



Σχολή Γεωπονικών Επιστημών - Τμήμα Γεωπονίας

Εργαστήριο Εδαφολογίας

Μάθημα: Θρέψη Φυτών – Γονιμότητα Εδαφών

Υπεύθυνος καθηγητής Τζανακάκης Βασίλειος



8^η Εργαστηριακή Άσκηση:

Τα ιχνοστοιχεία στο έδαφος και τους φυτικούς ιστούς

Εισηγητής:
Δρ. Ζηδιανάκης Ιωάννης



Στην προηγούμενη εργαστηριακή άσκηση:

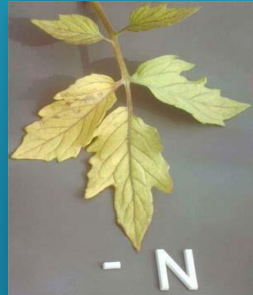


Ο ρόλος του N στη θρέψη των φυτών:

Το άζωτο αποτελεί βασικό συστατικό στοιχείο πολλών απαραίτητων οργανικών ουσιών των φυτών:

- των αμινοξέων τα οποία αποτελούν τα δομικά συστατικά των πρωτεϊνών, συμπεριλαμβανομένων και των ενζύμων, μέσω των οποίων ελέγχονται οι βιολογικές διαδικασίες,
- των νουκλεϊκών οξέων στα οποία βασίζεται η κληρονομικότητα και της χλωροφύλλης στην οποία στηρίζεται ο φωτοσυνθετικός μηχανισμός των φυτών.

Επιπρόσθετα, το άζωτο είναι απαραίτητο θρεπτικό στοιχείο για το μεταβολισμό των υδατανθράκων στα φυτά.



- Συμπτώματα ανεπάρκειας N
- Προσδιορισμός του N – Χρήση συσκευής Kjeldahl
- Τελικοί Υπολογισμοί – Αποτέλεσμα



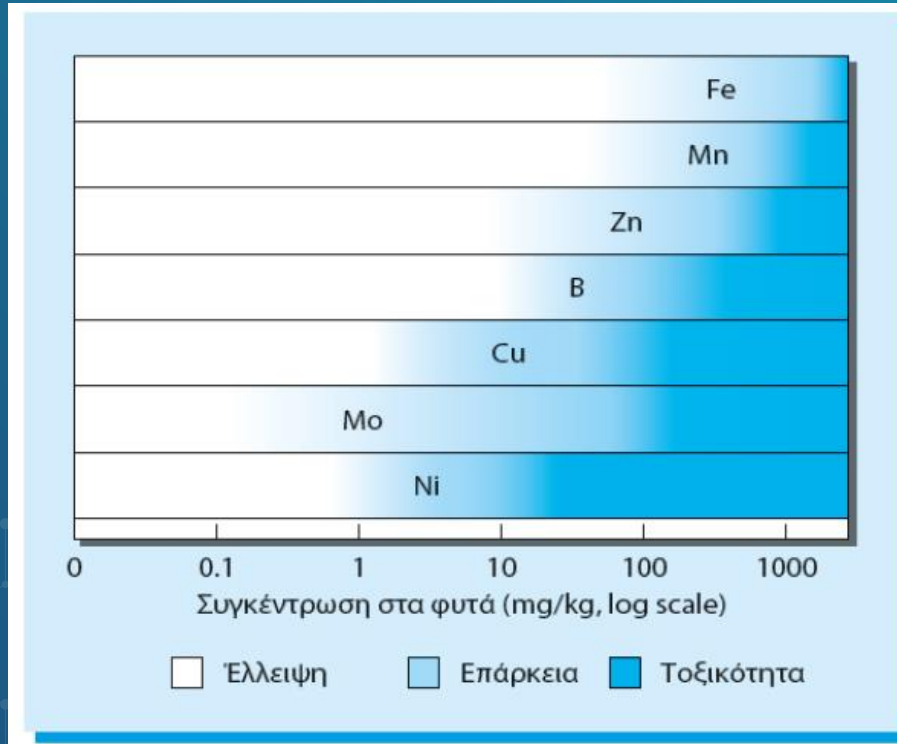


Απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία για τα ανώτερα φυτά

Macronutrients: Used in relatively large amounts (>0.1% of dry plant tissue)		Micronutrients: Used in relatively small amounts (<0.1% of dry plant tissue)
Mostly from air and water	Mostly from soil solids	From soil solids
Carbon (CO_2)	<i>Cations:</i> Calcium (Ca^{2+}) Magnesium (Mg^{2+}) Nitrogen (NH_4^+) Potassium (K^+)	<i>Cations:</i> Copper (Cu^{2+}) *Cobalt (Co^{2+}) ^b Iron (Fe^{2+}) Manganese (Mn^{2+}) Nickel (Ni^{2+}) *Sodium (Na^+) ^b Zinc (Zn^{2+})
Hydrogen (H_2O)	<i>Anions:</i> Nitrogen (NO_3^-) Phosphorus (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}) Sulfur (SO_4^{2-}) *Silicon (H_4SiO_4 , H_3SiO_4^-) ^b	<i>Anions:</i> Boron (H_3BO_3 , H_4BO_4^-) Chlorine (Cl^-) Molybdenum (MoO_4^{2-})
Oxygen (O_2 , H_2O)		



Οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων στα φυτά



Προσοχή! Να λάβουμε υπόψη ότι διαφορετικά είδη φυτών έχουν διαφορετική ικανότητα να συσσωρεύουν και να ανέχονται μικρο-θρεπτικά στοιχεία.



Ο ρόλος ιχνοστοιχείων στα φυτά

Μικροθρεπτικά

Οι λειτουργίες των μικροθρεπτικών στα ανώτερα φυτά

Ψευδάργυρος	Λαμβάνει μέρος σε αρκετά ένζυμα, όπως αφυδρογονάσες, πρωτεϊνάσες και πεπτιδάσες, διεγείρει τις αυξητικές ορμόνες και το σχηματισμό αμύλου, ευνοεί την ωρίμανση των σπόρων και την αύξηση της παραγωγή.
Σίδηρος	Υπάρχει σε αρκετά ένζυμα, όπως υπεροξειδάσες, καταλάσες, και στην οξειδάση του κυτοχρώματος, βρίσκεται στην φερρεδοξίνη, που συμμετέχει στις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις (π.χ., στην αναγωγή των NO_3^- και SO_4^- και στην δέσμευση του N), σημαντικό ιόν στο σχηματισμό της χλωροφύλλης.
Χαλκός	Υπάρχει στη laccase και σε πολλά άλλα οξειδωτικά ένζυμα, σημαντικό ιόν στη φωτοσύνθεση, στο μεταβολισμό των πρωτεϊνών και των υδατανθράκων, και πιθανόν στη δέσμευση του αζώτου.
Μαγγάνιο	Ενεργοποιεί τα ένζυμα, αποκαρβοξυλάση, αφυδρογονάση, και οξειδάση. Σημαντικό ιόν στη φωτοσύνθεση, στο μεταβολισμό και στην αφομοίωση του αζώτου.
Νικέλιο	Απαραίτητο στην ουρεάση, υδρογνάση και στη μεθυλο-αναγωγή, χρειάζεται για την πλήρωση των κόκκων, την βιωσιμότητα των σπόρων, την πρόσληψη του σιδήρου και στο μεταβολισμό της ουρίας και των ουρειδικών ενώσεων (για την αποφυγή τοξικών συγκεντρώσεων αυτών προϊόντων στα ψυχανθή).
Βόριο	Ενεργοποιεί ορισμένα ένζυμα αφυδρογονασών, διευκολύνει την μεταφορά-εναπόθεση των σακχάρων και την σύνθεση των νουκλεϊκών οξέων και φυτικών ορμονών, απαραίτητο για την κυτταρική διαίρεση και ανάπτυξη
Μολυβδαίνιο	Ευρίσκεται στα ένζυμα, νιτρογενάση (δέσμευση του αζώτου) και νιτρική αναγωγή, απαραίτητο για τη δέσμευση και την αφομοίωση του αζώτου.
Κοβάλτιο	Απαραίτητο για δέσμευση του αζώτου, βρίσκεται στη βιταμίνη B_{12} .
Χλώριο	Απαραίτητο για τη φωτοσύνθεση και ενεργοποίηση ενζύμων. Παίζει ρόλο στη ρύθμιση της πρόσληψης νερού σε αλατούχα εδάφη.



Οι πηγές των ιχνοστοιχείων - Ανόργανες



Μνουχίτης (Buchite)

Στοιχείο	Κύριες πηγές
Fe	Οξειδία, θειούχα, πυριτικά
Mn	Οξειδία, πυριτικά, ανθρακικά
Zn	Θειούχα, ανθρακικά, πυριτικά
Cu	Θειούχα, υδροξυ, ανθρακικά, οξειδία
Ni	Πυριτικά (π.χ. σερπεντίνης), (Fe Ni), Si
B	Βοριο-πυριτικά, βορικά
Mo	Θειούχα, οξειδία, μολυβδαινικά
Cl	Χλωριούχα

Μητρικό υλικό, ορυκτά, προσροφημένα, και στο εδαφικό διάλυμα

Όλα τα μικροθρεπτικά έχουν βρεθεί σε ποικίλες ποσότητες στα πυριγενή πετρώματα. Δύο από αυτά –ο σίδηρος και το μαγγάνιο- είναι σημαντικά δομικά συστατικά των πρωτογενών πυριτικών ορυκτών, όπως ο βιοτίτης και η κεροστίλβη. Άλλα, όπως το κοβάλτιο και ο ψευδάργυρος, μπορεί επίσης να καταλαμβάνουν τις δομικές θέσεις, σε μικρού βαθμού αντικατάσταση των κύριων συστατικών των πυριτικών ορυκτών, συμπεριλαμβανομένου και του αργιλίου.

