



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ
ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΘΡΕΠΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΣΤΟ ΝΟΜΟ
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΖΙΩΒΑ ΒΑΣΙΛΙΚΗ
ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΜΠΑΡΟΥΧΑΣ Ε. ΠΑΝΤΕΛΗΣ

ΙΟΥΛΙΟΣ 2012

Fe
Ca
Mg
Zn
Na
Cu
B
K
NO₃
NH₄
Mn
Fe
Ca
Mg
Zn
Na
Cu
B
K
NO₃
NH₄
Mn

Όπως δεν ξέρει και δεν ξέρει πως δεν ξέρει, είναι τρελός, αδιάφορο τον.

Όπως δεν ξέρει και ξέρει πως δεν ξέρει, είναι ωαυδί, μάργωτέ το.

Όπως ξέρει και δεν ξέρει πως ξέρει, κομμάτι, ξύδινα τον.

Όπως ξέρει και ξέρει πως ξέρει, είναι σοφός, ακολουθήσε τον.

Χαλί Γκιμράν

(1883-1931)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρακάτω πτυχιακή εργασία ασχολείται με τη διερεύνηση των θρεπτικών στοιχείων στα γεωργικά εδάφη του Νομού Αιτωλοακαρνανίας.

Συγκεκριμένα, βασίζει τα συμπεράσματα της μέσα από εκτενή εδαφολογική μελέτη πάνω σε τυχαία γεωργικά εδαφικά δείγματα από όλο το νομό.

Ληφθήκαν υπόψη, περίπου 156 εδαφολογικές αναλύσεις διαφόρων θρεπτικών στοιχείων και συγκεκριμένα, των αφομοιώσιμων ιχνοστοιχείων, των μακροστοιχείων, των βασικών ιδιοτήτων των εδαφών και της μηχανικής σύστασής-υφής αυτών. Ληφθήκανε επίσης υπόψη, οι διάφοροι κλιματολογικοί και μορφολογικοί παράγοντες και η χρόνια μεταχείριση των εδαφών από τους ίδιους τους αγρότες.

Με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί ένα γενικό προφίλ των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των γεωργικών εδαφών του Νομού Αιτωλοακαρνανίας.

Κλείνοντας, μέσα από αυτή τη μελέτη δημιουργηθήκανε συμπεράσματα διαφόρων ειδών όσον αφορά τη γενικότερη διαφοροποίηση των γεωργικών εδαφών, από περιοχή σε περιοχή, του Νομού Αιτωλοακαρνανίας.

Λέξεις κλειδιά: έδαφος, δομή εδάφους, δειγματοληψία, θρεπτικά στοιχεία, ανάλυση εδάφους, ιχνοστοιχεία, μακροστοιχεία, βασικές ιδιότητες εδαφών Νομός Αιτωλοακαρνανίας



ABSTRACT

The following diploma thesis deals with the investigation of nutrients in agricultural soils from the prefecture of Aitolokarnania.

Specifically, the conclusions are based on detailed and extensive soil survey on a random agricultural soil samples from the around area.

One hundred fifty six soil analyses of various nutrients and specifically, the assimilable trace elements, macroelements, the basic properties of soils and soil particle size analysis-texture them, have been taken into account. In addition to that, the various morphological and climatic factors and chronic treatment of land by the farmers themselves have been considered.

As a result, a general profile of the physicochemical properties of agricultural soils from the prefecture of Aitolokarnania, have been created.

In conclusion, through this study have been created different kinds of conclusions regarding the overall diversification of agricultural soils from region to region, throughout Aitolokarnania.

Key Words: soil, soil structure, soil sampling, nutrients, soil analysis, macroelements, basic properties of soils, prefecture of Aitolokarnania



ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1 Κατάταξη των εδαφικών σωματιδίων	5
Πίνακας 1.2 Κατηγορίες εδαφών σύμφωνα με τις μηχανικές κλάσεις	7
Πίνακας 4.1 Αποτελεσμάτων περιοχής Αγρινίου	79
Πίνακας 4.2 Κατηγοριοποίηση εδαφών Αγρινίου σύμφωνα με το pH	80
Πίνακας 4.3 Κατηγοριοποίηση εδαφών Αιτωλικού σύμφωνα με το pH	80
Πίνακας 4.4 Κατηγοριοποίηση εδαφών Ναυπάκτου σύμφωνα με το pH	80
Πίνακας 4.5 Κατηγοριοποίηση εδαφών Μεσολογγίου σύμφωνα με το pH	80



ΛΙΣΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 2.1	Ξηροθερμικό διάγραμμα <i>Bagnoules Gausson</i>	49
Διάγραμμα 4.1	Μέσος Όρος pH Ναυπάκτου	81
Διάγραμμα 4.2	Μέσος Όρος pH περιοχών Νομού Αιτωλοακαρνανίας	81
Διάγραμμα 4.3	Μ.Ο Αγωγιμότητας περιοχών Νομού Αιτωλοακαρνανίας	82
Διάγραμμα 4.4	Μ.Ο Ανθρακικού Ασβεστίου περιοχών Νομού Αιτωλ/νίας	82
Διάγραμμα 4.5	Μ.Ο Ανταλλάξιμου Καλίου περιοχών Νομού Αιτωλ/νίας	83
Διάγραμμα 4.6	Μ.Ο Ανταλλάξιμου Ασβεστίου Νομού Αιτωλ/νίας	84
Διάγραμμα 4.7	Μ.Ο Αφομοιώσιμου Φωσφόρου Νομού Αιτωλ/νίας	84
Διάγραμμα 4.8	Μ.Ο Ανταλλάξιμου Μαγνησίου Νομού Αιτωλ/νίας	85
Διάγραμμα 4.9	Μ.Ο Ανταλλάξιμου Νατρίου Νομού Αιτωλ/νίας	86
Διάγραμμα 4.10	Μ.Ο Αφομοιώσιμου Σιδήρου Νομού Αιτωλ/νίας	86
Διάγραμμα 4.11	Μ.Ο Αφομοιώσιμου Μαγγανίου Νομού Αιτωλ/νίας	87
Διάγραμμα 4.12	Μ.Ο Αφομοιώσιμου Ψευδαργύρου Νομού Αιτωλ/νίας	87
Διάγραμμα 4.13	Μ.Ο Χαλκού περιοχών Νομού Αιτωλοακαρνανίας	88
Διάγραμμα 4.14	Μ.Ο Αφομοιώσιμου Βορίου Νομού Αιτωλοακαρνανίας	88



ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

B= Βόριο

Ca= Ασβέστιο

Cu= Χαλκός

CaCO₃= Ανθρακικό ασβέστιο

C= Άνθρακας

C= Clay (Αργιλώδες)

Cl= Clay Loam (Αργιλοπηλώδες)

EC= Electrical Conductivity (Ηλεκτρική Αγωγιμότητα)

Fe= Σίδηρος

K= Κάλιο

LS= Loamy Sand (Πηλοαμμώδες)

Mg= Μαγνήσιο

Mn= Μαγγάνιο

Na = Νάτριο

N= Άζωτο

P= Φώσφορος

pH= potential hydrogen (ποσοστό υδρογόνου)

ppm= parts per million (μονάδα μέτρησης)

S= Sandy (Αμμώδες)

SC= Sandy Clay (Αργιλοαμμώδες)



Si= Silt (Ιλυώδεις)

SiC= Silty Clay (Ιλυοαργιλώδεις)

SiCL= Silty Clay Loam (Ιλυοαργιλοπηλώδεις)

SiL= Silty Clay (Ιλυοπηλώδεις)

SL= Sandy Loam (Αμμοπηλώδεις)

Zn= Ψευδάργυρος



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που με βοήθησαν και με στήριξαν για να μπορέσει να υλοποιηθεί αυτή η πτυχιακή εργασία. Κυρίως ευχαριστώ των επιβλέπων της εργασίας μου κύριο Δρ. Μπαρούχα Ε. Παντελή για τις πολύτιμες συμβουλές του, για το ενδιαφέρον του καθώς και για την καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας αυτής.

Ευχαριστώ τον κύριο Κουλόπουλο Αθανάσιο του Ε.Τ.Π της σχολής και καθηγητή μου, για την πολύτιμη βοήθεια του και για τις χρήσιμες συμβουλές και παρατηρήσεις του.

Για τις πληθώρες πολύτιμες γνώσεις που μου παρείχανε και για την εμπιστοσύνη που δείξαν στο πρόσωπό μου ευχαριστώ πολύ και τους δύο προαναφερθέντες καθηγητές μου.

Οφείλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, τον άνθρωπό μου και τους πολυαγαπημένους μου φίλους που μου σταθήκανε και με στηρίξανε όλο αυτό το διάστημα.

Τέλος, ευχαριστώ την προϊσταμένη της σχολής κυρία Αγλαΐα Λιόπα Τσακαλίδη και τον Αυλωνίτη Χρύσανθο Γεωπόνο και παλιό καθηγητή μου για την πολύτιμη συμβολή του, η σημαντικότητα της οποίας καθόρισε σε μεγάλο βαθμό το αποτέλεσμα αυτής της πτυχιακής εργασίας.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το έδαφος, με τη γεωργική του έννοια, μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα σύνθετο σύστημα που ταυτόχρονα είναι μια αποθήκη θρεπτικών στοιχείων, ένα περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσεται και δρα πλήθος μικροοργανισμών, ένα μέσο στερεώσεως των φυτών, ένα μέσο διακινήσεως του νερού προς όλες τις κατευθύνσεις και μια αποθήκη νερού από την οποία τα φυτά αντλούν την απαραίτητη για την ανάπτυξή τους υγρασία. Βασικά χαρακτηριστικά του εδάφους είναι η *υφή* και η *δομή* τα οποία αναλύονται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 1.

Στην πτυχιακή αυτή εργασία δίνονται τα γενικά στοιχεία του εδάφους και οι βασικοί ορισμοί. Στο Κεφάλαιο 1 αναλύονται: το έδαφος γενικότερα, η μηχανική και κοκκομετρική σύσταση του εδάφους και αναλυτικότερα οι φυσικοχημικές και βασικές ιδιότητες του εδάφους. Γίνεται αναλυτική ερμηνεία των ανταλλάξιμων μακροστοιχείων, των αφομοιώσιμων ιχνοστοιχείων και γενικότερα πως αντιδρούν και συνυπάρχουν μεταξύ τους στο έδαφος όλα αυτά τα θρεπτικά στοιχεία.

Στο Κεφάλαιο 2 αναφέρονται γενικότερα τα δεδομένα των περιοχών μελέτης. Όπως το κλίμα των περιοχών, η γεωμορφολογία, η υδρολογία και λοιπά άλλα στοιχεία των περιοχών.

Στο Κεφάλαιο 3 γίνεται σταδιακή ανάλυση των μεθοδολογιών των αναλύσεων. Σημαντική έκταση δίνεται και στη δειγματοληψία του εδάφους, στις μετέπειτα προεργασίες του δείγματος πριν προβούμε στην ανάλυση αυτού, στις μεθόδους προσδιορισμού των θρεπτικών στοιχείων και στους υπολογισμούς αυτών και στη διερεύνησή τους.

Στο Κεφάλαιο 4 παραθέτονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων μέσω συγκεντρωτικών πινάκων και διαγραμμάτων εκτενέστερα. Σημειώνονται παρατηρήσεις και επισημάνονται σημαντικά σημεία προς μελέτη.

Τα θέματα που παρουσιάζονται αναλύονται σε βάθος με σαφέστατες οδηγίες και διευκρινήσεις, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στις εφαρμογές των μεθόδων ανάλυσης και στον εργαστηριακό εξοπλισμό που χρησιμοποιήθηκε.



Σκοπός αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι να δοθεί ένα γενικό προφίλ των γεωργικών εδαφών του Νομού Αιτωλοακαρνανίας και να συζητηθούν οι παρατηρήσεις πάνω στα αποτελέσματα των αναλύσεων για μετέπειτα συμβουλές και συμπεράσματα.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	i
ABSTRACT	ii
ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	iii
ΛΙΣΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	iv
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	v
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	vii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	viii
1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	1
1.1 Έδαφος	1
1.2 Σύσταση Εδάφους – Κοκκομετρική σύσταση	4
1.3 Οργανική Ουσία	10
1.4 pH	14
Γενικά για το pH	14
pH & οξύτητα – ρυθμιστική ικανότητα	15
1.5 Αγωγιμότητα (EC)	17
1.6 Ανθρακικό Ασβέστιο (CaCO ₃)	18
1.7 Ανταλλάξιμα κατιόντα και ιχνοστοιχεία	19
Κάλιο (K)	19
Γενικά χαρακτηριστικά	19
Το Κάλιο στο έδαφος	20
Ασβέστιο (Ca)	22
Γενικά χαρακτηριστικά	22
Το Ασβέστιο στο έδαφος	22
Μαγνήσιο (Mg)	24
Γενικά χαρακτηριστικά	24
Το Μαγνήσιο στο έδαφος	25
Νάτριο (Na)	27
Γενικά χαρακτηριστικά	27
Σίδηρος (Fe)	29
Γενικά χαρακτηριστικά	29
Ο Σίδηρος στο έδαφος	29
Χαλκός (Cu)	30
Γενικά χαρακτηριστικά	30



Ο χαλκός στο έδαφος.....	30
Μαγγάνιο (Mn).....	33
Γενικά χαρακτηριστικά.....	33
Το Μαγγάνιο στο έδαφος	34
Ψευδάργυρος (Zn).....	36
Γενικά χαρακτηριστικά.....	36
Ο ψευδάργυρος στο έδαφος	36
Βόριο (B).....	39
Γενικά χαρακτηριστικά.....	39
Το Βόριο στο έδαφος	40
1.8 Ανταλλάξιμος Φώσφορος	43
Γενικά χαρακτηριστικά	43
Ο Φώσφορος στο έδαφος.....	43
1.9 Άζωτο.....	45
Γενικά χαρακτηριστικά	45
Το Άζωτο στο έδαφος.....	46
2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	48
2.1 Περιοχή Αγρινίου	48
Κλίμα	49
2.2 Περιοχή Μεσολογίου	52
Κλίμα	53
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	56
3.1 Δειγματοληψία.....	56
Γενικά για τη δειγματοληψία εδάφους	56
Δείγμα.....	57
Βάθος Δειγματοληψίας.....	59
Διαδικασία δειγματοληψίας	60
Παραλαβή δείγματος	61
1ο στάδιο.....	61
2ο στάδιο.....	62
Κονιορτοποίηση (Λειοτρίβηση) – Κοσκίνισμα	62
3.2 Αναλυτικές μέθοδοι	70
Γενικά για τις μεθόδους προσδιορισμού	70
Ανάλυση μεθόδων εκχυλίσεων.....	72



Μέθοδος κατά OLSEN	72
Μέθοδος προσδιορισμού ανταλλάξιμων ιχνοστοιχείων με DTPA	73
Μέθοδος προσδιορισμού του ανταλλάξιμου K, Na, Mg και Ca	74
Μέθοδος προσδιορισμού Νιτρικού και Αμμωνιακού Αζώτου	75
Μέθοδος προσδιορισμού Βορίου (B)	76
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	77
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	90
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	92
Α. ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ.....	92
Β. ΕΛΛΗΝΙΚΗ.....	94

1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1.1 Έδαφος

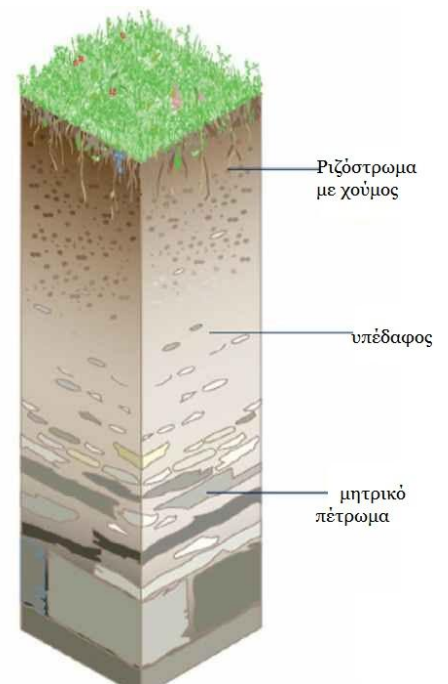
Εξαιρετικά μεγάλη δυσκολία παρουσιάζει η σύλληψη της πολυδιάστατης έννοιας του εδάφους και οι διαφορετικές οπτικές θεώρησης τους από τους επιστήμονες. Η επιστήμη της Εδαφολογίας εξάλλου, που είναι πλέον και η πιο αρμόδια για τον καθορισμό της έννοιας του εδάφους εμφανίστηκε στην επιστημονική σκηνή σχετικά πρόσφατα, μόλις στις αρχές του 19^{ου} αιώνα.

Μερικοί από τους ορισμούς για το έδαφος είναι οι εξής:

- « Έδαφος είναι, το ανώτερο αποσαθρωμένο στρώμα τους στερεού φλοιού της γης».
- « Έδαφος είναι το ψαθυρό υλικό από το οποίο τα φυτά αντλούν θρεπτικά στοιχεία και βρίσκουν κατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξή τους» .
- « Έδαφος είναι ένα ανοικτό φυσικό σύστημα».

Οι περισσότεροι εδαφολόγοι συμφωνούν με την τελευταία άποψη και δέχονται το έδαφος ως ένα φυσικό σώμα που δημιουργείται από την αλληλεπίδραση της βλάστησης, των εδαφικών οργανισμών και πετρωμάτων σε διάφορες συνθήκες κλίματος και ανάγλυφου και περιέχει ανόργανα και οργανικά συστατικά, εδαφικό νερό και αέρα.

Είναι ένα φυσικό συσσωμάτωμα κόκκων που διαχωρίζεται με μηχανικό τρόπο. Οι κύριοι εδαφικοί ορίζοντες συμβολίζονται διεθνώς A-B-C. (βλ. εικόνα 1.1)

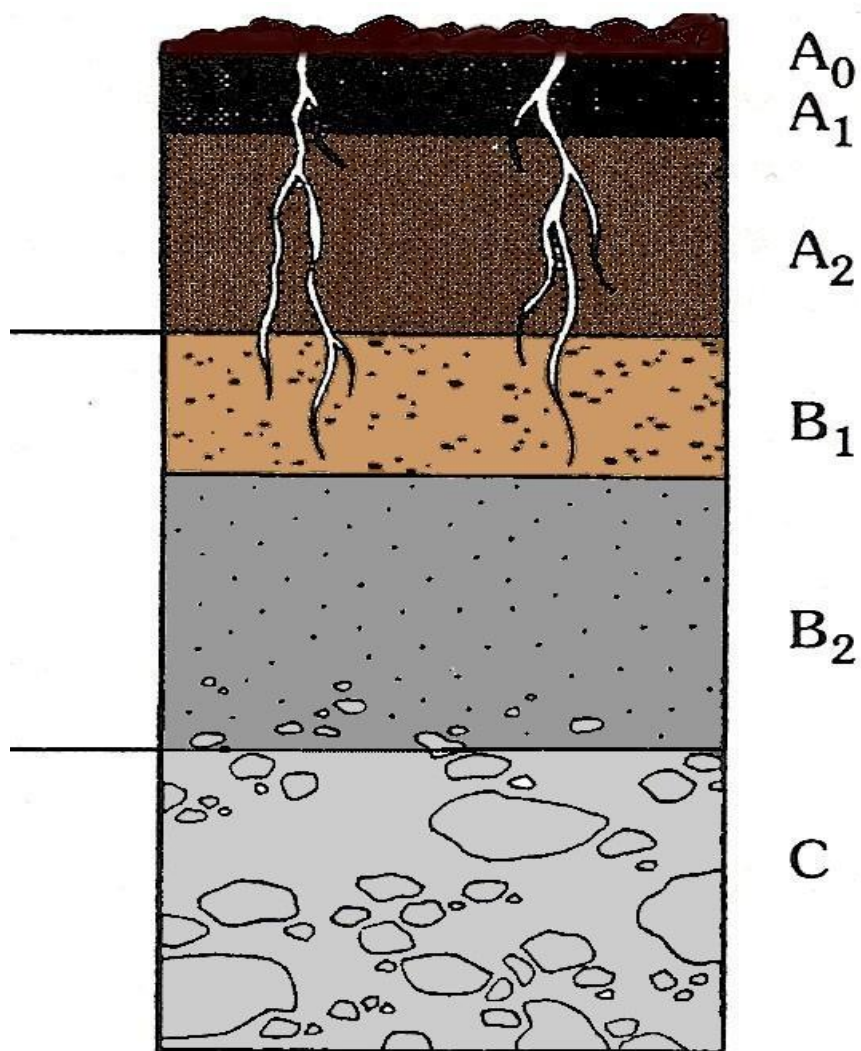


Ο ορίζοντας **A** είναι ο ανώτερος ορίζοντας πλούσιος σε οργανικές ουσίες που του προσδίδουν σκουρόχρωμη όψη. Τα αργιλικά υλικά του ορίζοντα αυτού, καθώς και άλλα ευκίνητα υλικά εκπλύνονται και μεταφέρονται στους βαθύτερους ορίζοντες. Σε δασικά κυρίως εδάφη που είναι ακαλλιέργητα και γενικότερα σε εξελιγμένα εδάφη, βρίσκει κανείς στην επιφάνεια του εδάφους ένα στρώμα από οργανικά υλικά τα οποία έχουν αρχίσει να αποσυντίθενται χωρίς όμως να έχει ολοκληρωθεί η αποσύνθεση τους όπως φύλλα και άλλα φυτικά υπολείμματα. Το στρώμα αυτό είναι ο υποορίζοντας A_0 . Στη συνέχεια ακολουθούν υποορίζοντες που αριθμούνται $A_1, A_2...$ οι οποίοι περιέχουν οργανικά υλικά σε σταδιακά ελαττούμενες ποσότητες και ανόργανα συστατικά

Ο ορίζοντας **B** είναι ο ενδιάμεσος ορίζοντας στον οποίο συγκρατούνται διάφορες χημικές ουσίες που προέρχονται από την απόπλυση του ορίζοντα A (οξειδία του σιδήρου, αργιλικά ορυκτά κ.ά.). Ο ορίζοντας B υποδιαιρείται όπως και ο A σε υποορίζοντες ($B_0, B_1, B_2...$).

Ο ορίζοντας **C** είναι ο κατώτερος εδαφικός ορίζοντας, που αποτελείται από μητρικό υλικό, μερικά αποσαθρωμένο. Ο ορίζοντας αυτός μπορεί να είναι οξειδωμένος (Cox) ή να περιέχει $CaCO_3$ (Cca). Κάτω από τον ορίζοντα C υπάρχει το μητρικό πέτρωμα. Η πλήρης ανάπτυξη των εδαφικών οριζόντων απαντάται σε εδάφη που δεν έχουν καλλιεργηθεί ή διαβρωθεί. Στα καλλιεργούμενα εδάφη συνήθως απουσιάζουν οι υποορίζοντες A_0, A_1 ενώ στα περισσότερα διαβρωμένα εδάφη απουσιάζουν ένας ή περισσότεροι ορίζοντες ανάλογα με το βαθμό της διάβρωσης.





Εικόνα 1.1 Κάθετη τομή εδάφους

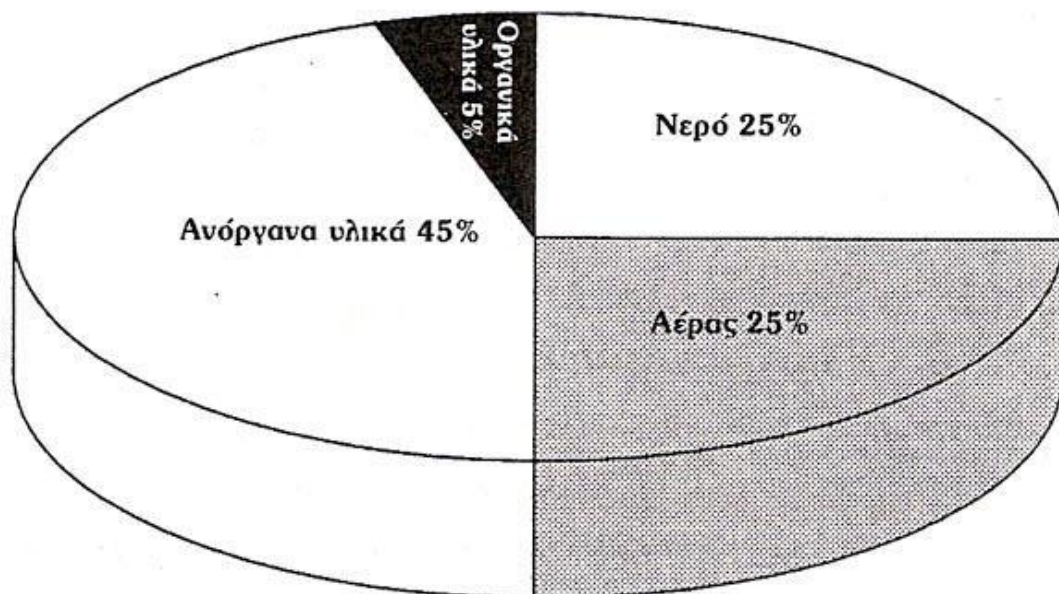
1.2 Σύσταση Εδάφους – Κοκκομετρική σύσταση

Το έδαφος περιέχει κόκκους διαφόρων μεγεθών και σε διάταξη που ποικίλλει. Από αυτή τη σύνθεση και τη δομή του εξαρτώνται οι μηχανικές του ιδιότητες, δηλαδή η αντοχή του και οι καθιζήσεις που εκδηλώνονται όταν ασκηθούν σε αυτό δυνάμεις.

Ένα αντιπροσωπευτικό έδαφος αποτελείται από:

- α) στερεά συστατικά στερεά συστατικά-ανόργανα και οργανικά
- β) αέρια που προέρχονται από τον ατμοσφαιρικό αέρα και αποτελούν την εδαφική ατμόσφαιρα
- γ) υδατικό διάλυμα κυρίως, ανόργανων αλάτων, το εδαφικό διάλυμα

Η κατ' όγκον κατανομή των συστατικών αυτών είναι :



Εικόνα.1.2 Σύσταση εδάφους κατ' όγκον

- α) Ανόργανα στερεά συστατικά: 45%
- β) Οργανικά στερεά συστατικά: 5%
- γ) Αέρια και εδαφικό διάλυμα: 50%

Πίνακα-1.1 Κατάταξη των εδαφικών σωματιδίων σε ομάδες μεγέθους κατά το Αμερικανικό και Διεθνές Σύστημα

Κλάσματα μηχανικής σύστασης	Όρια διαμέτρων σε mm	
	Αμερικανική κλίμακα	Διεθνής κλίμακα
Πολύ χονδρή άμμος	2,00-1,00	2,00-0,20
Χονδρή άμμος	1,00-0,50	0,20-0,02
Μέση άμμος	0,50-0,25	
Λεπτή άμμος	0,25-0,10	
Πολύ λεπτή άμμος	0,10-0,05	
Ιλύς	0,05-0,002	0,02-0,002
Άργιλος	<0,002	< 0,002
Λεπτή άργιλος	<0,0002	<0,0002

Τα ανόργανα συστατικά του εδάφους κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογα με τις διαστάσεις τους και ανεξάρτητα από τη χημική και ορυκτολογική σύσταση τους (μηχανική ή κοκκομετρική σύσταση των εδαφών). Οι κατηγορίες αυτές ονομάζονται μηχανικές κλάσεις και η εργαστηριακή διαδικασία με την οποία καθορίζεται το ποσοστό των κλάσεων σ' ένα δείγμα εδάφους ονομάζεται μηχανική ανάλυση.

