

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΑΓΡΟΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ**

---

**ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΘΡΕΠΤΙΚΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΜΑΚΡΟ-  
ΜΙΚΡΟΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ  
ΕΔΑΦΩΝ ΝΟΜΟΥ ΑΡΤΑΣ**

---

**ΜΑΝΤΖΟΥΤΣΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ  
ΤΕΧΝ. ΓΕΩΠΟΝΟΣ Φ.Π.**

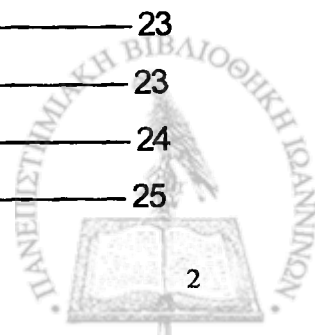
**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2010**

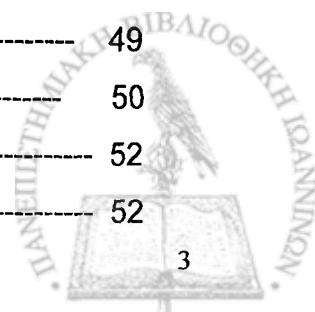


# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

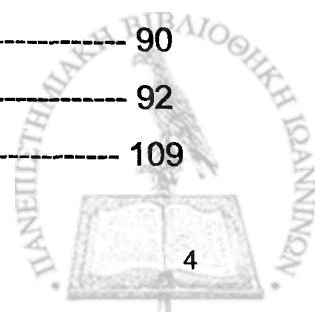
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	Σελ. 5
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b>	5
Εισαγωγή	6
1.1 Γεωγραφικά στοιχεία του νομού Άρτας	6
1.2 Κλιματικοί παράγοντες που επικρατούν στην Άρτα	7
1.2.1 Θερμοκρασία	7
1.2.2 Βροχόπτωση	8
1.2.3 Ηλιοφάνεια	8
1.3 Εδαφολογικές συνθήκες του νομού Άρτας	9
1.3.1 Μηχανική σύσταση	9
1.3.2 pH – Ηλεκτρική αγωγιμότητα	10
1.3.3 Ανθρακικό ασβέστιο	10
1.3.4 Οργανική ουσία	11
1.4 Διηθητικότητα-Υδατοπερατότητα	11
1.4.1 Διαθέσιμο νερό	12
1.4.2 Στράγγιση	12
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b>	13
2.1 Η σημασία της εδαφολογικής ανάλυσης	13
2.1 Γενικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αφομοιωσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων	14
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b>	17
<b>ΜΑΚΡΟ-ΜΙΚΡΟΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ</b>	17
3.1 ΚΑΛΙΟ	17
3.1.1 Το κάλιο στο έδαφος	17
3.1.2 Μορφές καλίου στο έδαφος	18
3.1.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τη χημική ισορροπία του εδαφικού καλίου	20
3.2 Το κάλιο στο φυτό	21
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b>	23
<b>ΦΩΣΦΟΡΟΣ</b>	23
4.1 Ο φώσφορος στο έδαφος	23
4.1.1 Φώσφορος της στερεάς φάσης	24
4.1.2 Φώσφορος του εδαφικού διαλύματος	25



4.1.3 Συμπεριφορά του φωσφόρου στο έδαφος	Σελ. 25
4.2 Ο φώσφορος στο φυτό	26
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b>	28
<b>ΑΣΒΕΣΤΙΟ</b>	28
5.1 Το ασβέστιο στο έδαφος	28
5.1.1 Μορφές του ασβεστίου στο έδαφος	29
5.1.2 Ο κύκλος του ασβεστίου στο έδαφος	29
5.1.3 Αφομοιωσιμότητα του εδαφικού ασβεστίου	30
5.2 Το ασβέστιο στο φυτό	30
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6</b>	32
<b>ΜΑΓΝΗΣΙΟ</b>	32
6.1 Το μαγνήσιο στο έδαφος	32
6.1.1 Μορφές και συμπεριφορά του μαγνησίου στο έδαφος	32
6.1.2 Αφομοιωσιμότητα του εδαφικού μαγνησίου	33
6.2 Το μαγνήσιο στο φυτό	34
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7</b>	36
<b>ΝΑΤΡΙΟ</b>	36
7.1 Το νάτριο στο έδαφος	36
7.2 Το νάτριο στο φυτό	37
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8</b>	38
<b>ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ</b>	38
<b>ΣΙΔΗΡΟΣ</b>	38
8.1Ο σίδηρος στο έδαφος	38
8.2 Ο σίδηρος στο φυτό	39
<b>ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ</b>	41
8.3 Ο ψευδάργυρος στο έδαφος	41
8.4 Ο ψευδάργυρος στο φυτό	43
<b>ΜΑΓΓΑΝΙΟ</b>	45
8.5 Το μαγγάνιο στο έδαφος	45
8.6 Το μαγγάνιο στο φυτό	47
<b>ΧΑΛΚΟΣ</b>	49
8.7 Ο χαλκός στο έδαφος	49
8.8 Ο χαλκός στο φυτό	50
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9</b>	52
<b>ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ</b>	52



9.1 ΜΟΛΥΒΔΟΣ	Σελ.	52
9.2 ΚΑΔΜΙΟ		53
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10</b>		57
Πειραματικό μέρος		57
10.1 Υλικά και μέθοδοι		57
10.2 Αποτελέσματα των φυσικοχημικών αναλύσεων του εδάφους		58
10.2.1 pH		58
10.2.2 Ηλεκτρική αγωγιμότητα		60
10.2.3 Μηχανική ανάλυση		61
10.2.4 CaCO <sub>3</sub>		63
10.2.5 Οργανική ουσία		64
10.3 Συγκέντρωση Μακρο-Μικροθρεπτικών στο έδαφος		65
10.3.1 Κάλιο (K <sup>+</sup> )		65
10.3.2 Φώσφορος (P)		67
10.3.3 Ασβέστιο (Ca <sup>++</sup> )		68
10.3.4 Μαγνήσιο (Mg <sup>++</sup> )		69
10.3.5 Νάτριο (Na <sup>+</sup> )		71
10.3.6 Σίδηρος (Fe <sup>++</sup> )		72
10.3.7 Ψευδάργυρος (Zn <sup>++</sup> )		74
10.3.8 Μαγγάνιο (Mn <sup>++</sup> )		75
10.3.9 Χαλκός (Cu <sup>++</sup> )		76
10.3.10 Μόλυβδος (Pb <sup>++</sup> )		78
10.3.11 Κάδμιο (Cd <sup>++</sup> )		79
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11</b>		80
11.1 Συσχετίσεις και συζήτηση αποτελεσμάτων		80
11.1.1 Αλληλεπίδραση του pH με φώσφορο, ψευδάργυρο και σίδηρο		83
11.1.2 Αλληλεπίδραση της οργανικής ουσίας με φώσφορο, σίδηρο και ψευδάργυρο		84
11.1.3 Αλληλεπίδραση του ανθρακικού ασβεστίου με φώσφορο, σίδηρο και ψευδάργυρο		85
11.1.4 Αλληλεπίδραση των θρεπτικών στοιχείων μεταξύ τους		88
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ		90
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ		92
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		109



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

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

Η επιλογή του θέματος έγινε σε συνεργασία με τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Νικόλαο Μαλισιόβα και με βάση την επιθυμία του γράφοντα να προσεγγίσει ένα χώρο που αφορά στην καταγραφή και αξιοποίηση των φυσικών πόρων μέρους της περιοχής Άρτας. Εξετάστηκε η διακύμανση των μακρο-μικροθρεπτικών, με σκοπό την υπόδειξη ορθολογικής λίπανσης και καλύτερης διαχείρισης και συντήρησης των εδαφών, και έγινε έλεγχος της συγκέντρωσης στο έδαφος των βαρέων μετάλλων Cd, Pb.

Με την εργασία αυτή πιστεύουμε πως θα συμβάλουμε και εμείς στην κατανόηση και τυχόν ανακάλυψη των απαντήσεων που προβληματίζουν την επιστημονική κοινότητα, καθώς και στην πραγμάτωση μιας προσπάθειας ευαισθητοποίησης της κοινής γνώμης, καθώς υπάρχει μια αυξανόμενη ανάγκη για βελτιστοποίηση της παραγωγής με σκοπό να καλυφθούν οι ανάγκες των πληθυσμών για επάρκεια τροφίμων. Παράλληλα όμως υπάρχει και η ανάγκη της αειφόρου διαχείρισης των φυσικών πόρων ούτως ώστε να προστατευθούν από τη ρύπανση και την υποβάθμισή τους.

Για να γίνει αυτή η έρευνα εργάστηκαν και άλλα άτομα τους οποίους και ευχαριστώ. Ιδιαίτερα θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Ν. Μαλισιόβα για τις πολύτιμες συμβουλές που μου πρόσφερε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της μελέτης όσο και για την αμέριστη συμπαράστασή του.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους διδάσκοντες του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος, για όλα όσα διδάχτηκα κατά τη διάρκεια της φοίτησής μου.



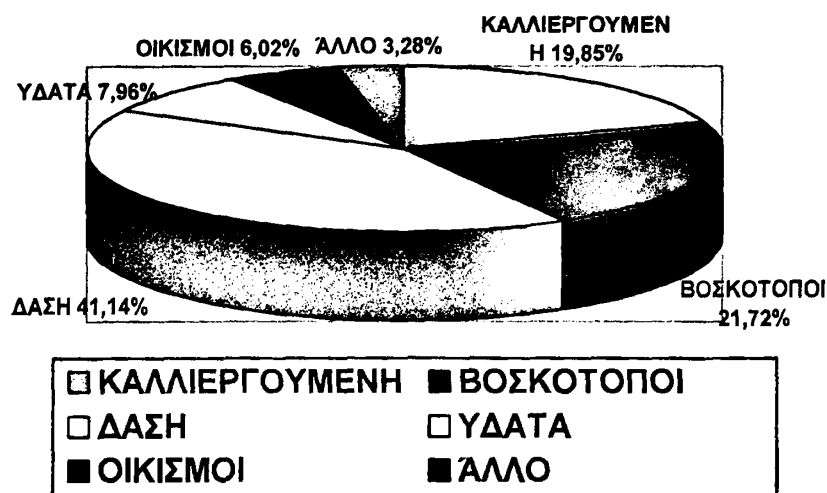
# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Γεωγραφικά στοιχεία του νομού Άρτας

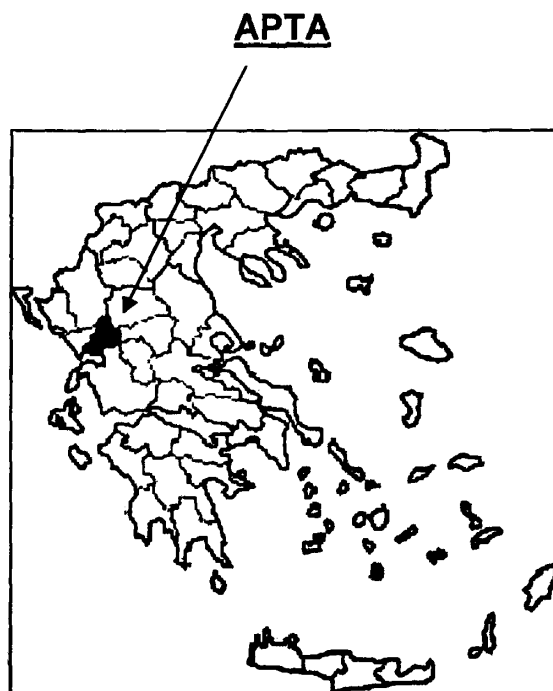
Ο νομός Άρτας βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα της Ελλάδας και ανήκει γεωγραφικά και διοικητικά στην Ήπειρο, καταλαμβάνει το νοτιοανατολικό τμήμα της Ηπείρου. Έχει έκταση 1.612 τ. χλμ. (19,85% καλλιεργούμενη, 21,72% βοσκότοποι, 41,14% δάση, 7,96% ύδατα, 6,02% οικισμοί, 3,28% άλλο) και πληθυσμό 80.044 κατοίκους. Συνορεύει βόρεια με τους νομούς Ιωαννίνων και Τρικάλων, ανατολικά με τους νομούς Τρικάλων, Καρδίτσας και Αιτωλοακαρνανίας, νότια με το νομό Αιτωλοακαρνανίας, δυτικά με τους νομούς Πρεβέζης και Ιωαννίνων ενώ νότια βρέχεται από τον Αμβρακικό Κόλπο. Πρωτεύουσα του νομού είναι η Άρτα, η οποία είναι κτισμένη στην αριστερή όχθη του ποταμού Αράχθου και απλώνεται αμφιθεατρικά στους πρόποδες του λόφου της Περάνθης. Η προνομιούχος θέση της, η ευφορία του εδάφους της και το κλίμα ήταν οι κυριότεροι λόγοι που έδωσαν στην πόλη μια συνεχή ζωή, από τον 9<sup>ο</sup> π.Χ. αιώνα έως σήμερα.

### ΕΚΤΑΣΗ ΤΗΣ ΑΡΤΑΣ



Διάγραμμα 1  
Έκταση της Άρτας (Θεοχάρης, 2006)

Η Άρτα έχει 78.884 κατοίκους. Το 27% είναι αστικός πληθυσμός, το 10,5% ημιαστικός, ενώ το 62,5% είναι αγροτικός.



## 1.2 Κλιματικοί παράγοντες που επικρατούν στην Άρτα

Στα παράλια τμήματα του Νομού Άρτας, στο δυτικό τμήμα και ιδιαίτερα στα πεδινά κυριαρχεί μεγάλη ηλιοφάνεια και ήπια ψυχρή περίοδος. Εδώ το κλίμα μπορεί να χαρακτηριστεί μεσογειακό. Αντίθετα στο εσωτερικό είναι ψυχρό και με πολλά χιόνια και βροχοπτώσεις λόγω των μεγάλων ορεινών όγκων.

### 1.2.1 Θερμοκρασία

Οι θερμοκρασίες στο νομό Άρτας όλο το έτος κυμαίνονται τον Ιανουάριο και τον Φεβρουάριο από 9 ως 12°C, τον Μάρτιο περίπου στους 12°C, τον Απρίλιο περίπου στους 15°C και τον Μάιο περίπου στους 20°C. Επίσης, τον Ιούνιο από 23 ως 25°C, τον Ιούλιο και τον Αύγουστο στους 27°C, τον Σεπτέμβριο περίπου στους 23°C, τον Οκτώβριο περίπου στους 18°C, τον Νοέμβριο στους 13°C και τον Δεκέμβριο περίπου στους 8 με 10°C. Υπάρχει όμως και η περίπτωση τον Ιανουάριο, τον Φεβρουάριο και μερικές φορές και τον Μάρτιο οι θερμοκρασίες να φτάσουν ως και τους -2 έως -7 °C. Γενικότερα, ο νομός επηρεάζεται συχνά από καιρικά φαινόμενα όπως ο παγετός και το χαλάζι.

### Πίνακας 1

Μέση μηνιαία και ετήσια θερμοκρασία για την Άρτα (Θεοχάρης, 2006)

ΜΗΝΕΣ	°C
Ιανουάριος	9,2
Φεβρουάριος	9,8
Μάρτιος	11,7
Απρίλιος	15,6
Μάιος	19,6
Ιούνιος	23,1
Ιούλιος	26,0
Αύγουστος	26,4
Σεπτέμβριος	23,0
Οκτώβριος	18,3
Νοέμβριος	14,5
Δεκέμβριος	9,9
<b>ΕΤΟΣ</b>	<b>17,0</b>

#### 1.2.2 Βροχόπτωση

Ο νομός Άρτας ανήκει στις υγρές περιοχές με μέσο όρο 1000-1100 χιλιοστά βροχής το χρόνο.

### Πίνακας 2

Μέσες τιμές βροχόπτωσης στο νομό σε χιλιοστά (Θεοχάρης 2006):

ΜΗΝΕΣ	χιλιοστά
Ιανουάριος	144
Φεβρουάριος	124
Μάρτιος	163
Απρίλιος	76
Μάιος	66
Ιούνιος	28
Ιούλιος	10
Αύγουστος	11
Σεπτέμβριος	42
Οκτώβριος	147
Νοέμβριος	153
Δεκέμβριος	174

#### 1.2.3 Ηλιοφάνεια

Ο νομός Άρτας χαρακτηρίζεται από υψηλή ετήσια ηλιοφάνεια.





### Πίνακας 3

Μέση πραγματική μηνιαία και ετήσια ηλιοφάνεια της Άρτας (Θεοχάρης, 2006):

ΜΗΝΕΣ	ΩΡΕΣ
Ιανουάριος	144,5
Φεβρουάριος	128,0
Μάρτιος	182,9
Απρίλιος	192,8
Μάιος	276,9
Ιούνιος	307,7
Ιούλιος	340,2
Αύγουστος	336,6
Σεπτέμβριος	259,1
Οκτώβριος	203,8
Νοέμβριος	150,2
Δεκέμβριος	127,4
<b>ΕΤΟΣ</b>	<b>2658</b>

### 1.3 Εδαφολογικές συνθήκες του νομού Άρτας

Το έδαφος του νομού διακρίνεται σε 18,6 % πεδινό, 11 % ημιορεινό και 70,4 % ορεινό και είναι στην πλειοψηφία βαρύ αργιλώδες με pH 7-8. Επίσης έχει αρκετή περιεκτικότητα σε ασβέστιο. Αναλυτικότερα οι βασικές ιδιότητες των εδαφών της περιοχής παρουσιάζονται στη συνέχεια.

#### 1.3.1 Μηχανική σύσταση

Η Μηχανική σύσταση χαρακτηρίζεται γενικά ως λεπτόκοκκη. Οι εδαφικοί τύποι που επικρατούν είναι ο ιλιοπηλώδης (SiL), ο αργιλοπηλώδης (CL), ο ιλιοαργιλοπηλώδης (SiCL), ο πηλώδης (L), και ο αμμοπηλώδης (SL). Με βάση τη μηχανική σύσταση της επιφανειακής στρώσης ( 0-30 cm) η κατανομή των εδαφών ανά εδαφικό τύπο παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί:



#### Πίνακας 4

Η μηχανική σύσταση των εδαφών (Θεοχάρης, 2006)

Εδαφικός τύπος	Έκταση σε στρέμματα
Αμμοπηλώδης (SL)	550
Πηλώδης (L)	11.130
Ιλιοπηλώδης (Sil)	18.390
Αργιλοπηλώδης (CL) και Ιλυοαργιλοπηλώδης (SiCL)	14.230
Άγονες εκτάσεις – δάση	6.200
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>50.500</b>

#### 1.3.2 pH- Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Η αντίδραση των εδαφών είναι ελαφρά όξινη ως ελαφρά αλκαλική με pH από 6,9 ως 7,2. Η ηλεκτρική τους αγωγιμότητα, στα περισσότερα από τα εδάφη, είναι μικρότερη από 1 mmhos/cm.

Τα εδάφη δεν παρουσιάζουν προβλήματα αλάτων με εξαίρεση εκταση 850 στρεμμάτων, με μικρή ως μηδενική κλίση και βραδεία απορροή, όπου το υπέδαφος παρουσιάζει περίσσεια αλάτων. Η κατανομή των εδαφών ανάλογα με τη παθογένειά τους παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα.

#### Πίνακας 5

Η παθογένεια των εδαφών (Θεοχάρης, 2006)

Είδος παθογένειας	Έκταση σε στρέμματα
Αλατούχο στο υπέδαφος	850
Κανονικό έδαφος	43.450
Άγονες εκτάσεις	6.200
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>50.500</b>

#### 1.3.3 Ανθρακικό ασβέστιο

Το σύνολο σχεδόν των εδαφών παρουσιάζει χαμηλό ως πολύ χαμηλό ποσοστό σε ανθρακικό ασβέστιο που μειώνεται με το βάθος.



### 1.3.4 Οργανική ουσία

Τα εδάφη της περιοχής χαρακτηρίζονται από μικρό ποσοστό οργανικής ουσίας. Η περιεκτικότητα του επιφανειακού στρώματος κυμαίνεται από 0,9 ως 2,1% και μειώνεται με το βάθος. Η δομή του επιφανειακού εδάφους καταστρέφεται από τις έντονες βροχοπτώσεις και ταυτόχρονα προκαλείται καθοδική κίνηση της αργίλου προς το υπέδαφος.

### 1.4 Διηθητικότητα-Υδατοπερατότητα

Η διηθητικότητα των εδαφών παρουσιάζεται στις περισσότερες περιπτώσεις ως μέτρια για τα μέσης προς βαρέα μηχανικής σύστασης εδάφη. Από τις μετρήσεις φαίνεται ότι δεν υπάρχει πρόβλημα για την εφαρμογή των αρδεύσεων με καταιονισμό. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των εδαφών ως προς τη διηθητικότητά τους.

**Πίνακας 6**

**Η διηθητικότητα των εδαφών (Θεοχάρης, 2006)**

Είδος διηθητικότητας	Έκταση σε στρέμματα
Μετρίως βραδεία (0,50-02,0 cm/h)	14.340
Μέτρια ( 2.0 – 6.0 cm/h)	29.960
Άγονες εκτάσεις – δάση	6.200
ΣΥΝΟΛΟ	50.500

Η υδατοπερατότητα των εδαφών δε μετρήθηκε γιατί δεν απαντήθηκε στάθμη του υπεδάφιου νερού. Η υφή των εδαφών εκτιμάται ως βραδεία και η τιμή της υδραυλικής αγωγιμότητας (K), υπολογίζεται μεταξύ 1,5 ως 3,0 mm/ημέρα.

### 1.4.1 Διαθέσιμο νερό

Η Διαθέσιμη Υγρασία (ΔΥ) ή αλλιώς η διαφορά μεταξύ σημείου μάρανσης (15 atm) και της ιδατοϊκανότητας (13 atm) είναι αρκετά υψηλή για τα εδάφη της περιοχής σε ποσοστό 70% και μέση για τα υπόλοιπα εδάφη.

### 1.4.2 Στράγγιση

Οι μικρές κλίσεις των εδαφών, η μικρή υδραυλική αγωγιμότητα και το σχετικά μεγάλο ύψος βροχών κατά το χειμώνα, δημιουργούν προβλήματα στη στράγγιση των εδαφών με αποτέλεσμα να υπάρχει κορεσμός του νερού στα εδάφη.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1 Η σημασία της εδαφολογικής ανάλυσης

Η ανάλυση του εδάφους μας παρέχει μια σαφή ποσοτική εικόνα των χημικών, φυσικών και βιολογικών γνωρισμάτων του. Το γεγονός αυτό μπορεί να μας βοηθήσει να προσαρμόσουμε κατά περίπτωση τη λίπανση σύμφωνα με τις μεταβολές του επιπέδου της γονιμότητας του εδάφους, δεδομένου ότι τα γνωρίσματα αυτά αντανακλούν με ικανοποιητική πιστότητα το πραγματικό επίπεδο της γονιμότητας του εδάφους κατά τη στιγμή της ανάλυσης. Με άλλα λόγια, η ανάλυση του εδάφους καθιστά δυνατή την πρόβλεψη τόσο από άποψη ποσοτική όσο και ποιοτική, των αναγκών των καλλιεργειών σε λιπάσματα. Ο ακριβής καθορισμός της ποσότητας του προς εφαρμογή λιπάσματος, δεν επιτυγχάνεται βέβαια μόνο με βάση τα αναλυτικά δεδομένα, αλλά και με τη συνεκτίμηση και άλλων παραγόντων.

Αυτή η δυνατότητα προσαρμογής της λίπανσης στις ανάγκες των αναπτυσσόμενων φυτών που μας παρέχει η ανάλυση του εδάφους, καθιστά την τελευταία απόλυτα φιλική τόσο προς τα φυτά όσο και προς το περιβάλλον, διότι σε τελευταία ανάλυση βοηθά και στην ανάπτυξη των φυτών αλλά ταυτόχρονα παρέχει και τις απαραίτητες προϋποθέσεις για την προστασία του εδάφους από τη συσσώρευση της περίσσειας θρεπτικών στο έδαφος ή στο φυσικό οικοσύστημα.

Επομένως, η εδαφοανάλυση, παρά τις όποιες αδυναμίες της, αποτελεί σήμερα ένα από τα βασικά μέσα-εργαλεία για την ποσοτική αξιολόγηση της γονιμότητας του εδάφους και την πρόβλεψη των αναγκών των καλλιεργειών σε λιπάσματα.

Η ανάλυση του εδάφους, λόγω των προαναφερθεισών δυνατοτήτων που μας παρέχει στα πλαίσια της ορθολογικής λίπανσης των καλλιεργειών, αποτελεί βασικό στοιχείο του προγράμματος συμβουλευτικής λίπανσης των καλλιεργειών επί εθνικού επιπέδου. Ουσιαστικά, πρόκειται για το βασικότερο εργαλείο υλοποίησης ενός τέτοιου προγράμματος. Η μη εφαρμογή του προγράμματος αυτού και στη χώρα μας την αποστερεί από την δυνατότητα επίτευξης της ορθολογικής λίπανσης των καλλιεργειών και των ωφελειών που συνεπάγεται. Ωστόσο αποτελεί πεποίθηση μας ότι αργά ή γρήγορα θα υποχρεωθούμε να αποκτήσουμε ένα πρόγραμμα Συμβουλευτικής Λίπανσης διότι αποτελεί τον μονόδρομο της λίπανσης των καλλιεργειών. (Κουκουλάκης κ.α. 1999).

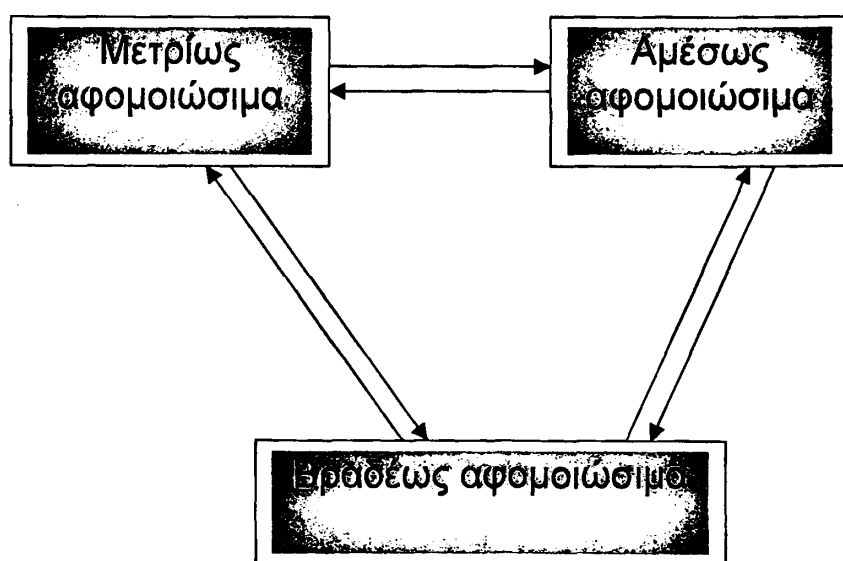
## 2.2 Γενικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αφομοιωσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων

Το έδαφος είναι η κύρια πηγή θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά. Πολλές φορές η διαθεσιμότητα των στοιχείων είναι μικρή και ανεπαρκής για τη θρέψη των φυτών, έστω και αν αυτά υπάρχουν σε επάρκεια στο έδαφος. Έτσι δεν πρέπει να συγχέεται η περιεκτικότητα ενός στοιχείου στο έδαφος με τη διαθεσιμότητά του για τα φυτά.

Για να προσλάβει το φυτό κάποιο θρεπτικό στοιχείο θα πρέπει το δεύτερο να είναι σε αφομοιώσιμη μορφή. Σαν αφομοιώσιμες μορφές των θρεπτικών στοιχείων ορίζονται εκείνες που μπορούν να φτάσουν στις ρίζες του φυτού και να προσληφθούν με ρυθμό ικανό να επηρεάσει την ανάπτυξη του φυτού.

Έτσι τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους βρίσκονται στις ακόλουθες μορφές-κατηγορίες :

- α) Αμέσως αφομοιώσιμα θρεπτικά στοιχεία (στο διάλυμα ή ανταλλάξιμα)
- β) Μετρίως αφομοιώσιμα θρεπτικά στοιχεία (θρεπτικά στοιχεία που απελευθερώνονται εύκολα)
- γ) Βραδέως αφομοιώσιμα θρεπτικά στοιχεία (θρεπτικά στοιχεία που απελευθερώνονται δύσκολα).



Σχήμα 1: Σχηματική παράσταση της σχέσης μεταξύ των τριών μορφών ανόργανων θρεπτικών συστατικών

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αφομοιωσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων είναι οι:

1. Μηχανική σύσταση
2. Δομή του εδάφους
3. Υγρασία και αερισμός του εδάφους
4. pH
5. Οργανική ουσία
6. Μικροβιακή δραστηριότητα στο έδαφος
7. Κολλοειδή
8. Καλλιέργεια του εδάφους

Οι παράγοντες αυτοί αφορούν την αφομοιωσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων και το πώς αυτή εξαρτάται ή επηρεάζεται από το εδαφικό περιβάλλον. Ωστόσο δεν πρέπει να παραγνωρίζονται ή να αγνοούνται και οι παράγοντες που επηρεάζουν την αφομοιωσιμότητα και αφορούν κυρίως τις φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών.

Η πρόσληψη και χρησιμοποίηση των θρεπτικών στοιχείων δεν είναι παθητική, απαιτεί την κατανάλωση ενέργειας από το φυτό, συνδέεται με το μεταβολισμό του και επηρεάζεται από εξωτερικούς και εσωτερικούς παράγοντες.

Οι παράγοντες αυτοί είναι:

- Εξωτερικοί

Θερμοκρασία, φως, οξυγόνο, CO<sub>2</sub>, pH, συγκέντρωση στοιχείων, αλληλεπίδραση στοιχείων (ανταγωνισμός).

- Εσωτερικοί

Έκταση ριζικού συστήματος, περιεκτικότητα του φυτού σε θρεπτικά στοιχεία, περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες, βλαστικό στάδιο, συμβίωση, κληρονομικότητα.

**Οι τροφοπενίες μπορεί λοιπόν, να προκύψουν λόγω εξάντλησης του εδάφους σε θρεπτικά στοιχεία ή λόγω του ότι αυτά δεν βρίσκονται σε αφομοιώσιμη μορφή για τα φυτά.** Παρατηρείται έτσι, ορισμένες



τροφοπενίες διάφορων στοιχείων να είναι συχνότερες σε κάποια εδάφη που λόγω γεωλογικής προέλευσης ή λόγω φυσικοχημικών και βιολογικών ιδιοτήτων τους δεν εξασφαλίζουν επαρκείς ποσότητες αφομοιώσιμων θρεπτικών στοιχείων ώστε να καλύπτουν τις ανάγκες της αναπτυσσόμενης καλλιέργειας.

Ορισμένοι από αυτούς τους παράγοντες (π.χ. pH, οργανική ουσία, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και γι' αυτό στη συνέχεια παρουσιάζονται με λεπτομέρεια.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΜΑΚΡΟ-ΜΙΚΡΟΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

#### 3.1 ΚΑΛΙΟ ( $K^+$ )

##### 3.1.1 Το κάλιο στο έδαφος

Το κάλιο είναι το τρίτο από τα βασικά θρεπτικά στοιχεία, τα οποία προσλαμβάνονται από τα φυτά σε μεγάλες σχετικά ποσότητες. Συγκεκριμένα το ποσοστό του καλίου στους φυτικούς ιστούς υπολείπεται μόνο του αζώτου και μερικές φορές του ασβεστίου. Τα περισσότερα καλλιεργούμενα φυτά προσλαμβάνουν το στοιχείο αυτό από το έδαφος με υψηλούς ρυθμούς κατά την περίοδο αύξησής τους. Συνεπώς το έδαφος πρέπει να είναι σε θέση να αποδίδει και αυτό κάλιο με υψηλούς ρυθμούς.

Το κάλιο είναι στοιχείο σχετικά άφθονο στο στερεό φλοιό της γης με μέση περιεκτικότητα περίπου 2.5%. Η περιεκτικότητα όμως των εδαφών στο στοιχείο αυτό ποικίλλει ανάλογα με το μητρικό τους πέτρωμα και το βαθμό εξέλιξής τους. Γενικά εδάφη που βρίσκονται σε προηγμένο στάδιο εξέλιξεως έχουν απωλέσει σημαντικό ποσοστό του καλίου τους. Εδάφη ξηρών περιοχών περιέχουν περισσότερο κάλιο από εδάφη υγρών περιοχών, γιατί στα τελευταία λαμβάνει χώρα έκπλυση αυτού. Επίσης εδάφη που σχηματίζονται επί γρανιτών ή μαρμαρυγιακών σχιστόλιθων περιέχουν υψηλό ποσοστό καλίου ενώ επί χαλαζιακών ψαμμιτών και θαλάσσιων ιζημάτων τα εδάφη έχουν έλλειψη στο στοιχείο αυτό.

Το μεγαλύτερο μέρος του καλίου είναι δεσμευμένο σε πρωτογενή ορυκτά ή βρίσκεται στα δευτερογενή αργιλικά ορυκτά. Εδάφη πλούσια σε άργιλο είναι επίσης πλούσια σε κάλιο, του οποίου η περιεκτικότητα μπορεί να φτάνει στα εδάφη αυτά μέχρι και 4%.

Την κύρια πηγή  $K$  για τα φυτά που αναπτύσσονται υπό φυσικές συνθήκες αποτελεί η αποσάθρωση των διάφορων καλιούχων ορυκτών του εδάφους τα σπουδαιότερα των οποίων είναι οι καλιούχοι άστριοι, άστριοι  $Mg$  και  $Ca$ , ο μοσχοβίτης, ο βιοτίτης, ο ιλλίτης, ο βερμικουλίτης, ο χλωρίτης και ο μοντμοριλονίτης.

Το κάλιο του εδάφους μπορεί να διακριθεί σε τρεις κατηγορίες

- το κάλιο που βρίσκεται στο εδαφικό διάλυμα (εν διαλύσει ή υδατοδιαλυτό Κ) 1%
- το προσροφημένο εναλλακτικά στα κολλοειδή του εδάφους, της οργανικής ουσίας και της αργίλου (ανταλλάξιμο Κ) 9%, και
- αυτό που αποτελεί το δομικό στοιχείο σε διάφορα ορυκτά του εδάφους (μη ανταλλάξιμο Κ) 90%

Η σημασία των τριών αυτών κατηγοριών σε σχέση με τα διαθέσιμα ποσά καλίου για τα φυτά βρίσκεται σε αντίστροφη σχέση με τα ποσά του καλίου σε καθένα από αυτά. Το Κ στο εδαφικό διάλυμα που είναι ποσοτικά το λιγότερο έχει τη μεγαλύτερη σημασία για τη θρέψη του φυτού.

Το Κ ελευθερωμένο με την αποσάθρωση των ορυκτών μεταφέρεται στο εδαφικό διάλυμα. Από αυτό ένα μέρος μπορεί να απορροφηθεί αμέσως από τα φυτά και ένα άλλο μέρος προσροφάται στα κολλοειδή του εδάφους. Η συγκέντρωση του Κ στο εδαφικό διάλυμα καθορίζει και ελέγχει σε μεγάλο βαθμό το ρυθμό διαχύσεως του Κ προς τις ρίζες των φυτών, συνεπώς και το ρυθμό της απορροφήσεώς τους από τα φυτά.

### 3.1.2 Μορφές καλίου στο έδαφος

#### Δομικό κάλιο

Πρωταρχική πηγή του καλίου είναι το δομικό κάλιο το οποίο βρίσκεται μέσα στο κρυσταλλικό πλέγμα, κυρίως των καλιούχων αστρίων και των μαρμαρυγιών. Το κάλιο των μαρμαρυγιών, ιδίως του βιοτίτη και του ιλλίτη, αν και δύσκολα αφομοιώσιμο από τα φυτά, διατίθεται σε αυτά ευκολότερα από το κάλιο των αστρίων. Επομένως εδάφη τα οποία περιέχουν μαρμαρυγίες και ιλλίτη έχουν μεγαλύτερες ποσότητες διαθέσιμου καλίου από όσες εδάφη που δεν έχουν τα ορυκτά αυτά.

Επειδή όμως οι μαρμαρυγίες και ο ιλλίτης είναι ορυκτά με μέτρια ανθεκτικότητα στο εδαφικό περιβάλλον, ελαττώνεται η ποσότητά τους όσο προχωράει η εδαφογένεση και η εξέλιξη του εδάφους. Κατά συνέπεια μεγαλύτερες παρακαταθήκες καλίου αναμένονται στα νεότερα παρά στα προχωρημένης εξέλιξης εδάφη.

Έτσι λοιπόν, το κάλιο το οποίο περιέχεται στα πρωτογενή ορυκτά είναι δυσκόλως αφομοιώσιμο από τα φυτά. Το κάλιο των αργιλικών ορυκτών

διατίθεται σχετικά ευκολότερα στα φυτά από εκείνο των πρωτογενών ορυκτών. Για το λόγο αυτό χαρακτηρίζεται ως βραδέως αφομοιώσιμο. Ευκόλως αφομοιώσιμο είναι το κάλιο του εδαφικού διαλύματος ( υδατοδιαλυτό κάλιο) και το ανταλλάξιμο κάλιο.

### **Ανταλλάξιμο κάλιο**

Τα αργιλικά ορυκτά και η οργανική ύλη του εδάφους προσροφούν κάλιο υπό ανταλλάξιμη μορφή. Όξινες ενεργές ομάδες της οργανικής ουσίας όπως τα καρβοξύλια, οι φαινόλες και οι αινόλες είναι αρνητικά φορτισμένες και μπορούν να προσελκύσουν κατιόντα καλίου και να τα διατηρήσουν σε μορφή ανταλλάξιμη. Η συγγένεια όμως της οργανικής ύλης του εδάφους προς τα ιόντα αυτά είναι μικρή και η συνεισφορά της στο ανταλλάξιμο κάλιο των καλλιεργούμενων εδαφών πολύ μικρότερη αυτής των αργιλικών ορυκτών.

Επομένως το ανταλλάξιμο κάλιο στο έδαφος εξαρτάται σημαντικά από το ποσοστό της αργίλλου και τον τύπο των αργιλικών ορυκτών. Οι δύο αυτές παράμετροι μπορούν να εκφραστούν ικανοποιητικά από την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων του εδάφους. Βέβαια η σχέση ανταλλάξιμου καλίου και ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων εξαρτάται και από τον βαθμό έκπλυσης και οξύνισης του εδάφους και από την ορυκτολογική σύσταση του μητρικού υλικού του εδάφους

Οι ποσότητες του ανταλλάξιμου καλίου στα επιφανειακά δείγματα καλλιεργούμενων εδαφών εξαρτάται ισχυρά από τις λιπάνσεις και συγκεκριμένα από το υπολειμματικό κάλιο γιατί το στοιχείο αυτό μετακινείται δύσκολα στο εδαφικό διάλυμα.

### **Υδατοδιαλυτό κάλιο.**

Η πρόσληψη του εδαφικού καλίου από τα φυτά μέσω των μηχανισμών της μαζικής ροής και της διαχύσεως εξαρτάται από τη συγκέντρωση του στοιχείου αυτού στο εδαφικό διάλυμα. Για το λόγο αυτό το υδατοδιαλυτό κάλιο του εδάφους είναι πολύ σημαντικό για τη θρέψη των φυτών.

Η σχέση μεταξύ υδατοδιαλυτού και ανταλλάξιμου καλίου είναι συνήθως γραμμική και η κλίση της εξαρτάται από τη ορυκτολογία της αργίλλου. Η κλίση είναι μεγαλύτερη στα καολινιτικά εδάφη, μικρότερη στα μοντμοριλλονιτικά και ενδιάμεση στα μεικτής συστάσεως εδάφη.

Από τις τρεις κατηγορίες που αναφέρθηκαν το δυσκόλως αφομοιώσιμο αποτελεί το 90 – 98% του συνολικού εδαφικού καλίου.

### **3.1.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τη χημική ισορροπία του εδαφικού καλίου.**

Οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τη χημική ισορροπία του αφομοιώσιμου εδαφικού καλίου είναι οι παρακάτω:

#### **α) Ο τύπος του ορυκτού της αργίλου.**

Τα ορυκτά της αργίλου όπως ο ιλλύτης, δεσμεύουν κάλιο ( $K^+$ ) στις εσωτερικές επιφάνειες, που βρίσκονται ανάμεσα στις συνεχόμενες κρυσταλλικές στοιβάδες. Η οργανική ουσία του εδάφους έχει ικανότητα συγκράτησης ιόντων K, υπό ανταλλάξιμη όμως μορφή και όχι υπό μορφή δεσμευμένου καλίου.

#### **β) Η εναλλαγή ύγρανσης και ξήρανσης.**

Ένα υγρό έδαφος στις φυσικές συνθήκες, που περιέχει άργιλο και λίγο ή μέτρια λίγο ανταλλάξιμο K, όταν ξηραίνεται, εμφανίζεται ότι περιέχει περισσότερο ανταλλάξιμο K, από ότι πριν από την ξήρανση. Αντίθετα, αν αρχικά περιείχε πολύ ανταλλάξιμο K, με την ξήρανση μέρος αυτού δεσμεύεται από τα ορυκτά της αργίλου.

#### **γ) Η αύξηση της θερμοκρασίας.**

Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία αυξάνεται και το αφομοιώσιμο κάλιο.

