορά ή σε χάρτινα κιβώτια, για την ντόπια αγορά ή για εξαγωγή.

Στα κεφαλωτά μαρούλια η συγκομιδή αρχίζει όταν η κεφαλή αποκτήσει το χαρακτηριστικό μέγεθος της ποικιλίας και ταυτόχρονα αποκτήσει καλή συνεκτικότητα. Σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες όταν ακολουθείται η διαδικασία της μεταφύτευσης σε κύβους εδάφους ή σε υποστρώματα σε δίσκους, η ανάπτυξη του

φυτού είναι ομοιόμορφη και η συγκομιδή γίνεται ταυτόχρονα σε όλα τα φυτά. Μάλιστα στην Ολλανδία και άλλες χώρες, εφαρμόζεται και μηχανική συγκομιδή.

Ο χρόνος που παραμένουν τα φυτά στο έδαφος του θερμοκηπίου και η εποχή συγκομιδής εξαρτάται από την εποχή μεταφύτευσης, την ποικιλία, την εποχή (το χειμώνα παραμένουν περισσότερο στο έδαφος). Γενικά μπορεί να ειπωθεί ότι στην Ελλάδα απαιτούνται 1.5-3 μήνες. Καθυστέρηση στη συγκομιδή προκαλεί υποβάθμιση της ποιότητας.

Η συγκομιδή πρέπει να γίνεται όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλή και τα φυτά στεγνά. Αμέσως μετά τα φυτά θα πρέπει να τοποθετούνται σε χαμηλές θερμοκρασίες (ψυγεία) μέχρι να μεταφερθούν στην αγορά.

Εάν πρόκειται να συσκευαστούν για εξαγωγή τότε θα πρέπει να προσεχθούν ιδιαίτερα οι θερμοκρασίες κατά την μεταφορά στο συσκευαστήριο (αυτοκίνητο-ψυγείο), η αποφυγή ζημιών κατά την μεταφορά και τη συσκευασία.. Η διαλογή και συσκευασία γίνεται σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στην Αμερική το προϊόν αμέσως μετά τη συγκομιδή και συσκευασία ψύχεται σε μεγάλα ψυγεία κενού (Vacuum coolers) ώστε να ψύχεται το προϊόν όσο το δυνατόν πιο σύντομα στη θερμοκρασία 1° C και να εξασφαλίζεται η διατήρηση της ποιότητας του προϊόντος. Η μεταφορά στους τόπους κατανάλωσης γίνεται πάλι με αυτοκίνητα-ψυγεία ή τραίνα-ψυγεία. Το μαρούλι είναι πολύ ευπαθές λαχανικό λόγω της υψηλής περιεκτικότητας του σε νερό. Δεν διατηρείται για μεγάλο χρονικό διάστημα μετά τη συγκομιδή. Η υποβάθμιση της ποιότητας αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης. Διατηρεί την ποιότητα του καλή για 10-14 ώρες σε θερμοκρασία αποθήκευσης 1° C και 95-97% υγρασία.

Η ποιότητα στο μαρούλι καθορίζεται από την εμφάνιση, απουσία συμπτωμάτων από εχθρούς, ασθένειες και φυσιολογικές ανωμαλίες, απουσία ξένων ουσιών (χώρα, υπολείμματα φυτοφαρμάκων) την γεύση (γλυκιά όχι πικρή) και τα φύλλα.



2.12 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΟΙΗΣΕΙΣ ΜΕΤΑ ΤΗ ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ

2.12.1 ΠΟΤΙΣΜΑ

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

Πριν τη μεταφύτευση το έδαφος πρέπει να ποτιστεί και να φτάσει στο σημείο της υδατοϊκανότητάς του. Στη συνέχεια, σε αμμώδη εδάφη η φύτευση μπορεί να γίνεται την επόμενη ημέρα, ενώ σε πιο βαριά εδάφη πιθανόν να χρειαστεί να περάσουν 3-4 ημέρες ώστε το επιφανειακό στρώμα να χάσει υγρασία. Μετά τη μεταφύτευση ακολουθεί πότισμα, κατά προτίμησι με καταιονισμό, ώστε το επιφανειακό στρώμα του εδάφους να φθάσει και πάλι στο σημείο υδατοϊκανότητας του. Αυτό θα σήμαινε περιορισμένο πότισμα μερικών μόνο λεπτών. Μετά τη μεταφύτευση το φυτό απορροφά νερό μόνο από τα επιφανειακά 3-4 εκ., κι έτσι είναι σημαντικό το επιφανειακό στρώμα να διατηρείται υγρό. Εάν για οποιοδήποτε λόγο ξεραθεί το επιφανειακό γόνιμο έδαφος ή ο κύβος εδάφους ή η "μπάλα" υποστρώματος, τότε η ανάπτυξη του φυτού είναι προβληματική.

Το μαρούλι αναπτύσσει θυσσανώδες επιφανειακό ριζικό σύστημα. Για το λόγο αυτό, είναι προτιμότερο να ποτίζεται πάρα πολλές φορές με λίγο νερό παρά χορταστικά με αρκετό νερό. Οι ανάγκες σε νερό καλλιέργειας μαρουλιού ανέρχονται σε 336m²/στρ.

Όταν το φυτό πλησιάζει την περίοδο συγκομιδής το ριζικό του σύστημα θα έχει αναπτυχθεί σε όλο τον επιφανειακό όγκο του εδάφους σε βάθος 20-30εκ. το πότισμα στο μαρούλι καλό είναι να γίνεται με καταιονισμό από υψηλά, για να γίνεται ομοιόμορφη κατανομή του νερού. Η ύπαρξη του συστήματος καταιονισμού στο θερμοκήπιο μπορεί να εξυπηρετήσει και στην αύξηση της υγρασίας καθώς και στη μείωση της θερμοκρασίας στο χώρο του θερμοκηπίου όταν πλησιάζει η συγκομιδή.

Αύξηση της υγρασίας στην ατμόσφαιρα όταν πλησιάζει η συγκομιδή μπορεί να βοηθήσει και στην μείωση της πιθανότητας εμφάνισης στα φύλλα του φυσιολογικού και του περιφερειακού καψίματος που προκαλούνται από υπερβολική ένταση της ακτινοβολίας και εννοούνται από χαμηλά επίπεδα ατμοσφαιρικής υγρασίας.

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

Στην περίπτωση που εφαρμόζεται εδαφοκάλυψη με πλαστικό σε όλη την έκταση του θερμοκηπίου, τότε το πότισμα γίνεται ή με τη μέθοδο στάγδην από σωλήνες που βρίσκονται κάτω από το πλαστικό κάλυψης ή γίνεται με καταιονισμό, αλλά θα πρέπει το πλαστικό της εδαφοκάλυψης να είναι διάτρητο.

2.12.2 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Τα μαρούλια διατηρούνται στο ψυγείο αρκετές ημέρες αν τα βάλουμε μέσα σε χάρτινες σακούλες των φρούτων και μετά τις τυλίξουμε με νάilon φύλλα σφικτά για να φύγει ο αέρας. Στα μεγάλα ψυγεία διατηρούνται σε θερμοκρασία 0 ° C, με σχετική υγρασία 90%. Ο χρόνος συντήρησης είναι περίπου μία έως τρεις εβδομάδες. Τα μαρούλια που πρόκειται να μεταφερθούν πρέπει να προψύχονται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ

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 τροφωπενιών 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)

3.1. 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.

3.2 Παράγοντες που καθορίζουν την πρόσληψη αυτών 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 ρίζες 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 .

3.3 ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ

Ο ψευδάργυρος (Zn) σχετίζεται με τον μεταβολισμό των υδατανθρακών, των πρωτεϊνών, των αυξινών και του RNA. Επίσης παίζει σπουδαίο ρόλο στις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις. Επιδρά είτε ως μεταλλικό συστατικό των ενζύμων ή ως ρυθμιστικός παράγοντας μεγάλου αριθμού ενζύμων, ή τέλος ως δομικός παράγοντας αυτών. Ενεργοποιεί περιορισμένο αριθμό ενζύμων και μεταξύ αυτών την καρβονική ανυδράση. Συμμετέχει ως συστατικό στη θρυπτοφάνη, η οποία θεωρείται ως η πρόδρομος μορφή του Ινδολοξικού οξέος (IAA).

Σύμφωνα με τα ερευνητικά δεδομένα, φαίνεται ότι ο ρόλος του Zn στο φυτό μοιάζει με εκείνον του Mn και Mg, αντίστοιχα. Επίσης, διαπιστώνεται ότι ο Zn υπεισέρχεται στη σύνδεση του υποστρώματος (στο οποίο ενεργεί το ένζυμο), με το ένζυμο αυτό καθ' αυτό. Π.χ. αναφέρεται ότι η ενεργητικότητα του ενζύμου της ανθρακικής ανυδράσης σχετίζεται με το βαθμό εφοδιασμού του φυτού με Zn. Το ένζυμο αυτό βρίσκεται στο Κυττόπλασμα και στους χλωροπλάστες. Καταλύει δε την αντίδραση μεταξύ H_2O και CO_2 για το σχηματισμό του H_2CO_3 (ανθρακικού οξέος).

Η έλλειψη Zn (τροφοπενία) οδηγεί στην απενεργοποίηση ορισμένων ενζύμων με συνέπεια την αναστολή της παραγωγής βασικών ουσιών για την αύξηση του φυτού. Π.χ. η έλλειψη Zn προκαλεί απενεργοποίηση του ενζύμου RNA-πολυμεράση, γεγονός που έχει ως συνέπεια τον περιορισμό της σύνθεσης RNA σε βάρος της ανάπτυξης του φυτού. Επίσης η τροφοπενία του Zn παρεμποδίζει την παραγωγή χλωροπλάστων. Μία άλλη βασική λειτουργία του Zn είναι ότι ενεργεί ως σταθεροποιητικός παράγοντας του κυττοπλάσματος των ριβοσωμάτων. Πολλά ένζυμα συνδέονται με τον Zn στο φυτό, και ως εκ τούτου η παρουσία του τελευταίου θα πρέπει να είναι σε επαρκή επίπεδα για την επίτευξη της ενεργοποίησης των ενζύμων. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται τα εξής : Ινολάση (enolase), γλουταμική διϋδρογονάση (glutamic dihydrogenase), (L and D-galactic dehydrogenase) ή L και D-γαλακτική αφυδρογονάση, Υπεροξειδική δισμουτάση (Superoxide dismutase) και αλκοολική διϋδρογονάση. Τέλος, ο Zn φέρεται σχετιζόμενος με το σχηματισμό του αμύλου στο φυτό.

Ο ψευδάργυρος είναι απαραίτητο θρεπτικό στοιχείο σε μικρές ποσότητες στον άνθρωπο, στα ζώα και στα φυτά.

Ο Raulin (1869 και 1870), ανακάλυψε τα ευεργετικά αποτελέσματα της παρουσίας του Zn στην ανάπτυξη του *Aspergi Zous niger*, οι δε ερευνητές Sommer et al. (1926), διατύπωσαν την άποψη ότι ο Zn σε μικρές ποσότητες είναι απαραίτητος για

την ανάπτυξη των ανώτερων φυτών και ζώων. Ο Mertz (1981), υποστήριξε ότι η μέση συνιστώμενη ποσότητα για τους ενήλικες είναι 15 mg Zn ημέρα-1.

Ο ψευδάργυρος ενεργεί ως καταλύτης, αλλά και ως δομικό συστατικό σε μεγάλο αριθμό ενζύμων τα οποία συμμετέχουν στο μεταβολισμό των ζωντανών οργανισμών. Το χαρακτηριστικό της έλλειψης του Zn στους ανθρώπους και τα ζώα είναι η ανορεξία, η αναστολή της ανάπτυξης, η εμφάνιση δερματικών εξανθημάτων και σε αρκετές περιπτώσεις η κατάθλιψη.

Γενικά, το εύρος της άριστης επάρκειας του Zn για τις περισσότερες καλλιέργειες κυμαίνεται από 15-50 ppm της ξηράς ουσίας των φύλλων. Τα συμπτώματα τροφопενίας συνήθως εμφανίζονται όταν η περιεκτικότητα του Zn θεωρείται γενικά ως οριακή (κρίσιμη). Κατά τον Benton Jones Jr. (1998) μία διαφορά 1-2 ppm μπορεί να αποτελέσει τη διαφορά μεταξύ επάρκειας και ανεπάρκειας.

Ο Zn προσλαμβάνεται από τα φυτά με την «ενεργητική» πρόσληψη, δηλ. με τη διεργασία της «διάχυσης» που είναι μία κίνηση αντίθετη προς την κατεύθυνση της βαθμίδας συγκέντρωσης του Zn στο εδαφοδιάλυμα. Όμως προσλαμβάνεται και «παθητικά» δια της «μαζικής ροής». Μερικοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι ο Zn προσλαμβάνεται κατ' εξοχήν με τη μαζική ροή, σε αντίθεση με άλλους που τονίζουν ότι το θέμα του τρόπου πρόσληψης του Zn θα πρέπει να μελετηθεί παραπέρα. Ο Moore (1972) υποστηρίζει ακόμη ότι η πρόσληψη του Zn ελέγχεται μεταβολικά, ενώ ο Lindsay (1972) αναφέρει ότι γίνεται με ιοντοανταλλακτικές αντιδράσεις του Zn με άλλα κατιόντα που είναι προσροφημένα στην επιφάνεια των κυτταρικών τοιχωμάτων και στο φλοιό.

Η παρουσία των αλκαλικών γαιών επιδρά αρνητικά στην πρόσληψη του Zn και η σειρά επίδρασης τους είναι : $Mg^{2+} > Ca^{2+} > Si^{2+} = Br^{2+}$ (Chaudry and Loneragan 1972).

Όσον αφορά στην κινητικότητα του Zn μέσα στο φυτό αυτή είναι μάλλον μικρή (Mengel and Kirkby 1987) και γι' αυτό το στοιχείο αυτό στα μεγάλα – παλαιότερα φύλλα μπορεί να είναι πολύ δυσκίνητο (Rinne and Langston 1960). Έτσι άλλωστε εξηγείται ο μειωμένος ρυθμός μετακίνησης του Zn προς τα νεότερα φύλλα στα τροφопενικά φυτά (Loneragan 1975).

Η συσσώρευση του Zn μέσα στα διάφορα όργανα του φυτού εξαρτάται από το είδος. Π.χ. το σπανάκι μπορεί να συσσωρεύει και να αντέχει υψηλές συγκεντρώσεις Zn (Bowen 1971) πριν την εμφάνιση τοξικών συμπτωμάτων. Άλλοι ερευνητές αναφέρουν ότι συγκέντρωση 240 ppm Zn στις κορυφές των φασουλιών μείωσε τις αποδόσεις κατά 20%, ενώ στα ζαχαρότευτλα η ανωτέρω μείωση σημειώθηκε όταν η περιεκτικότητα του Zn ήταν 740 ppm (Bowen and Rasmussen 1971).

Ο Ζn αλληλεπιδρά με διάφορα θρεπτικά στοιχεία και η ανταγωνιστική αλληλεπίδραση PxZn είναι ίσως η πλέον μελετηθείσα (Mengel and Kirkby, Marschner and Schoop 1977, Smilde et al. 1974, Koukoulakis 1973, 1967).

Ο Ρ επιδρά στη φυσιολογική διαθεσιμότητα του Ζn στους ιστούς του φυτού και ειδικότερα των ριζών με συνέπεια να παρεμποδίζει την μεταφορά του Ζn σ' αυτό, παρά την απευθείας πρόσληψή του. Κατά πάσα πιθανότητα πρόκειται για μία φυσιολογική επίδραση του Ρ στον Ζn (Smilde et al. 1975).

Η πρόσληψη του Ζn ευνοείται από το όξινο pH της ριζόσφαιρας. Φυτά που μπορούν να μειώνουν το pH του εδάφους λόγω παραγωγής H^+ από το ριζικό τους σύστημα, επηρεάζονται λιγότερο από το χαμηλό επίπεδο του Ζn στο έδαφος απ' εκείνα, που δεν έχουν αυτή τη δυνατότητα.

Επίσης ο Ζn αλληλεπιδρά με το Fe. Φυτά που έχουν τροφοπενία Ζn λόγω της ανταγωνιστικής δράσης του Ρ είναι συνήθως πλούσια σε Fe (Wornack 1970). Αυτό δείχνει ότι καθώς ο Ρ ανταγωνίζεται τον Ζn, ο τελευταίος δεν μπορεί να δράσει ανταγωνιστικά στο Fe με συνέπεια η συγκέντρωση του να αυξάνει μέσα στο φυτό λόγω συσσώρευσης.

Η πλέον γνωστή και σχετικά λεπτομερώς μελετηθείσα αλληλεπίδραση του Ζn είναι εκείνη με το Ρ (ZnxP) Koukoulakis, 1967, Koukoulakis 1975, Smilde et al 1975. Η ανταγωνιστική δράση του Ρ επί του Ζn οφείλεται στο ότι ο Ρ επηρεάζει το μεταβολισμό του Ζn (Marschner and Schropp 1977).

Επίσης άλλες ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις του Ζn είναι : ZnxFe, όπου σε υψηλά επίπεδα Ζn μπορεί να δημιουργηθούν συμπτώματα τροφοπενίας Fe (Wornack, βλ. Mengel and Kirkby 1987). Καθώς και ZnxMg, ZnxCa, ZnxB, ZnxSr (Chaudry and Lonergan 1972).

Τα χαρακτηριστικά συμπτώματα της έλλειψης του ψευδαργύρου είναι η εμφάνιση χλωρωτικών λωρίδων (αγρωστώδη) εκατέρωθεν της κεντρικής νεύρωσης.

Οι λωρίδες αυτές, καθώς προοδεύει η τροφοπενία, σε οξείες περιπτώσεις, προσλαμβάνουν μία κίτρινη χροιά και τελικά γίνονται λευκές.

Στις δενδρώδεις καλλιέργειες, η έλλειψη του Ζn εμφανίζεται με το χαρακτηριστικό σύμπτωμα της μικροφυλλίας ή ροζέτας, της μείωσης του αριθμού των ανθοφόρων οφθαλμών και της κλειστής εμφάνισής τους σε πολλές καλλιέργειες. Επίσης παρατηρείται και μία επιβράχυνση των μεσογονάτιων διαστημάτων και γενική εμφάνιση χλωρωτικών περιοχών στα ελάσματα. Οι περιεκτικότητες των ελασμάτων σε Ζn που μπορεί να συνδέονται με πιθανά τοξικά φαινόμενα και με την συμπτωματολογία τους, είναι συνήθως > 200 ppm και σχετίζεται με έλλειψη Fe ή Ρ, η οποία ενδεχομένως να είναι τελικά τοξική δράση των υψηλών συγκεντρώσεων Ζn.

Ο ψευδάργυρος είναι απαραίτητο θρεπτικό στοιχείο σε μικρές ποσότητες στον άνθρωπο, στα ζώα και στα φυτά.

Ο Raulin (1869 και 1870), ανακάλυψε τα ευεργετικά αποτελέσματα της παρουσίας του Zn στην ανάπτυξη του *Aspergi Zous niger*, οι δε ερευνητές Sommer et al. (1926), διατύπωσαν την άποψη ότι ο Zn σε μικρές ποσότητες είναι απαραίτητος για την ανάπτυξη των ανώτερων φυτών και ζώων.

3.3.1 Προέλευση του ψευδαργύρου

Γεωχημική προέλευση του Zn

Ο Lindsay (1972), υποστήριξε ότι η μέση ολική συγκέντρωση του ψευδαργύρου στη λιθόσφαιρα υπολογίζεται σε 80 mg Zn Kg^{-1} πετρώματος. Οι κύριες πηγές ψευδαργύρου είναι τα θειούχα ορυκτά (ZnS) όπως ο σφαλερίτης και ο βουρσίτης, ο σμιθσονίτης (ZnCO_3), ο βιλλεμίτης (ZnSiO_4), ο τσινγοσίτης (ZnSO_4), ο φρανκλινίτης (ZnFe_2O_4) και ο οπείτης [$(\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}]$.

Ο Lindsay (1991), υποστήριξε ότι η μέση ολική συγκέντρωση του Zn κυμαίνεται από 40 mg Zn kg^{-1} πετρώματος στα όξινα πετρώματα (γρανίτες), μέχρι $100 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ πετρώματος στα βασαλτικά πετρώματα.

Οι ερευνητές Kabata et al. (1992), υπολόγισαν ότι στα ιζηματογενή πετρώματα η συγκέντρωση του Zn κυμαίνεται από $80\text{-}120 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ πετρώματος ενώ στα ασβεστολιθικά πετρώματα και τους δολομίτες η συγκέντρωση του είναι πιο μικρή και κυμαίνεται από $10\text{-}30 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ πετρώματος.

Οι ερευνητές Graham (1953), Sillanpaa (1982), Lindsay (1979) και οι Kabata-Pendias και Pendias (1992), υπολόγισαν ότι η μέση συγκέντρωση του ψευδαργύρου στο έδαφος κυμαίνεται από $10\text{-}300 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ εδάφους ενώ η συνηθέστερη τιμή συγκεντρώσεως είναι 50 mg Zn kg^{-1} εδάφους.

Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις του Zn εμφανίζονται στα εδάφη podzols (28 mg Zn kg^{-1} εδάφους), ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις εμφανίζονται στα εδάφη fluvisols (60 mg Zn kg^{-1} εδάφους) και στα histosols (58 mg Zn kg^{-1} εδάφους).

3.3.2 Λιπάσματα και φυτοφάρμακα

Συχνά τα λιπάσματα τόσο τα ανόργανα όσο και τα οργανικά περιέχουν ψευδάργυρο με προσμίξεις. Οι ερευνητές Kandersson (1977) και ο Adriano (1986), υπολόγισαν ότι η συγκέντρωση Zn που περιέχεται στα φωσφορικά λιπάσματα κυμαίνεται από 50 μέχρι 1450 mg Zn kg⁻¹ λιπάσματος, στον ασβέστη από 10 μέχρι 450 mg Zn kg⁻¹ ασβέστη, ενώ στην κόπρο των ζώων από 15 μέχρι 250 mg Zn kg⁻¹ κόπρου.

