

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ**

**«ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ,  
ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΗΝ  
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ (*LACTUCA SATIVA* var. ROMANA)»**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Σπουδάστρια: ΚΑΛΛΙΓΕΡΗ ΟΛΓΑ**

**Καλαμάτα Ιούνιος 2006**

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

«ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ,  
ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΗΝ  
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ (*LACTUCA SATIVA* var. *ROMANA*)»

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σπουδάστρια: ΚΑΛΛΙΓΕΡΗ ΟΛΓΑ

Εισηγητής: Δρ. Πασχαλίδης Χρήστος

Καλαμάτα Ιούνιος 2006

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στην επίδραση του ψευδαργύρου στην ανάπτυξη, απόδοση και συσσώρευση των θρεπτικών στοιχείων 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 μάκρο και μικροθρεπτικών στοιχείων στα δείγματα που συλλέχτηκαν. Έγινε στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

Η πτυχιακή εργασία αποτελείται από 2 μέρη. Το πρώτο αφορά το φυτό μαρούλι, τις συνθήκες ανάπτυξής του, το ρόλο και την επίδραση μικροθρεπτικών 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 ιδιαιτέρως τον επιβλέποντα καθηγητή μου δρ. 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 Ε.Τ.Π. του εργαστηρίου εδαφολογίας κα. Κορίκη Αντωνία για τις πολύτιμες συμβουλές αλλά και για την αδιάκοπη βοήθεια που μου προσέφερε κατά την διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....	1
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	6
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ</b>	
<hr/>	
1.1. Καταγωγή - Ιστορική διαδρομή – Εξάπλωση.....	7
1.2. Στοιχεία καλλιέργειας μαρουλιού.....	12
1.3 Διατροφική αξία μαρουλιού.....	13
1.4 Στατιστικά στοιχεία.....	15
1.5 Βοτανικά χαρακτηριστικά.....	17
1.5.1. Φυτό.....	17
1.5.2. Φύλλα.....	17
1.5.3.Βλαστός.....	19
1.5.4. Ανθικό στέλεχος.....	19.
1.6 Πολλαπλασιασμός.....	19
1.7. Παράγοντες που επηρεάζουν την εμπορική επιτυχία των καλλιεργειών.....	20
1.7.1. Κλίμα.....	20
1.7.1.1. Θερμοκρασία .....	20
1.7.1.2. Υδατικά κρημνίσματα.....	20
1.7.1.3. Σχετική υγρασία ατμόσφαιρας.....	20
1.7.1.4. Άνεμος .....	21
1.7.1.5. Φως.....	21
1.7.2. Οξύγνο.....	21
1.7.3. Διοξείδιο του άνθρακα (CO <sub>2</sub> ).....	21
1.7.4. Έδαφος.....	22
1.7.5. Δίκτυα και μέσα μεταφοράς.....	22
1.7.6.Κοινωνικοοικονομικές συνθήκες της περιοχής.....	22
1.7.7.Ατμοσφαιρική ρύπανση.....	23
1.8 Καλλιεργητικές φροντίδες.....	23
1.8.1. Προετοιμασία του εδάφους.....	23
1.8.2. Λίπανση.....	24

1.8.3. Αρδευση.....	27
1.9 Σπορά.....	29
1.10. Συγκομιδή.....	31
1.11. Συντήρηση.....	33
1.12 Εχθροί και ασθένειες.....	34
1.12.1 Ζωικοί εχθροί.....	34
1.12.2. Μυκητολογικές ασθένειες.....	35
1.12.3. Βακτηριακές ασθένειες.....	36
1.12.4. Ιώσεις.....	36
1.12.5. Μη Παρασιτικές Ασθένειες.....	37
1.13. Συμπεριφορά μικροθρεπτικών και βαρέων μετάλλων στο έδαφος.....	38
1.14. Ποσότητες μικροθρεπτικών και βαρέων μετάλλων στο εδαφικό διάλυμα.....	38
1.15. Δέσμευση των μικροθρεπτικών και βαρέων μετάλλων από τη στερεή φάση του εδάφους.....	39
1.16. Πρόσληψη των μικροθρεπτικών και βαρέων μετάλλων από τα φυτά.....	39
1.17 Ιχνοστοιχεία.....	41
1.17.1.. Ψευδάργυρος.....	41
1.17.2.. Εισαγωγή.....	41
1.17.3. Προέλευση του ψευδαργύρου.....	42
1.17.4.. Λιπάσματα και φυτοφάρμακα.....	43
1.17.5. Ατμοσφαιρική απόθεση.....	43
1.17.6. Χημική συμπεριφορά του ψευδαργύρου στο έδαφος.....	43
1.17.7. Ο ψευδάργυρος στο σύστημα έδαφος – φυτό.....	46
1.17.8. Πρόσληψη και μεταφορά του ψευδαργύρου στα φυτά.....	48
1.18. Μαγγάνιο.....	49
1.18.1.. Το μαγγάνιο στο σύστημα έδαφος-φυτό.....	50
1.18.2. Πρόσληψη και μεταφορά του μαγγανίου στα φυτά.....	50
1.19. Χαλκός.....	51
1.19.1. Ο χαλκός στο σύστημα έδαφος-φυτό.....	52
1.19.2. Πρόσληψη και μεταφορά του χαλκού στα φυτά.....	53
1.20. Σίδηρος.....	54
1.20.1. Ο σίδηρος στο σύστημα έδαφος-φυτό.....	54
1.20.2. Πρόσληψη και μεταφορά του σιδήρου στα φυτά.....	55

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

---

Πειραματικό μέρος .....	56
Εισαγωγή.....	56
2.1. Στόχοι του πειράματος.....	57
2.2. Υλικά και μέθοδοι.....	57
2.2.1. Περιγραφή φυτικού υλικού.....	57
2.2.2. Προετοιμασία του πειράματος.....	58
2.3. Πειραματικό σχέδιο.....	58
2.4. Καλλιεργητικές και φυτοπροστατευτικές εργασίες.....	60
2.5. Λήψη παρατηρήσεων, δειγματοληψία εδάφους, φυτικών ιστών και χημικές αναλύσεις.....	60
2.5.1. Δειγματοληψία, μετρήσεις.....	60
2.5.2. Χημικές αναλύσεις.....	60
2.5.2.1. Έδαφος.....	60
2.5.2.2. Φυτικοί ιστοί.....	61
2.6. Αποτελέσματα – Συζήτηση.....	63
2.6.1. Εδαφικά χαρακτηριστικά.....	63
2.6.1.1. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων Zn στο pH του εδάφους σε καλλιέργεια μαρουλιού.....	63
2.6.1.2. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων Zn στη E.C. (mS/cm) του εδάφους σε καλλιέργεια μαρουλιού.....	64
2.6.1.3. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων Zn στην περιεκτικότητα σε οργανική ουσία (%) του εδάφους σε καλλιέργεια μαρουλιού.....	65
2.6.1.4. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων Zn στην περιεκτικότητα σε CaCO <sub>3</sub> (%) του εδάφους σε καλλιέργεια μαρουλιού.....	67
2.6.1.5. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στη συγκέντρωση K (meq/100 gr.) στο έδαφος σε καλλιέργεια μαρουλιού.....	68
2.6.1.6. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στη συγκέντρωση του Ca (meq/100 gr.) στο έδαφος σε καλλιέργεια μαρουλιού.....	69
2.6.1.7. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στη συγκέντρωση του ανταλλάξιμου Mg (meq/100 gr.) στο έδαφος σε καλλιέργεια μαρουλιού.....	70
2.6.1.8. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στη συγκέντρωση ανταλλάξιμου Na (meq/100 gr) στο έδαφος σε καλλιέργεια μαρουλιού.....	71

2.6.2. Μετρήσεις βάρους φυτών.....	72
2.6.2.1. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στο υπέργειο νωπό βάρος (γρ./φυτό) σε καλλιέργεια μαρουλιού.....	72
2.6.2.2. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στο υπόγειο νωπό βάρος(γρ./φυτό) σε καλλιέργεια μαρουλιού.....	74
2.6.2.3. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στο υπέργειο ξηρό βάρος(γρ./φυτό) σε καλλιέργεια μαρουλιού.....	76
2.6.2.4. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στο υπόγειο ξηρό βάρος(γρ./φυτό) σε καλλιέργεια μαρουλιού.....	78
2.6.3. Χημική σύσταση φυτών.....	80
2.6.3.1. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στη συγκέντρωση Zn (ppm) στο υπέργειο μέρος των φυτών σε καλλιέργεια μαρουλιού.....	80
2.6.3.2. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στη συγκέντρωση Zn(ppm) στο υπόγειο μέρος των φυτών σε καλλιέργεια μαρουλιού.....	81
2.6.3.3. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στη συγκέντρωση Fe (ppm) στο υπέργειο μέρος των φυτών σε καλλιέργεια μαρουλιού.....	82
2.6.3.4. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στη συγκέντρωση Mn (ppm) στο υπέργειο μέρος των φυτών σε καλλιέργεια μαρουλιού.....	84
2.6.3.5. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στη συγκέντρωση Cu (ppm) στο υπέργειο μέρος των φυτών σε καλλιέργεια μαρουλιού.....	86
2.7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	87
3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	88

## 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 η οποία 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 θάλλειο, το ουράνιο, το κοβάλτιο, το μολυβδαίνιο κ.λ.π.



Όταν τα στοιχεία Fe, Mn, Cu, Mo και B είναι σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις στο έδαφος ή σε θρεπτικά διαλύματα υδρολίπανσης των καλλιεργειών, εμφανίζονται συμπτώματα τροφopenιών 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.

Το ύδωρ αρδεύσεως που περιέχει από  $0,75 \text{ mg L}^{-1}$  βόριο, πρέπει να χρησιμοποιείται με μεγάλη προσοχή. Το βόριο όταν βρίσκεται σε ύδωρ αρδεύσεως σε συγκέντρωση  $0,2 \text{ mg L}^{-1}$  θεωρείται μικροθρεπτικό στοιχείο για τα φυτά και δεν προκαλεί τοξικά συμπτώματα, ενώ όταν βρίσκεται σε συγκέντρωση  $1-2 \text{ mg L}^{-1}$  είναι επιβλαβές.

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).

Στην πτυχιακή αυτή θα αναφερθεί λεπτομερώς η συμπεριφορά του Zn, τόσο στο έδαφος όσο και στα φυτά.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

## 1.1 Καταγωγή - Ιστορική διαδρομή - Εξάπλωση

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 κιχώριο (*chicory*), το αντιδί, 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 "θριδάκιον 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" (Γεννάδιο ς, 1959).

Αναφέρεται ότι οι Πέρσες το καλλιεργούσαν τον 6<sup>ο</sup> 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 εφαρμοζόταν 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 υφλίου 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, φαίνεται από τον Πίνακα 9.2 ότι 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 πρώιμο 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 (Πίνακες 1.1 και 1.2.).

Το παραγόμενο μαρούλι καταναίσκεται 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 Καλλιεργούμενες εκτάσεις και παραγωγή μαρουλιού ανά ήπειρο.**

	Έκταση x 1000 στρ.	Παραγωγή x 1000 ΜΤ*	% του συνόλου της παραγωγής
<b>Παγκόσμια</b>	6.887	15.263	100
<b>Κατά Ήπειρο</b>			
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
<b>Κυριότερες Χώρες Παραγωγής</b>			
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
<b>Χώρες Ε.Ε.</b>			
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

**Πίνακας 1.2 :** Διακίνηση μαρουλιού στην Ευρώπη, Β. Αφρική και Μ. Ανατολή, κατά το έτος 1996.

	Εισαγωγή		Εξαγωγή	
	Ποσότητα ΜΤ*	Αξία \$ 1000**	Ποσότητα ΜΤ*	Αξία \$ 1000**
<b>Ευρώπη</b>				
Γερμανία	256.673	351.326	3.592	4.312
Ηνωμένο Βασίλειο	122.358	144.974	4.988	5.138
Γαλλία	47.958	46.757	64.427	119.360
Ολλανδία	41.713	51.179	113.282	160.761
Αυστρία	39.538	37.449	731	906
Ελβετία	39.076	65.373	11	20
Βέλγιο-Λουξεμβούργο	26.998	39.240	76.864	123.738
Σουηδία	26.654	37.323	221	277
Ιταλία	22.123	33.470	117.936	147.797
Φινλανδία	12.428	11.658	146	368
Δανία	10.928	14.624	590	851
Σλοβενία	8.760	10.523	33	9
Ισπανία	7.203	6.887	326.832	272.491
Ιρλανδία	5.880	10.181	290	684
Νορβηγία	4.027	6.692	93	212
Κροατία	2.075	2.501	38	30
Δημοκρατία της Τσεχίας	1.582	1.912	5	22
Πολωνία	1.860	1.166	180	661
Πορτογαλία	1.405	2.734	395	1.238
Ελλάδα	804	806	62	86
<b>Χώρες Β. Αφρικής &amp; Μ. Ανατολής</b>				
Σαουδική Αραβία	13.875	5.679	1.118	579
Κουβέιτ	7.703	4.358	0	0
Μπαχρέιν	5.781	2.508	-	-
Κατάρ	2.395	574	-	-
Λίβανος	-	-	14.000	4.800
Ιορδανία	-	-	11.424	1.629

Πηγή: *FAO Production Yearbook* (1996)

\* ΜΤ: Μετρικοί Τόνοι

Αξία : Αξία σε χιλιάδες δολάρια

## 1.2 Στοιχεία καλλιέργειας μαρουλιού

Το μαρούλι είναι το σημαντικότερο φυλλώδες λαχανικό που χρησιμοποιείται ναπό 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

**Πίνακας 1.3:** Έκταση και παραγωγή υπαίθριας και θερμοκηπιακής καλλιέργειας μαρουλιού στην Ελλάδα, στη χρονική περίοδο 1980-1997.

	<u>Θερμοκηπίου</u>		<u>Υπαίθρια</u>		<u>Ολική</u>	
	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

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 1.3.

### 1.3 Διατροφική αξία μαρουλιού

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 1.4.

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 1.4.** Τύποι μαρουλιού και χαρακτηριστικά τους.

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	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 1.5.** 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
Δ. Στερεά	25	95	3,80	39	83	2,13
Αττική-Νήσοι	83	201		286	2.259	7,90*
<b>Σύνολο χώρας</b>		<b>1.010</b>	<b>1.989</b>	<b>2,42</b>	<b>1.423</b>	<b>4.022</b>

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.



**Εικόνα 1.1**

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 Στατιστικά στοιχεία**

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.

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 1.6:** Έκταση και παραγωγή καλλιέργειας μαρουλιού, στη χρονική περίοδο 1990-2003.

ΕΤΟΣ	ΕΚΤΑΣΗ(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 1.7 φαίνεται η κατανομή παραγωγής και υπαίθριας καλλιέργειας μαρουλιού κατά γεωγραφικό διαμέρισμα.

**Πίνακας 1.7.** 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 Βοτανικά χαρακτηριστικά**

### **1.5.1. Φυτό**

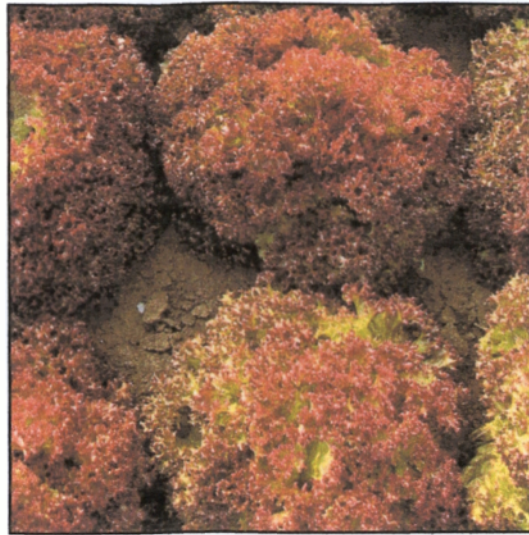
Το μαρούλι είναι φυτό μονοετές, ο σπόρος είναι αχαίνιο. Το μαρούλι είναι διπλοειδές με  $2x=18$  και τετραπλοειδές με  $4x=36$  χρωματοσώματα. Το φυτό είναι ποώδες με πασσαλώδη ρίζα η οποία κατά τη μεταφύτευση καταστρέφεται εν μέρει και αντικαθίσταται από ένα θυссανώδες επιτόλαιο ριζικό σύστημα.