#### **δ) Η αντίδραση του εδάφους.**

Όταν αυξάνεται το pH του εδάφους, αυξάνεται και η δέσμευση του καλίου. Επομένως, εδάφη που έχουν υψηλό pH χάνουν με την έκπλυση λιγότερο  $K^+$  παρά τα ίδια εδάφη με χαμηλό pH.

Οι απώλειες του αφομοιώσιμου καλίου οφείλονται στους παρακάτω παράγοντες:

α) Πρόσληψη K από τα καλλιεργούμενα φυτά.

β) Απομάκρυνση K εξαιτίας της διάβρωσης του επιφανειακού στρώματος του εδάφους.

γ) Έκπλυση K με τα νερά της στράγγισης.



δ) Δέσμευση Κ από ορυκτά της αργίλου (ιλλύτης).

Αντίθετα τα αποθέματα του καλίου αυξάνονται εξαιτίας:

α) Της βραδείας αποσάθρωσης πρωτογενών καλιούχων ορυκτών (βιοτίτη, μοσχοβίτη).

β) Της προσθήκης κόπρου στο έδαφος και της επιστροφής σε αυτό των υπολειμμάτων των καλλιεργειών.

γ) Της προσθήκης ευδιάλυτων ενώσεων καλίου υπό μορφή χημικού λιπάσματος.

### 3.2 Το κάλιο στο φυτό

Το κάλιο είναι ένα από τα περισσότερο σημαντικά θρεπτικά στοιχεία για τα φυτά.

Η μεγάλη περιεκτικότητα του καλίου στους φυτικούς ιστούς είναι απαραίτητη για την άριστη ανάπτυξη των φυτών. Με την αύξηση της συγκέντρωσης του καλίου στα φύλλα αυξάνεται η αφομοίωση του διοξειδίου του άνθρακα σε αυτά. Τα φυτά τα οποία τρέφονται ικανοποιητικά με κάλιο έχουν μεγάλη ανθεκτικότητα στους μύκητες, στα έντομα, στην ξηρασία και στις χαμηλές θερμοκρασίες του περιβάλλοντος. Τα φυτά που έχουν υψηλή περιεκτικότητα καλίου είναι περισσότερο ικανά να χρησιμοποιήσουν το εδαφικό νερό, από τα φυτά εκείνα τα οποία έχουν χαμηλή περιεκτικότητα καλίου. Επίσης οι υψηλές συγκεντρώσεις καλίου στα φύλλα των φυτών συμβάλλουν στη συγκράτηση του νερού και μειώνουν τις απώλειές του λόγω της διαπνοής.

Η προσθήκη καλιούχων λιπασμάτων σε φυτά με ανεπάρκεια καλίου συντέλεσε σε σημαντική μείωση της διαπνοής. Αυτό οφείλεται στο ότι το άνοιγμα και κλείσιμο των στομάτων, τα οποία επηρεάζουν τη διαπνοή, ρυθμίζεται από τη συγκέντρωση του καλίου στα καταφρακτικά κύτταρα.

Η θετική επίδραση αυτή του καλίου στην πρόσληψη και συγκράτηση του νερού από τα φυτά έχει μεγάλη σημασία ιδίως σε περιόδους έλλειψης εδαφικής υγρασίας.

Το κάλιο συντελεί στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Επίσης ο καλός αερισμός του εδάφους συντελεί στην αύξηση της πρόσληψης του



καλίου. Στα κακώς στραγγιζόμενα εδάφη περιορίζεται η πρόσληψη του καλίου και η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών. Επίσης η αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους συντελεί στην αύξηση της πρόσληψης του καλίου.

Όταν η έλλειψη καλίου είναι έντονη τότε η περιφέρεια των φύλλων γίνεται στην αρχή κίτρινη, μετά βαθμιαία γίνεται χρώματος καφετί και στη συνέχεια ξηραίνεται. Το κεντρικό μέρος των φύλλων όμως παραμένει πράσινο. Το άκρο των φύλλων τα οποία παρουσιάζουν έλλειψη καλίου κάμπτεται προς τα κάτω. Η περιεκτικότητα των φύλλων αυτών σε κάλιο είναι χαμηλότερη από 1,5% και συνήθως κυμαίνεται από 0,8 – 1,4%.

Με τη σημερινή εξέλιξη η λίπανση των καλλιεργειών πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις ανάγκες σε θρεπτικά συστατικά της καλλιέργειας, την εκτίμηση των θρεπτικών στοιχείων με την ανάλυση του εδάφους και τη συμπλήρωση των θρεπτικών στοιχείων με τη λίπανση στην ποσότητα που χρειάζεται ποιοτικά και ποσοτικά αλλά και για τη βελτίωση της γονιμότητας και παραγωγικότητας των εδαφών.

Πρέπει να σημειωθεί ότι από το προστιθέμενο κάλιο με τη λίπανση ένα ποσοστό 20 – 25% προσλαμβάνεται από τα φυτά την ίδια καλλιεργητική περίοδο. Ο εφοδιασμός των φυτών με θρεπτικά στοιχεία δεν εξαρτάται μόνο από το διαθέσιμο κάλιο του εδάφους, αλλά και από άλλους παράγοντες όπως είναι η ταχύτητα διάχυσης του καλίου στο έδαφος, η ικανότητα αναπληρώσεως της συγκέντρωσης του καλίου στο εδαφοδιάλυμα λόγω πρόσληψής του από τις ρίζες των φυτών, η άργιλος του εδάφους, το pH, η οργανική ουσία, οι αρδεύσεις και άλλοι παράγοντες.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΦΩΣΦΟΡΟΣ (P)

#### 4.1 Ο Φώσφορος στο έδαφος

Η μέση περιεκτικότητα του εδάφους σε ολικό φώσφορο είναι συνήθως 0,5%. Συχνά παρατηρούνται στα εδάφη πολύ χαμηλές ή πολύ υψηλές συγκεντρώσεις φωσφόρου.

Ο φώσφορος στο έδαφος βρίσκεται σε ανόργανη και οργανική μορφή. Το ανόργανο κλάσμα αποτελεί το 50-70% και το οργανικό το 30-50% του ολικού φωσφόρου.

Τα φωσφορικά συστατικά του εδάφους απαντώνται τόσο στη στερεά φάση όσο και στο εδαφικό διάλυμα. Μεταξύ του φωσφόρου του εδαφικού διαλύματος και του φωσφόρου της στερεάς φάσης του εδάφους, υπάρχει μια χημική ισορροπία.

#### P στερεάς φάσης- P εδαφικού διαλύματος

Ένα μέρος του φωσφόρου της στερεάς φάσεως μπορεί να μετακινηθεί στο εδαφικό διάλυμα σχετικά γρήγορα και ονομάζεται <<εύκολα κινητοποιήσιμος φώσφορος>> (labile -P) ενώ το υπόλοιπο κινείται με πολύ βραδύ ρυθμό και ονομάζεται <<δύσκολα κινητοποιήσιμος φώσφορος>> (nonlabile-P) (Κεραμίδας 1990).

Από τη συνολική ποσότητα του εδαφικού φωσφόρου μόνο το 0,04% περίπου αντιστοιχεί σε διαλυτό φώσφορο, ενώ ο διαθέσιμος φώσφορος (labile -P) ανέρχεται στο 20% περίπου και ο μη διαθέσιμος φώσφορος (nonlabile-P) στο 80% περίπου των συνολικών αποθεμάτων του εδαφικού φωσφόρου (Σάββας 2000).

Ο διαθέσιμος φώσφορος συναντάται κυρίως ως προσροφημένα φωσφορικά ανιόντα στην επιφάνεια των κolloειδών του εδάφους, ενώ ο μη διαθέσιμος φώσφορος ως δυσδιάλυτα φωσφορικά ανιόντα στους απατίτες ως ενώσεις φωσφορικών ανιόντων με Fe και Al και ως μορφές οργανικού φωσφόρου. Η συγκέντρωση του φωσφόρου του εδαφοδιαλύματος σε συνάρτηση με την ποσότητα του φωσφόρου που είναι προσροφημένη στη



στερεά φάση του εδάφους καθορίζει την ποσότητα του φωσφόρου που προσλαμβάνεται από τα φυτά (Σιμώνης, 1990).

#### 4.1.1 Φώσφορος της στερεάς φάσης

Ο φώσφορος της στερεάς φάσης του εδάφους βρίσκεται σε μορφή είτε οργανικού φωσφόρου ή δυσδιάλυτων φωσφορικών ενώσεων ή προσροφημένος στα εδαφικά κολλοειδή συστατικά με ένα φάσμα ενεργειών προσροφήσεως. Επιπρόσθετα φώσφορος μπορεί να υπάρχει στο κρυσταλλικό πλέγμα των ορυκτών της αργίλου ή άλλων πυριτικών ορυκτών.

Το μεγαλύτερο ποσοστό των οργανικών ενώσεων του φωσφόρου του εδάφους προέρχεται από τα φυτικά υπολείματα. Η συνεισφορά του οργανικού φωσφόρου στη θρέψη του φυτού μπορεί να είναι άμεση, δηλαδή απευθείας πρόσληψη οργανικών φωσφορικών ενώσεων ή έμμεση, δηλαδή πρόσληψη φωσφορικών ιόντων που ελευθερώνονται κατά την ανοργανοποίηση των οργανικών φωσφορικών ενώσεων.

Οι δυσδιάλυτες φωσφορικές ενώσεις του εδαφικού περιβάλλοντος συναντώνται με τις παρακάτω μορφές:

- Απατίτης και διάφορα φωσφορικά ασβέστια
- Φωσφορικό διασβέστιο  $\text{CaHPO}_4$ , φωσφορικό οκτασβέστιο  $\text{Ca}(\text{HPO}_4)_3$
- Υδροξυαπατίτης  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ , φθοριοαπατίτες
- Φωσφορικές ενώσεις του αργιλίου  $\text{Al}(\text{OH})_2\text{H}_2\text{PO}_4$
- Φωσφορικές ενώσεις του σιδήρου  $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{H}_2\text{PO}_4$
- Φωσφορικές ενώσεις του αργιλίου του σιδήρου ή του σιδήρου και αργιλίου.

Οι συγκεντρώσεις τους στο εδαφικό διάλυμα είναι πολύ μικρές και επηρεάζονται από το pH του εδάφους.

Ο προσροφημένος φώσφορος στη στερεά φάση συγκρατείται είτε με χημική προσρόφηση ή με χημειορρόφηση. Τα συστατικά του εδάφους τα υπεύθυνα για την προσρόφηση του φωσφόρου είναι κυρίως τα ορυκτά της αργίλου (ιόντα Al και Fe των ακμών των κρυστάλλων καθώς και ανταλλάξιμα ιόντα (Al, Fe, Ca) τα ελεύθερα οξείδια σιδήρου του αργιλίου και το ανθρακικό ασβέστιο (Κεραμίδας, 1990).



## 4.1.2 Φώσφορος του εδαφικού διαλύματος

Η συνηθισμένη περιεκτικότητα του εδαφικού διαλύματος σε φώσφορο κυμαίνεται από 0,1 έως 1ppm. Στο εδαφικό διάλυμα ο φώσφορος απαντάται ως ορθοφωσφορικό οξύ  $H_3PO_4$  και υπό τη μορφή των ιόντων του  $H_2PO_4^-$ ,  $HPO_4^{2-}$  και  $PO_4^{3-}$

Ρυθμιστής της αναλογίας των τριών ορθοφωσφορικών ιόντων στο εδαφικό διάλυμα είναι το pH. Σε χαμηλές τιμές pH επικρατούν τα ιόντα  $H_2PO_4^-$ . Καθώς αυξάνεται το pH αυτά δίστανται σε  $HPO_4^{2-}$  με συνέπεια σε pH μεγαλύτερο του 7,5 να επικρατούν τα  $HPO_4^{2-}$  (Πολυζογόπουλος, 1976).

Τα φυτά προσλαμβάνουν με ευχέρεια μόνο τα δισόξινα φωσφορικά  $H_2PO_4^-$  και όχι τα μονόξινα  $HPO_4^{2-}$ , με συνέπεια σε υψηλές τιμές pH η θρέψη των φυτών με φώσφορο να είναι προβληματική. Το ποσό του φωσφόρου στο εδαφικό διάλυμα καθορίζεται από τις αντιδράσεις μεταξύ της υγρής και της στερεάς φάσης.

## 4.1.3 Συμπεριφορά του φωσφόρου στο έδαφος

Χαρακτηριστικό της συμπεριφοράς του φωσφόρου στο έδαφος και που είναι το αποτέλεσμα των αντιδράσεων ισορροπίας μεταξύ υγρής και στερεής φάσης είναι η μικρή κινητικότητά του, η εύκολη και γρήγορη μετατροπή των ευδιάλυτων μορφών του σε δυσδιάλυτες και γενικώς ο μεγάλος βαθμός συγκράτησής του από τα συστατικά του εδάφους.

Πρακτικά αυτό σημαίνει:

α) Μικρό βαθμό μετακίνησης του φωσφόρου προς τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους.

β) Μειωμένη αξιοποίηση των φωσφορικών λιπασμάτων από την ετήσια καλλιέργεια. Οι καλλιέργειες δεν προσλαμβάνουν περισσότερο από το 10-15% του P που προστίθεται στο έδαφος με την λίπανση. Περίπου τα 2/3 του εφαρμοσμένου P παραμένει στο έδαφος ως υπολλειματικός P μετά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο, το 1/3 μετά τη δεύτερη και το 1/6 μετά την τρίτη περίοδο. Έτσι το μέρος του φωσφορικού λιπάσματος που μένει αναξιοποίητο μπορεί να αποτελέσει πηγή για τις επόμενες καλλιέργειες.

γ) Αύξηση της δεσμεύσεως των φωσφορικών όσο αυξάνεται η επιφάνεια επαφής του λιπάσματος με τα συστατικά του εδάφους.



## 4.2 Ο φώσφορος στο φυτό

Ο φώσφορος συναντάται στους φυτικούς ιστούς με τη μορφή ανόργανων και οργανικών ενώσεων. Ο φώσφορος σε νεαρά φυτά και στα βλαστικά όργανα συναντάται με τη μορφή ανόργανων υδατοδιαλυτών ενώσεων ενώ αντίθετα στους καρπούς και στα σπέρματα επικρατούν οι οργανικές ενώσεις φωσφόρου. Οι ανόργανες μορφές και κυρίως τα άλατα του ορθοφωσφορικού οξέως που ανιχνεύονται σε φυτικούς ιστούς σε επίπεδα 100-1000 φορές περισσότερο από το φώσφορο στο εδαφικό διάλυμα δείχνει την ισχυρή ικανότητα των φυτών να παραλαμβάνουν το φώσφορο του εδάφους (Harry Mills, 1996).

Οι οργανικές φωσφορικές ενώσεις συναντώνται σε αποταμιευτικούς ιστούς και συμμετέχουν στη σύνθεση δομικών στοιχείων των φυτών (νουκλεϊκά οξέα) και σε ουσίες με θεμελιώδεις ρόλους στο μεταβολισμό των φυτών (ATP), όπως στην αποθήκευση και μεταφορά της ενέργειας η οποία είναι απαραίτητη για τον μεταβολισμό των υδατανθράκων.

Η πρόσληψη του φωσφόρου γίνεται με ταχύτατο ρυθμό κατά τα πρώτα στάδια της ανάπτυξης. Γι' αυτό και οι καλλιέργειες έχουν περισσότερο ανάγκη από φωσφορική λίπανση σε αυτά τα στάδια.

Τα καλλιεργούμενα φυτά διαφέρουν ως προς τις απαιτήσεις τους σε φώσφορο. Ο φώσφορος επιταχύνει την ωρίμανση των φυτών γι' αυτό το λόγο απαιτητικά φυτά σε P θεωρούνται εκείνα τα οποία πραγματοποιούν ταχεία ανάπτυξη.

Αντίθετα τα βραδείας ανάπτυξης πολυετή φυτά, φαίνεται ότι προσαρμόζονται καλύτερα σε συνθήκες χαμηλής περιεκτικότητας του εδάφους σε φώσφορο.

Επειδή ο φώσφορος είναι ευκίνητος στο φυτό τα συμπτώματα τροφοπενίας παρουσιάζονται πρώτα στα παλαιότερα και κατώτερα φύλλα. Η έλλειψη του φωσφόρου κάνει τους ιστούς σκληρούς και δυσχεραίνει την απώλεια νερού από αυτούς. Πιστεύεται ότι το φωσφορικό ιόν ρυθμίζει την γλυκόλυση και την αναπνοή. Κατά την έλλειψη η φωτοσύνθεση συνεχίζεται ενώ η αναπνοή περιορίζεται. Αυτό σημαίνει ότι η κρίσιμη περιεκτικότητα σε φώσφορο είναι χαμηλότερη για τη λειτουργία των χλωροπλάστων απ' ότι των μιτοχονδρίων. Επομένως φυτά που περιέχουν περιορισμένα ποσά φωσφορικών συσσωρεύουν υδατάνθρακες (με τους χλωροπλάστες) αλλά δεν



μπορούν να τους καταναλώσουν (μιτοχόνδρια). Προσωρινή έλλειψη P μπορεί να οφείλεται στην χαμηλή θερμοκρασία του εδάφους ειδικά σε πρώιμες ανοιξιάτικες καλλιέργειες (Μπουράνης, 1996).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΑΣΒΕΣΤΙΟ ( $\text{Ca}^{++}$ )

#### 5.1 Το ασβέστιο στο έδαφος

Το ασβέστιο είναι στοιχείο το οποίο θεωρείται απαραίτητο για την αύξηση του μεριστώματος των φυτών και κυρίως για την ανάπτυξη των ακρορυζίων. Επίσης παίζει ρόλο στο σχηματισμό των κυτταρικών τοιχωμάτων και στη ρύθμιση του pH του κυτταροπλάσματος. Η έλλειψη του ασβεστίου περιορίζει την ανάπτυξη των φυτών ενώ τα φύλλα αυτών καθίστανται χλωρωτικά.

Η παρουσία μεγάλης ποσότητας ασβεστίου στο έδαφος δεν είναι τοξική για τα φυτά. Όμως σε μερικές περιπτώσεις καθίσταται εμμέσως επιβλαβής γιατί παρεμποδίζει την πρόσληψη άλλων στοιχείων του εδάφους, όπως του καλίου, του φωσφόρου, του σιδήρου, του μαγνησίου και του μαγγανίου.

Το ασβέστιο στο έδαφος παίζει ρόλο :

- α) ως θρεπτικό συστατικό
- β) ως μέσο ρύθμισης του pH του εδάφους
- γ) ως ρυθμιστής της διαθεσιμότητας άλλων μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων και
- δ) ως μέσο εξουδετέρωσης της τοξικότητας του Al και Mn στα πολύ όξινα εδάφη.

Στα εδάφη το ποσό του ασβεστίου διαφέρει κατά πολύ ανάλογα με το μητρικό υλικό και την επίδραση των παραγόντων της εδαφογένεσης. Εδάφη που προέρχονται από ασβεστόλιθο και νεαρά εδάφη είναι συνήθως πλούσια σε ασβέστιο με υψηλή περιεκτικότητα σε  $\text{CaCO}_3$ . Είναι δυνατόν όμως τέτοια εδάφη, που αναπτύχθηκαν σε ασβεστόλιθο να είναι φτωχά σε Ca αν οι συνθήκες εκπλύσεως είναι ευνοϊκές. Εδάφη σε προχωρημένα στάδια αποσάθρωσης και έκπλυσης υπό υγρές συνθήκες έχουν μικρά ποσά Ca. Αντίθετα σε περισσότερο ξηρές συνθήκες μεγάλα ποσά Ca συσσωρεύονται στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους με τη μορφή γύψου ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

### 5.1.1 Μορφές του ασβεστίου στο έδαφος

Πηγές του εδαφικού ασβεστίου είναι τα πετρώματα και τα ορυκτά από τα οποία έχει σχηματιστεί το έδαφος. Η μέση κατά βάρος περιεκτικότητα του φλοιού της γης σε Ca είναι περίπου 3,64%. Περιέχεται σε διάφορα πρωτογενή ορυκτά τα οποία ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

1) Ασβεστούχα πυριτικά ορυκτά:

- Βασικά πλαγιόκλαστα πλούσια σε ανορθίτη
- Ορυκτά της ομάδας των αμφιβόλων
- Επίδοτο

2) Ανθρακικά άλατα του ασβεστίου, τα οποία αποτελούν την κύρια πηγή του ασβεστίου του εδάφους.

- Ασβεστίτης
- Δολομίτης

3) Απλά άλατα του ασβεστίου

- Θειικό ασβέστιο υπό μορφή γύψου, το οποίο συναντάται σε εδάφη ξηρών περιοχών.
- Φωσφορικό ασβέστιο υπό μορφή απατίτη το οποίο βρίσκεται σε μικρά ποσά.

4) Ανταλλάξιμο ασβέστιο προσροφημένο στην επιφάνεια των εδαφικών κολλοειδών.

### 5.1.2 Ο κύκλος του ασβεστίου στο έδαφος

Το ασβέστιο που απελευθερώνεται από τη διάλυση των ορυκτών ή αλάτων μεταφέρεται στο διάλυμα με τη μορφή ιόντων  $Ca^{++}$ . Από το εδαφικό διάλυμα μπορεί να ακολουθήσει τις εξής πορείες:

- 1) Απομάκρυνση από το εδαφικό σύστημα με τα διηθούμενα αρδευτικά νερά.
- 2) Προσρόφηση στα κολλοειδή του εδάφους.
- 3) Κατακρήμιση στο εδαφικό σύστημα με τη μορφή δευτερογενών προϊόντων και κυρίως ανθρακικού ασβεστίου.
- 4) Πρόσληψη από τους οργανισμούς.

### 5.1.3 Αφομοιωσιμότητα του εδαφικού ασβεστίου

Τα φυτά προσλαμβάνουν το ασβέστιο από το έδαφος εφόσον αυτό βρίσκεται ως ιόν στο εδαφικό διάλυμα (υδατοδιαλυτό) ή ως ανταλλάξιμο ιόν στην επιφάνεια των κolloειδών . Εδάφη που περιέχουν ανθρακικό ασβέστιο έχουν επαρκείς ποσότητες ασβεστίου σε διαλυμένη μορφή, ενώ τα κolloειδή τους έχουν υψηλό βαθμό κορεσμού με τα ιόντα αυτού. Συνεπώς τα εδάφη που περιέχουν  $\text{CaCO}_3$  είναι καλώς εφοδιασμένα με αφομοιώσιμες μορφές ασβεστίου. Αντίθετα σε όξινα εδάφη ή σε εδάφη που δεν περιέχουν  $\text{CaCO}_3$  η μόνη αφομοιώσιμη μορφή είναι αυτή του ανταλλάξιμου ιόντος.

Η αφομοιωσιμότητα του ασβεστίου στα παραπάνω εδάφη εξαρτάται από :

- α) το ποσό του ανταλλάξιμου ασβεστίου και το ποσοστό κορεσμού των κolloειδών με αυτό.
- β) τον τύπο των αργιλικών ορυκτών και
- γ) τα υπόλοιπα ανταλλάξιμα ιόντα.

## 5.2 Το ασβέστιο στο φυτό

Το ασβέστιο είναι ένα από τα σπουδαιότερα θρεπτικά στοιχεία και προσλαμβάνεται στη μεγαλύτερη ποσότητα, μετά το κάλιο σε σχέση με τα υπόλοιπα θρεπτικά στοιχεία.

Η έλλειψη του ασβεστίου εκδηλώνεται περισσότερο στην κορυφή του φυτού γιατί το ασβέστιο μετακινείται δύσκολα εντός του φυτού με αποτέλεσμα πολύ μικρή ποσότητα αυτού να μεταφέρεται από τα κάτω φύλλα στα ανώτερα του φυτού.

Η δημιουργία των προβληματικών όξινων εδαφών οφείλεται κυρίως στην κακή χρήση των γεωργικών εδαφών, στη συνεχή χρησιμοποίηση για πολλά χρόνια λιπασμάτων όξινης αντίδρασης, στην έλλειψη αμειψισποράς και σε άλλους παράγοντες.

Στα προβληματικά όξινα εδάφη η παραγωγικότητα είναι πάρα πολύ χαμηλή, η γονιμότητα υποβαθμίζεται συνέχεια, το κόστος παραγωγής είναι μεγάλο και τα γεωργικά προϊόντα είναι υποβαθμισμένα.

Για τους λόγους αυτούς χρειάζεται βελτίωση και σωστή χρήση των εδαφών αυτών. Η καλύτερη μέθοδος βελτίωσης των προβληματικών όξινων εδαφών είναι η ασβέστωση.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΜΑΓΝΗΣΙΟ ( $Mg^{++}$ )

#### 6.1 Το μαγνήσιο στο έδαφος

Το μαγνήσιο όπως και το ασβέστιο ανήκει στις αλκαλικές γαίες και βρίσκεται στο έδαφος σε πολύ κυμαινόμενα ποσά. Η σπουδαιότητα του μαγνησίου στην ανάπτυξη των φυτών οφείλεται στο ότι το στοιχείο αυτό λαμβάνει μέρος στο σχηματισμό του μορίου της χλωροφύλλης. Εκτός του ρόλου αυτού το μαγνήσιο σχετίζεται με το μεταβολισμό του φωσφόρου και την ενεργοποίηση των ενζυμικών συστημάτων των φυτών.

##### 6.1.1 Μορφές και συμπεριφορά του μαγνησίου στο έδαφος.

Το μαγνήσιο αντιπροσωπεύει το 1,95% του στερεού φλοιού της γης. Στα περισσότερα εδάφη το ποσό του μαγνησίου κυμαίνεται μεταξύ 0,05% για τα αμμώδη εδάφη και 0,5% για τα αργιλώδη. Τα αργιλώδη εδάφη περιέχουν μεγαλύτερα ποσά γιατί το μαγνήσιο βρίσκεται στα σχετικά εύκολα αποσπασθόμενα σιδηρομαγνησιούχα ορυκτά, βιοτίτη, σερπεντίνη, ολιβίνη και κεροσίλβη. Επίσης βρίσκεται σε δευτερογενή ορυκτά όπως το χλωρίτη, το βερμικουλίτη, τον ιλλύτη και τον μοντμοριλλονίτη.

Οι μορφές του μαγνησίου στο έδαφος είναι παρόμοιες με του καλίου, δηλαδή: α) η εναλλακτική, β) η μη εναλλακτική και γ) η υδατοδιαλυτή μορφή. Και οι τρεις μορφές βρίσκονται σε ισορροπία αλλά το μη εναλλακτικό μαγνήσιο είναι πολύ περισσότερο και περιλαμβάνει το μαγνήσιο των πρωτογενών ορυκτών και το περισσότερο των δευτερογενών αργιλικών ορυκτών. Η εναλλακτική μορφή του μαγνησίου αποτελεί περίπου το 5% του ολικού μαγνησίου. Αυτό μαζί με το υδατοδιαλυτό μαγνήσιο έχει τη μεγαλύτερη σημασία για τη θρέψη των φυτών.

Το μαγνήσιο, όπως και το ασβέστιο εκπλύνεται σχετικά εύκολα από το έδαφος και οι απώλειες μπορούν να φτάσουν σε 2 – 30 Kg μαγνησίου ετησίως. Ο ρυθμός της απομακρύνσεως εξαρτάται από το ποσό των μαγνησιούχων ορυκτών, το ρυθμό αποσάθρωσης, τις συνθήκες έκπλυσης και την απορρόφησή του από τα φυτά. Σε μερικά εδάφη η απελευθέρωσή του από τα ορυκτά καλύπτει τις εκπλύσεις αλλά στα αμμώδη εδάφη η έκπλυση είναι μεγαλύτερη. Στα εδάφη αυτά το μαγνήσιο συσσωρεύεται στο υπέδαφος.



Τα ποσά του μαγνησίου στα εδάφη εξαρτώνται και από το τύπο του εδάφους. Τα διαβρωμένα και εκπλυμένα εδάφη είναι κατά κανόνα φτωχά σε μαγνήσιο. Αντίθετα τα σχηματιζόμενα σε κοιλάδες, όπου συσσωρεύονται τα εκπλυνόμενα θρεπτικά στοιχεία των γύρω περιοχών, είναι πλούσια σε μαγνήσιο. Εδάφη που σχηματίζονται σε μαγνησιούχα ορυκτά, όπως σερπεντίνη είναι πολύ πλούσια σε Mg και ο λόγος Mg/Ca στο εναλλακτικό σύμπλοκο είναι υψηλός σε βαθμό που η βλάστησή τους να εμφανίζει συμπτώματα πραγματικής ελλείψεως Ca.

## 6.1.2 Αφομοιωσιμότητα του εδαφικού μαγνησίου

Οι αφομοιώσιμες μορφές του μαγνησίου είναι η ανταλλάξιμη και η υδατοδιαλυτή. Σε πολλές περιπτώσεις, ως κριτήριο της διαθεσιμότητας του μαγνησίου χρησιμοποιείται το ποσοστό της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων που αυτό καταλαμβάνει. Συνήθως ποσοστό 5% της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων θεωρείται ικανοποιητικό για να καλύψει τις ανάγκες των περισσότερων φυτών.

Το διαθέσιμο μαγνήσιο στα φυτά εξαρτάται:

- από το ανταλλάξιμο και το υδατοδιαλυτό ποσό αυτού στο έδαφος,
- από τον κορεσμό των κolloειδών με αυτό και
- από τα υπόλοιπα προσροφημένα κατιόντα.

Όπως συμβαίνει και με το κάλιο, μέρος του ανταλλάξιμου Mg καθίσταται δυσκόλως αφομοιώσιμο, λόγω δεσμεύσεώς του από τα αργιλικά ορυκτά. Έλλειψη μαγνησίου και ανάγκη λιπάνσεως παρατηρείται στα όξινα χονδρόκοκκα εδάφη των υγρών περιοχών. Η ασβέστωση των εδαφών αυτών με υλικά που στερούνται μαγνησίου επιδεινώνει την κατάσταση. Σε τέτοια εδάφη συνίσταται η χρήση λιπασμάτων που περιέχουν μαγνησιούχες προσμίξεις.

Την πρόσληψη του μαγνησίου από τα φυτά μπορούν να ανταγωνιστούν το ασβέστιο και το κάλιο. Από αναλύσεις της διαθεσιμότητας του εδαφικού μαγνησίου προκύπτει ότι φτωχά σε διαθέσιμο μαγνήσιο είναι πιθανόν να είναι τα όξινα εδάφη, τα οποία έχουν υποστεί έκπλυση των ανταλλαξίμων βάσεων και αντικατάστασή τους με  $H^+$  και ιόντων του  $Al^{3+}$ . Η έλλειψη διαθέσιμου μαγνησίου στα εδάφη αυτά είναι πιθανότερη όσο πιο χονδρόκοκκη είναι η

κοκκομετρική τους σύσταση. Στα εδάφη αυτά η μαγνησιούχος λίπανση είναι απαραίτητη.

Πλούσια σε διαθέσιμο μαγνήσιο είναι τα εδάφη των οποίων το μητρικό υλικό προήλθε από την αποσάθρωση πλούσιων σε μαγνησιούχα ορυκτά πετρωμάτων, όπως οι δολομίτες και τα βασικά πλουτώνια πετρώματα.

## 6.2 Το μαγνήσιο στο φυτό

Το μαγνήσιο είναι σημαντικό θρεπτικό στοιχείο για τις καλλιέργειες. Παίρνει μέρος σε πολλές μεταβολικές αντιδράσεις και ενεργοποιεί πολλά ένζυμα και διεργασίες. Επιπλέον είναι συστατικό της χλωροφύλλης και γι' αυτό συνδέεται στενά με την λειτουργία της φωτοσύνθεσης.

Το μαγνήσιο είναι απαραίτητο στον μεταβολισμό ενέργειας (φωτοσύνθεση-αναπνοή), στο μεταβολισμό των υδατανθράκων (σύνθεση και αποδόμηση) καθώς και στο μεταβολισμό πρωτεϊνών και λιπών για τον λόγο αυτό η έλλειψη του μαγνησίου προκαλεί σοβαρές διαταραχές στο σύνολο του κυτταρικού μεταβολισμού.

Η έλλειψη μαγνησίου συνήθως εκδηλώνεται όταν η περιεκτικότητα των φυτών σε μαγνήσιο είναι μικρότερη από 0,2%. Η χρησιμοποίηση μεγάλων ποσοτήτων φωσφόρου για την λίπανση συντελεί στην ελάττωση της περιεκτικότητας σε μαγνήσιο, η οποία ίσως να δημιουργήσει συμπτώματα έλλειψης μαγνησίου. Η έλλειψη του μαγνησίου συντελεί στην ελάττωση των σακχάρων και του αμύλου.

Τα συμπτώματα τροφοπενίας μαγνησίου εκδηλώνονται αρχικά στα παλαιότερα φύλλα και επεκτείνονται προς τα νεότερα. Στην αρχή τα φύλλα παρουσιάζουν αλλοίωση στο πράσινο χρώμα τους και ύστερα εμφανίζεται η χλώρωση στις περιοχές του ελάσματος μεταξύ των νευρώσεων. Τα φύλλα αποκτούν κίτρινο χρωματισμό.

Η περιεκτικότητα των φυτών σε μαγνήσιο είναι μεγαλύτερη από αυτή του φωσφόρου. Επίσης η ποσότητα του μαγνησίου, η οποία προσλαμβάνεται από τα φυτά και αυτή που αφαιρείται από το χωράφι με την καλλιέργεια (ποσότητα του μαγνησίου η οποία προσλήφθηκε στα φύλλα) είναι πολύ μεγαλύτερη της αντίστοιχης ποσότητας φωσφόρου. Από τα στοιχεία αυτά αποδεικνύεται ότι τα φυτά χρησιμοποιούν πολύ μεγαλύτερες ποσότητες

μαγνησίου από ότι φωσφόρου. Παρόλα αυτά οι γεωργοί συνεχίζουν να λιπαίνουν με αρκετή ποσότητα φωσφόρου και με πολύ μικρές ποσότητες μαγνησίου ή με μηδενική ποσότητα μαγνησίου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### ΝΑΤΡΙΟ ( $\text{Na}^+$ )

#### 7.1 Το νάτριο στο έδαφος

Οι πηγές του νατρίου στο έδαφος είναι το ορυκτό άλας και τα αργιλικά ορυκτά. Το νάτριο δεν συγκαταλέγεται στα απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών στοιχεία. Αν και τα μητρικά πετρώματα των εδαφών αποτελούνται από ορυκτά που περιέχουν στο μόριό τους νάτριο, όμως εξαιτίας της μεγάλης διαλυτότητας των αλάτων του και τις ασθενούς συγκράτησής του υπό μορφή ιόντος από τη στερεή φάση του εδάφους, το νάτριο κάτω από συνθήκες καλής στράγγισης απομακρύνεται από το έδαφος. Είναι όμως δυνατόν να συγκεντρώνεται σε ορισμένα εδάφη τα οποία με την πάροδο του χρόνου καθίστανται τελικά ακατάλληλα για την καλλιέργεια.

Κατά την αποσάθρωση των πετρωμάτων και ορυκτών σχηματίζονται μεγάλες ποσότητες διαλυτών αλάτων νατρίου. Στα υγρά κλίματα τα διαλυτά αυτά άλατα συνήθως ξεπλένονται. Στα ξέρα και ημίξερα κλίματα, τα άλατα είναι δυνατόν να συσσωρεύονται στους κατώτερους εδαφικούς ορίζοντες ή να μεταφέρονται σε χαμηλότερες περιοχές όπου το νερό εξατμίζεται και τα άλατα συγκεντρώνονται στην εδαφομάζα ή στην επιφάνεια του εδάφους.

Πιο συγκεκριμένα οι υψηλές ποσότητες νατρίου στο έδαφος οφείλονται

- :
- Στην κακή στράγγιση σε συνδυασμό με ξηροθερμικό καλοκαίρι. Η έντονη εξάτμιση προκαλεί συσσώρευση των αλάτων στα επιφανειακά στρώματα του εδάφους.
  - Στην ύπαρξη αλατούχων πετρωμάτων σε μικρό ή μεγαλύτερο βάθος από την επιφάνεια. Με την ανοδική κίνηση του νερού, τα άλατα του νατρίου ανέρχονται στους ανώτερους ορίζοντες. Το φαινόμενο εμφανίζεται κυρίως στις επίπεδες επιφάνειες.
  - Στην άρδευση με νερά κακής ποιότητας, πλούσια σε άλατα νατρίου, καθώς και στην υπερβολική χρήση λιπασμάτων.

Ένα έδαφος που περιέχει νάτριο σε μεγάλες συγκεντρώσεις γίνεται ισχυρά αλκαλικό με αποτέλεσμα να παρουσιάζεται πρόβλημα στον εφοδιασμό των φυτών με τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία.

Η υπερβολική παρουσία νατρίου στο έδαφος έχει σαν συνέπεια την εμφάνιση οσμωτικών φαινομένων στο ριζικό σύστημα των φυτών. Το νερό, στο επίπεδο των κυττάρων των ριζών, μετατοπίζεται από το σημείο με μικρότερη πυκνότητα αλάτων (εσωτερικό του κυττάρου), προς το σημείο με μεγαλύτερη πυκνότητα αλάτων (εδαφικό διάλυμα) επιφέροντας τη μάρανση του φυτού.

## 7.2 Το νάτριο στο φυτό

Πολλές ετήσιες καλλιέργειες είναι ανθεκτικές στις μικρές συγκεντρώσεις νατρίου, και δεν εμφανίζουν συμπτώματα τοξικότητας παρά μόνο στις μεγάλες συγκεντρώσεις. Αντίθετα, οι περισσότερες δενδρώδεις καλλιέργειες καθώς και άλλα πολυετή ξυλώδη φυτά, είναι ευαίσθητα ακόμη και σε χαμηλές συγκεντρώσεις νατρίου.

Κατά την άρδευση με νερό υψηλής περιεκτικότητας σε νάτριο, τα φυτά προσλαμβάνουν το στοιχείο αυτό, το οποίο μέσω της διαπνοής οδεύει προς τα φύλλα όπου και συσσωρεύεται. Όταν οι συγκεντρώσεις του νατρίου υπερβούν το επίπεδο ανθεκτικότητας του φυτού, έχουμε συμπτώματα τοξικότητας που εκδηλώνονται με συρρίκνωση και νέκρωση του περιφερειακού ιστού των φύλλων. Πριν ακόμη οι συγκεντρώσεις ξεπεράσουν τα επίπεδα ανθεκτικότητας, τα συμπτώματα εμφανίζονται στα παλιά φύλλα.

Η τοξικότητα του νατρίου μειώνεται από την παρουσία ασβεστίου. Κατά μέσο όρο, για τις περισσότερες καλλιέργειες, οι συγκεντρώσεις μεταξύ 0,25-0,50% (ξηρού βάρους) στα φύλλα είναι τοξικές για το φυτό.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

### ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ

#### ΣΙΔΗΡΟΣ ( $Fe^{++}$ )

##### 8.1 Ο σίδηρος στο έδαφος

Ο σίδηρος στο έδαφος συναντάται υπό μορφή ιόντων  $Fe^{+2}$  και  $Fe^{+3}$ , ως υδροξείδια, ως ένυδρα οξείδια, ως συστατικό του κρυσταλλικού πλέγματος των πρωτογενών και δευτερογενών ορυκτών (πυριτικοί άργιλοι), ως δυσδιάλυτος ανθρακικός και ευδιάλυτος δισανθρακικός σίδηρος, ως θειούχα ορυκτά και ως φωσφορικός σίδηρος.

Έλλειψη σιδήρου εμφανίζεται κυρίως σε εδάφη που περιέχουν ελεύθερο  $CaCO_3$  και επομένως, έχουν pH που κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 7,3 και 8,4 και είναι γνωστή ως χλώρωση σιδήρου. Όμως δεν υπάρχει σε όλα τα εδάφη που περιέχουν ελεύθερο  $CaCO_3$  και το ποσοστό του σιδήρου που υπάρχει στο έδαφος, δεν έχει σχέση με την εμφάνιση της τροφοπενίας, επειδή μπορεί να παρουσιαστεί χλώρωση στα ευπαθή φυτά που καλλιεργούνται σε εδάφη τα οποία περιέχουν μικρά ποσά π.χ. 2 ή 3%  $CaCO_3$  και να μην παρουσιαστεί χλώρωση στα φυτά που καλλιεργούνται σε εδάφη με 50% ή και περισσότερο  $CaCO_3$ .

Η αποσάθρωση των πετρωμάτων και η εδαφογένεση τείνουν να εμπλουτίζουν το έδαφος με οξείδια του σιδήρου τα οποία είναι αδιάλυτα. Η διαλυτότητα των οξειδίων του σιδήρου ρυθμίζεται από τις οξειδοαναγωγικές συνθήκες και το pH. Οι αναγωγικές συνθήκες (έλλειψη οξυγόνου) αυξάνουν τη διαλυτότητα των ενώσεων του σιδήρου επειδή το μετατρέπουν σε  $Fe^{+2}$ . Ο  $Fe^{+2}$  είναι ασταθής και μετατρέπεται σε  $Fe^{+3}$ .

Η χλώρωση Fe προκαλείται από την μη ισόρροπη σχέση των μεταλλικών κατιόντων (όπως ο χαλκός, το μαγγάνιο και ο ψευδάργυρος στο έδαφος), την περίσσεια του φωσφόρου στο έδαφος, τον συνδυασμό υψηλού pH, υψηλής περιεκτικότητας σε ασβέστιο και υγρασία, των χαμηλών θερμοκρασιών αλλά ιδιαίτερα λόγω αυξημένης περιεκτικότητας διπτανθρακικών  $HCO_3^-$  στο περιβάλλον της ριζόσφαιρας (Malissionas, 1980). Έτσι οι υψηλές περιεκτικότητες αφομοιώσιμου χαλκού, ψευδαργύρου και μαγγανίου στο έδαφος, μπορεί να προκαλέσουν έλλειψη σιδήρου, καθώς

επίσης και υπερβολική λίπανση με φώσφορο, διότι ο σίδηρος αντιδρά μαζί του και σχηματίζει αδιάλυτες φωσφορικές ενώσεις.