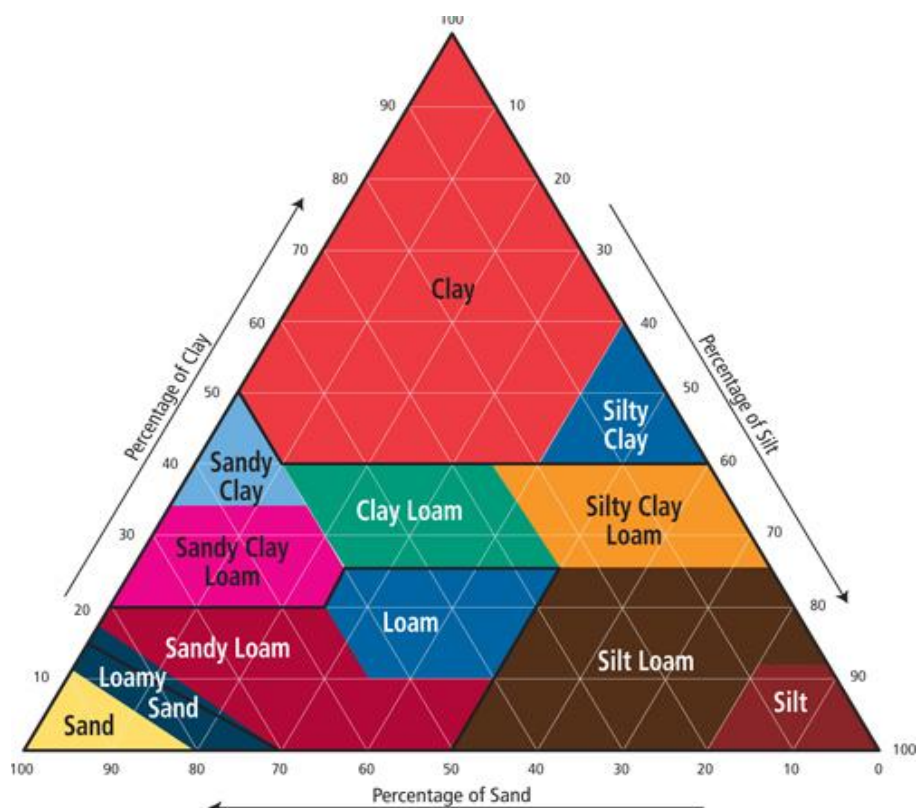
Το σύνολο των κόκκων με διαστάσεις μικρότερες των 2mm, δηλαδή το σύνολο άμμου, ιλύος και αργίλου λέγεται «λεπτή γη». Το υλικό των διαφόρων εδαφών περιέχει τα διάφορα κλάσματα μηχανικής συστάσεως σε διάφορες αναλογίες, και για το λόγο αυτό παρουσιάζει διαφορετικές φυσικές και χημικές ιδιότητες που οφείλονται στη σύσταση καθώς επίσης και στις φυσικές και χημικές ιδιότητες καθενός από τα τρία κύρια κλάσματα μηχανικής συστάσεως, δηλαδή της άμμου, της ιλύος και της αργίλου.

Άμμος: Παρουσιάζει μειωμένη ικανότητα συγκράτησης νερού και θρεπτικών στοιχείων. Λόγω μεγάλης ταχύτητας διάχυσης του νερού μέσα στην άμμο δημιουργούνται καλές συνθήκες αερισμού και στράγγισης για την ανάπτυξη των φυτών.

ΐλύς: Έχει αυξημένη ικανότητα συγκράτησης νερού αλλά μειωμένη ικανότητα συγκράτησης θρεπτικών στοιχείων. Προκαλεί δυσμενείς συνθήκες αερισμού για την ανάπτυξη των φυτών.

Άργιλος: Παρουσιάζει αυξημένη ικανότητα συγκράτησης νερού και θρεπτικών στοιχείων. Λόγω μειωμένης ταχύτητας διάχυσης του νερού μέσα στην άργιλο προκαλεί δυσμενείς συνθήκες αερισμού για το φυτό.

Τα εδαφολογικά εργαστήρια ταξινομούν τα εδάφη σε 12 κατηγορίες κοκκομετρικής σύστασης, ανάλογα με το ποσοστό συμμετοχής της άμμου, αργίλου, ιλύος στο έδαφος. Οι 12 αυτές κλάσεις εδαφών καταλαμβάνουν ορισμένη θέση και χώρο σε ένα ισοσκελές τρίγωνο το οποίο ονομάζεται *τρίγωνο μηχανικής σύστασης των εδαφών* (βλ.εικόνα 1.3).



Εικόνα 1.3 Τρίγωνο μηχανικής σύστασης εδαφών

Οι τρεις βασικότερες κατηγορίες εδαφών είναι τα *αμμώδη* ή ελαφρά εδάφη, τα *πηλώδη* ή μέσης σύστασης και τα *αργιλώδη* ή βαριά εδάφη, με ιδιότητες ανάλογες των ποσοστών άμμου, αργίλου, ιλύος που περιέχουν.

Πίνακας 1.2 Κατηγορίες εδαφών σύμφωνα με τις μηχανικές κλάσεις

Αμμώδες	Συμβολισμοί	Αργιλώδες	Συμβολισμοί	Πηλώδες	Συμβολισμοί
αμμώδες (Sandy)	S	αργιλοπηλώδες (Clay loam)	CL	πηλοαμμώδες (Loamy sand)	LS
αμμοπηλώδες (Sandy loam)	SL	ιλοαργιλώδες (Silty clay)	SiC	αμμοαργιλοπηλώδες (Sandy clay loam)	SCL
		αργιλοαμμώδες (Sandy clay)	SC	πηλώδες (Loam)	L
		αργιλώδες (Clay)	C	ιλοπηλώδες (Silty loam)	SiL
				ιλοαργιλοπηλώδες (Silty clay loam)	SiCL
				ιλυώδες (Silt)	Si

Η ορυκτολογική σύσταση των ανόργανων συστατικών ενός εδάφους εξαρτάται από τη σύσταση του μητρικού πετρώματος και από τη δράση των εδαφογενετικών παραγόντων. Με τη σειρά της η ορυκτολογική αυτή σύσταση επηρεάζει τις φυσικές και τις χημικές ιδιότητες του εδάφους καθώς και την ικανότητα του να παρέχει θρεπτικά στοιχεία - άζωτο (N), φώσφορο (P), κάλιο (K), θείο (S), ασβέστιο (Ca), μαγνήσιο (Mg), σίδηρο (Fe), μαγγάνιο (Mn), ψευδάργυρο (Zn), χαλκό (Cu), βόριο (B), μολυβδαίνιο (Mo), χλώριο (Cl), κοβάλτιο (Co) - στα φυτά.



Συνήθως στα εδάφη το εδαφικό νερό προέρχεται από τις βροχές και τις χιονοπτώσεις. Οι μισοί εδαφικοί πόροι είναι γεμάτοι με νερό. Τα άλατα του εδάφους διαλύονται στο νερό και έτσι δημιουργείται το εδαφικό διάλυμα που έχει μεγάλη σημασία κυρίως ως μέσο τροφοδότησης των φυτών με θρεπτικά συστατικά.

Η σύσταση του εδαφικού διαλύματος εξαρτάται από την εποχή του χρόνου, τη θερμοκρασία του εδάφους, την ποσότητα ανόργανων συστατικών στο έδαφος, τη χρήση λιπασμάτων, τα ποτίσματα, κ.ά.

Ο εδαφικός αέρας περιέχεται κυρίως στους πόρους του εδάφους που δεν είναι γεμάτοι με νερό. Περιέχει αρκετή ποσότητα οξυγόνου απαραίτητη για τη δράση των εδαφικών μικροοργανισμών (αποσύνθεση των οργανικών ουσιών) και κατά συνέπεια για την ανάπτυξη των φυτών.

Εδάφη που δεν αερίζονται σωστά είτε γιατί είναι πλημμυρισμένα με νερό ή γιατί έχουν συμπιεστεί σε μεγάλο βαθμό, π.χ. από βαριά μηχανήματα, περιέχουν ελάχιστο ή καθόλου οξυγόνο γεγονός που έχει ως τελικό αποτέλεσμα την σχεδόν αδύνατη ανάπτυξη των φυτών.

Τα οργανικά συστατικά του εδάφους αποτελούνται από πολύπλοκες ενώσεις που προέρχονται από τη δράση των εδαφικών μικροοργανισμών στα νεκρά ζωικά και φυτικά υλικά που συσσωρεύονται στο έδαφος. Τα υλικά αυτά αποτελούν επίσης την προϋπόθεση της ύπαρξης των ίδιων των εδαφικών μικροοργανισμών αφού οι εδαφικοί μικροοργανισμοί αντλούν όλα τα απαραίτητα στοιχεία καθώς και την ενέργεια που χρειάζονται για την επιβίωση τους από τα υλικά αυτά.

Επίσης η παρουσία των οργανικών συστατικών στο έδαφος συντελεί στη δημιουργία και διατήρηση της δομής του (του τρόπου δηλ. με τον οποίο τα διάφορα μηχανικά κλάσματα του εδάφους είναι ενωμένα μεταξύ τους και



δημιουργούν τα συσσωματώματα), στον περιορισμό της διάβρωσης και στην απρόσκοπτη κυκλοφορία του εδαφικού αέρα και νερού.

Το ποσοστό των οργανικών συστατικών του εδάφους εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως είναι το κλίμα της περιοχής και η φυσική βλάστηση ή, όταν πρόκειται για καλλιεργούμενα εδάφη, ο τρόπος της καλλιέργειας του εδάφους.



1.3 Οργανική Ουσία

Όλα τα εδάφη περιέχουν μία ποσότητα οργανικού υλικού το οποίο αποτελείται σε γενικές γραμμές από τρία μέρη:

- Πρόσφατα αναλλοίωτα ή σχεδόν αναλλοίωτα φυτικά και ζωικά υπολείμματα
- Ζωικά και φυτικά υπολείμματα τα οποία έχουν υποστεί διάσπαση ή άλλου τύπου αλλοίωση
- Ανθεκτικά σε περεταίρω διάσπαση προϊόντα (χούμος)

Η οργανική ύλη αποτελείται από τμήματα φυτών (φύλλα, κλαδιά, κορμούς), οργανικά λείψανα και άμορφα υπολείμματα, γνωστά ως **humus**. Η ανάπτυξη του humus συνοδεύεται από έκλυση διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο προκαλεί μείωση του pH και δημιουργία όξινου περιβάλλοντος.

Επιπλέον η παρουσία του αυξάνει την προσρόφηση νερού, καθώς και τις διεργασίες ιοντοανταλλαγής.

Το χρώμα του εδάφους καθορίζει τις συνθήκες αποστράγγισης. Φτωχά σε αποστράγγιση εδάφη έχουν χρώμα κίτρινο, ενώ αντίθετα τα καλά αποστραγγισμένα αερίζονται καλά και έχουν χρώμα κόκκινο, λόγω οξείδωσης του σιδήρου.

Το έδαφος σχηματίζεται από τα προϊόντα της αποσάθρωσης των πετρωμάτων του υποβάθρου (μητρικό πέτρωμα) ή των πετρωμάτων των γειτονικών περιοχών και από το υλικό το οποίο δημιουργείται από την εξαλλοίωση των ορυκτολογικών συστατικών των πετρωμάτων.

Η χρησιμοποίηση της οργανικής ουσίας με σκοπό την αύξηση της παραγωγικότητας του εδάφους ήταν γνωστή από αρχαιότατων χρόνων και αποτελούσε τον κύριο και μοναδικό τρόπο βελτίωσης της γονιμότητας των χωραφιών. Η εμφάνιση και η κυριαρχία όμως των ανόργανων χημικών

λιπασμάτων περιορίσει σε μεγάλο βαθμό τόσο την χρήση όσο και την σημασία της οργανικής ουσίας. Παρά το γεγονός αυτό, τα τελευταία χρόνια παρουσιάζεται αυξημένο το ενδιαφέρον για χρησιμοποίηση της οργανικής ουσίας, της παραγωγής βιολογικών γεωργικών προϊόντων και της ανάγκης για προστασία του περιβάλλοντος.

Όταν προσθέσουμε στο έδαφος οργανική ουσία, λόγω των εδαφοκλιματολογικών συνθηκών που χαρακτηρίζονται από τις μακρές περιόδους ψηλών θερμοκρασιών, την χαμηλή βροχόπτωση το υψηλό εδαφικό ΡΗ και το μεγάλο ποσοστό ανθρακικού ασβεστίου στο έδαφος, δεν αυξάνεται το ποσοστό της.

Το τελικό αποτέλεσμα είναι τα οργανικά υπολείμματα να καταστρέφονται (οξειδωτική αποσύνθεση) και να παράγεται Διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Η ωφέλεια που μπορούμε να έχουμε μπορεί να χωριστεί σε έμμεση και άμεση.

Ως *άμεση* θεωρείται η προσφορά στο έδαφος των διαφορετικών στοιχείων. Για παράδειγμα η κοπριά περιέχει διάφορα ιχνοστοιχεία που και αυτά είναι απολύτως απαραίτητα για την κανονική θρέψη των φυτών. Υποστηρίζεται ότι η συχνή προσθήκη κοπριάς είναι σε θέση να ικανοποιήσει πλήρως τις ανάγκες των φυτών σε ιχνοστοιχεία.

Η *έμμεση* επίδραση της οργανικής ουσίας στην βελτίωση της γονιμότητας και παραγωγικότητας του εδάφους είναι πολλαπλή και μπορεί να συνοψιστεί ως ακολούθως:

- **Αύξηση της υδατοϊκανότητας:** Η οργανική ουσία έχει την ικανότητα να συγκρατεί μεγάλες ποσότητες υγρασίας και η προσθήκη της στο έδαφος αυξάνει την διαθέσιμη για τις ρίζες υγρασία. Τούτου σημαίνει ότι όταν προστεθεί στα ελαφρά αμμώδη εδάφη, αυτά συγκρατούν μεγαλύτερη ποσότητα νερού περιορίζοντας τις απώλειες. Παράλληλα οι μεμονωμένοι κόκκοι του εδάφους συνενώνονται και βελτιώνεται η δομή του. Στα βαρετά αργιλώδη εδάφη προκαλεί αύξηση του πορώδους και της διαπερατότητας

βελτιώνοντας έτσι την στραγγιστικότητα και τον αερισμό του εδάφους. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αερισμός ενός χωραφιού τόσο περισσότερο μειώνεται το ποσοστό της οργανικής ουσίας. Το όργανο των χωραφιών βοηθά στην μείωση της οργανικής ουσίας γιατί με την καλλιέργεια αυξάνεται ο αερισμός και ευνοούνται με αυτόν τον τρόπο εκείνες οι συνθήκες που την καταστρέφουν. Έχει αποδειχθεί ότι η οργανική ουσία του εδάφους μειώνεται πολύ πιο γρήγορα όταν το καλλιεργούμενο φυτό σκαλίζεται παρά όταν αυτό δεν σκαλίζεται.

- **Επίδραση στο pH:** Όταν έχουμε αποσύνδεση της οργανικής ουσίας τότε παράγονται διάφορα οξέα με αποτέλεσμα να αυξάνεται η οξύτητα του εδάφους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειωθεί το pH του εδάφους και έτσι χαρακτηρίζονται αλκαλικά, δηλαδή έχουν pH μεγαλύτερο του 7. Με χαμηλό pH στο έδαφος ευκολύνεται η πρόσληψη των διαφόρων ιχνοστοιχείων, ιδιαίτερα του σιδήρου και του ψευδαργύρου. Στα ασβεστώδη εδάφη η προσθήκη της οργανικής ουσίας συμβάλλει στην καλύτερη πρόσληψη του σιδήρου και περιορίζεται σε κάποιο βαθμό η χλώρωση των φυτών.
- **Υπόστρωμα ανάπτυξης μικροοργανισμών :** Η οργανική ουσία προσφέρει το οργανικό υπόστρωμα για την δράση και πολλαπλασιασμό των διαφόρων μικροοργανισμών. Αποτέλεσμα αυτής της δράσης είναι η αποσύνθεση και απελευθέρωση των διαφόρων θρεπτικών στοιχείων και ο εμπλουτισμός του εδάφους σε στοιχεία που εύκολα μπορούν να προσληφθούν από τις ρίζες. Ο ρόλος και η σπουδαιότητα των διαφόρων μικροοργανισμών γίνεται πιο εμφανής αν ληφθεί υπόψη ότι υπάρχουν περίπου ένα εκατομμύριο μύκητες σε κάθε γραμμάριο εδάφους, 33 κιλά πρωτόζωα ανά δεκάριο, 25-100 κιλά γαιοσκώληκες ανά δεκάριο καθώς και πολλά άλλα είδη μικροοργανισμών. Η οργανική ουσία, εκτός από τις πιο πάνω επιδράσεις που ασκεί στο έδαφος, επιδρά και σε άλλες ιδιότητες με μικρότερη όμως σημασία. Για παράδειγμα αυξάνει την θερμοκρασία με την αύξηση της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας λόγω του σκούρου χρώματος που του προσδίδει, το προστατεύει



από την διάβρωση γιατί υποβοηθά στην συνένωση των κόκκων δημιουργώντας σταθερά συσσωματώματα, βελτιώνει τον αερισμό και την κίνηση του νερού γιατί αυξάνει τους πόρους μέσα στο έδαφος κ.α. .

Θα πρέπει να τονιστεί ότι ο *χούμος* δεν είναι απλώς το μέρος των οργανικών υπολειμμάτων το οποίο, λόγω της ανθεκτικότητας των ουσιών από τις οποίες αποτελείται σε χημικές διασπάσεις, παρέμεινε αναλλοίωτο ή ελαφρώς αλλοιωμένο στο έδαφος, αλλά περιλαμβάνει και προϊόντα οργανικής σύνθεσης που μπορεί να έχουν λάβει χώρα στο έδαφος. Τα κοινά ανόργανα εδάφη περιέχουν σχετικά μικρά ποσοστά οργανικής ουσίας. Για τα γεωργικά εδάφη της Ελλάδας, το ποσοστό αυτό είναι συνήθως μικρότερο του 2%.

Εντούτοις, η οργανική ουσία επηρεάζει τις φυσικοχημικές και βιολογικές ιδιότητες καθώς και την παραγωγικότητα των εδαφών σε βαθμό πολύ μεγαλύτερο από εκείνον που θα ανέμενε κανείς από την παρουσία της σε τόσο χαμηλό ποσοστό. Όταν υπάρχει υγρασία, αερισμός και κατάλληλη (όχι πολύ χαμηλή) θερμοκρασία, η οργανική πρώτη ύλη προσβάλλεται αμέσως μετά την προσθήκη της στο έδαφος από τους διάφορους οργανισμούς (ζώα & μικρόζωα, φύκι, μύκητες & ακτινομύκητες, βακτήρια) που ζουν σε αυτό – και για τους οποίους αποτελεί πηγή χρήσιμων ουσιών και ενέργειας – και υφίσταται διάσπαση ή ηπιότερες μετατροπές.

Η έκταση και ο ρυθμός της διάσπασης και των μετατροπών αυτών, καθώς και η ποσότητα και οι ιδιότητες του τελικού προϊόντος, του χούμου, καθορίζονται από τη σύσταση της οργανικής πρώτης ύλης, από τη φύση και τη δραστηριότητα των οργανισμών του εδάφους και, άμεσα ή έμμεσα, από τις φυσικές & χημικές συνθήκες του εδάφους. Π.χ., σε όξινα εδάφη, όπου η δραστηριότητα των βακτηρίων περιορίζεται, είναι πολύ σημαντική η συμβολή των μυκήτων στην παραγωγή του χούμου, ο οποίος τελικά έχει μεγαλύτερη ενεργειακή αξία αλλά ταυτόχρονα δεσμεύει για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα το άζωτο σε μη αφομοιώσιμες για τα φυτά μορφές.

1.4 pH

Γενικά για το pH

Το **pH** είναι ένας εύχρηστος τρόπος έκφρασης της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου πιο σωστά των κατιόντων υδροξωνίου (H_3O^+) σε ένα υδατικό διάλυμα. Στους 25°C, η **κλίμακα pH** κυμαίνεται από 0 έως 14 και χρησιμοποιείται ευρέως για τον προσδιορισμό της οξύτητας ενός διαλύματος. Διαλύματα για τα οποία η τιμή του pH είναι μικρότερη από 7 χαρακτηρίζονται **ως όξινα**, ενώ διαλύματα με pH

	Τιμές pH	Παραδείγματα
ΟΞΙΝΟ ↑	pH=0	Οξύ μπαταρίας
	pH=1	Θεικό οξύ
	pH=2	Χυμός λεμονιάς, Ξύδι
	pH=3	Χυμός πορτοκαλιού, σόδα
	pH=4	Οξίνη βραχή (4,2 - 4,4) Οξίνη λίμνη (4,5)
	pH=5	Μπιτανάνες (5,0 - 5,3) Βροχή-καθαρή (5,6)
ΟΥΔΕΤΕΡΟ ↓	pH=6	Υγιής λίμνη (6,5) Γάλα (6,5 - 6,8)
	pH=7	Καθαρό νερό
	pH=8	Θαλασσινό νερό, αυγά
	pH=9	Μαγειρική σόδα
	pH=10	Γάλα μαγνησίας
	pH=11	Αμμωνία
	pH=12	Σαπουνιωτό νερό
	pH=13	Χλωρίνη
ΑΛΚΑΛΙΚΟ	pH=14	Υγρό ξηρό καθαριστικό

Εικόνα 1.4 Παραδείγματα pH

μεγαλύτερο από 7 χαρακτηρίζονται **αλκαλικά**. Τέλος, τα διαλύματα με pH=7 ονομάζονται **ουδέτερα**. Στο παραπάνω πίνακα εμφανίζονται οι τιμές του pH για τα διαλύματα ορισμένων ουσιών που χρησιμοποιούνται συχνά.

Για τα περισσότερα διαλύματα η τιμή του pH βρίσκεται κάπου ανάμεσα στο 0 και το 14, ακριβέστερα μεταξύ 1 και 13 αφού οι μετρήσεις pH στα άκρα της κλίμακας εμπεριέχουν μεγάλο βαθμό αβεβαιότητας. Παρόλ' αυτά, ιδιαίτερα όξινα ή αλκαλικά διαλύματα είναι δυνατόν θεωρητικά να έχουν pH μικρότερο από 0 ή μεγαλύτερο από 14. Κάτι τέτοιο δεν αντιτίθεται στο

μαθηματικό ορισμό του pH, το οποίο ως λογαριθμική συνάρτηση μπορεί θεωρητικά να παίρνει οσοδήποτε μικρές και οσοδήποτε μεγάλες τιμές. Εντούτοις, αρνητικές τιμές pH αντιτίθενται στον "χημικό" ορισμό του pH και δε μπορούν να μετρηθούν με πεχάμετρο επειδή τέτοια πολύ πυκνά διαλύματα περιέχουν λίγο νερό και συνεπώς δεν είναι πλέον "υδατικά διαλύματα".

Το pH ενός θρεπτικού διαλύματος είναι πολύ σημαντικό για την θρέψη των φυτών γιατί επηρεάζει τις χημικές ισορροπίες μεταξύ διαφόρων ιόντων και χημικών ενώσεων στο θρεπτικό διάλυμα. Κατά συνέπεια, το pH καθορίζει την διαλυτότητα και επομένως την διαθεσιμότητα πολλών θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά. Το pH είναι ένα μέγεθος καθοριστικής σημασίας για την θρεπτική καταλληλότητα ενός θρεπτικού διαλύματος. Όταν το pH είναι ψηλότερο ή χαμηλότερο από κάποιες τιμές που θεωρούνται ως ανώτερα ή κατώτερα επιθυμητά όρια, πολλά θρεπτικά στοιχεία καθίστανται δυσδιάλυτα (κυρίως P, Fe, Mn σε υψηλό pH), οπότε η απορρόφησή τους από τα φυτά δυσχεραίνεται, ενώ άλλα καθίστανται πιο ευδιάλυτα με συνέπεια η συγκέντρωσή τους να αυξάνεται και να απορροφώνται με ταχύτερους από τους συνήθεις ρυθμούς (π.χ. Mn Al σε χαμηλό pH). Το αποτέλεσμα είναι να εμφανίζονται διαταραχές θρέψης των φυτών (τροφοπενίες, τοξικότητες κ.λπ.

pH & οξύτητα - ρυθμιστική ικανότητα

Στο έδαφος υπάρχουν πολλές πηγές που παράγουν ιόντα υδρογόνου (H^+) και προκαλούν την οξίνισή του. Το έδαφος, όμως, έχει την ικανότητα να ρυθμίζει τη συγκέντρωση των ιόντων H^+ στο εδαφικό διάλυμα μέσω ιοντοεναλλαγής. Ο όρος ρυθμιστική ικανότητα αναφέρεται στην ιδιότητα του εδάφους να «αποσβαίνει» - σε μεγάλο βαθμό - την επίδραση παραμέτρων που τείνουν να μεταβάλλουν το pH του εδαφικού διαλύματος και, για ποσοτικές μετρήσεις, ορίζεται σαν η ποσότητα οξέος (ή βάσης) που απαιτείται για να κατέλθει (ή να ανυψωθεί) η τιμή του pH κατά μία μονάδα σε 1 Kg εδάφους. Το έδαφος περιέχει εκτός από υδρογονοκατιόντα και άλλα κατιόντα. Ειδικότερα, τα ιόντα αργιλίου Al^{3+} , η παρουσία των οποίων είναι έντονη σε όξινα εδάφη, μπορούν να αυξάνουν την τιμή του pH καθώς υδρολύονται μετατρέπόμενα σε

πολυ-υδροξυ-ιόντα και αποδεσμεύονται επιπλέον υδρογονοκατιόντα. Συνήθως, με τον όρο *οξύτητα* του εδάφους εννοούμε την *ενεργό οξύτητα*. Η ενεργός οξύτητα αναφέρεται στην οξύτητα του εδαφικού διαλύματος. Καθώς όμως υπάρχουν μεγάλες ποσότητες ιόντων προσροφημένων στους κόκκους της αργίλου, τα οποία βρίσκονται σε ισορροπία με τα αντίστοιχά τους στο εδαφικό διάλυμα, το pH του εδαφικού διαλύματος καθορίζεται από τη χημική ισορροπία:

ενεργός οξύτητα \leftrightarrow ανταλλάξιμη (εφεδρική) οξύτητα

Με άλλα λόγια, ένα έδαφος με μεγάλη *ανταλλάξιμη (εφεδρική) οξύτητα* και ορισμένο pH, απαιτεί μεγαλύτερες ποσότητες αλκάλειας για ορισμένη ανύψωση του pH από ό,τι ένα έδαφος ιδίου pH αλλά με μικρότερη εφεδρική οξύτητα, δηλαδή έχει μεγαλύτερη ρυθμιστική ικανότητα, καθώς μπορεί σε μεγαλύτερο βαθμό να αναπληρώνει μέσω εκρόφησης τα ιόντα H_3O^+ (αλλά και Al^{3+}) του υδατικού διαλύματος. Η ολική οξύτητα ενός εδάφους ορίζεται από τη σχέση:

Ολική οξύτητα = εφεδρική οξύτητα + ενεργός οξύτητα

1.5 Αγωγιμότητα (EC)

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (Electrical Conductivity, EC) ενός θρεπτικού διαλύματος είναι ένα μέγεθος που εκφράζει την ικανότητα του διαλύματος αυτού να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα στην πραγματικότητα είναι η ενός αγωγού ηλεκτρικού ρεύματος η οποία ως γνωστόν εξαρτάται από την φύση του αγωγού. Στα θρεπτικά διαλύματα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα οφείλεται στην παρουσία των διαλυμένων σε αυτά ιόντων, τα οποία προέρχονται ή από το νερό άρδευσης ή από την προσθήκη ανόργανων λιπασμάτων. Η (ειδική) ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC_a) ορίζεται ως το αντίστροφο της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης, ρ :

$$EC_a = 1/\rho$$

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) μετράται σε $dS\ m^{-1}$. ($1\ dS\ m^{-1} = 1\ mS\ cm^{-1} = 1\ mmho\ cm^{-1}$). Η ικανότητα ενός υδατικού διαλύματος να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα οφείλεται στην παρουσία ιόντων.