### **1.5.2. Φύλλα**

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.



**Εικόνα 1.2.**



**Εικόνα 1.3.**

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



**Εικόνα 1.4.**

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. Βλαστός**

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. Ανθικό στέλεχος**

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 βότρου 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 ανθίων 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 ιδιαίτερης 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. Πολλαπλασιασμός**

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. Παράγοντες που επηρεάζουν την εμπορική επιτυχία των καλλιεργειών**

### **1.7.1. Κλίμα**

Ο σπουδαιότερος παράγοντας που καθορίζει τη δυνατότητα ευδοκίμησης μιας λαχανοκομικής καλλιέργειας είναι το κλίμα όπως αυτό εκφράζεται με τα επιμέρους στοιχεία του, που είναι τα εξής:

#### **1.7.1.1. Θερμοκρασία**

Από τα στοιχεία του κλίματος εκείνο που είναι το πιο σημαντικό είναι η θερμοκρασία είτε ως μέση ημερησία, είτε ως ημερησία ελάχιστη ή μέγιστη, είτε ως εκδήλωση παγετού αργά την άνοιξη ή πριν την έλευση του χειμώνα.

#### **1.7.1.2. Υδατικά κρημνίσματα**

Τα υδατικά κρημνίσματα (βροχή, χαλάζι, δρόσος, χιόνι) υπολογίζονται κυρίως όταν πρόκειται για φθινοπωρινές και χειμωνιάτικες καλλιέργειες που επηρεάζονται άμεσα από τις χιονοπτώσεις και για τις ανοιξιάτικες και καλοκαιρινές καλλιέργειες που είναι ξηρικές.

#### **1.7.1.3. Σχετική υγρασία ατμόσφαιρας**

Η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας, εκτός ορισμένων περιπτώσεων επιδρά επί των λαχανοκομικών καλλιεργειών έμμεσα, ευνοώντας ή δυσχεραίνοντας την ανάπτυξη και διάδοση των ασθενειών.

#### 1.7.1.4. Άνεμος

Ο μέτριας έντασης άνεμος έχει ευεργετικές συνέπειες στην καλλιέργεια των λαχανικών, επειδή αφενός μειώνει την σχετική υγρασία στην επιφάνεια και συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση της διάδοσης των μυκητολογικών και βακτηριακών ασθeneιών και αφετέρου βοηθάει στην επικονίαση των ανθέων στα εντομόφιλα φυτά.

#### 1.7.1.5. Φως

Από το φως ενδιαφέρουν: 1) η ένταση, 2) η διάρκεια και 3) η ποιότητα. Και τα τρία επηρεάζουν άμεσα την φωτοσύνθεση και κατά συνέπεια την ανάπτυξη των λαχανικών.

#### 1.7.2. Οξυγόνο

Είναι απαραίτητο για την αναπνοή των κυττάρων τόσο του υπέργειου όσο και του υπόγειου τμήματος των φυτών.

#### 1.7.3. Διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>)

Η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα κυμαίνεται περί τα 300 ppm (μέρη στο εκατομμύριο). Τα αποτελέσματα της έρευνας απέδειξαν ότι η συγκέντρωση αυτή είναι ανεπαρκής και μάλιστα πολύ χαμηλότερη από τα απαραίτητα επίπεδα για την άριστη απόδοση των λαχανικών. Τα επίπεδα αυτά ποικίλουν από είδος σε είδος και από ποικιλία σε ποικιλία, αλλά για τα περισσότερα λαχανικά είναι πάνω από 800 ppm. Είναι γεγονός ότι το διοξείδιο του άνθρακα είναι το μόνο χρήσιμο στα φυτά συστατικό στο οποίο η φύση είναι ελλειμματική σε κάθε σημείο του πλανήτη γη. Ο καλλιεργητής λαχανικών στο ύπαιθρο δεν έχει τη δυνατότητα να παρέμβει και να αυξήσει τη συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα. Άρα η απόδοση της καλλιέργειας, σε ό,τι εξαρτάται από τον περιοριστικό παράγοντα που λέγεται CO<sub>2</sub>, θα είναι τόση όση θα του επιτρέψει το διοξείδιο του άνθρακα. Στις θερμοκηπιακές όμως καλλιέργειες μπορεί να γίνει εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας με διοξείδιο του άνθρακα και να αυξηθούν έτσι ΟΙ αποδόσεις από 17% έως και 60%, ανάλογα με το είδος του λαχανικού.

#### **1.7.4. Έδαφος**

Κάθε λαχανικό έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις σε έδαφος, οι οποίες αναφέρονται στις φυσικοχημικές ιδιότητες, στη δομή, στην υφή και τη χημική αντίδραση. Το έδαφος καθορίζει τη δυνατότητα καλλιέργειας ενός λαχανικού σε επίπεδο χωραφιού.

#### **1.7.5. Δίκτυα και μέσα μεταφοράς**

Οι περιοχές που βρίσκονται κοντά στα μεγάλα αστικά κέντρα τα οποία είναι και καταναλωτικά κέντρα λαχανικών, είτε δεν είναι ευνοϊκές για την ανάπτυξη όλων των λαχανοκομικών ειδών είτε δεν αρκούν σε έκταση για την παραγωγή όλων των αναγκαίων ποσοτήτων. Έτσι, είναι απαραίτητο να αναζητηθούν κατάλληλες περιοχές σε απόσταση από τα κέντρα κατανάλωσης, όπου και οι στρεμματικές αποδόσεις να είναι μεγάλες και το κόστος παραγωγής να είναι μικρό.

#### **1.7.6. Κοινωνικοοικονομικές συνθήκες της περιοχής**

Στις κοινωνικοοικονομικές συνθήκες της περιοχής περιλαμβάνονται: α) οι ικανότητες και οι γνώσεις του παραγωγού, β) η διάθεση εργατικών χεριών στην περιοχή, γ) η αξία της διαθέσιμης γεωργικής γης.

Η επιτυχία μιας λαχανοκομικής καλλιέργειας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θέληση, τη γνώση, τις ικανότητες και την επιχειρηματικότητα του καλλιεργητή. Παρά την μερική εκμηχάνιση οι λαχανοκομικές καλλιέργειες είναι απαιτητικές σε ανθρώπινη εργασία για μια σειρά από καλλιεργητικές φροντίδες, ιδιαίτερα στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες.

#### **1.7.6. Ύπαρξη γεωργικών βιομηχανιών στην περιοχή**

Η ύπαρξη γεωργικών βιομηχανιών στην περιοχή δίνει την δυνατότητα στον παραγωγό να καλλιεργήσει μερικά λαχανικά σε μεγαλύτερες εκτάσεις, επειδή σ' αυτά εφαρμόζονται καλλιεργητικές τεχνικές και φροντίδες περισσότερο εκμηχανισμένες.



### 1.7.7. Ατμοσφαιρική ρύπανση

Στην ατμοσφαιρική ρύπανση συμπεριλαμβάνεται η αιθαλομίχλη, το όζον, η αιωρούμενη σκόνη, και οι ρυπαντές που οφείλονται σε οξειδία του θείου και του αζώτου ή σε διαλυτά χλωρίδια και σε οργανικά υπεροξειδία. Όλοι αυτοί οι παράγοντες συντελούν στην μειωμένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα, την αύξηση της θερμοκρασίας στο φύλλωμα, την αλλοίωση των χρωμάτων και την υποβάθμιση της ποιότητας των εδώδιμων ανθέων, την πρόκληση νεκρωτικών κηλίδων και την προοδευτική ξήρανση φύλλων και ανθέων.

## 1.8 Καλλιεργητικές φροντίδες

### 1.8.1 Προετοιμασία 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 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> και 4,8 χιλιόγραμμα K<sub>2</sub>O. 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 Kgt/ στρέμμα αζώτου και 15 Kgt/ 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 ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) 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 θεικής αμμωνίας θα πρέπει να γίνεται με προσοχή στη καλλιέργεια του μαρουλιού, επειδή μειώνει το pH ιδιαίτερα σε εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε  $\text{CaCO}_3$ . Επιπλέον εφαρμογή μεγάλης ποσότητας αμμωνιακού αζώτου προκαλεί την εμφάνιση χαρακτηριστικών συμπτωμάτων ιδιαίτερα στα αγγεία του ξύλου.

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.

### 1.8.2 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  $\text{P}_2\text{O}_5$  και 4,8 χιλιόγραμμα  $\text{K}_2\text{O}$ . 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 άζωτου 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 ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) 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  $\text{CaCO}_3$ . Επιπλέον εφαρμογή μεγάλης ποσότητας αμμωνιακού άζωτου προκαλεί την εμφάνιση χαρακτηριστικών συμπτωμάτων ιδιαίτερα στα αγγεία του ξύλου.

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 πίνακα 1.8:

**Πίνακας 1.8:** Συνιστώμενη λίπανση

Λιπαντικές μονάδες (kg στρ)		
N	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$
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 τροφωπενιών 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<sup>ο</sup> αιώνα τα οργανικά λιπάσματα (φυτικά και ζωικά υπολείμματα) ήταν η μοναδική πηγή για την λίπανση των καλλιεργειών. Βασιζόμενος 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).

### 1.8.3. Άρδευση

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 υδατο-ϊκανότητας 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 θυσανώδους 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..

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 υδατο'ικανότητας 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.

### 1.9 Σπορά

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.



Εικόνα 1.5.

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.



**Εικόνα 1.6.**

Σε χώρες της Ευρώπης η καλλιέργεια γίνεται με μηχανική σπορά με επενδυμένα σπέρματα με θρεπτικό υλικό (Pelleted Seeds) σε εδαφικούς κύβους (Soilblocks), επίσης διαδεδομένη είναι και η καλλιέργειά του σε NFT όπου το μέγεθος του φυτού είναι πιο ομοιόμορφο και η μετάδοση ασθενειών ελαττώνεται πάρα πολύ.



**Εικόνα 1.7.**





**Εικόνα 1.8.**

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.

### **1.10.Συγκομιδή**

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 Ρομάνο, 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 (χώμα, υπολείμματα φυτοφαρμάκων) την γεύση (γλυκιά όχι πικρή) και τα φύλλα



**Εικόνα 1.9.**



**Εικόνα 1.10.**

### **1.11.Συντήρηση**

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.

## 1.12 Εχθροί και ασθένειες

### 1.12.1 Ζωικοί εχθροί

α) **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.

### β) 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 (*Trialeuroides vaporarium*) 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 (*Grylotalpa*, *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.

#### 1.12.2. 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.

##### β) Κηλιδώσεις των φύλλων (*Microdochium panattonianum*)

Εκτός από το μαρούλι ο μύκητας *M. Panattonianum* 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.

#### **1.12.3. Βακτηριακές ασθένειες**

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

#### **1.12.4. Ιώσεις**

##### **α) Μωσαϊκό του καπνού (LMV=*Lettuce Mosaic Virus*)**

Είναι η σημαντικότερη ίωση που προσβάλλει το μαρούλι. Προκαλεί σπικτή 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.

##### **β) 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<sup>ου</sup> ή 6<sup>ου</sup> 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 εθεωρείτο ότι οφείλεται στον μύκητα *Oididium brassicae*. Σήμερα πιστεύεται ότι οφείλεται σε ιό, ο οποίος μεταφέρεται με τον *Oididium 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.

#### 1.12.5. 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)

### **1.13. Συμπεριφορά μικροθρεπτικών και βαρέων μετάλλων στο έδαφος**

Τα μικροθρεπτικά και βαρέα μέταλλα στο έδαφος βρίσκονται:

- ◆ Με τη διαλυτή μορφή στο εδαφικό διάλυμα καθώς και στο ύδωρ στράγγισης.
- ◆ Συγκρατούνται από τη στερεή φάση του εδάφους με διάφορες μορφές και ιοντικές καταστάσεις.
- ◆ Καταβυθίζονται με τη μορφή αδιάλυτων ενώσεων.
- ◆ Προσλαμβάνονται από τα φυτά που καλλιεργούνται στο έδαφος ή από τα φυτά που αναπτύσσονται σε αυτό.
- ◆ Παραμένουν στην αέρια φάση του εδάφους κατά τη μετατροπή τους με τη μορφή πτητικών ενώσεων ( η περίπτωση αυτή αναφέρεται σε μεγαλύτερο βαθμό στον υδράργυρο, αλλά και στα μεταλλοειδή τα οποία μπορεί να υπάρχουν στο έδαφος).

### **1.14. Ποσότητες μικροθρεπτικών και βαρέων μετάλλων στο εδαφικό διάλυμα.**

Η συγκέντρωση ενός μετάλλου στο εδαφικό διάλυμα είναι συνήθως μικρή. Σε εδάφη που μετρήθηκαν σε περιοχές της Νέας Υόρκης η μέση συγκέντρωση των στοιχείων κοβαλτίου, χαλκού, ψευδαργύρου και μαγγανίου ήταν αντίστοιχα 0,0005, 0,008, 0,015 και 0,06  $\mu\text{g Ml}$ . Η συγκέντρωση του μολυβδαινίου στο εδαφικό διάλυμα κυμαίνεται από 0,002 μέχρι 0,008  $\mu\text{g cm}^3$ .

Οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στο ύδωρ στράγγισης σε  $\mu\text{g cm}^3$  είναι οι εξής:

Cd: 0.005, Cr: 0.1, Cu:0,04, Ni: 0.06, Pb: 0.03, Zn:0,08.



### **1.15. Δέσμευση των μικροθρεπτικών και βαρέων μετάλλων από τη στερεή φάση του εδάφους**

Η ικανότητα ή όχι ιονισμού ενός μετάλλου, ο αριθμός οξειδωσης με τον οποίο παρουσιάζεται, η δυνατότητα ή όχι σχηματισμού συμπλόκων με οργανικές ενώσεις, καθώς και η κινητικότητα του εξαρτάται κυρίως από τη φύση του ιόντος, αλλά και από τις κατωτέρω ιδιότητες του εδάφους:

- ◆ από την τιμή του pH του εδάφους
- ◆ από το δυναμικό οξειδοαναγωγής
- ◆ από το ποσοστό και το είδος της οργανικής ουσίας του εδάφους
- ◆ από την Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων του εδάφους
- ◆ από την περιεκτικότητα και το είδος των οξειδίων και υδροξειδίων του σιδήρου, μαγγανίου και αργιλίου του εδάφους
- ◆ από τα ορυκτά της αργίλου.

### **1.16. Πρόσληψη των μικροθρεπτικών και βαρέων μετάλλων από τα φυτά**

Η μεταβολική πορεία και ο ρόλος ενός μικροθρεπτικού ή ενός βαρέως μετάλλου στο φυτό καθορίζεται από πολλούς παράγοντες οι οποίοι αναφέρονται παρακάτω:

- ◆ Πρόσληψη ή μη πρόσληψη και μετακίνηση των μικροθρεπτικών και των βαρέων μετάλλων στο φυτό
- ◆ Ενζυματικές διαδικασίες που πραγματοποιούνται στο φυτό
- ◆ Συγκεντρώσεις και μορφές των μετάλλων στο φυτό
- ◆ Έλλειψη και τοξικότητα
- ◆ Ανταγωνιστικά ιονικά 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 την φυλλική τους επιφάνεια.

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

- ◆ Η ποσότητα του μεταλλικού μικροθρεπτικού ή βαρέως μετάλλου που περιέχεται στο εδαφικό διάλυμα (μεγαλύτερη τάση για πρόσληψη παρατηρείται στις περιπτώσεις όπου οι συγκεντρώσεις των μετάλλων είναι χαμηλές).
- ◆ Η μορφή και το είδος του μετάλλου μέσα στο εδαφικό διάλυμα
- ◆ Η παρουσία ιόντων υδραργύρου 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 ικανότητα του να προσλαμβάνει ή όχι μεταλλικά στοιχεία.
- ◆ Το στάδιο ανάπτυξης του φυτού.
- ◆ Η κινητικότητα του μεταλλικού ιόντος στο εδαφικό διάλυμα προς την επιφάνεια της ρίζας του φυτού
- ◆ Η μεταφορά του μετάλλου από την επιφάνεια στο εσωτερικό της ρίζας
- ◆ Η μετακίνηση του μετάλλου από τη ρίζα προς το βλαστό και τα φύλλα.

