




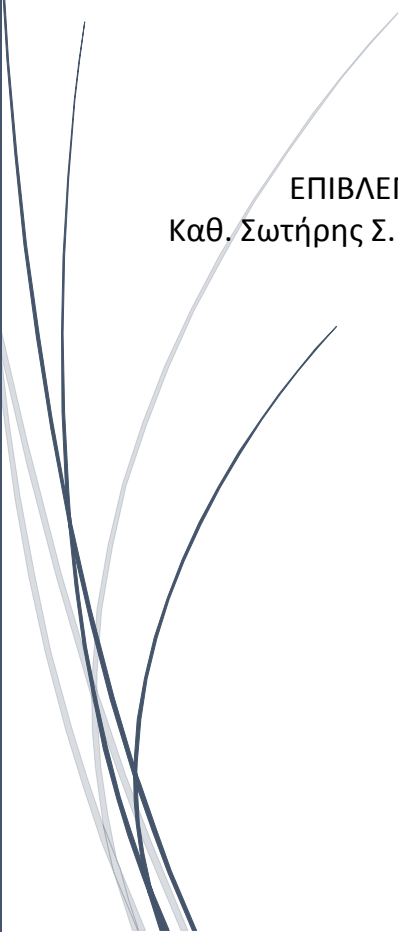
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ

ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ



# ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΔΑΦΟΥΣ ΤΟΥ ΥΠΑΛΠΙΚΟΥ ΛΙΒΑΔΙΟΥ “ΚΩΣΤΗΛΑΤΑ” ΘΕΟΔΩΡΙΑΝΩΝ ΑΡΤΑΣ



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ  
Καθ. Σωτήρης Σ. Κανδρέλης

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ  
Γεώργιος Μπάφας

ΑΡΤΑ 2016

# Περιεχόμενα

1.	ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	3
2.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	5
3.	ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	7
3.1	ΓΕΝΙΚΑ .....	7
4	ΕΔΑΦΟΣ.....	9
4.1	ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ .....	9
4.1.1	Μηχανική σύσταση εδάφους.....	10
4.1.1.1	Σύστημα κατάταξης εδαφών .....	11
4.2	ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ .....	12
4.2.1	pH του εδάφους.....	12
4.2.1.1	Η σημασία του pH στα καλλιεργούμενα εδάφη .....	13
4.2.1.2	Μεταβολές του pH .....	14
4.2.2	Οργανική ουσία .....	15
4.2.3	Ηλεκτρική αγωγιμότητα .....	17
4.2.3.1	Αλατότητα.....	18
4.2.4	Ανθρακικό ασβέστιο CaCO <sub>3</sub> .....	19
4.2.5	Θρεπτικά στοιχεία .....	21
4.2.6	Τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους.....	21
4.2.6.1	Μακροστοιχεία.....	21
4.2.6.2	Ιχνοστοιχεία.....	26
5	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....	29
5.1	ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ .....	29
5.1.1	Γεωγραφική θέση .....	29
5.2	ΜΕΘΟΔΟΙ .....	30
5.2.1	Δειγματοληψία .....	30
5.2.2	Εργαστηριακές αναλύσεις.....	30
5.2.2.1	Μηχανική Σύσταση Εδάφους .....	30
5.2.2.2	pH του εδάφους .....	32
5.2.2.3	Ηλεκτρική αγωγιμότητα εδάφους.....	33
5.2.2.4	Οργανική ουσία εδάφους.....	33
5.2.2.5	Ανθρακικό ασβέστιο (CaCO <sub>3</sub> ) εδάφους.....	35
5.2.2.6	Φώσφορος του εδάφους.....	37
6	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	39
6.1	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ .....	39
6.2	pH ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ .....	39
6.3	ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ .....	39
6.4	ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΣΒΕΣΤΙΟ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	39
6.5	ΦΩΣΦΟΡΟΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ .....	40
6.6	ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	40
7	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ - ΠΙΝΑΚΕΣ .....	41

7.1	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ .....	41
7.2	ΡΗ ΕΔΑΦΟΥΣ .....	43
7.3	ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ .....	44
7.4	ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΣΒΕΣΤΙΟ (CaCO <sub>3</sub> ) ΕΔΑΦΟΥΣ .....	45
7.5	ΦΩΣΦΟΡΟΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ .....	46
8	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	47
9	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	47
10	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	48

## 1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το έδαφος που βρίσκεται κάτω από τα πόδια μας είναι το βασικό υπόστρωμα πάνω στο οποίο αναπτύσσεται όλη η γήινη ζωή. Μοιάζει πολύ με βιολογικό οργανισμό που “γεννιέται, γερνάει και πεθαίνει” εξαφανίζεται δηλαδή κάτω από ορισμένες συνθήκες. Το έδαφος αποτελεί περιβάλλον έντονης μικροβιακής δραστηριότητας και χώρο στον οποίο αποτίθεται πλήθος αποβλήτων εκ των οποίων δυστυχώς μερικά μόνο θεωρούνται ανακυκλώσιμα (Καλυβάς, 2003).

Σύμφωνα με την κοινή εμπειρική γνώση το έδαφος είναι αδρανές υλικό, ταυτόσημο με το χώμα, δηλαδή με αυτό που βλέπουμε σε ακάλυπτους χώρους, στα χωράφια και στα πάρκα και το οποίο χρησιμοποιούμε στις γλάστρες για να αναπτύξουμε και να διατηρήσουμε καλλωπιστικά φυτά. Είναι επίσης υπεύθυνο για τη σκόνη που κυκλοφορεί στην ατμόσφαιρα, κυκλοφορεί με τον άνεμο και επικάθεται σε δρόμους, αυλές και αυτοκίνητα. Τέλος, το ‘εδαφος-χώμα’ κατά τα διάρκειά μιας βροχής σχηματίζει λάσπη που είναι επίσης ‘ενοχλητική’.