Συνεπώς: όσο πιο πολλά ιόντα είναι διαλυμένα στο νερό τόσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητά του να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Συνεπώς, η EC είναι ανάλογη της συνολικής συγκέντρωσης ιόντων στο διάλυμα. Όμως, η EC δεν μας δίνει πληροφορίες για το είδος των ιόντων (K^+ , Na^+ , SO_4^{2-} , κ.λπ.) που περιέχονται στο υδατικό διάλυμα.

1.6 Ανθρακικό Ασβέστιο (CaCO_3)

Το ανθρακικό ασβέστιο είναι ένα άλας που οι ιδιότητές του το κάνουν μοναδικό. Αποτελεί το 20% του στερεού φλοιού της γης και είναι αδιάσπαστα συνδεδεμένο με τη ζωή. Είναι μια χημική ένωση, η οποία απαντάται σε μεγάλη συχνότητα στο φυσικό περιβάλλον καθώς και στους ζωντανούς οργανισμούς.

Συνολικά υπάρχουν έξι διαφορετικές μορφές του CaCO_3 .

Η άμορφη και οι δύο ένυδρες (διένυδρη – εξαένυδρη) αποτελούν μορφές οι οποίες είναι πιο σπάνιες στην εμφάνιση τους λόγω κυρίως της χημικής αστάθειας τους. Οι υπόλοιπες τρεις μορφές είναι άνυδρες κρυσταλλικές και χαρακτηρίζονται από την συχνή τους εμφάνιση στην φύση καθώς και στους ζωντανούς οργανισμούς.

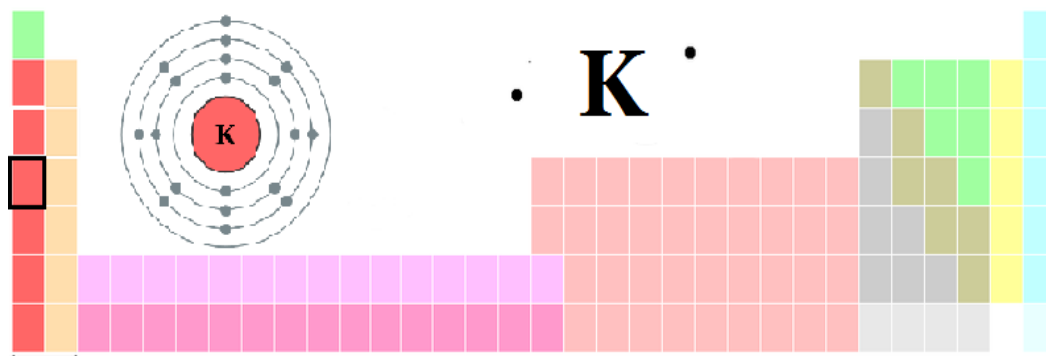
Η περιεκτικότητα των εδαφών σε ελεύθερο ανθρακικό ασβέστιο εμφανίζει μεγάλες διακυμάνσεις. Αρχίζει από ίχνη και φτάνει μέχρι και 70% του συνόλου της μάζας του. Το ανθρακικό ασβέστιο απαντάται και στα τρία κλάσματα της μηχανικής σύστασης του εδάφους στην άμμο, την ιλύ και την άργιλο σε διαφορετικά ποσοστά στο καθένα. Πολλές φορές η ύπαρξη ανθρακικού ασβεστίου στο έδαφος συνδέεται με 22 Εάν στο έδαφος υπάρχουν έστω και ίχνη ανθρακικού ασβεστίου τότε ο χαρακτήρας του εδάφους αυτού γίνεται αλκαλικός.

1.7 Ανταλλάξιμα κατίοντα και ιχνοστοιχεία

Κάλιο (K)

Γενικά χαρακτηριστικά

Το χημικό στοιχείο **Κάλιο** (λατ. Potassium, νεολατινικά Kalium) είναι μέταλλο με ατομικό αριθμό (Z) 19 και ατομικό βάρος (AB) 39,0983 amu. Το μεταλλικό (στοιχειακό) κάλιο είναι ένα μαλακό αργυρόλευκο μέταλλο, που οξειδώνεται τάχιστα στον ατμοσφαιρικό αέρα και αντιδρά έντονα με το νερό, παράγοντας υδρογόνο και σημαντική θερμότητα, που συχνά είναι αρκετή ώστε να προκαλέσει την ανάφλεξη του παραγόμενου υδρογόνου. Έχει θερμοκρασία τήξης 63,65 °C και θερμοκρασία βρασμού 774 °C. Το σύμβολό του είναι **K**. Ανήκει στην 1^η ομάδα του περιοδικού πίνακα (I_A, με την παλαιότερη κατάταξη), κατατασσόμενο στα αλκάλιμέταλλα.



Εικόνα 1.5 Περιοδικός πίνακας K

Το ιόν του καλίου είναι απαραίτητο για τη λειτουργία όλων (των γνωστών) ζωντανών κυττάρων και γι' αυτό είναι παρόν σε όλους τους φυτικούς και ζωικούς ιστούς. Βρίσκεται σε εξαιρετικά μεγάλες συγκεντρώσεις στο εσωτερικό των φυτικών κυττάρων και ιδιαίτερα στα φρούτα. Η σχετικά υψηλότερη συγκέντρωση καλίου σε σύγκριση με αυτήν του νατρίου στα φυτικά μέρη, είχε ως αποτέλεσμα, η πρώτη (ιστορικά) απομόνωση του στοιχείου να γίνει από τη στάχτη φυτικών υλών (απ' όπου προήλθε και η λέξη *potash*, που ελληνοποιήθηκε σε «ποτάσα» και αποτέλεσε το αρχικό όνομα του

στοιχείου, που διατηρείται ακόμη σε αρκετές γλώσσες, που περιλαμβάνουν και την αγγλική). Η έντονη αγροτική καλλιέργεια απορροφά αρκετά σύντομα μεγάλο ποσοστό από το κάλιο που βρίσκεται φυσιολογικά στο καλλιεργούμενο έδαφος (απαιτώντας περιοδική αγρανάπαυση ή κατάλληλη λίπανση). Γι' αυτό, η βιομηχανία λιπασμάτων απορροφά το 93% της σύγχρονης παγκόσμιας παραγωγής καλίου.

Το Κάλιο στο έδαφος

Η ολική περιεκτικότητα των εδαφών σε κάλιο είναι συνήθως της τάξης του 1-2% και εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τη λιθολογική σύσταση των μητρικών πετρωμάτων και το βαθμό αποσάρθρωσής τους. Η κατανομή του καλίου σε άμμο, ιλύ και άργιλλο δεν εμφανίζει ομοιομορφία τέτοια που να επιτρέπει γενικεύσεις. Διακρίνονται τρεις μορφές εδαφικού καλίου:

- Ανταλλάξιμο κατιόν K^+ , προσροφημένο κυρίως στη στερεή φάση σε ισορροπία με πολύ μικρότερες ποσότητες του στο εδαφικό διάλυμα. Αποτελεί λιγότερο από το 1% του ολικού καλίου.
- Ιόν K^+ ισχυρά προσροφημένο σε φυλλοπυριτικά υλικά (π.χ. μοσχοβίτης, βερμικουλίτης, κλπ).
- Ιόν K^+ το οποίο συμμετέχει στο κρυσταλλικό πλέγμα καλιούχων αστρίων.

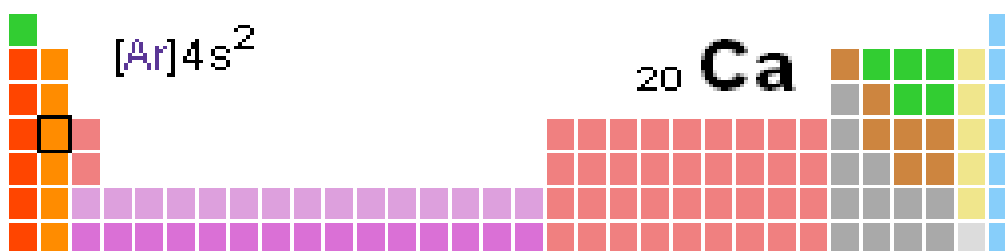
Μέσω διεργασιών ιοντοεναλλαγής, κυρίως παρουσία βερμικουλίτη, είναι δυνατόν μέρος του ανταλλάξιμου καλίου να μετατρέπεται σε μη ανταλλάξιμο. Η αντίστροφη διεργασία είναι επίσης πιθανή (οι ισορροπίες των ιοντοεναλλακτικών δράσεων καθορίζονται από πολλές παραμέτρους). Μη ανταλλάξιμο κάλιο μπορεί επίσης να μετατραπεί σε ανταλλάξιμο και λόγω αποσάρθρωσης των αστρίων. Συνήθως, αναφέρεται ως *διαθέσιμο κάλιο* αυτό που είναι διαθέσιμο για πρόσληψη από τα φυτά. Θεωρητικά, πρέπει να περιλαμβάνει το ανταλλάξιμο κάλιο και ένα κλάσμα του ισχυρά προσροφημένου

Παρά το γεγονός ότι δεν αποτελεί δομικό στοιχείο των φυτικών ιστών, το κάλιο είναι ένα από τα τρία βασικά θρεπτικά στοιχεία του εδάφους (N, P, & K) γιατί είναι απαραίτητο για τη σύνθεση αμύλου, αμινοξέων και πρωτεϊνών, στη μετακίνηση των σακχάρων και στις διεργασίες της φωτοσύνθεσης. Όταν προστίθεται κάλιο στο έδαφος μέσω λίπανσης απαιτούνται αρκετά μεγάλες δόσεις, ώστε μετά τη δέσμευση μέρους του καλίου (λόγω μετατροπής του σε μη ανταλλάξιμο) να παραμείνει ένα υπόλοιπο ικανό για τη σχεδιαζόμενη χρήση. Εξάλλου, το κάλιο μπορεί να απομακρύνεται από το έδαφος μέσω έκπλυσης, πρόσληψης από τα φυτά και επιφανειακής διάβρωσης.

Ασβέστιο (Ca)

Γενικά χαρακτηριστικά

Το χημικό στοιχείο **Ασβέστιο** (Calcium) είναι ένα μέταλλο δισθενές με ατομικό αριθμό 20 και ατομικό βάρος 40,078 . Έχει θερμοκρασία τήξης 839 C° και θερμοκρασία βρασμού 1484,4 C° . Το σύμβολό του είναι **Ca**. Είναι μέλος της δεύτερης ομάδας του Περιοδικού συστήματος, γνωστής ως "αλκαλικές γαίες".



Εικόνα 1.6 Περιοδικός πίνακας Ca

Το Ασβέστιο στο έδαφος

Από άποψη περιεκτικότητας σε ασβέστιο, τα εδάφη μπορούν να διαιρεθούν σε δύο ομάδες.

Η μία ομάδα περιλαμβάνει εδάφη συνήθως μεγάλης ηλικίας σε περιοχές με μεγάλες βροχοπτώσεις, όπου το ασβέστιο περιέχεται ως ανταλλάξιμο Ca^{2+} - σε ισορροπία με κατά πολύ μικρότερες ποσότητες στο εδαφικό διάλυμα – και ως συστατικό κρυστάλλων πρωτογενών ορυκτών, π.χ. Ca-αστρίων. Η περιεκτικότητα σε ολικό ασβέστιο είναι γενικά μικρότερη από 1%.

Στη δεύτερη ομάδα υπάγονται σχετικώς νεαρής ηλικίας εδάφη τα οποία περιέχουν σε κάποιο βάθος – συχνά και στην επιφάνεια – ελεύθερο CaCO_3 , συνήθως μαζί και MgCO_3 . Το ποσοστό του ανθρακικού ασβεστίου μπορεί να ποικίλλει πολύ, υπερβαίνοντας σε κάποιες περιπτώσεις και το 50% της εδαφικής στερεής μάζας. Τέτοιου τύπου εδάφη απαντώνται συνήθως σε περιοχές με λίγες βροχοπτώσεις και έντονη εξάτμιση. Στις σχετικά ξηρότερες

περιοχές, κάτω από τον ορίζοντα συσσώρευσης CaCO_3 υπάρχει και συσσώρευση γύψου ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Φυσικά, σε αυτά τα εδάφη υπάρχει και ανταλλάξιμο ασβέστιο σε μεγάλες ποσότητες όπως επίσης και φωσφορικά άλατα του ασβεστίου σε συγκεντρώσεις – τυπικά – της τάξης των μερικών δεκάδων ppm. Πηγή ιόντων ασβεστίου για τα εδάφη αποτελεί η βραδεία αποσάθρωση ασβεστούχων πρωτογενών πυριτικών ορυκτών και η διαλυτοποίηση ασβεστίτη, δολομίτη και γύψου (όταν αυτά τα ορυκτά υπάρχουν στο έδαφος). Η απομάκρυνση ασβεστίου από το έδαφος λαμβάνει χώρα με έκπλυση των ανταλλάξιμων ιόντων του, πρόσληψη (σχετικά μικρή) από τα φυτά. Το ασβέστιο δεν αποτελεί θρεπτικό στοιχείο για τα φυτά, όμως η σε κατάλληλες δόσεις πρόσληψή του συνδέεται με την ανάπτυξή τους.

Έλλειψη ασβεστίου είναι πιθανότερο να παρατηρηθεί στις εξής περιπτώσεις:

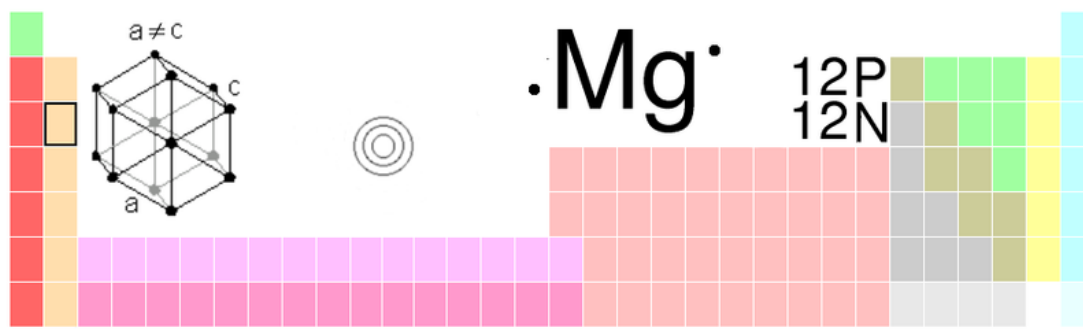
- Ισχυρώς όξινα ανόργανα εδάφη
- Ισχυρώς αλκαλιωμένα (μη αλατούχα) εδάφη
- Εδάφη πτωχά σε οργανική ουσία που είναι αμμώδη ή πολύ περιεκτικά σε οξείδια και καολινίτη.
- Ορισμένα εδάφη πολύ πλούσια σε μαγνήσιο

Μαγνήσιο (Mg)

Γενικά χαρακτηριστικά

Το **Μαγνήσιο** είναι το χημικό στοιχείο με ατομικό αριθμό δώδεκα (12) και χημικό σύμβολο **Mg**. Ο συνηθισμένος βαθμός οξειδωσης του είναι +2. Πρόκειται για ένα μέταλλο αλκαλικών γαιών, το όγδοο (8^ο) κατά σειρά αφθονίας στο φλοιό της Γης (2% κατά βάρος) και το ένατο (9^ο) γενικά στο σύμπαν. Το τελευταίο οφείλεται στο γεγονός ότι σχετικά εύκολα παράγεται από τα υπερκαινοφανή άστρα από την κύρια σειρά πυρηνικών συντήξεων:

υδρογόνο → ήλιο → άνθρακας → μαγνήσιο



Εικόνα 1.7 Περιοδικός πίνακας Mg

Η μεγάλη διαλυτότητα του ιόντος του (Mg^{2+}) στο νερό, το κάνει ακόμη το τρίτο (3^ο) πιο άφθονο διαλυμένο ιόν του θαλασσινού νερού, μετά από αυτά του νατρίου (Na^+) και του χλωρίου (Cl^-), φυσικά.

Το ελεύθερο στοιχείο δεν βρίσκεται στη Γη, επειδή είναι πολύ δραστικό όταν παράγεται, αν και όταν εκτίθεται στην ατμόσφαιρα επικαλύπτεται με ένα λεπτό στρώμα οξειδίου του (MgO) που προστατεύει το εσωτερικό του από την παρά πέρα οξείδωση και γενικά περιορίζει κάπως τη δραστικότητά του.

Με την έκθεσή του ωστόσο σε καθαρό οξυγόνο (O_2) αναφλέγεται εκπέμποντας χαρακτηριστικό έντονο φως, καθιστώντας το ένα χρήσιμο συστατικό για φωτοβολίδες και πυροτεχνήματα. Το μέταλλο πλέον παράγεται κυρίως με ηλεκτρόλυση αλάτων του που παραλαμβάνονται από τη θάλασσα

άλμη και από το δολομίτη. Η κύρια εμπορική χρήση του είναι να σχηματίζει κράματα με αλουμίνιο (Al), που συχνά γι' αυτό ονομάζονται «μαγνάλια» ή «μαγνήλια» (magnalium ή magnelium). Επειδή το μαγνήσιο έχει μικρότερη πυκνότητα από το αλουμίνιο (Al) τα κράματα αυτά είναι προικισμένα με σχετικά μεγάλη ελαφρύτητα και αντοχή.

Στην όψη είναι ένα αργυρόλευκο μέταλλο. Αποτελεί ακόμη εξαιρετικά σημαντικό αντιδραστήριο για τη συνθετική Οργανική Χημεία, γιατί αποτελεί τη βάση των οργανομαγνησιακών ενώσεων που έχουν μια μεγάλη πληθώρα συνθετικών εφαρμογών.

Το κατιόν του μαγνησίου (Mg^{2+}) είναι το δεύτερο ($2^ο$) σε αφθονία κατιόν στο θαλασσινό νερό (περίπου το 12% της μάζας του νατρίου). Αυτό κάνει το θαλασσινό νερό μια ελκυστική εμπορικά πηγή παραγωγής μαγνησίου.

Το Μαγνήσιο στο έδαφος

Το μαγνήσιο στο έδαφος συναντάται κυρίως σαν συστατικό του κρυσταλλικού πλέγματος των σιδηρομαγνησιακών ορυκτών (βιοτίτης, χλωρίτης, κλπ), όπου αυτά εξακολουθούν να υπάρχουν, καθώς και δευτερογενών ορυκτών, π.χ. του δολομίτη. Ιόντα μαγνησίου μπορεί να είναι δεσμευμένα και σε φυλλοπυριτικά ορυκτά (μοντμοριλλονίτης, βερμικουλίτης κ.α.).

Μόνο ένα μικρό ποσοστό του μαγνησίου του εδάφους (το πολύ 1-2%) βρίσκεται σε αυτό με μορφή ανταλλάξιμων κατιόντων. Τα ανταλλάξιμα ιόντα Mg^{2+} προέρχονται από την αποσάθρωση των πετρωμάτων και είτε προσροφώνται, είτε εκπλένονται, είτε απορροφώνται από τις ρίζες των φυτών (σε σχετικά πολύ μικρές ποσότητες που γενικώς καλύπτονται από τους ρυθμούς αναπλήρωσης μέσω της αποσάθρωσης των πετρωμάτων), είτε καταβυθίζονται ως $MgCO_3$.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, όταν λαμβάνει χώρα σύνθεση αργιλοπυριτικών ορυκτών, μπορούν να ενσωματωθούν εκ νέου σε κρυσταλλικά πλέγματα. Σε παράκτιες περιοχές, η βροχή αποτελεί φυσική πηγή μαγνησίου για το έδαφος, καθώς είναι εμπλουτισμένη με θειικό μαγνήσιο θαλάσσιας προέλευσης.

Ύδατα άρδευσης και κοπριές μπορούν επίσης να εμπλουτίσουν ένα καλλιεργούμενο έδαφος σε μαγνήσιο.

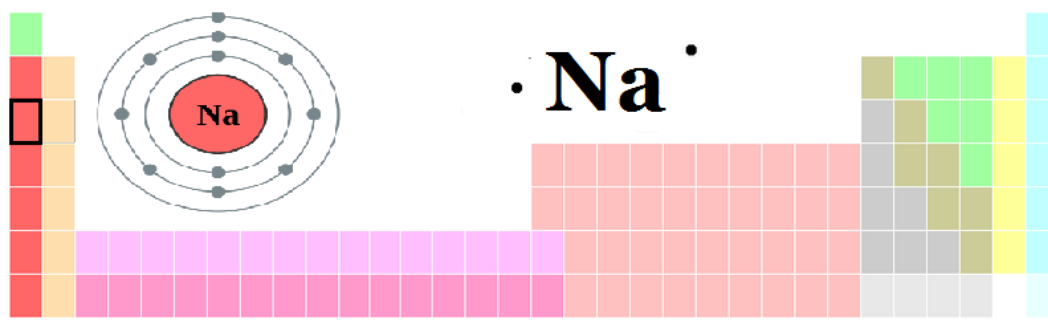
Το μαγνήσιο είναι συστατικό της χλωροφύλλης και σχετίζεται επίσης με το μεταβολισμό του φωσφόρου, την ενεργοποίηση πολλών ενζύμων, τη σύνθεση φυτικών ελαίων και την αναπνοή των κυττάρων. Γενικά, σπάνια παρατηρείται έλλειψη μαγνησίου.

Νάτριο (Na)

Γενικά χαρακτηριστικά

Το χημικό στοιχείο **Νάτριο** [σύμβολο **Na** (λατινικά: *Natrium*)] είναι ένα μαλακό, ασημόλευκο, πολύ δραστικό μέταλλο από την ομάδα των αλκαλίων στον Περιοδικό πίνακα με ατομικό αριθμό 11 και ατομικό βάρος 22,98977 . Έχει θερμοκρασία τήξης 97,72 C° και θερμοκρασία βρασμού 883 C°.

Το νάτριο είναι πολύ διαδομένο στη φύση με τη μορφή χημικών ενώσεων, όπως το χλωριούχο νάτριο, (NaCl, κοινό αλάτι), που βρίσκεται σε πολύ μεγάλες ποσότητες στο θαλασσινό νερό, το νιτρικό νάτριο ή *νίτρο της Χιλής*, που είναι κρυσταλλικό και βρίσκεται μέσα στο έδαφος. Άλλες ενώσεις είναι το υδροξείδιο του νατρίου (NaOH), το ανθρακικό νάτριο (Na₂CO₃) και η μαγειρική σόδα (NaHCO₃). Αποτελεί το περίπου 2.5 % του φλοιού της γης και έτσι είναι το πιο άφθονο αλκάλιο. Επίσης βρίσκεται και στα άστρα.



Εικόνα 1.8 Περιοδικός πίνακας Na

Έχει ατομικό αριθμό 11 και ατομικό βάρος 23 και ειδικό βάρος 0,968. Είναι μαλακό, στερεό, ελατό, ασημόλευκο αλκαλικό μεταλλικό χημικό στοιχείο με υφή σαν του κεριού. Οξειδώνεται όμως γρήγορα στον αέρα. Για να μην οξειδώνεται φυλάγεται μέσα σε παραφινέλαιο ή πετρέλαιο.

Ενώνεται πάρα πολύ εύκολα με τα περισσότερα αμέταλλα και πιο πολύ με το υδρογόνο, τα αλογόνα και το θείο. Διασπά το νερό εν ψυχρώ και δίνει υδρογόνο και καυστικό νάτριο. λόγω της δραστικότητάς του δεν απαντάτε ελεύθερο στη φύση, παρά μόνο σε ενώσεις.

Παρασκευάζεται με ηλεκτρόλυση καυστικού νατρίου ή χλωριούχου νατρίου ή με αναγωγή του ανθρακικού νατρίου με άνθρακα.

Το νάτριο χρησιμοποιείται σαν αναγωγικό μέσο κι επιτρέπει την παρασκευή του πυριτίου και του βόριου. Έχει πολλές χρήσεις στην οργανική χημεία. Απ' τις πολυάριθμες ενώσεις του οι κυριότερες είναι οι εξής: Το αζίδιο και το αμίδιο του νατρίου, το ανθρακικό και το διττανθρακικό νάτριο (σόδα), το υπερβορικό νάτριο, το θειικό νάτριο (άλας του Γκλάουμπερ), το θειούχο νάτριο, το νιτρικό νάτριο, το όξινο θειώδες νάτριο, το υδροξείδιο του νατρίου, το ιωδιούχο νάτριο και το χλωριούχο νάτριο (μαγειρικό αλάτι).

Σίδηρος (Fe)

Γενικά χαρακτηριστικά

Το χημικό στοιχείο **Σίδηρος** (Ferrum) είναι μέταλλο με ατομικό αριθμό 26 και ατομικό βάρος 55,847. Έχει θερμοκρασία τήξης 1535 °C και θερμοκρασία βρασμού 2750 °C. Το χημικό του σύμβολο είναι Fe. Ανήκει στην ομάδα της 1ης κύριας σειράς των στοιχείων μετάπτωσης.

Ο σίδηρος είναι το τέταρτο πιο άφθονο στοιχείο στον στερεό φλοιό της γης μετά το Οξυγόνο(O), το Πυρίτιο (Si) και το Αργίλιο (Al) 1. Επίσης, είναι το μέταλλο με την πιο ευρεία χρήση, κυρίως με τη μορφή των δύο σημαντικότερων κραμάτων του, του χάλυβα (ατσάλι εκ του λατινικού acciaio) και του χυτοσίδηρου. Ο σίδηρος έχει ανακαλυφθεί από την προϊστορία, συγκεκριμένα από την Εποχή του Σιδήρου.

Ο Σίδηρος στο έδαφος

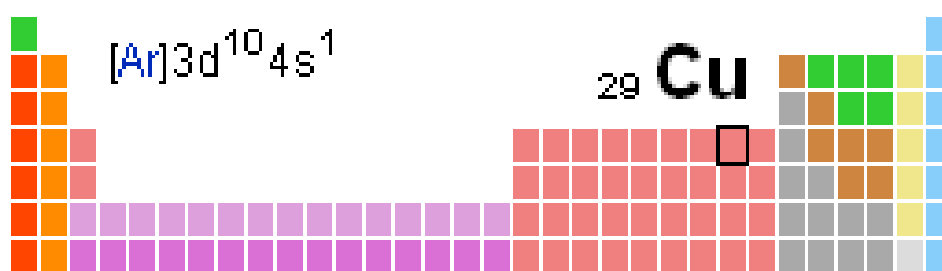
Ο σίδηρος είναι ένα από τα δυσκολότερα στοιχεία για τα φυτά. Ο λόγος είναι οι εύκολες οξειδώσεις και μεταβολές που δέχεται στο έδαφος. Οι κύριες μορφές του είναι ο δισθενής και ο τρισθενής. Η ύπαρξη σιδήρου στο έδαφος βελτιώνει την διαπερατότητα του λόγω της τάσης του να προσκολλάται στα κolloειδή του εδάφους.

Ο σίδηρος είναι απαραίτητος για τον σχηματισμό της χλωροφύλλης, ενώ η έλλειψη του προκαλεί τροφοπενίες. Το κύριο χαρακτηριστικό των τροφοπενιών είναι η μεσονεύρια χλώρωση στα νέα συνήθως φύλλα. Τα φυτά προσλαμβάνουν μόνο τον δισθενή σίδηρο από το έδαφος. Τα σημαντικότερα προβλήματα εμφανίζονται σε εδάφη με pH μεγαλύτερο από 7,5 (βασικά). Σε αυτά τα εδάφη προκαλείται καθίζηση του σιδήρου και μετατροπή του σε υδροξείδιο τρισθενούς που είναι μη αφομοιώσιμο από τα φυτά. Σε περίπτωση τροφοπενίας σιδήρου απαιτείται άμεσα εφαρμογή διαφυλλικά ή με ριζοπότισμα χηλικού σιδήρου.

