

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ**

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ ΚΑΛΙΟΥ ΝΑΤΡΙΟΥ ΣΕ ΦΥΤΑ**  
**ΑΝΤΙΔΙΟΥ ΥΠΟ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΥΨΗΛΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ**  
**ΡΥΠΑΝΣΗΣ**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ**  
**ΚΑΛΑΒΡΗ ΑΝΤΩΝΙΑ**  
**ΡΑΣΟΥΛΗ ΔΕΣΠΟΙΝΑ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ**  
**Δρ.Π.Ε.ΜΠΑΡΟΥΧΑΣ**  
**ΑΘ. ΚΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ**

**ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ**  
**ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2008**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ .....	5
<b>2.1 Γενικά</b> .....	5
<b>2.2 Ο ΔΟΜΙΚΟΣ ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ</b> .....	10
<b>2.3 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΕΝΖΥΜΑ ΤΟΥ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ</b> .....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΚΑΔΜΙΟ .....	13
<b>3.1 Γεωχημική συμπεριφορά του καδμίου</b> .....	15
<b>3.2 Προέλευση του καδμίου στα εδάφη</b> .....	15
<b>3.2.1 Μητρικά υλικά του εδάφους</b> .....	15
<b>3.2.2 Υλικά που χρησιμοποιούνται στη Γεωργία</b> .....	19
<b>3.3.3 Ατμοσφαιρική ιζηματική απόθεση καδμίου</b> .....	27
<b>3.3.4 Λάσπες βιολογικών καθαρισμών</b> .....	28
<b>3.3.5 Άλλες πηγές καδμίου</b> .....	32
<b>3.3.6 Εισροές καδμίου στα εδάφη</b> .....	32
<b>3.4 Η χημική συμπεριφορά του καδμίου στα εδάφη</b> .....	33
<b>3.4.1 Διαφοροποίηση του καδμίου στο εδαφικό διάλυμα</b> .....	33
<b>3.4.2 Η προσρόφηση του καδμίου στα εδάφη</b> .....	35
<b>3.5 Σχέσεις εδάφους – φυτών</b> .....	40
<b>3.5.1 Παράγοντες του εδάφους που επηρεάζουν την πρόσληψη του καδμίου από τα φυτά</b> .....	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΛΑΤΟΥΧΩΝ ΚΑΙ ΑΛΚΑΛΙΩΜΕΝΩΝ ΕΔΑΦΩΝ .....	48
<b>4.1 ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ</b> .....	48
<b>4.2 ΕΠΙΠΕΔΑ ΝΑΤΡΙΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ</b> .....	48
<b>4.3 ΑΛΑΤΟΥΧΑ ΕΔΑΦΗ</b> .....	50
<b>4.4 ΑΛΑΤΟΥΧΑ – ΑΛΚΑΛΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ</b> .....	51
<b>4.5 ΑΛΚΑΛΙΩΜΕΝΑ (ΜΕ ΝΑΤΡΙΟ) ΕΔΑΦΗ</b> .....	52
<b>4.6 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΔΙΑΛΥΤΩΝ ΑΛΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ</b> .....	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΑΝΤΙΔΙ (Cichorium Endivia) .....	66
<b>5.1 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ</b> .....	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΟΡΓΑΝΑ .....	68
<b>6.2 ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ</b> .....	71
<b>6.2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	71
<b>6.2.2 ΕΚΠΟΜΠΗ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΣΕ ΦΛΟΓΑ</b> .....	72
<b>6.2.3 ΑΤΟΜΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΙΟΝΙΣΜΟΣ</b> .....	73
<b>6.2.4 ΦΛΟΓΕΣ</b> .....	74
<b>6.3. ΦΑΣΜΑΤΑ ΣΕ ΦΛΟΓΑ ΚΑΙ ΠΑΡΕΜΒΟΛΕΣ</b> .....	76
<b>6.4. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ</b> .....	79
<b>6.5. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ</b> .....	80
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ, ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....	81
<b>7.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ</b> .....	81
<b>7.2 ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ</b> .....	81
<b>7.3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ</b> .....	85
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	133
<b>8.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΒΛΑΣΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΡΙΖΩΝ</b> .....	133
<b>8.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΒΛΑΣΤΩΝ &amp; ΡΙΖΩΝ ΚΑΤΑ ΜΕΣΟ ΟΡΟ</b> .....	143
<b>8.3. ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ Ca,K,Na,ΚΑΤΑ ΜΕΣΟ ΟΡΟ.</b> .....	160
<b>9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	182
<b>10.ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ</b> .....	184
<b>11.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	185

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Πειράματα έδειξαν ότι οι επιβλαβείς επιδράσεις των διαλυτών αλάτων στα φυτά δεν οφείλονται μόνο στις υψηλές συγκεντρώσεις των αλάτων, αλλά επίσης και στη συγκέντρωση του νατρίου στο έδαφος και ειδικότερα, στη σχέση του νατρίου με τα επίπεδα του ασβεστίου και μαγνησίου. Μεγάλες συγκεντρώσεις νατρίου είναι επιζήμιες στις φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών, καθώς και στις χημικές και φυσικές παραμέτρους του εδάφους. Εξαιτίας των δυσμενών επιδράσεων των διαλυτών αλάτων, τόσο στα φυτά όσο και στο έδαφος, αναπτύχθηκαν διάφορες τεχνικές για τον προσδιορισμό εκτός του εδαφικού pH και άλλων τριών βασικών εδαφικών ιδιοτήτων, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το χαρακτηρισμό των εδαφών που περιέχουν διαλυτά άλατα. Οι τρεις αυτές ιδιότητες είναι:

1) Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους (Electrical Conductivity -EC).

2) Το εναλλακτικό νάτριο επί τοις εκατό (Exchangeable Sodium Percentage - ESP).

3) Το SAR (Sodium Adsorption Ratio) το οποίο εκφράζει το λόγο προσρόφησης του νατρίου.

Το ασβέστιο (Ca), είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο για τις καλλιέργειες, λόγω του διπλού του ρόλου, τόσο στη θρέψη του φυτού, δηλαδή τα φυτά δεν αναπτύσσονται χωρίς αυτό, όσο και στην επίτευξη καλής εδαφικής δομής. Το ασβέστιο είναι απαραίτητο για την ομαλή και υγιή ανάπτυξη νεαρών ιστών, καθώς επίσης και για καλύτερο χρώμα, αντοχή και ποιότητα καρπών. Το ασβέστιο, σαν στοιχείο που αυξάνει την ξηρή ουσία στους καρπούς και στο φύλλωμα των φυτών, αυξάνει την αντοχή τους στον παγετό, λόγω της μείωσης του σημείου πήξεως, που προκαλεί. Ένα χαρακτηριστικό του ασβεστίου είναι το ότι δεν μετακινείται εύκολα μέσα στο φυτό και για αυτό πρέπει το ριζικό σύστημα να περιβάλλεται συνεχώς από μια σταθερή και επαρκή πηγή υδατοδιαλυτού ασβεστίου. Με την τακτική χρήση νιτρικού ασβεστίου αυτό μπορεί να επιτευχθεί.

Το Κάλιο (K) είναι απαραίτητο για την αφομοίωση των θρεπτικών συστατικών. Όταν λείπει, τα φυτά δεν διαθέτουν αποθέματα. Χάνουν την σκληρότητά τους. Η ανάπτυξη δεν γίνεται κανονικά. Τα φύλλα αποκτούν κηλίδες και παρατηρούμε ελάχιστη αντίσταση των ιστών στις αρρώστιες. Συμμετέχει στον

μεταβολισμό των υδατανθράκων, στη σύνθεση των πρωτεϊνών και στον μεταβολισμό του Αζώτου. Ρυθμίζει το άνοιγμα και το κλείσιμο των στοματίων. Προωθεί την αύξηση των μεριστωματικών ιστών και έχει σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του καρπού και βοηθά το φυτό να αντέχει στις ασθένειες. Ελλείψεις Καλίου παρατηρούνται συνήθως αμμώδη και οργανικά εδάφη και αυτό γιατί ο Ιλλίτης και ο Βερμικουλίτης έχουν υψηλή ικανότητα δέσμευσης των ιόντων Καλίου. Το Κάλιο ανταγωνίζεται το Ca και το Mg.

Τα προσλαμβανόμενα θρεπτικά στοιχεία, χρησιμοποιούνται από το φυτό είτε σαν δομικά υλικά των ιστών του, είτε ως παράγοντες που ρυθμίζουν τη θρέψη τους. Ως αναφορά τα λιπάσματα, τα άλατα που περιέχουν, εύκολα διαχωρίζονται σε ανιόντα και κατιόντα και έτσι ανεβάζουν την αγωγιμότητα, πράγμα που με τη σειρά του οδηγεί σε αύξηση της ωσμωτικής πίεσης του εδαφικού διαλύματος στη ριζόσφαιρα, που δυσκολεύει την προσρόφηση θρεπτικών συστατικών και νερού από τα φυτά.

Σκοπός της ερευνητικής αυτής εργασίας είναι η προσρόφηση του ασβεστίου του καλίου και του νατρίου σε φυτά αντιδίου υπό συνθήκες υψηλής αλατότητας και ρύπανσης καθώς και η επίδραση των βαρέων μετάλλων καδμίου και ψευδαργύρου στην ανάπτυξη των φυτών και κατά πόσο αυτά επηρεάζουν την πρόσληψη του ασβεστίου, του καλίου και του νατρίου από τα φυτά.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ

### 2.1 Γενικά

Ο ψευδάργυρος λόγω της ηλεκτρονικής του διαμόρφωσης ( $d^{10}$ ) απαντάται σε διαλύματα μόνο σε μία βαθμίδα οξειδωσης Zn. Στη βαθμίδα αυτή δρα ως οξύ κατά Lewis. Το ιόν του ψευδαργύρου  $Zn^{2+}$  θεωρείται κατά ότι ανήκει μάλλον στα σκληρά οξέα και επομένως σχηματίζει κατά προτίμηση σταθερά σύμπλοκα με ligands που έχουν δότες ηλεκτρονίων άτομα οξυγόνου, αζώτου αλλά και θείου. Ο Zn σε αντίθεση με το Fe, το Cu και το Mn, λόγω της ηλεκτρονικής του διαμόρφωσης δεν παίρνει μέρος σε αντιδράσεις οξειδοαναγωγής που γίνονται στους ζωντανούς οργανισμούς. Ο Williams υποστήριξε ότι η απουσία οξειδοαναγωγικών ιδιοτήτων του ψευδαργύρου είναι ζωτικής σημασίας γιατί τον καθιστά ικανό να λειτουργήσει καταλυτικά σε συστήματα ευαίσθητα σε οξειδώσεις από δραστικές οξυγονούχες ρίζες. Οι ρίζες αυτές παράγονται σε οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις in vivo. Αυτό μπορεί να εξηγήσει γιατί ο ψευδάργυρος έχει «επιλεγεί» από τη φύση να βρίσκεται σε ορισμένα ένζυμα του μεταβολισμού του RNA και DNA και δεν έχει επιλεγεί ο Fe, το Mn ή άλλα μεταβατικά στοιχεία.

Απαντάται με τη μορφή *σφαλερίτη* ( ZnS ) ο οποίος είναι συνήθως ερυθρός, κίτρινος, ή φαιός λόγω προσμίξεων, τόσο στην Αγγλία όσο και σε άλλα μέρη της Ευρώπης , Αφρικής, κ.τ.λ.. Απαντά επίσης ως *σμισθονίτης* (  $ZnCO_3$  ) , ως *ζιγκίτης* (ZnO), κ.τ.λ.

Ο Zn είναι μέταλλο λευκοκυανίζον, τεφρό ή κυανούν ειδικού βάρους 7,14, σημείο τήξεως 419,5 και σημείο ζέσεως 907 °C. Ο καθαρός Zn δεν προσβάλλεται από το θερμό ύδωρ, ενώ προσβάλλεται βραδέως από τον αέρα, λόγω σχηματισμού βασικού ανθρακικού ψευδαργύρου ο οποίος δρα ως προστατευτικό περίβλημα. Διαλύεται εύκολα στα οξέα, καθώς και στο KOH. Ο μεταλλικός ψευδάργυρος του εμπορίου περιέχει πολλές μεταλλικές προσμίξεις και κυρίως Pb ,Cu ,As.

Ο ψευδάργυρος βρίσκεται τόσο στους φυτικούς όσο και στους ζωικούς ιστούς και αποτελεί ένα από τα κυριότερα ιχνοστοιχεία του ανθρώπινου οργανισμού.

Κυριότερες ενώσεις του ψευδαργύρου, από τοξικολογικής πλευράς , θεωρούνται:

- Το οξειδίο του ψευδαργύρου ( $ZnO$ ). Είναι σκόνη λευκή η οποία θερμαινόμενη γίνεται κίτρινη. Αλλά ψυχόμενη επανακτά το λευκό χρώμα. Χρησιμοποιείται ως « λευκό χρώμιο » αντί του ανθρακικού μολύβδου ( στουπέτσι ). Στη θεραπευτική εχρησιμοποιείτο παλαιότερα στην θεραπεία της επιληψίας, της χορείας, του τρομώδους παραληρήματος και των νευραλγιών καθώς και ως στυπτικό, σε διάρροιες, ιδιαίτερα στα παιδιά. Σήμερα χρησιμοποιείται σε δερματικές παθήσεις.
- Ο *χλωριούχος ψευδάργυρος* ( $ZnCl_2$  ). Είναι σώμα λευκό το οποίο «διαχέεται» εύκολα στον αέρα γι' αυτό και φυλάσσεται, ερμητικά κλεισμένος, μέσα σε φιάλες. Χρησιμοποιείται για την καυτηρίαση των ιστών και στην Οδοντιατρική, στην τσιμεντοκονία. Ακόμη, χρησιμοποιείται στην κατεργασία των δερμάτων ζώων και ως συντηρητικό ξύλων.
- Ο *θειικός ψευδάργυρος* ( $ZnSO_4$  ). Είναι η σπουδαιότερη ένωση του ψευδαργύρου. Είναι σώμα λευκό. Ευδιάλυτο στο νερό, κρυσταλλούμενο σε βασίρομβα πρίσματα τα οποία έχουν τον τύπο  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ . χρησιμοποιείται στην τυπωτική των υφασμάτων. Στην λεύκανση του χαρτιού και στην Ιατρική ως στυπτικό.
- Ο *ένυδρος θειικός ψευδάργυρος* επικίνδυνος για το περιβάλλον και ιδιαίτερα για τους υδρόβιους οργανισμούς στους οποίους αθροίζεται και από τους οποίους μεταφέρεται μέσω της τροφικής αλυσίδας στον άνθρωπο.

Ο ψευδάργυρος χρησιμοποιείται ευρέως στα χημικά εργαστήρια, στην βιομηχανία, στην επιψευδαργύρωση σιδηρών φύλλων και ( σε φύλλα ) για την προστασία σιδηρών κατασκευών από τη διάβρωση. Χρησιμοποιείται ακόμη στην παρασκευή ανθεκτικών κραμάτων, στον σχηματισμό φύλλων συσσωρευτών, στην βιομηχανία των χρωμάτων, κ.τ.λ. Βρίσκει, τέλος,

εφαρμογή στην γεωργία, όπου χρησιμοποιείται στην παρασκευή καρβαμιδικών παρασιτοκτόνων.

Στην Ιατρική, χρησιμοποιούνται οι ενώσεις του ως κόνεις, αλοιφές, κολλύρια κ.τ.λ.

#### Αιτία δηλητηριάσεων

Οι δηλητηριάσεις με ψευδάργυρο είναι σπάνιες. Παλαιότερα οι περισσότερες οφείλοντο σε τυχαία λήψη αλάτων του ψευδαργύρου ή σε φαρμακευτικά λάθη μετά από λήψη  $ZnSO_4$  αντί  $MgSO_4$  ή υψηλών δόσεων, κατά τη θεραπευτική χρήση των ενώσεων του μετάλλου.

Σήμερα, οι δηλητηριάσεις με ψευδάργυρο είναι κυρίως χρόνιες επαγγελματικές, μολονότι και αυτές ακόμη αμφισβητούνται από ορισμένους ερευνητές οι οποίοι τις αποδίδουν σε προσμίξεις άλλων μετάλλων και όχι στον ψευδάργυρο.

Κίνδυνος δηλητηρίασης προκύπτει από την εισπνοή ατμών οξειδίων του ψευδαργύρου όταν το μέταλλο υπερθερμανθεί σε θερμοκρασία άνω των  $930^\circ C$ . Ατμοί χλωριούχου ψευδαργύρου σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να αποβούν τοξικοί και συχνά θανατηφόροι.

Τέλος, δηλητηριάσεις με σκοπό την αυτοκτονία ή το έγκλημα θεωρούνται ιδιαίτερα σπάνιες.

#### Τοξικοκινητική

Η απορρόφηση του  $Zn$  λαμβάνει χώρα στο έντερο και κυρίως στο δωδεκαδάκτυλο. Κυμαίνεται από 25 – 90 % ( μετά την από του στόματος λήψη ) και επηρεάζεται από διαιτητικούς παράγοντες.

Μειώνεται π.χ. όταν ταυτόχρονα καταναλώνονται φυτικές πρωτεΐνες, ασβέστιο και φωσφόρος, ενώ αντιθέτως αυξάνεται στις περιπτώσεις κατανάλωσης ζωικών πρωτεϊνών. Ο μηχανισμός της απορρόφησης δεν έχει πλήρως διευκρινισθεί, φαίνεται όμως ότι διευκολύνεται από την μεταλλοθειονεινη και την σύνδεση του μετάλλου με άλλες πρωτεΐνες.

Μετά από του στόματος λήψη το μέταλλο ανιχνεύεται στον ορό μετά από 15 - 20', ενώ οι μέγιστες συγκεντρώσεις στο πλάσμα ανευρίσκονται μετά από 2 - 4 ώρες. Ο Ζη εναποθηκεύεται κυρίως στους σκελετικούς μυς, αλλά σημαντικές συγκεντρώσεις βρίσκονται ακόμη στο πάγκρεας, στον προστάτη, στο ήπαρ και στον αμφιβληστροειδή. Αξίζει δε να σημειωθεί ότι οι παρατηρήσεις αυτές έχουν γίνει στον άνθρωπο με τη χρήση ραδιενεργού Ζη<sup>65</sup>.

Στον παρατιθέμενο πίνακα 2.1 δίδεται η περιεκτικότητα των διαφόρων ιστών σε Ζη.

Πάγκρεας	20 - 30
Ήπαρ	60 - 180
Οστά	60 - 120
Μυς	60 - 180
Προστάτης	760 - 960
Αμφιβληστροειδής	500 - 1000

*Πίνακας 2.1: περιεκτικότητα των διαφόρων σπλάχνων σε Ζη (εκπεφρασμένη σε  $\mu\text{g} / \text{g}$  νωπού ιστού)*

Η μέση ημερήσια πρόσληψη Ζη κυμαίνεται από 5 - 22 mg.

Το μέσο σωματικό φορτίο του ψευδαργύρου στον ενήλικα υπολογίζεται σε 2g. Το ολικό αίμα περιέχει 900 $\mu\text{g} / \text{dl}$ , εξ' αυτών δε ο όρος περιέχει 80 - 160  $\mu\text{g} / \text{dl}$ . Στα λευκά αιμοσφαίρια βρίσκεται το 3 % της συνολικής ποσότητας ψευδαργύρου του αίματος.

Ο ψευδάργυρος βρίσκεται στον οργανισμό συνδεδεμένος με κάποιο ένζυμο, όπως είναι η καρβονική ανυδράση ή - με χαλαρό δεσμό - με πρωτεΐνη και συγκεκριμένα κάποια σφαιρίνη η οποία δρα ως φορέας του στοιχείου αυτού.

Ο ψευδάργυρος αποτελεί επίσης βασικό στοιχείο της καρβονικής ανυδράσης, σε έλλειψη δε αυτού παρατηρείται αναστολή της δραστηριότητας του ενζύμου η οποία είναι όμως αναστρέψιμη. Ως γνωστόν, η παρουσία της καρβονικής ανυδράσης είναι ζωτικής σημασίας για την ανταλλαγή του  $\text{CO}_2$  στους ιστούς.

Εκτός της καρβονικής ανυδράσης, ο Zn αποτελεί βασικό στοιχείο και σε περισσότερα από 70 μεταλλοένζυμα, μεταξύ των οποίων είναι η αλκοολική αφυδρογονάση, η καρβοξυπεπτιδάση και η γαλακτική αφυδρογονάση . Αποτελεί, τέλος, συστατικό της πολυμεράσης του DNA που είναι απαραίτητη για την κυτταρική διαίρεση. Έτσι η ανεπάρκεια Zn οδηγεί σε μειωμένη σύνθεση DNA και RNA, με αποτέλεσμα, τελικά, την μείωση της πρωτεϊνοσύνθεσης.

Ο βιολογικός χρόνος ημιζωής του μετάλλου στον οργανισμό ανέρχεται στις 300 ημέρες. Αποβάλλεται κυρίως από τα κόπρανα ( 70-80 % ) και σε μικρό ποσοστό ( περίπου 15 % ) από τον ιδρώτα και τα ούρα. Ας σημειωθεί ότι στα θερμά κλίματα το ποσοστό αυτό αυξάνεται και έχει βρεθεί ότι μόνο στον ιδρώτα, απεκκρίνεται σε ποσοστό 25 % περίπου. Το γάλα του θηλασμού περιέχει επίσης σημαντικές ποσότητες Zn.

#### Τοξικότητα – Τοξική δράση

Τα άλατα και οι ατμοί του ψευδαργύρου ασκούν έντονη τοπική ερεθιστική ενέργεια τόσο στο δέρμα όσο και στους βλεννογόνους, αποτέλεσμα δε της τοπικής αυτής ερεθιστικής δράσης ( μετά από λήψη των αλάτων του από του στόματος )είναι η πρόκληση εμετού, συνέπεια η οποία περιορίζει αρκετά την τοξικότητα του μετάλλου, λόγω αποβολής του. Εφόσον όμως ληφθούν πολύ μεγαλύτερες ποσότητες είναι δυνατόν να προκληθούν, αντανακλαστικώς, από έντονη ερεθιστική επενέργεια, περιφερική κυκλοφορική ανεπάρκεια ή θάνατος.

Έχει ακόμη βρεθεί ότι ο ψευδάργυρος, εκτός από το γαστρεντερικό, ασκεί επίδραση και σε άλλα όργανα. Έτσι, η επίδραση του στο πάγκρεας έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των επιπέδων γλυκόζης και αμυλάσης, καθώς και μείωση των συγκεντρώσεων του ασβεστίου, ενώ στους νεφρούς προκαλείται οξεία σωληναριακή νέκρωση. Τέλος, στους πνεύμονες, η εισπνοή  $ZnCl_2$  προκαλεί χημική πνευμονίτιδα.

Οι ενώσεις του ψευδαργύρου χορηγούμενες παρεντερικώς προκαλούν καταστολή του ΚΝΣ, τρόμο και παραλύσεις, ενώ σε πειραματόζωα η υποδόρια χορήγηση γαλακτικού ψευδαργύρου σε δόση ισοδύναμη προς 57 mg Zn / kg επιφέρει το θάνατό τους μετά από 3 ημέρες. Η ελάχιστη, εξάλλου,

θανατηφόρος δόση σε επίμυες, μετά την λήψη ψευδαργύρου από του στόματος, έχει βρεθεί ίση προς 57 mg / kg. Ο  $ZnCl_2$  θεωρείται ως η πιο τοξική ένωση του ψευδαργύρου.

Υπερβολική λήψη ψευδαργύρου χρονίως, προκαλεί διαταραχές στην απορρόφηση του χαλκού, οι οποίες μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα και την πρόκληση αδυναμίας, διαταραχές στην λειτουργία των λεμφοκυττάρων και των ουδετεροφίλων πολυμορφοπύρηνων και μείωση των επιπέδων της HDL χοληστερόλης του ορού και παροδική αύξηση της LDL χοληστερόλης.

#### Καρκινογόνος δράση

Στα πειραματόζωα έχουν παρατηρηθεί τερατώματα και σεμινώματα των όρχεων καθώς και δικτυοσάρκωμα των πνευμόνων μετά από έγχυση μεγάλων δόσεων αδιάλυτων αλάτων του ψευδαργύρου είναι δυνατό να προκαλέσει οξείες ψευδαργύρου στους αντίστοιχους ιστούς.

Οι κυριότερες ιδιότητες του ψευδαργύρου που του προσδίδουν κάποια ιδιορρυθμία και κάνουν απαραίτητη την προστασία του στο άνθρωπο είναι οι ακόλουθες:

- Το ιόν  $Zn^{2+}$ , είναι το πιο συνηθισμένο οξύ κατά Lewis στους ζωντανούς οργανισμούς.
- Η αλλαγή αριθμού συναρμογής στα σύμπλοκα του in vivo είναι εύκολη. Μπορεί να σχηματίσει σύμπλοκα με αριθμό συναρμογής 4, 5, 6.
- Το ιόν  $Zn^{2+}$ , σχηματίζει εύκολα σύμπλοκα με ligands που έχουν δότες ηλεκτρονίων N, O αλλά και S. Το άτομο του αζώτου, του ιμιδαζολικού τμήματος των πολυπεπτιδίων και πρωτεϊνών, με τα οποία συνήθως συναρμόζεται ο ψευδαργύρος, ενεργούν ως σ δότες και π δέκτες ηλεκτρονίων.
- 

## **2.2 Ο ΔΟΜΙΚΟΣ ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ**

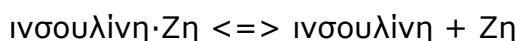
Ο Zn συναρμόζεται με άτομα O, N, S που ανήκουν σε ομάδες διαφορετικών αμινοξέων, δημιουργεί δεσμούς-γέφυρες και σταθεροποιεί με τον τρόπο αυτό τη δομή των πρωτεϊνών. Οι δεσμοί αυτοί, σε αντίθεση με τους δισουλφιδικούς δεσμούς (-S-S-) ομάδων της κυστεΐνης που είναι και αυτοί δεσμοί γέφυρες,

είναι σταθεροί σε αναγωγικές συνθήκες. Κατά ανάλογο τρόπο ο Zn σταθεροποιεί τη δομή των κυτταρικών μεμβρανών.

Δομικός είναι επίσης ο ρόλος του Zn στη χοριοειδή περιοχή του ματιού όπου υπάρχει μεγάλη ποσότητα ψευδαργύρου. Ειδικά στην αλεπού ξεπερνάει το 15%. Πιστεύεται ότι ο Zn στην περίπτωση αυτή σχηματίζει κάποιους δεσμούς γέφυρες και σταθεροποιεί τη θέση του αμφιβληστροειδή χιτώνα. Την άποψη αυτή την ενισχύει το γεγονός ότι όταν γίνει ένεση με *διθειζόνη\**, προκαλείται απόκόλληση του αμφιβληστροειδούς και ακολουθεί τύφλωση.

Δομικός επίσης θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι ο ρόλος του ψευδαργύρου και στα β-κύτταρα, όπου βρίσκεται αποθηκευμένη η ινσουλίνη. Πιστεύεται ότι ο Zn σταθεροποιεί τη δομή του μορίου της ινσουλίνης. Η υπόθεση αυτή ενισχύεται και από το γεγονός ότι *in vitro* η ινσουλίνη κρυσταλλώνεται παρουσία Zn. Βέβαια κρυστάλλωση της ινσουλίνης έχει επιτευχθεί και με άλλα δισθενή ιόντα μεταλλικών στοιχείων,  $M^{2+}$ , τα οποία δε βρίσκονται σε παγκρεατικά υγρά.

*In vivo* πρέπει ο Zn να είναι χαλαρά συνδεδεμένος με την ινσουλίνη και να ισχύει η ισορροπία:



Η περίσσεια του Zn ευνοεί τη δημιουργία του σταθερότερου συμπλόκου ινσουλίνη Zn.

Είναι γνωστό ότι μπορούμε να προκαλέσουμε διαβήτη σε ζώα αν εισάγουμε σ' αυτά, με ενέσιμο διάλυμα, *διθειζόνη*, για τους λόγους που αναφέραμε προηγουμένως.

### **2.3 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΕΝΖΥΜΑ ΤΟΥ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ**

Ο ψευδάργυρος εκτός από το δομικό του ρόλο παρουσιάζει και καταλυτική (ενζυμική) δράση. Τα μεταλλοένζυμα του Zn είναι 26, ενώ τα ένζυμα των οποίων η δράση εξαρτάται από την παρουσία του Zn (μεταλλοεξαρτώμενα) είναι περισσότερα. Οι αντιδράσεις που καταλύουν τα ένζυμα αυτά είναι πολλές και κυριολεκτικά ζωτικής σημασίας.

Η σημασία του Zn στα μεταλλοένζυμα γίνεται αντιληπτή από το γεγονός ότι όταν αφαιρείται το άτομο του Zn από το μόριο του ενζύμου, αυτό που απομένει, το αποένζυμο, γίνεται ανενεργό. Ξαναποκτά όμως την καταλυτική του δράση με την προσθήκη ψευδαργύρου. Τα αποένζυμα είναι συνήθως σταθερές ενώσεις. Μπορούν όμως να ενεργοποιηθούν εκ νέου με την προσθήκη όχι μόνο Zn αλλά και άλλων μετάλλων. Π.χ. η Co(II) – ανθρακική ανυδράση έχει παρόμοια κρυσταλλική δομή και δράση με το αντίστοιχο ένζυμο του ψευδαργύρου. Τέτοιου είδους αντικαταστάσεις μπορούν, πολλές φορές, να βοηθήσουν τη μελέτη και να εξηγήσουν τον τρόπο δράσης των ενζύμων, γιατί με τα νέα μέταλλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ορισμένες τεχνικές ή να εφαρμοστούν φασματοσκοπικές μέθοδοι, που δεν είναι δυνατόν να εφαρμοστούν με τα υπάρχοντα μέταλλα. Π.χ. όταν το μέταλλο είναι Zn ( $d^{10}$ ), δεν μπορούμε να αντλήσουμε πληροφορίες για τη δομή των συμπλόκων από φάσματα E.S.R ή  $d - d$  ηλεκτρονικών μεταπτώσεων, πράγμα που δε συμβαίνει, όταν το μέταλλο είναι CO (III) ( $d^7$ ).

#### Ιδιότητες των ενζύμων

Λόγω της  $d^{10}$  ηλεκτρονικής διαμόρφωσης του ατόμου του Zn τα ένζυμά του εμφανίζουν τις ακόλουθες ιδιότητες:

- Δεν έχουν οξειδοαναγωγικές ιδιότητες
- Δρουν σαν οξέα κατά Lewis
- Δε δημιουργούνται ενεργειακές διαφοροποιήσεις από ανακατανομές των  $d$  ηλεκτρονίων, επειδή, αν και έχουμε διαφοροποίηση των  $d$  τροχιακών από το πεδίο των υποκαταστατών, τα  $d$  τροχιακά είναι συμπληρωμένα.
- Η ανταλλαγή ligands γίνεται ταχύτατα (ενεργά σύμπλοκα), δηλαδή το υπόστρωμα (S) και τα προϊόντα (P) απομακρύνονται εύκολα
- Ο Zn (II), σε χαμηλές τιμές pH, δεν υδρολύεται και δε σχηματίζει υδρόξυ σύμπλοκα
- Το  $pK_a$  του εφυδατωμένου ιόντος ( $Zn^{2+}$ ) είναι περίπου 8,8. Δηλαδή τα εφυδατωμένα μεικτά σύμπλοκα του ψευδαργύρου μπορούν να δράσουν σε πολλά βιολογικά υγρά.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΚΑΔΜΙΟ

Το κάδμιο ανήκει στην ομάδα IIB του περιοδικού πίνακα, αποτελεί σχετικά σπάνιο μέταλλο και καταλαμβάνει την 67<sup>η</sup> θέση στην κατάταξη περισσειας των στοιχείων. Δεν συμμετέχει σε καμία βιολογική λειτουργία και είναι ιδιαίτερα τοξικό για φυτά και ζώα. Παρόλα αυτά, οι συγκεντρώσεις του Cd (καδμίου) που συναντώνται φυσιολογικά στο περιβάλλον δεν προκαλούν ιδιαίτερη τοξικότητα. Ο μεγαλύτερος κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία από το Cd είναι η χρόνια συσσώρευσή του στα νεφρά, όπου μπορεί να προκαλέσει δυσλειτουργία αν η συγκέντρωση στο νεφρικό ιστό ξεπεράσει τα 200 mg kg<sup>-1</sup> καθαρό βάρος (Fassett, 1980). Η τροφή είναι η κύρια οδός από την οποία το Cd εισέρχεται στο σώμα, όμως το κάπνισμα και η έκθεση λόγω επαγγέλματος σε ατμούς CdO αποτελούν επίσης σημαντικές πηγές μόλυνσης. Η ανώτερη ανεκτή τιμή πρόσληψης Cd όπως συνιστά ο Π.Ο.Υ (Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας) – FAO/WHO – είναι 400 με 500 μg ανά εβδομάδα, που ισοδυναμεί με περίπου 70 μg day<sup>-1</sup> (Fassett, 1980). Η κατά μέσο όρο πρόσληψη Cd λόγω διατροφής ανά τον κόσμο κυμαίνεται μεταξύ 25 και 75 μg day<sup>-1</sup> (Page et.al. 1981) και δημιουργείται πρόβλημα εκεί όπου η πρόσληψη είναι κοντά στο ανώτερο όριο της κλίμακας. Οι καπνιστές συνήθως προσθέτουν 20 με 35 μg Cd ημερησίως.

Λαμβάνοντας υπόψη τους κινδύνους της χρόνιας συσσώρευσης του Cd στο ανθρώπινο σώμα, οι παράγοντες που επηρεάζουν τη συσσώρευση του σε εδάφιμα φυτά είναι μεγάλης σημασίας. Εφόσον οι συγκεντρώσεις του μετάλλου σε μη μολυσμένα εδάφη είναι συνήθως χαμηλές, το κύριο ενδιαφέρον μας εστιάζεται στις πηγές μόλυνσης και στη συμπεριφορά του Cd στα μολυσμένα εδάφη. Με χρόνο ημιζωής του Cd στα εδάφη να κυμαίνεται μεταξύ 15 και 1100 ετών (Kabata Pendias and Pendias, 1992), δημιουργείται μακροπρόθεσμο πρόβλημα και η μόλυνση πρέπει να αποτρέπεται ή να ελαχιστοποιείται, όπου είναι δυνατόν.

Η ρύπανση του περιβάλλοντος από το κάδμιο αυξάνεται ραγδαία τις τελευταίες δεκαετίες ως αποτέλεσμα της αυξανόμενης χρήσης Cd από τη βιομηχανία. Η ρύπανση αποτελεί μια αναπόφευκτη συνέπεια της εξόρυξης, μεταποίησης και διάθεσης / αποκομιδής μετάλλων. Σε αντίθεση με τα στοιχεία Pb, Cu και Hg, τα οποία χρησιμοποιούνται εδώ και αιώνες, το Cd έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως

μόλις αυτό τον αιώνα. Περισσότερο από το μισό Cd που έχει χρησιμοποιηθεί στη βιομηχανία έχει παραχθεί τα τελευταία 25 χρόνια (Hutton, 1987). Προκύπτει ως υποπροϊόν της καύσης Zn και άλλων βασικών μετάλλων, ενώ κανένα ορυκτό μέταλλευμα δε χρησιμοποιείται ως πρωταρχική πηγή Cd. Η παγκόσμια παραγωγή Cd αυξήθηκε από 11000 τόνους το 1960 στους 20200 τόνους το 1990 (Nriagu, 1988; Aylett, 1979). Οι βασικές χρήσεις του είναι (1) ως προστατευτική επιστρώση στο ασφάλι, (2) σε διάφορα κράματα μετάλλων, (3) σε χρωστικές ύλες (για πλαστικά, εμαγιέ και υαλώδεις επιστρώσεις), (4) ως σταθεροποιητής για το πλαστικό, (5) σε μπαταρίες Ni-Cd ξηρών στοιχείων και (6) για διάφορες άλλες χρήσεις, συμπεριλαμβανομένων των φωτοβολταϊκών στοιχείων και των ράβδων ελέγχου για πυρηνικούς αντιδραστήρες (World Resources Institute, 1992; Oxford University Press, 1992).

Πηγές ρύπανσης του εδάφους από Cd αποτελούν η εξόρυξη και η καύση Pb και Zn, η ατμοσφαιρική ρύπανση από τις μεταλλουργικές βιομηχανίες, η διάθεση των λυμάτων που περιέχουν Cd, όπως η αποτέφρωση των πλαστικών δοχείων και των μπαταριών, η απόθεση στο έδαφος της λάσπης βιολογικών καθαρισμών και η καύση των ορυκτών καυσίμων (Hutton, 1982). Πριν ακόμη το Cd χρησιμοποιηθεί εμπορικά, υπήρχε ρύπανση προερχόμενη από μια μεγάλη ποικιλία υλικών που περιείχαν Cd, με τη μορφή ακαθαρσιών. Τα φωσφορικά λιπάσματα αποτελούν ένα σημαντικό παράδειγμα αυτού. Οι περιεκτικότητες τους σε Cd ποικίλλουν, αλλά η συνεχής χρήση τους έχει οδηγήσει σε σημαντικές αυξήσεις στις περιεκτικότητες σε Cd πολλών γεωργικών εδαφών. Η εναπόθεση των σωματιδίων αερολυμάτων / αεροζόλ από την αστική / βιομηχανική ατμοσφαιρική ρύπανση επηρεάζει επίσης τα εδάφη στις περισσότερες βιομηχανικές χώρες, ενώ το Cd από αυτή την πηγή μπορεί επίσης να απορροφηθεί άμεσα από τα φυτά μέσω του φυλλώματος.

### **3.1 Γεωχημική συμπεριφορά του καδμίου**

Η μέση συγκέντρωση Cd στον εξωτερικό φλοιό της γης υπολογίζεται ότι βρίσκεται στην περιοχή του  $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$  (Heinrichs et.al. 1980). Το κάδμιο σχετίζεται στενά με τον Zn στη γεωχημεία του. Και τα δύο στοιχεία έχουν παρόμοιες ιοντικές δομές και ηλεκτραρνητικότητες (ιδιότητα σχετιζόμενη με το δυναμικό ιονισμού) και τα δύο είναι ιδιαίτερα χαλκόφιλα, παρότι το Cd έχει μεγαλύτερη έλξη για το S από τον Zn. Η μέση αναλογία Zn:Cd για όλα τα πετρώματα είναι περίπου 500:1, αλλά ποικίλλει από 27:1 έως 7000:1 (Erstein, 1974). Το κάδμιο αποκτάται ως υποπροϊόν από την καύση των θειούχων ορυκτών μεταλλευμάτων, στα οποία έχει αντικαταστήσει κάποιο μέρος του Zn. Οι πιο άφθονες πηγές καδμίου είναι τα ZnS μεταλλεύματα σφαλερίτης και βουρτζίτης και δευτερεύοντα μεταλλεύματα, όπως ο  $\text{ZnCO}_3$  (σμιθσονίτης) τα οποία τυπικά περιέχουν 0,2 – 0,4% Cd παρότι μπορούν να βρεθούν και συγκεντρώσεις Cd μέχρι και 5% (Rose et.al. 1979; World Resources Institute, 1992; Oxford University Press, 1992).

Τα ιζηματογενή πετρώματα παρουσιάζουν μεγαλύτερη ποικιλία στη συγκέντρωση του Cd από άλλους τύπους πετρωμάτων, με τους φωσφορίτες (ιζηματογενή Ca φωσφορικά άλατα) και τους θαλάσσιους μαύρους σχιστόλιθους να έχουν τις μεγαλύτερες περιεκτικότητες (Πίν. 3.1). Οι φωσφορίτες και οι θαλάσσιοι μαύροι σχιστόλιθοι περιέχουν επίσης ασυνήθιστα υψηλές συγκεντρώσεις σε πολλά άλλα βαρέα μέταλλα επιπροσθέτως του Cd. Και οι δύο τύποι πετρωμάτων σχηματίζονται από ιζήματα πλούσια σε οργανικές ύλες υπό αναερόβιες συνθήκες και από βαρέα μέταλλα που συσσωρεύονται όπως θειούχες και οργανικές ενώσεις.

### **3.2 Προέλευση του καδμίου στα εδάφη**

#### **3.2.1 Μητρικά υλικά του εδάφους**

Οι Page and Bingham (1973), προτείνουν ότι εδάφη που προέρχονται από πυριγενή πετρώματα έχουν περιεκτικότητες σε Cd  $0,1 - 0,3 \text{ mg kg}^{-1}$  και αυτά που προέρχονται από μεταμορφωσιγενή πετρώματα θα περιέχουν  $0,1 - 1,0 \text{ mg kg}^{-1}$  και εκείνα που προέρχονται από ιζηματογενή πετρώματα θα έχουν περιεκτικότητες  $0,3 - 11 \text{ mg kg}^{-1}$  Cd. Γενικά, τα περισσότερα εδάφη αναμένονται να περιέχουν  $<1 \text{ mg kg}^{-1}$ , εκτός από εκείνα που έχουν μολυνθεί από ξεχωριστές πηγές ή εκείνα που έχουν δημιουργηθεί πάνω σε μητρικά

υλικά με ασυνήθιστα υψηλές περιεκτικότητες σε Cd, όπως οι μαύροι σχιστόλιθοι.

	ΚΛΙΜΑΚΑ	ΜΕΣΟ
<u>ΠΥΡΙΓΕΝΗ ΟΡΥΚΤΑ</u>		
Ριαλίτες	0,03 – 0,57	0,23
Γρανίτες	0,01 – 1,60	0,20
Βασάλτες	0,01 – 1,60	0,13
<u>ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΙΓΕΝΗ ΥΛΙΚΑ</u>		
Γνευσίτης	0,007 – 0,26	0,04
Σχίστες	0,005 – 0,87	0,02
<u>ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ ΟΡΥΚΤΑ</u>		
Σχιστόλιθοι και άργιλος	0,017 – 11	-
Μαύροι σχιστόλιθοι	0,30 – 219	-
Αμμόπετρες και κροκαλοπαγείς	0,019 – 0,4	-
Άλατα ανθρακικού οξέος	0,007 – 12	0,065
Φωσφορίτες	<10 – 980	-
Κάρβουνο	0,01 – 300	
Αργό πετρέλαιο	0,01 – 10000	
<u>ΘΕΙΟΥΧΑ ΟΡΥΚΤΑ</u> <u>ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΑ</u>		
Σφαλερίτης	0,2 – 0,4 (<5%)	
Ορυκτό θειούχου μολύβδου	<0,5%	
<u>ΤΕΤΡΑ – ΥΔΡΙΤΕΣ</u>		
(Cu.Zn) (Sb.As) S	<0,24%	
Metacinnabar (HgS)	11,7%	

Πίνακας 3.1. Συγκεντρώσεις καδμίου στα πετρώματα ( $mg\ kg^{-1}$  ή % όπου υπάρχουν τιμές) (Page and Bingham, 1973).

#### Συγκεντρώσεις καδμίου στο έδαφος

Από μια ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας, οι Kabata Pendias and Pendias (1992), συμπεραίνουν ότι οι μέσες τιμές της περιεκτικότητας σε Cd που έχουν αναφερθεί από τις περισσότερες αναλυτικές έρευνες για εδάφη κυμαίνονται από 0,06 ως 1,1  $mg\ kg^{-1}$  με παγκόσμιο αριθμητικό μέσο 0,53  $mg$

kg<sup>-1</sup>. Μια έρευνα των γεωργικών εδαφών στις Η.Π.Α., κατά την οποία συγκεντρώθηκαν 3045 αντιπροσωπευτικά δείγματα, 307 διαφορετικών εδαφοσειρών, συλλέχθηκαν από θέσεις απομακρυσμένες από εμφανείς πηγές ρύπανσης από μεταλλεύματα, έδειξε ότι η μέση συγκέντρωση Cd στο ανώτερο στρώμα του εδάφους ήταν 0,265 mg kg<sup>-1</sup> και κυμαίνονταν σε ένα εύρος από <0,01 – 2,0 mg kg<sup>-1</sup> (Holmgren et. al. 1993). Μια έρευνα επί 2476 ιαπωνικών εδαφών ορυζώνων από εμφανώς μη μολυσμένες θέσεις κατέδειξε αριθμητικό μέσο συγκέντρωσης Cd 0,4 mg kg<sup>-1</sup> (Yamagata, 1978).

Μια πρόσφατα δημοσιευμένη έρευνα επί 5962 δειγμάτων εδαφών που συγκεντρώθηκαν από όλη την Αγγλία και την Ουαλία κατέδειξε ότι ο αριθμητικός μέσος συγκέντρωσης Cd στα επιφανειακά στρώματα του εδάφους είναι 0,8 mg kg<sup>-1</sup> και εύρος <0,2 – 40,9 mg kg<sup>-1</sup> (McGrath and Loverland, 1992). Στη μελέτη αυτή εξετάστηκαν τόσο γεωργικά εδάφη όσο και εμφανώς μολυσμένες θέσεις. Κάποια από τα εδάφη που περιλαμβάνονται σε αυτή την αναλυτική μελέτη είχαν δεχθεί λάσπες βιολογικών καθαρισμών και άλλα είχαν ρυπανθεί από διαδικασίες εξόρυξης μετάλλων. Μια προηγούμενη έρευνα σε εδάφη της Μεγάλης Βρετανίας από τον Archer (1980), βασισμένη στην ανάλυση 659 δειγμάτων, έδειξε ότι ο στατιστικός μέσος όρος περιεκτικότητας Cd ήταν 1,0 mg kg<sup>-1</sup> και το εύρος 0,08 – 10 mg kg<sup>-1</sup>. Οι Ure and Barrow (1982) όρισαν τον παγκόσμιο γεωμετρικό μέσο όρο συγκέντρωσης Cd στα εδάφη σε 0,62 mg kg<sup>-1</sup> με εύρος <0,005 – 8,1.

Μια γεωχημική αναγνωριστική έρευνα στην Αγγλία και την Ουαλία βασισμένη στην ανάλυση περίπου 50000 δειγμάτων ιζημάτων ρυακιών από παραποτάμια αποστράγγιση έδειξε ότι περίπου 1200 km<sup>2</sup>, ή 0,33% της περιοχής που μελετήθηκε, περιείχαν σημαντικά αυξημένες συγκεντρώσεις Cd εξαιτίας τόσο των διάφορων μητρικών υλικών όσο και λόγω διάφορων πηγών περιβαλλοντικής μόλυνσης (Marples and Thornton, 1980).

Σε μια μελέτη των εδαφών 94 αστικών λαχανόκηπων στην Αγγλία, οι Moir and Thornton (1984) ανέφεραν ένα γεωμετρικό μέσο συγκέντρωσης Cd 0,53 mg kg<sup>-1</sup> με εύρος <0,2 – 5,9 mg kg<sup>-1</sup>. Οι Culbard et.al. (1988) προσδιόρισαν ότι 579 εδάφη κήπων σε αστικές περιοχές του Λονδίνου είχαν ένα γεωμετρικό μέσο όρο συγκέντρωσης Cd 1,3 mg kg<sup>-1</sup> και εύρος <1 – 4,0 mg kg<sup>-1</sup>.

Εδάφη που σχηματίστηκαν από μητρικά υλικά με ασυνήθιστα υψηλές συγκεντρώσεις Cd, ειδικά από μαύρους σχιστόλιθους, μπορούν να παρουσιάζουν σημαντικά αυξημένες συνολικές συγκεντρώσεις Cd ακόμη και απουσίας εμφανούς μόλυνσης από ανθρωπογενείς πηγές. Οι γνωστές συγκεντρώσεις καδμίου για εδάφη που προήλθαν από μαύρους σχιστόλιθους ποικίλουν από  $<22 \text{ mg kg}^{-1}$  σε σχιστόλιθους του Μοντερέι στην Καλιφόρνια των Η.Π.Α. (Page et.al. 1987),  $<24 \text{ mg kg}^{-1}$  σε εδάφη από ανθρακούχους μαύρους σχιστόλιθους του Derbyshire, Η.Β (Marples and Thornton, 1980) και  $<11 \text{ mg kg}^{-1}$  σε εδάφη αλλουβιακών αποθέσεων σε μια περιοχή μαύρων σχιστόλιθων στη Νότια Κορέα (Kim and Thornton, 1993).

Εντός των προφίλ των εδαφών, το Cd βρίσκεται κανονικά συγκεντρωμένο στον επιφανειακό ορίζοντα, κάτι το οποίο οφείλεται σε ένα συνδυασμό παραγόντων: αποτελεί τη ζώνη με την υψηλότερη περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και τα μέταλλα μπορούν να συγκρατούνται σε αυτόν τον εδαφικό ορίζοντα με τη μορφή οργανομεταλλικών συμπλόκων ως αποτέλεσμα του κύκλου της βλάστησης ή από την εφαρμογή λιπασμάτων και κοπριών που περιέχουν Cd ή από τις αποθέσεις ιζημάτων της ατμόσφαιρας. Οι Holmgren et.al. (1993) ανέφεραν δεδομένα για επιφανειακά και κατώτερα στρώματα του εδάφους για 26 θέσεις όπου η περιεκτικότητα σε Cd ήταν  $>1 \text{ mg kg}^{-1}$ . Σε τρεις από τις δέκα θέσεις στα ανόργανα εδάφη, η περιεκτικότητα σε Cd ήταν υψηλότερη στο υπέδαφος αλλά η αναλογία των συγκεντρώσεων Cd στην επιφάνεια προς αυτές στο υπέδαφος για τις δέκα θέσεις κυμαινόταν στο 11 ( $1,8 \text{ mg kg}^{-1}$  στο υπέδαφος). Για τις 16 θέσεις σε οργανικά εδάφη, οι 15 είχαν υψηλότερες συγκεντρώσεις Cd στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους και οι αναλογίες και για τις 16 θέσεις κυμαίνονταν από 5,9 ( $1,3 \text{ mg kg}^{-1}$  στην επιφάνεια και  $0,22 \text{ mg kg}^{-1}$  στο υπέδαφος) μέχρι 0,61 ( $1,1 \text{ mg kg}^{-1}$  στην επιφάνεια και  $1,8 \text{ mg kg}^{-1}$  στο υπέδαφος). Σε εργαστηριακά πειράματα διήθησης ο Tyler (1981) αναφέρει ότι χρειάζονται 6 χρόνια για να μειωθεί η περιεκτικότητα Cd του Ο ορίζοντα (Mor humus φυλλόχωμα αποσάθρωσης οργανικής ουσίας) όταν το pH διατηρείται στο 4,2, αλλά μόνο 3 χρόνια για να μειωθεί κατά το ίδιο ποσό σε pH 3,2.

Σε εδάφη που έχουν διατεθεί λάσπες βιολογικών καθαρισμών είναι γενικά αποδεκτό ότι συντελείται μικρή καθοδική κίνηση των βαρέων μετάλλων βραχυπρόθεσμα (5 – 10 χρόνια) (Alloway and Jackson, 1991). Παρόλα αυτά,

πολλοί παράγοντες χρειάζεται να ληφθούν υπόψη, συμπεριλαμβανομένου του κλίματος, του pH και της διαπερατότητας του εδάφους. Σε ημίξηρες περιοχές στην Καλιφόρνια οι Williams et.al. (1987) βρήκαν ότι ακόμη και μετά από εφαρμογή 1800 τόνων ανά εκτάριο ( $t\ ha^{-1}$ ) (180 ton / στρέμμα) βιολογικών λασπών, το Cd και άλλα μέταλλα παρέμειναν εντός της ζώνης ενσωμάτωσης μετά από 9 χρόνια. Κάτω από υγρές κλιματικές συνθήκες οι Davis et.al. (1988) αναφέρουν ότι 60 – 100% των Cd, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb και Zn παρέμειναν στα επιφανειακά 10 πρώτα εκατοστά των εδαφών που είχαν δεχθεί βιολογικές λάσπες μετά από πολλά χρόνια. Παρομοίως, πολλοί συγγραφείς αναφέρουν ότι ελάχιστη καθοδική κίνηση συντελείται σε δασοσκέπαστα εδάφη που έχουν δεχθεί βιολογικές λάσπες.

Παρόλα αυτά, υπάρχουν αναφορές στη βιβλιογραφία για ένα μεγαλύτερο βαθμό κίνησης του Cd καθοδικά στις κατατομές – προφίλ κάποιων εδαφών που είχαν δεχθεί λάσπες βιολογικών καθαρισμών. Οι Legret et.al. (1988), σε ένα πείραμα σε ένα χονδρόκοκκο έδαφος στην Νοτιοδυτική Γαλλία, το οποίο είχε δεχθεί μεγάλες ποσότητες λάσπης βιολογικών καθαρισμών, βρήκαν ότι το Cd είχε κινηθεί καθοδικά στην εδαφική κατατομή σε βάθη 60 – 80 εκατοστών. Σε μια θέση ενός αγροκτήματος με έδαφος αργιλώδους σύστασης προερχόμενο από ασβεστόλιθο στην Αγγλία, που είχε δεχθεί παλαιότερα βιολογικές λάσπες, παρατηρήθηκε ότι το Cd είχε μετακινηθεί καθοδικά στα 100 εκατοστά ή και βαθύτερα στην εδαφική κατατομή (Pike et.al. 1988; Alloway, 1988). Αυτά τα ευρήματα είναι σημαντικά γιατί σχετίζονται με μια μεγαλύτερη χρονική περίοδο (πάνω από 100 χρόνια) σε σύγκριση με πολλές άλλες δημοσιευμένες μελέτες.

### **3.2.2 Υλικά που χρησιμοποιούνται στη Γεωργία**

Στις καλλιέργειες συνηθίζεται η εφαρμογή της λίπανσης που σε πειραματικές δοκιμές έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα. Στις εντατικές καλλιέργειες, η δραστική λίπανση τροποποιεί δραστικά και βραχυπρόθεσμα το εδαφικό υλικό. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται έντονα στις καλλιέργειες θερμοκηπίων. Συχνά μια συνταγή λίπανσης που είναι αποτελεσματική τον πρώτο χρόνο εφαρμογής αποδεικνύεται αναποτελεσματική στις μετέπειτα καλλιεργητικές περιόδους. Συνεπώς, η ορθολογική λίπανση στις δυναμικές καλλιέργειες πρέπει να προγραμματίζεται με τη μορφή σχεδίου μακροχρόνιας προσαρμογής, με τη βοήθεια οπωσδήποτε των χημικών αναλύσεων του

εδάφους. Σε συντομία θα αναφερθούμε παρακάτω ένα διάγραμμα βασικών κανόνων: **Πρώτη εγκατάσταση της καλλιέργειας**. Πρέπει να διαθέτουμε δεδομένα προσδιορισμού και ανάλυσης των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του εδάφους. Σε πρώτη φάση, πρέπει να βελτιωθούν οι περισσότεροι δυνατοί παράμετροι του εδάφους που ενδεχομένως επιδρούν περιοριστικά στην παραγωγή όπως η οξύτητα του εδάφους ή μικρή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Με βάση τις αναλύσεις θα προγραμματιστεί η χημική λίπανση, η οποία συνήθως διακρίνεται σε βασική και επιφανειακή. **Επόμενες καλλιεργητικές περίοδοι**. Κατ'αρχήν συντηρούμε τις βελτιώσεις που πετύχαμε, ώστε να μην υποβαθμιστούν. Κατά τη λίπανση, λαμβάνουμε σοβαρά υπόψη την υπολειμματική δράση των λιπασμάτων, την προκληθείσα αλατότητα στα εδάφη, και αξιολογούμε τη συμβολή της λίπανσης `η και του νερού άρδευσης στην παραγωγή της αλατότητας. Επίσης είναι απαραίτητο να διαθέτουμε ως δεδομένο τις χημικές αναλύσεις του νερού άρδευσης. Η συσσώρευση αζωτούχων ουσιών είναι κατ'έξοχήν παράγοντας αύξησης της αλατότητας, κυρίως στα εδάφη των θερμοκηπίων, όπου η έκπλυση είναι μικρή. Όταν διαπιστώνεται σημαντική αύξηση της αλατότητας στα εδάφη των θερμοκηπίων, αλλά το νερό άρδευσης δε δικαιολογεί αυτήν την αύξηση, τότε πρέπει να υποψιαζόμαστε συσσώρευση αζωτούχων μορφών, κυρίως νιτρικών.

### ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ

Τα φωσφορικά λιπάσματα θεωρούνται γενικά ως η πιο ευρέως διαδεδομένη πηγή ρύπανσης των γεωργικών εδαφών με Cd. Σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις Cd ( $<500 \text{ mg kg}^{-1}$ ) μπορούν να βρεθούν σε φωσφορίτες (ορυκτά φωσφορικά άλατα) που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή λιπασμάτων (Πίν. 3.2). Παρόλα αυτά, μπορεί να φανεί από τον Πίνακα 3.2 ότι οι συγκεντρώσεις Cd που βρέθηκαν σε λιπάσματα P μπορούν να ποικίλουν κατά πολύ, ανάλογα με την προέλευση της πρώτης ύλης του φωσφορίτη. Η παρασκευή φωσφορικών λιπασμάτων θεωρείται επίσης ότι αποτελεί μια καθοριστική πηγή ρύπανσης Cd στο περιβάλλον (στερεά και υγρά απόβλητα). Στις Η.Π.Α., λιπάσματα P που παρασκευάστηκαν από φωσφορίτες της Φλόριντα και περιείχαν  $<10 \text{ mg kg}^{-1}$  Cd συνεισέφεραν 0,3 ως 1,2 g Cd ha<sup>-1</sup> ετησίως σε εδάφη, σε μακροχρόνια πειράματα γονιμότητας του εδάφους (Mortvedt, 1987). Αντίθετα, λιπάσματα P που είχαν παρασκευαστεί από Δυτικά κοιτάσματα φωσφοριτών που περιείχαν κατά μέσο όρο  $174 \text{ mg kg}^{-1}$  Cd συνεισέφεραν 100 g Cd ha<sup>-1</sup> ετησίως στα εδάφη, σε ένα 36ετές πείραμα σε



εκτάσεις της Καλιφόρνια, στις Η.Π.Α.. Η συγκέντρωση Cd στο έδαφος αυξήθηκε από  $0,07 \text{ mg kg}^{-1}$  (τιμή μάρτυρα) σε  $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$  στα λιπασμένα αγροτεμάχια (Mulla et.al. 1980). Σημαντικές αυξήσεις στις συγκεντρώσεις Cd στις καλλιέργειες σε αυτά τα εδάφη σημειώθηκαν στην Καλιφόρνια, αλλά όχι όπου είχαν χρησιμοποιηθεί λιπάσματα που είχαν παρασκευαστεί από φωσφορίτες της Φλόριντα (Mulla et.al. 1980; Mortvedt, 1987). Περίπου το 70% των λιπασμάτων P που χρησιμοποιούνται στις Η.Π.Α. παράγεται από τους σχετικά χαμηλής περιεκτικότητας σε Cd φωσφορίτες της Φλόριντα. Τα λιπάσματα που προέρχονται από την Αυστραλία γενικά περιέχουν μεταξύ 25 και  $50 \text{ mg kg}^{-1}$  Cd (Williams and David, 1973). Φωσφορικά λιπάσματα με περιεκτικότητα 3 –  $8 \text{ mg Cd kg}^{-1}$  που χρησιμοποιήθηκαν σε μακροχρόνια πειράματα συνεισέφεραν  $2 \text{ g Cd ha}^{-1}$  ετησίως σε ένα καλλιεργήσιμο έδαφος και  $7,2 \text{ g Cd ha}^{-1}$  ετησίως σε έδαφος μόνιμα καλυμμένο με χόρτο (Jones et.al. 1987). Η υψηλότερη συσσώρευση Cd στο έδαφος του λιβαδότοπου θα μπορούσε εν μέρει να οφείλεται στην έλλειψη της εναλλαγής των καλλιεργειών και στη μεγαλύτερη προσρόφηση λόγω της μεγαλύτερης ποσότητας οργανικής ουσίας. (Jones et.al. 1987).