Επίσης η αζωτούχος λίπανση μπορεί να επηρεάσει τη χλώρωση του σιδήρου. Η πρόσληψη των  $\text{NO}_3$  από τα φυτά οδηγεί σε μια ανύψωση του pH στην περιοχή της ριζόσφαιρας που συντελεί σημαντικά στη μείωση της διαλυτότητας και της πρόσληψης του σιδήρου.

Το κρίσιμο επίπεδο του σιδήρου κάτω από το οποίο παρατηρούνται προβλήματα λόγω ανεπαρκούς εφοδιασμού είναι 2-5 p.p.m.

## 8.2 Ο σίδηρος στο φυτό

Ο σίδηρος παίζει σημαντικό ρόλο στην ενεργοποίηση πολλών ενζύμων των φυτών, που προκαλούν αντιδράσεις οξειδωσης και αναγωγής. Έτσι έχει σχέση με το μηχανισμό παραγωγής της χλωροφύλλης, που δεν λειτουργεί κανονικά με την απουσία σιδήρου. Η έλλειψη του σιδήρου στα φυτά προκαλεί τη χλώρωση των φύλλων. Προσλαμβάνεται από τα φυτά υπό μορφή δισθενούς ιόντος  $\text{Fe}^{++}$ , μπορεί όμως να προσληφθεί και υπό μορφή οργανικών συμπλόκων, ακόμα και ως τρισθενές ιόν  $\text{Fe}^{+++}$ . Φαίνεται όμως ότι η ενεργός μορφή του σιδήρου μέσα στο φυτό είναι μόνο ο δισθενής σίδηρος  $\text{Fe}^{++}$ . Το μεγαλύτερο ποσοστό του σιδήρου που απαιτείται από τα φυτά, χρησιμοποιείται για τον σχηματισμό των χλωροπλαστών.

Οι υψηλές συγκεντρώσεις Cu και Mn στο χώρο των ριζών εμποδίζουν την απορρόφηση του σιδήρου. Επίσης η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων φωσφόρου εμποδίζει τη διακίνηση του σιδήρου μέσα στο φυτό. Όταν η συγκέντρωση του φωσφόρου στην περιοχή των ριζών είναι αυξημένη υπάρχει πιθανότητα εμφάνισης τροφοπενίας Fe.

Η έλλειψη σιδήρου εμφανίζεται πρώτα στα νεότερα και αναπτυσσόμενα φύλλα μεταξύ των νευρώσεων, ενώ τα παλιά φύλλα παραμένουν βαθιά πράσινα. Αυτό δεν είναι γνωστό αν οφείλεται στην αδυναμία του φυτού να μεταφέρει το σίδηρο που περιέχει, από τα ώριμα φύλλα στα αναπτυσσόμενα ή στην αδυναμία του να διασπάσει τις σιδηρούχες ενώσεις, για να τις καταστήσει ευκίνητες. Αν η έλλειψη σιδήρου είναι έντονη, τελικά όλο το φύλλο μαζί με τις νευρώσεις του κιτρινίζει.

Η περιεκτικότητα του σιδήρου στους φυτικούς ιστούς κυμαίνεται μεταξύ 50 και 250 p.p.m. Σε συγκεντρώσεις μικρότερες των 50 p.p.m. υπάρχει περίπτωση να εμφανιστεί τροφοπενία Fe (Harry-Mills, 1996). Συνήθως όμως τα φυτά που παρουσιάζουν έλλειψη σιδήρου, τα φύλλα περιέχουν 10-80 p.p.m. Fe στην ξηρή ουσία.

Συχνά ο σίδηρος μπορεί να φτάσει μέχρι 300 – 400 p.p.m. χωρίς να προκαλεί τοξικότητα. Η διόρθωση της περίσσειας Fe μπορεί να επιτευχθεί με εμπλουτισμό του εδάφους με ασβέστιο καθώς επίσης και με αύξηση της συχνότητας των αρδεύσεων.

Η τροφοπενία σιδήρου είναι συνήθως εικονική, δηλαδή παρότι υπάρχει σίδηρος δεν είναι αφομοιώσιμος γιατί έχει οξειδωθεί από  $Fe^{++}$  σε  $Fe^{+++}$ . Για το λόγο αυτό συνιστάται διαφυλλική λίπανση με σίδηρο. Σε όξινα εδάφη χρησιμοποιείται ο E.D.T.A.-Fe και σε αλκαλικά ο A.P.C.A.-Fe. Οι δύο αυτές χηλικές ενώσεις προσφέρουν το ιόν του σιδήρου σε τέτοια μορφή που είναι άμεσα αφομοιώσιμη για τα φυτά.



## ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ ( $Zn^{++}$ )

### 8.3 Ο ψευδάργυρος στο έδαφος

Ο ψευδάργυρος προέρχεται από τα ορυκτά όπως ο σφαλερίτης ( $ZnS$ ), ο σμιθστονίτης ( $ZnCO_3$ ), και ο βιλλεμίτης ( $Zn_2SiO_4$ ) τα οποία διαβρώνονται εύκολα.

Τα περισσότερα από τα ορυκτά που περιέχουν ψευδάργυρο αποσπώνονται εύκολα, οπότε ελευθερώνουν δισθενές κατιόν  $Zn^{++}$ , που στη συνέχεια προσροφάται από τα κolloειδή του εδάφους ή δημιουργεί σύμπλοκο με την οργανική ουσία.

Η περιεκτικότητα του εδάφους σε ολικό ψευδάργυρο κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 10 και 300 p.p.m. και η αφομοιωσιμότητά του 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 δέσμευσής του από την άργιλο και τα ανθρακικά ( $CaCO_3$ ,  $MgCO_3$ ,  $CaMg(CO_3)_2$ ).

Ο  $Zn$  συναντάται στο έδαφος σε δισθενή μορφή ( $Zn^{++}$ ) και βρίσκεται προσροφημένος στα κolloειδή και σε σύμπλοκα με την οργανική ουσία, ενώ είναι διαθέσιμος στα φυτά σαν ανταλλάξιμος  $Zn$  και  $Zn$  ελεύθερος στο εδαφικό διάλυμα. Ο ανταλλάξιμος ψευδάργυρος δεν υπερβαίνει συνήθως το 1% του ολικού ψευδαργύρου. Έτσι η ολική περιεκτικότητα σε  $Zn$  ενός εδάφους δεν μπορεί να δώσει και μια καλή εκτίμηση του αφομοιώσιμου από τα φυτά  $Zn$  λόγω των προαναφερθέντων παραγόντων που επηρεάζουν την διαθεσιμότητα του ιχνοστοιχείου.

Ο  $Zn$  είναι δυσκίνητο στοιχείο, κάτι που οδηγεί στην επιφανειακή συσσώρευσή του στο έδαφος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση τροφοπενίας  $Zn$  όταν για κάποιο λόγο απομακρυνθεί από το επιφανειακό στρώμα εδάφους (π.χ. λόγω διάβρωσης). Σε εδάφη με χαμηλή γενικά περιεκτικότητα σε  $Zn$ , όταν προστίθεται στο έδαφος (στα ανώτερα στρώματα) προσροφάται τόσο ισχυρά που δεν είναι άμεσα διαθέσιμος στα φυτά.



Η διαθεσιμότητα του Zn επηρεάζεται και από την παρουσία άλλων θρεπτικών στοιχείων . Γενικά ο Fe, το Mn και ο Cu παρεμποδίζουν την πρόσληψη του Zn λόγω ανταγωνισμού. Επίσης η αφομοιωσιμότητα του Zn επηρεάζεται και από την συγκέντρωση του φωσφόρου στο έδαφος. Σε περίπτωση χρήσης μη διαλυτών μορφών φωσφόρου δεν υπάρχει ή είναι μικρή η επίδραση του P στην αφομοιωσιμότητα του Zn.

Τα περισσότερα από τα Ελληνικά εδάφη, στα οποία παρατηρήθηκαν ελλείψεις ψευδαργύρου ήταν ασβεστούχα και συνεπώς αλκαλικής αντίδρασης. Γενικά ο ψευδάργυρος προσλαμβάνεται από τα φυτά ευκολότερα, όταν αυτά αναπτύσσονται σε όξινα παρά σε αλκαλικά εδάφη.

Η αφομοιωσιμότητα του Zn μειώνεται με την αύξηση του pH και του  $\text{CaCO}_3$  στο έδαφος και η ακινητοποίησή του είναι μεγαλύτερη όταν το έδαφος είναι πλούσιο σε πυριτικά άλατα. Η αύξηση του pH οδηγεί στο σχηματισμό δυσδιάλυτων ενώσεων του Zn, ενώ σε ασβεστούχα εδάφη ο Zn συγκρατείται από τεμαχίδια  $\text{CaCO}_3$  κολλοειδούς μεγέθους, μειώνοντας έτσι ακόμα περισσότερο την περιεκτικότητα του Zn στο έδαφος. Η επίδραση του ασβεστίου είναι κατά κάποιο τρόπο έμμεση, γιατί αυτό δρα ανυψώνοντας το pH του εδάφους.

Εδάφη πλούσια σε οργανική ύλη έχουν μεγάλο μικροβιακό πληθυσμό και συνήθως μικρό ποσοστό σε αφομοιώσιμο Zn. Αυτό συμβαίνει γιατί οι μικροοργανισμοί προσλαμβάνουν τον Zn και τον απελευθερώνουν όταν μετά τον θάνατό τους ανοργανοποιηθεί η οργανική ουσία. Παρ' όλο που ο Zn δεσμεύεται από την οργανική ουσία σε τέτοιο βαθμό που μπορεί να προκληθεί τροφопενία. Γενικά τα ιχνοστοιχεία δεσμεύονται λιγότερο ισχυρά απ' ότι στα ανόργανα εδάφη.

Ο Zn προσροφάται επίσης ισχυρά στα ανθρακικά άλατα του Ca και Mg ισχυρότερα επί του μαγνησίτη ( $\text{MgCO}_3$ ) ασθενέστερα επί του ασβεστίτη ( $\text{CaCO}_3$ ) ενώ του δολομίτη ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) η προσρόφηση είναι ενδιάμεση. Στην περίπτωση των μαγνησιούχων αλάτων, ο Zn παίρνει τη θέση των ιόντων Mg στο κρυσταλλικό πλέγμα. Ο Zn είναι δυνατόν να σχηματίσει δυσδιάλυτα υδροξείδια και φωσφορικά άλατα. Ανταγωνιστικότητα προς τον Zn δρα και η αυξημένη συγκέντρωση φωσφόρου. Έτσι ισχυρές λιπάνσεις με P οδηγού σε τροφопενία Zn.

Επίσης η θερμοκρασία και ο φωτισμός επηρεάζουν την πρόσληψη του Zn στα φυτά, όπως επίσης και η χαμηλή ένταση φωτισμού. Αντίθετα όταν

έχουμε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών και μεγάλη ένταση φωτισμού, η περίπτωση να εμφανιστεί τροφοπενία Zn είναι μικρή.

## 8.4 Ο ψευδάργυρος στο φυτό

Ο ρόλος του ψευδαργύρου στη ζωή του φυτού είναι σημαντικός. Συμμετέχει στον μεταβολισμό των υδατανθράκων, στο σχηματισμό της χλωροφύλλης και των αυξινών και είναι συστατικό πολλών ενζύμων. Η έλλειψη ψευδαργύρου περιορίζει την σύνθεση του ριβονουκλεϊκού οξέος και προκαλεί την εξαφάνιση των κυττοπλαστικών ριβοσωμάτων.

Ο Zn ευνοεί την σύνθεση της τρυπτοφάνης που είναι απαραίτητη για τον σχηματισμό του ινδολοοξικού οξέος. Σε θερμά κλίματα η αποσύνθεση των ορμονών αυτών είναι πολύ έντονη με αποτέλεσμα να απαιτούνται τουλάχιστον 50 p.p.m. (ξ. ο) .Σε εύκρατα κλίματα απαιτούνται λιγότερα (30 έως 40 p.p.m. Zn ξ.ο).

Ο ψευδάργυρος απορροφάται από τα φυτά σε μικρές ποσότητες υπό την μορφή του δισθενούς ιόντος  $Zn^{++}$ . Επίσης είναι δυνατόν να προσληφθεί και από το φύλλωμα, υπό μορφή οργανικών συμπλόκων (E.D.T.A). Ο ρόλος του σχετίζεται με το σχηματισμό ορισμένων αυξητικών ορμονών των φυτών και τις αναπαραγωγικές τους λειτουργίες καθώς επίσης και με τα ενζυμικά συστήματα των φυτών.

Ο Zn περιέχεται στα φυτά σε ποσότητες από 20 έως 100 p.p.m. (ξ.ο.) και ποικίλει ανάλογα με το είδος και το τμήμα του φυτού. Στα φύλλα η περιεκτικότητα κυμαίνεται συνήθως από 25 έως 50 p.p.m. ψευδαργύρου ενώ το μισό της ποσότητας αυτής επικρατεί στο στέλεχος των φυτών.

Ο ψευδάργυρος θεωρείται σαν ένα από τα σημαντικότερα ιχνοστοιχεία αν και η ποσότητα που χρειάζεται το φυτό είναι πολύ μικρή και η υπερβολική συγκέντρωσή του στο εδαφικό διάλυμα μπορεί να δημιουργήσει τοξικότητα.

Συγκεντρώσεις κάτω από 10 έως 20 p.p.m. σημαίνουν έλλειψη Zn. Η ανάπτυξη του φυτού ως προς τον Zn είναι κανονική όταν η συγκεντρωσή του είναι από 20 έως 60 p.p.m. στην ξηρή ουσία (Τσιτσιάς 1995).

Τοξικότητα στα φυτά από Zn μπορεί να προκληθεί στα όξινα εδάφη ύστερα από χορήγηση φωσφόρου και οργανικής ουσίας, καθώς επίσης και με το ασβέσωμα που στόχο έχει την ανύψωση του pH.



Η έλλειψη ψευδαργύρου προκαλεί στα φυτά βραχυγονάτωση των μεσογονατίων διαστημάτων των βλαστών και μικρά χλωρωτικά φύλλα που σχηματίζουν ρόδακα κατά την έκπτυξη.

Αντίθετα η τοξικότητα του Zn (υψηλότερη από 200 p.p.m.) προκαλεί μείωση της ανάπτυξης της ρίζας και περιορισμένη ανάπτυξη των φυτών. Τα συμπτώματα της περίσσειας Zn στα φύλλα, μοιάζουν με τις τροφοπενίες Fe και Mn.

Για την αντιμετώπιση της τροφοπενίας του ψευδαργύρου, συνιστάται διαφυλλική λίπανση με χηλικό ψευδάργυρο.

## ΜΑΓΓΑΝΙΟ ( $Mn^{++}$ )

### 8.5 Το μαγγάνιο στο έδαφος.

Η περιεκτικότητα του εδάφους σε ολικό μαγγάνιο κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 200 και 3000p.p.m. και προέρχεται από την αποσάθρωση μαγγανιούχων σιδηρομαγνησιακών ορυκτών. Τέτοια είναι ο μαννίτης ( $MnOOH$ ), ο ροδοχρωσίτης ( $MnCO_3$ ), ο χαουσμανίτης ( $Mn_3O_4$ ), ο πυρολουσίτης ( $MnO_2$ ) και ο ροδονίτης ( $MnSiO_3$ ).

Η ολική περιεκτικότητα ενός εδάφους σε Mn δεν μπορεί να αποδώσει και τον βαθμό κατά τον οποίο αυτό είναι διαθέσιμο στα φυτά, και αυτό γιατί η διαθεσιμότητα επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Το εδαφικό μαγγάνιο βρίσκεται στο έδαφος με τις παρακάτω μορφές:

(α) Ως συστατικό των μαγγανιούχων ορυκτών, το οποίο δεν είναι αφομοιώσιμο από τα φυτά αφού ελευθερώνεται πολύ αργά από τα ορυκτά μέσω της αποσάθρωσής τους, και αποτελεί μακροπρόθεσμη πηγή εμπλουτισμού του εδάφους σε Mn.

(β) Σαν ευδιάλυτο μαγγάνιο, που είναι το ελεύθερο Mn του εδαφικού διαλύματος και το ανταλλάξιμο Mn.

(γ) Ως μη ενωμένο σε σύμπλοκα με τις οργανικές ενώσεις του εδάφους και

(δ) Ως δυσδιάλυτο Mn, τέτοιο είναι το  $MnO_2 \cdot 2H_2O$  που αποτελεί το σταθερότερο οξείδιο του Mn όπως επίσης και το δεσμευμένο στα ορυκτά της αργίλου Mn.

Το Mn συναντάται στο έδαφος ως δισθενές  $Mn^{+2}$ , το οποίο είναι ευδιάλυτο και βρίσκεται στην επιφάνεια των κολλοειδών σαν ανταλλάξιμο και σαν Mn του εδαφικού διαλύματος, ως τρισθενές  $Mn^{+3}$ , το οποίο είναι ασταθές και στο έδαφος μετατρέπεται σε δισθενές και τετρασθενές Mn και δεν είναι γνωστό αν αυτή η μορφή μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα από τα φυτά. Επίσης το  $Mn^{+4}$  είναι δυσδιάλυτο και πρακτικά δεν είναι διαθέσιμο στα φυτά. Το άθροισμα του  $Mn^{+2}$  και του  $Mn^{+3}$  χαρακτηρίζονται σαν ενεργό μαγγάνιο και είναι αυτό που είναι υπεύθυνο για τη διαθεσιμότητα του μαγγανίου στα φυτά.

Για να υπάρχει επαρκής πρόσληψη Mn από τα φυτά πρέπει το ενεργό μαγγάνιο να είναι τόσο περισσότερο όσο υψηλότερο είναι το εδαφικό pH. Αυτό συμβαίνει γιατί το μαγγάνιο είναι από τα ιχνοστοιχεία που η διαθεσιμότητά



τους επηρεάζεται από την αντίδραση του εδάφους, όπως επίσης και από τις συνθήκες οξειδοαναγωγής.

Η διαθεσιμότητα του μαγγανίου επηρεάζεται από άλλα θρεπτικά στοιχεία, από τις εδαφικές συνθήκες και από άλλους παράγοντες. Τα στοιχεία αυτά δρουν ανταγωνιστικά στο μαγγάνιο, είτε δρουν έμμεσα επηρεάζοντας τις εδαφικές συνθήκες.

Όσον αφορά το φώσφορο, ενώ δεν φαίνεται να υπάρχει άμεση ανταγωνιστική δράση μεταξύ φωσφόρου και μαγγανίου, σε μεγάλες συγκεντρώσεις επιδρά στο pH του εδάφους μειώνοντάς το, και αυξάνοντας έτσι την αφομοιωσιμότητα του μαγγανίου, ενώ αντίθετα αν η λίπανση δρα αυξάνοντας το pH τότε η αφομοιωσιμότητα του Mn μειώνεται.

Από τα άλλα στοιχεία τα Cu, Ca, Zn, N και Fe βρέθηκε ότι επηρεάζουν την διαθεσιμότητα του Mn.

Έτσι στην περίπτωση του χαλκού, όταν το μαγγάνιο υπάρχει σε περίσσεια μειώνει την πρόσληψη του Cu ενώ αντιθέτως η περίσσεια του Cu αυξάνει την πρόσληψη του Mn στα αμμοπηλώδη κυρίως εδάφη.

Το ασβέστιο δρα ανταγωνιστικά με το μαγγάνιο αφού η παρουσία του επιδρά στην αύξηση του pH που μειώνει τη διαθεσιμότητα του μαγγανίου. Ο ψευδάργυρος όταν υπάρχει σε αφθονία μειώνει την περιεκτικότητα των φυτών σε Mn.

Η επίδραση του αζώτου εξαρτάται από την μορφή που δίνεται στο έδαφος. Έτσι μορφές του αζώτου που κάνουν όξινο ή αλκαλικό το έδαφος, μπορεί να ευνοήσουν ή να παρεμποδίσουν την πρόσληψη του μαγγανίου από τα φυτά. Όσον αφορά τη σχέση Mn-Fe η περίσσεια του σιδήρου ενδεχομένως να μειώσει την αφομοιωσιμότητα του Mn χωρίς αυτό να σημαίνει ότι η έλλειψη Mn προκαλείται αποκλειστικά από την περίσσεια σιδήρου.

Στις περιπτώσεις που παρουσιάζεται πρόβλημα έλλειψης μαγγανίου συνίσταται η προσθήκη στο έδαφος θειϊκού ή χηλικού μαγγανίου. Τα δύο αυτά λιπάσματα διατηρούν το μαγγάνιο στη δισθενή του μορφή που είναι άμεσα αφομοιώσιμη από τα φυτά.

Τα χαρακτηριστικά του εδάφους που επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα του Mn είναι:

α) το pH : Το Mn είναι από τα ιχνοστοιχεία που η διαθεσιμότητά του επηρεάζεται από το pH. Η διαθεσιμότητα του μαγγανίου σε όξινα εδάφη αυξάνεται ενώ σε αλκαλικά μειώνεται. Η επίδρασή του οφείλεται στο γεγονός



ότι σε υψηλό pH ευνοείται η οξειδωση του  $Mn^{+2}$  σε δυσδιάλυτο  $Mn^{+4}$ , ενώ σε χαμηλό pH γίνεται αναγωγή σε  $Mn^{+2}$ .

β) **Το δυναμικό οξειδοαναγωγής:** Αυτό επηρεάζει την ισορροπία των διάφορων μορφών του μαγγανίου στο έδαφος και το ίδιο επηρεάζεται από το pH. Έτσι η αλκαλική αντίδραση του εδάφους ευνοεί τις οξειδωτικές αντιδράσεις και η όξινη αντίδραση τις αναγωγικές. Το δυναμικό οξειδοαναγωγής όσο μεγαλύτερο είναι τόσο ευνοεί την οξειδωση του  $Mn^{+2}$  σε  $Mn^{+3}$  και  $Mn^{+4}$  μειώνοντας τη διαθεσιμότητά του. Αντίθετα όταν είναι μικρό επικρατούν αναγωγικές συνθήκες και το μαγγάνιο  $Mn^{+3}$  και  $Mn^{+4}$  ανάγεται σε ευδιάλυτο  $Mn^{+2}$ .

γ) **Η οργανική ουσία του εδάφους:** Αυτή επηρεάζει τη διαθεσιμότητα του Mn γιατί σχηματίζει αδιάλυτα σύμπλοκα με το  $Mn^{+2}$ . Τα οξείδια του Mn δεν υπάρχουν στα οργανικά εδάφη, και με προσθήκη οργανικής ουσίας σε αυτά αυξάνουν τη διαθεσιμότητα του μαγγανίου. Οι ελλείψεις Mn που παρουσιάζονται σε οργανικά εδάφη οφείλονται περισσότερο στα χαμηλά ποσοστά αυτού στο έδαφος παρά από τη δέσμευσή του σε οργανικά σύμπλοκα.

δ) **Ο αερισμός, η υγρασία και η στράγγιση του εδάφους:** Οι παράγοντες αυτοί επιδρούν στη διαθεσιμότητα του Mn μεταβάλλοντας το δυναμικό οξειδοαναγωγής. Έτσι κατάκλιση του εδάφους με νερό και κακός αερισμός του εδάφους δημιουργούν αναερόβιες συνθήκες, κάτι που ευνοεί τις αναγωγικές αντιδράσεις στο έδαφος. Σε εδάφη που κατακλύζονται με νερό είναι απίθανο να παρουσιαστούν προβλήματα έλλειψης μαγγανίου. Αντίθετα σε ξηρά εδάφη το Mn μπορεί να οξειδωθεί σε πιο δυσδιάλυτα οξείδια με πιθανότητα εμφάνισης τροφοπενίας μαγγανίου.

## 8.6 Το μαγγάνιο στο φυτό

Το μαγγάνιο απαιτείται σε μικρά ποσά για την κανονική ανάπτυξη των φυτών. Η πρόσληψη του Mn γίνεται υπό τη δισθενή μορφή ( $Mn^{+2}$ ), και σε αναλύσεις φύλλων έχουν βρεθεί ποσότητες από 20 έως 500 p.p.m. Ο ρόλος του μαγγανίου είναι πολύ σημαντικός στις λειτουργίες του φυτού αφού παίζει ρόλο ενεργοποιού των ενζυμικών συστημάτων που σχετίζονται με την υδρόλυση της πρωτεΐνης, το μεταβολισμό του φωσφόρου, της



αποκαρβοξυλίωσης στον κύκλο του KREBS και της αναγωγής του νιτρικού αζώτου σε αμμωνιακό μέσα στο φυτό.

Το μαγγάνιο παίζει σημαντικό ρόλο στην ένωση των αμινοξέων με πεπτιδικό δεσμό. Επίσης ο σχηματισμός της χλωροφύλλης εξαρτάται από την παρουσία του Mn και συνεπώς και ο μηχανισμός της φωτοσύνθεσης. Το Mn επίσης παίζει ένα πολύ ειδικό ρόλο στη φωτόλυση του νερού. Ακόμη το μαγγάνιο ευνοεί το σχηματισμό των σακχάρων, ενώ ελλείπει Mn επικρατεί μια εξάρτηση μεταξύ του στοιχείου και της συγκέντρωσης των διαλυτών υδατανθράκων. Επίσης παίρνει μέρος στην οξείδωση ορισμένων δικαρβονικών οξέων.

Στους φυτικούς ιστούς το μαγγάνιο δεν κινείται εύκολα με αποτέλεσμα τα πρώτα συμπτώματα της έλλειψης Mn να εμφανίζονται στα νεαρά φύλλα.

Από όλα τα φυτικά όργανα, τα πιο ευαίσθητα στην έλλειψη του μαγγανίου είναι οι χλωροπλάστες, των οποίων η εξέλιξη διακόπτεται, με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται μεσονεύριες χλωρώσεις.

Η έλλειψη μαγγανίου έχει σαν συνέπεια τη συγκέντρωση νιτρικού αζώτου ( $\text{NO}_3^-$ ) στο φυτό και τα συμπτώματα της έλλειψης μαγγανίου είναι ίδια με την τοξικότητα του νιτρικού αζώτου στα φυτά.

Η κανονική περιεκτικότητα είναι 200-3000 p.p.m. ολικού Mn και 20-200 p.p.m. ενεργού Mn. Η περιεκτικότητα των ιστών κυμαίνεται από 20-500 p.p.m. Τα φυτά που περιέχουν στα φύλλα τους από 5-20 p.p.m. μαγγανίου παρουσιάζουν εμφανή συμπτώματα έλλειψης του στοιχείου αυτού, ενώ πάνω από 800 p.p.m. εμφανίζεται τοξικότητα. Σε όξινα εδάφη τοξικότητα μπορεί να εμφανιστεί ακόμη και σε πολύ χαμηλή συγκέντρωση μαγγανίου (10 p.p.m.).



## ΧΑΛΚΟΣ (Cu<sup>++</sup>)

### 8.7 Ο χαλκός στο έδαφος

Ο χαλκός περιέχεται στο έδαφος σε ποσότητα από 2-100 p.p.m. Το ποσοστό του ολικού χαλκού που είναι αφομοιώσιμο από τα φυτά πολλές φορές είναι λιγότερο από 1%. Γενικά ο χαλκός χαρακτηρίζεται σαν δυσκίνητο στοιχείο στο έδαφος. Βρίσκεται στο έδαφος υπό μορφή δισθενούς κατιόντος (Cu<sup>++</sup>) προσροφημένο στο πλέγμα των ορυκτών της αργίλου, σαν τμήμα οργανομεταλλικής ένωσης με την οργανική ουσία του εδάφους, και σαν αφομοιώσιμος χαλκός που αποτελείται από το άθροισμα του ελεύθερου και του ανταλλάξιμου αυτού στοιχείου στο εδαφικό διάλυμα.

Μικρά ποσά του χαλκού υπάρχουν στο έδαφος υπό μορφή αδιάλυτων ουδέτερων αλάτων χαλκού, διάφορων διαλυτών ενώσεων χαλκού καθώς και διάφορων χαλκούχων ορυκτών (CuFeS<sub>2</sub>), χαλκοσίτης (Cu<sub>2</sub>S).

Εξαιτίας της ικανότητας του χαλκού να ενώνεται με οποιοδήποτε ελεύθερο σύμπλοκο παράγοντα, η δέσμευσή του υπό τη μορφή ένωσης με την οργανική ουσία είναι συνηθισμένη σε οργανικά εδάφη. Σε τέτοια εδάφη παρατηρείται συχνά έλλειψη χαλκού.

Όταν ο χαλκός προστίθεται σε μικρές ποσότητες είναι πιο εύκολα διαθέσιμος σε εδάφη πλούσια σε οργανική ουσία παρά σε ανόργανα εδάφη. Ο χαλκός που περιέχεται στα χαλκούχα ορυκτά και στην οργανική ουσία, ελευθερώνεται με την επίδραση φυσικοχημικών παραγόντων και της διάβρωσης, ενώ στη συνέχεια ενώνεται πολύ ισχυρά με τα εδαφικά σύμπλοκα.

Η παρουσία κάποιων θρεπτικών στοιχείων επηρεάζει τη διαθεσιμότητα του χαλκού όταν υπάρχει ανταγωνισμός. Ανταγωνισμός υπάρχει μεταξύ των στοιχείων χαλκού –σιδήρου, τα οποία θα πρέπει να έχουν μια αναλογία 2,5/3 έτσι ώστε να μην έχουμε δέσμευση του Cu όταν υπάρχει περίσσεια Fe. Επίσης έχει διαπιστωθεί και ανταγωνισμός μεταξύ φωσφόρου-χαλκού, αλλά σπανιότερα και σε ευαίσθητα είδη φυτών.

Σε εδάφη με μεγάλη περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, η προσρόφηση του Cu σε σύμπλοκα με την οργανική ουσία μπορεί να φτάσει το 50% του ολικού χαλκού. Αυτή η δέσμευση του χαλκού μπορεί να αυξηθεί με την παρουσία της οργανικής ουσίας, γιατί ο χαλκός αντιδράει με τις καρβοξυλικές



και τις φαινολικές ομάδες της οργανικής ουσίας πάνω στις οποίες παραμένει ως ανταλλάξιμος, ενώ σχηματίζει οργανομεταλλικά σύμπλοκα με τις θειολικές ομάδες. Η προσρόφηση στις θειολικές ομάδες είναι ισχυρότερη ακόμη και από αυτή της αργίλου. Η έλλειψη χαλκού στα οργανικά εδάφη οφείλεται περισσότερο στη μειωμένη περιεκτικότητα Cu στο έδαφος.

Η διαθεσιμότητα του χαλκού αυξάνεται σημαντικά με την πτώση του pH κάτω του 5, ενώ με την αύξηση του pH η διαλυτότητα του χαλκού μειώνεται. Έτσι μία αλκαλική λίπανση ίσως να μειώσει τη διαθεσιμότητα του χαλκού. Ο χαλκός επηρεάζεται και από την περιεκτικότητα του εδάφους σε ασβέστιο, εξαιτίας της απορρόφησης ή καταβύθισης σαν δυσδιάλυτο άλας, όταν αυξάνεται το ποσοστό του ασβεστίου του εδάφους.

## 8.8 Ο χαλκός στο φυτό

Ο χαλκός είναι απαραίτητο στοιχείο για τη θρέψη των φυτών. Απαντάται ως συστατικό πολλών ενζύμων (μεταλοπρωτεϊνών) όπως τυροσινάση και οξειδάση του ασκορβικού οξέος. Παίρνει μέρος στη φωτοσύνθεση, την αναπνοή και τη σύνθεση της χλωροφύλλης των φυτών, αν και αυξημένες ποσότητες χαλκού προκαλούν μείωση της φωτοσύνθεσης.

Ο χαλκός συμμετέχει στην οικοδόμηση της ουρεάσης που λαμβάνει μέρος στο μεταβολισμό του αζώτου καθώς και στις αναπαραγωγικές διαδικασίες. Ο Cu περιέχεται στις ρίζες των φυτών και τους χλωροπλάστες. Απαιτείται σε πολύ μικρές ποσότητες ( 2-25 p.p.m. ξ. ο.) με μεγάλη σχετικά διακύμανση ανάλογα με το είδος του φυτού.

Τα φυτά προσλαμβάνουν το χαλκό από το έδαφος ως ιόν  $Cu^{++}$ . Μπορούν να τον προσλάβουν από τις ρίζες καθώς επίσης και από το φύλλωμα υπό μορφή οργανικών συμπλόκων.

Ελλείψεις χαλκού παρατηρούνται συνήθως σε οργανικά εδάφη που έχουν βελτιωθεί, οπότε προκαλείται η ασθένεια των βελτιωμένων γαιών.

Γενικά η αφομοιωσιμότητα του χαλκού από τα φυτά καθορίζεται από την οργανική ουσία, το pH και την παρουσία μαγγανίου, σιδήρου και αργιλίου στο έδαφος. Συμπτώματα από την έλλειψη χαλκού παρουσιάζονται στα φυτά που η περιεκτικότητα των φύλλων τους σε χαλκό είναι κάτω από 4 ppm. Οι



κανονικές τιμές κυμαίνονται μεταξύ 5 – 20 ppm. Η τροφοπενία διορθώνεται με τη χρήση θειϊκού χαλκού.

Πολύ σημαντική είναι η δράση του χαλκού στη πρόληψη ορισμένων ασθενειών, κάτι που γίνεται κατανοητό αν ληφθεί υπόψη ότι ο Cu χρησιμοποιείται ως προστατευτικό μυκητοκτόνο εναντίον πολλών μυκήτων. Είναι γνωστό ότι φυτά που υποφέρουν από έλλειψη χαλκού είναι περισσότερο ευαίσθητα στην προσβολή από ωίδιο (Alloway-Tills, 1984).

Τα συμπτώματα με τα οποία η τροφοπενία χαλκού γίνεται αντιληπτή ποικίλουν ανάλογα με το είδος των φυτών και την ευαισθησία στην έλλειψη Cu. Η τροφοπενία εκδηλώνεται με μικροφυλλία, περιορισμένη ανάπτυξη, σμίκρυνση των μεσογονάτιων διαστημάτων, ρόδακα και με μάρανση των ακραίων οφθαλμών. Τα συμπτώματα εμφανίζονται στα νεαρότερα φύλλα και φυτικά όργανα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

### ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

#### 9.1 ΜΟΛΥΒΔΟΣ ( $Pb^{++}$ )

Κάτω από φυσιολογικές συνθήκες η περιεκτικότητα Pb στο έδαφος είναι 2-60  $\mu\text{g}/\text{g}$ . Ο Pb δεσμεύεται στο έδαφος πολύ σταθερά με οξείδια Fe, Al, Mn. Η δέσμευσή του εξαρτάται σημαντικά από την αντίδραση (pH) του εδάφους. Η διαθεσιμότητά του αυξάνει όσο μειώνεται το pH. Στο έδαφος συναντάται και ως ένωση φωσφόρου  $Pb_3(PO_4)_2$ . Η αυξημένη συγκέντρωση Pb στο έδαφος δεν επηρεάζει σημαντικά την πρόσληψή του από τα φυτά, ανακτάται από αυτά σε μικρές ποσότητες επειδή η κινητικότητά του στο έδαφος είναι πολύ μικρή.

Ο Pb συνδέεται σταθερά στο κυτταρικό τοίχωμα της ρίζας και η απόθεσή του στο υπέργειο τμήμα του φυτού είναι μειωμένη. Η επιβάρυνση του περιβάλλοντος αρχίζει από τη βιομηχανία (διυλιστήρια) και από τα καύσιμα που περιέχουν Pb. Έτσι καλλιέργειες που βρίσκονται πλησίον εθνικών οδών εμφανίζουν πολύ συχνά αυξημένη συγκέντρωση Pb στους φυτικούς ιστούς. Η περιεκτικότητα Pb που κυμαίνεται 2-3  $\mu\text{g}/\text{g}$  ξηράς ουσίας φθάνει σε καλλιέργειες κατά μήκος δρόμων μεγαλύτερη των 100  $\mu\text{g}/\text{g}$ .

Σε αντίθεση με τις ανόργανες μορφές Pb οι οποίες είναι δυσκίνητες στο έδαφος και το φυτό, οι οργανικές μορφές όπως Τετρααιθυλικός Μόλυβδος που προστίθεται στα καύσιμα, σε περιπτώσεις ατελούς καύσης, εναποτίθεται στο έδαφος και στα φυτά και είναι εξαιρετικά ευκίνητες και επιδρούν τοξικά στα φυτά σε ελάχιστη συγκέντρωση.

Η επικινδυνότητα του Pb για τον ζωικό και ανθρώπινο οργανισμό έγκειται στο ότι προστίθεται (δεσμεύεται στο  $Ca^{++}$ ) και δεν του επιτρέπει να αναλάβει τις φυσιολογικές λειτουργίες. Επηρεάζει την ελαστικότητα των κυτταρικών μεμβρανών, την δραστηριότητα των χλωροπλαστών, πολλών ενζύμων, την αφομοίωση του  $CO_2$  και την αναπνοή στα μιτοχόνδρια.

## 9.2 ΚΑΔΜΙΟ (Cd<sup>++</sup>)

Το Cd κυμαίνεται στο έδαφος συνήθως από 0,1 - 0,5 mg/Kg. Υπάρχουν ενδείξεις ότι η περιεκτικότητα Cd των γεωργικών εδαφών έχει αυξηθεί τα τελευταία 100 - 150 χρόνια και συνεχίζει να αυξάνεται. Μάλιστα σε μερικές από τις ερευνηθείσες περιοχές η αύξηση υπήρξε σημαντική, 30 - 60%. Κύριες πηγές τροφοδοσίας του Cd στα γεωργικά εδάφη είναι οι ατμοσφαιρικές εναποθέσεις (από αερολύματα βιομηχανικών δραστηριοτήτων), υγρά και στερεά κτηνοτροφικά απόβλητα και τέλος από τα ανόργανα λιπάσματα. Υπολογίζεται ότι οι βιομηχανικές πηγές του Cd σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες καλύπτουν περί το 50% των εισροών στα γεωργικά εδάφη.

Αναφέρονται συνολικές εισροές οι οποίες κατά χώρα κυμαίνονται ευρύτατα από 0,37 έως και 35 g Cd / εκτάριο/ έτος. Από απόψεως χημικής συμπεριφοράς στο έδαφος το Cd είναι από τα πιο δυσκίνητα και δυσδιάλυτα στοιχεία, παρόμοιο με τον Zn. Η βιοδιαθεσιμότητα του εδαφικού Cd, δηλαδή ο βαθμός πρόσληψής του από τις καλλιέργειες (ώστε να εισέλθει στην τροφική αλυσίδα) είναι μια πολύπλοκη συνάρτηση μεγάλου αριθμού μεταβλητών, όπως pH, μηχανική σύσταση, περιεκτικότητα οργανικής ύλης και κλάσματος αργίλου, καθώς και των συγκεντρώσεων Ca, Mg, Fe και Zn. Άμεση σχέση μεταξύ ολικής περιεκτικότητας και βιοδιαθεσιμότητας του εδαφικού Cd δεν υπάρχει. Η εδαφική οξύτητα συμβάλλει περισσότερο από τις λοιπές εδαφικές συνθήκες στη βιοδιαθεσιμότητα του Cd, ενώ η ασβέστωση των όξινων εδαφών περιορίζει το πρόβλημα.

Τα δικότυλα φυτά είναι πιο ευαίσθητα από ότι τα μονοκότυλα. Σε περιοχές με ισχυρή βιομηχανία, είναι δυνατόν από διάφορους λόγους να συσσωρευτούν στο έδαφος ουσίες, οι οποίες βλάπτουν την ανάπτυξη των φυτών και διαμέσου των φυτικών προϊόντων με την τροφή επιδρούν τοξικά στον άνθρωπο και στα ζώα επίσης. Η λίπανση με αστικά απορρίμματα όπως κομπόστ και ιλύς βιολογικών καθαρισμών μπορεί να οδηγήσει σε συσσώρευση βλαβερών ουσιών στο έδαφος. Έχει διαπιστωθεί ότι η περιεκτικότητα βαρέων μετάλλων σε ιλύ από βιομηχανικές περιοχές είναι ανάλογα με την περίπτωση πενταπλάσια έως και εικοσαπλάσια από αυτή των αστικών περιοχών. Καταβάλλεται προσπάθεια να καθοριστούν οι κρίσιμες τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στο έδαφος. Επισημαίνεται ότι οι τιμές



αυτές διαφέρουν για τα διάφορα είδη φυτών και τύπους εδαφών. Γενικά ισχύει ότι η πρόσληψη βαρέων μετάλλων από τα φυτά μειώνεται με την αύξηση της τιμής του pH, την περιεκτικότητα αργίλου και οργανικής ουσίας.

Υπάρχει ένα αξιοπρόσεκτο επίκαιρο ενδιαφέρον για το κάδμιο στη θρέψη των φυτών. Το κάδμιο και ο ψευδάργυρος είναι μέταλλα, χημικά παρόμοια. Επιπλέον, το κάδμιο μπορεί να μιμηθεί τη συμπεριφορά του ψευδαργύρου στη λήψη και τη μεταβολική διεργασία. Αντίθετα με τον ψευδάργυρο, το κάδμιο είναι τοξικό, τόσο για τα φυτά όσο και για τα ζώα. Το βασικό αίτιο της τοξικότητάς του πιθανόν να έγκειται στη συγγένεια του με τις ενώσεις του θείου σε ένζυμα και άλλες πρωτεΐνες. Έτσι η παρουσία καδμίου παρενοχλεί την ενζυματική δραστηριότητα. Στα φυτά το υπερβολικό κάδμιο μπορεί ακόμα να παρεμποδίσει το μεταβολισμό του σιδήρου και να προκαλέσει χλώρωση.