Οι ανόργανες μορφές των μικροθρεπτικών μεταβάλλονται κατά την αποσάθρωση τους και κατά τον σχηματισμό του εδάφους. Συνήθως σχηματίζονται οξειδία και, σε ορισμένες περιπτώσεις, θειούχες ενώσεις των στοιχείων όπως ο σίδηρος, το μαγγάνιο και ο ψευδάργυρος (βλ. Πίν.15.7).

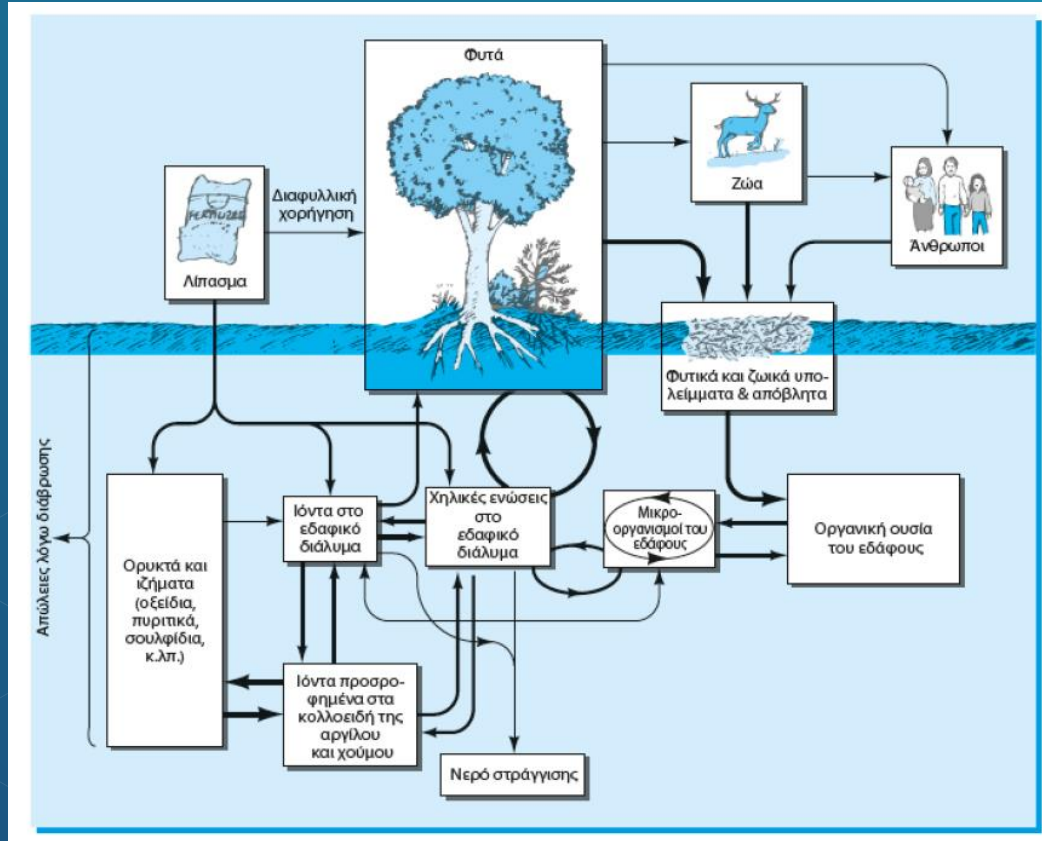
Δευτερογενή πυριτικά ορυκτά, όπως τα ορυκτά της αργίλου, μπορεί να περιέχουν σημαντικές ποσότητες σιδήρου και μαγγανίου και μικρότερες ποσότητες ψευδαργύρου και κοβαλτίου. Τα μελανοκρατικά πετρώματα, ιδίως ο σερπεντίνης, είναι πλούσια σε νικέλιο.