Όμως η πραγματικότητα και η σύγχρονη επιστημονική γνώση απέχουν πάρα πολύ από την κοινή εμπειρική γνώση. Το έδαφος, πάρα το γεγονός ότι είναι ένας από τους φυσικούς πόρους που υποτιμάται δε χρησιμοποιείται κατά ενδεδειγμένο τρόπο και υφίσταται μάλλον ληστρική εκμετάλλευση, αναμφίβολα αποτελεί ένα από τα πιο σπουδαία συστατικά του περιβάλλοντος. Το έδαφος αποτελεί το τελικό προϊόν μιας σειράς πολύπλοκων και αλληλεξαρτώμενων διεργασιών που αναπτύσσονται μεταξύ της λιθόσφαιρας, της υδρόσφαιρας, της βιόσφαιρας και της ατμόσφαιρας και οι οποίες διεργασίες απαιτούν μεγάλα χρονικά διαστήματα για την ολοκλήρωσή τους.

Το έδαφος καθορίζει την δυνατότητα γεωργικής ανάπτυξης μιας περιοχής, συμμετέχει σε γεωμορφολογικές διαδικασίες, λαμβάνεται υπόψη στο χωροταξικό σχεδιασμό και αποτελεί το μέσο από το οποίο λαμβάνονται υλικά για την κατασκευαστική βιομηχανία ή το μέσο στο οποίο εδράζονται τεχνικά έργα και κατασκευές και αποθέτοντας απορρίμματα και απόβλητα.

Προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος της πτυχιακής διατριβής, που ήταν ‘φυσικοχημικά χαρακτηριστικά εδάφους του υπαλπικού λιβαδιού “Κωστηλάτα” Θεοδωριάνων Άρτας’ απαιτήθηκαν αρκετές ώρες εργασίας τόσο στην περιοχή των Θεοδωριάνων όσο και στο χώρο του εργαστήριου. Κατά συνέπεια, θεωρώ χρέος μου να ευχαριστήσω

Τον κ. Σωτήρη Κανδρέλη, για την ανάθεση του θέματος, τη συνεχή καθοδήγηση και παρακολούθηση, τις εύστοχες προτάσεις του, καθώς και για την τελική διόρθωση του κειμένου.

Τον κ. Χαράλαμπο Κουτσούκη, τεχνολόγο γεωπόνο M.Sc, για τη βοήθεια του στη συλλογή και επεξεργασία των δειγμάτων, για την παρακολούθηση των εργαστηριακών αναλύσεων, καθώς και για την βοήθεια που μου προσέφερε στον σχεδιασμό και την ολοκλήρωση της παρούσας μελέτης.

Τον κ. Μαντζούτσο Ιωάννη εργαστηριακό συνεργάτη του ΤΕΙ Ηπείρου για την καθοδήγηση και παρακολούθηση των εργαστηριακών αναλύσεων, για την γνωσιακή υποστήριξη του και για τις διδακτικές συζητήσεις που είχαμε κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας.

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου, για την πολύτιμη συνεργασία και βοήθεια που μου προσέφεραν κατά τη διάρκεια των εργαστηριακών αναλύσεων.

## 2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το έδαφος αποτελεί το βασικό θεμέλιο της ζωής του ανθρώπου το πιο πολύτιμο και ανεκτίμητο 'κεφάλαιο-θησαυρό' της ανθρωπότητας, το αιώνιο μέσο παραγωγής, τον πρώτο κρίκο της τροφικής αλυσίδας. Είναι ο φυσικός πόρος που καθορίζει αποφασιστικά την ύπαρξη και ποιότητα της ζωής του ανθρώπου. Ένα πολύπλοκο, πολυφασικό, δυναμικό, βιογεωχημικό σύστημα ζωτικής σημασίας στους κύκλους ζωής της γήινης βλάστησης (Σιμώνης, 2007).

Έδαφος είναι το στρώμα από ανόργανα και οργανικά υλικά που καλύπτει την επιφάνεια της ξηράς της γης. Προέκυψε από την αποσάθρωση ορυκτών και πετρωμάτων και με την ταυτόχρονη δράση χημικών, φυσικών και βιολογικών παραγόντων. Ο ρυθμός των διεργασιών που συμβαίνουν στο έδαφος εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες. Από τις ίδιες συνθήκες εξάλλου εξαρτάται και το μεγάλο εύρος εδαφών με διαφορετικές ιδιότητες που κατανέμεται σε όλο τον κόσμο (Παπαμίχος, 1990).

Το έδαφος είναι κύριο συστατικό του φυσικού συστήματος. Το φυσικό σύστημα περιλαμβάνει τη λιθόσφαιρα, την ατμόσφαιρα και τη βιόσφαιρα. Οι ιδιότητες του εδάφους είναι αποτέλεσμα των φυσικών αλληλεπιδράσεων σε αυτό το σύστημα. Είναι ένα ζωτικός πόρος, μη ανανεώσιμος, που δημιουργείται και αναπτύσσεται σύμφωνα με τους νομούς της εδαφικής δύναμης. Το έδαφος συνδέεται κατά πολλούς με την υγεία μας που κατέχει κεντρική θέση στη ζωή μας. Τροφοδοτεί με θρεπτικά συστατικά τα φυτά και μέσω αυτών τα ζώα και τον άνθρωπο και μεταβολές στην περιεκτικότητα των θρεπτικών συστατικών του εδάφους αντανακλώνονται, πρώτα στα φυτά και μετά στα ζώα και τον άνθρωπο που τα καταναλώνουν. (Σιμώνης, 2007)

Περίπου το 77% της καλλιεργήσιμης γης, στις ανεπτυγμένες χώρες σήμερα καλλιεργείται ενώ στις αναπτυσσόμενες μόνο το 36%. Η Αφρική και η Ν. Αμερική κατέχουν περίπου το 11 και 8% αντίστοιχα της καλλιεργουμένης γης, αλλά το 26 και 27% αντίστοιχα της καλλιεργήσιμης γης στον κόσμο. Η Ασία κατέχει το 29% της καλλιεργήσιμης γης, λιγότερο από το 16% της καλλιεργουμένης γης στον κόσμο, αλλά έχει σχεδόν το 56% του παγκοσμίου πληθυσμού. (Σινάνης, 2003)

Το έδαφος είναι απαραίτητο υλικό για πολλές ανθρώπινες δραστηριότητες και ο άνθρωπος έχει τη δυνατότητα να το αξιοποιήσει μόνο όταν γνωρίζει πως

δημιουργήθηκε και πως μπορούν να επηρεαστούν οι ιδιότητές του από τις μεταβολές στο φυσικό σύστημα.