Η συγκέντρωση καδμίου σε μη μολυσμένα εδάφη είναι γενικώς χαμηλότερη από 1 μg/g εδάφους. Γενικά η συγκέντρωση καδμίου στα εδάφη αυξάνεται με τη συγκέντρωση του πηλού. Η διαθεσιμότητα του φυτού σε κάδμιο, ψευδάργυρο και νικέλιο αντανακλάται καλύτερα στην εκχύλιση του εδάφους με ουδέτερα διαλύματα, όπως η νιτρική αμμωνία, από ότι ισχυρά οξέα ή χηλικές ενώσεις. Γενικότερα, οι συγκεντρώσεις χαλκού, μολύβδου, νικελίου και χρωμίου είναι υψηλότερες στο ριζικό σύστημα από ότι στα άνω μέρη του φυτού. Για τον ψευδάργυρο και το κάδμιο ισχύει το αντίθετο, δείχνοντας ότι αυτά μεταφέρονται ευκολότερα από τις ρίζες προς τα πάνω. Η κατακράτηση καδμίου από το έδαφος αυξάνεται με την αύξηση του pH. Όξινα αμμώδη εδάφη ως εκ τούτου είναι πιο επικίνδυνα να εκπλύνουν το Cd σε κατώτερα στρώματα έως και τον υπόγειο υδάτινο ορίζοντα.

Έχει αποδειχτεί ότι ύστερα από 15 χρόνια στερεούς εφαρμογής, η σχετική βιοδιαθεσιμότητα των βαρέων μετάλλων ακολουθούσε την εξής σειρά: Cd > Zn > Ni > Cu > Cr > Pb. Το διαλυμένο κάδμιο και ο ψευδάργυρος επιπλέον μπορούν να εκπλυθούν στο υπέδαφος όπου και επανασυντίθενται.

Λίγα είναι γνωστά σχετικά με τους μηχανισμούς λήψεως του δισθενούς καδμίου από τα φυτά. Υποθετικά είναι μια εύκολη μετακίνηση στο πλασμόλημμα. Το κάδμιο μπορεί να μεταφερθεί έτοιμο από το έδαφος μέσω της ρίζας του φυτού στο άνω μέρος του. Η διαθεσιμότητά του εξαρτάται αρκετά από το εδαφικό pH και την παρουσία άλλων κατιόντων. Το ασβέστιο



και ο μονοσθενής ψευδάργυρος καταστέλλουν την λήψη του δισθενούς καδμίου.

Η κύρια πηγή μόλυνσης Cd στο περιβάλλον είναι τα μεταλλικά τήγματα. Επιπρόσθετα, τα εδάφη στα πλαϊνά των δρόμων μολύνονται με Cd από τα ελαστικά των αυτοκινήτων και τα λιπαντικά των κινητήρων. Το Cd στα εδάφη μπορεί επίσης να προκύψει από την εφαρμογή λασπωδών αποβλήτων των υπονόμων. Η συνεχόμενη εφαρμογή μπορεί να οδηγήσει στην αύξηση της συγκέντρωσης του Cd στο έδαφος σε τιμές που υπερέρχουν το κρίσιμο επίπεδο των 3 mg Cd/Kg εδάφους.

Η λήψη και η διάλυση των αλάτων του καδμίου μειώνεται σύμφωνα με την εξής ακολουθία:  $Cd(H_2PO_4)_2 > Cd(HPO_4)_4 > Cd(PO_4)_2$ . Οι συγκεντρώσεις καδμίου στα πετρώδη φωσφορικά άλατα μπορούν να διαφέρουν σημαντικά.

Η απολύμανση των εδαφών με την απομάκρυνση των φυτών και η συνεχόμενη σπορά δεν έχει και πολλές πιθανότητες επιτυχίας. Ακόμα και για το κάδμιο το οποίο λαμβάνεται σε ταχείς ρυθμούς θα χρειαστούν περίπου 200 χρόνια για να αποσυμφορήσουν το έδαφος και από επίπεδο των 3 mg Cd/Kg εδάφους να πέσει σε μια τιμή του 1 mg Cd/Kg.

Ο κίνδυνος με το κάδμιο έγκειται στο γεγονός ότι το φυτό δεν αντιδρά απαραίτητα ως ένας δείκτης που μας προειδοποιεί για τα επίπεδα τοξικότητας τόσο εμάς όσο και τα ζώα, μιας και τα φυτά έχουν υψηλότερο επίπεδο ανθεκτικότητας στο κάδμιο από ότι τα ζώα.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως η λήψη των βαρέων μετάλλων εξαρτάται αρκετά από τις εδαφολογικές συνθήκες. Η γενικότερη διαθεσιμότητα μειώνεται καθώς το pH αυξάνεται όπως και οι συγκεντρώσεις του πηλού και του χούμου. Για αυτό το λόγο είναι πολύ δύσκολο να οριοθετήσουμε κάποια κρίσιμη τιμή για το έδαφος ως προς τη συγκέντρωση σε αυτό των βαρέων μετάλλων.

Η φυσική περιετικότητα σε κάδμιο του στερεού φλοιού της γης είναι 0,16 ppm. Το πιο συνηθισμένο ορυκτό του καδμίου είναι ο γρηνοκίτης (CdS). Στα ορυκτά του ψευδαργύρου, το κάδμιο περιέχεται ως πρόσμιξη. Μεταλλικό κάδμιο παραλαμβάνεται ως παραπροϊόν, κατά τη διαδικασία καθαρισμού του μεταλλικού ψευδαργύρου με κλασματική απόσταξη υπό κενό. Είναι ένα αργυρόλευκο, εύτηκτο μέταλλο.

Όπως και ο ψευδάργυρος, οξειδώνεται επιφανειακά από τον αέρα (O<sub>2</sub>) και σχηματίζει προστατευτικό στρώμα έναντι περαιτέρω προσβολής. Το



οξειδιο,  $\text{CdO}$ , είναι δυσδιάλυτο σε ουδέτερο νερό διαλύεται όμως στα οξέα. Σε αντίθεση όμως με το  $\text{ZnO}$  δεν διαλύεται σε βάσεις, επειδή το  $\text{CdO}$  έχει βασικότερο χαρακτήρα.

Τα αλογονίδια το καδμίου όπως και του ψευδαργύρου είναι ιοντικές ενώσεις, με υψηλά σημεία τήξεως και σημεία ζέσεως και δυσδιάλυτα στο νερό.

Το δισθενές κάδμιο είναι ένα ενδιάμεσης σκληρότητας οξύ κατά Lewis, μαλακότερο του δισθενούς ψευδαργύρου και σχηματίζει σταθερά σύμπλοκα με υποκαταστάτες δότες τα στοιχεία N,P και S.



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

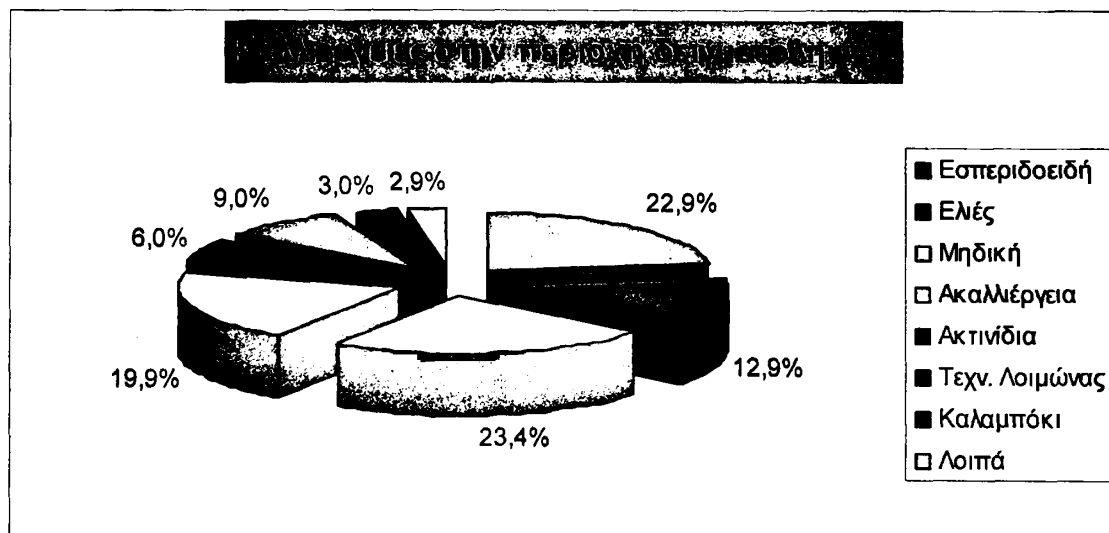
## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 10.1 Υλικά και μέθοδοι

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να γίνει έλεγχος της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων Cd και Pb σε 200 εδαφικά δείγματα της περιοχής Άρτας. Επιπλέον εξετάστηκε η διακύμανση των μακρο-μικροθρεπτικών, με σκοπό την υπόδειξη ορθολογικής λίπανσης και καλύτερης διαχείρισης και συντήρησης των εδαφών.

Στην πεδινή και ημιορεινή περιοχή του νομού Άρτας έγινε δειγματοληψία εδάφους από 201 αγρούς σε βάθος 0-30 cm.

Τα δείγματα λειοτριβήθηκαν και κοσκινίστηκαν με κόσκινα που είχαν διάμετρο οπών 2 mm. Σε αυτό το κλάσμα εδαφικών δειγμάτων (λεπτή γη) πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητες αναλύσεις για τον προσδιορισμό των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των εδαφών.



Διάγραμμα 2: Είδος καλλιέργειας κατά τη δειγματοληψία

Οι 201 αγροί κατά την περίοδο της δειγματοληψίας είχαν διάφορες καλλιέργειες όπως αναλυτικά φαίνεται στο διάγραμμα 2. Το μεγαλύτερο ποσοστό των δειγμάτων (23,4%) αποτελείται από εδάφη με καλλιέργεια μηδικής. Ακολουθεί η καλλιέργεια των εσπεριδοειδών με 22,9%. Σημαντικά μεγάλο ποσοστό των δειγμάτων (19,9%) προέρχονται από ακαλλιέργητους

αγρούς. Με μικρότερο ποσοστό της τάξεως του 12,9% ακολουθεί η δειγματοληψία από εκτάσεις με καλλιέργεια ελιάς. Στη συνέχεια ακολουθούν με 9% οι τεχνητοί λειμώνες, με 6% η καλλιέργεια της ακτινιδιάς, με 3% η καλλιέργεια του αραβόσιτου ενώ υπάρχει και ένα ποσοστό της τάξεως του 2,9% με λοιπές καλλιέργειες (φουντουκιές, αμπέλι, βαμβάκι κ.α.).

Τα δείγματα εδάφους μετά την λήψη τους αφέθηκαν για αεροξήρανση και στη συνέχεια λειοτριβήθηκαν και κοσκινίστικαν σε κόσκινο με διάμετρο οπών 2 mm.

Οι προσδιορισμοί που πραγματοποιήθηκαν είναι:

- Η μηχανική σύσταση (μέθοδος βουγιούκο)
- Το pH (διάλυμα κορεσμού αναλογία έδαφος : νερό 1:1)
- Η ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C.(αναλογία έδαφος: νερό 1:2,5)
- Η οργανική ουσία (μέθοδος Walkley-Black)
- Το  $\text{CaCO}_3$  (με ασβεστόμετρο Bernard)
- Ο φώσφορος του εδάφους (μέθοδος Olsen)
- Τα ανταλλάξιμα στοιχεία ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  και  $\text{Na}^+$ ). (μέθοδος οξικού αμμωνίου)
- Τα ιχνοστοιχεία ( $\text{Fe}^{++}$ ,  $\text{Zn}^{++}$ ,  $\text{Mn}^{++}$ ,  $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{Pb}^{++}$  και  $\text{Cd}^{++}$ ). (μέθοδος DTPA)

## 10.2 Αποτελέσματα των φυσικοχημικών αναλύσεων του εδάφους

### 10.2.1 pH

Από τον παρακάτω πίνακα παρατηρείται ότι για pH έως 5,5 το ποσοστό των δειγμάτων που έχουν αυτές τις τιμές είναι 0%. Τιμές pH από 5,5 - 6,5 έχουν το 2,5% των εδαφοδειγμάτων. Ένα ποσοστό της τάξεως του 19,4%

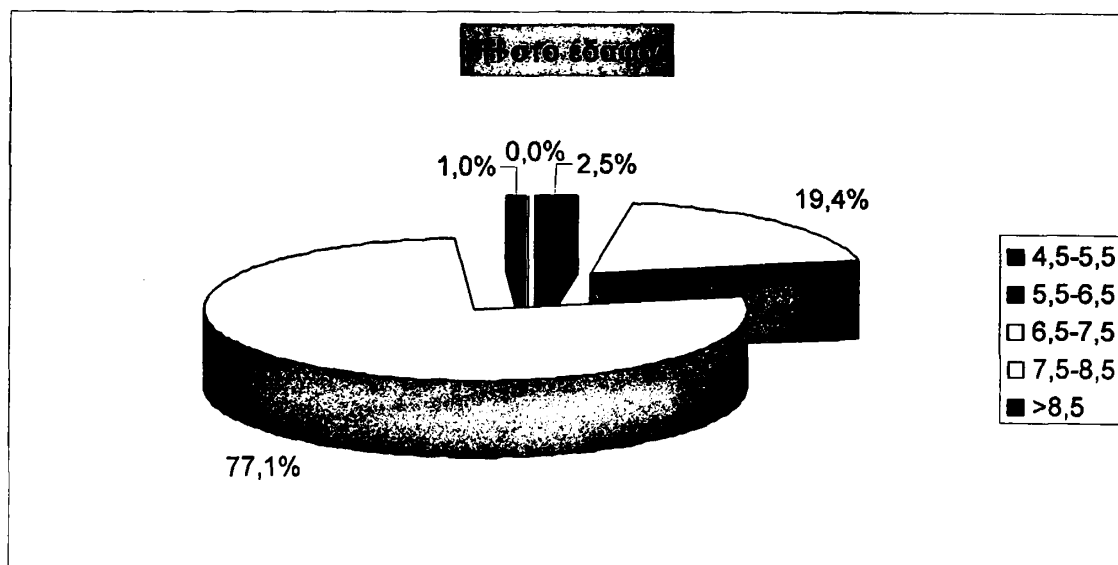
έχουν pH από 6,5 - 7,5. Το μεγαλύτερο ποσοστό 77,1% έχει pH μεγαλύτερο από 7,5. Μεγαλύτερη τιμή από 8,5 παρατηρήθηκε στο 1% των δειγμάτων.

**Πίνακας 7:** χαρακτηρισμός εδαφών ανάλογα με το pH τους  
(Κουκουλάκης, 1995)

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	pH
ΠΟΛΥ ΙΣΧΥΡΑ ΟΞΙΝΟ	< 4,5
ΙΣΧΥΡΑ ΟΞΙΝΟ	4,5 – 5,5
ΟΞΙΝΟ	5,5 – 6,5
ΟΥΔΕΤΕΡΟ	6,5 – 7,5
ΑΛΚΑΛΙΚΟ	7,5 – 8,5
ΙΣΧΥΡΑ ΑΛΚΑΛΙΚΟ	> 8,5

**Πίνακας 8:** Απόλυτες και σχετικές συχνότητες των τιμών του pH.

Κλάσεις pH	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)
4,5-5,5	0	0
5,5-6,5	5	2,5
6,5-7,5	39	19,4
7,5-8,5	155	77,1
> 8,5	2	1



Διάγραμμα 3: Κατανομή σχετικής συχνότητας των τιμών του pH.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα προκύπτει ότι μόνο το 2,5% των δειγμάτων είναι όξινα. Το 19,4% είναι κοντά στα επίπεδα του ουδέτερου pH ενώ το 78,1% των εδαφών έχει αλκαλικό pH.

## 10.2.2 Ηλεκτρική αγωγιμότητα

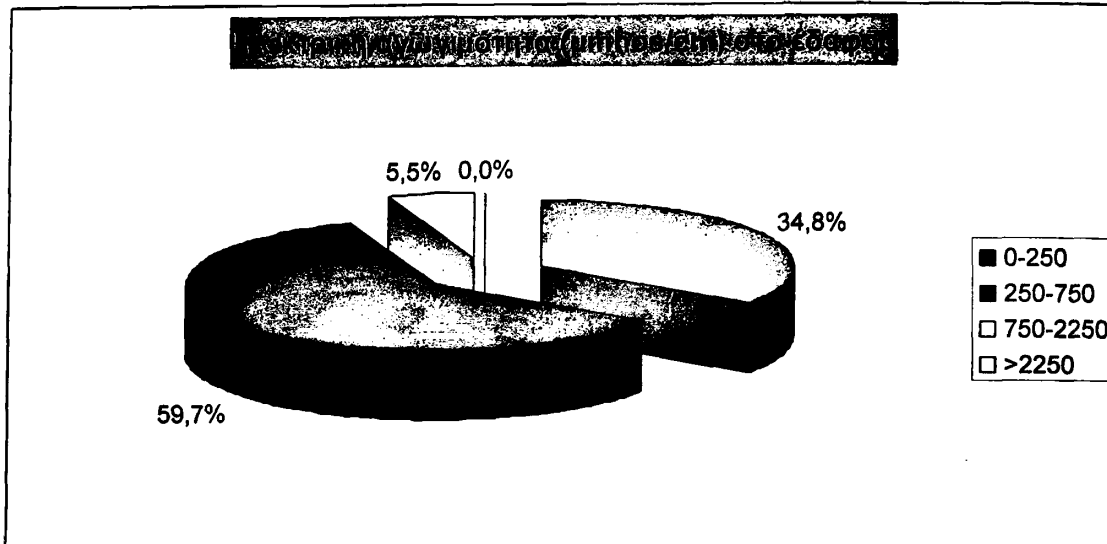
Όπως προκύπτει από τον παρακάτω πίνακα το 34,8% των εδαφών περιέχουν E.C. από 0-250  $\mu\text{mhos/cm}$  και ο κίνδυνος αλατώσεως του εδάφους είναι μικρός. Στο 59,7% των εδαφών η E.C. είναι 250-750  $\mu\text{mhos/cm}$  και αυτό συνεπάγεται ότι ο κίνδυνος αλατώσεως είναι μέσος. Τέλος στο 5,5% των δειγμάτων η E.C. είναι 750-2250  $\mu\text{mhos/cm}$  κάτι που σημαίνει ότι ο κίνδυνος αλατώσεως είναι μεγάλος.

**Πίνακας 9:** Χαρακτηρισμός εδαφών ανάλογα με την ηλεκτρική αγωγιμότητα (Κουκουλάκης, 1995)

0-250 $\mu\text{mhos/cm}$	Χαμηλή
250-750 $\mu\text{mhos/cm}$	Ικανοποιητική
750-2250 $\mu\text{mhos/cm}$	Υψηλή
> 2250 $\mu\text{mhos/cm}$	Πολύ Υψηλή

**Πίνακας 10:** Απόλυτες και σχετικές συχνότητες των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Κλάσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E.C.)	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)
0-250	70	34,8
250-750	120	59,7
750-2250	11	5,5



Διάγραμμα 4: Κατανομή σχετικής συχνότητας των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας

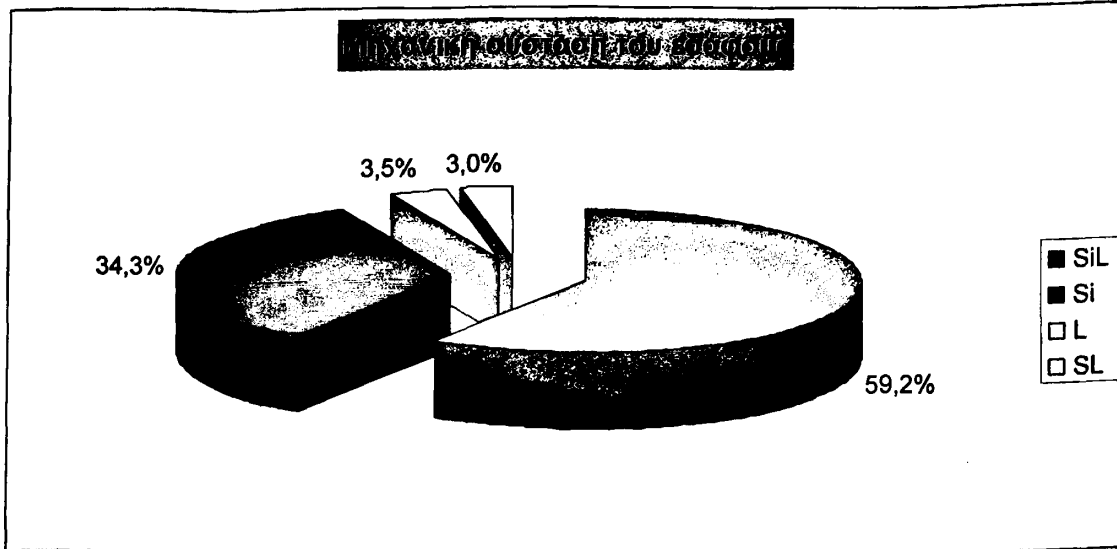
### 10.2.3 Μηχανική ανάλυση

Η μηχανική ανάλυση του εδάφους προσδιορίζει την επί % περιεκτικότητα της λεπτής γης σε άμμο, ιλύ και άργιλο.

Η μηχανική σύσταση του εδάφους επηρεάζει την ικανότητά του να συγκρατεί νερό και θρεπτικά στοιχεία και μας προσανατολίζει για την ευκολία της μηχανικής κατεργασίας καθώς και για προβλήματα άρδευσης και λίπανσης.

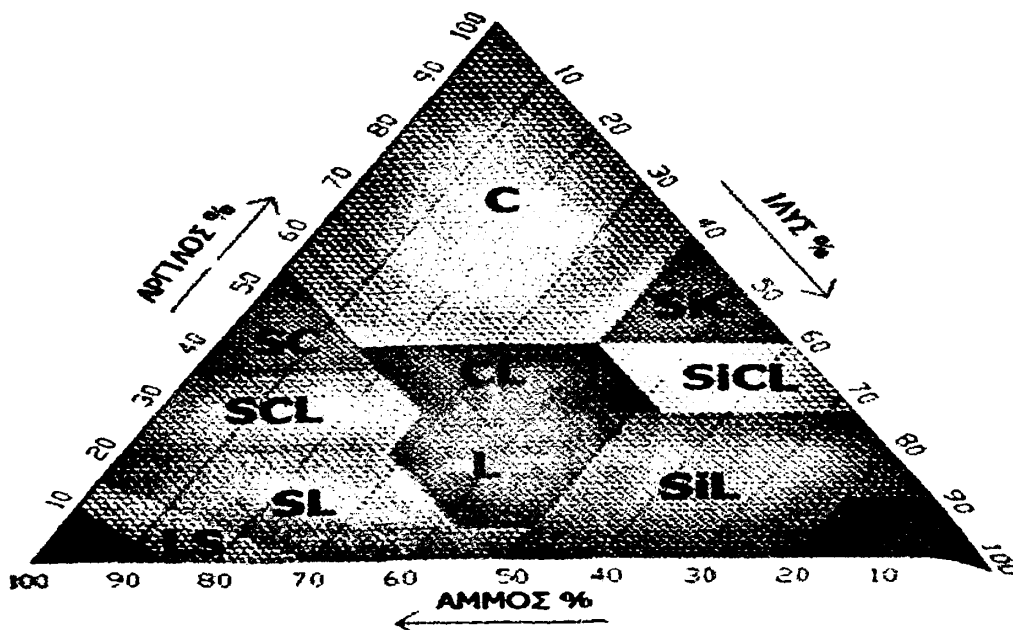
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μηχανικής ανάλυσης τα εδάφη κατατάσσονται σε: Ιλυοπηλώδη, Πηλώδη, Αμμοπηλώδη, και Ιλυώδη όπως φαίνεται στο διάγραμμα 5. Αναφερόμαστε δηλαδή σε ομάδα μέσης σύστασης εδαφών που παρουσιάζουν τα μικρότερα προβλήματα και συνδυάζουν θετικά τις επιθυμητές ιδιότητες της άμμου και της αργίλου.

**Μηχανική σύσταση του εδάφους**



Διάγραμμα 5: Κατανομή σχετικής συχνότητας της σύστασης του εδάφους

Για τον χαρακτηρισμό κατάταξης των εδαφικών δειγμάτων σύμφωνα με την κοκκομετρική τους σύσταση κάνουμε χρήση του τριγώνου μηχανικής ανάλυσης της εικόνας 1.



- C = Αργιλώδες
- SC = Αμμοαργιλώδες
- SCL = Αμμοαργιλοπηλώδες
- SL = Αμμοπηλώδες
- S = Αμμώδες
- L = Πηλώδες

- SiL = Ιλυοπηλώδες
- Si = Ιλυώδες
- SiCL = Ιλυοαργιλοπηλώδες
- SiC = Ιλυοαργιλώδες
- CL = Αργιλοπηλώδες

ΕΙΚΟΝΑ 1: ΤΡΙΓΩΝΟ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ



## 10.2.4 CaCO<sub>3</sub>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η περιεκτικότητα των εδαφών σε CaCO<sub>3</sub>.

Πίνακας 13: Απόλυτες και σχετικές συχνότητες των τιμών CaCO<sub>3</sub>

Κλάσεις CaCO <sub>3</sub>	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα
<0,5	23	11,4
0,5-2	47	23,4
2-20	131	65,2
>20	0	0

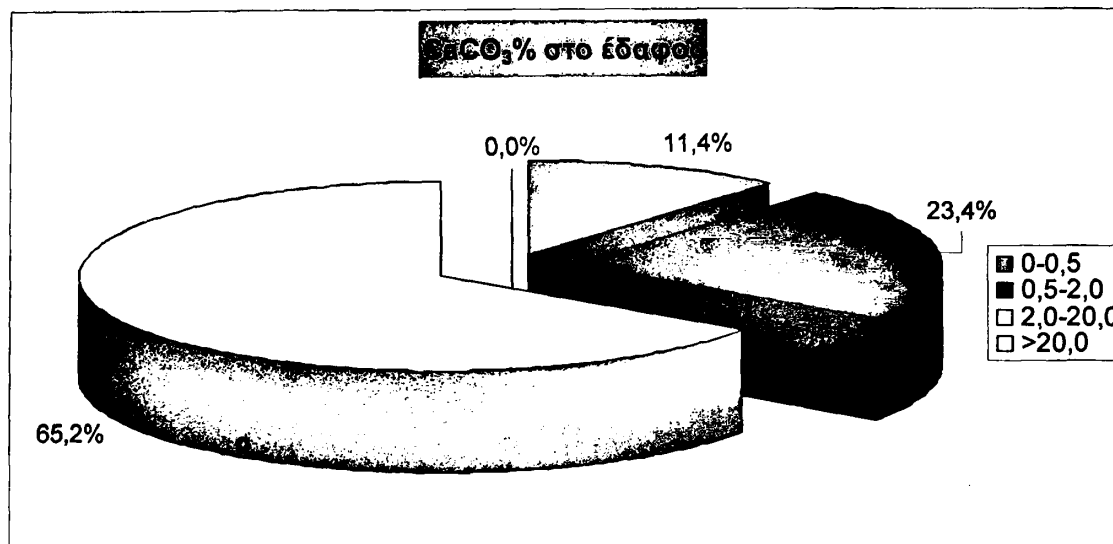
Όπως προκύπτει από τον πίνακα το 11,4% περιέχει < 0,5% CaCO<sub>3</sub>. Αυτό σημαίνει ότι αυτά τα εδάφη κρίνονται ως φτωχά εφοδιασμένα σε CaCO<sub>3</sub>. Το 23,4% των δειγμάτων έχουν CaCO<sub>3</sub> από 0,5 - 2%, και κατατάσσονται στα εδάφη που είναι μέτρια εφοδιασμένα σε CaCO<sub>3</sub>. Τέλος το μεγαλύτερο ποσοστό 65,2% των δειγμάτων περιέχουν από 2 - 20% , και θεωρούνται ως πλούσια εφοδιασμένα σε CaCO<sub>3</sub>. Τα εδάφη αυτά εμφανίζουν συνήθως υψηλές τιμές pH γεγονός που οφείλεται στην αυξημένη συγκέντρωση βασικών κατιόντων (Ca και Mg) Μεγαλύτερες τιμές από 20% σε CaCO<sub>3</sub> δεν παρατηρήθηκαν σε κανένα δείγμα εδάφους.

Στον πίνακα 14 και στο διάγραμμα 7 που ακολουθούν διακρίνεται ο χαρακτηρισμός των εδαφών ανάλογα με την περιεκτικότητα σε CaCO<sub>3</sub> καθώς και η κατανομή σχετικής συχνότητας των τιμών του CaCO<sub>3</sub>.

**Πίνακας 14**

**Κατάταξη των εδαφών ανάλογα με τα επίπεδα του CaCO<sub>3</sub> στο έδαφος (Κουκουλάκης, 1995)**

ΣΥΝΟΛΙΚΟ CaCO <sub>3</sub> %	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ
< 0,5 %	Ανεπαρκής περιεκτικότητα
0,5 – 2,0 %	Μέτρια περιεκτικότητα
2 – 20 %	Καλή περιεκτικότητα
20 – 40 %	Πολύ περιεκτικότητα
> 40 %	Ασβεστόχος περιεκτικότητα



Διάγραμμα 7: Κατανομή σχετικής συχνότητας των τιμών του CaCO<sub>3</sub>

### 10.2.5 Οργανική ουσία

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η περιεκτικότητα των εδαφών σε οργανική ουσία. Όπως προέκυψε από τις αναλύσεις του εδάφους το μεγαλύτερο ποσοστό τους είναι επαρκώς εφοδιασμένα με οργανική ουσία.

**Πίνακας 11**

Κατάταξη των εδαφών ανάλογα με τα επίπεδα οργανικής ουσίας στο έδαφος (Κουκουλάκης, 1995)

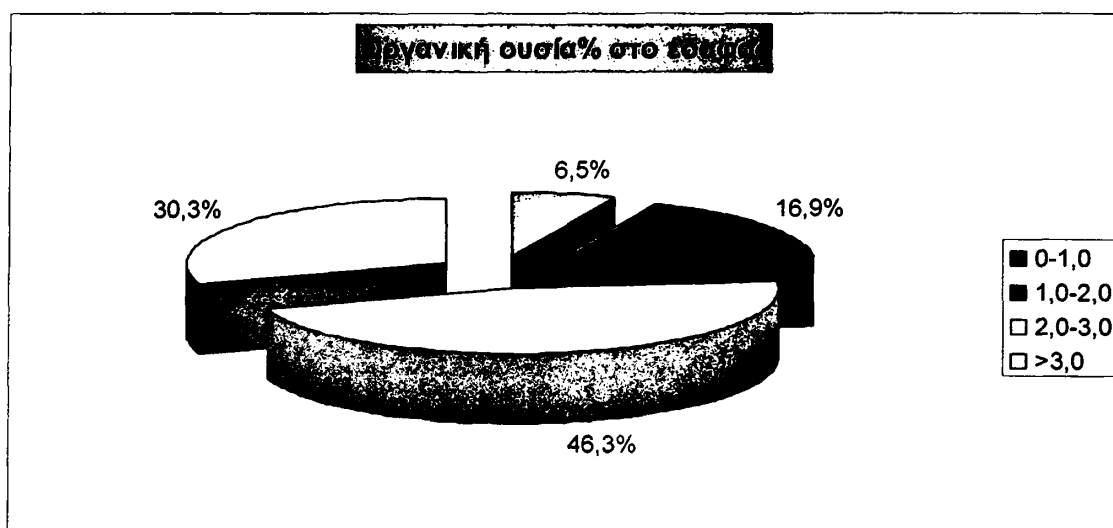
ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΔΑΦΩΝ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ Ο.Ο.(%)
Χαμηλή Οργανική Ουσία	< 1 %
Μέση Οργανική Ουσία	1 – 2 %
Υψηλή Οργανική Ουσία	> 2 %

Πίνακας 12: Απόλυτες και σχετικές συχνότητες των τιμών της οργανικής ουσίας.

Κλάσεις οργανικής ουσίας	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)
0-1	13	6,5
1-2	34	16,9
2-3	93	46,3
> 3	61	30,3



Έτσι πιο αναλυτικά διαπιστώνεται ότι το 6,5% των δειγμάτων περιέχουν μέχρι 1% οργανική ουσία. Τα εδάφη αυτά είναι πολύ φτωχά σε οργανική ουσία. Από 1- 2% οργανική ουσία περιέχουν το 16,9% των δειγμάτων. Αυτή η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία δεν μπορεί να θεωρηθεί επαρκής για την ανάπτυξη των φυτών. Το 46,3% των δειγμάτων περιέχουν από 2 - 3% σε οργανική ουσία και αυτό σημαίνει ότι το έδαφος είναι καλά εφοδιασμένο με οργανική ουσία. Μεγαλύτερη τιμή από 3% παρατηρήθηκε στο 30,3% των δειγμάτων. Το συμπέρασμα που βγαίνει είναι ότι το 76,6% των εδαφών θεωρούνται επαρκώς εφοδιασμένα με οργανική ουσία.



Διάγραμμα 6: Κατανομή σχετικής συχνότητας της οργανικής ουσίας

## 10.3 Συγκέντρωση Μακρο-Μικροθρεπτικών στο έδαφος

### 10.3.1 Κάλιο ( $K^+$ )

Από τον πίνακα 15 προκύπτει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των δειγμάτων είναι καλά εφοδιασμένα με κάλιο. Υπάρχει όμως ένα ποσοστό της τάξης του 32,3% τα οποία έχουν περιεκτικότητα έως 0,3 (cmol/Kg) σε κάλιο. Το μεγαλύτερο ποσοστό 40,8% περιέχει από 0,3 έως 0,6 (cmol/Kg) K. Από 0,6 έως 0,9 (cmol/Kg) K περιέχουν το 20,4% των δειγμάτων, ενώ υπάρχει και ένα ποσοστό της τάξης του 6,5% που περιέχει παραπάνω από 0,9 (cmol/Kg) K.

Οι παρακάτω πίνακες απεικονίζουν την συγκέντρωση Κ στο έδαφος καθώς και τις απόλυτες και σχετικές συχνότητες της περιεκτικότητας του εδάφους σε κάλιο. Επίσης στο διάγραμμα 8 παρουσιάζεται η κατανομή σχετικής συχνότητας των τιμών της περιεκτικότητας καλίου.

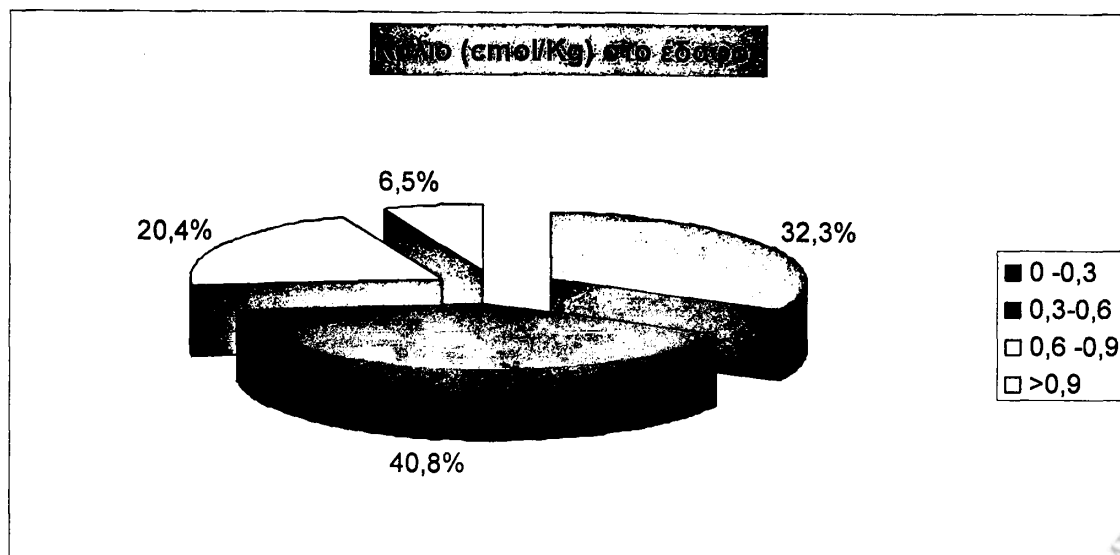
**Πίνακας 15**

**ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ Κ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ  
(Κουκουλάκης, 1995)**

Κ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ Κ ΣΕ cmol/Kg	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
	0-0,3 (cmol/Kg)	ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ
	0,3-0,6 (cmol/Kg)	ΜΕΤΡΙΑ
	0,6-0,9 (cmol/Kg)	ΕΠΑΡΚΗΣ
	>0,9 (cmol/Kg)	ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗ

Πίνακας 16: Απόλυτες και σχετικές συχνότητες των τιμών της περιεκτικότητας καλίου (Κ) στο έδαφος.

Κλάσεις καλίου στο έδαφος cmol/Kg	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα(%)
0-0,3	65	32,3
0,3-0,6	82	40,8
0,6-0,9	41	20,4
>0,9	13	6,5



Διάγραμμα 8: Κατανομή σχετικής συχνότητας των τιμών της περιεκτικότητας καλίου

### 10.3.2 Φώσφορος (P)

Το κρίσιμο επίπεδο όσον αφορά την περιεκτικότητα φωσφόρου στο έδαφος είναι 15 ppm. Από τον ακόλουθο πίνακα παρατηρείται ότι το 45,7% των δειγμάτων που αναλύθηκαν έχουν πολύ χαμηλή συγκέντρωση σε φώσφορο και η περιεκτικότητά τους δεν ξεπερνάει τα 5 ppm. Ένα ποσοστό της τάξεως του 24,4% περιέχει από 5-16 ppm. Αυτή η περιεκτικότητα δεν θεωρείται επαρκής. Το 7,5% περιέχουν φώσφορο από 16-25 ppm ενώ μεγαλύτερα ποσά από 25 ppm περιέχουν το 22,4% των δειγμάτων.

Στους πίνακες 17 και 18 που ακολουθούν απεικονίζουν την περιεκτικότητα φωσφόρου στο έδαφος καθώς και τις απόλυτες και σχετικές συχνότητες της περιεκτικότητας του εδάφους σε φώσφορο. Επίσης στο διάγραμμα 9 παρουσιάζεται η κατανομή σχετικής συχνότητας των τιμών της περιεκτικότητας φωσφόρου.

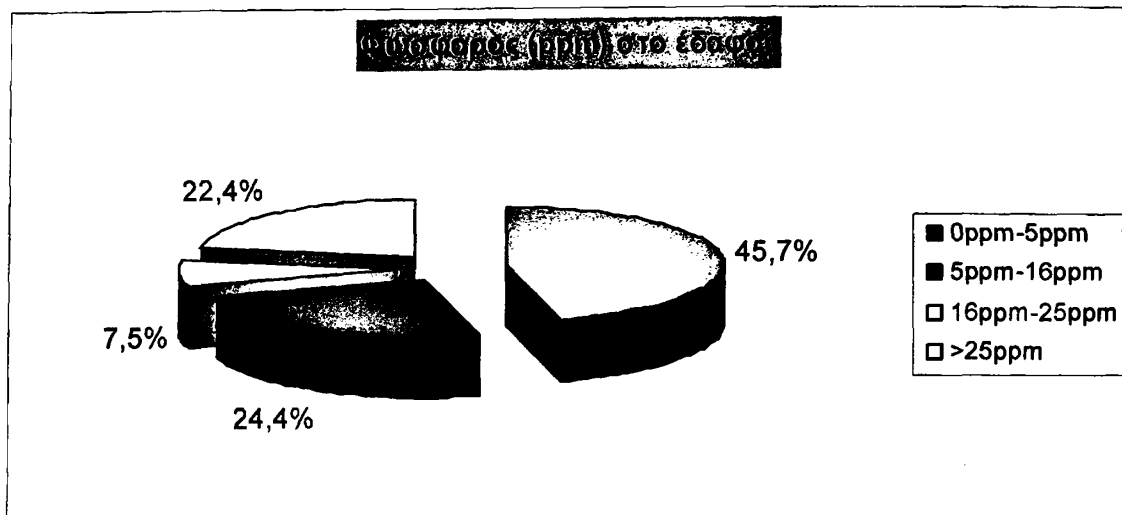
**Πίνακας 17**

**ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ P ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ  
(Κουκουλάκης, 1995)**

P	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ P ΣΕ ppm	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
	0 – 5 ppm	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ
	5 – 16 ppm	ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ
	16 – 25 ppm	ΕΠΑΡΚΗΣ
	25 – 45 ppm	ΥΠΕΡΕΠΑΡΚΗΣ

**Πίνακας 18: Απόλυτες και σχετικές συχνότητες των τιμών της περιεκτικότητας φωσφόρου (P) στο έδαφος.**

Κλάσεις φωσφόρου στο έδαφος (ppm)	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)
0-5	92	45,7
5-16	49	24,4
16-25	15	7,5
>25	45	22,4



Διάγραμμα 9: Κατανομή σχετικής συχνότητας των τιμών της περιεκτικότητας φωσφόρου

### 10.3.3 Ασβέστιο ( $\text{Ca}^{++}$ )

Η περιεκτικότητα του ασβεστίου στο έδαφος καταλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα τιμών. Το μικρότερο ποσοστό που βρέθηκε είναι 2,85 (cmol/Kg) και το μεγαλύτερο 21,32 (cmol/Kg). Το μεγαλύτερο ποσοστό των εδαφών είναι καλά εφοδιασμένα με ασβέστιο, εκτός από κάποια που έχουν σχετικά χαμηλό pH. Υψηλή συγκέντρωση ασβεστίου στο έδαφος δεν μπορεί να προκαλέσει τοξικότητα στα φυτά, μπορεί όμως να επηρεάσει τη διαθεσιμότητα κάποιων άλλων θρεπτικών στοιχείων όπως του καλίου και του μαγνησίου λόγω ανταγωνισμού.