Οι ίδιοι ερευνητές αναφέρουν ότι υπάρχουν παρασιτοκτόνα τα οποία περιέχουν Zn μέχρι και 25% της μάζας τους και για το λόγο αυτό θεωρείται ότι συμβάλλουν σημαντικά στην αύξηση της ρύπανσης των καλλιεργούμενων εδαφών.

3.3.3 Προσθήκη ψευδαργύρου από την ιλύ του βιολογικού καθαρισμού

Η ιλύς του βιολογικού καθαρισμού συχνά χρησιμοποιείται για τη βελτίωση της γονιμότητας των εδαφών, εξαιτίας των σημαντικών ποσοτήτων αζώτου, φωσφόρου και οργανικής ουσίας που περιέχει. Η ιλύς του βιολογικού καθαρισμού συχνά περιέχει Zn που κυμαίνεται σε μεγάλο εύρος συγκεντρώσεων, συνήθως υψηλότερες από τις τιμές των συγκεντρώσεων Zn που υπάρχουν στο έδαφος (Webber et al., 1984).

Ο ερευνητής Davis (1980), οι ερευνητές Dowdy et al., (1976) και ο ερευνητής O' Riordan (1986), υπολόγισαν ότι η ποσότητα του Zn στην ιλύ του βιολογικού καθαρισμού βρίσκεται σε ποσότητες 4100, 1500 και 2790 mg Zn kg ξηρής ουσίας

Οι ερευνητές Verloo και Tack (1988), υπολόγισαν ότι η κόπρος, τα ανόργανα λιπάσματα, οι κομπόστες και η ιλύς του βιολογικού καθαρισμού συμβάλλουν στη ρύπανση των αγροτικών περιοχών ως εξής:

- κόπρος 70%,
- ατμοσφαιρική απόθεση 25%, ανόργανα λιπάσματα 4,5%,
- κομπόστες 0,3%,
- ιλύς βιολογικού καθαρισμού 0,2%.

3.3.4 Ατμοσφαιρική απόθεση

Οι κυριότερες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης από Zn είναι η καύση του κάρβουνου και των υπόλοιπων ορυκτών καυσίμων, καθώς και η επιμετάλλωση (smelting of non-ferrous metals).

Οι παγκόσμιες απαιτήσεις σε καύσιμα καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το ποσοστό ρύπανσης του εδάφους από ψευδάργυρο. Σύμφωνα με τους Kabata και Rendials (1984), η ατμοσφαιρική απόθεση σε ψευδάργυρο υπολογίστηκε σε $11 \cdot 10^6$ t. το 1984. Η ποσότητα αυτή συγκρινόμενη με την ποσότητα το 1995 είναι κατά 100% υψηλότερη.

Εκτός από τις καύσεις και τις επιμεταλλώσεις τονίζεται ότι υπάρχουν και φυσικές πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης, όπως οι εκπομπές των αερίων από τα ηφαίστεια, καθώς και η σκόνη, με τα αιωρούμενα σωματίδια τα οποία σκορπίζονται στον αέρα.

3.3.5 Χημική συμπεριφορά του ψευδαργύρου στο έδαφος

Στο έδαφος ο Zn εμφανίζεται με τις εξής μορφές:

- ❖ Υδατοδιαλυτές μορφές Zn. Οι μορφές αυτές αποτελούν το σύνολο των ενώσεων του Zn που βρίσκονται στο εδαφικό διάλυμα.
- ❖ Ανταλλάξιμες μορφές Zn. Οι ανταλλάξιμες μορφές του Zn συγκρατούνται στη στερεή φάση του εδάφους.
- ❖ Συμπλοκοποιημένες μορφές Zn. Οι μορφές αυτές του Zn δημιουργούν σύμπλοκες ενώσεις με οργανικούς υποκαταστάτες. Στην ίδια κατηγορία περιλαμβάνονται οι ενώσεις του μετάλλου που είναι προσροφημένες στην οργανική ουσία.
- ❖ Μορφές Zn που είναι προσροφημένες – δεσμευμένες από τα ορυκτά της αργίλου και από τα αδιάλυτα μεταλλικά οξείδια.
- ❖ Μορφές του Zn σε μητρικά πετρώματα.

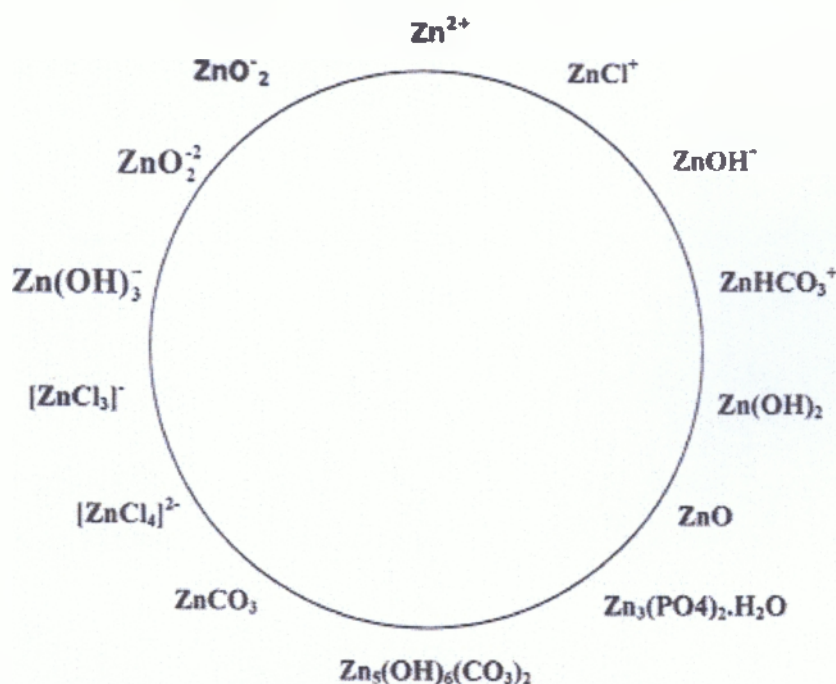
Οι μορφές του Zn που είναι βιοδιαθέσιμες, δηλαδή είναι δυνατό να προσληφθούν από τα φυτά είναι οι υδατοδιαλυτές.

Οι παράγοντες που είναι δυνατό να μετατοπίσουν τη χημική ισορροπία είναι οι κατωτέρω:

- ❖ Το φυτό και οι ρυθμοί πρόσληψης του ψευδαργύρου από αυτό.
- ❖ Απώλειες του ψευδαργύρου κατά την έκπλυση του εδάφους.
- ❖ Προσθήκη του Zn στο έδαφος είτε από αυξημένη γεωργική δραστηριότητα, είτε από αέριες αποθέσεις.
- ❖ Μεταβολή του % ποσοστού της υγρασίας του εδάφους.
- ❖ Μεταβολή της τιμής του pH του εδάφους.
- ❖ Ανοργανοποίηση της οργανικής ουσίας που περιέχεται στο έδαφος.
- ❖ Μεταβολή της τιμής του δυναμικού οξειδοαναγωγής που περιέχεται στο έδαφος.

Στο έδαφος ο Zn εμφανίζεται πιο συχνά με τη μορφή του δισθενούς ιόντος Zn^{2+} . Οι παράγοντες που καθορίζουν την κίνηση του ψευδαργύρου στο έδαφος είναι οι ίδιοι όπως και στην περίπτωση του χαλκού, αλλά ο ψευδάργυρος εμφανίζεται σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στην υδατοδιαλυτή του μορφή σε σχέση με το χαλκό (Hinz και Selim, 1994).

Οι μηχανισμοί που διέπουν την προσρόφηση του ψευδαργύρου από το έδαφος δεν είναι αρκετά γνωστοί. Πλήθος επιστημόνων έχουν ασχοληθεί με τις αντιδράσεις προσρόφησης ανάμεσα στον ψευδάργυρο και τα συστατικά του εδάφους, όπως οι Lindsay (1972), οι Farrah και Pickering (1977), ο Pevena (1976), οι Kuo και Mikkelsen (1979), οι Waba και Abd-Elgattah (1978), οι Bruemmer et al.(1988).



Εικόνα 3.2 Ιονικές μορφές και ενώσεις του Zn στο έδαφος.

Η προσρόφηση του Zn από το έδαφος γίνεται με δύο διαφορετικούς μηχανισμούς. Ο ένας μηχανισμός αναφέρεται σε όξινο περιβάλλον που εξαρτάται από τις επιφάνειες ιονοανταλλαγής και ο άλλος σε αλκαλικό περιβάλλον ο οποίος θεωρείται χημειορόφηση. Η χημειορόφηση εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την παρουσία στο εδαφικό διάλυμα οργανικών υποκαταστατών.

Οι ερευνητές McBride και Blasiac, υποστήριξαν ότι η συγκράτηση του υδροξειδίου του Zn από τις επιφάνειες της αργίλου καθορίζεται σε σημαντικό βαθμό από την τιμή του pH. Συγκεκριμένα η προσρόφηση του ιόντος Zn^{2+} είναι δυνατό να ελαττωθεί σε $pH < 7$ από την παρουσία ανταγωνιστικών κατιόντων. Αυτό συντελεί σε μεγάλη κινητικότητα και έκπλυση του Zn από τα όξινα ελαφριάς σύστασης εδάφη.

Σε υψηλότερες τιμές pH και με αύξηση της συγκέντρωσης των οργανικών ενώσεων, η διαλυτότητα του Zn οφείλεται στο σχηματισμό οργανοψευδαργυρικών ενώσεων.

Οι ερευνητές Zygin et al.(1976), υποστηρίζουν ότι η μεγαλύτερη ποσότητα του Zn συγκρατείται από τα οξείδια του σιδήρου και του αργιλίου (σε ποσοστό 14-38%), από τα ορυκτά της αργίλου (24-63%), ενώ οι υδατοδιαλυτές ενώσεις ανέρχονται σε 1 μέχρι 20%, τα δε σύμπλοκα με τις οργανικές ενώσεις σε ποσοστό 1,5 μέχρι 2,3% της συνολικής ποσότητας του Zn στο έδαφος.

Οι ερευνητές Waba και Abd-Elfattah (1978), διαπίστωσαν ότι η μεγαλύτερη τάση για προσρόφηση από τα οξείδια του σιδήρου και του αργιλίου, παρουσιάζεται

από τον αλλουσίτη, τον αλλοφανή, ενώ η μικρότερη από το μοντμοριλλονίτη.

3.3.6 Ο ψευδάργυρος στο σύστημα έδαφος - φυτό

Ο ψευδάργυρος στη θρέψη των φυτών

Τροφοπενίες ψευδαργύρου είναι δυνατό να παρατηρηθούν στις εξής κατηγορίες εδαφών:

- ❖ Σε εδάφη τα οποία είναι όξινα και πολύ ξεπλυμένα.
- ❖ Σε εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, διότι το ποσοστό του υδατοδιαλυτού Zn αυξάνεται με την αύξηση του ποσοστού της οργανικής ουσίας του εδάφους.
- ❖ Σε εδάφη ουδέτερα ή αλκαλικά. Το ποσοστό του Zn που είναι διαθέσιμο στα φυτά μειώνεται με την ανύψωση της τιμής του pH του εδάφους εξαιτίας της αυξημένης προσρόφησης του Zn από τις αρνητικά φορτισμένες επιφάνειες του εδάφους.
- ❖ Σε εδάφη με χαμηλές θερμοκρασίες ελαττώνεται η πρόσληψη του Zn από τα φυτά, κυρίως λόγω της μικρότερης ανάπτυξης των ριζών.
- ❖ Σε εδάφη με υψηλές συγκεντρώσεις φωσφόρου ελαττώνεται η διαθεσιμότητα και η πρόσληψη του ψευδαργύρου από τα φυτά. Μεταξύ των στοιχείων ψευδαργύρου και φωσφόρου αναπτύσσονται έντονα ανταγωνιστικά φαινόμενα. Η ανταγωνιστική δράση του ψευδαργύρου με το φώσφορο σχετίζεται με τις χημικές αντιδράσεις που συμβαίνουν στη ριζόσφαιρα. (Olsen, 1972 Smilde et al., 1974). Ανταγωνιστικότητα του ψευδαργύρου και των στοιχείων σίδηρος, χαλκός, άζωτο και ασβέστιο εμφανίζεται όταν οι συγκεντρώσεις των στοιχείων αυτών είναι υψηλές και δημιουργούν ανταγωνιστική δράση με αποτέλεσμα τη μείωση της ικανότητας των φυτών να προσλαμβάνουν Zn. Η εμφάνιση τροφοπενιών Zn εξαρτάται από το είδος του φυτού.

Το κριθάρι, η σίκαλη, η βρώμη, το σιτάρι και το ρύζι είναι φυτά που δεν είναι ευαίσθητα στις τροφοπενίες Zn. Οι πατάτες, οι τομάτες, τα κρεμμύδια, η μηδική, το σόργο είναι μετρίως ευαίσθητα φυτά στις τροφοπενίες Zn ενώ το καλαμπόκι, το λινάρι, η σόγια και τα φασόλια είναι φυτά πολύ ευαίσθητα στις τροφοπενίες Zn. Επίσης τα οπωροφόρα δένδρα μηλιές, λεμονιές, ροδακιές και το αμπέλι είναι πολύ ευαίσθητα στις τροφοπενίες Zn.

Στον πίνακα 3,7 παρουσιάζονται τα συμπτώματα από τις τροφοπενίες ψευδαργύρου σε ορισμένα φυτά.

Πίνακας 3,7 Χαρακτηριστικά συμπτώματα τροφοπενιών Zn σε φυτά

Φυτό	Συμπτώματα	Βιβλιογραφία
Μηλιά (<i>Malus spp</i>)	Στα φύλλα που εκπτύσσονται την άνοιξη, παρουσιάζονται μικρές χαρακτηριστικές κηλίδες.	Davidson και Judkins, (1949)
Εσπεριδοειδή (<i>Citrus Fruits</i>)	Τα φύλλα γίνονται χλωρωτικά	Camp et al. (1949)
Καλαμπόκι (<i>Zea mays</i>)	Τα φύλλα γίνονται χλωρωτικά και παρουσιάζουν ένα λευκό υμένιο προς το κάτω μέρος τους.	Krantz και Brown, (1961) Bamette και Wamer, (1953)
Πατάτα (<i>Solanum tuberosum</i>)	Τα φύλλα παρουσιάζουν φιδίζουσες και χρώματος κηλίδες.	Bamette et al. (1936) Jones et al. (1949)
Καπνός (<i>Nicotiana tabacum</i>)	Τα φύλλα αρχικά λεπταίνουν και τελικά νεκρώνονται	McMunrey,(1949)
Τομάτα (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	Τα φύλλα παρουσιάζουν χλωρωτικά φαινόμενα κάμπτονται προς το εσωτερικό του φυτού	Lingle et al. (1958)

Τα κυριότερα συμπτώματα τοξικότητας των φυτών από το ψευδάργυρο είναι τα χλωρωτικά, κυρίως στα νεαρά φύλλα και προβλήματα στην ανάπτυξη των φυτών. Οι βιοχημικές διεργασίες που γίνονται στο φυτό όταν οι συγκεντρώσεις του ψευδαργύρου είναι ιδιαίτερα υψηλές είναι παρόμοιες με αυτές του χαλκού. Ο ψευδάργυρος όμως θεωρείται ένα από τα λιγότερο φυτοτοξικά βαρέα μέταλλα. Το όριο φυτοτοξικότητας καθορίζεται από το είδος του φυτού και το γενότυπό του. Τα συνήθη όρια φυτοτοξικότητας σε μεγάλο αριθμό φυτών κυμαίνονται από 100 μέχρι 500 mg L (Macnicol Kat Beckett, 1985).

3.3.7 Τοξικά συμπτώματα Zn στα φυτά παρουσιάζονται στα εξής εδάφη

- ❖ Σε όξινα εδάφη με μεγάλο ποσοστό οργανικής ουσίας.
- ❖ Σε εδάφη που είναι ρυπασμένα από ψευδάργυρο προερχόμενου από επιμεταλλώσεις.
- ❖ Σε εδάφη τα οποία έχουν προκύψει από αποσάθρωση μητρικών

πετρωμάτων που είναι πλούσια σε ψευδάργυρο.

Τα περισσότερα όμως είδη φυτών είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά σε μεγάλες ποσότητες ψευδαργύρου.

3.3.8 Πρόσληψη και μεταφορά του ψευδαργύρου στα φυτά

Η πρόσληψη του Zn από τα φυτά εξαρτάται από τη συγκέντρωση αυτού στο εδαφικό διάλυμα ή από τη συγκέντρωση αυτού στο θρεπτικό διάλυμα όπου αναπτύσσονται τα φυτά.

Οι μορφές με τις οποίες ο Zn προσλαμβάνεται από τα φυτά είναι οι εξής:

- ❖ Zn σε μεταλλική μορφή,
- ❖ Zn^{+} κυρίως ως προϊόν υδρόλυσης και με τη μορφή σύμπλοκων ενώσεων με την οργανική ουσία του εδάφους (Weinberg, 1977, Halvorsen και Lindsay, 1977).

Ο ψευδάργυρος σχηματίζει δεσμούς στο εσωτερικό των φυτών με χαμηλού μοριακού βάρους πρωτεΐνες.

Ο ρυθμός πρόσληψης του Zn από τα φυτά εξαρτάται από το είδος του φυτού, από τον τύπο του εδάφους ως και από την παρουσία του ασβεστίου στο έδαφος (Ibekwe et al, 1998, Brown et al., 1995). Η κίνηση του Zn στα φυτικά μέρη είναι υψηλότερη σε σχέση με την κίνηση του χαλκού. Τούτο συμβαίνει μόνο όταν η συγκέντρωση του Zn στο εδαφικό διάλυμα είναι υψηλή. Στις περιπτώσεις που η συγκέντρωση του Zn είναι χαμηλή, μειώνεται και η κίνησή του προς τα διάφορα όργανα του φυτού.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γνωστό, ότι ένα μέρος των θρεπτικών στοιχείων των λιπασμάτων αξιοποιείται από τα φυτά το πρώτο έτος μετά την προσθήκη τους (50 – 60 % του N, 18 % - 20 % του P και του K αντίστοιχα). Τα υπόλοιπα θρεπτικά στοιχεία των λιπασμάτων δεσμεύονται από τα κολλοειδή του εδάφους (ιδιαίτερα ο P και το K αποθηκεύονται στο έδαφος σε μορφή μη αφομοιώσιμη από τα φυτά). Ενώ το άζωτο ξεπλένεται με τα αρδευόμενα νερά ή της βροχής ή εξατμίζεται στην ατμόσφαιρα.

Η συγκεκριμένη πειραματική εργασία έχει σκοπό τη μελέτη της υπολειμματικής δράσης των λιπασμάτων και ιδιαίτερα των επιπέδων του N και του Zn στην ανάπτυξη, συσσώρευση νωπής και ξηρής βιομάζας, της συγκέντρωσης των θρεπτικών στοιχείων και ψευδαργύρου στο υπέργειο μέρος του φυτού του μαρουλιού καθώς και στο έδαφος.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για την πραγματοποίηση του πειράματος στο υπόστεγο χώρο του εργαστηρίου της εδαφολογίας του ΑΤΕΙ Καλαμάτας εγκαταστάθηκε πείραμα σε δοχεία ανάπτυξης φυτών, στα οποία είχε αναπτυχθεί την προηγούμενη καλλιεργητική περίοδο η ποικιλία μαρουλιού Paris Island cos. Την πρώτη χρονιά στα δοχεία είχαν προστεθεί διάφορα επίπεδα N και Zn. Τα δοχεία είχαν χωρητικότητα 5 lit και είχε χρησιμοποιηθεί κοσκινισμένο έδαφος από το αγρόκτημα του ΑΤΕΙΚ. Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του εδάφους δίνονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Μηχανική σύσταση	Άμμος	ΐλύς	Άργιλος	Αμμοαργιλώδες
	79,24%	10,1%	10,66%	
ρΗ (1:1)	6,39 (ελαφρά όξινο έως ουδέτερο)			
Αγωγιμότητα (EC)%	454ms/cm			
CaCO ₃	11,07			
Οργανική ουσία %	4,20			
Αφομοιώσιμος Ρ	46,44 ppm			
Ανταλλάξιμα Κ	0,6 meq/100gr εδάφους			
“ Na	0,16 meq/100gr εδάφους			
Ολικά ιχνοστοιχεία Fe	1,653			
“ Cu	2,78			
“ Zn	3,311			
“ Mn	3,45			
Βαριά μέταλλα Cd	0			
“ Pb	4,528			

Σε κάθε δοχείο τοποθετήθηκαν στον πυθμένα κομμάτια από πηλό (95g) και σωλήνας μήκους 15cm για το ελεγχόμενο πότισμα κάθε δοχείου. Έπειτα προστέθηκαν 3,800kgρ έδαφος αεροξηραμένο. Πραγματοποιήθηκε ο προσδιορισμός της υδατοχωρητικότητας του εδάφους. Βρέθηκε το έδαφος να έχει 30,17% υδατοχωρητικότητα. Με βάση την τιμή αυτή το συνολικό βάρος για πότισμα των δοχείων αντιστοιχούσε σε 5545gr.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ

Το πειραματικό σχέδιο του πρώτου έτους περιλάμβανε 17 μεταχειρίσεις σε 5 επαναλήψεις όπου είχαν προστεθεί διάφορα επίπεδα αζώτου (0 – 0,15 – 0,30 - ,45 gr/kg εδάφους). Επίσης υπήρχαν μεταχειρίσεις χωρίς την προσθήκη N μόνο με την προσθήκη P, K (0 – 0,15 gr/kg εδάφους) αντίστοιχα. Στις μεταχειρίσεις αυτές είχε προστεθεί Zn (40, 120, 250, 500 ppm). Υπήρχε μάρτυρας χωρίς λιπάσματα.