Η πρόσληψη των μετάλλων από τις ρίζες των φυτών μπορεί να γίνει ενεργητικά ή παθητικά, δηλαδή με κατανάλωση ή όχι ενέργειας. Η ενεργητική πρόσληψη είναι μεταβολική διαδικασία, απαιτεί κατανάλωση ενέργειας και είναι δυνατό να παρεμποδιστεί από την παρουσία τοξινών και ενάντια στη διαφορική μεταβολή των χημικών συστατικών του εδαφικού διαλύματος.

Η παθητική πρόσληψη είναι μια μη μεταβολική διαδικασία, και δεν απαιτείται ενέργεια για την πραγματοποίησή της, γίνεται δε με διάχυση των μεταλλικών ιόντων μέσα στο εδαφικό διάλυμα προς την ενδοδερμίδα της ρίζας. Τα μέταλλα εκείνα τα οποία είναι περισσότερο διαθέσιμα προς τα φυτά είναι αυτά που προσροφώνται από τα ορυκτά της αργίλου και κυρίως από τον ιλλίτη και τον μοντιμορριλονίτη, ενώ εκείνα τα μέταλλα που είναι δεσμευμένα σε οξείδια είναι λιγότερο διαθέσιμα στα φυτά.

Η πρόσληψη των μετάλλων από τα φύλλα των φυτών συντελεί σημαντικά στη ρύπανση αυτών από τα στοιχεία Mn, Zn και Cu. Από τα φύλλα επίσης, είναι δυνατό να προσληφθούν σημαντικές ποσότητες ραδιενεργών ισοτόπων. Τα μέταλλα που προσλαμβάνονται από τα φύλλα μπορούν στη συνέχεια να οδηγηθούν και σε άλλα μέρη του φυτού και κυρίως στις ρίζες, όπου πολλές φορές συσσωρεύονται οι πλεονάζουσες ποσότητες των μεταλλικών αυτών στοιχείων.

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 σε αυτούς κυρίως όταν οι συγκεντρώσεις τους είναι υψηλότερες από μια συγκεκριμένη τιμή.

## **1.17 Ιχνοστοιχεία**

### **1.17.1 Ψευδάργυρος**

#### **1.17.2. Εισαγωγή**

Ο ψευδάργυρος απορροφάται από τα φυτά σε μικρές ποσότητες, υπό τη μορφή του δισθενούς ιόντος Zn. Επίσης είναι δυνατόν να προσληφθεί και από το φύλλωμα, υπό μορφή ορισμένων οργανικών συμπλόκων.

Ο ρόλος του σχετίζεται με το σχηματισμό ορισμένων ορμονών για την αύξηση των φυτών και τις αναπαραγωγικές τους λειτουργίες, καθώς επίσης και με τα συστήματα των ενζύμων των φυτών.

Ελλείψεις ψευδαργύρου έχουν παρατηρηθεί σε καλαμπόκι, σόργο, ψυχανθή, βαμβάκι, οπωροφόρα και άλλες καλλιέργειες. Στα οπωροφόρα η έλλειψη ψευδαργύρου προκαλεί βραχυγονάτωση των μεσογονατίων διαστημάτων των βλαστών και μικρά χλωρωτικά φύλλα που σχηματίζουν ρόδακα κατά την έκπτυξη.

Τα περισσότερα από τα ορυκτά, που περιέχουν ψευδάργυρο, αποσθρώνονται εύκολα, οπότε ελευθερώνουν δισθενές κατιόν Zn που στην συνέχεια προσροφάται από τα κολλοειδή του εδάφους ή δημιουργεί σύμπλοκο με την οργανική ουσία.

Η περιεκτικότητα του εδάφους σε ολικό ψευδάργυρο κυμαίνεται μεταξύ 10 και 300 p.p.m., η αφομοιωσιμότητα όμως στα φυτά καθορίζεται από ορισμένους εδαφικούς παράγοντες που είναι:

- α) Η οξύτητα του εδάφους: ο Zn είναι περισσότερο αφομοιώσιμος σε όξινο pH.
- β) Η περιεκτικότητα του εδάφους σε φώσφορο και οργανική ουσία: η έλλειψη Zn παρουσιάζεται σε εδάφη που περιέχουν πολλά φωσφορικά και πολύ οργανική ουσία.
- γ) Η δυνατότητα δέσμευσης του από την άργιλο και τα ανθρακικά.

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 *Aspergillus 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 την ημέρα.

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.

### 1.17.3. Προέλευση του ψευδαργύρου

Ο Lindsay (1972), υποστήριξε 'ότι η μέση ολική συγκέντρωση του ψευδαργύρου στη λιθόσφαιρα υπολογίζεται σε 80 mg Zn Kg<sup>-1</sup> πετρώματος. Οι κύριες πηγές ψευδαργύρου είναι τα θειούχα ορυκτά (ZnS) όπως ο σφαλερίτης και ο βουρσίτης, ο σμιθσονίτης (ZnCO<sub>3</sub>), ο βιλλεμίτης (ZnSiO<sub>4</sub>), ο τσινγοσίτης (ZnSO<sub>4</sub>), ο φρανκλινίτης (ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) και ο οπείτης [(Zn<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>•4 H<sub>2</sub>O)].

Ο Lindsay (1991), υποστήριξε ότι η μέση ολική συγκέντρωση του Zn κυμαίνεται από 40 mg Zn kg<sup>-1</sup> πετρώματος στα όξινα πετρώματα (γρανίτες), μέχρι 100 mg Zn kg<sup>-1</sup> πετρώματος στα βασάλτικα πετρώματα.

Οι ερευνητές Kabata et al. (1992), υπολόγισαν ότι στα ιζηματογενή πετρώματα η συγκέντρωση του Zn κυμαίνεται από 80-120 mg Zn kg<sup>-1</sup> πετρώματος ενώ στα ασβεστολιθικά πετρώματα και τους δολομίτες η συγκέντρωση του είναι πιο μικρή και κυμαίνεται από 10-30 mg Zn kg<sup>-1</sup> 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 10-300 mg Zn kg<sup>-1</sup> εδάφους ενώ η συνηθέστερη τιμή συγκεντρώσεως είναι 50 mg Zn kg<sup>-1</sup> εδάφους.

Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις του Zn εμφανίζονται στα εδάφη podzols (28 mg Zn kg<sup>-1</sup> εδάφους), ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις εμφανίζονται στα εδάφη fluvisols (60 mg Zn kg<sup>-1</sup> εδάφους) και στα histosols (58 mg Zn kg<sup>-1</sup> εδάφους).

#### 1.17.4. 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<sup>-1</sup> λιπάσματος, στον ασβέστη από 10 μέχρι 450 mg Zn kg<sup>-1</sup> ασβέστη, ενώ στην κόπρο των ζώων από 15 μέχρι 250 mg Zn kg<sup>-1</sup> 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.

#### 1.17.5. 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\*10<sup>6</sup> 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.

#### 1.17.6. 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 οξειδία.
- ◆ 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 ανωτέρω μορφές του Zn καθώς και η συγκέντρωση αυτών εξαρτάται από τις σταθερές όπως:

- ◆ Η καταβύθιση και η διάλυση
- ◆ Η συμπλοκοποίηση και απελευθέρωση του μετάλλου κατά την αντίστροφη διαδικασία.
- ◆ Η προσρόφηση και εκρόφηση.

Τα τελικά προϊόντα των αντιδράσεων εξαρτώνται από τους εξής παράγοντες:

- ◆ Από τη συγκέντρωση των ιόντων  $Zn^{2+}$  καθώς και την παρουσία άλλων ιόντων στο εδαφικό διάλυμα.
- ◆ Από το είδος και τον αριθμό των επιφανειών προσρόφησης της στερεής φάσης του εδάφους.
- ◆ Από τη συγκέντρωση των υποκαταστατών που βρίσκονται στο εδαφικό διάλυμα και οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να σχηματίσουν οργανικές ενώσεις του Zn.
- ◆ Από την τιμή του pH και του δυναμικού οξειδοαναγωγής του εδάφους.

Αν μεταβληθούν μία ή περισσότερες παράμετροι της συνολικής ισορροπίας, τότε θα σημειωθεί μετακίνηση προς τα δεξιά ή προς τα αριστερά των επιμέρους ισορροπιών μέχρις ότου στο σύστημα αποκατασταθεί μια νέα κατάσταση χημικής ισορροπίας.

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 Fattah και Pickering (1977), ο Pevena (1976), οι Kuo και Mikkelsen (1979), οι Waba και Abd-Elgattah (1978), οι Bruemmer et al.(1988).

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  $Zn^{3+}$  είναι δυνατό να ελαττωθεί σε  $pH < 7$  από την παρουσία ανταγωνιστικών κατιόντων. Αυτό συντελεί σε μεγάλη κινητικότητα και έκπλυση του Zn από τα όξινα ελαφριά 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. Οι ερευνητές De Mumbum και Jackson (1956) και οι ερευνητές Bingham et al.(1965), υποστηρίζουν ότι ο μοντμοριλλονίτης, συγκρατεί μεγάλες ποσότητες ψευδαργύρου κυρίως σε ουδέτερο και αλκαλικό περιβάλλον διότι οι μορφές του ψευδαργύρου που είναι δυνατό να προσροφηθούν είναι προϊόντα υδρόλυσης του Zn. Επίσης ο Zn καταβυθίζεται με τη μορφή του  $Zn(OH)_2$ . Οι ερευνητές τους Misra και Tiwaris (1966), υποστηρίζουν ότι ο Zn σχηματίζει ανθρακικά άλατα.

#### **1.17.7. Ο ψευδάργυρος στο σύστημα έδαφος – φυτό**

Ο ψευδάργυρος συγκεντρώνεται στις ζώνες αύξησης και έντονης ενζυματικής δραστηριότητας. Είναι συστατικό ορισμένων ενζύμων και διαδραματίζει ρόλο στη σύνθεση της χλωροφύλλης. Ευνοεί την αύξηση της περιεκτικότητας σε τρυπτοφάνη, πρόδρομο αμινοξύ της αυξίνης, συνεπώς επηρεάζει θετικά την παρουσία της αυξίνης στο φυτό. Η κινητικότητα του Zn στο φυτό είναι καλύτερη των άλλων ιχνοστοιχείων.

Ο ψευδάργυρος παίζει σπουδαίο ρόλο στις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις. Βασικές λειτουργίες του Zn σχετίζονται με το μεταβολισμό των υδατανθράκων, των πρωτεϊνών, των αυξινών και του RNA. Δρα είτε ως μεταλλικό συστατικό των ενζύμων, είτε ως λειτουργικός, δομικός ή ρυθμιστικός συμπαράγοντας μεγάλου αριθμού ενζύμων. Ο σχηματισμός IAA επηρεάζεται έμμεσα από την παρουσία Zn γιατί θεωρείται απαραίτητο συστατικό για την σύνθεση της θρυπτοφάνης που αποτελεί πρόδρομο μορφή του IAA.

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).

Έλλειψη ψευδαργύρου έχει ως αποτέλεσμα την εκδήλωση χλωρωτικών φαινομένων που εντοπίζονται στους μεταξύ των νευρώσεων χώρους του φύλλου.

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 κυριότερα συμπτώματα τοξικότητας των φυτών από τον 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 και 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 γενότυπο του. Τα συνήθη όρια φυτοτοξικότητας σε μεγάλο αριθμό φυτών κυμαίνονται από 100 μέχρι

500 mg L<sup>-1</sup> (Macnicol και Beckett, 1985). Τα περισσότερα όμως είδη φυτών είναι ανθεκτικά σε μεγάλες ποσότητες ψευδαργύρου.

#### 1.17.8. 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 που ο ψευδάργυρος προσλαμβάνεται από τα φυτά είναι οι εξής:

- ◆ Zn σε μεταλλική μορφή.
- ◆ Zn κυρίως ως προϊόν υδρόλυσης και
- ◆ Zn με τη μορφή συμπλόκων ενώσεων με την οργανική ουσία του εδάφους (Weinberg, 1977, Haivorsen 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. Αυτό συμβαίνει μόνο όταν η συγκέντρωση του Zn στο εδαφικό διάλυμα είναι υψηλή. Στις περιπτώσεις που η συγκέντρωση του Zn είναι χαμηλή, μειώνεται και η κίνηση του προς τα διάφορα όργανα του φυτού.

Η περιεκτικότητα των ριζών σε Zn είναι υψηλότερη από την περιεκτικότητα αυτού στο υπέργειο τμήμα.

Ο βιοχημικός ρόλος του ψευδαργύρου στα φυτά είναι σημαντικός, καθώς αποτελεί δομικό συστατικό μεγάλου αριθμού ενζύμων: πρωτεϊνολυτικών, πεπτιδολυτικών. Η βασική λειτουργία του ψευδαργύρου στα φυτά είναι ότι συμμετέχει στο μεταβολισμό των υδρογονανθράκων και των πρωτεϊνών, αλλά και στο σχηματισμό των ριβοσωμάτων και του RNA (Prince et al., 1972).

## 1.18. 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<sup>2+</sup>). 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.

### 1.18.1. Το μαγγάνιο στο σύστημα έδαφος-φυτό

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 ασβεστούχα υλικά.
- ◆ Ασβεστούχα 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 (Chapman et al., 1939, Chapman 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).

### 1.18.2. 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 διασθενών 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 τροφопενίας.

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).

### **1.19. Χαλκός (Cu)**

Ο χαλκός αποτελεί μέρος του βορδιγάλειου πολτού που παρατηρήθηκε για πρώτη φορά ότι ήταν αποτελεσματικό εναντίον ομάδων κατωτέρων οργανισμών, σε συγκεντρώσεις μόλις μερικών ppm. Το 1931 αποδείχτηκε απαραίτητο στοιχείο για τα φυτά.

Στο έδαφος βρίσκεται σχεδόν αποκλειστικά με τη μορφή των δισθενών κατιόντων του  $\text{Cu}^{2+}$ . Η μέση τιμή στο έδαφος δεν υπερβαίνει τα 10-20 ppm, ενώ τα μεγαλύτερα ποσοστά του είναι συνήθως ενωμένα με μικρού μοριακού βάρους

οργανικά συστατικά. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις Cu από αυτές που υπάρχουν στο φυτό εντοπίζονται στα φύλλα και ειδικότερα στους χλωροπλάστες.

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

Ο χαλκός αποτελεί βασικό συστατικό μερικών ενζύμων, όπως για παράδειγμα της πλαστοκυανίνης, που είναι συστατικό της αλυσίδας μεταφοράς ηλεκτρονίων φωτοσυστήματος I, της υπεροξειδικής δισμουτάσης, που προστατεύει τους φωτοσυνθετικούς μηχανισμούς από τις δηλητηριώδεις επιδράσεις του οξυγόνου, της φαινολάσης, που συντελεί στην οξείδωση των φαινολών, συμμετέχει στη βιοσύνθεση της λιγνίνης (έλλειψη Cu έχει ως συνέπεια την εξασθενημένη αποξύλωση των κυτταρικών τοιχωμάτων) και των αλκαλοειδών καθώς επίσης και στο σχηματισμό μελανωτικών συστατικών (όταν κόβονται οι ιστοί και εκτίθενται στο οξυγόνο της ατμόσφαιρας, π.χ. το εμφανιζόμενο σκούρο χρώμα σε τομές μήλων και πατάτας). Συμμετέχει στην αναγωγή των νιτρικών. Συμπεριφέρεται όπως ο σίδηρος στο αίμα μερικών ζωικών ειδών (αιμοκυανίνη).

