

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**  
**ΚΑΙ**  
**ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑΣ**

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
Αριθμ. Πρωτοκ. 95  
Ημερομηνία 30-9-2005

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΩΝ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΧΑΛΚΟΥ (Cu),  
ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ (Zn), ΣΙΔΗΡΟΥ (Fe) ΚΑΙ ΜΑΓΓΑΝΙΟΥ (Mn)  
ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ»**

**ΜΠΑΡΓΩΤΑΚΗΣ ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΩΝ**

**ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

**Ι. Κ. ΜΗΤΣΙΟΣ**

**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ**

**ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

**Π. ΛΟΛΑΣ**

**ΜΕΛΟΣ**

**ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

**Ν. ΤΣΙΡΟΠΟΥΛΟΣ**

**ΜΕΛΟΣ**

**ΕΠΙΚ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

**ΒΟΛΟΣ 2005**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 4873/1  
Ημερ. Εισ.: 10-08-2006  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ  
2005  
ΜΠΑ

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θεωρώ υποχρέωσή μου κατ' αρχήν να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Εδαφολογίας του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος κύριο Ιωάννη Μήτσιο Ph.D τόσο για την αμέριστη συμπαράστασή του καθ' όλη τη διάρκεια της παρουσίας μου στο Εργαστήριο Εδαφολογίας όσο και για την πολύτιμη συμβολή του στην εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Ακόμα ευχαριστώ τον Π. Λόλα και τον κ. Ν. Τσιρόπουλο, για τις πολύτιμες πληροφορίες, υποδείξεις και διορθώσεις της παρούσας εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την κυρία Γκόλια Ευαγγελία, διδάκτορα του Εργαστηρίου Εδαφολογίας για τις συμβουλές και την καθοδήγησή της στο εργαστηριακό έργο.

Τέλος, ευχαριστώ την κυρία Ζέτα Ζαχαρούλα για τη συμβολή της στην εκπόνηση της εργασίας μου.

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>-ΤΑ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ</b> .....	<b>4</b>
<b>1.ΓΕΝΙΚΑ</b> .....	<b>4</b>
1.1. ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ .....	5
1.2. ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΑ ΕΔΑΦΗ.....	5
1.3. ΔΕΣΜΕΥΣΗ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΣΤΕΡΗ ΦΑΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	5
1.4. ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΦΥΤΑ .....	6
1.4.1. Παράγοντες που καθορίζουν την απορρόφηση των μετάλλων από τα φυτά.....	6
1.5 ΧΑΛΚΟΣ .....	7
1.6 ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ .....	8
1.7 ΜΑΓΓΑΝΙΟ.....	8
1.8 ΣΙΔΗΡΟΣ.....	9
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>-ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b> .....	<b>11</b>
2.1. ΓΕΝΙΚΑ .....	11
2.2. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΕΔΑΦΩΝ .....	12
2.3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ.....	13
2.3.1. Προσδιορισμός της ολικής συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στο έδαφος μετά από εκχύλιση με Aqua Regia .....	13
2.3.1.1 Αντιδραστήρια και όργανα.....	13
2.3.1.2 Καθαρισμός των υάλινων σκευών .....	13
2.3.1.3 Μέθοδος .....	14
2.3.2. Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των διαθεσίμων βαρέων μετάλλων μετά από εκχύλιση με διάλυμα DTPA.....	14
2.3.2.1 Αντιδραστήρια και όργανα.....	14
2.3.2.2 Μέθοδος .....	15
2.3.3. Φασματοφωτομετρία Ατομικής Απορρόφησης.....	16
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ –ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b> .....	<b>17</b>
3.1. ΕΔΑΦΙΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ.....	17
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	<b>27</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	<b>28</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b> .....	<b>33</b>

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>Ο</sup>-ΤΑ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

## 1.ΓΕΝΙΚΑ

Ο όρος βαρέα μέταλλα περιλαμβάνει μια μεγάλη ομάδα ιχνοστοιχείων που παρουσιάζουν βιομηχανικό και βιολογικό ενδιαφέρον. Τα στοιχεία αυτά, σύμφωνα με τον Phipps (1981), χαρακτηρίζονται από ατομική πυκνότητα μεγαλύτερη από  $6\text{g.cm}^{-3}$ . Ειδικότερα από τα 70 περίπου μέταλλα που χαρακτηρίζονται σαν βαρέα, αυξημένο ενδιαφέρον παρουσιάζουν 20 από αυτά, τα οποία στην πλειοψηφία τους θεωρούνται απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία για τα φυτά και τα ζώα., αλλά μπορούν να καταστούν πολύ επικίνδυνα σε υψηλές συγκεντρώσεις.

**Πίνακας 1. Οικολογική ταξινόμηση των σημαντικότερων βαρέων μετάλλων (Davies 1980)**

ΣΤΟΙΧΕΙΟ	Απαραίτητο για φυτά και ζώα	Γνωστό ως Ρυπαντής	ΣΤΟΙΧΕΙΟ	Απαραίτητο για φυτά και ζώα	Γνωστό ως Ρυπαντής
Άργυρος	-	P	Νικέλιο	A	P
Κάδμιο	-	P	Λευκόχρυσος	-	-
Χρώμιο	A	P	Θάλλειο	-	P
Κοβάλτιο	A	P	Θόριο	-	P
Χαλκός	A	P	Κασσίτερος	A	P
Σίδηρος	A	P	Ουράνιο	-	P
Υδράργυρος	-	P	Βανάδιο	A	-
Μαγγάνιο	A	-	Βολφράμιο	A	P
Μόλυβδος	-	P	Ψευδάργυρος	A	P
Μολυβδαίνι	A	P	Ζιρκόνιο	-	-
<b>A= ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΟ ΓΙΑ ΦΥΤΑ ΚΑΙ ΖΩΑ</b>			<b>P= ΡΥΠΑΝΤΗΣ</b>		

Ένας νέος όρος ο οποίος χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο και αναφέρεται στις επιβλαβείς ιδιότητες αυτών των μετάλλων είναι ο όρος «εν δυνάμει τοξικά στοιχεία» (PTE).

Το έδαφος αποτελεί το συνδετικό κρίκο της ατμόσφαιρας, με την υδρόσφαιρα και το σύνολο των ζωντανών φυτικών και ζωικών οργανισμών (Oliver, 1997). Το έδαφος είναι επίσης πηγή μεταλλικών στοιχείων τα οποία είναι απαραίτητα για τη ζωή, αλλά και πηγή μεταλλικών ρυπαντών οι οποίοι είναι ζημιογόνοι στο περιβάλλον και στους οργανισμούς.

Είναι γεγονός ότι το έδαφος είναι ταυτόχρονα μια πηγή μετάλλων και μια δεξαμενή μετάλλων που το ρυπαίνει. Οι παράγοντες που ελέγχουν τις συνολικές και βιοδιαθέσιμες συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στα εδάφη, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον σε σχέση με την ανθρώπινη τοξικολογία και τη γεωργική παραγωγικότητα.

## 1.1. ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

Τα βαρέα μέταλλα του εδάφους προέρχονται από διάφορες πηγές, οι κυριότερες των οποίων είναι:

- Η γεωχημεία του φλοιού της γης
- η αποσάθρωση των μητρικών πετρωμάτων
- η χρήση λιπασμάτων, παρασιτοκτόνων, μυκητοκτόνων, εντομοκτόνων
- η λάσπη προερχόμενη από το βιολογικό καθαρισμό των πόλεων
- οι ατμοσφαιρικές αποθέσεις
- η τέλεια και ατελής καύση φυσικών (ορυκτών) και συνθετικών καυσίμων
- η λειτουργία χημικών βιομηχανιών, βιομηχανιών επιμετάλλωσης και χρωμάτων
- η μη ελεγχόμενη εναπόθεση αποβλήτων και απορριμμάτων αστικών και άλλων περιοχών
- η χρήση πυρομαχικών σε περιόδους πολέμου, αλλά και σε περιπτώσεις στρατιωτικών ασκήσεων
- η ενεργοποίηση ηφαιστειακών δραστηριοτήτων, τα πυρηνικά ατυχήματα κ.α.

## 1.2. ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΑ ΕΔΑΦΗ

Τα βαρέα μέταλλα στο έδαφος έχουν μια από τις ακόλουθες τύχες:

- 1 Διαλύονται στο εδαφικό διάλυμα και στο νερό στράγγισης.
- 2 Συγκρατούνται από τη στερεή φάση του εδάφους με διάφορες μορφές και ιοντικές καταστάσεις.
- 3 Καταβυθίζονται με τη μορφή αδιάλυτων ενώσεων
- 4 Προσλαμβάνονται από τα φυτά που καλλιεργούνται στο έδαφος ή από τα φυτά που αναπτύσσονται σε αυτό.
- 5 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)

## 1.3. ΔΕΣΜΕΥΣΗ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΣΤΕΡΗ ΦΑΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

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

- από την τιμή του ΡΗ 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 ποσότητα των ανθρακικών αλάτων του εδάφους
- από το ποσό και το είδος των οξειδίων και υδροξειδίων του σιδήρου, μαγγανίου και αργιλίου του εδάφους
- από τα ορυκτά της αργίλου του εδάφους

**Πίνακας 2. Οριακές τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στο έδαφος  
ΦΕΚ 641/7.8.1991**

ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ	ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ( mg/Kg ΞΗΡΑΣ ΟΥΣΙΑΣ για PH= 6 - 7 )
ΚΑΔΜΙΟ	1 έως 3
ΧΑΛΚΟΣ	50 έως 140
ΝΙΚΕΛΙΟ	30 έως 75
ΜΟΛΥΒΔΟΣ	50 έως 300
ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ	150 έως 300
ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΣ	1 έως 1.5
ΧΡΩΜΙΟ	

**1.4. ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΦΥΤΑ**

Η μεταβολική πορεία και ο ρόλος του κάθε μετάλλου μέσα στο φυτό καθορίζεται από ποικίλους παράγοντες (Mench, Vangrosveld, Didier and Clijsters 1994):

- Πρόσληψη (απορρόφηση) ή όχι και μετακίνηση των μετάλλων μέσα στο φυτό.
- Ενζυματικές διαδικασίες που πραγματοποιούνται μέσα στο φυτό.
- Συγκεντρώσεις και μορφές των μετάλλων μέσα στο φυτό.
- Έλλειψη και τοξικότητα.
- Ανταγωνιστικά ιονικά φαινόμενα και αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μετάλλων.

**1.4.1. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΚΑΘΟΡΙΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΦΥΤΑ**

Η απορρόφηση των μετάλλων από τα φυτά γίνεται κυρίως από τις ρίζες των φυτών, αλλά και από τη φυλλική τους επιφάνεια. Οι παράγοντες που καθορίζουν την απορρόφηση των μετάλλων από τα φυτά είναι οι ακόλουθοι:

1. Η ποσότητα του μετάλλου που περιέχεται στο εδαφικό διάλυμα (μεγαλύτερη τάση για απορρόφηση παρατηρείται στις περιπτώσεις εκείνες στις οποίες οι συγκεντρώσεις των μετάλλων είναι χαμηλές.
2. Η μορφή και το είδος του μετάλλου μέσα στο εδαφικό διάλυμα.
3. Η παρουσία ιόντων υδρογόνου ή άλλων ιόντων στο εδαφικό διάλυμα.
4. Οι συνθήκες αερισμού και θερμοκρασίας που επικρατούν στο έδαφος, καθώς και η τιμή του δυναμικού οξειδοαναγωγής του εδάφους.
5. Το είδος του φυτού και η ικανότητα του να προσλαμβάνει ή όχι μεταλλικά στοιχεία
6. Το στάδιο ανάπτυξης του φυτού
7. Η κινητικότητα του μεταλλικού ιόντος στο εδαφικό διάλυμα προς την επιφάνεια της ρίζας του φυτού
8. Η μεταφορά του μετάλλου από την επιφάνεια στο εσωτερικό της ρίζας
9. Η ανοδική πορεία του μετάλλου από τη ρίζα στο βλαστό.

## 1.5 ΧΑΛΚΟΣ

Ο χαλκός είναι ένα από τα πιο σημαντικά και απαραίτητα στοιχεία, τόσο για τα φυτά όσο και για τα ζώα. Η μη ύπαρξη του στο έδαφος μπορεί να προκαλέσει αναστολή της αναπτύξεως, μείωση των αποδόσεων και σε μερικές περιπτώσεις ακόμα και νέκρωση των φυτών. Σε μεταλλική κατάσταση, ο χαλκός έχει χαρακτηριστική μεταλλική λάμψη και χρώμα κόκκινο. Η βασική χρήση του είναι για την παραγωγή καλωδίων και κραμάτων του, κυρίως με σίδηρο (μπρούντζος).