Πίνακας 2

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	1	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	1,2,3,4,5
	2	P0,15,K0,15+40ppm Zn	6,7,8,9,10
	3	P0,15,K0,15+120ppm Zn	11,12,13,14,15
	4	P0,15,K0,15+250ppm Zn	16,17,18,19,20
	5	P0,15,K0,15+500ppm Zn	21,22,23,24,25
	6	N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	26,27,28,29,30
	7	N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	31,32,33,34,35
	8	N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	36,37,38,39,40
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	9	N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	41,42,43,44,45
	10	N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	46,47,48,49,50
	11	N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	51,52,53,54,55
	12	N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	56,57,58,59,60

13	N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	61,62,63,64,65
14	N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	66,67,68,69,70
15	N0,45,P0,15,K0,15+120 ppm Zn	71,72,73,74,75
16	N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	76,77,78,79,80
17	N0,45,P0,15,K0,15+500ppm Zn	81,82,83,84,85

Τη δεύτερη χρονιά, στα ίδια δοχεία των μεταχειρίσεων πριν τη φύτευση των σπορόφυτων, το έδαφος του κάθε δοχείου είχε αναμοχλευτεί χωρίς να προστεθούν λιπάσματα, όπου στη συνέχεια αναπτύχθηκε καλλιέργεια μαρουλιού. Τα δοχεία ποτίζονταν και το έδαφος διατηρούνταν σε 70 % της υδατοχωρητικότητάς του.

Καλλιεργητικές εργασίες

Κατά την διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω καλλιεργητικές εργασίες:

- Αραίωμα των φυτών.
- Ξεβοτάνισμα των ζιζανίων.
- Σκάλισμα για τον αερισμό του εδάφους.
- Προληπτικός ψεκασμός με εντομοκτόνο και μυκητοκτόνο των φυτών.

Λήψη φυτών, δειγμάτων εδάφους και προετοιμασία τους για τις χημικές αναλύσεις.

Έγινε λήψη φυτών και δειγμάτων εδάφους στο τέλος της βλαστικής περιόδου. Στη συνέχεια τα δείγματα φυτών διαχωρίστηκαν σε υπέργειο μέρος και ρίζα. Ζυγίστηκε το νερό τους βάρος. Έγινε η πλύση τους με απορρυπαντικό, ξέπλυμα με άφθονο και απονισμένο νερό. Τα φυτά τοποθετήθηκαν σε διηθητικό χαρτί σε πάγκους του εργαστηρίου για να στεγνώσουν και να κωδικοποιηθούν. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν στο φούρνο στους 80° C για 48ώρες για ξήρανση. Κατόπιν ζυγίστηκε το ξηρό βάρος του υπέργειου μέρους του φυτού και της ρίζας. Τα δείγματα

θρυμματίστηκαν και αλέστηκαν σε ειδικό μύλο ώστε να αξιοποιηθούν για ανάλυση. Τα δείγματα εδάφους απλώθηκαν στο πατάρι του εργαστηρίου για ξήρανση. Κοσκινίστηκαν με κόσκινο διαμέτρου 2mm και τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες.

ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

Οι χημικές αναλύσεις του εδάφους έγιναν με τις παρακάτω μεθόδους που χρησιμοποιούνται στο εργαστήριο 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 Walkey and black
- Το pH μετρήθηκε με πεχάμετρο
- Η ηλεκτρική αγωγιμότητα με το αγωγιμόμετρο
- Ο αφομοιώσιμος φώσφορος με την μέθοδο Olsen
- Το ανταλλάξιμο K και Na με το φλογοφωτόμετρο μετά από εκχύλιση με το οξικό αμμώνιο ($\text{NH}_4 \text{AC}$)
- Το ανταλλάξιμο Ca και Mg με ατομική απορρόφηση
- Το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) με την μέθοδο Bernard
- Τα ιχνοστοιχεία με την μέθοδο DTPA

Προσδιορισμός ιχνοστοιχείων στο έδαφος με τη μέθοδο DTPA

Το εκχυλιστικό αυτό διάλυμα παρασκευάζεται με τη χρησιμοποίηση 0,005 M DTPA, 0.01 M CaCl_2 , 0.01 M TEA. Το pH του εκχυλιστικού αυτού διαλύματος διορθώνεται στο 7,3. Για να παρασκευασθούν 2 lit. του εκχυλιστικού αυτού διαλύματος διαλύεται με 29,84 g TEA, 3.94 g DTPA και 2,94 g $\text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ σε 200 ml απεσταγμένο νερό. Το διάλυμα αφήνεται για αρκετή ώρα, ώστε να διαλυθεί το DTPA. Ακολούθως, ανάγεται ο όγκος του διαλύματος σε $7,3 \pm 0,05$ με τη χρησιμοποίηση κανονικού διαλύματος (1N) HCL με ταυτόχρονη ανάδευση. Μετά τη διόρθωση του pH γίνεται εκ νέου αναγωγή του όγκου του εκχυλιστικού διαλύματος στα 2 lit. Το διάλυμα αυτό είναι σταθερό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μερικούς μήνες.

Διαδικασία προσδιορισμού

Σε κωνική φιάλη των 100 ml φέρονται 10 g αεροξηραθέντος εδάφους. Προστίθενται 20 ml από το παραπάνω αναφερόμενο εκχυλιστικό διάλυμα. Πωματίζεται η κωνική φιάλη με πλαστικό πώμα και ανακινείται σε παλμικό ανακινητήρα για δύο ώρες. Τέλος ,το αιώρημα του εδάφους διηθείται με τη χρησιμοποίηση ηθμού Whatman No. 42. Το διήθημα αυτό θεωρείται κατάλληλο για την μέτρηση των Cu, Zn, Fe, Mn.

Τα υπόλοιπα θρεπτικά στοιχεία με την μέθοδο της αποτέφρωσης και αποδιοργάνωσης με οξέα και ο προσδιορισμός τους στην ατομική απορρόφηση, φασματοφωτόμετρο και φλογοφωτόμετρο

Προσδιορισμός ιχνοστοιχείων με τη μέθοδο αποτέφρωσης και υπόλοιπων θρεπτικών στοιχείων στους φυτικούς ιστούς

Η μέθοδος αυτή είναι γρήγορη και ακίνδυνη, ενώ ταυτόχρονα μπορούν να χρησιμοποιηθούν δείγματα μεγάλου βάρους (1-2 gr) τα οποία περιορίζουν τα σφάλμα των αναλύσεων. Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζονται τα περισσότερα μικροστοιχεία. Η αποτέφρωση γίνεται στη μικρότερη δυνατή θερμοκρασία και σε όσο το δυνατόν μικρότερο χρόνο για τον προσδιορισμό των παραπάνω στοιχείων.

Κατά τη μέθοδο αυτή κονιοποιούμενα δείγματα βάρους 0,5-1 gr. τοποθετούνται σε χωνευτήρια από πορσελάνη No 102/40. Τα χωνευτήρια τοποθετούνται σε φούρνο υψηλής θερμοκρασίας και τα δείγματα αποτεφρώνονται στους 515°C για 3 ώρες.

Μετά την καύση τα δείγματα αφήνονται να επανέρθουν σε κανονική θερμοκρασία και στην συνέχεια συμπληρώνεται 1-2 ml νερό και 3-4 ml διαλύματος HCL 1:1 κατ' όγκο. Το χωνευτήρι καλύπτεται με ύαλο ωρολογίου και τοποθετείται σε ατμόλουτρο για 15 λεπτά. Ακολούθως διηθείται το δείγμα με ηθμό No 44, ο οποίος προηγουμένως έχει εκπλυθεί με διάλυμα HCL. Το διήθημα συλλέγεται σε ογκομετρικές φιάλες των 50 ml. Μετά τη διήθηση του δείγματος, το χωνευτήρι και ο ηθμός ξεπλένονται 3-4 φορές με νερό. Τέλος, γίνεται αναγωγή του όγκου του διηθήματος στα 50 ml με την προσθήκη νερού.

Το διάλυμα που παρασκευάζεται με τον τρόπο αυτό θεωρείται κατάλληλο για τον προσδιορισμό των Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Mn, Al, Zn και Cu.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σύμφωνα με τα ληφθέντα δεδομένα μελετήθηκε η υπολειμματική δράση των επιπέδων αζώτου σε συνδυασμό με τα επίπεδα ψευδαργύρου στην συσσώρευση νωπής φυτομάζας και ξηρού βάρους σε υπέργειο μέρος και ρίζας μαρουλιού καθώς και στην περιεκτικότητα των θρεπτικών στοιχείων και Zn καθώς και στο έδαφος.

Στους πίνακες και σχήματα παρουσιάζονται αναλυτικά στοιχεία για τους παραπάνω αναφερόμενους παραμέτρους.

Στο έδαφος :

- Στο πίνακα 3 και σχήμα 1 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε ολικό Ca.
- Στο πίνακα 4 και σχήμα 2 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε CaCO₃.
- Στο πίνακα 5 και σχήμα 3 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε Na.
- Στο πίνακα 6 και σχήμα 4 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα του αφομοιώσιμου P.
- Στο πίνακα 7 και σχήμα 5 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα του ανταλλάξιμου K.
- Στο πίνακα 8 και σχήμα 6 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε Fe.
- Στο πίνακα 9 και σχήμα 7 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε Mg.
- Στο πίνακα 10 και σχήμα 8 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε Zn.

Σημείωση : Στο παράρτημα υπάρχουν πίνακες και σχήματα με τα προαναφερόμενα στοιχεία στο έδαφος των δοχείων χωρίς ανάπτυξη φυτών μαρουλιού.

Επίσης στο παράρτημα υπάρχει στατιστική ανάλυση κατά Duncan της αλληλεπίδρασης του αζώτου με τον Zn στο έδαφος όπου υπήρχαν φυτά.

Στους φυτικούς ιστούς :

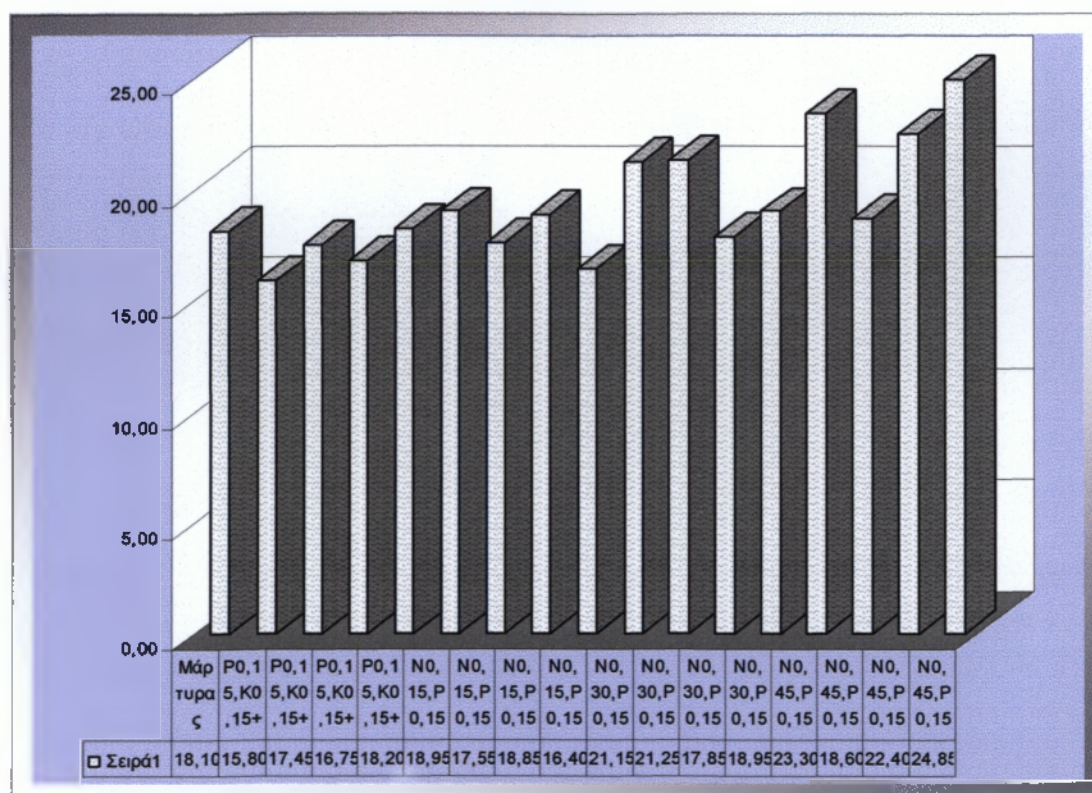
- Στο πίνακα 11 και σχήμα 9 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν το βάρος νωπής βιομάζας του υπέργειου μέρους του φυτού.
- Στο πίνακα 12 και σχήμα 10 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν το βάρος νωπής βιομάζας του υπόγειου μέρους του φυτού.

- Στο πίνακα 13 και σχήμα 11 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν το βάρος ξηρής βιομάζας του υπέργειου μέρους του φυτού.
- Στο πίνακα 14 και σχήμα 12 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν το βάρος ξηρής βιομάζας του υπόγειου μέρους του φυτού.
- Στο πίνακα 15 και σχήμα 13 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε ολικό N.
- Στο πίνακα 16 και σχήματα 14α,14β,14γ παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε NO_3 .
- Στο πίνακα 17 και σχήμα 15 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε Ca.
- Στο πίνακα 18 και σχήμα 16 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε Na.
- Στο πίνακα 19 και σχήμα 17 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε Mg.
- Στο πίνακα 20 και σχήμα 18 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε P.
- Στο πίνακα 21 και σχήμα 19 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε K.
- Στο πίνακα 22 και σχήμα 20 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε Zn.
- Στο πίνακα 23 και σχήμα 21 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε Fe.

Πίνακας 3

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ ΜΕ ΦΥΤΑ	Ca ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ
Μάρτυρας	18,10
P0,15,K0,15+40ppm Zn	15,80
P0,15,K0,15+120ppm Zn	17,45
P0,15,K0,15+250ppm Zn	16,75
P0,15,K0,15+500ppm Zn	18,20
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	18,95
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	17,55
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	18,85
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	16,40
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	21,15
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	21,25
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	17,85
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	18,95
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	23,30
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	18,60
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	22,40
N0,45,P0,15,K0,15+500ppm Zn	24,85

Σχήμα 1



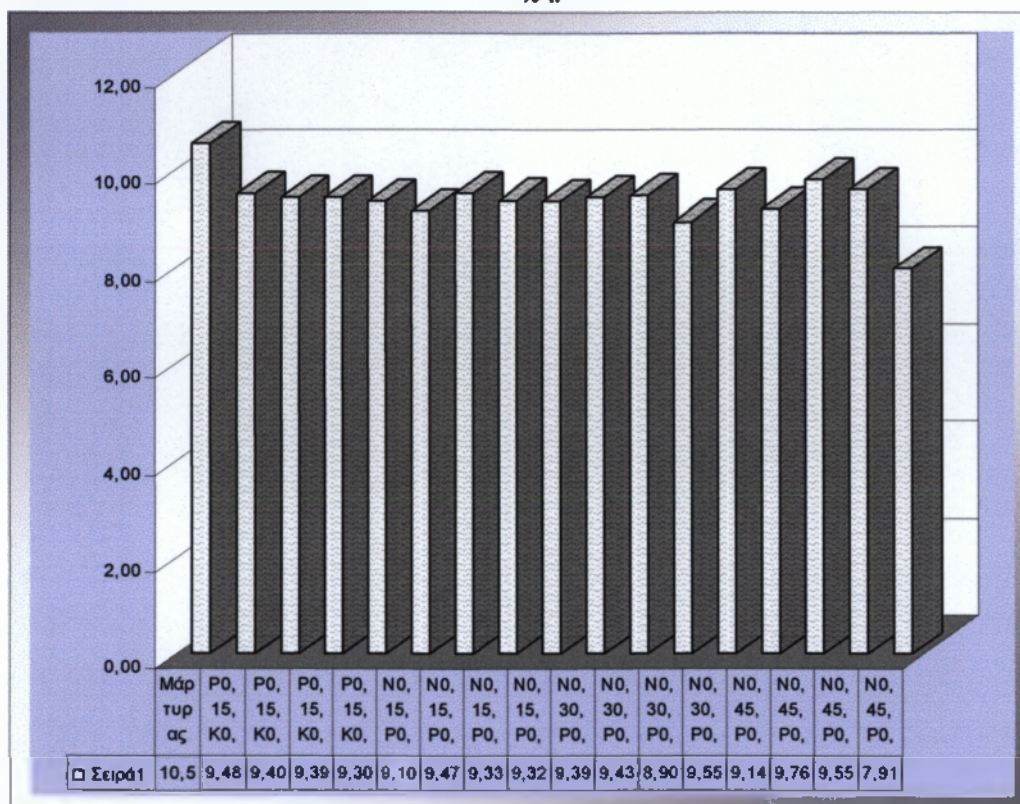
Στο πίνακα 3 και σχήμα 1 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε ολικό Ca.

Σύμφωνα με τα στοιχεία η περιεκτικότητα σε ολικό Ca κυμαίνεται από 15,80 έως 24,85 mg/100gr χωρίς να υπάρχει καμία εξάρτηση από τα λιπάσματα που προστέθηκαν στο έδαφος.

Πίνακας 4

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ ΜΕ ΦΥΤΑ	CaCO ₃ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ
Μάρτυρας	10,50
P0,15,K0,15+40ppm Zn	9,48
P0,15,K0,15+120ppm Zn	9,40
P0,15,K0,15+250ppm Zn	9,39
P0,15,K0,15+500ppm Zn	9,30
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	9,10
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	9,47
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	9,33
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	9,32
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	9,39
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	9,43
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	8,90
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	9,55
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	9,14
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	9,76
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	9,55
N0,45,P0,15,K0,15+500ppm Zn	7,91

Σχήμα 2



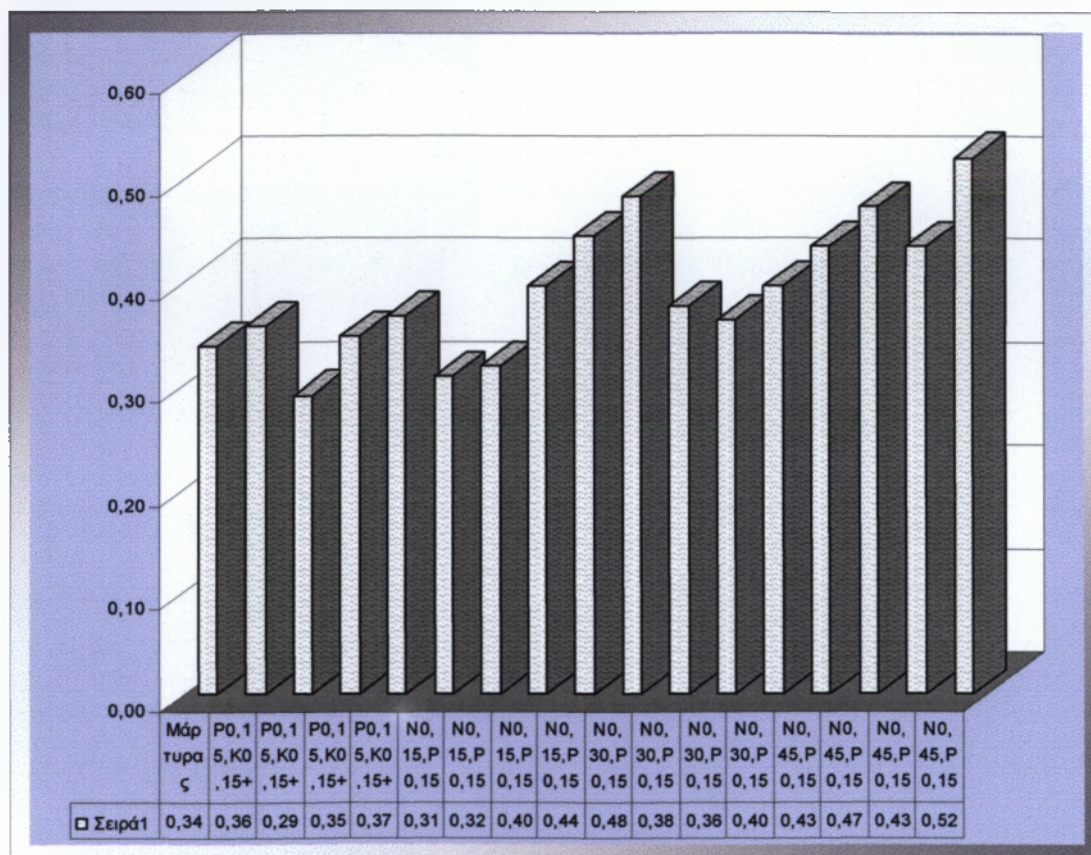
Στο πίνακα 4 και σχήμα 2 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε CaCO₃ στο έδαφος.

Η περιεκτικότητα του ανθρακικού ασβεστίου στο έδαφος δεν διαφοροποιείται από την προσθήκη και την υπολειμματική δράση των λιπασμάτων.

Πίνακας 5

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ ΜΕ ΦΥΤΑ	Na ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ
Μάρτυρας	0,34
P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,36
P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,29
P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,35
P0,15,K0,15+500ppm Zn	0,37
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,31
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,32
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,40
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	0,44
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,48
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,38
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,36
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	0,40
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,43
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,47
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,43
N0,45,P0,15,K0,15+500ppm Zn	0,52

Σχήμα 3



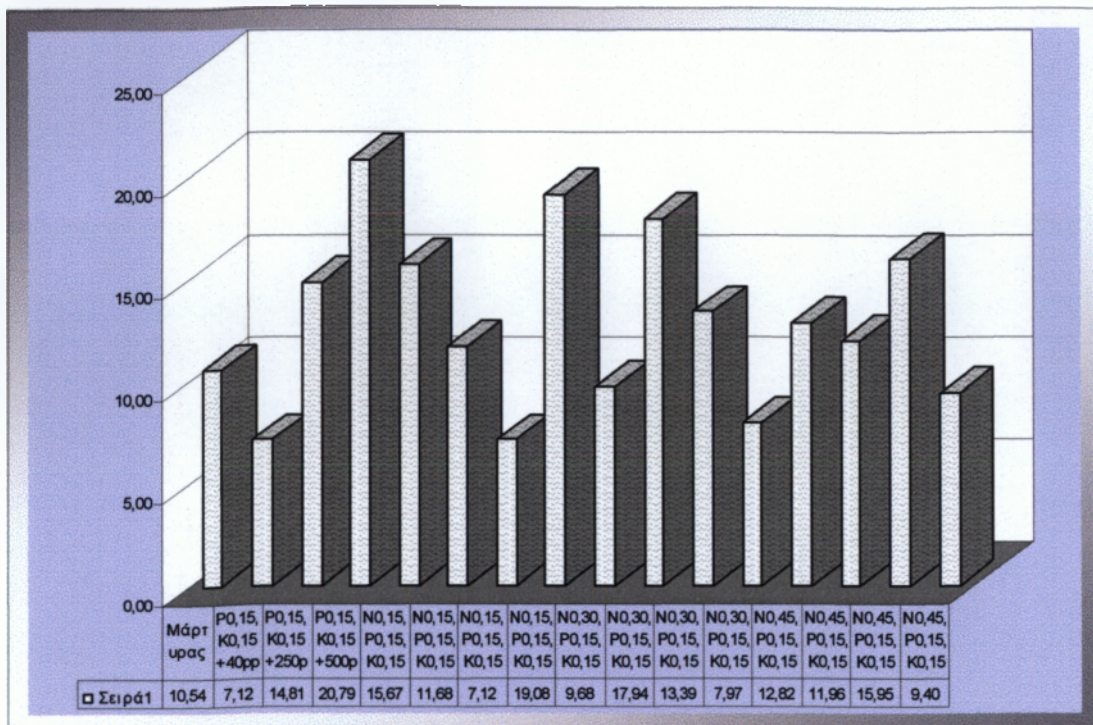
Στο πίνακα 5 και σχήμα 3 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε Na στο έδαφος.

