

Τ.Ε.Ι ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΣΧΟΛΗ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ: Θ.Ε.Κ.Α

ΘΕΡΜΟΚΙΠΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΘΕΜΑ: «Μελέτη της περιεκτικότητας στο έδαφος του Καδμίου(Cd) και Μολύβδου (Pb) και της επίδρασης αυτών στη συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων και θρεπτικών στοιχείων, στους ιστούς της καλλιέργειας Λάχανου (*Brassica oleracea var.caritata*) σε δοχεία ανάπτυξης»

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σπουδάστρια: Δημητροπούλου Σωτηρία

Εισηγητής: Δρ Πασχαλίδης Χρήστος

Καλαμάτα, Δεκέμβριος, 2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος _____	σελ. 3
Εισαγωγή _____	σελ. 4

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

1.1 Καταγωγή, βοτανικοί χαρακτήρες _____	σελ. 5
1.2 Θρεπτική Αξία Του _____	σελ. 6
1.3 Οι απαιτήσεις του εδάφους σε μια καλλιέργεια _____	σελ. 6
1.3.1 Γενικά _____	σελ.6
1.3.2 Υφή _____	σελ.6
1.3.3 Οργανική ουσία _____	σελ.6
1.3.4 pH _____	σελ.6
1.3.5 Ανθρακικό ασβέστιο _____	σελ. 7
1.4 Η καλλιέργεια του λάχανου και οι απαιτήσεις _____	σελ. 7
1.4.1 Κλίμα και Έδαφος _____	σελ. 7
1.4.2 Λίπανση Του _____	σελ. 7
1.5 Σπορά και φύτευση _____	σελ.8
1.6 Πρώιμη σποροποίηση και παραγωγή του σπόρου _____	σελ.9
1.7 Μάζεμα, διαλογή, συσκευασία, αποθήκευση και εμπορία _____	σελ.10
1.8 Οι ποικιλίες του λάχανου _____	σελ.10
1.9 Εχθροί του λάχανου _____	σελ 11
1.10 Νηματοώδεις _____	σελ.12
1.11 Ασθένειες του λάχανου _____	σελ.12
1.12 Συμπεριφορά Μικροθρεπτικών και Βαρέων Μετάλλων στο έδαφος _____	σελ. 13
1.13 Ποσότητες Μικροθρεπτικών και Βαρέων Μετάλλων στο λάχανο _____	σελ.13
1.14 Δέσμευση των Μικροθρεπτικών και Βαρέων Μετάλλων από τη στερεή φάση του Εδάφους _____	σελ.14
1.15 Πρόσληψη των Μικροθρεπτικών και Βαρέων Μετάλλων από τα φυτά. _____	σελ. 14-15

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

Βαρέα Μέταλλα

Κάδμιο

1.2.1 Εισαγωγή _____	σελ.16
1.2.2 Προέλευση του καδμίου	
Γεωχημική Προέλευση _____	σελ.16
1.2.3 Προσθήκη καδμίου στο έδαφος με ατμοσφαιρική απόθεση _____	σελ. 17
2.2.1 Προσθήκη καδμίου στο έδαφος με λιπάσματα _____	σελ. 18
2.2.2 Προσθήκη καδμίου στο έδαφος από τις ύλες του βιολογικού καθαρισμού (sewage sludge) _____	σελ. 18
2.2.3 Χημική συμπεριφορά του καδμίου στα εδάφη _____	σελ. 19-22
3.2.1 Το κάδμιο στο σύστημα έδαφος-φυτό	
Το κάδμιο στα φυτά _____	σελ. 22
3.2.5 Πρόσληψη και μεταφορά του καδμίου στα φυτά _____	σελ. 22-23

Μόλυβδος

1.2.1 Εισαγωγή	σελ.23
2.2.2 Προέλευση του μόλυβδου	
Γεωχημική προέλευση του μόλυβδου	σελ.23
2.2.3 Προσθήκη μόλυβδου από ατμοσφαιρική απόθεση	σελ.24
1.2.4 Προσθήκη μόλυβδου από γεωργικές δραστηριότητες	σελ.25
2.2.4 Προσθήκη μόλυβδου από την ιλύς του βιολογικού καθαρισμού	σελ.25
2.2.5 Χημική συμπεριφορά του μόλυβδου στο έδαφος	σελ.25-26
2.2.6 Ο μόλυβδος στο σύστημα έδαφος-φυτό	
Ο μόλυβδος στα φυτά	σελ.27-28
2.2.7 Πρόσληψη και μεταφορά του μόλυβδου στα φυτά	σελ.28

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

Μικροθρεπτικά Στοιχεία

3.0 Ψευδάργυρος (Zn)

3.1 Εισαγωγή	σελ.29
3.2 Ο Ψευδάργυρος στο σύστημα έδαφος-φυτό	
Ο Ψευδάργυρος στη θρέψη των φυτών	σελ.29
3.3 Πρόσληψη και μεταφορά του ψευδάργυρου	σελ.29
3.4 Μαγγάνιο(Mn)	
3.4.1 Ο βιοχημικός ρόλος του στα φυτά	σελ.30
3.5 Χαλκός(Cu)	
3.5.1 Ο χαλκός στο σύστημα έδαφος-φυτό	
Ο χαλκός στη θρέψη των φυτών	σελ.30
3.5.2 Πρόσληψη και μεταφορά του χαλκού στα φυτά	σελ.31
3.6 Σίδηρος(Fe)	σελ.31
3.6.1 Ο βιοχημικός ρόλος του στα φυτά	σελ.31-32

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Διαδικασία-Προετοιμασία του πειράματος	σελ. 33-34
Πειραματικό σχέδιο	σελ. 35
Προσδιορισμός Ιχνοστοιχείων στους φυτικούς ιστούς με τη μέθοδο της αποτέφρωσης	σελ. 35
Προσδιορισμός Ιχνοστοιχείων στο έδαφος με τη μέθοδο DTPA	σελ. 36
Αποτελέσματα Πειράματος	σελ. 37-46
Συμπεράσματα	σελ. 47
Βιβλιογραφία	σελ. 48

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στην επίδραση του καδμίου και του μολύβδου και των θρεπτικών στοιχείων, στην ανάπτυξη, στην συσσώρευση αυτών και στην απόδοση του Λάχανου (*Brassica oleracea* var. *Capitata*)

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

Η πτυχιακή εργασία αποτελείται από δυο μέρη. Το πρώτο μέρος αφορά το θεωρητικό μέρος, στο οποίο γίνεται αναφορά στα βοτανικά χαρακτηριστικά, στη λίπανση και των λοιπών θρεπτικών στοιχείων καθώς και το ρόλο των βαρέων μετάλλων στο έδαφος και στο φυτό.

Το δεύτερο μέρος, αναφέρεται στο πειραματικό και αποτελείται από τη διαδικασία του πειράματος, την περιγραφή των υλικών και των μεθόδων καθώς και τα αποτελέσματα-συμπεράσματα της εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ.Δρ Πασχαλίδη Χρήστο για τη συμβολή του στην διαδικασία της εκπόνησης του πειράματος καθώς και στην συγγραφή αυτής.

Τις θερμές ευχαριστίες μου θα ήθελα να εκφράσω για τον κ. Δρ. Καββαδία Βίκτωρ, επιστημονικό συνεργάτη και ερευνητή του Ε.Θ.Ι.Α.Γ.Ε Αθηνών για την πολύτιμη καθοδήγηση του καθώς για τις συμβουλές που μου προσέφερε ως το τέλος της πειραματικής διαδικασίας.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά την τεχνική βοηθό του εργαστηρίου εδαφολογίας κα. Κορίκη Αντωνία για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε κατά την διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το λάχανο είναι διαιτητικό κηπευτικό. Κατάγεται από το άγριο λάχανο, το οποίο συναντάται στις παραλιακές χώρες της Μεσογείου.

Με την μέθοδο της συστηματικής καλλιέργειας έχει επιτευχθεί η δημιουργία πολλών ποικιλιών και υβριδίων.

Το λάχανο ανήκει στην οικογένεια των Σταυρανθών. Μια σύντομη περιγραφή που μπορεί να δοθεί είναι ότι τα φύλλα του λάχανου είναι παχιά λόγω του ότι την πρώτη χρονιά το φυτό αποθηκεύει σ' αυτά θρεπτικές ουσίες, τις οποίες θα τις χρησιμοποιήσει τη δεύτερη χρονιά για την ανθοφορία. (Αξιωτέλης 1998)

Η διάδοση του οφείλεται στη μεγάλη προσαρμοστικότητα του και στην καταλληλότητα του για τροφή (Σπάρτση- Καλτσίκη 1987)

Για εμπορική καλλιέργεια καλλιεργείται στις Η.Π.Α, Κίνα, Ιαπωνία, Ινδία και σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες.

Το φύλλωμα του λάχανου χρησιμοποιείται για κτηνοτροφικούς σκοπούς αλλά η κεφαλή χρησιμοποιείται κυρίως για σαλατικό και μαγειρευμένη. Το λάχανο ήταν γνωστό στους Αιγύπτιους, στους Έλληνες και στους Ρωμαίους κατά των αρχαιοτάτων χρόνων. Στην χώρα μας καλλιεργείται περίπου κατά 90.000 στρέμματα και η παραγωγή ανέρχεται κατά 200.00 τόνους.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

1.1 Καταγωγή, βοτανικοί χαρακτήρες

Το λάχανο όπως προαναφέρθηκε ανήκει στην οικογένεια των (Σταυράνθων) **Cruciferae** με την επιστημονική ονομασία **Brassica oleracea** var. **capitata** L. Κατάγεται από την Ελλάδα, αρχαία κείμενα αναφέρονται για το λάχανο όπως ο Θεόφραστος (371-281 π.Χ) αναφέρεται για τρεις τύπους λάχανου.

Η λέξη κράμβη καθώς αναφέρεται από πολλούς αρχαίους Έλληνες συγγραφείς όπως Πλάτωνας, Αθηναίος και ο Θεόφραστος.

Η λέξη *Brassica* χρησιμοποιήθηκε και από τους Ρωμαίους. Κατά τη βελτίωση του λάχανου βρέθηκαν ποικιλίες διπλοειδής 2X=18, τετραπλοειδής 4X=36 και οκταπλοειδής 8X=72 χρωμοσώματα.

Το λάχανο είναι μια από τις διαδεδομένες καλλιέργειες σε ολόκληρο το κόσμο, γι' αυτό το λόγο προσαρμόζεται στο κλίμα και στο έδαφος.

Οι βοτανικοί χαρακτήρες του λάχανου: έχει ρίζες επιπόλαιες και στέλεχος 35-50 εκατοστά, τα δε φύλλα είναι μεγάλα και πλατιά, τα οποία είναι λεία ή κυματοειδούς επιφάνειας και χρώματος πράσινου ή ερυθρωπού αναλόγως την ποικιλία.

Οι ποικιλίες του κοινού λάχανου σχηματίζουν ευμεγέθη κεφαλή από φύλλα, συνεκτική, χρώματος σφαιροειδούς έως κωνοειδούς.

Η περιεκτικότητα σε νερό κυμαίνεται στο 94%, σε πρωτεΐνες 1,5% και υδατάνθρακες 3%. Αξίζει να σημειωθεί πως είναι πλούσιο σε βιταμίνες Α, Β και C.

Τα άνθη είναι σε ταξιανθίες και ερμαφρόδιτα αλλά είναι συνήθως αυτοασυμβίβαστα. Είναι όμοια με του κουνουπιδιού.

Το στέλεχος είναι μάλλον ξυλώδες. Οι στήμονες συγκεκριμένα οι δυο εξωτερικοί είναι κοντοί και οι τέσσερις εσωτερικοί είναι μακριοί. (Κ. Γ Δημητράκης 1998, Νικολάου Ι. Σπαρτσης 1999)

1.2 Η Θρεπτική Αξία Του

Το λάχανο λόγω των πολλών φυτοσυστατικών του, λειτουργεί ως αντιοξειδωτικό, κατά των ελεύθερων ριζών προτού προκαλέσουν ζημιές στο DNA, τις κυτταρικές μεμβράνες και την χοληστερόλη

Όπως προαναφέρθηκε, ο ρόλος των φυτοσυστατικών, είναι καθοριστικός για την αποτοξίνωση, τα γονίδια καθοδηγούν και εξισορροπούν τη δράση των άλλων ενζύμων που εμπλέκονται σ αυτή, για την τέλεια ισορροπία με τα άλλα κύτταρα.

Η άλλη δράση αυτής, είναι και κατά των καρκινογόνων μορίων.

Η κατανάλωση των κραμβοειδών, είναι αποτελεσματικότερη από τα άλλα είδη των λαχανικών.

Βάση των πρόσφατων ερευνών, μειώνει τον κίνδυνο στον πνεύμονα και στο παχύ έντερο.

Σε ανασκόπηση 94 μελετών, με βάση την οικ.**Brassica**, οι ερευνητές ανακάλυψαν, ότι στο 67% των ερευνών, διαπιστώθηκε ότι σχετίζεται με το μειωμένο κίνδυνο για εμφάνιση του καρκίνου.

Το 70%, των μελετών αυτών, η κατανάλωση του λάχανου, σχετίζεται σε χαμηλότερο κίνδυνο εμφάνισης του καρκίνου, ιδιαίτερα στον πνεύμονα, του στομάχου και του παχέος εντέρου.

Πέραν αυτών, αποτελεί πλούσια πηγή της Βιταμίνης C.

Η Βιταμίνη C, είναι αναγκαία για τον ανθρώπινο οργανισμό, για τις μεταβολικές λειτουργίες, όπως για τη διατήρηση της σταθερότητας των αιμοφόρων αγγείων, το μεταβολισμό αμινοξέων και την απελευθέρωση των διαφόρων ορμονών στα επινεφρίδια.

Οι ημερήσιες ανάγκες ενός ανθρώπινου οργανισμού σε Βιταμίνη C, φθάνουν τα 70-80 mg, άλλες πηγές φρούτων και λαχανικών που μπορεί να καταναλωθεί είναι από τα εσπεριδοειδή και τις πιπεριές.

1.3 Οι απαιτήσεις του εδάφους σε μια καλλιέργεια

1.3.1 Γενικά

Τα κηπευτικά συνιστούν καλλιέργειες δυναμικές με σημαντικές απαιτήσεις εδάφους. Θα αναφερθούμε κύρια στις optimum συνθήκες των χαρακτηριστικών εδάφους (Χουλιάρας: 1999) που αν υφίστανται αποτρέπουν την άσκηση περιοριστικών φαινομένων στην παραγωγή αυτών των καλλιεργειών.

1.3.2 Υφή

Εξ ορισμού είναι η εκατοστιαία κατανομή άμμου, ιλύος και αργίλου στη λεπτή γη, δηλαδή στα τεμαχίδια του εδάφους με κοκκομετρική σύσταση μικρότερη των 2 mm. Η πιο διαδεδομένη κατάταξη των εδαφών από πλευράς υφής γίνεται σύμφωνα με το Αμερικάνικο σύστημα. Οριακά εδάφη από πλευράς υφής, δηλαδή χονδρόκοκκα ή λεπτόκοκκα είναι ακατάλληλα για καλλιέργειες κηπευτικών. Προτιμούνται τα *πηλώδη ή τα πηλοαμμώδη* που εξασφαλίζουν καλύτερα τις συνθήκες *αερισμού, στράγγισης και συγκράτησης υγρασίας*.

1.3.3 Οργανική ουσία

Στην περίπτωση μας ο ρόλος της είναι σχεδόν αναντικατάστατος για τη διαμόρφωση των επιθυμητών *Χημικών, Φυσικών και Βιολογικών* ιδιοτήτων του εδάφους. Ειδικότερα στις συνθήκες θερμοκηπίου με αυξημένη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, ενοείται η δραστηριότητα των μικροοργανισμών και συνεπώς η οργανική ουσία υπόκειται σε μεγαλύτερη αποδόμηση και απώλειες. Έτσι σ αυτές τις κατηγορίες καλλιεργειών συνιστάται η παρουσία της σε διπλάσια ποσότητα από τις ανοιχτές καλλιέργειες ήτοι 5% του εδάφους.

1.3.4 Το pH

Όπως τα περισσότερα φυτά, τα κηπευτικά προτιμούν το ουδέτερο πε-χα δηλαδή τις τιμές μεταξύ 6,5-7,5. Οι πέραν των ορίων αυτών τιμές θα πρέπει να μας προβληματίσουν και ειδικότερα τιμές μεγαλύτερες του 8.