Τα τελευταία 10 χρόνια περίπου, οι εκτιμήσεις των εισροών Cd από λιπάσματα P έχουν υπολογιστεί σε  $4,3 \text{ g ha}^{-1}$  ετησίως στο Ηνωμένο Βασίλειο (Hutton and Symon, 1986) και  $3,5 \text{ g ha}^{-1}$  ετησίως στην πρώην Δυτική Γερμανία (Kloke et.al. 1984). Οι Nriagu and Pacyna (1988) χρησιμοποίησαν μια κλίμακα συγκεντρώσεων Cd σε λιπάσματα ύψους 0,2 –  $15 \text{ mg kg}^{-1}$  για να υπολογίσουν την ετήσια παγκόσμια εισαγωγή Cd στα εδάφη από όλα τα είδη των λιπασμάτων. Η συνολική εισροή Cd στα εδάφη από τη χρήση λιπασμάτων ορίστηκε στους 30 – 250 τόνους Cd ετησίως.

Λαμβάνοντας υπόψιν ότι οι φωσφορίτες αποτελούν την κύρια πηγή ρύπανσης των εδαφών με Cd τα τελευταία έτη, κάποιοι μεγάλοι κατασκευαστές έχουν στραφεί σε πηγές πρώτης ύλης φωσφοριτών με χαμηλότερες συγκεντρώσεις Cd κι αυτό έχει οδηγήσει σε μια μείωση της συγκέντρωσής του σε λιπάσματα P σε κάποιες χώρες ή περιοχές. Μια πρόσφατη έρευνα επί 66 δειγμάτων λιπασμάτων στο Ηνωμένο Βασίλειο έδειξε έναν αριθμητικό μέσο συγκέντρωσης Cd στο υλικό ύψους  $36,7 \text{ mg Cd kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$  (ή  $84 \text{ mg Cd kg}^{-1}$  P). Σχεδόν σε όλα τα εδάφη που χρησιμοποιούνται για εμπορική γεωργία θα

αυξηθεί η περιεκτικότητα τους σε Cd, τουλάχιστον κατά ένα μικρό μέρος, λόγω της χρήσης φωσφορικών λιπασμάτων.

<u>ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΦΩΣΦΟΡΙΤΗ</u>	<u>ΚΛΙΜΑΚΑ</u> (mg Cd kg <sup>-1</sup> λιπάσματος)	<u>Πηγή</u>
Διάφορα	0,1 – 170	Alloway and Jackson, 1991
Διάφορα	3,3 – 40	De Villarroel et.al., 1993
Νησιά του Ειρηνικού	18 – 91	Department of the Environment, 1993
Δυτικές Η.Π.Α.	<200	Duffy et.al., 1988
Φλόριντα, Η.Π.Α.	<20	Duffy et.al., 1988
	<u>ΚΛΙΜΑΚΑ:</u> (mg Cd kg <sup>-1</sup> P)	<u>Πηγή:</u>
Μαρόκο	137	Archer, 1980
Η.Π.Α.	80	Archer, 1980
Τόγκο	367	Archer, 1980
Σενεγάλη	584	Archer, 1980
Ρωσία	1,8	Archer, 1980
Τυνησία – Αλγερία	137	Archer, 1980
Ισραήλ – Ιορδανία	82	Archer, 1980
<u>ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΩΡΕΣ:</u>	<u>ΚΛΙΜΑΚΑ:</u> (mg Cd kg <sup>-1</sup> λιπάσματος)	<u>Πηγή:</u>
Καναδάς	2,1 – 9,3	Elliot and Denneny, 1982
Αυστραλία	18 – 91	
Η.Π.Α.	7,4 – 156	
Ολλανδία	9 – 30	
Σουηδία	2 – 30	

Πίνακας 3.2. Συγκεντρώσεις καδμίου σε φωσφορικά λιπάσματα.

Παρότι οι Αυστραλιανοί τρόποι διατροφής τείνουν να είναι ανάμεσα στους χαμηλότερους σε περιεκτικότητα Cd στον κόσμο ( $15 \mu\text{g day}^{-1}$ ), επικρατεί αυξημένη ανησυχία τα τελευταία χρόνια σχετικά με τη συσσώρευση Cd που προέρχεται από λιπάσματα P στις πατάτες και σε άλλες σοδειές. Οι πατάτες θεωρούνται ως η πηγή του Cd με ποσοστό 55% στην Αυστραλιανή διατροφή σε σύγκριση με το 24% στις Η.Π.Α.. Η αυστραλιανή κυβέρνηση έχει ορίσει ως μέγιστη επιτρεπόμενη περιεκτικότητα σε Cd κάποιων τροφίμων ύψους  $50 \mu\text{g kg}^{-1}$  (ή  $0,05 \text{ mg kg}^{-1}$ ) βάρος νωπού προϊόντος (McLaughline et.al. 1994). Τα φωσφορικά λιπάσματα θεωρούνται ότι αποτελούν την κύρια πηγή Cd στα γεωργικά εδάφη ενώ κάποια από αυτά τα λιπάσματα έτειναν να παρασκευάζονται από φωσφορίτες με σχετικά υψηλές περιεκτικότητες σε Cd. Δεν είναι ασύνηθες για λιπάσματα P στην Αυστραλία να περιέχουν  $<300 \text{ mg Cd kg}^{-1} \text{ P}$  και αυτά μπορούν να προσθέσουν επιπλέον  $30 - 60 \text{ g Cd ha}^{-1}$  στα εδάφη καλλιέργειας πατάτας (McLaughline et.al. 1994). Αυτό οφείλεται στο ότι κάποια από τα Αυστραλιανά εδάφη έχουν μεγάλη έλλειψη σε P και στις υψηλές απαιτήσεις σε P της καλλιέργειας, κατά συνέπεια είναι απαραίτητο να γίνεται χρήση μεγάλων ποσοτήτων του λιπάσματος σε κάθε καλλιέργεια πατάτας. Σε πειράματα στη Νότια Αυστραλία, οι εισαγωγές Cd από λιπάσματα P για μια καλλιέργεια πατάτας ποίκιλλαν από  $2,8 \text{ g ha}^{-1}$  με μονοαμμωνιακό φωσφορικό άλας (MAP) έως  $40 \text{ g Cd ha}^{-1}$  με το απλό υπερφωσφορικό άλας (SSP). Η προσρόφηση καδμίου στους βολβούς της πατάτας ποίκιλλε από  $0,8 \text{ g ha}^{-1}$  (MAP) ως  $9,6 \text{ g ha}^{-1}$  (SSR) (McLaughline et.al. 1994). Κάποιοι συγγραφείς έχουν αναφέρει διαφορές στη διαθεσιμότητα του Cd σε διάφορες μορφές λιπασμάτων P σε θερμοκηπιακά πειράματα (το Cd σε διαμμωνιακό φωσφορικό άλας λιγότερο διαθέσιμο στο φυτό από το αυτό στο τριπλό υπερφωσφορικό άλας). Παρόλα αυτά, ο McLaughlin και άλλοι (McLaughline et.al. 1994) δε βρήκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τύπων των λιπασμάτων P σε δοκιμές πεδίου με πατάτες στη Νότια Αυστραλία και θεώρησαν ότι ήταν το υπολειπόμενο Cd από προηγούμενες χρήσεις λιπασμάτων που αποτελούσε τη σημαντικότερη πηγή για τη σοδειά.

#### Διαλυτότητα Λιπασμάτων

Είναι πολύ χρήσιμο δεδομένο στην πράξη. Στους  $25^{\circ}\text{C}$  και σε  $100 \text{ L}$  νερό μπορούμε να διαλύσουμε τις παρακάτω ποσότητες από τα κυριότερα λιπάσματα:

<b>Λίπασμα</b>	<b>N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O</b>	<b>kg/100L</b>
Νιτρική αμμωνία	34-0-0	192
Νιτρικό κάλι	13-0-45	31,6
Νιτρικό μαγνήσιο		27,9
Θειική αμμωνία	21-0-0	73
Ουρία	45-0-0	103
Αμμωνία φωσφορική αμμωνία	21-53-0	66
Χλωριούχο κάλι	0-0-50	34
Νιτρικόασβέστιο	16-0-0	122
Θειικό κάλι	0-0-52	11
Γύψος (άνυδρη μορφή)		0,21

*Πίνακας: Διαλυτότητα λιπασμάτων στους 25<sup>0</sup>C*

#### Ανάμειξη Λιπασμάτων

Παραθέτουμε την κατάταξη του παρακάτω πίνακα από όπου προκύπτει η σχετική δυνατότητα :

	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KNO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub>	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		ναι	ναι	ναι	όχι
KNO <sub>3</sub>	ναι		ναι	ναι	ναι
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	ναι	ναι		ναι	όχι
MgSO <sub>4</sub>	ναι	ναι	ναι		όχι
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	όχι	ναι	όχι	όχι	
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	ναι	ναι	ναι	ναι	όχι

*Πίνακας 1.3: Συμβατότητα στην ανάμειξη λιπασμάτων.*

#### Λίπανση των Σπορειών

Μεγάλος αριθμός κηπευτικών προετοιμάζεται σε σπορεία και μεταφυτεύεται κατόπιν στην τελική καλλιέργεια. Εδώ η λίπανση χρειάζεται μεγάλη προσοχή, γιατί τα φυτώρια είναι πολύ ευαίσθητα στην αλατότητα.

Όμως, πρέπει να σημειωθεί πως τα υποστρώματα των σπορειών είναι μεγάλου πορώδους και παρουσιάζουν μεγάλη ικανότητα συγκράτησης υγρασίας. Το pH

πρέπει να είναι 6,5 και σε περιπτώσεις ευαίσθητων φυτών, μπορεί να προκύψει η ανάγκη αποφυγής της λίπανσης του φυτωρίου στο στάδιο της κοτυληδόνας.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, η λίπανση των υποστρωμάτων των σπορειών δεν πρέπει να ξεπερνά τα 1-1,5 kg πλήρους λιπάσματος ανά  $M^3$  υποστρώματος κατά την εποχή της μεταφύτευσης, ενώ στην αρχική περίοδο (στάδιο κοτυληδόνας) πιθανόν να είναι αναγκαία και η αποφυγή της λίπανσης.

#### ΤΥΡΦΗ

Η τύρφη είναι προϊόν αποσύνθεσης της βλάστησης ελών, βρυοφύτων και άλλων οργανισμών. Η οργανική ύλη που συσσωρεύεται αποσυντίθεται απουσία  $O_2$  (ατελής διάσπαση). Η τύρφη γενικά χαρακτηρίζεται από μεγάλη Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (ΙΑΚ) και μπορεί να συγκρατεί θρεπτικά συστατικά. Αυτή η ιδιότητα φυσικά έχει και τις συνέπειές της. Αφενός τροποποιείται το θρεπτικό διάλυμα των Υδροπονικών καλλιεργειών, γιατί αποσπά απ'αυτό ιόντα, και αφετέρου συγκρατεί θρεπτικά συστατικά που χορηγούνται με τις βασικές ή τις επιφανειακές λιπάνσεις. Επιπλέον, απορροφά και σημαντικά ποσά υγρασίας.

Η τύρφη εκτός από υποστρώματα υδροπονικών καλλιεργειών χρησιμοποιείται και βελτιωτικό εδαφών και άλλων υποστρωμάτων. Διακρίνονται δύο κατηγορίες τύρφης: η **Ξανθή Τύρφη** και η **Μαύρη Τύρφη**, που αξιολογούνται με βάση τα διαφορετικά τους ποιοτικά χαρακτηριστικά ως εξής:

- **Ξανθή Τύρφη:** έχει υποστεί τη μικρότερη αποσύνθεση. Έχει μεγαλύτερο πορώδες και ΙΑΚ, δε φέρει παθογόνα σπέρματα, δεν περιέχει στην αρχική της κατάσταση θρεπτικά στοιχεία, επιτυγχάνει καλή στήριξη των ριζών και είναι άμεσα χρησιμοποιήσιμη. Η εξέτασή της δείχνει τη μορφολογία των φυτών από τα οποία προέρχονται. Είναι νεότερης ηλικίας και περιέχει 30% χουμικά οξέα στην ξηρή ουσία. Η καλής ποιότητας ξανθή τύρφη μπορεί να συγκρατεί υγρασία 10 φορές όσο το βάρος της. Η ΙΑΚ της κυμαίνεται από 100-150 me/100gr οργανικές ενώσεις της ξανθής τύρφης έχουν αναπτύξει σταθερούς χημικούς δεσμούς που δεν προσβάλλονται εύκολα από τους μικροοργανισμούς και την καθιστούν ανθεκτική. Όγκος 1L περιέχει 55-75 gr $\Xi O$ , 90-95% πορώδες, πυκνότητα  $D=1,5-1,7 g/cm^3$  (ΠΕΒ) και  $C/N=40$

- **Μαύρη Τύρφη:** έχει πιο σκούρο χρώμα και είναι μεγαλύτερης ηλικίας. Περιέχει χουμικά οξέα στην ξηρή ουσία. Η συγκράτηση υγρασίας αντιστοιχεί σε ποσοστά τετραπλάσια του βάρους της και η σχέση C/N είναι 50-80. Περιέχει πολλά ανόργανα άλατα.

Σύμφωνα με γεωλογικές εκτιμήσεις η τύρφη της Κεντρικής Ευρώπης σχηματίστηκε την τελευταία περίοδο των παγετώνων (10.000 χρόνια π.Χ.). Εξορύσσεται πριν από τα 30-50 cm εδάφους και τα αποθέματά της έχουν κολλοειδή μορφή.

Γενικά, ένας όγκος τύρφης περιέχει 5-10% στερεά συστατικά. Ακόμα και η κατάσταση κορεσμού με νερό περιέχει 40% πόρους. Τα καλύτερα εδάφη με πορώδες σπάνια διαμορφώνουν αεροπορώδες μέχρι 18%. Η τέρφα της και τα θρεπτικά της συστατικά είναι δευτερεύουσας σημασίας, γιατί δεν είναι αφορμειώσιμα. Αποτελεί όμως, τη βάση παραγωγής χουμικών λιπασμάτων ύστερα από επεξεργασία και ανάμειξη με ανόργανα χημικά λιπάσματα.

#### Αξιολόγηση Τύρφης

Είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε το pH και την πυκνότητα σε  $\text{CaCO}_3$  της Τύρφης που προκύπτει να χρησιμοποιήσουμε. Επίσης, μπορούμε να ελέγξουμε και το βαθμό αποσύνθεσής της .

1. Μέτρηση pH: 10mL τύρφης αναμειγνύονται σε 100mL  $\text{KC1}$  1N. Αναδεύουμε το μείγμα για μια ώρα και μετράμε το pH, δύο ώρες μετά.
2. Μέτρηση του Βαθμού Αποσύνθεσης: δείγμα τύρφης κορεσμένο με νερό συνθλίβεται στην παλάμη μας. Αν το εκχύλισμα που θα στραγγίσει είναι άχρωμο, τότε έχουμε μηδενική αποσύνθεση(Ξανθή Τύρφη). Αν το εκχύλισμα είναι θολό, ανάλογα με τη θολότητα έχουμε και τον αντίστοιχο *Βαθμό Αποσύνθεσης*.

Ανάλογα με την ποιότητα της Τύρφης, επιλέγουμε και την κατάλληλη επεξεργασία πριν από τη χρήση της. Έτσι, η όξινη Τύρφη ουδετεροποιείται με την κατάλληλη προσθήκη  $\text{CaCO}_3$ .

### Κοπριά από φάρμες εκτροφής ζώων (FYM)

Τιμές από 0,3 – 1,8 mg Cd kg<sup>-1</sup> ξηρής μάζας έχουν αναφερθεί για κοπριά από φάρμες εκτροφής ζώων (Williams and David, 1973; Kabata Pendias and Pendias, 1992). Μεγάλες ετήσιες χρήσεις (35 tn νωπό βάρος ha<sup>-1</sup>) κοπριάς βρέθηκαν να αποτελούν σημαντικότερη πηγή καδμίου σε ένα μακροχρόνιο πείραμα πεδίου στο Rothamsted από ότι οι συνδυασμένες εισαγωγές από φωσφορικά λιπάσματα και από τις ατμοσφαιρικές ιζηματικές αποθέσεις.

### **3.3.3 Ατμοσφαιρική ιζηματική απόθεση καδμίου**

Οι συγκεντρώσεις καδμίου στον αέρα συνήθως ποικίλλουν από 1 έως 50 ng m<sup>-3</sup>, ανάλογα με την απόσταση από τις πηγές εκπομπών (Jones et.al. 1987). Οι τυπικές κλίμακες για τις ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις Cd στην Ευρώπη είναι 1 – 6 ng m<sup>-3</sup> για τις αγροτικές περιοχές, 3,6 – 20 ng m<sup>-3</sup> για τις αστικές περιοχές και 16,5 – 54 ng m<sup>-3</sup> για βιομηχανικές περιοχές, φτάνοντας τα 11000 ng m<sup>-3</sup> κοντά σε ένα εργοστάσιο ανάκτησης μετάλλων (Hutton, 1982). Οι πρωταρχικές πηγές των ατμοσφαιρικών εκπομπών είναι η μη σιδηρούχος παραγωγή μεταλλεύματος, η αποτέφρωση απορριμμάτων από την καύση ορυκτών καυσίμων και η παραγωγή σιδήρου και ατσαλιού, όπως φαίνεται στον πίνακα 2.3 (Tiller, 1989).

Η σχετικά υψηλή πτητικότητα του Cd όταν θερμαίνεται πάνω από τους 400°C εξηγεί τη σπουδαιότητα των ατμοσφαιρικών εκπομπών από αυτές τις πηγές (Bowen, 1979). Η συνολική ετήσια ατμοσφαιρική εκπομπή Cd σε όλο τον κόσμο υπολογίστηκε από τον Nriagu (Nriagu, 1980) ότι είναι 8100 τόνοι (800 τόνοι από φυσικές πηγές και 7300 τόνοι από ανθρωπογενείς πηγές). Οι κατά μέσο όρο ετήσιοι ρυθμοί εκπομπών από παγκόσμιες ανθρωπογενείς πηγές αυξήθηκαν από 3400 τόνους (κατά τη διάρκεια της δεκαετίας 1951 – 1960) στους 5400 τόνους (κατά τη διάρκεια της δεκαετίας 1961 – 1970) και στους 7400 τόνους (κατά τη διάρκεια της δεκαετίας 1971 – 1980) (Nriagu, 1979).

Οι συνολικές εισροές Cd τόσο από την απόθεση ξηρών ιζημάτων όσο και από τη βροχόπτωση, ποικίλλουν από 2,6 έως 19 g ha<sup>-1</sup> ετησίως στις αγροτικές περιοχές, με τα 3 g ha<sup>-1</sup> ετησίως να θεωρούνται ως η αντιπροσωπευτική τιμή για την απόθεση Cd επί της αγροτικής γης στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα (Hutton, 1982). Η ατμοσφαιρική απόθεση έχει βρεθεί να ποικίλει από 0,06 g ha<sup>-1</sup> ετησίως στη Γροιλανδία, ως 44,4 g ha<sup>-1</sup> ετησίως στη Νέα Υόρκη και 135,6

g ha<sup>-1</sup> ετησίως κοντά στην κύρια υψικάμινο καύσης Pb – Zn στο Avonmouth στην Αγγλία (Williams and Harrison, 1984). Οι Nriagu and Pacyna (1988) υπολόγισαν ότι η παγκόσμια ατμοσφαιρική απόθεση του Cd στα εδάφη το 1988 βρισκόταν μεταξύ 2200 – 8400 tn Cd ετησίως. Οι Sposito and Page (1984) υπολόγισαν ότι η απόθεση του Cd επί των εδαφών στην Ευρώπη και στις Η.Π.Α. κυμαίνεται από <0,2 ως 978 g ha<sup>-1</sup> ετησίως, με υψηλότερα επίπεδα απόθεσης στην Ευρώπη. Υπολόγισαν ότι οι αυξήσεις των συγκεντρώσεων Cd στο ανώτερο στρώμα του εδάφους (0 – 15 cm), οι οφειλόμενες στην ατμοσφαιρική απόθεση στις Η.Π.Α. είναι <0,98 μg kg<sup>-1</sup> ετησίως στις αγροτικές περιοχές, 29 μg kg<sup>-1</sup> ετησίως στις βιομηχανικές περιοχές και 0,98 μg kg<sup>-1</sup> ετησίως στις μητροπολιτικές περιοχές (Sposito and Page, 1984). Ο Nriagu (1980) υπολόγισε ότι η παγκόσμια απόθεση Cd από την ατμόσφαιρα είναι 5700 tn ετησίως στην ξηρά και 2400 tn ετησίως στους ωκεανούς.

Πρωτογενής μη-σιδηρούχα παραγωγή μετάλλου	1631,4
Καύση γαιάνθρακα	143,7
Καύση πετρελαίου	108,2
Αποτέφρωση υπολειμμάτων	83,6
Κατασκευή σιδήρου και ατσαλιού	59
Βιομηχανικές εφαρμογές των μετάλλων	19,7

*Πίνακας 3.3. Υπολογισμένες ατμοσφαιρικές εκπομπές Cd από βασικές πηγές στην Ευρώπη το 1970. (Pacyna, 1987).*

### **3.3.4 Λάσπες βιολογικών καθαρισμών**

Οι λάσπες βιολογικών καθαρισμών ποικίλλουν σε σύνθεση και περιέχουν Cd από διάφορες πηγές, συμπεριλαμβανομένων των ανθρωπίνων απεκκρίσεων, οικιακών προϊόντων που περιέχουν Zn, νερά καταιγίδων που περιέχουν μόρια από ελαστικά από καουτσούκ και διάφορα βιομηχανικά παράγωγα. Σχεδόν όλο το Cd συσσωρεύεται στις αδιάλυτες λάσπες βιολογικών καθαρισμών που παράγονται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των λυμάτων και μια μεγάλη κλίμακα συγκεντρώσεων Cd στις λάσπες βιολογικών καθαρισμών έχει αναφερθεί από ολόκληρο τον κόσμο (<3650 mg kg<sup>-1</sup> ξηρό βάρος). Στο



παρελθόν, οι αριθμητικά μέσες τιμές για τις βρετανικές λάσπες βιολογικών καθαρισμών κυμαίνονταν μεταξύ 17 και 23 mg kg<sup>-1</sup> DM (Williams, 1975; Davis, 1983) και η αριθμητικά μέση τιμή των 16 mg kg<sup>-1</sup> DM έχει προσδιοριστεί για λάσπες βιολογικών καθαρισμών των Η.Π.Α. (Sommers, 1977). Οι Nriagu and Pacyna (1988) χρησιμοποίησαν μια κλίμακα από 1,0 ως 20,0 mg kg<sup>-1</sup> για το Cd στις λάσπες βιολογικών καθαρισμών καθώς κυμαίνονται από 20 ως 340 tn Cd ετησίως. Παρόλα αυτά, κατά την τελευταία δεκαετία και περισσότερο, οι περιεκτικότητες σε Cd των λασπών βιολογικών καθαρισμών μειώνονται με τη χρήση διαφόρων τεχνολογιών ελαχιστοποίησης των απορριμμάτων και ελέγχων των παραγώγων. Οι μέσες αριθμητικές τιμές (50 εκατοστιαίες μονάδες) για τις λάσπες βιολογικών καθαρισμών που χρησιμοποιούνται σε γεωργική γη στο Ηνωμένο Βασίλειο μειώθηκαν από 9,0 mg kg<sup>-1</sup> ξηρό βάρος το 1980/81 σε 3,2 mg kg<sup>-1</sup> ξηρό βάρος το 1990/91 και για τα ανώτερα επίπεδα, το 90% των τιμών έχουν μειωθεί από 33 mg Cd kg<sup>-1</sup> το 1980/81 σε 12,0 mg Cd kg<sup>-1</sup> το 1990/91 (Department of the Environment, 1993). Η μέση αριθμητική τιμή περιεκτικότητας σε Cd των εδαφών στα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί βιολογικές λάσπες το 1990/91 ήταν 0,55 mg kg<sup>-1</sup> (μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή ύψους 3,0 mg kg<sup>-1</sup> Cd) (Department of the Environment, 1993).

Στις Η.Π.Α., μια εθνική έρευνα επί των λασπών βιολογικών καθαρισμών που πραγματοποιήθηκε το 1990 και περιλάμβανε μια έρευνα με ερωτηματολόγιο επί όλων των 11047 δημόσιας ιδιοκτησίας εργοστασίων επεξεργασίας στη χώρα από τα οποία 208 αντιπροσωπευτικά εργοστάσια επιλέχτηκαν για μια διεξοδική ανάλυση δειγμάτων βιολογικής λάσπης που περιλάμβανε 412 αναλύσεις για κάθε δείγμα (Chaney, 1990). Τα αποτελέσματα για το Cd από αυτή την έρευνα ήταν μια αριθμητική μέση τιμή ύψους 7,0 mg kg<sup>-1</sup>, μια τιμή επί του 95% των δειγμάτων ύψους 21 mg kg<sup>-1</sup> και μια τιμή επί του 98% των δειγμάτων ύψους 25 mg kg<sup>-1</sup>. Τα δεδομένα από αυτή την έρευνα χρησιμοποιήθηκαν κατόπιν σε συνδυασμό με υπολογισμούς έκθεσης για να καθοριστούν οι περιοριστικές συγκεντρώσεις για λάσπες βιολογικών καθαρισμών και τα όρια επιβάρυνσης των εδαφών.

Οι μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις Cd στις λάσπες βιολογικών καθαρισμών που χρησιμοποιούνται σε γεωργικά εδάφη στις ευρωπαϊκές χώρες και στις Η.Π.Α. έχουν συνοψιστεί και συζητηθεί από τον McGrath και άλλους

(McGrath et.al. 1994). Οι περιοριστικές τιμές δίνονται στον πίνακα 3.4 μαζί με τα μέγιστα όρια για το Cd σε εδάφη όπου χρησιμοποιούνται λάσπες βιολογικών καθαρισμών. Εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης υπάρχουν χαρακτηριστικές διαφορές στα επιτρεπόμενα ανώτατα όρια αλλά όλα είναι πολύ χαμηλότερα από αυτά που χρησιμοποιούνται τώρα στις Η.Π.Α. (EPA, 1992). Υπάρχει εμφανώς μια μεγάλη διαφορά στην πολιτική ανάμεσα στο EPA των Η.Π.Α. και της Ευρωπαϊκής Ένωσης όσο και στα υπουργεία που ασχολούνται με την περιβαλλοντική ποιότητα στις μεμονωμένες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Βασικά, η προσέγγιση του EPA των Η.Π.Α. βασίζεται στην ανάλυση 14 διαφορετικών δεδομένων έκθεσης μαζί με τα δεδομένα από την Εθνική Έρευνα Λασπών Βιολογικών Καθαρισμών του 1990 από όπου καθορίστηκαν τα αθροιστικά όρια επιβάρυνσης για την ρύπανση. Οι κανονισμοί έθεσαν τα όρια συγκέντρωσης για υψηλής ποιότητας «καθαρές» λάσπες βιολογικών καθαρισμών, οι οποίες θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σε ένα ρυθμό ύψους  $10 \text{ tn ha}^{-1}$  για 100 χρόνια πριν να ξεπεράσουν τα όρια επιβάρυνσης. Η αθροιστική αρχή επιβάρυνσης που υιοθετήθηκε στις Η.Π.Α. βασίζεται στην ικανότητα του εδάφους να αφομοιώνει και να μειώνει τη διαθεσιμότητα των ρυπαντών. Αντίθετα, οι Ευρωπαϊκές χώρες τείνουν να χρησιμοποιούν την «προσέγγιση ισορροπίας μετάλλων». Εφόσον οι εισαγωγές των μετάλλων στα εδάφη των βιομηχανοποιημένων χωρών πάντοτε ξεπερνούν τις απώλειες μέσω του διαχωρισμού και της διήθησης των εργοστασίων, αρκετές χώρες όπως η Ολλανδία, η Σουηδία και η Δανία στοχεύουν στην ελαχιστοποίηση της εισαγωγής μετάλλων στο έδαφος από λάσπες βιολογικών καθαρισμών. Μια περισσότερο πραγματιστική προσέγγιση γίνεται στο Ηνωμένο Βασίλειο, αλλά το Νοέμβριο του 1993 μια ειδική επιτροπή που συστάθηκε από το Βρετανικό Υπουργείο Γεωργίας, Αλιείας και Τροφίμων συνέστησε μια μείωση στη μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση Zn στα εδάφη που δέχονται λάσπες βιολογικών καθαρισμών, από  $300 \text{ mg Zn kg}^{-1}$  σε  $250 \text{ mg Zn kg}^{-1}$  ως αποτέλεσμα των ευρημάτων ότι οι μικροοργανισμοί του εδάφους επηρεάζονται σημαντικά σε επίπεδα πάνω από αυτή τη χαμηλότερη τιμή. Αυτή είναι η προσέγγιση «συγκέντρωσης με τις χαμηλότερες παρατηρούμενες παρενέργειες», η οποία βασίζεται στις πραγματικές παρατηρήσεις των τοξικών επιδράσεων σε διάφορους τύπους βασικών οργανισμών (McGrath et.al. 1994).

<b>ΧΩΡΑ</b>	<b>ΕΤΟΣ</b>	<b>ΜΕΓΙΣΤΑ ΒΟΘΡΟΛΥΜΑΤΑ</b>	<b>ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΣΕ ΕΔΑΦΗ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΔΕΧΘΕΙ ΒΟΘΡΟΛΥΜΑΤΑ (mg kg<sup>-1</sup> DM)</b>	<b>ΕΤΗΣΙΑ ΟΡΙΑ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗΣ (kg Cd ha<sup>-1</sup> γ<sup>-1</sup>)</b>
Ε.Ε.	1986	20 – 40	1 – 3	0,15
Γαλλία	1988	20	2	0,15
Γερμανία	1992	10	1,5	0,15
Δανία	1990	1,2	0,5	0,008
	1995	0,8	-	-
Φινλανδία	1995	1,5	0,5	0,0015
Σουηδία	1995	2,0	0,5	0,002
Η.Π.Α.	1993	8,5	2,0	1,9

*Πίνακας 3.4. Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις Cd σε λάσπες βιολογικών καθαρισμών που χρησιμοποιούνται σε γεωργική γη και σε εδάφη που τις έχουν δεχθεί (McGrath et.al. 1994).*

Η Πολιτική Προστασίας του Εδάφους που αναπτύχθηκε στην Ολλανδία σχεδιάστηκε αρχικά για την αξιολόγηση και την αποκατάσταση μολυσμένων εδαφών και συγκέντρωνε τιμές «Α», «Β» και «Γ». Οι «Α» τιμές είναι τιμές αναφοράς που βασίζονται σε εδάφη σε φυσικές προστατευόμενες περιοχές, οι οποίες εκτίθενται μόνο σε ατμοσφαιρική ρύπανση. Οι τιμές «Β» δε χρησιμοποιούνται πλέον αλλά ήταν αρχικά οι τιμές – ερεθίσματα που υποδείκνυαν την ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση. Οι τιμές «Γ» είναι οι «τιμές παρέμβασης» που προκύπτουν από οικοτοξικολογικές και ανθρώπινες τοξικολογικές εκτιμήσεις επικινδυνότητας. Αυτές οι τιμές, όπως αυτές του ΕΡΑ των Η.Π.Α., βασίστηκαν σε δεδομένα έκθεσης και αποτελούν τις συγκεντρώσεις πάνω από τις οποίες υπάρχει κίνδυνος σοβαρών επιδράσεων επί των λειτουργικών ιδιοτήτων του εδάφους. Οι Ολλανδικές τιμές «Α» και «Γ» για το Cd είναι 0,8 και 12 mg Cd kg<sup>-1</sup> αντιστοίχως, (Ministry of Housing, Physical Planning and Environment 1991; McGrath et.al. 1994).

Παρόλο ότι οι βιολογικές λάσπες αποτελούν μια πηγή N και P μακροθρεπτικών συστατικών για τα φυτά, η χρήση τους στη γεωργία οδηγεί σε σημαντική

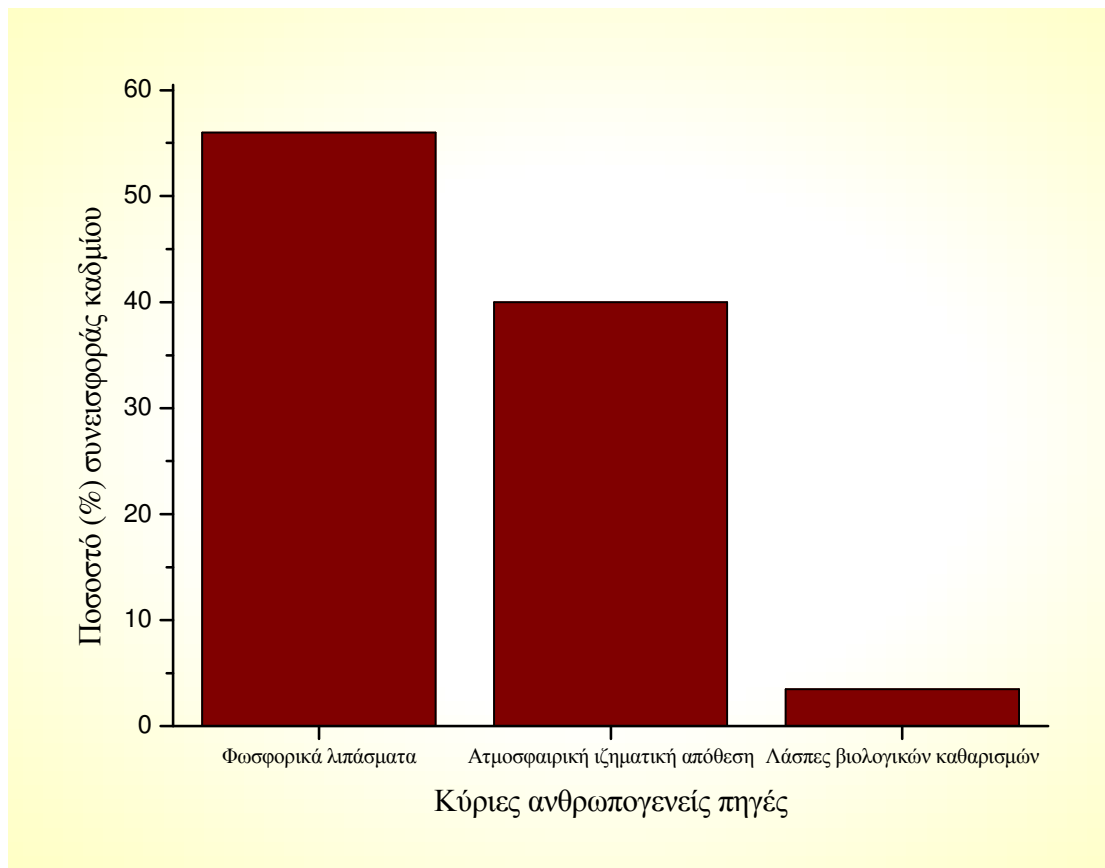
ρύπανση των εδαφών με Cd και άλλα ιχνοστοιχεία, τα οποία αναπόφευκτα θα οδηγήσουν στην αυξημένη προσρόφησή τους στις καλλιέργειες.

### **3.3.5 Άλλες πηγές καδμίου**

Οι άλλες βασικές πηγές Cd που μπορούν να προκαλέσουν μόλυνση των εδαφών είναι η εξόρυξη, η διαδικασία σπασίματος και επίπλευσης των μεταλλευμάτων και η καμίνευση θειούχων μεταλλευμάτων που περιέχουν κάδμιο και μπορούν να έχουν μέχρι και 5% περιεκτικότητα σε Cd. Η διασπορά των ξεχωριστών σωματιδίων από αυτές τις πηγές μπορεί να προκληθεί με τη βαρύτητα από φθαρμένες άκρες, από τον άνεμο και από το νερό μέσω της διάβρωσης και της ποτάμιας μεταφοράς υπολειμμάτων εξόρυξης από παλιά ορυχεία και ράμπες επεξεργασίας μεταλλευμάτων. Εδάφη που έχουν μολυνθεί σημαντικά από εξόρυξη και καμίνευση Pb – Zn έχουν βρεθεί να περιέχουν μέχρι και 750 mg Cd kg<sup>-1</sup> (Fergusson, 1990).

### **3.3.6 Εισροές καδμίου στα εδάφη**

Για τις δυτικές χώρες οι σχετικές συνεισφορές καδμίου από τις κύριες ανθρωπογενείς πηγές έχουν υπολογιστεί ότι είναι: φωσφορικά λιπάσματα 54 – 58%, ατμοσφαιρική ιζηματική απόθεση 39 – 41% και λάσπες βιολογικών καθαρισμών 2 – 5% (Yost and Miles, 1979; Tjell et.al., 1983). Αυτές οι πηγές αυξάνουν τη μέση ετήσια περιεκτικότητα σε Cd των γεωργικών εδαφών στη Δανία κατά 0,6% (Tjell et.al., 1983). Παρόλα αυτά, πολύ μεγαλύτερες εισροές συμβαίνουν σε θέσεις κοντά σε εργοστάσια μετάλλων που εκπέμπουν Cd ή όπου προστίθενται λάσπες βιολογικών καθαρισμών στη γη.



Εικόνα 3.1. Οι σχετικές συνεισφορές καδμίου από τις κύριες ανθρωπογενείς πηγές για τις δυτικές χώρες.

### 3.4 Η χημική συμπεριφορά του καδμίου στα εδάφη

#### 3.4.1 Διαφοροποίηση του καδμίου στο εδαφικό διάλυμα

Είναι σημαντικό να μπορούμε να αναγνωρίζουμε τις μορφές των μετάλλων στο έδαφος, ειδικά στο εδαφικό διάλυμα, προκειμένου να κατανοήσουμε πλήρως τη δυναμική των μετάλλων στα γεωργικά και φυσικά οικοσυστήματα. Η τοξική επίδραση ενός μετάλλου καθορίζεται περισσότερο από τη μορφή του από ότι από τη συγκέντρωσή του. Το ελεύθερο ιόν  $Cd^{2+}$  είναι πιο πιθανό να απορροφηθεί από τις επιφάνειες των εδαφικών στερεών από ότι άλλα είδη, όπως τα ουδέτερα ή ανιονικά είδη. Η βασική μορφή του Cd στο εδαφικό διάλυμα είναι  $Cd^{2+}$  αλλά το μέταλλο μπορεί επίσης να σχηματίσει τα ακόλουθα σύνθετα ιόντα:  $CdCl^+$ ,  $CdOH^+$ ,  $CdHCO_3^+$ ,  $CdCl_3^-$ ,  $CdCl_4^{2-}$ ,  $Cd(OH)_3^-$  και  $Cd(OH)_4^{2-}$  μαζί με οργανικές ενώσεις (Kabata Pendias and Pendias, 1992).

Οι συγκεντρώσεις ενός μετάλλου όπως το κάδμιο στο εδαφικό διάλυμα θα εξαρτάται μερικώς από τη συγκέντρωση των χημικών ενώσεων που συμμετέχει στο εδαφικό διάλυμα και τις σταθερές χημικής ισορροπίας των

ενώσεων αυτών. Υπάρχουν αρκετά διαθέσιμα μοντέλα για την πρόβλεψη των ειδών που είναι παρόντα σε υδάτινα συστήματα, όπως το GEOCHEM που αναπτύχθηκε από τους Mattigod και Sposito (Mattigod and Sposito, 1970) ειδικά για εδάφη. Αυτό το μοντέλο περιλαμβάνει μια βάση δεδομένων με τυπικές τιμές σταθερών χημικής ισορροπίας για μεμονωμένα ζεύγη μετάλλων – χημικών ενώσεων. Η εισαγωγή των παραμέτρων όπως το pH, ο οργανικός C και οι συγκεντρώσεις ανιόντων και κατιόντων, διευκολύνει μια πρόβλεψη των χημικών ενώσεων που θα δημιουργηθούν. Χρησιμοποιώντας αυτό το μοντέλο έχει προβλεφθεί ότι τα κύρια χημικά είδη του Cd σε οξειδωτικά εδαφικά διαλύματα είναι (σε φθίνουσα σειρά):  $Cd(II)$ ,  $CdSO_4(0)$  και  $CdCl^+_4$ , σε όξινα εδάφη  $Cd(II)$ ,  $CdCl^+$ ,  $CdSO_4(0)$  και  $CdHCO^+$  σε αλκαλικά εδάφη (Sposito and Page, 1984). Παρόλα αυτά, κάποιοι μελετητές έχουν βρεί ότι οι προβλέψεις του GEOCHEM για τα ελευθέρων ιόντων περιεχόμενα κάποιων μετάλλων σε εδαφικά διαλύματα δε βρίσκονταν σε συμφωνία με αυτές που είχαν καθοριστεί πειραματικά. Οι McGrath et.al. (1984, 1986) βρήκαν ότι τα ποσοστά Cu, Ni και Pb στα διαλύματα των εδαφών που είχαν προστεθεί λάσπες βιολογικών καθαρισμών, είχαν υπερεκτιμηθεί σε μεγάλη έκταση από το GEOCHEM. Μια νέα εκδοχή αυτού του μοντέλου που ονομάζεται SOILCHEM έχει αναπτυχθεί και πολλά από τα προβλήματα που είχαν προκύψει με το GEOCHEM έχουν ξεπεραστεί.

Τα κυρίαρχα διαλυτά είδη Cd σε εδάφη που έχουν μολυνθεί από πολλές διαφορετικές πηγές διαχωρίστηκαν σε κλάσματα από τους Tills and Alloway (1983) χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό ανταλλαγής ιόντων και χρωματογραφίας αντίστροφης φάσης. Ανακάλυψαν ότι το ελεύθερο ιόν  $Cd^{2+}$  κυριαρχούσε, με ουδέτερα είδη, όπως το  $CdSO_4$  και το  $CdCl_2$ , παρόντα σε αυξανόμενους αριθμούς όταν το pH ήταν μεγαλύτερο από 6,5. Η αναλογία του οργανικά δεσμευμένου Cd στα εδαφικά διαλύματα ήταν σχετικά χαμηλή. Ένα έδαφος το οποίο είχε δεχθεί μεγάλες ποσότητες λασπών βιολογικών καθαρισμών είχε μόνο 13,2% οργανικά δεσμευμένο Cd. Η μέθοδος μπορεί ίσως να υποτίμησε την αναλογία του οργανικά δεσμευμένου Cd, αλλά τα αποτελέσματα ήταν συγκρίσιμα με αυτά που προβλέφθηκαν, για τα εδάφη που είχαν δεχθεί λάσπες βιολογικών καθαρισμών, από τους Mahler et.al. (1978) χρησιμοποιώντας το μοντέλο GEOCHEM.

### 3.4.2 Η προσρόφηση του καδμίου στα εδάφη

Η δυναμική ισορροπία ανάμεσα στο Cd στο εδαφικό διάλυμα και σε αυτό που έχει απορροφηθεί από τη στερεή φάση του εδαφικού διαλύματος εξαρτάται από το pH, τη χημική φύση των μετάλλων, τη χημική σταθερότητα των ενώσεων του Cd, τη δύναμη του χημικού δεσμού που σχηματίζει με άλλες ομάδες και την ιονική ισχύ των διαλυμάτων και των ανταγωνιζόμενων ιόντων (Pickering, 1980; Gerritse and Van Driel, 1984). Η προσρόφηση οποιουδήποτε βαρέως μετάλλου στο έδαφος είναι σπάνια μια απλή σχέση ανάμεσα στον συντελεστή διαλυτότητάς του και των ιδιοτήτων του εδάφους, επειδή περισσότερα από ένα είδη από κάθε μέταλλο προκύπτουν συνήθως στο εδαφικό διάλυμα ως αποτέλεσμα του σχηματισμού των ανόργανων ή των οργανικών ενώσεων. Κάποιες πλευρές της χημικής συμπεριφοράς του Cd στα εδάφη μπορεί να ερμηνευθεί με την αρχή των ασταθών – σταθερών οξέων – βάσεων του Lewis (HSAB). Το κάδμιο είναι ένα ασταθές Lewis οξύ και κατά συνέπεια θα αντιδράσει και θα ενωθεί πιο εύκολα με ασταθείς Lewis βάσεις, όπως οι ομάδες χλωριδίων και υδροξυλίων.

Το κάδμιο τείνει να είναι πιο ευκίνητο στα εδάφη και κατά συνέπεια περισσότερο διαθέσιμο στα φυτά από πολλά άλλα βαρέα μέταλλα, συμπεριλαμβανομένων των Cu και Pb. Η επιλεκτικότητα διαφόρων προσροφητικών στοιχείων του εδάφους για το Cd ήταν χαμηλότερη από ότι για το Cu ή το Pb. Παρόλα αυτά, οι μηχανισμοί προσρόφησης εξακολουθούν να είναι πολύ σημαντικοί στη δυναμική του Cd στα εδάφη και η ακόλουθη σύντομη επισκόπηση σκοπεύει να καταδείξει τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την προσρόφηση.

Ένα από τα προβλήματα στην επίδραση του υλικού επί της προσρόφησης του Cd στα εδάφη είναι ότι έχουν χρησιμοποιηθεί σε κάποιες περιπτώσεις μη ρεαλιστικά υψηλές συγκεντρώσεις του μετάλλου και κατά συνέπεια τα ευρήματα δεν είναι δυνατόν να εξαχθούν συμπερασματικά στις συνθήκες πεδίου (Christensen, 1984). Ο Christensen (1984) υποστηρίζει ότι τα επίπεδα θα πρέπει να είναι  $<50 \mu\text{g Cd l}^{-1}$  (50 ppb) σε διάλυμα και  $<20 \text{mg}$  συνολικό Cd  $\text{kg}^{-1}$ , αλλά κάποιοι μελετητές έχουν χρησιμοποιήσει μέχρι και  $500 \text{mg Cd l}^{-1}$  σε διάλυμα (Street et.al. 1977). Οι διαδικασίες προσρόφησης και περισσότερο από την ιζηματοποίηση, φαίνονται να ελέγχουν την κατανομή του Cd ανάμεσα στις διαλυτές και τις δεσμευόμενες από το έδαφος μορφές στις συγκεντρώσεις

που συνήθως απαντώνται ακόμη και στην πλειοψηφία των ρυπασμένων εδαφών. Παρόλα αυτά, σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις Cd, ιζήματα φωσφορικών αλάτων Cd ή αλάτων ανθρακικού οξέως Cd θα μπορούσαν να αναμένονται ότι θα σχηματιστούν (Street et.al. 1977).

#### Ισόθερμες προσρόφησης

Σε πολλές περιπτώσεις έχει βρεθεί ότι η προσρόφηση του Cd από το έδαφος ταυτίζεται είτε με την ισόθερμη εξίσωση του Langmuir είτε με εκείνη του Freundlich (Levi – Minzi et.al. 1976; Cavallaro and McBride, 1978). Η επιλογή του μοντέλου δεν είναι πολύ σημαντική εφόσον το Cd βρίσκεται συνήθως αρκετά κάτω από τον κορεσμό όταν χρησιμοποιούνται ρεαλιστικές κλίμακες συγκέντρωσης (Tjell et.al. 1983). Οι Gerritse και Van Driel (Gerritse and Van Driel, 1984) βρήκαν τις ισόθερμες καμπύλες του Langmuir περισσότερο κατάλληλες για την προσρόφηση του Cd από 33 μολυσμένα εδάφη της Ολλανδίας, της Βρετανίας και της Γαλλίας. Η προσρόφηση του Cd και του Zn έδειξε μεγαλύτερη ευαισθησία στο pH από ότι αυτή του Cu και του Pb. Ανάμεσά τους, το 10 ως 50% των προσροφημένων Cd, Zn και Cu ήταν ανταλλάξιμα, σε σύγκριση με το 1 – 5% του προσροφημένου Pb.

Σε δύο ειδικές μελέτες επί της ειδικής προσρόφησης του Cd από μια ευρεία κλίμακα εδαφών, ανακαλύφθηκε ότι τα δεδομένα ταίριαζαν με την ισόθερμη εξίσωση προσρόφησης του Freundlich σε δύο ξεχωριστούς τομείς (Jarvis and Jones, 1980; Alloway et.al. 1985). Έτσι προτάθηκαν δύο τύποι θέσεων προσρόφησης: (α) χαμηλής χωρητικότητας, υψηλής έλξης θέσεις για διαλύματα χαμηλής συγκέντρωσης σε Cd και (β) χαμηλότερης έλξης αλλά μεγαλύτερης χωρητικότητας θέσεις σε διαλύματα υψηλότερων συγκεντρώσεων σε Cd. Αυτός ο τύπος της καμπύλης των δύο τμημάτων έχει επίσης βρεθεί και από άλλους μελετητές για Zn, Ni, Cu και Pb. Η προσρόφηση του Cd είναι συνήθως ραγδαία με το περισσότερο από το 90% να συμβαίνει τα πρώτα 10 λεπτά (Christensen, 1984).

#### Επιδράσεις του pH

Ο Christensen (1984) έδειξε ότι η προσρόφηση του καδμίου από αμμώδη και αργιλώδη εδάφη αυξανόταν επί 3 για κάθε αύξηση μονάδας του pH μεταξύ pH 4 και 7,7. Οι Farrah and Pickering (1977) έδειξαν ότι η προσρόφηση του καδμίου αυξανόταν χαρακτηριστικά στην περίπτωση που το pH ήταν μέχρι και



8. Οι Naidu et.al. (1994) βρήκαν ότι η προσρόφηση του καδμίου από δύο Αυστραλιανά Oxisol εδάφη αυξανόταν με αυξανόμενο pH ως αποτέλεσμα της αύξησης του επιφανειακού αρνητικού φορτίου. Αυξήσεις στην ιοντική ισχύ προκάλεσαν μείωση στην προσρόφηση του καδμίου. Τα αποτελέσματά τους υπέδειξαν ότι ανάλογα με το pH και το (PZC) Point Zero Charge, υπήρχαν ενδείξεις τόσο για ειδική όσο και για μη ειδική προσρόφηση του καδμίου. Οι Garcia – Miragaya and Page (1978) αναφέρουν ότι μεταξύ pH 6 και 7, εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα είτε σε οργανική ουσία είτε σε ένυδρα οξειδία του σιδήρου απορροφούσαν περισσότερο κάδμιο από αυτά με μεγάλες ποσότητες αργίλου τύπου 2:1, παρότι τα τελευταία είχαν υψηλότερες ΙΑΚ. Ο Pickering (Pickering, 1980) ανακάλυψε ότι το ορυκτό υδρογονούχου οξειδίου του σιδήρου απομάκρυνε όλο το κάδμιο από το διάλυμα σε περίπου τρεις μονάδες pH κάτω από τη θεωρητική τιμή  $pK_i$ . Με αυξανόμενο pH οι συγκεντρώσεις καδμίου στο διάλυμα μειώνονταν λόγω των αυξήσεων σε: (α) υδρόλυση, (β) πυκνότητα προσρόφησης και (γ) αρνητικά φορτία εξαρτώμενα από το pH. Χρησιμοποιώντας πολλαπλή παλινδρόμηση οι Alloway et.al. (1985) κατέδειξαν ότι το pH είναι ένας από τους καθοριστικούς παράγοντες, μαζί με τις περιεκτικότητες σε οργανική ουσία και ένυδρα οξειδία σιδήρου – μαγγανίου που ρυθμίζουν την ειδική προσρόφηση του καδμίου από 22 διαφορετικά εδάφη. Η ποσότητα του καδμίου που προσροφάται από ένυδρα οξειδία του Mn έχει βρεθεί να αυξάνεται σχεδόν γραμμικά με το pH ως ένα μέγιστο, ενώ αυτή η διαδικασία προσρόφησης, η εξαρτώμενη από το pH, είναι κατά μεγάλο μέρος αναστρέψιμη (Pickering, 1980).

#### Επιδράσεις από τον ανταγωνισμό με άλλα μεταλλικά ιόντα

Ο ανταγωνισμός με άλλα μεταλλικά ιόντα, όπως Ca, Co, Cr, Cu, Ni και Pb μπορεί να ανασχέσει την προσρόφηση του καδμίου. Ο Christensen (Christensen, 1984) βρήκε ότι αυξάνοντας τη συγκέντρωση Ca του διαλύματος κατά ένα παράγοντα του  $10$  ( $10^{-3}$  έως  $10^{-2}$  M) μείωνε την ικανότητα προσρόφησης ενός αμμώδους, αργιλώδους εδάφους κατά 67%. Οι Cowan et.al. (1991) παρατήρησαν μια ισχυρή ανταγωνιστική επίδραση ανάμεσα στο Cd και στο Ca για προσρόφηση σε ένυδρα οξειδία του σιδήρου (Fe) και θεώρησαν ότι αυτό συμβαίνει μέσω της επενέργειας της μάζας σε αμοιβαία προσβάσιμες θέσεις. Παρομοίως, οι Naidu et.al. (1994) βρήκαν ότι το Ca ανταγωνιζόταν με το Cd για την προσρόφηση σε Oxisol εδάφη. Ο Christensen (1987) βρήκε ότι ο Zn έχει τη μεγαλύτερη ανασχετική επίδραση

στην προσρόφηση του Cd κι αυτό θα μπορούσε να ερμηνευθεί από ένα ανταγωνιστικό μοντέλο Langmuir. Παρότι η προσρόφηση του Cd μειώθηκε, το σχήμα των ισοθερμικών προσρόφησης ήταν το ίδιο (Christensen, 1987).

#### Η προσρόφηση σε ασβεστίτη

Οι Alloway et.al. (1988) κατέληξαν στο ότι τα εδάφη που περιέχουν ελεύθερο  $\text{CaCO}_3$  μπορούν να απορροφούν Cd και να μειώνουν τη βιοδιαθεσιμότητά του. Η προσρόφηση του Cd στον ασβεστίτη έχει ερευνηθεί λεπτομερώς από τους McBride (1980), Papadopoulos and Rowell (1988). Βρέθηκε ότι ο ασβεστίτης είχε μεγάλη συνάφεια / έλξη για το Cd και έδινε μια γραμμική ισοθερμική εξίσωση σε χαμηλές συγκεντρώσεις Cd ( $<1 \mu\text{mol g}^{-1}$ ). Ωστόσο, με υψηλές συγκεντρώσεις Cd κυριαρχούσε η ιζηματοποίηση του  $\text{CdCO}_3$ . Η συγκράτηση του Cd σε χαμηλές συγκεντρώσεις με χημικούς δεσμούς, θεωρούταν ότι περιλαμβάνει την αντικατάσταση του Ca από το Cd στους επιφανειακούς κρυστάλλους του ασβεστίτη (Papadopoulos and Rowell, 1988).

#### Επιπτώσεις των οργανικά συνδεδεμένων μορίων

Η ένωση του Cd με ορισμένα οργανικά συνδεδεμένα μόρια στο εδαφικό διάλυμα μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στις απορροφώμενες ποσότητες. Οι Farrah and Pickering (1977) βρήκαν ότι το EDTA απέτρεπε την προσρόφηση του Cd όταν το pH ήταν 3 - 11. Η περίσσεια του αμινοξέος γλυκίνη προκάλεσε τη μετατόπιση της ιζηματοποίησης σε περιοχές υψηλότερου pH, αλλά το τρυγικό οξύ δεν είχε καμία επίδραση στην προσρόφηση. Προέκυψε το συμπέρασμα ότι τα αργιλώδη εδάφη δεν προσροφούν ανιονικές μεταλλικές ενώσεις σε κάποια σημαντική έκταση και ότι η προσρόφηση των κατιονικών ειδών μπορεί να μειωθεί σημαντικά μέσω του ανταγωνισμού από συνδεδεμένα μόρια με πρόσθετα πρωτόνια. Οι Elliot and Denneny (1982) βρήκαν επίσης ότι το EDTA προκαλούσε ανάσχεση της προσρόφησης του Cd από τα εδάφη μέσω του σχηματισμού μη προσροφητικών ενώσεων, αλλά ο εστέρας οξαλικού οξέως και το άλας οξικού οξέως δεν είχαν καμία επίδραση. Όλες οι ισόθερμες εξισώσεις προσρόφησης έδειξαν μια τυπική εξάρτηση από το pH με ένα μέγιστο σε pH περίπου 7. Με την αυξανόμενη οξειδωση του διαλύματος, λιγότερο μέταλλο ενωνόταν με τα συνδεδεμένα μόρια επειδή το  $\text{H}^+$  δεσμευόταν κατά προτίμηση σε συνθήκες χαμηλού pH. Παρότι το Cd σχηματίζει ανιονικές ενώσεις με τα οργανικά οξέα

και το φουλβικό οξύ (Duffy et.al. 1988), αυτές είναι λιγότερο σταθερές από αυτές που σχηματίζονται με Cu και Pb (Tjell et.al. 1983; Livens, 1991).

Οι ισοθερμικές εξισώσεις προσρόφησης του Cd σχήματος S των Neal and Sposito (1986) για εδάφη που είχαν δεχθεί λάσπες βιολογικών καθαρισμών, υποδεικνύουν ότι τα συνδεδεμένα μόρια στο υδαρές διάλυμα είχαν ισχυρότερη έλξη / συνάφεια για χαμηλές συγκεντρώσεις Cd από ότι τα επιφανειακά φορτία επί του εδάφους. Ωστόσο, μετά την απόπλυση των εδαφών για την αφαίρεση των διαλυτών συνδεδεμένων μορίων, οι ισόθερμες προσρόφησης είχαν την πιο συνηθισμένη καμπύλη σχήματος L. Τα οργανικά συνδεδεμένα μόρια όχι μόνο ενισχύουν τις διαλυτότητες των ιχνοστοιχείων και των μετάλλων, αλλά επίσης μειώνουν τις τοξικές τους επιπτώσεις στα φυτά επειδή το ελεύθερο ένυδρο ιόν φαίνεται να είναι πιο τοξικό από ότι οι πολύ σταθερές ανόργανες ενώσεις όπως το  $CdCl^-$  και οργανικές ενώσεις (Sposito, 1983). Οι Baham et.al. (1978) βρήκαν ότι το κάδμιο σε διαλύματα φουλβικών οξέων που είχαν εξαχθεί από λάσπες βιολογικών καθαρισμών ήταν μόνο ασθενώς δεσμευμένα (λιγότερο δεσμευμένα από ότι ο Zn και το Ni) αλλά διαφοροποιήσεις θα μπορούσαν να προκύψουν σε διαφορετικά φουλβικά οξέα, προερχόμενα από άλλες λάσπες βιολογικών καθαρισμών. Ο Stevenson (1976) καθόρισε τις σταθερές χημικής ισορροπίας των ενώσεων του καδμίου με οργανικά οξέα που δημιουργούνται κατά την αποσύνθεση φυτών χρησιμοποιώντας ποτενσιομετρικές στοιχειομετρικές αναλύσεις. Το κάδμιο ήταν περισσότερο ασθενώς δεσμευμένο από το Pb και το Cu ειδικά σε χαμηλότερα pH. Προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι ομάδες των καρβοξυλίων και των φαινοξυλίων ήταν αναμεμειγμένες στην ένωση όλων των μετάλλων.