#### **1.19.1. Ο χαλκός στο σύστημα έδαφος-φυτό.**

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

Οι τροφοπενίες χαλκού παρουσιάζονται συχνότερα σε οργανικά εδάφη, κατόπιν σε Rozdols, τα οποία περιέχουν υψηλά ποσοστά άμμου και δεν έχουν την ικανότητα να συγκρατούν ικανοποιητικές ποσότητες ύδατος και θρεπτικών στοιχείων. Επίσης, σημαντικές τροφοπενίες χαλκού παρατηρούνται σε εδάφη νατριωμένα, στα οποία η τιμή του pH είναι ιδιαίτερα υψηλή, το ποσοστό διασποράς της αργίλου είναι ιδιαίτερα υψηλό και έχουν πολύ μικρό ποσοστό υγρασίας.

Ο χαλκός σε χαμηλές συγκεντρώσεις είναι απαραίτητος για την ανάπτυξη των φυτών, αλλά και για την υγεία των ζώων και του ανθρώπου. Ορισμένα είδη φυτών έχουν την ικανότητα να συσσωρεύουν μεγάλες ποσότητες χαλκού στους ιστούς τους.

Επειδή η απομάκρυνση του χαλκού από το έδαφος εξαιτίας της έκπλυσης είναι μηδαμινή, η προσθήκη ποσοτήτων χαλκού στο έδαφος οδηγεί στη δημιουργία υψηλών συγκεντρώσεων με αποτέλεσμα τοξικά συμπτώματα στα φυτά.

### 1.19.2. Πρόσληψη και μεταφορά του χαλκού στα φυτά.

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

Οι βιοχημικές λειτουργίες του χαλκού μέσα στο φυτό παρουσιάζονται κατωτέρω:

- ◆ Στους ιστούς της ρίζας παρουσιάζεται κυρίως με τη μορφή συμπλόκου με οργανικές ενώσεις χαμηλού μοριακού βάρους, καθώς και με πρωτεΐνες.
- ◆ Σε πολλές περιπτώσεις ο χαλκός περιέχεται σε ενώσεις που δεν έχουν γνωστό βιοχημικό ρόλο, αλλά και σε ένζυμα τα οποία παίζουν καθοριστικό ρόλο στο μεταβολισμό των φυτών.
- ◆ Ο χαλκός συμμετέχει σε μεγάλο αριθμό φυσιολογικών λειτουργιών που πραγματοποιούνται στο φυτό. Όπως στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, της αναπνοής, της αναγωγής του αζώτου, της σύνθεσης των υδρογονανθράκων, του σχηματισμού αλλά και της αποικοδόμησης του τοιχώματος των κυττάρων καθώς και στο μεταβολισμό των πρωτεϊνών.
- ◆ Ο χαλκός επηρεάζει τη μετακίνηση του ύδατος στα ξυλώδη αγγεία και επομένως καθορίζει τη διαθεσιμότητα του ύδατος στο φυτό.
- ◆ Καθορίζει την παραγωγή των νουκλεονικών οξέων (DNA και RNA). Συγκεκριμένα η έλλειψη του αναστάλλει την αναπαραγωγή των φυτών, καθώς ελαττώνεται σημαντικά η σποροπαραγωγή.
- ◆ Εμπλέκεται στους μηχανισμούς άμυνας των φυτών στις ασθένειες. Φυτά τα οποία έχουν πλεονάζοντα αποθέματα χαλκού παρουσιάζουν ευαισθησία σε μεγάλο αριθμό ασθενειών, ενώ η έλλειψη του σε αρκετές περιπτώσεις έδειξε ενίσχυση της αντίστασης των φυτών στις ασθένειες.

## 1.20. Σίδηρος

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

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

Οι πιο γνωστές λειτουργίες του σιδήρου είναι στενά συνδεδεμένες με τα ενζυματικά συστήματα στα οποία συμμετέχει (καταλάση, περοξειδάση και κυτοχρώμων). Καταλύει τη βιοσύνθεση των πυρολικών πυρήνων, βασικών στοιχείων του μορίου της χλωροφύλλης. Είναι συστατικό των κυτοχρώμων, σημαντικών δηλαδή συστημάτων redox των κυττάρων, η δραστηριότητα των οποίων συνδέεται με το αντιστρεπτό πέραςμα του Fe από το ένα σθένος στο άλλο. Επιδρά στο μεταβολισμό του αζώτου.

### 1.20.1. Ο σίδηρος στο σύστημα έδαφος-φυτό.

Εδάφη που είναι δυνατό να εμφανίσουν τροφοπενίες σιδήρου στα καλλιεργούμενα φυτά είναι τα κατωτέρω:

- ◆ Εδάφη με υψηλές τιμές pH (αλκαλικά εδάφη).
- ◆ Εδάφη τα οποία δεν αρδεύονται ικανοποιητικά.
- ◆ Εδάφη με υψηλό ποσοστό ανθρακικού ασβεστίου, του μαγγανίου, υψηλή περιεκτικότητα σε μαγγάνιο, φώσφορο και  $\text{HCO}_3$ .

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



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

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

### 1.20.2. Πρόσληψη και μεταφορά του σιδήρου στα φυτά.

Η πρόσληψη του σιδήρου από τα φυτά είναι μεταβολική διαδικασία. Ο κυριότερος παράγοντας που καθορίζει την πρόσληψη σιδήρου από τα φυτά είναι η ικανότητα των ριζών να ανάγουν τα ιόντα του  $Fe^{3+}$  σε  $Fe^{2+}$  (Channey et al, 1972). Σε συνήθεις τιμές pH του εδάφους, τα φυτά προσλαμβάνουν τον απαιτούμενο για την ανάπτυξη τους σίδηρο με τη μορφή οργανικών ενώσεων και συμπλόκων. Στο ξυλώδες παρέγχυμα, η μορφή του σιδήρου που κυριαρχεί είναι τα ιόντα του δισθενούς σιδήρου. Παρ'όλα αυτά η μετακίνηση του ελέγχεται από το σχηματισμό κιτρικών συμπλόκων, αλλά και ευδιάλυτων ferridixines. Εντός του φυτού ο σίδηρος δεν μετακινείται ιδιαίτερα γρήγορα και γι'αυτό εμφανίζονται προβλήματα τοξικότητας στα πιο νέα φυτά (Scheffer et al., 1979). Ο σίδηρος συμμετέχει σε μεγάλο αριθμό βιοχημικών αντιδράσεων και ελέγχει τις αντιδράσεις μετατροπής ενέργειας που είναι απαραίτητες για την σύνθεση και την ανάπτυξη των κυττάρων του φυτού (Boardman, 1975, Nicholas, 1975, Price et al., 1972, Markert, 1987).

Ο βιοχημικός ρόλος του σιδήρου στα φυτά συνοπτικά παρουσιάζεται ως εξής:

- ◆ Ο σίδηρος βρίσκεται στις πρωτεΐνες και συγκεντρώνεται κυρίως στους χλωροπλάστες των κυττάρων.
- ◆ Οι οργανικές σύμπλοκες ενώσεις του σιδήρου εμπλέκονται στο μηχανισμό μεταφοράς ηλεκτρονίων κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης.
- ◆ Nonheme σιδηροπρωτεΐνες ελέγχουν την αναγωγή των νιτροδών και των θειικών ιόντων.
- ◆ Ο σχηματισμός της χλωροφύλλης ελέγχεται από την παρουσία σιδήρου.
- ◆ Ο σίδηρος εμπλέκεται στο μεταβολισμό των νουκλεονικών οξέων.
- ◆ Τα ιόντα του δισθενούς και τρισθενούς σιδήρου έχουν δομικό ρόλο στα κύτταρα, αλλά συμμετέχουν και σε μεγάλο αριθμό πρωτεϊνών που δρουν καταλυτικά.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

#### Εισαγωγή

Η παρουσία των βαριών μετάλλων στα εδάφη επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτικών και ζωικών οργανισμών. Τα περισσότερα από τα βαρέα μέταλλα είναι συστατικά πολλών ενζύμων που παίρνουν μέρος στο μεταβολισμό των φυτών και των ζώων. Η συγκέντρωσή τους όμως δεν πρέπει να ξεπερνά κάποια όρια γιατί τότε γίνονται τοξικά τόσο για τον άνθρωπο όσο και για τα φυτά.

Η περιεκτικότητα των εδαφών σε βαριά μέταλλα εξαρτάται από την ορυκτολογική σύσταση των πετρωμάτων και τα ορυκτά της αργίλου, από την οργανική ουσία του εδάφους, την ατμοσφαιρική ρύπανση, τη χρήση αστικών αποβλήτων ως εδαφοβελτιωτικά και τέλος από τα ίδια τα λιπάσματα.

Τα βαριά μέταλλα και τα μεταλλοειδή παρουσιάζουν ενδιαφέρον τόσο για τη μελέτη των επιπτώσεων στην υγεία του ανθρώπου, όσο και στη ρύπανση των αγροτικών προϊόντων καθώς και στην οικοτοξικολογία.

Όπως τονίστηκε η χρήση των λιπασμάτων συμβάλλει στην αύξηση της αύξησης των βαριών λιπασμάτων στα εδάφη που καλλιεργούνται. Τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται περιέχουν σημαντικές ποσότητες βαριών μετάλλων.

Ο Ζn απορροφάται από φυτά σε μικρές ποσότητες, υπό μορφή δισθενούς ιόντος  $Zn^{2+}$ . Είναι δυνατόν να προσληφθεί και από το φύλλωμα, υπό μορφή ορισμένων οργανικών συμπλόκων. Ο ρόλος του σχετίζεται με το σχηματισμό ορισμένων αυξητικών ορμονών των φυτών και τις αναπαραγωγικές τους λειτουργίες, καθώς επίσης και με τα ενζυματικά συστήματα των φυτών.

Οι ελλείψεις ψευδαργύρου έχουν παρατηρηθεί σε καλαμπόκι, βαμβάκι, οπωροφόρα και άλλες καλλιέργειες.

Η περιεκτικότητα του εδάφους σε ολικό ψευδάργυρο κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 10 και 300 ppm, η δε αφομοιωσιμότητα του στα φυτά καθορίζεται από ορισμένους εδαφικούς παράγοντες, όπως η οξύτητα του εδάφους, η περιεκτικότητά του σε φώσφορο και οργανική ουσία, η δυνατότητα δέσμευσης του από την άργιλο και τα ανθρακικά ( $CaCO_3, MgCO_3$ ).

Τα περισσότερα από τα εδάφη της χώρας μας όπως αναφέρεται από τους ερευνητές, στα οποία παρατηρούνται ελλείψεις ψευδαργύρου ήταν ασβεστούχα και συνεπώς αλκαλικής αντίδρασης, περιείχαν δε μεγάλες ποσότητες αφομοιώσιμου φωσφόρου.

Όσον αφορά την επίδραση του ψευδαργύρου στις επιμέρους παραμέτρους αύξησης του μαρουλιού, ήτοι της ξηράς ουσίας, η σχετική βιβλιογραφία δεν είναι αρκετά ικανοποιητική. Επίσης και οι πληροφορίες αναφορικά με την επίδραση του ψευδαργύρου και άλλων θρεπτικών στοιχείων στις σχέσεις μεταξύ των ανωτέρω παραμέτρων είναι περιορισμένες ή και ελάχιστες.

## **2.1. Στόχοι του πειράματος.**

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης των διαφόρων επιπέδων προστιθέμενων δόσεων ψευδαργύρου στην παραγωγή της ξηρής ουσίας (βιομάζας), άλλων παραμέτρων αύξησης του μαρουλιού και στη συσσώρευση των θρεπτικών στοιχείων στο φυτό καθώς και στο έδαφος.

## **2.2. Υλικά και μέθοδοι**

### **2.2.1. Περιγραφή φυτικού υλικού.**

Για την πραγματοποίηση του πειράματος στον πειραματικό χώρο του εργαστηρίου της εδαφολογίας του ΤΕΙ Καλαμάτας χρησιμοποιήθηκε η ποικιλία *Lactuca Sativa var. Romana*. Τα χαρακτηριστικά της ποικιλίας αυτής είναι τα ακόλουθα: είναι φυτό όρθιο, με λεπτή επιμήκη κεφαλή στο εσωτερικό και λεπτά μακριά φύλλα στο εξωτερικό με χρώμα συνήθως σκούρο πράσινο. Τα φύλλα αναπτύσσονται σπειροειδώς επί του κοντού βλαστού και είναι λεία, πλατειά, διαφόρου μεγέθους και σχήματος, ωσειδή, καρπιοειδή, επιμήκη, είναι ακέραια ή κυματοειδή ή ακανόνιστα οδοντωτά. Είναι φυτό μονοετές, ποώδες. Ο βλαστός είναι πολύ κοντός και φέρει πυκνά φύλλα. Το ανθικό στέλεχος είναι όρθιο, χωρίς άκανθες, διακλαδιζόμενο και πολύφυλλο.

### 2.2.2. Προετοιμασία του πειράματος.

Στις εγκαταστάσεις του ΤΕΙ πραγματοποιήθηκε ο πειραματισμός ανάπτυξης της καλλιέργειας σε δοχεία από 05/10/2005 έως 28/02/2006. τα δοχεία ήταν χωρητικότητας 4.5 Kg αεροξηραμένου εδάφους το οποίο πάρθηκε από το επιφανειακό στρώμα (0-30εκ.) αγρού του κτήματος στην περιοχή του Ασπροχώματος. Ο συνολικός αριθμός των δοχείων ήταν 108.

Το έδαφος από άποψη μηχανικής σύστασης περιείχε άργιλο 18,44%, ιλύ 53,28% και άμμο 28,28% και χαρακτηρίζεται ως Σιλ:αμμώδες, αργιλοπηλώδες. Η περιεκτικότητα σε CaCO<sub>3</sub> ήταν 7,23%. Το pH πάστας ήταν 7,19 δηλαδή ουδέτερο και με ελάχιστη περιεκτικότητα σε υδατοδιαλυτά άλατα. Η οργανική ουσία ήταν 1,45% δηλαδή μη ικανοποιητική.

### 2.3. Πειραματικό σχέδιο.

Το πειραματικό σχέδιο παραβάλλεται στον πίνακα.2.1.

**Πίνακας 2.1. Σχέδιο πειραματικού λίπανσης μαρουλιού σε δοχεία.**

A/A	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ
1	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 0 ppm ZnSO <sub>4</sub>	1,2,3,4,5,6
2	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 20 ppm ZnSO <sub>4</sub>	7,8,9,10,11,12
3	ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 120 ppm ZnSO <sub>4</sub>	13,14,15,16,17,18
4	P, K 0 ppm ZnSO <sub>4</sub>	19,20,21,22,23,24
5	P, K 20 ppm ZnSO <sub>4</sub>	25,26,27,28,29,30
6	P, K 120 ppm ZnSO <sub>4</sub>	31,32,33,34,35,36
7	N, P, K 0 ppm ZnSO <sub>4</sub>	37,38,39,40,41,42
8	N, P, K 2.5 ppm ZnSO <sub>4</sub>	43,44,45,46,47,48
9	N, P, K 5.0 ppm ZnSO <sub>4</sub>	49,50,51,52,53,54
10	N, P, K 10.0 ppm ZnSO <sub>4</sub>	55,56,57,58,59,60
11	N, P, K 20.0 ppm ZnSO <sub>4</sub>	61,62,63,64,65,66
12	N, P, K 40.0 ppm ZnSO <sub>4</sub>	67,68,69,70,71,72
13	N, P, K 80.0 ppm ZnSO <sub>4</sub>	73,74,75,76,77,78
14	N, P, K 120.0 ppm ZnSO <sub>4</sub>	79,80,81,82,83,84
15	N, P, K 160.0 ppm ZnSO <sub>4</sub>	85,86,87,88,89,90
16	N, P, K 200.0 ppm ZnSO <sub>4</sub>	91,92,93,94,95,96
17	N, P, K 250.0 ppm ZnSO <sub>4</sub>	97,98,99,100,101,102
18	N, P, K 500.0 ppm ZnSO <sub>4</sub>	103,104,105,106,107,108

Τα επίπεδα λίπανσης ήταν N-P-K 0,15 gr/Kg αεροξηραμένου εδάφους. Επίσης υπήρχε μάρτυρας χωρίς την προσθήκη μακροθρεπτικών στοιχείων και μόνο με προσθήκη των δόσεων ZnSO<sub>4</sub>.