Ο χαλκός βρίσκεται σε μεγάλη περιεκτικότητα στα βασαλτικά πετρώματα και σε μικρότερη στα γρανιτικά πετρώματα ενώ στα ανθρακικά πετρώματα η περιεκτικότητα σε χαλκό είναι χαμηλή. Τα βασαλτικά πετρώματα έχουν τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε χαλκό, ενώ οι γρανοδιορίτες και οι γρανίτες τη χαμηλότερη.

Η παρουσία του χαλκού σε ηφαιστειογενή πετρώματα σχετίζεται άμεσα με τη διαδικασία της διαφοροποίησης κατά τη διάρκεια της κρυστολλοποίησης. Ισχυροί δεσμοί αναπτύσσονται ανάμεσα στα ιόντα του δισθενούς χαλκού και στα ιόντα θείου.

Τα χημικά λιπάσματα που χρησιμοποιούνται στη γεωργία σπάνια έχουν περιεκτικότητα μεγαλύτερη από  $100 \text{ mg Cu.Kg}^{-1}$  λιπάσματος και γι αυτό η συνεισφορά τους στη ρύπανση του εδάφους από χαλκό θεωρείται σχετικά μικρή. Αντίθετα η χρήση μυκητοκτόνων, συμβάλει σημαντικά στη ρύπανση του εδάφους με χαλκό, καθώς υπολογίζεται ότι περίπου  $7 \times 10^7 \text{ Kg Cu}$  προστίθενται κάθε χρόνο στο έδαφος με τη μορφή του μίγματος Bordeaux, το οποίο χρησιμοποιείται ευρύτατα σε πλήθος καλλιεργειών.

Στη φύση ο χαλκός σχηματίζει κυρίως σουλφίδια, από τα οποία ελευθερώνεται σε όξινο περιβάλλον, θεικές ενώσεις και ανθρακικά άλατα. Σε αναγωγικές συνθήκες βρίσκεται κυρίως με τη μεταλλική του μορφή.

Η βιοδιαθεσιμότητα του χαλκού εξαρτάται από το μοριακό βάρος των συμπλοκών του με την οργανική ουσία. Οργανικές ενώσεις χαμηλού μοριακού βάρους ελευθερώνονται κατά την αποσύνθεση φυτικών και ζωικών ιστών και συχνά βρίσκονται σε υψηλά ποσοστά στην ιλύ των βιολογικών καθαρισμών που προστίθεται ως βελτιωτικό στα εδάφη.

Η χημική δραστηριότητα του χαλκού στα εδάφη δεν είναι σταθερή και γι αυτό η ποσότητα του χαλκού που προσλαμβάνεται από τα φυτά δεν συσχετίζεται πάντα ικανοποιητικά με την ποσότητα του μετάλλου που παραλαμβάνεται με τα διάφορα εκχυλιστικά μέσα.

Για τη λήψη αξιόπιστων αποτελεσμάτων σχετικά με την ποσότητα του χαλκού που είναι δυνατό να προσληφθεί από τα φυτά δεν επαρκεί η ανάλυση των φυτικών ιστών, επειδή υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των φυτικών ειδών ως και μεταξύ των οργάνων του φυτού στα είδη, αλλά και τα όργανα του φυτού. Ο προσδιορισμός της ολικής ποσότητας του χαλκού στο έδαφος με διάφορες χημικές ενώσεις εκφράζει την ποσότητα του χαλκού στο έδαφος και όχι την ποσότητα του χαλκού που απορροφάται από τα φυτά. Τα φυτά απορροφούν από το έδαφος ένα μικρό ποσοστό από την ολική ποσότητα του χαλκού του εδάφους. Για τους λόγους αυτούς είναι απαραίτητο να προσδιορίζεται τόσο η ολική ποσότητα του χαλκού στο έδαφος, όσο και η διαθέσιμη ποσότητα του προς τα φυτά



## 1.6 ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ

Ο ψευδάργυρος είναι απαραίτητος σε μικρές ποσότητες στον άνθρωπο, στα ζώα και τα ανώτερα φυτά. Ο ψευδάργυρος λειτουργεί ως καταλύτης, αλλά και ως δομικό συστατικό σε μεγάλο αριθμό ενζύμων τα οποία συμμετέχουν στο μεταβολισμό των ζωντανών οργανισμών.

Οι κύριες πηγές ψευδαργύρου είναι τα θειούχα ορυκτά ( $ZnS$ ) όπως ο σφαλερίτης και ο βουρσίτης, ο σμιθσονίτης ( $ZnCO_3$ ), ο βιλλεμίτης ( $Zn_2SiO_4$ ), ο τσινγοσίτης ( $ZnSO_4$ ), ο φρανκλινίτης ( $ZnFe_2O_4$ ) και ο οπείτης [ $(Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O)$ ].

Στα εδάφη ο Graham (1953), ο Sillanpaa (1982), ο Lindsay (1979) και οι Kabata (1992) υπολόγισαν ότι η μέση συγκέντρωση του ψευδαργύρου κυμαίνεται από 10-300 mg  $Zn \cdot Kg^{-1}$  εδάφους, ενώ η συνηθέστερη τιμή είναι 50 mg  $Zn \cdot Kg^{-1}$  εδάφους.

Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις του  $Zn$  εμφανίζονται στα εδάφη podzols (28 mg  $Zn \cdot Kg^{-1}$  εδάφους) και στα εδάφη luvisols (35 mg  $Zn \cdot Kg^{-1}$  εδάφους), ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις εμφανίζονται στα εδάφη fluvisols (60 mg  $Zn \cdot Kg^{-1}$  εδάφους) και στα histosols (58 mg  $Zn \cdot Kg^{-1}$  εδάφους).

Συχνά τα λιπάσματα τόσο τα ανόργανα, όσο και τα οργανικά περιέχουν ψευδάργυρο κυρίως ως πρόσμιξη. Οι ερευνητές Anderson (1977) και ο Adriano (1986), υπολόγισαν ότι η συγκέντρωση του  $Zn$  που περιέχεται στα φωσφορικά λιπάσματα κυμαίνεται από 50 μέχρι 1450 mg  $Zn \cdot Kg^{-1}$  λιπάσματος, στον ασβέστη από 10 μέχρι 450 mg  $Zn \cdot Kg^{-1}$  ασβέστης, ενώ στην κοπριά από 15 μέχρι 250 mg  $Zn \cdot Kg^{-1}$  κοπριάς.

Επίσης οι ίδιοι ερευνητές αναφέρουν ότι υπάρχουν παρασιτοκτόνα τα οποία έχουν μέχρι και 25% κατά βάρος περιεκτικότητα σε  $Zn$  και γι αυτό θεωρείται ότι συμβάλλουν σημαντικά στην αύξηση της ρύπανσης των γεωργικών εδαφών.

Οι μορφές με τις οποίες εμφανίζεται ο  $Zn$  στα εδάφη είναι: ο ανταλλάξιμος, ο υδατοδιαλυτός, ο συνδεδεμένος με την οργανική ουσία, ο έγκλειστος στα ανθρακικά άλατα και στα οξύ - υδροξείδια και ο ευρισκόμενος ως δομικό συστατικό των σουλφιδίων, των πρωτογενών ορυκτών καθώς και των ορυκτών της αργίλου.

Οι διαθέσιμες για το φυτό μορφές είναι κατά κύριο λόγο ο ανταλλάξιμος, ο υδατοδιαλυτός και ορισμένες κατηγορίες οργανικών μορφών (φουλβικά και χουμικά οξέα)

## 1.7 ΜΑΓΓΑΝΙΟ

Το μαγγάνιο είναι πολύ βασικό στοιχείο για τη ζωή τόσο των μικροοργανισμών, όσο και των ανώτερων φυτών και των ζώων. Τα περιβαλλοντικά προβλήματα που δημιουργούνται από το  $Mn$  είναι ασήμαντα σε σχέση με τα προβλήματα που δημιουργούνται από τα υπόλοιπα

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 *Rhizopus (Ascothoria) nigricans*. Ο ρόλος του  $Mn$  ως ιχνοστοιχείο στα ανώτερα φυτά εξακριβώθηκε από τον ερευνητή McHargue (1923) και τους ερευνητές Samuel και Piper (1928), σε πειράματα που πραγματοποίησαν με σόγια και τομάτα

Όλα τα πετρώματα του φλοιού της γης περιέχουν Mn σε συγκεντρώσεις οι οποίες είναι γενικά πολύ μεγαλύτερες από τα άλλα ιχνοστοιχεία, εκτός από το σίδηρο. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις Mn (>1000 mg Mn.Kg<sup>-1</sup> πετρώματος) παρουσιάζονται στα βασικά πυριγενή πετρώματα, όπως στο βασάλτη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το μαγγάνιο αντικαθιστά τα ιόντα του Fe<sup>2+</sup> στις οκταεδρικές δομές των σιδηρομαγνησιούχων πυριτικών ορυκτών.

Τα όξινα πυριγενή πετρώματα περιέχουν μεγάλες ποσότητες Mn ενώ στα μεταμορφωμένα πετρώματα όπως στους σχιστόλιθους το Mn κυμαίνεται από 200 - 1000 mg Mn.Kg<sup>-1</sup> πετρώματος.

Στα ιζηματογενή πετρώματα η συγκέντρωση του Mn κυμαίνεται από 20-600 mg Mn.Kg<sup>-1</sup> πετρώματος. Συγκεκριμένα στους ασβεστόλιθους η συγκέντρωση του μαγγανίου κυμαίνεται από 400 μέχρι 600 mg Mn.Kg<sup>-1</sup> πετρώματος, ενώ στους sandstones από 20 μέχρι 500 mg Mn.Kg<sup>-1</sup> πετρώματος (Gilkes και McKenzie 1988, Mitchell 1964, Aubert και Pinda 1977).

Εκτός από την προσθήκη Mn στα εδάφη εξαιτίας της αποσάθρωσης των μητρικών πετρωμάτων, μεγάλες είναι και οι ποσότητες του Mn που προστίθενται στο έδαφος από τη χρήση λιπασμάτων.

Η προσθήκη Mn στο έδαφος γίνεται συνήθως με τη μορφή του MnSO<sub>4</sub> ή του MnO ή με λιπάσματα τα οποία περιέχουν ιχνοστοιχεία. Οι ποσότητες του Mn που προστίθενται στο έδαφος είναι <10 μέχρι και >100 mg Mn.Kg<sup>-1</sup>. Στις περιπτώσεις εκείνες που προστίθεται μαγγάνιο στα φύλλα των φυτών που παρουσιάζουν τροφопενίες Mn, οι ποσότητες του Mn που τελικά προστίθενται στο έδαφος, βρίσκονται σε ακόμη χαμηλότερα επίπεδα.

Η πρόσληψη του μαγγανίου από τα φυτά ελέγχεται από μεταβολικές διαδικασίες με τρόπο ανάλογο με αυτόν που πραγματοποιείται η πρόσληψη άλλων δισθενών κατιόντων, όπως του ασβεστίου και του μαγνησίου. Ωστόσο όμως, πραγματοποιείται παθητική πρόσληψη του μαγγανίου στις περιπτώσεις εκείνες στις οποίες η συγκέντρωση του μαγγανίου στο έδαφος βρίσκεται σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα. Όταν η συγκέντρωση του μαγγανίου στο έδαφος βρίσκεται σε τοξικά επίπεδα, τότε προσλαμβάνεται ταχύτατα από τα φυτά και γρήγορα 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.

## 1.8 ΣΙΔΗΡΟΣ

Ο σίδηρος είναι απαραίτητος την ανάπτυξη τόσο των ζώων όσο και των φυτών, γιατί εμπλέκεται σε μεγάλο αριθμό βιοχημικών αντιδράσεων που πραγματοποιούνται στους οργανισμούς.

Η προέλευση του σιδήρου στα εδάφη είναι κατά κύριο λόγο γεωχημική, δηλαδή οφείλεται στην αποσάθρωση των μητρικών πετρωμάτων. Ο σίδηρος είναι ένα από τα βασικά συστατικά της λιθόσφαιρας, όπου κατέχει ποσοστό 5%. Βρίσκεται κυρίως στα ηφαιστειογενή πετρώματα.

Η γεωχημεία του σιδήρου είναι πολύπλοκη και καθορίζεται από την εύκολη εναλλαγή των αριθμών οξειδωσης του σιδήρου ανάλογα με τις φυσικοχημικές συνθήκες. Η χημική συμπεριφορά του σιδήρου είναι στενά συνδεδεμένη με τον κύκλο των στοιχείων οξυγόνο θείο και άνθρακα. Οι αντιδράσεις του σιδήρου στις διαδικασίες διάβρωσης εξαρτώνται από τη σχέση που συνδέει την τιμή του PH και το κανονικό δυναμικό οξειδοαναγωγής του εδάφους, καθώς και από τον αριθμό οξειδωσης που έχει ο σίδηρος στις ενώσεις του.