Η περιεκτικότητα του Νατρίου στο έδαφος δεν διαφοροποιείται από την προσθήκη και την υπολειμματική δράση των λιπασμάτων.

Πίνακας 6

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ ΜΕ ΦΥΤΑ	P ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ
Μάρτυρας	10,54
P0,15,K0,15+40ppm Zn	7,12
P0,15,K0,15+250ppm Zn	14,81
P0,15,K0,15+500ppm Zn	20,79
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	15,67
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	11,68
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	7,12
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	19,08
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	9,68
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	17,94
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	13,39
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	7,97
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	12,82
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	11,96
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	15,95
N0,45,P0,15,K0,15+500ppm Zn	9,40

Σχήμα 4



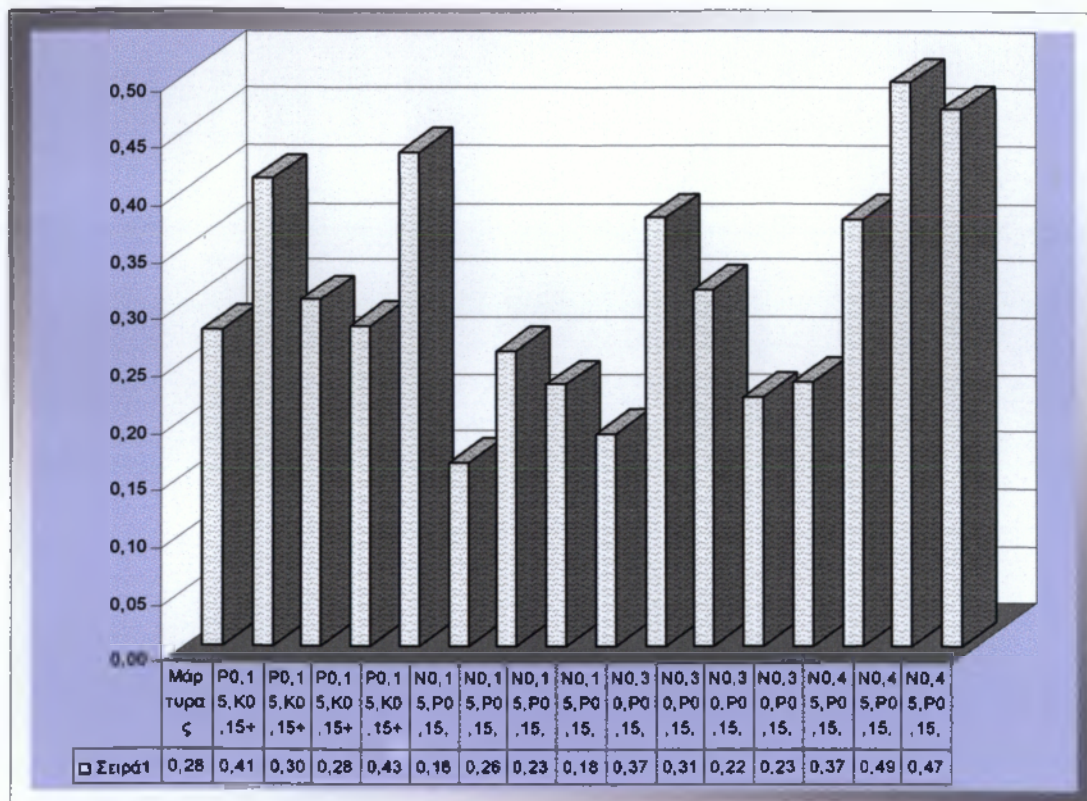
Στο πίνακα 6 και σχήμα 4 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα του αφομοιώσιμου P το δεύτερο έτος καλλιέργειας μαρουλιού.

Η περιεκτικότητα του αφομοιώσιμου φωσφόρου στο έδαφος το δεύτερο έτος καλλιέργειας μαρουλιού χωρίς την προσθήκη του κυμαίνεται από 7,12 έως 20,79 ppm και είναι ανεπαρκής για την καλλιέργεια μαρουλιού. Θεωρείται επαρκής ο αφομοιώσιμος φώσφορος όταν βρίσκεται στα όρια 26-30 ppm για εδάφη θερμοκηπίου.

Πίνακας 7

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ ΜΕ ΦΥΤΑ	Κ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ
Μάρτυρας	0,28
P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,41
P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,30
P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,28
P0,15,K0,15+500ppm Zn	0,43
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,16
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,26
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,23
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	0,18
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,37
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,31
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,22
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	0,23
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,37
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,49
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,47

Σχήμα 5



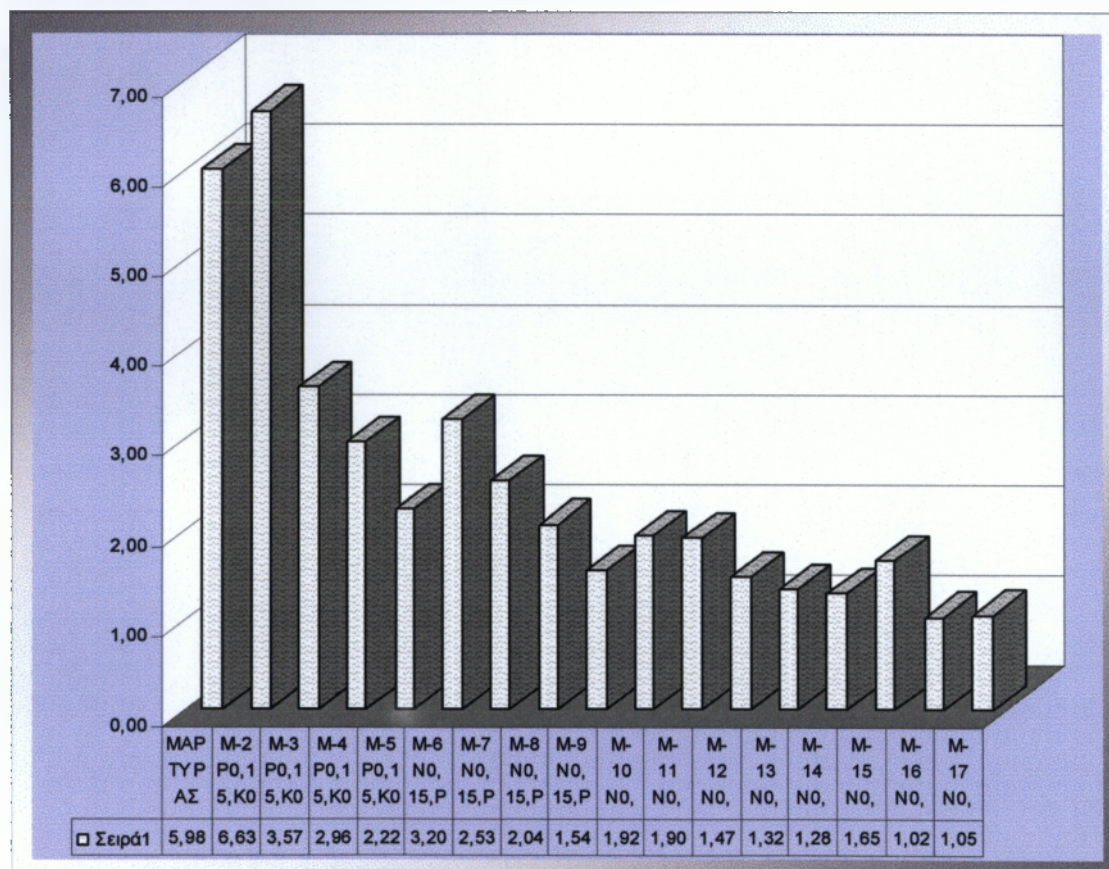
Στο πίνακα 7 και σχήμα 5 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα του ανταλλάξιμου Κ στο έδαφος.

Το ανταλλάξιμο κάλιο την δεύτερη καλλιεργητική περίοδο κυμαίνεται από 0,16 έως 0,49 mg/100gr εδάφους και είναι από πολύ ανεπαρκής έως ανεπαρκής για τα εδάφη του θερμοκηπίου. Δεν παρατηρήθηκε καμία συσχέτιση με την υπολειμματική δράση του ψευδαργύρου.

Πίνακας 8

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Fe ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	5,98
P0,15,K0,15+40ppm Zn	6,63
P0,15,K0,15+120ppm Zn	3,57
P0,15,K0,15+250ppm Zn	2,96
P0,15,K0,15+500ppm Zn	2,22
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	3,20
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	2,53
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	2,04
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	1,54
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	1,92
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	1,90
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	1,47
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	1,32
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	1,28
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	1,65
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	1,02
N0,45,P0,15,K0,15+500ppm Zn	1,05

Σχήμα 6



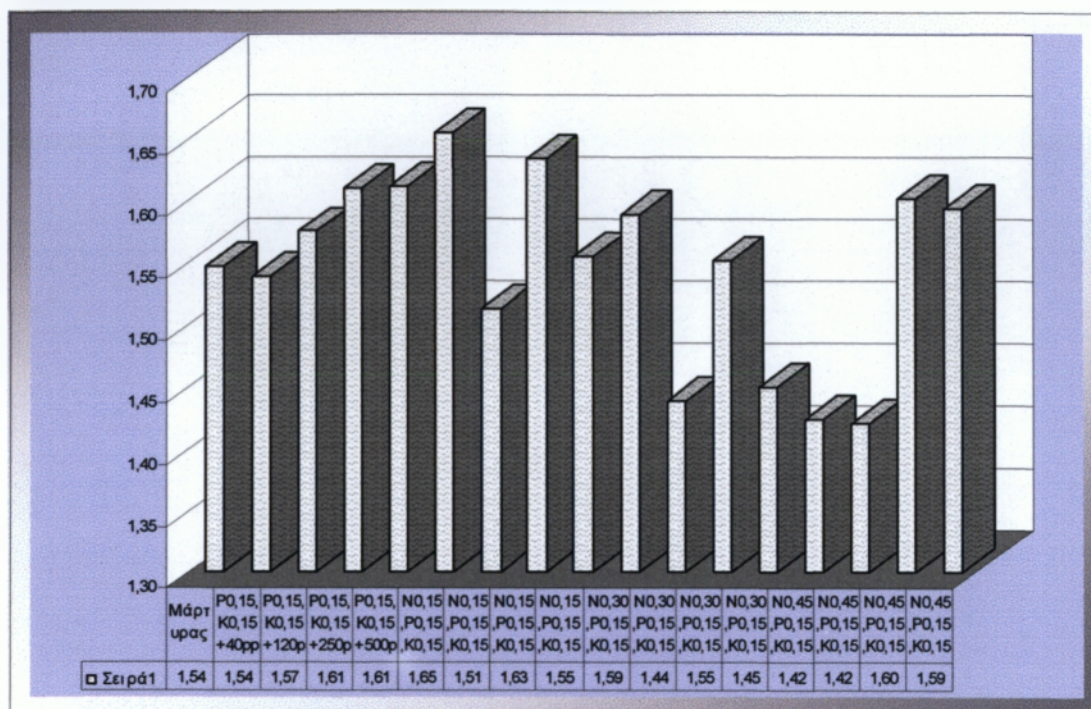
Στο πίνακα 8 και σχήμα 6 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε Fe στο έδαφος.

Η περιεκτικότητα του σιδήρου το δεύτερο έτος καλλιέργειας μαρουλιού χωρίς την προσθήκη λιπασμάτων είναι αυξημένη στις πρώτες δύο μεταχειρίσεις (μάρτυρας χωρίς λιπάσματα και χωρίς άζωτο), ενώ παρατηρούνται στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις μειωμένες τιμές σιδήρου, ιδιαίτερα στις μεταχειρίσεις με υπολειμματική δράση των υψηλών δόσεων ψευδαργύρου. Επίσης παρατηρείται χαμηλή συγκέντρωση σιδήρου στις μεταχειρίσεις όπου έχει προστεθεί την προηγούμενη καλλιεργητική περίοδο υψηλή δόση αζώτου(0,45 gr /kg εδάφους).

Πίνακας 9

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΞΕΙΣ ΜΕ ΦΥΤΑ	Mg ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ
Μάρτυρας	1,54
P0,15,K0,15+40ppm Zn	1,54
P0,15,K0,15+120ppm Zn	1,57
P0,15,K0,15+250ppm Zn	1,61
P0,15,K0,15+500ppm Zn	1,61
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	1,65
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	1,51
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	1,63
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	1,55
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	1,59
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	1,44
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	1,55
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	1,45
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	1,42
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	1,42
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	1,60
N0,45,P0,15,K0,15+500ppm Zn	1,59

Σχήμα 7



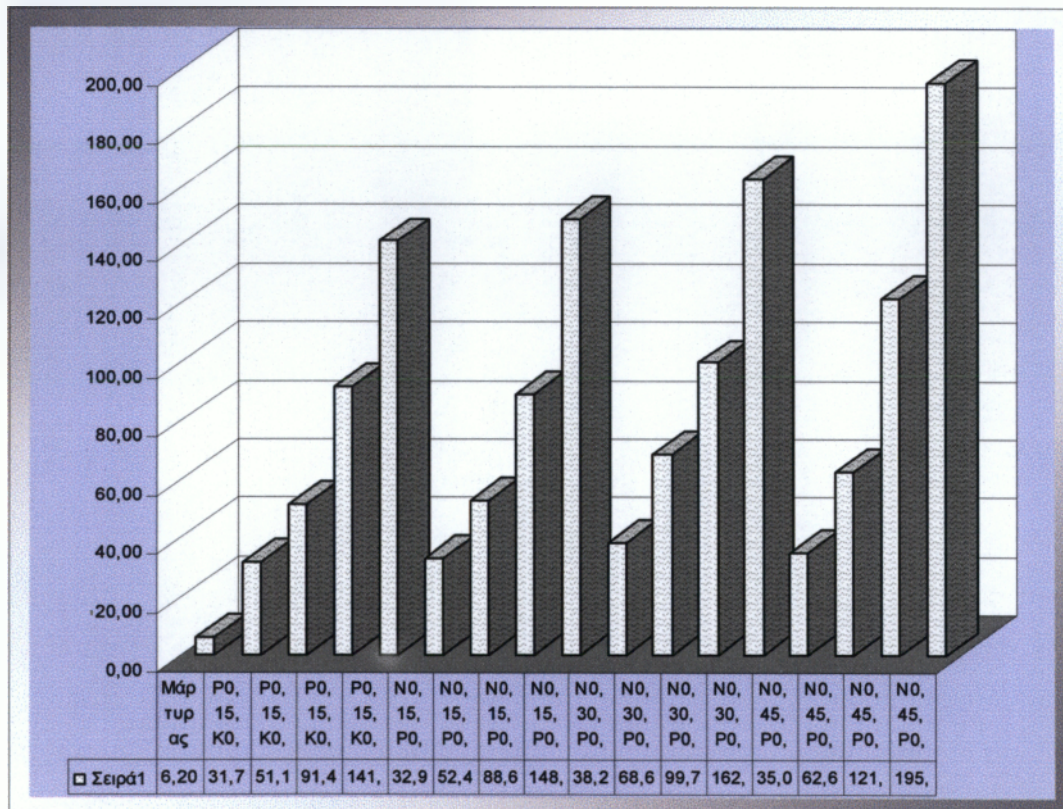
Στο πίνακα 9 και σχήμα 7 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε Mg στο έδαφος.

Η περιεκτικότητα του ανταλλάξιμου μαγνησίου στο έδαφος το δεύτερο έτος καλλιέργειας μαρουλιού βρίσκεται σε σταθερά επίπεδα 1,50 mg/100gr εδάφους χωρίς να διαφοροποιείται από την υπολειμματική δράση των λιπασμάτων.

Πίνακας 10

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ ΜΕ ΦΥΤΑ	Zn ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ
Μάρτυρας	6,20
P0,15,K0,15+40ppm Zn	31,70
P0,15,K0,15+120ppm Zn	51,10
P0,15,K0,15+250ppm Zn	91,40
P0,15,K0,15+500ppm Zn	141,10
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	32,90
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	52,40
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	88,60
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	148,40
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	38,20
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	68,60
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	99,70
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	162,30
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	35,00
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	62,60
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	121,70
N0,45,P0,15,K0,15+500ppm Zn	195,20

Σχήμα 8



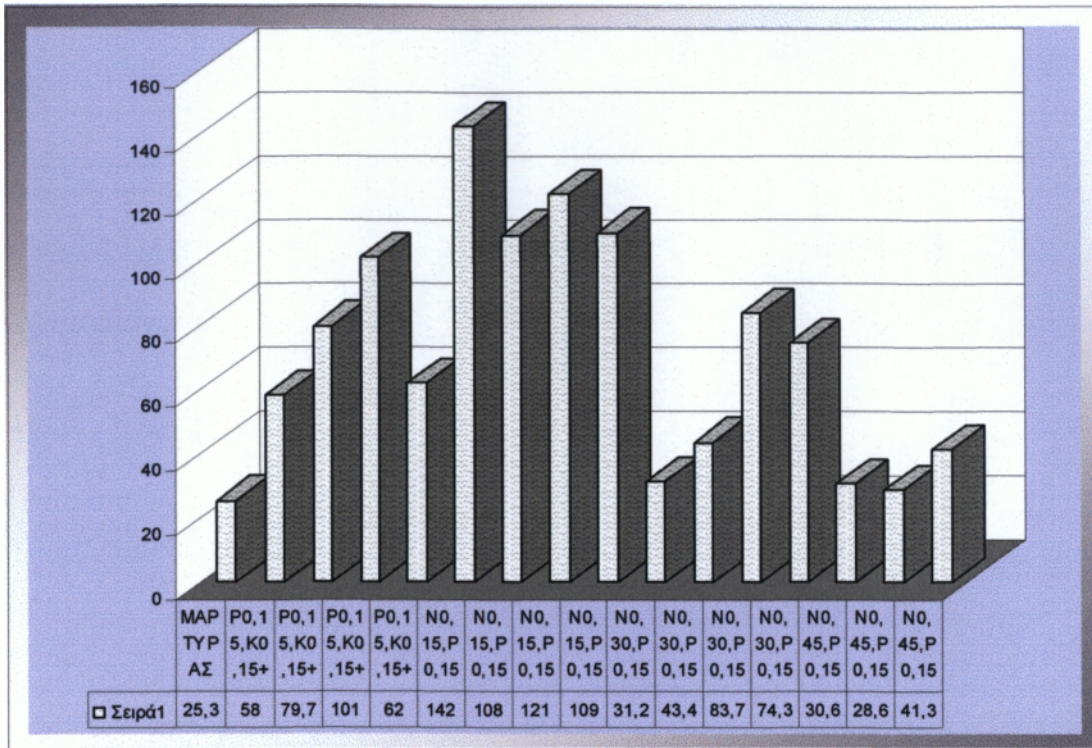
Στο πίνακα 10 και σχήμα 8 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε Zn στο έδαφος.

Την δεύτερη καλλιεργητική περίοδο μαρουλιού στο σύνολο των μεταχειρίσεων η περιεκτικότητα του ψευδαργύρου στο έδαφος μεταβλήθηκε σημαντικά από 6,20 έως 195,20 ppm. Στην μεταχείριση 1 (μάρτυρας) η περιεκτικότητα Zn ήταν 6,20 ενώ στις μεταχειρίσεις όπου το πρώτο έτος είχαν προστεθεί υψηλές δόσεις Zn η περιεκτικότητά του είναι σύμφωνα με αυτά τα επίπεδα και κυμαίνεται από 141,10 έως 195,20 ppm. Με την προσθήκη αζώτου παρατηρείται αύξηση της συγκέντρωσης του ψευδαργύρου και της υπολειμματικής του δράσης στα φυτά τη δεύτερη χρονιά.