Οι πηγές των ιχνοστοιχείων - Οργανικές

Η οργανική ουσία είναι η δεύτερη σημαντική πηγή ορισμένων ιχνοστοιχείων. Αρκετά από αυτά βρίσκονται σε μορφές συμπλόκων με τα οργανικά κολλοειδή (χούμος). Έχει βρεθεί στενή σχέση μεταξύ της οργανικής ουσίας του εδάφους και της περιεκτικότητας σε χαλκό, μολυβδαίνιο και ψευδάργυρο. Ελευθερώνονται μέσω της αποικοδόμησης της οργανικής ουσίας. Τα ζωικά απόβλητα (κοπριά) είναι μια καλή πηγή μικροθρεπτικών στοιχείων, με το μεγαλύτερο μέρος τους να βρίσκεται σε οργανικές μορφές.

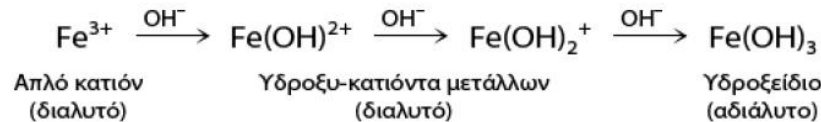
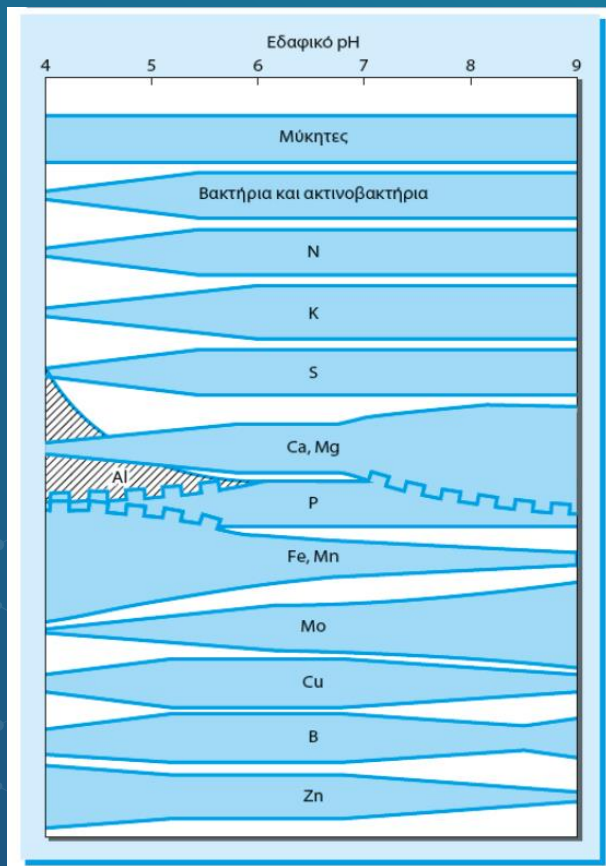
Ο κύκλος των ιχνοστοιχείων στο έδαφος



Ο σχηματισμός χηλικών ενώσεων που διατηρούν τα περισσότερα από τα ιχνοστοιχεία σε διαλυτή μορφή είναι ένα μοναδικό χαρακτηριστικό αυτού του κύκλου.



Η επίδραση του pH στην διαθεσιμότητα των ιχνοστοιχείων



Ένα εύρος pH 5,5 έως 7,0 φαίνεται να είναι το άριστο στην ενίσχυση της διαθεσιμότητας των θρεπτικών στοιχείων.

Οι ακανόνιστες γραμμές μεταξύ της λωρίδας του P και του Ca, Mg, Al, Mn και Fe, αντιπροσωπεύει το αποτέλεσμα της επίδρασης των μετάλλων αυτών στον περιορισμό της διαθεσιμότητας του P.



Ιχνοστοιχεία – Σίδηρος Fe

I. Ο σίδηρος προέρχεται κυρίως από την αποσάθρωση σιδηρούχων ορυκτών (μητρικό πέτρωμα):

- Σιδηρομαγνησιούχα ορυκτά (π.χ. ολιβίνης, πυρόξενιοι, αμφίβολοι)
- Μαρμαρυγίες (βιοτίτης)
- Σιδηρούχα θειούχα (π.χ. πυρίτης)
- Κατά τη χημική αποσάθρωση: Fe^{2+} απελευθερώνεται αρχικά
- Οξειδώνεται σε Fe^{3+} υπό αερόβιες συνθήκες
- Κατακρημνίζεται ως οξείδια/υδροξείδια

II. Δευτερογενής προέλευση (εδαφογενετικές διεργασίες)

- Ανακατανομή μέσα στο προφίλ (illuviation–eluviation)
- Αναγωγή/οξείδωση (redox cycles)
- Σχηματισμός δευτερογενών ορυκτών (goethite, hematite κ.ά.)