Στους ακόλουθους πίνακες 19 και 20 εμφανίζονται οι συγκεντρώσεις περιεκτικότητας σε Ca και η αντίστοιχη αξιολόγηση, καθώς και οι απόλυτες και σχετικές συχνότητες των τιμών περιεκτικότητας Ca στο έδαφος.

**Πίνακας 19**

**ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ Ca ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ**  
(Κουκουλάκης, 1995)

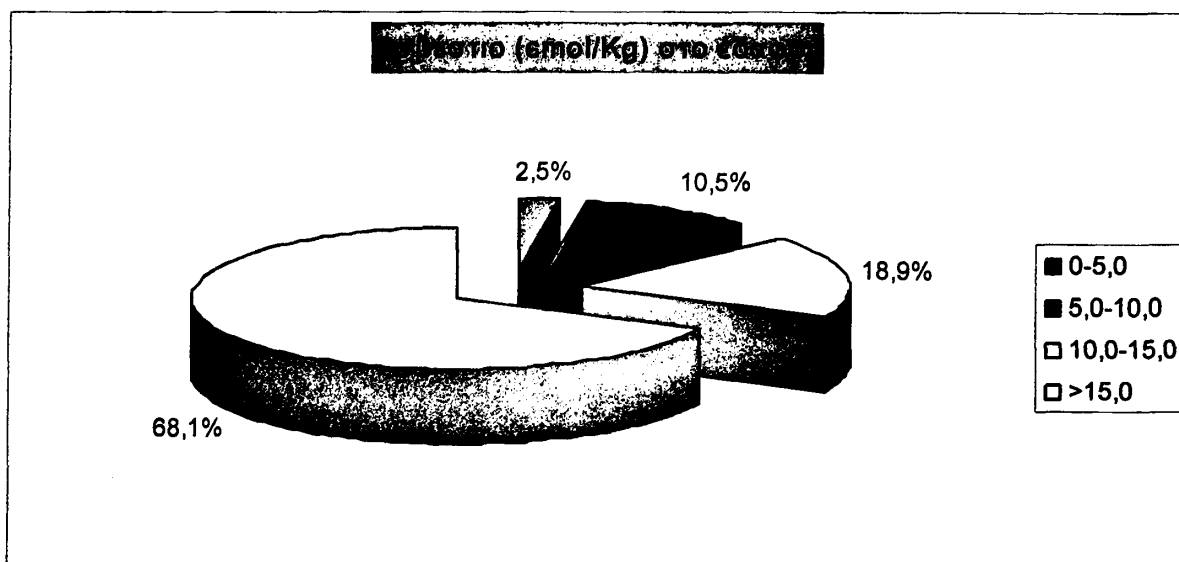
	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ Ca ΣΕ cmol/Kg	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
<b>Ca</b>	0-5 (cmol/Kg)	ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ
	5-10 (cmol/Kg)	ΜΕΤΡΙΑ
	10-15 (cmol/Kg)	ΕΠΑΡΚΗΣ
	>15 (cmol/Kg)	ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗ

Πίνακας 20: Απόλυτες και σχετικές συχνότητες των τιμών της περιεκτικότητας ασβεστίου (Ca) στο έδαφος.

Κλάσεις Ca στο έδαφος cmol/Kg	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)
0-5	5	2,5
5-10	21	10,5
10-15	38	18,9
>15	137	68,1

Το μεγαλύτερο ποσοστό 68,1% των εδαφών που εξετάστηκαν περιέχουν ασβέστιο >15 (cmol/Kg). Το 2,5% περιέχει έως 5 (cmol/Kg) ασβέστιο. Το 10,5% περιέχει από 5-10 (cmol/Kg) ενώ 10-15 (cmol/Kg) βρέθηκε το 18,9% των δειγμάτων.

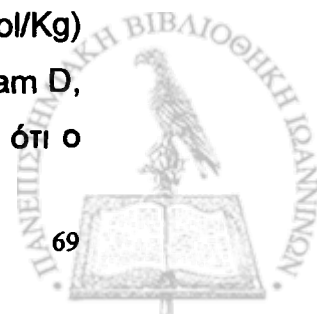
Στο ακόλουθο διάγραμμα αποτυπώνεται η κατανομή σχετικής συχνότητας των τιμών της περιεκτικότητας Ca.



Διάγραμμα 10: Κατανομή σχετικής συχνότητας των τιμών της περιεκτικότητας ασβεστίου

### 10.3.4 Μαγνήσιο ( $Mg^{++}$ )

Όταν η συγκέντρωση του μαγνησίου είναι κάτω από 1-2 (cmol/Kg) εδάφους, τότε παρατηρείται έλλειψη του στοιχείου αυτού (Barker A-Pilbeam D, 2006). Από τις συχνότητες των τιμών του παρακάτω πίνακα προκύπτει ότι ο



μεγαλύτερος αριθμός δειγμάτων είναι οριακά εφοδιασμένοι με μαγνήσιο. Αυτό οφείλεται πιθανώς στην μακροχρόνια απομάκρυνση από το έδαφος μέσω της έκπλυσης αλλά και επί πολλά χρόνια μη προσθήκη λιπασμάτων Mg. Επίσης έλλειψη μαγνησίου εμφανίζεται και στα όξινα έδαφη.

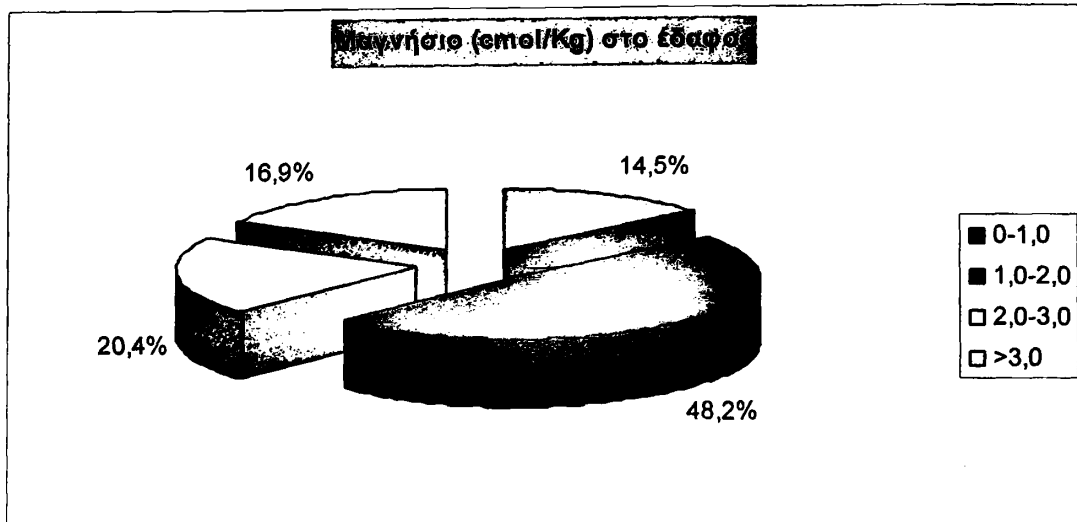
**Πίνακας 21**  
**ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ Mg ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ**  
**(Κουκουλάκης, 1995)**

Mg	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ Mg ΣΕ cmol/Kg	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
	0-1 (cmol/Kg)	ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ
1-2 (cmol/Kg)	ΜΕΤΡΙΑ	
2-3 (cmol/Kg)	ΕΠΑΡΚΗΣ	
>3 (cmol/Kg)	ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗ	

**Πίνακας 22: Απόλυτες και σχετικές συχνότητες των τιμών της περιεκτικότητας μαγνησίου (Mg) στο έδαφος.**

Κλάσεις μαγνησίου στο έδαφος (cmol/Kg)	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)
0-1	29	14,5
1-2	97	48,2
2-3	41	20,4
>3	34	16,5

Από τον πίνακα προκύπτει ότι το 14,5% των αναλυθέντων δειγμάτων περιέχει από 1-2 (cmol/Kg) μαγνήσιο με αποτέλεσμα να υπάρχει σοβαρό πρόβλημα στην πρόσληψη του μαγνησίου. Το μεγαλύτερο ποσοστό των δειγμάτων 48,2% περιέχουν από 1 έως 2 (cmol/Kg). Σε αυτή την περίπτωση υπάρχει σαφώς μια καλύτερη εικόνα των εδαφών, αλλά παρόλα αυτά βρίσκονται σε ένα οριακό επίπεδο με αποτέλεσμα και εδώ η πρόσληψη να κρίνεται ως ανεπαρκής για τις ανάγκες των φυτών. Το 20,4% περιέχει 2-3 (cmol/Kg) μαγνήσιο ενώ υπάρχει και ένα ποσοστό της τάξεως του 16,9% που περιέχει περισσότερο από 3 (cmol/Kg) μαγνήσιο.



Διάγραμμα 11: Κατανομή σχετικής συχνότητας των τιμών της περιεκτικότητας μαγνησίου

### 10.3.5 Νάτριο ( $\text{Na}^+$ )

Από τον παρακάτω πίνακα προκύπτει ότι στο μεγαλύτερο ποσοστό των εδαφών η περιεκτικότητα του νατρίου στο έδαφος βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα τιμών. Αυτό ίσως να οφείλεται στο ότι το νερό που χρησιμοποιείται για την άρδευση δεν περιέχει μεγάλες ποσότητες σε άλατα του νατρίου.

Στους παρακάτω πίνακες 23 και 24 παρουσιάζεται η αξιολόγηση της περιεκτικότητας ανάλογα με την συγκέντρωση σε ppm καθώς και οι απόλυτες και σχετικές συχνότητες των τιμών περιεκτικότητας Na.

**Πίνακας 23**

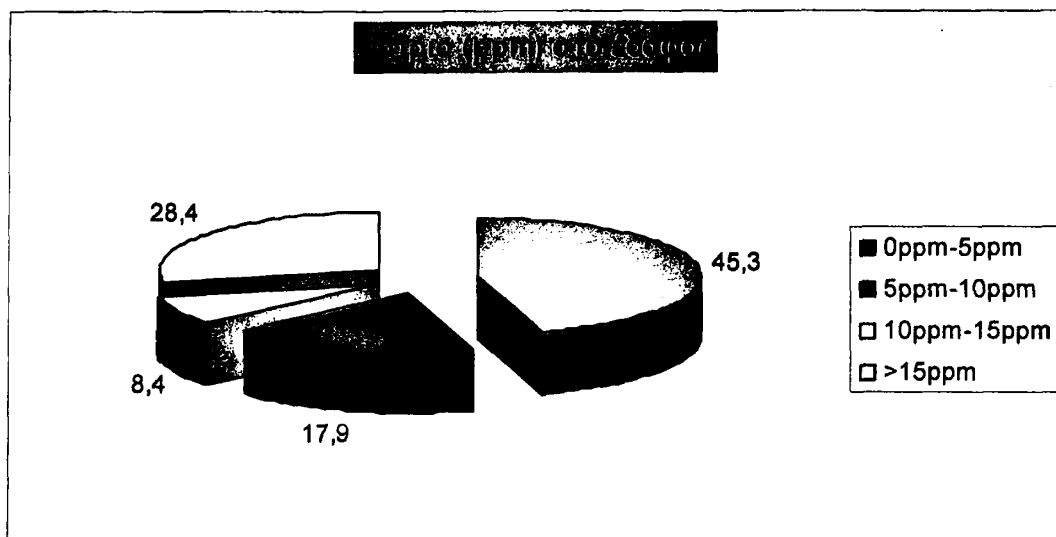
#### ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ Na ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ (Κουκουλάκης, 1995)

	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ Na ΣΕ ppm	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
Na	< 5 ppm	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ
	5-10 ppm	ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ
	10-15 ppm	ΕΠΑΡΚΗΣ
	>15 ppm	ΥΠΕΡΕΠΑΡΚΗΣ

Πίνακας 24: Απόλυτες και σχετικές συχνότητες των τιμών της περιεκτικότητας νατρίου (Na) στο έδαφος.

Κλάσεις νατρίου στο έδαφος (ppm)	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)
0-5	91	45,3
5-10	36	17,9
10-15	17	8,4
>15	57	28,4

Το μεγαλύτερο ποσοστό των εδαφών 45,3% έχουν συγκέντρωση νατρίου από 0-5 ppm. Το 17,9% των εδαφών έχουν περιεκτικότητα νατρίου από 5-10 ppm, ενώ από 10-15 ppm παρατηρήθηκε στο 8,4% των δειγμάτων εδάφους. Παρατηρείται όμως ότι το 28,4% των εδαφών έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε νάτριο που ξεπερνάει το όριο των 15 ppm.



Διάγραμμα 12: Κατανομή σχετικής συχνότητας των τιμών της περιεκτικότητας νατρίου

### 10.3.6 Σίδηρος ( $Fe^{++}$ )

Είναι διαπιστωμένο πως το ύψος της συγκέντρωσης Fe στο έδαφος δεν είναι καθοριστικό για την θρέψη των φυτών ( Malissiovas, 1980). Τα αίτια της έκπλυσης της Fe-χλώρωσης είναι κύρια ο ανταγωνισμός των ιόντων και η παρουσία  $CaCO_3$  με αυξημένη υγρασία που οδηγούν στον εμπλουτισμό του εδάφους με  $HCO_3^-$ . Από τους πίνακες 25 και 26 που ακολουθούν προκύπτει ότι μόνο ένα ποσοστό της τάξεως του 0,5% βρίσκονται σε ένα οριακό επίπεδο τιμών που κυμαίνεται από 2-5 ppm.



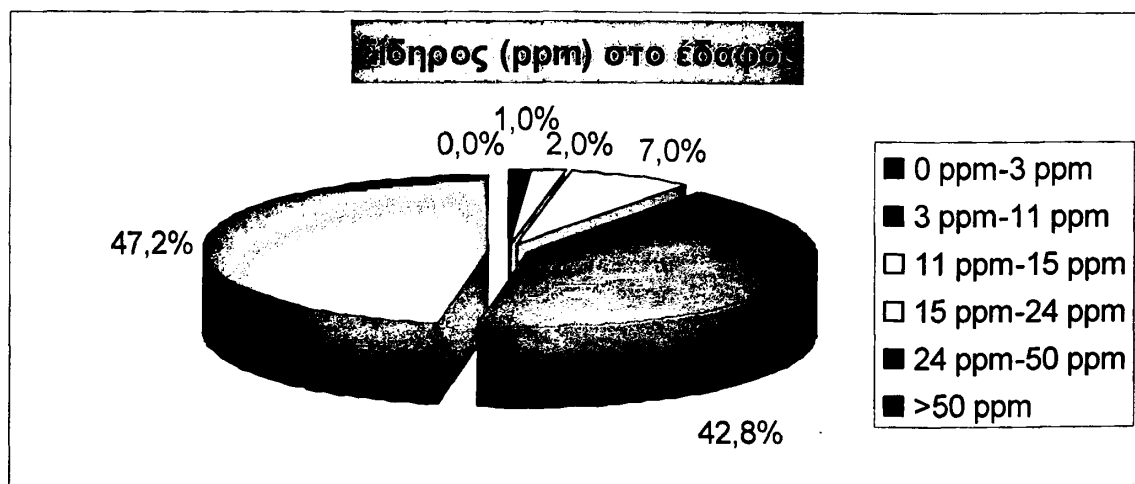
**Πίνακας 25**  
**ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ Fe ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ**  
**(Κουκουλάκης, 1995)**

	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ Fe ΣΕ ppm	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
Fe	0 – 3 ppm	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ
	3 – 11 ppm	ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ
	11 – 24 ppm	ΕΠΑΡΚΗΣ
	24 – 50 ppm	ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗ
	>50 ppm	ΥΠΕΡΕΠΑΡΚΗΣ

**Πίνακας 26: Απόλυτες και σχετικές συχνότητες των τιμών της περιεκτικότητας σιδήρου (Fe) στο έδαφος.**

Κλάσεις σιδήρου στο έδαφος (ppm)	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)
0-3	0	0
3-11	2	1
11-15	4	2
15-24	14	7
24-50	86	42,8
>50	95	47,2

Το 1% των δειγμάτων έχουν συγκέντρωση σιδήρου από 3-11 ppm, ενώ κανένα δείγμα δεν βρέθηκε με συγκέντρωση χαμηλότερη των 3ppm. Επίσης άλλο ένα μικρό ποσοστό 2% έχει συγκέντρωση από 11-15 ppm, ενώ από 15-24 ppm σιδήρου περιέχει το 7% των εδαφών. Το 42,8% των εδαφών περιέχουν από 24-50 ppm σιδήρου, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό 47,2% περιέχει παραπάνω από 50 ppm. Το συμπέρασμα που βγαίνει είναι ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των εδαφών που αναλύθηκαν είναι πολύ καλά εφοδιασμένα με σίδηρο.



**Διάγραμμα 13: Κατανομή σχετικής συχνότητας των τιμών της περιεκτικότητας σιδήρου**

### 10.3.7 Ψευδάργυρος (Zn<sup>++</sup>)

Στα φυτά μπορεί να προκληθεί τροφοπενία ψευδαργύρου όταν η περιεκτικότητα στο έδαφος είναι μικρότερη από 1 ppm. Επίσης πρόβλημα λόγω χαμηλής συγκέντρωσης Zn παρατηρείται και σε συγκεντρώσεις από 1-2 ppm. Από τον παρακάτω πίνακα διακρίνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των δειγμάτων δεν περιέχουν ψευδάργυρο σε ικανοποιητικό επίπεδο.

#### Πίνακας 27

**ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ Zn ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ  
(Κουκουλάκης, 1995)**

	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ Zn ΣΕ ppm	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
Zn	< 1,0 ppm	ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ
	1,0 – 2,0 ppm	ΕΠΑΡΚΗΣ
	> 2,0 ppm	ΥΠΕΡΕΠΑΡΚΗΣ

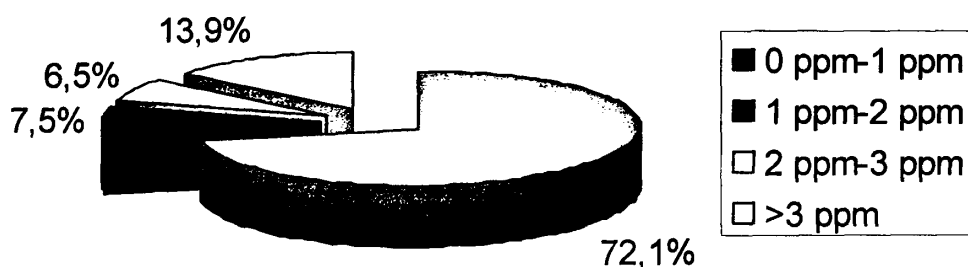
**Πίνακας 28: Απόλυτες και σχετικές συχνότητες των τιμών της περιεκτικότητας ψευδαργύρου (Zn) στο έδαφος.**

Κλάσεις ψευδαργύρου στο έδαφος (ppm)	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)
0-1	145	72,1
1-2	15	7,5
2-3	13	6,5
>3	28	13,9

Από τον πίνακα 28 φαίνεται ότι το 72,1% των δειγμάτων εδάφους περιέχουν από 0-1 ppm ψευδάργυρο. Ένα ποσοστό των δειγμάτων της τάξεως του 7,5% βρίσκεται σε ένα οριακό επίπεδο τιμών που κυμαίνεται από 1-2 ppm Zn. Το 6,5% περιέχουν ψευδάργυρο από 2-3 ppm ενώ μεγαλύτερα ποσά από 3 ppm περιέχουν το 13,9% των δειγμάτων.

Στο διάγραμμα 14 που ακολουθεί καταγράφεται η κατανομή της σχετικής συχνότητας των τιμών της περιεκτικότητας Zn στο έδαφος.

### Ψευδάργυρος (ppm) στο έδαφος



Διάγραμμα 14: Κατανομή σχετικής συχνότητας των τιμών της περιεκτικότητας ψευδαργύρου

### 10.3.8 Μαγγάνιο ( $Mn^{++}$ )

Το έδαφος θεωρείται ως ανεπαρκώς εφοδιασμένο σε μαγγάνιο όταν αυτό βρίσκεται σε επίπεδα χαμηλότερα από 20 ppm. Μεγάλες ποσότητες σε μαγγάνιο περιέχουν τα εδάφη των υγρών περιοχών, και ο λόγος είναι ότι δημιουργείται αναερόβιο περιβάλλον που έχει σαν συνέπεια να λαμβάνουν μέρος αναγωγικές συνθήκες που αυξάνουν την διαλυτότητα αλάτων P και οξειδίων του Mn.

Πίνακας 29

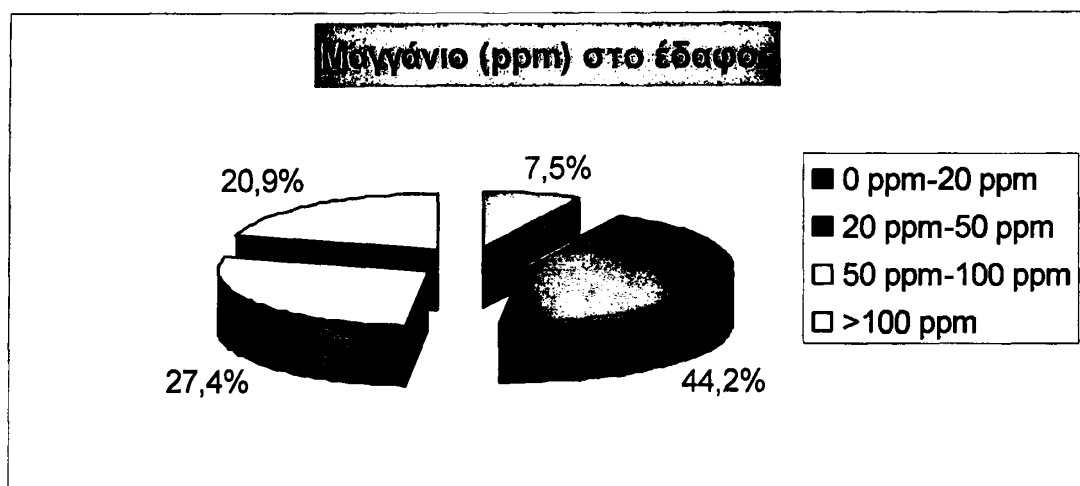
#### ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ Mn ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ (Κουκουλάκης, 1995)

	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ Mn ΣΕ ppm	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
Mn	< 20 ppm	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ
	20-50 ppm	ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ
	50-100 ppm	ΕΠΑΡΚΗΣ
	>100 ppm	ΥΠΕΡΕΠΑΡΚΗΣ

Το μεγαλύτερο ποσοστό των δειγμάτων 44,2% έχουν συγκέντρωση μαγγανίου από 20-50 ppm. Από 0-20 ppm μαγγάνιο περιέχουν το 7,5% των δειγμάτων, ενώ από 50-100 ppm Mn το ποσοστό κυμαίνεται στο 27,4%. Τέλος το 20,9% των εδαφών έχουν περιεκτικότητα μαγγανίου υψηλότερη από 100 ppm. Όπως προκύπτει από τον πίνακα 30 το μεγαλύτερο ποσοστό των εδαφών που ελέγχθηκαν παρουσιάζουν υψηλή περιεκτικότητα σε μαγγάνιο.

Πίνακας 30: Απόλυτες και σχετικές συχνότητες των τιμών της περιεκτικότητας μαγγανίου (Mn) στο έδαφος.

Κλάσεις μαγγανίου (ppm) στο έδαφος	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)
0-20	15	7,5
20-50	89	44,2
50-100	55	27,4
>100	42	20,9



Διάγραμμα 15: Κατανομή σχετικής συχνότητας των τιμών της περιεκτικότητας μαγγανίου

### 10.3.9 Χαλκός (Cu<sup>++</sup>)

Ο χαλκός είναι απαραίτητο στοιχείο για την θρέψη των φυτών, αλλά θα πρέπει όμως να βρίσκεται σε μικρές ποσότητες. Η χαμηλότερη τιμή συγκέντρωσης χαλκού στο έδαφος είναι 0 ppm ενώ η μεγαλύτερη φτάνει μέχρι και 17 ppm. Η αφομοιωσιμότητα του χαλκού καθορίζεται από διάφορους παράγοντες όπως είναι το pH, η οργανική ουσία, καθώς επίσης και η παρουσία των στοιχείων σίδηρος, μαγγάνιο και αργίλιο.

Στους ακόλουθους πίνακες 31, 32 και στο διάγραμμα 16 εμφανίζεται η συγκέντρωση Cu σε ppm με ανάλογη αξιολόγηση καθώς και οι απόλυτες και σχετικές συχνότητες τιμών της περιεκτικότητας Cu.

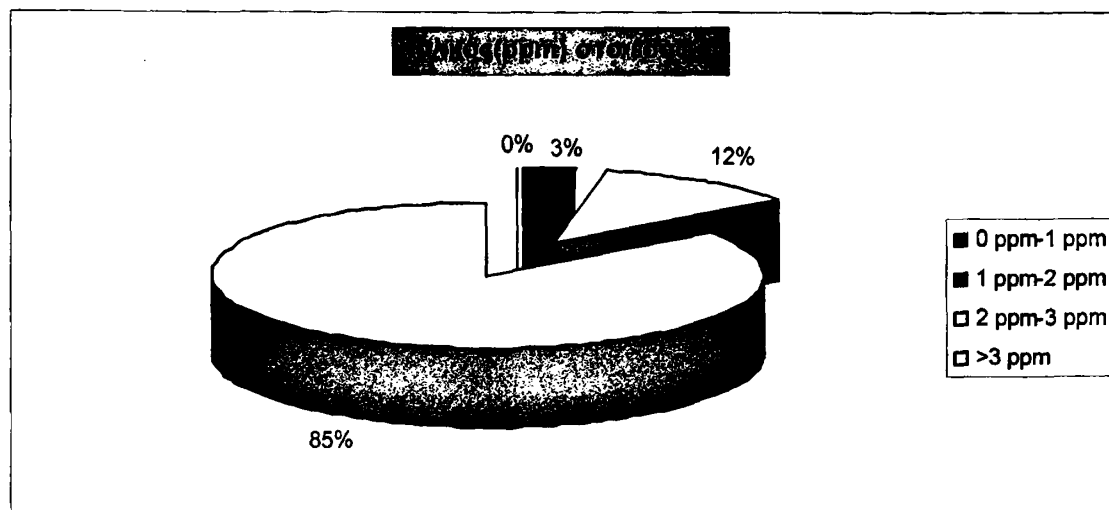
**Πίνακας 31**  
**ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ Cu ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ**  
**(Κουκουλάκης, 1995)**

	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ Cu ΣΕ ppm	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
Cu	< 1 ppm	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ
	1-2 ppm	ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ
	2-3 ppm	ΕΠΑΡΚΗΣ
	>3,0 ppm	ΥΠΕΡΕΠΑΡΚΗΣ

**Πίνακας 32: Απόλυτες και σχετικές συχνότητες των τιμών της περιεκτικότητας χαλκού (Cu) στο έδαφος.**

Κλάσεις χαλκού (ppm) στο έδαφος	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)
0-1	0	0
1-2	6	3
2-3	24	12
>3	171	85

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα για συγκεντρώσεις χαλκού από 0-1 ppm, δεν υπάρχει κανένα δείγμα με τόσο χαμηλή συγκέντρωση. Επίσης χαμηλό είναι και το ποσοστό των δειγμάτων 3% με συγκέντρωση 1-2 ppm Cu. Ενα ποσοστό 12% περιέχει από 2-3 ppm χαλκό. Η πλειοψηφία των εδαφικών δειγμάτων 85% περιέχει ποσοστό >3 ppm χαλκό.



**Διάγραμμα 16: Κατανομή σχετικής συχνότητας των τιμών της περιεκτικότητας χαλκού**

### 10.3.10 Μόλυβδος (Pb<sup>++</sup>)

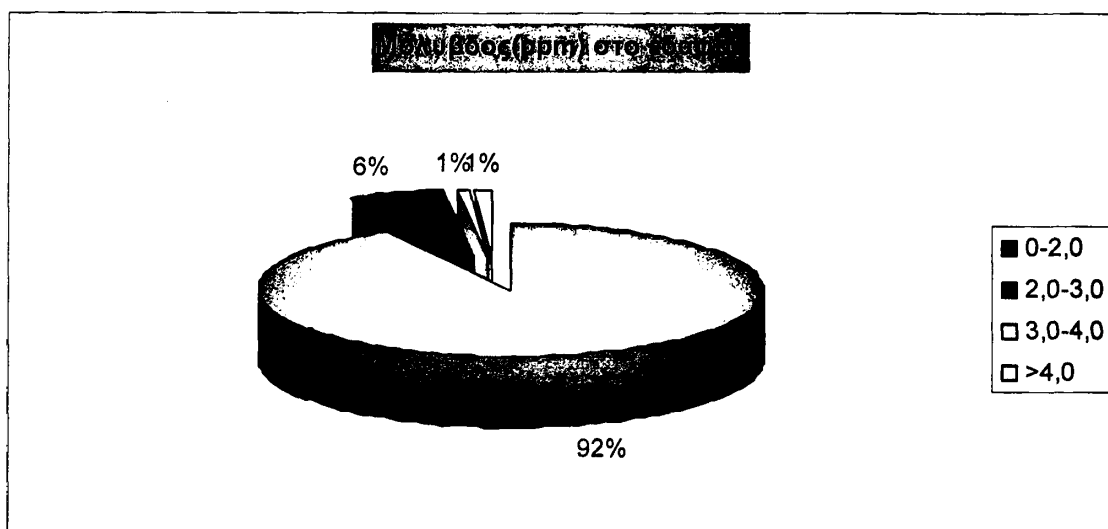
Το μεγαλύτερο ποσοστό των δειγμάτων 92% έχουν συγκέντρωση μολύβδου από 0-2 ppm. Από 2-3 ppm μολύβδο περιέχουν το 6% των δειγμάτων, ενώ από 3-4 ppm το ποσοστό κυμαίνεται στο 1%. Τέλος το 1% των εδαφών έχουν περιεκτικότητα μολύβδου υψηλότερη από 4 ppm. Διαπιστώθηκε πως το μεγαλύτερο ποσοστό περιέχει χαμηλή περιεκτικότητα σε Pb.

**Πίνακας 33**  
**ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ Pb ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ**  
(Κουκουλάκης, 1995)

	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ Pb ΣΕ ppm	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
Pb	< 2 ppm	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ
	2-3 ppm	ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ
	3-4 ppm	ΕΠΑΡΚΗΣ
	>4ppm	ΥΠΕΡΕΠΑΡΚΗΣ

**Πίνακας 34: Απόλυτες και σχετικές συχνότητες των τιμών της περιεκτικότητας μολύβδου (Pb) στο έδαφος.**

Κλάσεις μολύβδου (ppm) στο έδαφος	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)
0-2	185	92
2-3	12	6
3-4	2	1
>4	2	1



Διάγραμμα 17: Κατανομή σχετικής συχνότητας των τιμών της περιεκτικότητας μολύβδου

### 10.3.11 Κάδμιο (Cd<sup>++</sup>)

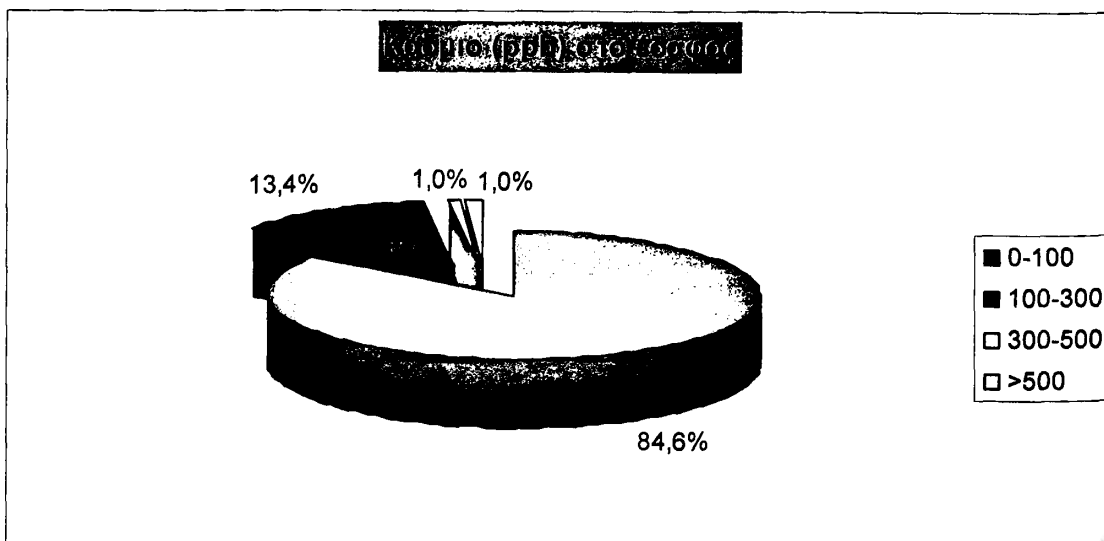
Από τα 200 εδαφικά δείγματα διαπιστώθηκε ότι το 84,6% των δειγμάτων εδάφους περιέχουν από 0-100 (ppb) κάδμιο. Ένα ποσοστό των δειγμάτων της τάξεως του 13,4% βρίσκεται σε ένα επίπεδο τιμών που κυμαίνεται από 100-300 ppb Cd. Το 1% περιέχουν κάδμιο από 300-500 ppb ενώ μεγαλύτερα ποσά από 500 ppb περιέχουν μόνο το 1% των δειγμάτων.

**Πίνακας 35**  
**ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ Cd ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ**  
(Κουκουλάκης, 1995)

	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ Cd ΣΕ ppb	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
Cd	< 100 ppb	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ
	100-300 ppb	ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ
	300-500 ppb	ΕΠΑΡΚΗΣ
	>500 ppb	ΥΠΕΡΕΠΑΡΚΗΣ

**Πίνακας 36: Απόλυτες και σχετικές συχνότητες των τιμών της περιεκτικότητας καδμίου (Cd) στο έδαφος.**

Κλάσεις καδμίου (ppb) στο έδαφος	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)
0-100	170	84,6
100-300	27	13,4
300-500	2	1
>500	2	1

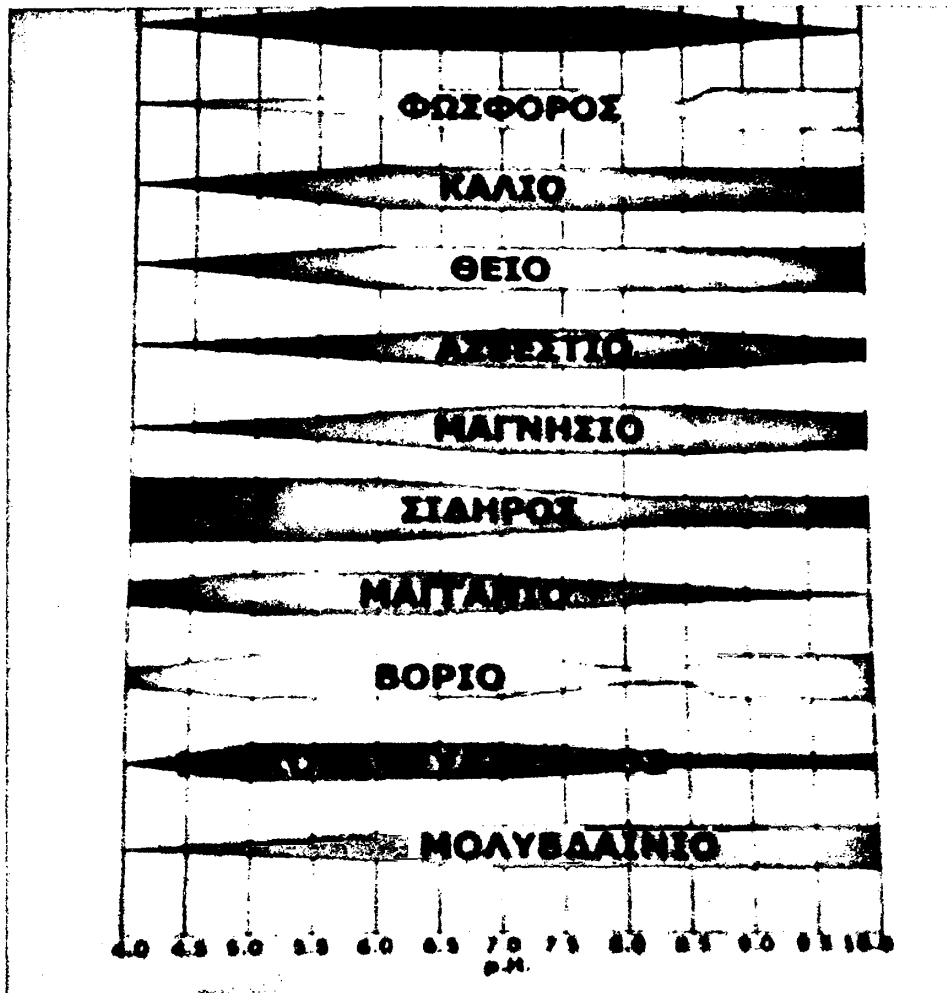


Διάγραμμα 18: Κατανομή σχετικής συχνότητας των τιμών της περιεκτικότητας καδμίου

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

## 11.1 Συσχετίσεις και συζήτηση αποτελεσμάτων

Το pH αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παραγόντες που επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά. Στο διάγραμμα 19 παρουσιάζεται η επίδραση των μεταβολών του pH στο έδαφος στη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων.



Διάγραμμα 19: Η διαθεσιμότητα των κυριότερων στοιχείων σε συνάρτηση με τις μεταβολές του εδαφικού pH.

Γενικά για ένα εύρος τιμών pH μεταξύ 5,5 και 8,4 τα περισσότερα καλλιεργούμενα φυτά δεν εμφανίζουν προβλήματα θρέψης. Όταν το pH είναι μικρότερο από 5,5 τότε το έδαφος χαρακτηρίζεται ως προβληματικό. Σε τέτοιες συνθήκες παρατηρείται αυξημένη διαλυτότητα περισσότερων μετάλλων όπως (Fe, Al, Mn, Cu, Zn) που περιπτώσεις έχουν τοξική επίδραση στα φυτά.





Επίσης σε όξινο εδαφικό περιβάλλον μειώνεται η αφομοιωσιμότητα των βασικών κατιόντων (K, Ca, Mg) αλλά και του P από τα φυτά.

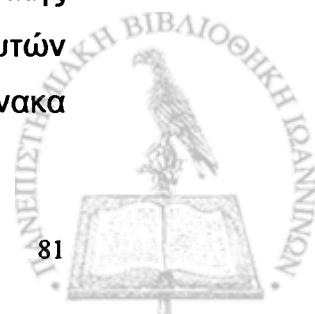
Σε όξινο περιβάλλον δημιουργούνται αδιάλυτες φωσφορικές ενώσεις Al και Fe και γι' αυτό μειώνεται η αφομοιωσιμότητα του P. Όσο για τα βασικά κατιόντα (K, Ca, Mg) δεν είναι αφομοιώσιμα γιατί σε όξινο περιβάλλον δεν υπάρχουν σε επαρκείς ποσότητες στο έδαφος. Συνήθως η οξίνιση των εδαφών συνδέεται με έντονη και παρατεταμένη έκπλυση, που σημαίνει απομάκρυνση των βασικών κατιόντων από το εδαφικό περιβάλλον, οπότε παραμένουν κυρίαρχα τα  $H^+$ .

Σε εδάφη ουδέτερα έως ελαφρώς αλκαλικής αντίδρασης (7 - 8,5) η αφομοιωσιμότητα Fe, Mn, B και γενικά των ιχνοστοιχείων αλλά και του P μειώνεται. Σε αλκαλικό περιβάλλον είναι δυσδιάλυτες ή διαλύονται σε τόσο μικρές ποσότητες ώστε οι ρίζες να μην βρίσκουν να απορροφήσουν τις αναγκαίες ποσότητες από αυτά.

Εδάφη που περιέχουν  $CaCO_3$  αναμένεται να έχουν pH από 7 έως 8,4. Σε τέτοια εδάφη είναι πιθανή η έλλειψη κάποιων θρεπτικών στοιχείων όπως του σιδήρου και άλλων μικροστοιχείων, ιδιαίτερα σε απαιτητικές καλλιέργειες. Σε τέτοιες περιπτώσεις θα πρέπει να αποφεύγεται η εγκατάσταση της καλλιέργειας σε εδάφη που περιέχουν  $CaCO_3$ .

Η παρουσία  $CaCO_3$  στο έδαφος μπορεί να οδηγήσει σε δέσμευση φωσφόρου και ιχνοστοιχείων, οπότε αυτά να μη βρίσκονται σε αφομοιώσιμες μορφές. Τα τελευταία καθίστανται επίσης μη αφομοιώσιμα λόγω του υψηλού pH που προέρχεται από την ύπαρξη περιεκτικότητας σε  $CaCO_3$ . Σύμφωνα με τον πίνακα 37 το ανθρακικό ασβέστιο συσχετίζεται θετικά με το pH του εδάφους. Αντίστοιχα αποτελέσματα υπάρχουν και από άλλες έρευνες (Τσακελίδου κ.α. 2006 και Γάκης κ.α. 2006). Επίσης σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πίνακα 37 βρέθηκε ότι συσχέτιση υπάρχει και μεταξύ  $CaCO_3$  -Ca και μεταξύ pH-Mg κάτι που προκύπτει και από προηγούμενη έρευνα (Κουκουλάκης 1995).