Η μορφή των λιπασμάτων στη βασική λίπανση που πραγματοποιήθηκε με το γέμισμα των δοχείων ήταν: υπερφοσφορικό (0-20-0), θειικό κάλιο (0-0-50), θειική αμμωνία(21-0-0). Η προσθήκη των λιπασμάτων έγινε με τον εξής τρόπο: ολόκληρη ποσότητα φωσφόρου και καλίου και το 70% του αζώτου αναμίχθηκε με το έδαφος κατά την εγκατάσταση. Επίσης όλη η ποσότητα του ZnSO<sub>4</sub> προστέθηκε σε διάλυμα με την αντίστοιχη πυκνότητα για κάθε μεταχείριση, σύμφωνα με το πειραματικό σχέδιο. Η υπόλοιπη ποσότητα αζώτου δόθηκε σε μια επιφανειακή λίπανση με τη μορφή νιτρικής αμμωνίας(33,5-0-0)

Το έδαφος τοποθετήθηκε σε δοχεία με κλειστό πυθμένα, προκειμένου να γίνεται η άρδευση της καλλιέργειας μέσα από κομμάτι πλαστικού σωλήνα, το κάτω άκρο του οποίου κατέληγε σε ένα στρώμα από θρυμματισμένα κομμάτια πηλού. Πάνω από αυτά τοποθετήθηκε ένα φύλλο χαρτιού για να συγκρατεί το έδαφος στο οποίο όπως αναφέρθηκε παραπάνω είχε προστεθεί η αντίστοιχη ποσότητα του λιπάσματος για κάθε μεταχείριση.

Η υγρασία του εδάφους προβλέπονταν να διατηρηθεί σε όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας στο επίπεδο της υδατοχωρητικότητας του εδάφους σε 70% με καθημερινή προσθήκη νερού ανάλογα με τις ανάγκες των φυτών και ζύγιση των δοχείων κάθε 2 ημέρες. Σημειώνεται ότι η ποσότητα νερού που είχε αρχικά υπολογιστεί δεν διατηρήθηκε σταθερή σε 70% μέχρι το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου. Εξ αιτίας έντονων βροχοπτώσεων αρχικά και αργότερα λόγω υψηλής υγρασίας στο χώρο του θερμοκηπίου. Έτσι η ποσότητα του νερού διατηρήθηκε στο 60% της υδατοχωρητικότητας.

Η σπορά έγινε στις 05/10-2005 με σπόρο σε φελιζόλ και στη συνέχεια στο στάδιο που τα φυτά αναπτύχθηκαν 10 εκ. μεταφυτεύτηκαν στα δοχεία ανά δύο και μετά έγινε αραίωση.

## 2.4. Καλλιεργητικές και φυτοπροστατευτικές εργασίες

Στο συγκεκριμένο πειραματικό τα φυτά προσβλήθηκαν από περονόσπορο και για την αντιμετώπιση του έγινε ψεκασμός με μυκητοκτόνο και επίσης ριζοποτήθηκαν για την αντιμετώπιση της τήξης σπορείων.

## 2.5. Λήψη παρατηρήσεων, δειγματοληψία εδάφους, φυτικών ιστών και χημικές αναλύσεις.

### 2.5.1. Δειγματοληψία, μετρήσεις.

Κάθε 10 ημέρες γίνονταν μετρήσεις με σκοπό τον προσδιορισμό:

- ♦ Του ύψους των φυτών.
- ♦ Της παραχθείσας βιομάζας.

Κατά τη διάρκεια της παραγωγικής περιόδου πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες με σκοπό τον προσδιορισμό:

- ♦ Του νεπού βάρους των φυτών.
- ♦ Του βάρους της ξηράς ουσίας.

### 2.5.2. Χημικές αναλύσεις

#### 2.5.2.1. Έδαφος

Οι χημικές αναλύσεις του εδάφους και των φυτικών ιστών έγιναν με τις παρακάτω μεθόδους στο εργαστήριο της εδαφολογίας;

- ♦ Ο προσδιορισμός του αφομοιώσιμου Κ έγινε φλογοφωτομετρικά μετά από εκχύλιση με τη βοήθεια του οξικού αμμωνίου( $\text{NH}_4\text{AC}$ ).
- ♦ Ο προσδιορισμός της οργανικής ουσίας έγινε με την διαδικασία των Wakley και Black.
- ♦ Ο προσδιορισμός της μηχανικής ανάλυσης έγινε με τη μέθοδο Βουγιούκο.
- ♦ Ο προσδιορισμός του ανθρακικού ασβεστίου ( $\text{CaCO}_3$ ) έγινε με τη μέθοδο Bernard.

Ο προσδιορισμός των ιχνοστοιχείων στο έδαφος έγινε με τη μέθοδο DTPA που αναλύεται παρακάτω.

#### **Προσδιορισμός ιχνοστοιχείων στο έδαφος με τη μέθοδο DTPA**

Το εκχυλιστικό αυτό διάλυμα παρασκευάζεται με τη χρησιμοποίηση 0,005 M DTPA, 0.01 M CaCl<sub>2</sub>, 0.01 M TEA. Το pH του εκχυλιστικού αυτού διαλύματος διορθώνεται στο 7,3. Για να παρασκευασθούν 2 λίτ. του εκχυλιστικού αυτού διαλύματος διαλύουμε 29,84 g TEA, 3.94 g DTPA και 2,94 g CaCl<sub>2</sub> · 2 H<sub>2</sub>O σε 200 ml απεσταγμένο νερό. Αφήνουμε το διάλυμα για αρκετή ώρα ώστε να διαλυθεί το DTPA. Ακολούθως, ανάγουμε τον όγκο του διαλύματος σε 7,3±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 λίτ. 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. Πωματίζουμε την κωνική φιάλη με πλαστικά πώματα και την ανακινούμε 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.

#### **2.5.2.2. Φυτικοί ιστοί**

Ο προσδιορισμός του ολικού N έγινε με τη μέθοδο της αποτέφρωσης που αναλύεται παρακάτω.

#### **Προσδιορισμός ιχνοστοιχείων στους φυτικούς ιστούς με τη μέθοδο αποτέφρωσης**

Η μέθοδος αυτή είναι γρήγορη και ακίνδυνη, ενώ ταυτόχρονα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε δείγματα μεγάλου βάρους (1-2 gr) που περιορίζουν τα σφάλματα των αναλύσεων. Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζονται και τα περισσότερα μικροστοιχεία. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα όπως είναι η πιθανή εξάχνωση των P, B, Cl, S και ορισμένων άλλων στοιχείων. Για τον

περιορισμό των μειονεκτημάτων αυτών προτείνεται η αποτέφρωση να γίνεται στη μικρότερη δυνατή θερμοκρασία και σε όσο το δυνατόν μικρότερο χρόνο για τον προσδιορισμό των παραπάνω στοιχείων. Ενώ όταν πρόκειται να προσδιορισθούν τα αμέταλλα κρίνεται σκόπιμο να αυξάνεται η περιεκτικότητα του δείγματος σε βάσεις έτσι ώστε να περιορίζεται ο σχηματισμός όξινων πτητικών ενώσεων. Π.χ. για τον προσδιορισμό του S, γίνεται προσθήκη  $MgSO_4$  ή  $(CH_3COO)_2 Mg$ , για το Cl προστίθεται CaO και για το B προστίθεται NaOH ή CaO. Γενικά πάντως είναι παραδεκτό ότι με τη μέθοδο αυτή παρατηρούνται κάποιες μικρότερες ή μεγαλύτερες απώλειες. (Piper 1950, Charman και Pratt 1961).

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  $515^\circ C$  για 3 ώρες. Μετά την καύση αφήνουμε το δείγμα να κρυώσει και προσθέτουμε 1-2 ml διαλύματος HCL 1:1 κατ'όγκο. Καλύπτουμε το χωνευτήρι με ύαλο ωρολογίου και τοποθετούμε 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.

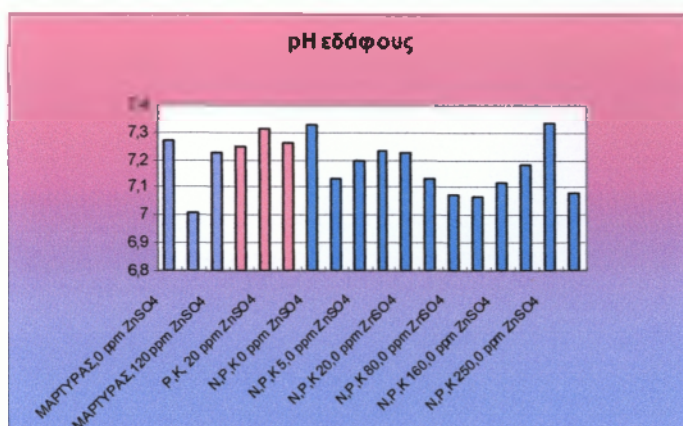
Το διάλυμα που παρασκευάζεται με τον τρόπο αυτό θεωρείται κατάλληλο για τον προσδιορισμό των Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Mn, Al, Zn, Cu. Για τον προσδιορισμό του P στο διάλυμα αυτό έχει προταθεί να προστίθεται πριν από τη διάλυση με HCL, 5 ml διαλύματος 2% v/v  $(CH_3COO)_2 Mg$  και θέρμανση σε ατμόλουτρο μέχρι ξηρού (Allen 1974). Διερεύνηση του θέματος έδειξε ότι μπορεί το διάλυμα να χρησιμοποιηθεί απ'ευθείας για τη μέτρηση του P.



## 2.6. Αποτελέσματα – Συζήτηση

### 2.6.1. Εδαφικά χαρακτηριστικά

#### 2.6.1.1.Επίδραση των διαφόρων επιπέδων Zn στο pH του εδάφους σε καλλιέργεια μαρουλιού.



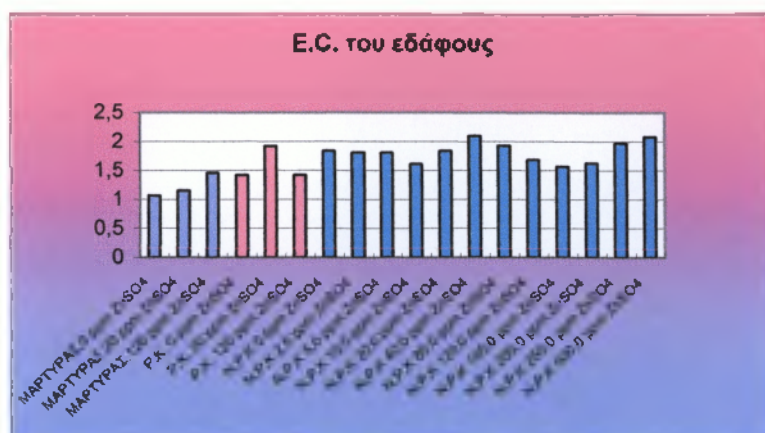
Σχήμα 2.2: pH εδάφους

Πίνακας 2.2: pH εδάφους

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	pH
ΜΑΡΤΥΡΑΣ,0 ppm ZnSO4	7,27
ΜΑΡΤΥΡΑΣ,20 ppm ZnSO4	7,01
ΜΑΡΤΥΡΑΣ,120 ppm ZnSO4	7,23
P,K, 0 ppm ZnSO4	7,24
P,K, 20 ppm ZnSO4	7,32
P,K, 120 ppm ZnSO4	7,27
N,P,K 0 ppm ZnSO4	7,33
N,P,K 2,5 ppm ZnSO4	7,14
N,P,K 5,0 ppm ZnSO4	7,20
N,P,K 10,0 ppm ZnSO4	7,24
N,P,K 20,0 ppm ZnSO4	7,23
N,P,K 40,0 ppm ZnSO4	7,13
N,P,K 80,0 ppm ZnSO4	7,08
N,P,K 120,0 ppm ZnSO4	7,07
N,P,K 160,0 ppm ZnSO4	7,12
N,P,K 200,0 ppm ZnSO4	7,18
N,P,K 250,0 ppm ZnSO4	7,34
N,P,K 500,0 ppm ZnSO4	7,09

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι οι τιμές του pH του εδάφους στις διάφορες επεμβάσεις κυμάνθηκαν μεταξύ 7-7,34. Το έδαφος χαρακτηρίζεται ουδέτερο.

**2.6.1.2. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων Zn στη E.C. (mS/cm) του εδάφους σε καλλιέργεια μαρουλιού.**



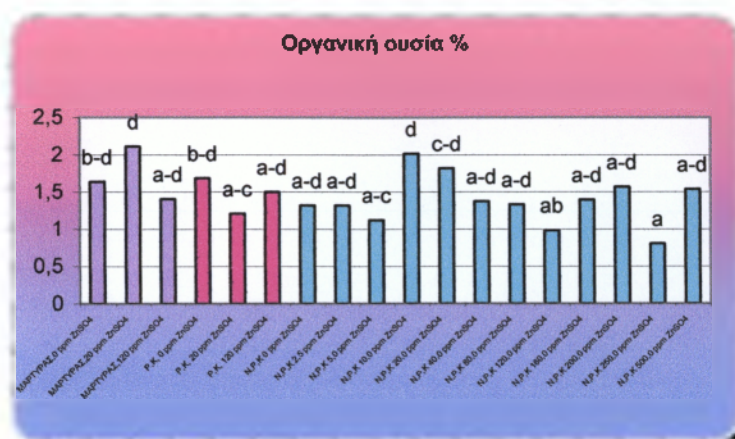
**Σχήμα 2.3: E.C. (mS/cm) του εδάφους.**

**Πίνακας 2.3: E.C. (mS/cm) του εδάφους.**

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	E.C. (mS/cm)
MARTYPAΣ,0 ppm ZnSO4	1,065
MARTYPAΣ,20 ppm ZnSO4	1,155
MARTYPAΣ,120 ppm ZnSO4	1,455
P,K, 0 ppm ZnSO4	1,415
P,K, 20 ppm ZnSO4	1,925
P,K, 120 ppm ZnSO4	1,420
N,P,K 0 ppm ZnSO4	1,835
N,P,K 2,5 ppm ZnSO4	1,805
N,P,K 5,0 ppm ZnSO4	1,810
N,P,K 10,0 ppm ZnSO4	1,610
N,P,K 20,0 ppm ZnSO4	1,835
N,P,K 40,0 ppm ZnSO4	2,100
N,P,K 80,0 ppm ZnSO4	1,930
N,P,K 120,0 ppm ZnSO4	1,680
N,P,K 160,0 ppm ZnSO4	1,565
N,P,K 200,0 ppm ZnSO4	1,625
N,P,K 250,0 ppm ZnSO4	1,970
N,P,K 500,0 ppm ZnSO4	2,085

Η E.C. του εδάφους κυμάνθηκε μεταξύ 1 και 2 Ms./cm. Το έδαφος χαρακτηρίζεται μη αλατούχο

**2.6.1.3. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων Zn στην περιεκτικότητα σε οργανική ουσία (%) του εδάφους σε καλλιέργεια μαρουλιού**



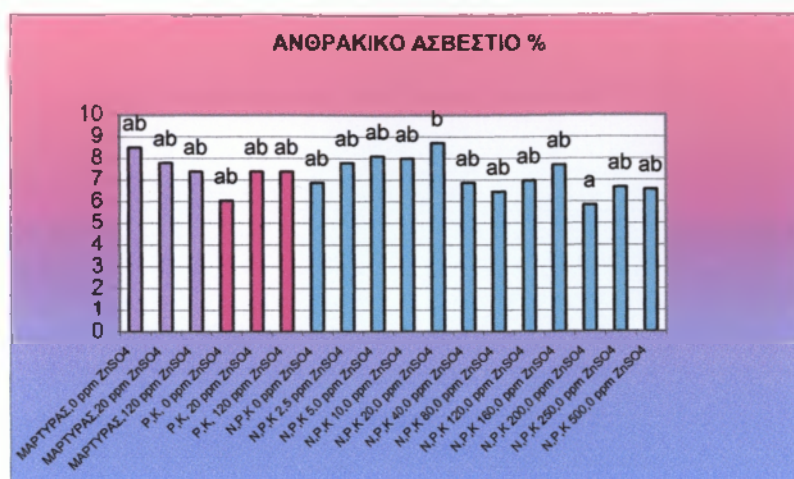
**Σχήμα 2.4: Οργανική ουσία (%)**

**Πίνακας 2.4: Οργανική ουσία (%)**

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ (%)	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ,0 ppm ZnSO4	1,64	b-d
ΜΑΡΤΥΡΑΣ,20 ppm ZnSO4	2,11	d
ΜΑΡΤΥΡΑΣ,120 ppm ZnSO4	1,41	a-d
P,K, 0 ppm ZnSO4	1,68	b-d
P,K, 20 ppm ZnSO4	1,21	a-c
P,K, 120 ppm ZnSO4	1,50	a-d
N,P,K 0 ppm ZnSO4	1,32	a-d
N,P,K 2,5 ppm ZnSO4	1,32	a-d
N,P,K 5,0 ppm ZnSO4	1,12	a-c
N,P,K 10,0 ppm ZnSO4	2,02	d
N,P,K 20,0 ppm ZnSO4	1,82	c-d
N,P,K 40,0 ppm ZnSO4	1,37	a-d
N,P,K 80,0 ppm ZnSO4	1,33	a-d
N,P,K 120,0 ppm ZnSO4	0,99	ab
N,P,K 160,0 ppm ZnSO4	1,40	a-d
N,P,K 200,0 ppm ZnSO4	1,57	a-d
N,P,K 250,0 ppm ZnSO4	0,81	a
N,P,K 500,0 ppm ZnSO4	1,54	a-d

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι η περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία κυμάνθηκε μεταξύ 0,8-2,1%. Το έδαφος χαρακτηρίζεται πολύ φτωχό έως φτωχό σε οργανική ουσία. Η πολύ μικρή ποσότητα σε οργανική ουσία είναι χαρακτηριστικό των περισσότερων γεωργικών εδαφών. Μεταξύ των μεταχειρίσεων παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές, όμως δεν ακολουθείται συγκεκριμένη τάση.