Πίνακας 11

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΦΥΤΩΝ
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	25,34667
P0,15,K0,15+40ppm Zn	57,95
P0,15,K0,15+120ppm Zn	79,7275
P0,15,K0,15+250ppm Zn	101,4225
P0,15,K0,15+500ppm Zn	62,03
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	142,292
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	108,474
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	121,2875
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	109,0733
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	31,1925
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	43,36
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	83,685
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	74,3275
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	30,56
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	28,62
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	41,33

Σχήμα 9



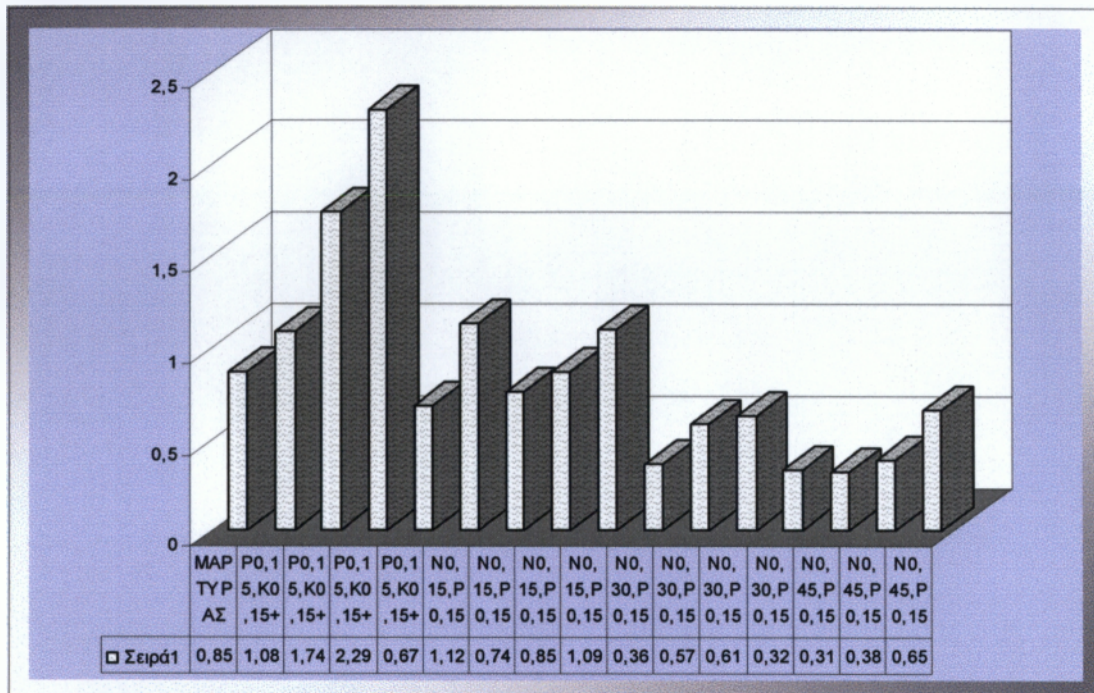
Στο πίνακα 11 και σχήμα 9 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν το βάρος νωπής βιομάζας του υπέργειου μέρους του φυτού.

Η υπολειμματική επίδραση των επιπέδων του αζώτου στην ανάπτυξη του υπέργειου μέρους του φυτού είναι σημαντική μέχρι ενός σημείου. Η υψηλότερη παραγωγή στη βιομάζα σημειώθηκε στις μεταχειρίσεις, όπου είχε προστεθεί άζωτο 0,15gr/kg εδάφους σε κάθε δοχείο με φόντο το φώσφορο και κάλιο 0,15gr/kg εδάφους αντίστοιχα. Η υπολειμματική δράση των υψηλότερων επιπέδων αζώτου (0,30-0,45 gr/kg εδάφους) είναι συγκριτικά μειωμένη σε σχέση με τις μεταχειρίσεις όπου είχε προστεθεί η δόση 0,15gr/kg εδάφους. Με την υπολειμματική δράση των υψηλών δόσεων του Zn σημειώθηκε μείωση του βάρους της υπέργειας βιομάζας του φυτού.

Πίνακας 12

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΡΙΖΑΣ
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	0,853333
P0,15,K0,15+40ppm Zn	1,0775
P0,15,K0,15+120ppm Zn	1,735
P0,15,K0,15+250ppm Zn	2,29
P0,15,K0,15+500ppm Zn	0,6675
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	1,118
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,744
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,854
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	1,086667
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,3575
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,57
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,6125
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	0,324
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,31
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,38
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,65

Σχήμα 10

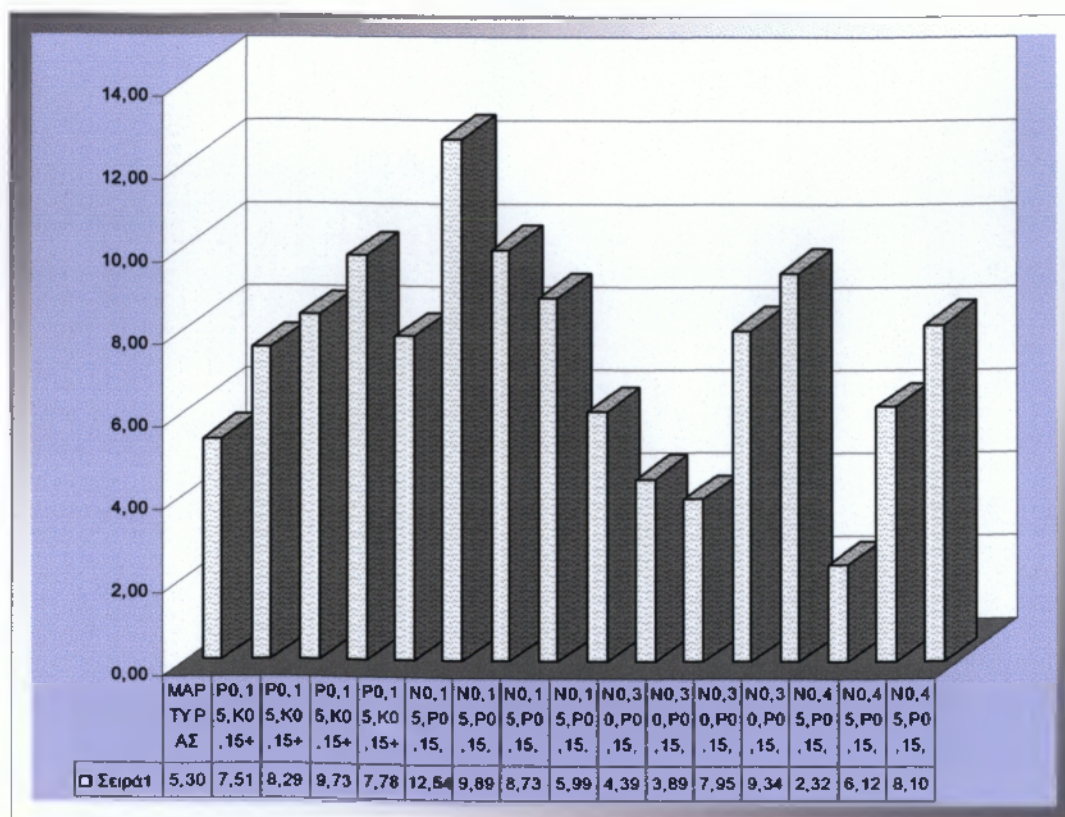


Στο πίνακα 12 και σχήμα 10 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν το βάρος νωπής βιομάζας του υπόγειου μέρους του φυτού.

Πίνακας 13

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΦΥΤΩΝ
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	5,30
P0,15,K0,15+40ppm Zn	7,51
P0,15,K0,15+120ppm Zn	8,29
P0,15,K0,15+250ppm Zn	9,73
P0,15,K0,15+500ppm Zn	7,78
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	12,54
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	9,89
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	8,73
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	5,99
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	4,39
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	3,89
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	7,95
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	9,34
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	2,32
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	6,12
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	8,10

Σχήμα 11



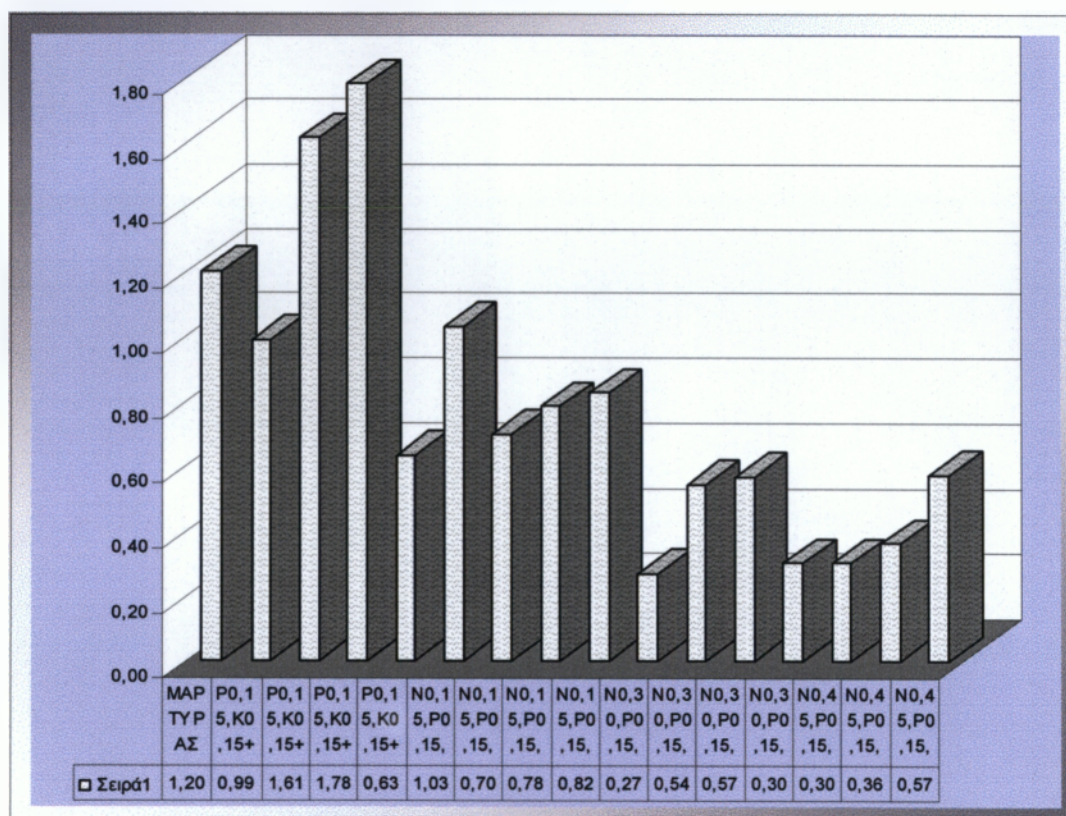
Στο πίνακα 13 και σχήμα 11 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν το βάρος ξηρής βιομάζας του υπέργειου μέρους του φυτού.

Ανάλογα αποτελέσματα με το βάρος της νωπής βιομάζας παρατηρούνται και με το βάρος της ξηρής βιομάζας του υπέργειου μέρους του φυτού. Σημειώνεται στο σύνολο των μεταχειρίσεων η υπολειμματική δράση του αζώτου μείωσε σημαντικά την περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία του υπέργειου μέρους του φυτού σε σχέση με τις μεταχειρίσεις όπου δεν είχε χορηγηθεί άζωτο την προηγούμενη καλλιεργητική περίοδο. Η υπολειμματική δράση του Zn δεν είχε σημαντική επίδραση στην συσσώρευση της ξηρής ουσίας.

Πίνακας 14

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΡΙΖΑΣ
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	1,20
P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,99
P0,15,K0,15+120ppm Zn	1,61
P0,15,K0,15+250ppm Zn	1,78
P0,15,K0,15+500ppm Zn	0,63
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	1,03
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,70
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,78
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	0,82
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,27
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,54
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,57
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	0,30
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,30
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,36
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,57

Σχήμα 12

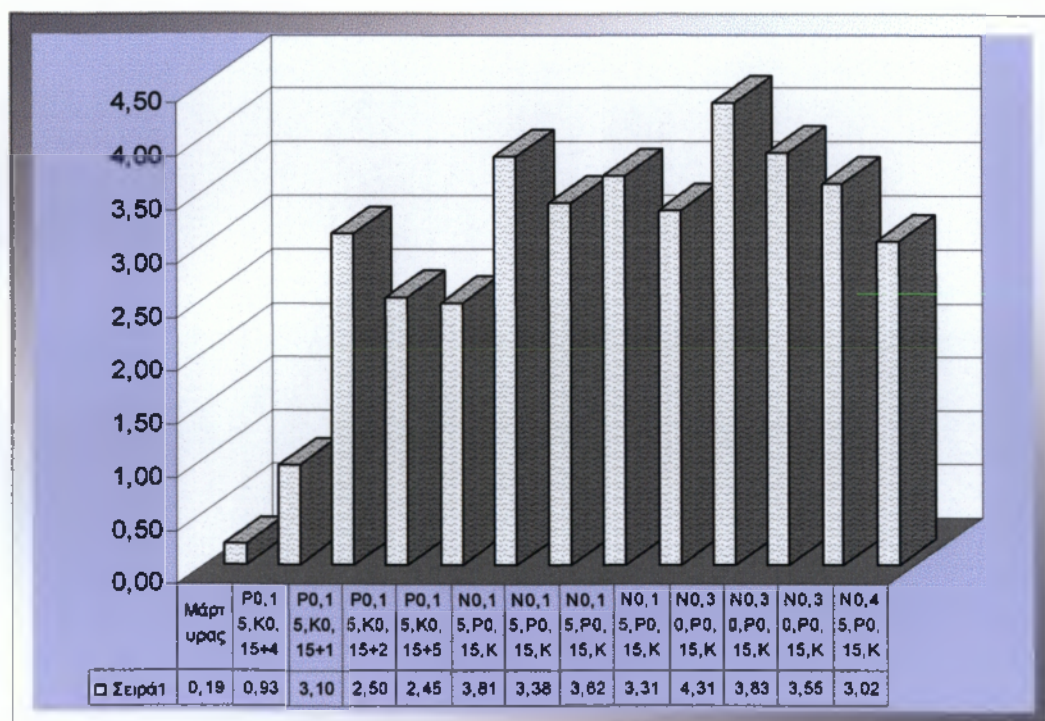


Στο πίνακα 14 και σχήμα 12 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν το βάρος ξηρής βιομάζας του υπόγειου μέρους του φυτού.

Πίνακας 15

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	ΟΛΙΚΟ Ν ΣΕ ΦΥΤΙΚΟ ΙΣΤΟ
Μάρτυρας	0,19
P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,93
P0,15,K0,15+120ppm Zn	3,10
P0,15,K0,15+250ppm Zn	2,50
P0,15,K0,15+500ppm Zn	2,45
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	3,81
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	3,38
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	3,62
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	3,31
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	4,31
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	3,83
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	3,55
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	3,02

Σχήμα 13



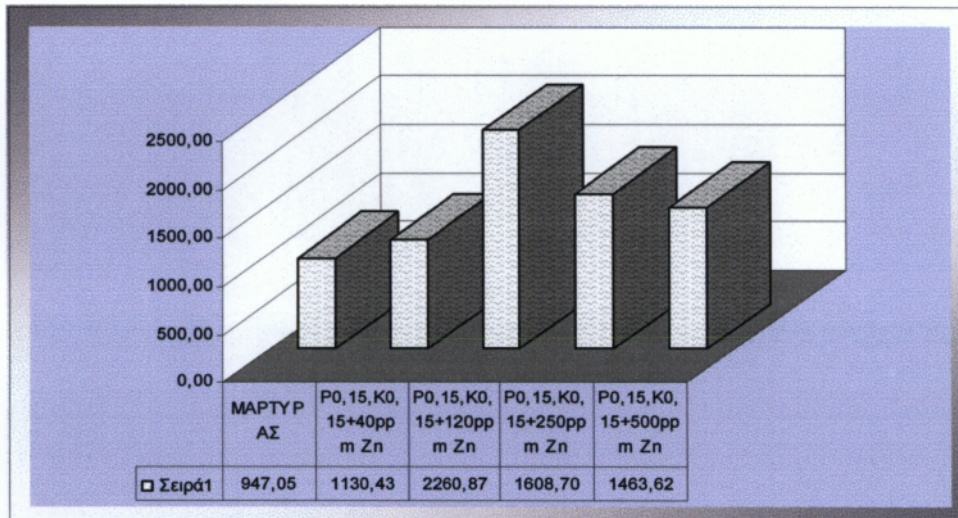
Στο πίνακα 15 και σχήμα 13 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε ολικό Ν στους φυτικούς ιστούς.

Η υπολειμματική δράση του αζώτου και η συγκέντρωσή του στο υπέργειο μέρος του φυτού βρίσκεται ανάλογα με τα επίπεδα του και παρατηρήθηκε μείωση του από την δράση του Zn.

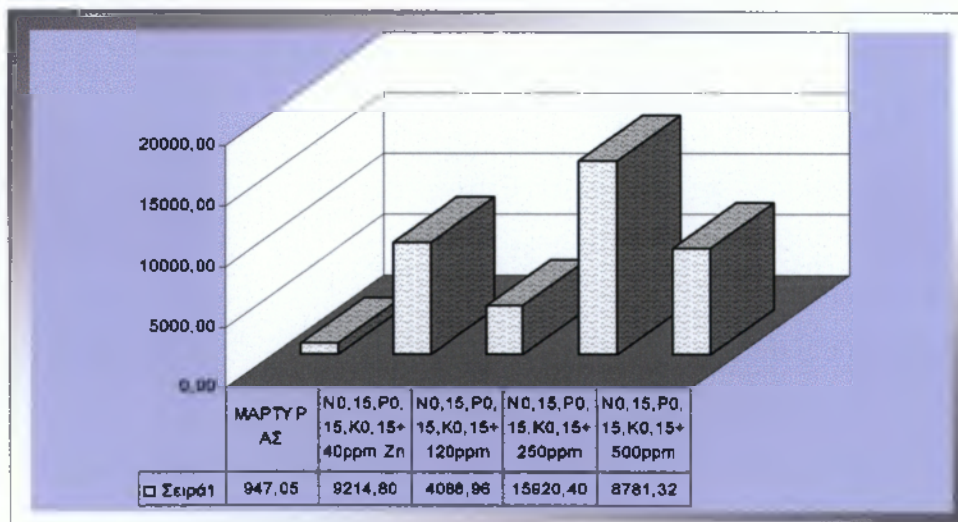
Πίνακας 16

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	ΝΙΤΡΙΚΑ ΣΕ ΦΥΤΙΚΟ ΙΣΤΟ
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	947,05
P0,15,K0,15+40ppm Zn	1130,43
P0,15,K0,15+120ppm Zn	2260,87
P0,15,K0,15+250ppm Zn	1608,70
P0,15,K0,15+500ppm Zn	1463,62
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	9214,80
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	4086,96
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	15920,40
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	8781,32
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	23231,67
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	27211,77
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	25005,41
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	17477,40

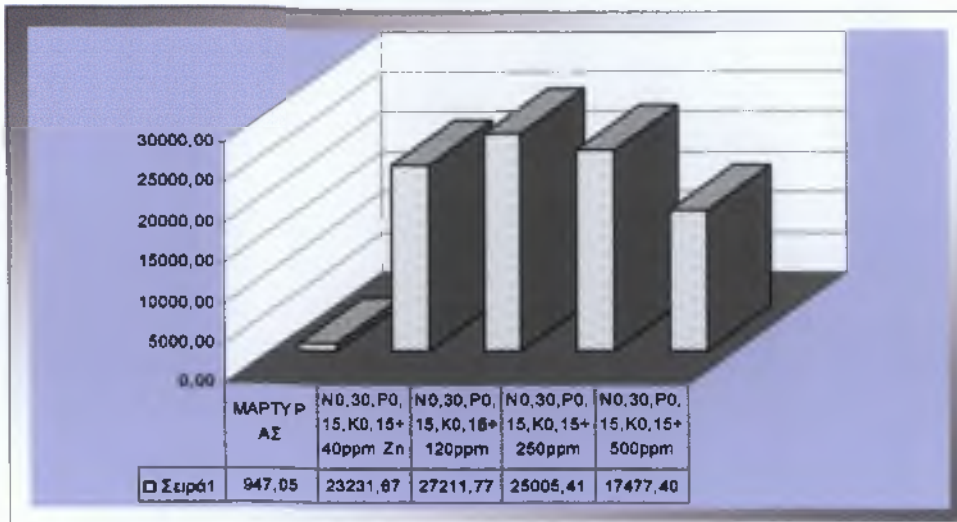
σχήμα 14α



σχήμα 14β



σχήμα 14γ



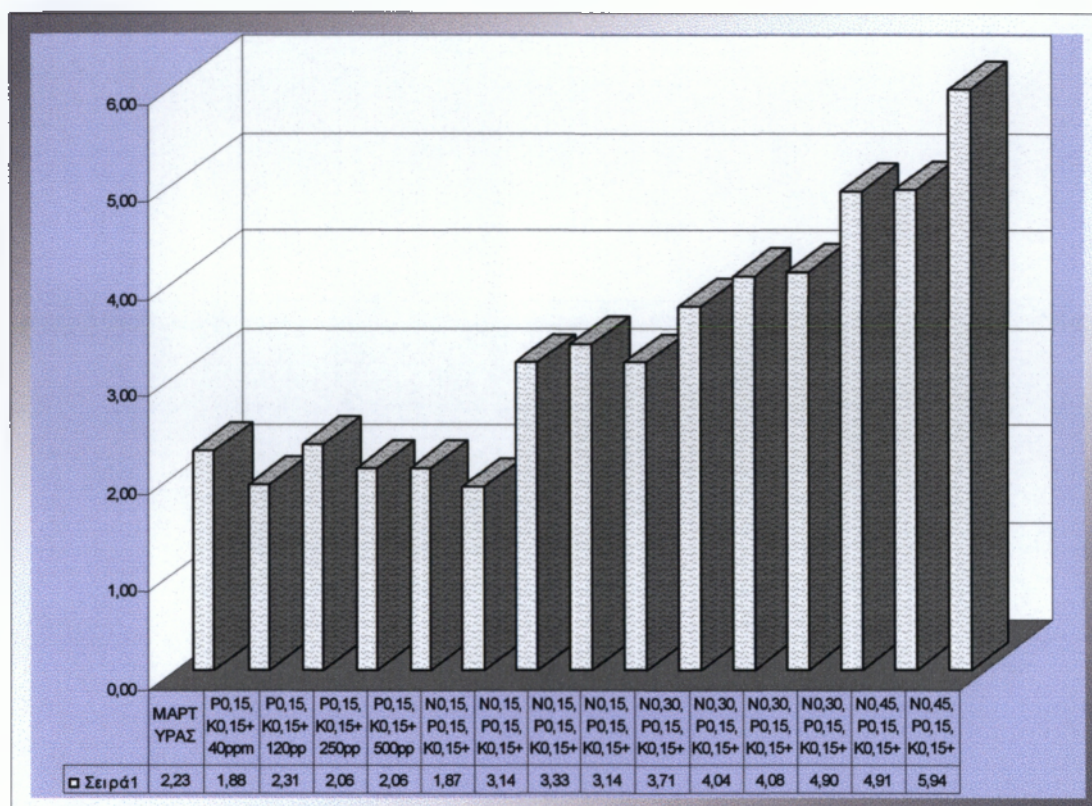
Στο πίνακα 16 και σχήμα 14α,14β,14γ παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε NO_3 στους φυτικούς ιστούς.