Τροφοπενίες σιδήρου προκαλούν χλωρώσεις στα περισσότερα οπωροφόρα δέντρα που καλλιεργούνται σε ασβεστούχα καλά αεριζόμενα εδάφη. Τοξικά συμπτώματα στα φυτά από υψηλές συγκεντρώσεις σιδήρου στο εδαφικό διάλυμα δεν έχουν εντοπιστεί

Επομένως, ο σίδηρος βρίσκεται σε ανεπαρκείς ποσότητες για την ανάπτυξη των φυτών τόσο στα όξινα όσο και στα ασβεστούχα εδάφη. Οι ερευνητές Jones και Etherington (1970), υποστήριξαν ότι η αύξηση μερικών ασβεστόφιλων φυτών ενισχύεται από τις εποχιακές πλημμύρες των εδαφών, οι οποίες παρέχουν τις απαραίτητες ποσότητες του  $Fe^{2+}$  στο εδαφικό διάλυμα. Αργιλώδη εδάφη που βρίσκονται πλήρως καλυμμένα από ύδωρ παρέχουν ικανοποιητικές ποσότητες σιδήρου για τη βέλτιστη αύξηση των φυτών, παρότι σε μερικά όξινα εδάφη η ανάπτυξη των φυτών περιορίστηκε πολύ από τις μεγάλες ποσότητες του διαλυτού σιδήρου.

Διαφυλλικοί ψεκασμοί με μαγγάνιο στα φυτά που καλλιεργούνται σε εδάφη όπου επικρατούν αερόβιες συνθήκες, προκαλούν στα φυτά τροφοπενίες σιδήρου οι οποίες σε πολλές των περιπτώσεων μπορεί να είναι έντονες.

Οι τροφοπενίες του σιδήρου είναι δυνατόν να οφείλονται στο γεγονός ότι οι ψεκασμοί με μαγγάνιο προκαλούν οξείδωση του σιδήρου, των φύλλων και των άλλων φυτικών μερών. Ο λόγος του  $Fe:Mn$  στα εδάφη και στα φύλλα των φυτών χρησιμοποιήθηκε ως μια καλή ένδειξη για την πρόβλεψη των χλωρώσεων στα φύλλα των φυτών. Εδάφη καλυμμένα από ύδωρ, πλούσια σε μαγγάνιο, ανθίστανται στην αναγωγή και εξουδετερώνουν πιθανές τοξικότητες από σίδηρο ή από άλλες αναγόμενες χημικές ουσίες.

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  $Fe^{2+}$  (Chaney, Brown και Tiffin 1972). Σε συνήθεις τιμές PH του εδάφους, τα φυτά προσλαμβάνουν τον απαιτούμενο για την ανάπτυξη τους σίδηρο με τη μορφή οργανικών ενώσεων και συμπλοκών.

Παρόλα αυτά η μετακίνηση του Fe ελέγχεται από το σχηματισμό κιτρικών συμπλοκών, αλλά και ευδιάλυτων φερεδοξινών. Μέσα στο φυτό ο σίδηρος δε μετακινείται ιδιαίτερα γρήγορα και γι αυτό ιδιαίτερα προβλήματα τοξικότητας παρουσιάζονται στα πιο νέα φυτά (Scheffer, Stasch and Vardakis, 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, Clark and Funkhouser 1972, Markert 1987).

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>-ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

## 2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου καθορίζεται κυρίως από:

- Τα χαρακτηριστικά του δείγματος (νερά, ιζήματα, φυτά κ. α).
- Τα μέταλλα που πρόκειται να προσδιοριστούν.
- Την απαιτούμενη ευαισθησία και ακρίβεια.
- Την αναγκαιότητα για ταυτόχρονο προσδιορισμό και άλλων στοιχείων.
- Τις πιθανές παρεμποδίσεις.
- Τον υπάρχοντα εργαστηριακό εξοπλισμό.

Οι παραπάνω μέθοδοι προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

1. Μέθοδοι, οι οποίες εφαρμόζονται απευθείας, χωρίς τη διάλυση (καταστροφή) του δείγματος. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τις μεθόδους:

- Νετρονική ενεργοποίηση
- Φθορισμομετρία ακτινών-Χ
- Φασματοσκοπία εκπομπής ακτινών-Χ προκαλούμενων από πρωτόνια

2. Μέθοδοι οι οποίες προκειμένου να εφαρμοστούν προϋποθέτουν την κατάλληλη διάλυση του δείγματος.

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τις μεθόδους:

- Φασματοφωτομετρία υπεριώδους-ορατού (UV-VIS)
- Φθορισμομετρία (FA).
- Φλογοφασματομετρία Ατομικής Εκπομπής (AES).
- Φασματοσκοπία Ατομικής Εκπομπής με Επαγωγικά Συζευγμένο Πλάσμα (ICP-AES).
- Φλογοφασματομετρία Ατομικής Απορρόφησης (AAS).
- Φασματοσκοπία Ατομικής Απορρόφησης με Φούρνο θερμαινόμενου Γραφίτη (FG/AAS).
- Αναλυτική Βολταμετρία

## 2.2. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΕΛΑΦΩΝ

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε εδάφη της Θεσσαλίας και συγκεκριμένα στην περιοχή της Καρδίτσας, όπου καλλιεργείται ο καπνός κατά το έτος 2001.

Αναλυτικότερα, από το Νομό Καρδίτσας και από έκταση 2.525 στρεμμάτων, ελήφθησαν το καλοκαίρι του έτους 2001 (Ιούνιος - Ιούλιος) 145 εδαφικά δείγματα

Συγκεκριμένα, τα δείγματα ελήφθησαν από τα ακόλουθα 13 χωριά του Ν. Καρδίτσας:

<b>ΚΩΔΙΚΟΙ ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ</b>	<b>ΧΩΡΙΑ-ΚΟΙΝΟΤΗΤΕΣ</b>
K01 - K30	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ
K31 - K42	ΖΑΙΜΙ
K43 - K60	ΚΑΛΛΙΦΩΝΙ
K61 - K86	ΑΜΠΕΛΟΣ
K87 - K90	ΔΑΣΟΧΩΡΙ
K91 - K100	ΜΗΤΡΟΠΟΛΗ
K101 - K103	ΜΑΥΡΟΜΑΤΗ
K104 - K110	ΓΕΛΑΝΘΗ
K111 - K127	ΛΕΟΝΤΑΡΙ
K128 - K130	ΑΣΗΜΟΧΩΡΙ
K131 - K135	ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
K136 - K140	ΜΕΛΙΣΣΟΧΩΡΙ
K141 - K145	ΜΥΡΙΝΗ

Τα εδαφικά δείγματα ελήφθησαν από χαρακτηριστικές εδαφολογικές μονάδες της κάθε περιοχής, σύμφωνα με τους λεπτομερείς (1:20.000) εδαφολογικούς χάρτες του Ινστιτούτου Χαρτογράφησης και Ταξινόμησης Εδαφών Λάρισας (Ι.Χ.Τ.Ε.Λ.) σε αριθμό αντίστοιχο με το μέγεθος (στρέμματα) της μονάδας.

Ελήφθησαν από βάθος 0-30cm καθώς το ριζικό σύστημα του καπνού αλλά και των περισσοτέρων εντατικών καλλιεργειών, αναπτύσσεται στο βάθος αυτό.

Τα δείγματα αμέσως μετά τη λήψη τους, μεταφέρθηκαν στο του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας όπου αεροξηράνθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου για χρονικό διάστημα περίπου 15 ημερών. Στη συνέχεια διήλθαν από κόσκινα 2mm και διατηρήθηκαν σε χάρτινα κουτιά του ενός κιλού.

Έπειτα πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω εδαφολογικές αναλύσεις:

- Προσδιορισμός της εδαφικής υγρασίας
- Προσδιορισμός της ηλεκτρικής αγωγιμότητας
- Προσδιορισμός του ΡΗ με τη βοήθεια του πεχαμέτρου Crison 2000
- Προσδιορισμός της οργανικής ουσίας με τη μέθοδο των Walkey - Black
- Προσδιορισμός της μηχανικής σύστασης με τη μέθοδο του Βουγιούκου
- Προσδιορισμός της ολικής συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων (Cu, Zn, Fe, Mn)
- Προσδιορισμός της διαθέσιμης συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων (Cu, Zn, Fe, Mn)

## 2.3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

### 2.3.1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΛΙΚΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΟ ΕΛΑΦΟΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΜΕ AQUA REGIA

#### 2.3.1.1 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ

Τα χρησιμοποιούμενα αντιδραστήρια ήταν όλα αναλυτικώς καθαρά του Οίκου Merck και παρουσιάζονται παρακάτω. Για να αποφευχθούν πιθανά αναλυτικά σφάλματα σε όλες τις αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το αντίστοιχο τυφλό δείγμα.

- **Αποσταγμένο ύδωρ**, το οποίο προηγουμένως έχει απιονιστεί
- **Διάλυμα HCl 12 M** και πυκνότητας  $\rho = 1,19 \text{ g.mL}^{-1}$  (εμπορίου).
- **Διάλυμα HCl 6 M**. Παρασκευάστηκε με αραιώση του παραπάνω διαλύματος με αναλογία 1:1.
- **Διάλυμα HNO<sub>3</sub> 15, 8M** και πυκνότητας  $\rho = 1,42 \text{ g.mL}^{-1}$  (εμπορίου).
- **Διάλυμα HNO<sub>3</sub> συγκέντρωσης 5 M** (Παρασκευάστηκε με διάλυση 32 mL του διαλύματος HNO<sub>3</sub> 15,8M σε ογκομετρική φιάλη του 1L και συμπλήρωση μέχρι τη χαραγή με αποσταγμένο ύδωρ.)
- **Μύλος άλεσης**. Χρησιμοποιήθηκε μύλος άλεσης του Οίκου Gerhard, ο οποίος μπορεί να αλέσει αεροξηραθέντα εδάφη και ιζήματα με διάμετρο μικρότερη από 150 mm, χωρίς να επιμολύνει το δείγμα με τα προς προσδιορισμό βαρέα μέταλλα.
- **Κόσκινο διαμέτρου 0,150 mm**, κατασκευασμένο από πλαστική ύλη, πχ. Nylon
- **Κλειστό σύστημα πέψης** με ελεγχόμενο σύστημα βρασμού, οκτώ θέσεων, του οίκου Gerhard
- **Χωνί διήθησης** διαμέτρου περίπου 110cm.
- **Ογκομετρικές φιάλες των 100 mL**.
- **Διηθητικά χαρτιά** Τύπου Whatman No 42.
- **Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης** με εξάρτημα Φλόγας και Φούρνου Γραφίτη Perkin Elmer 3300.

#### 2.3.1.2 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΥΑΛΙΝΩΝ ΣΚΕΥΩΝ

Όλα τα υάλινα σκεύη τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τις αναλύσεις πλύθηκαν αρχικά με αραιό διάλυμα απορρυπαντικού και ύδατος από το δίκτυο ύδρευσης. Κατόπιν, παρέμειναν για 6 ώρες τουλάχιστον σε διάλυμα HNO<sub>3</sub> συγκέντρωσης 0,5 M και στη συνέχεια ξεπλύθηκαν για μισή ώρα με αποσταγμένο ύδωρ.

### 2.3.1.3 ΜΕΘΟΔΟΣ

Ζυγίστηκαν 3g ( $\pm 0,001$ ) ομογενοποιημένου εδαφικού δείγματος, το οποίο προηγουμένως είχε ξηρανθεί για 24h στους 105 °C.

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν μέσα στους ειδικούς σωλήνες πέψης σχήματος U και κατόπιν προστέθηκαν 21 mL διαλύματος 12N HCl και 7mL, διαλύματος HNO<sub>3</sub> 15,8M. Οι σωλήνες σχήματος U παρέμειναν στο ειδικό στατώ και πάνω στην πλάκα θέρμανσης της συσκευής πέψης για 24h

Κατόπιν, με ειδική ρύθμιση του υπολογιστή της συσκευής πέψης, το στατώ μαζί με τους σωλήνες πέψης ανήλθε μέχρις ότου ήλθαν σε πλήρη προσαρμογή οι σωλήνες με τους αποστακτήρες.