## 3. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

### 3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Έδαφος είναι το στρώμα από ανόργανα και οργανικά υλικά που καλύπτει την επιφάνεια της ξηράς της γης. Προέκυψε από την αποσάθρωση ορυκτών και πετρωμάτων και με την ταυτόχρονη δράση χημικών, φυσικών και βιολογικών παραγόντων.

Οι παράγοντες αυτοί χαρακτηρίζονται **εδαφογενετικοί** και η δράση τους είναι μακροχρόνια και συνεχής. Η συνέχιση της δράσης των εδαφογενετικών παραγόντων οδηγεί στη διαφοροποίηση του εδάφους που γίνεται με μεταφορά των συστατικών του σε διάφορα βάθη. Τα συστατικά που μεταφέρονται συνήθως είναι η άργιλος, η οργανική ουσία, το ανθρακικό ασβέστιο, η άργιλος κ.α. Αποτέλεσμα της μετακίνησης αυτής είναι η δημιουργία οριζοντίων στρώσεων που ονομάζονται γενετικοί ορίζοντες και μελετώνται με μια κατακόρυφη τομή που ονομάζεται εδαφικό προφίλ ή εδαφοτομή. Όλες οι παραπάνω διεργασίες που αφορούν τη δράση των εδαφογενετικών παραγόντων χαρακτηρίζονται ως εδαφογένεση. Το έδαφος είναι απαραίτητο υλικό για πολλές ανθρώπινες δραστηριότητες και ο άνθρωπος έχει τη δυνατότητα να το αξιοποιήσει μόνο όταν γνωρίζει πως δημιουργήθηκε και πως μπορούν να επηρεαστούν οι ιδιότητές του από τις μεταβολές στο φυσικό σύστημα. (Παναγιωτόπουλος, 2008)

Το έδαφος αποτελείται από 2 φάσεις:

- **Τη στερεή φάση.** Αντιπροσωπεύει το μισό περίπου από τον όγκο του και αποτελείται από συστατικά ανόργανης και οργανικής προελεύσεως. Τα ανόργανης προέλευσης συστατικά, ανάλογα με το μέγεθός τους χαρακτηρίζονται σαν άμμος, ιλύς και άργιλος.
- **Την υγρή φάση.** Αποτελείται από το νερό που εισέρχεται στο έδαφος μέσω της βροχής ή της άρδευσης. Στην πραγματικότητα η υγρή φάση είναι ένα αραιό διάλυμα ηλεκτρολυτών για το λόγο αυτό ονομάζεται και εδαφικό διάλυμα (Παναγιωτόπουλος, 2008).

Ο αέρας του εδάφους καταλαμβάνει ένα μέρος του πορώδους της στερεής φάσης. Η σχέση του με το εδαφικό νερό είναι αντιστρόφως ανάλογη, δηλαδή όσο πιο πολύ νερό περιέχει ένα έδαφος τόσο λιγότερος είναι ο αέρας και αντίστροφα. Στα έδαφη οι



απαιτήσεις σε οξυγόνο είναι μεγαλύτερες στα επιφανειακά στρώματα όπου υπάρχει ο μέγιστος αριθμός των ριζών μικροοργανισμών και μικρών ζώων.

Τέλος, το έδαφος δεν είναι ένα βιολογικά αδρανές συστατικό του στερεού φλοιού της γης αφού μέσα σε αυτό λαμβάνει χώρα μια πληθώρα βιολογικών δραστηριοτήτων στις οποίες συμμετέχουν πλήθος ζωντανών οργανισμών όπως βακτήρια αλλά και μικρά ζώα όπως σκουλήκια και τρωκτικά.

## 4 ΕΔΑΦΟΣ

### 4.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Με τον όρο φυσικές ιδιότητες του εδάφους εννοούμε το σύνολο των φυσικών παραγόντων που χαρακτηρίζουν ένα έδαφος ως προς την ικανότητα να ανταπεξέλθει σε μια συγκεκριμένη μορφή καλλιέργειας. Οι τιμές των φυσικών (μηχανική σύσταση) αυτών παραγόντων αλλά και των χημικών (pH, ανθρακικό ασβέστιο κ.α) βοηθούν στην κατηγοριοποίηση ενός εδάφους αλλά και στην σωστή εκμετάλλευση του (επιλογή της κατάλληλης καλλιέργειας, του σωστού τρόπου ποτίσματος κ.α.).

Οι πιο σπουδαίες φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους είναι η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, η οξύτητα και η αλκαλικότητα και η ρυθμιστική ικανότητα. Η ακριβής γνώση αυτών καθώς επίσης και των φυσιολογικών αναγκών των φυτών αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για τη χωρίς προβλήματα ανάπτυξή τους και τη σωστή συμβουλή για λίπανση, ασβέστωση και εγκατάσταση του κατάλληλου φυτού στο κατάλληλο έδαφος. (Σινάνης, 2003)

Η φυσικοχημική μελέτη του εδάφους στοχεύει στην ανάλυση των μηχανισμών με τους οποίους το έδαφος:

- Ρυθμίζει τη σύνθεση των θρεπτικών ουσιών που προορίζονται για τη θρέψη των φυτών
- Χρησιμεύει ως μέσο ανάπτυξης των μικροοργανισμών. (Παπαδόπουλος, 1998).