1.3.5 Το ανθρακικό ασβέστιο

Το ασβέστιο είναι απαραίτητο στοιχείο των φυτών, Κατ' εξοχήν πηγή εφοδιασμού του εδάφους μ αυτό το στοιχείο είναι το CaCO_3 . Έτσι η παρουσία του σε μικρά ποσά είναι ωφέλιμη π.χ σε πολλά φυτά μέχρι 3%. Όταν όμως η παρουσία του αυξάνει, γίνεται δυσμενής παράγοντας για τη θρέψη των φυτών. Αυτό οφείλεται στην αύξηση του πε-χα που προκαλεί και στη δέσμευση θρεπτικών στοιχείων σε μη αφομοιώσιμες μορφές. Πιο βλαπτική γίνεται η μορφή του ενεργού ανθρακικού ασβεστίου που αντιστοιχεί στη λεπτά διαμερισμένη μορφή του και ειδικότερα όταν αυτή ξεπερνάει το 4% στο έδαφος.

1.4 Η καλλιέργεια του λάχανου και οι απαιτήσεις στο έδαφος

1.4.1 Κλίμα και έδαφος

Το λάχανο είναι ιδιαίτερα απαιτητικό σε νερό και ειδικότερα στη φάση πλήρους ανάπτυξης. Έτσι αναπτύσσεται καλά, σε δροσερά και γόνιμα εδάφη, πλούσια σε οργανική ουσία και με πε-χα πάνω από 5,5. Τα όρια ανθεκτικότητας στην αλατότητα είναι 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Η φύτευση του λάχανου γίνεται όλες τις εποχές, για πολύ πρόωμη παραγωγή η φύτευση γίνεται τέλη Φθινοπώρου ή αρχές του χειμώνα ή νωρίς την άνοιξη.

1.4.2 Λίπανση Του

Το λάχανο απαιτεί στην καλλιέργεια του, την οργανική ουσία και την ανόργανη λίπανση. Έχει μεγάλες απαιτήσεις σε άζωτο(N) και κάλιο(K) και μέσες απαιτήσεις σε φώσφορο (P), μαγνήσιο (Mg), θείο(S) και ασβέστιο (Ca).

Οργανική λίπανση: Συνιστάται η προσθήκη 3-5 τόνων/στρμ, καλά χωνεμένης κοπριάς, τουλάχιστον 3-4 μήνες πριν τη φύτευση.

Βασική λίπανση: Στις πρώιμες ποικιλίες ή στα υβρίδια, δίνονται τα 2/3 των αναγκών σε άζωτο (10-15 kg N/στρμ) και στα όψιμα το 1/2 των αναγκών (15-20kg N/στρμ) Στα πρώιμα υβρίδια που έχουν σύντομη περίοδο ανάπτυξης, προτιμούνται αζωτούχα λιπάσματα γρήγορης δράσης.

Ενδεικνυόμενη βασική λίπανση που συνιστάται:

Σε πρώιμες ή μεσοπρώιμες καλλιέργειες:

40-50 kg/στρμ, ασβεστούχος νιτρική αμμωνία(26-0-0)

50kg/στρμ,0-20-0

50-75 kg /στρμ, θειικό καλιομαγνήσιο

Φθινοπωρινές καλλιέργειες:

100kg/ στρμ 15-10-20 ή 20-5-10

Επιφανειακή λίπανση: Στις πρώιμες καλλιέργειες γίνεται με 3-6 kg N/στρμ την 6^η εβδομάδα από τη φύτευση με 10-20 kg νιτρικής αμμωνίας/στρμ.

Στις φθινοπωρινές καλλιέργειες γίνονται δυο επιφανειακές λιπάνσεις με 5-6 kg N /στρμ. Η πρώτη χορηγείται 5 εβδομάδες μετά τη φύτευση και η δεύτερη ένα μήνα μετά με 15kg νιτρικής αμμωνίας ή με 25 kg ασβεστούχο νιτρική αμμωνία/στρμ, κάθε φορά.

Η επιφανειακή λίπανση σταματά στο τέλος του σταδίου της ροζέτας και πριν ο κορυφαίος οφθαλμός αρχίσει να παράγει πολλά αλληλοκαλυπτόμενα φύλλα. Η όψιμη αζώτουχος λίπανση αυξάνει το κίνδυνο σκασίματος των κεφαλών.

1.5 Σπορά και Φύτευση

Η καλλιέργεια του λάχανου γίνεται με τρεις μεθόδους:

α) Σπορά απ' ευθείας στο χωράφι: Η μέθοδος αυτή προτείνεται κυρίως σε αμμώδη ποτιζόμενα εδάφη. Πριν τη σπορά το έδαφος ποτίζεται σε περίπτωση που είναι ξερό. Χρησιμοποιείται 200-500 γραμμάρια σπόρος, ο οποίος σπέρνεται σε βάθος 1-3 χιλιοστά του μέτρου. Σε βαριά εδάφη πρέπει απαραίτητως να γίνει κυλίνδρισμα έτσι ώστε να έλθει σε κατάλληλη επαφή με το χώμα. Όταν βλαστήσει ο σπόρος και αποκτήσει το επιθυμητό μέγεθος τότε αραιώνονται.

β) Σπορά σε αλίες ή σε σπορεία χωραφιού: Η μέθοδος αυτή συνιστάται σε προετοιμασία ενός ψυχρού σπορείου 1,20-1,50 μ. με πλάτος. Ο σπόρος σπέρνεται (υπό συνθήκες Βορείου Ελλάδος) σε γραμμές όπου απέχουν 10-15 cm. ή και στα πεταχτά. Η σπορά γίνεται για πρώιμα λάχανα το Μάιο έως Ιούνιο ενώ για όψιμα Ιούλιο- Αύγουστο για πολύ όψιμα Σεπτέμβριο – Οκτώβριο.

γ) Σπορά σε ψυχρά σπορεία: Χρησιμοποιείται σε κάλυψη πλαστικού ή άλλου μέσου για πολύ πρώιμα λάχανα, τα οποία κατά τους μήνες Μάρτιο- Απρίλιο. Πρόσθετη κάλυψη με ψάθες ή λινάτσες, τις ψυχρές νύχτες και αερισμός κατά τις πολύ θερμές μέρες. Οι συνθήκες αυτές προτιμώνται για να αναπτυχθούν οι σπόροι ταχύτερα. Όταν βλαστήσουν τα φυτά μεταφυτεύονται για να σκληραγωγηθούν.

Η μεταφύτευση στο χωράφι γίνεται με το χέρι αλλά και με μηχανές. Έπειτα από τη μεταφύτευση πρέπει να γίνει πότισμα και να ασκηθεί πίεση του χώματος γύρω από το λάχανο με τη μηχανή. Τα φυτά τοποθετούνται ανάμεσα σε δυο κάθετους περιστρεφόμενους δίσκους, οι οποίοι βυθίζονται στο χώμα, τοποθετώντας τα φυτά σε μια γραμμή. Το χώμα γύρω από τα φυτά πιέζεται με τροχούς για να έρθει σε επαφή με τις ρίζες. Η μεταφύτευση γίνεται όταν τα φυτά αποκτήσουν στερεό στέλεχος με 4-5 πραγματικά φύλλα.

Στις ανοιξιάτικες πολύ πρώιμες συγκομιδές, η μεταφύτευση είναι δυνατόν να γίνει και αργά το φθινόπωρο ή αρχές του χειμώνα. Τα φυτά του χειμώνα αναπτύσσονται ελάχιστα, την άνοιξη η ανάπτυξη επιταχύνεται. Για πολύ πρώιμη παραγωγή τα φυτά μεταφυτεύονται επίσης σε χωράφι μόλις περάσουν οι παγετοί της ανοίξεως, ενώ για πρώιμη παραγωγή τους μήνες Ιούνιο- Ιούλιο, για όψιμα λάχανα τον Σεπτέμβριο.

Τα λάχανα μεταφυτεύονται στα πρηνή σαμαριών, όπου παρέχεται νερό με το φύτεμα. Οι αποστάσεις του φυτέματος των γραμμών για τα λάχανα με μικρές κεφαλές 30-45 cm. και για ποικιλίες με μεγάλες κεφαλές 50-60 cm, οι αποστάσεις ανάμεσα στις γραμμές που πραγματοποιείται είναι 0,70- 1,20μ, ανάλογα με το χώμα, τη μέθοδο μεταφυτεύματος καθώς και τη ποικιλία. Εάν εφαρμοσθούν οι κοντινότερες

αποστάσεις σε πολύ πρώιμες ποικιλίες θα έχουμε το αποτέλεσμα να παραχθούν μικρότερες κεφαλές αλλά μεγαλύτερη σοδειά.

Το λάχανο χαρακτηρίζεται από το επιπόλαιο ριζικό του σύστημα, γι' αυτό και η βαθειά καλλιέργεια γίνεται μόνο όταν τα φυτά είναι νεαρά ή το χώμα είναι πολύ ξερό. Οι θερινές καλλιέργειες απαιτούν περισσότερα ποτίσματα ή φρεζαρίσματα, σε αντίθεση με τις χειμερινές που αρκούνται με λιγότερα. Είναι απαραίτητο να αναφερθεί ότι οι καλλιέργειες δεν πρέπει να γίνεται το πρωί λόγω της σπαργής που βρίσκονται και τα φύλλα σχίζονται.

1.6 Πρώιμη Σποροποίηση και παραγωγή σπόρου

Σύμφωνα με τις έρευνες που διεξήχθησαν βρέθηκε ότι τα φυτά με φύλλα 2,5-4 cm. πλάτος, είναι δυνατό να υποστούν χαμηλές θερμοκρασίες για 6 μήνες χωρίς να σποροποιούν. Όταν τα φυτά έχουν φύλλα 5-8 cm. πλάτος, τότε θα δώσουν κεντρικό στέλεχος και άνθη, όταν εκτεθούν σε συνεχή κρύο καιρό 5-10⁰ Κελσίου για μια περίοδο 30-60 ημερών. Το αποτέλεσμα που θα ακολουθήσει θα είναι ότι τα φυτά θα σποροποιήσουν, οι περισσότερες ποικιλίες έχουν την ιδιότητα αυτή. Για να αποφευχθεί η άνθηση θα πρέπει:

- α) να χρησιμοποιηθεί σπόρος από ποικιλίες που δεν ανθίζουν,
- β) να μη γίνει η φύτευση των φυτών πρώιμα στο χωράφι,
- γ) να εμποδιστεί η πρώιμη ανάπτυξη των φυτών.

Η σποροποίηση πριν από την ωρίμανση του φυτού δεν προκαλούν θερμοκρασίες κάτω από το μηδέν, αλλά χαμηλές θερμοκρασίες ανάπτυξης, οι οποίες συντελούν στην ένταξη ανθοφόρων ματιών. Μια κανονική θερμοκρασία αναπτύξεως του λάχανου είναι 15⁰ Κελσίου έως 20⁰ Κελσίου, οι θερμοκρασίες άνω των 25⁰ Κελσίου η ανάπτυξη περιορίζεται. Η ελάχιστη θερμοκρασία αναπτύξεως είναι άνω των 0⁰ Κελσίου.

Οι σοβαρές ζημιές που συμβαίνουν για την καταστροφή μιας καλλιέργειας λάχανου είναι όταν η θερμοκρασία είναι κάτω των 10⁰ Κελσίου. Κατάλληλες θερμοκρασίες είναι όταν τα φυτά είναι μισό ανεπτυγμένα και η θερμοκρασία μειώνεται βαθμιαία.

Τα λάχανα δίνουν καλή σοδειά με πολλές βροχές μετά τον Αύγουστο μήνα, οι απαιτήσεις του λάχανου είναι πολύ μεγάλες. Η υδατοικανότητα του εδάφους θα πρέπει να είναι κατά 80%. Το κατάλληλο αποτέλεσμα δίνεται όταν το πότισμα πραγματοποιηθεί όταν η υδατοικανότητα του εδάφους είναι χαμηλότερη του 50%. Σε ελαφρά εδάφη το πότισμα γίνεται συχνότερα. Το πολύ καλό πότισμα συμβάλει καθοριστικά στην πλήρη ανάπτυξη όπου έχει και μεγάλες απαιτήσεις, ενώ το πολύ νερό προκαλεί υπερβολική ριζοβολία και έκπλυση των λιπασμάτων.

Το λάχανο είναι σταυρογονιμοποιούμενο είδος, γίνεται κυρίως με τα έντομα, τα λάχανα που προορίζονται για σποροπαραγωγή πρέπει να είναι απομονωμένα από όλα τα είδη της ομάδας του, για την εν λόγω ανεπιθύμητη επικονίαση.

Η μόλυνση του σπόρου γίνεται σε απόσταση 400-600 μέτρων και κυρίως στα όρια του καλλιεργούμενου χωραφιού. Σε άλλες βοτανικές ποικιλίες η απόσταση πρέπει να είναι 1500 μέτρων.

Η παραγωγή του σπόρου θα πρέπει να γίνεται τους μήνες Ιούνιο έως και τον Αύγουστο, για να μπορέσουν να ανθίσουν την επόμενη Άνοιξη. Τα πρώιμα λάχανα σπέρνονται τον Αύγουστο ενώ τα κόκκινα τον Ιούλιο. Στις βόρειες περιοχές γίνεται νωρίτερα ενώ στις νότιες γίνεται αργότερα.

Τα φυτά με πρόχειρη κάλυψη ή παράχωμα είτε ξεχειμωνιάζουν στο χωράφι και ανθίζουν την Άνοιξη είτε κόβονται και αφήνονται τα στελέχη με μερικά φύλλα, τα οποία ανθίζουν την Άνοιξη, είτε αφαιρούνται αργά το Φθινόπωρο με λίγο χώμα στις ρίζες. Στη συνέχεια κόβονται και τοποθετούνται σε μεγάλα κιβώτια, τα οποία τοποθετούνται μέσα σε ψυγείο σε θερμοκρασία 0-1⁰ Κελσίου με υγρασία 85-90%. Μεταφυτεύονται την Άνοιξη πριν σποροποιήσουν.

Όταν οι λοβοί κιτρινίζουν και τα σπέρματα παίρνουν χρώμα μαύρο, πρέπει να μαζεύονται νωρίς το πρωί για να μην τινάζονται. Τα λάχανα κόβονται με δρεπάνι ή κλαδευτικό ψαλίδι, τοποθετούνται σε ένα πλαστικό ή λινάτσα για να μην χάνονται οι σπόροι. Έπειτα οι σπόροι τινάζονται - κοσκινίζονται.

1.7 Μάζεμα, διαλογή, συσκευασία, αποθήκευση και εμπορία

Οι ανθοκεφαλές μαζεύονται όταν αποκτήσουν το τελικό τους μέγεθος να είναι με άσπρα φύλλα. Τα λάχανα να έχουν δυο ή τρία πράσινα φύλλα, στη συνέχεια τοποθετούνται σε μια πλατφόρμα και στο τέλος στο διαλογητήριο. Τα οποία δεν πρέπει να λερωμένα και τραυματισμένα.

Η αγορά απαιτεί να είναι σφιχτά και με το κατάλληλο βάρος των 1 έως 2,5 κιλά. Στα περισσότερα μέρη της χώρας μας τα λάχανα τοποθετούνται σε σάκους και κυρίως σε πλαστικούς. Τα λάχανα πρέπει να συσκευάζονται σε στρώματα στα κοφίνια συσκευασίας με τα στελέχη προς τα έξω. Τα πακέτα απαιτούν να είναι το βάρος τους 54 κιλά., κατασκευασμένα σε χαρτόνι. Η συγκομιδή είναι τμηματική, γίνεται συνήθως 6-7 μήνες μετά τη σπορά. Τα λάχανα πρέπει να είναι φρέσκα για την κατανάλωση, γι' αυτό η αποθήκευση δεν είναι τόσο αναγκαία. Για την αποθήκευση πρέπει να τηρείται :

- α) η κατάλληλη ποικιλία αποθήκευσης
- β) τα λάχανα να είναι απαλλαγμένα από ασθένειες και τραύματα
- γ) η θερμοκρασία να διατηρείται σταθερή στους 0⁰ βαθμούς Κελσίου
- δ) με σχετική υψηλή υγρασία στις τιμές των 70-80%

Τα λάχανα της Ανοιξέως θα πρέπει να αποθηκεύονται σε ψυγεία. Κυρίως όταν οι τιμές είναι χαμηλές και υπάρχει προοπτική να αυξηθούν. Τα λάχανα που είναι σφιχτά και με λεία φύλλα προτιμούνται για αποθήκευση.

1.8 Οι Ποικιλίες του λάχανου

Οι καλύτερες ποικιλίες ή υβρίδια που καλλιεργούνται στην χώρα μας είναι:

α) **Gloire d' Enkhuizen**: Ποικιλία μέτριας πρωιμότητας, συγκομιδή για 100 ημέρες μετά τη μεταφύτευση. Κεφαλή 3-4 χγρ., σφαιροειδής και συνεκτική. Συνιστάται για ανοιξιάτικη σπορά και συγκομιδή καλοκαιρινή – φθινοπωρινή.

β) **Wisconsin all Season**: Η ποικιλία αυτή είναι πρώιμης παραγωγής με κεφαλή σφαιροειδή και συνεκτική, βάρους 2-3 χγρ.