Χαλκός (Cu)

Γενικά χαρακτηριστικά

Το χημικό στοιχείο **Χαλκός** (Cuprum) είναι μέταλλο με ατομικό αριθμό 29 και ατομικό βάρος 63,546 . Έχει θερμοκρασία τήξης 1084,6 °C και θερμοκρασία βρασμού 2567 °C. Το σύμβολό του είναι **Cu**. Έχει κοκκινωπό χρώμα και είναι όλκιμος και ελατός. Ανήκει στην ομάδα της 1ης κύριας σειράς των στοιχείων μετάπτωσης.



Ο χαλκός ανήκει στην κατηγορία των βαρέων μετάλλων και συγκεκριμένα στην κατηγορία IB του περιοδικού πίνακα. Είναι ευρέως διαδεδομένος στο περιβάλλον, σε διάφορες μορφές. Ο ατομικός αριθμός του χαλκού είναι 29 και το μοριακό του βάρος είναι 63,546 g/mole. Ο χαλκός στην δισθενή του μορφή, Cu^{+2} , δημιουργεί σύμπλοκα με το χλωριόντα, θειικά ιόντα και νιτρικά ιόντα προς σχηματισμό αλάτων, ιδιαίτερα διαλυτών στο νερό. Άλλα αλάτια του χαλκού όπως τα ανθρακικά, υδροξείδια και οξείδια δεν είναι άμεσα διαλυτά στο νερό

Ο χαλκός στο έδαφος

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

Η απομάκρυνση του χαλκού από το έδαφος εξαιτίας της έκπλυσης είναι μηδαμινή, η προσθήκη ποσοτήτων χαλκού στο έδαφος οδηγεί στη δημιουργία υψηλών συγκεντρώσεων με αποτέλεσμα να εμφανίζονται τοξικά συμπτώματα στα φυτά.

Η προσθήκη χαλκού στο έδαφος έχει μακροχρόνια αποτελέσματα. Διαπιστώθηκε ότι τα αποθέματα χαλκού στο έδαφος που προέρχονται από τα λιπάσματα διατηρούνται σε αυτό για χρονικό διάστημα 10 ετών.

Παρατηρούνται 2 βασικές κατηγορίες εδαφών στα οποία συναντάμε συνήθως τοξικά συμπτώματα στα φυτά από χαλκό. Αυτές είναι:

- Εδάφη τα οποία περιέχουν σε μεγάλα ποσοστά ορυκτά και μεταλλεύματα του χαλκού
- Εδάφη με καλλιέργειες που έχουν ψεκαστεί για πολλά χρόνια με χαλκούχα σκευάσματα και κυρίως με το μίγμα «Bordeaux», προκειμένου να αντιμετωπιστούν διάφορες ασθένειες.

Τα ορυκτά του εδάφους έχουν την δυνατότητα να προσροφούν ιόντα χαλκού από υδατικά διαλύματα, ανάλογα με το ηλεκτρικό φορτίο που διαθέτουν το οποίο και ελέγχεται από την τιμή του pH. Το είδος αυτό της προσρόφησης εμφανίζεται κυρίως σε περιπτώσεις όπου τα ορυκτά του εδάφους παρουσιάζουν μεταβλητό φορτίο.

Αναφέρεται ότι οι μεγαλύτερες ποσότητες προσροφημένου χαλκού προσδιορίστηκαν σε οξειδία του σιδήρου και του μαγγανίου (αιματίτης, γκαιτίτης κ.α) στα άμορφα υδροξείδια των στοιχείων αυτών και οι μικρότερες στα ορυκτά της αργίλου (μοντμοριλλονίτης, βερμικουλίτης).

Αναφέρεται επίσης ότι υπάρχει σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στην ποσότητα του χαλκού που προσροφάται και στο άθροισμα των βάσεων που βρίσκονται στην επιφάνεια των εδαφών (0-20cm).

Ο σχηματισμός συμπλόκων μεταξύ του χαλκού και της οργανικής ουσίας του εδάφους είναι η σπουδαιότερη διεργασία που συμβαίνει στο έδαφος. Μεγάλος αριθμός οργανικών ενώσεων έχει την ικανότητα να δημιουργεί τόσο ευδιάλυτα, όσο και αδιάλυτα σύμπλοκα, κυρίως με τα ιόντα του δισθενούς χαλκού.

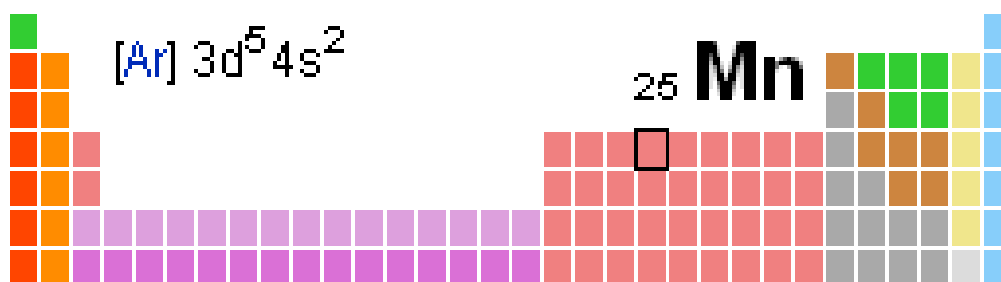
Ο χαλκός βρίσκεται στο έδαφος με τις παρακάτω μορφές:

- Υδατοδιαλυτά ιόντα του μετάλλου, καθώς και ανόργανα και οργανικά σύμπλοκά του στο εδαφικό διάλυμα (HCO_3^-).
- Ανταλλάξιμος χαλκός, όπου ενώσεις του συγκρατούνται στην επιφάνεια της στερεής φάσης του εδάφους
- Σταθερά οργανικά σύμπλοκα με την οργανική ουσία
- Προσροφημένος χαλκός στα κολλοειδή σωματίδια της αργίλου ή των χουμικών οξέων
- Χαλκός που είναι δεσμευμένος στο κρυσταλλικό πλέγμα των ορυκτών του εδάφους

Μαγγάνιο (Mn)

Γενικά χαρακτηριστικά

Το χημικό στοιχείο **Μαγγάνιο** (Manganum) είναι μέταλλο με ατομικό αριθμό 25 και ατομικό βάρος 54,9380 . Έχει θερμοκρασία τήξης 1245 C° και θερμοκρασία βρασμού 1962 C°. Το σύμβολό του είναι **Mn**. Ανήκει στην ομάδα της 1ης κύριας σειράς των στοιχείων μετάπτωσης. Μπορεί να βρεθεί σε ελεύθερη μορφή στη φύση (συνήθως σε συνδυασμό με το σίδηρο) και σε πολλά μεταλλεύματα. Ως ελεύθερο στοιχείο, το μαγγάνιο είναι μέταλλο και έχει σημαντική βιομηχανική χρήση, όταν είναι σε κράματα, ειδικά στο ανοξείδωτο ατσάλι.



Εικόνα 1.9 Περιοδικός πίνακας Mn

Το Mn είναι το δέκατο σε σειρά αφθονίας ανόργανο στοιχείο που απαντάται στα ανώτερα στρώματα του στερεού φλοιού της γης. Οι υψηλές συγκεντρώσεις του Mn στα πετρώματα (350-2000 mg Kg⁻¹) οφείλονται όχι μόνο στο ότι αποτελεί βασικό δομικό συστατικό για περισσότερα από 250 ορυκτά, αλλά κυρίως στην ικανότητα του Mn⁺² να αντικαθιστά διάφορα άλλα ιόντα, όπως ο Fe⁺² και το Mg⁺², σε άλλα ορυκτά.

Μάλιστα, η παρουσία του Mn στα πετρώματα σχετίζεται άμεσα με την περιεκτικότητά τους σε σιδηρομαγνησιούχα ορυκτά, ανεξάρτητα από τον τύπο του πετρώματος (πυριγενές, ιζηματογενές ή μεταμορφωσιγενές). Έτσι, εδάφη που αναπτύχθηκαν από πλούσια σε Fe και Mg πυριγενή πετρώματα (> 1000 mg Mn Kg⁻¹) ή από επίσης πλούσιους σε Fe και Mg ιζηματογενείς αργιλλικούς σχιστόλιθους (600 mg Mn Kg⁻¹), είναι πιθανότερο να περιέχουν περισσότερο

Μη από ότι τα εδάφη εκείνα που προέκυψαν από γρανίτες ($400 \text{ mg Mn Kg}^{-1}$) ή ψαμμίτες ($170 \text{ mg Mn Kg}^{-1}$) (γρανίτης: πυριγενές πέτρωμα, ψαμμίτης: ιζηματογενές πέτρωμα).

Το Μαγγάνιο στο έδαφος

Τα σθένη με τα οποία εμφανίζεται συνήθως το Μn στο έδαφος, στα πετρώματα και στα ορυκτά είναι τρία: +2, +3 και +4. Η μέση συγκέντρωση του Μn σε ένα έδαφος ανέρχεται στα 650 mg Kg^{-1} . Ειδικότερα, το μεγαλύτερο τμήμα του Μn που περιέχεται σε ένα έδαφος αντιστοιχεί στο ρόλο που επιτελεί ως δομικό συστατικό πλήθους πρωτογενών και δευτερογενών ορυκτών.

Από το υπόλοιπο Μn του εδάφους, ένα τμήμα βρίσκεται στο εδαφικό διάλυμα, ένα άλλο τμήμα είναι προσροφημένο στις επιφάνειες της οργανικής ουσίας και των ορυκτών, και ένα τρίτο τμήμα αντιπροσωπεύει την ποσότητα εκείνη του Μn που είναι ενσωματωμένη στην οργανική ουσία και σε διάφορους μικροοργανισμούς που ζουν και αναπτύσσονται εντός του εδάφους.

Σημειώνεται ότι, οι κυριότερες μορφές του Μn στα εδάφη, που είναι υπεύθυνες για την τροφοδοσία των ριζών των φυτών με Mn^{+2} , είναι τρεις:

- α) το ανταλλάξιμο Μn,
- β) το οργανικό Μn (δηλαδή εκείνο που είναι ενωμένο με την οργανική ουσία και τις ελεύθερες οργανικές ενώσεις του εδάφους) και
- γ) τα οξειδία και τα υδροξειδία του Μn.

Κοινό χαρακτηριστικό των διαφόρων ενώσεων του Μn στο έδαφος είναι η ευκολία με την οποία οξειδώνονται και ανάγονται ανάλογα με τις συνθήκες που διαμορφώνονται κάθε στιγμή σε αυτό. Έτσι, οξειδωτικές συνθήκες οδηγούν σε ταχύτατη μείωση του διαθέσιμου για τα φυτά Μn. Αντίθετα,

αναγωγικές εδαφικές συνθήκες αυξάνουν πάρα πολύ τις συγκεντρώσεις του διαθέσιμου Mn.

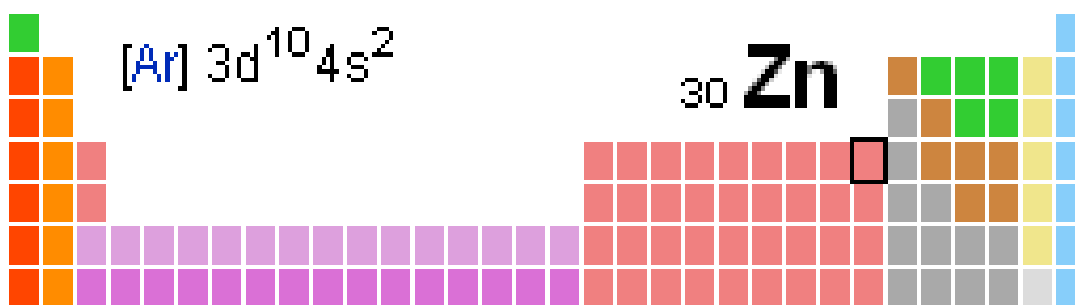
Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά την αναγωγή των οξειδίων του Mn χάνεται το αρνητικό φορτίο της επιφάνεια τους και κατά συνέπεια μειώνεται η ικανότητα του εδάφους να προσροφά κατιόντα. Παράλληλα, αυξάνεται η συγκέντρωση των δισθενών ιόντων του Mn στο εδαφικό διάλυμα και ως εκ τούτου αυξάνεται ο ανταγωνισμός μεταξύ του Mn και άλλων κατιόντων (Fe, Zn, Al, Cu, Ca, Mg) ως προς την κατάληψη των θέσεων εναλλαγής στα κolloειδή της αργίλλου και στην οργανική ουσία.

Επομένως, όταν σε ένα έδαφος επικρατούν έντονα αναγωγικές συνθήκες αναμένεται όχι μόνο απότομη αύξηση του Mn^{+2} στο εδαφικό διάλυμα, που σε αρκετές περιπτώσεις μπορεί να αποβεί μοιραία για κάποιες καλλιέργειες (τοξική επίδραση), αλλά και αύξηση των πιθανοτήτων απώλειας σημαντικών ποσοτήτων Mn και άλλων στοιχείων, μέσω έκπλυσης.

Ψευδάργυρος (Zn)

Γενικά χαρακτηριστικά

Ο **ψευδάργυρος** είναι απαραίτητο θρεπτικό στοιχείο σε μικρές ποσότητες στον άνθρωπο, στα ζώα και στα φυτά. Επίσης έχει υπολογιστεί ότι η μέση συνιστώμενη ποσότητα για τους ενήλικες είναι 15mg **Zn** ανά ημέρα. Ο ψευδάργυρος ενεργεί ως καταλύτης, αλλά και ως δομικό συστατικό, σε μεγάλο αριθμό ενζύμων τα οποία συμμετέχουν στο μεταβολισμό των ζωντανών οργανισμών. Το χαρακτηριστικό της έλλειψης Zn στους ανθρώπους και τα ζώα είναι η ανορεξία, η αναστολή της ανάπτυξης, η εμφάνιση δερματικών εξανθημάτων και σε αρκετές περιπτώσεις η κατάθλιψη.



Εικόνα 1.10 Περιοδικός πίνακας Zn

Ο ψευδάργυρος στο έδαφος

Τα είδη εδαφών στα οποία είναι δυνατό να παρατηρηθούν τροφοπενίες ψευδαργύρου είναι τα εξής:

- Σε εδάφη τα οποία είναι όξινα και πολύ ξεπλυμένα.
- Σε εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, διότι το ποσοστό του υδατοδιαλυτού Zn αυξάνεται με την αύξηση του ποσοστού της οργανικής ουσίας του εδάφους.

- Σε εδάφη ουδέτερα ή αλκαλικά. Το ποσοστό του Zn που είναι διαθέσιμο στα φυτά μειώνεται με την ανύψωση της τιμής του pH του εδάφους εξαιτίας της αυξημένη προσρόφησης του Zn από τις αρνητικά φορτισμένες επιφάνειες του εδάφους.
- Σε εδάφη με χαμηλές θερμοκρασίες ελαττώνεται η πρόσληψη του Zn από τα φυτά, κυρίως λόγω της μικρότερης ανάπτυξης των ριζών.
- Σε εδάφη με υψηλές συγκεντρώσεις φωσφόρου ελαττώνεται η διαθεσιμότητα και η πρόσληψη του ψευδαργύρου από τα φυτά. Μεταξύ των στοιχείων ψευδαργύρου και φωσφόρου αναπτύσσονται έντονα ανταγωνιστικά φαινόμενα. Η ανταγωνιστική δράση ψευδαργύρου με το φώσφορο σχετίζεται με τις χημικές αντιδράσεις που συμβαίνουν στη ριζόσφαιρα.

Όταν οι συγκεντρώσεις των στοιχείων σιδήρου, χαλκού, αζώτου και ασβεστίου είναι υψηλές δημιουργούν ανταγωνιστικά δράση με τον Zn με αποτέλεσμα τη μείωση ικανότητας των φυτών να προσλαμβάνουν Zn. Η εμφάνιση τροφοπενιών Zn εξαρτάται από το είδος του φυτού.

Τοξικά φαινόμενα στα φυτά όπως είναι τα προβλήματα στην ανάπτυξη τους, παρουσιάζονται σε όξινα εδάφη με μεγάλο ποσοστό οργανικής ουσίας καθώς επίσης και σε εδάφη που είναι ρυπασμένα από Zn προερχόμενου από επιμεταλλώσεις. Τα εδάφη τα οποία έχουν προκύψει από αποσάθρωση μητρικών πετρωμάτων που είναι πλούσια σε ψευδάργυρο, αποτελούν άλλη μια κατηγορία των εδαφών αυτών.

Ο Ζη εμφανίζεται με τις εξής μορφές στο έδαφος :

- Υδατοδιαλυτές μορφές Ζη. Οι μορφές αυτές αποτελούν το σύνολο των ενώσεων του Ζη που βρίσκονται στο εδαφικό διάλυμα.
- Ανταλλάξιμες μορφές Ζη. Οι ανταλλάξιμες μορφές του Ζη συγκρατούνται στη στερεή φάση του εδάφους.
- Συμπλοκοποιημένες μορφές Ζη. Οι μορφές αυτές του Ζη δημιουργούν συμπλοκές ενώσεις με οργανικούς υποκαταστάτες. Στην ίδια κατηγορία περιλαμβάνονται οι ενώσεις του μετάλλου που είναι προσροφημένες στην οργανική ουσία.
- Μορφές Ζη που είναι προσροφημένες-δεσμευμένες από τα ορυκτά της αργίλου και από τα αδιάλυτα μεταλλικά οξείδια.
- Μορφές του Ζη σε μητρικά μεταλλικά οξείδια.
- Μορφές του Ζη σε μητρικά πετρώματα.

Η προσρόφηση του Ζη από το έδαφος γίνεται με δυο διαφορετικούς μηχανισμούς. Ο ένας μηχανισμός αναφέρεται σε όξινο περιβάλλον που εξαρτάται από τις επιφάνειες ιονανταλλαγές και ο άλλος σε αλκαλικό περιβάλλον ο οποίος θεωρείται χημειορόφηση. Η χημειορόφηση εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την παρουσία στο εδαφικό διάλυμα οργανικών υποκαταστάτων.

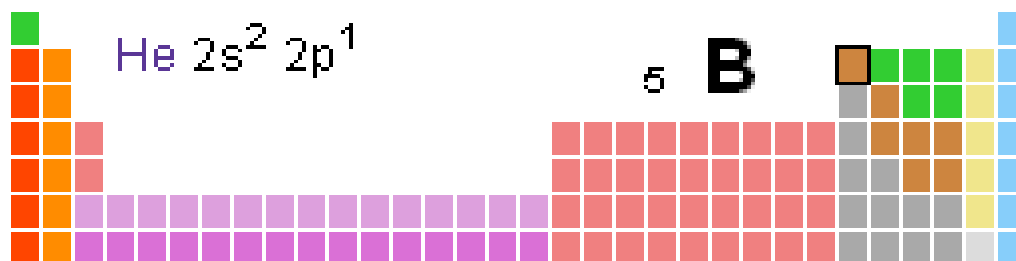
Η μεγαλύτερη ποσότητα του Ζη συγκρατείται από τα οξείδια του σιδήρου και του αργιλίου (σε ποσοστό 13-38%), από τα ορυκτά της αργίλου (24-63%), ενώ οι υδατοδιαλυτές ενώσεις ανέρχονται σε 1 μέχρι 20%, και τα δε σύμπλοκα με τις οργανικές ενώσεις σε ποσοστό 1,5 έως 2,3% της συνολικής ποσότητας του Ζη στο έδαφος.

Μελετώντας το σχηματισμό συμπλόκων του ψευδαργύρου με τις οργανικές ενώσεις του χούμου ως συνάρτηση της τιμής pH, διαπιστώνεται ότι η συμπεριφορά του ψευδαργύρου καθορίζεται από την τιμή του pH και από την ποσότητα της οργανικής ουσίας του εδάφους.

Βόριο (B)

Γενικά χαρακτηριστικά

Το **βόριο** είναι το χημικό στοιχείο με σύμβολο B και ατομικό αριθμό 5. Είναι το πρώτο μέλος και το μοναδικό αμέταλλο στοιχείο της 13 (III_A) ομάδας του περιοδικού πίνακα των στοιχείων. Παρουσιάζει αρκετές αλλοτροπικές μορφές, που όλες είναι στερεές. Είναι στερεό, είτε κρυσταλλικό είτε άμορφο, με χημικές ιδιότητες που το κατατάσσουν στην ιδιαίτερη ομάδα των μεταλλοειδών, δηλαδή χημικών στοιχείων που άλλοτε συμπεριφέρονται ως μέταλλα και άλλοτε ως αμέταλλα.



Εικόνα 1.11 Περιοδικός πίνακας B

Το άμορφο βόριο έχει μορφή καφέ σκόνης, ενώ το κρυσταλλικό είναι μαύρο και πολύ σκληρό (έχει σκληρότητα 9,13/12 στην κλίμακα Mohs).

Στο φλοιό της Γης δεν βρέθηκε ποτέ ελεύθερο, δηλαδή σε στοιχειακή μορφή, παρά μόνο σε ενώσεις με άλλα χημικά στοιχεία κυρίως με τη μορφή του ορυκτού βόρακα (τετραβορικό νάτριο).

Το βόριο είναι ένα απαραίτητο διατροφικό στοιχείο για τα φυτά, αν και όταν βρίσκεται σε υψηλές συγκεντρώσεις στο έδαφος γίνεται τοξικό.

Το Βόριο στο έδαφος

Το βόριο μπορεί να υπάρχει στο έδαφος:

- ως συστατικό των πρωτογενών ορυκτών όπως ο τουρμαλίνης
- δεσμευμένο εντός του πλέγματος των ορυκτών της αργίλλου
- προσροφημένο στα ορυκτά της αργίλλου, στην επιφάνεια των ένυδρων οξειδίων και στην οργανική ουσία
- στο εδαφικό διάλυμα συνήθως ως βορικό οξύ ή βορικό ανιόν
- ως συστατικό της οργανικής ουσίας και των μικροοργανισμών

Η συγκέντρωση του βορίου στα πετρώματα κυμαίνεται από 10 έως 20 mg Kg⁻¹. Η συνολική του όμως συγκέντρωση σ' ένα έδαφος μπορεί να φθάνει τα 200 mg Kg⁻¹ και εξαρτάται από το μητρικό πέτρωμα και τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής.

Συγκριτικά με τα άλλα θρεπτικά στοιχεία, η χημεία του βορίου στο έδαφος είναι πολύ απλή μιας και δεν υφίσταται αντιδράσεις οξειδωσης ή αναγωγής ή αντιδράσεις εξαέρωσης στα εδάφη. Με την αποσάθρωση των βοριούχων πετρωμάτων επιτυγχάνεται η κινητοποίηση του βορίου και η είσοδος του στο εδαφικό διάλυμα με τη μορφή H₃BO₃ (βορικού οξέος). Στη συνέχεια το βορικό οξύ μπορεί:

- να παραμείνει ως μη ιονισμένο μόριο (H₃BO₃), pH<7.

Ως τέτοιο είναι δυνατό να απορροφηθεί από τις ρίζες των φυτών, να εκπλυθεί, να προσροφηθεί στην οργανική ουσία του εδάφους και στα διάφορα ανόργανα συστατικά του εδάφους ή να ενωθεί με διάφορα άλλα ιόντα

σχηματίζοντας όμως ενώσεις αρκετά διαλυτές, με αποτέλεσμα το βόριο να είναι στην ουσία διαθέσιμο κάθε στιγμή.

Το βόριο είναι το μοναδικό στοιχείο, μεταξύ των θεμελιωδών για την αύξηση των φυτών, του οποίου η κινητικότητα μέσα στο φυτό διαφέρει πάρα πολύ μεταξύ των φυτικών ειδών. Υπάρχουν αρκετά είδη στο φλοιώμα των οποίων η κίνηση του βορίου είναι περιορισμένη και άλλα στα οποία το βόριο κινείται ελεύθερα. Στην πρώτη περίπτωση το βόριο είναι δυσκίνητο και κατά συνέπεια έχει την τάση να συσσωρεύεται στα φύλλα και κυρίως στην περιφέρεια του ελάσματος τους. Αντίθετα στη δεύτερη περίπτωση το βόριο είναι ευκίνητο και κατά συνέπεια συσσωρεύεται στα άνθη, στους καρπούς και στους βλαστούς.

Το βόριο σχηματίζει σύμπλοκα με τις πολυόλες (μαννιτόλη, σορβιτόλη) και ως σύμπλοκο μεταφέρεται μέσα στο φλοιώμα όλων των φυτικών ειδών, όπου βέβαια αυτές αποτελούν τις κυριότερες μορφές παραγωγής και μεταφοράς των προϊόντων της φωτοσύνθεσης. Η παρουσία όμως και μόνο αυτών των πολυολών δεν είναι αρκετή για να προβλέψουμε με ακρίβεια την κινητικότητα του βορίου σε κάποιο φυτικό είδος. Αυτό συμβαίνει επειδή τόσο η σύνθεση όσο και η κατανομή των πολυολών επηρεάζεται από περιβαλλοντικούς και λοιπούς παράγοντες. Με τη μορφή σορβιτόλης μεταφέρεται το 60-90% του άνθρακα από τα φύλλα δένδρων που ανήκουν στις οικογένειες *Rosaceae* (*Prunus*, *Malus*, *Pyrus*) προς τα σημεία εκείνα που τα έχουν ανάγκη. Αντίθετα, σε φυτά που ανήκουν στις οικογένειες *Apiaceae* (καρότο, σέλινο, μαϊντανός) και *Rubiaceae* (καφεόδενδρο) κυριαρχεί η μαννιτόλη.

Στα περισσότερα όμως φυτικά είδη όπου η σουκρόζη είναι η κυριότερη μορφή μεταφοράς των υδατανθράκων, το βόριο είναι δυσκίνητο και η κατανομή του τόσο μεταξύ των διαφόρων φυτικών οργάνων όσο και εντός του ίδιου φυτικού οργάνου είναι ανομοιόμορφη. Υπό συνθήκες τοξικότητας

βορίου, η συγκέντρωσή του στην κορυφή του ελάσματος φύλλων εσπεριδοειδών ήταν μέχρι και 100 φορές μεγαλύτερη από αυτή στους μίσχους.

Μελετώντας την κατανομή του βορίου σε φύλλα ακτινιδιάς βρήκε συγκριτικά υψηλότερες συγκεντρώσεις στην περιφέρεια του ελάσματος, ενδιάμεσες στο υπόλοιπο τμήμα του ελάσματος και πολύ μικρές στους μίσχους. Οι Brown και Shelρ βρήκαν ότι οι συγκεντρώσεις του βορίου ακολουθούν τη σειρά:

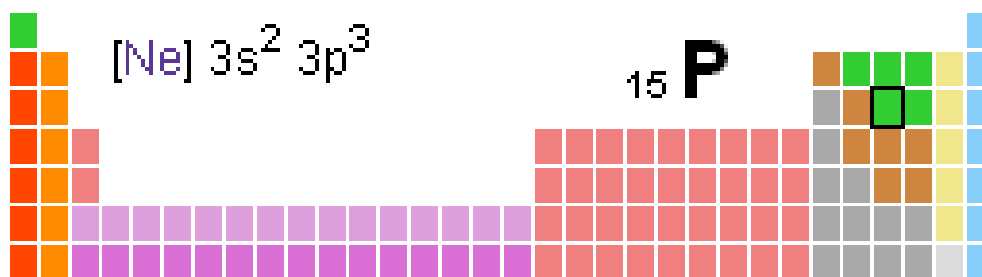
παλαιά φύλλα > ώριμα φύλλα > νεοεκπυσσόμενα φύλλα > καρποί > σπέρματα.