#### Επιδράσεις σε χλωριούχα ιόντα

Το κάδμιο σχηματίζει πολύ σταθερές διαλυτές ενώσεις με συνδεδεμένα μόρια  $Cl^-$  και αρκετοί συγγραφείς έχουν αναφέρει μια μείωση στην προσρόφηση / αύξηση στην κινητοποίηση σε εδάφη με υψηλές συγκεντρώσεις υδατοδιαλυτών ιόντων  $Cl^-$  όπως στα αλατούχα εδάφη, στην άρδευση με αλατούχο / αλμυρό νερό και στη μόλυνση από προϊόντα διήθησης από χωματερές. Οι Evans et.al. (1991) βρήκαν ότι η μείωση στην προσρόφηση μετάλλου εν τη παρουσία του  $Cl^-$  ήταν:  $Zn < Pb < Cd < Hg$  και αυτό ήταν άμεσα σχετιζόμενο με την ικανότητα των μετάλλων να σχηματίζουν ενώσεις με το  $Cl^-$ . Στη Νότια Αυστραλία, οι McLaughlin et.al. (1994) βρήκαν ότι η

απορρόφηση του καδμίου από πατάτες ήταν υψηλότερη όπου χρησιμοποιούνταν αλατούχα / αλμυρά νερά άρδευσης. Αυτοί ανακάλυψαν ότι οι συγκεντρώσεις καδμίου στους κονδύλους της πατάτας σε αυτή την περιοχή ήταν θετικά συσχετιζόμενες με το εκ του νερού εξαγωγίμο  $Cl^-$  στο έδαφος.

### **3.5 Σχέσεις εδάφους – φυτών**

Οι χημικές διεργασίες του εδάφους που επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα του καδμίου για απορρόφηση από τα φυτά είναι ιδιαίτερα σημαντικές στις θεωρήσεις της επίπτωσης της ρύπανσης του εδάφους στην ανθρώπινη υγεία. Παρότι η τοξικότητα του καδμίου μπορεί να συμβεί σε φυτά σε βαριά μολυσμένα εδάφη, η συσσώρευσή του στις καλλιέργειες σε υποτοξικά επίπεδα αποτελεί μεγαλύτερο λόγο για ανησυχία εξαιτίας της επικινδυνότητας της αυξημένης διατροφικής έκθεσης των καταναλωτών. Ακόμη και ελαφρώς αυξημένες συγκεντρώσεις στις τροφές μπορούν να έχουν σημαντική επίπτωση μακροπρόθεσμα.

Οι Mitchell et.al. (1978) βρήκαν ότι η σειρά της τοξικότητας σε φυτά σιταριού και μαρουλιών σε όξινα εδάφη είναι  $Cd > Ni > Zn$ . Οι Chaney and Giordano (1977) τονίζουν ότι δεν είναι δυνατόν να βασιστεί κανείς στην αναγνώριση των αρχικών ορατών συμπτωμάτων της τοξικότητας του καδμίου ως προειδοποίηση όταν οι εδωδιμες καλλιέργειες έχουν συσσωρεύσει υπερβολικές ποσότητες μετάλλων, όπως το  $Cd$ , που μπορούν να είναι επικίνδυνες για την υγεία. Σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις καδμίου μπορούν να συσσωρευτούν σε βρώσιμα μέρη χωρίς το φυτό να παρουσιάζει συμπτώματα στρες. Η οξεία τοξικότητα του  $Cd$  προκαλεί συμπτώματα όπως η χλωρραιμία / κιτρίνισμα των φύλλων, μαρασμός και ελλιπή ανάπτυξη, αλλά απαντάται σπάνια. Πολλές περιπτώσεις τοξικότητας σε βαριά μολυσμένα εδάφη από μέταλλα οφείλονται σε περίσσειες άλλων στοιχείων που είναι παρόντα σε πολύ υψηλότερες συγκεντρώσεις.

Η ποσότητα του  $Cd$  που απορροφάται από τα φυτά εξαρτάται από ένα συνδυασμό παραγόντων του εδάφους και του φυτού, οι οποίοι συζητούνται παρακάτω.

### **3.5.1 Παράγοντες του εδάφους που επηρεάζουν την πρόσληψη του καδμίου από τα φυτά**

#### Η περιεκτικότητα του εδάφους σε κάδμιο

Παρότι διάφορες παράμετροι του εδάφους μπορούν να επηρεάσουν τη διαθεσιμότητα του Cd, η συνολική ποσότητα του στοιχείου που βρίσκεται στο έδαφος είναι ένας από τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζει τις περιεκτικότητες σε Cd των φυτών. Οι Kabata Pendias and Pendias (1992) παραθέτουν δεδομένα τα οποία δείχνουν ότι το Cd σε μίσχους πατάτας και σε κόκκους κριθαριού έχουν εμφανή σχέση με το Cd στο έδαφος, ενώ τα φύλλα του σπανακιού παρουσίασαν μια κανονική λογαριθμική σχέση με το Cd του εδάφους. Ο Alloway (1986) βρήκε ότι το συνολικό Cd είναι στενά συσχετιζόμενο με τις περιεκτικότητες σε Cd των βρώσιμων μερών λάχανου, καρότου, μαρουλιού και στα ραπανάκια που είχαν καλλιεργηθεί σε 50 διαφορετικά εδάφη μολυσμένα από διάφορες πηγές. Οι Chumbley and Unwin (1982) επεσήμαναν πολύ σημαντικούς συσχετισμούς ανάμεσα στη συνολική περιεκτικότητα σε Cd των εδαφών που έχουν δεχθεί λάσπες βιολογικών καθαρισμών και των περιεκτικότητων σε Cd των μαρουλιών και των λάχανων. Οι Lund et.al. (1981) επίσης, αναφέρουν σημαντικούς συσχετισμούς μεταξύ του Cd στο έδαφος και των συγκεντρώσεων Cd στα φύλλα διαφόρων καλλιεργειών. Οι Hornberg and Brummer (1986) βρήκαν ότι οι περιεκτικότητες σε Cd των κόκκων σιταριού σχετίζονταν γραμμικά με τη συνολική περιεκτικότητα σε Cd του εδάφους.

Η προέλευση του Cd στο έδαφος μπορεί επίσης να επηρεάσει τη βιοδιαθεσιμότητά του. Οι Alloway et.al. (1985) βρήκαν ότι το Cd σε εδάφη μολυσμένα από ανόργανες ουσίες, όπως κατά την εξόρυξη μετάλλων και την καμίνευση, παρουσίαζε την τάση να συσσωρεύεται πιο εύκολα στα βρώσιμα μέρη των λαχανικών από ότι στα εδάφη που είχαν δεχθεί λάσπες βιολογικών καθαρισμών. Ωστόσο, οι χαμηλότερες αναλογίες συσσώρευσης (Cd στις σοδειές / Cd στο έδαφος) όλων είχαν βρεθεί σε καλλιέργειες που είχαν αναπτυχθεί σε ασβεστολιθικά, μολυσμένα από την εξόρυξη εδάφη (Alloway et.al. 1988). Οι λάσπες βιολογικών καθαρισμών αποτελούν την πιο κοινή πηγή σχετικά υψηλών συγκεντρώσεων Cd στα εδάφη. Η οργανική ουσία που περιέχεται στις λάσπες βιολογικών καθαρισμών αυξάνει την ικανότητα προσρόφησης μετάλλων του εδάφους που τις έχει δεχθεί.

Αρκετοί μελετητές έχουν αναφέρει ότι οι καλλιέργειες που έχουν αναπτυχθεί σε εδάφη που έχουν εμπλουτιστεί με άλατα Cd προσλαμβάνουν περισσότερο κάδμιο από εκείνες που έχουν καλλιεργηθεί σε εδάφη που περιέχουν την αντίστοιχη ποσότητα Cd από λάσπες βιολογικών καθαρισμών. Οι Korcak and Fanning (1985) έδειξαν ότι η πρόσληψη στο καλαμπόκι ήταν 5 έως 18 φορές μεγαλύτερη σε εδάφη που είχαν εμπλουτιστεί με  $CdSO_4$  σε σύγκριση με αντίστοιχες ποσότητες καδμίου σε εδάφη που εφαρμόστηκαν λάσπες βιολογικών καθαρισμών. Πειράματα από τους Mahler et.al. (1978) σε εδάφη που είχαν εμπλουτιστεί με  $CdSO_4$  και είχαν δεχθεί λάσπες βιολογικών καθαρισμών και σε εδάφη χωρίς προσθήκη λάσπης βιολογικών καθαρισμών, έδειξαν ότι το Cd ήταν λιγότερο διαθέσιμο από τα εμπλουτισμένα εδάφη με λάσπες βιολογικών καθαρισμών. Η προσθήκη ασβεστίου στα εδάφη οδήγησε σε μειωμένη πρόσληψη Cd κι αυτή η επίδραση ήταν μεγαλύτερη στα εδάφη που είχαν δεχθεί λάσπες βιολογικών καθαρισμών. Ο Alloway (1986) βρήκε ότι το Cd ήταν περισσότερο διαθέσιμο σε εδάφη που είχαν εμπλουτιστεί με μεταλλικά άλατα σε σχέση με δείγματα εδάφους που είχαν συλλεχθεί από μολυσμένες θέσεις εκτάσεων, παρότι αυτά είχαν αφεθεί να ισορροπήσουν για πολλούς μήνες μετά την αποκατάσταση.

Οι Bingham et.al. (1983) βρήκαν ότι η δραστηριότητα του  $Cd^{2+}$  στα εδαφικά διαλύματα συσχετιζόταν καλύτερα με την φυτική πρόσληψη από το ελβετικό παντζάρι από ότι το συνολικό διαλυτό Cd ή οι συγκεντρώσεις ελεύθερων ιόντων και ζευγών ιόντων. Διαπίστωσαν ότι το μοντέλο GEOCHEM αποτελούσε τον καλύτερο τρόπο υπολογισμού των κύριων διαλυτών ειδών Cd.

#### Το pH του εδάφους

Το pH του εδάφους είναι ο κύριος παράγοντας που καθορίζει τη διαθεσιμότητα του καδμίου στο έδαφος, επειδή επηρεάζει όλους τους μηχανισμούς προσρόφησης και τη διαφοροποίηση σε νέο είδος των μετάλλων στο εδαφικό διάλυμα. Η πρόσληψη καδμίου είναι αντιστρόφως ανάλογα συνδεδεμένη με το pH του εδάφους. Οι Page et.al. (1981) ανέφεραν ότι η περιεκτικότητα σε κάδμιο των φύλλων του ελβετικού παντζαριού αυξήθηκε κατά 2 ως 3,9 φορές όταν το pH του εδάφους μειώθηκε από 7,4 σε 4,5. Η πρόσληψη του καδμίου από το ρύζι μειώθηκε όταν το pH αυξήθηκε από 5,5 σε 7,5 και το σιτάρι επέδειξε μια ανάλογη αντίδραση (Bingham et.al. 1986). Οι Jackson and Alloway (1992) ανέφεραν ότι η προσθήκη ασβεστίου για την αύξηση του pH

μιας ευρείας ποικιλίας εδαφών που είχαν δεχθεί λάσπες βιολογικών καθαρισμών, σε pH 7,0 είχε ως συνέπεια τη μείωση των συγκεντρώσεων του καδμίου στα λάχανα κατά ένα μέσο όρο ύψους 43% και οι περιεκτικότητες σε Cd των μαρουλιών κατά 41%. Μολαταύτα, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μειώσεις στις συγκεντρώσεις καδμίου στους κόνδυλους πατάτας.

Οι Andersson and Nilsson (1974) βρήκαν ότι η προσθήκη CaO στα εδάφη μείωνε την πρόσληψη καδμίου από ελαιοκράμβη ζωτροφής εξαιτίας τόσο της αύξησης του pH όσο και του ανταγωνισμού ανάμεσα στα ιόντα  $\text{Ca}^{2+}$  και  $\text{Cd}^{2+}$ . Με αυξανόμενη οξύτητα, η αυξημένη δραστηριότητα του  $\text{Cd}^{2+}$  οφείλεται εν μέρει στη διάλυση των ένυδρων οξειδίων και των επίσης ιζηματοποιημένων μετάλλων τους και στη μειωμένη προσρόφηση στα κολλοειδή εξαιτίας ενός αρνητικού φορτίου εξαρτώμενου από το μειωμένο pH. Μια εξαίρεση στη σχέση μεταξύ pH και πρόσληψης αναφέρθηκε από τους Pepper et.al. (1983) που δεν παρατήρησαν μείωση στην περιεκτικότητα σε Cd του καλαμποκιού μετά από την προσθήκη ασβεστίου σε έδαφος που είχε δεχθεί αναερόβια χωνεμένες λάσπες βιολογικών καθαρισμών, με pH 6,5.

Οι Alloway et.al. (1989) βρήκαν ότι το pH (μετρημένο σε M  $\text{CaCl}_2$ ) αποτελούσε το δεύτερο σημαντικότερο παράγοντα επιρροής (μετά από το συνολικό Cd) στις πολλαπλές εξισώσεις παλινδρόμησης που προκύπτουν για την περιγραφή της συσσώρευσης του Cd από 4 καλλιέργειες σε 50 διαφορετικά μολυσμένα και ελεγχόμενα εδάφη. Οι υψηλότερες αναλογίες συσσώρευσης Cd έτειναν να παρουσιάζονται σε φυτά καλλιεργημένα σε όξινα εδάφη (Alloway et.al. 1988).

#### Η απορροφητική ικανότητα των εδαφών

Διάφοροι μελετητές έχουν διαπιστώσει ότι η περιεκτικότητα σε Cd των φυτών είναι αντιστρόφως ανάλογη με την ΙΑΚ των εδαφών στα οποία είχαν καλλιεργηθεί (John et.al. 1972; Miller et.al. 1976; Hinesly et.al. 1982). Οι Alloway et.al. (1985) βρήκαν μια αντίστροφη σχέση μεταξύ των συντελεστών διανομής ( $K_d$ ) για το Cd που καθοριζόταν από τις ισόθερμες που προέκυπταν από πειράματα ειδικής προσρόφησης και την περιεκτικότητα σε Cd των λάχανων σε διάφορα εδάφη. Η οργανική ουσία συνεισφέρει κατά ένα μέρος στην ΙΑΚ του εδάφους αλλά επίσης απορροφά βαρέα μέταλλα με το σχηματισμό ενώσεων. Οι Hinesly et.al. (1982) ανέφεραν ότι η πρόσληψη Cd

από το καλαμπόκι σχετιζόταν αντίστροφα με την ΙΑΚ των εδαφών που είχαν εμπλουτιστεί με  $CdCl_2$  αλλά δεν σχετιζόταν με την ΙΑΚ σε εδάφη που είχαν δεχθεί λάσπες βιολογικών καθαρισμών που περιείχαν Cd. Οι Mahler et.al. (1978) δε βρήκαν κάποια σταθερή σχέση ανάμεσα στην ΙΑΚ του εδάφους και στην περιεκτικότητα σε Cd τόσο των μαρουλιών όσο και των φύλλων των ελβετικών παντζαριών. Παρομοίως, οι Alloway and Jackson (1991) δε βρήκαν να αποτελεί η ΙΑΚ μια σημαντική μεταβλητή σε μοντέλα που προέκυπταν για την πρόσληψη του Cd από τέσσερις καλλιέργειες σε μια ποικιλία εδαφών.

Η σχέση μεταξύ ΙΑΚ και πρόσληψης από το φυτό παραμένει ασαφής επειδή η ανταλλαγή κατιόντων αποτελεί μόνο έναν από τους διάφορους μηχανισμούς προσρόφησης που επηρεάζουν τη διαλυτότητα του Cd στα εδάφη. Παρότι τα ένυδρα οξειδία δεν συνεισφέρουν πολλά στην ΙΑΚ του εδάφους, ειδικά κάτω από pH 8, απορροφούν τεράστιες ποσότητες Cd. Θα μπορούσε λοιπόν να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η ΙΑΚ από μόνη της δεν αποτελεί την πιο κατάλληλη παράμετρο για την υπόδειξη της ικανότητας ενός εδάφους να προσροφά μέταλλα σαν το κάδμιο.

#### Συνθήκες οξειδοαναγωγής

Το ρύζι είναι η μοναδική καλλιέργεια, η οποία μπορεί να αναπτυχθεί τόσο υπό αναγωγικές συνθήκες σε πλημμυρισμένους ορυζώνες όσο και υπό οξειδωτικές συνθήκες όταν οι ορυζώνες αποστραγγίζονται και αφήνονται να στεγνώσουν. Κάποιες ποικιλίες ρυζιού καλλιεργούνται επίσης σαν καλλιέργειες πεδίου χωρίς πλημμύρα (ορεινό ρύζι). Έχει διαπιστωθεί ότι το ρύζι που καλλιεργείται υπό συνθήκες πλημμύρας συσσωρεύει πολύ λιγότερο Cd και παρουσιάζει πολύ χαμηλότερες απώλειες απόδοσης από ότι όταν καλλιεργείται σε οξειδωτικές οξειδωσης (Bingham et.al. 1976). Αυτό οφείλεται στο σχηματισμό στερεάς μορφής CdS. Στην κοιλάδα Jintsu στην Ιαπωνία όπου η ασθένεια "itai- itai" αναφέρθηκε για πρώτη φορά στη δεκαετία του 1950, η περιεκτικότητα σε Cd του ρυζιού των ορυζώνων βρέθηκε να συσχετίζεται με τον αριθμό των ημερών που οι ορυζώνες αποξηραίνονταν και αερίζονταν πριν από τη συγκομιδή (Page et.al. 1981) (παράγραφος 3.6).

Παρότι πολλά άλλα είδη καλλιεργειών δε μπορούν να αντέξουν παρατεταμένες συνθήκες μείωσης / προσθήκης ηλεκτρονίων (οξειδοαναγωγικά φαινόμενα), πολλά είδη μπορούν να επηρεαστούν από τις έμμεσες επιπτώσεις της



προσθήκης ηλεκτρονίων. Τα περισσότερα καλλιεργημένα εδάφη είναι πηλώδη που έχουν συνθήκες οξυγόνωσης στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους για μεγάλο τμήμα του έτους ως συνέπεια της αποστράγγισης των χωραφιών και των καλλιεργειών. Το κάδμιο μπορεί να είναι περισσότερο διαθέσιμο σε αυτά τα εδάφη από ότι σε μη πηλώδη εξαιτίας των χαμηλότερων δυνατοτήτων προσρόφησης του Cd που προκαλούνται από χαμηλότερες περιεκτικότητες οξειδίων του Fe και του Mn. Αυτό παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.6. Λαχανικά που καλλιεργήθηκαν σε γλάστρες με αργιλώδες έδαφος και με αμμοαργιλώδες έδαφος από δοκιμές πεδίου με πανομοιότυπες προσθήκες λασπών βιολογικών καθαρισμών έδειξαν μεγαλύτερη πρόσληψη Cd στο αργιλώδες έδαφος. Αυτό το αργιλώδες έδαφος είχε μικρότερες περιεκτικότητες σε ένυδρα οξείδια του Fe και του Mn και χαμηλότερη τιμή  $K_d$  (συντελεστής διανομής) για το Cd από ότι το αμμοαργιλώδες έδαφος (Alloway et.al. 1985).

#### Επιδράσεις άλλων στοιχείων στο έδαφος

Αυξημένη περιεκτικότητα Cu, Ni, Se, Mn και P μπορεί να μειώσει την πρόσληψη Cd από τα φυτά (Page et.al. 1981). Η κατάσταση με τον Zn είναι λιγότερο σαφής και φαίνεται να εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε Cd του εδάφους. Ο ψευδάργυρος έχει βρεθεί ότι διαθέτει μια ανταγωνιστική επίδραση στην πρόσληψη Cd σε εδάφη με χαμηλές περιεκτικότητες σε Cd και είτε μια συνεργική είτε μηδενική επίδραση με σχετικά υψηλές περιεκτικότητες σε Cd (Page et.al. 1981). Οι Smilde et.al. (1992) παρατήρησαν τις ανταγωνιστικές επιδράσεις του προστιθέμενου στο έδαφος Zn στην πρόσληψη Cd από τα φυτά για πάνω από πέντε διαδοχικές χρονιές δοκιμών σε γλάστρες με μαρούλι, σπανάκι, ανοιξιάτικο σιτάρι, αντίδι και καλαμπόκι σε αμμώδες και σε αργιλώδες έδαφος. Το Cd είχε επίσης μια ανταγωνιστική επίδραση στην πρόσληψη Zn αλλά όχι τόσο καθοριστική ενώ στο αργιλώδες έδαφος υπήρχαν ενδείξεις για μια συνεργική επίδραση όπου η πρόσληψη Zn αυξανόταν με τη χρήση Cd. Οι Oliver et.al. (1994) αναφέρουν ότι οι εφαρμογές χαμηλών αναλογιών Zn ( $5 \text{ kg ha}^{-1}$ ) προκαλούν αισθητά τη μείωση των συγκεντρώσεων Cd στους κόκκους σιταριού σε περιοχές οριακής έως σοβαρής έλλειψης Zn στη Νότια Αυστραλία. Προτείνουν ότι αυτή η επίδραση θα μπορούσε κατά ένα μέρος να οφείλεται στην αποκατάσταση της βλάβης στους ριζικούς ιστούς που προκλήθηκε από την έλλειψη Zn καθώς επίσης και στον ανταγωνισμό ανάμεσα στο Cd και τον Zn για απορρόφηση. Ο σίδηρος θεωρείται πως έχει μια συνεργική επίδραση στην πρόσληψη Cd εξαιτίας του ότι απορροφάται πιο

εύκολα, αφήνοντας έτσι περισσότερο Cd στο διάλυμα .Η μεταφορά του Cd στους βλαστούς του φυτού μπορεί επίσης να αποτραπεί από σχετικές περίσσειες άλλων στοιχείων (Chaney and Giordano, 1977). Ο De Villarroel et.al. (1993) έδειξαν ότι η εφαρμογή λιπασμάτων N σε ελβετικό παντζάρι που αναπτύσσεται σε έδαφος που έχει δεχθεί λάσπες βιολογικών καθαρισμών παρουσίασε αύξηση της πρόσληψης Cd. Με την αυξημένη απόδοση η πρόσληψη του Cd αυξήθηκε κατά 50% αλλά αυτή του Zn παρέμεινε αμετάβλητη. Η αυξημένη ανάπτυξη των ριζών που προέκυψε από την λίπανση με N φαίνεται να έχει διευκολύνει τη συγκράτηση του καδμίου από το ριζικό σύστημα.

#### Γονότυπος του φυτού

Τα είδη των φυτών και οι ποικιλίες (καλλιεργήσιμα είδη) διαφέρουν κατά πολύ στην ικανότητά τους να απορροφούν, να συσσωρεύουν και να αντέχουν βαρέα μέταλλα. Οι Davis and Calton – Smith (1980) έδειξαν ότι το μαρούλι, το σπανάκι, το σέλινο και το λάχανο έτειναν να συσσωρεύουν σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις καδμίου, ενώ οι κόνδυλοι της πατάτας, το καλαμπόκι, τα γαλλικά φασόλια και τα μπιζέλια συσώρευαν μόνο μικρές ποσότητες καδμίου. Πολλοί ερευνητές έχουν βρει ότι το μαρούλι είναι ο μεγαλύτερος συσσωρευτής καδμίου ανάμεσα στις καλλιέργειες .Τα φύλλα της ντομάτας βρέθηκαν να συσσωρεύουν 70 φορές περισσότερο κάδμιο από τα φύλλα του καρότου από το ίδιο διάλυμα καλλιέργειας (Turner, 1977). Οι Bingham et.al. (1975) έδωσαν την ακόλουθη σειρά φθίνουσας ευαισθησίας στην τοξικότητα του καδμίου, βασισμένη στη συγκέντρωση του καδμίου στο έδαφος, που προκαλούσε μια μείωση 25% στην απόδοση: σπανάκι > σόγια > κατσαρό κάρδαμο > μαρούλι > καλαμπόκι > καρότο > γογγύλι > φασόλι του αγρού > σιτάρι > ραδίκι > τομάτα > κολοκύθι > λάχανο > ελβετικό παντζάρι > ορεινό ρύζι. Ωστόσο, αυτή η σειρά ισχύει μόνο για καλλιεργήσιμο είδος από κάθε λαχανικό. Τα καλλιεργήσιμα είδη ενός λαχανικού μπορούν να διαφέρουν κατά πολύ στην αντοχή τους σε ίχνοστοιχεία. Στη Νότια Αυστραλία, οι McLaughlin et.al. (1994) συνέκριναν την πρόσληψη καδμίου από 14 συνήθως καλλιεργούμενα είδη πατάτας σε 12 τοποθεσίες και ανακάλυψαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των καλλιεργήσιμων ειδών στις περισσότερες τοποθεσίες και μια μέση κλίμακα συγκέντρωσης ύψους από 30 ως 50  $\mu\text{g kg}^{-1}$  νωπό βάρος. Σε κάποιες από τις τοποθεσίες, μεμονωμένα καλλιεργήσιμα είδη ξεπερνούσαν τη μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση των 50  $\mu\text{g kg}^{-1}$  νωπό βάρος.

Οι Sposito and Page (1984) υπολόγισαν την απομάκρυνση του καδμίου από τα εδάφη από τις σοδειές που συλλέχτηκαν (σε  $\text{g ha}^{-1} \text{y}^{-1}$ ) να είναι: πατάτες 0,79, ντομάτες 0,22, σπανάκι 0,57, σιτάρι 0,06. Όταν συγκρίνονται σε σχέση με τους υπολογισμούς για τις προσθήκες καδμίου στο έδαφος (παράγραφος 2.3), μπορεί να διαφανεί ότι υπάρχει μια θετική ισορροπία με την προσθήκη να ξεπερνά την απομάκρυνση.

#### Κατανομή του καδμίου στα φυτά

Το κάδμιο μαζί με το Mn, τον Zn, το B, το Mo και το Se θεωρούνται ότι αποτελούν τα ιχνοστοιχεία που μεταφέρονται εύκολα στις κορυφές των φυτών μετά την απορρόφηση μέσω των ριζών (Chaney and Giordano, 1977). Ο MacLean (1976) έδειξε ότι το κάδμιο ήταν παρόν σε υψηλότερες συγκεντρώσεις στις ρίζες από ότι σε άλλα μέρη της βρώμης, της σόγιας, του γρασιδιού τύπου τίμοθου, του τριφυλλιού, του καλαμποκιού και της ντομάτας, αλλά κανένα από αυτά δεν καλλιεργείται για την κατανάλωση των ριζών του. Παρόλα αυτά, στο μαρούλι, στο καρότο, στον καπνό και στην πατάτα οι περιεκτικότητες σε κάδμιο ήταν υψηλότερες στα φύλλα. Στα φυτά της σόγιας, το 2% του συσσωρευμένου καδμίου βρισκόταν στα φύλλα και το 8% στους σπόρους (Cataldo et.al. 1981).

Η διαφοροποίηση του καδμίου στους ιστούς των εδώδιμων φυτών αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα για τον καθορισμό της συσσώρευσής του στο ανθρώπινο σώμα. Το κάδμιο έχει βρεθεί να είναι ενωμένο στις κυτταροπλασματικές πρωτεΐνες που συνήθως περιέχουν κυστεΐνη και ονομάζονται συλλογικά φυτοκελατίνες. Αυτές οι πρωτεΐνες έχουν εντοπιστεί στα μανιτάρια, στα φασόλια, στη σόγια, στο λάχανο, στο σιτάρι και σε άλλα φυτά (Spivey Fox, 1988). Δεν είναι ακόμη γνωστό αν κάποιοι παράγοντες του εδάφους μπορούν να επηρεάσουν τη διαφοροποίηση του καδμίου στις καλλιέργειες, πέραν του να καθορίζουν την ποσότητα του μετάλλου που προσλαμβάνεται. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις καδμίου στους ιστούς των φυτών μπορεί να προκαλέσει το σχηματισμό φυτοκελατίνων.

Επιπλέον της πρόσληψης μέσω των ριζών, το κάδμιο μπορεί να απορροφηθεί αποτελεσματικά στο φύλλωμα και να μετατοπιστεί σε όλο το φυτό και αυτή αποτελεί μια σημαντική διαδρομή για το κάδμιο στην τροφική αλυσίδα σε περιοχές επηρεασμένες από την ατμοσφαιρική μόλυνση (Tjell et.al. 1983).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΛΑΤΟΥΧΩΝ ΚΑΙ ΑΛΚΑΛΙΩΜΕΝΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Στις ξηρές και ημίξηρες περιοχές όπου δεν παρατηρούνται μεγάλες βροχοπτώσεις, πολλά άλατα συσσωρεύονται στα επιφανειακά στρώματα των εδαφών και σε πολλές περιπτώσεις στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Τα άλατα που προκαλούν αλατότητα στα εδάφη είναι τα χλωριούχα και θειικά άλατα του ασβεστίου, μαγνησίου, νατρίου και καλίου. Οι κύριες πηγές από τις οποίες προέρχονται τα άλατα αυτά είναι τα πετρώματα και τα ορυκτά που αποσπώνονται, τα νερά της βροχής, τα νερά για την άρδευση των καλλιεργειών και η υψηλή στάθμη του φρεατίου ορίζοντα (υπόγειων νερών).

### 4.1 ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ

Εργαστηριακές μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) στο εκχύλισμα κορεσμού του εδάφους έδειξαν, ότι η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι ένας αξιόπιστος δείκτης της συγκέντρωσης των διαλυτών αλάτων στο έδαφος. Για πολλούς πρακτικούς λόγους η αλατότητα εκφράζεται ως ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) σε μονάδες decisiemens ανά μέτρο (m) δηλ.  $dSm^{-1}$  στους  $25^{\circ}C$ .

Επίσης, για πρακτικούς λόγους μπορούμε να υπολογίσουμε τη συγκέντρωση των αλάτων στο έδαφος, αν πολλαπλασιάσουμε την EC ( $dSm^{-1}$ ) με το 10.

$$C_{αλάτων} = 10 * EC$$

όπου  $C_{αλάτων}$  = η συγκέντρωση των αλάτων στο έδαφος σε meq/L και

EC = η ηλεκτρική αγωγιμότητα σε  $dSm^{-1}$

Το  $dSm^{-1}$  εκφράζεται και ως  $mmhos.cm^{-1}$ . Αν υποθέσουμε ότι η EC ενός εδάφους είναι  $dSm^{-1}$  ή  $5 mmhos.cm^{-1}$ , τότε η συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων είναι περίπου ισοδύναμη με 50 meq/L.

### 4.2 ΕΠΙΠΕΔΑ ΝΑΤΡΙΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Προκειμένου να προσδιοριστούν τα επίπεδα του νατρίου στα εδάφη οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τις παρακάτω εδαφολογικές έννοιες:

- Το εναλλακτικό νάτριο επί τοις εκατό (ESP).
- Το λόγο προσρόφησης του νατρίου (SAR).

Το ESP εκφράζει την ιδιότητα που έχει το έδαφος να δεσμεύει δηλ. να προσροφά στην επιφάνεια των κολλοειδών ιόντα  $\text{Na}^+$ .

$$\text{ESP} = \frac{\text{Εναλλακτικό Νάτριο (cmol.Kg}^{-1}\text{)}}{\text{Ικανότητα Εναλλαγής Κατιόντων (cmol.Kg}^{-1}\text{)}} \times 100$$

Όπου:  $\text{cmol.Kg}^{-1} = 1 \text{ meq}/100\text{g}$  εδάφους

Εδάφη με  $\text{ESP} = 15$  έχουν  $\text{pH} > 8,5$  και για εδάφη με  $\text{ESP} > 15$  το  $\text{pH}$  είναι περίπου 10.

Το SAR (Sodium Adsorption Ratio) εκφράζει το λόγο προσρόφησης του νατρίου, δηλαδή, το SAR εκφράζει τη χαρακτηριστική ιδιότητα των ιόντων σχετικά με τη διαλυτότητα αυτών στο εδαφικό διάλυμα.

$$\text{SAR} = \frac{(\text{Na}^+)}{\sqrt{\frac{(\text{Ca}^{2+}) + (\text{Mg}^{2+})}{2}}}$$

Αν λάβουμε υπόψη μας το  $\text{pH}$  του εδάφους, την EC και το SAR, τα εδάφη κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες - ομάδες:

- Αλατούχα εδάφη.
- Αλατούχα - Αλκαλιωμένα εδάφη.
- Αλκαλιωμένα (με νάτριο) εδάφη.

Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζονται οι ιδιότητες των κανονικών εδαφών σε σχέση με τα όξινα, αλατούχα, αλατούχα - αλκαλιωμένα και αλκαλιωμένα (με νάτριο) εδάφη.

Εδάφη	pH	Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (EC) $dSm^{-1}$	SAR*
Κανονικά	6,7-7,2	<4	<13-15
Όξινα	< 6,5	<4	<13-15
Αλατούχα	< 8,5	>4	<13-15
Αλκαλιωμένα (με νάτριο)	< 8,5	>4	> 13-15
Αλκαλιωμένα (με νάτριο)	> 8,5	<4	> 13-15

*Πίνακας 4.1: Ιδιότητες των κανονικών εδαφών σε σχέση με τα Όξινα, Αλατούχα, Αλατούχα – Αλκαλιωμένα και Αλκαλιωμένα (με Νάτριο) εδάφη.*

### 4.3 ΑΛΑΤΟΥΧΑ ΕΔΑΦΗ

Τα αλατούχα εδάφη περιέχουν ουδέτερα διαλυτά άλατα σε συγκεντρώσεις που μπορεί να προκαλέσουν βλάβες στην ανάπτυξη των περισσότερων φυτών. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα των εδαφών αυτών στο εκχύλισμα κορεσμού είναι μεγαλύτερη από  $4 dSm^{-1}$ . Δηλαδή η συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων είναι μεγαλύτερη από 40 meq/L.

Το ESP είναι μικρότερο από 15 και το pH <8,5. Το pH είναι μικρότερο από 8,5, επειδή διαλυτά άλατα του εδάφους είναι τα ουδέτερα χλωριούχα και θειικά άλατα του ασβεστίου, μαγνησίου, νατρίου και καλίου.

Τα αλατούχα εδάφη επειδή παρουσιάζουν στην επιφάνειά τους μια λευκή κρούστα, καλούνται «Λευκά - αλατούχα» (white alkali).

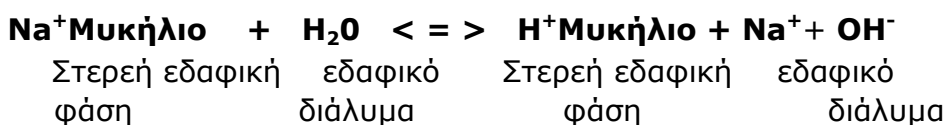
\* Γο ESP των εδαφών και το SAR σχετίζονται πολύ στενά στα περισσότερα εδάφη

Στα αλατούχα εδάφη, παρά το γεγονός ότι η συγκέντρωση των ιόντων νατρίου είναι σχετικά μεγαλύτερη από τη συγκέντρωση των κατιόντων ασβεστίου και μαγνησίου, το SAR είναι μικρότερο του 13. Τα αλατούχα εδάφη βελτιώνονται με την απομάκρυνση των αλάτων. Η απομάκρυνση των αλάτων επιτυγχάνεται με τη χρήση του κατάλληλου νερού. Το νερό που χρησιμοποιείται για την έκπλυση πρέπει να έχει μικρό SAR για να εμποδίσει τυχόν προσρόφηση του νατρίου από το έδαφος με συνέπεια την αύξηση του pH.

Ο όρος «αλατότητα» χρησιμοποιήθηκε από τους εδαφολόγους και αναφέρεται στις φυσικές διεργασίες που γίνονται στο έδαφος ή στην εξέλιξη των εδαφών, οι οποίες οδηγούν στη συσσώρευση ουδέτερων διαλυτών αλάτων στα εδάφη, όπως είναι το NaCl στα εδάφη.

#### **4.4 ΑΛΑΤΟΥΧΑ – ΑΛΚΑΛΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ**

Τα αλατούχα - νατριούχα εδάφη περιέχουν σημαντικές ποσότητες διαλυτών ουδέτερων αλάτων και αρκετό εναλλακτικό νάτριο, που μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές βλάβες στην ανάπτυξη των φυτών. Το ESP είναι μεγαλύτερο του 15 και η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εκχυλίσματος κορεσμού μεγαλύτερη από  $4 \text{ dSm}^{-1}$ . Το pH των εδαφών αυτών συνήθως είναι 8,5 ή μικρότερο και αυτό εξαιτίας της παρουσίας των ουδέτερων διαλυτών αλάτων. Το SAR των αλατούχων - αλκαλιωμένων εδαφών είναι τουλάχιστον 13. Η έκπλυση των αλάτων με νερό στα εδάφη αυτά θα προκαλέσει σημαντική ανύψωση του pH, εκτός αν οι συγκεντρώσεις των αλάτων του ασβεστίου και μαγνησίου στο έδαφος ή στο νερό είναι υψηλές. Παρατηρείται ανύψωση του pH του εδάφους γιατί, καθώς τα διαλυτά ουδέτερα άλατα απομακρύνονται, το εναλλακτικό νάτριο εύκολα υδρολύεται και επομένως ταχύτατα αυξάνει τη συγκέντρωση των  $\text{OH}^-$  στο εδαφικό διάλυμα όπως φαίνεται παρακάτω:

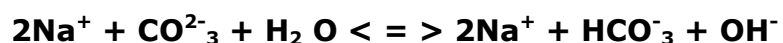


Με την παρουσία των ουδέτερων διαλυτών αλάτων του νατρίου η αντίδραση αυτή κινείται προς τα αριστερά, με αποτέλεσμα να παρατηρείται μείωση της συγκέντρωσης των  $\text{OH}^-$  στο εδαφικό διάλυμα, οπότε το pH εμποδίζεται να ανέβει πιο πάνω από την τιμή  $\text{pH}=8$ . Στις περιπτώσεις που τα διαλυτά ουδέτερα άλατα απομακρύνονται, το pH ανέρχεται πιο πάνω από την τιμή

pH=8,5 και τα κολλοειδή των ορυκτών διογκώνονται και διασκορπίζονται, με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια εδαφική δομή συνεκτική και το έδαφος να μην αερίζεται καλά, συγχρόνως όμως, τα τοξικά συμπτώματα από το νάτριο στα φυτά αυξάνονται.

#### **4.5 ΑΛΚΑΛΙΩΜΕΝΑ (ΜΕ ΝΑΤΡΙΟ) ΕΔΑΦΗ**

Τα νατριούχα εδάφη δεν περιέχουν καμιά σημαντική ποσότητα διαλυτών αλάτων. Η επιβλαβής δράση των εδαφών αυτών στα φυτά δεν οφείλεται μόνο στην τοξική δράση των ιόντων  $\text{Na}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$  και  $\text{OH}^-$ , αλλά και στη μειωμένη υδατοπερατότητα και μειωμένο αερισμό των εδαφών αυτών. Το υψηλό pH οφείλεται στην υδρόλυση του  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .



Επίσης, το νάτριο που είναι προσροφημένο στο εδαφικό μυκήλιο υφίσταται υδρόλυση.



Το εναλλακτικό νάτριο επί τοις εκατό (E5P) των αλκαλιωμένων (με νάτριο) εδαφών είναι μεγαλύτερο από 15 και το SAR. μεγαλύτερο από 13. Το εναλλακτικό νάτριο πολύ εύκολα υδρολύεται, επειδή η συγκέντρωση των διαλυτών ουδέτερων αλάτων είναι πολύ μικρή. Με την αύξηση των ιόντων  $\text{OH}^-$ , όπως περιγράφεται παραπάνω στη σχετική αντίδραση υδρόλυσης, το pH του εδάφους θα φθάσει pH = 10 ή και υψηλότερα. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) των αλκαλιωμένων (με νάτριο) εδαφών είναι μικρότερη από  $4 \text{ dSm}^{-1}$ .

Η σύνθεση του εδαφικού διαλύματος των αλκαλιωμένων (με νάτριο) εδαφών διαφέρει σημαντικά από αυτή των αλατούχων. Το κατιόν που επικρατεί είναι το νάτριο. Η υψηλή συγκέντρωση του νατρίου στο εδαφικό διάλυμα και κατ'επέκταση η επικράτηση του σ'αυτό οφείλεται, όχι μόνο στο υψηλό pH, αλλά και στο γεγονός ότι η παρουσία των ανθρακικών ανιόντων δημιουργεί την κατακρήμνιση του ασβεστίου και μαγνησίου με τη μορφή αδιάλυτων αλάτων του  $\text{CaCO}_3$  και του  $\text{MgCO}_3$ .



Εξαιτίας του μεγάλου pH των νατριούχων εδαφών, η οργανική ουσία του εδάφους διαλύεται, με αποτέλεσμα να προσδίδεται στο έδαφος και κυρίως στην επιφάνεια του εδάφους ένα μαύρο χρώμα, που μεταφέρεται στην επιφάνεια του εδάφους με την ανοδική κίνηση του νερού. Για το λόγο αυτό τα αλκαλιωμένα (με νάτριο) εδάφη ονομάζονται και μαύρα αλκαλιωμένα εδάφη (Black alkali soils).

#### **4.6 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΔΙΑΛΥΤΩΝ ΑΛΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ**

Οι τρόποι επίδρασης των διαλυτών αλάτων στην ανάπτυξη των φυτών είναι:

- Αυτοί που αναφέρονται σε ειδικές επιζήμιες επιδράσεις στα φυτά και οφείλονται σε συγκεκριμένα ιόντα που υπάρχουν στο έδαφος και
- Αυτοί που αναφέρονται σε μία καθολική επίδραση στα φυτά, σαν αποτέλεσμα αύξησης της ωσμωτικής πίεσης του εδαφικού διαλύματος γύρω από τις ρίζες των φυτών.

Οι ειδικές επιζήμιες επιδράσεις στα φυτά κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες:

- Σ' αυτές που οφείλονται στα ιόντα, τα οποία βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις στο εδαφικό διάλυμα, και
- Σ' αυτές που οφείλονται στα ιόντα, τα οποία βρίσκονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στο εδαφικό διάλυμα.

Τα ιόντα που βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις στο εδαφικό διάλυμα και προκαλούν ειδικές επιζήμιες επιδράσεις στα φυτά, υπάρχουν στο έδαφος με τη μορφή του ανθρακικού νατρίου και των διαλυτών αλάτων βορίου. Οι επιζήμιες επιδράσεις που παρατηρούνται στα φυτά, δεν οφείλονται αποκλειστικά στην επιζήμια δράση των στοιχείων νατρίου και βορίου, αλλά και στην επιζήμια δράση στα φυτά του υψηλού εδαφικού pH. Σε περιπτώσεις που υπάρχει υψηλό pH, τα φωσφορικά ιόντα, ο σίδηρος και το μαγγάνιο του εδάφους δεν είναι διαθέσιμα στα φυτά. Επίσης, στις περιπτώσεις που έχουμε υψηλό pH στο έδαφος, η δομή του εδάφους καθίσταται ασταθής στη δράση του νερού, με αποτέλεσμα τη μειωμένη κίνηση του νερού στα βαθύτερα

στρώματα της εδαφικής κατατομής, τη μείωση του αερισμού του εδάφους, καθώς και τη μείωση της ικανότητας του εδάφους για καλή μηχανική κατεργασία.

Νερά για την άρδευση των καλλιεργειών, που περιέχουν βόριο περισσότερο από 0,75 mg/L πρέπει να χρησιμοποιούνται με μεγάλη προσοχή. Νερά που περιέχουν βόριο σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από 0,75 mg/L επιδρούν δυσμενώς στα εσπεριδοειδή.

Ανθεκτικότητα	Καλλιεργούμενα φυτά			Αντίδραση των φυτών σε συνθήκες αγρού
	Βοτανικό είδος	Ελληνικό Όνομα	Αγγλικό Όνομα	
Πάρα πολύ ευαίσθητα φυτά (ESP = 2-10)	Prunus avium Prunus persica Prunus armeniaca Citrus sinensis Citrus paradise Persea americana	Κερασιά Ροδακινιά Βερικοκιά Πορτοκαλιά Γκρέιπ φρούτ Αβοκάντο	Cherry tree Peach Apricot Orange Grape fruit Avogado	Τοξικά συμπτώματα στα φυτά ακόμα και σε χαμηλές τιμές ESR
Ευαίσθητα φυτά (ESP = 2-10)	Phaseolus spp	Φασόλια	Βεεπ5	Παρατηρείται νανισμός στα φυτά σε χαμηλές τιμές ESR, ακόμα και στις περιπτώσεις που οι εδαφικές συνθήκες είναι ικανοποιητικές
Μέτρια ανθεκτικά φυτά (ESP = 20-40)	Trifolium) hybridum Trifolium pratense Avena sativa Festuca arundinacea Oryza sativa	Αγριοτριφύλλο Τριφύλλι το λειμώνιο Βρώμη Φεστούκα Ρύζι	Alsike Red Clovers Oats Tall fescue Rice	Παρατηρείται νανισμός στα φυτά που έχει σαν αιτία την κακή θρέψη των φυτών και τις δυσμενείς εδαφικές συνθήκες
Ανθεκτικά φυτά (ESP = 40-60)	Triticum aestivum Cossypium hirsutum Metacago sativa Hordeum vulgare Lycopersicum esculentum Beta vulgaris Beta vulgaris	Σιτάρι Βαμβάκι Μηδική Κριθάρι Τομάτα Ζαχαρότευτλα Παντζάρια	Wheat Cotton Alfalfa, Lucerne Barley Tomato Sugar beet Beets	Παρατηρείται νανισμός στα φυτά που οφείλεται στις δυσμενείς εδαφικές συνθήκες
Πάρα πολύ ανθεκτικά φυτά (ESP >60)	Agropyron elongatum Agropyron desertorum	Αγρόπυρο Αγρόπυρο	Tall wheatgrass Crested wheatgrass	Παρατηρείται νανισμός στα φυτά που οφείλεται στις δυσμενείς εδαφικές συνθήκες

Πίνακας 4.2: Ανθεκτικότητα των φυτών σε διάφορα ESP των εδαφών.

Νερά που περιέχουν βόριο σε συγκεντρώσεις 4-6 mg/L περιορίζουν την καλλιέργεια των φυτών, ακόμα και των φυτών που είναι ανθεκτικά στην παρουσία του βορίου, όπως είναι μερικές ποικιλίες των ζαχαρότεύτλων, μηδικής, σόργου και βαμβακιού.

Πολλά φυτά είναι ευαίσθητα στην παρουσία του νατρίου στο έδαφος (εναλλακτικό νάτριο και υδατοδιαλυτό νάτριο). Σε μεγάλες όμως συγκεντρώσεις νατρίου παρατηρούνται τοξικά συμπτώματα σ'αυτά. Στον πίνακα 4.2 παρουσιάζεται η ανθεκτικότητα διάφορων φυτών σε διάφορα ESP του εδάφους. Στην ενότητα 4.2 γίνεται εκτενής αναφορά στα τοξικά συμπτώματα που προκαλούν τα νερά στα φυτά.

Επίσης, σε ισοδύναμες αρκετά υψηλές ωσμωτικές πιέσεις, τα ιόντα του μαγνησίου είναι περισσότερο τοξικά από τα ιόντα του ασβεστίου και τα ιόντα του ασβεστίου είναι ακόμα περισσότερο τοξικά από τα ιόντα του νατρίου. Μεγάλη συγκέντρωση χλωριούχου νατρίου μπορεί να δράσει επιζήμια στα φυτά, επειδή το χλωριούχο νάτριο επιδρά περιοριστικά στην πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων από τις ρίζες των φυτών. Το νάτριο δρα ανταγωνιστικά στην πρόσληψη του καλίου από νεαρά φυτά ορισμένων ποικιλιών κριθαριού. Στην προκειμένη περίπτωση απαιτούνται μεγάλες συγκεντρώσεις καλίου στο εδαφικό διάλυμα. Μεγάλος αριθμός φυτών δείχνει γενετική ποικιλομορφία στην αντίδραση σε μεγάλες συγκεντρώσεις διαλυτών αλάτων. Η δημιουργία ποικιλιών ανθεκτικών στις μεγάλες συγκεντρώσεις διαλυτών αλάτων, μπορεί να αποτελέσει μια από τις καλύτερες λύσεις.

Γενικά, η υψηλή συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων προκαλεί νανισμό στα φυτά. Ο νανισμός αυτός μπορεί να μη γίνει αντιληπτός, αν δεν υπάρχουν για σύγκριση φυτά που αναπτύσσονται σε έδαφος με μικρή συγκέντρωση αλάτων. Έτσι, η υψηλή συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων μπορεί να προκαλέσει μείωση της απόδοσης των καλλιεργειών κατά 20%, χωρίς βέβαια να υπάρχουν εμφανή συμπτώματα αντιληπτά στους γεωργούς, που να οφείλονται στην επιζήμια δράση των διαλυτών αλάτων. Όταν η συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων αυξάνεται, τότε η επιζήμια

δράση τους γίνεται εμφανής γιατί τα φύλλα των φυτών αποκτούν ένα μουντό χρώμα, συνήθως κοκκινοπράσινο, και στη συνέχεια καλύπτονται από μια κηρώδη επίστρωση.

Πολλά φυτά καλλιεργούμενα σε πολύ αλατούχα εδάφη δεν παρουσιάζουν εμφανή τα συμπτώματα της μάρανσης, με αποτέλεσμα οι γεωργοί, επειδή δεν το γνωρίζουν αυτό, να μην ποτίζουν τα φυτά. Η καθυστέρηση στο πότισμα των καλλιεργειών μέχρις ότου τα συμπτώματα της μάρανσης γίνουν ορατά, θα προκαλέσει μεγάλες απώλειες στις αποδόσεις των καλλιεργειών. Οι επιζήμιες επιδράσεις των διαλυτών αλάτων συνοψίζονται παρακάτω:

- φυσιολογική δίψα στα φυτά, που είναι αποτέλεσμα της επίδρασης της ωσμωτικής πίεσης.
- αυξανόμενη υδραυλική αντίσταση των ριζών και των φυτών.
- μεταβολή των ορμονικών επιπέδων στα φυτά, που επιδρούν στους ρυθμούς ανάπτυξης των φυτών.
- άμεση επιζήμια επίδραση, ειδικότερα στους μηχανισμούς φωτοσύνθεσης των φυτών.
- ανταγωνισμός των θρεπτικών στοιχείων με αποτέλεσμα τη χρήση αυξημένης ενέργειας, προκειμένου να διατηρηθεί η ισορροπία του K/Na.

Βέβαια, οι παραπάνω επιζήμιες επιδράσεις των διαλυτών αλάτων δεν έχουν διερευνηθεί αρκετά μέχρι σήμερα.

Καθώς η ωσμωτική πίεση (osmotic pressure) του εδαφικού διαλύματος αυξάνεται, δηλ. όσο το ωσμωτικό δυναμικό (osmotic potential) παίρνει μεγάλες τιμές, τόσο αυξάνεται η ωσμωτική πίεση στο χυμό των κυττάρων. Η διαφορά μεταξύ των δύο ωσμωτικών πιέσεων μπορεί να παραμείνει η ίδια, με τον κυτταρικό χυμό να έχει πίεση περίπου 1,0 mPa μεγαλύτερη από την ωσμωτική πίεση του εδαφικού διαλύματος (Slatyer, 1961, Bernstein, 1964, Hayward and Wadleigh, 1949) ή, η ωσμωτική πίεση του κυτταρικού χυμού μπορεί να αυξηθεί περισσότερο έντονα από την

ωσμωτική πίεση του εδαφικού διαλύματος (Boyer,1965). Καθώς η ωσμωτική πίεση του εξωτερικού διαλύματος αυξάνεται, ο ρυθμός διαπνοής και η αντίσταση των στοματίων στα φύλλα μπορεί να παραμείνουν σταθεροί όπως βρέθηκε στο βαμβάκι για τιμές ωσμωτικής πίεσης στο εξωτερικό, διάλυμα μέχρι 1,0-1,2 mPa ή μπορεί να μειωθεί (Eaton, 1942).

Συνήθως, όμως, μειώνεται ο ρυθμός ανάπτυξης των φυτών και ο ρυθμός φωτοσυνθετικής τους δραστηριότητας, αν και μερικές φορές μειώνεται και άλλες φορές αυξάνεται και ο ρυθμός της αναπνοής τη νύχτα (Maas and Nieman, 1978, Shone and Gale, 1983).

Σε ελαφρά και μέσης σύστασης εδάφη, το περισσότερο από το διαθέσιμο νερό του εδάφους συγκρατείται με σχετικά υψηλό δυναμικό της στέρεης φάσης (matric potential). Έτσι, αν το έδαφος δεν είναι αλατούχο, το φυτό μπορεί να χρησιμοποιήσει το περισσότερο από το διαθέσιμο νερό, πριν ακόμα το δυναμικό της στέρεης φάσης ελαττωθεί κάτω από (-0,2) - (-0,3) mPa. Όταν το φυτό παίρνει νερό από το έδαφος, το ωσμωτικό δυναμικό μειώνεται απότομα και ανάλογα με την ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται από το φυτό, με αποτέλεσμα το συνολικό δυναμικό του νερού στο έδαφος να μειώνεται σημαντικά από την παρουσία διαλυτών αλάτων στο έδαφος, παρά από την απουσία των αλάτων αυτών. Όμως, συχνά στο χωράφι τα άλατα κατανέμονται στο έδαφος ακανόνιστα. Στις περιπτώσεις που οι ρίζες αναπτύσσονται σε εδαφικές στρώσεις, όπου η συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων είναι μικρότερη της μέσης τιμής, οι ρίζες αυτές θα αξιοποιήσουν σχετικά περισσότερο νερό από τις ρίζες που αναπτύσσονται σε εδαφικές στρώσεις, όπου η συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων είναι μεγαλύτερη από τη μέση τιμή της συγκέντρωσης τους στο έδαφος (Gardner, 1987)

Τα φυτά διαφέρουν, ως προς την ικανότητα που έχουν να αντέχουν στις επιζήμιες επιδράσεις της αλατότητας των εδαφών. Επίσης, δείχνουν διαφορετική ικανότητα απορρόφησης νερού από τα εδάφη που η υγρασία τους βρίσκεται στο σημείο μάρανσης των φυτών. Τα φυτά δε που έχουν προσαρμοστεί και αναπτύσσονται κανονικά σε αλατούχα εδάφη έχουν την ικανότητα να απορροφούν νερό με μεγαλύτερη ικανότητα σε συνθήκες

ξηρασίας. Όμως, η αντοχή των φυτών στα διαλυτά άλατα καθώς και στην ξηρασία, δεν είναι απαραίτητο να σχετίζονται μεταξύ τους.

Όσο μεγαλύτερη είναι η αλατότητα των εδαφών, τόσο λιγότερο νερό μπορούν να απορροφούν τα φυτά από το έδαφος, πριν αρχίσουν να υποφέρουν από την έλλειψη νερού. Έτσι λοιπόν, αρδευόμενα εδάφη με υπερβολικές συγκεντρώσεις διαλυτών αλάτων χρειάζονται συχνότερες αρδεύσεις από τα μη-αλατούχα εδάφη (Shalhevet et al., 1983).

Το σημείο μάρανσης στα αλατούχα εδάφη περιέχει μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας από το σημείο μάρανσης των μη-αλατούχων εδαφών. Όταν στα αλατούχα εδάφη οι αρδεύσεις δε γίνονται συχνά στις καλλιέργειες, τότε τα φυτά θα υποφέρουν από έλλειψη νερού, ανεξάρτητα αν το ποσοστό υγρασίας του εδάφους είναι μεγαλύτερο από το ποσοστό υγρασίας στο σημείο μάρανσης. Στις περιπτώσεις αυτές εξαιτίας των μη λελογισμένων αρδεύσεων, παρατηρείται, σημαντική μείωση της παραγωγής. Με συχνότερες όμως αρδεύσεις ο αερισμός του εδάφους μπορεί να περιοριστεί σημαντικά.

Πειράματα που έγιναν στο Ισραήλ σε καλλιέργειες με φασόλια έδειξαν ότι, οι καλλιέργειες αυτές αντέδρασαν θετικά στη διάχυση οξυγόνου στο νερό της στάγδην άρδευσης. Επίσης, υπάρχουν και μερικές μαρτυρίες από καλλιεργούμενα φυτά στο χωράφι σχετικά με την απώλεια της παραγωγής, που οφείλεται στη μέτρια αλατότητα, η οποία μπορεί να είναι σημαντική σε εδάφη μικρής γονιμότητας παρά σε πολύ γόνιμα εδάφη. Έτσι, εδάφη με μέτριο βαθμό αλατότητας αυξάνουν την αντίδραση των φυτών στα λιπάσματα, ιδιαίτερα με την προσθήκη φωσφορικών λιπασμάτων και ίσως και αζωτούχων (Ravikovitch and Porath, 1967, Bernstein et al., 1974).

Τα φωσφορικά λιπάσματα έχουν το πλεονέκτημα ότι δεν αυξάνουν την ωσμωτική πίεση του εδαφικού διαλύματος, επειδή τα φωσφορικά ιόντα δεσμεύονται πολύ ισχυρά από το έδαφος.

Η αντοχή των φυτών στα διαλυτά άλατα είναι πολύπλοκη υπόθεση για πολλούς λόγους. Μπορεί να είναι μικρή όταν τα φυτά είναι νέα και όταν

αυτά αναπτυχθούν κανονικά να έχουν μεγάλη αντοχή στα διαλυτά άλατα. Ένα παράδειγμα είναι η μηδική. Τα φυτά μπορεί να επιζήσουν σε μεγάλη συγκέντρωση διαλυτών αλάτων, αλλά να αναπτύσσονται πολύ λίγο. Επίσης, μπορεί τα φυτά να αναπτύσσονται σε μέτρια συγκέντρωση διαλυτών αλάτων, αλλά όμως το παραγόμενο προϊόν να έχει μικρή εμπορική αξία.

Υπάρχουν και περιπτώσεις που τα φυτά μπορεί να αναπτύσσονται σε πολύ αλατούχα εδάφη. Στις περιπτώσεις αυτές, η ποιότητα των συγκομιζόμενων προϊόντων επηρεάζεται αρνητικά από τις μεγάλες συγκεντρώσεις των αλάτων. Για παράδειγμα, τα σιτηρά μπορεί σε αλατούχα εδάφη να παράγουν χλωρή μάζα, για παραγωγή όμως καρπού τα εδάφη αυτά είναι ακατάλληλα. Τα ζαχαρότευτλα που καλλιεργούνται σε αλατούχα εδάφη παράγουν κονδύλους με χαμηλό ζαχαρικό τίτλο.

Στην πράξη, η αντοχή των φυτών στα διαλυτά άλατα συχνά είναι συνδεδεμένη με την αντοχή τους στο νάτριο, στο υψηλό pH και στη χαμηλή συγκέντρωση αφενός, και αφετέρου η ικανότητα να ανθίστα νται στην παρατεταμένη πλημμύρα κατά τη διάρκεια της άρδευσης, είναι επακόλουθο της αλκαλίωσης των εδαφών με νάτριο.

Παρά τους παραπάνω περιορισμούς, τα φυτά μπορεί να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες σε σχέση με την αντοχή τους στα διαλυτά άλατα, όταν καλλιεργούνται σε αρδευόμενες συνθήκες. Οι κατηγορίες αυτές περιλαμβάνουν φυτά που εμφανίζουν καλή αντοχή, μέτρια αντοχή και ευαίσθητα στα διαλυτά άλατα. Στον πίνακα 4.3 παρουσιάζονται τα φυτά που καλλιεργούνται στις Δυτικές Πολιτείες των ΗΠΑ σε αρδευόμενες συνθήκες. Τα φυτά, χουρμαδιά, βαμβάκι, ζαχαρότευτλα και κριθάρι, ταξινομούνται στην κατηγορία των φυτών, που παρουσιάζουν μεγάλη ανθεκτικότητα στα διαλυτά άλατα. Επίσης, στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται τα γρασίδια Βερμούδα (*Cynodon dactylon*) για τις θερμές περιοχές και το Αγρόπυρο (*Agropyron elongatum*) στις δροσερές περιοχές. Ενώ αντίθετα, τα κουκιά (*Vicia faba*), πολλά είδη φασολιών



(Phaseolus spp) και πολλά είδη τριφυλλιών είναι ευαίσθητα στα διαλυτά άλατα.