γ) **Oxylus F₁** : Πρώιμο υβρίδιο, συγκομίζεται μετά από 70 ημέρες από τη μεταφύτευση. Με μέτρια ανάπτυξη, ανθεκτικό στο φουζάριο. Κεφαλή καλής ποιότητας με βάρος 2 χγρ.

δ) **Oscar F₁**: Υβρίδιο μέτριας πρωιμότητας των 110 ημερών με κεφαλή πολύ καλής ποιότητας και βάρους 3-6 χγρ.

ε) **Banner F₁**: Πρώιμο υβρίδιο, συγκομίζεται 75 ημέρες μετά τη μεταφύτευση. Είναι κατάλληλο για σπορά όλες τις εποχές. Η κεφαλή είναι συνεκτική με βάρος 2,5-4 χγρ.

ζ) **Bonita F₁**: Είναι υβρίδιο μέσο πρώιμο των 85 ημερών με συνεκτική κεφαλή και καλής ποιότητας, βάρους 2,5-4 χγρ., η οποία αντέχει στο σκάσιμο και αντέχει πολύ καλά στον αγρό.

η) **Stillon F₁**: Όψιμο υβρίδιο, η συγκομιδή του γίνεται μετά από 170 ημέρες από τη μεταφύτευση. Έχει ελαφρώς κατσαρά φύλλα και κεφαλή ανθεκτική στο σκάσιμο και στους παγετούς, που διατηρείται για πολύ καιρό.

ΛΑΧΑΝΑ ΒΡΥΞΕΛΛΩΝ

α) **Focus F₁**: Υβρίδιο με φυτά ζωηρά, με ύψος 10-80 εκ., δίνει λαχανάκια συνεκτικά, τα οποία διατηρούνται και μετά τη συγκομιδή.

β) **Lunet F₁**: Υβρίδιο μέτριας πρωιμότητας, με φυτά πολύ ζωηρά και αρκετά υψηλά. Συγκομίζεται το Νοέμβριο- Δεκέμβριο.

γ) **Fortress F₁**: Πολύ όψιμο υβρίδιο, ανθεκτικό στο ψύχος. Είναι κατάλληλο για όψιμη συγκομιδή, μέχρι το Μάρτη.

ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΚΟΚΚΙΝΟΥ ΛΑΧΑΝΟΥ

α) **Πρώιμες ποικιλίες**: Τα κόκκινα λάχανα είναι μικρότερα από τα άσπρα. Οι πρώιμες ποικιλίες έχουν σφαιρική κεφαλή. Οι οποίες είναι: Langedijk, Early Red, Marner Fruhrot Kohl, και Haco. Έχουν κεφαλές 1-2 κιλά και κηρώδη φύλλα, ωριμάζουν τρεις μήνες μετά το φύτευμα.

β) **Όψιμες ποικιλίες**: Είναι οι Mohrenkopf, Kissendrum, Langedijk Autumn Red, με περίοδο αναπτύξεως 120-150 μέρες και έχουν κηρώδη με κεφαλές 2-4 κιλά. Οι ποικιλίες που αποθηκεύονται σε ψυγεία είναι οι: Langedijk Storage, Holdar Amager και Danerrot. Αποθηκεύονται μέχρι την Άνοιξη, οι κεφαλές είναι σφαιρικές.

1.9 Εχθροί του λάχανου

α) **Hellula undalis (Fabricius), Pyralidae** Είναι μια νέα ασθένεια, η οποία απαντάται σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές αλλά και σε χώρες με ήπιο μεσογειακό κλίμα. Έχει εισέλθει στη χώρα μας τον Αύγουστο του 2007, παρατηρείται από σοβαρή προσβολή από προνύμφες στο λάχανο, κουνουπίδι και μπρόκολο. Είναι κυρίως για την οικογένεια των Σταυρανθών.

Το έντομο μπορεί να περιγραφεί παρακάτω:

1) Τα ενήλικα είναι νυκτόβια, όπως της οικογένειας **Pyralidae**. Οι εμπρόσθιες πτέρυγες τους έχουν καστανές – σταχτί αποχρώσεις και φέρουν εγκάρσιες κυματοειδής ζώνες με εναλλαγές ανοικτότερων και σκουρότερων περιοχών με ανοιχτό χρώμα.

2) Οι νεαρής ηλικίας προνύμφες έχουν λευκοκίτρινο χρωματισμό και μαύρη κεφαλική κάψα που φέρει ένα χαρακτηριστικό σχήμα V και μαύρο πρόνωτο. Σταδιακά γίνονται σταχτοκίτρινες, ενώ οι αναπτυγμένες προνύμφες δεν φέρουν μαύρη κηλίδα στο πρόνωτο.

3) Οι προνύμφες νυμφώνονται σε προστατευμένα σημεία μεταξύ των φύλλων ή στα ανοίγματα των στομών. Οι νύμφες έχουν καστανό ρόδινο χρώμα, και σχηματίζονται μέσα σε χαλαρό βομβύκιο που υφαίνει η προνύμφη.

Η προσβολή της ακολουθείται με τα εξής βήματα:

1) Η προσβολή από το έντομο είναι περισσότερο επιζήμια σε νεαρά φυτά, οι προνύμφες του προσβάλλουν και μεγαλύτερης ηλικίας φυτά.

2) Βρίσκονται προστατευμένες στην κάτω επιφάνεια των φύλλων, τρέφονται από το παρέγχυμα τους, αφήνοντας ανέγγιχτη την επιδερμίδα της αντίθετης πλευράς του φύλλου. Τρέφονται και από τους κορυφαίους οφθαλμούς και τα νεαρά φύλλα. Η συμπεριφορά αυτή καθαυτή οδηγεί στην έκπτυξη δευτερογενών οφθαλμών με αρνητικές επιπτώσεις στη δημιουργία της κεφαλής του λάχανου.

3) Οι προνύμφες εισέρχονται στη κεντρική νέκρωση του φύλλου όπου δημιουργούν στοά. Εισέρχονται στο εσωτερικό του κύριου στελέχους των νεαρών φυτών δημιουργώντας στοές οι οποίες εκτείνονται στο εσωτερικό βλαστό. Λόγω των καταστροφών των αγγείων μαραίνονται και στη συνέχεια ξηραίνονται. Εξαιτίας της παρουσίας των αποχωρημάτων των προνυμφών, σε συνδυασμό με τον ιδιαίτερο τρόπο διατροφής τους (δημιουργία των στοών) προκαλείται δευτερογενής ανάπτυξη μυκήτων (*Botrytis*) και βακτηρίων που επιδεινώνουν το πρόβλημα.

β) Άλτης των λάχανων (*Haltica oleracea*): Είναι μικρό κολεόπτερο που τρέφεται από τα φύλλα των σταυρανθών. Καταπολεμείται με ψεκασμούς των ενδεικνυόμενων εντομοκτόνων.

γ) Μύγα των λάχανων (*Hylemyia brassicae*): Είναι δίπτερο, και αποθέτει τα αυγά του γύρω από τη βάση των φυτών, μπαίνουν στο στέλεχος και ανοίγουν στοές. Καταπολεμείται με ριζοποτίσματα και με τα κατάλληλα φυτοφάρμακα.

δ) Αφίδες (*Myzus persicae*): Είναι πράσινες, που μυζούν τους χυμούς των φυτών και μεταδίδουν τις ιώσεις. Καταπολεμούνται με διάφορα φυτοφάρμακα.

1.10 ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ (*Heterodera schachtii*)

Προσβάλλουν τις ρίζες των σταυρανθών και των χηνοποδιωδών με χαρακτηριστικές διογκώσεις-φυματίων και τη καταστροφή των ριζών. Για τον περιορισμό τους στο έδαφος γίνεται τριετής αμειψισπορά με μη προσβαλλόμενα φυτά και απολύμανση με νηματωδόκτονα φάρμακα.

1.11 Ασθένειες του Λάχανου

Πολλά παθογενή αίτια μεταφέρονται με το σπόρο όπως τα **Poma Lingan**, **Altenaria Spp.**, **Micosphaella**, **Brassicicola** και **Xanthomonas Campestris** ή μετά τη βλάστηση τους τα σπέρματα προσβάλλονται από τη **Rhizoctonia Solani**, **Pythium Spp.**

α) Το μαύρισμα του λαιμού: Προκαλείται από τον μύκητα **Phoma Lingan**, ο οποίος εμφανίζεται σε βροχερές εποχές. Τα πυκνίδια είναι φανερά, σε μικρές κηλίδες στην υποκοτύλη και τις κοτυληδόνες. Στα στελέχη εμφανίζονται κηλίδες με μαύρα ή κόκκινα περιθώρια. Συνιστάται απολύμανση με ζεστό νερό, ψεκασμός στα σπορόφυτα με οξυχλωριούχο χαλκό.

β) Περονόσπορος (*Peronospora Parasitica*): Προσβάλλει κυρίως τα νεαρά φυτά, την υποκοτύλη και τους κοτυληδόνες. Προκαλεί κιτρινόλευκες ή καφετιές κηλίδες στα φύλλα, οι οποίες μεγαλώνουν με διάμετρο λίγων εκατοστών. Τα σπόρια του μύκητα παραμένουν στο έδαφος για αρκετό καιρό. Καταπολέμηση με βορδιγάλειο πολτό, 0,75% και με άλλα σκευάσματα.

γ) **Ριζοκτονία (Rhizoctonia Solani)**: Η προσβολή γίνεται σε όλα τα στάδια ανάπτυξης. Τα σπορόφυτα μαραίνονται πριν από την εμφάνιση τους. Τα στελέχη έχουν υδαρείς κηλίδες, πάνω από το χώμα, το φυτό μαραίνεται. Το στέλεχος είναι αποχρωματισμένο και ο φλοιός πεθαίνει. Ο μύκητας αναπτύσσεται στους 25⁰ Κελσίου και η ελάχιστη θερμοκρασία είναι στους 7⁰ Κελσίου. Η υψηλή θερμοκρασία ευνοεί τον μύκητα. Οι πρώτες προσβολές προέρχονται από τα σκληρώτια, τα οποία αντέχουν και στην ξηρασία. Η ασθένεια μεταδίδεται από τα φυτά του σπορείου.

δ) **Αλτενάρια (Altenaria Brassicicola)**: Δημιουργούνται καφετιές μαύρες κηλίδες, στους κοτυληδόνες και στην υποκοτύλη. Ο βλαστός προσβάλλεται, η οποία προσβολή μοιάζει με τη ριζοκτονία. Φύλλα, μίσχοι, και στελέχη προσβάλλονται με μικρές καφετιές έως και μαύρες κηλίδες στρογγυλές με κίτρινα περιθώρια. Προσβεβλημένοι σπόροι έχουν μειωμένη βλαστικότητα. Η ασθένεια ευνοείται από ζεστό και υγρό καιρό. Η ασθένεια μεταδίδεται με το σπόρο. Τα σπορία του μύκητα διαδίδονται με τον αέρα και τη βροχή. Πρόληψη ασθένειας: απολύμανση του σπόρου, στα φυτά που σποροποιούν συνιστάται ψεκασμός κάθε 10-13 ημέρες.

ε) **Φουζάριο (Fusarium Oxysporum)**: Εμφανίζεται σε περιόδους ανάπτυξεως με υψηλή θερμοκρασία. Το λάχανο κιτρινίζει και ξηραίνεται. Ο αγγειώδης ιστός γίνεται κίτρινος. Ο μύκητας παραμένει στο χώμα για πολλά χρόνια και διαδίδεται με τα προσβεβλημένα φυτά, τον αέρα, δεν μεταδίδεται με τα σπέρματα. Για τον έλεγχο της ασθένειας συνιστάται ανθεκτικές ποικιλίες.

ς) **Ωίδιο (Erysiphe cichoracearum)**: Προσβάλλει και τα Κολοκυνθώδη. Ο μύκητας καλύπτει τα φύλλα από το μυκηλιακό επίχρισμα, το οποίο μαραίνεται και αποξηραίνει τα φύλλα. Καταπολεμείται με θειώσεις ή ψεκασμούς με ειδικά ωιδιοκτόνα

1.12 Συμπεριφορά Μικροθρεπτικών και Βαρέων Μετάλλων στο Έδαφος

Τα μικροθρεπτικά και τα βαρέα μέταλλα βρίσκονται:

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

1.13 Ποσότητες Μικροθρεπτικών Και Βαρέων Μετάλλων Στο Εδαφικό Διάλυμα

Η συγκέντρωση ενός μετάλλου στο εδαφικό διάλυμα είναι συνήθως μικρή. Σε εδάφη που μετρήθηκαν σε περιοχές της Νέας Υόρκης η μέση συγκέντρωση των στοιχείων Κοβαλτίου, Χαλκού, Ψευδαργύρου και Μαγγανίου ήταν αντίστοιχα

0,0005, 0,008, 0,015 και 0,06 $\mu\text{g Ml}$. Η συγκέντρωση του μολυβδαίνιου στο εδαφικό διάλυμα κυμαίνεται από 0,002 μέχρι 0,008 $\mu\text{g cm}^{-3}$

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

Cd:0,005, Cr:0,1, Cu:0,04,Ni:0,06,Pb:0,03,Zn:0,08

1.14 Δέσμευση Των Μικροθρεπτικών και Βαρέων Μετάλλων Από τη Στερεή Φάση Του Εδάφους

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

- i. Από τη τιμή του πε-χα
- ii. Από το δυναμικό οξειδοαναγωγής
- iii. Από το ποσοστό και το είδος της οργανικής ουσίας
- iv. Από την Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων του εδάφους
- v. Από την περιεκτικότητα και το είδος των οξειδίων και υδροξειδίων του σιδήρου, μαγγανίου και αργιλίου του εδάφους
- vi. Από τα ορυκτά της αργίλου

1.15 Πρόσληψη Των Μικροθρεπτικών και Βαρέων Μετάλλων Από τα Φυτά

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

- i. Πρόσληψη ή μη πρόσληψη και μετακίνηση των μικροθρεπτικών και των βαρέων μετάλλων στο φυτό
- ii. Ενζυματικές διαδικασίες που πραγματοποιούνται στο φυτό
- iii. Συγκεντρώσεις και μορφές των μετάλλων στο φυτό
- iv. Έλλειψη και τοξικότητα
- v. Ανταγωνιστικότητα ιονικά φαινόμενα και αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μικροθρεπτικών
- vi. Η πρόσληψη των μεταλλικών μικροθρεπτικών και των βαρέων μετάλλων από τα φυτά γίνεται από τις ρίζες τους αλλά και από την φυλλική τους επιφάνεια

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

- i. Η ποσότητα του μεταλλικού μικροθρεπτικού ή βαρέως μετάλλου που περιέχεται στο εδαφικό διάλυμα (μεγαλύτερη τάση για πρόσληψη παρατηρείται στις περιπτώσεις των μετάλλων είναι χαμηλές)
- ii. Η μορφή και το είδος του μετάλλου μέσα στο εδαφοδιάλυμα
- iii. Η παρουσία ιόντων υδραγύρου ή άλλων ιόντων στο εδαφικό διάλυμα
- iv. Οι συνθήκες αερισμού και θερμοκρασίας που επικρατούν στο έδαφος, καθώς και η τιμή του δυναμικού οξειδοαναγωγής του εδάφους

- v. Το είδος του φυτού και η ικανότητα του να προσλαμβάνει ή όχι μεταλλικά στοιχεία
- vi. Το στάδιο ανάπτυξης του φυτού
- vii. Η κινητικότητα του μεταλλικού ιόντος στο εδαφικό διάλυμα προς την επιφάνεια της ρίζας του φυτού
- viii. Η μεταφορά του μετάλλου από την επιφάνεια στο εσωτερικό της ρίζας
- ix. Η μετακίνηση του μετάλλου από τη ρίζα προς το βλαστό και τα φύλλα

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

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

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

Η σπουδαιότητα των βαρέων μετάλλων για την υγιή ανάπτυξη των φυτών και των ζώων μελετήθηκε πρόσφατα. Σήμερα είναι γνωστά περίπου στα δέκα μέταλλα τα οποία είναι απαραίτητα στους ζωντανούς οργανισμούς, ενώ τα περισσότερα δημιουργούν προβλήματα σε αυτούς κυρίως όταν οι συγκεντρώσεις τους είναι υψηλότερες από μια συγκεκριμένη τιμή.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

Βαρέα Μέταλλα

Κάδμιο

1.2.1 Εισαγωγή

Το Κάδμιο ανήκει στην ΠΒ ομάδα. Αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για τους ζωντανούς οργανισμούς και είναι ισχυρά τοξικό για τα φυτά και για τα ζώα. Η εισαγωγή στο ανθρώπινο σώμα γίνεται κυρίως με την τροφή. Σημαντικές ωστόσο είναι οι ποσότητες του καδμίου που εισάγονται με την εισπνοή των ατμών CdO από τις βιομηχανίες ή ακόμα και από τα κάπνισμα.