Πάνω από τους αποστακτήρες τοποθετήθηκαν οι παγίδες (ειδικοί σωλήνες που τοποθετούνται στο επάνω μέρος των αποστακτών έτσι ώστε να παγιδεύσουν ποσότητες των βαρέων μετάλλων που κατά την πέψη παρασύρονται από τον ατμό), αφού προηγουμένως γέμισαν με διάλυμα HNO<sub>3</sub> 5M. Το σύστημα πέψης είναι έτοιμο

και με ρύθμιση του υπολογιστή, προσαρμόστηκε όλο το σύστημα στην πλάκα θέρμανσης.

Ο χρόνος πέψης είναι δύο ώρες και είκοσι λεπτά στους 160° C. Μετά το τέλος του χρόνου, οι σωλήνες πέψης παρέμειναν στο ειδικό στατώ μέχρι να αποκτήσουν τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Κατόπιν, ακολούθησε μεταφορά του περιεχομένου των παγίδων στους σωλήνες πέψης και στη συνέχεια διήθηση σε ογκομετρικές φιάλες των 100 mL. Οι φιάλες συμπληρώθηκαν μέχρι τη χαραγή με το διάλυμα νιτρικού οξέος (HNO<sub>3</sub>), συγκέντρωσης 5 M.

Το περιεχόμενο της ογκομετρικής φιάλης μεταφέρθηκε ποσοτικά σε πλαστική φιάλη των 100 mL ή σε πλαστικό δοχείο από πολυπροπυλένιο. Το εκχύλισμα πλέον ήταν έτοιμο για τον προσδιορισμό των βαρέων μετάλλων με τη μέθοδο της Ατομικής Απορρόφησης.

### 2.3.2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΜΕ ΔΙΑΛΥΜΑ DTPA

#### 2.3.2.1 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ

- **Διάλυμα DTPA** Για την παρασκευή 1L, του διαλύματος αυτού διαλύθηκαν 14,92 g του αντιδραστηρίου TEA, 1,967 g του αντιδραστηρίου DTPA και 1,47 g CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O σε 900 mL αποσταγμένου ύδατος. Στο διάλυμα που προέκυψε με αυτόν τον τρόπο προστέθηκε ποσότητα διαλύματος HCl 1N, με συνεχή ανάδευση, έτσι ώστε το PH να κυμανθεί στην τιμή 7,3 +/- 0.05. Το διάλυμα που προέκυψε, μεταφέρθηκε σε ογκομετρική φιάλη των 1000 mL, η οποία συμπληρώθηκε με αποσταγμένο ύδωρ μέχρι τη χαραγή. Το διάλυμα αυτό διατηρείται σταθερό για αρκετούς μήνες, αλλά το PH πρέπει να ελέγχεται κάθε φορά πριν χρησιμοποιηθεί και να σταθεροποιείται στην τιμή 7,3. Το παραπάνω εκχυλιστικό μέσο έχει συγκέντρωση 0,005M DTPA, 0,01M CaCl<sub>2</sub> και 0,1 M TEA.

- **Πρότυπο διάλυμα Fe 1000 mg/L.** Σε ογκομετρική φιάλη των 1000 mL, διαλύεται το περιεχόμενο της αμπούλας του 1g και συμπληρώνεται η φιάλη μέχρι τη χαραγή με διάλυμα HNO<sub>3</sub> 1% w/v.
- **Διάλυμα Fe 100mg/L** Σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL μεταφέρονται 10 mL, από το διάλυμα των 1000mg/L και συμπληρώνεται η φιάλη μέχρι τη χαραγή με διάλυμα HNO<sub>3</sub> 1 % w/v.
  
- **Πρότυπο διάλυμα Mn 1000 mg/L.** Σε ογκομετρική φιάλη των 1000 mL, διαλύεται το περιεχόμενο της αμπούλας του 1 g και συμπληρώνεται η φιάλη μέχρι τη χαραγή με διάλυμα HNO<sub>3</sub> 1% w/v.
- **Διάλυμα Mn 100mg/L.** Σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL μεταφέρονται 10 mL, από το διάλυμα των 1000mg/L και συμπληρώνεται η φιάλη μέχρι τη χαραγή με διάλυμα HNO<sub>3</sub> 1 % w/v.
- **Διάλυμα Mn 10mg/L.** Σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL μεταφέρονται 10 mL, από το διάλυμα των 100mg/L και συμπληρώνεται η φιάλη μέχρι τη χαραγή με διάλυμα DTPA.
  
- **Πρότυπο διάλυμα Cu 1000 mg/L.** Σε ογκομετρική φιάλη των 1000 mL, διαλύεται το περιεχόμενο της αμπούλας του 1 g και συμπληρώνεται η φιάλη μέχρι τη χαραγή με διάλυμα HNO<sub>3</sub> 1% w/v.
- **Διάλυμα Cu 100mg/L.** Σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL μεταφέρονται 10 mL, από το διάλυμα των 1000mg/L και συμπληρώνεται η φιάλη μέχρι τη χαραγή με διάλυμα HNO<sub>3</sub> 1 % w/v.
- **Διάλυμα Cu 10mg/L.** Σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL μεταφέρονται 10 mL, από το διάλυμα των 100mg/L και συμπληρώνεται η φιάλη μέχρι τη χαραγή με διάλυμα DTPA
- **Πρότυπο διάλυμα Zn 1000 mg/L.** Σε ογκομετρική φιάλη των 1000 mL, διαλύεται το περιεχόμενο της αμπούλας του 1 g και συμπληρώνεται η φιάλη μέχρι τη χαραγή με διάλυμα HNO<sub>3</sub> 1% w/v.
- **Διάλυμα Zn 100mg/L.** Σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL μεταφέρονται 10 mL, από το διάλυμα των 1000mg/L και συμπληρώνεται η φιάλη μέχρι τη χαραγή με διάλυμα HNO<sub>3</sub> 1 % w/v.
- **Διάλυμα Zn 5mg/L.** Σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL μεταφέρονται 5 mL, από το διάλυμα των 100mg/L και συμπληρώνεται η φιάλη μέχρι τη χαραγή με διάλυμα DTPA.

### 2.3.2.2 ΜΕΘΟΔΟΣ

Ζυγίστηκαν 30 g αεροξηραθέντος εδάφους, που λήφθηκε τυχαία από κάθε δείγμα εδάφους σε κωνική φιάλη των 125 ml και προστέθηκαν 60 ml από το εκχυλιστικό διάλυμα DTPA. Οι κωνικές φιάλες τοποθετήθηκαν σε οριζόντιο ανακινητήρα με μήκος κίνησης 8 cm και ταχύτητα 120 στροφές / λεπτό. Η ανακίνηση ολοκληρώθηκε μετά από 2 ώρες ακριβώς κι ακολούθησε η διαδικασία της διήθησης. Η διήθηση πραγματοποιήθηκε με ηθμό Whatman No 42.

Στα εκχυλίσματα που προέκυψαν, πραγματοποιήθηκε ο προσδιορισμός των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων με τη μέθοδο φασματοφωτόμετρου της Ατομικής Απορρόφησης. Τα εκχυλίσματα φυλάσσονται σε χαμηλές θερμοκρασίες



σε περίπτωση που ο προσδιορισμός δεν πραγματοποιείται τις επόμενες 2-3 ημέρες, ώστε να περιοριστεί η μικροβιακή δραστηριότητα

Όλα τα σκεύη που έρχονται σε άμεση επαφή με το εκχυλιστικό μέσο, το έδαφος ή το διήθημα θα πρέπει να ξεπλένονται με διάλυμα 1N HCl κι έπειτα με άφθονο αποσταγμένο ύδωρ.

### 2.3.3. ΦΑΣΜΑΤΟΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

Οι μέθοδοι ανάλυσης των βαρέων μετάλλων διακρίνονται σε:

1. μεθόδους του ενός στοιχείου
2. μεθόδους πολυστοιχείων

Η μέθοδος της ατομικής απορρόφησης είναι μια τεχνική προσδιορισμού στοιχείων βασιζόμενη στα ατομικά φάσματα των στοιχείων αυτών. Το μέγεθος του δείγματος που απαιτείται είναι πολύ μικρό (τυπικά γύρω στα 10mg) και ο τελικός διαχωρισμός του δεν προκαλεί μεγάλα προβλήματα. Η πιο συνηθισμένη διαδικασία είναι η προετοιμασία των δειγμάτων σε υδατικά διαλύματα.

Το διάλυμα μετέπειτα διασπείρεται σε φλόγα αέρα - ακετυλενίου όπου και προσδιορίζεται η ικανότητα του στοιχείου να απορροφήσει ή να εκπέμπει ακτινοβολία.

Στην τεχνική αυτή, παρατηρείται απορρόφηση κατάλληλης εξωτερικής ακτινοβολίας από τα άτομα που βρίσκονται σε θεμελιώδη κατάσταση καθώς και μετάβαση αυτών σε διεγερμένη. Για ένα προκαθορισμένο μήκος κύματος εξαρτώμενο από το προσδιοριζόμενο στοιχείο και από τις πειραματικές συνθήκες, η απορρόφηση της ακτινοβολίας είναι ανάλογη του στοιχείου στο δείγμα που ατομοποιείται.

Η απορρόφηση ή η εκπομπή φωτός από άτομα είναι μια διαδικασία που εξαρτάται από τη μετάβαση του στοιχείου από το ένα στάδιο στο άλλο. Τα μήκη κύματος της εκπεμπόμενης ή απορροφούμενης ενέργειας φωτός είναι γνωστά ως χαρακτηριστικά, μήκη κύματος, καθώς αναφέρονται σε συγκεκριμένα άτομα.

Έτσι, κάθε στοιχείο πρέπει να αναλύεται ξεχωριστά με συγκεκριμένο σύνολο από standard διαλύματα. Επιπρόσθετα, πρέπει να σημειωθεί ότι είναι απαραίτητο η πηγή του χαρακτηριστικού μήκους κύματος να μπορεί να απορροφάται από τα άτομα που μελετώνται. Το χαρακτηριστικό αυτό φως προέρχεται από μια λάμπα γνωστή ως Hollow cathode lamp (HCL), τα ηλεκτρόδια της οποίας είναι κατασκευασμένα από το υλικό του στοιχείου που μετράται.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3°-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ –ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 3.1. ΕΔΑΦΙΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ

Οι φυσικές και χημικές ιδιότητες των εδαφών του νομού Καρδίτσας από όπου και ελήφθησαν τα εδαφικά δείγματα παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 1 του παραρτήματος.

Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται οι τιμές του ΡΗ των εδαφών, οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, το ποσοστό της οργανικής ουσίας καθώς και ο χαρακτηρισμός των εδαφών της Καρδίτσας.

Από την μελέτη του πίνακα εξάγεται εύκολα το συμπέρασμα ότι η περιοχή της Καρδίτσας χαρακτηρίζεται από αρκετά χαμηλές τιμές ΡΗ .

Στον πίνακα 4 παρουσιάζονται οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του εδάφους για τα εδάφη του Ν. Καρδίτσας.