<b>Πολύ ανθεκτικά φυτά</b>	<b>Μέτρια ανθεκτικά φυτά</b>	<b>Ευαίσθητα φυτά</b>
Χουρμαδιά Κριθάρι Ζαχαρότευτλα Ελαιοκράμβη Βαμβάκι Βερμούδα Αγρόπυρο (Agropyron elongatum)	Συκιά, Ελιά, Αμπέλι, Ροδιά, Ρύζι, Σιτάρι, Βρώμη, Σόργο, Σίκαλη, Καλαμπόκι, Πατάτες, Κουκιά, Ήρα η πολυτελής, Μελίλωτος, Μηδική, Τριφύλλια (Trifolium fragiferum)	Αχλαδιά, Μηλιά, Πορτοκαλιά, Γρέϊπ φρουτ, Βερικοκιά, Ροδακινιά, ποικιλίες πράσινων φασολιών, Τριφύλλια (Trifolium pretense και Trifolium repens)

*Πίνακας 4.3: Σχετική αντοχή των φυτών στα διαλυτά άλατα στις Δυτικές Πολιτείες των ΗΠΑ (Hoffman, et al., 1980).*

Ο Maas (1986) έδωσε αρκετά επιστημονικά δεδομένα, αναφορικά με την αντοχή των φυτών στα διαλυτά άλατα. Ο παραπάνω ερευνητής έλαβε το κριθάρι (Hordeum vulgare) σαν ένα φυτό με μεγάλη αντοχή στα διαλυτά άλατα, και τα φασόλια (Phaseolus vulgaris) σαν ένα ευαίσθητο φυτό στα διαλυτά άλατα.

Στον πίνακα 4.4 παρουσιάζονται οι εδαφικές συνθήκες και η αντοχή των φυτών σύμφωνα με την κατάταξη του Maas (1986). Για πολλούς πρακτικούς λόγους θεωρείται ότι:

- Το ωσμωτικό δυναμικό (osmotic potential) του διαλύματος σε mPa υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Ωσμωτικό δυναμικό (O.P)} = -0,04 \times \text{ηλεκτρική αγωγιμότητα (dSm}^{-1}\text{)}$$

**(1 megapascal, mPa = bars)**

- Όταν το ποσοστό της υγρασίας του εδάφους βρίσκεται στο επίπεδο

της υδατοϊκανότητας και θέλουμε να υπολογίσουμε τη συγκέντρωση των ουδέτερων διαλυτών αλάτων στο εδαφικό διάλυμα, υπολογίζουμε την EC στο εκχύλισμα κορεσμού του εδάφους. Στη συνέχεια πολλαπλασιάζουμε την ηλεκτρική αγωγιμότητα ( $\text{dSm}^{-1}$  ή  $\text{mmhos.cm}^{-1}$ ) με το 10 και βρίσκουμε τη συγκέντρωση των ουδέτερων διαλυτών αλάτων σε  $\text{meq/L}$ , στο εκχύλισμα κορεσμού. Στη συνέχεια διπλασιάζουμε τη συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων,  $\text{meq/L}$ , του εκχυλίσματος κορεσμού, οπότε προκύπτει συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων στο εδαφικό διάλυμα, όταν η υγρασία του εδάφους βρίσκεται στο επίπεδο της υδατοϊκανότητας.

<b>Εδαφικές συνθήκες</b>	<b>Κριθάρι</b>	<b>Φασόλια</b>
Ηλεκτρική αγωγιμότητα ( $\text{dSm}^{-1}$ ) στο εκχύλισμα κορεσμού για α. - 50 % παραγωγή β. - 50 % φύτρωμα των σπόρων Μέγιστη επιτρεπόμενη αλκαλίωση χωρίς να παρατηρείται μείωση της παραγωγής	18 16-28	3,6 8,0
α. - Ηλεκτρική αγωγιμότητα στο εκχύλισμα κορεσμού ( $\text{dSm}^{-1}$ ) β. - Ωσμωτικό δυναμικό ( $\text{mPa}$ ) του εδαφικού νερού στην εδαφική ικανότητα του εδάφους,	8 -0,66	1,0 -0,07
γ. - Περιεκτικότητα σε διαλυτά άλατα στο εκχύλισμα κορεσμού( $\text{mg/g}$ )	περίπου 8	περίπου 0,6

Πίνακας 4.4: Εδαφικές συνθήκες και η αντοχή των φυτών (Maas, 1986)

Στον πίνακα 4.5 παρουσιάζεται η ανθεκτικότητα πολλών καλλιεργούμενων φυτών στα διαλυτά άλατα, καθώς και η επίδραση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους στη μείωση της παραγωγής.

Καλλιεργούμενα φυτά			Ηλεκτρική αγωγιμότητα (dSm <sup>-1</sup> ) στους 25°C που η παραγωγή		
Βοτανικό είδος	Ελληνικό όνομα	Αγγλικό όνομα	10%	25%	50%
<b>Φυτά για χλοοτάπητες και σανοδοτικά φυτά</b>					
Cynodon dactylon	Βερμούδα	Bermudagrass	13	16	18
Agropyron elongatum	Αγρόπυρο	Tall wheatgrass	11	15	18
Agropyron desertorum	Αγρόπυρο	Grested wheatgrass	6	11	18
Festuca arundinacea	Φεστούκα	Tall fescue	7	10,5	14,5
Hordeum vulgare	Κριθάρι για σανό	Barley, hay	8	11	13,5
Lolium perenne	Λόλιοτο	Perennial ryegrass	8	10	13
	πολυτελής -	Handling grass	8	10	13
	Ήρα η πολυετής-γκαζόν	Narrow - leaf birdsfoot trefoil	6	8	10
Phalaris stenoptera	Φάλαρη				
Lotus tenuifolius	Λωτός				
Elymus triticoides	Έλυμος	Beardless wild rye			
Medicago sativa	Μηδική	Alfalfa	4	7	11
Dactylis glomerata	Δακτυλίδα	Orchardgrass	3	5	8
Alopecurus pratensis	Ασβέλιαφος -	Meadow foxtail	2,5	4,5	8
Trifolium hybridum	Αλεπνονουρά		2	3,5	6,5
Trifolium pratense	Αγριοτριφύλλο	Alsike	2	2,5	4
	Τριφύλλι το λειμώνιο	Red clovers	2	2,5	4

<b>Φυτά μεγάλης καλλιέργειας</b>					
Hordeum vulgare (α)	Κριθάρι για καρπό	Barley, grain	12	16	19
Beta vulgaris (β)	Ζαχαρότευτλα	Sugarbeet	10	13	16
Gossypium hirsutum	Βαμβάκι	Cotton	10	12	16
Carthamus tinctorius	Ατρακτηλιδα	Safflower	8	11	12
Triticum aestivum (α)	Σιτάρι	Wheat	7	10	14
Sorghum vulgare	Σόργο	sorghum	6	9	12
Glycine max	Σόγια	Soybean	5,5	7	9
Saccharum officinarum	Ζαχαροκάλαμο	Sugarcane	3	5	8,5
Oryza sativa	Ρύζι	Rice	5	6	8
Zea mays	Καλαμπόκι	Corn	5	6	7
Vicia faba	Κουκιά	Broadbean	3,5	4,5	6,5
Limnium usitatissimum	Λινάρι	Flax	3,0	4,5	6,5
Phaseolus vulgaris	Φασόλια	Field bean	1,5	2,0	3

<b>Καλλιεργούμενα φυτά</b>			<b>Ηλεκτρική αγωγιμότητα (<math>dSm^{-1}</math>) στους 25°C που η παραγωγή μειώνεται</b>		
<b>Βοτανικό είδος</b>	<b>Ελληνικό</b>	<b>Αγγλικό όνομα</b>	<b>10%</b>	<b>25%</b>	<b>50%</b>
<b>Κηπευτικά φυτά</b>					
Beta vulgaris (α)	Παντζάρια	Beets	8	10	12
Spinacia oleracea	Σπανάκι	Spinach	5,5	7	8
Lycopersicon esculentum	Τομάτα	Tomato	4	6,5	8
Brassica oleracea var italica	Μπρόκολο	Broccoli	4	6	8
Brassica oleracea var capitata	Μάππα	Cabbage	2,5	4	7
Solanum tuberosum	Πατάτες	Potato	2,5	4	6
Zea mays	Γλυκό	Sweet corn	2,5	4	6
Ipomoea batatas	Γλυκοπατάτα	Sweet potato	2,5	3,5	6
Lactuca sativa	Μαρούλι	Lettuce	2	3	5
Capxicum annum	Πιπεριά	Bell pepper	2	3	5
Allium cepa	Κρεμμύδι	Onion	2	3,5	4
Daucus carota	Καρότο	Carrot	1,5	2,5	4

Πίνακας 4.5 Ανθεκτικότητα διάφορων φυτών στα άλατα (Bernstein, 1964).

Σημείωση για τον πίνακα:

- Όπου (α) σημαίνει φυτά λιγότερο ανθεκτικά κατά το στάδιο του φυτρώματος. Η αλατότητα σ' αυτό το στάδιο δε θα πρέπει να υπερβαίνει την  $EC = 4-5 \text{ mmhos.cm}^{-1} (\text{dSm}^{-1})$ .
- Όπου (β) σημαίνει ότι κατά τη διάρκεια του φυτρώματος των σπόρων η αλατότητα δε θα πρέπει να υπερβαίνει τα  $3 \text{ mmhos.cm}^{-1} (\text{dSm}^{-1})$ .

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΑΝΤΙΔΙ (Cichorium Endivia)

Τα αντίδια (**Cichorium Endivia**) ανήκουν στην οικογένεια των σύνθετων **Compositae**. Το αντίδι κατάγεται από τις Ανατολικές Ινδίες. Χρησιμοποιήθηκε από τους αρχαίους Αιγύπτιους και Έλληνες όπως και τους Ρωμαίους. Ο Διοσκορίδης το ονομάζει «σέρις ο ήμερος» και ο Γεννάδιος «ίντιβον». Από τα πολλά κιχώρια γνωστά με το όνομα ραδίκια τα αντίδια και τα ιταλικά ραδίκια καλλιεργούνται για τα φύλλα τους. Τα άγρια ραδίκια είναι πιο πικρά διότι περιέχουν περισσότερη κιχωρίνη.



### 5.1 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

Η καλλιέργεια των αντιδίων κατά τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει αύξηση λόγω της μεγαλύτερης χρησιμοποίησης των χορταρικών σε σαλάτες ή μαγειρεμένων. Στη χώρα μας καλλιεργούνται σε 15.000-16.000 στρέμματα με παραγωγή 18.000-20.000 τόνους. Υπάρχουν δύο τύποι αντιδίων, τα σγουρά και τα λειόφυλλα, γνωστά ως Escarole. Τα αντίδια καλλιεργούνται ως φθινοπωρινά και χειμωνιάτικα κυρίως όμως ως ανοιξιάτικα. Είναι δυνατόν να γίνουν σπορές όλο το χρόνο. Το καλοκαίρι ποτίζονται. Για να ανθίσουν χρειάζονται μια περίοδο χαμηλών θερμοκρασιών και μέρες με περισσότερο από 13 ώρες φώς. Πόλυ πρώιμα αντίδια παίρνουμε από μεταφύτευση φυτών θερμοκηπίου. Συνήθως όμως τα αντίδια δεν μεταφυτεύονται.

Ως προς το νερό, τη λίπανση και το έδαφος, τα αντίδια και τα ραδίκια έχουν τις ίδιες απαιτήσεις. Τα φυτά πρέπει να απέχουν 30 εκατοστά το ένα από το άλλο πάνω στη γραμμή και οι γραμμές μεταξύ τους 40-50 εκατοστά για να μπορεί να γίνει και μηχανική καλλιέργεια. Σε μικρή κλίμακα, σπέρνονται ή μεταφυτεύονται σε σαμάρια που απέχουν 30 εκατοστά μεταξύ τους. Μικρότερες αποστάσεις προκαλούν άσπρισμα στα μέσα φύλλα, το οποίο ελαττώνει την πικράδα των φύλλων. Άσπρισμα προκαλείται και με δέσιμο όλων των φύλλων στην κορυφή τους. Για συγκομιδή, κόβουμε την κεντρική ρίζα των φυτών λίγο κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Τα άρρωστα και στεγνά φύλλα πετιούνται. Πριν από τη συσκευασία σε καλάθια ή κιβώτια, τα εξωτερικά φύλλα μαζεύονται προς το κέντρο. Για μακρινές αποστάσεις, χρησιμοποιείται πρόψυξη και ψύξη.

Στα σγουρά αντίδια ανήκουν οι ποικιλίες: ξανθή Ρουαίνης, η βασίλισσα του χειμώνα και τα κατσαρά του καλοκαιριού. Στα λειόφυλλα ανήκουν οι ποικιλίες: άσπρα αντίδια και αντιδομάρουλα με πλατιά φύλλα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

Παρακάτω περιγράφονται με αλφαβητική σειρά ορισμένα σκεύη και απλά όργανα, του εδαφολογικού εργαστηρίου που χρησιμοποιήθηκαν για την πειραματική διαδικασία.

### Γουδί με γουδοχέρι

Χρησιμοποιείται για τη θραύση και το άλεσμα στερεών ουσιών.Κατασκευάζεται από πορσελάνη ή αχάτη.

### Ζυγός

Είναι το όργανο με το οποίο προσδιορίζεται η μάζα ενός σώματος.Ο προσδιορισμός αυτός γίνεται με σύγκριση της μάζας του σώματος προς τη γνωστή μάζα σταθμών.Για τη σύγκριση αυτή υπάρχουν διάφορα είδη ζυγών.Κύρια χαρακτηριστικά των ζυγών είναι:η μέγιστη φόρτιση σε gr,η ακρίβεια ανάγνωσης (σε mg) και την ευαισθησία (σε υποδιαιρέσεις κλίμακας ανά mg).**Ο ηλεκτρονικός ζυγός ακριβείας** είναι αυτός που χρησιμοποιήθηκε.Η ζύγιση με αυτό το ζυγό είναι πολύ απλή και ταχύτατη:μετά το μηδενισμό του ζυγού,το προς ζύγιση αντικείμενο τοποθετείται πάνω στο δίσκο του ζυγού και διαβάζεται η φωτεινή ένδειξη της μάζας.

1. **Ηθμός ή χωνί Buchner:**Για παρασκευαστικούς σκοπούς στη διήθηση κρυσταλλικών ιζημάτων χρησιμοποιείται ο ηθμός Buchner,κατασκευασμένος από πορσελάνη.Προσαρμόζεται σε φιάλη κενού,ενώ στον πυθμένα του τοποθετείται κυκλικό διηθητικό χαρτί,το οποίο διαβρέχεται για να εφαρμόσει τέλεια.Η διήθηση επιταχύνεται με την εφαρμογή κενού.
2. **Κάψες εξατμίσεως:**Είναι κατασκευασμένες από γυαλί ή πορσελάνη και χρησιμοποιούνται για την εξάτμιση ενός διαλύματος ή την συμπύκνωση του.Για θέρμανση τοποθετούνται πάνω σε πλέγμα αμιάντου,υδρόλουτρο ή αμμόλουτρο.
3. **Λαβίδα μεταλλική:**Βοηθητικό όργανο για το πιάσιμο των μικροαντικειμένων.Θεωρείται απαραίτητη για καθαρή δουλειά στο



εργαστήριο.Για να μην προσβάλλεται από διαβρωτικούς ατμούς κλπ,φέρει επικάλυψη από νικέλιο ή χρώμιο.

4. **Ποτήρια ζέσεως:**Πρόκειται για λεπτότοιχα,κυλινδρικά γυάλινα σκεύη,μέσα στα οποία μπορούν να θερμανθούν διάφορα υγρά.Επίσης είναι κατάλληλα για την ανάμιξη υγρών ή την παρασκευή διαλυμάτων.Υπάρχουν σε υψηλή και χαμηλή μορφή και διάφορα μεγέθη (50,100,250,400 mL κλπ)
5. **Σιφώνια:**Κατασκευάζονται σε διάφορους τύπους και χρησιμοποιούνται για την μέτρηση του όγκου των υγρών.Τα σιφώνια μετρήσεως είναι βαθμολογημένα και χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση διαφόρων όγκων υγρού.Η εργασία με σιφώνια απαιτεί κάποια εξάσκηση. Αν το υγρό δεν είναι επικίνδυνο,αναρροφάται προσεκτικά με το στόμα, μέχρι που ο μηνίσκος να βρίσκεται λίγο πάνω από τη χαραγή.Με το δείκτη του χεριού φράζεται το στόμιο του σιφωνίου και με ελαφρό ανασήκωμα του δακτύλου αφήνεται το υγρό να τρέξει αργά μέχρι την χαραγή.Στη συνέχεια το σιφώνιο μεταφέρεται στο δοχείο υποδοχής και το υγρό αφήνεται να τρέξει ελεύθερα ,με το άκρο του σιφωνίου σε επαφή με το τοίχωμα του δοχείου.Στη θέση αυτή μένει το σιφώνιο για 20 λεπτά περίπου και μετά το άδειασμά του. Η τελευταία σταγόνα που μένει στην άκρη του σιφωνίου έχει υπολογισθεί κατά τη βαθμονόμηση του σιφωνίου και γι' αυτό δεν πρέπει να αποφυσάται. Καυστικά ή δηλητηριώδη ή επιβλαβή πτητικά υγρά (π.χ. πυκνά οξέα,αλκάλια,διαλύματα αμμωνίας κλπ)αναρροφούνται πάντα με τη βοήθεια ελαστικής σφαίρας αναρρόφησης ή άλλων ειδικών οργάνων πληρώσεως και ποτέ με το στόμα.
6. **Υδροβολείς:** Κατασκευάζονται από πολυαιθυλένιο ή γυαλί και χρησιμοποιούνται κυρίως σαν αποθεματικές φιάλες για απεσταγμένο νερό.
7. **Φιάλες ογκομετρικές:**Χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση ορισμένου όγκου και ιδιαίτερα για την παρασκευή διαλυμάτων ορισμένης κανονικότητας. Υπάρχουν σε διάφορα μεγέθη (10, 50, 100, 250, 500, 1000 mL), με ή χωρίς εσμύρισμα.
8. **Φούρνοι:** Διακρίνονται σε φούρνους ξηράσεως και φούρνους πυρώσεως.

Οι φούρνοι ξηράνσεως (ή πυριατήρια) χρησιμοποιούνται για την ξήρανση ουσιών, τοστέγνωμα γυάλινων οργάνων ή τη διατήρηση μίας ουσίας για αρκετό χρόνο σε κάποια σταθερή θερμοκρασία. Η θερμοκρασία μπορεί να ρυθμίζεται αυτόματα ανάμεσα στους 40 και 220 °C συνήθως.

Οι φούρνοι πυρώσεως χρησιμοποιούνται στην σταθμική ανάλυση για την πύρωση χωνευτηρίων και ιζημάτων πριν την ζύγιση. Επιτυγχάνουν συνήθως θερμοκρασίες μέχρι 1200 °C. Ουσίες που κατά την θέρμανση ελευθερώνουν διαβρωτικούς ατμούς καθώς και ενώσεις του υδραργύρου, δεν τοποθετούνται σε ανοιχτά δοχεία μέσα στους φούρνους, επειδή προσβάλλουν την εσωτερική επιφάνεια του φούρνου.

**9. Χωνιά:** Χρησιμοποιούνται για διηθήσεις, γέμισμα φιαλών, προχοϊδων κλπ. Υπάρχουν σε διάφορους τύπους και μεγέθη.

Σε αντίθεση με τα κοινά χωνιά, τα χωνιά ταχείας διηθήσεως είναι κατασκευασμένα από χονδρό γυαλί με ραβδώσεις και έχουν μακρύ στέλεχος. Η μεγάλη ταχύτητα διηθήσεως οφείλεται στο ότι ο ηθμός κρέμεται ελεύθερα πάνω στις ραβδώσεις και το στέλεχος του χωνιού είναι συνεχώς γεμάτο.

Υπάρχουν και χωνιά (συνήθως πλαστικά) με πολύ κοντό και ευρύ στέλεχος για στερεές ουσίες.

#### Καθαριότητα οργάνων

Βασική προϋπόθεση για την επιτυχία κάθε πειραματικής εργασίας είναι απόλυτη καθαριότητα των χρησιμοποιούμενων οργάνων. Παρακάτω δίνονται ορισμένες οδηγίες, σχετικές με τον καθαρισμό των γυάλινων οργάνων. Όλα τα γυάλινα σκεύη πρέπει να πλένονται αμέσως μετά την χρήση τους, γιατί αργότερα μπορούν να δημιουργηθούν ιζήματα, δυσδιάλυτα προϊόντα κτλ. τα οποία απομακρύνονται δυσκολότερα.

Κατά τον καθαρισμό των οργάνων, ο φοιτητής πρέπει να φορά την εργαστηριακή του μπλούζα και τα προστατευτικά γυαλιά, επειδή η εκτίναξη σταγονιδίων από τα διάφορα υγρά είναι σχεδόν αναπόφευκτη. Συχνά είναι απαραίτητα τα λαστιχένια γάντια.

Τα γυάλινα όργανα και τα σκεύη από πορσελάνη καθαρίζονται με διάλυμα απορρυπαντικού και με την βοήθεια ψήκτρας . Η τελική έκπλυση γίνεται με απιονισμένο νερό.

Όταν ο καθαρισμός με απορρυπαντικό δεν επαρκεί,χρησιμοποιούνται ειδικά μέσα καθαρισμού,ανάλογα με το είδος της ρύπανσης.Πριν τη χρησιμοποίηση πρέπει να εξετάζεται η περίπτωση επικίνδυνων αντιδράσεων, (σχηματισμός δηλητηριωδών αερίων)που μπορεί να γίνουν μεταξύ μέσου καθαρισμού και ρύπανσης.

## **6.2 ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ**

### **6.2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η χρήση των φασμάτων εκπομπής σε φλόγα ή φλογοφωτομετρία,για ποσοτικές αναλύσεις χρονολογείται από το 1930.Οι τεχνικές απορρόφηση αναπτύχθηκαν τελευταία κι αυτό οφείλεται κυρίως στις εργασίες του Walsh και των συνεργατών του στην Αυστραλία. Πάντως η πρώτη εφαρμογή της φασματοσκοπίας ατομικής απορρόφησης, ήταν του Kirchoff το 1860,όταν διαπίστωσε την παρουσία διαφόρων στοιχείων στην ηλιακή ατμόσφαιρα από τις γραμμές απορρόφησης Fraunhofer. Η εκπομπή και η απορρόφηση σε φλόγα είναι τεχνικές που αλληλοσυμπληρώνονται, έτσι ώστε τα στοιχεία αυτά, να ανιχνεύονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις με μετρήσεις εκπομπής και μερικά με μετρήσεις απορρόφησης. Πάντως στις μετρήσεις απορρόφησης οι παρεμβολές από άλλα περιεχόμενα στοιχεία, είναι μικρότερες. Και στις δύο τεχνικές τα μόρια του δείγματος διίστανται στα άτομά τους και παρατηρούμε μόνο ατομικά φάσματα.

Η φασματοσκοπία ατομικού φθορισμού είναι ανάλογη αλλά πιο σύγχρονη τεχνική. Βρίσκεται ακόμα σε στάδιο ανάπτυξης και προσφέρει την εκλεκτικότητα της ατομικής απορρόφησης και τη δυνατότητα βελτίωσης των ορίων ανίχνευσης.

### 6.2.2 ΕΚΠΟΜΠΗ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΣΕ ΦΛΟΓΑ

Στη φασματοσκοπία εκπομπής η ακτινοβολία εκπέμπεται από άτομα που είναι σε διεγερμένες καταστάσεις, ενώ στη φασματοσκοπία απορρόφησης τα άτομα που απορροφούν βρίσκονται στη θεμελιώδη κατάσταση.

Οι μετρήσεις εκπομπής και απορρόφησης σε φλόγα γίνονται συνήθως σε θερμοκρασίες κάτω από 3000 °C και συνεπώς τα περισσότερα άτομα είναι στη θεμελιώδη κατάσταση. Έτσι αιτιολογείται γιατί η απορρόφηση πρέπει να είναι ουσιαστικά ανεξάρτητη από τη θερμοκρασία, ενώ ο αριθμός των διεγερμένων ατόμων και συνεπώς η ένταση εκπομπής, μεταβάλλεται εκθετικά με τη θερμοκρασία. Πάντως η διεργασία διάστασης που οδηγεί στη παραγωγή των ατόμων από τα μόρια του δείγματος, είναι επίσης εξάρτηση της θερμοκρασίας. Γι αυτό ο αριθμός των ατόμων στη θεμελιώδη κατάσταση και συνεπώς το ποσοστό απορρόφησης αλλάζει με τη θερμοκρασία, όχι όμως με την ίδια έκταση, όπως η εκπομπή.

Στην ουσία ο ίδιος εξοπλισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την εκπομπή όσο για την απορρόφηση αν για την τελευταία χρειάζεται μια χωριστή πηγή ακτινοβολίας. Υπάρχουν επίσης διαφορές στη διάταξη του καυστήρα και στη φασματοσκοπία απορρόφησης η πηγή ακτινοβολίας διακόπτεται, για να διακρίνεται από την εκπεμπόμενη ακτινοβολία της φλόγας. Η ακτινοβολία φθορισμού παρατηρείται συνήθως σε ορθές γωνίες ως προς τη πηγή ακτινοβολίας για να διαχωρίζεται η χαμηλής έντασης επανακπεμπόμενη ακτινοβολία ή φθορισμός, από την προσπίπτουσα δέσμη ακτινοβολίας.

Άλλη σημαντική διαφορά μεταξύ εκπομπής και απορρόφησης είναι η σχέση μεταξύ της απόκρισης του οργάνου και της συγκέντρωσης των μετρούμενων χημικών ειδών. Στη φασματοσκοπία ατομικής απορρόφησης οι χρησιμοποιούμενες πηγές ακτινοβολίας είναι ειδικές για κάθε στοιχείο που μετράμε. Έτσι δεν υπάρχει πρόβλημα επικάλυψης των φασματικών ζωνών, πράγμα που συμβαίνει συχνά στη φλογοφωτομετρία. Ακόμη οι παρεμβολές από άλλα στοιχεία είναι ένα σοβαρό πρόβλημα στη φλογοφωτομετρία. Γι αυτό το λόγο η ατομική απορρόφηση προτιμάται γενικά από τη φλογοφωτομετρία. Αυτό γίνεται παρά το γεγονός ότι η

χρήση μιας ξεχωριστής πηγής ακτινοβολίας για κάθε στοιχείο είναι κάπως άβολη. Επιπλέον με την ατομική απορρόφηση δεν είναι συνήθως δυνατόν να σαρώσουμε όλο το διάστημα μήκους κύματος για να πάρουμε μια ποιοτική ανάλυση του δείγματος, όπως είναι δυνατόν μερικές φορές με ένα φλογοφωτόμετρο.

### **6.2.3 ΑΤΟΜΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΙΟΝΙΣΜΟΣ**

Η εκπομπή ακτινοβολίας στη φλογοφωτομετρία και η απορρόφηση ακτινοβολίας στη φασματοσκοπία ατομικής απορρόφησης είναι κυρίως μια διεργασία στην οποία λαμβάνουν μέρος άτομα. Σε δείγματα υψηλής συγκέντρωσης μπορεί να έχουμε απορρόφηση που να οφείλεται στην παρουσία μορίων στην οπτική διαδρομή, αυτό όμως είναι ένα ασήμαντο φαινόμενο.

Το σοβαρότερο πρόβλημα αυτών των τεχνικών και ο κύριος παράγοντας που είναι υπεύθυνος για τους περιορισμούς στην ευαισθησία και σταθερότητα, φαίνεται να είναι η διαδικασία της ατομοποίησης. Μέχρι τώρα χρησιμοποιούνταν οι φλόγες για τη διάσταση του δείγματος, αλλά η επιθυμία να μετρήσουμε ίχνη μετάλλων σε μικρά δείγματα οδήγησε στην ανάπτυξη ενός αριθμού από μικρούς φούρνους υψηλής θερμοκρασίας για χρήση στην ατομική απορρόφηση.

Όταν ένα διάλυμα του δείγματος για ανάλυση εισάγεται στη φλόγα σαν αεροζόλ, γίνεται μια σειρά από διεργασίες. Το αρχικό βήμα είναι η εξάτμιση του διαλύτη αφήνοντας λεπτά σωματίδια άλατος αιωρούμενα στη φλόγα. Αυτά τα σωματίδια αεριοποιούνται και μέρος ή όλος ο παραγόμενος ατμός, διίσταται σε άτομα δηλ. ατομοποιείται. Αυτή η διεργασία οφείλεται μερικώς στην απευθείας επίδραση της θερμότητας (παραγόμενης από τη φλόγα) και μερικώς στη χημική αναγωγή των χημικών ειδών που υπάρχουν στη φλόγα.

Μια δυσκολία που δημιουργείται, οφείλεται στον ιονισμό των ατόμων στη φλόγα. Τα αλκαλικά μέταλλα, έχουν χαμηλό δυναμικό ιονισμού και ιονίζονται εύκολα στη φλόγα. Αφού τα ιονικά φάσματα διαφέρουν από τα

ατομικά πρέπει να διατηρούμε το βαθμό ιονισμού σε ένα σταθερό σημείο και όσο το δυνατόν χαμηλότερο ώστε να είναι αμελητέος. Μπορούμε να θεωρήσουμε το θερμικό ιονισμό ενός ατόμου σε μια διάσταση.

#### **6.2.4 ΦΛΟΓΕΣ**

Η εκλογή του καυσίμου και του οξειδωτικού, εξαρτώνται από την απαιτούμενη θερμοκρασία φλόγας για την ατομοποίηση του δείγματος, αν και οι χημικοί παράγοντες που περιορίζουν το σχηματισμό μεταλλικών οξειδίων, είναι επίσης σημαντικοί. Χρειάζεται επίσης προσοχή, ώστε η εκπομπή του υποστρώματος να μην παρεμβάλεται στην ανάλυση. Από τις φλόγες που χρησιμοποιούνται συνήθως, η φλόγα ακετυλενίου-υποξειδίου του αζώτου, παρουσιάζει την πιο έντονη εκπομπή υποστρώματος. Το φαινόμενο της εκπομπής της φλόγας μπορούμε να το αποφύγουμε στην ατομική απορρόφηση, με τη χρήση μιας διακοπτόμενης δέσμης ακτινοβολίας, με την προϋπόθεση ότι το σταθερό σήμα του υποστρώματος από τη φλόγα δεν προκαλεί κορεσμό του φωτοπολλαπλασιαστή. Το σύστημα διακοπής διακόπτει την πηγή ακτινοβολίας με σταθερή συχνότητα, ώστε ο ανιχνευτής να δέχεται διαδοχικά το υπόστρωμα της φλόγας συν την ακτινοβολία της πηγής (απορροφώμενη μερικώς από το δείγμα). Το σταθερό σήμα του υποστρώματος, φιλτράρεται και ο ενισχυτής δέχεται μόνο το εναλλασσόμενο σήμα διαφοράς. Δεν υπάρχει παρόμοια τεχνική ώστε να αποφεύγεται το υπόστρωμα της φλόγας στις μετρήσεις εκπομπής.

Στη φλόγα κανονικής προανάμειξης, όπου δηλαδή το όπου δηλ. το καύσιμο και το οξειδωτικό αναμιγνύονται πριν την ανάφλεξη, υπάρχουν τουλάχιστον δύο ζώνες: μια αρχική ζώνη αντίδρασης, και μια δευτερεύουσα ζώνη αντίδρασης ή διάχυσης. Στη πρώτη ζώνη της φλόγας ακετυλενίου-αέρα τα κύρια προϊόντα της αντίδρασης είναι το μονοξείδιο του άνθρακα, το υδρογόνο, και το νερό, που παράγονται από αλυσίδα αντιδράσεων στις οποίες λαμβάνουν μέρος  $H_2O$  και ρίζες  $OH$ . Στη δεύτερη ζώνη, που περικλείει τη πρώτη, το μονοξείδιο του άνθρακα και το υδρογόνο, καίγονται στο ατμοσφαιρικό οξυγόνο και παράγουν ένα ισχυρό σήμα υποστρώματος. Στις ισχυρά αναγωγικές φλόγες, που τροφοδοτούνται με

περίσσεια καυσίμου, υπάρχουν επίσης μόρια  $C_2$  και ρίζες  $CH$  στο χαμηλότερο μέρος της φλόγας.

Στην ελαφρώς πλούσια σε καύσιμο φλόγα ακετυλενίου-υποξειδίου αζώτου, η αρχική ζώνη αντίδρασης –με ελαφρό μπλέ χρώμα- χωρίζεται από τη μπλέ δεύτερη ζώνη με μια ενδιάμεση κόκκινη κωνική περιοχή. Η κόκκινη περιοχή δίνει ισχυρές ταινίες εκπομπής και ο μεγάλος βαθμός ατομοποίησης, μερικών στοιχείων που σχηματίζουν οξειδία σε αυτή τη φλόγα, πιστεύεται ότι οφείλεται τουλάχιστον μερικώς, στην αναγωγική ατμόσφαιρα που δημιουργείται από τις ρίζες  $CN$  και  $NH$ . Αυτά τα χημικά είδη υπάρχουν επίσης στην κίτρινη, πολύ πλούσια σε καύσιμο, φλόγα ακετυλενίου-υποξειδίου αζώτου.

Οι φλόγες που χρησιμοποιούνται συνήθως, είναι ένα μείγμα με καύσιμο το ακετυλένιο και οξειδωτικό τον αέρα. Η φλόγα προπανίου-αέρα, προτιμάται για τα αλκάλια, επειδή η χαμηλή θερμοκρασία, της ελαττώνει το ποσοστό ιονισμού. Η καύση όμως είναι αργή, με αποτέλεσμα να μετακινείται η φλόγα και να είναι ασταθής. Η φλόγα υδρογόνου-αέρα, είναι πιο διαφανής από τη φλόγα ακετυλενίου-αέρα στην περιοχή UV (κάτω από 200 nm), πράγμα που την κάνει μαζί με τις αναγωγικές ιδιότητες, κατάλληλη για τον προσδιορισμό του αρσενικού και του σεληνίου με τη μέθοδο ατομικής απορρόφησης. Πάντως η φλόγα χαμηλής θερμοκρασίας μπορεί να προκαλέσει σοβαρές χημικές παρεμβολές, όταν υπάρχουν και άλλα στοιχεία στο δείγμα, οπότε σε αυτές τις περιπτώσεις προτιμάται η υψηλής θερμοκρασίας φλόγα ακετυλενίου-υποξειδίου αζώτου. (Τη μέγιστη ευαισθησία για το αρσενικό και το σελήνιο τη παίρνουμε μετατρέποντας τα στοιχεία αυτά στα αντίστοιχα υδρίδια, πριν εισαχθούν στη φλόγα). Για τα στοιχεία αυτά που σχηματίζουν σταθερά οξειδία με διαθλαστικές ιδιότητες, (αργίλιο, πυρίτιο, τιτάνιο και τα λανθανίδια) απαιτείται υψηλή θερμοκρασία και περιβάλλον ισχυρά αναγωγικό. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση φλόγας ακετυλενίου-υποξειδίου αζώτου, αλλά για τα ιονιζόμενα μέταλλα, όπως το ασβέστιο, στρόντιο και βάριο, καθώς και τις περισσότερες σπάνιες γαίες, χρειάζεται ένα κατασταλτικό κατά του ιονισμού.

### **6.3. ΦΑΣΜΑΤΑ ΣΕ ΦΛΟΓΑ ΚΑΙ ΠΑΡΕΜΒΟΛΕΣ**

#### Επικάλυψη των Ατομικών Γραμμών

Η επικάλυψη των γραμμών εκπομπής προέρχεται από το καθορισμένο πλάτος ζώνης του συστήματος επιλογής μήκους κύματος. Τα φωτόμετρα φίλτρου, έχουν ιδιαίτερη τάση σε τέτοιου είδους παρεμβολές εξαιτίας της πλατιάς ζώνης μήκους κύματος που διέρχεται. Το πλάτος ζώνης για ένα γυάλινο φίλτρο είναι περίπου 80 nm και για ένα φίλτρο συμβολής 15 nm. Το ίδιο φαινόμενο συμβαίνει και με τους μονοχρωμάτορες.

Μέχρι τελευταία πιστεύαμε ότι αυτή η μορφή παρεμβολής δε συμβαίνει στη φασματοσκοπία ατομικής απορρόφησης, επειδή χρησιμοποιείται ειδική πηγή ακτινοβολίας και οι γραμμές απορρόφησης είναι πολύ στενές. Μερικά παραδείγματα αναφέρονται σήμερα, αλλά είναι σχετικά λίγα σε σύγκριση με τις επιδράσεις των φασματικών παρεμβολών στη φασματοσκοπία εκπομπής σε φλόγα.

#### Μοριακή Εκπομπή και Απορρόφηση

Τα φάσματα εκπομπής σε φλόγα βρίσκονται πάνω σε μια συνεχή ακτινοβολία υποστρώματος που προέρχεται από την ίδια τη φλόγα ή από τα υπάρχοντα μοριακά είδη. Στη φασματοσκοπία εκπομπής πρέπει να λάβουμε υπόψη μας αυτό το υπόστρωμα, όταν η ένταση εκπομπής του στοιχείου που μας ενδιαφέρει είναι σχετικά χαμηλή. Λόγου χάρη η παρουσία μεγάλης ποσότητας ασβεστίου παρεμποδίζει τον προσδιορισμό μικρών ποσοτήτων νατρίου και βαρίου, επειδή οι ζώνες εκπομπής του υδροξειδίου του ασβεστίου και οι γραμμές νατρίου στα 589 nm και βαρίου στα 554 nm είναι πολύ κοντινές.

Η επίδραση της εκπομπής σε φλόγα στις μετρήσεις απορρόφησης εξαφανίζεται πρακτικά, αν διαμορφώσουμε κατάλληλα την πηγή ακτινοβολίας. Πάντως, μοριακή απορρόφηση από είδη όπως οξείδιο του στρόντιου και υδροξείδιο του ασβεστίου, μπορεί να παρεμβάλλεται στην φασματοσκοπία της ατομικής απορρόφησης. Η επίδραση γενικά είναι εντονότερη σε μικρά μήκη κύματος και ψηλές συγκεντρώσεις, ελαττώνεται δε αν χρησιμοποιήσουμε υψηλότερες θερμοκρασίες φλόγας. Στην



περίπτωση πηγής γραμμικού φάσματος από κοίλη κάθοδο, τα μήκη κύματος που είναι κοντά στη γραμμή συντονισμού, δεν μπορούν να σαρωθούν για να κάνουμε διόρθωση του υποστρώματος. Οι διορθώσεις αυτές γίνονται συνήθως αν μετρήσουμε την επίδραση της μοριακής απορρόφησης, σε μια άλλη γραμμή μη απορρόφησης στη γραμμή συντονισμού.

#### Φυσικές Επιδράσεις και Ιδιότητες του Διαλύματος

Μεταβολές στις φυσικές ιδιότητες του αναρροφώμενου διαλύματος αλλάζουν την ένταση της απορρόφησης ή της εκπομπής. Το ιξώδες του διαλύματος επηρεάζει την ταχύτητα αναρρόφησης του στη φλόγα και η επιφανειακή τάση, η πυκνότητα και το ιξώδες του διαλύματος μαζί με την ταχύτητα του αερίου προσδιορίζουν το μέγεθος των σταγονιδίων. Γι' αυτό είναι απαραίτητο να ταιριάζουν όσο το δυνατόν περισσότερο οι φυσικές ιδιότητες του δείγματος και των πρότυπων διαλυμάτων. Η χρήση ενός οργανικού διαλύτη αυξάνει την ευαισθησία με έναν παράγοντα 3 έως 5. Η ποσότητα του δείγματος που μεταφέρεται στη φλόγα, αυξάνεται, επειδή οι οργανικοί διαλύτες έχουν μικρότερο ιξώδες από το νερό. Έχουμε ακόμη ελάττωση του μεγέθους των σταγονιδίων και αύξηση της ταχύτητας εξαέρωσης, επειδή τόσο η επιφανειακή τάση, όσο και το σημείο βρασμού του διαλύτη μικραίνουν. Επιπλέον με υδατικά διαλύματα η μεγάλη περίσσεια νερού συντελεί στην παρεμβολή με το σχηματισμό ριζών που δεν εκπέμπουν, ή οξειδίων μερικών μετάλλων που παρεμβάλλονται στις μετρήσεις εκπομπής. Αν και λίγο νερό σχηματίζεται πάντοτε στη φλόγα, οι οργανικοί διαλύτες ελαττώνουν αυτές τις επιδράσεις, ενώ αυξάνουν επίσης τις αναγωγικές συνθήκες στη φλόγα.

#### Αυτό-Απορρόφηση

Μέρος της ενέργειας που εκπέμπεται από το εσωτερικό της φλόγας μπορεί να απορροφηθεί από άτομα της εξωτερικής περιοχής της φλόγας που είναι στη θεμελιώδη κατάσταση. Σε δείγματα χαμηλής συγκέντρωσης, η επίδραση είναι ασήμαντη, αλλά σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι τόσο φανερή, ώστε η ένταση εκπομπής γίνεται ανάλογη της τετραγωνικής ρίζας της συγκέντρωσης του δείγματος. Η επίδραση είναι μέγιστη όταν χρησιμοποιείται καυστήρας μεγάλης διαδρομής. Αυτό-απορρόφηση μπορεί

να γίνει επίσης με λυχνίες κοίλης καθόδου που λειτουργούν με πολύ ρεύμα. Μη διεγερμένα άτομα μετάλλων που είναι μπροστά στην κάθοδο, απορροφούν ακτινοβολία από το κέντρο της γραμμής συντονισμού και την παμορφώνουν. Η παραμόρφωση οδηγεί σε ελάττωση της ευαισθησίας και περισσότερη κυρτότητα στο σχεδιάγραμμα βαθμολόγησης. Πάντως η αύξηση της εκπομπής της λυχνίας δίνει καλύτερο λόγο σήματος προς θόρυβο με τη φλόγα ακετυλενίου-υποξειδίου του αζώτου σε περιπτώσεις όπου η ακτινοβολία του υποστρώματος προκαλεί αισθητό θόρυβο στο φωτοπολλαπλασιαστή.

#### Χημικές Επίδρασεις και Παρεμβολή Συμπυκνωμένων Φάσεων

Η χημική παρεμβολή, είναι αποτέλεσμα του σχηματισμού στη φλόγα ενώσεων που δεν εξαερώνονται ή δεν διίστανται τελείως. Είναι παραδεκτό ότι πολλά φαινόμενα χημικών παρεμβολών, συμβαίνουν κατά το σχηματισμό στερεών σωματιδίων στη φλόγα, πριν από την εξάτμισή τους, αυτό αναφέρεται συχνά σαν παρεμβολή συμπυκνωμένης φάσης. Ένα παράδειγμα είναι η παρεμβολή του φωσφόρου στον προσδιορισμό του ασβεστίου, που οφείλεται στο σχηματισμό του φωσφορικού ασβεστίου. Η επίδραση των στοιχείων που παρεμβάλλονται μπορεί να επιβεβαιωθεί με τη μέτρηση της εκπομπής ή απορρόφησης μιας σειράς δειγμάτων που περιέχουν διαφορετικές συγκεντρώσεις του στοιχείου παρεμβολής. Σε μερικές περιπτώσεις η επίδραση μπορεί να εξαφανισθεί αν αλλάξουμε τις συνθήκες της φλόγας. Σε άλλες περιπτώσεις χρειάζεται υψηλότερη θερμοκρασία φλόγας και γι αυτό προτιμάμε συχνά τη φλόγα ακετυλενίου-υποξειδίου αζώτου από τη φλόγα ακετυλενίου-αέρα. Πάντως είναι φανερό ότι η χημική αντίδραση της φλόγας είναι σπουδαιότερη από τη θερμοκρασία της στο σχηματισμό οξειδίων με διαθλαστικές ιδιότητες.

#### Θερμοκρασία Φλόγας

Η παρουσία άλλων χημικών ενώσεων στη φλόγα επηρεάζει και την εκπομπή και την απορρόφηση, μεταβάλλοντας τη θερμοκρασία της φλόγας. Είναι προφανές ότι κάθε μεταβολή της θερμοκρασίας επηρεάζει την ένταση εκπομπής εξαιτίας της αλλαγής του πληθυσμού της ανώτερης ενεργειακής στάθμης. Επειδή οι περισσότερες ενώσεις δε διίστανται τέλεια, ακόμα και στη φλόγα ακετυλενίου-υποξειδίου του αζώτου, η απορρόφηση

και ο βαθμός διάστασης εξαρτώνται από τη θερμοκρασία. Σε φλόγες υψηλής θερμοκρασίας υπάρχει σημαντικός ιονισμός των στοιχείων που έχουν χαμηλό δυναμικό ιονισμού. Επειδή η έκταση του ιονισμού ελαττώνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης του μετάλλου στη φλόγα, προκύπτει μια προς τα πάνω καμπυλότητα στο σχεδιάγραμμα βαθμολόγησης. Η επίδραση μπορεί να ξεπεραστεί με την προσθήκη περίσσειας ενός ευκολότερα ιονιζόμενου στοιχείου. Αυτό δημιουργεί υψηλή συγκέντρωση ηλεκτρονίων, που καταστέλλει τον ιονισμό του δυσκολότερα ιονιζόμενου στοιχείου.

#### **6.4. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ**

##### Προετοιμασία του δείγματος

Η επεξεργασία του δείγματος εξαρτάται από το στοιχείο που προσδιορίζουμε, το υλικό στο οποίο βρίσκεται και τη μέθοδο ατομοποίησης. Με το φούρνο από γραφίτη, τα περισσότερα δείγματα δεν χρειάζονται χημική κατεργασία γιατί η διάσπαση του μορίου γίνεται πριν την ατομοποίηση. Στην ατομοποίηση με φλόγα πολλά υγρά δείγματα ψεκάζονται κατευθείαν στη φλόγα αφού διαλυθούν στον κατάλληλο διαλύτη. Τα στερεά δείγματα διαλύονται συνήθως σε οξέα, αλλά μερικά χρειάζονται αλκαλική σύντηξη προηγουμένως. Για τη διάλυση μετάλλων και κραμάτων χρησιμοποιείται κυρίως υδροχλωρικό, νιτρικό και θειικό οξύ. Το νιτρικό οξύ δίνει ενώσεις που διασπώνται σχετικά εύκολα, αλλά δεν είναι πολύ πτητικές γι' αυτό το λόγο προτιμάμε το υδροχλωρικό οξύ σα μέσο διάσπασης. Το μείγμα θειικού, νιτρικού και υπερχλωρικού οξέος σε αναλογία 3:1:1 είναι χρήσιμο για την ήπια οξειδωση οργανικών υλικών.

##### Τεχνικές βαθμολόγησης

Η πιο κατάλληλη τεχνική βαθμολόγησης, για μια συγκεκριμένη ανάλυση εξαρτάται από τον αριθμό των δειγμάτων για ανάλυση, τη γραμμικότητα του διαγράμματος βαθμολόγησης και την έκταση με την οποία άλλα συστατικά του δείγματος παρεμβάλλονται στην ανάλυση.

##### Καμπύλες Εργασίας

Αν έχουμε έναν αριθμό δειγμάτων για ανάλυση, η απλούστερη διαδικασία είναι να προετοιμάσουμε μια σειρά με πρότυπα καλύπτοντας την περιοχή

συγκεντρώσεων που μας ενδιαφέρει, ώστε να πάρουμε μια καμπύλη εργασίας. Η καμπύλη εργασίας πρέπει να ελέγχεται από καιρό σε καιρό μιας και οι μικρές διακυμάνσεις στο καύσιμο, στην πίεση του οξειδωτικού, καθώς και στην ταχύτητα ροής του δείγματος προκαλούν μεταβολές στην κλίση της καμπύλης. Κάνουμε τότε τις κατάλληλες διορθώσεις, για να υπάρχει συμφωνία με τα προηγούμενα δεδομένα βαθμολόγησης.

## **6.5. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**

Τα τελευταία χρόνια η φλογοφωτομετρία έχει παραμεριστεί σε μεγάλο βαθμό από τη φασματοσκοπία ατομικής απορρόφησης. Αυτό οφείλεται μερικώς στο ότι η τελευταία δέχεται λιγότερες επιδράσεις από παρεμβολές άλλων στοιχείων και μερικώς στο ότι τα όρια ανίχνευσης που επιτυγχάνονται με τη φασματοσκοπία ατομικής απορρόφησης, είναι γενικά συγκρίσιμα από αυτά της εκπομπής σε φλόγα. Η κυριότερη εφαρμογή της φλογοφωτομετρίας είναι η μέτρηση του νατρίου και καλίου ειδικά στις κλινικές εφαρμογές. Επειδή αυτά τα στοιχεία έχουν απλά φάσματα εκπομπής, ακόμη και τα φωτόμετρα φίλτρου δίνουν ικανοποιητικό φασματικό διαχωρισμό

Η φασματοσκοπία ατομικής απορρόφησης χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό 70 περίπου στοιχείων. Οι εφαρμογές περιλαμβάνουν κλινικά και βιολογικά δείγματα, ιατροδικαστικά υλικά, τρόφιμα και ποτά, νερό και βιομηχανικά απόβλητα, χρώματα, φυτά και λιπάσματα, σίδηρο, αστάλι και διάφορα άλλα κράματα, ορυκτά, προϊόντα πετρελαίου, φαρμακευτικά και καλλυντικά.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ, ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 7.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε θερμοκήπιο του Τ.Ε.Ι Μεσολογγίου και αποσκοπούσε στην ανάπτυξη τεχνογνωσίας για την αποφυγή πρόσληψης βαρέων μετάλλων από καλλιεργούμενα εδώδιμα φυτά υπό άρδευση με κακής ποιότητας αρδευτικό νερό. Επιδιωκόμενοι στόχοι ήταν: α) Μελέτη της προσρόφησης του καλίου, του ασβεστίου και του νατρίου υπό συνθήκες υψηλής αλατότητας και ρύπανσης σε φυτά αντιδίου. Για το σκοπό αυτό εγκαταστάθηκε πειραματικός σταθμός στον οποίο καλλιεργήθηκαν φυτά αντιδίου, (*Cichorium Endivia*) μέσα σε γλάστρες σε θερμοκηπιακή εγκατάσταση. (Εικ.7.1)



Εικόνα 7.1

### 7.2 ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

**ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ: ΡΟΚΑ-ΑΝΤΙΔΙ**  
**ΤΥΠΟΣ ΣΧΗΜΑΤΟΣ ΘΡΕΨΗΣ: Κανονικό**  
**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 10 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2005**

**ΣΥΝΤΑΓΗ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ**

E.C.	2,20 dS/m		
pH	5,6		
<b>ΔΟΧΕΙΟ Α 16 ΛΙΤΡΩΝ</b>			
1 Νιτρικό ασβέστιο	0,143 κιλά	143	2855,1
	0,056 κιλά	γραμμάρια	1127,9
2 Νιτρικό κάλιο	0,011 κιλά	56	216,5
3 Νιτρική αμμωνία	0,010 κιλά	γραμμάρια	190,8
		11	
4 Χηλικός σίδηρος 6% Fe		γραμμάρια	
		10	
		γραμμάρια	
<b>ΔΟΧΕΙΟ Β 16 ΛΙΤΡΩΝ 0,0</b>			
1 Νιτρικό κάλιο	0,132 κιλά	132	2631,8
2 Θεικό μαγνήσιο	0,035 κιλά	γραμμάρια	700,8
3 Νιτρικό μαγνήσιο	0,000 κιλά	35	0,0
4 Φωσφορικό μονοκάλιο	0,057 κιλά	γραμμάρια	1132,4
	0,006 κιλά	0	124,8
5 Θεικό κάλιο	0,000 λίτρα	γραμμάρια	0,0
6 Φωσφορικό οξύ	0,21 γραμμάρια	57	4,3
7 Θεικό μαγγάνιο	-0,58 γραμμάρια	γραμμάρια	-11,7
8 Θεικός ψευδάργυρος	0,05 γραμμάρια	6	1,0
	0,00 γραμμάρια	γραμμάρια	0,0
9 Θεικός χαλκός	0,64 γραμμάρια		12,8
10 Βορικό οξύ	0,00 γραμμάρια	0,21	0,0
11 Βόρακας	0,023 γραμμάρια	γραμμάρια	0,5
12 Solubor	0,00 γραμμάρια	-0,58	0,0
13		γραμμάρια	
Επταμολυβδαινικό αμμώνιο		0,05	
		γραμμάρια	
14 Μολυβδαινικό νάτριο		0,00	
		γραμμάρια	
		0,64	
		γραμμάρια	
		0,00	
		γραμμάρια	
		0,023	
		γραμμάρια	
		0,00	
		γραμμάρια	
<b>ΔΟΧΕΙΟ Γ (ΟΞΕΩΣ) 16 ΛΙΤΡΩΝ</b>			
1 Νιτρικό οξύ 68 %	0,037 λίτρα	37 κ.εκ.	

Στο πείραμα αυτό χρησιμοποιήθηκαν τριών ειδών θρεπτικά διαλύματα τα οποία προστέθηκαν σε δοχεία με συνολικό όγκο αντίστοιχα για το καθένα 16 λίτρων, τα οποία περιέχουν εν διαλύσει:

#### ΔΟΧΕΙΟ Α

ΝΙΤΡΙΚΟ ΑΣΒΕΣΤΙΟ	2855 gr
ΝΙΤΡΙΚΟ ΚΑΛΙΟ	1128 gr
ΝΙΤΡΙΚΗ ΑΜΜΩΝΙΑ	217 gr
ΧΗΛΙΚΟΣ ΣΙΔΗΡΟΣ	71 gr

#### ΔΟΧΕΙΟ Β

ΝΙΤΡΙΚΟ ΚΑΛΙΟ	1316 gr
ΘΕΙΙΚΟ ΜΑΓΝΗΣΙΟ	350 gr
ΜΚΡ	566 gr
ΘΕΙΪΚΟ ΚΑΛΙΟ	62,4 gr
ΘΕΙΪΚΟ ΜΑΓΓΑΝΙΟ	2,1 gr

#### ΔΟΧΕΙΟ Β-Zn

ΝΙΤΡΙΚΟ ΚΑΛΙΟ	1316,0 gr
ΘΕΙΪΚΟ ΜΑΓΝΗΣΙΟ	350,0 gr
ΜΚΡ	566,0 gr
ΘΕΙΪΚΟ ΚΑΛΙΟ	62,4 gr
ΘΕΙΪΚΟ ΜΑΓΓΑΝΙΟ	2,1 gr
ΘΕΙΪΚΟΣ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ	5,9 gr

#### ΔΟΧΕΙΟ Γ-(HNO<sub>3</sub>)

Προστέθηκαν 740ml HNO<sub>3</sub> πυκνό και φέραμε σε όγκο 16 lt. Πήραμε 800 ml HNO<sub>3</sub> και το προσθέσαμε **σε όλα** τα δοχεία λιπασμάτων (N και Zn).

#### ΚΑΔΜΙΟ

Όσον αφορά τις μεταχειρίσεις του καδμίου, παρασκευάστηκαν πέντε διαλύματα καδμίου, το οποίο προστέθηκε υπό μορφή CdSO<sub>4</sub> (πίνακας 7.2.1) Κάθε ποσότητα καδμίου που ζυγίστηκε με ζυγό ακριβείας, φέρει όγκο 1250ml σε πλαστικό μπουκάλι 15 lt H<sub>2</sub>O.

	<b>CdSO<sub>4</sub></b>	<b>ΕΝΔΕΙΞΗ ΖΥΓΟΥ</b> <b>(για ένα βαρέλι)</b>
ΣΔΚ0 (0ppm)	0	0
ΣΔΚ1 (1ppm)	29,6 mgr	ή 0,0296 gr*5 = 0,1480 gr
ΣΔΚ2 (5ppm)	148 mgr	ή 0,1480 gr*5 = 0,7400 gr
ΣΔΚ3 (10ppm)	296 mgr	ή 0,2960 gr*5 = 1,480 gr
ΣΔΚ4 (20ppm)	592 mgr	ή 0,5920 gr*5 = 2,960 gr

Πίνακας 7.2.1: διαλύματα καδμίου

Όλα τα παραπάνω έγιναν σε δύο μεταχειρισεις , δηλαδή:Η πρώτη μεταχειριση έγινε με ψευδάργυρο (Zn),και η δεύτερη χωρίς ψευδάργυρο.(πίνακας 7.2.2)

<b>1<sup>η</sup> ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ</b>	<b>2<sup>η</sup> ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ</b>
ΣΔΚ0 - Zn	ΣΔΚ0
ΣΔΚ1 - Zn	ΣΔΚ1
ΣΔΚ2 - Zn	ΣΔΚ2
ΣΔΚ3 - Zn	ΣΔΚ3
ΣΔΚ4 - Zn	ΣΔΚ4

Πίνακας 7.2.2

#### ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ - NaCl (gr)

Για κάθε μεταχείριση Na παρασκευάστηκαν αρχικά τέσσερα διαλύματα το καθένα όγκου 4 λίτρων.Έτσι στο πρώτο δοχείο ΣΔNa1,διαλύθηκαν 94 gr NaCl σε απιονισμένο νερό,στο δεύτερο δοχείο ΣΔNa2 διαλύθηκαν 188 gr NaCl σε απιονισμένο νερό,στο δοχείο ΣΔNa3 διαλύθηκαν 282 gr NaCl, ενώ στο δοχείο ΣΔNa0 δεν έγινε προσθήκη NaCl.(πίνακας 7.2.3)



ΣΔNa 0 (0 mM)	0 σε όγκο 4 lt H <sub>2</sub> O	STOCK ΔΙΑΛΥΜΑ
ΣΔNa 1 (20 mM)	94 gr σε όγκο 4 lt H <sub>2</sub> O	STOCK ΔΙΑΛΥΜΑ
ΣΔNa 2 (40 mM)	188 gr σε όγκο 4 lt H <sub>2</sub> O	STOCK ΔΙΑΛΥΜΑ
ΣΔNa 3 (60 mM)	282 g σε όγκο 4 lt H <sub>2</sub> O	STOCK ΔΙΑΛΥΜΑ

*Πίνακας 7.2.3*

Ο υπολογισμός των λιπασμάτων έγινε με τη βοήθεια λογισμικού προγράμματος, το οποίο χρησιμοποιείται για υδροπονικές καλλιέργειες (Savvas and Adamidis, 1999).

### **7.3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ**

Αρχικά έγινε σπορά φυτών αντιδίου σε σπορεία 198 θέσεων, τα οποία είχαν πληρωθεί με τύρφη ( $\gamma = 1,36 \text{ g / cm}^3$ ). Σε κάθε θέση έγινε σπορά κατά μέσο όρο 5 σπόρων. Στη συνέχεια προστέθηκε νερό ώστε το έδαφος να είναι αρκετά υγρό. Οι δίσκοι τοποθετήθηκαν σε ευήλιο μέρος, ενώ τα σπορεία διαβρέχονταν καθημερινά ώστε να διατηρείται η υγρασία στην τύρφη. Πέντε ημέρες μετά τη σπορά παρατηρήθηκε βλάστηση των φυτών του αντιδίου (Εικ. 7.3.1). Έντεκα ημέρες μετά τη βλάστηση πραγματοποιήθηκε αραιώμα των φυτών ώστε σε κάθε θέση να παραμείνουν τρία φυτά και κατά προτίμηση τα πιο εύρωστα.