Οι οργανισμοί FAO και WHO υποδεικνύουν ότι η μέγιστη επιτρεπτή εισερχόμενη ποσότητα καδμίου είναι από 400 μέχρι 500μg Cd την εβδομάδα, δηλαδή 70 μg Cd την ημέρα (Fassett 1980). Έχει υπολογιστεί ότι η ποσότητα του καδμίου που εισάγεται από την καθημερινή διαίτα κυμαίνεται από 25 μέχρι 75 μg Cd την ημέρα (Page et, al, 1981) Οι καπνιστές καθημερινά δέχονται επιπλέον από 20 μέχρι 35 μg Cd.

Τις τελευταίες δεκαετίες η ρύπανση του περιβάλλοντος από το κάδμιο άρχισε να αυξάνεται εξαιτίας της πρόσφατης χρησιμοποίησής του, σε αντίθεση με άλλα μέταλλα, όπως ο μόλυβδος, ο χαλκός και ο υδράργυρος τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για αιώνες (Hutton, 1987)

Το κάδμιο βιομηχανικά χρησιμοποιείται :

- α) ως προστατευτικό κάλυμμα στο ατσάλι
- β) σε πολλά κράματα
- γ) σε πολλές χρωστικές ουσίες (για πλαστικά, για βερνίκια, σε σμάλτο)
- δ) ως σταθεροποιητής στα πλαστικά
- ε) σε μπαταρίες Ni-Cd
- στ) σε φωτοβολταϊκά κύτταρα
- ζ) για έλεγχο (στους μοχλούς ελέγχου) στους πυρηνικούς αντιδραστήρες

1.2.2 Προέλευση του καδμίου

Γεωχημική προέλευση του καδμίου

Η μέση περιεκτικότητα σε **κάδμιο** του φλοιού της γης υπολογίζεται περίπου 0,1 μg Cd kg⁻¹ (Heknrichs. Et, al. 1980 Bowen, 1979).

Το κάδμιο σχετίζεται στενά με τον ψευδάργυρο, διότι:

- α) τα δυο στοιχεία έχουν ανάλογη ιονική δομή
- β) έχουν την ίδια τιμή ηλεκτροαρνητικότητας και
- γ) τα δυο στοιχεία έχουν την τάση να δεσμεύονται από το ανθρακικό ασβέστιο.

Το κάδμιο έχει μεγαλύτερη τάση για σύνδεση με το θείο σε σχέση με τον ψευδάργυρο. Ο μέσος όρος του λόγου Cd:Zn για όλα τα πετρώματα είναι περίπου 500:1, άλλα κυμαίνονται από 27:1 μέχρι 7000:1 (Erstenin 1974). Οι κύριες πηγές

καδμίου στο έδαφος είναι τα ορυκτά ZnS (σφαλερίτης και βουρτσιίτης), αλλά και άλλα δευτερεύοντα ορυκτά.

Τα ιζηματογενή πετρώματα περιέχουν περιέχουν μεγαλύτερες ποσότητες καδμίου φωσφορίτες και σχιστόλιθοι, εμφανίζονται να περιέχουν μεγαλύτερες ποσότητες καδμίου.

Οι συγκεντρώσεις καδμίου στα πετρώματα:

Οι ερευνητές Page και Pigham(1973), υποστηρίζουν ότι εδάφη που προέρχονται από πυριγενή πετρώματα περιέχουν κάδμιο 0,1-0,3 mg Cd kg⁻¹ πετρώματος, τα μεταμορφωμένα πετρώματα περιέχουν 0,1-1mg Cd kg⁻¹ πετρώματος τα ιζηματογενή περιέχουν κάδμιο 0,3-11mg Cd kg⁻¹ πετρώματος.

Πίνακας 2.1 Συγκεντρώσεις καδμίου σε διάφορα πετρώματα(Epstein, 1974;Page and Mohamet El-Amamy, 1987; Adriano, 1986; Thornton, 1992).

Πετρώματα	Εύρος συγκέντρωσης	Μέσος όρος συγκέντρωσης
	(mg Cd kg ⁻¹ πετρώματος)	(mg Cd kg ⁻¹ πετρώματος)
Πυριγενή πετρώματα	0,03-0,57	0,23
Γρανίτες	0,01-1,6	0,2
Βασάλτες	0,01-1,6	0,13
Shales-Clays	0,017-11	*
Σχιστόλιθοι	0,3-219	*
Sandstones	0,019	*
Ανθρακικά	0,007-12	0,065
Φωσφορίτες	<10-980	*
Γαιάνθρακες	0,01-300	*
Σφαλερίτης	0,2-0,4	*

1.2.3 Προσθήκη καδμίου στο έδαφος με ατμοσφαιρική απόθεση

Η συγκέντρωση του καδμίου στον αέρα κυμαίνεται από 1 έως 50 mg ng Cd m⁻³ ανάλογα από την απόσταση από την πηγή της εκπομπής. Το εύρος της συγκέντρωσης του ατμοσφαιρικού καδμίου στην Ευρώπη κυμαίνεται από 1 έως 6 ng Cd m⁻³, για τις αγροτικές περιοχές, 3,6-20 ng m⁻³ για τις αστικές περιοχές και 16,5 έως 54 ng m⁻³

Για τις βιομηχανικές περιοχές, σε ορισμένες δε περιπτώσεις μέχρι και ng m⁻³ (Hutton, 1982)

Οι βιομηχανικές πηγές ατμοσφαιρικής εκπομπής καδμίου είναι οι βιομηχανίες παραγωγής μη σιδηρούχων μεταλλευμάτων, η καύση ορυκτών καυσίμων και οι εκπομπές από τις βιομηχανίες παραγωγής σιδήρου και σιδηρομεταλλευμάτων (Tiller,1989)

Η ύπαρξη του καδμίου στις περιοχές αυτές, οφείλεται στη μεγάλη πτητικότητα του καδμίου, όταν εκτίθεται σε θερμοκρασίες υψηλότερες των 400⁰C (Bowen,1979). Η συνολική εισροή καδμίου στο έδαφος τόσο από την ξηρή απόθεση,

όσο και από τις βροχοπτώσεις, κυμαίνεται από 2,6 έως 19g Cd εκτάριο- χρόνο στις αγροτικές περιοχές.

Η τιμή 3g Cd εκτάριο- χρόνο, θεωρείται ως η πιο αντιπροσωπευτική για την απόθεση καδμίου στις αγροτικές περιοχές της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Hutton, 1982)

2.2.1 Προσθήκη καδμίου στο έδαφος με λιπάσματα

Τα φωσφορικά λιπάσματα θεωρούνται ότι είναι η μεγαλύτερη πηγή καδμίου στα καλλιεργούμενα εδάφη. Είναι ιδιαίτερα υψηλές όταν οι συγκεντρώσεις του καδμίου που βρίσκονται στους φωσφορίτες, οι οποίοι χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη στις βιομηχανίες λιπασμάτων.

2.2.2 Προσθήκη καδμίου στο έδαφος από τις ύλες του βιολογικού καθαρισμού (sewage sludge)

Η ύλη παρουσιάζει μεγάλες διαφοροποιήσεις ως προς τη συγκέντρωση του καδμίου ανάλογα από την οποία προέρχονται. Σχεδόν ολόκληρη η ποσότητα του καδμίου που περιέχεται στην ύλη του βιολογικού καθαρισμού, βρίσκεται στο στερεό υπόλειμα, που παραμένει μετά τη δευτεροβάθμια κατεργασία (Αντωνιάδης και Alloway, 1998). Η συγκέντρωση του καδμίου κυμαίνεται από 17 έως 23mg Cd kg⁻¹ Ξηρής ουσίας (Davis, 1983; Williams et, al. 1976)

Τις τελευταίες δεκαετίες η συγκέντρωση του καδμίου στην ύλη του βιολογικού έχει ελαττωθεί σημαντικά εξαιτίας των διαδικασιών ελαχιστοποίησης των αποβλήτων που έχουν επιβληθεί στις βιομηχανίες.

Πίνακας 2.2 Συγκεντρώσεις καδμίου στα φωσφορικά λιπάσματα

Προέλευση του φωσφορίτη	Εύρος συγκέντρωσης mg Cd kg-λιπάσματος	Βιβλιογραφία
Διάφορες χώρες	0,1-170	Kabata-Pendias et al, 1992
Διάφορες χώρες	33-40	Jones et al 1987
Νησιά του Ειρηνικού	18-91	Williams et. Al, 1973
Δυτικές Η.Π.Α	<200	Jones et.al, 1987
Φλόριδα	<20	Jones et. Al 1987
	Εύρος συγκέντρωσης (mg Cd kg-1 P	
Μαρόκο	137	Hutton, 1982
Η.Π.Α	80	Hutton, 1982
Togo	367	Hutton, 1982
Σενεγάλη	584	Hutton, 1982
Ρωσία	1,8	Hutton, 1982
Τυνησία/Αλγερία	137	Hutton, 1982
Ισραήλ/Ιορδανία	82	Hutton, 1982

Τα όρια για την ύλη του βιολογικού καθαρισμού που χρησιμοποιείται στη γεωργία καθορίστηκαν στη Αγγλία από 9 mg Cd kg⁻¹ ξηρής ουσίας το (1981/82) σε 3,2 mg kg⁻¹ ξηρής ουσίας το (1990/91) – (Department of the Environment, UK, 1993)

2.2.3 Χημική συμπεριφορά του καδμίου στα εδάφη

Κατά την αποσάθρωση των μητρικών πετρωμάτων, το Κάδμιο διαλύεται και μεταβαίνει στο εδαφικό διάλυμα με τη μορφή ιόντων Cd²⁺ (Holms et, al.1996) Στα εδάφη το Cd μπορεί να βρίσκεται με τη μορφή αρκετών ανόργανων συμπλόκων ιόντων Cd Cl⁻², CdOH⁺, CdOH⁺³, CdCl⁻³, CdCl⁻²⁻⁴, Cd(OH)⁻³, Cd(OH)⁻²⁻⁴, αλλά και οργανικών συμπλόκων (Kabata-Pendias et al.1992)

Η μέση περιεκτικότητα των εδαφών σε κάδμιο κυμαίνεται από 0,06 μέχρι 1,1 mg kg⁻¹ ξηρού εδάφους. Η υψηλότερη περιεκτικότητα εμφανίζεται στα Histosol 0,78 mg kg⁻¹ ξηρού εδάφους και η χαμηλότερη στα podzols 0,37 mg kg⁻¹ ξηρού εδάφους.

Οι μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις Cd στην ύλη του βιολογικού καθαρισμού που χρησιμοποιούνται στη γεωργία (McGrath et.al. 1994)

Πίνακας 2.3 Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις Cd στην Ύλη του βιολογικού καθαρισμού που χρησιμοποιείται στην γεωργία και στα εδάφη που δέχτηκαν ύλη βιολογικού καθαρισμού ως τις ετήσιες επιτρεπόμενες προσθήκες

Χώρα	Έτος	Μέγιστη Συγκέντρωση Cd (mg Cd kg ⁻¹)	Συγκέντρωση Cd σε εδάφη που δέχτηκαν ύλη (mg kg ⁻¹ ξηρής ουσίας)	Ετήσιες επιτρεπόμενες προσθήκες (kg ⁻¹ ξηρής ουσίας)
Ευρωπαϊκή Ένωση	1986	20-14	1-3	0,15
Γαλλία	1988	20	2	0,15
Γερμανία	1992	10	1,5	0,15
Ισπανία	1990	20	1,0	0,15
Δανία	1995	1,2	0,5	0,008
Φιλανδία	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

Ο αριθμός οξείδωσης με τον οποίο το κάδμιο βρίσκεται στο φυσικό περιβάλλον είναι 2⁺ και οι σημαντικότεροι παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν την κίνηση των ιόντων καδμίου είναι το πε-χα του εδάφους και το δυναμικό οξειδοαναγωγής. Με τη χρήση ειδικών μοντέλων έχει αποδειχθεί ότι σε όξινα εδάφη, στο εδαφικό διάλυμα κυριαρχούν οι εξής μορφές του καδμίου: Cd 2⁺, Cd SO₄ και CdCl⁺₄, ενώ σε αλκαλικά Cd⁺, CdCl⁺, CdSO₄ και CdHCO₃⁺ (Sposito and Page, 1984)

Η συγκέντρωση του καδμίου στο έδαφος εξαρτάται από:

- i. Τη δέσμευση του καδμίου

ii. Την καταβύθιση του καδμίου

Οι ερευνητές Tiller et al(1979) – Soon(1981), υποστήριξαν ότι η προσρόφηση του καδμίου από τη στερεή φάση του εδάφους, ελέγχει σε μεγαλύτερο βαθμό τη συγκέντρωση του καδμίου στο εδαφικό διάλυμα από την καταβύθιση. Όταν όμως η τιμή του $pH > 7,5$, υπερβεί μια οριακή τιμή, τότε η διαδικασία εκείνη η οποία επιτρέπει είναι καταβύθιση. Το διάγραμμα της διαλυτότητας του καδμίου σε σχέση με το pH του εδάφους:

Φαίνεται ότι σε $pH > 7,5$, το κάδμιο δεν είναι ευκίνητο και καταβυθίζεται ως $CdCO_3$ ή ως $Cd_3(PO_4)_2$.

Ο ερευνητής John(1972), ανέφερε ότι το κάδμιο προσροφάτε ευκολότερα από την οργανική ουσία του εδάφους και λιγότερο από την άργιλο.

Οι ερευνητές Abd- ELfattah, Wada(1981) υποστηρίζουν ότι τα οξειδία παρουσιάζουν ιδιαίτερα αυξημένη τάση για προσρόφηση του καδμίου. Ανάλογα ήταν τα συμπεράσματα των Gadde και Laitinen(1974); των Forbes et. Al. (1976) και των Στρεετ et al., (1977)

Σε όλους τους τύπους εδαφών, η ενεργότητα του καδμίου επηρεάζεται έντονα από την τιμή του pH του εδάφους. Στα όξινα εδάφη, η διαλυτότητα του καδμίου επηρεάζεται από την οργανική ουσία, τα οξειδία και τα υδροξείδια, ενώ σε αλκαλικά εδάφη, καθοριστικό ρόλο για την αποκατάσταση της ισορροπίας στο εδαφικό διάλυμα παίζει η καταβύθιση των ενώσεων του καδμίου

Η δυναμική ισορροπία που αποκαθίσταται ανάμεσα στην ποσότητα του υδατοδιαλυτού καδμίου και την ποσότητα του καδμίου που έχει προσροφήσει από τη στερεή φάση του εδάφους, εξαρτάται από τους εξής παράγοντες (Pickering, 1980; και Gerritse και Van Driel, 1984) :

- ✓ Από το pH του εδάφους
- ✓ Από τις χημικές ιδιότητες των ιονικών μορφών του καδμίου
- ✓ Από τη σταθερότητα των συμπλοκών του καδμίου
- ✓ Από την ιονική ισχύ του εδαφικού διαλύματος
- ✓ Από την παρουσία ιόντων που δρουν ανταγωνιστικά

Οι ερευνητές Christensen (1984), υποστηρίζει, ότι η προσρόφηση του καδμίου από τα αμμώδη και τα πηλώδη εδάφη αυξάνονταν με το συντελεστή της τιμής του pH κατά μια μονάδα και σε $pH 7,7$

Οι ερευνητές Farah και Pickering(1977), έδειξαν ότι η προσρόφηση του καδμίου αυξανόταν σημαντικά με αύξηση της τιμής του pH πάνω από την τιμή 8.

Οι ερευνητές Garcia – Miragaya και Zachara και Smith (1994), καθώς και οι Cowan et.al,(1992) ότι σε τιμές pH μεταξύ 6 και 7, εδάφη τα οποία, είναι πλούσια σε οργανική ουσία ή ενυδρά οξειδία του σιδήρου, είναι δυνατό να προσροφήσουν μεγαλύτερες ποσότητες καδμίου, σε σχέση με τα εδάφη εκείνα τα οποία περιέχουν ορυκτά της άργιλου του τύπου 2:1 και μεγάλες τομές C. E.C.

Με την ανύψωση της τιμής του pH του εδάφους η συγκέντρωση του καδμίου στο εδαφικό διάλυμα ελαττώνεται επειδή:

- ✓ Αυξάνεται η υδρόλυση
- ✓ Αυξάνεται η τάση για προσρόφηση του καδμίου από τη στερεή φάση του εδάφους
- ✓ Αυξάνεται το αρνητικό φορτίο του εδάφους που εξαρτάται από την τιμή του pH του εδάφους

Το υδατοδιαλυτό κάδμιο που βρίσκεται στο εδαφικό διάλυμα είναι δυνατό να σχηματίσει σύμπλοκα ιόντα και ενώσεις με πλήθος οργανικών υποκαταστάτων. Οι Ερευνητές Farrah και Pickering (1977), υποστηρίζουν ότι η ένωση EDTA είναι δυνατόν να συμπλοκοποιήσει σχεδόν ολόκληρη την ποσότητα των ιόντων του διασθενούς καδμίου σε εδάφη με τιμές πε-χα, που κυμαίνονται, από 3 μέχρι 11. Ο υποκαταστάτης EDTA σχηματίζει ανιονικά σύμπλοκα αλλά όμως σε χαμηλές τιμές πε-χα αυτά δίστανται.