#### 4.1.1 Μηχανική σύσταση εδάφους

Μηχανική σύσταση του εδάφους λέγεται ο προσδιορισμός της σχετικής κατανομής των πρωτογενών εδαφικών τεμαχίων ως προς το μέγεθος τους. Δηλαδή προσδιορίζουμε την επί τοις εκατό περιεκτικότητα της λεπτής γης σε άμμο, άργιλο και ιλύ.

Έχει μεγάλη σημασία να γνωρίζουμε την μηχανική σύσταση του εδάφους αφού από αυτή καθορίζεται η κοκκομετρική σύσταση του εδάφους (υφή του εδάφους). Οι σπουδαιότερες ιδιότητες του εδάφους που είναι πρωταρχικής σημασίας από γεωργικής άποψης, όπως η αντίσταση του εδάφους στα καλλιεργητικά μηχανήματα, η διαπερατότητα του εδάφους από το νερό και τον αέρα, η θερμοχωρητικότητα του εδάφους κ.α., καθορίζονται από την κοκκομετρική σύσταση του εδάφους.

Οι ιδιότητες αυτές λαμβάνονται υπόψιν για τον υπολογισμό της απαιτούμενης υποδύναμης στη μηχανική καλλιέργεια του εδάφους, για την εκτέλεση έργων και προγραμμάτων αρδεύσεων και αποστραγγίσεων, για τον καθορισμό προγραμμάτων λίπανσης και φυτοπροστασίας και γενικά για την επιλογή του συστήματος γεωργικής εκμετάλλευσης του εδάφους (Χουλιάρας, 2002).

Σε όλες τις μεθόδους μηχανικής ανάλυσης προαπαιτούνται 2 εργασίες για τον ακριβέστερο και ασφαλέστερο προσδιορισμό της :

1. Αποδέσμευση όλων των κόκκων οι οποίοι αποτελούν συσσωματώματα του εδάφους - δευτερογενή τεμαχίδια
2. Μέτρηση του ποσοστού σε κάθε κλάσμα μεγέθους στο δείγμα (άμμος, άργιλος, ιλύς).

Τα δευτερογενή τεμαχίδια σχηματίζονται με την συνένωση των πρωτογενών τεμαχιδίων με διαφορετική σταθερότητα.

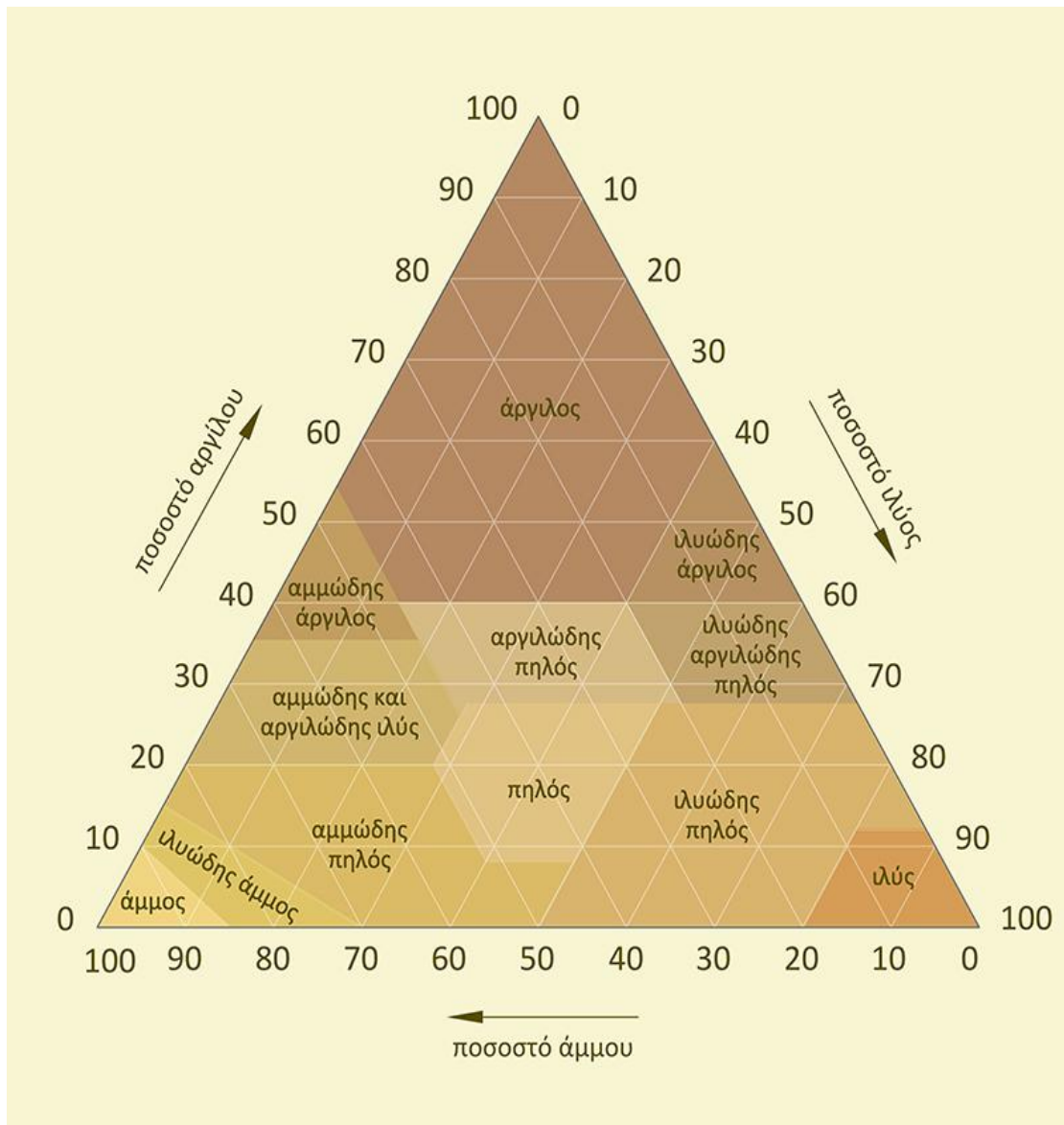
Μπορούμε να διακρίνουμε τρεις κυρίως κατηγορίες αυτών που αποτελούν την συνδετική ύλη των συσσωμάτων και επηρεάζουν την ανθεκτικότητα της στη διάσπαση:

- Η χουμοποιημένη οργανική ουσία στο έδαφος
- Το κolloειδές κλάσμα της αργίλου
- Ουσίες που προκαλούν τσιμεντοποίηση, όπως τα ανθρακικά άλατα, τα οξειδία του σιδήρου, πυριτίου και αργίλου (Κουκουλάκης και συν. 2000).

#### 4.1.1.1 Σύστημα κατάταξης εδαφών

Τα εδάφη ανάλογα με το ποσοστό άμμου, ιλύος και αργίλου που περιέχουν κατατάσσονται σε ορισμένες κατηγορίες μηχανικής σύστασης. Η κατάταξη γίνεται σύμφωνα με το σύστημα τριγωνικών συντεταμένων του Αμερικανικού Υπουργείου Γεωργίας με το οποίο είναι δυνατή η κατάταξη ενός εδάφους σε μια από τις 12 συνολικά κατηγορίες σύστασης:

1. Ομάδα ελαφρών εδαφών
  - i. Αμμώδη
  - ii. Πηλοαμμώδη
2. Ομάδα μέσης σύστασης εδαφών
  - i. Αμμοπηλώδη
  - ii. Πηλώδη
  - iii. Ιλοπηλώδη
  - iv. Ιλώδη
  - v. Αργιλοπηλώδη
  - vi. Αμμοαργιλοπηλώδη
  - vii. Ιλοαργιλοπηλώδη
3. Ομάδα βαρέων εδαφών
  - i. αμμοαργιλώδη
  - ii. ιλοαργιλώδη
  - iii. αργιλώδη (Τσιτσίας, 2004)



ΕΙΚΟΝΑ 1. Τριγωνικό διάγραμμα κατάταξης εδαφών

## 4.2 ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

### 4.2.1 pH του εδάφους

Ως pH έχει οριστεί ο αρνητικός λογάριθμος συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου στο εδαφικό διάλυμα η οποία εκφράζεται σε γραμμοισοδύναμα ανά λίτρο (meq/l). Η ποσότητα των ιόντων υδρογόνου αντιπροσωπεύει την ενεργό οξύτητα η οποία θεωρείται μέτρο έντασης για την εκτίμηση της οξύτητας ή της αλκαλικότητας του εδάφους.

Το pH είναι μια από τις βασικές ιδιότητες του εδάφους. Από την τιμή εξαρτάται η δυνατότητα χρησιμοποίησης από τα φυτά των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους και κυρίως του φωσφόρου και των ιχνοστοιχείων του εδάφους. Ακόμη οι ανάγκες του εδάφους σε ασβέστιο, πολλές φυσικές ιδιότητες και η μικροβιακή δραστηριότητα εξαρτώνται από την τιμή του pH.

Το pH του εδάφους μπορούμε να το μετρήσουμε κυρίως με 2 τρόπους:

**Χρωμομετρικά.** Αυτή στηρίζεται στην ιδιότητα των δεικτών να αλλάζουν το χρώμα τους σε ορισμένη περιοχή pH. Διαφορετικοί δείκτες χρησιμοποιούνται για διαφορετικές περιοχές pH.

Οι κυριότεροι δείκτες που χρησιμοποιούμε είναι:

A) **Φαινολοφθαλείνη.** Για την μέτρηση όλων των οξέων, ισχυρών και ασθενών βάσεων. Περιοχή αλλαγής χρώματος 8.2-10.

B) **Ηλιανθίνη.** Για την μέτρηση ισχυρών οξέων, ισχυρών και ασθενών βάσεων. Περιοχή αλλαγής χρώματος 3.1-4.4

Γ) **Ερυθρό του μεθυλίου.** Για την μέτρηση ασθενών βάσεων και κυρίως της αμμωνίας.

**Ηλεκτρομετρικά.** Αυτή στηρίζεται στη μέτρηση του δυναμικού που σχηματίζεται σε ένα ηλεκτρόδιο το οποίο βυθίζεται στο δείγμα που θέλουμε να μετρήσουμε το pH του. Η συσκευή που χρησιμοποιείται ονομάζεται πεχάμετρο και αποτελείται από την κυρίως συσκευή μέτρησης, το ηλεκτρόδιο της υάλου και το ηλεκτρόδιο του καλομέλανος το οποίο περιέχει KCl. Τα σύγχρονα πεχάμετρα έχουν ενσωματώσει τα δυο ηλεκτρόδια σε ένα. Το ηλεκτρόδιο, όταν το πεχάμετρο δεν εργάζεται, πρέπει να είναι βυθισμένο σε διάλυμα με σταθερό pH = 7. Το pH των εδαφών κυμαίνεται από υπερβολικά όξινο pH<4.5 έως υπερβολικά αλκαλικό pH>8.5. (Τσιτσίνας, 2004).

#### 4.2.1.1 Η σημασία του pH στα καλλιεργούμενα εδάφη

Η τιμή του pH ενός εδάφους δίνει σημαντικές πληροφορίες τόσο για την χημική του συμπεριφορά όσο και για την ιστορία του καθώς είναι το αποτέλεσμα της επίδρασης του κλίματος, του μητρικού υλικού και του χρόνου στο έδαφος. Εδάφη με χαμηλό pH δημιουργούνται από την αποσάθρωση όξινων πυριγενών πετρωμάτων όπως πχ ο γρανίτης, καθώς και σε περιοχές με έντονες βροχοπτώσεις που συμβάλουν στην έκλυση βασικών κατιόντων. Εδάφη με υψηλό pH δημιουργούνται από την

αποσάθρωση βασικών πυριγενών πετρωμάτων όπως ο βασάλτης ή από ιζηματογενή πετρώματα όπως ο ασβεστόλιθος και σε περιοχές με ξηρό κλίμα.