*Εικόνα 7.3.1*

Είκοσι ημέρες αργότερα και ενώ τα ποτίσματα γίνονταν καθημερινά, πραγματοποιήθηκε μεταφύτευση των σποριόφυτων σε γλάστρες ,οι οποίες είχαν εγκατασταθεί στο θερμοκήπιο σε διάταξη διαιρούμενων τεμαχίων (split plot design) (Εικ. 7.3.3 και 7.3.4). Οι γλάστρες περιείχαν εδαφικό υπόστρωμα που αποτελούνταν από τύρφη και άμμο σπαστή ποταμίσια σε αναλογία 1:1 (Εικ. 7.3.2.)



*Εικόνα 7.3.2 Προετοιμασία του εδαφικού υποστρώματος. Ανάμιξη της τύρφης με την άμμο*



*Εικόνα 7.3.3 Εγκατάσταση των γλαστρών στο θερμοκήπιο σε διάταξη διαιρούμενων τεμαχίων (split plot design) .*

Cd NaCl	0 PPM (24 ΓΛΑΣΤΡΕΣ)		1 PPM (24 ΓΛΑΣΤΡΕΣ)		5 PPM (24 ΓΛΑΣΤΡΕΣ)		10 PPM (24 ΓΛΑΣΤΡΕΣ)		20 PPM (24 ΓΛΑΣΤΡΕΣ)	
	(0)  (30 ΓΛΑΣΤΡΕΣ)	A001	A004	A011	A014	A021	A024	A031	A034	A041
A002		A005	A012	A015	A022	A025	A032	A035	A042	A045
A003		A006	A013	A016	A023	A026	A033	A036	A043	A046
(1)  (30 ΓΛΑΣΤΡΕΣ)  20 mM	A101	A104	A111	A114	A121	A124	A131	A134	A141	A144
	A102	A105	A112	A115	A122	A125	A132	A135	A142	A145
	A103	A106	A113	A116	A123	A126	A133	A136	A143	A146
(2)  (30 ΓΛΑΣΤΡΕΣ)  40 mM	A201	A204	A211	A214	A221	A224	A231	A234	A241	A244
	A202	A205	A212	A215	A222	A225	A232	A235	A242	A245
	A203	A206	A213	A216	A223	A226	A233	A236	A243	A246
(3)  (30 ΓΛΑΣΤΡΕΣ)  60 mM	A301	A304	A311	A314	A321	A324	A331	A334	A341	A344
	A302	A305	A312	A315	A322	A325	A332	A335	A342	A345
	A303	A306	A313	A316	A323	A326	A333	A336	A343	A346

Εικόνα 7.3.4



Παράλληλα έγινε μεταφύτευση σε 20 επιπλέον γλάστρες που χρησιμοποιήθηκαν ως εναλλακτικές. Η πρώτη άρδευση έγινε στις 24/11/05, με ποσότητα 125 ml των λιπασμάτων που αντιστοιχούσαν σε κάθε μεταχείριση NaCl σε κάθε γλάστρα. Η δεύτερη άρδευση στις 2/12/05 όπου και έγινε η πρώτη εφαρμογή με λιπάσματα, η τρίτη άρδευση έγινε στις 8/12/05 και η τέταρτη και τελευταία στις 13/12/05.



*Εικόνα 7.3.5 Διάταξη των φυτών στο χώρο του θερμοκηπίου*

Όταν τελειώσανε οι αρδεύσεις απομακρύνθηκαν από το χώρο του θερμοκηπίου όλες οι γλάστρες και μεταφέρθηκαν στο χώρο του εργαστηρίου. Αφαιρέθηκε το έδαφος από τις γλάστρες προσεχτικά για να μη καταστραφεί το πλέον ευαίσθητο μέρος του φυτού, δηλαδή το ριζικό του σύστημα. Στη συνέχεια ξεπλύθηκαν οι ρίζες των φυτών (Εικ. 7.3.6) και μετρήθηκε το μήκος της ρίζας και του υπέργειου τμήματος του φυτού. Ακολούθησε τεμαχισμός των φυτών, ζύγιση για τον προσδιορισμό της νωπής μάζας της ρίζας και του υπέργειου τμήματος (Εικ. 7.3.7) και

τοποθέτηση των δειγμάτων στο πυριαντήριο στους 60°C έως την ξήρανσή τους.



Εικόνα 6.3.6



Εικόνα 6.3.7



Αφού έχασαν όλη την υγρασία τους, τα δείγματα κονιορτοποιήθηκαν και αποθηκεύτηκαν σε πλαστικά μπουκαλάκια (Εικ.6.3.8). Στη συνέχεια τοποθετήθηκε ποσότητα του κάθε δείγματος, μάζας 0,50 gr (μερικές ρίζες δεν συμπλήρωναν 0,50 αλλά λιγότερο αυτό όμως αναγράφεται δίπλα στον κωδικό του δείγματος), σε πορσελάνινες κάψες που με την σειρά τους τοποθετήθηκαν στο φούρνο.



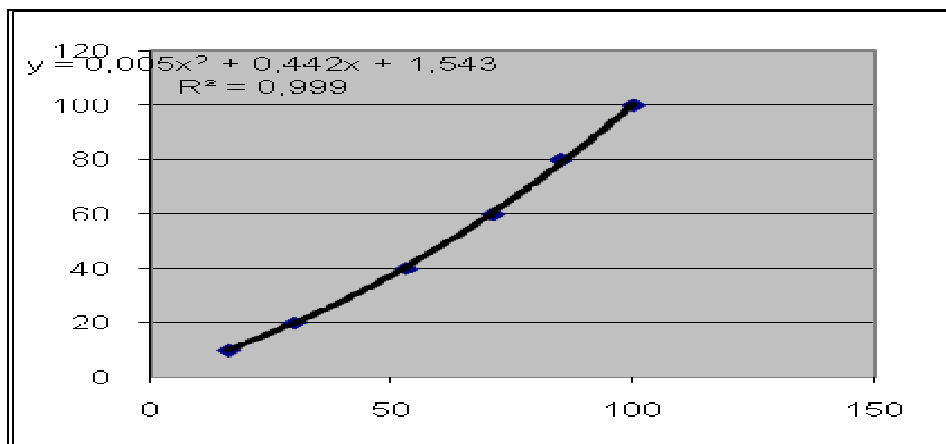
*Εικόνα 6.3.8 Κονιορτοποίηση των δειγμάτων*

Τα δείγματα κήκαν στους 550 ° C για 8 – 12 ώρες και στη συνέχεια με τσιμπίδα οδηγήθηκαν σε απαγωγό αερίων. Η επεξεργασία των δειγμάτων στη συνέχεια περιέλαβε τα εξής: προσθήκη 3 ml πυκνού  $\text{HNO}_3$ , πέρασμα από ηθμό για τη συγκράτηση τυχόν στερεών σωματιδίων και αραιώση με απεσταγμένο νερό μέχρις όγκου 50 ml. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικά μπουκαλάκια στα οποία είχε επίσης αναγραφεί ο αντίστοιχος κωδικός. Στη συνέχεια έγινε ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε Ca, K, Na, των δειγμάτων με τη χρήση φλογοφωτόμετρου. Επειδή οι συγκεντρώσεις των στοιχείων σε PPM ήταν μεγαλύτερες από τις επιτρεπόμενες, χρειάστηκε να γίνουν αραιώσεις. Από τα δείγματα λοιπόν τα ήδη διαλυτοποιημένα, αφαιρέθηκαν 5 ml τα οποία προστέθηκαν σε 45 ml υπερκαθαρό νερό.

Η διαδικασία ανάλυσης των δειγμάτων έγινε ως εξής: Προετοιμάστηκε μια σειρά από πρότυπα 10, 20, 40, 60, 80, 100 ppm, ώστε να καλυφθεί η περιοχή συγκεντρώσεων που μας ενδιαφέρει. Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε Ca, K, Na, έγινε με βάση τις παρακάτω καμπύλες εργασίας. Έγιναν οι κατάλληλες διορθώσεις (αραιώσεις), όπου χρειάστηκε ώστε να υπάρχει συμφωνία με τα δεδομένα βαθμολόγησης. Οι καμπύλες εργασίας φαίνονται παρακάτω:

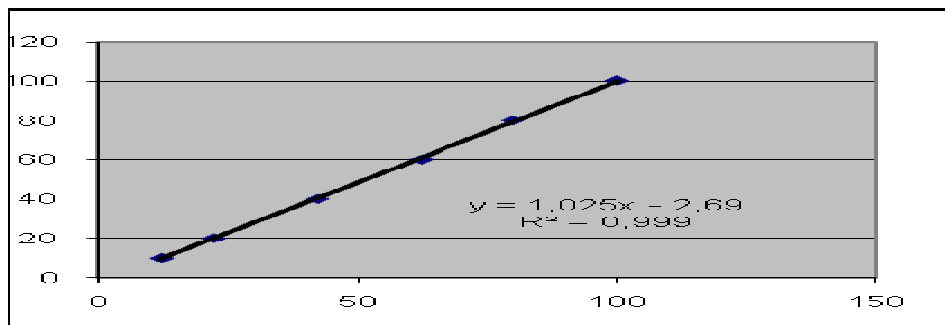
### Κ

ΠΡΟΤΥΠΑ (ΣΕ ΡΡΜ)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ
10	16
20	30
40	53
60	71
80	85
100	100



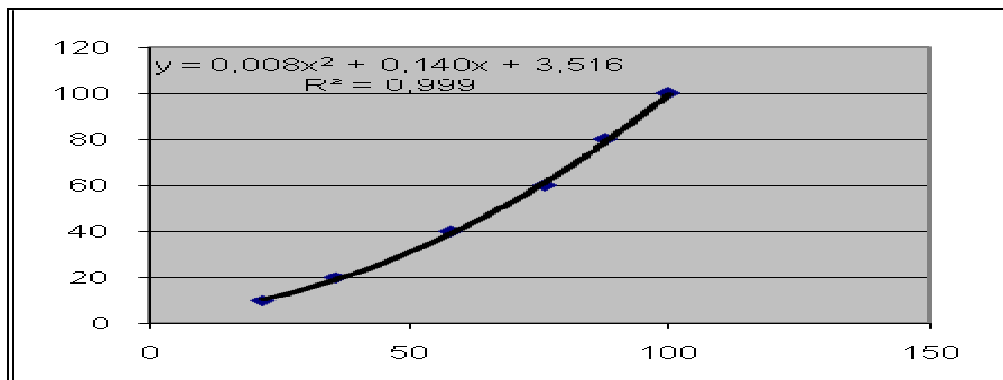
### Ca

ΠΡΟΤΥΠΑ (ΣΕ ΡΡΜ)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ
10	12
20	22
40	42
60	62
80	80
100	100



## Na

ΠΡΟΤΥΠΑ (ΣΕ ΡΡΜ)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ
10	22
20	36
40	58
60	76
80	88
100	100



Σύμφωνα λοιπόν με αυτές τις καμπύλες έγινε ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας των δειγμάτων σε Ca, K, Na, καθώς και οι κατάλληλες διορθώσεις (αραιώσεις) όπου χρειάστηκε. Οι παρακάτω πίνακες δείχνουν αναλυτικά τις τιμές που προέκυψαν κατά την ανάλυση κάθε δείγματος ξεχωριστά. Γνωρίζοντας το βάρος δειγμάτων και την ένδειξη φλογοφωτομέτρου για κάθε στοιχείο, με τη βοήθεια των εξισώσεων κάθε καμπύλης, προκύπτουν τα αποτελέσματα που παρατίθενται στους παρακάτω πίνακες.



ΡΙΖΕΣ ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ Zn

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A004	0,20	6,00	3,50	787,20	0,10
A005	0,30	7,00	4,50	831,30	0,10
A006	0,30	6,00	3,50	666,10	0,10

		ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A004	0,20	24,00	15,30	34850,70	3,50
A005	0,30	21,00	13,30	24563,00	2,50
A006	0,30	26,00	16,80	32249,00	3,20

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A004	0,20	34,00	17,50	3985,90	0,40
A005	0,30	29,00	14,30	2651,10	0,30
A006	0,30	31,00	15,60	2991,70	0,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A014	0,20	10,00	7,60	1991,10	0,20
A015	0,20	5,00	2,40	530,00	0,10
A016	0,20	5,00	2,40	641,60	0,10

		ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A014	0,20	24,00	15,30	40353,40	4,00
A015	0,20	24,00	15,30	33335,40	3,30
A016	0,20	23,00	14,60	38508,40	3,90

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A014	0,20	30,00	14,90	3928,50	0,40
A015	0,20	23,00	11,00	2386,40	0,20
A016	0,20	31,00	15,60	4093,90	0,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca			
A024	0,20	6,00	3,50	865,90	0,10
A025	0,20	6,00	3,50	753,00	0,10
A026	0,20	7,00	4,50	935,30	0,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%		%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	
A024	0,20	23,00	14,60	36583,00	3,70
A025	0,20	26,00	16,80	36455,40	3,60
A026	0,20	27,00	17,50	36465,80	3,60

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na			
A024	0,20	25,00	12,00	3006,60	0,30
A025	0,20	27,00	13,10	2856,30	0,30
A026	0,20	24,00	11,50	2394,60	0,20

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca			
A034	0,20	5,00	2,40	677,20	0,10
A035	0,40	7,00	4,50	590,70	0,10
A036	0,20	6,00	3,50	911,50	0,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%		%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	
A034	0,20	18,00	11,30	31368,60	3,10
A035	0,40	42,00	29,80	39256,70	3,90
A036	0,20	17,00	10,70	28046,30	2,80

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na			
A034	0,20	22,00	10,50	2910,30	0,30
A035	0,40		3,50	462,70	0,00
A036	0,20	24,00	11,50	3024,70	0,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca			
A044	0,50	25,00	23,00	2295,00	0,20
A045	0,20	5,00	2,40	812,70	0,10
A046	0,20	6,00	3,50	787,20	0,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%		%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	
A044	0,50	44,00	31,70	31666,30	3,20
A045	0,20	21,00	13,30	44213,30	4,40
A046	0,20	26,00	16,80	38112,50	3,80

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na			
A044	0,50	35,00	18,20	1823,00	0,20
A045	0,20	22,00	10,50	3492,40	0,30
A046	0,20	25,00	12,00	2733,30	0,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca			
A104	0,30	7,00	4,50	660,20	0,10
A105	0,30	6,00	3,50	666,10	0,10
A106	0,30	6,00	3,50	641,40	0,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%		%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	
A104	0,30	34,00	23,00	33750,40	3,40
A105	0,30	26,00	16,80	32249,00	3,20
A106	0,30	36,00	24,60	45565,70	4,60

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na			
A104	0,30	46,00	26,90	3956,30	0,40
A105	0,30	36,00	18,90	3642,10	0,40
A106	0,30	44,00	25,20	4663,30	0,50

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca			
A114	0,30	6,00	3,50	666,10	0,10
A115	0,50	25,00	23,00	2295,00	0,20
A116	0,30	7,00	4,50	724,10	0,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%		%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	
A114	0,30	26,00	16,80	32249,00	3,20
A115	0,50	36,00	24,60	24605,50	2,50
A116	0,30	31,00	20,60	33145,20	3,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na			
A114	0,30	37,00	19,70	3781,40	0,40
A115	0,50	43,00	24,30	2434,60	0,20
A116	0,30	40,00	21,90	3537,50	0,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca			
A124	0,40	7,00	4,50	623,50	0,10
A125	0,20	7,00	4,50	935,30	0,10
A126	0,20	4,00	1,40	441,40	0,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%		%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	
A124	0,40	41,00	28,90	40188,90	4,00
A125	0,20	28,00	18,20	38018,10	3,80
A126	0,20	19,00	11,90	37308,80	3,70

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na			
A124	0,40	43,00	24,30	3381,30	0,30
A125	0,20	35,00	18,20	3798,00	0,40
A126	0,20	25,00	12,00	3758,20	0,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca			
A134	0,50	12,00	9,60	981,30	0,10
A135	0,30	7,00	4,50	801,60	0,10
A136	0,20	5,00	2,40	717,10	0,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%		%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	
A134	0,50	45,00	32,60	33263,70	3,30
A135	0,30	33,00	22,10	39534,30	4,00
A136	0,20	22,00	13,90	41009,10	4,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na			
A134	0,50	42,00	23,50	2400,50	0,20
A135	0,30	30,00	14,90	2665,80	0,30
A136	0,20	26,00	12,60	3698,40	0,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca			
A144	0,50	7,00	4,50	467,60	0,10
A145	0,20	5,00	2,40	530,00	0,10
A146	0,50	7,00	4,50	498,80	0,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%		%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	
A144	0,50	51,00	38,40	40022,90	4,00
A145	0,20	28,00	18,20	39671,10	4,00
A146	0,50	52,00	39,40	43812,30	4,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na			
A144	0,50	45,00	26,00	2711,90	0,30
A145	0,20	31,00	15,60	3381,90	0,30
A146	0,50	47,00	27,80	3087,50	0,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca			
A204	0,30	7,00	4,50	774,00	0,10
A205	0,30	6,00	3,50	692,70	0,10
A206	0,30	7,00	4,50	774,00	0,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K			
				ΑΡΑΙΩΣΗ 10%	
A204	0,30	30,00	19,80	34089,50	3,40
A205	0,30	27,00	17,50	35007,20	3,50
A206	0,30	28,00	18,20	31463,30	3,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na			
A204	0,30	40,00	21,90	3781,40	0,40
A205	0,30	47,00	27,80	5557,40	0,60
A206	0,30	38,00	20,40	3517,80	0,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca			
A214	0,30	6,00	3,50	524,80	0,10
A215	0,30	6,00	3,50	597,20	0,10
A216	0,30	6,00	3,50	577,30	0,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K			
				ΑΡΑΙΩΣΗ 10%	
A214	0,30	38,00	26,30	39855,60	4,00
A215	0,30	35,00	23,80	40986,90	4,10
A216	0,30	42,00	29,80	49725,20	5,00

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na			
A214	0,30	42,00	23,50	3564,40	0,40
A215	0,30	43,00	24,30	4197,50	0,40
A216	0,30	46,00	26,90	4483,80	0,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca			
A224	0,40	5,00	2,40	320,80	0,10
A225	0,20	4,00	1,40	294,30	0,10
A226	0,40	7,00	4,50	623,50	0,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K			
				ΑΡΑΙΩΣΗ 10%	
A224	0,40	29,00	19,00	25006,30	2,50
A225	0,20	23,00	14,60	30485,80	3,00
A226	0,40	27,00	17,50	24310,60	2,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na			
A224	0,40	40,00	21,90	2885,80	0,30
A225	0,20	33,00	16,90	3512,80	0,40
A226	0,40	36,00	18,90	2630,40	0,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca			
A234	0,40	9,00	6,50	883,80	0,10
A235	0,20	6,00	3,50	962,10	0,10
A236	0,20	6,00	3,50	753,00	0,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K			
				ΑΡΑΙΩΣΗ 10%	
A234	0,40	33,00	22,10	29917,80	3,00
A235	0,20	22,00	13,90	38730,80	3,90
A236	0,20	24,00	15,30	33335,40	3,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na			
A234	0,40	35,00	18,20	2463,60	0,20
A235	0,20	26,00	12,60	3493,00	0,30
A236	0,20	29,00	14,30	3112,20	0,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A244	0,30	6,00	3,50	577,30	0,10
A245	0,40	13,00	10,60	1330,40	0,10
A246	0,10	7,00	4,50	2244,60	0,20

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
				ΑΡΑΙΩΣΗ 10%	
A244	0,30	23,00	14,60	24388,70	2,40
A245	0,40	25,00	16,00	20058,00	2,00
A246	0,10	25,00	16,00	80232,00	8,00

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A244	0,30	25,00	12,00	2004,40	0,20
A245	0,40	34,00	17,50	2192,20	0,20
A246	0,10	25,00	12,00	6013,20	0,60

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A304	0,20	6,00	3,50	753,00	0,10
A305	0,20	5,00	2,40	761,90	0,10
A306	0,30	5,00	2,40	468,80	0,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
				ΑΡΑΙΩΣΗ 10%	
A304	0,20	30,00	19,80	42982,40	4,30
A305	0,20	23,00	14,60	45728,80	4,60
A306	0,30	25,00	16,00	30858,50	3,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A304	0,20	40,00	21,90	4767,90	0,50
A305	0,20	35,00	18,20	5697,00	0,60
A306	0,30	36,00	18,90	3642,10	0,40



ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca			
A314	0,50	18,00	15,80	1577,10	0,20
A315	0,50	5,00	2,40	270,90	0,10
A316	0,20	5,00	2,40	761,90	0,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Κ		PPM ΙΣΤΟΥ	
A314	0,50	44,00	31,70	31666,30	3,20
A315	0,50	42,00	29,80	33150,10	3,30
A316	0,20	20,00	12,60	39362,20	3,90

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na			
A314	0,50	62,00	43,00	4297,30	0,40
A315	0,50	56,00	36,50	4051,90	0,40
A316	0,20	30,00	14,90	4665,10	0,50

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca			
A324	0,30	10,00	7,60	1182,20	0,10
A325	0,20	5,00	2,40	761,90	0,10
A326	0,20	7,00	4,50	935,30	0,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Κ		PPM ΙΣΤΟΥ	
A324	0,30	38,00	26,30	41101,10	4,10
A325	0,20	25,00	16,00	50145,00	5,00
A326	0,20	30,00	19,80	41191,50	4,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na			
A324	0,30	48,00	28,70	4482,40	0,40
A325	0,20	32,00	16,20	5062,80	0,50
A326	0,20	38,00	20,40	4250,70	0,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ		%	
		Ca	PPM DIAL		PPM ΙΣΤΟΥ
A334	0,30	7,00	4,50	701,40	0,10
A335	0,30	7,00	4,50	701,40	0,10
A336	0,30	6,00	3,50	541,20	0,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ		ΑΠΑΙΩΣΗ 10%	
		K	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A334	0,30	34,00	23	35859,80	3,60
A335	0,30	32,00	21,3	33342,30	3,30
A336	0,30	37,00	25,4	39765,00	4,00

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ		%	
		Na	PPM DIAL		PPM ΙΣΤΟΥ
A334	0,30	46,00	26,90	4203,50	0,40
A335	0,30	45,00	26,00	4067,90	0,40
A336	0,30	43,00	24,30	3804,00	0,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ		%	
		Ca	PPM DIAL		PPM ΙΣΤΟΥ
A344	0,30	6,00	3,50	641,40	0,10
A345	0,20	6,00	3,50	787,20	0,10
A346	0,40	5,00	2,40	348,30	0,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ		ΑΠΑΙΩΣΗ 10%	
		K	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A344	0,30	29,00	19,00	35194,10	3,50
A345	0,20	26,00	16,80	38112,50	3,80
A346	0,40	33,00	22,10	31627,40	3,20

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ		%	
		Na	PPM DIAL		PPM ΙΣΤΟΥ
A344	0,30	36,00	18,90	3507,20	0,40
A345	0,20	32,00	16,20	3682,10	0,40
A346	0,40	40,00	21,90	3133,20	0,30

ΡΙΖΕΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗ Zn

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A001	0,20	5,00	2,40	761,90	0,10
A002	0,40	26,00	24,00	2854,20	0,30
A003	0,20	5,00	2,40	761,90	0,10

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Κ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A001	0,20	18,00	11,30	35289,70	3,50
A002	0,40	27,00	17,50	20837,60	2,10
A003	0,20	16,00	10,00	31354,70	3,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A001	0,20	22,00	10,50	3274,10	0,30
A002	0,40	34,00	17,50	2087,80	0,20
A003	0,20	23,00	11,00	3430,50	0,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A011	0,30	7,00	4,50	801,60	0,10
A012	0,20	6,00	3,50	824,70	0,10
A013	0,20	6,00	3,50	824,70	0,10

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Κ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A011	0,30	31,00	20,60	36696,40	3,70
A012	0,20	27,00	17,50	41675,20	4,20
A013	0,20	25,00	16,00	38205,70	3,80

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A011	0,30	32,00	16,20	2893,10	0,30
A012	0,20	33,00	16,90	4014,60	0,40
A013	0,20	29,00	14,30	3408,50	0,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A021	0,20	5,00	2,40	554,10	0,10
A022	0,20	6,00	3,50	753,00	0,10
A023	0,20	6,00	3,50	1018,70	0,10

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Κ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A021	0,20	25,00	16,00	36469,10	3,60
A022	0,20	28,00	18,20	39671,10	4,00
A023	0,20	20,00	12,60	37046,80	3,70

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A021	0,20	25,00	12,00	2733,30	0,30
A022	0,20	27,00	13,10	2856,30	0,30
A023	0,20	22,00	10,50	3081,50	0,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A031	0,20	6,00	3,50	787,20	0,10
A032	0,30	6,00	3,50	641,40	0,10
A033	0,20	6,00	3,50	787,20	0,10

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Κ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A031	0,20	27,00	17,50	39780,90	4,00
A032	0,30	31,00	20,60	38055,60	3,80
A033	0,20	31,00	20,60	46704,50	4,70

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A031	0,20	24,00	11,50	2612,30	0,30
A032	0,30	41,00	22,70	4207,50	0,40
A033	0,20	30,00	14,90	3392,80	0,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca			
A041	0,20	17,00	14,70	3351,20	0,30
A042	0,30	16,00	13,70	2078,70	0,20
A043	0,30	9,00	6,50	1211,20	0,10

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K			
A041	0,20	20,00	12,60	28627,00	2,90
A042	0,30	30,00	19,80	29957,40	3,00
A043	0,30	28,00	18,20	33793,90	3,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na			
A041	0,20	19,00	9,10	2061,80	0,20
A042	0,30	27,00	13,10	1990,80	0,20
A043	0,30	30,00	14,90	2764,50	0,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca			
A101	0,30	6,00	3,50	597,20	0,10
A102	0,30	8,00	5,50	835,60	0,10
A103	0,30	7,00	4,50	724,10	0,10

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K			
A101	0,30	32,00	21,30	36791,60	3,70
A102	0,30	30,00	19,80	29957,40	3,00
A103	0,30	31,00	20,60	33145,20	3,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
		ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na			
A101	0,30	42,00	23,50	4056,10	0,40
A102	0,30	38,00	20,40	3091,40	0,30
A103	0,30	42,00	23,50	3794,40	0,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A111	0,40	11,00	8,60	1074,00	0,10
A112	0,30	18,00	15,80	2389,50	0,20
A113	0,20	6,00	3,50	787,20	0,10

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Κ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A111	0,40	40,00	28,00	35059,90	3,50
A112	0,30	30,00	19,80	29957,40	3,00
A113	0,20	31,00	20,60	46704,50	4,70

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A111	0,40	44,00	25,20	3147,70	0,30
A112	0,30	37,00	19,70	2979,30	0,30
A113	0,20	36,00	18,90	4304,30	0,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A121	0,30	8,00	5,50	984,80	0,10
A122	0,20	5,00	2,40	530,00	0,10
A123	0,30	8,00	5,50	811,00	0,10

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Κ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A121	0,30	28,00	18,20	32587,00	3,30
A122	0,20	18,00	11,30	24549,30	2,50
A123	0,30	33,00	22,10	32557,60	3,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A121	0,30	39,00	21,20	3778,60	0,40
A122	0,20	29,00	14,30	3112,20	0,30
A123	0,30	39,00	21,20	3111,80	0,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A131	0,50	24,00	21,90	2192,40	0,20
A132	0,20	6,00	3,50	865,90	0,10
A133	0,30	8,00	5,50	919,10	0,10

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Κ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A131	0,50	35,00	23,80	23772,40	2,40
A132	0,20	24,00	15,30	38335,80	3,80
A133	0,30	30,00	19,80	32953,20	3,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A131	0,50	35,00	18,20	1823,00	0,20
A132	0,20	26,00	12,60	3143,70	0,30
A133	0,30	34,00	17,50	2923,00	0,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A141	0,30	6,00	3,50	524,80	0,10
A142	0,20	5,00	2,40	530,00	0,10
A143	0,30	5,00	2,40	420,30	0,10

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Κ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A141	0,30	38,00	26,30	39855,60	4,00
A142	0,20	28,00	18,20	39671,10	4,00
A143	0,30	34,00	23,00	39569,50	4,00

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A141	0,30	37,00	19,70	2979,30	0,30
A142	0,20	31,00	15,60	3381,90	0,30
A143	0,30	38,00	20,40	3517,80	0,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A201	0,30	6,00	3,50	666,10	0,10
A202	0,30	8,00	5,50	861,70	0,10
A203	0,20	6,00	3,50	721,60	0,10

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A201	0,30	28,00	18,20	35093,70	3,50
A202	0,30	36,00	24,60	38446,10	3,80
A203	0,20	24,00	15,30	31946,50	3,20

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A201	0,30	30,00	14,90	2870,80	0,30
A202	0,30	43,00	24,30	3804,00	0,40
A203	0,20	46,00	26,90	5604,70	0,60

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	Ca	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A211	0,30	7,00	4,50	701,40	0,10
A212	0,10	4,00	1,40	588,50	0,10
A213	0,20	5,00	2,40	554,10	0,10

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A211	0,30	38,00	26,30	41101,10	4,10
A212	0,10	15,00	9,40	39251,70	3,90
A213	0,20	29,00	19,00	43192,70	4,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A211	0,30	47,00	27,80	4341,70	0,40
A212	0,10	26,00	12,60	5239,50	0,50
A213	0,20	40,00	21,90	4984,60	0,50



ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A221	0,40	9,00	6,50	838,50	0,10
A222	0,20	4,00	1,40	441,40	0,10
A223	0,30	6,00	3,50	558,60	0,10

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A221	0,40	32,00	21,30	27357,80	2,70
A222	0,20	15,00	9,40	29438,80	2,90
A223	0,30	28,00	18,20	29433,40	2,90

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A221	0,40	40,00	21,90	2811,80	0,30
A222	0,20	29,00	14,30	4473,70	0,40
A223	0,30	36,00	18,90	3054,60	0,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A231	0,50	12,00	9,60	1068,60	0,10
A232	0,30	7,00	4,50	701,40	0,10
A233	0,50	25,00	23,00	2550,00	0,30

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A231	0,50	36,00	24,60	27339,40	2,70
A232	0,30	35,00	23,80	37144,40	3,70
A233	0,50	34,00	23,00	25500,30	2,60

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A231	0,50	42,00	23,50	2613,90	0,30
A232	0,30	39,00	21,20	3306,20	0,30
A233	0,50	42,00	23,50	2613,90	0,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A241	0,50	51,00	49,60	4961,60	0,50
A242	0,30	6,00	3,50	541,20	0,10
A243	0,20	5,00	2,40	507,90	0,10

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Κ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A241	0,50	35,00	23,80	23772,40	2,40
A242	0,30	32,00	21,30	33342,30	3,30
A243	0,20	25,00	16,00	33430,00	3,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A241	0,50	45,00	26,00	2603,40	0,30
A242	0,30	37,00	19,70	3072,40	0,30
A243	0,20	27,00	13,10	2737,30	0,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A301	0,30	5,00	2,40	487,60	0,10
A302	0,30	8,00	5,50	861,70	0,10
A303	0,20	5,00	2,40	717,10	0,10

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Κ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A301	0,30	32,00	21,30	42678,20	4,30
A302	0,30	36,00	24,60	38446,10	3,80
A303	0,20	20,00	12,60	37046,80	3,70

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A301	0,30	45,00	26,00	5206,90	0,50
A302	0,30	48,00	28,70	4482,40	0,40
A303	0,20	36,00	18,90	5570,20	0,60

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A311	0,30	7,00	4,50	748,20	0,10
A312	0,30	7,00	4,50	748,20	0,10
A313	0,50	19,00	16,80	1679,60	0,20

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Κ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A311	0,30	34,00	23,00	38250,50	3,80
A312	0,30	21,00	13,30	22106,70	2,20
A313	0,50	39,00	27,20	27170,80	2,70

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A311	0,30	41,00	22,70	3786,80	0,40
A312	0,30	40,00	21,90	3655,40	0,40
A313	0,50	47,00	27,80	2778,70	0,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A321	0,30	7,00	4,50	774,00	0,10
A322	0,30	7,00	4,50	863,30	0,10
A323	0,40	9,00	6,50	817,60	0,10

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Κ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A321	0,30	39,00	27,20	46846,20	4,70
A322	0,30	35,00	23,80	45716,20	4,60
A323	0,40	45,00	32,60	40748,00	4,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A321	0,30	44,00	25,20	4341,70	0,40
A322	0,30	46,00	26,90	5173,60	0,50
A323	0,40	53,00	33,40	4178,70	0,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A331	0,50	12,00	9,60	961,70	0,10
A332	0,40	8,00	5,50	745,20	0,10
A333	0,20	8,00	5,50	1531,90	0,20

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Κ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A331	0,50	41,00	28,90	28936,00	2,90
A332	0,40	34,00	23,00	31013,90	3,10
A333	0,20	25,00	16,00	44573,30	4,50

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A331	0,50	54,00	34,40	3442,60	0,30
A332	0,40	50,00	30,50	4126,50	0,40
A333	0,20	35,00	18,20	5064,00	0,50

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A341	0,50	9,00	6,50	654,00	0,10
A342	0,40	8,00	5,50	707,00	0,10
A343	0,50	10,00	7,60	772,00	0,10

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Κ	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A341	0,50	49,00	36,40	36436,80	3,60
A342	0,40	38,00	26,30	33724,00	3,40
A343	0,50	48,00	35,50	36184,40	3,60

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ΙΣΤΟΥ	%
A341	0,50	63,00	44,10	4411,40	0,40
A342	0,40	54,00	34,40	4413,60	0,40
A343	0,50	57,00	37,50	3827,70	0,40

ΒΛΑΣΤΟΣ ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ Zn

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A004	0,50	8,00	5,50	5514,80	0,60
A005	0,50	9,00	6,50	6540,40	0,70
A006	0,50	7,00	4,50	4489,20	0,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
				ΑΠΑΙΩΣΗ 10%	
A004	0,50	83,00	76,20	76169,20	7,60
A005	0,50	83,00	76,20	76169,20	7,60
A006	0,50	78,00	69,50	69528,70	7,00

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A004	0,50	64,00	45,30	4527,00	0,50
A005	0,50	59,00	39,60	3964,80	0,40
A006	0,50	63,00	44,10	4411,40	0,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A014	0,50	7,00	4,50	4489,20	0,40
A015	0,50	5,00	2,40	2438,00	0,20
A016	0,50	11,00	8,60	8591,60	0,90

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
				ΑΠΑΙΩΣΗ 10%	
A014	0,50	77,00	68,20	68233,60	6,80
A015	0,50	75,00	65,70	65676,40	6,60
A016	0,50	71,00	60,70	60694,00	6,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A014	0,50	66,00	47,60	4763,10	0,50
A015	0,50	55,00	35,40	3543,80	0,40
A016	0,50	59,00	39,60	3964,80	0,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A024	0,50	13,00	10,60	<b>10642,80</b>	<b>1,10</b>
A025	0,50	9,00	6,50	<b>6540,40</b>	<b>0,70</b>
A026	0,50	12,00	9,60	<b>9617,20</b>	<b>1,00</b>

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A024	0,50	80,00	72,20	72151,90	7,20
A025	0,50	73,00	63,20	63163,20	6,30
A026	0,50	74,00	64,40	64414,30	6,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A024	0,50	68,00	50,10	5005,60	0,50
A025	0,50	57,00	37,50	3751,10	0,40
A026	0,50	65,00	46,40	4644,20	0,50

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A034	0,50	9,00	6,50	<b>6540,40</b>	<b>0,70</b>
A035	0,50	9,00	6,50	<b>6540,40</b>	<b>0,70</b>
A036	0,50	18,00	15,80	<b>15770,80</b>	<b>1,60</b>

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A034	0,50	81,00	73,50	73480,00	7,30
A035	0,50	84,00	77,50	77530,30	7,80
A036	0,50	75,00	65,70	65676,40	6,60

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A034	0,50	62,00	43,00	4297,30	0,40
A035	0,50	66,00	47,60	4763,10	0,50
A036	0,50	56,00	36,50	3646,70	0,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A044	0,50	16,00	13,70	<b>13719,60</b>	<b>1,40</b>
A045	0,50	10,00	7,60	<b>7566,00</b>	<b>0,80</b>
A046	0,50	9,00	6,50	<b>6540,40</b>	<b>0,70</b>

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A044	0,50	74,00	64,40	64414,30	6,40
A045	0,50	80,00	72,20	72151,90	7,20
A046	0,50	76,00	66,90	66949,50	6,70

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A044	0,50	60,00	40,70	4074,00	0,40
A045	0,50	57,00	37,50	3751,10	0,40
A046	0,50	59,00	39,60	3964,80	0,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A104	0,50	8,00	5,50	<b>5514,80</b>	<b>0,60</b>
A105	0,50	6,00	3,50	<b>3463,60</b>	<b>0,30</b>
A106	0,50	6,00	3,50	<b>3463,60</b>	<b>0,30</b>

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A104	0,50	75,00	65,70	65676,40	6,60
A105	0,50	84,00	77,50	77530,30	7,80
A106	0,50	74,00	64,40	64414,30	6,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A104	0,50	81,00	67,40	6737,70	0,70
A105	0,50	80,00	65,90	6594,80	0,70
A106	0,50	88,00	77,80	7782,40	0,80

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A114	0,50	7,00	4,50	4489,20	0,40
A115	0,50	8,00	5,50	5514,80	0,60
A116	0,50	8,00	5,50	5514,80	0,60

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A114	0,50	71,00	60,70	60694,00	6,10
A115	0,50	72,00	61,90	61923,10	6,20
A116	0,50	75,00	65,70	65676,40	6,60

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A114	0,50	69,00	51,30	5129,20	0,50
A115	0,50	77,00	61,80	6175,90	0,60
A116	0,50	76,00	60,40	6039,50	0,60

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A124	0,50	12,00	9,60	9617,20	1,00
A125	0,50	11,00	8,60	8591,60	0,90
A126	0,50	7,00	4,50	4489,20	0,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A124	0,50	69,00	58,30	58268,80	5,80
A125	0,50	79,00	70,80	70834,80	7,10
A126	0,50	74,00	64,40	64414,30	6,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A124	0,50	74,00	57,70	5771,40	0,60
A125	0,50	75,00	59,00	5904,60	0,60
A126	0,50	72,00	55,10	5509,70	0,60



ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A134	0,50	1,00	1,70	<b>1664,40</b>	<b>0,20</b>
A135	0,50	10,00	7,60	<b>7566,00</b>	<b>0,80</b>
A136	0,50	11,00	8,60	<b>8591,60</b>	<b>0,90</b>

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A134	0,50	2,00	2,50	2451,10	0,20
A135	0,50	77,00	68,20	68233,60	6,80
A136	0,50	75,00	65,70	65676,40	6,60

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A134	0,50	69,00	51,30	5129,20	0,50
A135	0,50	81,00	67,40	6737,70	0,70
A136	0,50	76,00	60,40	6039,50	0,60

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A144	0,50	10,00	7,60	<b>7566,00</b>	<b>0,80</b>
A145	0,50	8,00	5,50	<b>5514,80</b>	<b>0,60</b>
A146	0,50	9,00	6,50	<b>6540,40</b>	<b>0,70</b>

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A144	0,50	71,00	60,70	60694,00	6,10
A145	0,50	62,00	50,10	50127,10	5,00
A146	0,50	77,00	68,20	68233,60	6,80

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A144	0,50	68,00	50,10	5005,60	0,50
A145	0,50	73,00	56,40	5639,80	0,60
A146	0,50	71,00	53,80	5381,30	0,50

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A204	0,50	7,00	4,50	<b>4489,20</b>	<b>0,40</b>
A205	0,50	6,00	3,50	<b>3463,60</b>	<b>0,30</b>
A206	0,50	8,00	5,50	<b>5514,80</b>	<b>0,60</b>

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A204	0,50	77,00	68,20	68233,60	6,80
A205	0,50	80,00	72,20	72151,90	7,20
A206	0,50	82,00	74,80	74819,10	7,50

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A204	0,50	81,00	67,40	6737,70	0,70
A205	0,50	90,00	81,00	8095,20	0,80
A206	0,50	96,00	90,70	9072,30	0,90

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A214	0,50	10,00	7,60	<b>7566,00</b>	<b>0,80</b>
A215	0,50	9,00	6,50	<b>6540,40</b>	<b>0,70</b>
A216	0,50	11,00	8,60	<b>8591,60</b>	<b>0,90</b>

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A214	0,50	73,00	63,20	63163,20	6,30
A215	0,50	77,00	68,20	68233,60	6,80
A216	0,50	74,00	64,40	64414,30	6,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A214	0,50	70,00	52,50	5254,40	0,50
A215	0,50	77,00	61,80	6175,90	0,60
A216	0,50	75,00	59,00	5904,60	0,60

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A224	0,50	8,00	5,50	<b>5514,80</b>	<b>0,60</b>
A225	0,50	7,00	4,50	<b>4489,20</b>	<b>0,40</b>
A226	0,50	10,00	7,60	<b>7566,00</b>	<b>0,80</b>

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A224	0,50	69,00	58,30	58268,80	5,80
A225	0,50	75,00	65,70	65676,40	6,60
A226	0,50	79,00	70,80	70834,80	7,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A224	0,50	83,00	70,30	7028,20	0,70
A225	0,50	88,00	77,80	7782,40	0,80
A226	0,50	88,00	77,80	7782,40	0,80

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A234	0,50	11,00	8,60	<b>8591,60</b>	<b>0,90</b>
A235	0,50	7,00	4,50	<b>4489,20</b>	<b>0,40</b>
A236	0,50	10,00	7,60	<b>7566,00</b>	<b>0,80</b>

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A234	0,50	76,00	66,90	66949,50	6,70
A235	0,50	75,00	65,70	65676,40	6,60
A236	0,50	71,00	60,70	60694,00	6,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A234	0,50	82,00	68,80	6882,10	0,70
A235	0,50	80,00	65,90	6594,80	0,70
A236	0,50	84,00	71,80	7175,80	0,70

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A244	0,50	11,00	8,60	<b>8591,60</b>	<b>0,90</b>
A245	0,50	7,00	4,50	<b>4489,20</b>	<b>0,40</b>
A246	0,50	9,00	6,50	<b>6540,40</b>	<b>0,70</b>

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A244	0,50	76,00	66,90	66949,50	6,70
A245	0,50	69,00	58,30	58268,80	5,80
A246	0,50	71,00	60,70	60694,00	6,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A244	0,50	92,00	84,10	8414,50	0,80
A245	0,50	86,00	74,80	7475,90	0,70
A246	0,50	77,00	61,80	6175,90	0,60

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A304	0,50	8,00	5,50	<b>5514,80</b>	<b>0,60</b>
A305	0,50	6,00	3,50	<b>3463,60</b>	<b>0,30</b>
A306	0,50	8,00	5,50	<b>5514,80</b>	<b>0,60</b>

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A304	0,50	76,00	66,90	66949,50	6,70
A305	0,50	78,00	69,50	69528,70	7,00
A306	0,50	77,00	68,20	68233,60	6,80

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A304	0,50	87,00	76,30	7628,30	0,80
A305	0,50	85,00	73,30	7325,00	0,70
A306	0,50	91,00	82,50	8254,10	0,80

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
314	0,50	17,00	14,70	14745,20	1,50
A315	0,50	9,00	6,50	6540,40	0,70
A316	0,50	8,00	5,50	5514,80	0,60

ΑΠΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A314	0,50	76,00	66,90	66949,50	6,70
A315	0,50	81,00	73,50	73480,00	7,30
A316	0,50	70,00	59,50	59475,90	5,90

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A314	0,50	105,00	106,50	10645,80	1,10
A315	0,50	111,00	117,70	11766,90	1,20
A316	0,50	87,00	76,30	7628,30	0,80

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A324	0,50	14,00	11,70	11668,40	1,20
A325	0,50	7,00	4,50	4489,20	0,40
A326	0,50	9,00	6,50	6540,40	0,70

ΑΠΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A324	0,50	67,00	55,90	55887,60	5,60
A325	0,50	73,00	63,20	63163,20	6,30
A326	0,50	68,00	57,10	57072,70	5,70

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A324	0,50	85,00	73,30	7325,00	0,70
A325	0,50	93,00	85,80	8576,60	0,90
A326	0,50	93,00	85,80	8576,60	0,90

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A334	0,50	10,00	7,60	<b>7566,00</b>	<b>0,80</b>
A335	0,50	7,00	4,50	<b>4489,20</b>	<b>0,40</b>
A336	0,50	9,00	6,50	<b>6540,40</b>	<b>0,70</b>

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A334	0,50	72,00	61,90	61923,10	6,20
A335	0,50	66,00	54,70	54713,50	5,50
A336	0,50	68,00	57,10	57072,70	5,70

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A334	0,50	96,00	90,70	9072,30	0,90
A335	0,50	81,00	67,40	6737,70	0,70
A336	0,50	88,00	77,80	7782,40	0,80

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A344	0,50	9,00	6,50	<b>6540,40</b>	<b>0,70</b>
A345	0,50	8,00	5,50	<b>5514,80</b>	<b>0,60</b>
A346	0,50	9,00	6,50	<b>6540,40</b>	<b>0,70</b>

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A344	0,50	69,00	58,30	58268,80	5,80
A345	0,50	73,00	63,20	63163,20	6,30
A346	0,50	68,00	57,10	57072,70	5,70

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A344	0,50	99,00	95,80	9582,40	1,00
A345	0,50	98,00	94,10	9410,80	0,90
A346	0,50	95,00	89,10	8905,40	0,90

ΒΛΑΣΤΟΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗ Zn

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A001	0,50	9,00	6,50	6540,40	0,70
A002	0,50	9,00	6,50	6540,40	0,70
A003	0,50	9,00	6,50	6540,40	0,70

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A001	0,50	75,00	65,70	65676,40	6,60
A002	0,50	73,00	63,20	63163,20	6,30
A003	0,50	75,00	65,70	65676,40	6,60

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A001	0,50	60,00	40,70	4074,00	0,40
A002	0,50	62,00	43,00	4297,30	0,40
A003	0,50	63,00	44,10	4411,40	0,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A011	0,50	8,00	5,50	5514,80	0,60
A012	0,50	7,00	4,50	4489,20	0,40
A013	0,50	16,00	13,70	13719,60	1,40

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A011	0,50	77,00	68,20	68233,60	6,80
A012	0,50	87,00	81,70	81679,60	8,20
A013	0,50	73,00	63,20	63163,20	6,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A011	0,50	62,00	43,00	4297,30	0,40
A012	0,50	70,00	52,50	5254,40	0,50
A013	0,50	62,00	43,00	4297,30	0,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A021	0,50	10,00	7,60	7566,00	0,80
A022	0,50	7,00	4,50	4489,20	0,40
A023	0,50	9,00	6,50	6540,40	0,70

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A021	0,50	77,00	68,20	68233,60	6,80
A022	0,50	83,00	76,20	76169,20	7,60
A023	0,50	73,00	63,20	63163,20	6,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A021	0,50	62,00	43,00	4297,30	0,40
A022	0,50	58,00	38,60	3857,20	0,40
A023	0,50	53,00	33,40	3343,00	0,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A031	0,50	9,00	6,50	6540,40	0,70
A032	0,50	9,00	6,50	6540,40	0,70
A033	0,50	15,00	12,70	12694,00	1,30

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A031	0,50	77,00	68,20	68233,60	6,80
A032	0,50	77,00	68,20	68233,60	6,80
A033	0,50	73,00	63,20	63163,20	6,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A031	0,50	56,00	36,50	3646,70	0,40
A032	0,50	58,00	38,60	3857,20	0,40
A033	0,50	53,00	33,40	3343,00	0,30



ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A041	0,50	11,00	8,60	8591,60	0,90
A042	0,50	10,00	7,60	7566,00	0,80
A043	0,50	12,00	9,60	9617,20	1,00

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A041	0,50	81,00	73,50	73480,00	7,30
A042	0,50	77,00	68,20	68233,60	6,80
A043	0,50	79,00	70,80	70834,80	7,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A041	0,50	64,00	45,30	4527,00	0,50
A042	0,50	56,00	36,50	3646,70	0,40
A043	0,50	66,00	47,60	4763,10	0,50

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A101	0,50	6,00	3,50	3463,60	0,30
A102	0,50	6,00	3,50	3463,60	0,30
A103	0,50	7,00	4,50	4489,20	0,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A101	0,50	80,00	72,20	72151,90	7,20
A102	0,50	73,00	63,20	63163,20	6,30
A103	0,50	76,00	66,90	66949,50	6,70

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A101	0,50	79,00	64,50	6453,60	0,60
A102	0,50	81,00	67,40	6737,70	0,70
A103	0,50	84,00	71,80	7175,80	0,70

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A111	0,50	8,00	5,50	5514,80	0,60
A112	0,50	9,00	6,50	6540,40	0,70
A113	0,50	8,00	5,50	5514,80	0,60

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A111	0,50	64,00	52,40	52398,30	0,60
A112	0,50	72,00	61,90	61923,10	0,70
A113	0,50	73,00	63,20	63163,20	0,60

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A111	0,50	64,00	45,30	4527,00	0,50
A112	0,50	76,00	60,40	6039,50	0,60
A113	0,50	76,00	60,40	6039,50	0,60

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A121	0,50	8,00	5,50	5514,80	0,60
A122	0,50	8,00	5,50	5514,80	0,60
A123	0,50	8,00	5,50	5514,80	0,60

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A121	0,50	75,00	65,70	65676,40	6,60
A122	0,50	69,00	58,30	58268,80	5,80
A123	0,50	67,00	55,90	55887,60	5,60

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A121	0,50	78,00	63,10	6314,00	0,60
A122	0,50	73,00	56,40	5639,80	0,60
A123	0,50	71,00	53,80	5381,30	0,50

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A131	0,50	8,00	5,50	5514,80	0,60
A132	0,50	7,00	4,50	4489,20	0,40
A133	0,50	9,00	6,50	6540,40	0,70

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A131	0,50	82,00	74,80	74819,10	7,50
A132	0,50	71,00	60,70	60694,00	6,10
A133	0,50	76,00	66,90	66949,50	6,70

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A131	0,50	75,00	59,00	5904,60	0,60
A132	0,50	65,00	46,40	4644,20	0,50
A133	0,50	81,00	67,40	6737,70	0,70

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A141	0,50	11,00	8,60	8591,60	0,90
A142	0,50	8,00	5,50	5514,80	0,60
A143	0,50	10,00	7,60	7566,00	0,80

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A141	0,50	73,00	63,20	63163,20	6,30
A142	0,50	79,00	70,80	70834,80	7,10
A143	0,50	78,00	69,50	69528,70	7,00

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A141	0,50	73,00	56,40	5639,80	0,60
A142	0,50	77,00	61,80	6175,90	0,60
A143	0,50	82,00	68,80	6882,10	0,70

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ			
		Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A201	0,50	6,00	3,50	3463,60	0,30
A202	0,50	7,00	4,50	4489,20	0,40
A203	0,50	8,00	5,50	5514,80	0,60

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ			
		K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A201	0,50	75,00	65,70	65676,40	6,60
A202	0,50	78,00	69,50	69528,70	7,00
A203	0,50	81,00	73,50	73480,00	7,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ			
		Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A201	0,50	89,00	79,40	7938,00	0,80
A202	0,50	98,00	94,10	9410,80	0,90
A203	0,50	99,00	95,80	9582,40	1,00

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ			
		Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A211	0,50	9,00	6,50	6540,40	0,70
A212	0,50	8,00	5,50	5514,80	0,60
A213	0,50	9,00	6,50	6540,40	0,70

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ			
		K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A211	0,50	75,00	65,70	65676,40	6,60
A212	0,50	71,00	60,70	60694,00	6,10
A213	0,50	75,00	65,70	65676,40	6,60

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ			
		Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A211	0,50	82,00	68,80	6882,10	0,70
A212	0,50	81,00	67,40	6737,70	0,70
A213	0,50	85,00	73,30	7325,00	0,70

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A221	0,50	7,00	4,50	4489,20	0,40
A222	0,50	8,00	5,50	5514,80	0,60
A223	0,50	19,00	16,80	16796,40	1,70

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A221	0,50	70,00	59,50	59475,90	5,90
A222	0,50	69,00	58,30	58268,80	5,80
A223	0,50	80,00	72,20	72151,90	7,20

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A221	0,50	87,00	76,30	7628,30	0,80
A222	0,50	83,00	70,30	7028,20	0,70
A223	0,50	90,00	81,00	8095,20	0,80

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A231	0,50	8,00	5,50	5514,80	0,60
A232	0,50	9,00	6,50	6540,40	0,70
A233	0,50	15,00	12,70	12694,00	1,30

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A231	0,50	69,00	58,30	58268,80	5,80
A232	0,50	80,00	72,20	72151,90	7,20
A233	0,50	71,00	60,70	60694,00	6,10

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A231	0,50	86,00	74,80	7475,90	0,70
A232	0,50	95,00	89,10	8905,40	0,90
A233	0,50	83,00	70,30	7028,20	0,70

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A241	0,50	10,00	7,60	7566,00	0,80
A242	0,50	6,00	3,50	3463,60	0,30
A243	0,50	8,00	5,50	5514,80	0,60

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A241	0,50	68,00	57,10	57072,70	5,70
A242	0,50	72,00	61,90	61923,10	6,20
A243	0,50	73,00	63,20	63163,20	6,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A241	0,50	100,00	97,60	9755,60	1,00
A242	0,50	87,00	76,30	7628,30	0,80
A243	0,50	89,00	79,40	7938,00	0,80

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A301	0,50	8,00	5,50	5514,80	0,60
A302	0,50	9,00	6,50	6540,40	0,70
A303	0,50	7,00	4,50	4489,20	0,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A301	0,50	72,00	61,90	61923,10	6,20
A302	0,50	75,00	65,70	65676,40	6,60
A303	0,50	74,00	64,40	64414,30	6,40

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A301	0,50	96,00	90,70	9072,30	0,90
A302	0,50	95,00	89,10	8905,40	0,90
A303	0,50	90,00	81,00	8095,20	0,80

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A311	0,50	15,00	12,70	12694,00	0,90
A312	0,50	10,00	7,60	7566,00	0,90
A313	0,50	11,00	8,60	8591,60	0,80

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A311	0,50	71,00	60,70	60694,00	0,90
A312	0,50	69,00	58,30	58268,80	0,90
A313	0,50	70,00	59,50	59475,90	0,80

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A311	0,50	99,00	95,80	9582,40	1,00
A312	0,50	90,00	81,00	8095,20	0,80
A313	0,50	88,00	77,80	7782,40	0,80

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A321	0,50	9,00	6,50	6540,40	0,70
A322	0,50	9,00	6,50	6540,40	0,70
A323	0,50	10,00	7,60	7566,00	0,80

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A321	0,50	71,00	60,70	60694,00	6,10
A322	0,50	70,00	59,50	59475,90	5,90
A323	0,50	66,00	54,70	54713,50	5,50

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΡΑΙΩΣΗ 10%			
		ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A321	0,50	96,00	90,70	9072,30	0,90
A322	0,50	92,00	84,10	8414,50	0,80
A323	0,50	90,00	81,00	8095,20	0,80

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A331	0,50	11,00	8,60	8591,60	0,90
A332	0,50	8,00	5,50	5514,80	0,60
A333	0,50	7,00	4,50	4489,20	0,40

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A331	0,50	80,00	72,20	72151,90	7,20
A332	0,50	69,00	58,30	58268,80	5,80
A333	0,50	73,00	63,20	63163,20	6,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A331	0,50	101,00	99,30	9930,50	1,00
A332	0,50	88,00	77,80	7782,40	0,80
A333	0,50	71,00	53,80	5381,30	0,50

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Ca	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A341	0,50	8,00	5,50	5514,80	0,60
A342	0,50	9,00	6,50	6540,40	0,70
A343	0,50	8,00	5,50	5514,80	0,60

ΑΡΑΙΩΣΗ 10%					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ K	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A341	0,50	66,00	54,70	54713,50	5,50
A342	0,50	71,00	60,70	60694,00	6,10
A343	0,50	72,00	61,90	61923,10	6,20

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΛΟΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ Na	PPM DIAL	PPM ISTOY	%
A341	0,50	103,00	102,80	10285,00	1,00
A342	0,50	107,00	110,10	11013,10	1,10
A343	0,50	99,00	95,80	9582,40	1,00

\* Όσα στοιχεία εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα είναι αυτά που αραιώθηκαν



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 8.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΒΛΑΣΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΡΙΖΩΝ

Στο εργαστήριο πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις που αφορούσαν στην ανάπτυξη των φυτών. Έτσι, συγκεντρώθηκαν μετρήσεις όπως το μήκος των βλαστών, το μήκος των ριζών (και κατά συνέπεια και το ολικό μήκος των φυτών) και οι αντίστοιχες μάζες τους. Με βάση τα δεδομένα των παρακάτω πινάκων θα αποδοθούν γραφικά (κατά μέσο όρο) η ανάπτυξη των φυτών (μήκος σε cm και μάζα σε gr).

#### ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ Zn

ΚΩΔΙΚΟΣ	Νωπή μάζα βλαστού (gr)	Νωπή μάζα ρίζας (gr)	Ξηρή μάζα βλαστού (gr)	Ξηρή μάζα ρίζας (gr)	Μήκος Βλαστού (cm)	Μήκος ρίζας (cm)
A004	34,5	3,0	1,0	0,2	18,0	30,0
A005	45,9	3,3	1,3	0,3	18,0	24,0
A006	48,6	3,3	2,0	0,3	17,0	22,0

Πίνακας 8.1 Μεταχείριση 0mM NaCl – 0ppm Cd

ΚΩΔΙΚΟΣ	Νωπή μάζα βλαστού (gr)	Νωπή μάζα ρίζας (gr)	Ξηρή μάζα βλαστού (gr)	Ξηρή μάζα ρίζας (gr)	Μήκος Βλαστού (cm)	Μήκος ρίζας (cm)
A104	53,0	3,7	2,4	0,3	16,5	19,0
A105	49,6	2,9	1,9	0,3	21,5	30,0
A106	56,9	3,7	1,9	0,2	21,0	28,0

Πίνακας 8.2 Μεταχείριση 20mM NaCl – 0ppm Cd

ΚΩΔΙΚΟΣ	Νωπή μάζα βλαστού (gr)	Νωπή μάζα ρίζας (gr)	Ξηρή μάζα βλαστού (gr)	Ξηρή μάζα ρίζας (gr)	Μήκος Βλαστού (cm)	Μήκος ρίζας (cm)
A204	40,7	3,4	2,1	0,3	19,0	23,0
A205	54,4	4,2	2,1	0,3	20,0	27,0
A206	49,5	3,5	2,3	0,3	17,5	20,5

Πίνακας 8.3 Μεταχείριση 40mM NaCl – 0ppm Cd.