Το αμινοξύ, γλυκίνη, προκαλεί μετατόπιση της καταβύθισης του καδμίου σε υψηλότερες τιμές πε-χα, ενώ το ταρταρικό οξύ δεν επηρεάζει την προσρόφηση.

Το κάδμιο σχηματίζει ανιονικά σύμπλοκα, όμως αυτά, είναι λιγότερο σταθερά σε σχέση με τα σύμπλοκα που σχηματίζουν ο χαλκός και ο μόλυβδος (Tjell et al, 1983; Livens, 1991)

Οι οργανικοί υποκαταστάτες συμπλοκοποιούν τα βαρέα μέταλλα, ελαττώνουν τη δυνατότητα πρόσληψης του από τα φυτά και με τον τρόπο αυτό περιορίζουν την εμφάνιση τοξικών συμπτωμάτων σ αυτά. Τα σύμπλοκα του καδμίου με οργανικούς υποκαταστάτες είναι πολύ σταθερά, όπως άλλωστε και τα ανόργανα (Bolton et. Al, 1996). Αντίθετα τα ελεύθερα ένυδρα οξειδία του καδμίου είναι πολύ πιο ευκίνητα και τοξικά στα φυτά.

Σημαντικό ρόλο στην προσρόφηση του καδμίου από τη σταθερή φάση του εδάφους παίζει η παρουσία στο εδαφικό διάλυμα άλλων ιόντων, όπως του ασβεστίου, του κοβαλτίου, του χρωμίου, του χαλκού, του νικελίου και του μόλυβδου. Τα ιόντα αυτά αναστέλλουν την προσρόφηση του καδμίου. Ο Christensen (1984), υποστηρίζει ότι όταν η συγκέντρωση του ασβεστίου αυξάνεται με ένα συντελεστή 10 (π.χ από 10^{-3} M γίνεται 10^{-2} M), τότε ελαττώνεται η ικανότητα προσρόφησης του καδμίου από ένα αμμοπηλώδες έδαφος κατά 67%

Οι ερευνητές Cowan et. Al, (1991), παρατήρησαν ότι υπάρχει έντονη ανταγωνιστική δράση ανάμεσα στα στοιχεία Cd και Ca για την προσρόφηση τους στα οξειδία του σιδήρου. Ο Christensen (1987), υποστηρίζει ότι ο Ψευδάργυρος, έχει μεγαλύτερη ανασταλτική δράση στην προσρόφηση του καδμίου, λόγω του ανταγωνιστικού πρότυπου Langmuir που επίσης παρουσιάζει η ισόθερμη προσρόφηση του. Παρόλα αυτά, αν και η προσρόφηση του καδμίου ελαττώνεται η μορφή της ισόθερμης διατηρείται.

Μείωση της προσρόφησης του καδμίου παρατηρείται επίσης, όταν στο εδαφικό διάλυμα είναι αυξημένη η ποσότητα των χλωριόντων. Τα σύμπλοκα του καδμίου με τα ιόντα του χλωρίου είναι ιδιαίτερα σταθερά και με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η κινητικότητα του καδμίου, δηλαδή ελαττώνεται η προσρόφηση του από την στερεή φάση (Smolders και McLaughlin, 1996). Επομένως, μείωση της προσρόφησης του καδμίου, παρατηρείται στα αλατούχα εδάφη, καθώς και στα εδάφη, τα οποία αρδεύονται με αλμυρό ύδωρ.

Οι ερευνητές Evans et al, (1991), απέδειξαν, ότι παρατηρείται ελάττωση στην προσρόφηση των μετάλλων από το έδαφος, όταν υπάρχουν χλωριούχα, με την ακόλουθη σειρά: $Hg > Cd > Pb > Zn$. Η μείωση της προσρόφησης των μετάλλων αυτών από το έδαφος, οφείλεται στην ικανότητα τους να σχηματίζουν σταθερά σύμπλοκα με τα χλωριόντα. Με αυτό τον τρόπο, τα μέταλλα γίνονται περισσότερο διαθέσιμα στα φυτά.

Οι ερευνητές Alloway et. al, (1988); Papadopoulos και Rowell, (1988), καθώς και οι Temminghoff et. al (1995), έδειξαν, ότι σε εδάφη, τα οποία περιέχουν υψηλό ποσοστό $CaCO_3$, ελαττώνεται η διαθεσιμότητα του καδμίου, γιατί προσροφάτε από το $CaCO_3$

Οι ανωτέρω ερευνητές, έδειξαν, ότι η προσρόφηση του καδμίου από τον ασβεστίτη είναι γραμμική σε χαμηλές συγκεντρώσεις. ($1 < \mu\text{mol Cd g}^{-1}$ ασβεστίτη)

Όταν όμως η συγκέντρωση του καδμίου είναι υψηλή, προηγείται η καταβύθιση του καδμίου με τη μορφή CdCO_3 . Η προσρόφηση του καδμίου, από τον ασβεστίτη είναι ουσιαστικά **χημειορόφηση** και πραγματοποιείται εξαιτίας της αντικατάστασης του ασβεστίου από το κάδμιο, στους επιφανειακούς κρυστάλλους του ασβεστίτη (Papadopoulos και Rowell, 1988)

3.2.1 Το κάδμιο στο σύστημα έδαφος- φυτό

Το κάδμιο στα φυτά

Η τοξική δράση του καδμίου στα ζώα και στον άνθρωπο είναι αθροιστική.

Για το λόγο αυτό, έχει μελετηθεί εκτεταμένα, η περιεκτικότητα και των φυτικών τροφών σε κάδμιο.

Η περιεκτικότητα σε κάδμιο των τροφών φυτικής προέλευσης, παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις. Σε μη ρυπασμένα εδάφη, έχει υπολογιστεί, ότι η υψηλότερη συγκέντρωση βρίσκεται στα φύλλα από σπανάκι ($0,11 \text{ kg}^{-1}$ σε χλωρή μάζα) και στα φύλλα μαρουλιού ($0,66 \text{ mg}$ ξηρής ουσίας, $3,00 \text{ mg kg}^{-1}$ ξηρής ουσίας)

Σε περιοχές ρυπασμένες, τα φυτά εφοδιάζονται με κάδμιο από το έδαφος και από τον αέρα, αλλά και σε πολλές περιπτώσεις από το ύδωρ, που χρησιμοποιείται για την άρδευση των καλλιεργειών (McRaughlin et. al 1990) Οι Cunningham et al (1975), συμπεραίνουν ότι το σημαντικότερο τοξικό σύμπτωμα, το οποίο μπορεί να εμφανιστεί στα φυτά, είναι η αναστολή της χλωροφύλλης και της ανθοκύανης.

Η ποσότητα της χλωροφύλλης που σχηματίζεται, βρέθηκε ότι είναι συνάρτηση της συγκέντρωσης του καδμίου, που βρίσκεται στους φυτικούς ιστούς, και είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης για την υψηλότερη κριτική συγκέντρωση του καδμίου στα φυτά (Burton et al. 1986)

Οι Klocke et al (1984), υπολόγισαν, ότι η συγκέντρωση του καδμίου, στην οποία εκδηλώνονται τοξικά συμπτώματα, κυμαίνεται από 5 μέχρι 10 mg kg^{-1} ξηρής ουσίας σε ευαίσθητα είδη φυτών, ενώ οι Machicol και Beckett(1985), ανέφεραν ότι η κριτική συγκέντρωση του καδμίου κυμαίνεται 10 μέχρι 20 mg kg^{-1} ξηρής ουσίας.

Τα συμπτώματα που εμφανίζονται στα φυτά, σε υψηλές συγκεντρώσεις καδμίου, είναι : καθυστέρηση της ανάπτυξης, καταστροφή των ριζών, χλώρωση των φύλλων, δημιουργία κόκκινων- καφέ χρωματισμών στα άκρα των φύλλων. Η τοξική δράση του καδμίου στα φυτά οδηγεί σε παρεμπόδιση του μεταβολισμού των θρεπτικών στοιχείων, παρεμποδίζει τη φωτοσύνθεση στην αναπνοή και μειώνεται η διαπερατότητα της κυτταροπλασματικής μεμβράνης.

3.2.5 Πρόσληψη και μεταφορά του καδμίου στα φυτά

Το κάδμιο δεν είναι απαραίτητο στοιχείο για τις μεταβολικές διαδικασίες των φυτών, ωστόσο όμως προσλαμβάνεται από τις ρίζες και από τα φύλλα των φυτών. Επίσης συσσωρεύεται στους μικροοργανισμούς τους εδάφους. Ο βασικός παράγοντας που ελέγχει την πρόσληψη του καδμίου από τα φυτά είναι η τιμή του pe-χα του εδάφους. Οι Kitagishi και Yamane (1981), αναφέρουν ότι η πρόσληψη του καδμίου από σπόρους ρυζιού ήταν μεγαλύτερη σε τιμές pe-χα από $4,5$ μέχρι $5,5$. Παρόλα αυτά υπάρχουν και αντικρουόμενα αποτελέσματα στα οποία παρουσιάζεται ότι το κάδμιο είναι ευκίνητο σε αλκαλικά εδάφη, εξαιτίας του σχηματισμού συμπλόκων. Οι

ερευνητές Babich και Stotzky (1978), και οι Chaney και Hornick (1977), υποστηρίζουν ότι το κάδμιο είναι ευκίνητο σε αλκαλικά εδάφη, εξαιτίας του σχηματισμού συμπλόκων.

Οι Kitagshi και Yamane (1981), ανέφεραν ότι ήταν το δυναμικό οξειδοαναγωγής των εδαφών ελαττώνεται, κατά 0,14Vilt, η αναλογία του υδατοδιαλυτού καδμίου ελαττώνεται, κυρίως, εξαιτίας της αναγωγής των θειικών σε θειούχα ιόντα. Όσο αυξάνεται η συγκέντρωση του καδμίου, που περιέχεται, στο εδαφικό διάλυμα, τόσο αυξάνεται και η πρόσληψη του καδμίου από τα φυτά. Τα διάφορα είδη των φυτών προσλαμβάνουν διαφορετικές ποσότητες καδμίου. Η χαμηλότερη ποσότητα καδμίου έχει παρατηρηθεί στα φυτά του ρυζιού και στο τριφύλλι ενώ η υψηλότερη στο σπανάκι και στο γογγύλι.

Το κάδμιο είναι εύκολο να μετακινηθεί και μέσα στο φυτό από τις ρίζες προς τα φύλλα, όταν η συγκέντρωση του καδμίου στο εδαφικό διάλυμα είναι υψηλή.

Οι ερευνητές Dabin et al(1978) και Braude et al (1980), ανέφεραν ότι το κάδμιο συγκεντρώνεται στα πρωτεϊνικά κλάσματα που παρουσιάζονται στην παραγωγή. Η μεγάλη τοξική δράση του καδμίου στα φυτά οφείλεται στο ότι εμποδίζει τη δράση πολλών ενζύμων.

Το κάδμιο επίσης αναστέλλει τη μεταγραφή του DNA στους μικροοργανισμούς και παρεμποδίζει τη συμβίωση μικροβίων και φυτών. Οι McKenny και Vrisacker (1985), απέδειξαν ότι το κάδμιο είναι ενεργός παρεμποδιστής της βιολογικής αναγωγής των νιτρικών ιόντων σε μονοξειδίο του αζώτου.

Μόλυβδος

1.2.1 Εισαγωγή

Ο μόλυβδος δεν είναι απαραίτητο και ωφέλιμο στοιχείο για τα ζώα και τα φυτά. Είναι γνωστό ότι ο μόλυβδος είναι ένα επικίνδυνο δηλητήριο για τον άνθρωπο και κυρίως για τα ανήλικα άτομα, τα οποία αποτελούν ιδιαίτερα ευαίσθητη ομάδα. Οι Wixson και Davis (1994), υποστήριξαν ότι υπάρχει γραμμική σχέση ανάμεσα στη συγκέντρωση του μολύβδου που βρέθηκε στο αίμα ανήλικων παιδιών, με τη συγκέντρωση του μολύβδου που υπάρχει στο έδαφος στο οποίο παίζουν.

Ο μόλυβδος, βρίσκεται σε μη ρυπασμένα εδάφη σε συγκέντρωση $<20\text{mg kg}^{-1}$ στο έδαφος, αλλά έχουν αναφερθεί πολύ μεγαλύτερες συγκεντρώσεις που οφείλεται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Ο μόλυβδος στο περιβάλλον έχει εξαιρετικά μεγάλη τάση συσσώρευσης στο έδαφος, επειδή έχει χαμηλή διαλυτότητα και δεν εποικοδομείτε με μικροβιακή δραστηριότητα.

2.2.2 Προέλευση του μολύβδου

Γεωχημική προέλευση του μολύβδου

Ο μέσος όρος της συγκέντρωσης του μολύβδου στα κρυσταλλικά πετρώματα είναι 16mg Pb kg^{-1} πετρώματος, ο Nriagu (1978), υπολόγισε ότι η μέση περιεκτικότητα του μολύβδου στους γάββους είναι $1,9\text{ mg Pb kg}^{-1}$ ορυκτού, στον ανδεσίτη $8,3\text{ mg Pb kg}^{-1}$ ορυκτού και στο γρανιτή $22,7\text{ mg Pb kg}^{-1}$ πετρώματος. Τα

στοιχεία αυτά φανερώνουν την τάση του μολύβδου να συγκεντρώνεται σε ορυκτά τα οποία περιέχουν πυρίτιο. Ο μολύβδος, επίσης, παρουσιάζει αυξημένη τάση να σχηματίζει σταθερές ενώσεις με το θείο. Για το λόγω αυτό βρίσκεται στα ορυκτά με δεσμούς με το θείο. Το πιο διαδεδομένο ορυκτό μολύβδου είναι ο γαληνίτης (PbS)

Σε μεγάλες, επίσης, συγκεντρώσεις παρουσιάζεται ο μολύβδος σε ιζηματογενή πετρώματα, όπως οι σχιστόλιθοι. Οι σχιστόλιθοι, είναι πλούσιοι σε οργανική ουσία και σε σουφλίδια (Meyers et.al 1992) και παρουσιάζουν συγκεντρώσεις μολύβδου $> 23 \text{ mg Pb kg}^{-1}$ πετρώματος. Οι ασβεστόλιθοι και οι δολομίτες περιέχουν κατά μέσο όρο 71 mg Pb kg^{-1} πετρώματος.

Στην Αγγλία και στην Ουαλία ο Deviees (1983), διαπίστωσε ότι η περιεκτικότητα σε μολύβδο κυμαίνεται από 15 μέχρι $106 \text{ mg Pb kg}^{-1}$ εδάφους με γεωμετρικό μέσο, 42 mg kg^{-1} εδάφους.

Στους πυριτικούς κρυστάλλους, ο μολύβδος αντικαθιστά το κάλιο, με τη διαδικασία της ισόμορφης αντικατάστασης, ενώ στα ανθρακικά άλατα και στον απατίτη αντικαθιστά τα ασβέστιο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ιονική ακτίνα του Pb^{2+} είναι 124 pm, ενώ του K^{+} είναι 133 pm και του Ca^{2+} είναι 106pm.

Ο μολύβδος απαντάται κυρίως ως ιόν με τη μορφή του Pb^{+2} , αλλά και ως Pb^{4+} . Κατά τη διάρκεια της διάβρωσης τα σουφλίδια του μολύβδου, οξειδώνονται και σχηματίζουν τα ανθρακικά άλατα. Επίσης, είναι δυνατό τα ιόντα του μολύβδου να ενσωματωθούν σε ορυκτά άλατα της αργίλου, σε οξειδία του σιδήρου και του μαγγανίου, καθώς και στην οργανική ουσία του εδάφους.

2.2.3 Προσθήκη μολύβδου από ατμοσφαιρική απόθεση

Οι ερευνητές Sposito και Page (1984), αναφέρουν, ότι οι αέριες αποθέσεις του μολύβδου από τον αέρα στο επιφανειακό στρώμα ανέρχονται σε $0,4 \text{ g Pb εκτάρια}^{-1} \text{ χρόνο}^{-1}$ στο Νότιο Πόλο, σε $7,2 \text{ g Pb εκτάρια}^{-1} \text{ χρόνο}^{-1}$ στο Βορειοδυτικό Καναδά και σε $6,3 \text{ g Pb εκτάρια}^{-1} \text{ χρόνο}^{-1}$ στο Βόρειο Μίσιγκαν στις Η.Π.Α

Στις αγροτικές, μη Βιομηχανοποιημένες περιοχές της Κεντρικής Ευρώπης, οι ποσότητες του μολύβδου, που αποτίθεται κυμαίνεται από 87 μέχρι $536 \text{ g Pb εκτάρια}^{-1} \text{ χρόνο}^{-1}$ κατά μέσο όρο $189 \text{ g Pb εκτάρια}^{-1} \text{ χρόνο}^{-1}$, ενώ στην βόρεια Αμερική από 71 μέχρι $20.498 \text{ g Pb εκτάρια}^{-1} \text{ χρόνο}^{-1}$ κατά μέσο όρο $4,257 \text{ g Pb εκτάρια}^{-1} \text{ χρόνο}^{-1}$.