Σε αντίθεση με τα παραπάνω η κατανομή του βορίου σε φυτά πλούσια σε πολυόλες είναι πολύ διαφορετική, λόγω της ευκινησίας του βορίου στο φλοιώμα τους. Το βόριο κατανέμεται ομοιόμορφα στις διάφορες περιοχές των φύλλων, ενώ με βάση την ηλικία τους οι συγκεντρώσεις του βορίου ακολουθούν τη σειρά: νεοεκπυσσόμενα φύλλα > ώριμα φύλλα > παλαιά φύλλα. Τέλος η συγκέντρωσή του στους καρπούς είναι ίση ή και μεγαλύτερη από αυτή των φύλλων.

1.8 Ανταλλάξιμος Φώσφορος

Γενικά χαρακτηριστικά

Ο **Φωσφόρος** (Phosphorus) είναι το αμέταλλο χημικό στοιχείο με χημικό σύμβολο **P**, ατομικό αριθμό 15 και ατομικό βάρος 30,97376. Πρόκειται για ένα χημικό στοιχείο της ομάδας του αζώτου (V_A ή 15) με τέσσερις (4) πιο γνωστές στερεές αλλοτροπικές μορφές. Οι δυο κυριότερες από αυτές είναι ο λευκός και ο ερυθρός φωσφόρος. Η χαρακτηριστική ιδιότητα του φωσφορισμού σχετίζεται μόνο με το λευκό φωσφόρο.



Εικόνα 1.12 Περιοδικός πίνακας P

Πρόκειται για εξαιρετικά δραστικό στοιχείο και γι' αυτό ποτέ δεν βρέθηκε σε στοιχειακή κατάσταση στη φύση της Γης. Συνήθως βρίσκεται σε φωσφορούχα πετρώματα, αλλά αποτελεί σημαντικό συστατικό και σημαντικών βιοχημικά (και όχι μόνο) οργανοφωσφορικών ενώσεων, όπως (μεταξύ άλλων) το DNA, το RNA, η ATP και η ADP. Είναι απαραίτητο στοιχείο για κάθε γνωστό ζωντανό κύτταρο.

Ο Φώσφορος στο έδαφος

Η μέση περιεκτικότητα των εδαφών σε φώσφορο κυμαίνεται συνήθως γύρω από το 0,5% αλλά συχνά είναι δυνατόν να είναι πολύ μεγαλύτερη ή μικρότερη. Στα ανώτερα στρώματα, συνήθως ένα ποσοστό λίγο μεγαλύτερο του 50% του ολικού φωσφόρου είναι σε ανόργανη μορφή. Τα φωσφορούχα συστατικά είναι – γενικώς – δυσδιάλυτα ή αδιάλυτα, έτσι ο φώσφορος εντοπίζεται κυρίως στη στερεή φάση. Οι συγκεντρώσεις φωσφόρου στο

εδαφικό διάλυμα (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} κλπ – ή σύμπλοκα π.χ. $\text{FeH}_2\text{PO}_4^{2+}$, $\text{Al}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$, $\text{CaH}_2\text{PO}_4^+$ - ανάλογα με το pH και άλλες παραμέτρους ισορροπίας) είναι χαμηλές (τυπικά $<1\text{ppm}$). Στη στερεή φάση, ο φώσφορος απαντάται κυρίως σε ανόργανες ενώσεις προσροφημένες στην άργιλλο ή σε κρυστάλλους CaCO_3 , σε κρυστάλλους φωσφορούχων ορυκτών όπως π.χ. του φθοριοαπατίτη $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ (κάποιες φορές μικρές ποσότητες είναι ενσωματωμένες στο κρυσταλλικό πλέγμα και αργιλοπυριτικών ορυκτών) και σε φωσφορούχες οργανικές ενώσεις. Ποσότητες φωσφορικών ανιόντων προσροφώνται στην επιφάνεια αργιλλικών κόκκων σε ισορροπία με το εδαφικό διάλυμα. Σε αντίθεση με το άζωτο, η μοναδική φυσική πηγή φωσφόρου για το έδαφος είναι τα φωσφορικά ορυκτά των μητρικών υλικών και ιδιαίτερα το αφθονότερο από αυτά, ο φθοριοαπατίτης.

Ο φώσφορος είναι ένα από τα βασικά θρεπτικά συστατικά του εδάφους, απαραίτητος για την ανάπτυξη και τη γενικότερη υγεία των φυτών και την αυξημένη απόδοση των καλλιεργειών. Οι ρίζες προσλαμβάνουν τον φώσφορο υπό τη μορφή των ιόντων H_2PO_4^- και HPO_4^{2-} εξαντλώντας γρήγορα το εδαφικό διάλυμα, καθώς η αναπλήρωση του διαλυτού φωσφόρου μέσω εκρόφησης ή και αναδιαλύτωσης είναι σχετικά αργή (μόνο ένα μέρος του φωσφόρου της στερεής φάσης είναι εύκολα κινητοποιήσιμος φώσφορος).

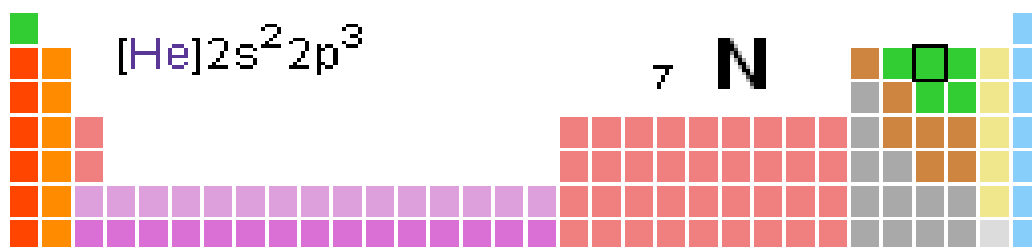
Τα φωσφορούχα λιπάσματα περιέχουν κατά κύριο λόγο δισόξινο φωσφορικό ασβέστιο $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ το οποίο είναι ευδιάλυτο και εμπλουτίζει άμεσα το εδαφικό διάλυμα σε φώσφορο, αλλά ο φώσφορος αντιδρά σχετικά γρήγορα με τα ανόργανα συστατικά του εδάφους και ακινητοποιείται καθώς μετατρέπεται σε δυσδιάλυτες-αδιάλυτες μορφές.

Απώλειες φωσφόρου από το έδαφος πραγματοποιούνται λόγω της πρόσληψής του από τα φυτά, μέσω έκπλυσης και λόγω διάβρωσης. Λόγω της μικρής συγκέντρωσης του στο εδαφικό διάλυμα, η συγκέντρωση φωσφόρου στο έδαφος μειώνεται με πολύ αργό ρυθμό όταν δεν αναπτύσσονται φυτά σε αυτό.

1.9 Άζωτο

Γενικά χαρακτηριστικά

Το **άζωτο** (Nitrogenium) είναι χημικό στοιχείο που ανήκει στα αμέταλλα, έχει σύμβολο το N και ατομικό αριθμό 7. Στη συνηθισμένη στοιχειακή του μορφή και κάτω από κανονικές Συνθήκες είναι διατομικό αέριο, άχρωμο, άοσμο, άγευστο και σχετικά αδρανές στις Κ.Σ. Η λέξη **άζωτο** προέρχεται ετυμολογικά από τις λέξεις «α-» (στερητικό) και «ζωή». Έχει την έννοια ότι δεν υποστηρίζει τη ζωή, όπως το οξυγόνο.



Εικόνα 1.13 Περιοδικός πίνακας N

Είναι το πιο διαδεδομένο χημικό στοιχείο του ατμοσφαιρικού αέρα της Γης, αποτελώντας το 78% του όγκου του και απαραίτητο συστατικό όλων των ζωντανών οργανισμών. Θεωρείται το πέμπτο πιο διαδεδομένο συστατικό του σύμπαντος.

Ελεύθερο άζωτο («**διάζωτο**», εφόσον αποτελείται από διατομικά μόρια) έχει βρεθεί σε μετεωρίτες, στον ήλιο και άλλα άστρα και νεφελώματα, ενώ είναι βασικό συστατικό της ατμόσφαιρας του Τιτάνα. Ενωμένο βρίσκεται σε όλους τους ζωντανούς ιστούς με τη μορφή πρωτεϊνών, αμινοξέων και άλλων χημικών ενώσεων. Επίσης, στην ατμόσφαιρα, στο νερό της βροχής και των θαλασσών, στο έδαφος και στα περιττώματα των ζώων με τη μορφή οξειδίων, αμμωνίας, νιτρικού οξέος, νιτρικών και αμμωνιακών αλάτων.

Σχηματίζει πολλές σημαντικές βιομηχανικά, βιοχημικά χημικές ενώσεις, όπως (εκτός από τις αναφερόμενες παραπάνω) νιτροενώσεις, αμίνες, αμινοξέα, νιτρίλια, νουκλεϊκά οξέα, καθώς και πλήθος άλλων ανόργανων και οργανικών ενώσεων. Η νανοτεχνολογία ερευνά εφαρμογές σε διάφορες τεχνητές αλλοτροπικές μορφές και χημικές ενώσεις μοριακού μεγέθους της τάξης των νανομέτρων.

Το Άζωτο στο έδαφος

Η περιεκτικότητα σε ολικό άζωτο μπορεί να ποικίλλει πολύ στα διάφορα εδάφη ή σε διαφορετικά βάρη του ίδιου εδάφους. Συνήθως, το επιφανειακό στρώμα καλλιεργούμενων εδαφών περιέχει άζωτο από 0,05% ως 0,4% κ.β. ενώ στο υπέδαφος το ποσοστό του αζώτου μπορεί να είναι και κάτω από 0,02%. Οι κυριότεροι παράγοντες που καθορίζουν την περιεκτικότητα του εδάφους σε άζωτο είναι το κλίμα, η βλάστηση, οι συνθήκες στραγγίσεως και η μηχανική σύσταση του εδαφικού υλικού. Πολύ μικρή ποσότητα (περίπου το 2%) από το ολικό άζωτο του επιφανειακού εδάφους βρίσκεται σε ανόργανη μορφή: Κυρίως NH_4^+ και NO_3^- και λίγα NO_2^- , με τα περισσότερα αμμωνιακά να είναι προσροφημένα ενώ τα ανιόντα βρίσκονται στο υδατικό διάλυμα.

Το άζωτο είναι σημαντικότερο συστατικό του εδάφους, ένα από τα βασικά θρεπτικά συστατικά του. Άζωτο αφαιρείται από το έδαφος με τη συγκομιδή των αγροτικών προϊόντων, με απονιτροποίηση, με διάβρωση και με την έκπλυσή του και μεταφορά του σε βαθύτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής, ενώ προστίθεται σε αυτό με τη μορφή λιπασμάτων (τεχνητά, κοπριά), τη βροχόπτωση (ενυδατωμένα οξείδια του αζώτου) και – κυρίως – με τη βιολογική δέσμευσή του.

Η αζωτοδέσμευση είναι όρος που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή του μοριακού αζώτου, το οποίο αποτελεί το 79% του ατμοσφαιρικού αέρα αλλά σε αυτή τη μορφή είναι αδρανές, σε μορφή ανόργανης χημικής ουσίας ή ελεύθερης ρίζας (π.χ. NH_2OH , NH_4^+ , NO_3^-). Στη φύση, η αζωτοδέσμευση γίνεται από μερικά γένη βακτηρίων, φωτοσυνθετικών, αερόβιων και αναερόβιων, τα

οποία μπορεί να συμβιώνουν σε ξενιστές ή ελεύθερα στο έδαφος και στο νερό. Το αρχικό προϊόν όλων αυτών των μικροοργανισμών είναι η αμμωνία.

Παρά την αφθονία του αζώτου στη φύση, είναι θρεπτικό στοιχείο που συνήθως βρίσκεται σε ανεπαρκείς ποσότητες για τις καλλιέργειες. Η οργανική ουσία του εδάφους περιέχει άζωτο το οποίο μπορεί να είναι δεσμευμένο σε ενώσεις που διασπώνται εύκολα ή στον χούμο που αποτελείται από ενώσεις ανθεκτικές σε περαιτέρω διάσπαση.

Στην οργανική ουσία, μία σημαντική παράμετρος που επηρεάζει – μεταξύ άλλων – τον κύκλο του αζώτου είναι η αναλογία στην περιεκτικότητα άνθρακα-αζώτου (λόγος C/N).

- C/N>30: το εδαφικό άζωτο ακινητοποιείται
- C/N μεταξύ 20-30: το άζωτο ούτε ακινητοποιείται ούτε απελευθερώνεται
- C/N<20: το άζωτο απελευθερώνεται με διάσπαση της οργανικής ουσίας

Η ανοργανοποίηση των αζωτούχων οργανικών ενώσεων γίνεται σε τρία στάδια:

1. Αμινοποίηση
2. Αμμωνιοποίηση
3. Νιτροποίηση

Τα νιτρικά ιόντα (NO_3^-) που βρίσκονται στο εδαφικό διάλυμα μπορεί να προκαλέσουν πρόβλημα νιτρορύπανσης όταν οι βροχοπτώσεις ή οι αρδεύσεις εφοδιάζουν το έδαφος με ποσότητες νερού που υπερβαίνουν την εξατμισοδιαπνοή και ποσότητα του ύδατος απομακρύνεται με την επιφανειακή απορροή προς λίμνες, ποτάμια και θάλασσες ή διηθείται στα βαθύτερα στρώματα καταλήγοντας σε υπόγεια και επιφανειακά ύδατα.

2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 Περιοχή Αγρινίου

Σύμφωνα με τον Μπαρούχα (2004), η περιοχή της πεδιάδας του Αγρινίου ανήκει στην Αδριατικό-Ιόνιο ζώνη και χαρακτηρίζεται από πρόσφατες αλλουβιακές αποθέσεις πλειστοκαίνου ηλικίας και νεώτερες. Τα υλικά αυτά μεταφέρθηκαν κυρίως από τους ποταμούς Αχελώο και Ερμίτσα και άλλους χείμαρρους όπως ο “Κατουρλής”.

Ο ποταμός Αχελώος πηγάζει από τα όρη Λάκμωνος και Περιστερί νότια και νοτιοδυτικά του Μετσόβου. Διέρχεται μεταξύ των Οροσειρών Λάκμωνος, τα Τσουμέρικα και την Πίνδο. Από το όρος Γαβρόβου εισέρχεται στην περιοχή Αιτωλίας, στην επαρχία Βάλτου και αφού τελικά διασχίσει μια ολική διαδρομή 250 περίπου χιλιομέτρων εκβάλλει στο Ιόνιο πέλαγος, δυτικά του Μεσολογγίου.

Οι τρεις κύριοι παραπόταμοι του Αχελώου είναι ο Ασπροπόταμος (μήκους 148 χιλ.), ο Αγραφιώτης (μήκους 46 χιλ.) και ο Μέγδοβας (μήκους 90 χιλ.) οι οποίοι αποτελούν την ανώτερη λεκάνη απορροής του Αχελώου και συμβάλλουν στην τεχνητή λίμνη των Κρεμαστών. Κατά την πορεία του ο Αχελώος διασχίζει κυρίως τις γεωλογικές ζώνες Ολωνού-Πίνδου στο βόρειο τμήμα και την Αδριατικο-Ιόνιο ζώνη που αποτελεί το μεγαλύτερο τμήμα της λεκάνης απορροής. Η ζώνη Ολωνού-Πίνδου αντιπροσωπεύεται από τεφρολεύκους ασβεστόλιθους που εγκλείουν κερατολιθικούς κονδύλους και σχιστοκερατόλιθους ερυθρού ή πρασίνου χρώματος, που απαντούν σε λεπτά εναλλασσόμενα στρώματα με λεπτές παρεμβολές δολομιτικών ασβεστολίθων.

Η Αδριατικο-Ιόνιος ζώνη αποτέλεσε μια βαθιά σχετικά αύλακα με συνεχή ιζηματογένεση από το Τριαδικό μέχρι το Ηώκαινο κυρίως ανθρακικών πετρωμάτων. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί από τους παλαιότερους στους νεώτερους σχηματισμούς έχει ως εξής: Ασβεστόλιθοι με κερατόλιθους (Παλαιοκαίνου), ασβεστόλιθοι (Ολιγοκαίνου), μεγάλου πάχους φλύσχης στο ανατολικό τμήμα της ζώνης και μικρότερου πάχους, αλλά με περισσότερα



ανθρακικά στο δυτικό τμήμα (Μειοκαίνου) και κροκαλοπαγή, μάργες, αλλουβιακές και λιμναίες αποθέσεις (Πλειστοκαίνου).

Ο Φλύσχος αποτελείται από μεγάλο πάχους λασπόλιθους (mudstones), ιλυόλιθους (siltstones), ψαμμίτες (sandstones) και κροκαλοπαγή (conglomerates). Τα λεπτά στρώματα λασπολίθων εναλλάσσονται με σκληρούς, πολύ λεπτόκοκκους υλιολίθους. Λεπτά αποστρογγυλεμένα χαλίκια ασβεστόλιθων απαντούν στους λασπόλιθους και στα κροκαλοπαγή. Οι ψαμμίτες είναι συνήθως λεπτόκοκκοι μέχρι μέσης κοκκομετρικής σύστασης, αλλά και χονδρόκοκκοι ψαμμίτες δεν είναι ασυνήθιστοι. Στα συστατικά των ψαμμιτών περιλαμβάνονται χαλαζία, μαρμαρυγίες, κερατόλιθοι και ασβεστόλιθος.

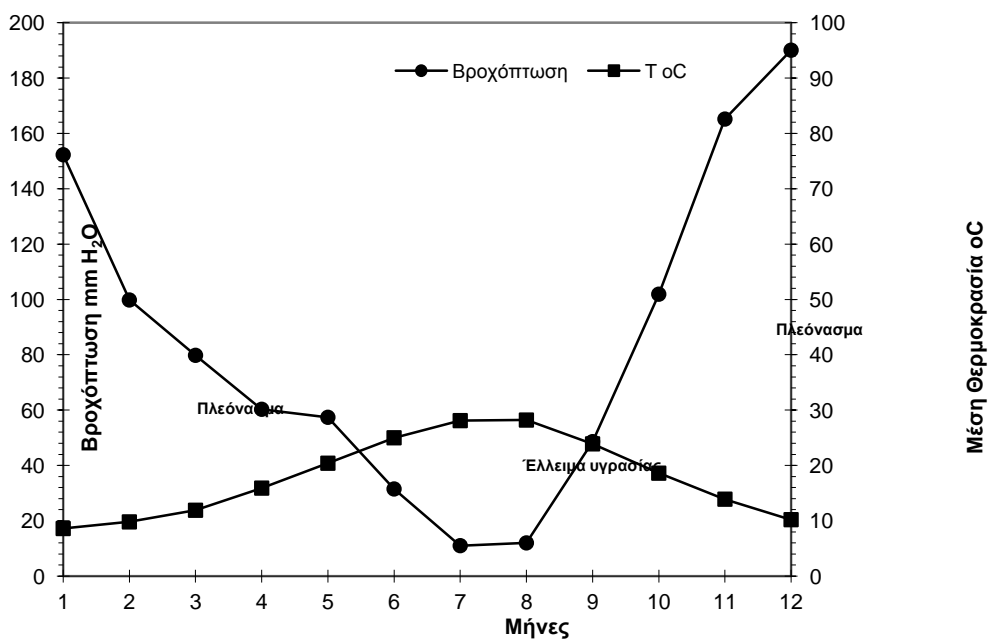
Από απόψεως τοπογραφικής διαμόρφωσης η λεκάνη του Αχελώου βρίσκεται σε μια από τις πλέον απόκρημνες περιοχές της Ελλάδος, με υψομετρική διαφορά περισσότερο από 300μ. μεταξύ βαθιών κοιλάδων και παρακειμένων κορυφογραμμών. Μια τέτοια διαμόρφωση έχει σαν αποτέλεσμα την έντονη διαβρωτική ενέργεια των υδάτων απορροής στις ορεινές περιοχές και την ταχύτερη πρόσχωση των κοιλάδων εκεί που οι κλίσεις περιορίζονται.

Κλίμα

Σύμφωνα με το σύστημα Bagnoules-Gaussen, το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται σαν Μέσο-μεσογειακό με έντονη θερινή ξηρή περίοδο και σχετικά ήπιο και υγρό χειμώνα (βλ. 2.1 διάγραμμα). Σύμφωνα με το κλιματικό διάγραμμα Emberger το βιοκλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως ύφυγρο (subhumid) με ήπιο χειμώνα. Οι βροχοπτώσεις είναι αρκετά μεγάλες, αλλά όχι ομοιόμορφα κατανεμημένες. Κατά τη διάρκεια του έτους, το χιόνι είναι σχεδόν ανύπαρκτο. Τα μετεωρολογικά δεδομένα για την περιοχή όπως αυτά καταγράφηκαν από τον μετεωρολογικό σταθμό του Αγρινίου. Η μέση χειμερινή θερμοκρασία είναι 9,5 °C, ενώ η μέση θερινή θερμοκρασία είναι 27,1 °C και η

μέση ετήσια θερμοκρασία 17,9 °C.

Με βάση τα παραπάνω χαρακτηριστικά θερμοκρασίας και σύμφωνα με το Soil Taxonomy το καθεστώς εδαφικής θερμοκρασίας της περιοχής ορίζεται σαν *thermic*. Ταξινομείται σε αυτό το καθεστώς εδαφικής θερμοκρασίας επειδή η μέση θερμοκρασία εδάφους σε βάθος 50cm από την επιφάνεια του εδάφους είναι μεταξύ 15 °C και 22 °C (18,9 °C) και η διαφορά μεταξύ μέσης χειμερινής θερμοκρασίας εδάφους (7,6° C) και μέσης θερινής θερμοκρασίας εδάφους (26,5° C) είναι μεγαλύτερη από 5 °C. Η απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία, για τους χειμερινούς μήνες είναι -7,3° C (Ιανουάριος) και για τους θερινούς μήνες 9,2 °C (Ιούνιος), ενώ η απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία είναι 24,9 °C και 44,8 °C αντίστοιχα. Κατά τους χειμερινούς μήνες, νωρίς την άνοιξη και αργά το φθινόπωρο, σημειώνεται πάχνη με σχετικά μικρή συχνότητα. Από την ολική ετήσια βροχόπτωση (1010 mm), 442 mm ή 43% της ολικής βροχής συνήθως παρατηρείται τον χειμώνα, ενώ 221 mm, ή 22.8% εμφανίζεται από τον Απρίλιο μέχρι και το Σεπτέμβριο.



2.1 Ξηροθερμικό διάγραμμα Bagnoules-Gausson της περιοχής Αγρινίου

Με βάση τη μέση μηνιαία θερμοκρασία και βροχόπτωση υπολογίσθηκε η εξατμοδιαπνοή της περιοχής με τη μέθοδο Thornthwaite και το έλλειμμα εδαφικής υγρασίας για ένα τυπικό έδαφος της περιοχής. Σύμφωνα με το Soil Taxonomy, το καθεστώς εδαφικής υγρασίας της περιοχής χαρακτηρίζεται σαν "Xeric" (βλ. 2.1 διάγραμμα), εφόσον φυσικά δεν λαμβάνεται υπόψη η παρουσία του υπογείου ύδατος.

Χαρακτηρίζεται σαν *Xeric*, επειδή το τμήμα ελέγχου της εδαφικής υγρασίας είναι ξηρό σε όλα τα τμήματα για περισσότερο από 45 συνεχείς ημέρες μέσα στους τέσσερις μήνες που ακολουθούν το θερινό ηλιοστάσιο. Κατά την περίοδο του χειμώνα, λόγω του μεγάλου ύψους των βροχοπτώσεων και της χαμηλής εξατμισοδιαπνοής, εμπλουτίζεται ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας στα κακώς αποστραγγιζόμενα εδάφη και ανέρχεται η στάθμη μέχρι και την επιφάνεια του εδάφους. Η κατάκλιση αυτή των εδαφών επιτείνεται λόγω της παρουσίας του υδροφόρου ορίζοντα σε μικρό σχετικά βάθος (>45cm) κατά την θερινή περίοδο που εμπλουτίζεται από την άρδευση σε ορισμένες περιοχές.

2.2 Περιοχή Μεσολογγίου

Μορφολογία

Η φυσική διαμόρφωση της περιοχής παρουσιάζεται ομαλή.

Το τοπίο εμφανίζει εικόνα ανοικτής σχεδόν λεκάνης ,με μόνο περιορισμό, τις προσβάσεις προς βορρά των υψωμάτων Αράκυνθος και προς ανατολή το όρος Βαράσοβα. Το ανάγλυφο της μείζονος περιοχής χαρακτηρίζεται ως υποκανονικό με Β-Ν κλίση της τάξης 0-3%. Παρά την εκβολή του Εύηνου και τις τοποθεσίες Αγυιά και Καναβέττα, μετατρέπεται σε επίπεδο και δημιουργεί τις ελώδεις περιοχές της κοινότητας Γαλατά. Το νότιο αντέρεισμα του όρους Βαράσοβα, εμφανίζεται κανονικό, με μέτρια διάβρωση και μέση επιφανειακή απορροή και αντιπροσωπεύεται από μετρίως βαθιά ως άβαθα αργιλώδη εδάφη με ικανό ποσοστό χαλίκων επί και εντός της μάζας τους.

Γεωλογία

Το υπόβαθρο και ο περιβάλλον χώρος της λεκάνης του Εύηνου ποταμού, χαρακτηρίζεται από ηωκαινικούς και μεσοζωικούς ασβεστόλιθους και φλύσχη της Αδριατικοιονίου ζώνης.

Οι ασβεστόλιθοι, συνέρχονται στην δομή του όρους Βαράσοβα και ο φλύσχης συνιστά, το υπόβαθρο της μελετηθείς περιοχής και του ευρύτερου χώρου της λεκάνης του ποταμού.

Οι αλλουβιακές αποθέσεις-προϊόντα αποσαθρώσεις κατεχοχίν του φλύσχου, αναπτύσσονται σε ικανοποιητικό από την επιφάνεια βάθος, ως έδειξαν οι μέχρι εκτελεσθείσες αρδευτικές γεωτρήσεις και αποτελούν υλικά παλιά της κοίτης του Αχελώου και νεώτερα της κοίτης του Εύηνου. Συνιστάται δε εξ' αργίλων, πηλών, άμμων κτλ.

Κλίμα

Λόγο έλλειψης πλησιέστερου σταθμού και παρατηρήσεων των νεωτέρων χρόνων, για τον προσδιορισμό του κλίματος της περιοχής, παραθέτουμε τα κυριότερα στοιχεία του Μετεωρολογικού Σταθμού Μεσολογγίου.

Θερμοκρασία αέρα

- Μέση ετήσια θ σε °C = 18.2
- Μέση θερμοκρασία ψυχρότερου μηνός (Ιανουάριος) = 9.9 °C
- Μέση θερμοκρασία θερμότερου μηνός (Αύγουστος) = 27.1 °C

Βλαστική περίοδος

Χαρακτηρίζεται υπό μέση θερμοκρασία > 10 °C και καλύπτει διάστημα 330 περίπου ημερών, από τις αρχές Φεβρουαρίου μέχρι τα τέλη Δεκεμβρίου.