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A304</b>	44,5	3,8	2,3	0,3	18,0	35,0
<b>A305</b>	38,8	2,9	1,5	0,2	19,0	25,0
<b>A306</b>	47,0	3,4	2,0	0,3	19,0	23,0

*Πίνακας 8.4 Μεταχείριση 60mM NaCl – 0ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A014</b>	45,0	3,5	2,0	0,2	19,0	22,0
<b>A015</b>	50,4	3,4	1,6	0,2	21,0	22,0
<b>A016</b>	54,2	4,2	2,1	0,2	19,5	27,5

*Πίνακας 8.5 Μεταχείριση 0mM NaCl – 1ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A114</b>	52,5	3,5	2,2	0,3	18,0	18,0
<b>A115</b>	61,8	5,4	2,4	0,5	20,0	20,0
<b>A116</b>	50,3	3,8	2,0	0,3	20,0	31,0

*Πίνακας 8.6 Μεταχείριση 20mM NaCl – 1ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A214</b>	59,0	4,7	2,2	0,3	20,0	36,0
<b>A215</b>	60,3	4,2	2,2	0,3	17,0	29,0
<b>A216</b>	47,0	5,4	2,1	0,3	17,0	31,0

*Πίνακας 8.7 Μεταχείριση 40mM NaCl – 1ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A314</b>	40,1	4,5	2,8	0,5	17,0	23,0
<b>A315</b>	45,9	4,7	2,5	0,5	18,0	28,0
<b>A316</b>	63,9	8,2	1,6	0,1	19,0	32,0

*Πίνακας 8.8 Μεταχείριση 60mM NaCl – 1ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A024</b>	32,9	2,8	1,4	0,2	19,0	26,0
<b>A025</b>	40,7	3,2	1,5	0,2	19,0	22,5
<b>A026</b>	34,4	3,4	1,4	0,2	20,0	27,0

*Πίνακας 8.9 Μεταχείριση 0mM NaCl – 5ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A124</b>	54,0	5,3	2,5	0,4	18,0	32,0
<b>A125</b>	44,4	3,5	1,0	0,2	19,0	23,0
<b>A126</b>	45,2	3,8	1,3	0,3	18,0	32,0

*Πίνακας 8.10 Μεταχείριση 20mM NaCl – 5ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A224</b>	51,8	6,9	2,7	0,4	19,0	39,0
<b>A225</b>	66,1	5,1	2,7	0,3	22,0	34,0
<b>A226</b>	55,5	5,9	2,8	0,3	20,0	33,0

*Πίνακας 8.11 Μεταχείριση 40mM NaCl – 5ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A324</b>	40,3	4,2	2,5	0,4	19,0	29,0
<b>A325</b>	41,4	2,7	1,5	0,2	20,0	27,0
<b>A326</b>	45,6	3,3	2,0	0,3	19,0	32,0

*Πίνακας 8.12 Μεταχείριση 60mM NaCl – 5ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A034</b>	44,6	3,7	1,0	0,2	21,5	28,0
<b>A035</b>	57,7	5,6	1,9	0,4	21,0	25,0
<b>A036</b>	24,7	2,8	0,7	0,2	16,5	21,0

*Πίνακας 8.13 Μεταχείριση 0mM NaCl – 10ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A134</b>	59,8	10,1	2,7	0,5	19,0	30,0
<b>A135</b>	45,6	5,8	2,6	0,3	19,0	26,0
<b>A136</b>	34,5	3,7	1,1	0,2	17,0	20,0

*Πίνακας 8.14 Μεταχείριση 20mM NaCl – 10ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A234</b>	57,0	5,1	2,6	0,3	20,0	23,0
<b>A235</b>	55,6	3,3	2,4	0,2	19,0	27,0
<b>A236</b>	55,3	3,8	2,4	0,2	19,0	26,0

*Πίνακας 8.15 Μεταχείριση 40mM NaCl – 10ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A334</b>	43,1	7,2	1,9	0,3	18,0	29,0
<b>A335</b>	55,1	6,5	2,8	0,4	19,0	27,0
<b>A336</b>	49,6	6,0	2,2	0,4	19,0	25,0

*Πίνακας 8.16 Μεταχείριση 60mM NaCl – 10ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A044</b>	51,4	7,4	2,7	0,5	21,0	30,0
<b>A045</b>	32,6	2,6	1,5	0,2	21,0	21,0
<b>A046</b>	44,4	3,5	1,9	0,3	21,0	25,0

*Πίνακας 8.17 Μεταχείριση 0mM NaCl – 20ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A144</b>	60,4	6,4	3,1	0,5	18,0	35,0
<b>A145</b>	46,5	4,0	2,4	0,3	19,0	23,0
<b>A146</b>	59,3	7,4	3,3	0,5	19,0	37,0

*Πίνακας 8.18 Μεταχείριση 20mM NaCl – 20ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A244</b>	52,9	5,3	2,3	0,4	20,0	25,0
<b>A245</b>	55,0	6,5	2,8	0,4	20,0	37,0
<b>A246</b>	30,5	2,6	1,0	0,1	18,0	20,0

*Πίνακας 8.19 Μεταχείριση 40mM NaCl – 20ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A344</b>	48,0	4,7	2,2	0,3	18,0	32,0
<b>A345</b>	43,2	4,9	2,1	0,3	19,0	22,0
<b>A346</b>	60,9	7,7	2,3	0,3	17,0	24,0

*Πίνακας 8.20 Μεταχείριση 60mM NaCl – 20ppm Cd.*

### **ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗ Zn**

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A001</b>	43,1	4,4	2,2	0,4	16,5	27,5
<b>A002</b>	54,7	5,1	2,3	0,5	31,0	24,0
<b>A003</b>	29,8	1,9	0,6	0,2	16,0	17,0

*Πίνακας 8.21 Μεταχείριση 0mM NaCl – 0ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A101</b>	53,3	3,8	2,3	0,3	19,0	31,5
<b>A102</b>	49,5	3,9	2,0	0,3	22,0	25,0
<b>A103</b>	49,6	3,9	1,9	0,3	18,0	31,5

*Πίνακας 8.22 Μεταχείριση 20mM NaCl – 0ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A201</b>	43,4	3,2	1,9	0,3	19,0	17,0
<b>A202</b>	55,0	4,9	1,7	0,4	21,0	28,0
<b>A203</b>	53,8	3,2	2,1	0,2	20,0	28,5

*Πίνακας 8.23 Μεταχείριση 40mM NaCl – 0ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A301</b>	45,3	3,8	45,3	3,8	19,1	32,0
<b>A302</b>	49,5	5,0	49,5	5,0	18,1	27,0
<b>A303</b>	39,7	3,0	39,7	3,0	20,0	28,0

*Πίνακας 8.24 Μεταχείριση 60mM NaCl - 0ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A011</b>	36,6	3,5	0,9	0,3	17,0	23,0
<b>A012</b>	59,1	4,5	1,3	0,2	20,0	28,0
<b>A013</b>	48,3	3,0	1,6	0,2	20,0	21,0

*Πίνακας 8.25 Μεταχείριση 0mM NaCl - 1ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A111</b>	66,1	6,1	2,3	0,4	19,0	25,0
<b>A112</b>	52,7	4,3	2,3	0,4	19,0	27,0
<b>A113</b>	38,8	3,4	1,0	0,2	18,0	27,0

*Πίνακας 8.26 Μεταχείριση 20mM NaCl - 1ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A211</b>	57,2	5,2	1,9	0,3	19,0	30,0
<b>A212</b>	36,4	2,1	1,1	0,1	17,0	22,0
<b>A213</b>	63,5	4,2	2,3	0,2	17,0	33,0

*Πίνακας 8.27 Μεταχείριση 40mM NaCl - 1ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A311</b>	53,2	5,7	1,9	0,3	16,0	28,0
<b>A312</b>	70,2	6,4	2,5	0,4	18,0	42,0
<b>A313</b>	42,9	2,7	2,7	0,6	17,0	26,0

*Πίνακας 8.28 Μεταχείριση 60mM NaCl – 1ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A021</b>	39,2	4,0	1,1	0,3	18,5	24,0
<b>A022</b>	57,0	4,3	1,7	0,3	18,5	27,0
<b>A023</b>	43,6	3,7	1,1	0,2	19,0	29,0

*Πίνακας 8.29 Μεταχείριση 0mM NaCl – 5ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A121</b>	44,9	3,9	2,1	0,3	18,0	32,0
<b>A122</b>	39,9	4,2	1,3	0,2	31,0	30,0
<b>A123</b>	60,7	5,99	2,1	0,4	20,0	35,0

*Πίνακας 8.30 Μεταχείριση 20mM NaCl – 5ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A221</b>	59,8	6,8	2,7	0,4	20,0	26,0
<b>A222</b>	49,7	3,9	1,9	0,2	20,0	32,0
<b>A223</b>	41,5	4,6	1,4	0,3	17,0	32,0

*Πίνακας 8.31 Μεταχείριση 40mM NaCl – 5ppm Cd.*



<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A321</b>	46,0	4,2	2,2	0,3	20,0	32,0
<b>A322</b>	54,7	5,0	2,5	0,3	20,0	30,0
<b>A323</b>	66,4	5,5	2,8	0,4	21,5	42,0

*Πίνακας 8.32 Μεταχείριση 60mM NaCl – 5ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A031</b>	39,2	4,0	1,1	0,3	18,5	24,0
<b>A032</b>	57,0	4,3	1,7	0,3	18,5	27,0
<b>A033</b>	43,6	3,7	1,1	0,2	19,0	29,0

*Πίνακας 8.33 Μεταχείριση 0mM NaCl – 10ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A131</b>	75,4	11,3	3,3	0,7	23,0	32,0
<b>A132</b>	42,9	4,1	2,0	0,2	19,0	22,0
<b>A133</b>	50,7	6,7	1,8	0,3	20,0	29,0

*Πίνακας 8.34 Μεταχείριση 20mM NaCl – 10ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A231</b>	38,4	6,7	1,8	0,4	18,0	30,0
<b>A232</b>	65,8	5,2	2,3	0,3	20,0	25,0
<b>A233</b>	40,9	6,9	2,0	0,4	20,0	26,0

*Πίνακας 8.35 Μεταχείριση 40mM NaCl – 10ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A331</b>	68,2	11,0	2,8	0,5	20,0	33,0
<b>A332</b>	62,2	6,9	2,3	0,4	22,0	29,0
<b>A333</b>	49,2	4,8	2,4	0,3	20,0	25,0

*Πίνακας 8.36 Μεταχείριση 60mM NaCl – 10ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A041</b>	41,0	3,4	1,2	0,3	21,0	19,0
<b>A042</b>	54,2	5,2	1,6	0,4	2,0	32,0
<b>A043</b>	46,7	4,1	1,9	0,3	19,0	19,0

*Πίνακας 8.37 Μεταχείριση 0mM NaCl – 20ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A141</b>	61,1	4,8	2,7	0,4	18,0	26,0
<b>A142</b>	41,2	3,9	1,6	0,2	19,0	30,0
<b>A143</b>	47,2	4,1	2,6	0,3	20,0	20,0

*Πίνακας 8.38 Μεταχείριση 20mM NaCl – 20ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A241</b>	64,9	10,0	3,3	0,8	22,0	20,0
<b>A242</b>	54,7	4,5	2,2	0,3	20,0	17,0
<b>A243</b>	43,6	2,7	2,2	0,3	20,0	23,0

*Πίνακας 8.39 Μεταχείριση 40mM NaCl – 20ppm Cd.*

<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>Νωπή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Νωπή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα βλαστού (gr)</b>	<b>Ξηρή μάζα ρίζας (gr)</b>	<b>Μήκος βλαστού (cm)</b>	<b>Μήκος ρίζας (cm)</b>
<b>A341</b>	61,9	12,4	2,9	0,6	20,0	26,0
<b>A342</b>	65,8	8,5	2,7	0,5	20,0	29,0
<b>A343</b>	51,4	9,9	1,9	0,5	19,0	33,0

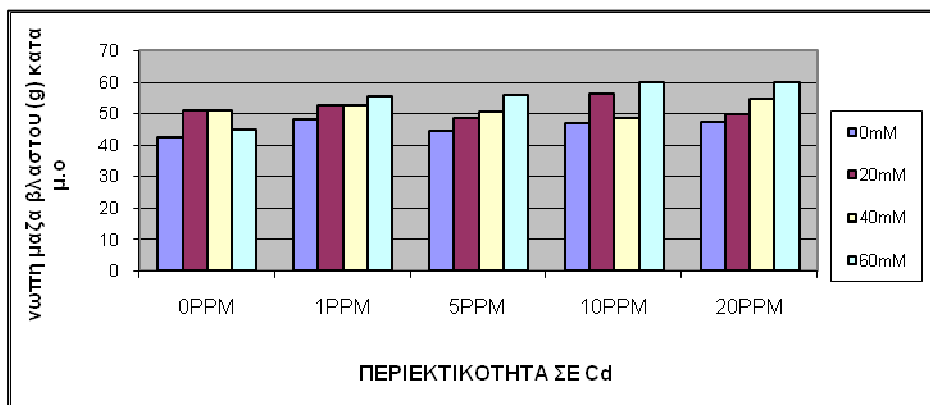
*Πίνακας 8.40 Μεταχείριση 60mM NaCl – 20ppm Cd.*

## **8.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΒΛΑΣΤΩΝ & ΡΙΖΩΝ ΚΑΤΑ ΜΕΣΟ ΟΡΟ**

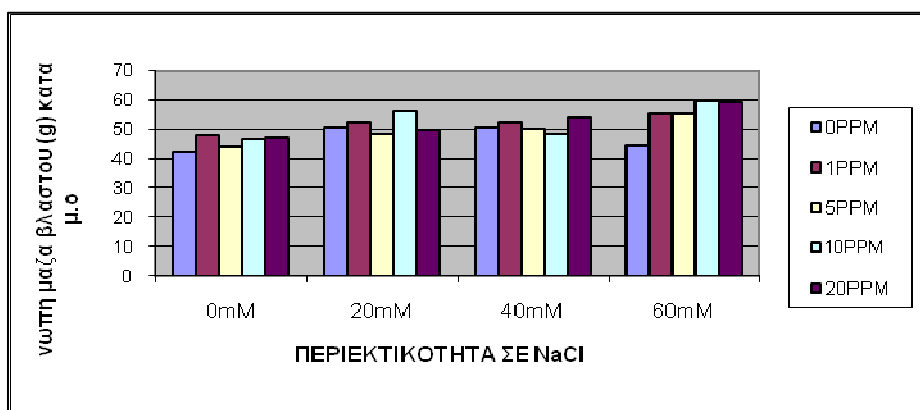
Στους παρακάτω πίνακες φαίνονται οι μέσοι όροι των μετρήσεων των βλαστών και των ριζών ανά μεταχείριση καδμίου και αλατότητας και προσθήκης ή μη ψευδαργύρου. Επίσης φαίνονται και οι μέσοι όροι οι οποίοι προέκυψαν από τους αρχικούς μέσους όρους και απεικονίζονται και αυτοί γραφικά, για να είναι σαφέστερα και ακριβέστερα τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις που έγιναν.

<b>NaCl</b>	<b>Cd</b>	0 PPM	1 PPM	5 PPM	10 PPM	20 PPM	<b>M.O</b>
0mM	A001-002-003	A011-012-013	A021-022-023	A031-032-033	A041-042-043	<b>45,7</b>	
	<b>42,5</b>	<b>48</b>	<b>44,2</b>	<b>46,6</b>	<b>47,3</b>		
20mM	A101-102-103	A111-112-113	A121-122-123	A131-132-133	A141-142-143	<b>51,6</b>	
	<b>50,8</b>	<b>52,5</b>	<b>48,5</b>	<b>56,3</b>	<b>49,8</b>		
40mM	A201-202-203	A211-212-213	A221-222-223	A231-232-233	A241-242-243	<b>51,2</b>	
	<b>50,7</b>	<b>52,4</b>	<b>50,3</b>	<b>48,4</b>	<b>54,4</b>		
60mM	A301-302-303	A311-312-313	A321-322-323	A331-332-333	A341-342-343	<b>55,1</b>	
	<b>44,8</b>	<b>55,4</b>	<b>55,7</b>	<b>59,9</b>	<b>59,7</b>		
<b>M.O</b>		<b>47,2</b>	<b>52,1</b>	<b>49,7</b>	<b>52,8</b>	<b>52,8</b>	

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2.1:Μ.Ο ΜΑΖΑΣ ΝΩΠΩΝ ΒΛΑΣΤΩΝ ΣΕ gr ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ



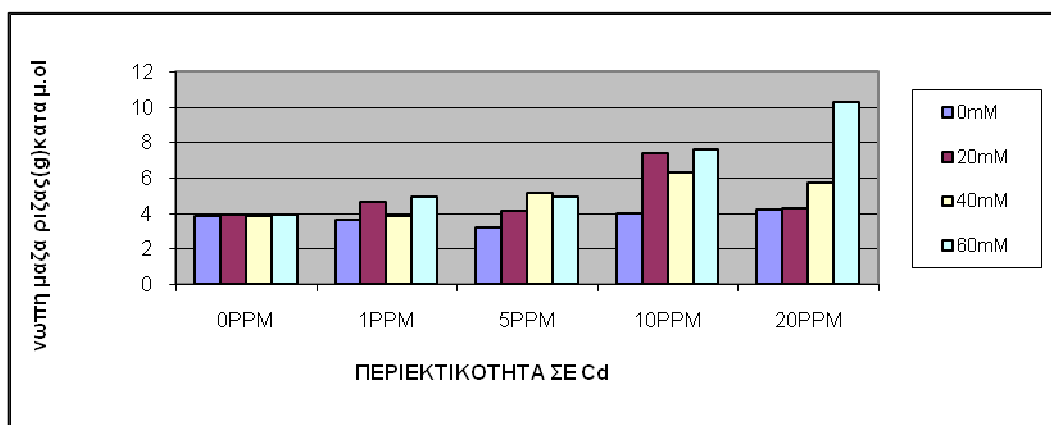
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.1:Μ.Ο ΜΑΖΑΣ ΝΩΠΩΝ ΒΛΑΣΤΩΝ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ NaCl



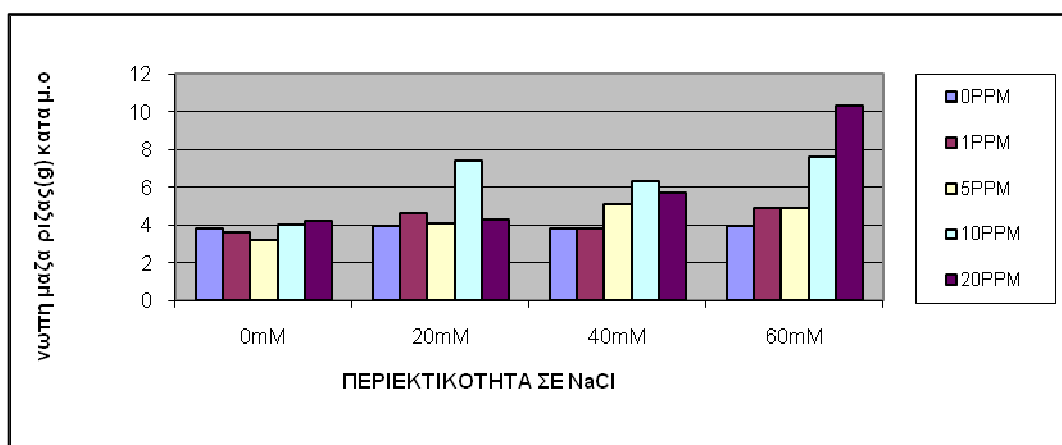
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.2:Μ.Ο ΜΑΖΑΣ ΝΩΠΩΝ ΒΛΑΣΤΩΝ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ Cd

<b>NaCl</b>	<b>Cd</b>	0 PPM	1 PPM	5 PPM	10 PPM	20 PPM	<b>M.O</b>
0mM	A001-002-003	A011-012-013	A021-022-023	A031-032-033	A041-042-043		<b>3,8</b>
	<b>3,8</b>	<b>3,6</b>	<b>3,2</b>	<b>4</b>	<b>4,2</b>		
20mM	A101-102-103	A111-112-113	A121-122-123	A131-132-133	A141-142-143		<b>4,9</b>
	<b>3,9</b>	<b>4,6</b>	<b>4,1</b>	<b>7,4</b>	<b>4,3</b>		
40mM	A201-202-203	A211-212-213	A221-222-223	A231-232-233	A241-242-243		<b>4,9</b>
	<b>3,8</b>	<b>3,8</b>	<b>5,1</b>	<b>6,3</b>	<b>5,7</b>		
60mM	A301-302-303	A311-312-313	A321-322-323	A331-332-333	A341-342-343		<b>6,3</b>
	<b>3,9</b>	<b>4,9</b>	<b>4,9</b>	<b>7,6</b>	<b>10,3</b>		
<b>M.O</b>		<b>3,9</b>	<b>4,2</b>	<b>4,3</b>	<b>6,3</b>	<b>6,1</b>	

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2.2:Μ.Ο ΜΑΖΑΣ ΝΩΠΩΝ ΡΙΖΩΝ ΣΕ gr ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ



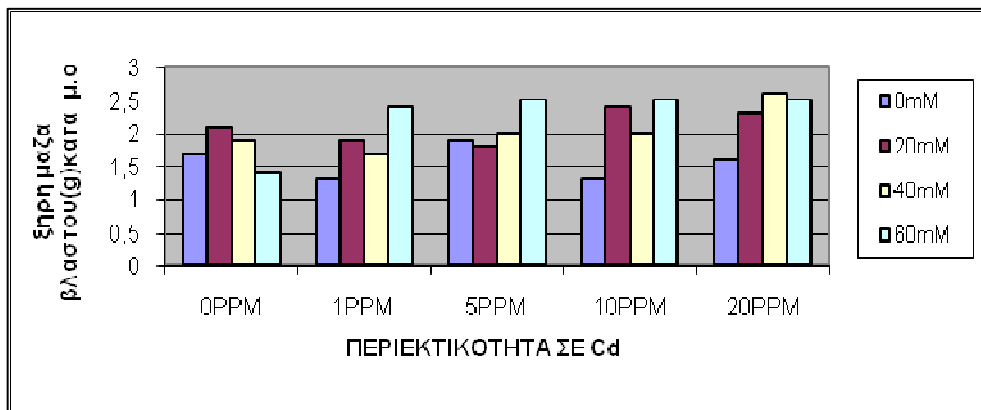
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.3:Μ.Ο ΜΑΖΑΣ ΝΩΠΩΝ ΡΙΖΩΝ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ NaCl



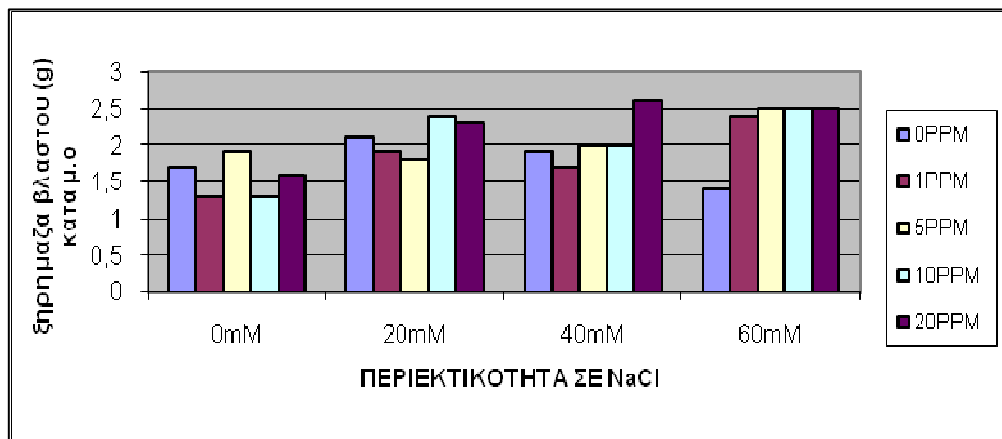
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.4:Μ.Ο ΜΑΖΑΣ ΝΩΠΩΝ ΡΙΖΩΝ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ Cd

<b>NaCl</b>	<b>Cd</b>	0 PPM	1 PPM	5 PPM	10 PPM	20 PPM	<b>M.O</b>
0mM	A001-002-003	A011-012-013	A021-022-023	A031-032-033	A041-042-043	<b>1,6</b>	
	<b>1,7</b>	<b>1,3</b>	<b>1,9</b>	<b>1,3</b>	<b>1,6</b>		
20mM	A101-102-103	A111-112-113	A121-122-123	A131-132-133	A141-142-143	<b>2,1</b>	
	<b>2,1</b>	<b>1,9</b>	<b>1,8</b>	<b>2,4</b>	<b>2,3</b>		
40mM	A201-202-203	A211-212-213	A221-222-223	A231-232-233	A241-242-243	<b>2,0</b>	
	<b>1,9</b>	<b>1,7</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2,6</b>		
60mM	A301-302-303	A311-312-313	A321-322-323	A331-332-333	A341-342-343	<b>2,3</b>	
	<b>1,4</b>	<b>2,4</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>		
<b>M.O</b>		<b>1,8</b>	<b>1,8</b>	<b>2,1</b>	<b>2,1</b>	<b>2,3</b>	

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2.3: Μ.Ο ΜΑΖΑΣ ΝΩΠΩΝ ΒΛΑΣΤΩΝ ΣΕ gr ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ



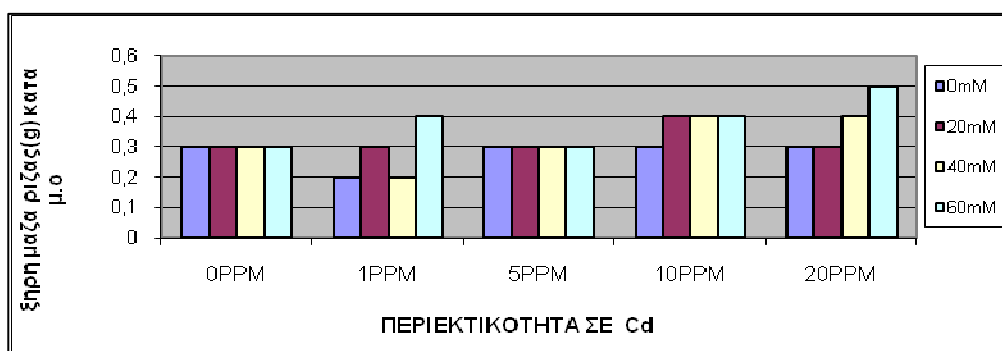
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.5: Μ.Ο ΜΑΖΑΣ ΝΩΠΩΝ ΒΛΑΣΤΩΝ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ NaCl



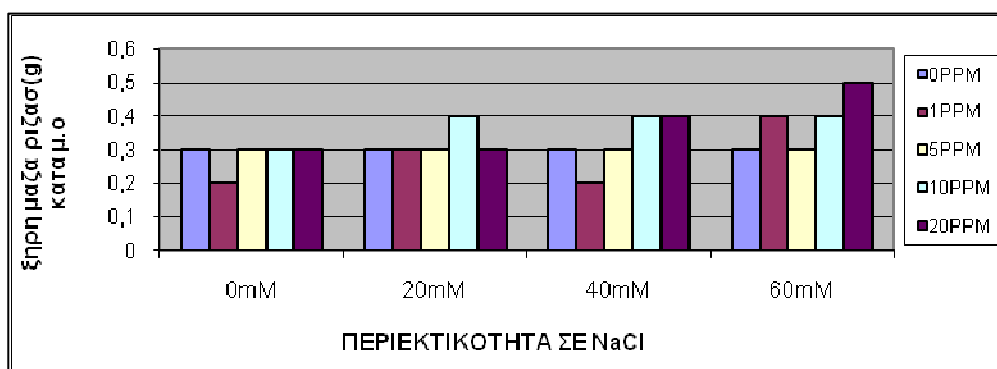
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.6: Μ.Ο ΜΑΖΑΣ ΝΩΠΩΝ ΒΛΑΣΤΩΝ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ Cd

<b>NaCl</b>	<b>Cd</b>	0 PPM	1 PPM	5 PPM	10 PPM	20 PPM	<b>M.O</b>
0mM		A001-002-003	A011-012-013	A021-022-023	A031-032-033	A041-042-043	<b>0,3</b>
		<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	
20mM		A101-102-103	A111-112-113	A121-122-123	A131-132-133	A141-142-143	<b>0,3</b>
		<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	
40mM		A201-202-203	A211-212-213	A221-222-223	A231-232-233	A241-242-243	<b>0,3</b>
		<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	
60mM		A301-302-303	A311-312-313	A321-322-323	A331-332-333	A341-342-343	<b>0,4</b>
		<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	
<b>M.O</b>		<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2.4: Μ.Ο ΜΑΖΑΣ ΞΗΡΩΝ ΡΙΖΩΝ ΣΕ gr ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ



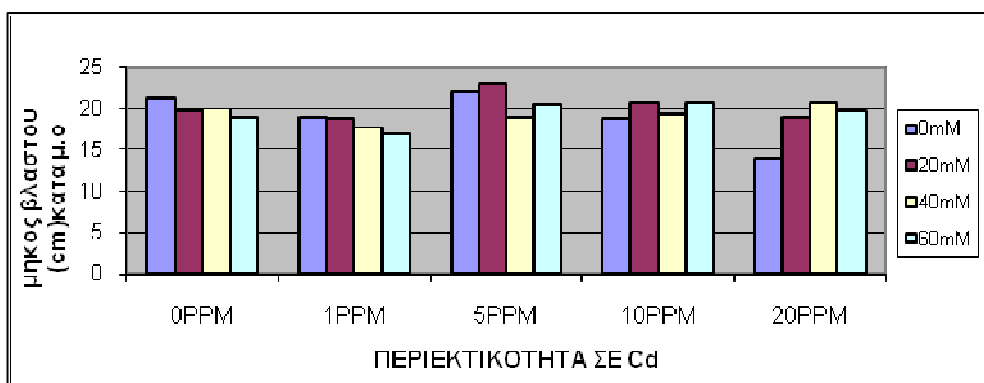
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.7: Μ.Ο ΜΑΖΑΣ ΞΗΡΩΝ ΡΙΖΩΝ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ NaCl



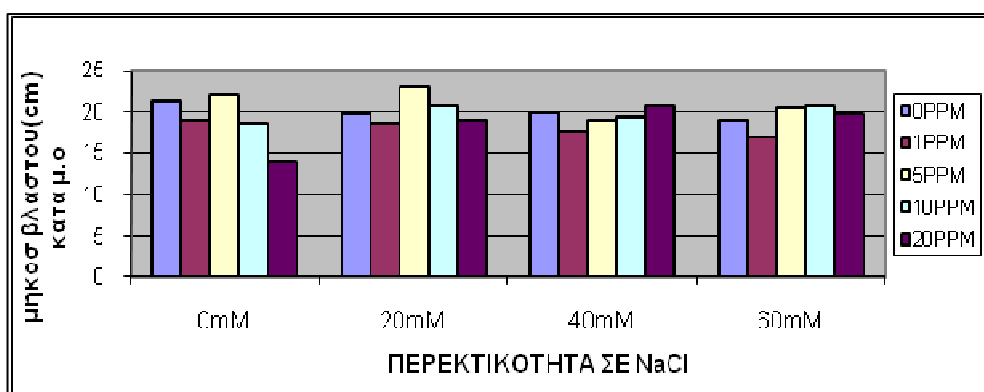
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.8: Μ.Ο ΜΑΖΑΣ ΞΗΡΩΝ ΡΙΖΩΝ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ Cd

<b>NaCl</b>	<b>Cd</b>	0 PPM	1 PPM	5 PPM	10 PPM	20 PPM	<b>M.O</b>
0mM	A001-002-003	A011-012-013	A021-022-023	A031-032-033	A041-042-043	<b>19,0</b>	
	<b>21,2</b>	<b>19</b>	<b>22</b>	<b>18,7</b>	<b>14</b>		
20mM	A101-102-103	A111-112-113	A121-122-123	A131-132-133	A141-142-143	<b>20,2</b>	
	<b>19,7</b>	<b>18,7</b>	<b>23</b>	<b>20,7</b>	<b>19</b>		
40mM	A201-202-203	A211-212-213	A221-222-223	A231-232-233	A241-242-243	<b>19,3</b>	
	<b>20</b>	<b>17,7</b>	<b>19</b>	<b>19,3</b>	<b>20,7</b>		
60mM	A301-302-303	A311-312-313	A321-322-323	A331-332-333	A341-342-343	<b>19,4</b>	
	<b>19</b>	<b>17</b>	<b>20,5</b>	<b>20,7</b>	<b>19,7</b>		
<b>M.O</b>		<b>20,0</b>	<b>18,1</b>	<b>21,1</b>	<b>19,9</b>	<b>18,4</b>	

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2.5:Μ.Ο ΜΗΚΩΝ ΒΛΑΣΤΟΥ ΣΕ cm ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ



ΕΙΚΟΝΑ 8.2.9:Μ.Ο. ΜΗΚΩΝ ΒΛΑΣΤΟΥ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ NaCl

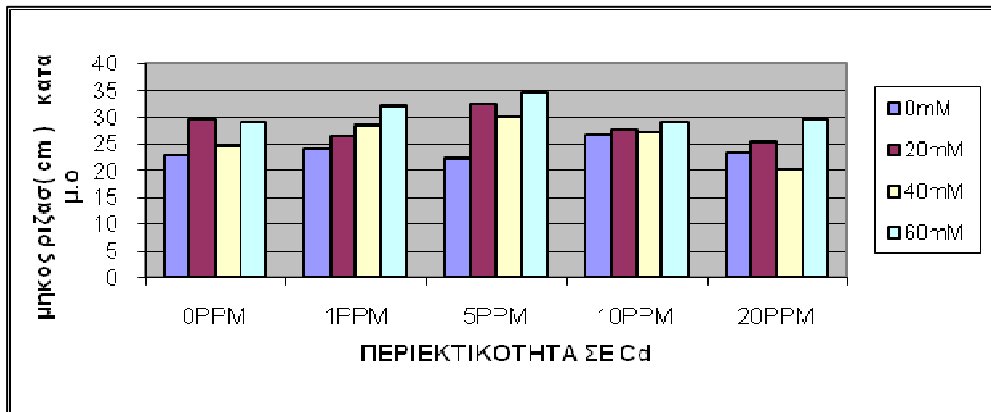


ΕΙΚΟΝΑ 8.2.10:Μ.Ο. ΜΗΚΩΝ ΒΛΑΣΤΟΥ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ Cd

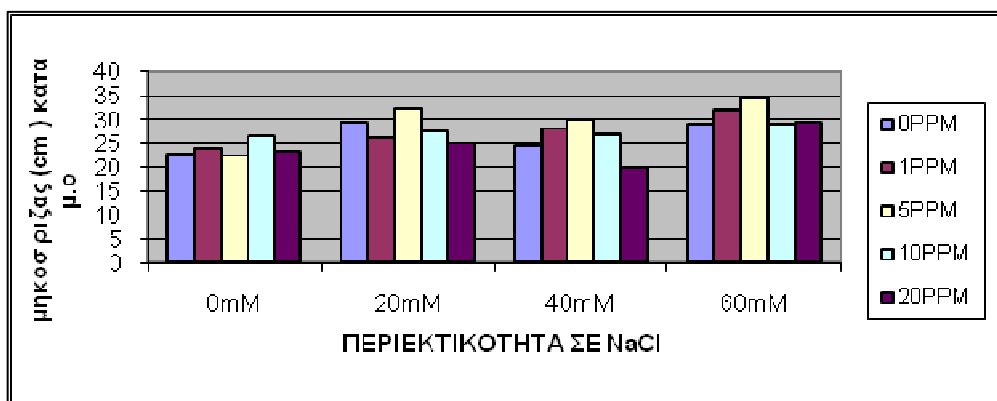


<b>NaCl</b>	<b>Cd</b>	0 PPM	1 PPM	5 PPM	10 PPM	20 PPM	<b>M.O</b>
0mM	A001-002-003	A011-012-013	A021-022-023	A031-032-033	A041-042-043	<b>23,8</b>	
	<b>22,8</b>	<b>24</b>	<b>22,3</b>	<b>26,7</b>	<b>23,3</b>		
20mM	A101-102-103	A111-112-113	A121-122-123	A131-132-133	A141-142-143	<b>28,2</b>	
	29,3	26,3	32,3	27,7	25,3		
40mM	A201-202-203	A211-212-213	A221-222-223	A231-232-233	A241-242-243	<b>26,0</b>	
	<b>24,5</b>	<b>28,3</b>	<b>30</b>	<b>27</b>	<b>20</b>		
60mM	A301-302-303	A311-312-313	A321-322-323	A331-332-333	A341-342-343	<b>30,8</b>	
	<b>29</b>	<b>32</b>	<b>34,7</b>	<b>29</b>	<b>29,3</b>		
<b>M.O</b>		<b>26,4</b>	<b>27,7</b>	<b>29,8</b>	<b>27,6</b>	<b>24,5</b>	

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2.6:Μ.Ο ΜΗΚΩΝ ΡΙΖΑΣ ΣΕ cm ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ



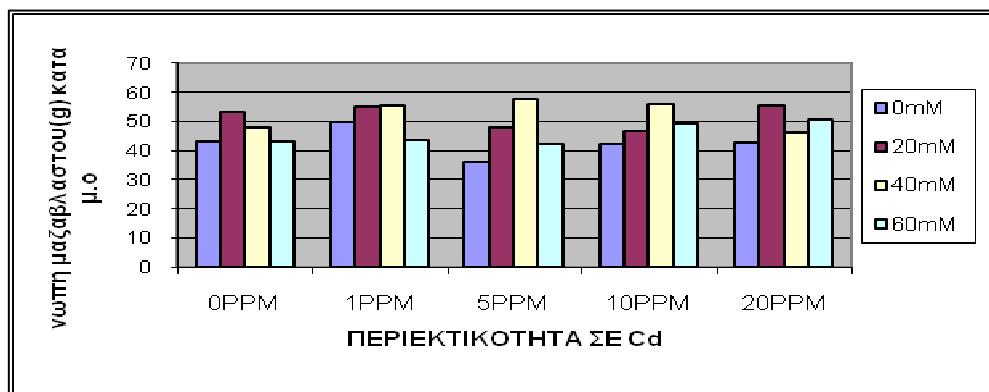
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.11:Μ.Ο. ΜΗΚΩΝ ΡΙΖΑΣ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ NaCl



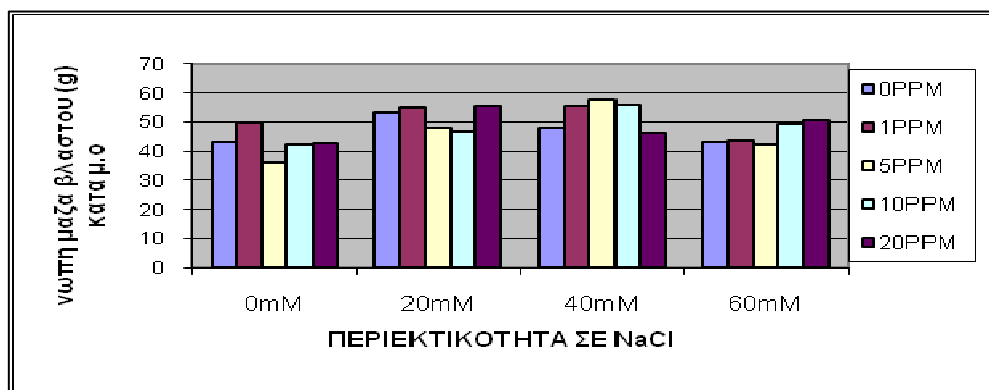
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.12:Μ.Ο ΜΗΚΩΝ ΡΙΖΑΣ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ Cd

<b>NaCl</b>	<b>Cd</b>	0 PPM	1 PPM	5 PPM	10 PPM	20 PPM	<b>M.O</b>
0mM		A004-005-006	A014-015-016	A024-025-026	A034-035-036	A044-045-046	<b>42,8</b>
		<b>43</b>	<b>49,9</b>	<b>36</b>	<b>42,3</b>	<b>42,8</b>	
20mM		A104-105106	A114-115-116	A124-125-126	A134-135-136	A144-145-146	<b>51,6</b>
		<b>53,1</b>	<b>54,9</b>	<b>47,9</b>	<b>46,6</b>	<b>55,4</b>	
40mM		A204-205-206	A214-215-216	A241-225-226	A234-235-236	A244-245-246	<b>52,7</b>
		<b>48,2</b>	<b>55,5</b>	<b>57,8</b>	<b>56</b>	<b>46,2</b>	
60mM		A304-305-306	A314-315-316	A324-325-326	A334-335-336	A344-345-346	<b>45,9</b>
		<b>43,3</b>	<b>43,4</b>	<b>42,4</b>	<b>49,3</b>	<b>50,7</b>	
<b>M.O</b>		<b>46,9</b>	<b>50,9</b>	<b>46,0</b>	<b>48,5</b>	<b>48,8</b>	

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2.7:Μ.Ο ΜΑΖΑΣ ΝΩΠΩΝ ΒΛΑΣΤΩΝ ΣΕ gr ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ



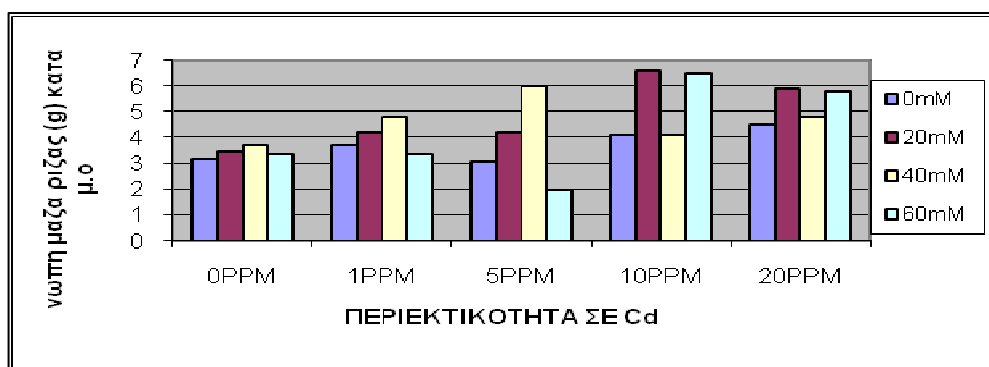
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.13:Μ.Ο ΜΑΖΑΣ ΝΩΠΩΝ ΒΛΑΣΤΩΝ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ Cd



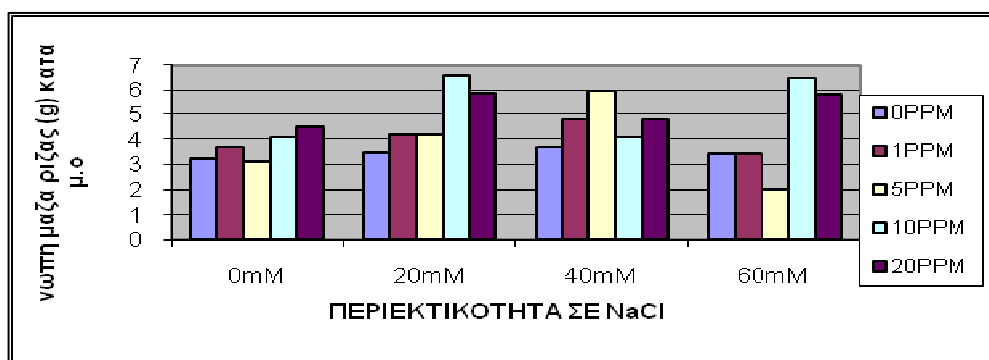
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.14:Μ.Ο. ΜΑΖΑΣ ΝΩΠΩΝ ΒΛΑΣΤΩΝ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ Cd

<b>NaCl</b>	<b>Cd</b>	0 PPM	1 PPM	5 PPM	10 PPM	20 PPM	<b>M.O</b>
0mM	A004-005-006	A014-015-016	A024-025-026	A034-035-036	A044-045-046	<b>3,7</b>	
	<b>3,2</b>	<b>3,7</b>	<b>3,1</b>	<b>4,1</b>	<b>4,5</b>		
20mM	A104-105-106	A114-115-116	A124-125-126	A134-135-136	A144-145-146	<b>4,9</b>	
	<b>3,5</b>	<b>4,2</b>	<b>4,2</b>	<b>6,6</b>	<b>5,9</b>		
40mM	A204-205-206	A214-215-216	A241-225-226	A234-235-236	A244-245-246	<b>4,7</b>	
	<b>3,7</b>	<b>4,8</b>	<b>6</b>	<b>4,1</b>	<b>4,8</b>		
60mM	A304-305-306	A314-315-316	A324-325-326	A334-335-336	A344-345-346	<b>4,5</b>	
	<b>3,4</b>	<b>3,4</b>	<b>2</b>	<b>6,5</b>	<b>5,8</b>		
<b>M.O</b>		<b>3,4</b>	<b>4,0</b>	<b>4,2</b>	<b>5,3</b>	<b>5,3</b>	

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2.8:Μ.Ο ΜΑΖΑΣ ΝΩΠΩΝ ΡΙΖΩΝ ΣΕ gr ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ



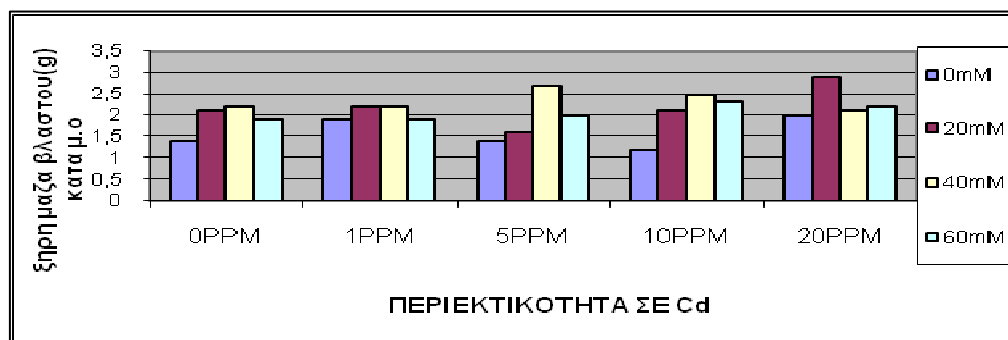
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.15:Μ.Ο. ΜΑΖΑΣ ΝΩΠΩΝ ΡΙΖΩΝ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ NaCl



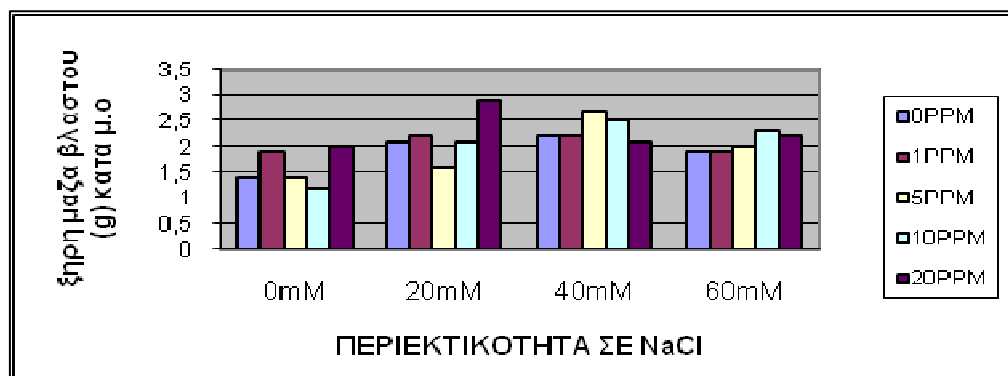
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.16:Μ.Ο. ΜΑΖΑΣ ΝΩΠΩΝ ΡΙΖΩΝ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ Cd

<b>NaCl</b>	<b>Cd</b>	0 PPM	1 PPM	5 PPM	10 PPM	20 PPM	<b>M.O</b>
0mM	A004-005-006	A014-015-016	A024-025-026	A034-035-036	A044-045-046	<b>1,6</b>	
	<b>1,4</b>	<b>1,9</b>	<b>1,4</b>	<b>1,2</b>	<b>2</b>		
20mM	A104-105-106	A114-115-116	A124-125-126	A134-135-136	A144-145-146	<b>2,2</b>	
	<b>2,1</b>	<b>2,2</b>	<b>1,6</b>	<b>2,1</b>	<b>2,9</b>		
40mM	A204-205-206	A214-215-216	A241-225-226	A234-235-236	A244-245-246	<b>2,3</b>	
	<b>2,2</b>	<b>2,2</b>	<b>2,7</b>	<b>2,5</b>	<b>2,1</b>		
60mM	A304-305-306	A314-315-316	A324-325-326	A334-335-336	A344-345-346	<b>2,1</b>	
	<b>1,9</b>	<b>1,9</b>	<b>2</b>	<b>2,3</b>	<b>2,2</b>		
<b>M.O</b>		<b>1,9</b>	<b>2,1</b>	<b>1,9</b>	<b>2,0</b>	<b>2,3</b>	

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2.9:Μ.Ο ΜΑΖΑΣ ΞΗΡΩΝ ΒΛΑΣΤΩΝ ΣΕ gr ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ



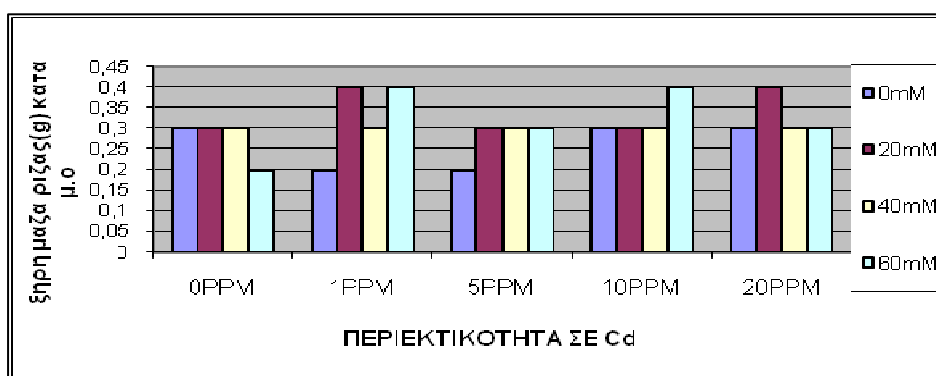
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.17:Μ.Ο. ΜΑΖΑΣ ΞΗΡΩΝ ΒΛΑΣΤΩΝ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ NaCl



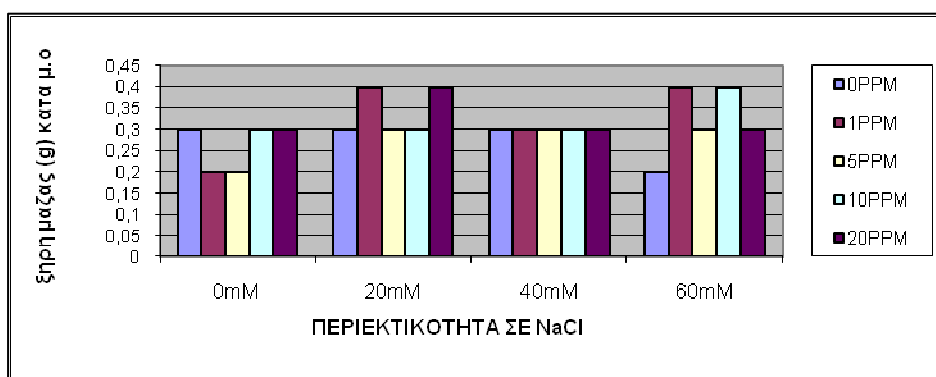
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.18:Μ.Ο. ΜΑΖΑΣ ΞΗΡΩΝ ΒΛΑΣΤΩΝ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ Cd

<b>NaCl</b>	<b>Cd</b>	0 PPM	1 PPM	5 PPM	10 PPM	20 PPM	<b>M.O</b>
0mM	A004-005-006	A014-015-016	A024-025-026	A034-035-036	A044-045-046		<b>0,3</b>
	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>		
20mM	A104-105-106	A114-115-116	A124-125-126	A134-135-136	A144-145-146		<b>0,3</b>
	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>		
40mM	A204-205-206	A214-215-216	A241-225-226	A234-235-236	A244-245-246		<b>0,3</b>
	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>		
60mM	A304-305-306	A314-315-316	A324-325-326	A334-335-336	A344-345-346		<b>0,3</b>
	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>		
<b>M.O</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>		

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2.10:Μ.Ο. ΜΑΖΑΣ ΞΗΡΩΝ ΡΙΖΩΝ ΣΕ gr ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ



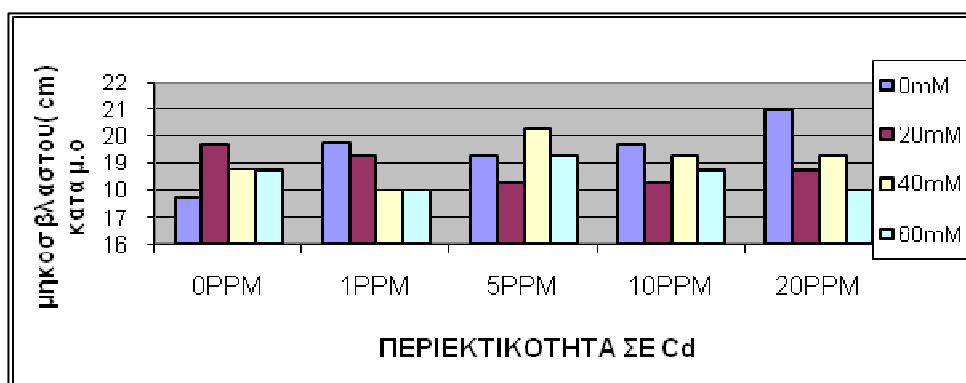
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.19:Μ.Ο ΜΑΖΑΣ ΞΗΡΩΝ ΡΙΖΩΝ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ NaCl



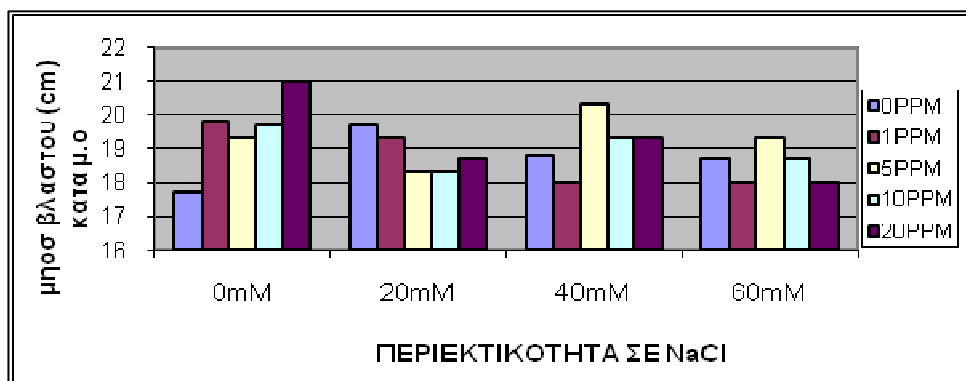
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.20:Μ.Ο. ΜΑΖΑΣ ΞΗΡΩΝ ΡΙΖΩΝ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ Cd

<b>NaCl</b>	<b>Cd</b>	0 PPM	1 PPM	5 PPM	10 PPM	20 PPM	<b>M.O</b>
0mM		A004-005-006	A014-015-016	A024-025-026	A034-035-036	A044-045-046	<b>19,5</b>
		<b>17,7</b>	<b>19,8</b>	<b>19,3</b>	<b>19,7</b>	<b>21</b>	
20mM		A104-105-106	A114-115-116	A124-125-126	A134-135-136	A144-145-146	<b>18,9</b>
		<b>19,7</b>	<b>19,3</b>	<b>18,3</b>	<b>18,3</b>	<b>18,7</b>	
40mM		A204-205-206	A214-215-216	A241-225-226	A234-235-236	A244-245-246	<b>19,2</b>
		<b>18,8</b>	<b>18</b>	<b>20,3</b>	<b>19,3</b>	<b>19,3</b>	
60mM		A304-305-306	A314-315-316	A324-325-326	A334-335-336	A344-345-346	<b>18,5</b>
		<b>18,7</b>	<b>18</b>	<b>19,3</b>	<b>18,7</b>	<b>18</b>	
<b>M.O</b>		<b>18,7</b>	<b>18,8</b>	<b>19,3</b>	<b>19,0</b>	<b>19,3</b>	

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2.11:Μ.Ο. ΜΗΚΩΝ ΒΛΑΣΤΩΝ ΣΕ cm ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ



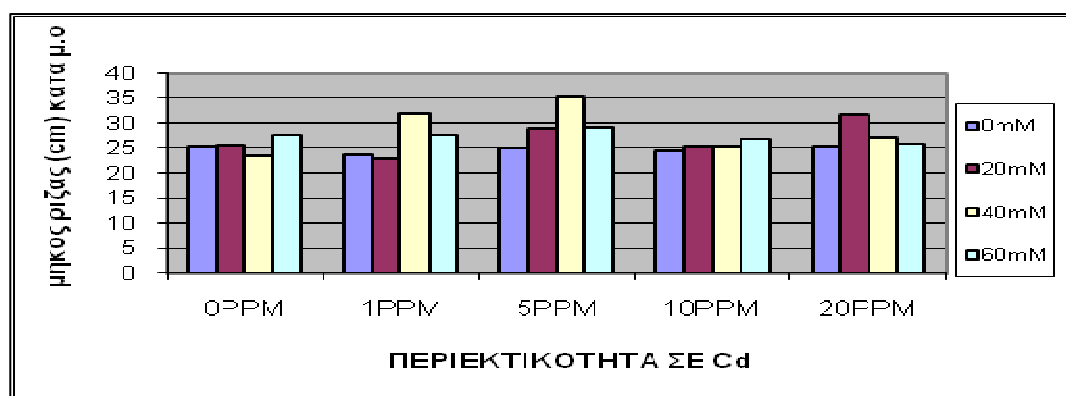
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.21:Μ.Ο. ΜΗΚΩΝ ΒΛΑΣΤΩΝ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ NaCl



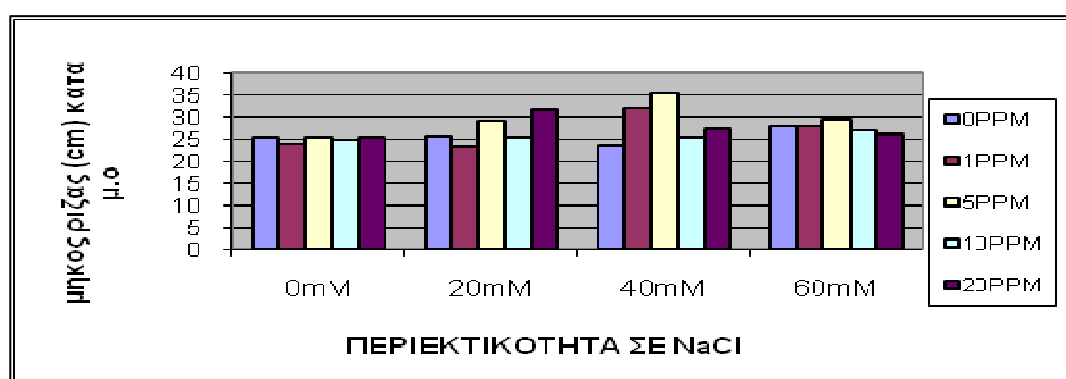
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.22:Μ.Ο. ΜΗΚΩΝ ΒΛΑΣΤΩΝ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ Cd

<b>NaCl</b>	<b>Cd</b>	0 PPM	1 PPM	5 PPM	10 PPM	20 PPM	<b>M.O</b>
0mM	A004-005-006	A014-015-016	A024-025-026	A034-035-036	A044-045-046		<b>24,9</b>
	<b>25,3</b>	<b>23,8</b>	<b>25,2</b>	<b>24,7</b>	<b>25,3</b>		
20mM	A104-105-106	A114-115-116	A124-125-126	A134-135-136	A144-145-146		<b>26,9</b>
	<b>25,7</b>	<b>23</b>	<b>29</b>	<b>25,3</b>	<b>31,7</b>		
40mM	A204-205-206	A214-215-216	A241-225-226	A234-235-236	A244-245-246		<b>28,7</b>
	<b>23,5</b>	<b>32</b>	<b>35,3</b>	<b>25,3</b>	<b>27,3</b>		
60mM	A304-305-306	A314-315-316	A324-325-326	A334-335-336	A344-345-346		<b>27,5</b>
	<b>27,7</b>	<b>27,7</b>	<b>29,3</b>	<b>27</b>	<b>26</b>		
<b>M.O</b>		<b>25,5</b>	<b>26,6</b>	<b>29,7</b>	<b>25,6</b>	<b>27,6</b>	

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2.12:Μ.Ο. ΜΗΚΩΝ ΡΙΖΩΝ ΣΕ cm ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ



ΕΙΚΟΝΑ 8.2.23:Μ.Ο. ΜΗΚΩΝ ΡΙΖΩΝ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ NaCl

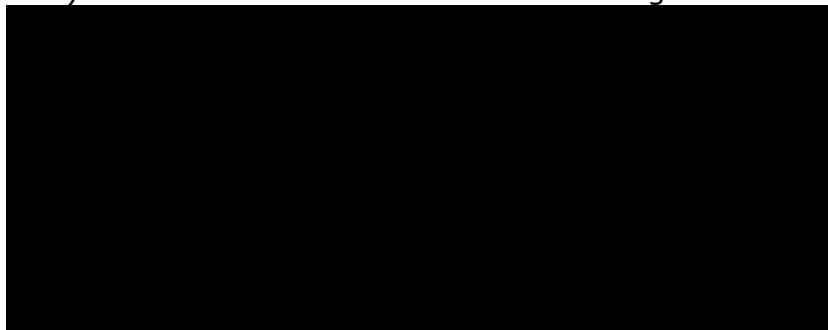


ΕΙΚΟΝΑ 8.2.24:Μ.Ο. ΜΗΚΩΝ ΡΙΖΩΝ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ Cd

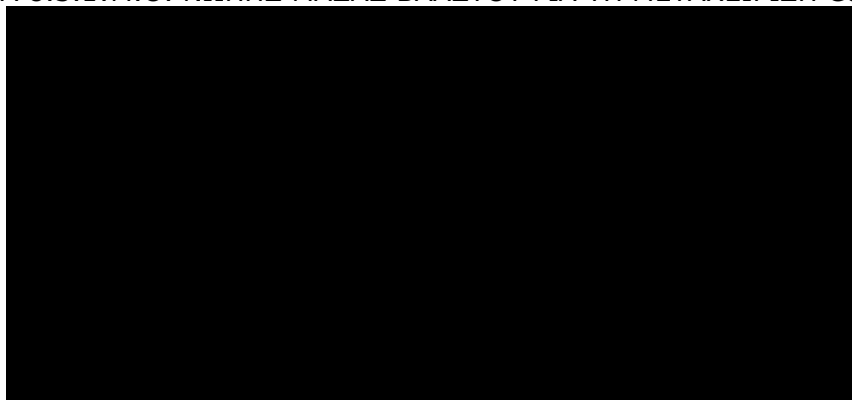
### 8.3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΚΑΤΑ ΜΕΣΟ ΟΡΟ

Στα παρακάτω γραφήματα φαίνονται οι μέσοι όροι των αρχικών μέσων όρων για όλες τις μεταχειρίσεις NaCl και Cd.