Οι ερευνητές Hillbebrand (1974); Olson και Skogerboe (1975); Harmesen (1977) και οι Zimdahl και Hassett(1977), υποστήριξαν ότι οι σπουδαιότερες πηγές ρύπανσης του μολύβδου είναι οι βιομηχανίες επιμετάλλωσης. Οι μορφές, με τις οποίες, ο μολύβδος βρίσκεται στο περιβάλλον είναι οι: PbS, PbO, PbSO_4 και PbO.PbSO_4 . Επίσης ο μολύβδος βρίσκεται με τις εκπομπές των οχημάτων, με τη μορφή των αλάτων με αλογόνα, όπως PbBr, PbBrCl , Pb(OH)Br και $(\text{PbO})_2\text{PbBr}_2$.

Η εκπομπή σωματιδίων, στοιχειακού μολύβδου, είναι δυνατό, επίσης να παρατηρηθεί. Ωστόσο όμως, τα σωματίδια αυτά είναι δυνατό ασταθή και μετατρέπονται σε οξειδία, ανθρακικά και θειούχα άλατα του μολύβδου. Οι διαδικασίες μεθυλίωσης του μολύβδου, οι οποίες, μπορεί να γίνουν, είτε χημικά είτε βιολογικά, είναι σημαντικές πηγές ρύπανσης, γιατί εφοδιάζουν το περιβάλλον με πτητικές ενώσεις του μολύβδου, όπως είναι ο τετραμεθυλιούχος και ο τετρααιθυλιούχος μολύβδος.

Οι ενώσεις αυτές, για δεκαετίες αποτελούσαν τις σπουδαιότερες πηγές ρύπανσης των εδαφών, που βρίσκονταν κοντά σε δρόμους με τροχοφόρα. Οι ερευνητές Cannon, και Bowels (1962), απέδειξαν ότι γρασίδια, ακόμα, και σε απόσταση 152m από δρόμο κυκλοφορίας στο Denver, Colorado, ήταν μολυσμένα με

μόλυβδο. Σε ανάλογα συμπεράσματα κατέληξε και ο Chow (1969), για εδάφη και για τα γρασιδία, στο Maryland χρησιμοποιώντας ισότοπα του μολύβδου.

1.2.4 Προσθήκη μολύβδου από γεωργικές δραστηριότητες

Οι ερευνητές Frank et. al (1976), υποστηρίζουν ότι ο αρσενικός μολύβδος που χρησιμοποιήθηκε ως φυτοφάρμακο για το ψεκάσμο οπωροφόρων δέντρων, δημιούργησε υψηλές συγκεντρώσεις στα εδάφη, όπου καλλιεργούνταν τα δέντρα αυτά. Τα τελευταία χρόνια δε, χρησιμοποιείται πλέον ο αρσενικός μολύβδος.

2.2.4 Προσθήκη μολύβδου από την ύψ του βιολογικού καθαρισμού

Κατά τις κατεργασίες που πραγματοποιήθηκαν στο βιολογικό καθαρισμό, τα βιομηχανικά απόβλητα συσσωρεύονται στον ίδιο χώρο με τους μεταλλικούς ρυπαντές, με αποτέλεσμα, αυτοί να δεσμεύονται από την οργανική ύλη, με τη μορφή συμπλοκών ενώσεων. Οι Bettow (1977), ανέλυσαν 42 δείγματα ύψ από βιολογικό καθαρισμό σε πόλεις της Αγγλίας και της Ουαλίας, στα οποία η συγκέντρωση του μολύβδου κυμαίνονταν από 120 μέχρι 3000 mg Pb kg⁻¹ ξηρού υλικού. Ο Sommers (1977), ανέφερε ότι η συγκέντρωση του μολύβδου σε δείγματα ύψ βιολογικού καθαρισμού από οκτώ πόλεις των Η.Π.Α κυμαίνονταν από 545 μέχρι 7431 mg Pb kg⁻¹ ξηρού υλικού.

2.2.5 Χημική συμπεριφορά του μολύβδου στο έδαφος

Ο μολύβδος, συσσωρεύεται, κυρίως στο επιφανειακό στρώμα των εδαφών (Launapina, 1995), σε εδαφικά δείγματα, από επλεγμένες περιοχές της Φιλανδίας. Ανάλογα, ήταν και τα συμπεράσματα των ερευνητών Wright et. al (1955), σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στον Καναδά.

Το ότι ο μολύβδος συσσωρεύεται στο επιφανειακό στρώμα των εδαφών, συνδέεται με την ύπαρξη της οργανικής ουσίας, η οποία και δεσμεύει το μέταλλο, δημιουργώντας σύμπλοκες ενώσεις και ιόντα (Friedland et. al 1994). Με βάση τις ανωτέρω εργασίες, ο μολύβδος εμφανίζεται ακίνητος, οπότε και δεν είναι δυνατό να μεταφερθεί στα βαθύτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής με έκπλυση.

Οι Korte et al (1976), πραγματοποίησαν έκπλυση 11 εδαφών με διάλυμα, το οποίο περιείχε ισότοπο μολύβδου. Σε όλες τις περιπτώσεις, ο μολύβδος ήταν ακίνητος, εκτός από μια περίπτωση εδαφικού δείγματος Ultisol, με μηχανική σύσταση πηλοαμμώδη και πολύ χαμηλή τιμή της CEC (<2 cmol_c kg⁻¹ εδάφους)

Οι Santillan-Medrano και Jurinak (1975), υποστήριξαν ότι σε μη αλκαλικά εδάφη, η διαλυτότητα του μολύβδου ρυθμίζεται από τις ενώσεις Pb(OH)₂, Pb₃(PO₄)₂, Pb₅(PO₄)₂OH, ενώ σε αλκαλικά εδάφη από το σχηματισμό της ένωσης Pb CO₃.

Κατά την εκπομπή καυσίμων, από τα οχήματα, τα οποία, χρησιμοποιούν βενζίνη με πρόσθετα μολύβδου, παράγονται οι ενώσεις: PbBr₂, PbBrCl, Pb(OH)Br, (PbO)₂PbBr₂ και (PbBrO)₂PbBrCl (Terhaar και Boyard 1971). Μετά από 18 ώρες οι ενώσεις του Br έχουν μειωθεί κατά 75% και οι ενώσεις του Cl έχουν μειωθεί κατά 30-40%, ενώ παράλληλα σχηματίζονται τα οξείδια του μολύβδου, καθώς και ανθρακικά άλατα αυτού.

Οι ερευνητές Khan και Frankland (1984), προσδιόρισαν σε ρυπασμένα εδάφη τις ενώσεις $PbCl_2$ και PbO . Επιπλέον, υποστήριξαν, ότι μέσα σε μια ώρα οι ενώσεις του μόλυβδου που είναι υδατοδιαλυτές, μετατρέπονται σε μορφές λιγότερο διαλυτές (εκχυλίσιμες με διάλυμα EDTA).

Οι σημαντικότεροι εδαφικοί παράγοντες, οι οποίοι καθορίζουν την κινητικότητα ή την συγκράτηση του μόλυβδου από την στερεή φάση του εδάφους, είναι η τιμή του pH και η C.E.C. Η επίδραση της οργανικής ουσίας στη συγκράτηση του μόλυβδου είναι η σημαντικότερη σε σχέση με την καταβύθιση του ως ανθρακικό άλας ή την προσρόφηση του από τα ένυδρα οξείδια (Ainsworth et al 1994). Οι Farrah και Pickering (1977), μελέτησαν τους πιθανούς μηχανισμούς προσρόφησης του μόλυβδου από το μοντμοριλλονίτη με διαδικασίες ιονανταλλαγής, ενώ από τον καοлинίτη και τον ιλίτη, ο μόλυβδος προσροφάτε ανταγωνιστικά.

Οι Abd-Elfattah (1981), υποστήριξαν, ότι παρατηρείται εκλεκτική προσρόφηση του μόλυβδου, από τα οξείδια του σιδήρου, σε σχέση με το χούμο, τον καοлинίτη και το μοντμοριλλονίτη.

Ο Garcia-Miragaya (1984), κατέληξε στο συμπέρασμα, ότι σε εδάφη τα οποία βρίσκονταν δίπλα σε δρόμους το 0,7% του ποσοστού του μόλυβδου ήταν σε ανταλλάξιμη μορφή, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό, ήταν δεσμευμένο από την οργανική ουσία του εδάφους. Μικρό μόνο ποσοστό του μόλυβδου βρέθηκε να είναι δεσμευμένο στα οξείδια του σιδήρου.

Οι ερευνητές Hildebrand και Blum (1975), ανέφεραν, ότι το σημαντικό ρόλο στην ακινητοποίηση του μόλυβδου στο έδαφος παίζουν τα χουμικά και φουλβικά οξέα και ιδιαίτερα οι ενώσεις μεγάλου μοριακού βάρους. Οι συγκεντρώσεις του μόλυβδου στο εδαφικό διάλυμα είναι ιδιαίτερα χαμηλές με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται πολλά αναλυτικά προβλήματα κατά τον ποσοτικό προσδιορισμό του. Η ερευνήτρια Al.Kabata (1972), προσδιόρισε συγκέντρωση μόλυβδου στο εδαφικό διάλυμα ίση με 10^{-7} M. Οι Bradford et al (1975), προσδιόρισαν συγκέντρωση μόλυβδου 10^{-9} M σε 68 εδαφικά δείγματα στην Καλιφόρνια των Η.Π.Α 10^{-9} M. Τα αποτελέσματα των Gregson και Alloway, (1984)

Πίνακας 2.4 Μόλυβδος σε εδάφη και σε εδαφικό διάλυμα

Συνολική ποσότητα (mg kg ⁻¹ εδάφους)	Συγκέντρωση Pb στο εδαφικό διάλυμα (mg L ⁻¹)	Διαλυτός Pb (%) του ολικού
49900	112	0,05
2820	18	0,13
45800	11	0,005
1890	4	0,04
3830	4	0,02

Η συσσώρευση του μόλυβδου στην επιφάνεια των εδαφών έχει μεγάλη οικολογική σημασία, γιατί ο μόλυβδος επηρεάζει τη βιολογική δραστηριότητα στα εδάφη. Ο Tyler, (1975); οι Hughes et al(1980) και ο Woytowicz, (1980), απέδειξαν ότι αυξημένα επίπεδα μόλυβδου στο έδαφος, είναι δυνατό να περιορίσουν την ενζυματική δράση των μικροοργανισμών. Με αποτέλεσμα στον επιφανειακό ορίζοντα, να συσσωρεύεται οργανική ουσία, η οποία δεν αποικοδομείται.

2.2.6 Ο μόλυβδος στο σύστημα έδαφος-φυτό

Ο μόλυβδος στα φυτά

Ο μόλυβδος έχει ανιχνευθεί σε μεγάλο αριθμό φυτών, όμως δεν είναι θρεπτικό στοιχείο και δεν συμμετέχει στο μεταβολισμό των φυτών. Οι Broeyer et.al (1972), κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ο μόλυβδος είναι ιδιαίτερα τοξικός στα φυτά σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 6 ppm.

Εξαιτίας της αλληλεπίδρασης του μόλυβδου με άλλα στοιχεία και επειδή μπορεί να μεταβληθεί η συγκέντρωση του ή το είδος των ενώσεων του, δεν προσδιορίζονται με ακρίβεια τα όρια των συγκεντρώσεων του στα οποία έχει τοξική δράση σε ζωτικές λειτουργίες των φυτών. Έτσι έχει καθοριστεί από πολλούς ερευνητές, ένα αρκετά μεγάλο εύρος συγκεντρώσεων του μόλυβδου που είναι τοξικό για τα φυτά (30-300 mg kg⁻¹ ξηρού εδάφους), (Bergmann και Cumakov, 1977; Davis et al 1978). Τα όρια περιεκτικότητας σε μόλυβδο καθώς και σε άλλα, σε μεγάλο αριθμό φυτών ως και η αντοχή αυτών στην τοξική δράση του μόλυβδου.

Πίνακας 2.5 Όρια περιεκτικότητας σε μόλυβδο (mg kg⁻¹ ξηρού βάρους) καθώς και σε άλλα στοιχεία, σε μεγάλο αριθμό φυτών ως και αντοχή αυτών στην τοξική δράση του μόλυβδου

Στοιχείο	Έλλειψη	Επάρκεια	Τοξική δράση	Αντοχή στις καλλιέργειες
Ag	*	0,5	5-10	*
Al	*	1-1,7	5-20	*
B	5-30	10-100	5-200	400
Ba	*	*	500	*
Be	*	<1-7	10-50	*
Cd	*	0,05-0,2	5-30	3
Co	*	0,02-11	15-50	5
Cr	*	0,1-0,5	5-30	2
Cu	2-5	5-30	20-100	50
F	*	5-30	50-500	*
Hg	*	*	1-3	*
Li	*	*	5-50	*
Mn	10-30	3	400-1000	300
Mo	0,1-0,3	30-300	10-50	*
Ni	*	0,2-5	10-100	50
Pb	*	0,1-5	30-300	10
Se	*	5-10	5-30	*
Sn	*	0,01-2	60	*
Sb	*	*	150	*
Ti	*	7-50	50-200	*
Tl	*	*	20	*
V	*	*	5-10	*
Zn	10-20	0,2-1,5	100-400	300
Zr	*	27-150	15	*

Τα τοξικά συμπτώματα που εμφανίζονται στα φυτά λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης του μόλυβδου, είναι δύσκολο να προσδιοριστούν. Τα χαρακτηριστικά συμπτώματα αυτών είναι, το σκούρο πράσινο χρώμα των φύλλων, η μάρανση των παλαιότερων φύλλων, η μη κανονική ανάπτυξη των φύλλων και ο σχηματισμός μικρών ριζών με καφέ χρώμα.

2.2.7 Πρόσληψη και μεταφορά του μόλυβδου στα φυτά

Οι ερευνητές Zimdahl (1975), οι Hughes et al (1980), υποστήριξαν ότι η πρόσληψη του μόλυβδου από τις ρίζες είναι παθητική διαδικασία. Ο μόλυβδος προσλαμβάνεται από τα ριζικά τριχίδια και συγκρατείται κυρίως στο κυτταρικό τοίχωμα της ρίζας.

Η ποσότητα του μόλυβδου που προσλαμβάνεται από τα φυτά, σχετίζεται με την ποσότητα του μόλυβδου που υπάρχει στο έδαφος.

Η πρόσληψη του μόλυβδου, από τα φυτά αυξάνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης του μόλυβδου και με την πάροδο του χρόνου. Ο ρυθμός της πρόσληψης του μόλυβδου από τα φυτά ελαττώνεται με την ανύψωση της τιμής του pH του εδάφους που συνήθως γίνεται με ασβέστωση. Ο ρυθμός πρόσληψης του μόλυβδου περιορίζεται όταν η θερμοκρασία του εδάφους ελαττώνεται. Ο ερευνητής Isermann (1977), υποστήριξε, ότι παρά το γεγονός ότι ένα ποσοστό της ποσότητας του μόλυβδου που αποτίθεται στα φύλλα είναι δυνατό να απομακρύνεται με ξέπλυμα αυτών με ύδωρ, ένα μέρος όμως του μόλυβδου συγκρατείται στα κύτταρα των φύλλων.

Οι ερευνητές Diehl et al (1983), διαπίστωσαν ότι τετρααλκυλιωμένες ενώσεις του μόλυβδου εύκολα μπορούν να μετατραπούν σε υδατοδιαλυτές ενώσεις, οι οποίες μπορούν να προσληφθούν από τα φυτά. Οι Wilson και Cline (1966) μελέτησαν την προσρόφηση του ισότοπου ^{210}Pb σε καλλιέργεια καπνών Burley και απέδειξαν ότι μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό ίσο με 0,003% μέχρι 0,005% του ολικού μόλυβδου που βρίσκεται στο έδαφος προσλαμβάνεται από τα φυτά. Ο Zimdahl (1975), απέδειξε ότι, ποσοστό ίσο με 3% του μόλυβδου που βρίσκεται στις ρίζες, μετακινείται προς το βλαστό.