Οι τιμές της περιεκτικότητας των νιτρικών στο υπέργειο μέρος του φυτού βρίσκεται ανάλογα με την υπολειμματική δράση των προστιθέμενων δόσεων αζώτου την προηγούμενη καλλιεργητική περίοδο. Μικρότερες τιμές συσσώρευσης των νιτρικών στα φυτά παρατηρούνται στις μεταχειρίσεις μάρτυρα χωρίς λιπάσματα και όπου δεν είχε προστεθεί το άζωτο, δηλαδή μόνο με φώσφορο και κάλιο. Η υπολειμματική δράση των υψηλότερων δόσεων είναι έντονη στην συσσώρευση του νιτρικού αζώτου στο υπέργειο μέρος, πράγμα που αποδεικνύει την επίδραση του αζώτου και τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο.

Πίνακας 17

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Ca ΣΕ ΦΥΤΙΚΟ ΙΣΤΟ
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	2,23
P0,15,K0,15+40ppm Zn	1,88
P0,15,K0,15+120ppm Zn	2,31
P0,15,K0,15+250ppm Zn	2,06
P0,15,K0,15+500ppm Zn	2,06
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	1,87
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	3,14
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	3,33
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	3,14
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	3,71
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	4,04
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	4,08
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	4,90
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	4,91
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	5,94

Σχήμα 15



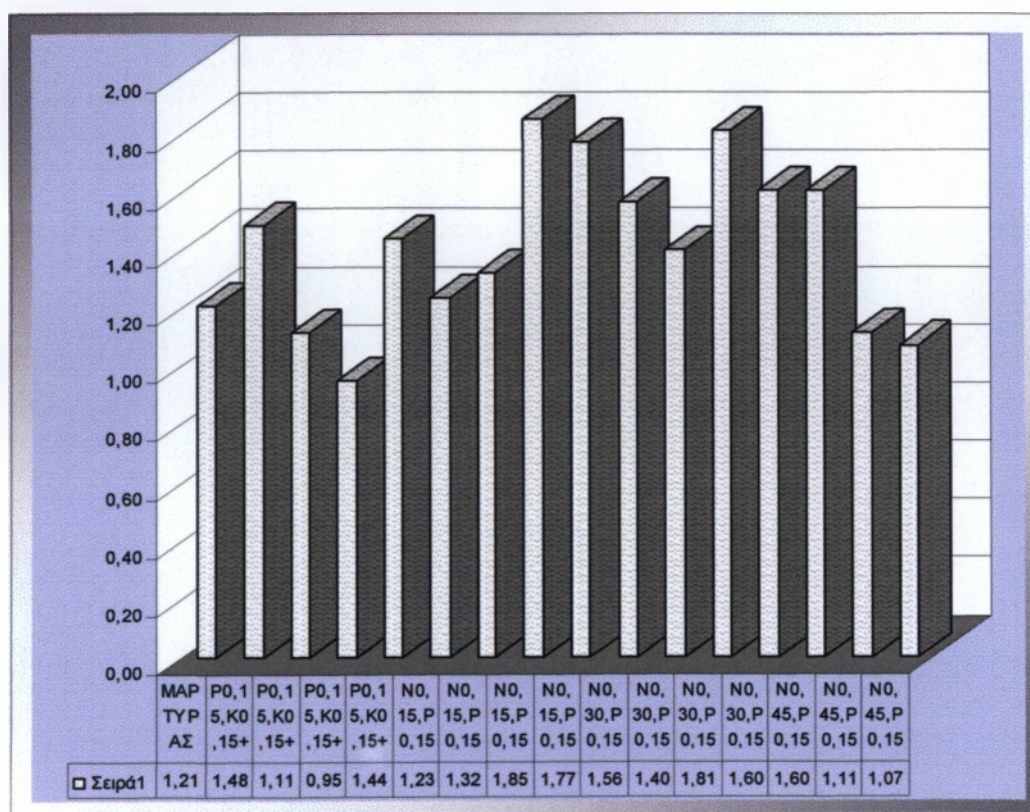
Στο πίνακα 17 και σχήμα 15 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε Ca στους φυτικούς ιστούς.

Παρατηρήθηκε ότι οι τιμές της συγκέντρωσης του ασβεστίου στο υπέργειο τμήμα του φυτού βρίσκεται ανάλογα από τα επίπεδα αζώτου και Zn. Στις μεταχειρίσεις μάρτυρα και χωρίς άζωτο οι τιμές του ασβεστίου είναι χαμηλές, ενώ στις μεταχειρίσεις με την υπολεμματική δράση των επιπέδων αζώτου (0,15-0,30-0,45 gr/kg εδάφους) παρατηρείται αυξημένη περιεκτικότητα του Ca.

Πίνακας 18

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Na ΣΕ ΦΥΤΙΚΟ ΙΣΤΟ
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	1,21
P0,15,K0,15+40ppm Zn	1,48
P0,15,K0,15+120ppm Zn	1,11
P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,95
P0,15,K0,15+500ppm Zn	1,44
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	1,23
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	1,32
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	1,85
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	1,77
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	1,56
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	1,40
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	1,81
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	1,60
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	1,60
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	1,11
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	1,07

Σχήμα 16



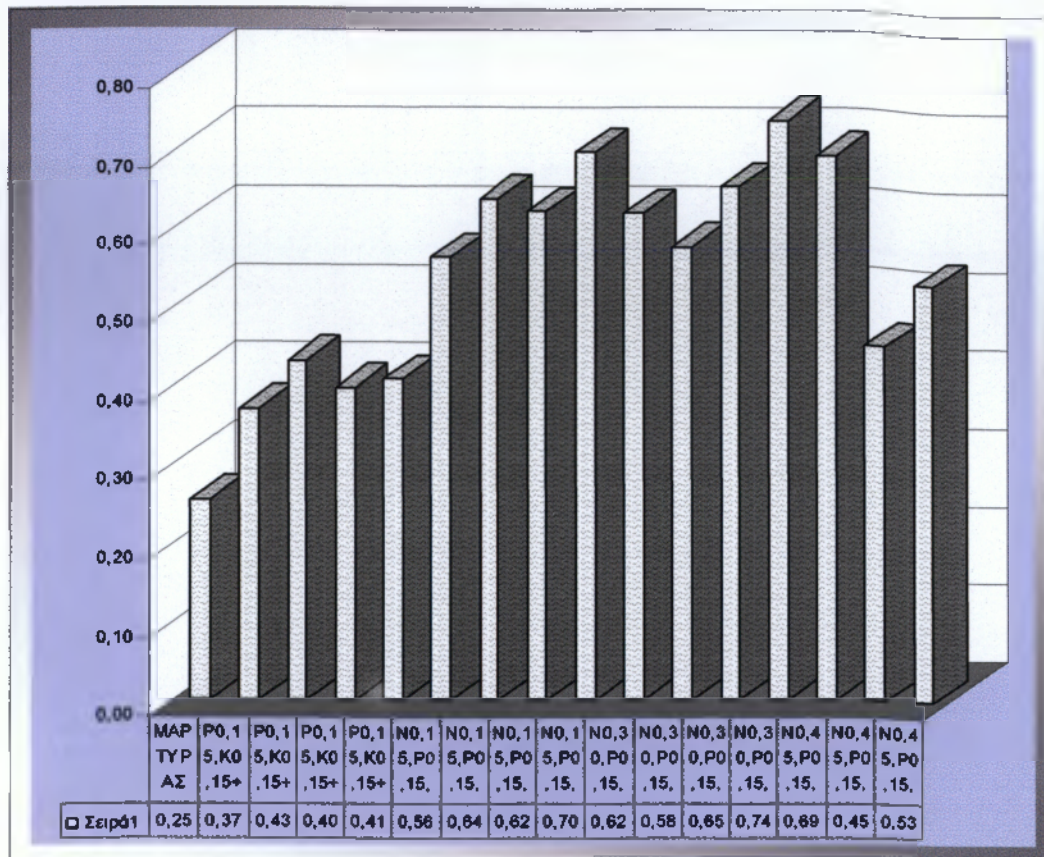
Στο πίνακα 18 και σχήμα 16 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε Na στους φυτικούς ιστούς.

Δεν παρατηρήθηκε επίδραση της υπολειμματικής δράσης των θρεπτικών στοιχείων των λιπασμάτων στην περιεκτικότητα του Na στο υπέργειο μέρος του φυτού και αυτό επιβεβαιώνει την έλλειψη της επίδρασης στην αύξηση της αλατότητας του εδάφους.

Πίνακας 19

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Mg ΣΕ ΦΥΤΙΚΟ ΙΣΤΟ
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	0,25
P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,37
P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,43
P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,40
P0,15,K0,15+500ppm Zn	0,41
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,56
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,64
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,62
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	0,70
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,62
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,58
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,65
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	0,74
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,69
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,45
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,53

Σχήμα 17



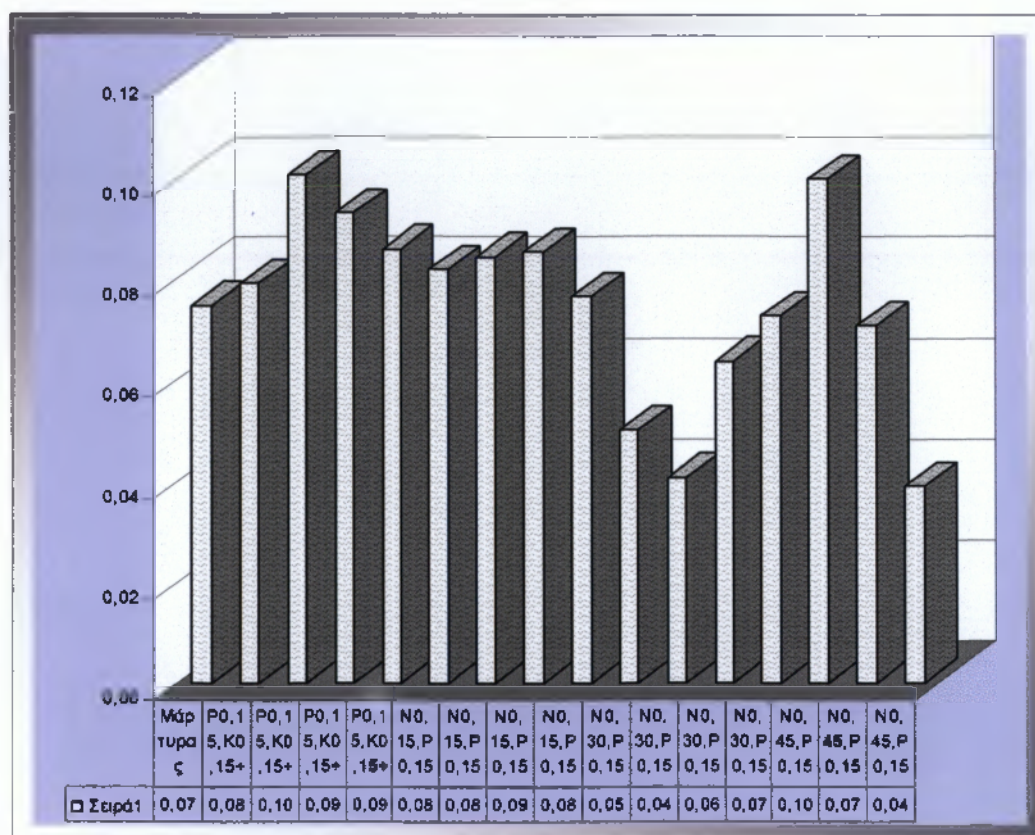
Στο πίνακα 19 και σχήμα 17 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε Mg στους φυτικούς ιστούς.

Δεν παρατηρήθηκε επίδραση της υπολειμματικής δράσης των λιπασμάτων στην συσσώρευση και διαφοροποίηση ανά μεταχείριση των τιμών του Mg.

Πίνακας 20

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	P ΣΕ ΦΥΤΙΚΟ ΙΣΤΟ
Μάρτυρας	0,07
P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,08
P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,10
P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,09
P0,15,K0,15+500ppm Zn	0,09
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,08
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,08
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,09
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	0,08
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,05
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,04
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,06
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	0,07
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,10
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,07
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,04

Σχήμα 18



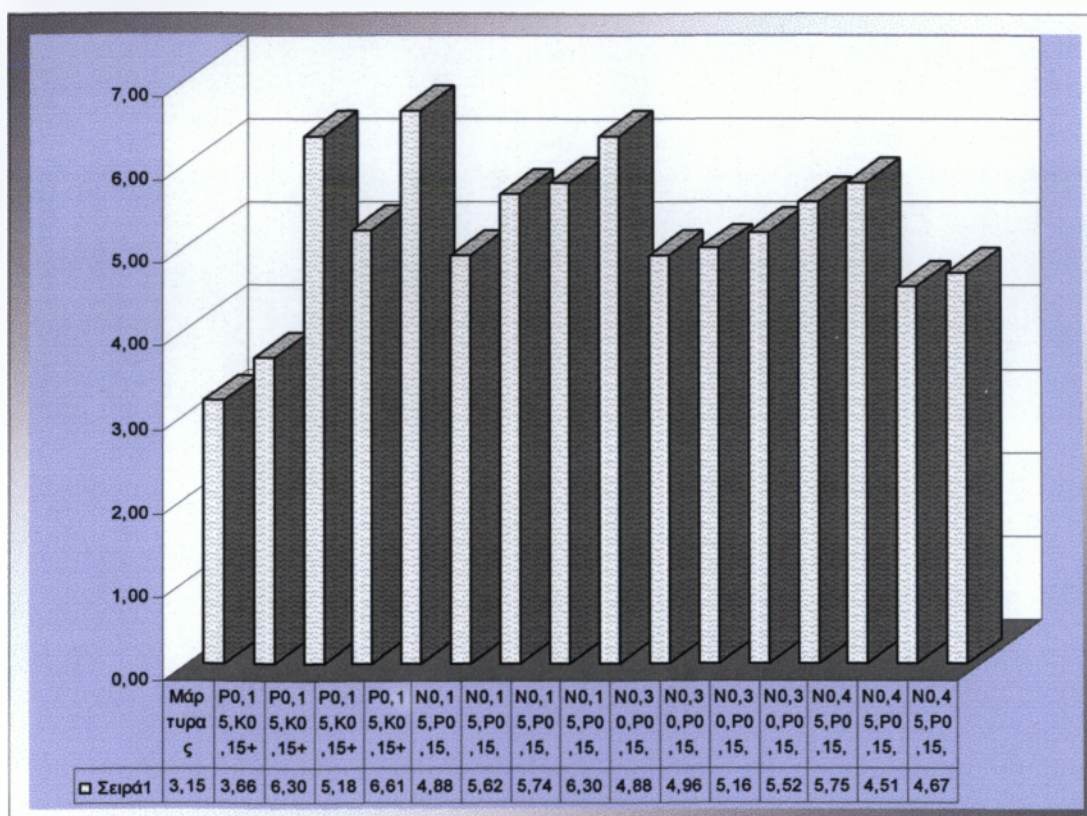
Στο πίνακα 20 και σχήμα 18 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την συσσώρευση του P στους φυτικούς ιστούς.

Δεν παρατηρήθηκε συσσώρευση του φωσφόρου στους φυτικούς ιστούς του υπέργειου μέρους από την υπολειμματική δράση των θρεπτικών στοιχείων των λιπασμάτων και του Zn.

Πίνακας 21

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Κ ΣΕ ΦΥΤΙΚΟ ΙΣΤΟ
Μάρτυρας	3,15
P0,15,K0,15+40ppm Zn	3,66
P0,15,K0,15+120ppm Zn	6,30
P0,15,K0,15+250ppm Zn	5,18
P0,15,K0,15+500ppm Zn	6,61
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	4,88
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	5,62
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	5,74
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	6,30
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	4,88
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	4,96
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	5,16
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	5,52
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	5,75
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	4,51
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	4,67

Σχήμα 19



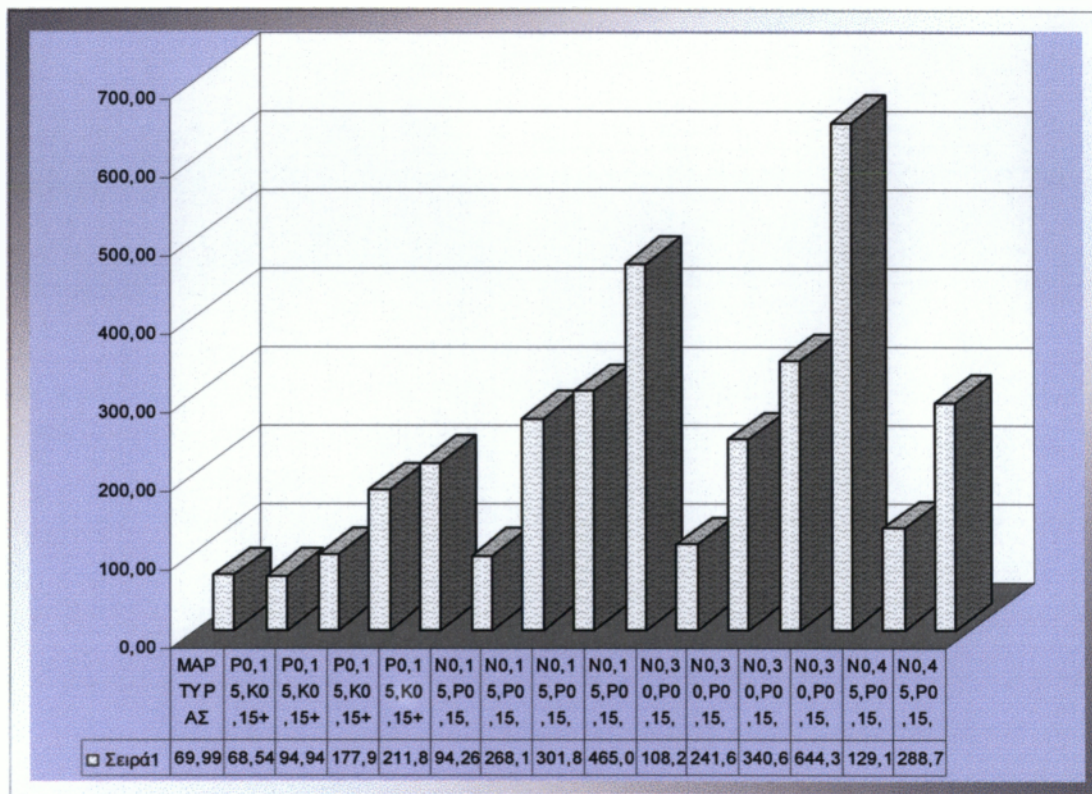
Στο πίνακα 21 και σχήμα 19 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε Κ στους φυτικούς ιστούς.

Η περιεκτικότητα του καλίου δεν διαφοροποιήθηκε από την υπολειμματική δράση των θρεπτικών στοιχείων των λιπασμάτων και των επιπέδων Zn.

Πίνακας 22

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Zn ΣΕ ΦΥΤΙΚΟ ΙΣΤΟ
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	69,99
P0,15,K0,15+40ppm Zn	68,54
P0,15,K0,15+120ppm Zn	94,94
P0,15,K0,15+250ppm Zn	148,57
P0,15,K0,15+500ppm Zn	211,88
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	94,26
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	268,13
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	301,88
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	465,00
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	108,21
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	241,67
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	340,63
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	644,38
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	129,11
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	180,00
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	288,75

Σχήμα 20



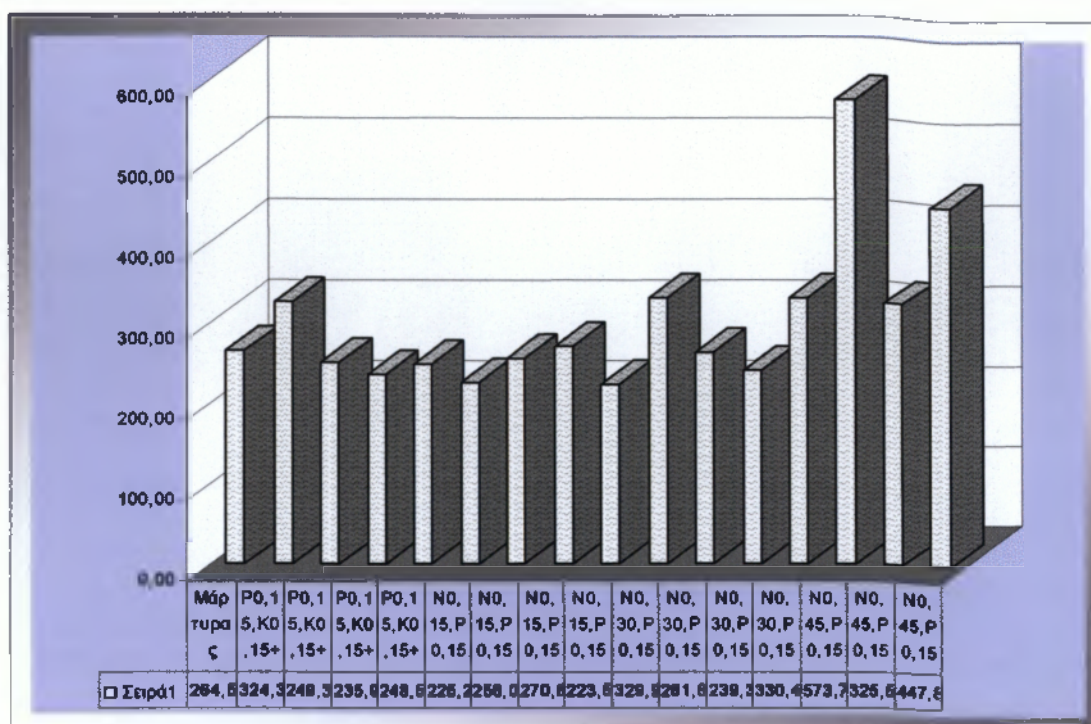
Στο πίνακα 22 και σχήμα 20 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε Zn στους φυτικούς ιστούς.