**Πίνακας 4.** Μέγιστες και ελάχιστες τιμές των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων των εδαφών του Ν. Καρδίτσας( n=100)

	ΡΗ (1:1)	ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ (%)	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (Ms/cm)
ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ	<b>7.5</b>	<b>1.9</b>	<b>330</b>
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ	<b>3.7</b>	<b>1.1</b>	<b>103</b>

Στον πίνακα 5 παρουσιάζονται οι ολικές συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων ( μέθοδος Aqua Regia) για τα εδάφη του νομού Καρδίτσας, ενώ στον πίνακα 6 παρουσιάζονται οι ποσότητες των διαθέσιμων βαρέων μετάλλων ( μέθοδος DTPA) για τα εδάφη.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5. Ολικές συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων ( μέθοδος Aqua Regia) για τα εδάφη του νομού Καρδίτσας.**

ΚΩΔΙΚΟΙ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	ΠΕΡΙΟΧΗ	PH (1:1)	Cu (mg/kg Ξ.Ε).	Zn (mg/kg Ξ.Ε)	Fe (mg/kg Ξ.Ε)	Mn (mg/kg Ξ.Ε)
K1	Καρποχώρι	6,6	11,4	53,4	19744,5	472,6
K2	Καρποχώρι	6,3	11,4	50,8	22227,5	346,2
K3	Καρποχώρι	7,1	13,6	40,1	23644,5	301,4
K4	Καρποχώρι	7,3	13,2	40,1	23577,5	256,0
K5	Καρποχώρι	6,5	16,2	42,5	26427,5	246,2
K6	Καρποχώρι	5,1	11,1	40,2	16110,8	187,9
K7	Καρποχώρι	6,5	14,3	41,5	26514,2	168,4
K8	Καρποχώρι	6,8	16,6	47,2	27310,8	485,4
K9	Καρποχώρι	6,7	18,9	50,2	28315,2	414,3
K10	Καρποχώρι	7,2	22,8	50,8	31677,5	727,9
K11	Καρποχώρι	6,2	13,2	50,3	30156,5	627,5
K12	Καρποχώρι	7,1	14,0	45,5	23527,5	352,2
K13	Καρποχώρι	7,4	12,5	40,8	29527,5	268,5
K14	Καρποχώρι	6,6	11,0	45,0	22377,5	416,6
K15	Καρποχώρι	5,8	11,8	45,7	23477,2	261,8
K16	Καρποχώρι	4,9	12,9	54,4	16567,5	255,4
K17	Καρποχώρι	6,6	10,3	37,9	16110,8	92,0
K18	Καρποχώρι	5,6	16,0	48,1	24377,5	124,6
K19	Καρποχώρι	6,5	14,0	48,8	23472,5	287,5
K20	Καρποχώρι	6,3	13,3	44,4	24327,5	327,9
K21	Καρποχώρι	7,0	11,4	40,6	26275,5	72,8
K22	Καρποχώρι	6,2	11,2	46,4	21477,5	154,2
K23	Καρποχώρι	4,8	13,3	55,9	30010,8	874,9
K24	Καρποχώρι	5,1	19,6	53,3	24177,5	251,2
K25	Καρποχώρι	7,0	10,3	44,3	23844,5	278,9
K26	Καρποχώρι	7,3	11,8	46,1	22410,5	319,5
K27	Καρποχώρι	6,0	19,1	53,5	27594,5	306,0

ΚΩΔΙΚ ΟΙ ΔΕΙΓΜ ΑΤΩΝ	ΠΕΡΙΟΧΗ	PH (1:1)	Cu (mg/kg Ξ.Ε).	Zn (mg/kg Ξ.Ε)	Fe (mg/kg Ξ.Ε)	Mn (mg/kg Ξ.Ε)
K29	Καρποχώρι	5,0	16,4	47,6	25706,5	327,0
K30	Καρποχώρι	5,9	15,2	48,4	22994,5	559,1
K31	Ζαίμι	4,1	14,7	51,8	22754,5	414,7
K32	Ζαίμι	6,1	15,5	43,4	29544,5	588,1
K33	Ζαίμι	4,8	13,4	43,5	24312,5	144,3
K34	Ζαίμι	5,0	10,6	56,2	28877,5	191,8
K35	Ζαίμι	5,4	18,0	47,4	22894,5	279,5
K36	Ζαίμι	6,0	13,2	46,5	24560,5	300,8
K37	Ζαίμι	3,9	15,8	49,9	22644,2	416,0
K38	Ζαίμι	3,7	11,6	40,5	22010,8	399,7
K39	Ζαίμι	6,3	18,6	56,3	32460,8	171,2
K40	Ζαίμι	4,3	9,7	48,7	21110,8	260,4
K41	Ζαίμι	5,6	11,1	51,2	20710,8	226,2
K42	Ζαίμι	6,6	13,5	44,7	22260,8	301,3
K43	Καλλιφώνι	4,6	15,3	50,5	22777,5	513,8
K44	Καλλιφώνι	5,9	13,2	44,9	25460,5	231,6
K45	Καλλιφώνι	6,0	16,0	51,4	24260,8	323,1
K46	Καλλιφώνι	5,7	14,8	45,4	23044,2	176,5
K47	Καλλιφώνι	5,9	14,8	39,2	25377,5	184,3
K48	Καλλιφώνι	5,5	13,2	37,8	23072,5	195,3
K49	Καλλιφώνι	4,2	12,8	35,6	22010,8	243,5
K50	Καλλιφώνι	4,8	15,6	45,8	26210,8	358,3
K51	Καλλιφώνι	5,1	14,7	47,8	30677,5	519,7
K52	Καλλιφώνι	5,6	14,5	47,5	29815,4	485,3
K53	Καλλιφώνι	4,1	14,8	45,3	20945,8	320,5
K54	Καλλιφώνι	6,1	15,0	49,3	21018,5	330,4
K55	Καλλιφώνι	4,8	14,8	44,3	25094,2	351,2
K56	Καλλιφώνι	3,8	14,6	44,8	24395,2	385,4
K57	Καλλιφώνι	3,9	14,7	46,8	26394,5	401,8
K58	Καλλιφώνι	5,1	14,4	48,8	24277,5	325,6

ΚΩΔΙΚΟΙ ΔΕΙΓΜΑΤΩ N	ΠΕΡΙΟΧΗ	PH (1:1)	Cu (mg/kg Ξ.Ε).	Zn (mg/kg Ξ.Ε)	Fe (mg/kg Ξ.Ε)	Mn (mg/kg Ξ.Ε)
K59	Καλλιφώνι	4,8	15,1 ,	50,6	26127,5	411,4
K60	Καλλιφώνι	4,9	21,9	60,0	30244,2	573,9
K61	Άμπελος	6,5	14,9	47,6	26660,8	369,1
K62	Άμπελος	7,2	14,0	44,1	26410,8	289,5
K63	Άμπελος	6,8	9,5	32,4	18177,5	152,0
K64	Άμπελος	6,9	8,8	35,3	17927,5	177,0
K65	Άμπελος	7,1	11,1	44,9	28975,6	347,0
K66	Άμπελος	5,6	12,2	47,2	23527,5	174,5
K67	Άμπελος	7,3	12,2	48,4	21427,5	358,1
K68	Άμπελος	6,3	23,9	52,2	20887,5	498,7
K69	Άμπελος	7,0	8,8	45,8	21546,5	279,3
K70	Άμπελος	7,1	10,7	45,3	21527,5	279,3
K71	Άμπελος	4,7	10,3	44,3	16877,5	298,1
K72	Άμπελος	6,5	14,4	38,6	22860,8	299,5
K73	Άμπελος	6,1	16,5	43,8	26575,5	371,5
K74	Άμπελος	7,0	18,3	48,8	28725,3	785,6
K75	Άμπελος	6,7	28,6	66,6	21615,5	982,6
K76	Άμπελος	7,1	13,5	44,5	21044,5	623,3
K77	Άμπελος	6,9	11,6	41,0	21610,8	352,4
K78	Άμπελος	6,3	10,6	39,2	19244,5	532,6
K79	Άμπελος	7,0	10,0	39,3	18244,2	198,3
K80	Άμπελος	7,1	24,6	55,3	26710,8	478,3
K81	Άμπελος	7,5	11,5	37,0	28745,5	216,0
K82	Άμπελος	6,0	19,0	41,9	26527,8	356,4
K83	Άμπελος	7,3	18,3	41,2	24788,5	298,2

ΚΩΔΙΚΟΙ ΔΕΙΓΜΑΤΩ N	ΠΕΡΙΟΧΗ	PH (1:1)	Cu (mg/kg Ξ.Ε).	Zn (mg/kg Ξ.Ε)	Fe (mg/kg Ξ.Ε)	Mn (mg/kg Ξ.Ε)
K84	Άμπελος	7,5	17,0	55,7	28527,5	503,1
K85	Άμπελος	6,7	14,1	44,5	19027,5	290,8
K86	Άμπελος	6,8	11,1	46,6	24610,5	398,6
K87	Δασοχώρι	7,2	10,9	45,5	19527,5	421,8
K88	Δασοχώρι	6,7	25,0	61,7	31210,8	644,7
K89	Δασοχώρι	7,0	17,1	53,4	26710,8	456,4
«90	Δασοχώρι	7,4	13,1	42,3	21927,5	237,9
K91	Μητρόπολη	4,6	21,9	59,8	24694,2	464,6
K92	Μητρόπολη	6,9	21,4	36,8	30494,2	669,3
K93	Μητρόπολη	6,5	29,2	54,3	32527,5	515,2
K94	Μητρόπολη	6,3	23,9	48,5	26044,2	542,3
K95	Μητρόπολη	5,1	26,5	62,2	35977,5	1009,3
K96	Μητρόπολη	5,7	21,6	51,1	28144,5	420,3
K97	Μητρόπολη	4,9	20,3	52,5	32487,5	496,2
K98	Μητρόπολη	4,9	20,9	55,4	24516,5	615,3
K99	Μητρόπολη	5,9	20,5	53,4	26122,2	453,6
K100	Μητρόπολη	4,9	20,2	48,9	24316,2	615,2

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6. Οι ποσότητες των διαθέσιμων βαρέων μετάλλων ( μέθοδος ΔΤΡΑ) για τα εδάφη του Ν. Καρδίτσας.**

ΚΩΔΙΚΟΙ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΡΗ (1:1)	Cu (mg/kg Ξ.Ε).	Zn (mg/kg Ξ.Ε)	Fe (mg/kg Ξ.Ε)	Mn (mg/kg Ξ.Ε)
K1	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	6,6	0,83	1,02	16,84	15,4
K2	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	6,3	0,63	0,64	15,74	14,4
K3	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	7,1	0,75	0,63	12,94	12,1
K4	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	7,3	0,88	0,44	13,03	14,4
K5	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	6,5	0,67	0,39	9,42	16,4
K6	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	5,1	1,31	0,94	15,12	15,5
K7	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	6,5	0,77	0,78	23,15	16,5
K8	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	6,8	1,15	" 0,42	18,54	20,6
K9	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	6,7	0,83	0,44	13,09	17,6
K10	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	7,2	0,89	0,25	9,32	13,1
K11	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	6,2	1,57	0,68	10,05	20,9
K12	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	7,1	0,43	0,39	9,08	7
K13	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	7,4	2,86	0,61	31,17	10,9
K14	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	6,6	0,49	0,7	15,69	12,5
K15	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	5,8	0,75	0,65	36,67	9,7
K16	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	4,9	0,79	0,8	37,44	12,1
K17	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	6,6	0,8	0,8	28,66	18,3
K18	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	5,6	0,85	0,55	37,71	16,7
K19	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	6,5	0,74	0,63	22,91	14,8
K20	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	6,3	0,58	0,46	18,64	8,2
K21	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	7,0	0,7	0,54	20,66	8,6
K22	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	6,2	0,79	1,25	24,93	18,1
K23	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	4,8	1,09	0,51	34,94	29,9
K24	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	5,1	1,79	1,01	44,03	20,8
K25	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	7,0	0,55	0,5	13,63	13,2
K26	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	7,3	1,16	1,09	34,19	44,6
K27	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	6,0	0,74	0,33	20,31	10,8

ΚΩΔΙΚΟΙ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	ΠΕΡΙΟΧΗ	PH (1:1)	Cu (mg/kg Ξ.Ε)	Zn (mg/kg Ξ.Ε)	Fe (mg/kg Ξ.Ε)	Mn (mg/kg Ξ.Ε)
K28	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	6,2	0,68	1,01	17,85	14,6
K29	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	5,0	0,97	0,59	33,23	15,2
K30	ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ	5,9	1,05	0,67	27,74	18,3
K31	ΖΑΙΜΙ	4,1	0,93	0,69	40,63	18,7
K32	ΖΑΙΜΙ	6,1	0,74	0,52	21,85	19,1
K33	ΖΑΙΜΙ	4,8	1,05	1,17	26,12	92,6
K34	ΖΑΙΜΙ	5,0	1,29	1,3	45,15	42
K35	ΖΑΙΜΙ	5,4	1,08	0,9	29,24	21,5
K36	ΖΑΙΜΙ	6,0	0,62	0,56	17,81	9,4
K37	ΖΑΙΜΙ	3,9	1,58	1,62	42,51	46,7
K38	ΖΑΙΜΙ	3,7	1,05	1,02	20,14	4,7
K39	ΖΑΙΜΙ	6,3	0,81	0,47	20,37	18,1
K40	ΖΑΙΜΙ	4,3	0,59	0,65	34,65	14
K41	ΖΑΙΜΙ	5,6	1,4	1,17	15,95	63
K42	ΖΑΙΜΙ	6,6	0,51	0,27	17,17	6,8
K43	ΚΑΛΛΙΦΩΝΙ	4,6	2,13	1,38	20,56	76,4
K44	ΚΑΛΛΙΦΩΝΙ	5,9	1,31	0,53	22,07	12,8
K45	ΚΑΛΛΙΦΩΝΙ	6,0	0,73	0,36	13,55	10,3
K46	ΚΑΛΛΙΦΩΝΙ	5,7	1,37	0,67	31,5	15,8
K47	ΚΑΛΛΙΦΩΝΙ	5,9	1,6	0,22	33,95	14,8
K48	ΚΑΛΛΙΦΩΝΙ	5,5	1,7	0,44	34,12	15,7
K49	ΚΑΛΛΙΦΩΝΙ	4,2	0,61	0,66	12,18	9,5
K50	ΚΑΛΛΙΦΩΝΙ	4,8	1,49	1,2	35,65	52,9
K51	ΚΑΛΛΙΦΩΝΙ	5,1	1,17	0,8	37,89	21,7
K52	ΚΑΛΛΙΦΩΝΙ	5,6	1,25	0,7	36,59	20,9
K53	ΚΑΛΛΙΦΩΝΙ	4,1	1,10	0,56	40,22	10,9
K54	ΚΑΛΛΙΦΩΝΙ	6,1	0,4	0,23	13,54	8
K55	ΚΑΛΛΙΦΩΝΙ	4,8	1,12	0,75	43,66	11,2
K56	ΚΑΛΛΙΦΩΝΙ	3,8	0,93	1,18	45,06	21,6
K57	ΚΑΛΛΙΦΩΝΙ	3,9	1,79	1,47	40,22	85