Οι περισσότερες καλλιέργειες αναπτύσσονται χωρίς πρόβλημα σε εδάφη με τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 5,5 και 8,4 ενώ η ιδανική περιοχή τιμών pH του εδάφους είναι 6,5 με 7,2. Σε εδάφη υγρών περιοχών με καλή στράγγιση η τιμή του pH αυξάνεται με το βάθος καθώς τα βασικά κατιόντα εκλύονται προς τα βαθύτερα στρώματα. Σε εδάφη ξηρών περιοχών ή εδάφη που έχουν υποστεί ασβέστωση δεν παρατηρούνται παρόμοια φαινόμενα (Χουλιάρας, 2002).

Το pH των εδαφών επιδρά επίσης σημαντικά στη δραστηριότητα των μικροοργανισμών που ζουν στο έδαφος και έχουν σχέση με την αποσύνθεση της νεκρής φυτικής ύλης και οργανικής ουσίας, την δέσμευση του ατμοσφαιρικού αζώτου και τη νιτροποίηση του αμμωνιακού αζώτου (βακτήρια του γένους RHIZOBIUM) (Τσιτσιάς, 2004).

#### 4.2.1.2 Μεταβολές του pH

ΒΡΑΧΥΠΡΟΘΕΣΜΕΣ: Συνήθως στις εύκρατες ζώνες το pH μεταβάλλεται ελαφρώς ανάλογα με την εποχή του χρόνου:

- Είναι μικρότερο στην αρχή του καλοκαιριού λόγω της αυξημένης μικροβιακής δραστηριότητας και των οργανικών οξέων που παράγονται κατά τη διάσπαση των οργανικών ουσιών.
- Είναι μεγαλύτερο το χειμώνα λόγω της διάλυσης του εδαφικού διαλύματος που επιφέρουν οι αυξημένες βροχοπτώσεις.

ΜΑΚΡΟΠΡΟΘΕΣΜΕΣ: Το είδος της καλλιέργειας επηρεάζει το pH άμεσα και έμμεσα:

- **Άμεσα** μέσω της εκλεκτικής απορρόφησης ορισμένων ιόντων (πχ μια καλλιέργεια που απορροφάει πολύ ασβέστιο συντελεί μακροπρόθεσμα στην ελάττωσή του στο έδαφος και τη μικρή πτώση του pH).
- **Έμμεσα** πχ μέσω της χρήσης ορισμένων τύπων λιπασμάτων η σύνθεση των οποίων επιφέρει αλλαγές στο pH (Παπαδόπουλος, 1998).

Εξαιτίας των πολλών και ποικίλων αντιδράσεων που προκαλεί το pH στην ανάπτυξη των καλλιεργουμένων φυτών, ο καλλιεργητής πρέπει να φροντίζει να το διατηρεί σε επίπεδα που δεν ασκεί δυσάρεστες επιδράσεις στην καλλιέργεια του. Η άριστη τιμή για να αναπτυχθούν τα φυτά χωρίς πρόβλημα εξαρτάται από το είδος της

καλλιέργειας, συνήθως όμως επιλέγεται η τιμή 6,5 για τα ανόργανα εδάφη, ενώ η τιμή αυτή κυμαίνεται αναμεσα στις τιμές 5,2 με 5,5 για τα οργανικά εδάφη.

Πίνακας 1. Χαρακτηρισμός εδάφους σε σχέση με την τιμή pH

<b>ΕΛΑΦΟΣ</b>	<b>ΤΙΜΗ pH</b>
Υπερβολικά όξινο	<4,5
Ισχυρά όξινο	4,5-5,1
Μετρίως όξινο	5,2-6
Ελαφρώς όξινο	6,1-6,5
Ουδέτερο	6,6-7,4
Μετρίως αλκαλικό	7,5-8,4
Ισχυρά αλκαλικό	>8,5

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή του pH είναι:

- Η συγκέντρωση ιόντων OH
- Η θερμοκρασία
- Η ποσότητα της οργανικής ουσίας
- Η ποσότητα χούμου
- Η μηχανική σύσταση
- Οι μικροοργανισμοί που ζουν στο έδαφος
- Η ποσότητα ανθρακικού ασβεστίου
- Το κλίμα
- Η λίπανση που εφαρμόζεται σε ένα έδαφος
- Η χημική συμπεριφορά των μετάλλων του εδάφους (Τσιτσιάς, 2004).

#### 4.2.2 Οργανική ουσία

Εκτός από τα ανόργανη προέλευσης συστατικά του εδάφους σε όλα σχεδόν τα εδάφη συμμετέχουν σε ποικίλα ποσοστά και συστατικά οργανικής προέλευσης η σημασία των οποίων είναι μεγάλη αφού, αν εξαιρεθεί η χημική λίπανση του εδάφους, είναι μοναδική πηγή θείου και φωσφόρου. Επιπλέον τα οργανικά συστατικά συμβάλλουν, σε συνεργασία και με τον άργιλο που υπάρχει στο έδαφος, στη δημιουργία καλής δομής, στη συγκράτηση νερού και θρεπτικών στοιχείων και γενικά επηρεάζουν θετικά τη γονιμότητα του εδάφους.