2.6.1.4. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων Zn στην περιεκτικότητα σε CaCO<sub>3</sub> (%) του εδάφους σε καλλιέργεια μαρουλιού



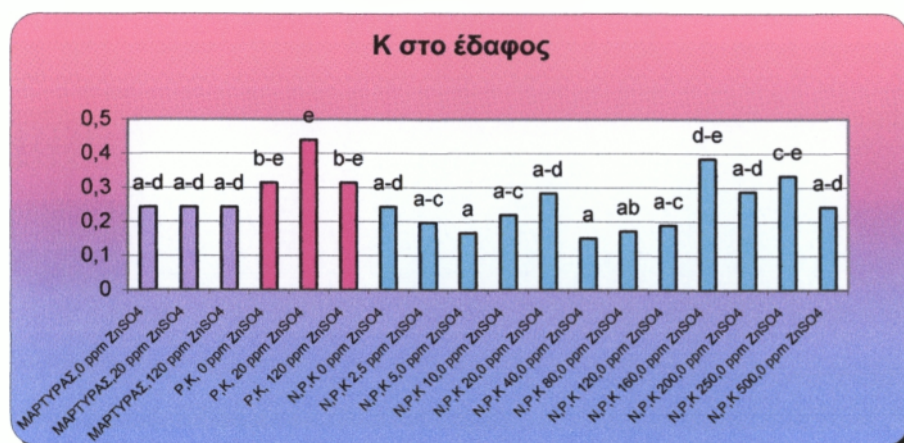
Σχήμα 2.5:Ανθρακικό ασβέστιο(%)

Πίνακας 2.5.:Ανθρακικό ασβέστιο(%)

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	CaCO <sub>3</sub> (gr%)	
MARTYPAΣ,0 ppm ZnSO4	8,51	ab
MARTYPAΣ,20 ppm ZnSO4	7,79	ab
MARTYPAΣ,120 ppm ZnSO4	7,38	ab
P,K, 0 ppm ZnSO4	6,05	ab
P,K, 20 ppm ZnSO4	7,38	ab
P,K, 120 ppm ZnSO4	7,38	ab
N,P,K 0 ppm ZnSO4	6,87	ab
N,P,K 2,5 ppm ZnSO4	7,79	ab
N,P,K 5,0 ppm ZnSO4	8,10	ab
N,P,K 10,0 ppm ZnSO4	8,00	ab
N,P,K 20,0 ppm ZnSO4	8,71	b
N,P,K 40,0 ppm ZnSO4	6,87	ab
N,P,K 80,0 ppm ZnSO4	6,46	ab
N,P,K 120,0 ppm ZnSO4	6,97	ab
N,P,K 160,0 ppm ZnSO4	7,69	ab
N,P,K 200,0 ppm ZnSO4	5,84	a
N,P,K 250,0 ppm ZnSO4	6,66	ab
N,P,K 500,0 ppm ZnSO4	6,56	ab

Η περιεκτικότητα σε CaCO<sub>3</sub> (%) κυμάνθηκε μεταξύ 5,8-8,5%. Το έδαφος χαρακτηρίζεται εφοδιασμένο (πλούσιο) σε CaCO<sub>3</sub>. στο σύνολο σχεδόν των παρατηρήσεων δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

2.6.1.5. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στη συγκέντρωση K (meq/100 gr.) στο έδαφος σε καλλιέργεια μαρουλιού.



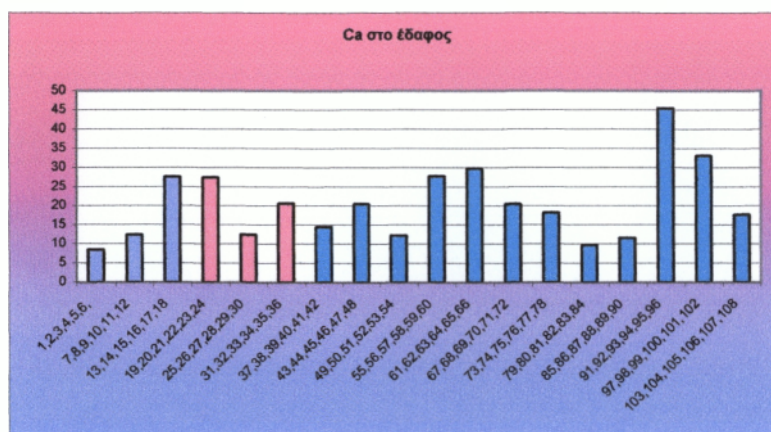
Σχήμα 2.6: K (meq/100gr.) στο έδαφος.

Πίνακας 2.6: K (meq/100 gr.) στο έδαφος.

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	K (meq/100 gr)	
MARTYPAΣ,0 ppm ZnSO4	0,24	a-d
MARTYPAΣ,20 ppm ZnSO4	0,24	a-d
MARTYPAΣ,120 ppm ZnSO4	0,24	a-d
P,K, 0 ppm ZnSO4	0,31	b-e
P,K, 20 ppm ZnSO4	0,44	e
P,K, 120 ppm ZnSO4	0,31	b-e
N,P,K 0 ppm ZnSO4	0,24	a-d
N,P,K 2,5 ppm ZnSO4	0,20	a-c
N,P,K 5,0 ppm ZnSO4	0,17	a
N,P,K 10,0 ppm ZnSO4	0,22	a-c
N,P,K 20,0 ppm ZnSO4	0,28	a-d
N,P,K 40,0 ppm ZnSO4	0,15	a
N,P,K 80,0 ppm ZnSO4	0,17	ab
N,P,K 120,0 ppm ZnSO4	0,19	a-c
N,P,K 160,0 ppm ZnSO4	0,38	d-e
N,P,K 200,0 ppm ZnSO4	0,29	a-d
N,P,K 250,0 ppm ZnSO4	0,33	c-e
N,P,K 500,0 ppm ZnSO4	0,24	a-d

Η περιεκτικότητα του εδάφους σε K κυμάνθηκε μεταξύ 0,15-0,44 meq/100gr. Το έδαφος χαρακτηρίζεται ως μέτρια επαρκές εφοδιασμένο σε K. Παρατηρούνται σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων χωρίς να παρουσιάζουν συγκεκριμένη τάση.

**2.6.1.6. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στη συγκέντρωση του Ca (meq/100 gr.) στο έδαφος σε καλλιέργεια μαρουλιού.**



**Σχήμα 2.7: Ca (meq/100 gr.) στο έδαφος.**

**Πίνακας 2.7: Ca (meq/100 gr.) στο έδαφος**

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Ca (meq/100gr)
ΜΑΡΤΥΡΑΣ,0 ppm ZnSO4	8,49
ΜΑΡΤΥΡΑΣ,20 ppm ZnSO4	12,40
ΜΑΡΤΥΡΑΣ,120 ppm ZnSO4	27,50
P,K, 0 ppm ZnSO4	27,40
P,K, 20 ppm ZnSO4	12,50
P,K, 120 ppm ZnSO4	20,60
N,P,K 0 ppm ZnSO4	14,50
N,P,K 2,5 ppm ZnSO4	20,40
N,P,K 5,0 ppm ZnSO4	12,20
N,P,K 10,0 ppm ZnSO4	27,70
N,P,K 20,0 ppm ZnSO4	29,70
N,P,K 40,0 ppm ZnSO4	20,50
N,P,K 80,0 ppm ZnSO4	18,20
N,P,K 120,0 ppm ZnSO4	9,74
N,P,K 160,0 ppm ZnSO4	11,60
N,P,K 200,0 ppm ZnSO4	45,50
N,P,K 250,0 ppm ZnSO4	33,00
N,P,K 500,0 ppm ZnSO4	17,70

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι η περιεκτικότητα του εδάφους σε Ca κυμάνθηκε μεταξύ 8,5-45 meq/100gr. Το έδαφος είναι επαρκώς ως πλούσια εφοδιασμένο σε Ca. Το γεγονός αυτό αντανακλάται και στην περιεκτικότητα του σε CaCO<sub>3</sub> (Πίνακας 2.4).

2.6.1.7.Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στη συγκέντρωση του ανταλλάξιμου Mg (meq/100 gr.) στο έδαφος σε καλλιέργεια μαρουλιού.



Σχήμα 2.8: Mg (meq/100 gr.).

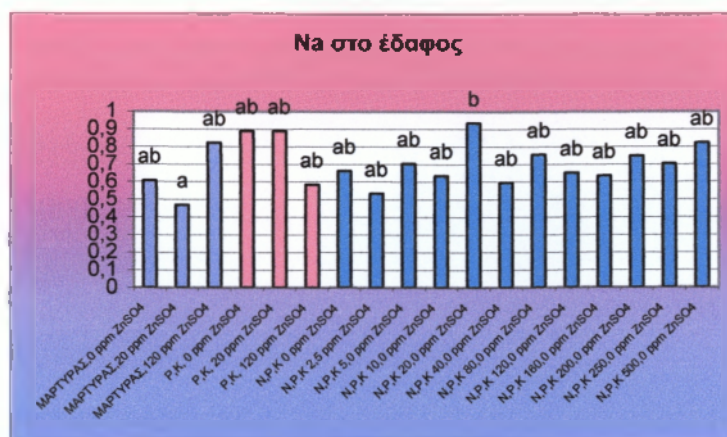
Πίνακας 2.8: Mg (meq/100 gr.).

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Mg (meq/100gr)	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ,0 ppm ZnSO4	1,64	a
ΜΑΡΤΥΡΑΣ,20 ppm ZnSO4	1,97	a
ΜΑΡΤΥΡΑΣ,120 ppm ZnSO4	3,23	a
P,K, 0 ppm ZnSO4	1,96	a
P,K, 20 ppm ZnSO4	2,1	a
P,K, 120 ppm ZnSO4	1,82	a
N,P,K 0 ppm ZnSO4	2,24	a
N,P,K 2,5 ppm ZnSO4	2,6	a
N,P,K 5,0 ppm ZnSO4	2,27	a
N,P,K 10,0 ppm ZnSO4	2,24	a
N,P,K 20,0 ppm ZnSO4	2,15	a
N,P,K 40,0 ppm ZnSO4	2,39	a
N,P,K 80,0 ppm ZnSO4	2,25	a
N,P,K 120,0 ppm ZnSO4	1,99	a
N,P,K 160,0 ppm ZnSO4	2,62	a
N,P,K 200,0 ppm ZnSO4	3,00	a
N,P,K 250,0 ppm ZnSO4	2,90	a
N,P,K 500,0 ppm ZnSO4	2,52	a



Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι η περιεκτικότητα του εδάφους σε Mg κυμάνθηκε μεταξύ 1,64-3,23 meq/100gr. Το έδαφος χαρακτηρίζεται ως επαρκώς εφοδιασμένο σε Mg. Δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές.

### 2.6.1.8. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στη συγκέντρωση ανταλλάξιμου Na(meq/100 gr) στο έδαφος σε καλλιέργεια μαρουλιού.



Σχήμα 2.9: Na (meq/100 gr).

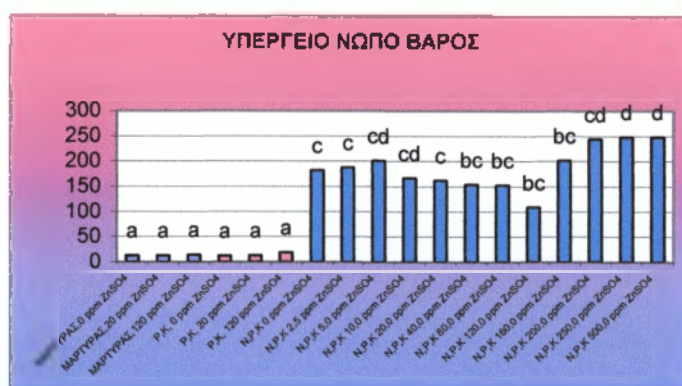
Πίνακας 2.9: Na (meq/100 gr).

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Na (meq/100gr)	
MARTYPAΣ,0 ppm ZnSO4	0,61	ab
MARTYPAΣ,20 ppm ZnSO4	0,47	a
MARTYPAΣ,120 ppm ZnSO4	0,82	ab
P,K, 0 ppm ZnSO4	0,89	ab
P,K, 20 ppm ZnSO4	0,89	ab
P,K, 120 ppm ZnSO4	0,58	ab
N,P,K 0 ppm ZnSO4	0,66	ab
N,P,K 2,5 ppm ZnSO4	0,53	ab
N,P,K 5,0 ppm ZnSO4	0,70	ab
N,P,K 10,0 ppm ZnSO4	0,64	ab
N,P,K 20,0 ppm ZnSO4	0,93	b
N,P,K 40,0 ppm ZnSO4	0,6	ab
N,P,K 80,0 ppm ZnSO4	0,75	ab
N,P,K 120,0 ppm ZnSO4	0,65	ab
N,P,K 160,0 ppm ZnSO4	0,64	ab
N,P,K 200,0 ppm ZnSO4	0,75	ab
N,P,K 250,0 ppm ZnSO4	0,70	ab
N,P,K 500,0 ppm ZnSO4	0,82	ab

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι το Na στο έδαφος κυμάνθηκε μεταξύ 0,47-0,93 meq/100gr. Οι τιμές αυτές δεν δημιουργούν προβλήματα παθογένειας στο έδαφος.

## 2.6.2. Μετρήσεις βάρους φυτών.

### 2.6.2.1.Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στο υπέργειο νωπό βάρος (γρ./φυτό) σε καλλιέργεια μαρουλιού.