Η οργανική ουσία του εδάφους όχι μόνο αυξάνει την γονιμότητα του εδάφους αλλά βελτιώνει τις φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες του εδάφους. Η συμμετοχή δε των χουμικών και φουλβικών οξέων της οργανικής ουσίας του εδάφους στις φυσιολογικές και βιοχημικές λειτουργίες των φυτών πιθανών να επηρεάζει την αύξηση και την απόδοση του φυτού. Στον πίνακα 37 παρατηρήθηκε αρνητική συσχέτιση μεταξύ οργανικής ουσίας και pH.

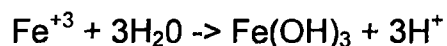


Η παρουσία χουμικών και φουλβικών οξέων στο εδαφικό διάλυμα του εδάφους συντελεί στην αύξηση της διαπερατότητας των κυτταρικών μεμβρανών των φυτικών κυττάρων και με αυτό τον τρόπο στην αύξηση της πρόσληψης των θρεπτικών στοιχείων. Τα οργανικά οξέα που παράγονται κατά την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας διαλυτοποιούν τα ορυκτά, εμπλουτίζοντας με θρεπτικά το εδαφικό περιβάλλον και ταυτόχρονα σχηματίζουν σύμπλοκες (χηλικές ενώσεις) με το Al και το Fe οπότε εμποδίζουν τη δέσμευση του P στα όξινα εδάφη. Αντίστοιχα σχηματίζουν χηλικές ενώσεις με το Ca και παρεμποδίζουν επίσης τη δέσμευση του P στα αλκαλικής αντίδρασης εδάφη.

Η αύξηση της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων του εδάφους και η συγκράτηση περισσότερων θρεπτικών στοιχείων ως ανταλλάξιμα αποτελεί μια άλλη πηγή εφοδιασμού των φυτών με θρεπτικά που οφείλεται στη δράση των χουμικών ουσιών. Θετική συσχέτιση παρατηρήθηκε στον πίνακα 37 μεταξύ της οργανικής ουσίας σε σχέση με τα ανταλλάξιμα κατιόντα μαγνήσιο, νάτριο και ασβέστιο. Παρόμοια αποτελέσματα υπάρχουν και σε προηγούμενες έρευνες (Κουκουλάκης 1995). Τέλος η αύξηση της βιολογικής δραστηριότητας ως συνέπεια της αύξησης της διαθέσιμης ενέργειας για τους μικροοργανισμούς του εδάφους, κάνει ακόμα πιο σημαντική τη συμβολή της οργανικής ουσίας στην αύξηση των διαθέσιμων θρεπτικών στοιχείων στο εδαφικό περιβάλλον και συνεπώς στην ικανοποιητική θρέψη των φυτών (Κουκουλάκης 2000).

### 11.1.1 Αλληλεπίδραση του pH με τον φώσφορο, ψευδάργυρο και σίδηρο.

Το pH του εδάφους επηρεάζει σημαντικά την διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων. Η διαθεσιμότητα του φωσφόρου στα περισσότερα εδάφη είναι μεγαλύτερη σε τιμές pH μεταξύ 6,0 με 6,5. Σε χαμηλότερο pH αυξάνεται η διαλυτότητα του σιδήρου και του αργιλίου με συνέπεια την δέσμευση του φωσφόρου και την δημιουργία  $Al_2(PO_4)_3$  και  $FePO_4$ . Καθώς το pH αυξάνεται η δραστηριότητα του Fe και Al ελαττώνεται και αυτό οδηγεί σε αύξηση της συγκέντρωσης του φωσφόρου στο εδαφικό διάλυμα. Όταν το pH αυξάνεται ακόμα περισσότερο (από 7,0 και πάνω) το Ca θα έχει τον κυρίαρχο ρόλο στην δέσμευση του φωσφόρου, οπότε η διαθεσιμότητα του P ελαττώνεται ξανά (Nelson W., Sommers L., 1996). Το pH έχει επίσης μεγάλη επίδραση στη διαλυτότητα του σιδήρου. Σε τιμές pH 4,5 - 5, η διαθεσιμότητα των ιόντων τρισθενούς σιδήρου ( $Fe^{+3}$ ) σχεδόν μηδενίζεται, δεδομένου ότι το  $Fe^{+3}$  σε τιμές pH μεγαλύτερες από 3 αρχίζει να καταβυθίζεται σε μορφή αδιάλυτου  $Fe(OH)_3$  σύμφωνα με την αντίδραση.



Αντίθετα τα ιόντα του δισθενούς σιδήρου ( $Fe^{+2}$ ) αρχίζουν να καταβυθίζονται σαν  $Fe(OH)_2$  μόνο όταν το pH καταστεί ουδέτερο. Σε τιμές pH 4 κάθε αύξηση της τιμής του pH κατά μία μονάδα συνεπάγεται χιλιαπλάσια μείωση της συγκέντρωσης του σιδήρου. Κάτι παρόμοιο γίνεται και στην περίπτωση του Zn μόνο που εδώ με κάθε αύξηση της τιμής του pH κατά μια μονάδα έχουμε εκατονταπλάσια μείωση της συγκέντρωσης του Zn. Σε όξινα pH ο ψευδάργυρος στο εδαφικό διάλυμα απαντάται κυρίως ως κατιόν  $Zn^{+2}$ . Για pH υψηλότερο του 7,7 κυριαρχεί το υδροξείδιο  $Zn(OH)_2$  και σε ακόμα υψηλότερα pH σχηματίζεται το σύμπλοκο ψευδαργυρικού ανιόντος  $Zn(OH)_4^{2-}$ , τα οποία είναι δυσδιάλυτα. (Malcom E, Πολυζογόπουλος 1976)

Η συγκέντρωση του ιόντος  $Zn^{+2}$  είναι περίπου 8,5 ppm σε pH 5 και πέφτει σε  $7 \times 10^{-8}$  ppm στο pH 8. Οπότε οι ελλείψεις Zn είναι συνηθέστερες σε αλκαλικής αντίδρασης εδάφη.

## 11.1.2 Αλληλεπίδραση της οργανικής ουσίας με φώσφορο σίδηρο και ψευδάργυρο

Τα συνήθη, ανόργανα εδάφη περιέχουν μικρό ποσοστό οργανικής ουσίας, το οποίο για τα γεωργικά εδάφη της Ελλάδας είναι συνήθως μικρότερο του 2%. Παρόλα αυτά η οργανική ουσία επηρεάζει τις φυσικοχημικές βιολογικές ιδιότητες καθώς και την παραγωγικότητα του εδάφους σε βαθμό πολύ μεγαλύτερο από εκείνο το οποίο θα περίμενε κανείς από την παρουσία της μόνο σε ένα τόσο χαμηλό ποσοστό.

Ο ρόλος της οργανικής ουσίας όσον αφορά στη γονιμότητα του εδάφους είναι μεν σημαντικός αλλά και περιορισμένος. Φέρει όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία αλλά σε μικρή ποσότητα και οργανική μορφή, θα πρέπει δηλαδή να προηγηθεί ανοργανοποίηση της οργανικής ουσίας για να απελευθερωθούν τα θρεπτικά και να αποδοθούν στα φυτά (Τσαπινούσης Φ., 1997).

Όσον αφορά στο P, η οργανική ουσία αυξάνει τη χρησιμοποίηση του εδαφικού P από τα φυτά καθώς και η ίδια αποτελεί πηγή ενώσεων φωσφόρου. Αντίθετα διαλυτές ενώσεις P είναι δυνατόν να ενσωματωθούν προσωρινά στην οργανική ουσία των κυττάρων των μικροοργανισμών με αποτέλεσμα να μην είναι αφομοιώσιμες για ένα χρονικό διάστημα. Δηλαδή η οργανική ουσία του εδάφους συνδέεται με την δέσμευση αλλά και την απελευθέρωση του P. Ο Stevenson (1994) αναφέρει ότι η διαθεσιμότητα του εδαφικού φωσφόρου για τα φυτά ενισχύεται μετά από προσθήκη οργανικής ύλης όπως η κοπριά και τα φυτικά υπολλείματα.

Η οργανική ουσία αυξάνει την διαλυτότητα του εδαφικού φωσφόρου που βρίσκεται στις ενώσεις του Al με Fe λόγω σχηματισμού χηλικών ενώσεων των υδροξυοξέων με τα στοιχεία αυτά. Στην περίπτωση αλκαλικών εδαφών τα οργανικά οξέα που παράγονται από την διάσπαση της οργανικής ουσίας σχηματίζουν με το Ca αυτή τη φορά, χημικές ενώσεις, οπότε και πάλι συμβαίνει απελευθέρωση φωσφόρου (Τσακελίδου, 1994).

Αντίθετα παρατηρείται μείωση του P στο εδαφικό διάλυμα μετά από προσθήκη οργανικής ουσίας, η οποία αποδίδεται είτε σε πιθανή προσρόφηση του από Al - οργανικά σύμπλοκα, είτε από ιζηματοποίησή του σε άμορφα υδρόξυ - σύμπλοκα του φωσφορικού Al (Κουκουλάκης, 2000).

Από πειράματα που έγιναν σε οργανικά εδάφη παρατηρήθηκαν ελλείψεις μικροστοιχείων καθώς αυτά σχηματίζουν αδιάλυτα και σταθερά

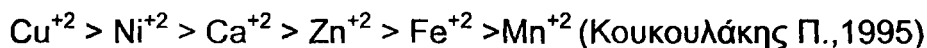


σύμπλοκα με την οργανική ουσία και καθίστανται μη αφομοιώσιμα. Έτσι στην περίπτωση του σιδήρου η ύπαρξη διαλυτών μορφών και επομένως η αφομοιωσιμότητά του επηρεάζεται από την παρουσία οργανικών ενώσεων που σχηματίζουν με τον Fe χηλικές ενώσεις. Οι χηλικές ενώσεις είναι οργανικές ενώσεις που περιέχουν ένα μέταλλο συνδεδεμένο με το οργανικό συστατικό κατά τέτοιο τρόπο ώστε το μέταλλο να «προστατεύεται» από αντιδράσεις με τα άλλα ανόργανα συστατικά του εδάφους (Τσακελίδου, 1994).

Οι χηλικές ενώσεις του σιδήρου με απλές οργανικές ενώσεις μικρού μοριακού βάρους (π.χ. φουλβικά οξέα του εδάφους) είναι συνήθως διαλυτές ενώ με μεγάλο μοριακό βάρος (π.χ. χουμικά οξέα του εδάφους) είναι συνήθως αδιάλυτες. Έτσι εξηγείται η έλλειψη μικροστοιχείων σε οργανικά εδάφη.

Μεγάλη σημασία έχει επίσης η σταθερότητα των χημικών ενώσεων, που εξαρτάται από τον αριθμό των ατόμων που σχηματίζουν το δεσμό με το μεταλλικό ιόν, το pH καθώς και την παρουσία άλλων μετάλλων που έχουν επίσης μεγάλο βαθμό συγγένειας με τα οργανικά συστατικά (π.χ. το  $\text{Ca}^{++}$ ) (Κουκουλάκης Π., 1995)

Η σειρά σταθερότητας δισθενών μεταλλικών κατιόντων είναι :



Συνεπώς το σταθερότερο σύμπλοκο με την οργανική ουσία σχηματίζει ο Cu και λιγότερο ο Fe.

Ο Zn είναι πριν το Fe και σχηματίζει επίσης σύμπλοκα με την οργανική ουσία που είναι πιο σταθερά από τον Fe.

Έτσι και στην περίπτωση του Zn ο σχηματισμός συμπλόκων με τις οργανικές ενώσεις επηρεάζει επίσης την ύπαρξη διαλυτών μορφών Zn στο εδαφικό διάλυμα. Τόσο τα φουλβικά οξέα όσο και τα χουμικά της οργανικής ουσίας του εδάφους σχηματίζουν σταθερά σύμπλοκα με τον Zn μέσω των καρβοξυλικών και φαινολικών τους ομάδων. Τα σύμπλοκα Zn με τα φουλβικά οξέα είναι πιο ευδιάλυτα των συμπλόκων Zn με τα χουμικά οξέα. Επιπλέον σύνδεση του Zn με το οργανικό μόριο υπό μορφή χηλικής ενώσεως, το προστατεύει από αντιδράσεις με τα ανόργανα συστατικά του εδάφους και αυξάνει την αφομοιωσιμότητά του από τα φυτά. Δεν είναι επομένως ασυνήθιστη η εμφάνιση ελλείψεων Zn σε εδάφη χαμηλής περιεκτικότητας σε οργανική ουσία αλλά και σε οργανικά εδάφη (οργανική ουσία > 20%) όπου επικρατούν τα χουμικά οξέα (Κουκουλάκης, 2000).

Συνεπώς οι ελλείψεις Zn είναι πιθανές σε ελαφρώς όξινα όσο και αλκαλικά εδάφη, όταν η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία είναι χαμηλή και το



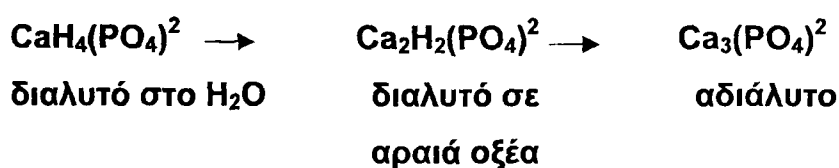
pH υψηλό και ιδιαίτερα αν το έδαφος ήταν ευθύς εξ' αρχής πτωχό σε Zn και καλλιεργήθηκε εντατικά επί σειρά ετών.

### 11.1.3 Αλληλεπίδραση του ανθρακικού ασβεστίου με φώσφορο σίδηρο και ψευδάργυρο.

Παλαιότερα χρησιμοποιούνταν οι εκφράσεις «έδαφος φτωχό σε  $\text{CaCO}_3$  ή έδαφος πλούσιο σε  $\text{CaCO}_3$ » που δημιουργούσαν την εντύπωση ότι όσο περισσότερο  $\text{CaCO}_3$  υπάρχει σε ένα έδαφος τόσο καλύτερα. Σχετικά μ' αυτή την αντίληψη ας σημειωθεί ότι δεν υπάρχει κανένας κανόνας που να λέει ότι ένα έδαφος με  $\text{CaCO}_3$  6% είναι καλύτερο από ένα άλλο έδαφος με  $\text{CaCO}_3$  2% ή και αντίστροφα (Κεραμίδας Β., 1990).

Ο τρόπος που θα πρέπει να βλέπει κανείς το  $\text{CaCO}_3$  στο έδαφος είναι ο εξής: Εδάφη που περιέχουν  $\text{CaCO}_3$  θα έχουν οπωσδήποτε pH από 7 έως 8,4. Ύπαρξη  $\text{CaCO}_3$  σημαίνει ότι μπορούμε άφοβα να ρίχνουμε οξινοποιά λιπάσματα χωρίς φόβο οξίνισης του εδάφους για πολλά χρόνια (τα πόσα χρόνια εξαρτάται από την ποσότητα του  $\text{CaCO}_3$ ). Η προσθήκη  $\text{CaCO}_3$  σε όξινο έδαφος οδηγεί στην άμεση αύξηση του pH και του Ca, την μείωση της συγκέντρωσης του Al και γενικά την αλλαγή της ιοντικής σύνθεσης του εδαφικού διαλύματος. Πέραν όμως από τις ευεργετικές επιδράσεις που ασκεί στο έδαφος και τις καλλιέργειες η εφαρμογή της ασβέστωσης μπορεί να επιφέρει και αρνητικά αποτελέσματα. Μπορεί δηλαδή να προκαλέσει έλλειψη πολλών στοιχείων.

Η περιεκτικότητα σε ασβέστιο των εδαφών θεωρείται ότι προκαλεί απώλεια φωσφόρου, αφού έχουμε μείωση της αφομοιωσιμότητάς του. Αναμφίβολα η παρουσία ασβεστίου μετατρέπει το φωσφορικό μονοασβέστιο σε διασβέστιο και στη συνέχεια μετατρέπεται σε τριασβέστιο. (Καλόβουλος 1968)



Από πειράματα που έχουν γίνει έχει παρατηρηθεί ότι η προσθήκη όσον αφορά τη συμπεριφορά του εδαφικού P, δεν είναι ενιαία για όλα τα εδάφη. Σε πολλά δημοσιεύματα η μείωση της διαθεσιμότητας του εδαφικού P στα φυτά μετά την προσθήκη ασβεστίου θεωρήθηκε αποτέλεσμα:

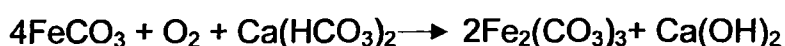


(1) της δέσμευση του από άμορφα υδροξείδια του Fe και του Al

(2) της προσρόφησής του από το έδαφος με τη μεσολάβηση του Ca (ο φώσφορος για να μπορεί να διατηρείται στο έδαφος με ανταλλάξιμη μορφή έχει ανάγκη από μια σχετική παρουσία ασβεστίου)

(3) του σχηματισμού ιζήματος φωσφορικού ασβεστίου.

Όσον αφορά τον Fe σε εδάφη πλούσια σε  $\text{CaCO}_3$  παρατηρείται αδρανοποίηση του σιδήρου. Τα διαλυτά ιόντα του σιδήρου ( $\text{Fe}^{+2}$ ) μεταπίπτουν σε μορφές μη αφομοιώσιμες στα φυτά. Μια μετατροπή του  $\text{Fe}^{+2}$  σε  $\text{Fe}^{+3}$  μπορεί να παρασταθεί με τις ακόλουθες αντιδράσεις :



Το σχηματιζόμενο  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  είναι αδιάλυτο σε αλκαλικό περιβάλλον, όπως αυτό των πλούσιων σε  $\text{CaCO}_3$  εδαφών (Αλεξιάδης Κ., 1967).

Τέτοια εδάφη αφ' ενός μεν ευνοούν την οξειδωση του  $\text{Fe}^{+2}$  σε  $\text{Fe}^{+3}$  αφετέρου δε παρεμποδίζουν την πρόσληψη αυτού από τα φυτά, αφού δεν ευνοούν την διαλυτοποίηση του  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Εκτός από τον σίδηρο και ο ψευδάργυρος επηρεάζεται από το ανθρακικό ασβέστιο. Παρατηρείται ότι σε ασβεστολιθικά εδάφη η προσρόφηση του Zn από το ανθρακικό ασβέστιο ή η κατακρήμνισή του υπό μορφή  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  ή  $\text{ZnCO}_3$ , θεωρείται εν μέρει υπεύθυνη για τη μειωμένη διαθεσιμότητα του Zn στα εδάφη αυτά. Κατ' ανάλογο τρόπο προσρόφηση του Zn γίνεται επίσης και απ' το  $\text{MgCO}_3$  (μαγνησίτη) και σε μικρότερο βαθμό από το  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  (δολομίτη) (Δροσόπουλος Ι., 1992).

Η έλλειψη σιδήρου ή και άλλων μικροστοιχείων δεν είναι πάντοτε βέβαια και ούτε μπορεί να πει κανείς ότι η πιθανότητα αυτή αυξάνει όσο αυξάνει η περιεκτικότητα σε  $\text{CaCO}_3$  και αντίθετα. Όταν η περιεκτικότητα σε  $\text{CaCO}_3$  αυξάνεται πολύ π.χ μεγαλύτερη 50% τότε θα πρέπει κανείς να λιπαίνει συχνότερα με φώσφορο και να εφαρμόζει διαφυλλικές λιπάνσεις για ιχνοστοιχεία μόλις διαπιστώσει προβλήματα.

### 11.1.4 Αλληλεπίδραση των θρεπτικών στοιχείων μεταξύ τους

Ένας βασικός παράγοντας που επηρεάζει την διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων, είναι η συγκέντρωση άλλων θρεπτικών στοιχείων που δρουν ανταγωνιστικά. Ένας σημαντικός αριθμός φυτών που παρουσιάζουν έλλειψη Fe, Zn έχει συσχετιστεί με υψηλές συγκεντρώσεις P στο έδαφος. Έρευνες έχουν δείξει ότι η συγκέντρωση αυτών των μικροστοιχείων μειώνονται στις κορυφές των φυτών ενώ η διαθεσιμότητα του P αυξάνεται. Η δυσμενής επίδραση του P στη συγκέντρωση Fe, Zn στο φυτό έχει βρεθεί ότι εκδηλώνεται πιο έντονα σε υψηλά pH, εξαιτίας της σημειωμένης επίδρασης του pH στη διαθέσιμη συγκέντρωση αυτών των στοιχείων. Στον πίνακα 38 παρατηρήθηκε ισχυρή αλληλεπίδραση του φωσφόρου με τον ψευδάργυρο. Επίσης ισχυρή αλληλεπίδραση μεταξύ της περιεκτικότητας φωσφόρου και της περιεκτικότητας ψευδαργύρου έχει παρατηρηθεί και από τους (Saeed, 1977-Cohen, 1976). Στον πίνακα 38 προκύπτει συσχέτιση μεταξύ των θρεπτικών στοιχείων φωσφόρου – σιδήρου και σιδήρου – ψευδαργύρου κάτι που προκύπτει και από προηγούμενη έρευνα των ίδιων ερευνητών.

Τα συμπτώματα έλλειψης Fe και Zn, τα οποία προκαλούνται από υψηλά επίπεδα P, δεν οφείλονται όλα σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις των μικροστοιχείων. Συχνά η συγκέντρωση στα φυτά και ιδιαίτερα του σιδήρου είναι το ίδιο υψηλή και σε χλωρωτικά φυτά. Επομένως τα συμπτώματα έλλειψης σχετίζονται με υψηλές αναλογίες του P με Fe ή Zn, περισσότερο από ότι η συγκέντρωση είτε Fe ή Zn από μόνα τους.

Προσπάθειες έχουν γίνει με μικρή επιτυχία, να συσχετίσουν ποσοτικά τις αναλογίες με αυτές της έλλειψης. Στην περίπτωση του Zn προκαλείται έλλειψη από υπερβολικό φώσφορο. Όσον αφορά το Fe έχει παρατηρηθεί ότι σε μερικές περιπτώσεις η έλλειψη Fe σχετίζεται με χαμηλό διαλυτό Fe στα φυτά αλλά δεν συσχετίζεται με τη συνολική συγκέντρωση Fe. Στον πίνακα 38 βρέθηκε ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ του σιδήρου και των θρεπτικών στοιχείων K, Na και Mg. Αυτό προκύπτει και από προηγούμενη έρευνα (Κουκουλάκης, 1995). Έχει βρεθεί ότι η υψηλή στάθμη φωσφορικών επιδεινώνει την τροφοπενία Fe κυρίως μέσω μιας αντιδράσεως αδρανοποίησης. Και στη περίπτωση που υπάρχει αυξημένη συγκέντρωση Zn παρατηρείται ότι το ιόν  $Zn^{+2}$  αντικαθιστά το  $Fe^{+2}$  πάνω στο χηλικό σύμπλοκο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η διάθεση και η αφομοίωση του Fe να περιορίζεται





(Harry Mills- Benton Jones, 1996). Στον πίνακα 38 παρατηρήθηκε ανταγωνισμός μεταξύ σιδήρου και μαγγανίου. Παρόμοια αποτελέσματα υπάρχουν και από τους (Harry Mills- Benton Jones, 1996). Ανταγωνισμός μεταξύ των θρεπτικών στοιχείων P-Cu, κάτι που προκύπτει και από έρευνα του Bingham (1986). Επίσης υπάρχει συσχετισμός μεταξύ Zn-Cu. Το ίδιο προκύπτει και από τους Lindsay and Norvell (1978).

Η διαλυτότητα των βαρέων μετάλλων στο εδαφικό διάλυμα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως το pH (Alloway 1995, Bradl and Heike 2004), τα οξείδια και υδροξείδια του σιδήρου και του μαγγανίου (McPhail et al. 1972), την οργανική ουσία του εδάφους (Parks and White 1952, Gu and White 1990) και την περιεκτικότητα του εδαφικού διαλύματος σε άλατα (Amhrhein et al 1993, Alloway 1995, Wang and Xing 2004). Με βάση τα παραπάνω παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση μεταξύ Mn-Cu, Pb-Cd, Pb-Na, Cd-Mg και Cd-Na και στην παρούσα έρευνα όπως φαίνεται στους πίνακες 38 και 39. Επίσης παρουσιάστηκε σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των θρεπτικών στοιχείων K-Ca και K-Mg. Παρόμοια αποτελέσματα προέκυψαν και από προηγούμενες έρευνες από τους (Smith 1966, Τσακελίδου-Παπανικολάου 2006). Επιπλέον ο Gavaias (1975) αναφέρει για τα Ελληνικά εδάφη ότι το εδαφικό ασβέστιο περιορίζει την πρόσληψη του καλίου και αυξάνει τα όρια κρισιμότητας του ανταλλάξιμου καλίου. Επίσης θετική συσχέτιση προήλθε και από τα υπόλοιπα ανταλλάξιμα κατιόντα μεταξύ τους. Δηλαδή των Mg-Na, Ca -Na και K-Na. Συσχέτιση εμφανίστηκε και σε ότι αφορά την παρουσία των θρεπτικών στοιχείων Mg και Na σε σχέση με την αλατότητα του εδάφους. Το κάλιο συσχετίστηκε σημαντικά θετικά με τα στοιχεία χαλκός και ψευδάργυρος και αυτό προκύπτει και από εργασίες των Τσακελίδου-Παπανικολάου (2006).

Όσον αφορά στη συγκέντρωση του εδαφικού διαλύματος των εδαφών σε κάδμιο στην παρούσα έρευνα αυτή θεωρείται πολύ χαμηλή συγκρινόμενη με τις συγκεντρώσεις που αναφέρονται από τους McLaughlin (1997) και Hirsch and Banin (1990). Παρατηρήθηκε ότι όσο αυξάνεται το pH το κάδμιο του εδάφους μειώνεται (Τσοτσόλης Ν. – Μπαρμπαγιάννης Ν., 2006).

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα προηγούμενα αποτελέσματα των αναλύσεων βγαίνει το συμπέρασμα ότι τα δείγματα εδαφών, καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα τιμών και βασικός λόγος είναι ότι αυτά προέρχονται από διάφορες περιοχές του νομού Άρτας με διαφορετικής προέλευσης εδαφικό μητρικό υλικό.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα οι χαρακτηρισμοί των εδαφών είναι Ιλυοπηλώδες, Πηλώδες, Αμμοπηλώδες, και Ιλυώδες. Αναφερόμαστε δηλαδή σε ομάδα μέσης σύστασης εδαφών που παρουσιάζουν τα μικρότερα προβλήματα και συνδυάζουν θετικά τις επιθυμητές ιδιότητες της άμμου και της αργίλου.

Όσον αφορά το pH του εδάφους από τα αποτελέσματα των αναλύσεων προκύπτει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των δειγμάτων είναι αλκαλικά. Το pH αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες που επιδρούν στη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά.

Από τις αναλύσεις που έγιναν στα δείγματα εδάφους παρατηρήθηκε ότι η ηλεκτρική αγωγιμότητα βρίσκεται σε συγκεντρώσεις που δεν προκαλούν πρόβλημα για την ανάπτυξη των περισσότερων φυτών.

Όπως προέκυψε από τις αναλύσεις του εδάφους το μεγαλύτερο ποσοστό τους είναι επαρκώς εφοδιασμένα με οργανική ουσία.

Στην περίπτωση του  $\text{CaCO}_3$ , από τις αναλύσεις προκύπτει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των δειγμάτων παρουσιάζει κανονικά επίπεδα συγκέντρωσης.

Όσον αφορά στο κάλιο, από τα αποτελέσματα των αναλύσεων προκύπτει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των δειγμάτων είναι καλά εφοδιασμένα με το στοιχείο αυτό. Επομένως θα πρέπει η λίπανση του καλίου να χορηγείται σε κανονικές ποσότητες.

Στην περίπτωση του φωσφόρου, από τις αναλύσεις προκύπτει ότι ένα μεγάλο ποσοστό δειγμάτων παρουσιάζει χαμηλά επίπεδα συγκέντρωσης. Η έλλειψη φωσφόρου οφείλεται στην μη προσθήκη φωσφορούχων λιπασμάτων λόγω ακαλλιέργειας.

Από τις αναλύσεις που έγιναν στα δείγματα εδάφους παρατηρήθηκε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό περιέχει ασβέστιο σε μεγάλες ποσότητες.

Στην περίπτωση του μαγνησίου οι παραγωγοί θα πρέπει να είναι προσεκτικοί γιατί υπάρχει ένα ποσοστό των δειγμάτων με χαμηλή και μέτρια



περιεκτικότητα στο στοιχείο αυτό, με αποτέλεσμα να απαιτείται προσθήκη μαγνησίου λαμβάνοντας πάντα υπόψη την σχέση Mg/K.

Από τα αποτελέσματα της περιεκτικότητας νατρίου προκύπτει ότι οι συγκεντρώσεις του στοιχείου αυτού στην πλειοψηφία τους βρίσκονται σε επίπεδα χαμηλότερα από εκείνα που θα μπορούσαν να προκαλέσουν προβλήματα στην ανάπτυξη των φυτών. Η αυξημένη συγκέντρωση του ασβεστίου φαίνεται πως είναι ένας από τους λόγους που μειώνει το ποσοστό του νατρίου (Κουκουλάκης, 1995).

Όσον αφορά τις αναλύσεις που έγιναν για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του σιδήρου προκύπτει ότι το στοιχείο αυτό καλύπτει ένα εύρος τιμών. Διαπιστώθηκε ότι στο μεγαλύτερο ποσοστό δειγμάτων υπάρχει επάρκεια έως αυξημένη συγκέντρωση σιδήρου.

Στην περίπτωση του ψευδαργύρου, από τις αναλύσεις προκύπτει ότι ένα μεγάλο ποσοστό δειγμάτων παρουσιάζει χαμηλά επίπεδα συγκέντρωσης και απαιτείται προσθήκη Zn στο έδαφος ή διαφυλλικά στις δενδρώδεις καλλιέργειες με χηλικό Zn.

Από τα αποτελέσματα της περιεκτικότητας μαγνησίου στο έδαφος προκύπτει ότι στοιχείο αυτό καλύπτει ένα εύρος τιμών. Υπάρχουν πολλά δείγματα με χαμηλή συγκέντρωση του στοιχείου αυτού, ενώ σε αρκετά δείγματα η περιεκτικότητα σε μαγγάνιο κρίνεται ικανοποιητική. Ο κύριος λόγος της χαμηλής περιεκτικότητας είναι ότι τα περισσότερα εδάφη είναι αλκαλικά και σε αυτή την περίπτωση ελαττώνεται η διάθεση του μαγνησίου.

Όσον αφορά την ανάλυση των δειγμάτων για την περιεκτικότητα σε χαλκό βγαίνει το συμπέρασμα ότι το συγκεκριμένο στοιχείο βρίσκεται σε κανονικές και υψηλές ποσότητες, και αυτό γίνεται κατανοητό αν λάβουμε υπόψη μας ότι η περιεκτικότητά του αυξάνει σε καλλιέργειες που εφαρμόζονται χαλκούχα σκευάσματα.

Τέλος, όσον αφορά τις αναλύσεις που έγιναν για την ανίχνευση των βαρέων μετάλλων μολύβδου και καδμίου στο έδαφος προκύπτει ότι οι συγκεντρώσεις τους βρίσκονται σε κανονικά επίπεδα και δεν αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα για την ανάπτυξη των καλλιεργειών.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



**Αποτελέσματα των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του εδάφους**

ΕΔΑΦΟΣ									
α/α	pH	Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (E.C.)	O.O	CaCO <sub>3</sub>	Μηχανική Ανάλυση				
			%		Άμμος	Άργιλος	Ιλύς	Κλάση	Ταξινόμηση
					%				
1	7,96	608	3,0	12,9	6,97	7,44	85,59	Si	ιλυώδες
2	7,89	256	2,4	12,1	10,80	11,36	77,84	SiL	ιλοπηλώδες
3	8,03	300	2,8	10,4	10,81	9,52	79,67	SiL	ιλοπηλώδες
4	7,82	262	4,5	1,2	8,80	11,60	79,60	SiL	ιλοπηλώδες
5	7,77	250	1,8	0,7	28,81	7,28	63,91	SiL	ιλοπηλώδες
6	7,10	276	4,9	1,8	13,60	7,20	79,20	SiL	ιλοπηλώδες
7	7,11	381	6,5	1,0	14,96	11,20	73,84	SiL	ιλοπηλώδες
8	7,85	1068	1,8	8,9	6,88	9,20	83,92	Si	ιλυώδες
9	7,97	288	2,9	8,0	19,61	9,20	71,19	SiL	ιλοπηλώδες
10	7,94	340	3,3	11,5	6,81	7,52	85,67	Si	ιλυώδες
11	7,77	502	2,4	5,7	18,96	13,60	67,44	SiL	ιλοπηλώδες
12	7,89	232	1,8	2,2	38,96	11,76	49,28	L	Πηλώδες
13	8,01	254	0,2	12,8	16,88	7,28	75,84	SiL	ιλοπηλώδες
14	7,83	700	2,6	6,5	6,89	7,36	85,75	Si	ιλυώδες
15	7,78	347	3,0	10,4	28,80	7,52	63,68	SiL	ιλοπηλώδες
16	7,16	674	6,2	2,8	16,80	11,20	72,00	SiL	ιλοπηλώδες
17	7,31	84,9	2,0	0,9	16,88	7,28	75,84	SiL	ιλοπηλώδες
18	6,24	84,5	2,1	0,5	40,16	13,12	46,72	L	Πηλώδες
19	7,41	214	4,1	1,0	12,80	11,28	75,92	SiL	ιλοπηλώδες
20	6,17	238	3,3	1,3	22,80	9,20	68,00	SiL	ιλοπηλώδες
21	8,06	140,7	2,7	2,5	14,96	9,28	75,76	SiL	ιλοπηλώδες
22	7,71	121,2	2,7	0,5	33,60	7,44	58,96	SiL	ιλοπηλώδες
23	8,10	138	0,1	12,1	21,60	9,20	69,20	SiL	ιλοπηλώδες
24	8,01	257	1,8	11,3	7,61	9,20	83,19	Si	ιλυώδες
25	8,12	172,3	1,6	4,0	19,53	9,20	71,27	SiL	ιλοπηλώδες
26	8,02	121,4	2,9	0,8	8,88	8,20	82,92	Si	ιλυώδες
27	7,77	357	2,6	8,8	13,53	7,28	79,19	SiL	ιλοπηλώδες
28	8,14	114	1,3	13,1	10,81	9,60	79,60	SiL	ιλοπηλώδες
29	8,04	404	1,6	10,5	43,61	9,28	47,11	L	Πηλώδες
30	6,35	151,6	2,4	1,0	51,52	9,00	39,48	SL	Αμμοπηλώδες
31	8,01	218	1,9	6,5	11,04	7,20	81,76	Si	ιλυώδες
32	7,78	308	2,2	6,9	9,61	9,20	81,19	Si	ιλυώδες
33	7,82	278	2,3	11,8	6,88	7,20	85,92	Si	ιλυώδες
34	7,84	287	2,3	6,3	10,20	7,20	82,60	Si	ιλυώδες
35	7,49	245	2,1	0,5	9,61	7,20	83,19	Si	ιλυώδες
36	7,34	266	3,4	0,0	9,53	7,36	83,11	Si	ιλυώδες
37	7,55	252	2,1	1,0	22,97	9,12	67,91	SiL	ιλοπηλώδες
38	7,55	611	3,3	1,3	19,61	7,28	73,11	SiL	ιλοπηλώδες
39	7,61	283	2,4	1,5	17,44	7,12	75,44	SiL	ιλοπηλώδες
40	7,74	298	2,3	13,3	25,52	7,12	67,36	SiL	ιλοπηλώδες
41	8,01	348	2,5	5,9	9,60	8,12	82,28	Si	ιλυώδες

## ΕΔΑΦΟΣ

α/α	pH	Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (E.C.)	Μηχανική Ανάλυση						
			O.O	CaCO <sub>3</sub>	Άμμος	Αργίλος	Ιλύς	Κλάση	Ταξινόμηση
			%						
42	7,83	254	3,0	7,1	13,53	10,36	76,11	SiL	ιλοσηπλώδες
43	7,53	275	1,0	0,8	39,53	7,28	53,19	Si	ιλυώδες
44	8,34	770	2,4	11,9	4,22	9,36	86,42	SiL	ιλοσηπλώδες
45	7,58	523	4,9	14,3	12,87	7,20	79,92	Si	ιλυώδες
46	7,83	322	3,1	6,7	6,81	9,20	83,99	SiL	ιλοσηπλώδες
47	7,82	255	2,4	0,0	20,88	11,28	67,84	Si	ιλυώδες
48	7,95	1478	2,4	12,0	8,89	7,28	83,83	SiL	ιλοσηπλώδες
49	7,81	287	1,9	1,5	12,81	7,28	79,91	Si	ιλυώδες
50	6,66	203	1,8	0,0	9,36	7,36	83,28	Si	ιλυώδες
51	7,82	395	1,5	0,0	10,88	7,52	81,60	SiL	ιλοσηπλώδες
52	7,89	308	1,4	6,9	22,80	7,28	69,92	SiL	ιλοσηπλώδες
53	7,71	486	2,1	3,5	20,20	11,20	68,60	SiL	ιλοσηπλώδες
54	8,04	657	4,0	9,9	28,80	7,20	64,00	Si	ιλυώδες
55	7,98	196,5	3,8	2,4	2,89	7,28	89,83	Si	ιλυώδες
56	7,86	374	2,9	9,3	8,88	7,20	83,92	SiL	ιλοσηπλώδες
57	7,93	158,8	3,1	2,5	16,88	7,20	75,92	SiL	ιλοσηπλώδες
58	7,77	158,3	2,4	1,5	12,80	7,36	79,84	Si	ιλυώδες
59	7,58	160	2,6	0,0	6,97	9,28	83,75	Si	ιλυώδες
60	7,94	374	2,6	2,9	8,05	7,84	84,11	Si	ιλυώδες
61	7,83	416	4,3	7,2	10,81	7,60	81,60	Si	ιλυώδες
62	7,98	495	4,9	7,1	6,81	9,20	83,99	SiL	ιλοσηπλώδες
63	7,71	268	2,5	2,0	16,88	9,20	73,92	Si	ιλυώδες
64	8,27	1401	1,1	14,6	5,52	11,20	83,28	Si	ιλυώδες
65	7,90	267	1,9	13,4	10,80	7,20	82,00	SiL	ιλοσηπλώδες
66	7,18	119,3	0,8	1,1	38,80	7,20	54,00	SL	Αμμοπηλώδες
67	6,69	77,2	0,7	1,1	48,80	7,20	44,00	SiL	ιλοσηπλώδες
68	7,77	329	2,6	11,2	10,81	13,28	75,91	Si	ιλυώδες
69	7,68	264	3,4	1,0	4,80	7,20	88,00	SiL	ιλοσηπλώδες
70	7,29	138,4	3,0	0,9	12,81	7,20	79,99	SiL	ιλοσηπλώδες
71	7,87	279	2,7	9,2	20,73	7,20	72,07	SiL	ιλοσηπλώδες
72	8,27	80,3	2,2	0,0	24,80	7,28	67,92	SiL	ιλοσηπλώδες
73	7,82	397	2,4	10,8	22,72	7,28	70,00	SiL	ιλοσηπλώδες
74	7,82	211	1,9	6,7	18,89	9,20	71,91	Si	ιλυώδες
75	7,94	463	5,3	0,0	8,80	7,28	83,92	SiL	ιλοσηπλώδες
76	8,11	191,3	2,2	3,1	12,81	7,20	79,99	SiL	ιλοσηπλώδες
77	7,92	116	1,7	12,4	30,80	7,28	61,92	SiL	ιλοσηπλώδες
78	7,09	833	3,9	2,6	26,89	7,20	65,91	SiL	ιλοσηπλώδες
79	6,95	197,1	2,5	0,0	28,89	9,28	61,83	Si	ιλυώδες
80	8,02	761	2,7	11,8	9,05	7,20	83,75	SiL	ιλοσηπλώδες
81	6,96	149,8	2,3	1,1	20,80	7,20	72,00	SiL	ιλοσηπλώδες
82	8,01	186,3	2,5	1,9	20,80	7,20	72,00	SiL	ιλοσηπλώδες