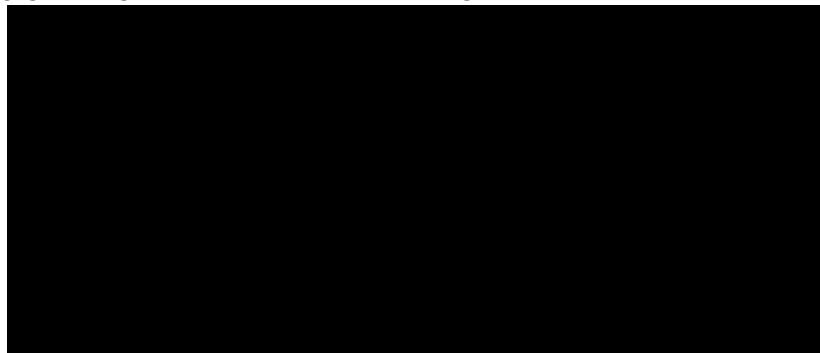
Α)ΝΩΠΗ ΜΑΖΑ ΒΛΑΣΤΩΝ ΚΑΙ ΡΙΖΩΝ ΣΕ gr



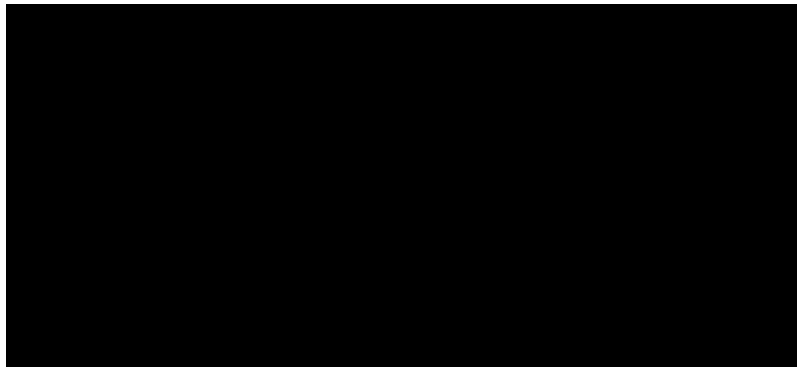
ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1:Μ.Ο. ΝΩΠΗΣ ΜΑΖΑΣ ΒΛΑΣΤΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ Cd



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.2:Μ.Ο. ΝΩΠΗΣ ΜΑΖΑΣ ΒΛΑΣΤΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ NaCl



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.3:Μ.Ο. ΝΩΠΗΣ ΜΑΖΑΣ ΡΙΖΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ Cd

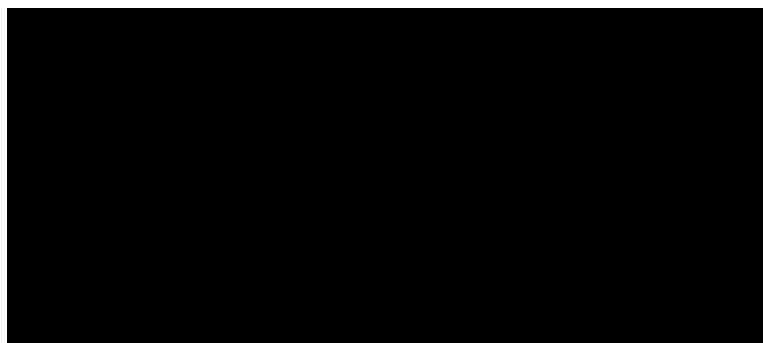


ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.4:Μ.Ο. ΝΩΠΗΣ ΜΑΖΑΣ ΡΙΖΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ NaCl

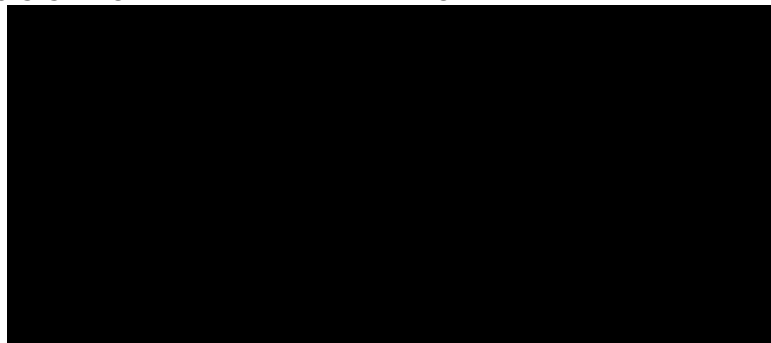


Το γράφημα 8.3.1. παρουσιάζει μικρότερες τιμές από τους βλαστούς χωρίς ψευδάργυρο, συγκριτικά με το γράφημα 8.3.2. που παρατηρείται μια μικρή αυξομείωση των τιμών ανάλογα κάθε φορά με την περιεκτικότητα σε NaCl. Οι ρίζες ανά μεταχείριση καδμίου και αλατότητας που περιέχουν ψευδάργυρο παρουσιάζουν μικρότερες τιμές από αυτές που δεν περιέχουν ψευδάργυρο.

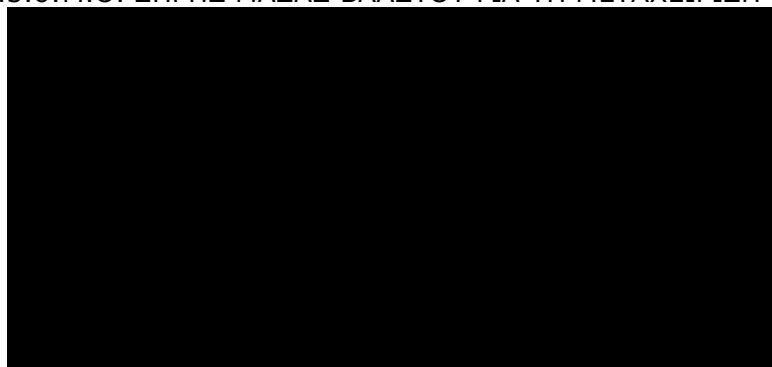
Β)ΞΗΡΗ ΜΑΖΑ ΒΛΑΣΤΩΝ ΚΑΙ ΡΙΖΩΝ ΣΕ gr



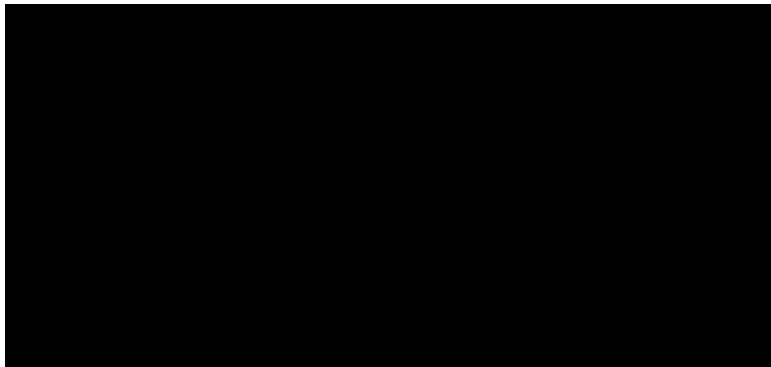
ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.5:Μ.Ο.ΞΗΡΗΣ ΜΑΖΑΣ ΒΛΑΣΤΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ CdI



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.6:Μ.Ο. ΞΗΡΗΣ ΜΑΖΑΣ ΒΛΑΣΤΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ NaCl



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.7:Μ.Ο. ΞΗΡΗΣ ΜΑΖΑΣ ΡΙΖΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ CdI

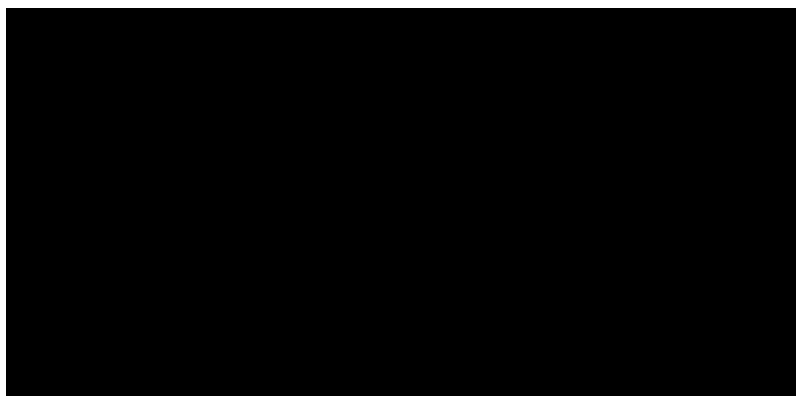


ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.8:Μ.Ο. ΞΗΡΗΣ ΜΑΖΑΣ ΡΙΖΑΣΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ NaCl

Στο γράφημα 8.3.5, οι βλαστοί παρουσιάζουν μια μικρή αυξομείωση ανάλογα κάθε φορά με τη περιεκτικότητά τους σε ppm καδμίου. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι βλαστοί χωρίς προσθήκη ψευδαργύρου παρουσιάζουν μικρότερες τιμές με μηδενική προσθήκη καδμίου και με κάδμιο 1ppm, ενώ στη συνέχεια τα δεδομένα αλλάζουν και παρατηρείται μια αύξηση της μάζας των βλαστών χωρίς προσθήκη ψευδαργύρου και μειώνονται αυτών που περιέχουν ψευδάργυρο, ενώ στο γράφημα 8.3.6. παρατηρείται αύξηση στις τιμές κάθε φορά που ανεβαίνει η περιεκτικότητα σε NaCl. Οι τιμές των βλαστών χωρίς ψευδάργυρο είναι μικρότερες από αυτές με προσθήκη ψευδαργύρου.

Παρατηρείται ότι γραφημα 8.3.7, υπάρχει σχεδόν ταύτιση στις τιμές. Πρέπει να σημειωθεί ότι στη προσθήκη 10 και 20 ppm καδμίου υπάρχει μια αύξηση των τιμών της ρίζας χωρίς προσθήκη ψευδαργύρου.

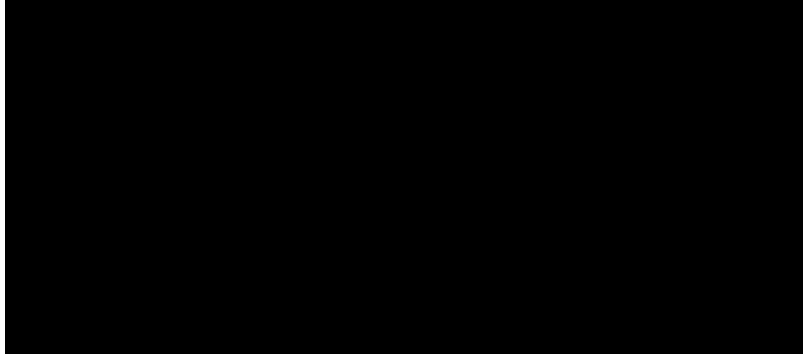
#### Γ)ΜΗΚΗ ΒΛΑΣΤΩΝ ΚΑΙ ΡΙΖΩΝ ΣΕ cm



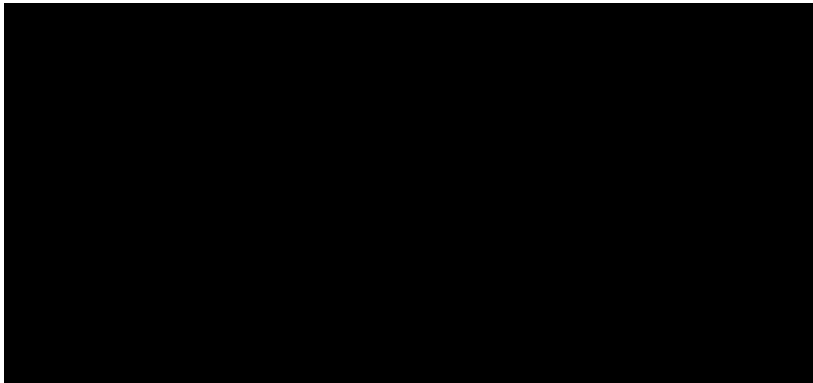
ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.9:Μ.Ο.ΜΗΚΟΥΣ ΒΛΑΣΤΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ Cd



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.10:Μ.Ο.ΜΗΚΟΥΣ ΒΛΑΣΤΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ NaCl



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.11.Μ.Ο.ΜΗΚΟΥΣ ΡΙΖΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ NaCl



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.12.Μ.Ο.ΜΗΚΟΥΣ ΡΙΖΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ Cd

Στα γραφήματα 8.3.9. και 8.3.10., παρατηρείται μια συνεχής αυξομείωση στις τιμές και με προσθήκη ψευδαργύρου και χωρίς. Όσο αφορά το μήκος των ριζών από τα δύο αυτά γραφήματα, σε γενικές γραμμές μπορεί να παρατηρηθεί μια υστέρηση της μάζας των ριζών που ανήκουν στη μεταχείριση καδμίου και μια αυξομείωση στις τιμές των ριζών που ανήκουν στη μεταχείριση αλατότητας.

### 8.3.1 ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ Ca,K,Na,ΚΑΤΑ ΜΕΣΟ ΟΡΟ.

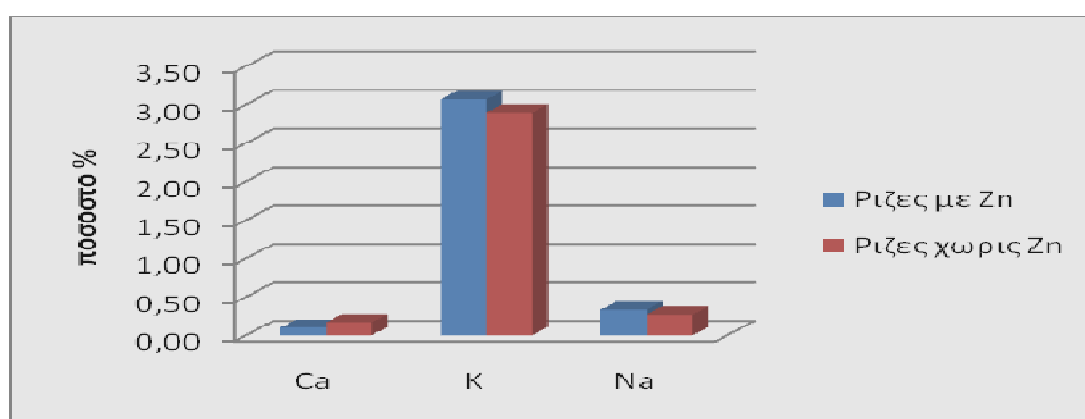
Παρακάτω φαίνονται γραφικά τα ποσοστά (%) που προέκυψαν κατά την ανάλυση των δειγμάτων κατά μέσο όρο:

#### Α) ΡΙΖΕΣ ΜΕ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟ

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A004	0,10	3,50	0,40
A005	0,10	2,50	0,30
A006	0,10	3,20	0,30
<b>Μ.Ο.</b>	0,10	<b>3,07</b>	0,33

#### Β) ΡΙΖΕΣ ΧΩΡΙΣ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟ

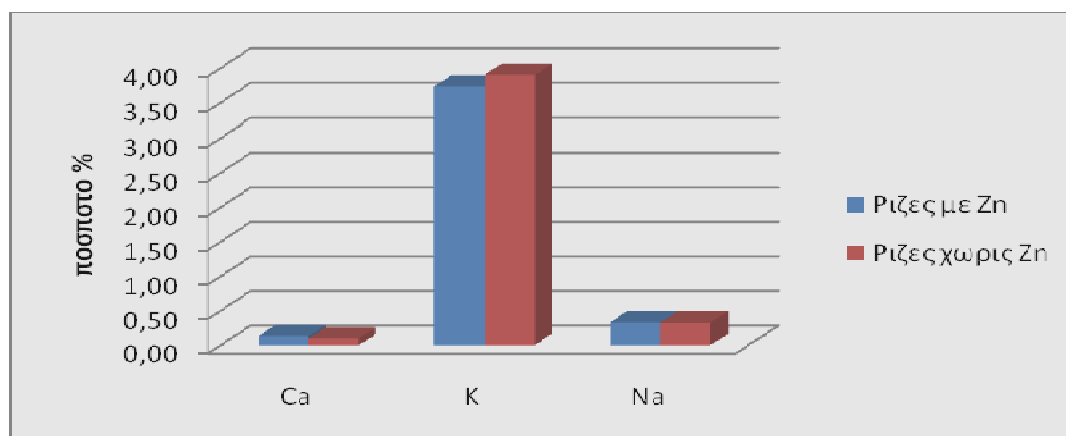
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A001	0,10	3,50	0,30
A002	0,30	2,10	0,20
A003	0,10	3,10	0,30
<b>Μ.Ο.</b>	0,17	<b>2,90</b>	0,27



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.1: ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na, (%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ Α001-002-003-004-005-006

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A014	0,20	4,00	0,40
A015	0,10	3,30	0,20
A016	0,10	3,90	0,40
<b>Μ.Ο.</b>	0,13	<b>3,73</b>	0,33

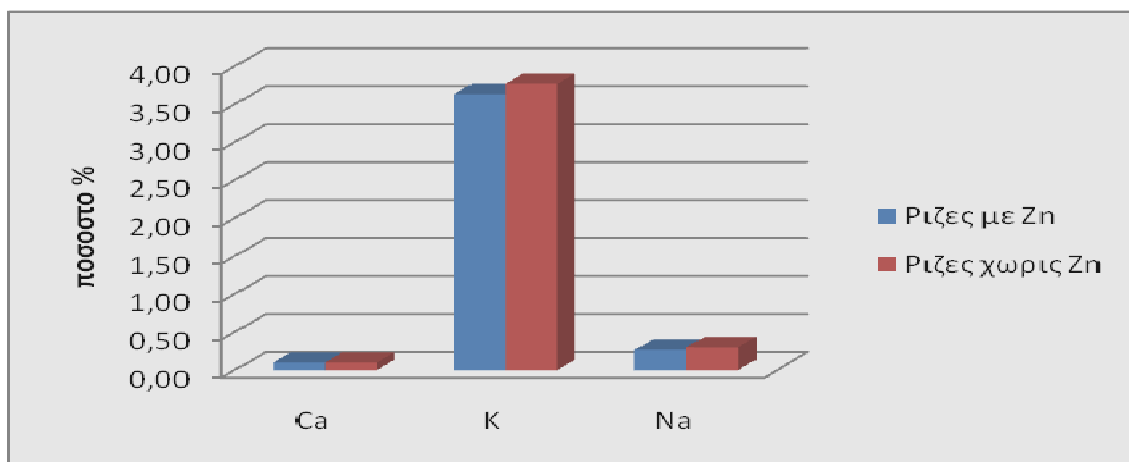
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A011	0,10	3,70	0,30
A012	0,10	4,20	0,40
A013	0,10	3,80	0,30
<b>Μ.Ο.</b>	0,10	<b>3,90</b>	0,33



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.2: ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na, (%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ Α011-012-013-014-015-016

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A024	0,10	3,70	0,30
A025	0,10	3,60	0,30
A026	0,10	3,60	0,20
<b>Μ.Ο.</b>	0,10	3,63	0,27

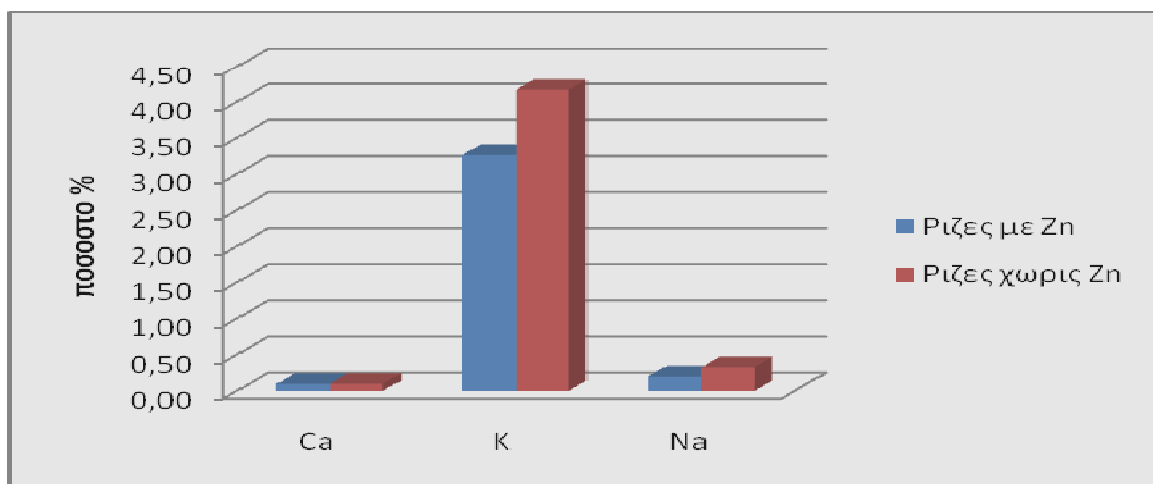
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A021	0,10	3,60	0,30
A022	0,10	4,00	0,30
A023	0,10	3,70	0,30
<b>Μ.Ο.</b>	0,10	3,77	0,30



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.3: ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na, (%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ Α021-022-023-024-025-026

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A034	0,10	3,10	0,30
A035	0,10	3,90	0,00
A036	0,10	2,80	0,30
<b>Μ.Ο.</b>	0,10	3,27	0,20

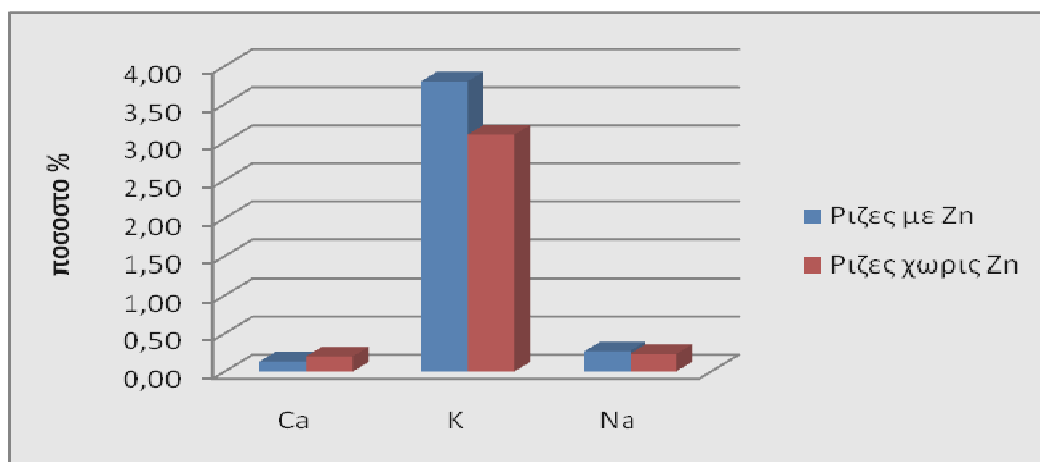
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A031	0,10	4,00	0,30
A032	0,10	3,80	0,40
A033	0,10	4,70	0,30
<b>Μ.Ο.</b>	0,10	4,17	0,33



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.4: ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na, (%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ Α031-032-033-034-035-036

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A044	0,20	3,20	0,20
A045	0,10	4,40	0,30
A046	0,10	3,80	0,30
Μ.Ο.	0,13	3,80	0,27

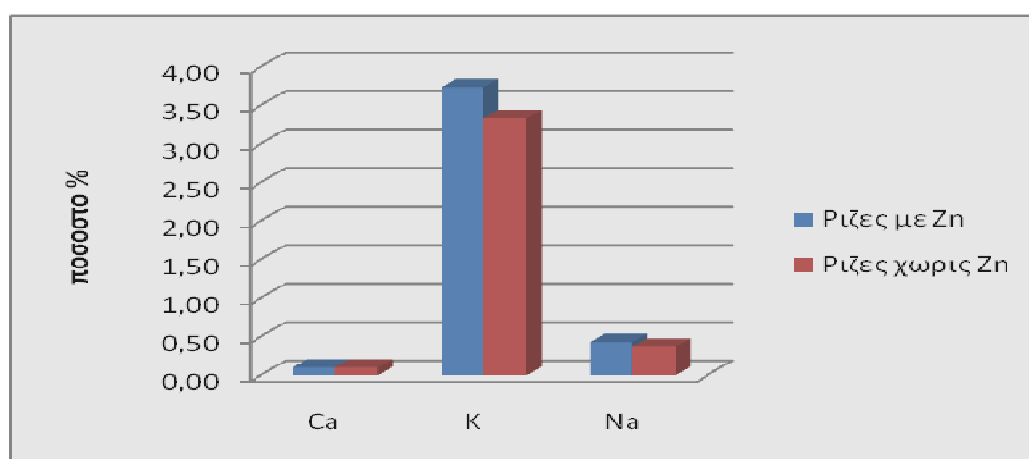
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A041	0,30	2,90	0,20
A042	0,20	3,00	0,20
A043	0,10	3,40	0,30
Μ.Ο.	0,20	3,10	0,23



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.5:ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na,(%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ A041-042-043-044-045-046

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A104	0,10	3,40	0,40
A105	0,10	3,20	0,40
A106	0,10	4,60	0,50
Μ.Ο.	0,10	3,73	0,43

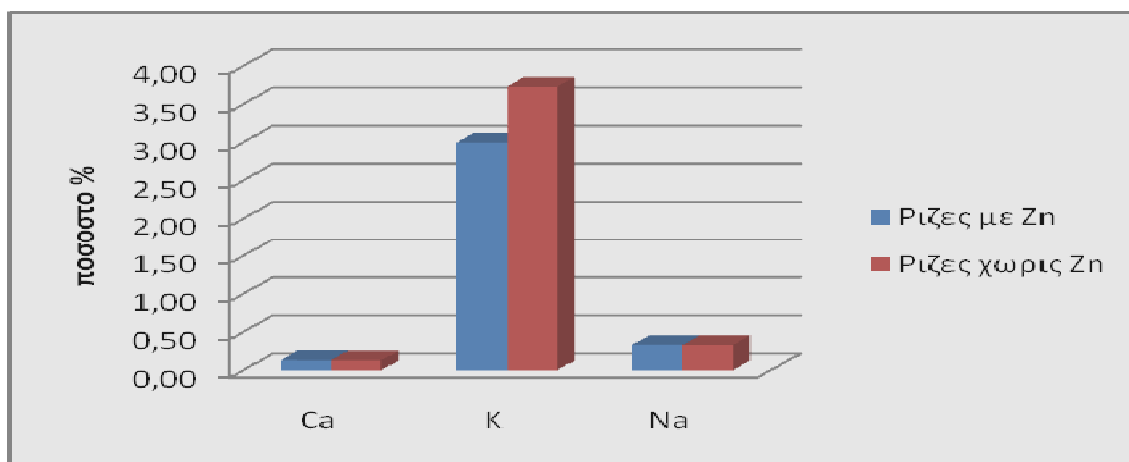
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A101	0,10	3,70	0,40
A102	0,10	3,00	0,30
A103	0,10	3,30	0,40
Μ.Ο.	0,10	3,33	0,37



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.6:ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na,(%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ A101-102-103-104-105-106

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A114	0,10	3,20	0,40
A115	0,20	2,50	0,20
A116	0,10	3,30	0,40
M.O.	0,13	3,00	0,33

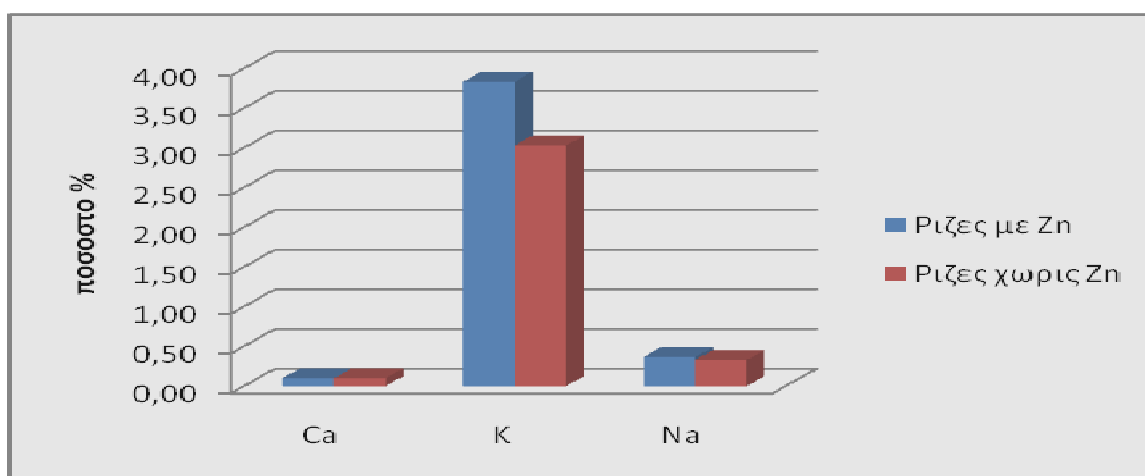
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A111	0,10	3,50	0,30
A112	0,20	3,00	0,30
A113	0,10	4,70	0,40
M.O.	0,13	3,73	0,33



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.7:ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na,(%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ A111-112-113-114-115-116

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A124	0,10	4,00	0,30
A125	0,10	3,80	0,40
A126	0,10	3,70	0,40
M.O.	0,10	3,83	0,37

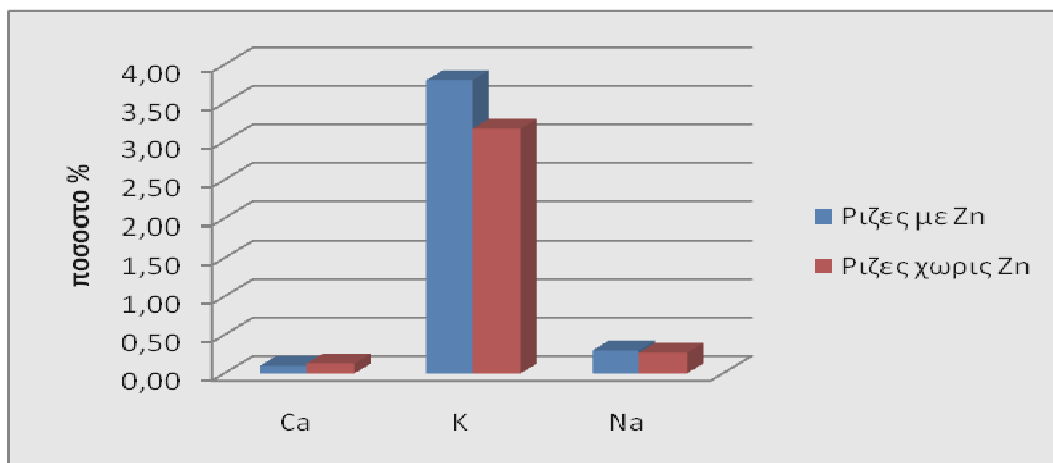
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A121	0,10	3,30	0,40
A122	0,10	2,50	0,30
A123	0,10	3,30	0,30
M.O.	0,10	3,03	0,33



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.8:ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na,(%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ A121-122-123-124-125-126

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A134	0,10	3,30	0,20
A135	0,10	4,00	0,30
A136	0,10	4,10	0,40
<b>Μ.Ο.</b>	0,10	3,80	0,30

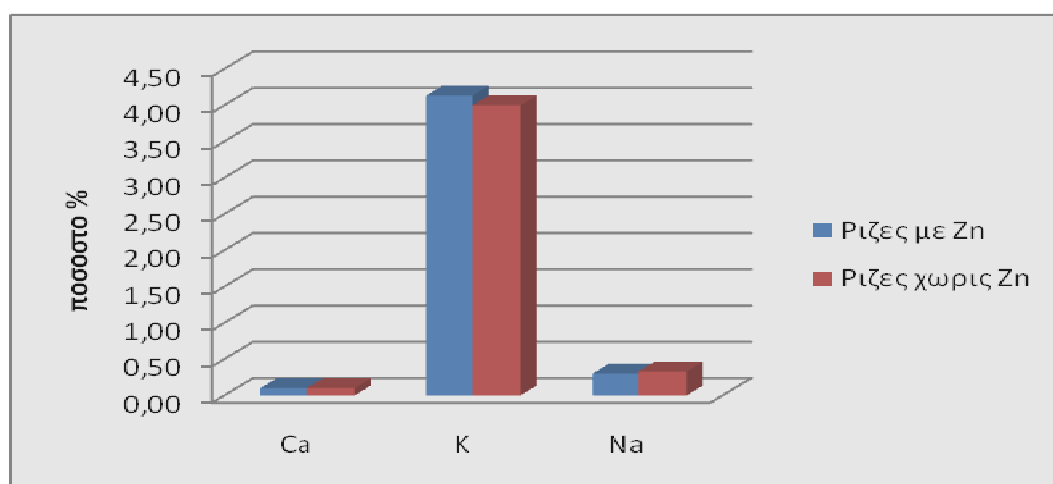
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A131	0,20	2,40	0,20
A132	0,10	3,80	0,30
A133	0,10	3,30	0,30
<b>Μ.Ο.</b>	0,13	3,17	0,27



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.9: ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na, (%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ A131-132-133-134-135-136

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A144	0,10	4,00	0,30
A145	0,10	4,00	0,30
A146	0,10	4,40	0,30
<b>Μ.Ο.</b>	0,10	4,13	0,30

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A141	0,10	4,00	0,30
A142	0,10	4,00	0,30
A143	0,10	4,00	0,40
<b>Μ.Ο.</b>	0,10	4,00	0,33

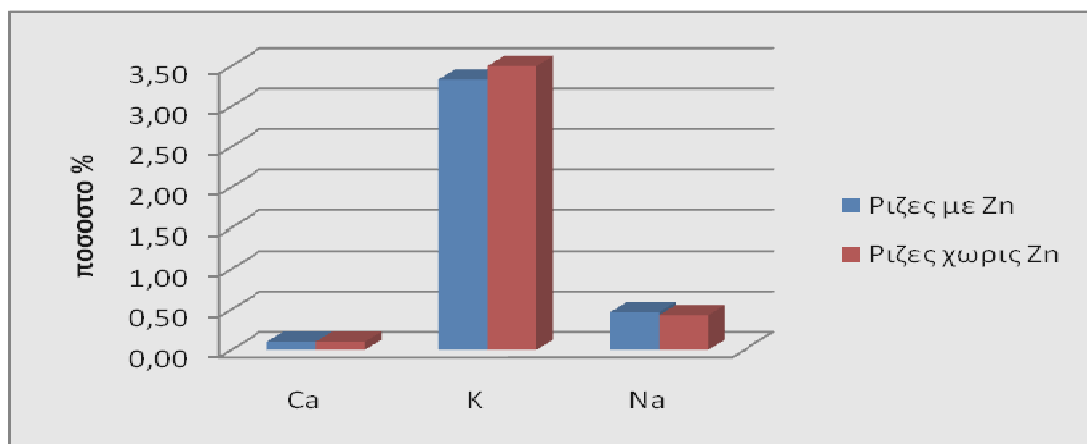


ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.10: ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na, (%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ A141-142-143-144-145-146



ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A204	0,10	3,40	0,40
A205	0,10	3,50	0,60
A206	0,10	3,10	0,40
<b>Μ.Ο.</b>	0,10	3,33	0,47

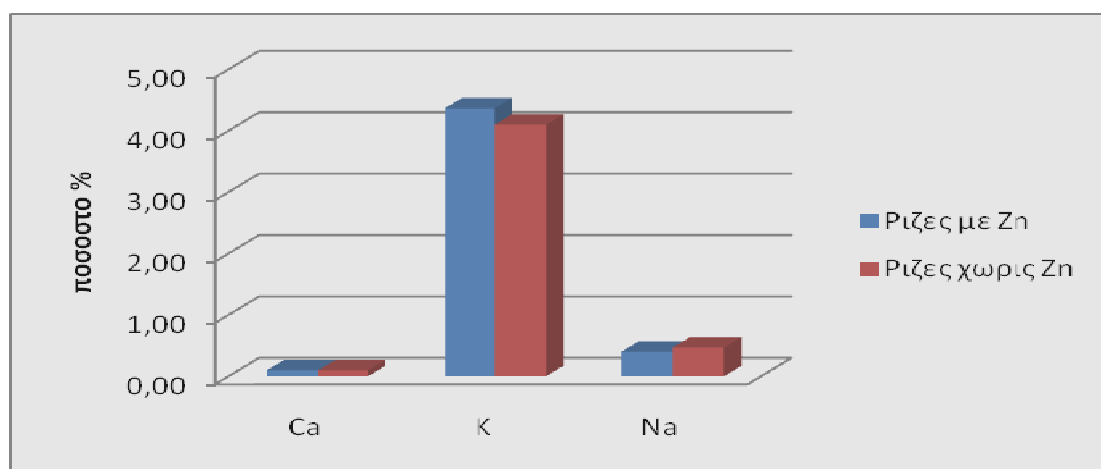
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A201	0,10	3,50	0,30
A202	0,10	3,80	0,40
A203	0,10	3,20	0,60
<b>Μ.Ο.</b>	0,10	3,50	0,43



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.11: ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na, (%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ Α201-202-203-204-205-206

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A214	0,10	4,00	%
A215	0,10	4,10	0,40
A216	0,10	5,00	0,40
<b>Μ.Ο.</b>	0,10	4,37	0,40

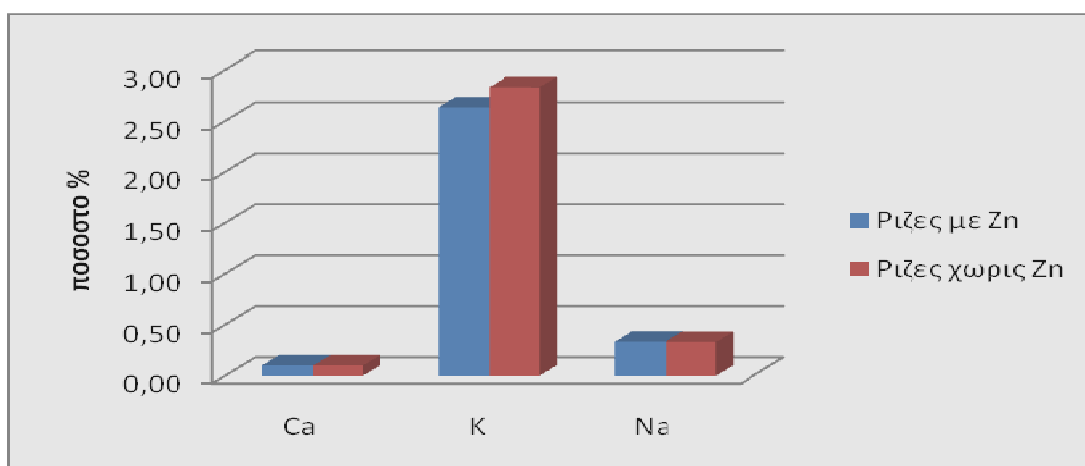
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A211	0,10	4,10	0,40
A212	0,10	3,90	0,50
A213	0,10	4,30	0,50
<b>Μ.Ο.</b>	0,10	4,10	0,47



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.12: ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na, (%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ Α211-212-213-214-215-216

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A224	0,10	2,50	0,30
A225	0,10	3,00	0,40
A226	0,10	2,40	0,30
Μ.Ο.	0,10	2,63	0,33

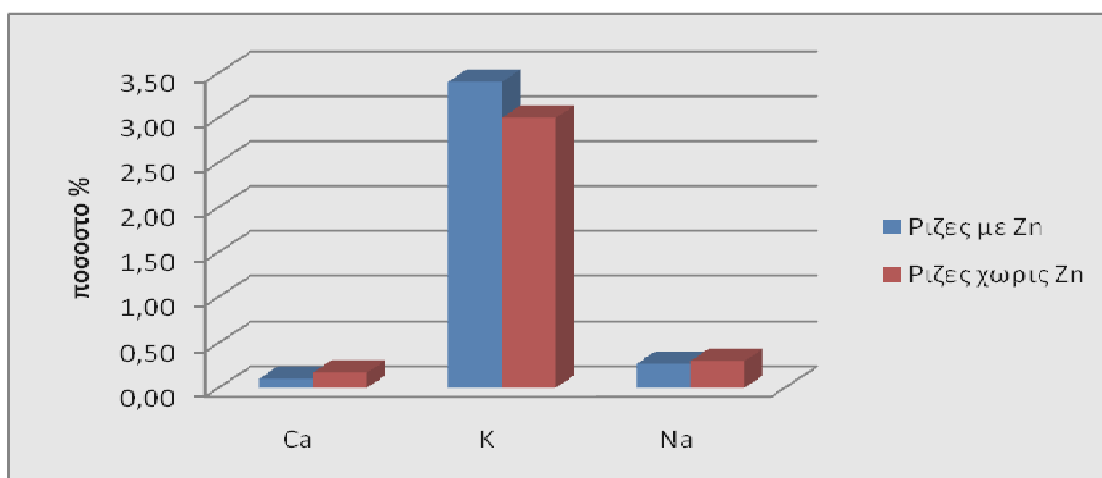
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A221	0,10	2,70	0,30
A222	0,10	2,90	0,40
A223	0,10	2,90	0,30
Μ.Ο.	0,10	2,83	0,33



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.13:ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na,(%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ Α221-222-223-224-225-226

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A234	0,10	3,00	0,20
A235	0,10	3,90	0,30
A236	0,10	3,30	0,30
Μ.Ο.	0,10	3,40	0,27

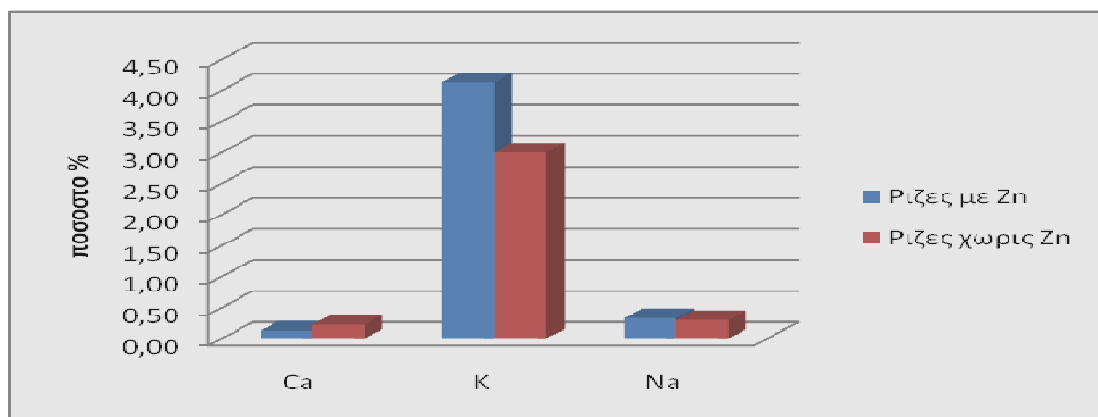
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A231	0,10	2,70	0,30
A232	0,10	3,70	0,30
A233	0,30	2,60	0,30
Μ.Ο.	0,17	3,00	0,30



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.14:ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na,(%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ Α231-232-233-234-235-236

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A244	0,10	2,40	0,20
A245	0,10	2,00	0,20
A246	0,20	8,00	0,60
<b>Μ.Ο.</b>	0,13	4,13	0,33

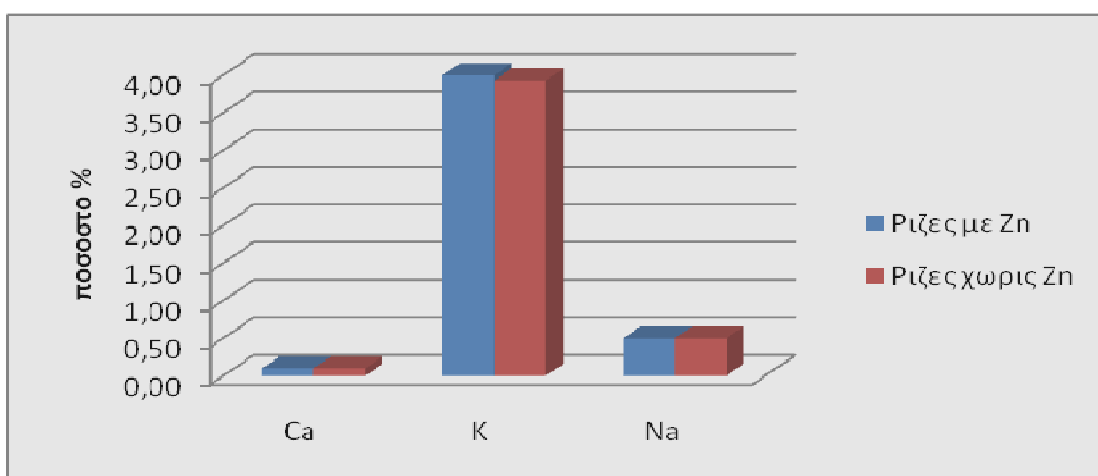
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A241	0,50	2,40	0,30
A242	0,10	3,30	0,30
A243	0,10	3,30	0,30
<b>Μ.Ο.</b>	0,23	3,00	0,30



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.15:ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na,(%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ A241-242-243-244-245-246

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A304	0,10	4,30	0,50
A305	0,10	4,60	0,60
A306	0,10	3,10	0,40
<b>Μ.Ο.</b>	0,10	4,00	0,50

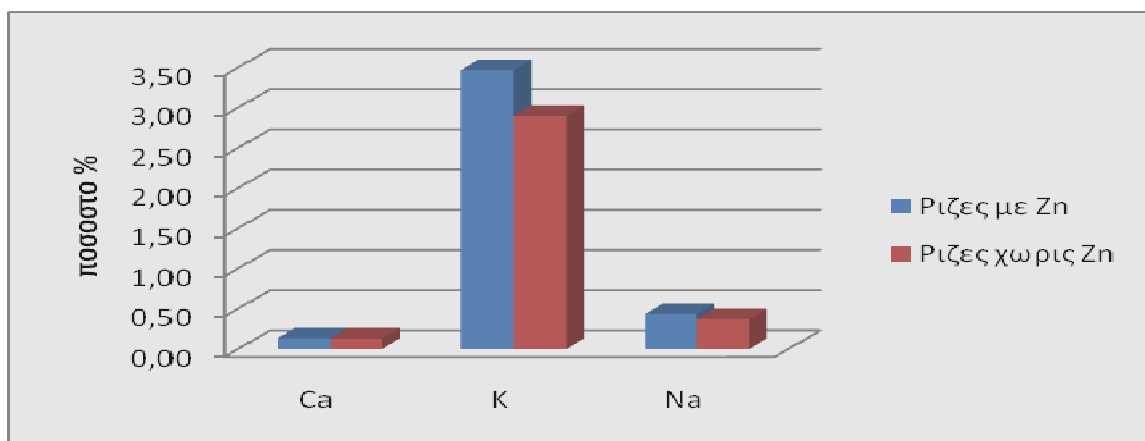
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A301	0,10	4,30	0,50
A302	0,10	3,80	0,40
A303	0,10	3,70	0,60
<b>Μ.Ο.</b>	0,10	3,93	0,50



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.16:ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na,(%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ A301-302-303-304-305-306

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A314	0,20	3,20	0,40
A315	0,10	3,30	0,40
A316	0,10	3,90	0,50
M.O.	0,10	3,47	0,43

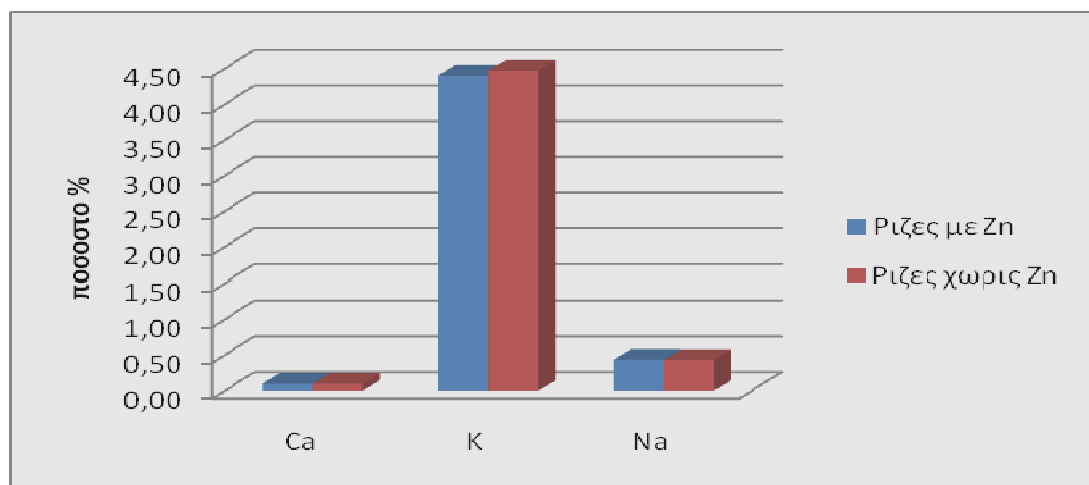
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A311	0,10	3,80	0,40
A312	0,10	2,20	0,40
A313	0,20	2,70	0,30
M.O.	0,13	2,90	0,37



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.17:ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na,(%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ Α311-2312-313-2314-2315-316

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A324	0,10	4,10	0,40
A325	0,10	5,00	0,50
A326	0,10	4,10	0,40
M.O.	0,10	4,40	0,43

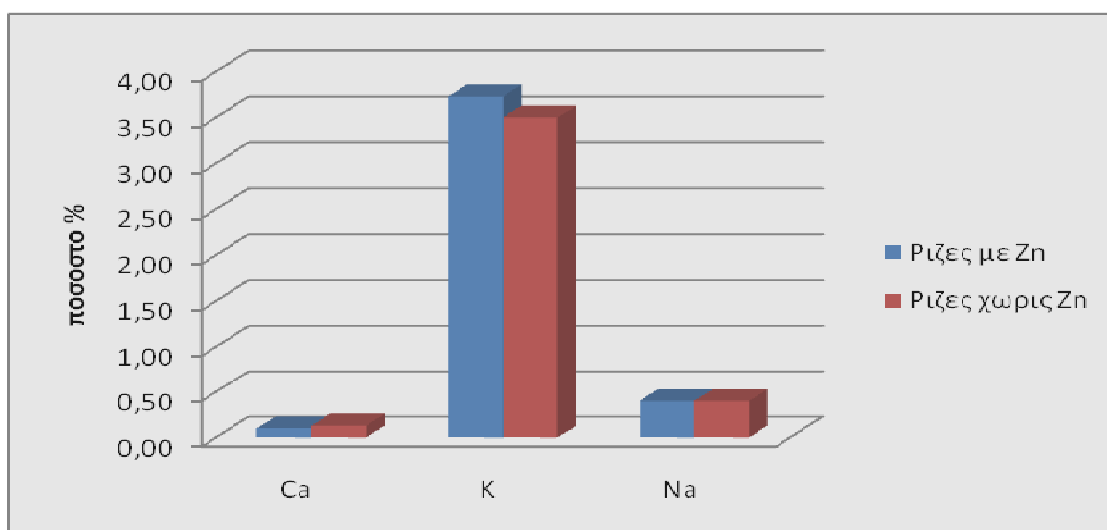
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A321	0,10	4,70	0,40
A322	0,10	4,60	0,50
A323	0,10	4,10	0,40
M.O.	0,10	4,47	0,43



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.18:ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na,(%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ Α321-322-323-324-325-326

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A334	0,10	3,60	0,40
A335	0,10	3,30	0,40
A336	0,10	4,00	0,40
<b>Μ.Ο.</b>	0,10	3,73	0,40

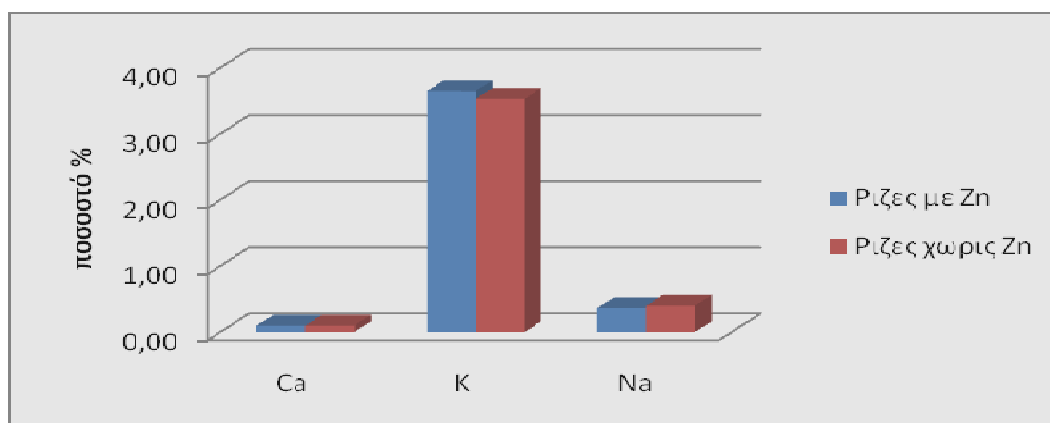
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A331	0,10	2,90	0,30
A332	0,10	3,10	0,40
A333	0,20	4,50	0,50
<b>Μ.Ο.</b>	0,13	3,50	0,40



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.19:ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na,(%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ Α331-332-333-334-335-336

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A344	0,10	3,50	0,40
A345	0,10	3,80	0,40
A346	0,10	3,65	0,30
<b>Μ.Ο.</b>	0,07	3,65	0,37

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A341	0,10	3,60	0,40
A342	0,10	3,40	0,40
A343	0,10	3,60	0,40
<b>Μ.Ο.</b>	0,10	3,53	0,40



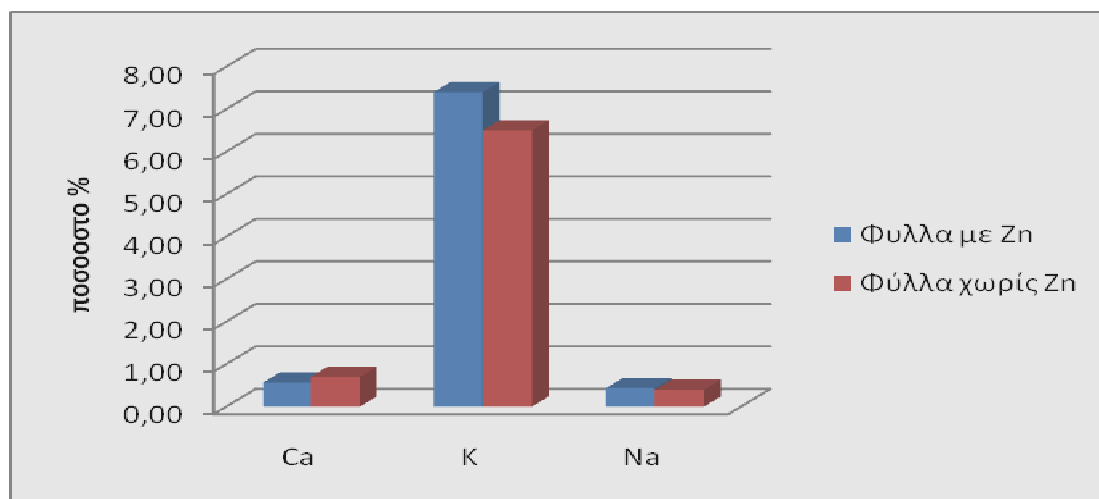
ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.20:ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na,(%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ Α341-342-343-344-345-346

Α)ΦΥΛΛΑ ΜΕ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟ

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A004	0,60	7,60	0,50
A005	0,70	7,60	0,40
A006	0,40	7,00	0,40
M.O.	0,57	7,40	0,43

Β) ΦΥΛΛΑ ΧΩΡΙΣ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟ

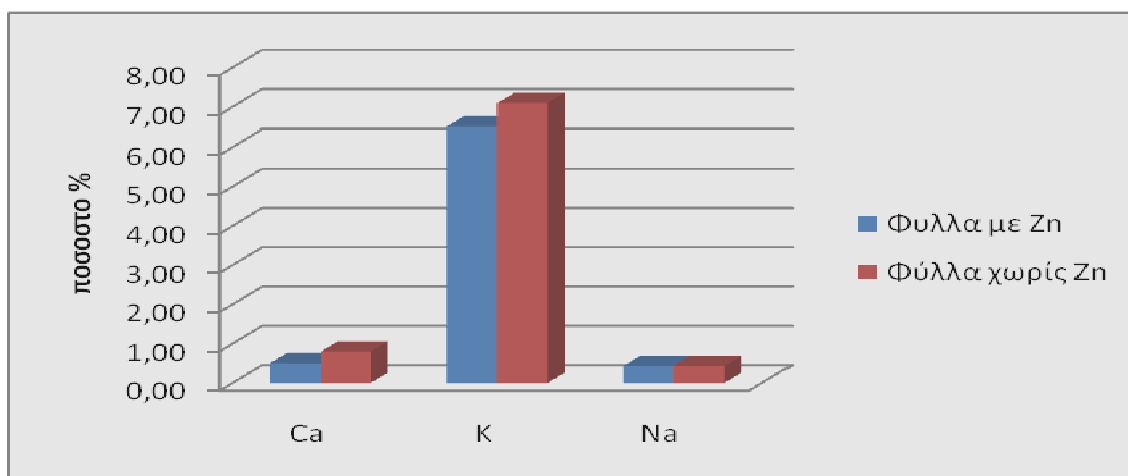
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A001	0,70	6,60	0,40
A002	0,70	6,30	0,40
A003	0,70	6,60	0,40
M.O.	0,70	6,50	0,40