Στο σύνολο των μεταχειρίσεων διαπιστώνεται η έντονη συσσώρευση του Zn στους φυτικούς ιστούς του υπέργειου μέρους του φυτού. Μικρότερες τιμές του Zn είναι στις μεταχειρίσεις μάρτυρα και χωρίς την υπολειμματική δράση των δόσεων αζώτου, δηλαδή όπου τα φυτά αναπτύχθηκαν με την υπολειμματική δράση του φωσφόρου και καλίου. Η υπολειμματική δράση του Zn είχε σημαντική θετική επίδραση στη συγκέντρωση του στοιχείου αυτού στους ιστούς του υπέργειου μέρους του φυτού. Η υπολειμματική επίδραση των υψηλών δόσεων αζώτου (0,30-0,45 gr/kg εδάφους) και του Zn (250 – 500 ppm) είχε σημαντική αύξηση του Zn και κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα, στα όρια της τοξικότητας, με κανονικά όρια 35 – 100 ppm Zn.

Πίνακας 23

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Fe ΣΕ ΦΥΤΙΚΟ ΙΣΤΟ
Μάρτυρας	264,59
P0,15,K0,15+40ppm Zn	324,38
P0,15,K0,15+120ppm Zn	249,34
P0,15,K0,15+250ppm Zn	235,96
P0,15,K0,15+500ppm Zn	248,53
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	225,25
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	256,06
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	270,81
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	223,50
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	329,91
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	261,68
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	239,33
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	330,41
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	573,75
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	325,50
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	447,88

Σχήμα 21



Στο πίνακα 23 και σχήμα 21 παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε Fe στους φυτικούς ιστούς.

Οι τιμές των συγκεντρώσεων του σιδήρου στους ιστούς του υπέργειου μέρους του φυτού είναι υψηλές, βρίσκονται στα όρια της τοξικότητας με κανονικά όρια 80 – 200 ppm σιδήρου. Ωστόσο δεν σημειώθηκε άμεση εξάρτηση από την υπολειμματική επίδραση των θρεπτικών στοιχείων των λιπασμάτων και του Zn.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Οι τιμές της περιεκτικότητας των στοιχείων Ca, CaCO₃, Na, P, K και Mg στο έδαφος στις μεταχειρίσεις δεν έχουν διαφοροποιηθεί από την υπολειμματική δράση των θρεπτικών στοιχείων των λιπασμάτων τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο.
- Η περιεκτικότητα του σιδήρου το δεύτερο έτος καλλιέργειας μαρουλιού χωρίς την προσθήκη λιπασμάτων είναι αυξημένη στις πρώτες δύο μεταχειρίσεις (μάρτυρας χωρίς λιπάσματα και χωρίς άζωτο), ενώ παρατηρούνται στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις μειωμένες τιμές σιδήρου, ιδιαίτερα στις μεταχειρίσεις με υπολειμματική δράση των υψηλών δόσεων ψευδαργύρου. Επίσης παρατηρείται χαμηλή συγκέντρωση σιδήρου στις μεταχειρίσεις όπου έχει προστεθεί την προηγούμενη καλλιεργητική περίοδο υψηλή δόση αζώτου (0,45 gr /kg εδάφους).
- Την δεύτερη καλλιεργητική περίοδο μαρουλιού στο σύνολο των μεταχειρίσεων η περιεκτικότητα του ψευδαργύρου στο έδαφος μεταβλήθηκε σημαντικά από 6,20 έως 195,20 ppm. Στην μεταχείριση 1 (μάρτυρας) η περιεκτικότητα Zn ήταν 6,20 ενώ στις μεταχειρίσεις όπου το πρώτο έτος είχαν προστεθεί υψηλές δόσεις Zn η περιεκτικότητα του είναι σύμφωνα με αυτά τα επίπεδα και κυμαίνεται από 141,10 έως 195,20 ppm. Με την προσθήκη αζώτου παρατηρείται αύξηση της συγκέντρωσης του ψευδαργύρου και της υπολειμματικής του δράσης στα φυτά τη δεύτερη χρονιά.
- Η υπολειμματική επίδραση των επιπέδων του αζώτου στην ανάπτυξη του υπέργειου μέρους του φυτού είναι σημαντική μέχρι ενός σημείου. Η υψηλότερη παραγωγή στη βιομάζα σημειώθηκε στις μεταχειρίσεις, όπου είχε προστεθεί άζωτο 0,15gr/kg εδάφους σε κάθε δοχείο με φόντο το φώσφορο και κάλιο 0,15gr/kg εδάφους αντίστοιχα. Η υπολειμματική δράση των υψηλότερων επιπέδων αζώτου (0,30-0,45 gr/kg εδάφους) είναι συγκριτικά μειωμένη σε σχέση με τις μεταχειρίσεις όπου είχε προστεθεί η δόση 0,15gr/kg εδάφους. Με την υπολειμματική δράση των υψηλών δόσεων του Zn σημειώθηκε μείωση του βάρους της υπέργειας βιομάζας του φυτού.
- Στο σύνολο των μεταχειρίσεων η υπολειμματική δράση του αζώτου μείωσε σημαντικά την περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία του υπέργειου μέρους του φυτού σε σχέση με τις μεταχειρίσεις όπου δεν είχε χορηγηθεί άζωτο την

προηγούμενη καλλιεργητική περίοδο. Η υπολειμματική δράση του Zn δεν είχε σημαντική επίδραση στην συσσώρευση της ξηρής ουσίας.

- Η υπολειμματική δράση του αζώτου και η συγκέντρωσή του στο υπέργειο μέρος του φυτού βρίσκεται ανάλογα με τα επίπεδα του και παρατηρήθηκε μείωση του από την δράση του Zn.
- Οι τιμές της περιεκτικότητας των νιτρικών στο υπέργειο μέρος του φυτού βρίσκεται ανάλογα με την υπολειμματική δράση των προστιθέμενων δόσεων αζώτου την προηγούμενη καλλιεργητική περίοδο. Μικρότερες τιμές συσσώρευσης των νιτρικών στα φυτά παρατηρούνται στις μεταχειρίσεις μάρτυρα χωρίς λιπάσματα και όπου δεν είχε προστεθεί το άζωτο, δηλαδή μόνο με φώσφορο και κάλιο. Η υπολειμματική δράση των υψηλότερων δόσεων είναι έντονη στην συσσώρευση του νιτρικού αζώτου στο υπέργειο μέρος, πράγμα που αποδεικνύει την επίδραση του αζώτου και τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο.
- Παρατηρήθηκε ότι οι τιμές της συγκέντρωσης του ασβεστίου στο υπέργειο τμήμα του φυτού βρίσκεται ανάλογα από τα επίπεδα αζώτου και Zn. Στις μεταχειρίσεις μάρτυρα και χωρίς άζωτο οι τιμές του ασβεστίου είναι χαμηλές, ενώ στις μεταχειρίσεις με την υπολειμματική δράση των επιπέδων αζώτου (0,15-0,30-0,45 gr/kg εδάφους) παρατηρείται αυξημένη περιεκτικότητα του Ca.
- Στο σύνολο των μεταχειρίσεων διαπιστώνεται η έντονη συσσώρευση του Zn στους φυτικούς ιστούς του υπέργειου μέρους του φυτού. Μικρότερες τιμές του Zn είναι στις μεταχειρίσεις μάρτυρα και χωρίς την υπολειμματική δράση των δόσεων αζώτου, δηλαδή όπου τα φυτά αναπτύχθηκαν με την υπολειμματική δράση του φωσφόρου και καλίου. Η υπολειμματική δράση του Zn είχε σημαντική θετική επίδραση στη συγκέντρωση του στοιχείου αυτού στους ιστούς του υπέργειου μέρους του φυτού. Η υπολειμματική επίδραση των υψηλών δόσεων αζώτου (0,30-0,45 gr/kg εδάφους) και του Zn (250 – 500 ppm) είχε σημαντική αύξηση του Zn και κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα, στα όρια της τοξικότητας, με κανονικά όρια 35 – 100 ppm Zn.
- Οι τιμές ης συσσώρευσης των P, K, Na, Mg και Fe στους ιστούς του υπέργειου μέρους του φυτού δεν διαφοροποιήθηκαν από την υπολειμματική δράση των θρεπτικών στοιχείων των λιπασμάτων (N, P, K) καθώς και από τα διαφορετικά επίπεδα των επιπέδων του Zn στο έδαφος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία

- ✓ Calvarias V., Paschalidis C., Pavlou G., Staurinos E., Kosmidis I., Gasiamis P., 2004. Effects of NaCl and Fertilizer on Leaf Yield of Soil-grown Lettuce (*Lactuca sativa* L.) *Agroecology*, Vol. 7(1), 2004.46-55
- ✓ Σιμώνης Α.Δ. και Σεβάτου Ε.Β. (1995) «Γεωργική Τεχνολογία».
- ✓ Κανάκης Α, Γενική Λαχανοκομία, ΤΕΙ Καλαμάτας, 1998.
- ✓ Σάββας Δ. και Αδαμίδης Κ., Automated Management of Nutrient Solutions Based of Targed Electical Conductivity, PH and Nutrient Concentration Ratios, 2000.
- ✓ Υπουργείο Γεωργίας, Τμήμα Αγροτικής Νομοθεσίας, Αθήνα.
- ✓ Πασχαλίδης Χ. 1999. Το εγχειρίδιο του καλλιεργητή. Οκτώβριος, σελ. 28-32, 163-165
- ✓ Παρασκευόπουλος Κ. Σύγχρονη Λαχανοκομία
- ✓ Καραμπέτσος Ι. Θρέψη φυτών. Καλαμάτα 2003.
- ✓ Μήτσιος Ι. 2003. Γονιμότητα Εδαφών. Εκδόσεις Lynel.
- ✓ Αλεξιάδης Κ. 1980. Φυσική και χημική ανάλυσης του εδάφους. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Θεσσαλονίκη.
- ✓ Αναλογίδης Δ. 1995. Τα γεωργικά λιπάσματα. Γεωργία – Κτηνοτροφία 9: 23-42.
- ✓ Κανάκης Α. 2004. Καλλιέργεια λαχανικών στο θερμοκήπιο. Τόμος Β'. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης. Αθήνα.
- ✓ Αλκιμος Α. 2000. Κομπόστ. Οικολογικό εργαστήριο χουμοποίησης της βιομάζας. Εκδόσεις Ψυχάλου
- ✓ Δημητράκης Κ. 2002. Λαχανοκομία ΙΙΙ. Καλαμάτα
- ✓ Δημόπουλος Β. 1995. Φυτοπροστασία ανθοκηπευτικών. Καλαμάτα.
- ✓ Κανάκης Α. 1997. Καλλιέργεια λαχανικών στο θερμοκήπιο. Τόμος Α. Καλαμάτα
- ✓ Κανάκης Α. 2000. Μαθήματα γενικής λαχανοκομίας. Καλαμάτα

- ✓ Κανάκης Α.2002. Μαθήματα λαχανοκομίας ΙΙΙ. Καλαμάτα
- ✓ Καραμπέτσος Ι.1999.Φυσιολογία Φυτών. Καλαμάτα
- ✓ Κουκουλάκης Π. και Παπαδόπουλος Α.2003.Η ερμηνεία της Φυλλοδιαγνωστικής. Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε., σελ. 515
- ✓ Μαυρογιαννόπουλος Γ.2001. Θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλης. Αθήνα
- ✓ Σιδηράς Ν.1997. Οργανική λίπανση και αμειψισπορές. ΔΗΩ
- ✓ Παπανικολάου Ε. και Χάρδας Γ.1995. Δειγματοληψία εδαφών και φυτών για σωστή συμβουλευτική λίπανση. Γεωργία-Κτηνοτροφία 9: 62-71
- ✓ Πολυζόπουλος Ν., 1976. Εδαφολογία. Α.Π.Θ. Εκδόσεις Π. Σακκουλα. σελ. 548
- ✓ Σιμώνης Αθ.1995. Τα θρεπτικά στοιχεία των φυτών. Γεωργία-Κτηνοτροφία 9: 10-22,
- ✓ Ζαρμπούτης Γ.1992.Καλλιέργειες σε θερμοκήπιο. Εκδόσεις Ίων. Αθήνα

Ξένη βιβλιογραφία

- ✓ Cox, W.J. and H.M. Reisenauer 1973. Growth and ion uptake by wheat supplied nitrogen as nitrate or ammonium or both. Plant and soil 38, 363-380.
- ✓ de Kreijj, C., Kavvadias, V., Assimakopoulou, A., Paschalidis, Chr., Paraskevopoulos, A., Geneadopoulos, A. and Lagopoulos, D., 2005. Fertigation: I. Methodology of 1:2 volume water extract. Proceedings of National conference with international participation 'Management, Use and Protection of soil resources', 15-19 May 2005, Sofia, Bulgaria.
- ✓ Geralson C.M. and Tyler, K.B. Plant analysis as an aid in fertilizing vegetable Crops. In: Soil Testing and Plant Analysis, 3rd ed-SSSA Book Series, no 3, 550-562, 1990.
- ✓ Malhi S.S., M. Nyborg, H.G. Jahn and D.C. Penney,1998.Yield and nitrogen uptake of rapeseed (*Brassica campestris* L.) with ammonium and nitrate.
- ✓ Marschner H.1986. Mineral nutrition in higher plants. Academic Press. London. p. 674,
- ✓ Sonneveld, C. and Van den Ende. 1971. Soil analysis by means of a 1:2 volume extract, Plant and Soil, 35: 505-516,

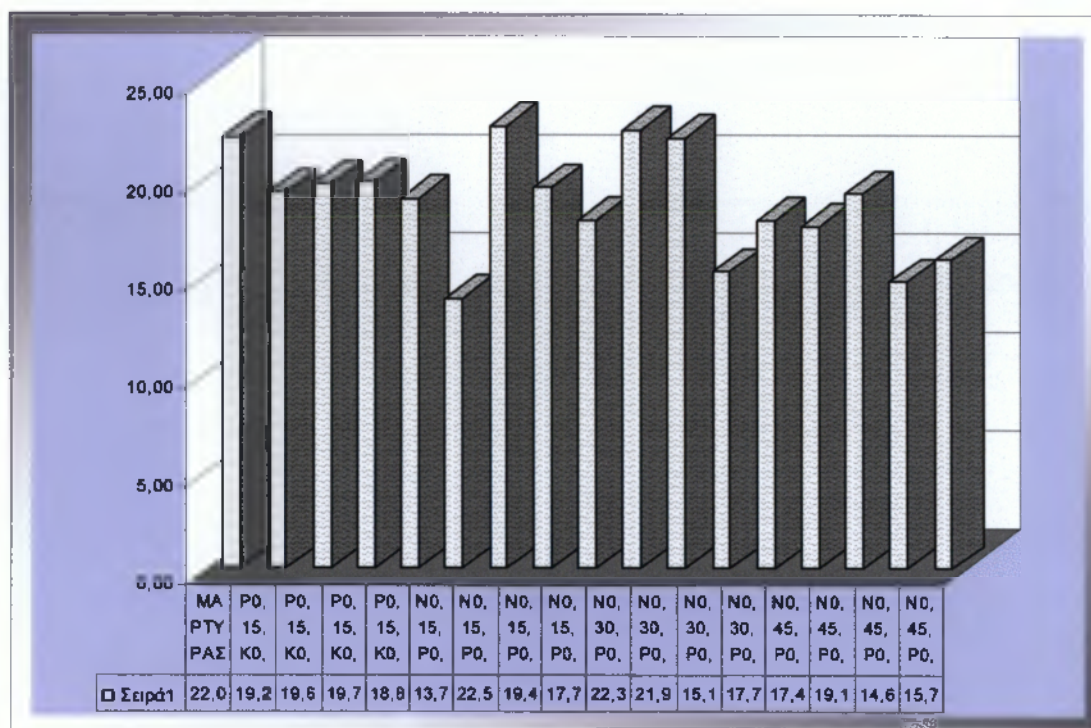
- ✓ Viets F. G.1977. A perspective on two centuries of progress in Soil Fertility and Plant Nutrition. Soil Sci. A. Jour. 41: 242-249.
- ✓ Brandy, N.1990. Nitrogen and sulfur economy of soils in: The nature and properties of soils. p. 315-350. Maxwell Macmillan International editions
- ✓ [http: // www.teilar.gr?schools/steg/agriculture/lessons/lessons](http://www.teilar.gr?schools/steg/agriculture/lessons/lessons)
- ✓ www.agriplant.gr/proddetail.asp?prod=maroyli

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 3α

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ ΧΩΡΙΣ ΦΥΤΑ	Ca ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	22,00
P0,15,K0,15+40ppm Zn	19,20
P0,15,K0,15+120ppm Zn	19,60
P0,15,K0,15+250ppm Zn	19,70
P0,15,K0,15+500ppm Zn	18,80
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	13,70
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	22,50
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	19,40
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	17,70
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	22,30
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	21,90
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	15,10
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	17,70
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	17,40
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	19,10
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	14,60
N0,45,P0,15,K0,15+500ppm Zn	15,70

Σχήμα 1α

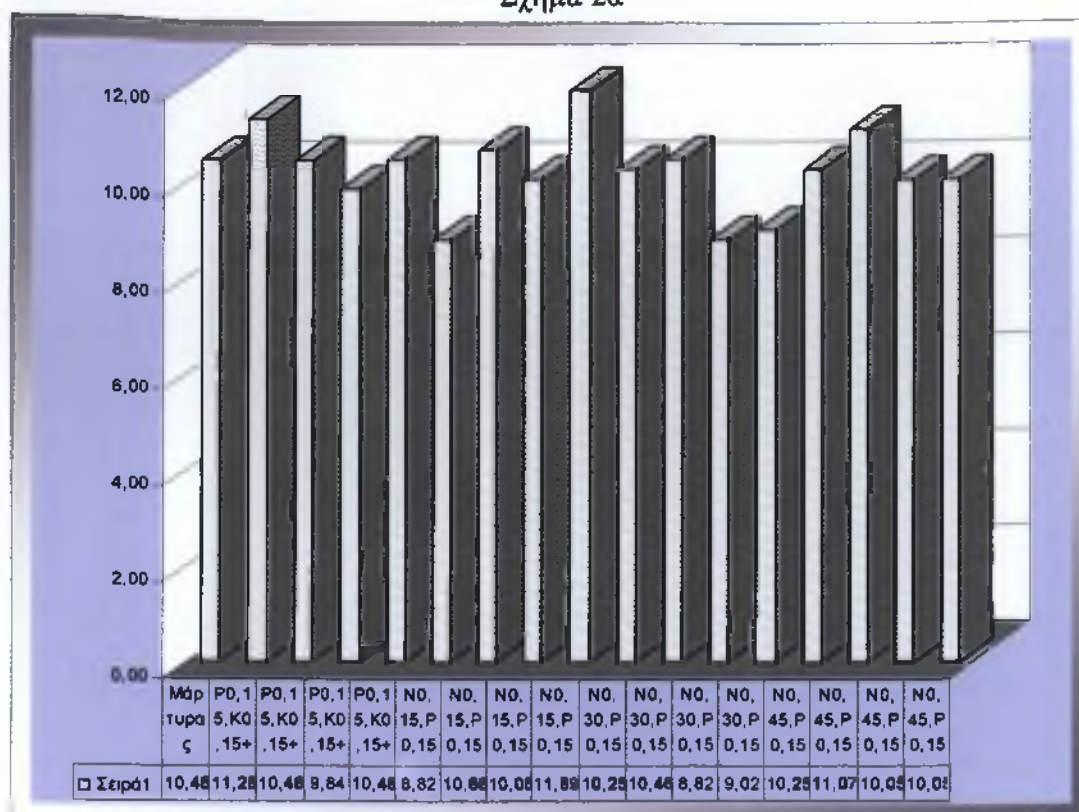


Στο πίνακα 3α και σχήμα 1α παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε ολικό Ca σε έδαφος σε δοχεία χωρίς ανάπτυξη φυτών.

Πίνακας 4α

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ ΧΩΡΙΣ ΦΥΤΑ	CaCO ₃
Μάρτυρας	10,46
P0,15,K0,15+40ppm Zn	11,28
P0,15,K0,15+120ppm Zn	10,46
P0,15,K0,15+250ppm Zn	9,84
P0,15,K0,15+500ppm Zn	10,46
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	8,82
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	10,66
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	10,05
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	11,89
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	10,25
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	10,46
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	8,82
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	9,02
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	10,25
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	11,07
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	10,05
N0,45,P0,15,K0,15+500ppm Zn	10,05

Σχήμα 2α

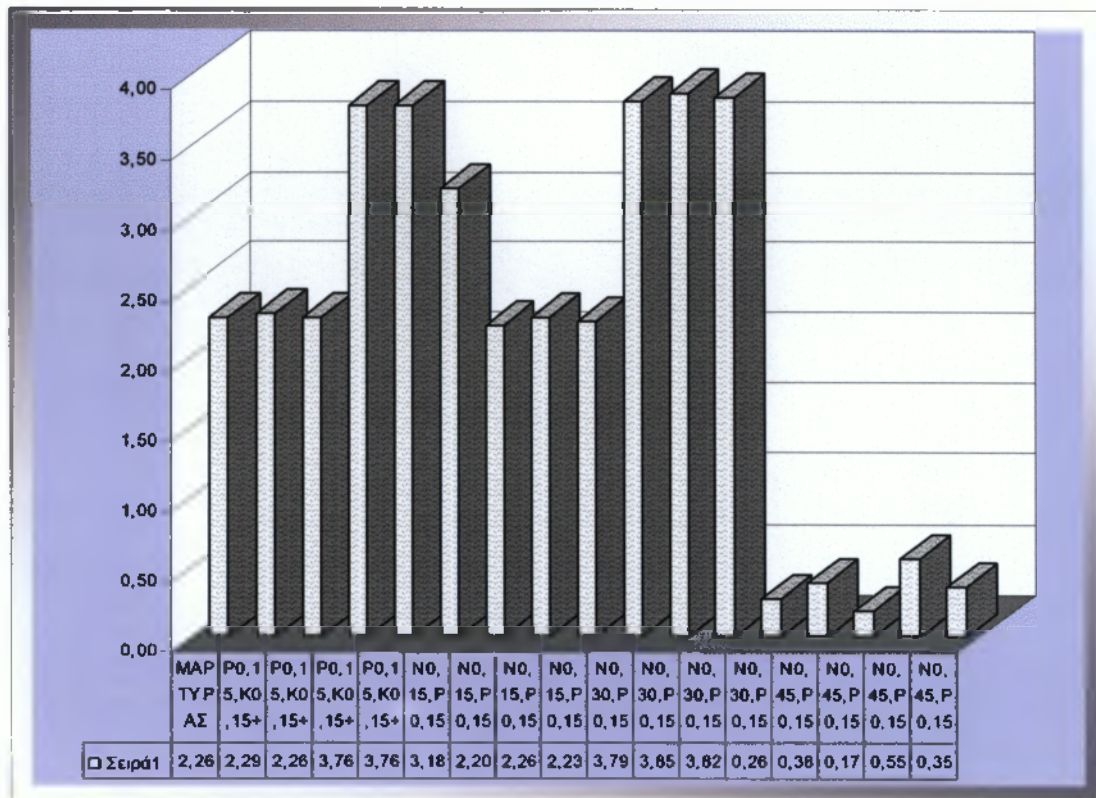


Στο πίνακα 4α και σχήμα 2α παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε CaCO₃ στο έδαφος σε δοχεία χωρίς ανάπτυξη φυτών.