ΕΔΑΦΟΣ										
α/α	pH	Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (E.C.)	O.O	CaCO <sub>3</sub>	Μηχανική Ανάλυση					
					%	Άμμος	Άργιλος	Ιλύς	Κλάση	Ταξινόμηση
						%				
83	7,91	983	3,5	10,9	8,72	7,20	84,08	Si	ιλυώδες	
84	8,16	458	3,9	8,9	8,80	7,20	84,00	Si	ιλυώδες	
85	7,83	342	4,0	10,4	8,89	7,60	83,51	Si	ιλυώδες	
86	8,10	522	1,8	12,2	6,80	7,52	85,68	Si	ιλυώδες	
87	7,80	158,3	5,0	7,8	10,89	7,36	81,76	Si	ιλυώδες	
88	8,08	144,2	2,3	12,7	28,80	7,12	64,08	SiL	ιλοπηλώδες	
89	7,10	395	2,5	0,8	10,80	9,28	79,92	SiL	ιλοπηλώδες	
90	7,29	201	3,1	0,6	6,73	9,28	83,99	Si	ιλυώδες	
91	8,91	170,1	3,0	11,3	14,81	7,20	78,00	SiL	ιλοπηλώδες	
92	8,03	126,6	3,4	10,6	10,88	7,12	82,00	Si	ιλυώδες	
93	7,93	329	2,8	12,0	12,73	7,20	80,07	Si	ιλυώδες	
94	7,29	613	4,5	1,2	20,81	7,20	71,99	SiL	ιλοπηλώδες	
95	7,70	299	3,1	5,0	8,89	7,36	83,75	Si	ιλυώδες	
96	6,60	257	3,7	1,4	8,89	9,28	81,83	Si	ιλυώδες	
97	5,75	422	5,1	1,5	30,81	10,36	58,83	SiL	ιλοπηλώδες	
98	7,94	327	3,1	4,6	12,96	7,36	79,68	SiL	ιλοπηλώδες	
99	7,66	357	2,5	4,0	10,89	7,44	81,67	Si	ιλυώδες	
100	7,40	300	1,9	0,0	40,97	7,36	51,67	SiL	ιλοπηλώδες	
101	7,76	285	3,4	3,7	18,80	7,28	73,92	SiL	ιλοπηλώδες	
102	8,23	395	2,5	10,2	24,80	7,36	67,84	SiL	ιλοπηλώδες	
103	7,86	224	4,0	3,5	9,04	7,36	83,60	Si	ιλυώδες	
104	7,79	266	2,6	2,9	10,97	7,36	81,67	Si	ιλυώδες	
105	6,89	207	2,9	0,0	14,81	7,28	77,91	SiL	ιλοπηλώδες	
106	8,25	196,1	1,4	13,5	20,56	7,60	71,84	SiL	ιλοπηλώδες	
107	7,50	220	3,0	0,0	16,80	7,36	75,84	SiL	ιλοπηλώδες	
108	7,71	280	1,6	0,0	30,73	9,44	59,83	SiL	ιλοπηλώδες	
109	7,09	184	2,7	1,3	20,00	9,28	70,72	SiL	ιλοπηλώδες	
110	7,36	178,8	2,1	0,0	28,48	7,20	64,32	SiL	ιλοπηλώδες	
111	7,44	333	3,3	1,6	4,64	7,36	88,00	Si	ιλυώδες	
112	7,02	354	3,0	0,8	26,80	7,28	65,92	SiL	ιλοπηλώδες	
113	7,99	242	2,2	2,6	12,81	7,20	79,99	SiL	ιλοπηλώδες	
114	7,23	231	3,8	3,2	8,65	7,84	83,51	Si	ιλυώδες	
115	7,59	793	4,7	3,7	4,65	7,36	87,99	Si	ιλυώδες	
116	6,89	145,5	1,7	0,9	30,00	7,92	62,08	SiL	ιλοπηλώδες	
117	7,77	314	3,6	3,9	26,64	7,36	66,00	SiL	ιλοπηλώδες	
118	7,55	263	2,0	0,0	42,72	11,60	45,68	L	Πηλώδες	
119	7,82	304	3,2	4,8	16,49	7,04	76,48	SiL	ιλοπηλώδες	
120	7,93	487	3,5	10,3	4,88	7,20	87,92	Si	ιλυώδες	
121	7,66	381	3,3	11,3	24,72	9,36	65,92	SiL	ιλοπηλώδες	
122	8,05	647	2,1	5,9	18,81	9,84	71,35	SiL	ιλοπηλώδες	
123	6,38	201	3,0	0,0	22,17	13,84	63,99	SiL	ιλοπηλώδες	

## ΕΔΑΦΟΣ

α/α	pH	Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (E.C.)	O.O	CaCO <sub>3</sub> %	Μηχανική Ανάλυση				
					Άμμος	Άργιλος	Ίλύς	Κλάση	Ταξινόμηση
124	7,40	412	4,7	1,7	20,00	7,20	72,80	SiL	ιλοσπηλώδες
125	7,50	325	4,7	7,1	24,81	9,28	65,91	SiL	ιλοσπηλώδες
126	7,61	287	2,4	0,8	38,16	9,60	52,24	SiL	ιλοσπηλώδες
127	7,73	446	3,2	9,1	36,17	9,76	54,07	SiL	ιλοσπηλώδες
128	7,91	301	2,5	9,4	12,80	7,52	79,68	SiL	ιλοσπηλώδες
129	7,99	416	3,8	13,6	10,81	7,84	81,36	Si	ιλυώδες
130	7,00	293	2,8	1,2	20,64	10,00	69,36	SiL	ιλοσπηλώδες
131	7,09	288	2,4	1,4	28,40	7,92	63,68	SiL	ιλοσπηλώδες
132	7,86	262	0,0	2,2	12,72	7,68	79,60	SiL	ιλοσπηλώδες
133	7,30	206	2,1	0,0	38,72	7,92	53,36	SiL	ιλοσπηλώδες
134	7,74	381	1,2	2,2	10,17	7,92	81,92	Si	ιλυώδες
135	7,89	204	0,0	1,1	56,08	9,92	34,00	SL	Αμμοπηλώδες
136	8,05	654	3,5	12,7	10,80	9,76	79,44	SiL	ιλοσπηλώδες
137	8,14	366	2,0	14,2	8,40	7,76	83,84	Si	ιλυώδες
138	8,10	153,5	0,7	13,1	24,56	7,92	67,52	SiL	ιλοσπηλώδες
139	8,05	102,3	1,4	9,4	22,73	7,76	69,51	SiL	ιλοσπηλώδες
140	8,08	172,9	1,3	11,5	32,65	9,92	57,43	SiL	ιλοσπηλώδες
141	7,58	184	2,0	9,2	12,39	9,52	78,08	SiL	ιλοσπηλώδες
142	7,98	211	2,9	13,4	10,74	7,92	81,35	Si	ιλυώδες
143	8,07	270	3,6	11,0	16,64	11,84	71,52	SiL	ιλοσπηλώδες
144	7,80	223	0,3	12,9	26,16	11,84	62,00	SiL	ιλοσπηλώδες
145	7,57	371	4,4	1,9	16,65	7,92	75,43	SiL	ιλοσπηλώδες
146	7,85	374	3,1	7,9	12,65	7,92	79,44	SiL	ιλοσπηλώδες
147	7,77	312	2,2	5,3	10,72	7,44	81,84	Si	ιλυώδες
148	7,55	387	2,5	3,0	6,32	9,60	84,08	Si	ιλυώδες
149	7,51	316	2,8	0,5	12,56	9,92	77,52	SiL	ιλοσπηλώδες
150	7,81	207	2,2	8,1	28,56	7,84	63,60	SiL	ιλοσπηλώδες
151	7,91	341	2,2	12,7	38,40	8,00	53,60	SiL	ιλοσπηλώδες
152	7,82	293	0,9	2,6	14,89	7,92	77,19	SiL	ιλοσπηλώδες
153	7,51	757	3,0	2,0	12,72	7,60	79,68	SiL	ιλοσπηλώδες
154	7,98	210	1,8	8,1	24,81	8,00	67,19	SiL	ιλοσπηλώδες
155	7,99	306	1,9	13,1	20,48	8,00	71,52	SiL	ιλοσπηλώδες
156	7,72	317	2,3	6,9	12,16	7,84	80,00	Si	ιλυώδες
157	6,68	143,8	2,6	1,0	38,16	12,00	49,84	L	Πηλώδες
158	7,97	325	3,5	2,0	6,17	10,00	83,83	Si	ιλυώδες
159	7,82	309	3,3	1,4	12,09	7,92	80,00	Si	ιλυώδες
160	7,95	1910	2,8	9,8	8,64	10,00	81,36	Si	ιλυώδες
161	7,67	279	2,3	0,0	64,72	7,68	27,60	SL	Αμμοπηλώδες
162	7,86	274	3,0	11,0	12,18	7,92	79,91	SiL	ιλοσπηλώδες
163	7,95	450	4,1	10,3	14,16	7,84	78,00	SiL	ιλοσπηλώδες
164	8,02	233	2,1	2,0	20,65	11,84	67,51	SiL	ιλοσπηλώδες



## ΕΔΑΦΟΣ

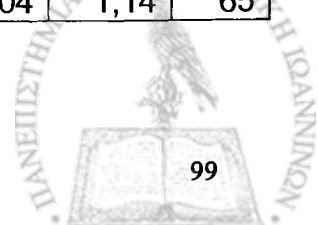
α/α	pH	Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (E.C.)	O.O	CaCO <sub>3</sub>	Μηχανική Ανάλυση				
					% %			Κλάση	Ταξινόμηση
					Άμμος	Άργιλος	Ίλύς		
165	7,43	254	3,8	2,0	29,44	7,92	62,64	SiL	ιλοπτηλώδες
166	7,86	212	1,7	18,3	50,64	7,92	41,44	L	Πηλώδες
167	8,01	156,6	0,2	1,1	42,72	7,60	49,68	SL	Αμμοπηλώδες
168	8,17	186,8	2,0	17,6	54,64	9,60	35,76	SL	Αμμοπηλώδες
169	7,83	140,1	2,2	1,7	46,64	9,92	43,44	L	Πηλώδες
170	6,65	282	2,1	0,0	25,20	11,52	63,28	SiL	ιλοπτηλώδες
171	7,82	326	2,5	4,7	10,80	7,28	81,92	Si	ιλυώδες
172	7,76	272	2,7	2,5	19,29	7,36	73,35	SiL	ιλοπτηλώδες
173	7,94	250	2,4	13,6	24,72	7,28	68,00	SiL	ιλοπτηλώδες
174	7,95	170,7	3,1	5,3	6,80	8,44	84,76	Si	ιλυώδες
175	8,07	165	3,4	7,9	18,88	9,28	71,84	SiL	ιλοπτηλώδες
176	8,94	310	2,2	11,5	26,80	7,36	65,84	SiL	ιλοπτηλώδες
177	8,17	210	2,5	10,4	6,81	11,20	81,99	Si	ιλυώδες
178	7,90	290	2,1	6,0	4,88	11,36	83,76	Si	ιλυώδες
179	7,29	307	2,8	0,0	26,80	9,28	63,92	SiL	ιλοπτηλώδες
180	8,02	318	2,6	9,6	13,61	7,28	79,11	SiL	ιλοπτηλώδες
181	7,82	292	2,7	12,8	10,89	7,28	81,84	Si	ιλυώδες
182	7,60	299	2,8	7,3	26,73	9,60	63,67	SiL	ιλοπτηλώδες
183	7,90	781	3,1	12,1	21,21	7,44	71,35	SiL	ιλοπτηλώδες
184	7,96	255	3,0	11,4	22,81	9,20	67,99	SiL	ιλοπτηλώδες
185	7,40	828	3,3	11,1	2,88	7,28	89,84	Si	ιλυώδες
186	7,95	250	3,0	3,7	10,80	7,20	82,00	Si	ιλυώδες
187	7,59	460	3,5	1,7	18,80	7,20	74,00	SiL	ιλοπτηλώδες
188	7,80	340	3,8	11,6	22,80	7,60	69,60	SiL	ιλοπτηλώδες
189	7,25	634	4,6	2,2	11,60	7,20	81,20	Si	ιλυώδες
190	7,75	563	3,7	3,6	16,40	9,28	74,32	SiL	ιλοπτηλώδες
191	7,62	398	2,2	6,2	10,64	7,68	81,68	Si	ιλυώδες
192	7,62	442	2,9	3,8	12,65	7,60	79,75	SiL	ιλοπτηλώδες
193	7,76	269	2,9	6,8	20,48	7,44	72,08	SiL	ιλοπτηλώδες
194	8,00	166,7	0,5	2,3	30,72	9,20	60,08	SiL	ιλοπτηλώδες
195	7,87	206	0,6	10,5	12,73	7,36	79,92	SiL	ιλοπτηλώδες
196	7,99	243	2,2	4,9	12,56	7,04	80,40	Si	ιλυώδες
197	7,96	203	1,8	6,6	6,57	10,60	82,83	Si	ιλυώδες
198	7,92	309	3,6	3,4	14,64	7,60	77,76	SiL	ιλοπτηλώδες
199	8,12	222	1,4	10,0	14,72	8,28	77,00	SiL	ιλοπτηλώδες
200	7,96	361	4,9	3,3	8,63	9,20	82,16	Si	ιλυώδες
201	7,45	353	2,2	1,7	8,72	7,44	83,84	Si	ιλυώδες

Αποτελέσματα της περιεκτικότητας των εδαφικών δειγμάτων σε θρεπτικά στοιχεία

ΕΔΑΦΟΣ												
	Ανταλλάξιμα				Φώσφορος	Εκχυλίσιμα με DTPA ιχνοστοιχεία						
	K	Ca	Mg	Na	P	Fe	Zn	Mn	Cu	Pb	Cd	
	cmol <sub>c</sub> /Kg εδάφους				ppm	ppm	ppm					
1	0,61	3,54	4,12	52,78	2,0	31,60	0,44	27,80	4,22	1,58	69	
2	0,30	20,99	1,56	5,90	0,0	34,19	0,46	24,60	9,98	1,72	63	
3	0,40	33,91	1,89	34,03	0,0	56,19	0,20	20,39	3,98	1,12	60	
4	0,40	18,66	2,39	11,11	0,0	60,00	2,60	39,00	3,90	1,75	102	
5	0,22	13,07	1,56	3,82	19,8	46,40	0,68	34,40	8,76	1,63	62	
6	0,43	19,93	3,37	5,90	165,0	12,40	4,40	20,80	3,96	1,4	81	
7	0,71	17,90	2,88	15,28	67,4	226,00	3,80	74,00	7,76	0,72	54	
8	0,82	24,78	3,21	76,74	47,0	54,40	5,00	43,60	5,58	0,69	52	
9	0,38	25,21	1,64	5,90	9,0	41,00	2,00	48,00	3,68	1,18	40	
0	0,51	32,42	2,80	22,57	6,9	56,80	2,40	40,00	4,64	1,5	84	
1	0,30	24,94	1,73	5,90	29,0	62,78	2,00	55,99	3,18	1,48	111	
2	0,38	15,80	0,74	2,78	73,5	14,40	6,80	301,95	4,48	4,41	81	
3	0,20	22,70	1,32	4,86	0,0	351,91	2,40	30,99	2,70	1,54	50	
4	0,46	26,91	2,63	18,40	7,8	43,39	2,20	37,39	4,82	1,03	41	
5	0,20	21,67	1,40	4,86	9,7	41,59	2,60	38,19	2,86	1,95	123	
6	1,46	3,69	5,76	18,40	260,3	11,20	18,00	69,99	16,80	1,76	104	
7	0,22	13,16	3,87	2,78	34,6	35,79	0,94	51,99	8,04	1,35	78	
8	0,53	7,58	1,65	345,49	22,2	60,99	2,00	43,79	14,00	0,96	79	
9	0,46	19,04	8,22	10,07	42,3	87,97	3,20	55,98	5,12	2,44	101	
0	0,38	23,50	2,39	5,90	9,6	103,80	3,20	85,27	10,00	1,85	80	
1	0,30	9,63	3,05	3,82	15,9	34,19	2,00	39,19	4,44	0,74	78	
2	0,38	25,28	1,81	2,78	13,7	52,99	0,52	59,99	9,66	1,05	74	
3	0,20	21,92	0,99	3,82	6,3	21,19	0,20	9,60	1,34	2,41	59	
4	0,22	22,14	1,15	82,99	0,0	29,79	0,44	27,19	9,88	1,48	132	
5	0,28	16,04	1,32	5,90	45,2	30,39	4,60	29,59	9,80	0,96	57	
6	0,51	18,95	1,32	7,99	9,7	35,40	0,82	28,20	4,12	0,9	51	
7	0,56	24,77	1,56	9,03	44,3	37,20	3,00	35,40	3,18	1,93	79	
8	0,22	24,13	1,40	0,00	0,0	30,99	0,44	8,60	17,19	2,25	133	
9	0,22	18,85	1,07	3,82	1,1	15,40	0,68	251,99	3,34	1,12	42	
0	0,46	7,93	2,55	3,82	3,3	29,99	5,60	187,96	6,66	1,51	84	
1	0,25	21,08	1,48	6,94	0,0	36,19	0,46	20,19	2,50	1,63	81	
2	0,35	22,39	1,65	20,49	6,1	47,80	0,36	25,80	3,30	0,84	52	
3	0,33	20,69	1,15	11,11	4,7	44,60	0,46	27,60	2,86	0,85	69	
4	0,48	32,43	1,48	50,69	6,1	52,80	0,76	54,00	4,20	1,6	78	
5	0,48	16,85	1,97	27,78	66,1	106,40	0,88	40,40	23,00	1,24	59	
6	0,61	19,83	4,52	9,03	11,4	92,39	0,64	67,99	6,38	1,62	79	
7	0,28	12,55	3,04	9,03	9,0	70,79	2,40	53,99	14,20	2,46	82	
8	0,25	11,17	3,87	345,49	4,7	89,78	0,58	38,99	2,98	1,54	81	
9	0,33	17,81	1,65	10,07	2,7	38,80	0,64	36,80	1,92	1,75	59	

**ΕΔΑΦΟΣ**

	Ανταλλάξιμα				Φώσφορος	Εκχυλίσιμα με DTPA ιχνοστοιχεία						
	K	Ca	Mg	Na		P	Fe	Zn	Mn	Cu	Pb	Cd
	cmol <sub>c</sub> /Kg εδάφους				ppm	ppm	ppm					
0	0,97	20,55	1,73	314,24	27,0	57,40	2,20	41,00	4,98	1,46	58	
1	0,87	36,40	2,72	28,82	10,8	89,80	0,48	34,40	5,02	1,24	83	
2	0,53	27,90	2,22	5,90	2,2	92,61	0,50	64,01	3,48	0,78	54	
3	0,30	7,88	2,22	3,82	0,0	83,96	0,52	99,96	3,46	2,6	62	
4	0,35	16,94	3,04	82,99	0,0	68,78	0,56	33,59	4,26	2,51	138	
5	1,00	25,04	3,13	16,32	7,2	82,20	0,46	27,40	4,52	2,5	119	
6	0,79	23,59	2,39	60,07	8,8	48,20	0,44	31,40	3,90	1,44	132	
7	0,22	14,81	1,89	10,07	7,6	30,99	0,42	18,80	3,98	0,95	104	
8	0,15	16,88	1,40	68,40	0,0	215,94	1,00	79,98	6,54	1,44	122	
9	0,30	18,69	1,07	3,82	0,0	33,19	0,68	43,19	1,92	1,51	84	
0	0,69	17,15	4,94	4,86	2,0	100,97	1,00	75,98	4,88	1,54	93	
1	0,35	14,22	1,07	11,11	0,0	23,40	1,06	26,20	2,54	0,78	38	
2	0,20	16,55	1,56	6,94	0,0	26,59	0,58	35,19	2,88	0,94	81	
3	0,28	19,29	1,81	15,28	17,3	23,60	0,38	39,60	5,00	0,62	80	
4	0,25	16,60	6,58	17,36	0,0	25,40	0,36	28,40	2,80	1,11	71	
5	0,40	23,74	2,22	6,94	11,0	46,40	0,96	28,40	3,66	0,75	80	
6	0,38	17,26	1,98	4,86	0,0	21,00	0,64	28,00	5,80	1,25	144	
7	0,51	20,63	2,47	17,36	12,8	26,00	1,00	33,79	3,62	1,37	88	
8	0,40	17,21	2,14	5,90	2,2	29,79	0,24	55,99	2,88	0,81	83	
9	0,66	18,25	4,12	7,99	11,0	88,58	0,22	221,94	2,96	0,95	85	
0	0,51	23,09	2,80	18,40	14,8	65,79	3,00	25,80	3,74	1,27	61	
1	0,87	36,36	2,55	30,90	10,0	84,00	0,84	36,40	5,00	0,9	63	
2	0,53	3,04	1,97	27,78	2,4	89,79	0,84	31,20	4,96	1,52	100	
3	0,38	16,06	1,65	1,74	11,7	44,60	0,64	58,00	3,48	1,24	85	
4	0,56	20,69	6,58	70,49	0,0	87,60	0,50	144,00	5,78	1,17	84	
5	0,38	21,95	1,15	11,11	8,0	32,79	0,48	19,80	26,19	1,05	81	
6	0,30	12,95	1,97	1,74	0,0	87,58	0,56	169,96	24,39	0,79	60	
7	0,20	6,33	2,63	1,74	0,0	71,59	0,44	115,98	7,10	1,2	60	
8	0,43	23,10	1,81	4,86	120,2	57,60	0,90	96,00	43,60	0,74	94	
9	0,69	18,86	2,31	5,90	4,7	73,98	0,88	407,90	10,14	0,9	84	
0	0,71	15,20	3,54	4,86	17,2	81,98	1,20	179,96	7,74	2,47	109	
1	0,40	20,20	1,81	1,74	5,3	106,57	0,78	313,92	24,79	1,04	62	
2	0,28	13,17	1,15	0,69	11,1	63,60	0,50	123,99	18,00	0,99	81	
3	0,35	17,36	0,66	2,78	1,8	24,99	0,66	73,98	1,72	0,89	45	
4	0,40	21,53	0,99	0,69	8,6	97,18	0,66	193,96	3,24	1,68	104	
5	1,05	23,99	4,20	18,40	0,7	109,98	0,52	91,99	8,94	1,05	58	
6	0,64	35,89	3,04	12,15	2,0	54,79	0,12	151,98	8,42	1,21	178	
7	0,33	18,40	0,74	0,00	0,0	41,79	0,44	33,99	4,60	1,52	174	
8	0,61	14,36	2,22	6,94	200,7	197,98	14,00	189,98	9,24	1,52	98	
9	0,87	7,78	1,73	9,03	11,1	109,98	0,80	137,98	4,30	0,65	57	
0	0,30	19,18	2,06	70,49	0,0	39,99	0,38	203,97	5,36	3,46	79	
1	0,35	10,02	1,81	2,78	4,9	99,40	0,86	92,00	4,04	1,14	65	

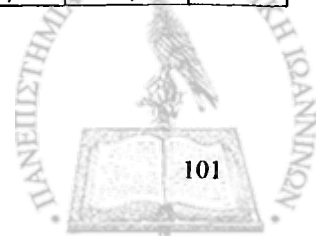


**ΕΔΑΦΟΣ**

	Ανταλλάξιμα				Φώσφορος	Εκχυλίσιμα με DTPA ιχνοστοιχεία						
	K	Ca	Mg	Na		P	Fe	Zn	Mn	Cu	Pb	Cd
	cmol <sub>c</sub> /Kg εδάφους				ppm	ppm	ppm					
2	0,22	12,47	1,15	27,78	4,5	49,99	0,56	197,97	4,10	1,48	78	
3	0,56	14,32	1,89	71,53	0,0	107,78	0,48	261,95	6,00	0,84	71	
4	0,92	21,99	5,76	61,11	18,6	98,60	2,00	198,00	8,52	1,47	80	
5	0,43	18,34	1,73	6,94	8,6	62,00	1,20	331,98	5,18	1,4	60	
6	0,76	18,76	3,13	53,82	0,7	100,98	0,50	161,98	6,68	0,67	62	
7	0,64	24,38	2,96	2,78	56,8	24,00	0,40	138,00	9,40	1,99	128	
8	0,43	21,08	1,32	1,74	0,0	63,39	7,00	99,99	5,22	1,1	59	
9	0,30	12,16	2,06	2,78	43,5	105,98	3,60	173,97	4,42	1,17	58	
0	0,17	11,32	3,62	36,11	2,2	86,00	0,36	58,00	3,38	1,35	62	
1	0,35	16,41	1,23	4,86	13,9	32,19	0,48	47,98	16,79	0,84	65	
2	0,25	15,15	1,32	4,86	52,6	39,39	0,20	23,20	4,18	1,22	84	
3	0,17	16,21	1,15	23,61	7,3	31,60	0,54	58,01	4,54	0,47	22	
4	1,18	14,92	9,06	67,36	50,0	137,95	6,20	295,90	9,00	1,33	41	
5	0,33	17,00	1,23	5,90	5,1	93,01	7,20	416,04	5,52	2,97	42	
6	0,38	12,82	3,13	6,94	8,4	4,00	0,56	250,00	4,30	0,58	38	
7	0,71	10,67	4,36	4,86	95,8	81,98	1,40	89,97	6,26	1,24	64	
8	0,40	40,37	1,48	3,82	2,7	31,20	1,60	600,06	5,46	0,65	52	
9	0,64	38,39	1,56	6,94	4,5	87,18	1,40	341,91	7,16	0,69	49	
0	0,40	9,12	3,04	3,82	0,0	10,20	6,80	119,95	6,08	1,15	57	
1	0,40	23,04	1,89	5,90	0,5	108,57	0,76	265,93	5,42	0,49	43	
2	0,15	12,87	1,56	31,94	0,5	73,59	0,44	269,97	4,72	0,87	63	
3	0,51	18,76	1,15	35,07	0,0	78,19	0,90	499,93	6,84	0,72	45	
4	0,30	20,13	0,90	5,90	2,7	78,98	1,06	275,94	3,86	0,61	61	
5	0,33	5,83	2,22	48,61	0,0	137,97	0,54	175,96	5,00	0,85	60	
6	0,40	21,09	0,74	1,74	0,0	53,99	0,54	44,00	7,26	0,36	18	
7	0,38	12,02	2,88	5,90	21,7	97,57	0,94	103,97	4,74	0,65	17	
8	0,30	15,60	0,82	0,00	4,2	35,60	1,40	36,60	2,48	0,62	41	
9	0,58	13,31	2,14	11,11	35,1	573,86	6,60	229,94	7,60	1,34	52	
0	0,53	7,83	2,14	5,90	33,8	14,20	2,60	127,99	8,18	0,9	39	
1	0,61	20,65	4,12	10,07	1,4	45,20	0,68	52,00	3,34	1,04	58	
2	0,48	10,71	1,97	10,07	45,1	78,79	5,00	107,98	4,62	1,24	70	
3	0,38	17,56	1,15	3,82	2,2	72,79	0,76	153,98	15,40	0,59	63	
4	0,66	17,35	5,76	17,36	0,0	82,40	0,64	72,00	5,34	0,42	24	
5	1,25	34,91	2,88	63,19	1,8	62,99	2,60	47,99	6,22	0,42	37	
6	0,17	9,57	2,06	5,90	0,0	50,19	0,60	91,98	1,92	0,88	36	
7	0,64	26,52	0,90	11,11	48,6	62,59	6,00	79,99	9,18	1,14	41	
8	0,22	8,13	0,66	2,78	84,9	205,99	3,00	189,99	6,06	0,99	21	
9	0,28	19,75	1,07	4,86	6,6	44,60	0,56	50,00	8,80	1,02	32	
0	0,76	18,80	2,14	37,15	9,1	58,59	0,42	32,20	4,64	2,04	102	

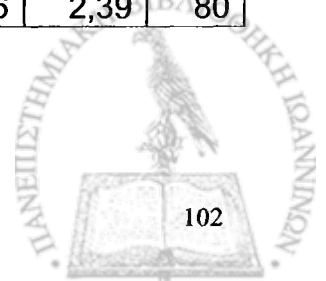
**ΕΔΑΦΟΣ**

α	Ανταλλάξιμα				Φώσφορος	Εκχυλίσιμα με DTPA ιχνοστοιχεία						
	K	Ca	Mg	Na		P	Fe	Zn	Mn	Cu	Pb	Cd
	cmol <sub>c</sub> /Kg εδάφους				ppm	ppm	ppm					
21	0,51	16,69	1,15	2,78	21,7	37,39	0,86	61,99	16,60	0,74	23	
22	0,07	17,89	1,48	60,07	0,0	27,20	0,50	23,60	18,80	1,25	42	
23	0,17	9,12	2,30	3,82	95,8	133,99	5,00	66,00	90,40	2,38	62	
24	0,74	31,91	3,62	12,15	5,6	99,99	0,60	26,20	6,96	0,81	41	
25	0,94	17,66	1,48	0,00	127,8	77,18	4,20	37,39	5,02	0,47	30	
26	0,15	13,41	0,99	0,00	7,4	28,00	0,64	38,40	2,08	1	40	
27	0,51	17,35	0,74	0,00	12,2	52,99	0,76	36,79	6,36	1,73	38	
28	0,28	12,21	0,58	2,78	0,0	28,40	0,40	30,40	3,74	0,54	32	
29	0,46	24,42	1,89	37,15	0,0	43,20	0,48	38,40	4,18	17,82	61	
30	0,35	8,63	1,40	3,82	6,5	41,58	0,80	57,98	13,19	0,74	44	
31	0,53	8,57	1,89	0,00	49,8	68,18	5,40	57,99	9,16	1,05	33	
32	0,38	16,10	1,15	2,78	1,2	39,19	0,56	33,19	5,14	1,28	57	
33	0,28	6,83	1,40	3,82	0,1	34,60	0,74	32,40	47,60	0,65	50	
34	0,30	20,05	1,07	3,82	0,0	38,19	0,60	31,59	9,78	0,58	64	
35	0,07	6,34	0,91	2,78	0,0	36,19	0,42	35,59	6,58	1,27	62	
36	0,04	17,96	2,14	41,32	0,0	30,59	0,32	22,79	2,64	1,09	44	
37	0,00	0,02	0,00	28,82	4,8	26,59	0,54	16,20	3,26	1,68	74	
38	0,25	19,50	1,81	0,00	0,0	22,00	0,66	18,40	2,94	1,32	62	
39	0,04	17,59	1,07	0,00	8,1	22,60	0,34	21,80	2,08	0,74	65	
40	0,15	17,14	0,99	0,00	0,0	22,40	0,46	16,60	4,78	0,66	45	
41	0,43	16,00	1,65	0,00	66,0	83,79	4,80	9,00	42,39	0,71	82	
42	0,92	20,84	1,89	4,86	0,0	47,20	0,66	16,20	4,32	1,74	74	
43	0,89	15,21	1,73	3,82	5,9	24,20	0,88	22,40	4,98	1,12	35	
44	0,61	18,34	1,64	14,24	22,2	33,40	0,82	20,80	4,60	1,36	64	
45	0,61	20,13	2,14	4,86	5,3	57,80	0,66	58,00	4,72	0,8	61	
46	0,76	20,55	1,98	16,32	9,4	47,59	0,74	41,59	3,80	0,84	52	
47	0,38	17,85	1,15	3,82	0,0	41,39	0,72	34,59	12,80	0,86	62	
48	0,69	19,95	2,80	1,74	36,5	73,78	0,88	41,59	5,90	0,62	57	
49	0,87	13,47	2,63	2,78	16,5	50,39	0,70	53,99	5,46	0,49	38	
50	0,30	19,30	0,91	0,00	0,0	33,00	0,58	16,20	9,88	0,71	29	
51	0,22	16,15	0,82	0,00	3,6	26,00	0,68	34,61	2,54	0,69	56	
52	0,53	11,92	1,07	0,00	17,9	30,39	1,00	53,98	5,44	0,69	98	
53	0,51	13,10	9,04	76,74	0,8	84,37	0,48	63,98	4,60	1,54	201	
54	0,51	14,40	0,82	0,00	0,0	33,99	0,74	32,39	37,39	1,75	142	
55	0,20	13,02	0,58	0,69	0,0	26,40	0,52	14,40	5,46	2,35	257	
56	0,46	21,19	1,23	4,86	3,7	38,81	0,86	62,01	4,00	1,42	554	
57	0,35	4,99	1,23	5,90	9,1	44,58	0,90	245,89	17,79	1,57	417	
58	0,48	17,91	1,07	35,07	3,6	48,58	0,58	71,97	4,22	1,5	264	
59	0,40	18,05	2,30	12,15	33,7	52,01	0,72	56,01	3,68	1	352	
60	0,69	14,85	2,47	22,57	0,0	33,99	4,80	55,99	8,40	0,59	504	
61	0,46	8,53	1,40	4,86	0,0	17,00	0,50	53,99	26,80	0,64	84	



**ΕΔΑΦΟΣ**

Ανταλλάξιμα				Φώσφορος	Εκχυλίσιμα με DTPA ιχνοστοιχεία					
K	Ca	Mg	Na		P	Fe	Zn	Mn	Cu	Pb
cmol/Kg εδάφους			ppm	ppm	ppm					ppb
0,33	18,61	0,66	0,00	0,0	21,80	0,54	37,80	2,50	1,02	80
0,22	16,41	1,73	18,40	6,7	31,79	2,80	59,97	4,08	0,85	48
0,17	12,12	0,58	0,00	0,0	28,00	3,20	62,01	3,82	0,84	71
0,38	8,48	4,03	54,86	0,3	34,19	0,72	42,39	5,66	1,75	103
0,35	14,60	0,66	1,74	9,9	48,20	0,68	50,00	2,40	0,36	48
0,25	14,05	0,82	2,78	6,5	105,35	0,70	95,95	4,32	0,71	75
0,07	8,27	3,29	0,00	0,0	16,00	0,50	19,00	1,14	1,08	101
0,20	11,26	2,63	0,00	0,0	19,00	0,42	37,59	4,68	0,74	58
0,15	6,93	2,06	0,69	0,0	55,39	0,46	143,98	2,06	1,24	98
0,71	15,22	1,40	5,90	0,0	47,01	0,54	40,41	4,04	1,84	84
0,48	16,65	1,07	0,00	0,0	49,19	0,54	61,98	5,08	0,47	44
0,92	16,40	0,99	10,07	6,0	37,40	0,70	36,20	17,00	1,46	63
0,71	15,75	1,23	0,00	0,8	28,39	0,84	43,59	58,78	1,1	65
0,25	14,31	1,15	0,00	0,0	35,60	0,58	32,80	3,74	1,05	78
0,30	22,24	1,97	0,00	0,0	28,99	0,58	30,99	3,42	0,58	52
0,46	12,61	0,74	6,94	0,0	22,59	0,40	53,98	7,12	1,12	124
0,12	14,96	1,65	1,74	21,6	43,60	0,50	56,01	3,02	0,99	41
0,25	9,98	1,98	11,11	86,5	66,00	0,46	92,00	2,64	1,45	60
0,64	18,06	1,89	44,44	48,6	52,39	3,80	38,19	3,50	0,84	82
0,40	13,17	1,40	0,69	68,6	75,41	5,80	64,01	4,28	1,32	57
0,35	17,95	1,65	6,94	33,9	61,79	6,20	38,19	25,39	0,93	65
0,84	16,14	2,22	66,32	20,4	48,60	0,50	54,00	4,02	1,58	84
0,40	14,51	0,91	4,86	93,5	45,80	0,60	52,01	37,80	0,96	85
0,69	15,81	1,81	23,61	170,1	54,39	3,80	31,60	2,14	0,82	64
0,40	18,00	0,91	0,00	86,9	46,59	0,60	55,99	2,46	1,05	77
0,76	15,56	1,56	5,90	65,5	46,20	0,46	82,00	5,34	1,04	19
0,53	19,71	1,24	1,74	144,2	27,00	0,60	38,00	7,80	1,08	12
0,66	21,29	2,80	3,82	32,2	75,19	0,98	67,99	5,26	0,85	42
0,92	31,93	2,14	43,40	30,8	66,19	0,98	49,99	5,90	1,21	61
0,87	20,41	1,48	7,99	122,4	53,98	1,06	49,99	6,50	0,95	24
0,35	20,73	1,15	0,69	33,7	55,79	0,64	20,00	7,44	0,74	57
0,30	18,84	1,73	0,00	91,5	43,19	2,00	17,60	3,80	3,2	16
0,17	15,87	1,40	6,94	0,0	42,19	0,42	28,99	2,62	1,13	19
0,69	20,10	1,48	0,00	0,0	41,40	0,62	56,00	3,32	1,18	40
0,28	20,64	1,23	0,69	3,7	35,19	0,46	25,19	2,70	0,88	31
0,97	19,49	1,81	4,86	16,5	45,60	0,86	22,00	6,22	0,93	22
0,79	31,43	2,22	42,36	4,8	74,38	0,80	21,19	5,40	0,58	21
0,46	19,78	0,74	0,00	19,1	28,79	0,78	17,00	4,44	1,81	29
0,97	23,30	3,79	28,82	29,0	171,96	0,86	63,98	9,94	0,43	41
0,89	21,44	3,54	5,90	13,0	84,37	0,98	27,19	4,66	2,39	80



## Συσχετισμοί φυσικοχημικών ιδιοτήτων και θρεπτικών στοιχείων του εδάφους

Πίνακας 37

	pH	Αγωγιμ.	Οργ.ουσία	CaCO <sub>3</sub>
pH	1,000	0,103	-0,205**	0,622**
Αγωγιμ	0,103	1,000	0,115	0,008
Οργ. Ουσ.	-0,205**	0,115	1,000	-0,018
CaCO <sub>3</sub>	0,622**	0,008	-0,018	1,000
Ca	0,248**	0,010	0,171*	0,359**
Mg	-0,346**	0,252**	0,391**	-0,244**
Na	-0,010	0,205**	0,351**	0,039

Πίνακας 38

	Ca	Mg	K	Na	P	Fe	Zn
Ca	1,000	0,040	0,294**	0,148*	0,028	0,122	-0,005
Mg	0,040	1,000	0,362**	0,440**	0,161*	0,290**	0,123
K	0,294**	0,362**	1,000	0,285**	0,248**	0,222**	0,239**
Na	0,148*	0,440**	0,285**	1,000	-0,004	0,234**	-0,053
P	0,028	0,161*	0,248**	-0,004	1,000	0,168*	0,440**
Fe	0,122	0,290**	0,222**	0,234**	0,168*	1,000	0,208**
Zn	-0,005	0,123	0,239**	-0,053	0,440**	0,208**	1,000
Cu	-0,037	0,027	0,238**	-0,007	0,167*	0,125	0,188**
Mn	-0,146*	0,068	0,008	0,014	0,110	0,384**	0,191**
Pb	-0,019	0,138	-0,051	0,174*	0,014	0,029	-0,027
Cd	-0,051	0,169*	0,003	0,174*	0,065	-0,022	-0,119

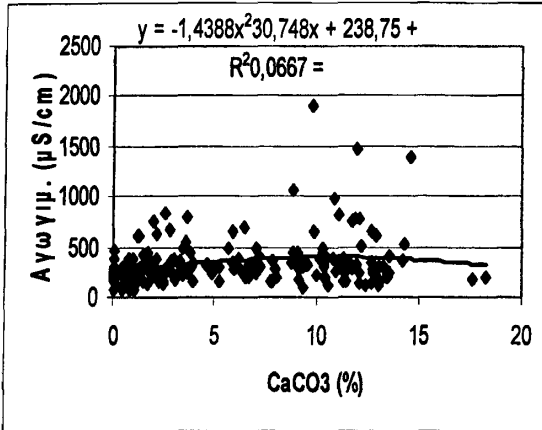
Πίνακας 39

	<b>Cu</b>	<b>Mn</b>	<b>Pb</b>	<b>Cd</b>	<b>Αγωγιμ.</b>
<b>Ca</b>	-0,037	-0,146*	-0,019	-0,051	0,010
<b>Mg</b>	0,027	0,068	0,138	0,169*	0,252**
<b>K</b>	0,238**	0,008	-0,051	0,003	0,135
<b>Na</b>	-0,007	0,014	0,174*	0,174*	0,205**
<b>P</b>	0,167*	0,110	0,014	-0,065	0,069
<b>Fe</b>	0,125	0,384**	0,029	-0,022	0,018
<b>Zn</b>	0,188**	0,191**	-0,027	-0,119	-0,055
<b>Cu</b>	1,000	0,190**	-0,019	0,004	-0,027
<b>Mn</b>	0,190**	1,000	-0,081	0,027	0,128
<b>Pb</b>	-0,019	-0,081	1,000	0,429**	-0,098
<b>Cd</b>	0,004	0,027	0,429**	1,000	0,075

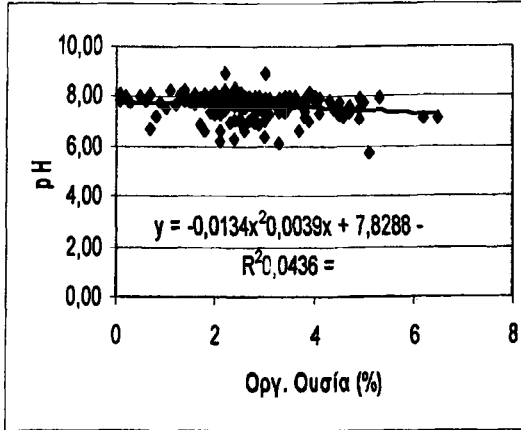


**Διαγράμματα συσχετίσεων των φυσικοχημικών ιδιοτήτων και των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους**

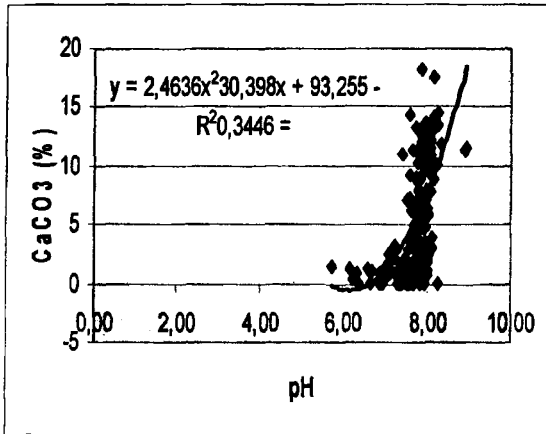
Διάγραμμα 20: Συσχέτιση E.C.-CaCO<sub>3</sub>