Η οργανική ουσία του εδάφους προέρχεται από νεκρούς ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς καθώς και τα απορρίμματα τους σε όποιο στάδιο αποσύνθεσης και αν βρίσκονται. Ο όρος οργανική ουσία του εδάφους είναι συνώνυμος με τον όρο χούμο του εδάφους. Η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία των εδαφών εξαρτάται από την προστιθέμενη ποσότητα χούμου και του συστήματος γεωργικής εκμετάλλευσης. Στα ελληνικά εδάφη το ποσοστό οργανικής ουσίας κυμαίνεται μεταξύ 1 και 2,5%. (Χουλιάρας, 2002)

Η ποσότητα της οργανικής ουσίας που προστίθεται στο έδαφος εξαρτάται από την φυτοκάλυψη, από την κατεργασία του εδάφους, την ποιότητα της φυτικής μάζας που πέφτει στο έδαφος και από την περιοχή. Η δασική βλάστηση προσφέρει στο έδαφος περισσότερη οργανική ύλη από ότι τα υπολείμματα των διαφόρων καλλιεργειών.

Η οργανική ύλη που εναποτίθεται στο έδαφος έχει περιεκτικότητα σε νερό ίση με 20-90% του νωπού της βάρους και εξαρτάται από το είδος του φυτικού ιστού και την ηλικία του. Τα φύλλα περιέχουν περισσότερο νερό από τις ρίζες και οι νέοι φυτικοί ιστοί περισσότερο από τους παλιούς. Περιέχει επίσης και ανόργανα συστατικά ή τέφρα που αποτελείται από Κάλιο (K), Ασβέστιο (Ca), Μαγνήσιο (Mg), Νάτριο (Na), Φωσφόρο (P), Θείο (S) και ιχνοστοιχεία σε ποσοστό που κυμαίνεται από 1 έως 10% της ξηράς ουσίας.

Η περιεκτικότητα των εδαφών σε οργανική ουσία διαφέρει και εξαρτάται κυρίως από το κλίμα. Όσο υγρότερο και ψυχρότερο είναι το κλίμα τόσο περισσότερη είναι η οργανική ύλη που εναποτίθεται στο έδαφος εξαιτίας της μειωμένης δράσης των μικροοργανισμών που βρίσκονται σε αυτό. Εδάφη με χαμηλό pH διατηρούν την οργανική τους ουσία γιατί επίσης περιορίζεται η μικροβιακή τους δραστηριότητα.

Η οργανική ουσία επηρεάζει πολλές φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους αφού με το σκοτεινό της χρώμα κάνει πιο σκούρο το επιφανειακό χρώμα και επιτρέπει τη γρήγορη θέρμανση του την άνοιξη, πράγμα που κάνει το έδαφος πιο πρώιμο. (Κουκουλακης και συν. 2000).

Πίνακας 2. Χαρακτηρισμός εδάφους σε σχέση με την περιεκτικότητα οργανικής ουσίας

<b>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ</b>	<b>ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΧΟΥΜΟΥ</b>
Χαμηλή περιεκτικότητα	<1%
Μέση περιεκτικότητα	1-2%
Υψηλή περιεκτικότητα	>2%

Η αύξηση της οργανικής ουσίας στο έδαφος μπορεί να γίνει με:

- ✓ Ενσωμάτωση των υπολειμμάτων της καλλιέργειας στο έδαφος
- ✓ Προσθήκη κοπριάς ζώων
- ✓ Εφαρμογή χλωρής λίπανσης
- ✓ Προσθήκη τύρφης
- ✓ Προσθήκη φυτικών ουσιών όπως πριονίδι, άχυρα, τεμαχισμένα στελέχη αραβοσίτου, στέμφυλα, φύλλα ελιάς, κληματίδες, ριζοφλοιοί, φλοιών δασικών δέντρων κα
- ✓ Προσθήκη composts

Ο ρόλος του χούμου στο έδαφος είναι κυρίως συγκολλητικός όπως της αργίλου και μάλιστα σε μεγαλύτερο βαθμό, συντελεί δηλαδή στη διαμόρφωση της δομής του εδάφους και επομένως επηρεάζει όλες τις ιδιότητες του που έχουν σχέση με τη δομή. Ο χούμος βρίσκεται ενωμένος με την άργιλο και σχηματίζει το αργιλο-χουμικό σύμπλοκο από το οποίο εξαρτάται κατά κύριο λόγο η απορροφητική δύναμη του εδάφους, η ικανότητα ανταλλαγής ιόντων και άλλες φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους ( Μήτσιος, 2001).

Ο προσδιορισμός της οργανικής ουσίας του εδάφους είναι πολύ σημαντικός και μας δίνει σημαντικές πληροφορίες καθώς είναι πηγή θρεπτικών ουσιών (άζωτο, κάλιο, φωσφόρο κα) τα οποία είναι απαραίτητα για την κανονική ανάπτυξη του φυτού.

#### 4.2.3 Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Με τον όρο ηλεκτρική αγωγιμότητα ή δείκτη ηλεκτρικής αγωγιμότητας ( $EC_e$ ) εκφράζουμε τη συγκέντρωση των υδατοδιαλυτών αλάτων στη ριζόσφαιρα των φυτών. Η αντοχή των φυτών στην αλατότητα του εδάφους δεν είναι η ίδια με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατός ο καθορισμός μιας συγκεκριμένης τιμής πάνω από την οποία ένα έδαφος θα θεωρείται αλατούχο. Για αυτό το σκοπό έχει καθιερωθεί ως συμβατική τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο εκχύλισμα κορεσμού τα 2mS/cm. (Σινάνης, 2009).