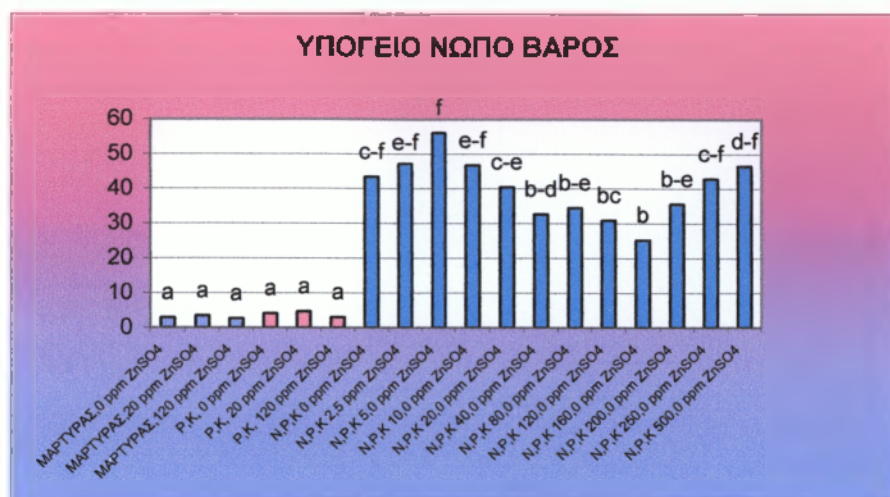
Σχήμα 2.10: Υπέργειο νωπό βάρος(γρ./φυτό).

Πίνακας 2.10: Υπέργειο νωπό βάρος(γρ./φυτό).

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	ΥΠΕΡΓΕΙΟ ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ (γρ./φυτό)	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 0 ppm ZnSO4	13,22	a
ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 20 ppm ZnSO4	13,04	a
ΜΑΡΤΥΡΑΣ, 120 ppm ZnSO4	14,7	a
P,K, 0 ppm ZnSO4	12,44	a
P,K, 20 ppm ZnSO4	13,44	a
P,K, 120 ppm ZnSO4	18,91	a
N,P,K 0 ppm ZnSO4	181,5	c
N,P,K 2,5 ppm ZnSO4	187,8	c
N,P,K 5,0 ppm ZnSO4	200,6	cd
N,P,K 10,0 ppm ZnSO4	166,3	cd
N,P,K 20,0 ppm ZnSO4	162,3	c
N,P,K 40,0 ppm ZnSO4	153,8	bc
N,P,K 80,0 ppm ZnSO4	152,6	bc
N,P,K 120,0 ppm ZnSO4	108,9	bc
N,P,K 160,0 ppm ZnSO4	201,4	bc
N,P,K 200,0 ppm ZnSO4	244,1	cd
N,P,K 250,0 ppm ZnSO4	248,3	d
N,P,K 500,0 ppm ZnSO4	248,3	d

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι η εφαρμογή της αζωτούχου λίπανσης αύξησε σημαντικά το υπέργειο νωπό βάρος του μαρουλιού σε σχέση με τη μη αζωτούχο λίπανση ανεξάρτητα από τη δόση ψευδαργύρου. Η αύξηση της δόσης του ψευδαργύρου, έως τα 120 ppm, μείωσε αλλά όχι σημαντικά το υπέργειο νωπό βάρος ενώ η προσθήκη υψηλότερης δόσης (250-500 ppm Zn) είχε στατιστικά σημαντική και θετική επίδραση σε σύγκριση με τη δόση των 120 ppm Zn.

2.6.2.2. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στο υπόγειο νωπό βάρος(γρ./φυτό) σε καλλιέργεια μαρουλιού.



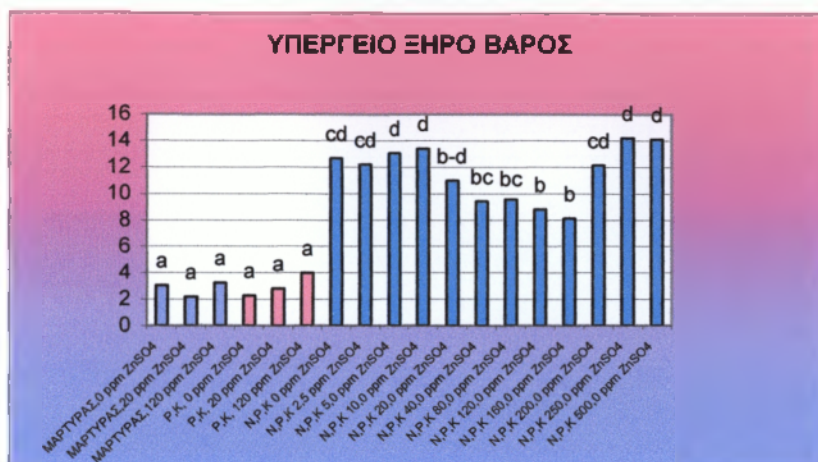
Σχήμα 2.11:Υπόγειο νωπό βάρος(γρ./φυτό).

Πίνακας 2.11: Υπόγειο νωπό βάρος(γρ./φυτό).

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ (γρ./φυτό)	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ,0 ppm ZnSO4	2,94	a
ΜΑΡΤΥΡΑΣ,20 ppm ZnSO4	3,48	a
ΜΑΡΤΥΡΑΣ,120 ppm ZnSO4	2,65	a
P,K, 0 ppm ZnSO4	4,14	a
P,K, 20 ppm ZnSO4	4,70	a
P,K, 120 ppm ZnSO4	2,99	a
N,P,K 0 ppm ZnSO4	43,38	c-f
N,P,K 2,5 ppm ZnSO4	47,14	e-f
N,P,K 5,0 ppm ZnSO4	56,01	f
N,P,K 10,0 ppm ZnSO4	46,72	e-f
N,P,K 20,0 ppm ZnSO4	40,44	c-e
N,P,K 40,0 ppm ZnSO4	32,68	b-d
N,P,K 80,0 ppm ZnSO4	34,52	b-e
N,P,K 120,0 ppm ZnSO4	30,90	bc
N,P,K 160,0 ppm ZnSO4	25,26	b
N,P,K 200,0 ppm ZnSO4	35,57	b-e
N,P,K 250,0 ppm ZnSO4	42,84	c-f
N,P,K 500,0 ppm ZnSO4	46,51	d-f

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι η εφαρμογή αζωτούχου λίπανσης αύξησε σημαντικά το νωπό βάρος των ριζών σε σχέση με την μη αζωτούχο λίπανση ανεξάρτητα από τη δόση ψευδαργύρου. Η αύξηση της δόσης ψευδαργύρου μέχρι τα 160 ppm είχε στατιστικά σημαντική και αρνητική επίδραση στο νωπό βάρος των ριζών ενώ οι υψηλότερες δόσεις ψευδαργύρου αύξησαν σημαντικά το νωπό βάρος συγκριτικά με τη δόση των 160 ppm Zn.

2.6.2.3. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στο υπέργειο ξηρό βάρος (γρ./φυτό) σε καλλιέργεια μαρουλιού.

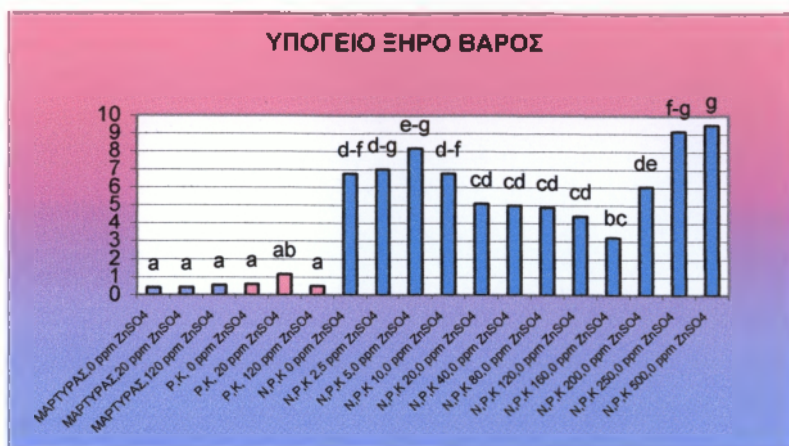


Σχήμα 2.12: Υπέργειο ξηρό βάρος(γρ./φυτό).

Πίνακας 2.12: Υπέργειο ξηρό βάρος(γρ./φυτό).

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	ΥΠΕΡΓΕΙΟ ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ	
MARTYΡΑΣ,0 ppm ZnSO4	3,073	a
MARTYΡΑΣ,20 ppm ZnSO4	2,2	a
MARTYΡΑΣ,120 ppm ZnSO4	3,26	a
P,K, 0 ppm ZnSO4	2,295	a
P,K, 20 ppm ZnSO4	2,823	a
P,K, 120 ppm ZnSO4	4,018	a
N,P,K 0 ppm ZnSO4	12,66	cd
N,P,K 2,5 ppm ZnSO4	12,18	cd
N,P,K 5,0 ppm ZnSO4	13,07	d
N,P,K 10,0 ppm ZnSO4	13,42	d
N,P,K 20,0 ppm ZnSO4	10,99	b-d
N,P,K 40,0 ppm ZnSO4	9,4	bc
N,P,K 80,0 ppm ZnSO4	9,566	bc
N,P,K 120,0 ppm ZnSO4	8,814	b
N,P,K 160,0 ppm ZnSO4	8,118	b
N,P,K 200,0 ppm ZnSO4	12,15	cd
N,P,K 250,0 ppm ZnSO4	14,22	d
N,P,K 500,0 ppm ZnSO4	14,13	d

2.6.2.4. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στο υπόγειο ξηρό βάρος (γρ./φυτό) των φυτών σε καλλιέργεια μαρουλιού.



Σχήμα 2.13: Υπόγειο ξηρό βάρος(γρ./φυτό)

Πίνακας 2.13: Υπόγειο ξηρό βάρος(γρ./φυτό)

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	ΥΠΟΓΕΙΟ ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ (γρ./φυτο)	
MARTYΡΑΣ,0 ppm ZnSO4	0,405	a
MARTYΡΑΣ,20 ppm ZnSO4	0,425	a
MARTYΡΑΣ,120 ppm ZnSO4	0,552	a
P,K, 0 ppm ZnSO4	0,600	a
P,K, 20 ppm ZnSO4	1,158	ab
P,K, 120 ppm ZnSO4	0,490	a
N,P,K 0 ppm ZnSO4	6,770	d-f
N,P,K 2,5 ppm ZnSO4	6,998	d-g
N,P,K 5,0 ppm ZnSO4	8,165	e-g
N,P,K 10,0 ppm ZnSO4	6,770	d-f
N,P,K 20,0 ppm ZnSO4	5,107	cd
N,P,K 40,0 ppm ZnSO4	5,00	cd
N,P,K 80,0 ppm ZnSO4	4,890	cd
N,P,K 120,0 ppm ZnSO4	4,420	cd
N,P,K 160,0 ppm ZnSO4	3,205	bc
N,P,K 200,0 ppm ZnSO4	6,058	de
N,P,K 250,0 ppm ZnSO4	9,138	f-g
N,P,K 500,0 ppm ZnSO4	9,494	g

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι η εφαρμογή αζωτούχου λίπανσης αύξησε σημαντικά το ξηρό βάρος των ριζών σε σχέση με την μη αζωτούχο λίπανση ανεξάρτητα από τη δόση ψευδαργύρου. Η αύξηση της δόσης ψευδαργύρου μέχρι 160 ppm είχε στατιστικά σημαντική και αρνητική επίδραση στο ξηρό βάρος των ριζών ενώ υψηλότερες δόσεις ψευδαργύρου αύξησαν σημαντικά το νωπό βάρος σε σχέση με τη δόση των 160 ppm Zn.



## 2.6.3. Χημική σύσταση φυτών

### 2.6.3.1. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στη συγκέντρωση Zn (ppm) στο υπέργειο μέρος των φυτών σε καλλιέργεια μαρουλιού.



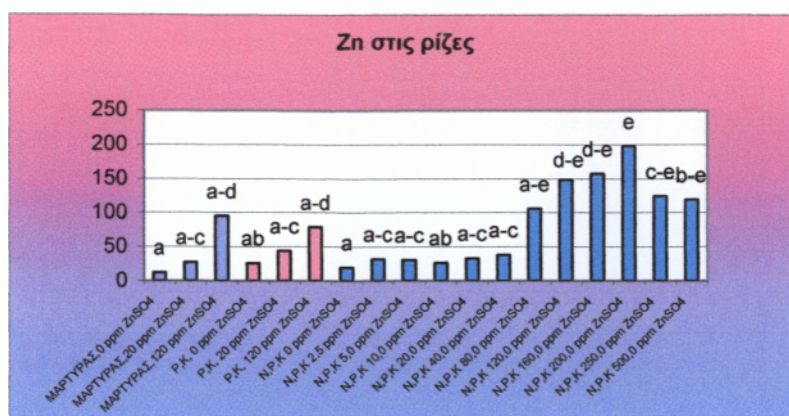
Σχήμα 2.14: Zn (ppm) στο υπέργειο μέρος.

Πίνακας 2.14: Zn (ppm) στο υπέργειο μέρος.

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Zn (ppm)	
MARTYPAΣ,0 ppm ZnSO4	23,48	a-c
MARTYPAΣ,20 ppm ZnSO4	24,36	a-c
MARTYPAΣ,120 ppm ZnSO4	57,85	e-g
P,K, 0 ppm ZnSO4	18,47	a
P,K, 20 ppm ZnSO4	32,15	a-d
P,K, 120 ppm ZnSO4	45,09	b-f
N,P,K 0 ppm ZnSO4	21,89	ab
N,P,K 2,5 ppm ZnSO4	25,91	a-c
N,P,K 5,0 ppm ZnSO4	35,03	a-e
N,P,K 10,0 ppm ZnSO4	18,69	a
N,P,K 20,0 ppm ZnSO4	21,94	ab
N,P,K 40,0 ppm ZnSO4	25,47	a-c
N,P,K 80,0 ppm ZnSO4	36,66	a-e
N,P,K 120,0 ppm ZnSO4	49,47	d-f
N,P,K 160,0 ppm ZnSO4	50,91	d-g
N,P,K 200,0 ppm ZnSO4	71,96	g
N,P,K 250,0 ppm ZnSO4	46,00	c-f
N,P,K 500,0 ppm ZnSO4	67,02	f-g

Η αύξηση των δόσεων ψευδαργύρου αύξησε στατιστικά σημαντικά τη συγκέντρωση του ψευδαργύρου στα φύλλα. Στις μεταχειρίσεις όπου δόθηκε ψευδάργυρος έως 40 ppm, η συγκέντρωση του ψευδαργύρου στα φύλλα κυμαίνεται σε σχετικά χαμηλά επίπεδα.(18,47-35,03 ppm).

**2.6.3.2. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στη συγκέντρωση Zn(ppm) στο υπόγειο μέρος των φυτών σε καλλιέργεια μαρουλιού.**



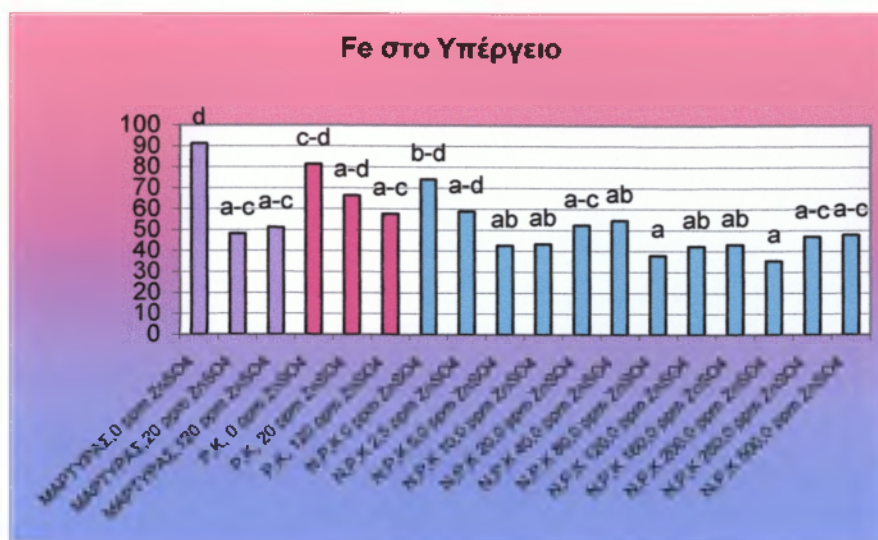
**Σχήμα 2.15: Zn (ppm) στις ρίζες.**

**Πίνακας 2.15: Zn (ppm) στις ρίζες**

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Zn (ppm)	
MAPTYPAΣ,0 ppm ZnSO4	12,5	a
MAPTYPAΣ,20 ppm ZnSO4	27,59	a-c
MAPTYPAΣ,120 ppm ZnSO4	95,53	a-d
P,K, 0 ppm ZnSO4	26,36	ab
P,K, 20 ppm ZnSO4	44,67	a-c
P,K, 120 ppm ZnSO4	79,08	a-d
N,P,K 0 ppm ZnSO4	19,94	a
N,P,K 2,5 ppm ZnSO4	32,47	a-c
N,P,K 5,0 ppm ZnSO4	31,00	a-c
N,P,K 10,0 ppm ZnSO4	26,81	ab
N,P,K 20,0 ppm ZnSO4	33,21	a-c
N,P,K 40,0 ppm ZnSO4	38,31	a-c
N,P,K 80,0 ppm ZnSO4	106,10	a-e
N,P,K 120,0 ppm ZnSO4	148,40	d-e
N,P,K 160,0 ppm ZnSO4	157,30	d-e
N,P,K 200,0 ppm ZnSO4	197,50	e
N,P,K 250,0 ppm ZnSO4	124,40	c-e
N,P,K 500,0 ppm ZnSO4	119,20	b-e

Η προσθήκη ψευδαργύρου στο έδαφος είχε στατιστικά σημαντική θετική επίδραση στη συγκέντρωση του ψευδαργύρου στις ρίζες. Η θετική αυτή επίδραση ήταν περισσότερο εμφανής στις αζωτούχες λιπάνσεις σε συνδυασμό με προσθήκη Zn >80 ppm. Τα παραπάνω φανερώνουν τη συνεργητική σχέση μεταξύ του N και του Zn στη ριζόσφαιρα.