Βροχές

- Μέσο ετήσιο ύψος βροχής σε χιλιοστά = 737.4
 - Χειμώνα = 315.7 mm
 - Άνοιξη = 156.7 mm
 - Καλοκαίρι = 26.8 mm
 - Φθινόπωρο = 238.3 mm
- Μέγιστο ετήσιο ύψος βροχής περιόδου = 1250.3
- Ελάχιστο ετήσιο ύψος βροχής περιόδου = 286.5

Λοιπά στοιχεία

- Μέση ετήσια σχετική υγρασία % = 68.4
- Μέση ετήσια εξάτμιση σε χιλιοστά = 1.060
- Ημέρες χαλάζης = 13.5
- Ημέρες παγετού % (Νοεμβρίου- Απριλίου) = 12.5

Άνεμοι

Οι επικρατούντες άνεμοι όλη την διάρκεια του έτους είναι οι ΒΑ. Είναι άνεμοι λίαν σφοδροί και συνοδεύονται το καλοκαίρι από υψηλές θερμοκρασίες προκαλώντας σημαντικές ζημιές στις καλλιέργειες.

Προσδιορισμός του κλίματος

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία, το κλίμα της περιοχής, κατατάσσεται κατά KOPPEN, σε κλιματικό τύπο Cas, άρα : εύκρατο βροχερό κλίμα με θέρος ξηρό.

Εξάλλου ο συντελεστής LANG ανέρχεται σε 44.3 και ο συντελεστής MEYER σε 182.2 . Αμφότεροι χαρακτηρίζουν κλίμα ημίξηρο κατά την διάρκεια του έτους, με θέρος υπέρξηρο.

Υδρολογία

Οι ανάγκες των καλλιεργειών για ύδωρ καλύπτονται σήμερα από τα ύδατα του ποταμού Εύηνου και των υδάτων των κατά καιρών εκτελεσθέντων 20 γεωτρήσεων, για την περιοχή Ευηνοχωρίου και 14, για την περιοχή Γαλατά.

Η παροχή του Εύηνου μειώνεται σημαντικά κατά το καλοκαίρι. Παρά την θέση Γκαζάρμα και σε σημείο χαμηλότερο της κοίτης αυτού, μέρος των υδάτων συλλαμβάνεται και μέσω προχείρων αυλακών παροχετεύεται στις ομώνυμες πεδιάδες τις οποίες και αρδεύει μέσω της βαρύτητας. Η μη υδατοστεγή όμως φύση των αυλακών και η λεία υδατοπερατή φάση αυτών, σε συνδυασμό με τον υποβιβασμό της στάθμης των υδάτων εντός της κοίτης του



ποταμού, προκαλεί μείωση της παροχής του προσαγόμενου ύδατος κατά την καλοκαιρινή περίοδο με αποτέλεσμα, κατά τα μέσα της αρδευτικής περιόδου να μηδενίζεται τελείως στην περιοχή Ευηνοχωρίου και οι ανάγκες των καλλιεργειών να καλύπτονται από τα ύδατα των γεωτρήσεων. Εντός ελάχιστου όμως χρόνου το πρόβλημα αυτό δεν θα υφίσταται. Η περιοχή Ευηνοχωρίου αποτελεί την υπ αριθμό 14 ζώνη της πεδιάδος κάτω Αχελώου και τα εντός αυτής εκτελούμενα εγγειοβελτιωτικά έργα βρίσκονται προς το τέλος.

Πολλές γεωτρήσεις παρουσιάζουν αρτεσιανή φύση. Το βάθος τους κυμαίνεται από 40-60 m. και η παροχή τους από 200-250 m³/h.

Ο φρεάτιος ορίζοντας παρουσιάζεται εξίσου πλούσιος ως αρτεσιανός. Στην περιοχή του Ευηνοχωρίου μετά την εκτέλεση του στραγγιστικού δικτύου, δεν δημιουργούνται προβλήματα υδρομορφίας, όπως συνέβαινε κατά το παρελθόν. Μικρή εξαίρεση αποτελεί η περιοχή Τριανταφύλλη, στο δυτικό τμήμα της περιοχής, η οποία υποφέρει ακόμη από πλημμυλή στράγγιση και η οποία πιθανόν να αντιμετωπιστεί μελλοντικά από τεταρτεύοντος στραγγιστικό δίκτυο. Αντίθετα, στην περιοχή Γαλατά, το ανώτερο τμήμα στραγγίζει καλά όλη την διάρκεια του έτους, ενώ το κατώτερο και σε ακτίνα περίπου 1 χιλιομέτρου από την θάλασσα υποφέρει από κακή στράγγιση και παρά την ακτή δημιουργεί ελώδεις εκτάσεις.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Δειγματοληψία

Γενικά για τη δειγματοληψία εδάφους

Το πρώτο και βασικότερο βήμα για μια αξιόπιστη ανάλυση εδάφους είναι η σωστή δειγματοληψία. Η φυσικοχημική ανάλυση του εδάφους παρέχει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την ποιοτική και θρεπτική κατάσταση του εδάφους. Προκειμένου όμως τα εργαστηριακά αποτελέσματα να είναι ακριβή, και συνεπώς αξιόπιστα, απαιτείται η συλλογή και η συντήρηση των εδαφικών δειγμάτων να έχουν γίνει με τρόπο που διασφαλίζει ότι ελήφθησαν αντιπροσωπευτικά, κατά το δυνατόν, δείγματα, από τα βάθη ενδιαφέροντος, ότι ελήφθησαν υπόψη όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν το έδαφος της περιοχής δειγματοληψίας (π.χ. καλλιέργεια, πιθανή ρύπανση, κλπ) και ότι ακολουθήθηκαν οι κανόνες συντήρησης και σωστής μεταφοράς των δειγμάτων στο εργαστήριο.



Ενώ δίνεται μεγάλη προσοχή στις εργαστηριακές διαδικασίες, η διαδικασία απόκτησης του εδάφους για την ανάλυση, τη δειγματοληψία εδάφους, συχνά αγνοείται ή η γνώση λήψης εδάφους είναι ανεπαρκής. Ένα καλό σχέδιο δειγματοληψίας πρέπει να παρέχει ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα του μέσου επιπέδου γονιμότητας ενός χωραφιού. Εάν ένα δείγμα δεν είναι αντιπροσωπευτικό των χωραφιών ή ληφθεί λανθασμένα, τα αναλυτικά στοιχεία που προκύπτουν δεν θα έχουν νόημα, ή στην καλύτερη περίπτωση, θα είναι δύσκολο να ερμηνευθούν. Η δειγματοληψία είναι γενικά περισσότερο υπεύθυνη για τα αποτελέσματα απ' ό,τι η χημική ανάλυση. Επομένως, η λήψη ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος εδάφους από ένα χωράφι είναι το πιο σημαντικό βήμα για να γίνει ουσιαστική ανάλυση του εδάφους.

Δείγμα

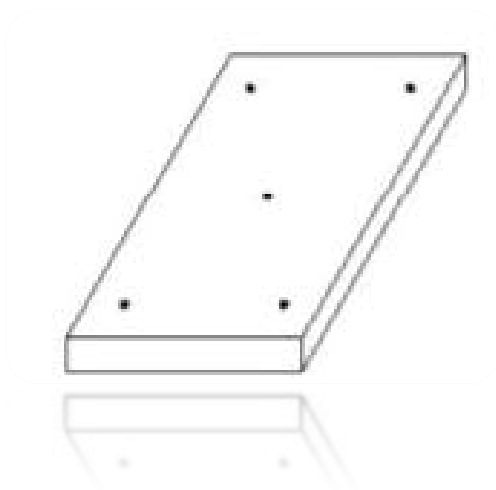


Ένα δείγμα του εδάφους θα πρέπει να αποτελείται από πολλά επιμέρους δείγματα που αντιπροσωπεύουν ένα φαινομενικά ενιαίο χώρο ή χώρο με παρόμοιες καλλιέργειες και «ιστορικό διαχείρισης του χωραφιού». Δεν υπάρχει κοινά αποδεκτός αριθμός των υπο-δειγμάτων για διαφορετικές καταστάσεις τομέα. Ωστόσο, τα ακόλουθα σημεία μπορούν να χρησιμεύσουν ως κατευθυντήριες γραμμές.

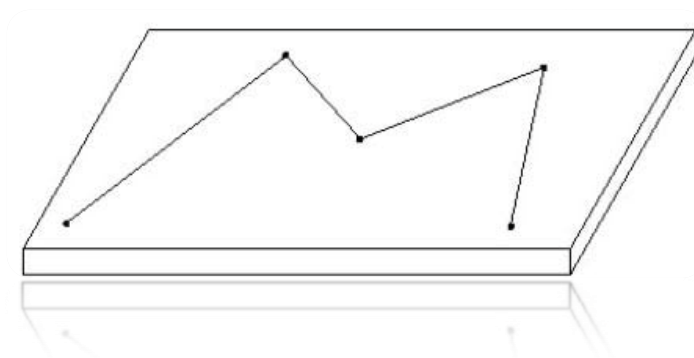
Το τελικό δείγμα για ένα ομοιόμορφο χωράφι ή ένα ομοιόμορφο τμήμα χωραφιού, θα πρέπει να αποτελείται από πολλά και μικρά δείγματα παρμένα από διαφορετικά σημεία μέσα στο χωράφι (τουλάχιστον 1-2/στρέμμα), με το ίδιο βάρος το καθένα και τα οποία να προέρχονται από το ίδιο βάθος. Το έδαφος που παίρνουμε από τα διαφορετικά σημεία, το ανακατεύουμε καλά σε έναν κουβά ή λεκάνη ώστε να προκύψει ένα *ομοιογενές τελικό δείγμα* και στη συνέχεια το τοποθετούμε σε μια σακούλα.

1. Αν το χωράφι ή το τμήμα χωραφιού είναι περίπου τετράγωνο, τότε τα σημεία που επιλέγουμε για να πάρουμε τα υπο-δείγματα έχουν σχήμα από “πεντάρι ζάρι”, δηλ. ένα στο κέντρο και τέσσερα σημεία λίγο πιο μέσα από την περίμετρο του χωραφιού (Σχήμα 3.1).
2. Αν το χωράφι ή το τμήμα χωραφιού είναι στενόμακρο, τότε διαγράφουμε μια νοητή γραμμή σε σχήμα “ζικ-ζακ” και οι κορυφές αυτής γραμμής είναι τα σημεία από όπου θα πάρουμε τα υπο-δείγματα (Σχήμα 3.2).

Αν το χωράφι είναι ομοιόμορφο σε όλη του την έκταση, τότε δημιουργούμε ένα δείγμα (Σχήματα 3.1 και 3.2)

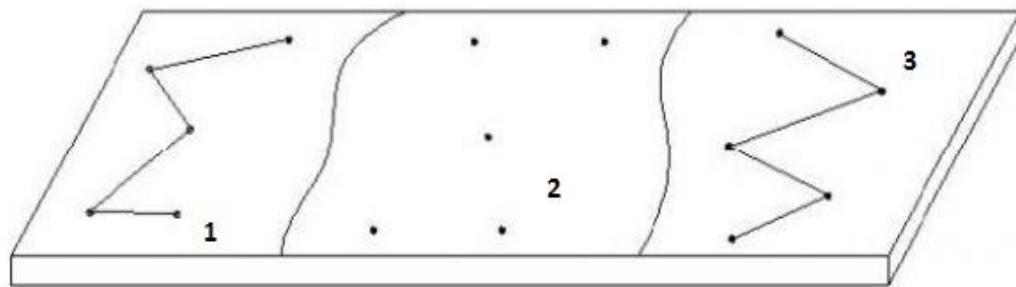


Εικόνα 3.1 Ομοιόμορφο χωράφι με μονοσειές καλλιέργειες 1 δείγμα (0-30cm)



Εικόνα 3.2 Ομοιόμορφο χωράφι με δενδρώδεις καλλιέργειες 2 δείγματα (0-30cm) & (0-60cm)

Αν με το μάτι διαπιστώνουμε ότι το χωράφι αποτελείται από διαφορετικά τμήματα, δηλαδή αποτελείται από διαφορετικούς τύπους εδάφους (άλλο χρώμα), ή παρουσιάζει κλίση, ή παρουσιάζει διαφορά στην ανάπτυξη των φυτών, τότε παίρνουμε ξεχωριστό δείγμα για κάθε τμήμα του χωραφιού. (Σχήμα 3.3)



Τμήμα 1
με κηπευτικά
(1 δείγμα)

Τμήμα 2
δενδρώδεις καλλιέργειες
(2 δείγματα)

Τμήμα 3
με σιτηρά
(1 δείγμα)

Εικόνα 3.3 Ανομοιόμορφο χωράφι

Βάθος Δειγματοληψίας

Για ετήσιες καλλιέργειες (κηπευτικά, σιτηρά, κλπ):

- Ένα δείγμα με βάση την προηγούμενη διαδικασία (πεντάρι ζάρι ή ζικ-ζακ) από βάθος 0-30 εκατοστά.

Για δενδρώδεις καλλιέργειες και αμπελοειδή:

- Δύο δείγματα από 2 διαφορετικά βάθη.
- Ένα δείγμα βάθους 0-30 εκατοστά
- Ένα δείγμα βάθους 30-60 εκατοστά

Τα δείγματα τοποθετούνται σε ξεχωριστές σακούλες και στέλνονται ξεχωριστά για ανάλυση, έχοντας σημειωμένο επάνω το βάθος που πάρθηκε το κάθε δείγμα.

Κάθε ένα δείγμα διαφορετικού βάθους θα έχει δημιουργηθεί από πολλά σημεία με τον τρόπο που ήδη αναφέραμε (πεντάρι ζάρι ή ζικ-ζακ). Προσοχή, δεν αναμιγνύουμε δείγματα από διαφορετικά βάθη.

Για λιβάδια και βοσκοτόπους:

- Ένα επιφανειακό δείγμα με βάση την προηγούμενη διαδικασία (πεντάρι ζάρι ή ζικ-ζακ) από βάθος 0-10 εκατοστά.

Διαδικασία δειγματοληψίας

- Επιλέγουμε και βάζουμε σημάδι με απλούς πασσάλους τα σημεία από όπου θα πάρουμε τα υπο-δείγματα.
- Απομακρύνουμε τα φυτά ή τα ζιζάνια από τα σημεία αυτά.
- Με το δειγματολήπτη λαμβάνουμε ένα μείγμα στο επιθυμητό βάθος (προσοχή στο πως θα εξάγουμε το δειγματολήπτη από το έδαφος για να έχουμε το δείγμα αδιατάραχο) ή με το φτυάρι σκάβουμε ένα λάκκο σε κάθε σημείο.
- Χρησιμοποιώντας το φτυάρι κόβουμε από τη μια πλευρά του λάκκου, κάθετα, μια φέτα, ίσου πάχους εδάφους από πάνω μέχρι κάτω (0-30 εκατοστά ή 30-60 εκατοστά).
- Τοποθετούμε το έδαφος από όλα τα σημεία σε έναν κουβά ή λεκάνη και το ανακατεύουμε καλά μέχρι να γίνει ομοιόμορφο.
- Απομακρύνουμε τυχόν πέτρες, ρίζες κλπ με το χέρι
- Από το ήδη ανακατεμένο κι ομογενοποιημένο δείγμα, βάζουμε σε μια πλαστική σακούλα και στέλνουμε για ανάλυση περίπου 1 κιλό_(και πετάμε το υπόλοιπο).

- Καταγράφουμε τα στοιχεία του δείγματος όπως: τοποθεσία, έκταση χωραφίου, καλλιέργεια, βάθος δειγματοληψίας κλπ.
- ❖ Δίνουμε μεγάλη προσοχή στα παρακάτω και αποφεύγουμε να πάρουμε δείγμα:
1. Μετά από λίπανση, ασβέστωση ή προσθήκη κοπριάς
 2. Δίπλα σε δρόμους, στάβλους, σε αυλάκια και σαμάρια
 3. Κοντά σε χώρους εκφόρτωσης λιπασμάτων ή κοπριάς
 4. Κοντά σε συστήματα άρδευσης
 5. Μετά από έντονη βροχόπτωση
 6. Κοντά σε όχθες ποταμών, ρυακιών και ξερών ρεμάτων και σε νεροκρατήματα
 7. Δίπλα σε φράχτες και δενδροστοιχίες ή κοντά σε δάση
 8. Πολύ κοντά στον κορμό του δέντρου (ανάλογα το φυτό)

Παραλαβή δείγματος

1ο στάδιο

Κατά την εισαγωγή του δείγματος στο εργαστήριο έως την λήψη των αποτελεσμάτων διενεργούνται κάποιες σημαντικές προεργασίες (στάδια) πάνω στο δείγμα.

- ❖ Πρώτη κατά σειρά προεργασία είναι η καλή ανακίνηση του δείγματος στη συσκευασία για τη σωστή ομογενοποίησή του.
- ❖ Στη συνέχεια, λαμβάνουμε 5gr από το αρχικό δείγμα και τα τοποθετούμε στο πυριαντήριο για αφύγρανση στους 105°C και τη μέτρηση της οργανικής ουσίας.
- ❖ Έπειτα, μετρούμε την εδαφική υγρασία του δείγματος με τον ζυγό υγρασίας.
- ❖ Μετέπειτα, ζυγίζουμε 5gr εδάφους και τα εκχυλίζουμε με διάλυμα KCl για τον προσδιορισμό NO₃ και NH₄.
- ❖ Κλείνοντας τις προεργασίες τοποθετούμε όλο το υπόλοιπο δείγμα στους 37°C στο πυριαντήριο για ξήρανση.

2ο στάδιο

Κονιορτοποίηση (Λειοτρίβηση) – Κοσκίνισμα

Αφαιρούμε το δείγμα από το πυριαντήριο (η παραμονή του εκεί είναι συνήθως 2-3 ημέρες) και το κονιορτοποιούμε με τη χρήση του γουδιού σε πορσελάνη. Κοσκινίζουμε το δείγμα με κόσκινο 2mm και το επανατοποθετούμε στην συσκευασία του.



Εικόνα 3.4 Γουδί

Μέτρηση pH και αγωγιμότητας (EC)

Για την μέτρηση του pH και της αγωγιμότητας σ' ένα εδαφικό μείγμα, γίνονται οι παρακάτω ενέργειες.

- Δημιουργείται εδαφικό διάλυμα 2:1 εδάφους και απιονισμένου νερού τοποθετείται σε ποτήρι ζέσεως των 50 ml και αναδεύεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα για συγκεκριμένο χρόνο
- Με τη χρήση του πεχάμετρου (pHmeter) και του αγωγιμόμετρου (ECmeter) λαμβάνονται οι τιμές του pH και της αγωγιμότητας του εδάφους
- Καταγραφή των τιμών αντίστοιχα



Εικόνα 3.5 Εδαφικά διαλύματα



Εικόνα 3.6 Μέτρηση με ECmeter - pHmeter

Μέτρηση ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3)

Η μέθοδος προσδιορισμού του CaCO_3 σε δείγματα εδάφους -γνωστή ως μέθοδος Bernard- γίνεται μανομετρικά με μέτρηση του όγκου του CO_2 που εκλύεται από την αντίδραση του δείγματος με HCl , απαιτεί ειδική συσκευή (ασβεστόμετρο Bernard) και δεν μπορεί να προσδιορίσει τον ρυθμό παραγωγής του CO_2 , απλά καταγράφεται ο όγκος του CO_2 μετά την ολοκλήρωση της αντίδρασης.



Εικόνα 3.7 Συσκευή Ασβεστόμετρου (Bernard)

Για την μέτρηση του ανθρακικού ασβεστίου στο εδαφικό μείγμα πρέπει να ακολουθηθούν ορισμένες διαδικασίες, πριν μετρηθεί ο όγκος του CO_2 στο ασβεστόμετρο.

Για να προσδιοριστεί χοντρικά αν το έδαφος περιέχει αρκετή ποσότητα ανθρακικού ασβεστίου ή φτωχό, παίρνουμε ένα μικρό δείγμα εδάφους και ρίχνουμε μία ποσότητα υδροχλωρικό οξύ 2:1 (HCl) και σύμφωνα με την αντίδραση (άφρισμα) που θα εκλάβουμε ζυγίζουμε τα αντίστοιχα γραμμάρια εδάφους, αυτό γίνεται για την αποφυγή χρόνου και την σπατάλη εδάφους.

Έπειτα, ρυθμίζουμε το ασβεστόμετρο (Bernard) με τις απαραίτητες ρυθμίσεις που χρειάζεται το όργανο.

Στη συνέχεια

- Ζυγίζουμε τα αντίστοιχα γραμμάρια εδάφους (1-2gr) τα τοποθετούμε στο δοχείο αντίδρασης (ειδική κωνική ογκομετρική φιάλη)
- Ρίχνουμε σ έναν μικρό δοκιμαστικό σωλήνα (μήκους 7.5 cm και διαμέτρου 1.2 cm) 7ml HCl και τον τοποθετούμε εσωτερικά στο δοχείο αντίδρασης με τη βοήθεια μιας τσιμπίδας
- Η στάθμη του νερού μέσα στο σωλήνα μέτρησης, βρίσκεται λίγο πάνω από το μηδέν της κλίμακας. Ταπώνουμε προσεκτικά το δοχείο εξασφαλίζοντας έτσι την απόλυτη στεγανοποίηση του, ώστε η στάθμη να κατέβει στο μηδέν της κλίμακας
- Γέρνουμε το δοχείο ελαφρώς έτσι ώστε τα αντιδραστήρια να έρθουν σ'επαφή
- Ανοίγουμε τη όργανο και ανακινούμε προσεκτικά για να διευκολύνουμε την καλύτερη επαφή των αντιδρώντων (φροντίζουμε ώστε η στάθμη του νερού στο σωλήνα μέτρησης και στη χοάνη να βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο)
- Μετά τη σταθεροποίηση της τιμής της πίεσης, που σηματοδοτεί την ολοκλήρωση της αντίδρασης, λαμβάνουμε τη μέτρηση του όγκου CO₂ και την καταγράφουμε για τον μετέπειτα υπολογισμό της



Εικόνα 3.8 Κωνική ογκομετρική φιάλη με HCl

Έστω VCO₂ ο όγκος που μετρήθηκε, η περιεκτικότητα CaCO₃ στο έδαφος υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{CaCO}_3\% = \frac{V_{\text{CO}_2}}{G} * K$$

Μέτρηση Οργανικής Ουσίας- Άνθρακα

Για την μέτρηση της οργανικής ουσίας λαμβάνουμε το εδαφικό δείγμα που ήδη έχει αφυγρανθεί στους 105°C.

Στη συνέχεια, θέτουμε σε λειτουργία τον αναλυτή άνθρακα (Carbon Sulphur Determinator). (βλ. 3.9 εικόνα)

Με τη χρήση του υπολογιστή, που είναι σ'επικοινωνία με τον αναλυτή, δίνουμε τις εντολές που έχουν ορισθεί σύμφωνα με τη διαδικασία χρήσης του οργάνου.



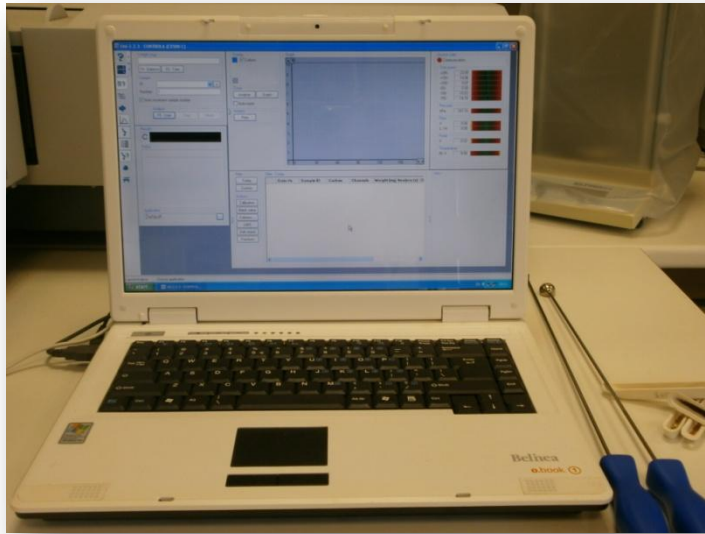
Εικόνα 3.9 Αναλυτής Άνθρακα



Εικόνα 3.10 Γύψινο καψίδιο

Τοποθετούμε μία μικρή ποσότητα γραμμαρίων εδάφους, στο ειδικό γύψινο καψίδιο, (βλ. 3.10 εικόνα), λαμβάνουμε τις απαραίτητες ζυγίσεις και έπειτα το τοποθετούμε στον προσαρμοσμένο «φούρνο» του αναλυτή.

Έπειτα, από 1 λεπτό, περίπου, παραμονής του εδάφους στον αναλυτή, λαμβάνουμε τη μέτρηση που εμφανίζεται στον υπολογιστή διαμέσου ενός διαγράμματος. (βλ. 3.11 εικόνα)



Εικόνα 3.11 Pc Control

Η μέτρηση αναφέρεται στον επί τοις εκατό άνθρακα.

Μηχανική ανάλυση (Particle Size Analysis)

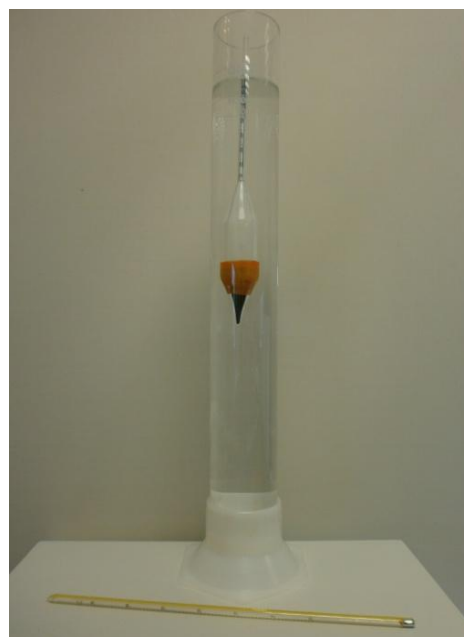
Για την μηχανική ανάλυση με το πυκνόμετρο του Βουγιούκου χρειάζονται οι παρακάτω διεργασίες- όργανα.