Αυξημένες συγκεντρώσεις μόλυβδου στα φυτά, είναι δυνατό, να παρεμποδίσουν τις βιολογικές διεργασίες, π. χ τη μίτωση, τη φωτοσύνθεση και την πρόσληψη του ύδατος από το ριζικό σύστημα του φυτού. Η παρεμπόδιση, τόσο της φωτοσύνθεσης όσο και της αναπνοής, οφείλονται στην παρεμπόδιση διεξαγωγής των αντιδράσεων μεταφοράς ηλεκτρονίων. Αρκετά είδη φυτών είναι δυνατό να αναπτύξουν μηχανισμούς άμυνας, στις αυξημένες συγκεντρώσεις μόλυβδου. Οι μηχανισμοί αυτοί, σχετίζονται με τις ιδιότητες των μεμβρανών των κυττάρων. Οι Lane et. al (1978), υποστήριξαν, ότι ο μόλυβδος είναι δυνατό να συνδεθεί με την κυτταροπλασματική μεμβράνη των φυτικών κυττάρων. Με τον τρόπο αυτό, τα είδη που είναι ανθεκτικά στις συγκεντρώσεις μόλυβδου, μπορούν να δεσμεύσουν και να αδρανοποιήσουν μεγάλες ποσότητες.

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

ΜΙΚΡΟΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

3.0 Ψευδάργυρος(Zn)

3.1 Εισαγωγή

Ο Ψευδάργυρος απορροφάται από τα φυτά σε μικρές ποσότητες, υπό τη μορφή του δισθενούς ιόντος Zn. Καθώς επίσης και από το φύλλωμα, υπό μορφή ορισμένων οργανικών συμπλόκων.

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

3.2 Ο Ψευδάργυρος στο σύστημα έδαφος –φυτό

Ο ψευδάργυρος στη θρέψη των φυτών

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

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

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

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

3.3 Πρόσληψη και μεταφορά του ψευδαργύρου

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

Ο ρυθμός πρόσληψης του Zn από τα φυτά, εξαρτάται από το είδος του φυτού, από τον τύπο του εδάφους ως και από την παρουσία του ασβεστίου στο έδαφος

(Ibekwe et al., 1998, Brown et al., 1995) Η κίνηση του Zn στα φυτικά μέρη είναι υψηλότερη σε σχέση με την κίνηση του χαλκού. Αυτό συμβαίνει μόνο όταν η συγκέντρωση του Zn στο εδαφικό διάλυμα είναι υψηλή. Στις περιπτώσεις που η συγκέντρωση του Zn είναι χαμηλή, μειώνεται και η κίνηση του προς τα διάφορα όργανα του φυτού.

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

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

3.4 Μαγγάνιο (Mn)

Το Mn ενεργοποιεί μια σειρά ενζύμων στο φυτό. Η επίδραση του στην φωτοσύνθεση, έχει υπογραμμιστεί από πολλούς ερευνητές, το ίδιο και ο ρόλος του στη βιοσύνθεση της χλωροφύλλης. Είναι αναγκαίο στην αναγωγή των νιτρικών ιόντων, ρυθμίζει την δραστηριότητα της νιτρικής ρεδοκτάσης. Καθώς επίσης, συμμετέχει στη φωτόλυση του νερού κατά την φωτοσύνθεση και στη δομή των θυλακοειδών στους χλωροπλάστες. Άλλη μια ιδιότητα του είναι ως ενεργοποιητής μερικών ενζύμων του κυττάρου του κύκλου του Krebs και κατά συνέπεια, ο ρόλος του στο μεταβολισμό των υδατανθράκων, είναι καθοριστικός.

Ενώ με την απουσία του προκαλεί τη μείωση του ξηρού βάρους, της φωτοσυνθετικής ικανότητας, της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη και της κυτταροδιαίρεσης (αναστολή επιμήκυνσης ριζών).

3.4.1 Ο βιοχημικός ρόλος Του στα φυτά

Ο βιοχημικός ρόλος του Mn στα φυτά σχετίζεται άμεσα με τις αντιδράσεις οξειδοαναγωγής, που πραγματοποιούνται σε φυτά. Ο Boardmann(1975) ο Shkolnik (1974) και οι Mengel και Kirkby (1978), υποστηρίζουν ότι τα ιόντα Mn αποτελούν το βασικό συστατικό των ενζύμων: αργινάσης και φωσφοτρανσαμινάσης.

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

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

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

3.5 Χαλκός (Cu)

Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις Cu από αυτές που υπάρχουν στο φυτό εντοπίζονται στα φύλλα και ειδικότερα στους χλωροπλάστες. Ο χαλκός είναι ενεργοποιητής ενζύμων και ακόμη συμμετέχει στη σύνθεση άλλων που καταλύουν τις

βιολογικές οξειδώσεις στη βάση αλλαγής του σθένους του. Μαζί με το σίδηρο και το βόριο συμμετέχει στη βιοσύνθεση των φαινολών. Η έλλειψη χαλκού συγκριτικά με τις ελλείψεις των άλλων στοιχείων είναι λιγότερο συχνή και αφορά ένα μικρό αριθμό ειδών.

3.5.1 Ο χαλκός στο σύστημα έδαφος-φυτό Ο χαλκός στη θρέψη των φυτών

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

3.5.2 Πρόσληψη και μεταφορά του χαλκού στα φυτά

Η σημαντικότερη βιοχημική λειτουργία του χαλκού στο φυτό:

- Ο χαλκός συμμετέχει σε μεγάλο αριθμό φυσιολογικών λειτουργιών του φυτού. Όπως στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, της αναπνοής, της αναγωγής του αζώτου, της σύνθεσης των υδρογονανθράκων, του σχηματισμού αλλά και της αποικοδόμησης του τοιχώματος των κυττάρων καθώς και στο μεταβολισμό των πρωτεϊνών

3.6 Σίδηρος (Fe)

Αποτελεί το απαραίτητο στοιχείο για τα φυτά. Η αναλογία του σιδήρου είναι: Fe:Mn, καθώς και το Mn, ίσως ανταγωνίζεται την απορρόφηση και τη χρησιμοποίηση του Fe.

Οι πιο γνωστές λειτουργίες του σιδήρου είναι στενά συνδεδεμένες με τα ενζυματικά συστήματα, στα οποία συμμετέχει (καταλάση, περοξειδάση και κυτοχρώμων).

Καταλύει τη βιοσύνθεση των πυρολικών πυρήνων, βασικών στοιχείων του μορίου της χλωροφύλλης.

Είναι συστατικό των κυτοχρώμων, δηλαδή των σημαντικών συστημάτων redox των κυττάρων, η δραστηριότητα των οποίων συνδέεται με το αντιστρεπτό πέρασμα του Fe από το ένα σθένος στο άλλο. Καθώς επίσης επιδρά και στο μεταβολισμό του αζώτου.

3.6.1 Ο βιοχημικός ρόλος Του στα φυτά

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

- ✓ Ο σίδηρος, βρίσκεται στις πρωτεΐνες και συγκεντρώνεται κυρίως στους χλωροπλάστες των κυττάρων
- ✓ Οι οργανικές σύμπλοκες ενώσεις του σιδήρου, εμπλέκονται στο μηχανισμό μεταφοράς ηλεκτρονίων κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης

- ✓ Nonheme σίδηρο πρωτεΐνες, ελέγχουν την αναγωγή των νιτρωδών και τωνθεικών ιόντων
- ✓ Ο σχηματισμός της χλωροφύλλης, ελέγχεται από την παρουσία σιδήρου
- ✓ Ο σίδηρος, εμπλέκεται στο μεταβολισμό των νουκλεονικών οξέων
- ✓ Τα ιόντα του δισθενούς και τρισθενούς σιδήρου έχουν δομικό ρόλο στα κύτταρα, αλλά συμμετέχουν και σε μεγάλο αριθμό πρωτεϊνών που δρούν καταλυτικά

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ – ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Στα δοχεία χωρητικότητας 5L προστέθηκε έδαφος κοσκινισμένο (<4mm) από την περιοχή του αγροκτήματος του ΤΕΙ.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ

Μηχανική σύσταση	Άμμος	Ίλύς	Άργιλος	Αμμοαργιλώδες
	79,24%	10,1%	10,66%	
pH (1:1)	6,39 (ελαφρά όξινο έως ουδέτερο)			
Αγωγιμότητα (EC)%	454ms/cm			
CaCO ₃	11,07			
Οργανική ουσία %	4,20			
Αφομοιώσιμος P	46,44 ppm			
Ανταλλάξιμα K	0,06 meg/100gr εδάφους			
“ Na	0,16 meg/100gr εδάφους			
Ολικά ιχνοστοιχεία Fe	1,653			
“ Cu	2,78			
“ Zn	3,311			
“ Mn	3,45			
Βαριά μέταλλα Cd	0			
“ Pb	4,528			

Σε κάθε δοχείο τοποθετήθηκαν στον πυθμένα κομμάτια από τούβλο (95g) και κόπηκαν 60 σωλήνες μήκους 15cm με σκοπό το ελεγχόμενο πότισμα κάθε δοχείου. Αρχικά μέσα σε κάθε δοχείο τοποθετήθηκε το τουβλάκι επικαλύφτηκε με χαρτί και στην συνέχεια τοποθετήθηκε ο σωλήνας. Έπειτα προστέθηκαν 3,800kgr χώμα αεροξηραμένο.

Ακολούθησε προσδιορισμός της υδατοχωρητικότητας του εδάφους και βρέθηκε στο 30,17%. Με βάση την τιμή αυτή το συνολικό βάρος των δοχείων μετά το πότισμα ήταν 5545gr.

Στόχοι του πειράματος

Οι στόχοι του πειράματος ήταν:

- α) Η μελέτη της περιεκτικότητας του καδμίου και του μολύβδου στο έδαφος
- β) Η επίδραση του καδμίου και του μολύβδου στη συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων στους ιστούς του λάχανου

Το πειραματικό σχέδιο περιλάμβανε 10 μεταχειρίσεις σε 5 επαναλήψεις. Αναπτύχθηκε ένα φυτό σε κάθε δοχείο μέχρι και το τέλος του πειράματος. Η λίπανση έγινε με την ανάμειξη των λιπασμάτων με το έδαφος πριν το γέμισμα των δοχείων. Τα φυτά αναπτύχθηκαν στο έδαφος το οποίο ποτιζόταν και διατηρούνταν σε 70 % της υδατοχωρητικότητας του εδάφους

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ

Πίνακας 2. Η λίπανση και η προσθήκη βαρέων μετάλλων που χορηγήθηκαν για την εκπόνηση του πειράματος

Α/Α	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	ΔΟΧΕΙΑ
1	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	1,2,3,4,5
2	N0,20 P0,20K0,20+Cd5ppm	6,7,8,9,10
3	N0,20P0,20 K0,20+Cd10ppm	11,12,13,14,15
4	N0,20 P0,20 K0,20+Cd40ppm	16,17,18,19,20
5	N0,20 P0,20 K0,20+Cd80ppm	21,22,23,24,25
6	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	26,27,28,29,30
7	N 0,20 P0,20 K0,20+Pb10ppm	31,32,33,34,35
8	N0,20 P0,20 K0,20+Pb50ppm	36,37,38,39,40
9	N0,20 P0,20 K0,20+Pb100ppm	41,42,43,44,45
10	N0,20 P0,20 K0,20+Pb500ppm	46,47,48,49,50

Προσδιορισμός ιχνοστοιχείων στους φυτικούς ιστούς με τη μέθοδο αποτέφρωσης

Η μέθοδος αυτή είναι γρήγορη και ακίνδυνη, ενώ ταυτόχρονα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε δείγματα μεγάλου βάρους (1-2 gr) που περιορίζουν τα σφάλματα των αναλύσεων. Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζονται και τα περισσότερα μικροστοιχεία. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα όπως είναι η πιθανή εξάχνωση των P, B, Cl, S και ορισμένων άλλων στοιχείων. Για τον περιορισμό των μειονεκτημάτων αυτών προτείνεται η αποτέφρωση να γίνεται **στη μικρότερη δυνατή θερμοκρασία και σε όσο το δυνατόν μικρότερο χρόνο** για τον προσδιορισμό των παραπάνω στοιχείων. Ενώ όταν πρόκειται να προσδιορισθούν τα αμέταλλα κρίνεται σκόπιμο να αυξάνεται η περιεκτικότητα του δείγματος σε βάσεις έτσι ώστε να περιορίζεται ο σχηματισμός όξινων πτητικών ενώσεων. Π.χ. για τον προσδιορισμό του S, γίνεται προσθήκη $MgSO_4$ ή $(CH_3COO)_2 Mg$, για το Cl προστίθεται CaO και για το B προστίθεται NaOH ή CaO. Γενικά πάντως είναι παραδεκτό ότι με τη μέθοδο αυτή παρατηρούνται κάποιες μικρότερες ή μεγαλύτερες απώλειες. (Piper 1950, Chapman και Pratt 1961).

Κατά τη μέθοδο αυτή κονιοποιούμενα δείγματα βάρους 0,5-1 gr. Τοποθετούνται σε χωνευτήρια από πορσελάνη No 102/40. Τα χωνευτήρια τοποθετούνται σε φούρνο υψηλής θερμοκρασίας και τα δείγματα αποτεφρώνονται στους 515°C για 3 ώρες. Μετά την καύση αφήνουμε το δείγμα να κρυώσει και προσθέτουμε 1-2 ml διαλύματος HCL 1:1 κατ' όγκο. Καλύπτουμε το χωνευτήρι με

ύαλο ωρολογίου και τοποθετούμε σε ατμόλουτρο για 15 λεπτά. Ακολούθως διηθείται το δείγμα με ηθμό Νο 44 ο οποίος προηγουμένως έχει εκπλυθεί με διάλυμα HCL. Το διήθημα συλλέγεται σε ογκομετρικές φιάλες των 50 ml. Μετά τη διήθηση του δείγματος το χωνευτήρι και ο ηθμός ξεπλένονται 3-4 φορές με νερό. Τέλος γίνεται αναγωγή του όγκου του διηθήματος στα 50 ml με την προσθήκη νερού.

Το διάλυμα που παρασκευάζεται με τον τρόπο αυτό θεωρείται κατάλληλο για τον προσδιορισμό των Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Mn, Al, Zn, Cu. Για τον προσδιορισμό του P στο διάλυμα αυτό έχει προταθεί να προστίθεται πριν από τη διάλυση με HCL, 5 ml διαλύματος 2% v/v(CH₃COO)₂ Mg και θέρμανση σε ατμόλουτρο μέχρι ξηρού (Allen 1974). Διερεύνηση του θέματος έδειξε ότι μπορεί το διάλυμα να χρησιμοποιηθεί απ' ευθείας για τη μέτρηση του P.

Προσδιορισμός ιχνοστοιχείων στο έδαφος με τη μέθοδο DTPA

Το εκχυλιστικό αυτό διάλυμα παρασκευάζεται με τη χρησιμοποίηση 0,005 M DTPA, 0.01 M CaCl₂, 0.01 M TEA. Το pH του εκχυλιστικού αυτού διαλύματος διορθώνεται στο 7,3. Για να παρασκευασθούν 2 lit. του εκχυλιστικού αυτού διαλύματος διαλύουμε 29,84 g TEA, 3.94 g DTPA και 2,94 g CaCl₂ · 2 H₂O σε 200 ml απεσταγμένο νερό. Αφήνουμε το διάλυμα για αρκετή ώρα ώστε να διαλυθεί το DTPA. Ακολούθως, ανάγουμε τον όγκο του διαλύματος σε 7,3±0,05 με τη χρησιμοποίηση κανονικού διαλύματος (1N) HCL με ταυτόχρονη ανάδευση. Μετά τη διόρθωση του pH γίνεται εκ νέου αναγωγή του όγκου του εκχυλιστικού διαλύματος στα 2 lit. Το διάλυμα αυτό είναι σταθερό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μερικούς μήνες.

Διαδικασία προσδιορισμού

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

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Πίνακας 1. Επίδραση των επιπέδων Cd και Pb στο υπέργειο νωπό βάρος και στο νωπό βάρος των ριζών

	Μεταχειρίσεις	Νωπό βάρος (μg)
	Μάρτυρας	71,4
M2	5 μg Cd g ⁻¹	226,31
M3	10 μg Cd g ⁻¹	144,55
M4	40 μg Cd g ⁻¹	233,17
M5	80 μg Cd g ⁻¹	276,53
	Μάρτυρας	54,54
M7	10 μg Pb g ⁻¹	250,4
M8	50μg Pb g ⁻¹	238,03
M9	100μg Pb g ⁻¹	266,13
M10	500μg Pb g ⁻¹	310,12

Πίνακας 2

	Μεταχειρίσεις Ρίζας	Νωπό βάρος (μg) ΡΙΖΑΣ
	Μάρτυρας	5,11
M2	5 μg Cd g ⁻¹	12,96
M3	10 μg Cd g ⁻¹	17,55
M4	40 μg Cd g ⁻¹	14,47
M5	80 μg Cd g ⁻¹	17,91
	Μάρτυρας	6,29
M7	10 μg Pb g ⁻¹	18,69
M8	50μg Pb g ⁻¹	35,00
M9	100μg Pb g ⁻¹	40,69
M10	500μg Pb g ⁻¹	46,69

Τόσο το υπέργειο νωπό βάρος όσο και το αυτό του ριζικού συστήματος συσχετίστηκε θετικά και σημαντικά με τις μεταχειρίσεις με Cd και Pb. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στη νιτρική μορφή του άλατος που χορηγήθηκε για τον εμπλουτισμό του εδάφους με βαρέα μέταλλα.

Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά στις μεταχειρίσεις με προσθήκη Cd και Pb

Πίνακας 3.1

	Μεταχειρίσεις	CaCO ₃
	Μάρτυρας	8,14
M2	5 µg Cd g ⁻¹	8,14
M3	10 µg Cd g ⁻¹	8,80
M4	40 µg Cd g ⁻¹	8,25
M5	80 µg Cd g ⁻¹	10,34
	Μάρτυρας	9,24
M7	10 µg Pb g ⁻¹	9,90
M8	50µg Pb g ⁻¹	9,02
M9	100µg Pb g ⁻¹	5,94
M10	500µg Pb g ⁻¹	7,48

Πίνακας 3.2

	Μεταχειρίσεις	Οργανική Ουσία(%)
	Μάρτυρας	3,20
M2	5 µg Cd g ⁻¹	3,64
M3	10 µg Cd g ⁻¹	2,98
M4	40 µg Cd g ⁻¹	2,94
M5	80 µg Cd g ⁻¹	3,56
	Μάρτυρας	2,61
M7	10 µg Pb g ⁻¹	2,46
M8	50µg Pb g ⁻¹	3,09
M9	100µg Pb g ⁻¹	3,12
M10	500µg Pb g ⁻¹	3,12

Πίνακας 3.3

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	pH
Μάρτυρας	6,87
M2	6,69
M3	6,94
M4	6,84
M5	6,88
Μάρτυρας	6,77
M7	6,79
M8	6,88
M9	6,68
M10	6,67

Πίνακας 3.4

	Μεταχειρίσιμος	EC (mS/cm)
	Μάρτυρας	1,70
M2	5 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	1,03
M3	10 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	1,26
M4	40 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	1,01
M5	80 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	1,20
	Μάρτυρας	2,41
M7	10 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	2,06
M8	50 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	1,23
M9	100 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	1,89
M10	500 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	2,00

Από τις αναλύσεις των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των εδαφικών δειγμάτων που συλλέχθηκαν από τα δοχεία με τα φυτά (Πίνακες 3.1, 3.2, 3.3, 3.4) προέκυψαν τα εξής:

Το έδαφος στις διάφορες μεταχειρίσεις είχε χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα ($EC=0,85-2,00 \text{ mS/cm}$), ήταν ελαφρά όξινο έως ουδέτερο ($pH=6,50-7,03$), μέτρια έως ικανοποιητικά εφοδιασμένο με οργανική ουσία (2,46-3,63%), και πλούσιο σε CaCO_3 (5,49-10,34%)

Επίδραση των επιπέδων Cd και Pb στη συγκέντρωση του διαθέσιμου Cu (ppm, εκχύλιση με DTPA) στο έδαφος

Πίνακας 5

	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Cu ppm
	Μάρτυρας	7,62
M2	5 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	8,05
M3	10 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	6,23
M4	40 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	6,19
M5	80 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	7,03
	Μάρτυρας	0,00
M7	10 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	7,03
M8	50 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	5,50
M9	100 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	5,82
M10	500 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	7,21

Η συγκέντρωση του διαθέσιμου Cu στις επιμέρους μεταχειρίσεις κυμάνθηκε σε πολύ υψηλά επίπεδα (5,4-8,1 mg kg^{-1}). Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στις συνήθεις καλλιεργητικές πρακτικές που εφαρμόζονται στην περιοχή όπου συλλέχθηκε το έδαφος για την πλήρωση των δοχείων.

Ουδεμία σημαντική μεταβολή παρατηρήθηκε από την επίδραση των επιπέδων των βαρέων μετάλλων στη συγκέντρωση του διαθέσιμου Cu στο έδαφος

Επίδραση των επιπέδων Cd και Pb στη συγκέντρωση του διαθέσιμου Mn (ppm, εκχύλιση με DTPA) στο έδαφος

Πίνακας 6

	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Mn ppm
	Μάρτυρας	19,5
M2	5 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	16,7
M3	10 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	15,8
M4	40 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	14,0
M5	80 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	15,5
	Μάρτυρας	7,1
M7	10 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	6,2
M8	50 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	7,2
M9	100 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	6,3
M10	500 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	5,4

Η συγκέντρωση του διαθέσιμου Mn στις επιμέρους μεταχειρίσεις κυμάνθηκε σε χαμηλά έως μέτρια επίπεδα (5,4-19,5 mg kg^{-1})

Το διαθέσιμο Mn στο έδαφος χωρίς προσθήκη Cd ήταν υψηλότερο σε σχέση με τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις των υπολοίπων μεταχειρίσεων. Αντιθέτως η προσθήκη Pb δεν επέφερε σημαντική μεταβολή του διαθέσιμου Mn

Επίδραση των επιπέδων Cd και Pb στη συγκέντρωση του διαθέσιμου Pb (ppm, εκχύλιση με DTPA) στο έδαφος

Πίνακας 7

	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Pb ppm
	Μάρτυρας	99,32
M2	5 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	113,93
M3	10 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	83,47
M4	40 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	46,48
M5	80 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	66,43
	Μάρτυρας	66,43
M7	10 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	66,43
M8	50 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	22,66
M9	100 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	23,37
M10	500 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	328,51

Ο διαθέσιμος Pb ελαττώθηκε σημαντικά από τα υψηλά επίπεδα Cd (40 και 80 $\mu\text{g g}^{-1}$) συγκριτικά με τον μάρτυρα και αυξήθηκε σημαντικά από το υψηλότερο επίπεδο Pb (500 $\mu\text{g g}^{-1}$)

Επίδραση των επιπέδων Cd και Pb στη συγκέντρωση του διαθέσιμου Cd (ppm, εκχύλιση με DTPA) στο έδαφος

Πίνακας 8

	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Cd ppm
	Μάρτυρας	0
M2	5 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	9,152
M3	10 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	30,888
M4	40 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	21,84
M5	80 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	96,98
	Μάρτυρας	2,478667
M7	10 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	1,482
M8	50 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	0,26
M9	100 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	0,554667
M10	500 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	1,04

Ο εμπλουτισμός με Cd του εδάφους αύξησε τη διαθεσιμότητα του Cd στο έδαφος με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση να παρατηρείται στη μεταχείριση με 40 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$

Αντίθετα η συγκέντρωση του διαθέσιμου Cd ελαττώθηκε σημαντικά από την προσθήκη του Pb συγκριτικά με τον μάρτυρα.

Επίδραση των επιπέδων Cd και Pb στη συγκέντρωση του Zn (ppm) στους φυτικούς ιστούς

Πίνακας 9

	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Zn Φύλλα
	Μάρτυρας	32,98
M2	5 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	27,56
M3	10 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	24,22
M4	40 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	20,85
M5	80 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	16,18
	Μάρτυρας	21,29
M7	10 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	21,15
M8	50 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	15,67
M9	100 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	20,37
M10	500 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	21,05

Πίνακας 10

	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Ρίζες Zn
	Μάρτυρας	77,73
M2	5 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	83,96
M3	10 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	80,00
M4	40 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	88,10
M5	80 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	59,17
	Μάρτυρας	104,54
M7	10 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	90,21
M8	50 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	80,26
M9	100 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	92,96
M10	500 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	88,89

Η συγκέντρωση του Zn στα φύλλα του λάχανου κυμάνθηκε στις περισσότερες μεταχειρίσεις κάτω από το όριο επάρκειας ($>15 \text{ mg kg}^{-1}$) ικανοποιητικά επίπεδα για την ανάπτυξη του φυτού

Σημαντική αρνητική συσχέτιση παρατηρήθηκε μεταξύ των επιπέδων Cd και της συγκέντρωσης του Zn στα φύλλα. Παράλληλα η συγκέντρωση του στοιχείου αυτού στο ριζικό σύστημα μειώθηκε σημαντικά από την υψηλότερη εφαρμογή με Cd (80 $\mu\text{g g}^{-1}$) συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις

Οι μεταχειρίσεις με Pb δεν επηρέασαν το Zn στους φυτικούς ιστούς

Επίδραση των επιπέδων Pb στη συγκέντρωση του Pb (ppm) στους φυτικούς ιστούς

Πίνακας 13

	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	ΦΥΛΛΑ Pb
	Μάρτυρας	10,52
M2	5 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	14,29
M3	10 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	13,38
M4	40 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	1,68
M5	80 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	15,79
	Μάρτυρας	14,74
M7	10 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	16,10
M8	50 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	13,80
M9	100 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	13,20
M10	500 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	14,53

Πίνακας 14

	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	ΡΙΖΕΣ Pb
	Μάρτυρας	25,5
M2	5 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	30,7
M3	10 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	22,0
M4	40 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	26,6
M5	80 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	40,7
	Μάρτυρας	42,4
M7	10 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	41,8
M8	50 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	39,7
M9	100 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	25,7
M10	500 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	34,4

Ο εμπλουτισμός του εδάφους με Pb δεν επηρέασε τη συγκέντρωση του στοιχείου αυτού στα φύλλα. Στο ριζικό σύστημα παρατηρούνται χαμηλότερες συγκεντρώσεις Pb στις μεταχειρίσεις με 100 και 500 mg Pb^{-1} σε σύγκριση με τον μάρτυρα.

Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι ακόμα και στον μάρτυρα ο Pb βρίσκεται σε πολύ υψηλότερες συγκεντρώσεις (10,7-14,5 mg/kg) από τα συνήθη επίπεδα στα κηπευτικά (1-5 mg/kg) από τα συνήθη επίπεδα στα κηπευτικά (1-5 mg/kg) γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στην γειτνίαση της περιοχής δειγματοληψίας τύπο εδάφους με κεντρικό οδικό άξονα.

Οι ρίζες περιείχαν 2-5 φορές υψηλότερες συγκεντρώσεις Pb συγκριτικά με τα φύλλα.

Επίδραση των επιπέδων Cd στη συγκέντρωση του Cd (ppm) στους φυτικούς ιστούς

Πίνακας 15

	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	ΦΥΛΛΑ
	Μάρτυρας	0,0
M2	5 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	1,70
M3	10 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	3,85
M4	40 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	5,83
M5	80 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	8,69

Πίνακας 16

	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	ΡΙΖΕΣ
	Μάρτυρας	0,0
M2	5 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	1,68
M3	10 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	11,51
M4	40 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	29,49
M5	80 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	69,23

Η συγκέντρωση του Cd στα φύλλα και στις ρίζες των φυτών συσχετίστηκε σημαντικά με τα επίπεδα του Cd στο έδαφος. Οι συγκεντρώσεις των φύλλων σε Cd στις μεταχειρίσεις με Cd διακομάνθηκαν σε πολύ υψηλότερα επίπεδα από τις συγκεντρώσεις που υπάρχουν στα κηπευτικά. (>0,5 mg/kg)

Οι ρίζες περιείχαν σχεδόν δεκαπλάσιες συγκεντρώσεις Cd συγκριτικά με τα φύλλα.

Επίδραση των Cd και Pb στη συνολική συγκέντρωση του Pb (ppm, εκχύλιση με DTPA) στο έδαφος

Πίνακας 17

	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Pb ppm
	Μάρτυρας	205,80
M2	5 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	316,57
M3	10 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	193,72
M4	40 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	125,47
M5	80 $\mu\text{g Cd g}^{-1}$	307,12
	Μάρτυρας	297,67
M7	10 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	395,32
M8	50 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	324,97
M9	100 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	223,12
M10	500 $\mu\text{g Pb g}^{-1}$	1173,37

Τα αποτελέσματα ως προς τη συνολική περιεκτικότητα του εδάφους σε Pb δεν ήταν σαφή. Ωστόσο σε σύγκριση με τον μάρτυρα αυξήθηκε σημαντικά από το υψηλότερο επίπεδο Pb ($500\mu\text{g g}^{-1}$)

Επίδραση των επιπέδων Cd και Pb στη συνολική συγκέντρωση του Cd (ppm, εκχύλιση με DTPA) στο έδαφος

Πίνακας 18

	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Cd ppm
	Μάρτυρας	0
M2	$5\mu\text{g Cd g}^{-1}$	0
M3	$10\mu\text{g Cd g}^{-1}$	33,6
M4	$40\mu\text{g Cd g}^{-1}$	45,67
M5	$80\mu\text{g Cd g}^{-1}$	140,17

Ο εμπλουτισμός με Cd του εδάφους αύξησε την συνολική συγκέντρωση του Cd στο έδαφος με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση να παρατηρείται στη μεταχείριση με $80\mu\text{g Cd g}^{-1}$

Τα αποτελέσματα για τις μεταχείρισης με Pb δεν παρουσιάζονται εξαιτίας του περιορισμένου αριθμού των δεδομένων

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Τόσο το υπέργειο νωπό βάρος όσο και το αυτό του ριζικού συστήματος συσχετίστηκε με τις μεταχειρίσεις με Cd και Pb
 - Το έδαφος στις διάφορες μεταχειρίσεις είχε χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα ($EC=0,85-2,00 \text{ m S/cm}$), ήταν ελαφρά όξινο έως ουδέτερο ($pH=6,50-7,03$), μέτρια έως ικανοποιητικά εφοδιασμένο με οργανική ουσία (2,46-3,63%), και πλούσιο σε $CaCO_3$ (5,94-10,34%)
 - Ο εμπλουτισμός με Cd του εδάφους αύξησε την διαθεσιμότητα του Cd στο έδαφος με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση να παρατηρείται στην μεταχείριση με $40 \mu\text{g Cd g}^{-1}$. Αντίθετα η συγκέντρωση του διαθέσιμου Cd ελαττώθηκε σημαντικά από την προσθήκη Pb συγκριτικά
 - Ο διαθέσιμος Pb ελαττώθηκε σημαντικά από τα υψηλά επίπεδα Cd (40 και $80 \mu\text{g g}^{-1}$) συγκριτικά με τον μάρτυρα και αυξήθηκε σημαντικά από το υψηλότερο επίπεδο Pb ($500 \mu\text{g g}^{-1}$)
 - Η συγκέντρωση του διαθέσιμου Cu στις επιμέρους μεταχειρίσεις κυμάνθηκε σε πολύ υψηλά επίπεδα ($5,4-8,1 \text{ mg kg}^{-1}$). Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στις συνθήκες καλλιεργητικές πρακτικές που εφαρμόζονται στην περιοχή όπου συλλέχθηκε το έδαφος για την πλήρωση των δοχείων
 - Η συγκέντρωση του Cd στα φύλλα και στις ρίζες των φυτών συσχετίστηκε σημαντικά με τα επίπεδα του Cd στο έδαφος. Οι συγκεντρώσεις των φύλλων σε Cd διακυμάνθηκαν σε πολύ υψηλότερα επίπεδα από τις συνήθεις συγκεντρώσεις που υπάρχουν στα κηπευτικά ($<0,5 \text{ mg/kg}$).
- Οι ρίζες περιείχαν σχεδόν δεκαπλάσιες συγκεντρώσεις Cd συγκριτικά με τα φύλλα
- Ο εμπλουτισμός του εδάφους με Pb δεν επηρέασε τη συγκέντρωση του στοιχείου αυτού στα φύλλα. Στο ριζικό σύστημα παρατηρούνται χαμηλότερες συγκεντρώσεις Pb στις μεταχειρίσεις με 100 και 500 Pb g^{-1} σε σύγκριση με τον μάρτυρα
 - Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι ακόμη και στον μάρτυρα ο Pb βρίσκεται σε πολύ υψηλότερες συγκεντρώσεις ($10,7-14,5 \text{ mg/kg}$) από τα συνήθη επίπεδα στα κηπευτικά ($1-5 \text{ mg/kg}$) γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στην γειτνίαση της περιοχής δειγματοληψίας τύπου εδάφους με κεντρικό οδικό άξονα

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Πασχαλίδης Χρήστος, 1999. Το εγχειρίδιο του καλλιεργητή. Οκτώβριος, σελ. 149, 150
- Κ.Γ. Δημητράκης, 1998. Γενική Λαχανοκομία, Αθήνα. Σελ. 267, 268, 269, 270, 272, 273, 274
- Νικόλος Ι. Σπάρτη 1999. Γενική και Ειδική Λαχανοκομία, σελ. 459, 460, 461, 462, 466, 468, 470, 473, 475, 476, 477
- Γεωργία Κτηνοτροφία, Τεύχος 9, Ορθολογική Λίπανση των καλλιεργειών, σελ. 274, 276
- <http://www.teilar.gr/schools/steg/agriulture/lessons/lessons>
- Σάββας Δ. και Αδαμίδης Κ, Automated Management of Nutrient Solutions Based of Target Electrical Conductivity, PH and Nutrient Concentration Ratios, 2000