2.6.3.3. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στη συγκέντρωση Fe (ppm) στο υπέργειο μέρος των φυτών σε καλλιέργεια μαρουλιού.



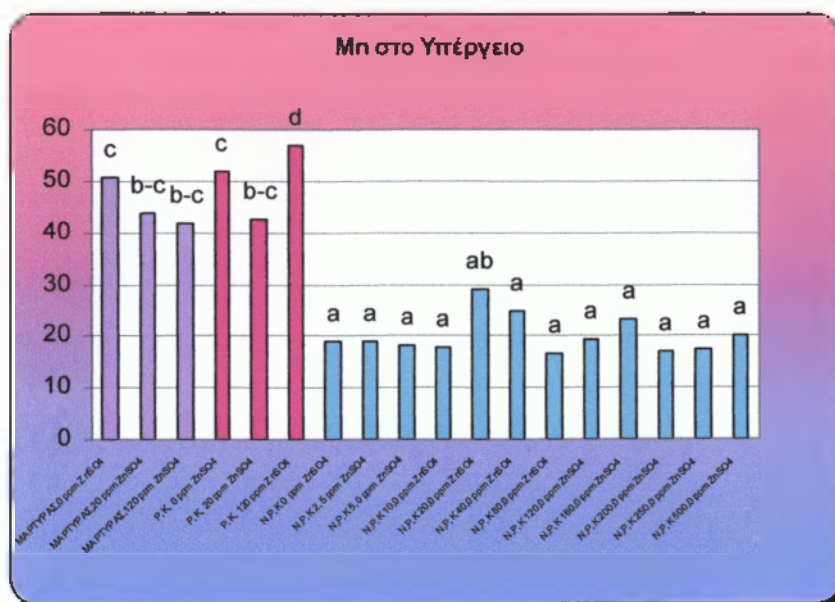
Σχήμα 2.16: Fe (ppm) στο υπέργειο μέρος.

Πίνακας 2.16: Fe (ppm) στο υπέργειο μέρος.

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΡΙΣΕΙΣ	Fe (ppm)	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ,0 ppm ZnSO4	91,22	d
ΜΑΡΤΥΡΑΣ,20 ppm ZnSO4	48,29	a-c
ΜΑΡΤΥΡΑΣ,120 ppm ZnSO4	51,17	a-c
P,K, 0 ppm ZnSO4	81,35	c-d
P,K, 20 ppm ZnSO4	66,36	a-d
P,K, 120 ppm ZnSO4	57,65	a-c
N,P,K 0 ppm ZnSO4	74,20	b-d
N,P,K 2,5 ppm ZnSO4	58,87	a-d
N,P,K 5,0 ppm ZnSO4	42,65	ab
N,P,K 10,0 ppm ZnSO4	43,37	ab
N,P,K 20,0 ppm ZnSO4	52,34	a-c
N,P,K 40,0 ppm ZnSO4	39,56	ab
N,P,K 80,0 ppm ZnSO4	37,92	a
N,P,K 120,0 ppm ZnSO4	42,27	ab
N,P,K 160,0 ppm ZnSO4	43,23	ab
N,P,K 200,0 ppm ZnSO4	35,41	a
N,P,K 250,0 ppm ZnSO4	47,06	a-c
N,P,K 500,0 ppm ZnSO4	47,99	a-c

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι η προσθήκη ψευδαργύρου επέδρασε σημαντικά και αρνητικά στη συγκέντρωση του σιδήρου στα φύλλα. Σε όλες σχεδόν τις μεταχειρίσεις όπου προστέθηκε N και Zn η συγκέντρωση του Fe στα φύλλα κυμάνθηκε στα όρια της τροφοπενίας, δηλαδή <50 ppm.(Κουκουλάκης και Παλαδόπουλος, 2003). Η ανταγωνιστική σχέση μεταξύ N και Fe θα πρέπει μάλλον να αποδοθεί στο φαινόμενο της αραίωσης το οποίο ως γνωστόν προκαλείται από την επίδραση του N στη παραγωγή φυτομάζας, εξ αιτίας της οποίας αραιώνεται ο Fe και ενδεχομένως κι άλλα στοιχεία μέσα στη βιομάζα του φυτού .

2.6.3.4. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στη συγκέντρωση Mn (ppm) στο υπέργειο μέρος των φυτών σε καλλιέργεια μαρουλιού.



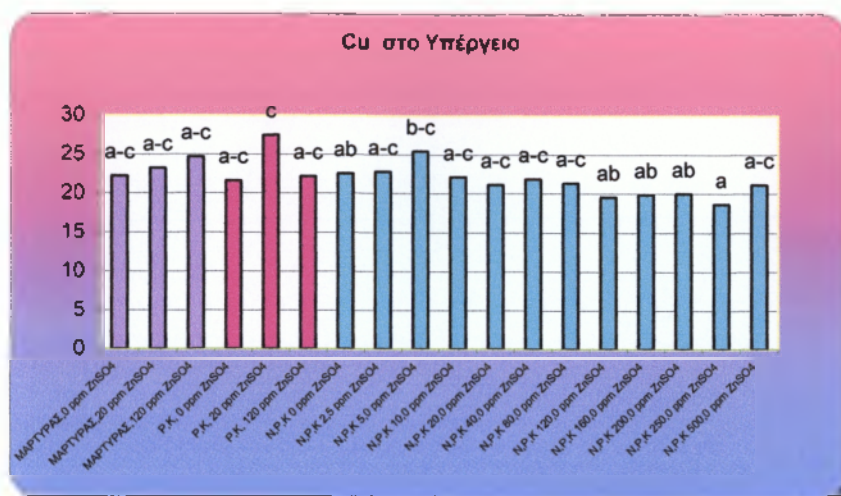
Σχήμα 2.17: Mn (ppm) στο υπέργειο μέρος.

Πίνακας 2.17: Mn (ppm) στο υπέργειο μέρος.

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Mn (ppm)	
MARTYPAΣ,0 ppm ZnSO4	50,76	c
MARTYPAΣ,20 ppm ZnSO4	43,73	b-c
MARTYPAΣ,120 ppm ZnSO4	41,62	b-c
P,K, 0 ppm ZnSO4	51,80	c
P,K, 20 ppm ZnSO4	42,40	b-c
P,K, 120 ppm ZnSO4	65,62	d
N,P,K 0 ppm ZnSO4	18,87	a
N,P,K 2,5 ppm ZnSO4	18,99	a
N,P,K 5,0 ppm ZnSO4	18,05	a
N,P,K 10,0 ppm ZnSO4	17,66	a
N,P,K 20,0 ppm ZnSO4	28,86	ab
N,P,K 40,0 ppm ZnSO4	18,69	a
N,P,K 80,0 ppm ZnSO4	16,53	a
N,P,K 120,0 ppm ZnSO4	19,20	a
N,P,K 160,0 ppm ZnSO4	23,05	a
N,P,K 200,0 ppm ZnSO4	17,01	a
N,P,K 250,0 ppm ZnSO4	17,32	a
N,P,K 500,0 ppm ZnSO4	20,25	a

Οι συγκεντρώσεις του μαγγανίου στα φύλλα των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς Ν κυμάνθηκαν μεταξύ 41,62-65,62 ppm και ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερες από τις συγκεντρώσεις του μαγγανίου στα φυτά των αζωτούχων μεταχειρίσεων (16,53-28,86ppm). Από τα παραπάνω φαίνεται η ανταγωνιστική σχέση μεταξύ του Ν και του Μn που μάλλον είναι φαινόμενο αραίωσης. Η συγκέντρωση του Μn στις αζωτούχες μεταχειρίσεις διακυμάνθηκε στα όρια της τροφopenίας σύμφωνα με τους Κουκουλάκη και Παπαδόπουλο(2003).

**2.6.3.5. Επίδραση των διαφόρων επιπέδων ψευδαργύρου στη συγκέντρωση Cu (ppm) στο υπέργειο μέρος των φυτών σε καλλιέργεια μαρουλιού.**



**Σχήμα 2.18: Cu (ppm) στο υπέργειο μέρος.**

**Πίνακας 2.18: Cu (ppm) στο υπέργειο μέρος.**

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Cu (ppm)	
MARTYΡΑΣ,0 ppm ZnSO4	22,22	a-c
MARTYΡΑΣ,20 ppm ZnSO4	23,25	a-c
MARTYΡΑΣ,120 ppm ZnSO4	24,68	a-c
P,K, 0 ppm ZnSO4	21,35	a-c
P,K, 20 ppm ZnSO4	27,47	c
P,K, 120 ppm ZnSO4	22,20	a-c
N,P,K 0 ppm ZnSO4	20,38	ab
N,P,K 2,5 ppm ZnSO4	22,78	a-c
N,P,K 5,0 ppm ZnSO4	25,47	b-c
N,P,K 10,0 ppm ZnSO4	22,12	a-c
N,P,K 20,0 ppm ZnSO4	21,16	a-c
N,P,K 40,0 ppm ZnSO4	21,89	a-c
N,P,K 80,0 ppm ZnSO4	21,37	a-c
N,P,K 120,0 ppm ZnSO4	19,55	ab
N,P,K 160,0 ppm ZnSO4	19,91	ab
N,P,K 200,0 ppm ZnSO4	20,00	ab
N,P,K 250,0 ppm ZnSO4	18,65	a
N,P,K 500,0 ppm ZnSO4	21,17	a-c

Οι συγκεντρώσεις του χαλκού στα φύλλα μαρουλιού κυμάνθηκαν μεταξύ 18,65-27,47 ppm και κρίνονται σχετικά υψηλές. Στο σύνολο σχεδόν των μεταχειρίσεων δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές.

## 2.7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- ◆ Το έδαφος του πειραματικού μας έχει ουδέτερο pH (7-7,74), είναι μη αλατούχο ( 1-2 mS / cm), είναι φτωχό σε οργανική ουσία ( 0,8-2,1%), πλούσιο σε ολικό CaCO<sub>3</sub>, ανεπαρκές ως μέτρια επαρκές σε Κ, πλούσια εφοδιασμένο σε Ca και Mg. Η συγκέντρωση Na στο έδαφος δε δημιουργεί πρόβλημα παθογένειας.
- ◆ Η εφαρμογή της αζωτούχας λίπανσης αύξησε σημαντικά το υπέργειο νωπό βάρος του μαρουλιού σε σχέση με τη μη αζωτούχο λίπανση, ανεξάρτητα από τη δόση του Zn. Η προσθήκη Zn είχε στατιστικά σημαντική αρνητική επίδραση στο υπέργειο νωπό βάρος έως τη δόση των 160ppm. Υψηλότερες δόσεις επέδρασαν θετικά στη παραγωγή νωπής βιομάζας. Ανάλογα αποτελέσματα παρατηρήθηκαν στη υπέργεια ξηρή βιομάζα καθώς και στο νωπό και ξηρό βάρος των ριζών.
- ◆ Η αύξηση των δόσεων Zn αύξησε στατιστικά σημαντικά τη συγκέντρωση του Zn στα φύλλα. Στις μεταχειρίσεις όπου δόθηκε Zn έως 40 ppm η συγκέντρωση του Zn κρίνεται χαμηλή (18,47 – 35,03 ppm).
- ◆ Η προσθήκη Zn στο έδαφος είχε στατιστικά σημαντική θετική επίδραση στη συγκέντρωση του Zn στις ρίζες. Η θετική αυτή επίδραση ήταν περισσότερο εμφανής στις αζωτούχες λιπάνσεις σε συνδυασμό με προσθήκη Zn > 80ppm.
- ◆ Η προσθήκη Zn επέδρασε σημαντικά και αρνητικά στη συγκέντρωση του Fe στα φύλλα του μαρουλιού. Σε όλες σχεδόν τις μεταχειρίσεις όπου προστέθηκε N και Zn η συγκέντρωση του Fe στα φύλλα κυμάνθηκε στα όρια της τροφοπενίας. <50ppm.
- ◆ Οι συγκεντρώσεις Mn στα φύλλα των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς N βρέθηκαν μεταξύ 41,62 – 65,20 ppm και ήταν σημαντικά μεγαλύτερες από τις συγκεντρώσεις του Mn στα φυτά των μεταχειρίσεις (16,53 – 28,86 ppm). Η συγκέντρωση του Mn στις αζωτούχες μεταχειρίσεις διακυμάνθηκε στα όρια της τροφοπενίας.
- ◆ Οι συγκεντρώσεις του Cu στα φύλλα μαρουλιού κυμάνθηκε μεταξύ 18,65 – 27,47 ppm και κρίνονται σχετικά υψηλές. Στο σύνολο σχεδόν των μεταχειρίσεις δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές.



### 3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ◆ Καννυδίας 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), 46-55
- ◆ Κανάκης Γ. Ανδρέας, 1998. Γενική Λαχανοκομία, Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας.
- ◆ Καραμπέτσος Χ. Ιωάννης, 2003. Θρέψη φυτών. Καλαμάτα
- ◆ Κουκουλάκης Π.Χ. και Παπαδόπουλος Α.Η. 2003. Η ερμηνεία της φυλλοδιαγνωστικής, εκδόσεις Σταμούλης, σελ. 515.
- ◆ Κοσμάς Π. Παρασκευόπουλος. Σύγχρονη Λαχανοκομία
- ◆ Μήτσιος Κ. Ιωάννης, 2003. Γονιμότητα Εδαφών. Εκδόσεις Lynel.
- ◆ Υπουργείο Γεωργίας, Τμήμα Αγροτικής Νομοθεσίας, Αθήνα.
- ◆ Πασχαλίδης Χ. 1999. Το εγχειρίδιο του καλλιεργητή. Οκτώβριος, σελ. 28-32, 163-165
- ◆ Savvas D. and Adamidis K., 2000. Automated Management of Nutrient Solutions Based of Targed Electical Conductivity, pH and Nutrient Concentration Ratios
- ◆ Σιμώνης Α.Δ. και Σεβάτου Ε.Β. (1995) «Γεωργική Τεχνολογία».

### ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

- ◆ [www.mednet.grneumon.htm](http://www.mednet.grneumon.htm).
- ◆ [www.maximumfitness.grathrasimpliromata06.html.htm](http://www.maximumfitness.grathrasimpliromata06.html.htm)
- ◆ [www.neasmyrni.net.grSchoolslyceum](http://www.neasmyrni.net.grSchoolslyceum)