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.2.21:ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na,(%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ Α001-002-003-004-005-006

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A014	0,40	6,80	0,50
A015	0,20	6,60	0,40
A016	0,90	6,10	0,40
M.O.	0,50	6,50	0,43

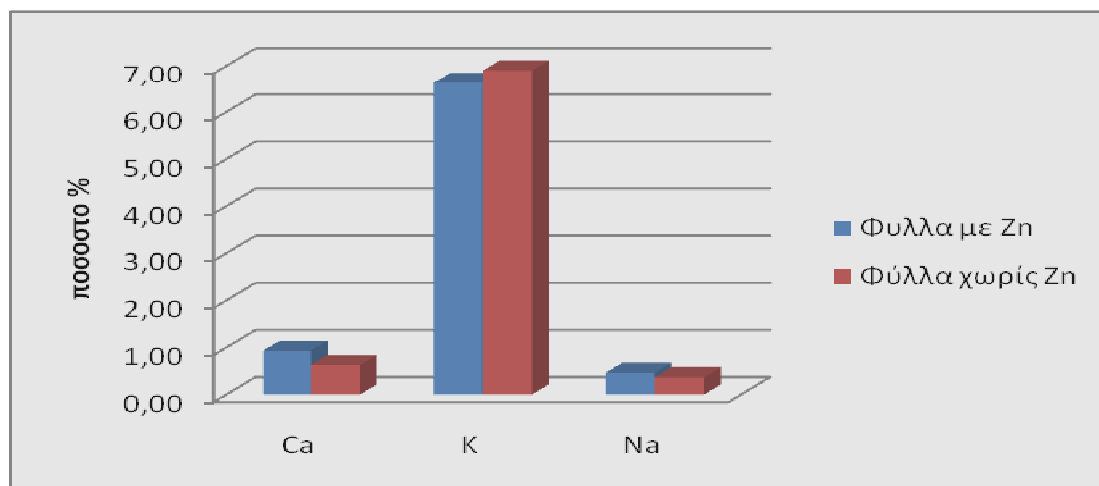
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A011	0,60	6,80	0,40
A012	0,40	8,20	0,50
A013	1,40	6,30	0,40
M.O.	0,80	7,10	0,43



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.22:ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na,(%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ Α011-012-013-014-015-016

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A024	1,10	7,20	0,50
A025	0,70	6,30	0,40
A026	1,00	6,40	0,50
M.O.	0,93	6,63	0,47

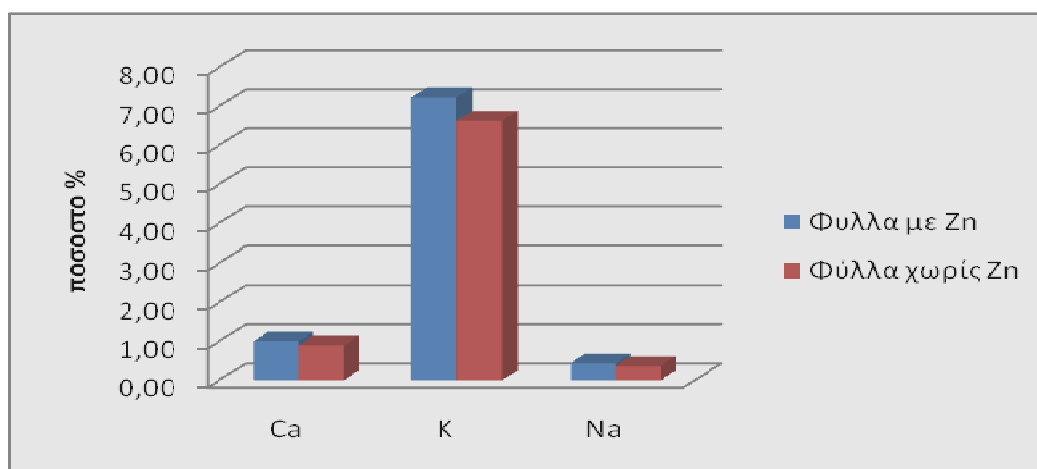
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A021	0,80	6,80	0,40
A022	0,40	7,60	0,40
A023	0,70	6,30	0,30
M.O.	0,63	6,90	0,37



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.23:ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na,(%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ Α021-022-023-024-025-026

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A034	0,70	7,30	0,40
A035	0,70	7,80	0,50
A036	1,60	6,60	0,40
M.O.	1,00	7,23	0,43

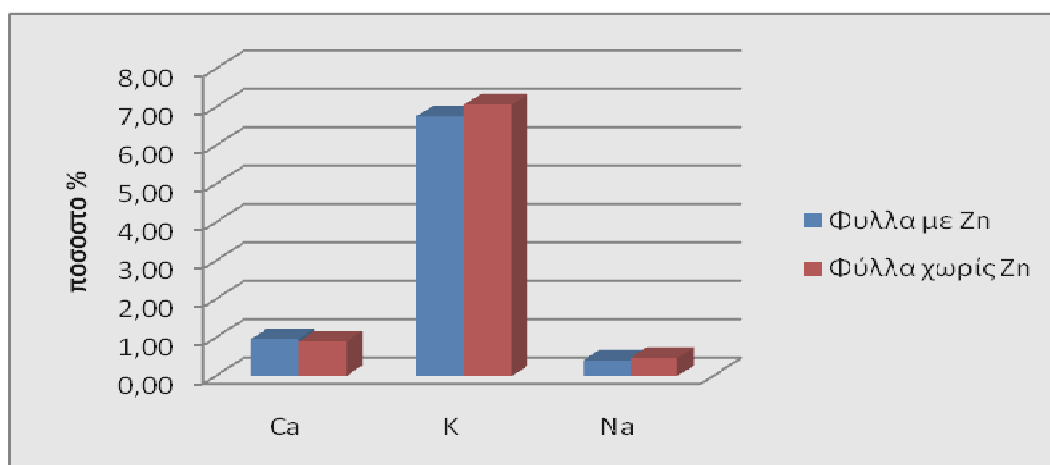
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A031	0,70	6,80	0,40
A032	0,70	6,80	0,40
A033	1,30	6,30	0,30
M.O.	0,90	6,63	0,37



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.24:ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na,(%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ Α031-032-033-034-035-036

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A044	1,40	6,40	0,40
A045	0,80	7,20	0,40
A046	0,70	6,70	0,40
M.O.	0,97	6,77	0,40

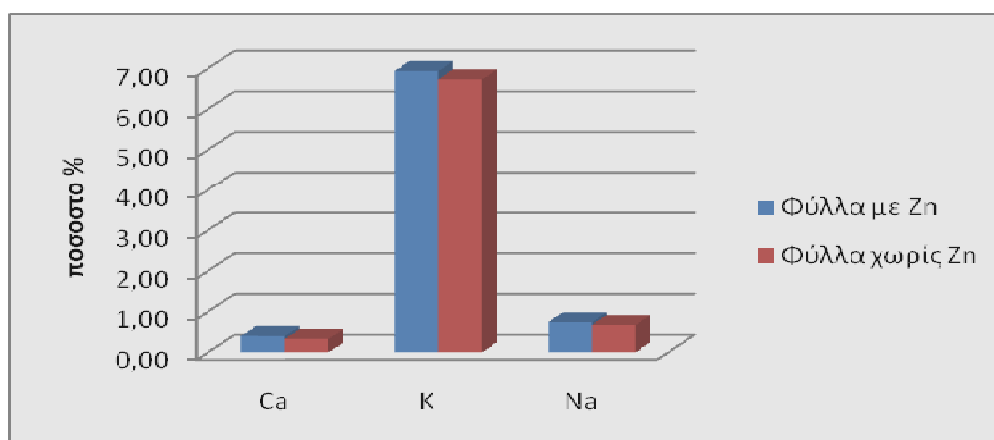
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A041	0,90	7,30	0,50
A042	0,80	6,80	0,40
A043	1,00	7,10	0,50
M.O.	0,90	7,07	0,47



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.25: ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na, (%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ A041-042-043-044-045-046

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A104	0,60	6,60	0,70
A105	0,30	7,80	0,70
A106	0,30	6,40	0,80
M.O.	0,40	6,93	0,73

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A101	0,30	7,20	0,60
A102	0,30	6,30	0,70
A103	0,40	6,70	0,70
M.O.	0,33	6,73	0,67

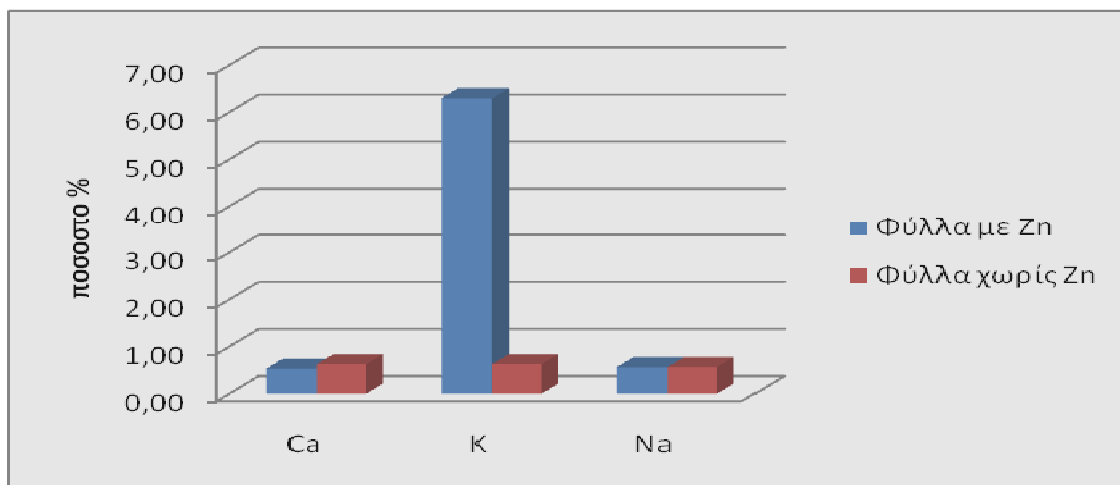


ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.26: ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na, (%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ A101-102-103-104-105-106



ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A114	0,40	6,10	0,50
A115	0,60	6,20	0,60
A116	0,60	6,60	0,60
M.O.	0,53	6,30	0,57

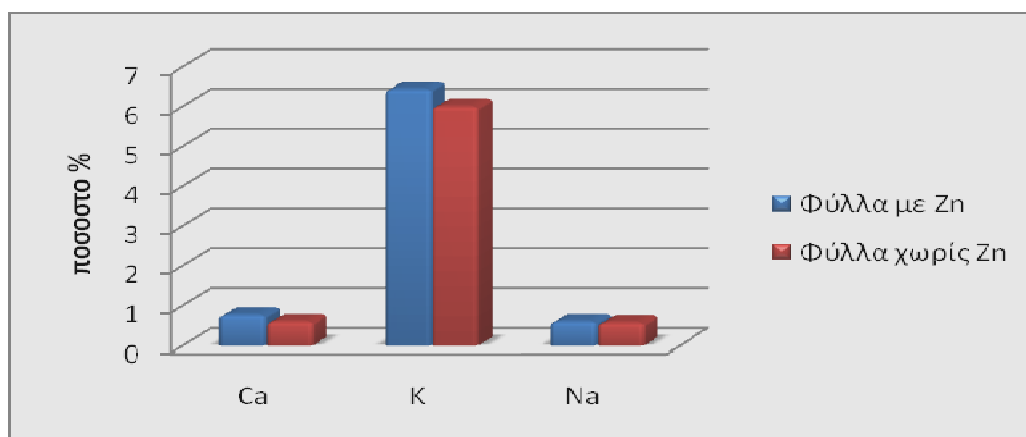
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A111	0,60	0,60	0,50
A112	0,70	0,70	0,60
A113	0,60	0,60	0,60
M.O.	0,63	0,63	0,57



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.27: ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na, (%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ A111-112-113-114-115-116

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A124	1,00	5,80	0,60
A125	0,90	7,10	0,60
A126	0,40	6,40	0,60
M.O.	0,77	6,43	0,60

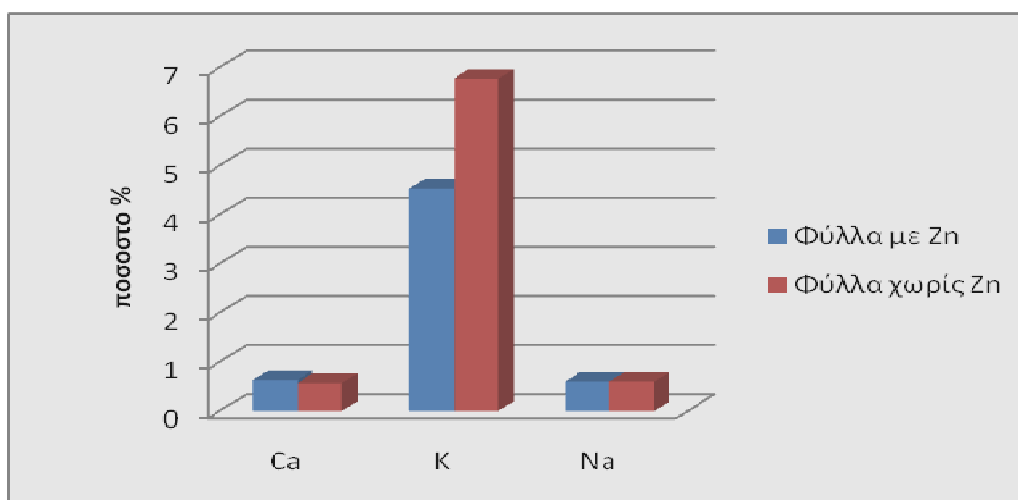
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A121	0,60	6,60	0,60
A122	0,60	5,80	0,60
A123	0,60	5,60	0,50
M.O.	0,60	6,00	0,57



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.28: ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na, (%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ A121-122-123-124-125-126

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A134	0,20	0,20	0,50
A135	0,80	6,80	0,70
A136	0,90	6,60	0,60
M.O.	0,63	4,53	0,60

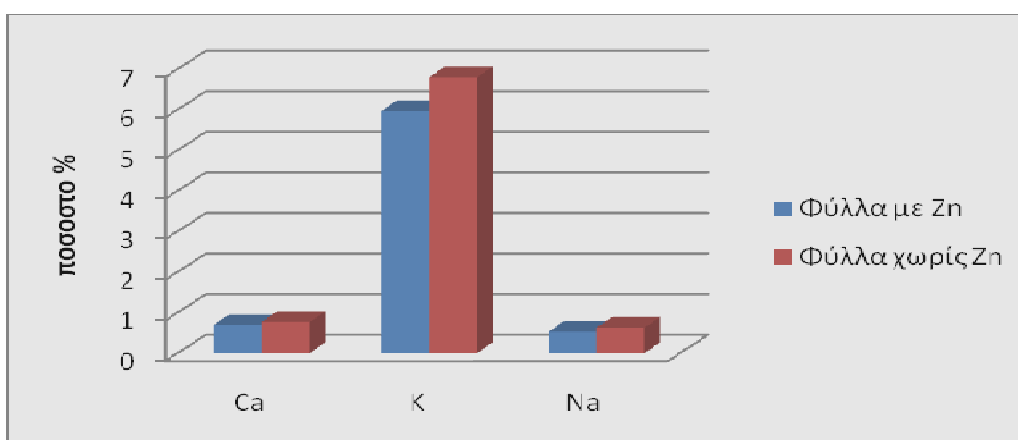
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A131	0,60	7,50	0,60
A132	0,40	6,10	0,50
A133	0,70	6,70	0,70
M.O.	0,57	6,77	0,60



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.29:ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na,(%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ A131-132-133-134-135-136

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A144	0,80	6,10	0,50
A145	0,60	5,00	0,60
A146	0,70	6,80	0,50
M.O.	0,70	5,97	0,53

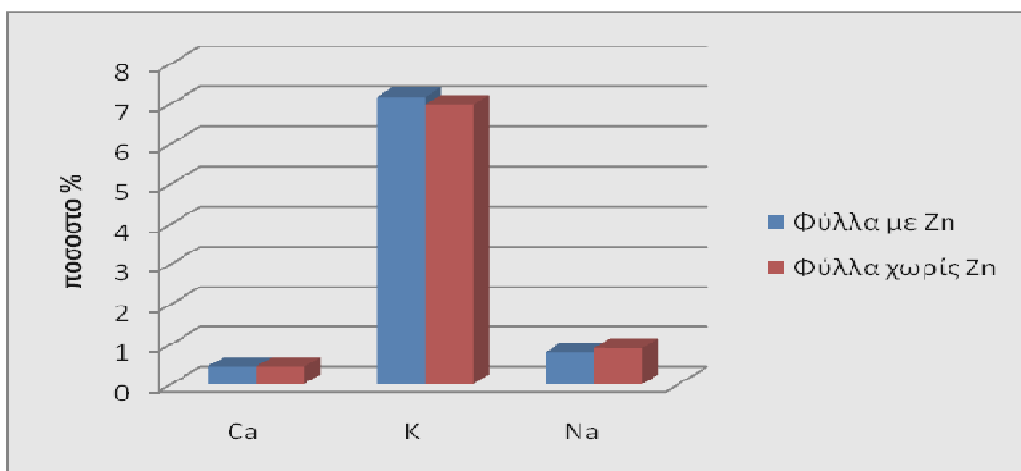
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A141	0,90	6,30	0,60
A142	0,60	7,10	0,60
A143	0,80	7,00	0,70
M.O.	0,77	6,80	0,63



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.30:ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na,(%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ A141-142-143-144-145-146

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A204	0,40	6,80	0,70
A205	0,30	7,20	0,80
A206	0,60	7,50	0,90
M.O.	0,43	7,17	0,80

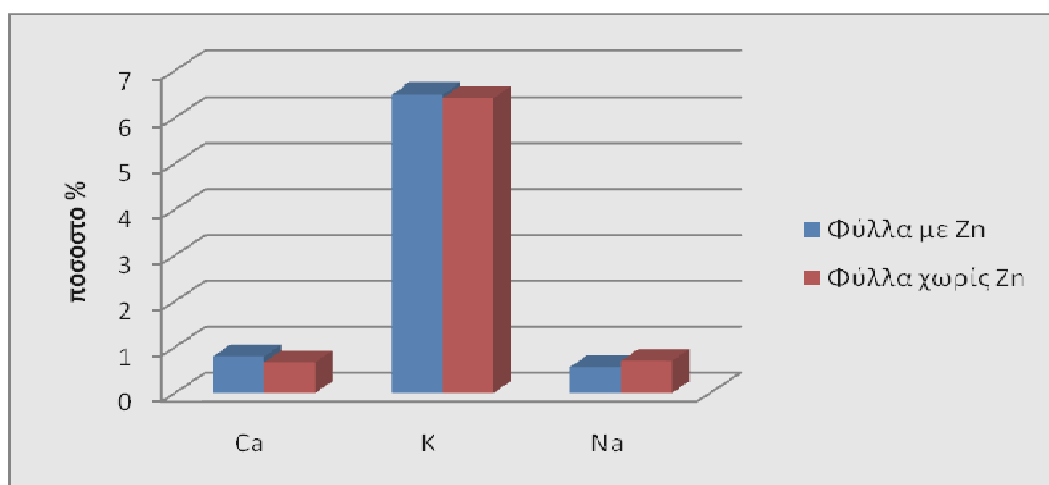
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A201	0,30	6,60	0,80
A202	0,40	7,00	0,90
A203	0,60	7,30	1,00
M.O.	0,43	6,97	0,90



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.31: ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na, (%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ A201-202-203-204-205-206

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A214	0,80	6,30	0,50
A215	0,70	6,80	0,60
A216	0,90	6,40	0,60
M.O.	0,80	6,50	0,57

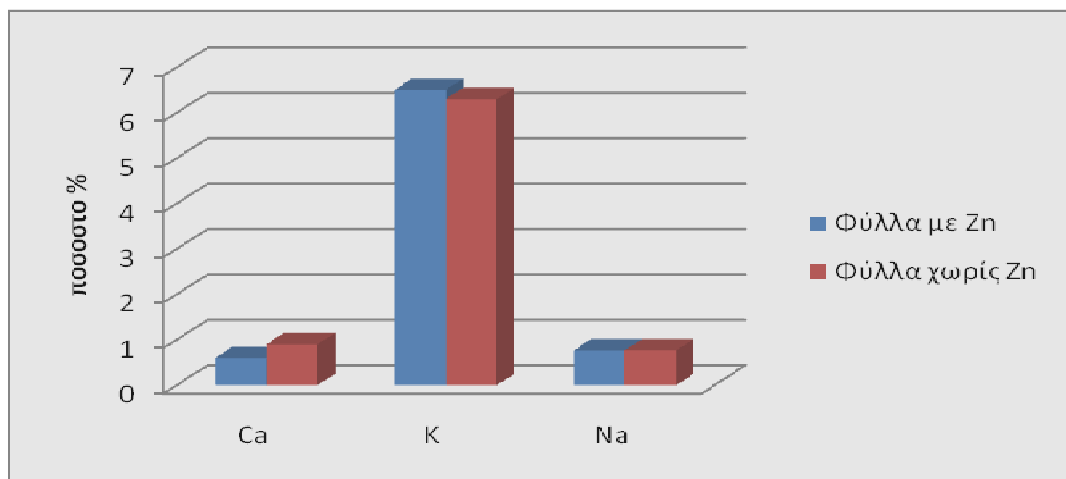
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A211	0,70	6,60	0,70
A212	0,60	6,10	0,70
A213	0,70	6,60	0,70
M.O.	0,67	6,43	0,70



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.32: ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na, (%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ A211-212-213-214-215-216

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A224	0,60	5,80	0,70
A225	0,40	6,60	0,80
A226	0,80	7,10	0,80
M.O.	0,60	6,50	0,77

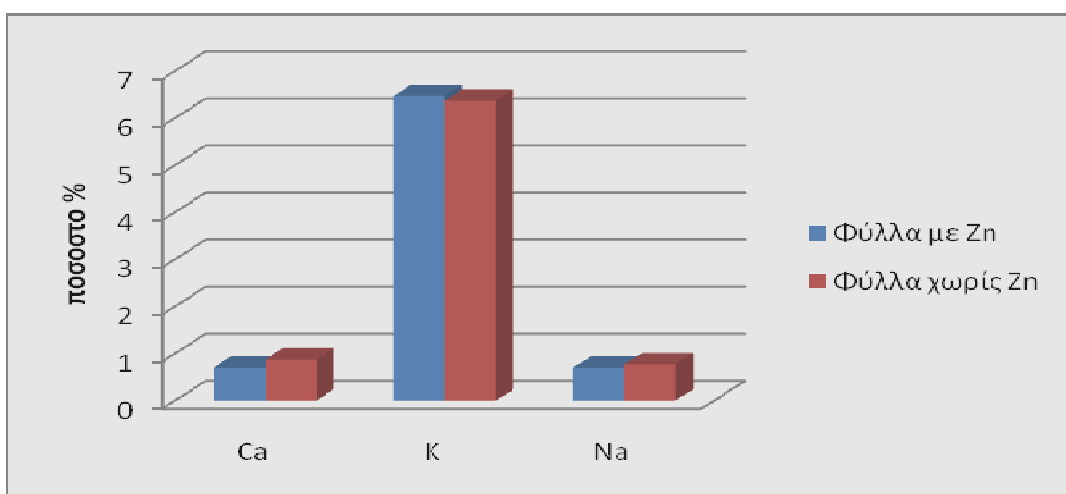
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A221	0,40	5,90	0,80
A222	0,60	5,80	0,70
A223	1,70	7,20	0,80
M.O.	0,90	6,30	0,77



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.33:ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na,(%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ A221-222-223-224-225-226

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A234	0,90	6,70	0,70
A235	0,40	6,60	0,70
A236	0,80	6,10	0,70
M.O.	0,70	6,47	0,70

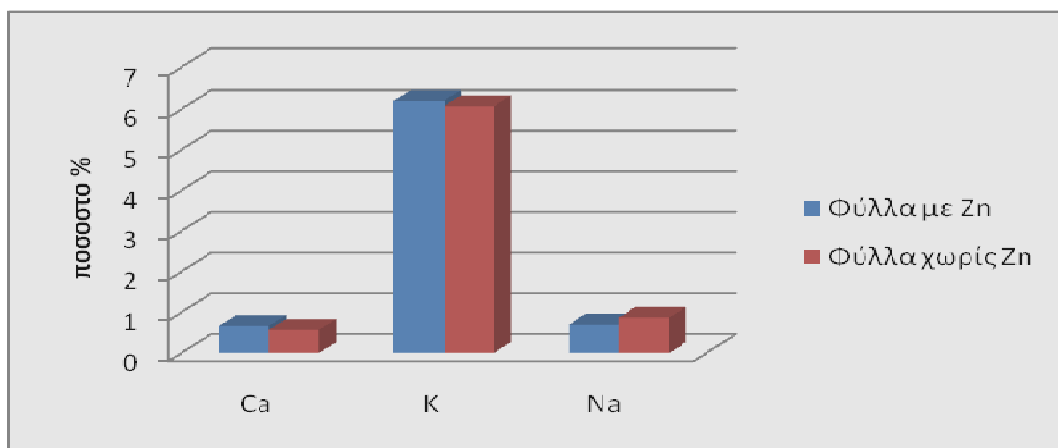
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A231	0,60	5,80	0,70
A232	0,70	7,20	0,90
A233	1,30	6,10	0,70
M.O.	0,87	6,37	0,77



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.34:ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na,(%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ A231-232-233-234-235-236

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A244	0,90	6,70	0,80
A245	0,40	5,80	0,70
A246	0,70	6,10	0,60
Μ.Ο.	0,67	6,20	0,70

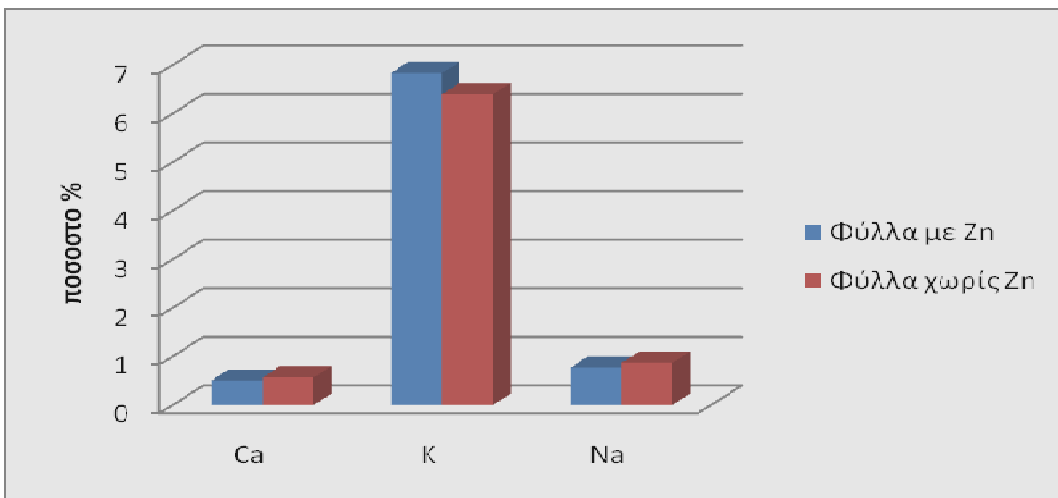
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A241	0,80	5,70	1,00
A242	0,30	6,20	0,80
A243	0,60	6,30	0,80
Μ.Ο.	0,57	6,07	0,87



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.35:ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na,(%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ Α241-242-243-244-245-246

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A304	0,60	6,70	0,80
A305	0,30	7,00	0,70
A306	0,60	6,80	0,80
Μ.Ο.	0,50	6,83	0,77

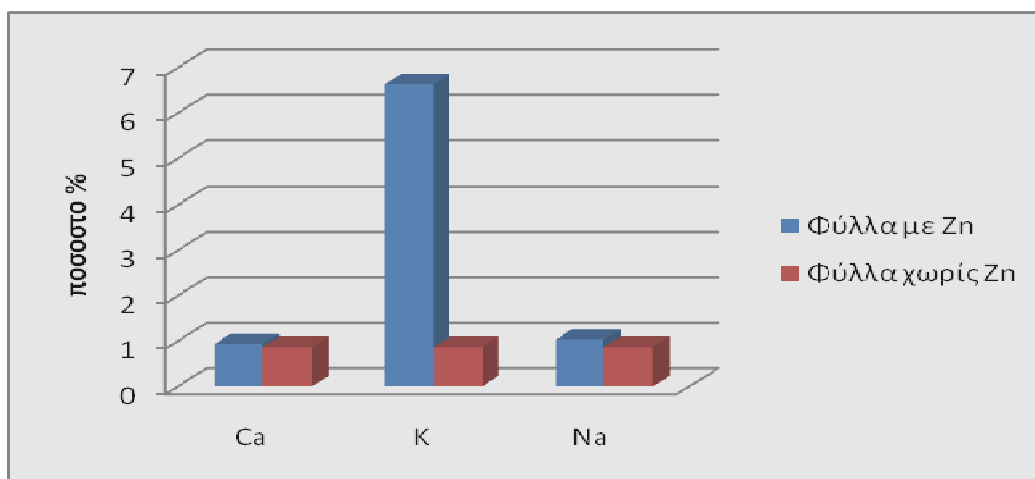
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A301	0,60	6,20	0,90
A302	0,70	6,60	0,90
A303	0,40	6,40	0,80
Μ.Ο.	0,57	6,40	0,87



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.36:ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na,(%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ Α301-302-303-304-305-306

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A314	1,50	6,70	1,10
A315	0,70	7,30	1,20
A316	0,60	5,90	0,80
M.O.	0,93	6,63	1,03

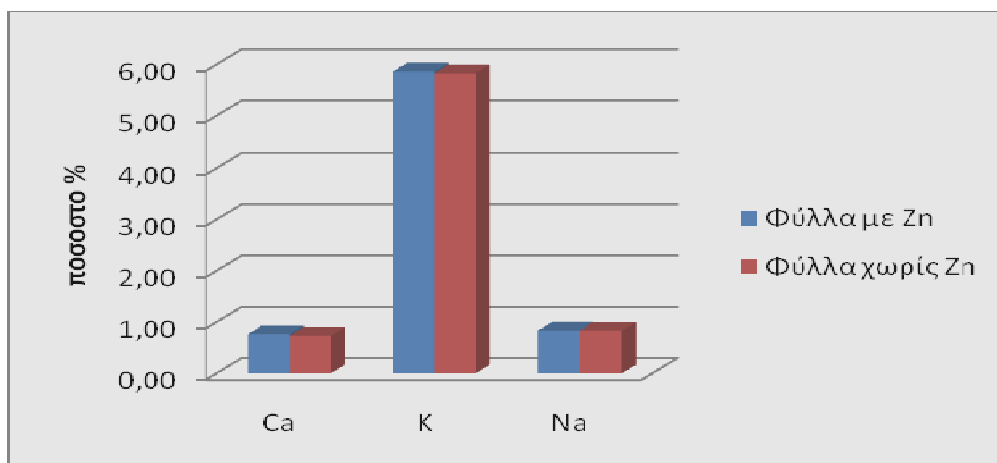
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A311	0,90	0,90	1,00
A312	0,90	0,90	0,80
A313	0,80	0,80	0,80
M.O.	0,87	0,87	0,87



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.37:ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na,(%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ A311-312-313-314-315-316

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A324	1,20	5,60	0,70
A325	0,40	6,30	0,90
A326	0,70	5,70	0,90
M.O.	0,77	5,87	0,83

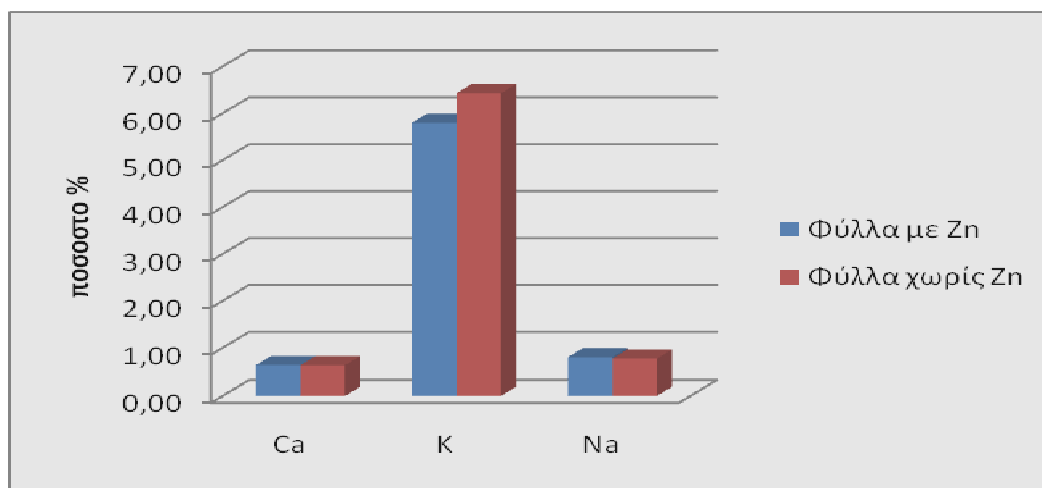
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A321	0,70	6,10	0,90
A322	0,70	5,90	0,80
A323	0,80	5,50	0,80
M.O.	0,73	5,83	0,83



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.38:ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na,(%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ A321-322-323-324-325-326

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A334	0,80	6,20	0,90
A335	0,40	5,50	0,70
A336	0,70	5,70	0,80
M.O.	0,63	5,80	0,80

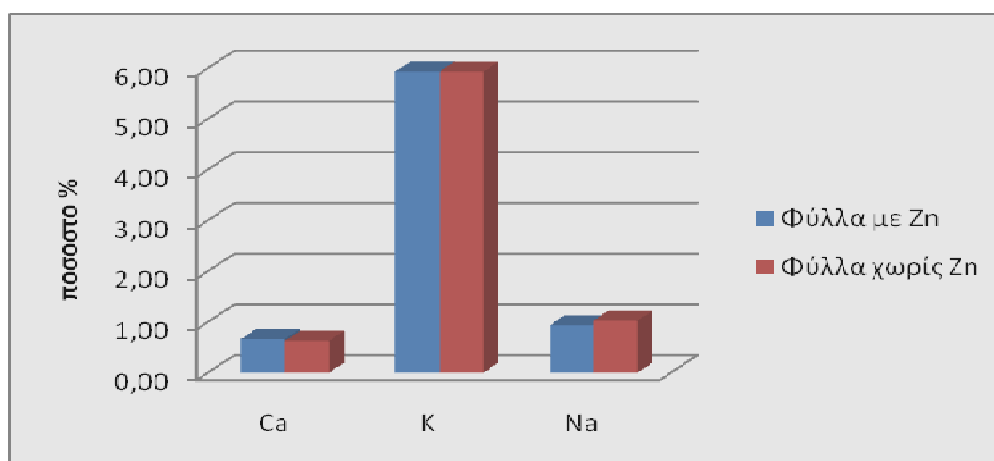
ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A331	0,90	7,20	1,00
A332	0,60	5,80	0,80
A333	0,40	6,30	0,50
M.O.	0,63	6,43	0,77



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.39: ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na, (%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ A331-332-333-334-335-336

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A344	0,70	5,80	1,00
A345	0,60	6,30	0,90
A346	0,70	5,70	0,90
M.O.	0,67	5,93	0,93

ΚΩΔΙΚΟΣ	%		
	Ca	K	Na
A341	0,60	5,50	1,00
A342	0,70	6,10	1,10
A343	0,60	6,20	1,00
M.O.	0,63	5,93	1,03



ΓΡΑΦΗΜΑ 8.3.1.40: ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ca, K Na, (%) ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ A341-342-343-344-345-346

\* Όσα στοιχεία εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα είναι αυτά που αραιώθηκαν

Από τα ανωτέρω γραφήματα είναι εμφανές ότι τα ποσοστά του καλίου υπερέρχουν απ' αυτά του ασβεστίου και του νατρίου. Η γενική εικόνα που παρουσιάζουν τα γραφήματα, είναι ότι και στις ρίζες και στους βλαστούς υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση καλίου.

Το γράφημα 8.3.1.1. συγκριτικά με το γράφημα 8.3.1.21, παρουσιάζει μικρές διαφορές ως αναφορά τη περιεκτικότητα του ασβεστίου, στους βλαστούς όπου παρατηρούνται υψηλότερες τιμές, σε σχέση με το ριζικό σύστημα του φυτού. Στα ίδια γραφήματα οι τιμές του νατρίου κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα (χαμηλότερα από αυτά του ασβεστίου), τόσο στις ρίζες όσο και στους βλαστούς με ή χωρίς προσθήκη ψευδαργύρου. Η συγκέντρωση του καλίου στα φυτά κυμαίνεται σε πολύ μεγαλύτερες τιμές συγκριτικά με τα δύο παραπάνω στοιχεία.

Αυτή είναι η κατάσταση που απεικονίζεται σε όλα τα γραφήματα, με ελάχιστες διαφορές κάθε φορά. Η συγκέντρωση του ασβεστίου του καλίου και του νατρίου στους βλαστούς είναι μεγαλύτερη απ' ότι στις ρίζες.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στο γράφημα 8.3.1.27, η περιεκτικότητα του καλίου στο βλαστό που δεν περιείχε ψευδάργυρο, παρουσίασε κατακόρυφη μείωση των τιμών. Ανάλογη είναι η εικόνα και στο γράφημα 8.3.1.37.

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα της εργασίας, παρατηρούμε ότι ως αναφορά τη περιεκτικότητα του φυτού σε κάδμιο και ψευδάργυρο σε συνδυασμό πάντα με τις υπάρχουσες συνθήκες αλατότητας τα βαρέα αυτά μέταλλα μεταφέρονται εύκολα στις κορυφές των φυτών. Οι τιμές των βλαστών, εμφανίζονται υψηλές με αυξομειώσεις (όχι σημαντικές) αλλά οι τιμές των ριζών είναι χαμηλές συγκριτικά με τους βλαστούς και κυμαίνονται σε σταθερά επίπεδα.

Η περιεκτικότητα των φυτών σε κάλιο φαίνεται να έχει αυξητικές τάσεις στο ριζικό σύστημα και μοιάζει να μην επηρεάζεται από την παρουσία ψευδαργύρου, αλλά ως αναφορά τους βλαστούς παρατηρούνται μεγάλες συγκεντρώσεις σε ασβέστιο και κάλιο.



Αξίζει να σημειωθεί ότι ένα μέρος από την ποσότητα Zn και Cd, πορεί να οφείλεται και στα μερίδια του εδάφους που δεν απομακρύνθηκαν καλά από το δείγμα, καθόσον η εξωτερική επιφάνεια της ρίζας είναι τραχειά και ο πλήρης καθαρισμός της δεν ήταν εύκολος.

## 9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ένα γενικό συμπέρασμα που μπορούμε να εξάγουμε, είναι ότι τα επίπεδα των φυτών σε ρίζα και βλαστό δεν επηρεάστηκαν σημαντικά από την παρουσία διαφορετικών συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων υπό συνθήκες υψηλής αλατότητας.

Η τοξικότητα των βαρέων μετάλλων εξαρτάται από τη συγκέντρωσή τους, την ύπαρξη και τη συνεργική δράση άλλων μετάλλων καθώς και το είδος του οργανισμού. Γνωρίζουμε ότι το κάδμιο είναι τοξικό και ότι δεν αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για το μεταβολισμό των φυτών. Προσλαμβάνεται εύκολα μέσω του ριζικού συστήματος. Γενικά, στις μεγαλύτερες μεταχειρίσεις καδμίου (5, 10 και 20 ppm) παρατηρείται αύξηση της μάζας των βλαστών. Εξαιρεση αποτελεί η μικρότερη μεταχείριση καδμίου οπότε και η μάζα είναι συνολικά μικρότερη. Πρέπει να σημειωθεί ότι στη προσθήκη 10 και 20 ppm καδμίου υπάρχει μια αύξηση των τιμών της ρίζας χωρίς προσθήκη ψευδαργύρου.

Ένα επίσης τοξικό στοιχείο είναι ο ψευδάργυρος, με περιορισμένη διαλυτότητα στο έδαφος και διαθεσιμότητα στα φυτά. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις ο ψευδάργυρος, αποτελεί ένα από τα πιο βασικά μακροστοιχεία για το μεταβολισμό των φυτών. Σε υψηλές συγκεντρώσεις όμως μπορεί να έχει αρνητικές επιδράσεις στα φυτά όπως τη πρόκληση τοξικότητας.

Φαίνεται λοιπόν ότι τα φυτά αντιδίου είναι ανθεκτικά στις τοξικές συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων και έχουν την ικανότητα να απορροφούν και να μεταφέρουν τα μέταλλα από το ριζικό σύστημα στα φύλλα.

Ως αναφορά το κάλιο τώρα μπορεί να συμπεράνει κανείς ότι τα φυτά απορροφούν περισσότερο κάλιο από αυτό που χρειάζονται για την ανάπτυξή τους. Υπάρχει μεγάλη κινητικότητα του καλίου σε ολόκληρο το φυτό. Στα υγιή πλήρως αναπτυγμένα ώριμα φύλλα, το τυπικό εύρος επάρκειας για το κάλιο είναι μεταξύ 1,5 και 4%.

Είναι γνωστό ότι το ασβέστιο μπορεί να μειώσει την απορρόφηση ψευδαργύρου, γι'αυτό ίσως τα φυτά χωρίς ψευδάργυρο δεν παρουσιάζουν μεγάλη διαφορά από τα φυτά που περιέχουν ψευδάργυρο. Παρατηρούμε επίσης ότι η συγκέντρωση ασβεστίου στους βλαστούς ήταν αρκετά μεγαλύτερη από τη συγκέντρωσή του στις ρίζες.

Το νάτριο κατά τη στατιστική ανάλυση δε φάνηκε να παρουσιάζει ιδιαίτερες μεταβολές. Αν υπήρχαν υψηλές συγκεντρώσεις νατρίου στα φυτά θα μπορούσαν να είχαν προκαλέσει ελλείψεις άλλων στοιχείων, όπως το Ca και το K.

Συμπερασματικά θα λέγαμε ότι:

1) Στο σύνολο των δειγμάτων οι βλαστοί, φαίνεται να αξιοποίησαν καλύτερα τα ιχνοστοιχεία.

2) Δεν προκλήθηκαν προβλήματα τοξικότητας σε καμία μεταχείριση. Ίσως όμως σε υψηλότερες συγκεντρώσεις να είχαν προκληθεί όχι μόνο προβλήματα τοξικότητας, αλλά και τροφopenιών.

3) Οι υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων δεν αποδείχτηκαν ιδιαίτερα επιβλαβείς για τα φυτά, ούτε στη σύνθεση, ούτε στην ανάπτυξή τους.

4) Τα φυτά αντιδίου συγκέντρωσαν μεγαλύτερες ποσότητες καλίου συγκριτικά με το ασβέστιο και το νάτριο.

## **10.ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

Ο ακριβής μηχανισμός της προσαρμογής των φυτών σε υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, υπό συνθήκες υψηλής αλατότητας δεν έχει πλήρως διευκρινιστεί.

Η πρόσληψη των μετάλλων τελικά ακολουθεί τους φυσικοχημικούς νόμους ή ρυθμίζεται από φυσιολογικούς μηχανισμούς;

Θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν ερευνητικά προγράμματα, ώστε να μελετηθεί η προσρόφηση του καδμίου και του ψευδαργύρου σε φυτά αντιδίου, αλλά και η συμπεριφορά τους όταν εμπλέκονται παράγοντες όπως το pH του εδάφους, η περιεχόμενη στο έδαφος οργανική ουσία, η μορφή προσθήκης ορισμένων θρεπτικών στοιχείων, η θερμοκρασία κ.τ.λ.

## 11.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Alloway, B.J. 1988. Unpublished Res. Report, Doe Pecd 7/8/05.
2. Alloway, B.J, Ed.; Alloway, B.J. and Jackson, A.P. 1991. Science Total Environment, 151-176.
3. Andersson, A. and Nilsson, K.O. 1974. Ambio, 198-200.
4. Archer, F.C. 1980. Trace Elements In England And Wales, In Anon Ed. Inorganic Pollution And Agriculture Ministry Of Agriculture, Fisheries And Food, London.
5. Aylett, B.J. 1979. In The Chemistry, Biochemistry And Biology Of Cadmium, Ed. Webb, M. Elsevier, Amsterdam, 1-43.
6. Baham, J., Ball, N.B. and Sposito, G. 1978. J. Environ. Qual., 181-188.
7. Bingham, F.T.,Page, A.L., Mahler, R.J. and Ganje, T.J. 1976. Soil Sci. Soc. Am. J., 715-719.
8. Bingham, F.T., Peryea, F.J. and Jarrell, W. 1986. In Metal Ions In Biological Systems Vol.1, Ed. Sigel, H., Marcel Dekker, New York, 119-156.
9. Bingham, F.T., Strong, J.E. and Sposito, G. 1983. Soil Sciences, 160-165.
10. Bowen, H.J.M. 1979. Environmental Chemistry Of The Elements, Academic Press, London.
11. Cataldo, D.A., Garland, T.R. and Wildung, R.E.C. 1981. Plant Phys., 835-839.
12. Chaney, R.L. 1990. Biocycle, 68-73.
13. Chaney, R. and Giordano, P.M. 1977. In Soils For Management Of Organic Wastes And Waste Waters, Eds. Elliot, L.F. And Stevenson, F.J. Soil Sciences Soc. Am., Am. Soc. Agron & Crop Sci. Soc. Am., Madison, 235-279.
14. Christensen, T.H. 1984. Water, Air And Soil Pollution, 105-114.
15. Christensen, T.J. 1987. Water, Air And Soil Pollution, 305-314.
16. Chumbley, C.G. and Unwin, R.J. 1982. Environmental Pollution, 231-237.

17. Cowan, C.E., Zachara, J.M. and Resch, C.T. 1991. *Environ. Sci. Technol.*, 437-446.
18. Culbard, E.B., Thornton, I., Watt, J., Wheatley, M., Moorcroft, S. and Thompson, M. 1988. *J. Environment Qual.* 226-234.
19. Davis, R.D. and Carlton-Smith, C. 1980. *Crops as Indicators of the Significance of Contamination of Soils by Heavy Metals.*, Tech. Rep. No. 40. Water Research Center, Stevenage, UK.
20. Davis, R.D. and Carlton-Smith, C. 1980. *Crops As Indicators Of The Significance Of Contamination Of Soil By Heavy Metals*, Wrc, Stevenage Tr140.
21. De Villarroel, J.R., Chang, A.C. and Amrhein, C. 1993. *Soil Sciences*, 197-205.
22. Department Of The Environment. 1993. *Uk Sewage Sludge Survey. Final Report.* Consultants In Environmental Sciences Ltd, Gateshead.
23. Duffy, S.J., Hay, G.W., Micklethwaite, R.K. and Van Loon, G.W. 1988. *Sciences Total Environment*, 203-215.
24. Elliot, H.A. and Denny, C.M. 1982. *J. Environ. Qual.*, 658-662.
25. Epstein, S. 1974. *Environment Health Perspective*, 253-323.
26. Evans, L.J., Lumsdon, D.G. and Bolton, K.A. 1991. *The Influence Of pH And Chloride On The Retention Of Zinc, Lead, Cadmium And Mercury By Soil*, In *Proc. Technology Transfer Conf. The Multimedia Approach: Integrated Environmental Protection Vol. 1*, Canada, Toronto, 123-130.
27. Farrar, H. and Pickering, B. 1977. *Aust. J. Chem.*, 1417-1422.
28. Farrar, H. and Pickering, W.F. 1977. *Water, Air And Soil Pollution*, 189-197.
29. Fassett, D.W. 1980. In *Metals In The Environment* Ed. Waldron, H.A. Academic Press, London.
30. Fergusson, J.E. 1990. *The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact And Health Effects*, Pergemmon Press, Oxford.
31. Garcia-Miragaya, J. and Page, A.L. 1978. *Water, Air And Soil Pollution*, 289-299.
32. Gerritse, R.G. and Van Driel, W. 1984. *Environ. Qual.*, 197-204.

33. Heinrichs, H., Schultz-Dobrick, B. and Wedepohl, K.J. 1980. *Geochemist Cosmochim. Acta.* 1519-1532.
34. Hinesly, T.D., Redborg, K.E., Ziegler, E.L. and Alexander, J.D. 1982. *Soil Sciences Soc. Am. J.*, 490-197.
35. Hinesly, T.D., Ziegler, E.L. and Barrett, G.L. 1979. *J. Environ. Qual.*, 35-38.
36. Holmgren, C.G.S., Meyer, M.W., Chaney, R.L. and R.B. Daniels, J. 1993. *Environ Qual.* 335-348.
37. Hornberg, V. and Brummer, G.W. 1986. Cadmium Availability In Soils And Content In Wheat. In Anke, M., Braunlein, H., Bruckner, C. And Groppe, B. (Eds) *Fifth Symposium On Lodine And Other Elements, Schiller University Jena*, 916.
38. Hutton, M. 1982. *Cadmium In The European Community, Marc Rep. No. 2, Maarc, London.*
39. Hutton, M. 1987. In *Lead, Mercury, Cadmium And Arsenic In The Environment, Scope 31*, Eds. Hutchinson, T.C. And Meema, K.M. John Wiley, Chichester, 35-41.
40. Hutton, M. and Symon, C. 1986. *Science Total Environment*, 129-150.
41. Jackson, A.P. and Alloway, B.J. 1991. Transfer Of Cadmium From Soils To The Human Food Chain, In Adriano, D.C., *Biogeochemistry Of Trace Metals*, Lewis Publisher, Baton Rouge, Fla. 109-158.
42. Jones, K.C., Symon, K.C. and Johnston, A.E. 1987. *Science Total Environment*, 75-90.
43. Kabata Pendias, A. and Pendias, H. 1992. *Trace Elements In Soils And Plants 2<sup>nd</sup> Edition*, Crc Press, Baton Rouge, Fa.
44. Kim, K.W. and Thornton, I. 1993. *Environment Geochemistry And Health*, 119-133.
45. Kloke, A., Sauerbeck, D.R. and Vetter, H. 1984. *The Contamination Of Plants And Soils With Heavy Metals*
46. Korcak, R.F. and Fanning, D.S. 1985. *Soil Sciences*, 23-34.
47. Levi-Minzi, R., Soldatini, G.F.D. and Riffaldi, R. 1976. *Soil Sciences*, 10-15.
48. Lund, L.J., Betty, E.E., Page, A.L. and Elliott, R.A. 1981. *Environ. Qual.*, 551-556.

49. Maas, E.V. and Nieman, R.H. (1978). "Physiology of plant tolerance to salinity." In: Crop Tolerance to Suboptimal Land Conditions. G.A. Jung, ed. American Society of Agronomy,
50. Mahler, R.J., Bingham, F.T. and Page, A.L. 1978. Environ. Qual., 274-281.
51. Marples, A.E. and Thornton, I. 1980. The Distribution Of Cadmium Derived From Geochemical And Industrial Sources In Agricultural And Pasture Herbage In Parts Of Britain. In Cadmium 1979, Proc. Of Second International Cadmium Conference, Cannes, 1979, Metal Bulletin, London.
52. Mattigod, S.V. and Sposito, G. 1970. In Chemical Modelling In Aqueous Systems, Ed. Jemme, A., American Chemical Soc., Washington D.C., 837-856.
53. McBride, M.B. 1980. Soil Sciences Soc. Am. J., 26-28.
54. McGrath, S.P. and Loveland, P.J. 1992. The Soil Geochemical Atlas Of England And Wales, Blackie Academic And Professional, Glasgow.
55. Mclaughline, M.J., Maier, N.A., Freeman, K., Tiller, K.G., Williams, C.M.L. and Smart, M.K. 1994. Fert. Res.
56. Mclaughline, M.J., Palmer, L.T., Tiller, K.G., Breech, T.A. and Smart, M.K. 1994. J. Environ. Qual.
57. Mclaughline, M.J., Williams, C.M.J., McKay, A., Kirkham, R. Gunton, J., Jackson, K.J., Thompson, R., Dowling, B., Patrington, D., Smart, M.K. and Tiller, K.G. 1994. Austr. J. Agric. Res.
58. Miller, J.E., Hassett, J.J. and Koepe, D.E. 1976. Environ. Qual., 18-20.
59. Ministry Of Housing, Physical, Planning And Environment. 1991. Director General For Environmental Protection (Netherlands), Environmental Standards For Soil And Water, Leidschendam.
60. Mitchell, G.A., Bingham, F.T., Pafe, A.L. and Nash, P. 1978. J. Environ. Qual., 164-171.
61. Moir, A.M. and Thornton, I. 1984. Environment Geochemical Health, 113-120.
62. Mortvedt, J.J. 1987. Environment Qual., 137-142.
63. Mulla, D.J., Page, A.L. and Ganje, T.J. 1980. Environment, 408-412.



64. Nriagu, J.O., Springer-Verlag, Berlin, 95-111.
65. Naidu, R., Bolan, N.S., Kookana, R.S. And Tiller, K.G. 1994. European J. Soil Sciences.
66. Neal, R.H. and Sposito, G. 1986. Soil Sciences, 164-172.
67. Nriagu, J.D. 1988. Environment Pollution, 139-161.
68. Nriagu, J.E. (Ed) 1980. Cadmium In The Environment, 1: Ecological Cycling, John Wiley, New York.
69. Nriagu, J.O. 1979. Nature, 409-411.
70. Nriagu, J.O. and Pacyna, J.M. 1988. Nature, 134-139. London.
71. Oliver, D.P., Hannam, R., Tiller, K.G., Wilhelm, N.S., Merry, R.H. and Cozens, G.D. 1994. Environ. Qual.
72. Oliver D.P., Tiller K.G., Alston A.M., Cozens G.D. and Merry R.H. 1998. Effects of soil pH and applied cadmium on cadmium concentration in wheat grain. Australian Journal of Soil Research. July-August 1998 v36 n4 p571(13). CSIRO Publishing.
73. Oliver, M.A. 1997. Soil and Human Health: A Review. European J. Soil Sci., 48:573-592.
74. Pacyna, J.M. 1987. In Lead, Mercury, Cadmium And Arsenic In The Environment Scope 31. Eds. Hutchinson, T.C. And Meema, K.M., John Wiley, Chichester, 69-87.
75. Page, A.L. and Bingham, F.T. 1973. Residue Rev. 1-43.
76. Page, A.L., Bingham, F.T. and Chang, A.C. 1981. In Effect Of Heavy Metal Pollution On Plants, Vol. 1 Ed. Lepp, N.W. Applied Science, London.
77. Παναγιωτόπουλος Λ. 2005. Αρδεύσεις – Στραγγίσεις II. Σημειώσεις Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου, Μεσολόγγι.
78. Papadopoulos, P. and Rowell, D.L. 1988. J. Soil Sciences, 23-36.
79. Παπούλιας Θανάσης. 1999. Τα άγρια φαγώσιμα χόρτα του βουνού και του κάμπου. Εκδόσεις Ψύχαλου. σελ. 106 – 107.
80. Pepper, I.L., Bedizeck, D.F., Baker, A.S. and Sims, J.M. 1983. Environ. Qual., 270-275.
81. Pickering, W. 1980. In Cadmium In The Environment Part 1 Ecological Cycling, Ed. Nriagu, J.O. John Wiley, New York, 365-397.
82. Pike, E.R., Graham, L.C. and Fogdem, M.W. 1988. J. Ass. Publ. Analysts, 48-63.

83. Rose, A.W., Hawkes, H.E. and Webb, J.S. 1979. *Geochemistry In Mineral Exploration*, 2<sup>nd</sup> Edn. Academic Press, London.
84. Savvas and Adamidis. 1999. Automated management of nutrient solutions based on target electrical conductivity, pH, and nutrient concentration ratios. *Journal of plant Nutrition*, 22: 1415-1432.
85. Smilde, K.W., Van Luit, B. and Van Driel, W. 1992. *Plant And Soil*, 233-238.
86. Sommers, L.W. 1977. *J. Environ. Qual.*, 225-232.
87. Spivey Fox, M.R. 1988. *Environ. Qual.*, 175-180.
88. Sposito, G. 1983. In *Applied Environmental Geochemistry*, Ed. Thornton, I., Academic Press, New York, 123-170.
89. Sposito, G. and Page, A.L. 1984. In *Metal Ions In Biological Systems*, Ed. Sigel, H., Marcel Dekker, New York.
90. Stevenson, F.J. 1976. *Soil Sciences Soc. Am.*, 665-672.
91. Street, J., Lindsay, W.L. and Sabey, B.R. 1977. *Environ. Qual.*, 72-77.
92. Tiller, K.G. 1989. *Advances In Soil Science*, 113-142.
93. Tiller, K.G. 1989. Heavy Metals in Soils and Their Environmental Significance. *Sdv. Soil Sci.*, 9: 113-142.
94. Tills, A.R. and Alloway, B.J. 1983. *J. Soil Sciences*, 769-781.
95. Tjell, J.C., Christensen, T.H. and Bro-Rasmussen, B. 1983. *Ecotoxicology And Environmental Safety*, 122-140.
96. Turner, M.A., 1977. *Environ. Qual.*, 118-119.
97. Tyler ,G. 1981. *Water, Air And Soil Pollution*, 353.
98. Ure, A.M. and Berrow, M.L. 1982. In *Environmental Chemistry*, Ed. Bowen, London.
99. Williams, C.H. and David, D.J. 1973. *Aust. J. Soil Res.*, 43-56.
100. Williams, C.R. and Harrison, R.M. 1984. *Experientia*, 29-36.
101. Williams, D.E., Vlamis, J., Pukite, A.H. and Corey, J.E. 1987. *Soil Science*.
102. Williams, J.H. 1975. *Water Pollution Control*, 635-642.
103. World Resources Institute Press. 1992. *World Resources 1992/1993*, Oxford University Press, New York.
104. Yamagata, N. 1978. *Cadmium In The Environment And Humans*.

105. Yost, K.J. and Miles, L.J. 1979. Environmental Sciences Health, 285-311.

## ΠΗΓΕΣ ΙΝΤΕΡΝΕΤ

[www.aegeaskek.gr/eco-agro/pdf](http://www.aegeaskek.gr/eco-agro/pdf)

[www.biotech.aua.gr/EPEAEK/site\\_Biotech/](http://www.biotech.aua.gr/EPEAEK/site_Biotech/)

[www.agronews.gr/downloads/biologika\\_lipansis.pdf](http://www.agronews.gr/downloads/biologika_lipansis.pdf)

[www.el.wikipedia.org/wiki/Ψευδάργυρος](http://www.el.wikipedia.org/wiki/Ψευδάργυρος)

[www.el.wikipedia.org/wiki/Κάδμιο](http://www.el.wikipedia.org/wiki/Κάδμιο)

[www.livepedia.gr](http://www.livepedia.gr)

[www.google.gr](http://www.google.gr)

[www.in.gr](http://www.in.gr)