ΚΩΔΙΚΟΙ ΔΕΙΓΜΑΤΩ N	ΠΕΡΙΟΧΗ	PH (1:1)	Cu (mg/kg Ξ.Ε.)	Zn (mg/kg Ξ.Ε.)	Fe (mg/kg Ξ.Ε.)	Mn (mg/kg Ξ.Ε.)
K57	ΚΑΛΛΙΦΩΝΙ	3,9	1,79	1,47	40,22	85
K58	ΚΑΛΛΙΦΩΝΙ	5,1	0,69	0,5	40,88	16
K59	ΚΑΛΛΙΦΩΝΙ	4,8	0,89	0,7	41,5	17,5
K60	ΚΑΛΛΙΦΩΝΙ	4,9	1,52	1,16	17,7	22,1
K61	ΑΜΠΕΛΟΣ	6,5	0,78	1,13	12,85	56,5
K62	ΑΜΠΕΛΟΣ	7,2	1,08	0,57	14,75	44,7
K63	ΑΜΠΕΛΟΣ	6,8	0,68	0,69	35,64	1,9
K64	ΑΜΠΕΛΟΣ	6,9	0,42	0,44	10	10,1
K65	ΑΜΠΕΛΟΣ	7,1	0,27	0,36	8,86	6,7
K66	ΑΜΠΕΛΟΣ	5,6	1,05	0,75	10,75	63,1
K67	ΑΜΠΕΛΟΣ	7,3	0,47	0,81	14,25	9,7
K68	ΑΜΠΕΛΟΣ	6,3	0,67	0,93	26,06	16
K69	ΑΜΠΕΛΟΣ	7	0,69	0,84	20,72	16,1
K70	ΑΜΠΕΛΟΣ	7,1	0,57	0,74	20,87	66,5
K71	ΑΜΠΕΛΟΣ	4,7	1,35	0,55	20,65	18,6
K72	ΑΜΠΕΛΟΣ	6,5	1,5	0,65	40,44	5,6
K73	ΑΜΠΕΛΟΣ	6,1	1,76	1,69	38,15	3,3
K74	ΑΜΠΕΛΟΣ	7	1,6	1,18	20,74	97,7
K75	ΑΜΠΕΛΟΣ	6,7	1,37	0,33	18,28	14,7
K76	ΑΜΠΕΛΟΣ	7,1	1,27	1,1	40,96	87,2
K77	ΑΜΠΕΛΟΣ	6,9	0,79	0,66	35,64	14,7
K78	ΑΜΠΕΛΟΣ	6,3	1,12	1,27	43,84	71,2
K79	ΑΜΠΕΛΟΣ	7	0,83	1,23	33,98	26,5
K80	ΑΜΠΕΛΟΣ	7,1	1,15	0,76	13,83	12,2
K81	ΑΜΠΕΛΟΣ	7,5	1,37	1,16	29,36	62,6
K82	ΑΜΠΕΛΟΣ	6	1,82	0,85	38,16	79,8
K88	ΔΑΣΟΧΩΡΙ	6,7	2,45	0,58	20,58	22,6
K89	ΔΑΣΟΧΩΡΙ	7,0	1,16	0,97	22,54	114,3
K90	ΔΑΣΟΧΩΡΙ	7,4	1,13	0,69	27,89	10,8
K91	ΜΗΤΡΟΠΟΛΗ	4,6	1,12	0,41	25,16	13,9
K92	ΜΗΤΡΟΠΟΛΗ	6,9	1,16	0,32	23	20,4
K93	ΜΗΤΡΟΠΟΛΗ	6,5	1,26	0,54	32,65	21,6
K94	ΜΗΤΡΟΠΟΛΗ	6,3	2,99	0,57	36,57	55,6
K95	ΜΗΤΡΟΠΟΛΗ	5,1	2,86	0,58	33,69	58,4
K96	ΜΗΤΡΟΠΟΛΗ	5,7	1,44	0,45	26,57	55,4
K97	ΜΗΤΡΟΠΟΛΗ	4,9	1,89	0,3	30,56	62,9
K98	ΜΗΤΡΟΠΟΛΗ	4,9	1,68	0,29	30,25	60,1
K99	ΜΗΤΡΟΠΟΛΗ	5,9	1,53	0,33	32,35	45,8
K100	ΜΗΤΡΟΠΟΛΗ	4,9	1,64	0,29	30,54	59,6

Με βάση τους παραπάνω πίνακες παρουσιάζονται στη συνέχεια οι μέγιστες, οι ελάχιστες και οι μέσες τιμές των ολικών και διαθέσιμων βαρέων μετάλλων σε εδάφη του Ν. Καρδίτσας.

**Πίνακας 7.Μέγιστες, ελάχιστες και μέσες τιμές των ολικών βαρέων μετάλλων σε εδάφη του Ν. Καρδίτσας.**

	<b>Cu</b> <b>(mg/kg Ξ.Ε).</b>	<b>Zn</b> <b>(mg/kg Ξ.Ε)</b>	<b>Fe</b> <b>(mg/kg Ξ.Ε)</b>	<b>Mn</b> <b>(mg/kg Ξ.Ε)</b>
Μέγιστη τιμή	29.2	66.6	35977.5	1009.3
Ελάχιστη τιμή	8.8	32.4	16110.8	72.8
Μέση τιμή	15.2	47.2	24585.6	376.7

**Πίνακας 8. Μέγιστες, ελάχιστες και μέσες τιμές των διαθέσιμων βαρέων μετάλλων σε εδάφη του Ν. Καρδίτσας.**

	<b>Cu</b> <b>(mg/kg Ξ.Ε).</b>	<b>Zn</b> <b>(mg/kg Ξ.Ε)</b>	<b>Fe</b> <b>(mg/kg Ξ.Ε)</b>	<b>Mn</b> <b>(mg/kg Ξ.Ε)</b>
Μέγιστη τιμή	3.46	1.69	45.15	114.3
Ελάχιστη τιμή	0.27	0.22	8.86	1.9
Μέση τιμή	1.1347	0.7231	25.9269	27.651

#### **Cu , Zn (Aqua Regia)**

Όσον αφορά στην Καρδίτσα, η μέγιστη συγκέντρωση ολικού Cu παρατηρήθηκε στην Μητρόπολη (29.2 mg/kg ξηρού εδάφους) ενώ η ελάχιστη στην Άμπελο (8.8 mg/kg ξηρού εδάφους). Η μέγιστη ολική συγκέντρωση Zn παρατηρήθηκε στην Άμπελο (66.6 mg/kg ξηρού εδάφους) όπως και η μικρότερη (32.4 mg/kg ξηρού εδάφους).

#### **Fe , Mn (Aqua Regia)**

Η μέγιστη συγκέντρωση του ολικού Fe παρατηρήθηκε στην Μητρόπολη (35977.5 mg/kg ξηρού εδάφους) και η ελάχιστη στο Καρποχώρι (16110.8 mg/kg ξηρού εδάφους). Όσον αφορά στη συγκέντρωση του ολικού Mn η μεγαλύτερη τιμή εμφανίστηκε στην περιοχή Μητρόπολη (1009.3 mg/kg ξηρού εδάφους) και η μικρότερη στο Καρποχώρι (72.8 mg/kg ξηρού εδάφους).

### **Cu , Zn (DTPA)**

Στην Καρδίτσα, η μέγιστη διαθέσιμη συγκέντρωση Cu παρατηρήθηκε στο Δασοχώρι (3.46 mg/kg ξηρού εδάφους) και η ελάχιστη στην Άμπελο (0.27 mg/kg ξηρού εδάφους). Η μέγιστη διαθέσιμη συγκέντρωση Zn παρατηρήθηκε στην Άμπελο (1.69 mg/kg ξηρού εδάφους) και η μικρότερη στο Καρποχώρι (0.22 mg/kg ξηρού εδάφους).

### **Fe , Mn (DTPA)**

Η μέγιστη διαθέσιμη συγκέντρωση Fe παρατηρήθηκε στο Ζαίμι (45.15 mg/kg ξηρού εδάφους) και η ελάχιστη στην Άμπελο (8.86 mg/kg ξηρού εδάφους). Όσον αφορά στη συγκέντρωση του διαθεσίμου Mn η μεγαλύτερη τιμή παρατηρήθηκε στην περιοχή Δασοχώρι (114.3 mg/kg ξηρού εδάφους) και η μικρότερη στην Άμπελο (1.9 mg/kg ξηρού εδάφους).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι ολικές συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων (μέθοδος Aqua Regia), Cu, Zn, Mn και Fe, σε εδάφη του Νομού Καρδίτσας κυμάνθηκαν ως εξής:

### Fe

ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ 35997.5 mg/kg ξηρού εδάφους

ΕΛΑΧΙΣΤΗ 16110.8 mg/kg ξηρού εδάφους

### Cu

ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ 29.2 mg/kg ξηρού εδάφους

ΕΛΑΧΙΣΤΗ 3.46 mg/kg ξηρού εδάφους

### Zn

ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ 66.6 mg/kg ξηρού εδάφους

ΕΛΑΧΙΣΤΗ 0.22 mg/kg ξηρού εδάφους

### Mn

ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ 1009.3 mg/kg ξηρού εδάφους

ΕΛΑΧΙΣΤΗ 114.3 mg/kg ξηρού εδάφους

Οι διαθέσιμες συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων (μέθοδος DTPA), Cu, Zn, Mn και Fe, σε εδάφη του Νομού Καρδίτσας κυμάνθηκαν ως εξής:

### Fe

ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ 45.15 mg/kg ξηρού εδάφους

ΕΛΑΧΙΣΤΗ 8.86 mg/kg ξηρού εδάφους

### Cu

ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ 3.46 mg/kg ξηρού εδάφους

ΕΛΑΧΙΣΤΗ 0.27 mg/kg ξηρού εδάφους

### Zn

ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ 1.69 mg/kg ξηρού εδάφους

ΕΛΑΧΙΣΤΗ 0.22 mg/kg ξηρού εδάφους

### Mn

ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ 114.3 mg/kg ξηρού εδάφους

ΕΛΑΧΙΣΤΗ 1.9 mg/kg ξηρού εδάφους

Οι διαθέσιμες συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων (μέθοδος DTPA) κυμάνθηκαν σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα στο Νομό Καρδίτσας με εξαίρεση τη συγκέντρωση του διαθέσιμου Fe που κυμάνθηκε σε κανονικά επίπεδα.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Abd-Elfattah, A. and Wada, K.I 1981. Adsorption of Lead, Copper, Zinc, Cobalt and Cadmium by Soils That Differ in Cation-Exchange Materials. *Journal of Soil Science*. 32. 271-283.
- Adams, F., 1965. Manganese., in Black et al eds. *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Agronomy 9: pp 1011-1018. Am. Soc. of Agron. Inc. Madison. Wis.
2. Adriano, D. C., 1986. *Trace Elements in the Terrestrial Environment*. Springer- Verlag. New York.
3. Ainsworth, C. C., Pilon, J. L., Gassman, P. L. and Van Der Sluys W. G. 1994. Co, Cd and Pb Sorption to Hydrous Iron Oxide: Residence Time Effect. *Soil Sci.Soc. Am. J.* 58: 1615-1623.
- Akatsuka, K. and Atsuka, I. 1987. Direct Analysis of Solid Samples by AAS, following Preconcentration of Trace Elements from Seawater with 8-Hydroxyquinoline. *Fresenius J. Anal. Chem.* 329: 453-456
4. Alloway, W.E. 1968. *Agronomic Controls Over the Environment Cycling of Trace '*
5. Alloway, B.J. 1995. SEI & HN, UK.
6. Alloway, B. J., Thornton, L, Smart, G. A., Sherlock, J. and Quinn, M. J. 1988. *Sci. Total Environ.* 75. pp 41-69.
7. Anderson, M.S., H.W. Lakin, K.C Beeson, F.F Smith, and E. Thacker. 1961. *Selenium in agriculture.USD A Handdk.* 200.
8. Andersson, A., 1977. Determination of Zn in Superphosphates. *Swed. J. Agric. Res.* 7.pp 1.
9. Apte, S.C. and Gunn, A.M. 1987. Rapid Determination of Cu, Ni, Pb and Cd, in Small Samples of Estuarine and Coastal Waters by Liquid/Liquid Extraction and
10. AAS. *Analytica Chimica Acta.* 193: 147-156.
11. Archer, F.C. and Hodgson, I.H., 1987. *Soil Sci.* 38: 421
12. Archer, G., 1988. *Crop nutrition and Fertilizer Use*. Farming Press, Ipswich.
13. Aristovskaya, T. V., and Zykina, L.V., 1979. Microorganisms as Indicators of Manganese accumulation processes in Soils. *Pochvovedenie.* 1. pp. 88.
14. Armor, D. I. and Stout, P. R.1939. The Essentiality of Certain Elements in Minute Quantity for Plants, with Special Reference to Copper. *Plant Physiol.* 14: 371-375.
15. Aubert, H. and Pinta, M.1977. *Trace Elements in Soils*. Elsevier. Amsterdam. pp.395
16. Bache, B.W. *The Encyclopaedia of Soil Science*. Eds. Fairbridge, R.W. and Finkl, C.W. Dowden, Hutchinson & Ross, Stoudsburg, Pa (1979),487-492.
17. Backes, C. A., McLaren, R. G., Rate, A. W. and R. S Swift,. 1995. Kinetics of Cd and Co desorption from iron and manganese oxides. *Soil Sci.Soc. Am. J.*, 59, 778-785.
18. Baker, D.E., 1977. in *Soil Testing: Correlating and Interpreting the Analytical Results*. Am. Soc. Agron. Madison. WI. 55-74.
19. Barnette, R. M. and Warner, J. D. 1935. A Response of Chlorotic Corn Plants to the Application of Zinc Sulfate to the Soil. *Soil Sci.* 39: 145-159.
20. Barnette, R. M., Camp, J. P. Warner, J. D. and O. E. Call., 1936. *The Use of Zinc Sulfate*

- under Corn and other Field Crops. Florida Univ. Agr. Expt. Sta. Bull. 292.
21. Barrow, N. J. and Whelan, B. R. 1998. Comparing the Effects of pH on the Sorption of metals by Soil and by goethite and on uptake by Plants. *European Journal of Soil Science*.49.683-692.
  22. Barrow, N. J., Gerth, J. and Brummer, G.W., 1989. Reaction Kinetics of the adsorption and desorption of Ni, Zn and Cd by Geotite. *Journal of Soil Science*, 40, 417-451.
  23. Bartlett,R.J. 1986. Soil Redox Behavior, in *Soil Physical Chemistry*. Sparks, D. J. Ad. CRC Press, Boca Raton. Fl. pp 179.
  24. Berggren, D. 1989. Speciation of Aluminium, Cadmium. Copper and Lead in Humic Soil Solutions- A Comparison of the Ion Exchange Column Procedure and Equilibrium Dialysis. *Inter. J. Environ. Anal .Chem.* 35: 1-15.
  25. Black, C. A., D.D. Evans, J.L. White, L.E Ensminger, and F.E Clark.(ed). 1965. *Methods of soil analysis, Part 2.Agronomy 9*. P 1122.
  26. Blevins, R. L. and Massey, H. F. 1959. Evaluation of two Methods of Measuring Available Soil Copper and the Effects of Soil pH and Extractable Aluminum on Copper Uptake by Plants. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 23: 296-298.
  27. Bloom, P. R and McBride, M. B.1979. Metal Ion Binding and Exchange with Hydrogen Ions in Acid-Washed Peat. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43. 687.
  28. Bloomfield, C. 1981. The Translocation of Metals in Soils, in *The Chemistry of Soil*
  29. Bollard, E. C. 1953. Manganese Deficiency of Apricot. *New Zealand. Jour. Sci. Tech.* 34 A: 471-472.
  30. Boyton, D., Krochmal, A. and Konecny, J. 1951. Leaf and Soil Analyses for Manganese in Relation to Interveinal Leaf Chlorosis in Some Sour Cherry, Peach and Apple Trees of New York. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 57: 1-8.
  31. Bradfield, R., Batjer, L. P. and Oskamp, J. 1934. Soils in Relation to Fruit- Growing in New York. Part IV. The Significance of the Oxidation- Reduction Potential in Evaluating Soils for Orchard Purposes. *New York (Cornell) Agr. Expt. Sta. Bull.* 592.
  32. Bradford, G. R., Page, A. L., Lund. L J. and Olmstead, W J.1975. Determination of Zn and Pb in Soils and Sediments. *J. Environ. Qual* 4. pp 123-127.
  33. Cannon, H. L. and Bowels, J. M.1962. Accumulation of Heavy Metals in Soils and Plants. *Science.* 137. pp 765-766.
  34. Chapman, H. G., Liebic, G. F. and Parker, E. R. 1939. Manganese Studies on California Soils and Citrus Leaf Symptoms of Deficiency. *Calif. Citograph* 24 (12): 427, 454; 25 (1): 11-15.
  - Chow, T. J. 1969. Accumulation of Heavy Metals in plants. *Nature. (London).* 225. pp 295 296.
  35. Christensen, T. H. 1984. Determination of low concentrations of Zn, Cu and Cd. *Water, Air and Soil Pollution.* 21. pp 105-114.
  36. Curie-Sklodowolski, R. and Mierzwa, J. 1993.'Determination of Trace Elements in Plant Materials by Slurry Sampling GF-AAS. *Some Analytical Problems.* Fresenius J. Anal

Chem.346: 1058-1061.

37. Davidson, D.A., Theochropoulos, S.P., Bloksma, R.J., 1992. A land evaluation project in Greece using GIS and based on Boolean and fuzzy set methodologies. *Int. J. Geographical Information Systems*. Vol. 8, no 4, pp 369-384.
38. Davis, B. E., Beckett, P. H. T. and Wollan, E. 1978. Critical Levels of Twenty Potentially Toxic Elements in Young Spring Barley. *Plant Soil*. 49. pp 395.
39. Davis, R. D. 1983., in *Heavy Metals in the Environment*. CEP Consultants. Edinburgh, pp 330-337.
40. Epstein, S. 1974. Heavy metals in soils. *Environ. Health Perspect.* 1. pp 253-323.
41. Evans, L. J., Lunsdon, D. G. and Bolton, K. A. 1991. The Influence of pH and Chlorine on the Reaction of Zinc, Lead, Cadmium and Mercury by Soil., in *Proc. Technology Transfer Conf. The Multimedia Approach: Intergrated Environmental Protection*. Vol.1. Environment. Canada. Toronto, pp 123-130.
42. Farrah, H. and Pickering, W. F. 1977. Determination of Zn in Soils and Sediments. *Water, Air and Soil Pollution*. 8. pp 189-197.
43. Frank, R., Ishida, K. and Suda, P. 1976. Determination of heavy metals in Soils. *Can. J. Soil Sci.* 56. pp 181-196.
44. Geering, H. R., Hodgson, J. F. and Sdano, C. 1969. Micronutrient Cation Complexes in Soil Solution: IV. The Chemical State of Manganese in Soil Solution. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 33. 81-5.
45. Gilkes, R. J. and McKenzie, R. M. 1988., in *Manganese in Soils and Plants*, eds. Graham, R. D., Hannam, R. J. and Uren, N. C. Kluwer. Dordrecht. Chap.2.
46. Graham, E. R. 1953. Determination of low concentrations of heavy metals in soil and plants. *SoilSci.* 75. 333.
47. Harmesen, K. 1977. Behavior of Heavy Metals in Soils. Doctoral Thesis. Centre for Agric. Publications and Documents. Wageningen. pp 170.
48. Hem, J. D. 1978. Redox Processes at Surface of Manganese Oxide and their Effects on Aqueous Metal Ions. *Chem. Geol.* 21Tpp 199.
49. Hodgson, J. F. 1963. Chemistry of Micronutrients in Soils. *Adv. Agron.*, 15. 119-59.
50. Hodgson, J. F., Geering, H. R. and Norvell, W. A. 1965. Micronutrient Cation Complexes in
50. Jenkins, D.W. 1980. Biological monitoring of toxic trace metals Vol,2. Toxic trace metals in plants and animals of the world Part,III. Usepa. Rep 60013-80-0921. U.S. Gov. Print. Office. Washington, DC.
51. Kabata-Pendias, A., and H. Pendias. 1984 *Trace elements in soils and plants*. CRC. Press. Boca Raton, FL.
52. Kloke, A., Sauerbeck, D. R. and Vetter, H. 1984. The Contamination of Plants and Soils with Heavy Metals and the Transport of Metals in Terrestrial Food Chains, in *Changing Metal Cycles and Human Health*. Niagu, J. O. Eds. Dahlem. Konferenzen. Springer-Verlag. Berlin. pp115.

53. Leeper, G. W. 1970. Six Trace Elements in Soils. Melbourne University Press. Victoria. Australia.
54. Leeper, G. W. 1978. Managing the Heavy Metals on the Land. Marcel Dekker. New York. USA.
55. Lindsay, W.L., and W.A. Norvell. 1978. Development of a DTP A soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Sci.Soc. Am. 1.42:421-428.
56. Lindsay, W. L. and W. A. Norvell. 1978. Development of a DTPA test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 421-428.
57. Loneragan, J. F. 1981. Distribution and Movement of Copper in Plants, in eds. Loneragan. J. F., Robson, A.D. and Graham, R. D. in Copper in Soils and Plants. Academic Press. New York.pp: 109.
58. Loneragan, J.F. 1975. The availability and Absorption of Trace Elements in Soil-plant Systems and Their Relation to Movement and Concentration of Trace Elements in Plants. Trace Elements in Soil-Plant-Animal Systems. Academic Press. New York, pp 109.
59. MAFF, 1988. Fertilizer Recommendations. Reference Book 209. HMSO, London.
60. Me Bride, 1997. Solubility control of Cd, Zn and Cu in contaminated soils. European Journal of Soil Science, 48, 337-346.
61. McKenzie, R. M. 1977.Manganese Oxides and Hydroxides, in Minerals in Soil Environment. Dixon, J. B. and Weed, S. B., eds. Soil Science Society of America. Madison. Wis. pp 181.
62. Μήτσιος, Ι. Κ., 1994. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση λιπασμάτων στις καλλιέργειες. Πανεπιστημιακές εκδόσεις . Βόλος
63. Μήτσιος, Ι. Κ., 1999. Εδαφολογία. Εκδόσεις Zymel.
64. Μήτσιος, Ι. Κ., 2000. Γονιμότητα - Θρέψη φυτών. Πανεπιστημιακές εκδόσεις . Βόλος
65. Μήτσιος, Ι. Κ., Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός χάρτης του αγροκτήματος του πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή Βελεστίνου, Αθηνά2000.Εκδόσεις Zymel
66. Μήτσιος, Ι. Κ., Γκόλια Ε. Ε., και Χριστοδούλου Ε. Σ., 2000.Προσδιορισμος της συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων σε εδάφη και νερά άρδευσης της περιοχής Θεσσαλίας. Πρακτικά 2<sup>ο</sup> Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής . Σελ 271-296
67. McKenzie, R. M. 1980a. The manganese Oxides in Soils, in Geology and Geochemistry of Manganese. Varestov, I. M. and Grassely\* G. eds. Akademiai Kiado. Budapest, pp 259.
68. McKenzie, R. M. 1978. The Effect of Two Manganese Dioxides on the Uptake of Lead,
69. Mitchell, R. L. 1964. Trace Elements in Soils, in F.E. Bear (ed), Chemistry of the Soil, pp 320-368. Reinhold. New York. USA.
70. Moore, D. P.1972.Mechanisms of Micronutrient Uptake by Plants in J. J. Mortvent, P. M. Giordano and W. L. Lindsay (eds.). Micronutrients in Agriculture, pp 17. Soil Science Society of America Inc. Madison. Wisconsin. USA.
71. O' Riordan, E. G. 1986. Determination of Zn and Cu in Soils and Sediments. Ir. J. Agric. Res. 25. pp 239.
72. Papadopoulos,P. and Rowell,D.L.,1988. The Reactions of Copper and Zink with Calcium Carbonate Surfaces. Journal of Soil Science. 39. 39-48.