Πίνακας 5α

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ ΧΩΡΙΣ ΦΥΤΑ	Na ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	2,26
P0,15,K0,15+40ppm Zn	2,29
P0,15,K0,15+120ppm Zn	2,26
P0,15,K0,15+250ppm Zn	3,76
P0,15,K0,15+500ppm Zn	3,76
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	3,18
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	2,20
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	2,26
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	2,23
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	3,79
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	3,85
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	3,82
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	0,26
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,38
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,17
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,55
N0,45,P0,15,K0,15+500ppm Zn	0,35

Σχήμα 3α

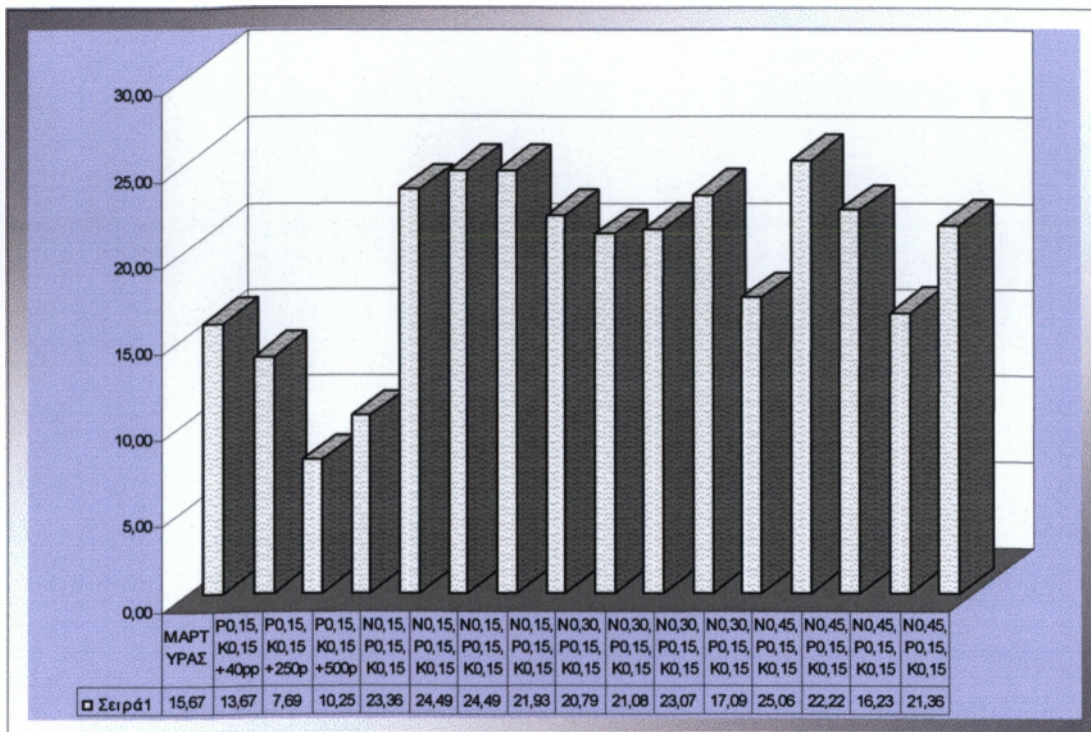


Στο πίνακα 5α και σχήμα 3α παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε ολικό Na σε έδαφος σε δοχεία χωρίς ανάπτυξη φυτών.

Πίνακας 6α

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ ΧΩΡΙΣ ΦΥΤΑ	Ρ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ
Μάρτυρας	15,67
P0,15,K0,15+40ppm Zn	13,67
P0,15,K0,15+250ppm Zn	7,69
P0,15,K0,15+500ppm Zn	10,25
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	23,36
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	24,49
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	24,49
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	21,93
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	20,79
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	21,08
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	23,07
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	17,09
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	25,06
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	22,22
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	16,23
N0,45,P0,15,K0,15+500ppm Zn	21,36

Σχήμα 4α

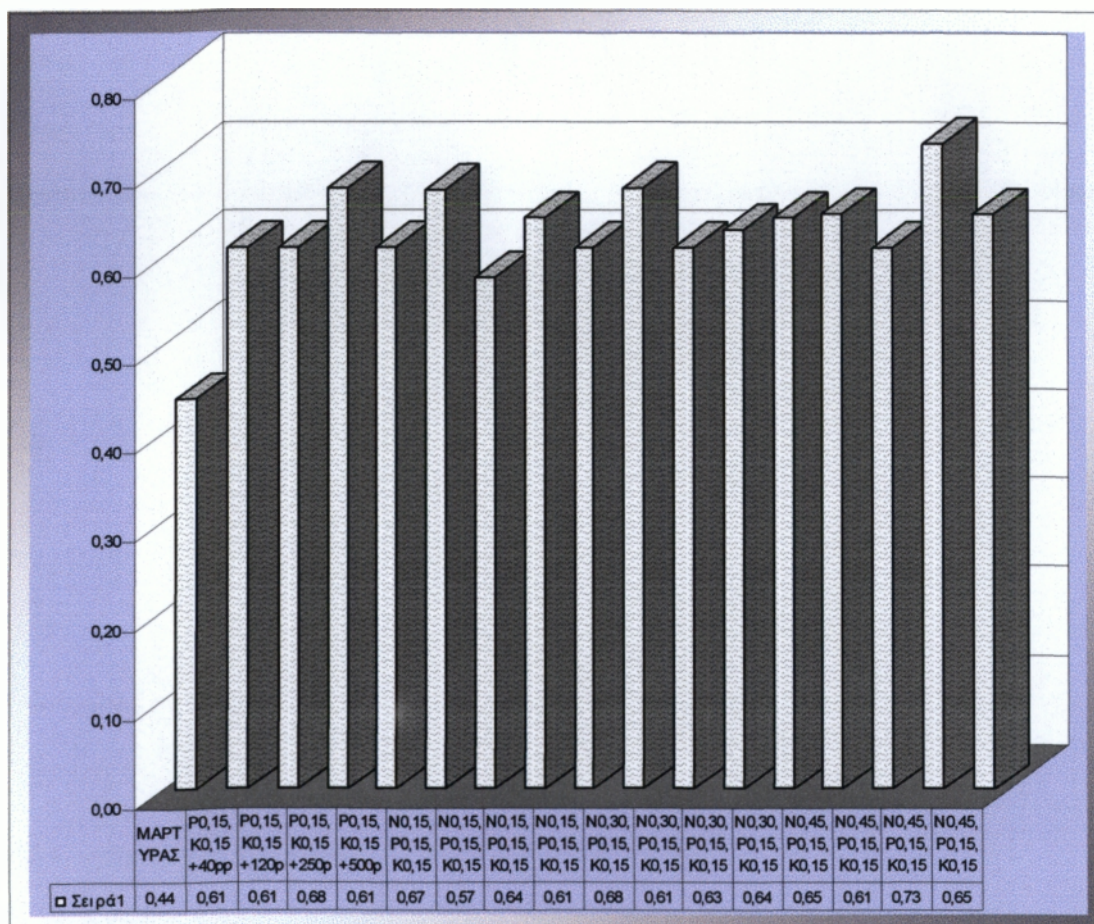


Στο πίνακα 6α και σχήμα 4α παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε ολικό P σε έδαφος σε δοχεία χωρίς ανάπτυξη φυτών.

Πίνακας 7α

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ ΧΩΡΙΣ ΦΥΤΑ	Κ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	0,44
P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,61
P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,61
P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,68
P0,15,K0,15+500ppm Zn	0,61
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,67
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,57
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,64
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	0,61
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,68
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,61
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,63
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	0,64
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	0,65
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	0,61
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	0,73
N0,45,P0,15,K0,15+500ppm Zn	0,65

Σχήμα 5α

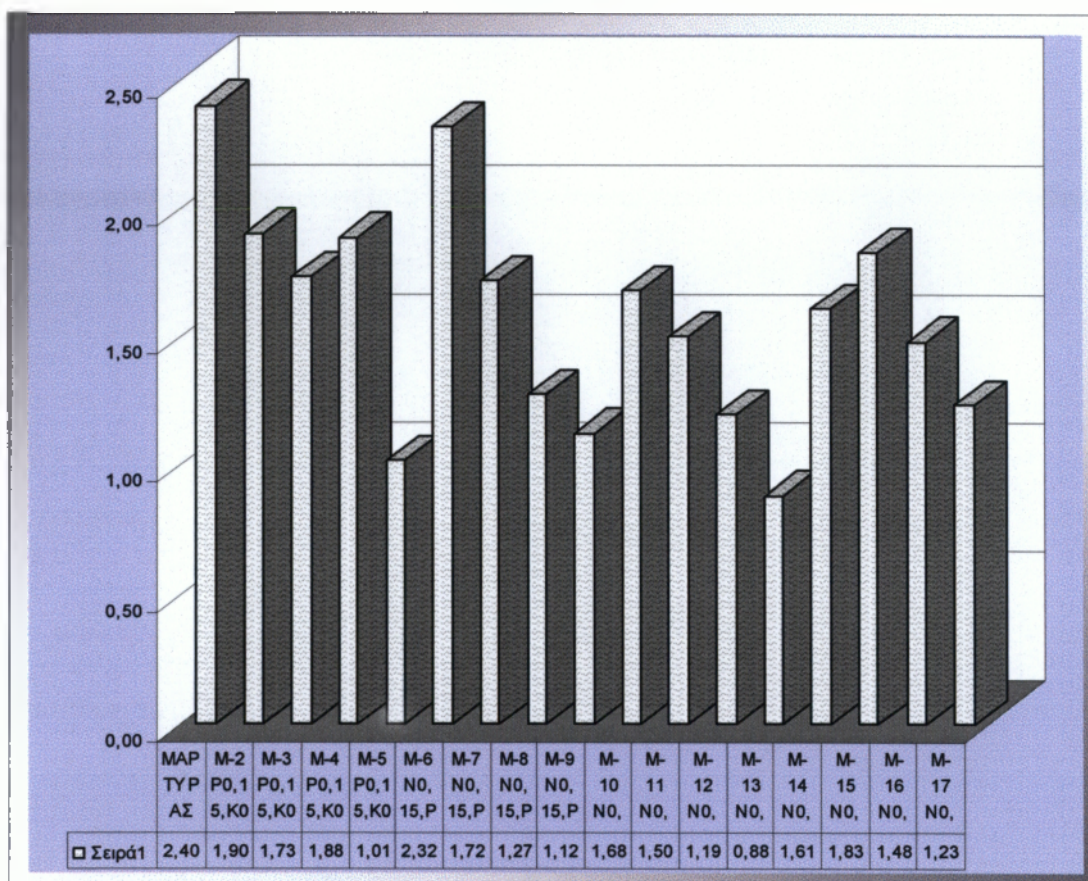


Στο πίνακα 7α και σχήμα 5α παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε ολικό Κ σε έδαφος σε δοχεία χωρίς ανάπτυξη φυτών.

Πίνακας 8α

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ ΧΩΡΙΣ ΦΥΤΑ	Fe ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	2,40
M-2 P0,15,K0,15+40ppm Zn	1,90
M-3 P0,15,K0,15+120ppm Zn	1,73
M-4 P0,15,K0,15+250ppm Zn	1,88
M-5 P0,15,K0,15+500ppm Zn	1,01
M-6 N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	2,32
M-7 N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	1,72
M-8 N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	1,27
M-9 N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	1,12
M-10 N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	1,68
M-11 N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	1,50
M-12 N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	1,19
M-13 N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	0,88
M-14 N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	1,61
M-15 N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	1,83
M-16 N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	1,48
M-17 N0,45,P0,15,K0,15+500ppm Zn	1,23

Σχήμα 8α

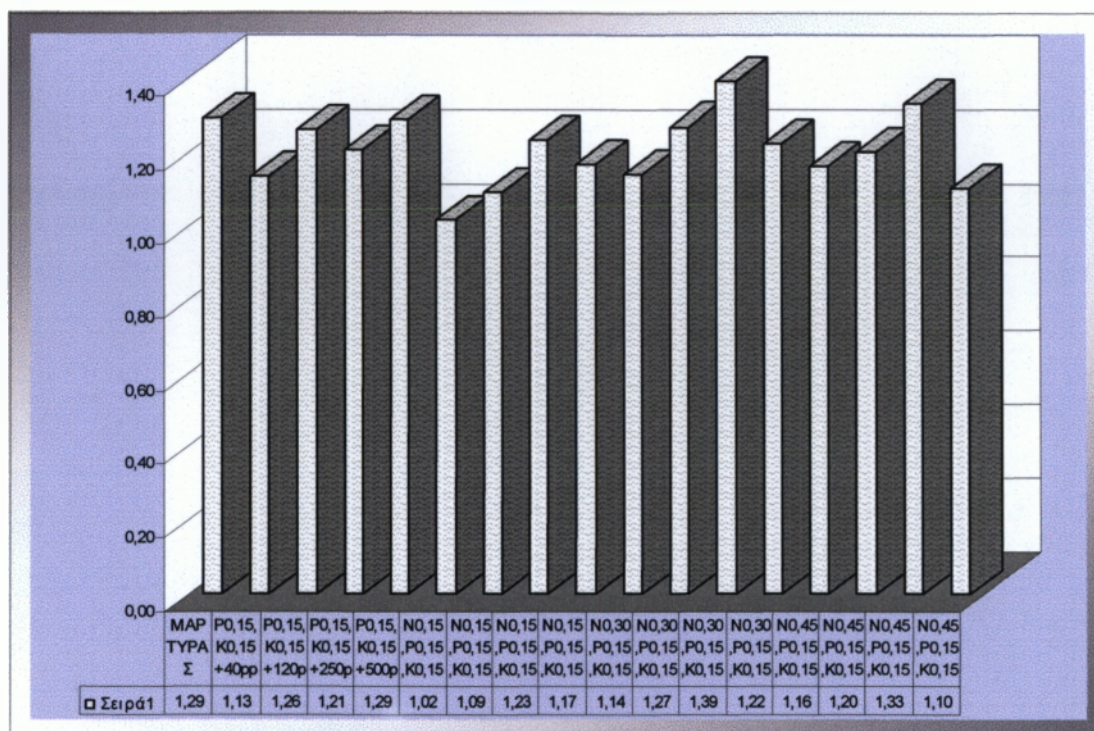


Στο πίνακα 8α και σχήμα 8α παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε ολικό Fe σε έδαφος σε δοχεία χωρίς ανάπτυξη φυτών.

Πίνακας 9α

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ ΧΩΡΙΣ ΦΥΤΑ	Mg ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	1,29
P0,15,K0,15+40ppm Zn	1,13
P0,15,K0,15+120ppm Zn	1,26
P0,15,K0,15+250ppm Zn	1,21
P0,15,K0,15+500ppm Zn	1,29
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	1,02
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	1,09
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	1,23
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	1,17
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	1,14
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	1,27
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	1,39
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	1,22
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	1,16
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	1,20
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	1,33
N0,45,P0,15,K0,15+500ppm Zn	1,10

Σχήμα 7α

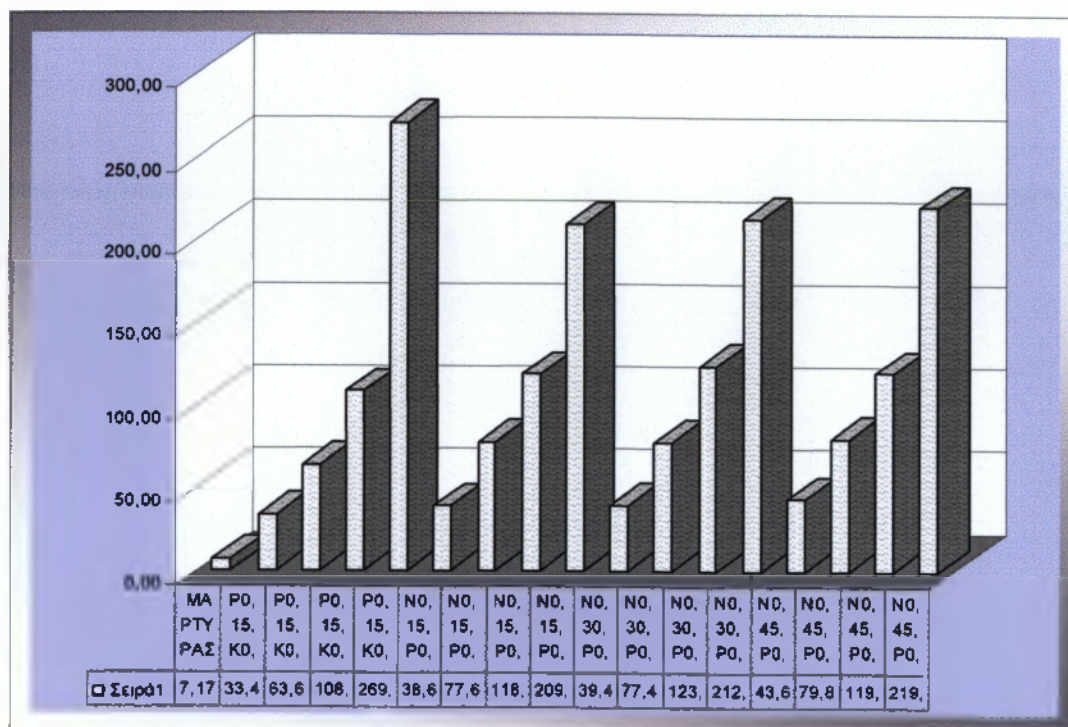


Στο πίνακα 9α και σχήμα 7α παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε ολικό Mg σε έδαφος σε δοχεία χωρίς ανάπτυξη φυτών.

Πίνακας 10α

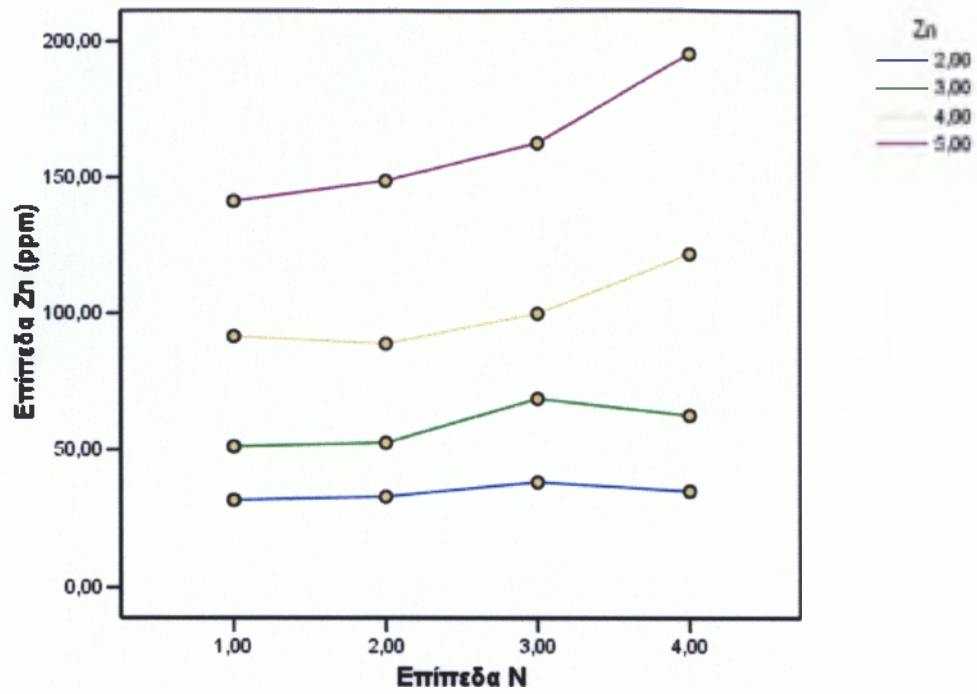
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ ΧΩΡΙΣ ΦΥΤΑ	Zn ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	7,17
P0,15,K0,15+40ppm Zn	33,40
P0,15,K0,15+120ppm Zn	63,60
P0,15,K0,15+250ppm Zn	108,20
P0,15,K0,15+500ppm Zn	269,80
N0,15,P0,15,K0,15+40ppm Zn	38,60
N0,15,P0,15,K0,15+120ppm Zn	77,60
N0,15,P0,15,K0,15+250ppm Zn	118,40
N0,15,P0,15,K0,15+500ppm Zn	209,00
N0,30,P0,15,K0,15+40ppm Zn	39,40
N0,30,P0,15,K0,15+120ppm Zn	77,40
N0,30,P0,15,K0,15+250ppm Zn	123,60
N0,30,P0,15,K0,15+500ppm Zn	212,00
N0,45,P0,15,K0,15+40ppm Zn	43,60
N0,45,P0,15,K0,15+120ppm Zn	79,80
N0,45,P0,15,K0,15+250ppm Zn	119,60
N0,45,P0,15,K0,15+500ppm Zn	219,60

Σχήμα 8α



Στο πίνακα 9α και σχήμα 7α παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε ολικό Zn σε έδαφος σε δοχεία χωρίς ανάπτυξη φυτών.

Ζη στο Έδαφος



Στατιστική ανάλυση κατά Duncan της αλληλεπίδρασης του αζώτου με τον Ζη στο έδαφος όπου υπήρχαν φυτά.