Συσκευές & όργανα μέτρησης

- Πυκνόμετρο Βουγιούκου 0 – 50gr/lit (βλ. 3.13 εικόνα)
- Ηλεκτρικός αναμείκτης μηχανικής αναλύσεως (βλ. 3.12 εικόνα)
- Κύλινδρος καθιζήσεως Βουγιούκου (βλ. 3.13 εικόνα)
- Πλαστικά πώματα κυλίνδρων καθιζήσεως Βουγιούκου
- Θερμόμετρο (βλ. 3.13 εικόνα)



Εικόνα 3.12 Ηλεκτρικός αναμείκτης



Εικόνα 3.13 Στήλη Βουγιούκου - Πυκνόμετρο - Θερμόμετρο

Εκτέλεση διαδικασίας

- Ζυγίζουμε 50gr αεροξηραμένου εδάφους και τα τοποθετούμε στο ποτήρι του ηλεκτρικού αναμεικτη, προσθέτουμε 100ml H₂O και 50ml διάλυμα Calgon (Sodium polyphosphate & Sodium Carbonate), το αναδεύουμε για 5-10'
- Μετά την ανάδευση με τη βοήθεια του υδροβολέα, μεταφέρουμε το αιώρημα σε κύλινδρο Βουγιούκου
- Προσθέτουμε νερό έως των όγκο των 1130ml
- Ταπώνουμε τον κύλινδρο και ανακινούμε καλά
- Τοποθετούμε τον κύλινδρο στον πάγκο
- Λαμβάνουμε την πρώτη μέτρηση στα 40sec με το πυκνόμετρο του Βουγιούκου και τη θερμοκρασία αντίστοιχα
- Καταγράφουμε τις πρώτες μετρήσεις
- Δημιουργούμε σ'έναν άλλον κύλινδρο Βουγιούκου το Blank διάλυμα μας χρησιμοποιώντας 50ml Calgon και πληρώνουμε το υπόλοιπο έως τα 1130ml νερό
- Λαμβάνουμε τη μέτρηση με το πυκνόμετρο και το θερμόμετρο (ώστε ν' αφαιρεθεί από το τελικό αποτέλεσμα)
- Με το πέρας των 2 ωρών επαναλαμβάνουμε τις μετρήσεις της πυκνότητας και της θερμοκρασίας
- Καταγράφουμε τα δεδομένα



Εικόνα 3.14 Εδαφικά αιωρήματα εν αναμονή μετρήσεων

3.2 Αναλυτικές μέθοδοι

Γενικά για τις μεθόδους προσδιορισμού

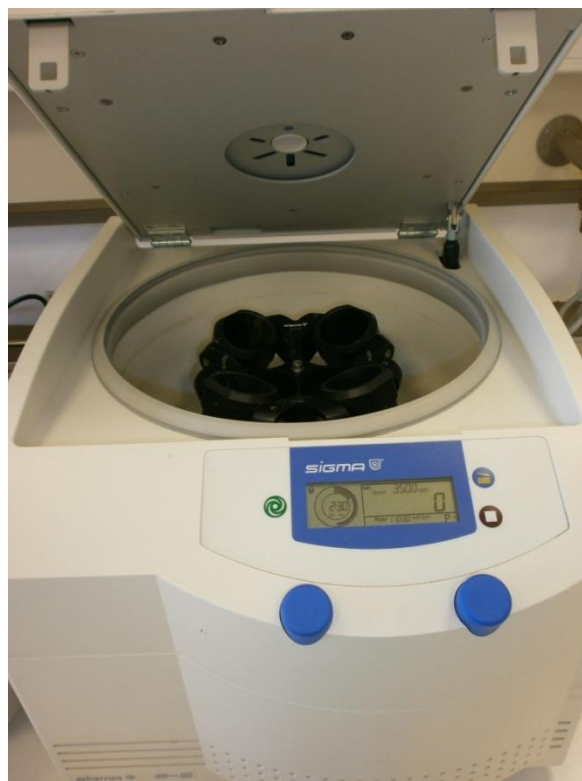
Οι μέθοδοι προσδιορισμού των θρεπτικών εδαφικών στοιχείων είναι πολλές και διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την αρχή και τις τεχνικές λεπτομέρειες που εφαρμόζονται σε κάθε εδαφολογικό εργαστήριο.

Ο τύπος του εδάφους, ο εργαστηριακός εξοπλισμός, ο σκοπός της ανάλυσης καθορίζουν την εκλογή της κατάλληλης μεθόδου. Όλες οι μέθοδοι χαρακτηρίζονται από τις εξής *φάσεις προετοιμασίας*, (οι οποίες αναφέρονται εν *συνεχεία*), έως ότου ληφθεί το εδαφικό εκχύλισμα, σύμφωνα, με **Page, A.L** έχουν ως εξής:

- Ζύγιση συγκεκριμένων γραμμαρίων εδάφους (βλ. 3.15 εικόνα)
- Τοποθέτηση του εδάφους σε πλαστικές φιάλες των 100ml
- Πρόσθεση αντίστοιχων ml του εκχυλιστικού μέσου
- Μηχανική ανακίνηση για συγκεκριμένο χρόνο αντίστοιχα
- Φυγοκέντρισμα σε συγκεκριμένες στροφές (rpm) και χρόνο ανάλογα τη μέθοδο (βλ. 3.16 εικόνα)
- Εκχύλιση και διήθηση με ηθμό τύπου Whatman 42, του εδαφικού διαλύματος σε ογκομετρική φιάλη των 100 ή 50ml αντίστοιχα
- Πλήρωση με απιονισμένο νερό της ογκομετρικής φιάλης
- Τάπωμα της ογκομετρικής φιάλης και ανακίνηση του εδαφικού εκχυλίσματος για την πλήρη ομογενοποίησή του
- Λήψη του εδαφικού εκχυλίσματος σε φιαλίδιο των 12ml
- Χρήση και ανάλυση στο εκάστοτε κατάλληλο όργανο



Εικόνα 3.15 Ζυγός ακριβείας



Εικόνα 3.16 Φυγόκεντρος

Ανάλυση μεθόδων εκχυλίσεων

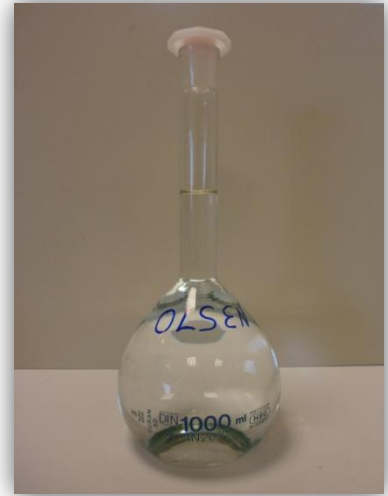
Μέθοδος κατά OLSEN

Η αρχή της μεθόδου OLSEN μας δίνει τη δυνατότητα προσδιορισμού του εδαφικού φωσφόρου (P).

Ο φώσφορος εκχυλίζεται από το έδαφος με το διάλυμα εκχυλίσεως **Sodium Hydrogen Carbonate**.

(βλ. 3.17 εικόνα)

Η διαδικασία εκχύλισής του είναι σύμφωνα με τα προαναφερθείσα βήματα εκχύλισης ενός εδαφικού διαλύματος. Εν συντομία:



Εικόνα 3.17 Διάλυμα Sodium Hydrogen Carbonate



Εικόνα 3.17 Εκχυλισμένο εδαφικό διάλυμα

- Ζύγιση 2gr εδάφους
- Πρόσθεση 40ml εκχυλιστικού μέσου (Olsen)
- Μηχανική ανακίνηση για 30' στις 180rpm
- Φυγοκέντρισμα στις 1500rpm
- Διήθηση με ηθμό Whatman 42
- Πλήρωση (με απιονισμένο νερό) της ογκομετρικής φιάλης στα 50ml (βλ. 3.18 εικόνα)

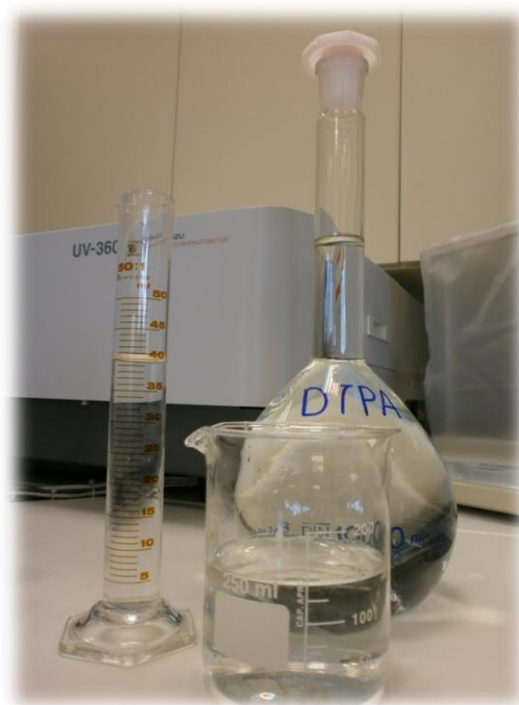
Χρήση του οργάνου **AQUAKEM** για την μέτρηση του φωσφόρου στο εδαφικό εκχύλιμα.

Μέθοδος προσδιορισμού ανταλλάξιμων ιχνοστοιχείων με DTPA

Με την χρήση του εκχυλιστικού μέσου **DTPA** λαμβάνουμε από το έδαφος τα ανταλλάξιμα ιχνοστοιχεία **Fe, Zn, Cu, Mn** Τα στάδια της εδαφικής εκχύλισης είναι τα γνωστά

Εν συντομία:

- Ζύγιση 10gr εδάφους
- Πρόσθεση 20ml εκχυλιστικού μέσου DTPA (βλ. 3.18 εικόνα)
- Μηχανική ανακίνηση για 2 ώρες στις 200rpm
- Φυγοκέντρισμα στις 1500rpm
- Διήθηση με ηθμό Whatman 42
- Πλήρωση (με απιονισμένο νερό) της ογκομετρικής φιάλης στα 100ml



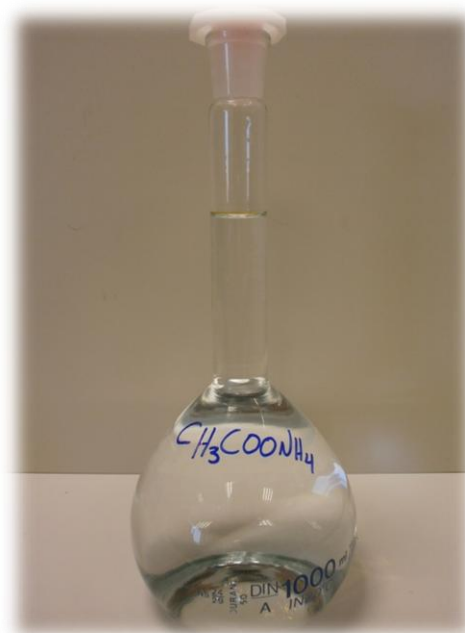
Εικόνα 3.18 Διάλυμα DTPA

Χρήση του οργάνου **Φασμαφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης (AAS)** για τη μέτρηση των παραπάνω στοιχείων στο εδαφικό εκχύλισμα.

Μέθοδος προσδιορισμού του ανταλλάξιμου K, Na, Mg και Ca

Με τη χρήση του ουδέτερου διαλύματος **Οξικού Αμμωνίου** ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) μπορούμε να λάβουμε από το έδαφος και να προσδιορίσουμε τα ανταλλάξιμα στοιχεία του Καλίου, του Νατρίου, του Μαγνησίου και του Ασβεστίου. Τα στάδια της εκχύλισης του εδάφους εν συντομία είναι:

- Ζύγιση 5gr εδάφους
- Πρόσθεση 33ml εκχυλιστικού μέσου $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ (βλ. 3.19 εικόνα)
- Μηχανική ανακίνηση για 15' στις 180rpm
- Φυγοκέντρωση στις 1500rpm
- Διήθηση με ηθμό Whatman 42
- Πλήρωση (με απιονισμένο νερό) της ογκομετρικής φιάλης στα 100ml



Η διαδικασία πρόσθεσης εκχυλιστικού μέσου και της φυγοκέντρου επαναλαμβάνεται 3 φορές

Εικόνα 3.19 Διάλυμα $\text{CH}_3\text{COONH}_4$

Για την μέτρηση των αποτελεσμάτων των ανταλλάξιμων στοιχείων

K, Na, Ca

Γίνεται χρήση του **Φλογοφωτόμετρου** (FlamePhotometer)

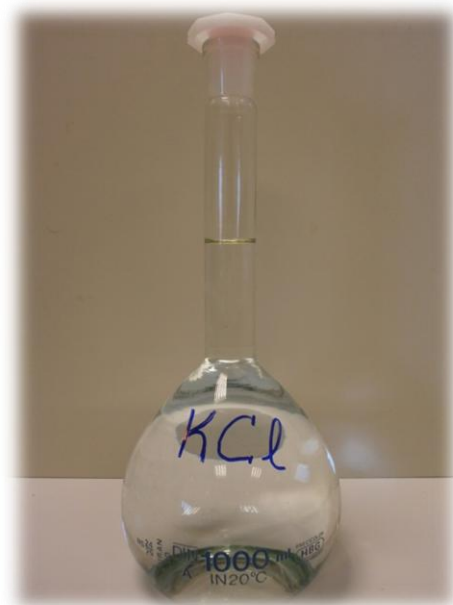
Για τη μέτρηση του **Mg** γίνεται χρήση του οργάνου **AQUAKEM** ή **Φασμαφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης(AAS)**.

Μέθοδος προσδιορισμού Νιτρικού και Αμμωνιακού Αζώτου

Ο προσδιορισμός νιτρικού (NO_3) και αμμωνιακού (NH_4) αζώτου του εδάφους βασίζεται στην εκχύλιση αυτών με το διάλυμα **2N KCl**.

Τα στάδια εκχύλισης του εδάφους είναι:

- Ζύγιση 5gr εδάφους
- Πρόσθεση 50ml εκχυλιστικού μέσου 2N KCl (βλ. 3.20 εικόνα)
- Μηχανική ανακίνηση για 1 ώρα στις 180rpm
- Φυγοκέντρισμα στις 1500rpm
- Διήθηση με ηθμό Whatman 42
- Πλήρωση (με απιονισμένο νερό) της ογκομετρικής φιάλης στα 100ml



Εικόνα 3.20 Διάλυμα KCl

Για την μέτρηση των Νιτρικών και Αμμωνιακών ιόντων γίνεται μέσω του οργάνου **AQUAKEM**.



Μέθοδος προσδιορισμού Βορίου (B)

Ο προσδιορισμός του Βορίου (**B**) στο έδαφος βασίζεται στην εκχύλιση των εδαφικών δειγμάτων με το διάλυμα του **Mehlich 3 (M3)**.

Τα στάδια εκχύλισης του εδάφους είναι:

- Ζύγιση 2gr εδάφους
- Πρόσθεση 20ml εκχυλιστικού μέσου **M3**
- Μηχανική ανακίνηση για 5 λεπτά στις 130rpm
- Διήθηση με ηθμό Whatman 42
- Πλήρωση (με απιονισμένο νερό) της ογκομετρικής φιάλης στα 50ml

Για την μέτρηση του Βορίου γίνεται χρήση του οργάνου της **ICP**.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα των θρεπτικών στοιχείων των περιοχών του Νομού Αιτωλοακαρνανίας λήφθηκαν υπόψη των μετρήσεων σε 156 εδαφικά γεωργικά δείγματα απ' όλο το νομό, σε τυχαίες περιοχές .

Οι διεργασίες και οι διαδικασίες λήψης των αποτελεσμάτων γίνανε σύμφωνα με τις μεθοδολογίες που αναφερθήκανε και αναλυθήκανε στην παραπάνω πτυχιακή εργασία.

Παραθέτω μερικά από τα στοιχεία των εδαφικών δειγμάτων και τα αποτελέσματά τους.

4.1 Πίνακας ορισμένων αποτελεσμάτων περιοχής Αγρινίου

4.2 Πίνακας Μέσου Όρου pH περιοχής Αγρινίου

4.3 Πίνακας εδαφών και pH Αιτωλικού

4.4 Πίνακας εδαφών και pH Ναυπάκτου

4.5 Πίνακας εδαφών και pH Μεσολογγίου

Σύμφωνα, με τους παρακάτω πίνακες εδαφικών αναλύσεων παρατηρούμε ότι τα εδάφη στο Νομό Αιτωλοακαρνανίας είναι κυρίως αλκαλικά και όξινα.

Στο **4.2 Διάγραμμα** παρατηρούμε ότι στην περιοχή του Μεσολογγίου βλέπουμε τον υψηλότερο Μέσο Όρο στις τιμές του **pH** των περιοχών του Νομού Αιτωλοακαρνανίας λαμβάνοντας την τιμή 7.9. Στις περιοχές του Αιτωλικού και της Ναυπάκτου το pH κυμαίνεται γύρω στο 7.6, ενώ η περιοχή του Αγρινίου έχει έναν σχετικά πιο χαμηλό Μέσο όρο του 7.2 (τιμή pH).

Στο **4.3 Διάγραμμα** βλέπουμε τις Αγωγιμότητες (**EC**) των περιοχών του Νομού Αιτωλοακαρνανίας όπου η περιοχή του Μεσολογγίου λαμβάνει την υψηλότερη τιμή και το Αγρίνιο την μικρότερη.

Στο **4.4 Διάγραμμα** βλέπουμε το Ανθρακικό Ασβέστιο(CaCO_3) των περιοχών του Νομού Αιτωλοακαρνανίας όπου η περιοχή του Μεσολογγίου λαμβάνει την υψηλότερη τιμή και το Αιτωλικό την μικρότερη.

Στο **4.5 Διάγραμμα** βλέπουμε τον Μέσο Όρο του Ανταλλάξιμου Καλίου (**K**) στο έδαφος, όπου οι τιμές που λαμβάνει κυμαίνονται μεταξύ 120 έως 195ppm. Υψηλότερη τιμή έχει η περιοχή του Αιτωλικού και τη χαμηλότερη τιμή την έχει η περιοχή της Ναυπάκτου. Γενικότερα, βλέπουμε ότι κυμαίνονται στα ίδια πλαίσια όλες οι περιοχές και οι διαφορές είναι μικρές.

Στο **4.6 Διάγραμμα** βλέπουμε το ποσοστό του Μέσου Όρου σε Ανταλλάξιμο Ασβέστιο (**Ca**) όπου οι διαφορές των τιμών των περιοχών είναι μικρές, οι οποίες κυμαίνονται μεταξύ 2000 έως 2900ppm.

Στο **4.7 Διάγραμμα** βλέπουμε τον Μέσο Όρο του Αφομοιώσιμου Φωσφόρου (**P**). Όπου οι περιοχές του Αγρινίου και του Αιτωλικού λαμβάνουν τις υψηλότερες τιμές περίπου 37ppm εν αντιθέσει με την περιοχή του Μεσολογγίου και της Ναυπάκτου που έχουν αρκετά πιο χαμηλές τιμές, με μικρή διαφορά μεταξύ τους λαμβάνοντας την τιμή 11ppm.

Στο **4.8 Διάγραμμα** βλέπουμε τον Μέσο Όρο του Ανταλλάξιμου Μαγνησίου (**Mg**). Όπου οι περιοχές έχουν μικρές διαφορές μεταξύ τους. Οι τιμές που λαμβάνει το Ανταλλάξιμο Μαγνήσιο είναι μεταξύ 190 έως 146ppm.

Στο **4.9 Διάγραμμα** βλέπουμε τον Μέσο Όρο του Ανταλλάξιμου Νατρίου (**Na**) στο έδαφος. Όπου η περιοχή του Μεσολογγίου έχει την μεγαλύτερη τιμή, 196ppm. Παρατηρώντας ότι με μεγάλη διαφορά ακολουθούν οι περιοχές της Ναυπάκτου, του Αιτωλικού και του Αγρινίου, έχοντας μικρές διαφορές, οι τιμές τους κυμαίνονται μεταξύ 54 έως 58ppm.

Στο **4.10 Διάγραμμα** βλέπουμε τον Μέσο Όρο του Αφομοιώσιμου Σιδήρου (**Fe**). Όπου η περιοχή του Αγρινίου έχει την μεγαλύτερη τιμή, 39,8ppm, ακολουθεί το Αιτωλικό με 30ppm και με μεγάλη διαφορά στην τιμή, οι

περιοχές της Ναυπάκτου και του Μεσολογγίου όπου κυμαίνονται μεταξύ 17 έως 18ppm.

Στο **4.11 Διάγραμμα** βλέπουμε τον Μέσο Όρο του Αφομοιώσιμου Μαγγανίου (**Mn**). Όπου οι περιοχές λαμβάνουν τις τιμές 4 έως 6ppm με μικρές διαφορές μεταξύ τους.

Στο **4.12 Διάγραμμα** βλέπουμε τον Μέσο Όρο του Αφομοιώσιμου Ψευδαργύρου (**Zn**). Όπου οι περιοχές του Αγρινίου, Αιτωλικού και Μεσολογγίου έχουν μικρές διαφορές, λαμβάνοντας τις τιμές 0.6 έως 0.7ppm, και η περιοχή της Ναυπάκτου με 0.4ppm.

Στο **4.13 Διάγραμμα** βλέπουμε τον Μέσο Όρο του Χαλκού (**Cu**). Όπου οι περιοχές του Αιτωλικού και του Μεσολογγίου κυμαίνονται μεταξύ 5.0 έως 5.5ppm. Η περιοχή του Αγρινίου 3.0ppm και με μεγάλη διαφορά η περιοχή της Ναυπάκτου έχοντας μέσο όρο τιμών 0.9ppm.

Στο **4.14 Διάγραμμα** βλέπουμε τον Μέσο Όρο του Αφομοιώσιμου Βορίου (**B**). Όπου η περιοχή του Μεσολογγίου έχει την μεγαλύτερη τιμή, 1.6ppm, η περιοχή του Αιτωλικού λαμβάνει την τιμή περίπου 1.1ppm και οι περιοχές του Αγρινίου και του Αιτωλικού κυμαίνονται μεταξύ 0.5 έως 0.8ppm.

4.1 Πίνακας αποτελεσμάτων Αγριών

ΕΙΔΟΣ ΕΔ.	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ	pH	EC	CaCO ₃ %	ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ	(N) ΑΖΩΤΟ NO ₃ -	(N) ΑΖΩΤΟ NH ₄ ⁺	(N) ΟΛΙΚΟ	(P) ΦΟΣΦΟΡΟΣ αφορισιά σίμος	(K) ΚΑΛΙΟ ΚΑΛΙΟ	(K) ΚΑΛΙΟ ΚΑΛΙΟ	(Ca) ΑΣΒΕΤΙΟ ανταλλάξιμο	(Ca) ΑΣΒΕΤΙΟ ανταλλάξιμο	(Mg) ΜΑΓΝΗΣΙΟ ανταλλάξιμο	(Mg) ΜΑΓΝΗΣΙΟ ανταλλάξιμο	(Na) ΝΑΤΡΙΟ ανταλλάξιμο	(Na) ΝΑΤΡΙΟ ανταλλάξιμο	Fe	Cu	Mn	Zn	B
ΟΞΕΑ	M.O	6,25	487,03	0,25	1,24	24,96	3,24	0,01	64,25	160,90	0,14	1161,36	5,05	153,98	1,16	52,21	0,15	72,09	4,22	8,54	0,86	0,82
	std	0,42	314,51	1,24	0,18	40,18	2,99	0,00	52,63	88,78	0,13	644,38	2,20	88,61	0,65	30,74	0,05	116,58	9,11	11,91	0,68	0,36
	CV%	6,65	64,58	500,00	14,18	161,00	92,14	16,79	81,91	55,80	92,39	55,49	43,61	57,55	55,96	58,88	31,01	161,71	215,97	139,40	79,04	44,13
ΑΛΚΑΛΙΚΑ	M.O	7,92	544,66	7,33	1,34	11,66	2,25	0,01	15,40	118,48	0,03	2808,97	13,53	140,31	0,99	55,27	0,17	15,37	2,15	4,13	0,65	0,83
	std	0,48	507,15	5,56	0,26	18,43	2,82	0,00	12,41	62,62	0,03	1591,38	8,69	132,62	0,55	52,23	0,09	17,22	2,33	5,39	0,91	0,47
	CV%	6,10	93,11	75,88	19,27	158,02	125,59	0,00	80,56	52,86	82,48	56,65	64,23	94,52	55,66	94,49	49,74	112,03	108,18	130,67	140,77	56,59
ΟΛΙΚΟΙ	M.O	7,20	519,82	4,28	1,30	17,39	2,65	0,01	36,46	136,76	0,08	2088,79	10,03	146,20	1,06	54,05	0,16	39,82	3,04	6,03	0,74	0,83
	std	0,95	432,29	5,52	0,23	30,24	2,83	0,00	42,99	77,75	0,10	1507,98	7,96	115,01	0,59	44,49	0,07	81,80	6,25	8,99	0,82	0,42
	CV%	13,18	83,16	129,18	17,81	173,88	106,88	18,19	117,92	56,85	127,58	71,85	79,42	78,66	55,90	82,31	45,62	205,44	205,32	149,14	110,96	50,92

Πίνακας 4.2 Κατηγοριοποίηση εδαφών Αγρινίου σύμφωνα με το pH

Δείγματα περιοχής ΑΓΡΙΝΙΟΥ - Σύνολο 58			
ΑΛΚΑΛΙΚΑ	ΟΞΙΝΑ	ΌΛΑ	Υπολογισμοί
8,01	6,3	7,19	M.O
0,41	0,35	0,96	std
5,11	5,50	13,32	cv%

Πίνακας 4.3 Κατηγοριοποίηση εδαφών Αιτωλικού σύμφωνα με το pH

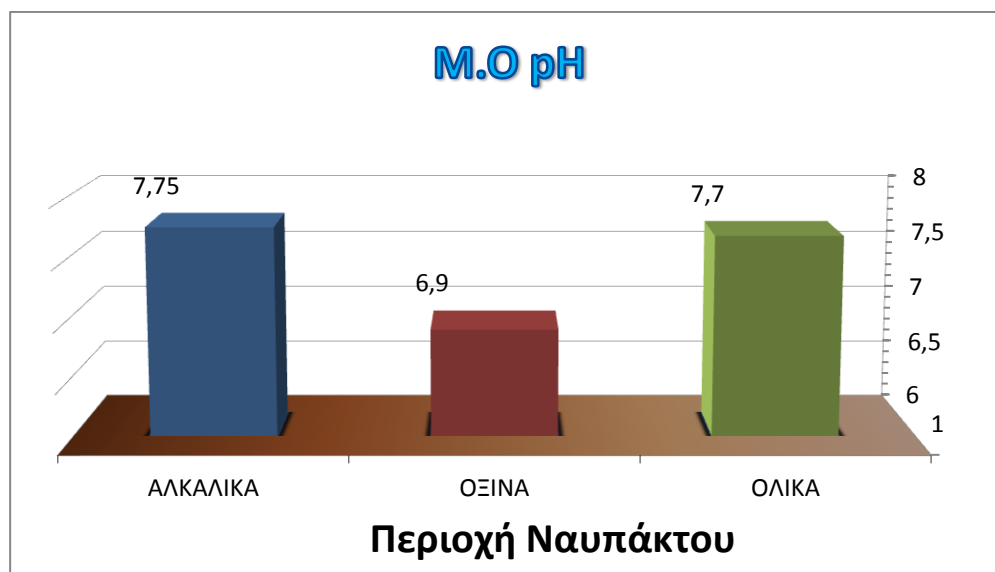
Δείγματα περιοχής ΑΙΤΩΛΙΚΟΥ - Σύνολο 22			
ΑΛΚΑΛΙΚΑ	ΟΞΙΝΑ	ΌΛΑ	Υπολογισμοί
7,87	6,75	7,66	M.O
0,46	0,13	0,61	std
5,82	1,91	7,90	cv%

Πίνακας 4.4 Κατηγοριοποίηση εδαφών Ναυπάκτου σύμφωνα με το pH

Δείγματα περιοχής ΝΑΥΠΑΚΤΟΥ - Σύνολο 12			
ΑΛΚΑΛΙΚΑ	ΟΞΙΝΑ	ΌΛΑ	Υπολογισμοί
7,75	6,90	7,68	M.O
0,48		0,52	std
6,25		6,82	cv%

Δείγματα περιοχής ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ - Σύνολο 55			
ΑΛΚΑΛΙΚΑ	ΟΞΙΝΑ	ΌΛΑ	Υπολογισμοί
7,98	6,45	7,93	M.O
0,33	0,07	0,43	std
4,08	1,10	5,44	cv%