III. Βιολογική συνεισφορά

- Μικροοργανισμοί επηρεάζουν τη μορφή του Fe (ιδίως μέσω αναγωγής Fe^{3+})
- Ριζικά εκκρίματα (π.χ. οργανικά οξέα, φυτοσιδηροφόρα) κινητοποιούν τον Fe

Η μορφή του σιδήρου στο έδαφος ελέγχεται από:

- pH
- Οξειδοαναγωγικό δυναμικό
- Οργανική ουσία

Η προέλευση του σιδήρου στο έδαφος



Ιχνοστοιχεία – Σίδηρος Fe

Τροφοπενία Fe:

- ✓ Είναι δυσκίνητο εντός του φυτού
- ✓ Προκαλεί κιτρίνισμα των νεαρών φύλλων μεταξύ των νευρώσεων
- ✓ Παρουσιάζει ομοιότητα με την τροφοπενία Mn





Ιχνοστοιχεία – Μαγγάνιο Mn

I. Πρωτογενής (μητρικό πέτρωμα)

- Το Mn προέρχεται από την αποσάθρωση ορυκτών όπως: Βιοτίτης, Πυρόξενι και αμφίβολι
 - Ορυκτά Mn (π.χ. ροδοχρωσίτης, πυρολουσίτης)
- Κατά την αποσάθρωση: απελευθερώνεται κυρίως ως Mn^{2+}

II. Δευτερογενής προέλευση (εδαφογενετικές διεργασίες)

- Οξείδωση \rightarrow σχηματισμός οξειδίων Mn^{3+}/Mn^{4+}
- Αναγωγή \rightarrow επαναφορά σε Mn^{2+}
- Μετακίνηση στο προφίλ (ιδίως σε υγρά-ξηρά περιβάλλοντα)

III. Βιολογική συνεισφορά

- Μικροοργανισμοί: οξειδώνουν $Mn^{2+} \rightarrow Mn^{4+}$ ή
- ανάγουν $Mn^{4+} \rightarrow Mn^{2+}$
- Το Mn είναι από τα στοιχεία με την πιο έντονη μικροβιακή καταλυτική δράση

- Οξειδωτικές συνθήκες (υψηλό Eh): $Mn^{2+} \rightarrow Mn^{4+}$ (οξείδια, αδιάλυτα)
- Αναγωγικές συνθήκες (χαμηλό Eh): $Mn^{4+} \rightarrow Mn^{2+}$ (διαλυτό)
- Σε σχέση με τον Fe: Το Mn ανάγεται πιο εύκολα και γρηγορότερα

Η προέλευση του μαγγανίου στο έδαφος



Ιχνοστοιχεία – Μαγγάνιο Mn

Τροφοπενία Mn:

- ✓ Είναι δυσκίνητο εντός του φυτού
- ✓ Προκαλεί κιτρίνισμα ή υπόλευκες κηλίδες των νεαρών φύλλων μεταξύ των νευρώσεων
- ✓ Παρουσιάζει ομοιότητα με την τροφοπενία Fe





Ιχνοστοιχεία – Ψευδάργυρος Zn

I. Πρωτογενής (μητρικό πέτρωμα)

- Ο Zn προέρχεται από: Σφαλερίτη (ZnS) — βασικό ορυκτό
Υποκατάσταση σε: βιοτίτη αμφιβόλους, άλλα θειούχα και πυριτικά
Κατά την αποσάθρωση απελευθερώνεται κυρίως ως Zn^{2+}

II. Δευτερογενής προέλευση (εδαφογενετικές διεργασίες)

- Προσρόφηση σε άργιλο και οξείδια Fe/Mn
- Σχηματισμός δευτερογενών φάσεων (ανθρακικά, υδροξείδια)
- Μετακίνηση στο προφίλ (λιγότερο έντονη από Fe/Mn)

- Χαμηλό pH (όξινα): → αυξημένη διαλυτότητα Zn^{2+} → μεγαλύτερη διαθεσιμότητα
- Υψηλό pH (αλκαλικά/ασβεστούχα): → προσρόφηση + κατακρήμνιση → έντονη έλλειψη Zn

Η προέλευση του
Ψευδαργύρου στο έδαφος



Ιχνοστοιχεία – Ψευδάργυρος Zn

Τροφοπενία Zn:

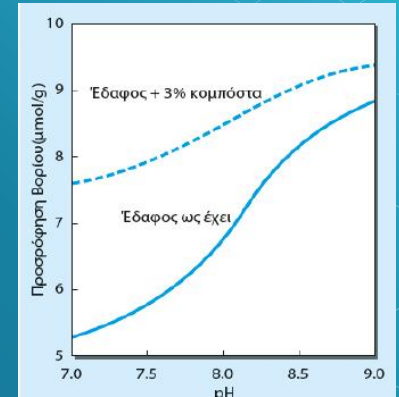
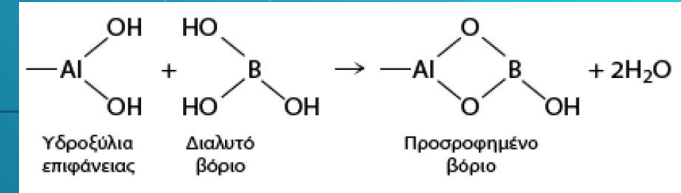
- ✓ Προκαλεί κιτρινωπή μεσονεύρια χλώρωση με όλες τις νευρώσεις (ακόμη και τις πιο λεπτές) να παραμένουν πράσινες
- ✓ Σε περίπτωση σοβαρής έλλειψης μπορεί να εμφανιστεί βραχυγονάτωση και μικροφυλλία





Ιχνοστοιχεία – Βόριο Β

Το Βόριο στο έδαφος

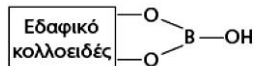


Το βόριο ευρίσκεται σε διαλυτή μορφή ιόντος στο εδαφικό διάλυμα. Στο έδαφος βρίσκεται κυρίως στο εδαφικό διάλυμα υπό μορφή βορικού οξέος και υπό μορφή διαφόρων βορικών ανιόντων (H_3BO_3 , $\text{H}_2\text{BO}_3^{2-}$, B_4O_7^- , BO_3^-).

Το βόριο προσροφάται στις επιφάνειες των τεμαχιδίων (προσρόφηση ανιόντων) και μπορεί να διατίθεται εύκολα στο εδαφικό διάλυμα. Το βόριο μπορεί να σχηματίζει σύμπλοκα στην επιφάνεια της αργίλου ή να αντικαθιστά το το αργίλιο (Al^{3+}) ή το σίδηρο (Fe^{3+}) στους κρυστάλλους με ισόμορφη αντικατάσταση.

Σύνδεση με την υδροξυλιοσμάδα σε μη κρυσταλικές ενώσεις όπως τα άμορφα οξειδία σιδήρου και αργιλίου.

Ανιόντα όπως βορικά μπορεί να προσροφηθούν στο έδαφος ή να υποστούν μετατροπές παρόμοιες με εκείνες των φωσφορικών ανιόντων. Η προσρόφηση του βορίου μπορεί να δειχθεί ως εξής:



Το βόριο προσροφάται ακόμη στον χούμο, με τη δύναμη προσρόφησης του να είναι ακόμη μεγαλύτερη από εκείνη των ανόργανων κολλοειδών.

Το βόριο είναι επίσης ένα συστατικό της οργανικής ουσίας και ανοργανοποιείται με τη βοήθεια των μικροοργανισμών. Κατά συνέπεια, η οργανική ουσία χρησιμεύει ως μια σημαντική πηγή βορίου σε πολλά εδάφη και ελέγχει σε μεγάλο βαθμό τη διαθεσιμότητα αυτού του θρεπτικού.



Ιχνοστοιχεία – Βόριο Β

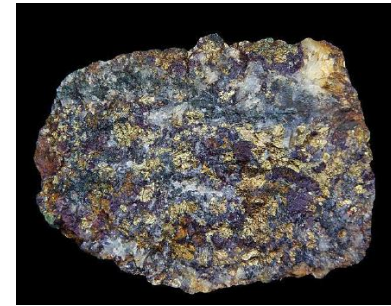
Τροφοπενία Β:

- ✓ Είναι η συνηθέστερη έλλειψη ιχνοστοιχείου στους ελαιώνες, όπου τα φύλλα κιτρινίζουν και αποκτούν καφέ χρώμα στην κορυφή πριν την φυλλόπτωση
- ✓ Προκαλεί αποχρωματισμό νεαρών φύλλων μεταξύ των νευρώσεων που παραμένουν πράσινες
- ✓ Σε σοβαρή έλλειψη προκαλεί μικροφυλλία, παραμόρφωση και μικρά μεσογονάτια



I. Πρωτογενής (μητρικό πέτρωμα)

- Ο Cu προέρχεται από: Θειούχα ορυκτά: χαλκοπυρίτης (CuFeS_2), χαλκοσίτης (Cu_2S)
 - Υποκατάσταση σε: ορυκτά μαρμαρυγίες
- Κατά την αποσάθρωση: απελευθερώνεται κυρίως ως Cu^{2+}



II. Δευτερογενής προέλευση (εδαφογενετικές διεργασίες)

- Προσρόφηση σε : άργιλο, οξειδία Fe και Mn
- Σχηματισμός: υδροξειδίων, ανθρακικών