73. Piper, C. S. 1940. The Symptoms and Diagnosis of Minor- Element Deficiencies in Agricultural and Horticultural Crops. II. Copper, Zinc, Molybdenum. *Emp. Jour. Expt.* 8: 199-206.
74. 8: 199-206.
75. Rowell, D.L., 1995. *Soil Science, Methods and Applications*. Longman Group UK Limite
76. Semu, E. and Singh, B. R. 1996. Accumulation of Heavy Metals in Soils and Plants long-term use of Fertilizers and Fungicides in Tanzania. *Fertilizer Research* (44), 241-248.
77. Slavek, J. and Pickering, W.F. 1987. Selective Extraction of Trace Metals Associated with Hydrus Aluminum Oxides. *Can. J. Chem.* 65: 984-989.
78. Snaider, H. J. 1943. Manganese in some Illinois Soils and Crops. *SoilSci.* 56: 187-195.
79. Spark, K. M., Johnson, B. B. and Wells, J. D. 1995. Characterizing heavy-metal adsorption on oxides and oxyhydroxides. *European Journal of Soil Science*, 46, 621-631.
80. Stewart, J. A. and Berger, K. C. 1959. Determination of low concentrations of Zn and Cu. *Soil Sci.* 100. pp 244.
81. Tinker, P.B. 1986. Trace Elements in Arable Agriculture. *Journal of Soil Science*. 37. 587-601.
- Trealease, S.F. and O.A. Beath, 1949. *Selenium*, Published by the authors, New York, 1949. Champlain Printers, Burlington, Vermont.
82. Wallace, T. 1952. *The Diagnosis of Mineral Deficiencies in Plants by Visual Symptoms. A color Atlas and Guide*. (American edition). Chemical Publishing Co., Inc.,

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ

Κωδικοί Δειγμάτων	Περιοχή Δειγματοληψίας	PH (1:1)	Ηλ. Αγωγιμότητα ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Οργανική Ουσία %	Μηχανική Σύσταση
K1	Καρποχώρι	6,6	635	1,4	CL
K2	Καρποχώρι	6,3	267	1,4	CL
K3	Καρποχώρι	7,1	448	1,4	CL
K4	Καρποχώρι	7,3	282	1,4	CL
K5	Καρποχώρι	6,5	416	1,4	CL
K6	Καρποχώρι	5,1	337	1,4	CL
K7	Καρποχώρι	6,5	337	1,4	CL
K8	Καρποχώρι	6,8	297	1,4	CL
K9	Καρποχώρι	6,7	258	1,4	CL
K10	Καρποχώρι	7,2	456	1,4	L
K11	Καρποχώρι	6,2	188	1,4	L
K12	Καρποχώρι	7,1	462	1,4	L
K13	Καρποχώρι	7,4	177	1,4	L
K14	Καρποχώρι	6,6	447	1,4	L
K15	Καρποχώρι	5,8	402	1,4	L
K16	Καρποχώρι	4,9	892	1,4	L
K17	Καρποχώρι	6,6	445	1,4	L
K18	Καρποχώρι	5,6	394	1,4	L
K19	Καρποχώρι	6,5	378	1,4	L
K20	Καρποχώρι	6,3	454	1,8	L
K21	Καρποχώρι	7,0	328	1,8	L
K22	Καρποχώρι	6,2	518	1,8	L
K23	Καρποχώρι	4,8	930	1,8	L
K24	Καρποχώρι	5,1	522	1,8	L
K25	Καρποχώρι	7,0	466	1,3	L
K26	Καρποχώρι	7,3	331	1,3	L
K27	Καρποχώρι	6,0	400	1,3	L
K28	Καρποχώρι	6,2	420	1,8	L
K29	Καρποχώρι	5,0	679	1,8	L
K30	Καρποχώρι	5,9	283	1,8	L
K31	Ζαίμι	4,1	485	1,3	CL
K32	Ζαίμι	6,1	552	1,3	CL
K33	Ζαίμι	4,8	565	1,3	CL
K34	Ζαίμι	5,0	200	1,3	CL
K35	Ζαίμι	5,4	578	1,3	CL
K36	Ζαίμι	6,0	409	1,3	CL
K37	Ζαίμι	3,9	631	1,3	CL
K38	Ζαίμι	3,7	669	1,3	CL
K39	Ζαίμι	6,3	320	1,3	CL
K40	Ζαίμι	4,3	893	1,3	CL
K41	Ζαίμι	5,6	480	1,3	CL
K42	Ζαίμι	6,6	207	1,3	CL
K43	Καλλιφώνι	4,6	542	1,4	L
K44	Καλλιφώνι	5,9	245	1,4	L
K45	Καλλιφώνι	6,0	276	1,4	L
K46	Καλλιφώνι	5,7	258	1,4	L
K47	Καλλιφώνι	5,9	282	1,4	L
K48	Καλλιφώνι	5,5	103	1,4	L
K49	Καλλιφώνι	4,2	726	1,4	L
K50	Καλλιφώνι	4,8	517	1,4	L
K51	Καλλιφώνι	5,1	216	1,4	L
K52	Καλλιφώνι	5,6	257	1,4	L

συνέχεια...

Κωδικοί Δειγμάτων	Περιοχή δειγματοληψίας	PH (1:2)	Ηλ. Αγωγιμότητα ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Οργανική Ουσία %	Μηχανική Σύσταση
K53	Καλλιφώνι	4,1	527	1,4	L
K54	Καλλιφώνι	6,1	344	1,4	L
K55	Καλλιφώνι	4,8	440	1,4	L
K56	Καλλιφώνι	3,8	591	1,4	L
K57	Καλλιφώνι	3,9	428	1,4	L
K58	Καλλιφώνι	5,1	804	1,4	L
K59	Καλλιφώνι	4,8	205	1,4	L
K60	Καλλιφώνι	4,9	291	1,4	L
K61	Άμπελος	6,5	220	1,1	L
K62	Άμπελος	7,2	435	1,1	L
K63	Άμπελος	6,8	398	1,1	L
K64	Άμπελος	6,9	457	1,1	L
K65	Άμπελος	7,1	303	1,1	L
K66	Άμπελος	5,6	452	1,1	L
K67	Άμπελος	7,3	262	1,1	L
K68	Άμπελος	6,3	902	1,1	L
K69	Άμπελος	7,0	537	1,1	L
K70	Άμπελος	7,1	536	1,1	L
K71	Άμπελος	4,7	880	1,1	L
K72	Άμπελος	6,5	303	1,1	L
K73	Άμπελος	6,1	543	1,1	L
K74	Άμπελος	7,0	265	1,1	L
K75	Άμπελος	6,7	277	1,1	L
K76	Άμπελος	7,1	263	1,1	L
K77	Άμπελος	6,9	310	1,1	L
K78	Άμπελος	6,3	240	1,1	L
K79	Άμπελος	7,0	323	1,1	L
K80	Άμπελος	7,1	257	1,3	L
K81	Άμπελος	7,5	177	1,1	L
K82	Άμπελος	6,0	681	1,1	L
K83	Άμπελος	7,3	358	1,1	L
K84	Άμπελος	7,5	320	1,9	CL
K85	Άμπελος	6,7	299	1,9	CL
K86	Άμπελος	6,8	351	1,9	CL
K87	Δασσώρι	7,2	452	1,3	CL
K88	Δασσώρι	6,7	498	1,3	CL
K89	Δασσώρι	7,0	245	1,3	CL
K90	Δασσώρι	7,4	342	1,3	CL
K91	Μητρόπολη	4,6	201	1,5	CL
K92	Μητρόπολη	6,9	240	1,5	CL
K93	Μητρόπολη	6,5	458	1,5	CL
K94	Μητρόπολη	6,3	542	1,5	CL
K95	Μητρόπολη	5,1	168	1,5	CL
K96	Μητρόπολη	5,7	198	1,5	CL
K97	Μητρόπολη	4,9	212	1,5	CL
K98	Μητρόπολη	4,9	341	1,5	CL
K99	Μητρόπολη	5,9	168	1,5	CL
K100	Μητρόπολη	4,9	228	1,5	CL

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ

ΤΡΙΚΑΛΩΝ

Κωδικοί Δειγμάτων	Περιοχή δειγματοληψίας	pH (1:1)	Οργανική Ουσία %	Μηχανική Σύσταση
T1/01	Αρδάνι	8.15	1.32	CL
T2/01	Αρδάνι	7.98	1.15	CL
T3/01	Αρδάνι	7.78	1.20	SCL
T4/01	Αρδάνι	8.05	1.30	SCL
T5/01	Αρδάνι	7.96	1.02	L
T6/01	Αρδάνι	7.85	1.10	C
T7/01	Πλάτανος	7.84	1.50	CL
T8/01	Πλάτανος	8.12	1.65	CL
T9/01	Πλάτανος	8.01	0.90	CL
T10/01	Πλάτανος	7.84	1.80	CL
T11/01	Πλάτανος	7.59	1.50	SCL
T12/01	Πλάτανος	7.94	1.70	SCL
T13/01	Πλάτανος	7.86	1.76	CL
T14/01	Πλάτανος	8.04	1.60	L
T15/01	Πλάτανος	8.10	1.80	L
T16/01	Πλάτανος	7.88	1.12	CL
T17/01	Πλάτανος	7.78	1.55	SCL
T18/01	Ρίζωμα	7.86	1.86	SCL
T19/01	Ρίζωμα	7.84	1.80	SCL
T20/01	Ρίζωμα	8.03	1.00	CL
T21/01	Ρίζωμα	7.92	1.02	SCL
T22/01	Ρίζωμα	7.84	1.60	CL
T23/01	Ρίζωμα	8.19	1.60	CL
T24/01	Ρίζωμα	7.82	1.15	CL
T25/01	Ρίζωμα	7.76	1.84	CL
T26/01	Ρίζωμα	7.82	1.12	L
T27/01	Ρίζωμα	7.68	0.95	CL
T28/01	Ρίζωμα	7.79	1.15	CL
T29/01	Ρίζωμα	8.12	1.65	C
T30/01	Ρίζωμα	7.65	1.60	CL
T31/17	Πλάτανος	6.75	1.20	CL
T31/18	Πλάτανος	8.31	1.35	CL
T31/19	Πλάτανος	7.90	1.80	SL
T31/20	Πλάτανος	8.05	1.60	CL
T31/21	Πλάτανος	8.05	1.52	CL
T31/22	Πλάτανος	7.38	1.35	CL
T31/23	Πλάτανος	7.55	0.90	CL
T31/24	Πλάτανος	8.30	1.90	SCL
T31/25	Πλάτανος	8.09	1.32	SCL
T31/26	Πλάτανος	8.02	1.50	CL

συνέχεια...

Κωδικοί Δειγμάτων	Περιοχή δειγματοληψίας	pH (1:1)	Οργανική Ουσία %	Μηχανική Σύσταση
T31/27	Πλάτανος	8.04	1.11	SCL
T31/28	Πλάτανος	8.15	1.65	CL
T31/29	Πλάτανος	7.97	1.90	SCL
T31/30	Πλάτανος	7.15	1.00	CL
T29/1	Ρίζωμα	7.95	1.20	CL
T29/2	Ρίζωμα	8.12	1.65	CL
T29/3	Ρίζωμα	7.84	1.80	CL
T29/4	Ρίζωμα	7.94	1.70	CL
T29/5	Ρίζωμα	7.97	1.90	CL
T29/6	Ρίζωμα	7.99	1.02	CL
T29/7	Ρίζωμα	8.01	0.90	SCL
T29/8	Ρίζωμα	8.09	1.30	CL
T29/9	Ρίζωμα	7.16	0.97	SCL
T29/10	Ρίζωμα	8.02	1.25	CL
T29/11	Ρίζωμα	7.90	1.13	CL
T29/12	Ρίζωμα	7.95	1.50	CL
T29/13	Ρίζωμα	8.01	1.63	CL
T29/14	Ρίζωμα	7.89	1.90	CL
T29/15	Ρίζωμα	7.53	2.13	CL
T29/16	Ρίζωμα	7.77	1.80	SCL
T34/38	Παλαιόπυργος	8.28	1.10	CL
T34/39	Παλαιόπυργος	8.07	1.32	CL
T34/40	Παλαιόπυργος	8.10	1.30	CL
T34/41	Παλαιόπυργος	8.14	1.56	L
T34/42	Παλαιόπυργος	7.71	1.10	CL
T34/43	Παλαιόπυργος	8.09	0.90	L
T34/44	Παλαιόπυργος	8.02	0.98	CL
T34/45	Παλαιόπυργος	8.21	1.51	C
T34/46	Παλαιόπυργος	8.04	1.70	C
T34/47	Παλαιόπυργος	7.86	2.20	CL
05//50	Αρδάνι	7.90	1.70	CL
05//51	Αρδάνι	7.95	1.69	CL
05//53	Αρδάνι	7.97	1.20	CL
05//54	Αρδάνι	8.04	1.89	C
T5/36	Αρδάνι	7.67	1.68	CL
T5/37	Αρδάνι	7.85	1.79	C



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074924