4.5 Κατηγοριοποίηση εδαφών Μεσολογγίου σύμφωνα με το pH



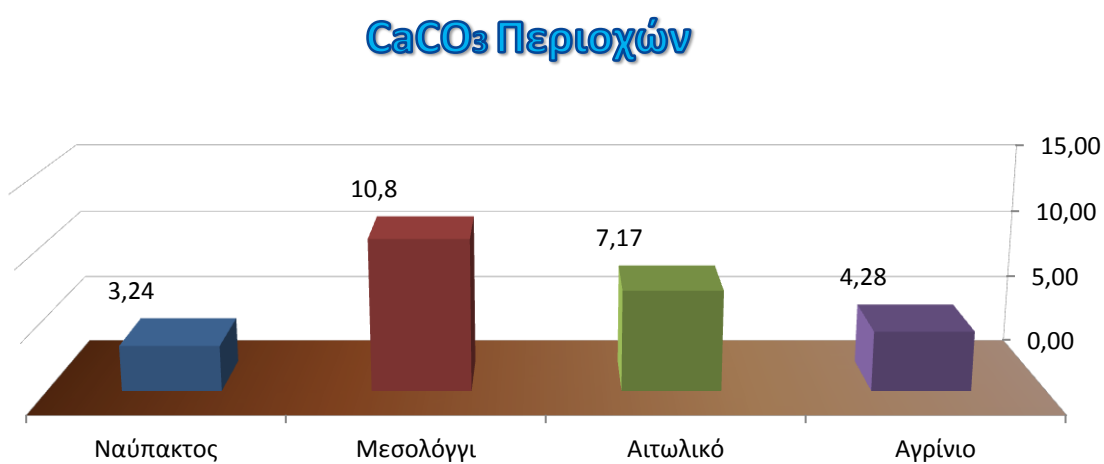
4.1 Μέσος όρος pH



Διάγραμμα 4.2 Μέσος όρος pH περιοχών Νομού Αιτωλοακαρνανίας

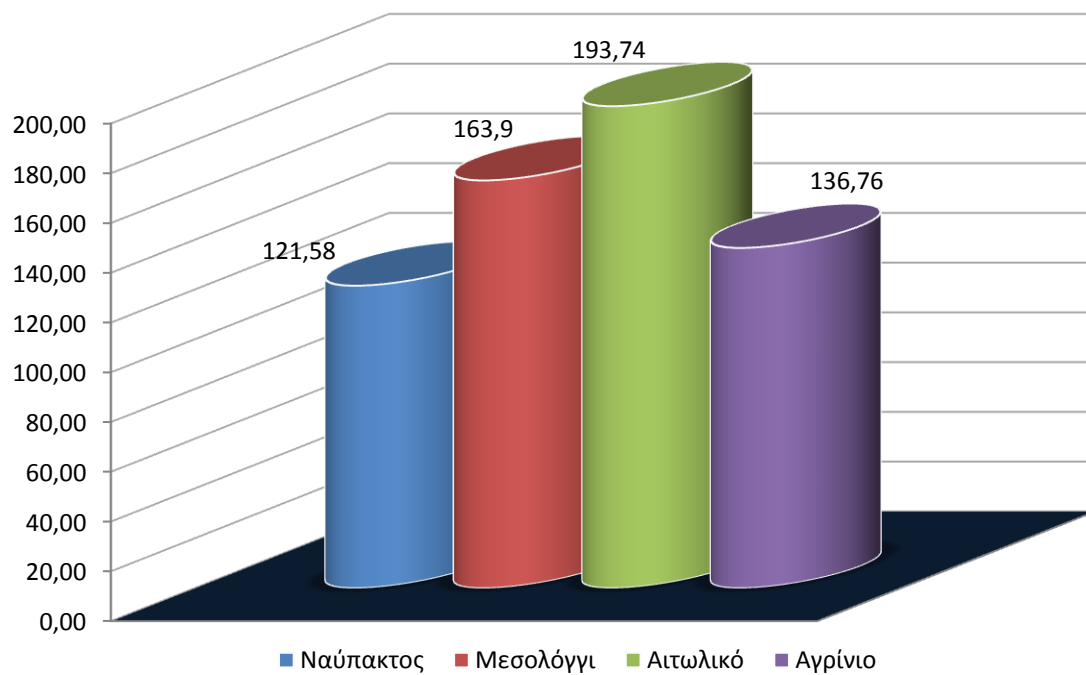


Διάγραμμα 4.3 Μέσος όρος EC του Νομού Αιτωλοακαρνανίας



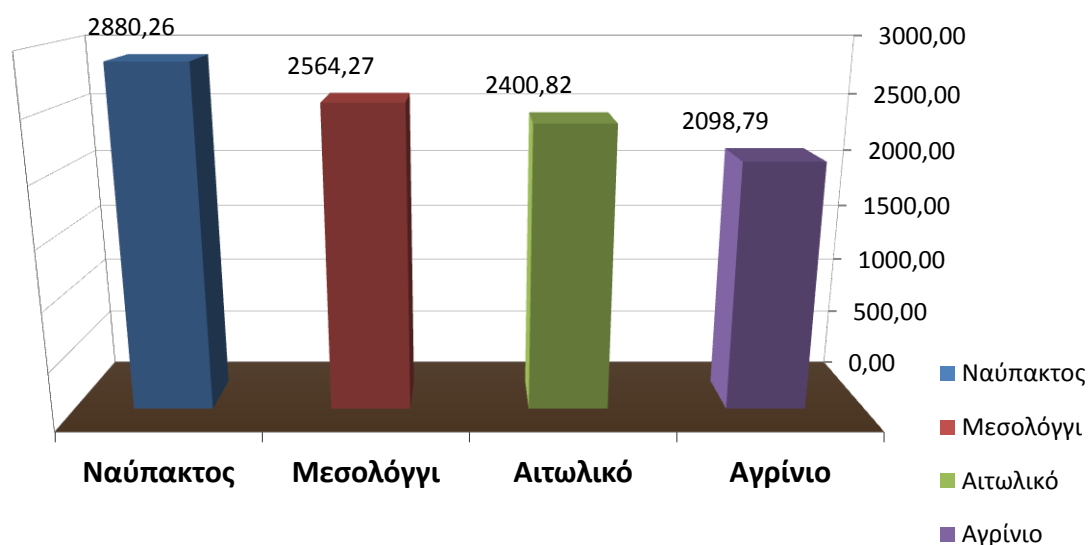
4.4 Μέσος όρος Ανθρακικού ασβεστίου του Νομού Αιτωλοακαρνανίας

Κ ανταλλάξιμο Περιοχών



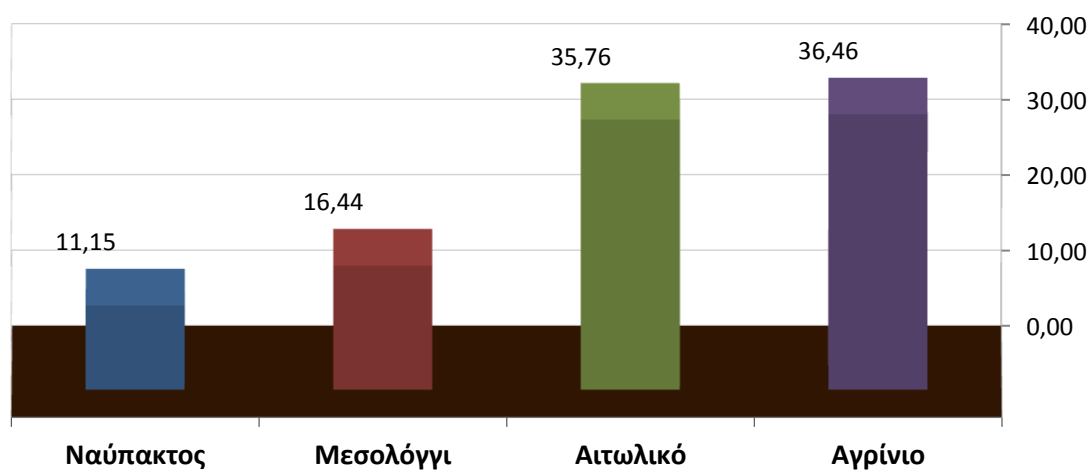
Διάγραμμα 4.5 Μέσος όρος Καλίου του νομού Αιτωλοακαρνανίας

Ca Ανταλλάξιμο Περιοχών



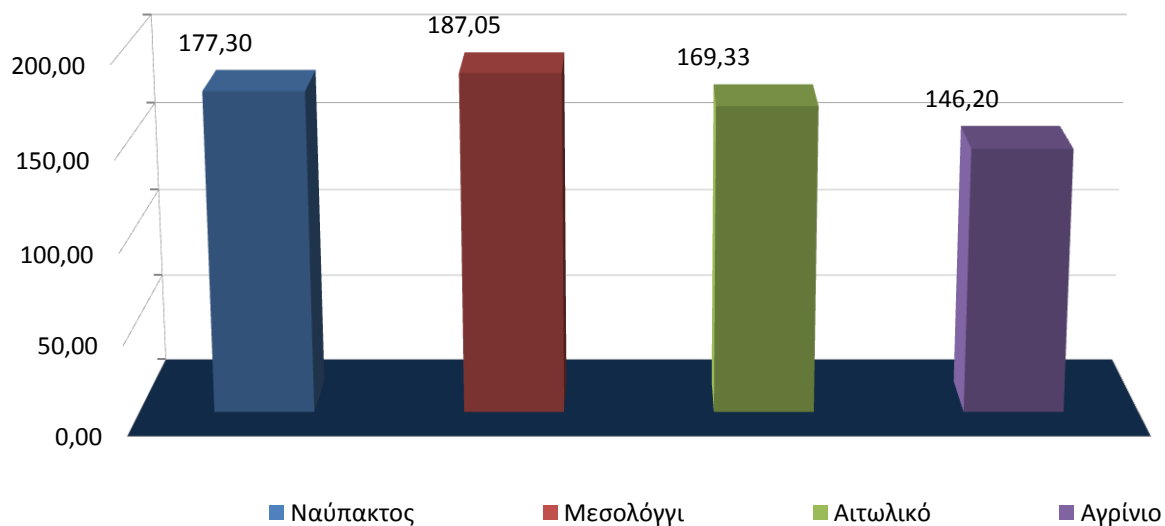
Διάγραμμα 4.6 Μέσος όρος Ασβεστίου του Νομού Αιτωλοακαρνανίας

P Αφομοιώσιμος Περιοχών



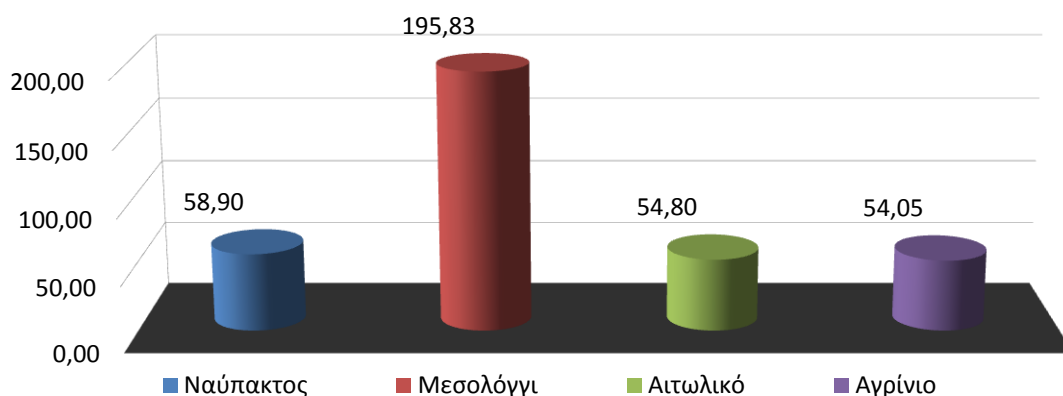
Διάγραμμα 4.7 Μέσος όρος Αφομοιώσιμου Φωσφόρου Νομού Αιτωλοακαρνανίας

Mg Ανταλλάξιμο Περιοχών



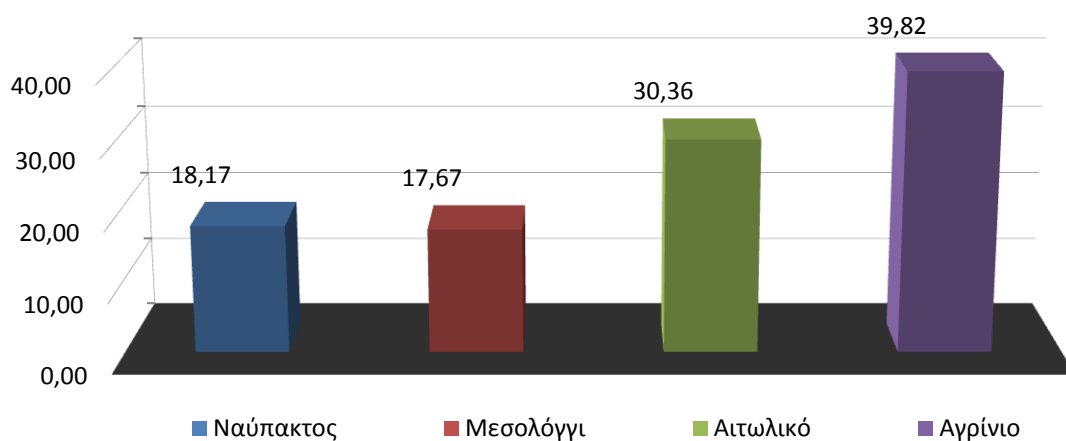
Διάγραμμα 4.8 Μέσος όρος Ανταλλάξιμου Μαγνησίου Νομού Αιτωλοακαρνανίας

Na Ανταλλάξιμο Περιοχών



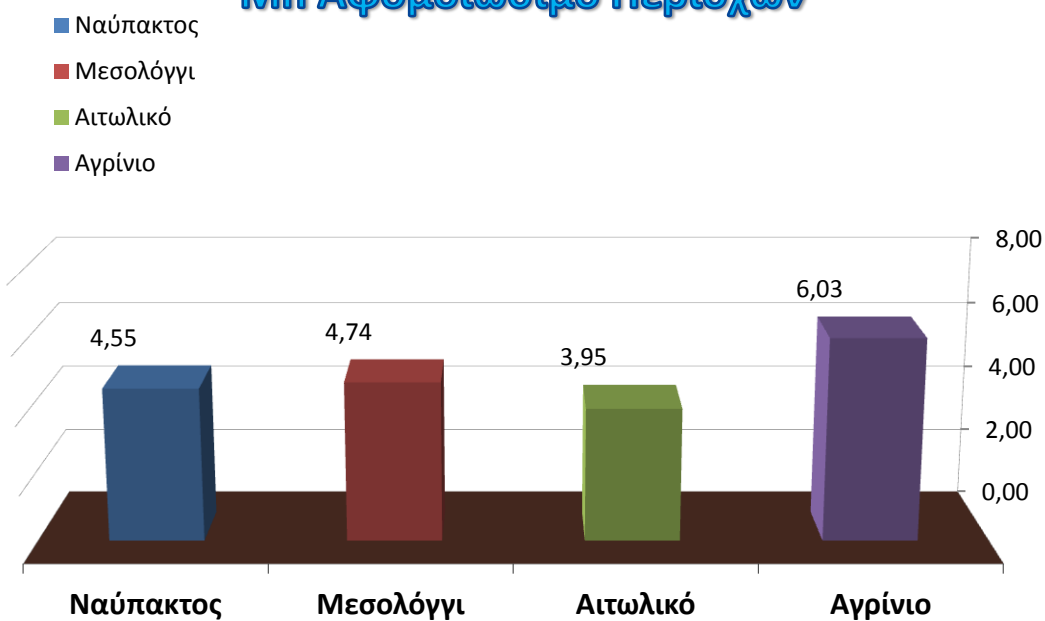
Διάγραμμα 4.9 Μέσος όρος Ανταλλάξιμου Νατρίου

Fe Αφομοιώσιμος Περιοχών



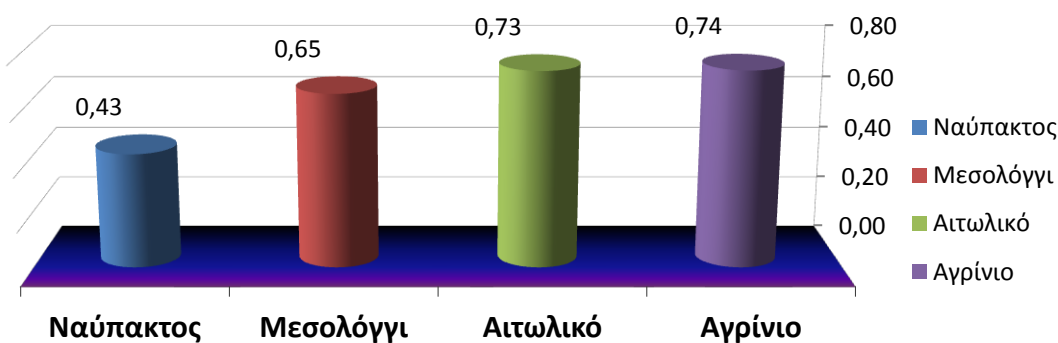
Διάγραμμα 4.10 Μέσος όρος Αφομοιώσιμου Σιδήρου

Μη Αφομοιώσιμο Περιοχών



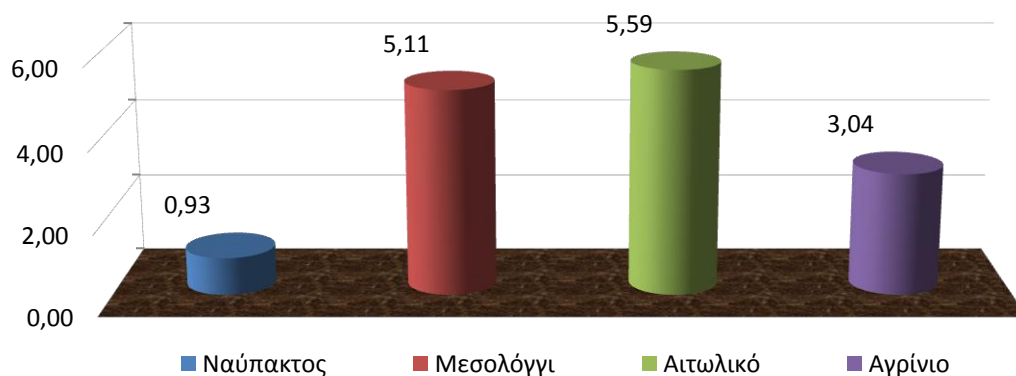
Διάγραμμα 4.11 Μέσος όρος Μαγνητίου

Zn Αφομοιώσιμος Περιοχών



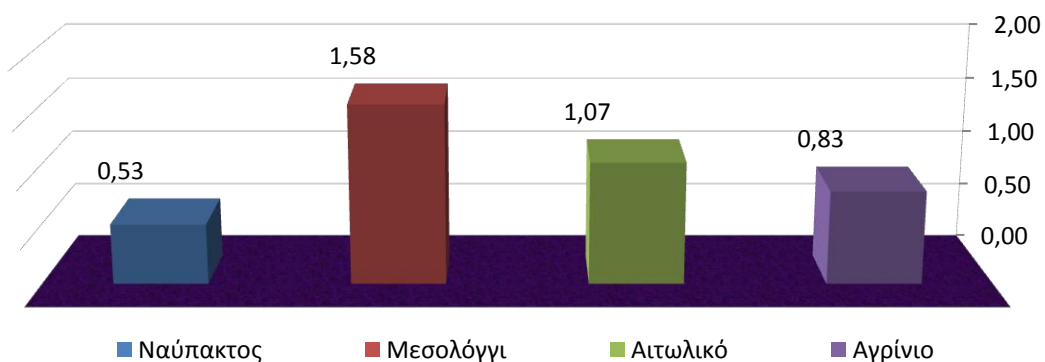
Διάγραμμα 4.12 Μέσος όρος Ψευδαργύρου

Cu Αφομοιώσιμος Περιοχών



Διάγραμμα 4.13 Μέσος όρος Χαλκού

B Αφομοιώσιμο Περιοχών



Διάγραμμα 4.14 Μέσος όρος Βορίου

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τις παραπάνω εδαφολογικές αναλύσεις που διενεργήθηκαν στα γεωργικά δείγματα των περιοχών του Νομού Αιτωλοακαρνανίας προκύπτουν ορισμένες παρατηρήσεις στη σύσταση των εδαφών αυτών σχετικά με τα θρεπτικά στοιχεία.

Τα εδάφη του Αγρινίου παρατηρείται ότι κυμαίνονται στην κλίμακα του pH ανάμεσα στις τιμές 5.0 έως 8.4 σε μεγάλο αριθμό δειγμάτων, αυτό δηλώνει ότι είναι κυρίως όξινα και αλκαλικά. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα των εδαφών αυτών είναι στα όρια των φυσιολογικών τιμών, τείνοντας να είναι αρκετά χαμηλή. Το ανταλλάξιμο Κάλιο είναι και αυτό μέσα στα φυσιολογικά πλαίσια. Το ανταλλάξιμο ασβέστιο είναι σε υψηλά επίπεδα κατατάσσοντας τα εδάφη αυτά ασβεστόχα. Επίσης και ο αφομοιώσιμος φώσφορος και το αφομοιώσιμο μαγνήσιο έχουν αρκετά υψηλές τιμές. Το ανταλλάξιμο νάτριο είναι σε φυσιολογικά πλαίσια σε αντίθεση με την μεγάλη περιεκτικότητα αφομοιώσιμου σιδήρου. Τα ιχνοστοιχεία μαγγάνιο, και χαλκός είναι σε πολύ υψηλές τιμές. Εν αντιθέσει με τον ψευδάργυρο που έχει πολύ χαμηλή τιμή. Το βόριο είναι σε καλά επίπεδα.

Τα εδάφη του Μεσολογγίου είναι κυρίως αλκαλικά εδάφη με μέσο όρο pH 7,9. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι σε πολύ υψηλή τιμή σε σύγκριση με τις υπόλοιπες περιοχές του νομού. Παρατηρήθηκε ότι τα εδάφη της περιοχής είναι φτωχά σε φώσφορο και με καλές τιμές σε κάλιο, υψηλές τιμές ασβεστίου και μαγνησίου. Φυσιολογικές τιμές ανταλλάξιμου νατρίου και σιδήρου. Πολύ υψηλές τιμές σε μαγγάνιο, χαλκό και βόριο. Χαμηλές τιμές παρατηρήθηκε στον ψευδάργυρο.

Τα εδάφη του Αιτωλικού παρατηρήθηκε ότι κυρίως αλκαλικά εδάφη με μέσο όρο pH 7,6. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι σε φυσιολογικά πλαίσια. Έχουμε μεγάλη ποσότητα σε αφομοιώσιμο φώσφορο, κάλιο, ασβέστιο και μαγνήσιο. Φυσιολογικές τιμές έχει το ανταλλάξιμο νάτριο. Παρατηρείται ότι υπάρχει έλλειψη σε μαγγάνιο και ψευδάργυρο. Ο χαλκός, ο σίδηρος και το βόριο είναι σε υψηλές τιμές.

Τα εδάφη της Ναυπάκτου παρατηρήθηκε ότι κυρίως είναι αλκαλικά εδάφη με μέσο όρο pH 7.7 και με φυσική ηλεκτρική αγωγιμότητα. Σημαντική έλλειψη αφομοιώσιμου φωσφόρου και ψευδαργύρου παρατηρήθηκε. Υψηλές τιμές σε ανταλλάξιμο ασβέστιο, μαγνήσιο και μαγγάνιο, φυσιολογικές τιμές σε νάτριο ,χαλκό και βόριο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Α. ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

* **Ιστοχώρος**

* <http://en.wikipedia.org>

* <http://www.homework-help-secrets.com>

Βιβλία - Διατριβές

- * Bergmann, W. 1992. Nutritional Disorders of Plants: Development, Visual and Analytical Diagnosis. Gustav Fischer, Jena, Stuttgart, New York.
- * B.P. 1969. The geological results of petroleum exploration in Western Greece. No 197. 68 pp
- * Brown, P.H. and B.J. Shelp. 1997. Boron mobility in plants. Plant Soil. 193:85-101.
- * Brown P.H. and H. Hu. 1996. Phloem mobility of boron is species depended: Evidence for phloem mobility in sorbitol- rich species. Annals Bot. 77:497-505.
- * Goldberg, S. 1997. Reactions of boron with soils. Plant Soil 193:35-48.
- * Gilkes R.J., McKenzie R.M. 1988. Geochemistry and mineralogy of manganese in soils. In Graham R.D., Hannam J., Uren N.C., eds, Manganese in soils and plants. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 23-35.
- * D.W.Franzen L.J. Cihacek NDSU Extension Service Director, NDSU Soil and Water Laboratory - Soil Sampling as a Basis for Fertilizer Application
- * Hilgard, E.W, 1906. Soils. Macmillan, New York
- * Jenny, H., 1941. Factors of Soil Formation. New York
- * Jones J.B.,Jr. 1998. Plant nutrition - Manual. CCR Press LLC.
- * Kabata-Pendias A., Pendias H. 2001. Trace elements in soils and plants. CRC Press LLC, Florida, United States of America, 3rd edition.
- * Krauskopf, K.B. 1972. Geochemistry of Micronutrients. In: Micronutrients in Agriculture, J.J. Mortvedt, P.M. Giordano and W.L. Lindsay eds. Soil Science Society of America Inc, Madison, pp. 7-40.

- * Kuhn, C., L. Barker, L. Burkle and W. Frommer. 1999. Update on sucrose transport in higher plants. *J. Exp. Bot.* 50:935-953.
- * Loescher, W.H. 1987. Physiology and metabolism of sugar alcohols in higher plants. *Physiol. Plant.* 70:553-557.
- * Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants, Academic Press Limited, Second edition
- * Marschner H. 1988. Mechanisms of manganese acquisition by roots from soils. In Graham R.D., Hannam J., Uren N.C., eds, Manganese in soils and plants. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 191-204.
- * Nable, R.O., G.S. Banuelos and J.G. Paull. 1997. Boron toxicity. *Plant Soil.* 193:181
- * Power, P.P. and W.G. Woods. 1997. The chemistry of boron and its speciation in plants. *Plant Soil* 193:1-13.198
- * Shorrocks, V.M. 1997. The occurrence and correction of boron deficiency. *Plant Soil* 193:121-148.
- * Ramann , E., 1911. *Bodenkunde.* Berlin
- * R.H Miller and D.R Koeney, 1982, *Methods of Soil Analysis*, 2nd Edn, Awercem Society of Agroonomy, Madism, WI USA
- * Σημειώσεις Εδαφολογίας Δασικού Κολεγίου Κύπρου

B. ΕΛΛΗΝΙΚΗ

Ιστοχώρος

- * <http://www.prosodol.gr>
- * <http://el.wikipedia.org>
- * <http://www.chem.uoa.gr>
- * <http://www.agro-help.com>
- * <http://agroboard.blogspot.gr>
- * <http://www.copper.org.gr>
- * <http://users.ntua.gr>
- * <https://sites.google.com>
- * <http://www.geoanalysisi.gr>

Βιβλία – Διατριβές

- * Ανδρονόπουλος, Β. και Τζιτζιρά, Α. 1982. Γεωτεχνικές συνθήκες και κατολισθητικές κινήσεις στην περιοχή Αγαλιανού (Λίμνη Κρεμαστών). ΙΓΜΕ.
- * Δρ. Κυριάκος Τσιτσίας « Εργαστήρια Εδαφολογίας»
- * Ιωάννης Ε. Παπαδάκης «Φυσιολογική και ανατομική μελέτη της τοξικότητας του Βορίου»
- * Ιωάννης Ε. Παπαδάκης «Συμπεριφορά των εσπεριδοειδών στο Μαγγάνιο»
- * Μαυρομάτης, Γ. 1980. Το βιοκλίμα της Ελλάδος-Σχέσεις κλίματος και φυσικής βλαστήσεως-Βιοκλιματικοί χάρτες. Δασική έρευνα, τόμος 1,παράρτημα.
- * Μήτσιος Ιωάννης «Γονιμότητα εδαφών»
- * Μήτσιος Ιωάννης «Διαθεσιμότητα των θρεπτικών του εδάφους»
- * Μπαρούχας, Π.Ε., 2004. Ανάλυση φασματικών χαρακτηριστικών χρώματος εδαφών της τάξεως των Alfisols. Διδακτορική διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- * Σωτηρόπουλος, Θ. 1999. Ο ρόλος του βορίου στην ανόργανη θρέψη του ακτινιδίου. Διδακτορική Διατριβή. Τμήμα Γεωπονίας, Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών, Α.Π.Θ., σελ. 172.