Ισχυρή σύνδεση με οργανική ουσία

Σύμπλοκα με την οργανική ουσία (Cu δεσμευμένος με: χουμικά και φουλβικά οξέα. Ο Cu έχει τεράστια συγγένεια με οργανική ουσία. Συχνά: 50% του Cu βρίσκεται σε αυτή τη μορφή άρα υψηλή σταθερότητα και χαμηλή άμεση διαθεσιμότητα

- Χαμηλό pH: → αυξάνει τη διαλυτότητα Cu^{2+} → αλλά παραμένει δεσμευμένος σε οργανική ουσία
- Υψηλό pH: → αυξάνει προσρόφηση + κατακρήμνιση → ↓ διαθεσιμότητα



Ιχνοστοιχεία – Χαλκός Cu

Τροφοπενία Cu:

- ✓ Αποχρωματισμός μεταξύ των νευρώσεων στα νεαρά φύλλα
- ✓ Ενίοτε μικρές νεκρωτικές περιοχές κυρίως στα περιθώρια του ελάσματος
- ✓ Παραμόρφωση φύλλων - Φυλλόπτωση





Ιχνοστοιχεία – Μολυβδαίνιο Mo

Τροφοπενία Mo:

- ✓ Προκαλείται αποχρωματισμός μεταξύ των νευρώσεων στα νεαρά φύλλα
- ✓ Ενίοτε μικρές νεκρωτικές κηλίδες ειδικά στα περιθώρια του ελάσματος
- ✓ Σχηματισμός στενόμακρων φύλλων - Φυλλόπτωση





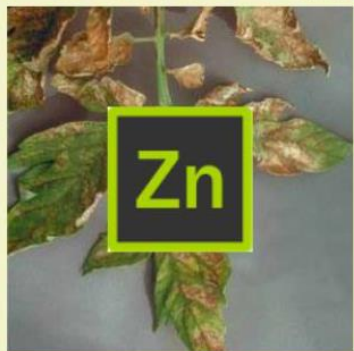
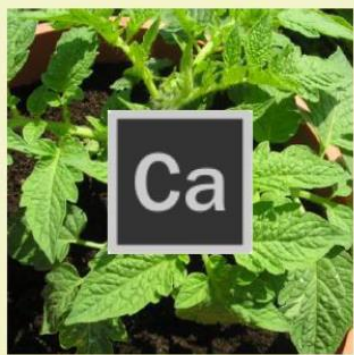
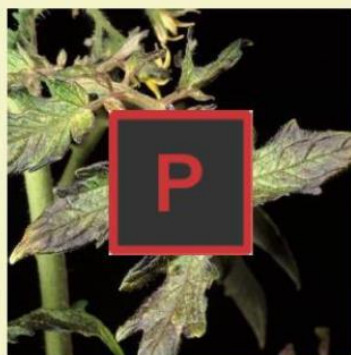
Αναγνώριση Τροφοπενίας

	ώριμα	νεαρά φύλλα
ομοιόμορφη χλώρωση	N	Fe, S*, Cu*, ***
μεσονεύρια χλώρωση	Mg	Zn, Mn**, Fe**, Cu***
κορυφαίες ή περιφερειακές ξηράνσεις	K	Ca, Cu***, B
μεσονεύριες ξηράνσεις	Mg	Mn
παραμορφώσεις	-	Mo, Ca, B
ερυθροί μεταχρωματισμοί	P	-
μικροφυλλία και φυλλόπτωση	-	Zn

*: αν τα συμπτώματα εντοπίζονται αυστηρά στα νεαρά φύλλα: Cu / αν είναι διάχυτα: S

** : αν το δίκτυο των νευρώσεων είναι ιδιαίτερα εμφανές: Fe / αν δεν είναι ιδιαίτερα: Mn

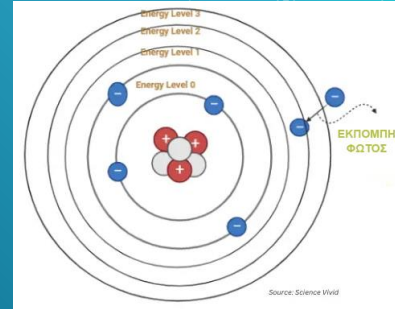
***: αν υπάρχουν ξηράνσεις και παραμορφώσεις (π.χ. συστροφές): Cu





Προσδιορισμός των Ιχνοστοιχείων

Γίνεται με την μεθοδο της Φασματομετρίας Ατομικής Απορρόφησης (AAS) αποτελεί μια ευαίσθητη και αξιόπιστη τεχνική για τον προσδιορισμό ιχνοστοιχείων σε stock διαλύματα. Βασίζεται στη μέτρηση της απορρόφησης ακτινοβολίας από ελεύθερα άτομα του στοιχείου-στόχου.



ΒΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ

I. Παρασκευή Προτύπων Διαλυμάτων (Calibration Standards)

II. Ατομοποίηση (Atomization): Το δείγμα εισάγεται στο όργανο, όπου μετατρέπεται σε ατομικό ατμό:

Φλόγα (Flame AAS): Το δείγμα ψεκάζεται σε φλόγα (π.χ. ασετυλίνης/αέρα) όπου εξατμίζεται και ατομοποιείται. Κατάλληλο για υψηλότερες συγκεντρώσεις.

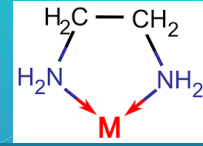
III. Μέτρηση Απορρόφησης (Measurement): Μια λυχνία (Hollow Cathode Lamp) εκπέμπει ακτινοβολία χαρακτηριστική του στοιχείου-στόχου. Τα ελεύθερα άτομα στο δείγμα απορροφούν μέρος αυτής της ακτινοβολίας. Ο ανιχνευτής μετρά την ένταση του φωτός που πέρασε. Η απορρόφηση είναι ανάλογη της συγκέντρωσης (Νόμος Beer-Lambert).

IV. Υπολογισμός Συγκέντρωσης: Κατασκευάζεται η καμπύλη βαθμονόμησης (απορρόφηση έναντι συγκέντρωσης) χρησιμοποιώντας τα πρότυπα διαλύματα. Η συγκέντρωση του αγνώστου δείγματος προσδιορίζεται από την απορρόφησή του, βάσει της ευθείας αναφοράς.





Διόρθωση έλλειψης ιχνοστοιχείων - Λίπανση



Ασφαλώς, η πιο κοινή διαχειριστική πρακτική για την αντιμετώπιση της έλλειψης μικροθρεπτικών (και μερικών τοξικοτήτων) είναι η εφαρμογή των εμπορικών λιπασμάτων. Τα λιπάσματα αυτά εφαρμόζονται συνήθως στο έδαφος, αν και μπορούν να εφαρμοσθούν με διαφυλλικούς ψεκασμούς ή ακόμη μαζί με τους σπόρους. Οι διαφυλλικοί ψεκασμοί με αραιά ανόργανα άλατα ή οργανικές χηλικές ενώσεις είναι πιο αποτελεσματικοί από την εφαρμογή των λιπασμάτων στο έδαφος, όπου το υψηλό pH του εδάφους και άλλοι παράγοντες τα καθιστούν μη διαθέσιμα στα φυτά.

Οι χηλικές ενώσεις είναι εξαιρετικά σταθερά σύμπλοκα που σχηματίζονται όταν ένα οργανικό μόριο (χηλικός παράγοντας) δεσμεύει ένα μεταλλικό ιόν. Είναι υδατοδιαλυτές ακόμη και σε ακατάλληλα pH.

ΠΙΝΑΚΑΣ 15.11 Λίγα από τα πλέον συνήθως χρησιμοποιούμενα λιπάσματα μικροθρεπτικών

Μικροθρεπτικό	Συνήθως χρησιμοποιούμενα λιπάσματα	Περιεκτικότητα στο θρεπτικό, %
Βόριο	Βόρακας	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 11
	Πενταβορικό νάτριο	$\text{Na}_2\text{B}_{10}\text{O}_{16} \cdot \text{H}_2\text{O}$ 18
Χαλκός	Θεικός χαλκός	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 25
	Θεικός σίδηρος	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 19
	Χηλικός σίδηρος	NaFeEDDHA 6
Μαγγάνιο	Θειικό μαγγάνιο	$\text{MnSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 26-28
	Οξειδίο του μαγγανίου	MnO 41-68
Μολυβδαίνιο	Μολυβδαινικό νάτριο	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 39
	Μολυβδαινικό αμμώνιο	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 54
Ψευδάργυρος	Θεικός ψευδάργυρος	$\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 35
	Οξειδίο του ψευδαργύρου	ZnO 78
	Χηλικός ψευδάργυρος	Na_2ZnEDTA 14

Συλλέχτηκαν από Murphy and Walsh (1972).





Ευχαριστώ για την
προσοχή σας !!!

Βιβλιογραφία

Η φύση και οι ιδιότητες του εδάφους. Brady, C.N. and Weil, R.R. 2016. The nature and properties of soils. 14th ed. Mc Millan, N.Y., USA.
Κωνσταντίνος Σινάνης.2003. Εδαφολογία. ΤΕΙ Κρήτης, Σχολή Γεωπονίας
Γ.Π.Α. Παρουσίαση: ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΦΥΤΩΝ
ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΩΝ (Διατροφικοί Παράγοντες - Οι διαταραχές που προκύπτουν από την έλλειψη θρεπτικών στοιχείων)