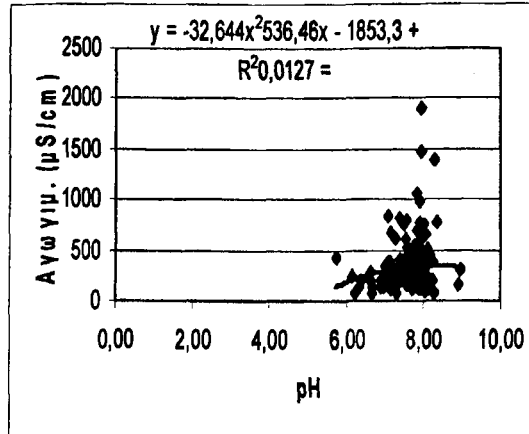
Διάγραμμα 21: Συσχέτιση pH- Οργανικής ουσίας



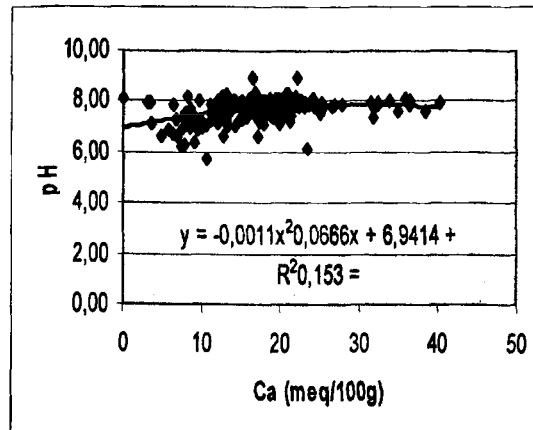
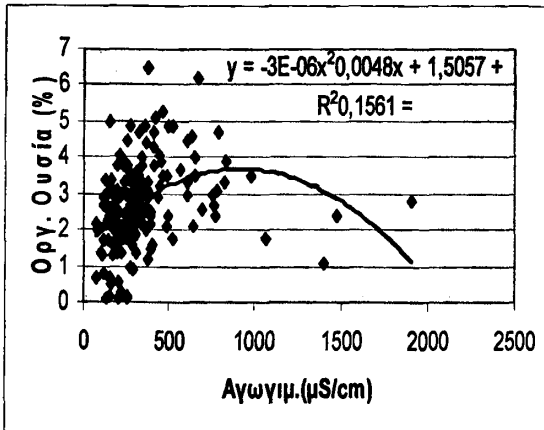
Διάγραμμα 22: Συσχέτιση CaCO<sub>3</sub>-pH



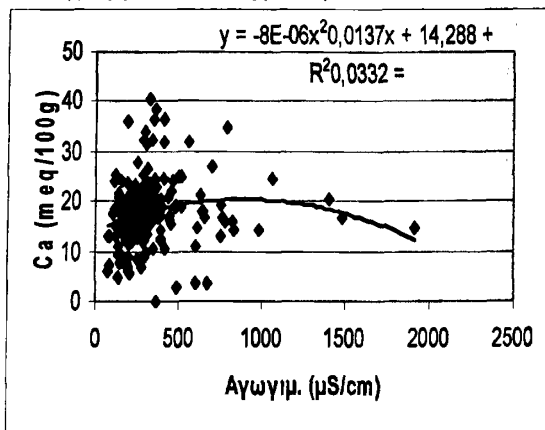
Διάγραμμα 23: Συσχέτιση E.C.-pH



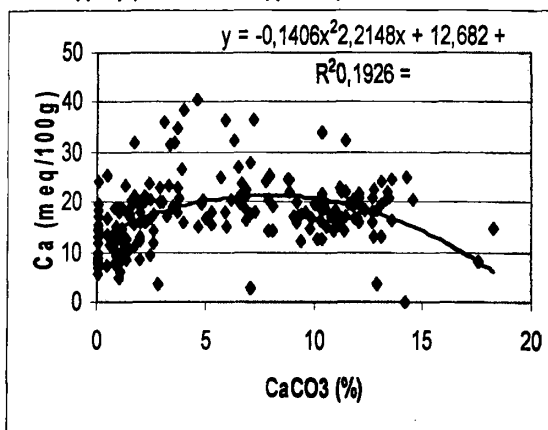
Διάγραμμα 24: Συσχέτιση Οργανικής ουσίας-E.C. Διάγραμμα 25: Συσχέτιση pH-Ca



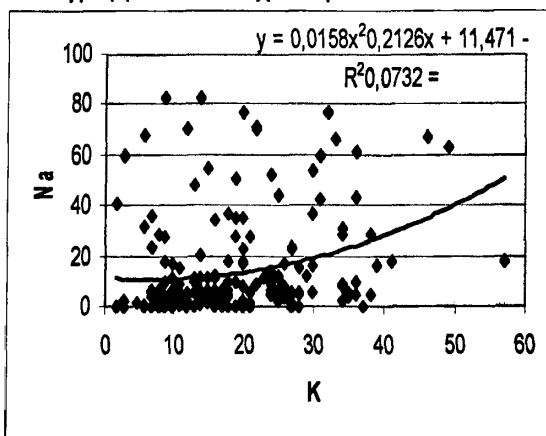
Διάγραμμα 26: Συσχέτιση Ε.Σ.-Ca



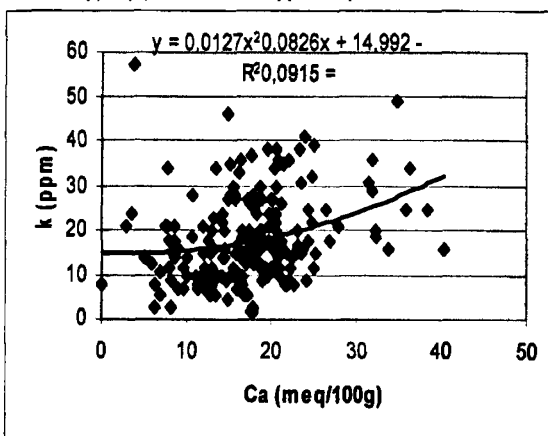
Διάγραμμα 27: Συσχέτιση CaCO<sub>3</sub>-Ca



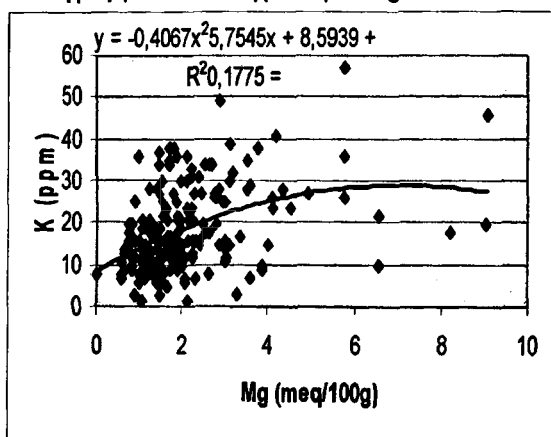
Διάγραμμα 28: Συσχέτιση Κ-Na



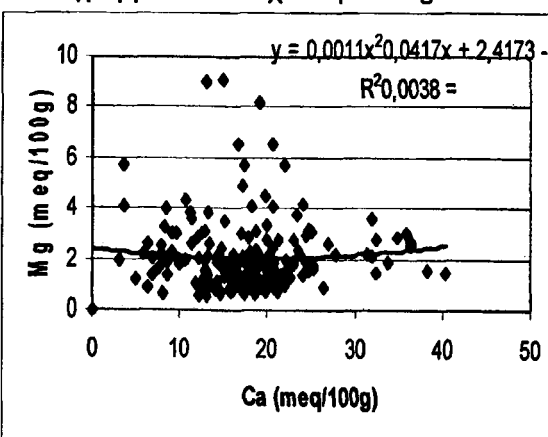
Διάγραμμα 29: Συσχέτιση Κ-Ca



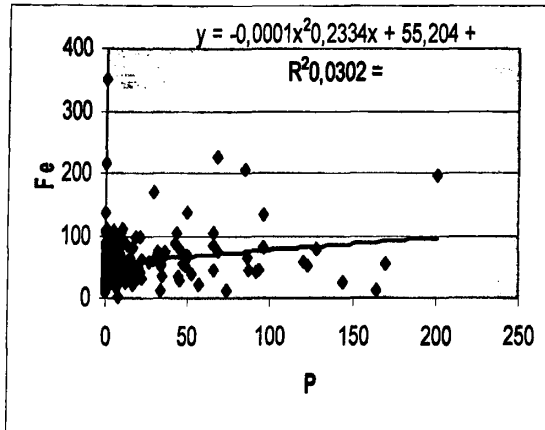
Διάγραμμα 30: Συσχέτιση Κ-Mg



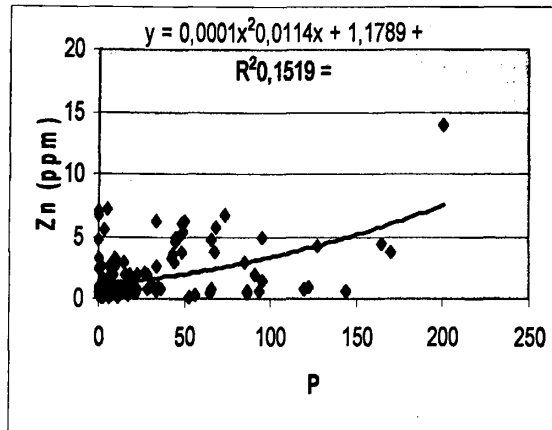
Διάγραμμα 31: Συσχέτιση Ca-Mg



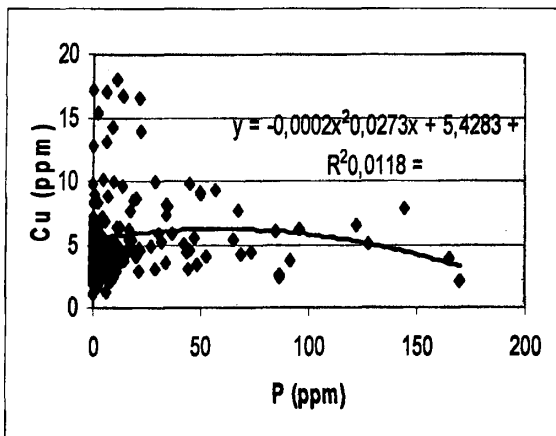
Διάγραμμα 32: Συσχέτιση P-Fe



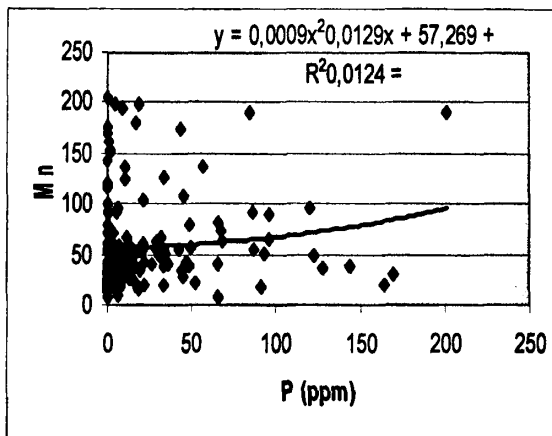
Διάγραμμα 33: Συσχέτιση P-Zn



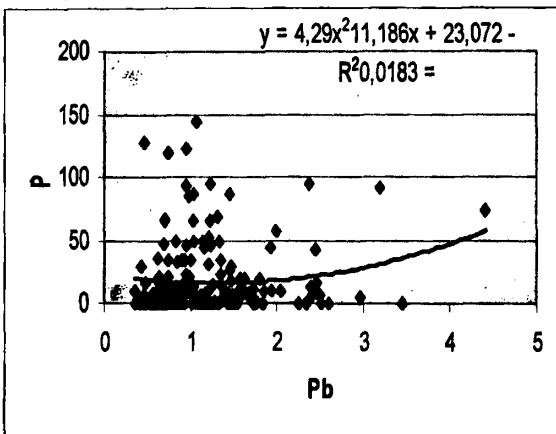
Διάγραμμα 34: Συσχέτιση P-Cu



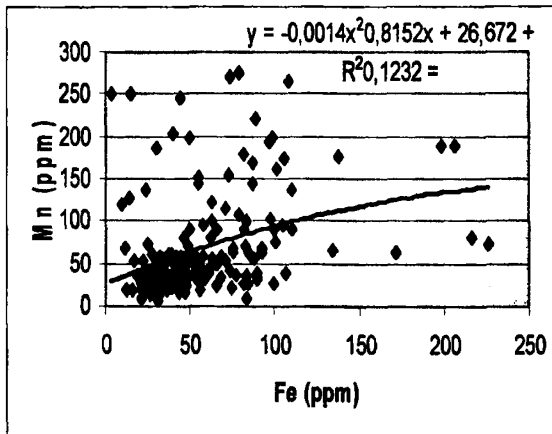
Διάγραμμα 35: Συσχέτιση P-Mn



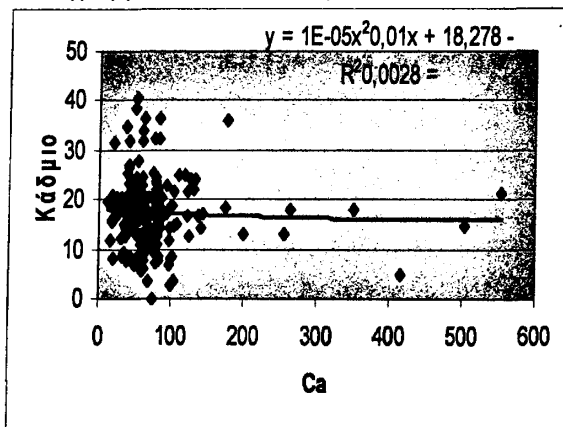
Διάγραμμα 36: Συσχέτιση P-Pb



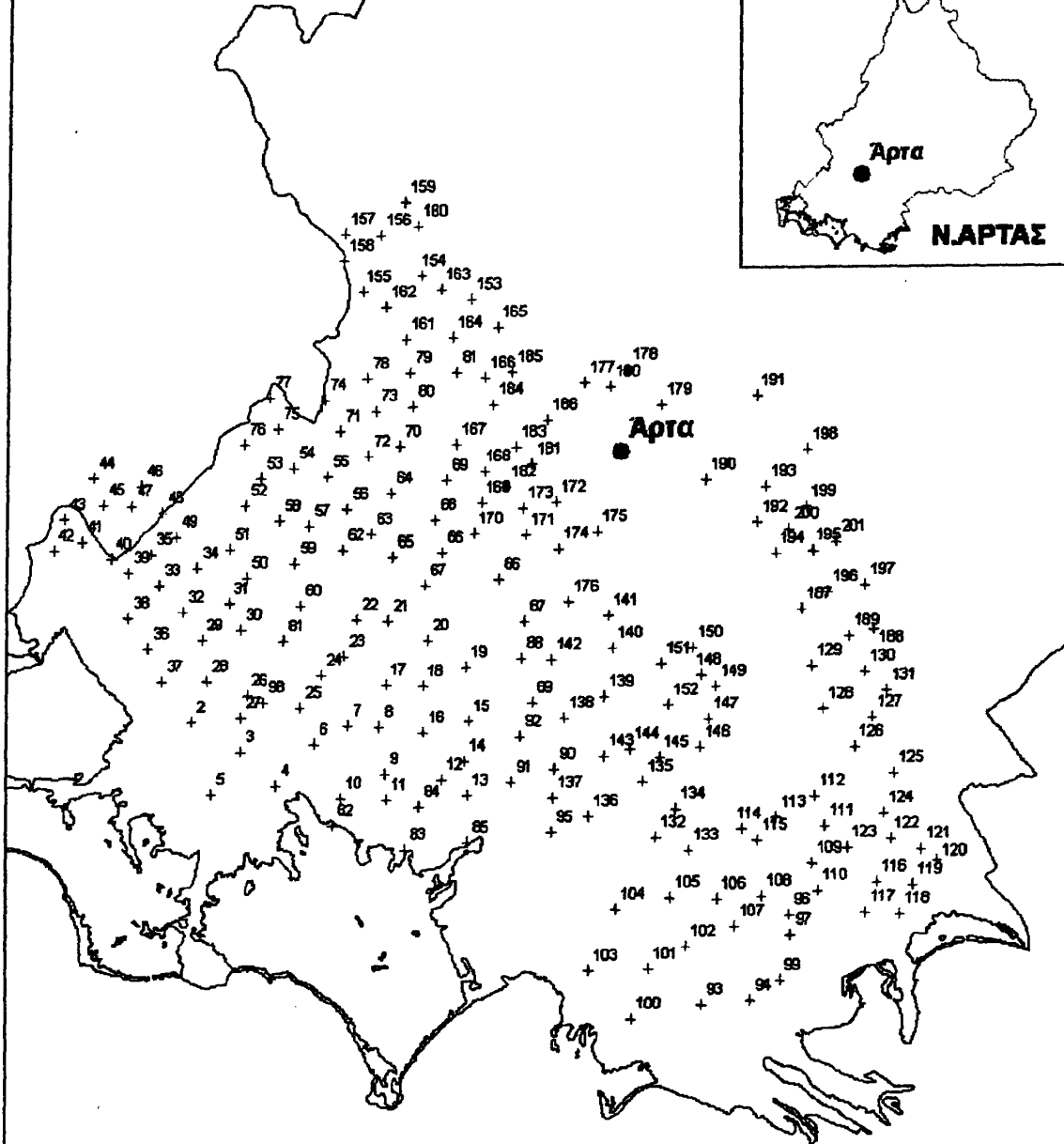
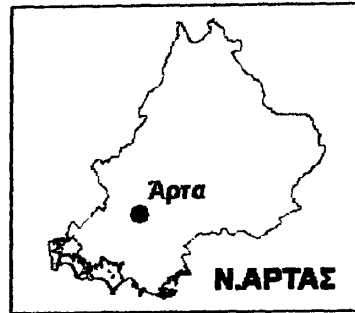
Διάγραμμα 37: Συσχέτιση Fe-Mn



Διάγραμμα 38: Συσχέτιση Ca-Cd



# Σημεία Δειγματοληψίας Εδαφών Ν.Αρτας



**ΥΠΟΜΝΗΜΑ**

- ΑΡΤΑ
- + Σημεία Δειγματοληψίας
- Πρωτεύουσα



0 875.750 3.500 Meters



## 1. ΝΟΜΟΣ ΑΡΤΑΣ

ID	X	Y
1	220083,43451500	4327768,63891999
2	228377,70424200	4331745,30247000
3	229688,59756400	4330992,75260000
4	230570,61837900	4330110,73178000
5	228919,86382500	4329892,24956000
6	231557,83433700	4331146,49933999
7	232447,94708700	4331623,92344999
8	233263,08892200	4331608,54674999
9	233406,63903400	4330412,29581999
10	232274,18815200	4329766,32031000
11	233422,58904600	4329726,44527999
12	234850,11515800	4330244,82069000
13	235527,99068600	4329846,07036999
14	235448,24062400	4330715,34604999
15	235535,96569200	4331744,12184999
16	234395,53980400	4331457,02163000
17	233414,61404000	4332693,14759000
18	234363,63977900	4332661,24756999
19	235464,19063600	4333131,77293000
20	234491,23987900	4333817,62347000
21	233478,41409000	4334343,97388000
22	232656,98845000	4334391,82392000
23	232345,96320700	4333426,84815999
24	231739,86273500	4332964,29779999
25	231189,58730700	4332095,02213000
26	229865,73627600	4332453,89740999
27	229666,36112000	4331847,79693000
28	228789,11043700	4332788,84767000
29	228669,48534400	4333865,47350999
30	229690,28613900	4334104,72369000
31	229363,31088400	4334830,44926000
32	228183,00996500	4334583,22405999
33	227568,93448600	4335277,04961000
34	228549,86025100	4335707,69993999
35	227321,70929400	4336090,50024000
36	227247,88349800	4333654,94587999
37	227638,03002700	4332793,37229000
38	226768,32839000	4334443,36699000
39	226768,32839000	4335597,55047000
40	226296,90133400	4335971,44089000
41	225557,24854000	4336402,22769000
42	224801,33964000	4336190,89831999
43	225069,56537900	4337003,70358000
44	225833,60233100	4338044,09432999
45	226109,95612200	4337369,46595000
46	227085,32244400	4337857,14912000
47	226825,22475800	4337328,82569000



48	227621,77392100	4337141,88047999
49	228003,79239800	4336524,14848000
50	229824,47619900	4335467,50162999
51	229393,68940600	4336207,15441999
52	229775,70788300	4337317,98828999
53	230176,69181500	4338011,58212000
54	231011,17189000	4338271,67980000
55	231899,83898400	4338076,60654000
56	232409,19695200	4337231,28906000
57	231412,15582300	4336776,11811000
58	230875,21238000	4336927,84176000
59	231054,52150500	4335833,26400000
60	231217,08255800	4334727,84882999
61	230783,58641500	4333828,34434000
62	232311,66032000	4336180,06090999
63	233037,76636000	4336548,53263000
64	233557,96173100	4337621,43558999
65	233590,47394200	4335963,31283999
66	234847,61275700	4336104,19909000
67	234414,11661400	4335237,20679999
68	234685,05170300	4336927,84176000
69	234966,82419600	4337968,23249999
70	233763,87239900	4338835,22479000
71	232224,96109100	4339247,04612000
72	232951,06713100	4338564,28969999
73	233124,46558800	4339756,40409000
74	231813,13975500	4340027,33918000
75	230631,86276500	4339312,07055000
76	229754,03307500	4338911,08660999
77	230393,43988700	4340114,03840999
78	232929,39232400	4340580,04676000
79	234002,29527800	4340742,60781999
80	234099,83191000	4339843,10331999
81	235226,92188200	4340731,77041000
82	232036,17974600	4329085,96881000
83	233900,91658500	4328472,61775999
84	234260,80716700	4329538,36873000
85	235499,88632300	4328660,20505999
86	236313,26817800	4335379,98257000
87	236970,76392800	4334284,97582999
88	236905,34571900	4333340,04614999
89	237174,28724200	4332231,57096000
90	237744,87939200	4330508,89147999
91	236650,94157600	4330189,06912000
92	236869,00227000	4331355,69383999
93	241492,23549900	4324495,70019999
94	242728,09853900	4324575,77254999
95	237661,49306000	4328890,97365000
96	243734,36343600	4326773,69129000
97	243780,51439400	4326274,42184999



98	230267,84980400	4332268,80350000
99	243491,02202400	4325110,15904999
100	239724,19869000	4324114,36588000
101	240147,33915200	4325395,07101000
102	241100,81565800	4325981,82577999
103	238601,46600000	4325361,21977000
104	239312,34197500	4326929,66041000
105	240711,52643300	4327217,39592999
106	241885,03597900	4327183,54468999
107	242330,74393200	4326500,87808000
108	243030,33616100	4327273,81465999
109	244322,32503700	4328080,60247000
110	244452,08811100	4327397,93585999
111	244632,62804100	4329051,00459000
112	244390,02751000	4329823,94116999
113	243396,60266200	4329272,20806999
114	242505,81471900	4328970,00843000
115	242931,74544100	4328681,29712999
116	245963,53824600	4327610,47802000
117	245663,35894600	4326860,02976999
118	246530,54359100	4326818,33820000
119	246866,81659500	4327545,74328999
120	247474,26633200	4328169,53285000
121	247102,36707200	4328458,38664999
122	246300,79779400	4328707,52304000
123	245206,76404900	4328512,54672999
124	246123,87484500	4329379,10811000
125	246387,45393200	4330379,26437999
126	245387,29767000	4331050,84944999
127	245831,41037900	4331823,53335000
128	244600,17108200	4332047,39503999
129	244311,31728800	4333116,15407000
130	245650,87675700	4332975,33784999
131	246203,30963800	4332498,72908999
132	240338,01136700	4328760,02407000
133	241174,16672600	4328409,57660000
134	240848,31206400	4329476,28950000
135	239996,78620300	4330180,25853999
136	238619,58914100	4329282,62117000
137	237700,43306700	4329783,69955999
138	237998,62082300	4331821,82825000
139	239016,14811700	4332378,24045000
140	239237,48335900	4333607,88069000
141	239129,88983800	4334465,55475000
142	237663,54386000	4333321,98933000
143	239015,72545300	4330847,44278000
144	239678,51346800	4331025,88570000
145	240425,06040700	4330803,74246999
146	241477,50950700	4331047,73586000
147	241696,01105000	4331794,28280000





148	241499,35966100	4332901,35728000
149	241881,73736200	4332620,94696999
150	241270,00602100	4333618,59917999
151	240463,18505800	4333223,72004000
152	240655,74957800	4332146,33373999
153	235583,83746900	4342620,83705999
154	234290,78850000	4343246,07830000
155	232793,59015400	4342827,05109000
156	233259,69907300	4344296,00040999
157	232327,48123400	4344352,49846000
158	232299,23220900	4343655,68917000
159	233862,34494800	4345138,76300000
160	234215,45776500	4344517,28443999
161	233923,55117000	4341593,51030999
162	233391,52785800	4342455,10558999
163	234803,97912800	4342878,84097000
164	235119,42657800	4341626,46750999
165	236263,51210700	4341890,12507999
166	235962,18916900	4340595,37808000
167	235238,14022200	4338864,37518000
168	235934,21329300	4338156,60340000
169	235871,82018900	4337368,89046000
170	235680,74130600	4336573,37837999
171	237018,29348300	4336530,48312000
172	237774,80987400	4337380,58916000
173	236925,96981800	4337205,03823000
174	237861,62031700	4336179,53210000
175	238845,21949800	4336608,60666000
176	238099,43396100	4334817,14187000
177	238521,83500300	4340437,18561999
178	239616,66938900	4340750,72974000
179	240485,37418100	4339844,26214000
180	239154,55061600	4340308,71062999
181	237163,88534400	4338349,68303999
182	236486,87744400	4337769,39054999
183	236768,96406900	4338784,90240000
184	236180,61196600	4339881,01042999
185	236660,15922800	4340739,35972999
186	237562,83642800	4339478,02953999
187	244056,10899000	4334600,42380000
188	245896,14996400	4334098,21112999
189	245247,55378900	4333907,71435000
190	241613,65953000	4337919,57192000
191	242906,48899300	4340075,05061000
192	242917,82218800	4336830,92355000
193	243135,98619100	4337720,57935000
194	243382,48318100	4336034,76659999
195	244354,30464900	4336077,26608000
196	244708,46699200	4335043,11204000
197	245666,12196600	4335196,11017000

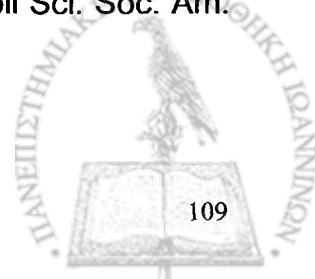


198	244196,00614100	4338678,75133000
199	244151,25810700	4337222,40622000
200	243720,72777700	4336650,17377999
201	244937,48369300	4336297,26492000



## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Alloway, B.J.** 1995. "Soil processes and the behaviour of heavy metals". In Heavy Metals in soils, 2<sup>nd</sup> ED. B.j.Alloway. Eds. Blackie Academic and Professional.London.
2. **Amhrhein C, Mosher PA, Strong JE, and Pach EC.** 1993. "Colloid – assisted transport of trace metals in roadside soils". Soil Sci. Soc Am J. 57:1212-7
3. **Arnold, P.W.** 1970. "The behaviour of potassium in soils. Proc. Fert. Soc. N. 115.
4. **Barker V. Allen, Pilbeam J. David.** "HandBook of plant nutrition". ISBN0-8247-5904-4 2006.
5. **Bergmann, W.** 1992 "Nutritional disorders of plants". Gustav Fisher Verlag Jena. Stuttgart-New York.
6. **Bingham, F.T., G. Sposito and J.E. Strong.** 1986. "The effect of sulfate on the availability of cadmium". Soil Sci 141 (2): 172-177.
7. **Bouyoukos,G.J.** 1962. "Hydro. meter method improved for making particle size analysis of soils" Agron J. 54:464-465
8. **Bradl B. and Heike** 2004. "Adsorption of heavy metals ion on soils and soils constituents". J. Interface Sci. 277:1-18.
9. **Brady, N.C. and R.R Weil** 1990 "The nature and properties of soils", 11<sup>th</sup> Edit Prentice Hall Intern Inc.
10. **Cameron K.C. , McLaren R.G.** "Sustainable production and environmental protection". Soil science.
11. **Cohen, A.** 1976."Citrus fertilization". IPI-Bull. 4, Int. Potash Inst. Bern, Switzerland.
12. **Gavalas, N.A.**1975. "Calcium deficiency in olive: observations in the field and symptoms regeneration in aqua culture. Hron. Ben. Fytop. Inst. N.S.,11:143-152.
13. **Gu, B., and L.E. White** 1990. "Studies of the adsorption of boron on humic acids". Can. J. Soil Sci. 70:305-311.
14. **Harry A. Mills, J Benton Jones, Jr** "Plant Analysis Handbook II" 1996
15. **Hirsch, D., and A. Banin** 1990. "Cadmium speciation in soil solutions. J.Environ. Qual. 19:366-372.
16. **Lindsay , W.L., and W.A. Norvell.** 1978 "Development of a DTPA soil test for zino, iron, manganese and copper". Soil Sci.soc. Am. 42:421-428.
17. **Loganathan P., R.G. Burau and D.W. Fuerstenau,** 1977. "Influence of pH on the Sorption of  $Co^{++}$ ,  $Zn^{++}$  and  $Ca^{++}$  by a hydrous manganese oxide". Soil Sci. Soc. Amer.J. 41:57-62.
18. **Malissiovas N.** "Eisen chlorose bei der Weinrebe, Kausale Zusammenhange der sie ausloseden Faktoren und Prozesse". Dissertation U ni Giessen 1980.
19. **Malkolm E.** Summer " Handbook of soil science".
20. **McLaughlin, M.J., the late K.G. Tiller, and M.K. Smart.** 1997. "Speciation of cadmium in soil solutions of saline/sodic soils and relationship with cadmium concentrations in potato tubers. Austr.J. Soil Res. 35:183-198.
21. **McLean, E.O.** 1982. "Soil pH and lime requirements, pp. 194-204. In: A.L.Page(ed) Methods of soil analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Analysis". Agronomy 9. ASA, Madison, WI.
22. **McPhail, M., A.L. Page and Bringham F.T.** 1972."Adsorption interactions of monoillicic and boric acid on hydrous oxide of iron and aluminum". Soil Sci. Soc. Am. 36:510-414.



23. **Mengel K- K Kirkby** "Principles of plant nutrition", International Potash Institute Berne, Switzerland 1980.
24. **Mengel K. und N. Malissiovas.** "Bicarbonat als auslösende Factor der Eisenchlorose bei der Weinrebe". Vitis Band 2 Seite 235-243 1981.
25. **Mengel K. und N. Malissiovas.** "Light dependent proton excretion by roots of entire vine plants". Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 45 Band, Heft 3, Seite 261-267.
26. **Moustakas, N.K., Ntzanis H., Pangos E., and C.S. Kosmas.** 1999. "Soil properties, yields and chemical characteristics of flue-cured tobacco as affected by liming. Agr. Med. 129:25-35.
27. **Nelson D.W., and L.E. Sommers.** 1996. "Total carbon, organic carbon and organic matter. Pp.961-1010. In D. L. Sparks (ed). Methods of soil analysis, Part 3 SSSA, Madison, WI.
28. **Olsen, S.R. and L.E. Sommers** 1982. Phosphorus In: A.L. et al. (Eds), "Methods of Soil Analysis Part 2- Chemical and Micro biological Properties. Pp. 403-430. 2<sup>nd</sup> Edition. Agronomy 9, ASA, SSSA, Madison, Wisconsin.
29. **Parks, W.L., and J.L. White** 1952. "Boron retention by clay and humus systems saturated with various cations". Soil Sci. Soc. Am. Pr. 74:298-300.
30. **Power J. F, Rajenda Prasad,** "Soil fertility Management for sustainable Agriculture".
31. **Saeed, M.** 1977. "Phosphate fertilizations reduce zinc adsorption by calcareous soils". Plant and soil. 48:641-649.
32. **Samvel Tisdale – Werner Nelson,** "Soil fertility and fertilizers".
33. **Smith, P.F.** 1966. "Leaf analysis of citrus. In temperate to tropical fruit nutrition", 2<sup>nd</sup> Ed. F.N. Childers. 208-228. Horticultural publications, Rutgers, New Brunswick, NJ.
34. **Stanley a Barber** "Soil Nutrient Bioavailability" 2<sup>nd</sup> Edition.
35. **Stevenson, F.J.** 1994. "Humus chemistry". 2<sup>nd</sup> edition. John Wiley and Sons, Inc. New York.
36. **Tills, A.R., and B.J. Alloway.** 1983. "The use of liquid chromatograph in the study of cadmium speciation in soil solution from polluted soils". J. Soil Sci. 34:769-781.
37. **Walkey, A. and L.A. Black.** 1934. "An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method" Soil Sci. 37:29-38
38. **Wang K. and B. Xing** 2004. "Mutual effects of cadmium and phosphate on their adsorption and desorption by goethite. Env. Pollution 127:13-20.
39. **Xu, X., and E. Hirata.** 2005. "Decomposition patterns of leaf litter of seven common canopy species in a subtropical forest: N and P dynamics". Plant soil 273:279-289.
40. **Αλεξιάδης Κ.** "Φυσική και χημική ανάλυση του εδάφους". Θεσσαλονίκη 1967.
41. **Αλμαλιώτης Δ., Χατζησαββίδης Χ. και Μπαδενοπούλου Σ.** 2006. "Επισκόπηση γονιμότητας εδαφών σε οπωρώνες κερασιάς του νομού Πιερίας.
42. **Αναλογίδης Δ.** "Εξάρτηση οριακών τιμών P κατά Olsen από την περιεκτικότητα ανθρακικού ασβεστίου και αργίλου του εδάφους.", Πρακτικά 2ου Πανελληνίου εδαφολογικού συνεδρίου, Λάρισα Νοέμβριος 1987 σελ. 145-156
43. **Γάκης Σ., Σαπουντζής Μ., Τάντος Β. και Χουλιάρης Ι.** 2006. "Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των φερτών υλικών των ρευμάτων <<Γεραμπίνη και Αφέντω>> (Ζαγορά Πηλίου). Επιστημονικές ανακοινώσεις. 11<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Εδαφολογικό Συνέδριο 2006.
44. **Δροσόπουλος Ι.** "Η ανόργανη διατροφή των φυτών". Αθήνα 1992
45. **Θεοχάρης Μ., Σιάνου Α., και Αθανασίου Ε.** " Το αρδευτικό έργο Πέτα-Κομπωτίου. Προοπτικές". 11<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Εδαφολογικό Συνέδριο Άρτα 2006. Πρακτικά ημερίδας.
46. **Καλόβουλος Ι.** "Εφαρμοσμένη εδαφολογία." Α μέρος Θεσσαλονίκη 1968

47. **Κατσαλήρου Ειρ.** "Εργαστηριακές ασκήσεις εδαφολογίας". Άρτα 2002
48. **Κεραμίδας Β.** "Ιδιότητες του εδάφους που επηρεάζουν τη γονιμότητά του". Πρακτικά διημερίδας "Θρέψη - Λίπανση Περιβάλλοντος" Λάρισα 18-19 Νοεμβρίου 1999 σελ.25-35
49. **Κεραμίδας Β.** "Σημειώσεις του μαθήματος γονιμότητα εδαφών". Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη 1990.
50. **Κουκουλάκης, Π.Χ.** 1995. "Βασικές αρχές της ορθολογικής λίπανσης των καλλιεργειών". Γεωργία-Κτηνοτροφία 9: 43-61.
51. **Κουκουλάκης Π. – Παπαδόπουλος Α.** "Η ερμηνεία της ανάλυσης του εδάφους". Αθήνα 2001
52. **Κουκουλάκης Π., Σιμώνης Α., Γκέρτσης Α.,** "Οργανική ουσία του εδάφους. Το πρόβλημα των Ελληνικών Εδαφών.", εκδ. Σταμούλης. Αθήνα 2000.
53. **Κουκουλάκης Π., Σιμώνης Α., Παπαδόπουλος Α.** "Ανάλυση εδάφους, φυτού – συμβουλευτική λίπανση. Θρέψη-Λίπανση-Περιβάλλον". Επιστ. Διημερίδα 18-19 Νοεμβρίου 1999, Λάρισα.
54. **Μαλισιόβας Ν.** "Εργαστήρια λιπασματολογίας". Άρτα 2000.
55. **Μαλισιόβας Ν.** "Εργαστήρια φυλλοδιαγνωστικής". Άρτα 1998.
56. **Μαλισιόβας Ν.** "Ολοκληρωμένη διαχείριση φυτικής παραγωγής και βιολογικές καλλιέργειες. (Ενότητα: Λιπάσματα – Ορθολογική λίπανση)". Σημειώσεις Δ.Π.Μ.Σ. "Αγροχημεία και βιολογικές καλλιέργειες". Άρτα 2003.
57. **Μαλισιόβας Ν.** "Σημειώσεις λιπασματολογίας". Άρτα 2008.
58. **Μαντζούτσος Ι.** "Η συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Na^+$ ,  $Fe^{++}$ ,  $Zn^{++}$ ,  $Mn^{++}$  και  $Cu^{++}$  σε αντιπροσωπευτικά εδάφη και φύλλα καπνού του νομού Αιτωλοακαρνανίας". (Πτυχιακή εργασία) Άρτα 2003.
59. **Μόσχος Α., Κουκουλάκης Π., Σιμώνης Α.** "Ο Ζn των εδαφών και η ανταγωνιστική του σχέση με το Ρ στα φυτά.", Πρακτικά 2ου Πανελληνίου εδαφολογικού συνεδρίου, Λάρισα Νοέμβριος 1987 σελ.86-116
60. **Μπουράνης Δημ.,** "Εργαστηριακές ασκήσεις εφαρμοσμένης διατροφής φυτών", Αθήνα 1996
61. **Παυλάτου-Βε Α. και Νικολογιάννης Φ.** "Η επίδραση της ειδικής αγωγιμότητας ( $EC_{25}$ ) του νερού άρδευσης στη διήθηση και στην πρόσληψη από τα φυτά των βαρέων μετάλλων Cd, Pb και Ni". Θεσσαλονίκη 2006.
62. **Πολυζογόπουλος Ν.Α.** "Εδαφολογία". Θεσσαλονίκη 1976
63. **Σάββας Δ.** "Θρέψη φυτών". Άρτα 2000
64. **Σιμώνης Α.Δ.** "Αρχές της καλιούχου λίπανσης, Ελληνική εμπειρία". Συμπόσιο καλίου Ε.Ε.Ε. και Ι.Ρ.Ι., επιστημονικές ανακοινώσεις. Αθήνα 1989
65. **Σιμώνης Α.Δ.** "Επίπεδο φωσφορικής γονιμότητας – ισοζύγιο Ρ και χαρακτηριστικά δέσμευσης Ρ των Ελληνικών εδαφών",σελ 209-224, Πρακτικά 3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο εδαφολογικό συνέδριο προστασίας εδαφών – ποιότητας ζωής ,26-28 Απριλίου 1990 Θεσσαλονίκη
66. **Σινάνης Κ.** "Εργαστηριακές ασκήσεις εδαφολογίας". Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ, Ηράκλειο 2003.
67. **Τσακελίδου Κ. Γανίδου Μ. Καραγιαννίδης Ν.,** 1995 " Επίδραση της προσθήκης  $CaCO_3$  ή οργανικής ουσίας στα στοιχεία Ρ,Κ,Са και Mg σε όξινα εδάφη περιοχών της Βόρειας Ελλάδας", Επιστημονικές ερευνητικές εργασίες.
68. **Τσακελίδου Κ. Γανίδου Μ. Καραγιαννίδης Ν.,** 1994 " Επίδραση της προσθήκης  $CaCO_3$  ή οργανικής ουσίας στο pH, Al και Mn οξίνων εδαφών περιοχών της Βόρειας Ελλάδας", Επιστημονικές ερευνητικές εργασίες.
69. **Τσακελίδου Κ. και Παπανικολάου Ξ.** 2006. "Επίδραση του υποκειμένου στην απόδοση και τη θρεπτική κατάσταση των δένδρων μανταρινιάς".

70. Τσακελίδου Κ. και Η. Παρούσης. "Θρεπτική επισκόπηση εδαφών σε αγροτικές περιοχές των νομών Γρεβενών και Κιλκίς". Θεσσαλονίκη 2006.
71. Τσαντήλας Χ.Δ., Β. Σαμαράς, Δ. Δημήτριος και Κ. Ποδηματάς, 1994. " Η ασβέστωση ενός όξινου γεωργικού εδάφους Alfisol στην κεντρική Ελλάδα. Η επίδραση στην απορρόφηση των θρεπτικών από το σιτάρι". Γεωτεχνικά επιστημονικά θέματα, Τόμος 5, Τεύχος 2:7-12.
72. Τσαπινούσης Φ. "Θρέψη – λίπανση των φυτών". Μέρος Α'. Έδαφος – νερό Αθήνα 1997.
73. Τσαπινούσης Φ. "Θρέψη – λίπανση των φυτών". Μέρος Β'. Αθήνα 1997.
74. Τσαπινούσης Φ. "Θρέψη – λίπανση των φυτών". Μέρος Γ'.
75. Τσοτσόλης Ν. και Ν. Μπαρμπαγιάννης. "Μορφές καδμίου στο εδαφικό διάλυμα και ο ρόλος τους στην πρόσληψη του καδμίου από τον καπνό". Θεσσαλονίκη 2006.
76. Τσιτσίας Κ. "Λιπασματολογία". Εκδόσεις ΟΕΔΒ. Αθήνα 1995.
77. Τσιτσίας Κ. "Φυλλοδιαγνωστική". Εκδόσεις ΟΕΔΒ. Αθήνα 1995.