Με το δείκτη ηλεκτρικής αγωγιμότητας, με τον προσδιορισμό του pH και το ποσοστό του ανταλλάξιμου νατρίου (ESP) μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τα εδάφη σε:

1. Αλατούχα. Όταν η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εκχυλίσματος κορεσμού υπερβαίνει τα 2 mS/cm, το pH είναι μικρότερο του 8 και ο ESP μικρότερος του 15%
2. Αλατούχα - Νατριωμένα. Όταν η ηλεκτρική αγωγιμότητα υπερβαίνει τα 2mS/cm και το pH είναι μικρότερο του 8 και ο ESP μεγαλύτερος του 15%
3. Μη αλατούχα-Νατριωμένα. . Όταν η ηλεκτρική αγωγιμότητα υπερβαίνει τα 2mS/cm, το pH είναι μεταξύ 8-10 και ο ESP μεγαλύτερος του 15%

Τα άλατα που συμβάλλουν στην αλατότητα των εδαφών είναι ευδιάλυτα και μεταφέρονται στο έδαφος με το νερό. Όταν η συγκέντρωση τους αυξηθεί σημαντικά στο ύψος της ριζόσφαιρας παρατηρείται μείωση της παραγωγής των φυτών. Η μείωση αυτή της παραγωγής στην αδυναμία των φυτών να πάρουν νερό από το εδαφοδιάλυμα, εξαιτίας του ότι η αυξημένη συγκέντρωση αλάτων επηρεάζει το οσμωτικό δυναμικό του εδαφικού νερού, είναι δε δυνατό να συνοδεύεται ή όχι και από άλλα συμπτώματα. Τέτοια συμπτώματα είναι η μάρανση, το σκούρο κυανοπράσινο χρώμα και η πάχυνση των φύλλων στα οποία δημιουργούνται κηρώδεις επιφάνειες. Τα συμπτώματα είναι πιο εμφανή όταν τα φυτά υποστούν την επίδραση των αλάτων στα πρώτα στάδια ανάπτυξης τους (Σινάνης, 2009).

#### 4.2.3.1 Αλατότητα

Με τον όρο αλατότητα εννοούμε την ποσότητα των ελευθέρων υδατοδιαλυτών αλάτων που υπάρχουν σε ένα έδαφος. Η διαδικασία συσσώρευσης των αλάτων στο έδαφος λέγεται εναλάτωση. Όταν η συγκέντρωση των αλάτων στο έδαφος ξεπεράσει κάποιο ορισμένο επίπεδο σε σχέση με κάποιο συγκεκριμένο φυτικό είδος τότε δημιουργεί δυσμενείς συνθήκες για την ανάπτυξη του. Οι κυριότερες επιδράσεις είναι:

- Αύξηση οσμωτικής πίεσης και συνεπώς παρεμπόδιση πρόσληψης νερού και θρεπτικών στοιχείων.
- Απευθείας τοξική δράση των αλάτων ιδιαίτερα στο ριζικό σύστημα όπως είναι τα άλατα χλωριούχου νατρίου (Μήτσιος, 2001).

Αποτέλεσμα της αλατότητας είναι τελικά η μείωση των αποδόσεων και η υποβάθμιση της ποιότητας. Οι αιτίες του φαινομένου αυτού είναι:

1. Η υπερλίπανση. Συνδέεται όχι μόνο με την ποσότητα αλλά και με το είδος τους.

2. Η ανύψωση της υπόγειας στάθμης του νερού
3. Η μη κανονική άρδευση, μικρές ποσότητες νερού έχουν ως αποτέλεσμα την συσσώρευση αλάτων
4. Κακή ποιότητα νερού άρδευσης
5. Η μειωμένη στράγγιση

Λόγω του ότι τα άλατα είναι κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού, η ακριβής ποσοτική έκφραση της αλατότητας επιτυγχάνεται με τη μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Σε ένα διάλυμα όσο πιο πολλά είναι τα άλατα τόσο πιο μεγάλη θα είναι η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που θα περάσει μέσα από αυτό. Η τιμή επηρεάζεται από τη θερμοκρασία και για αυτό υπολογίζεται στους 25 °C. Η μέτρηση της αλατότητας επιτυγχάνεται με το αγωγιμόμετρο το οποίο δημιουργώντας γέφυρα ηλεκτρικής αγωγιμότητας υπολογίζει τη συγκέντρωση υδατοδιαλυτών αλάτων (Σινάνης, 2003).

#### **4.2.4 Ανθρακικό ασβέστιο $\text{CaCO}_3$**

Τα ανθρακικά ορυκτά του εδάφους αποτελούν: ο ασβεστίτης  $\text{CaCO}_3$ , ο δολομίτης  $\text{CaCO}_3\text{-MgCO}_3$ , ο σιδερίτης  $\text{FeCO}_3$  και ο μαγνησίτης  $\text{MgCO}_3$ . Σε εδάφη με pH κάτω του 7,0 υπάρχει συνήθως έλλειψη ανθρακικών ορυκτών ενώ στα εδάφη που το pH τους είναι πάνω από 7 υπάρχει πάντοτε παρουσία ανθρακικών ορυκτών και κυρίως ανθρακικού ασβεστίου, το οποίο επικρατεί των άλλων ορυκτών στα εδάφη.

Το pH των ασβεστούχων εδαφών δεν υπερβαίνει το 8,5 (όταν στο σύμπλοκο του εδάφους δεν υπάρχει το Νάτριο (Na) ). Η απώλεια των εδαφών σε αμμωνία (ιδίως όταν εφαρμόζεται επιφανειακή αμμωνιακή λίπανση), εξαρτάται από την περιεκτικότητα του εδάφους σε ανθρακικό ασβέστιο.

Η δραστηριότητα του ανθρακικού ασβεστίου είναι αντιστρόφως ανάλογη του μεγέθους των τεμαχίων του. Όσο μικρότερα είναι τα τεμαχίδια του ανθρακικού ασβεστίου τόσο μεγαλύτερη είναι δραστηριότητά του.

Σε εδάφη με χαμηλό pH που είναι φτωχά σε ανθρακικό ασβέστιο είναι αναγκαία η προσθήκη του (εμπλουτισμός εδάφους με γεωργική άσβεστο) ώστε να αυξηθεί η τιμή του pH κοντά στο 7,0. Ενώ αντίθετα στα εδάφη με μεγάλη συγκέντρωση ανθρακικού ασβεστίου η τιμή του pH είναι συνήθως υψηλή (>8,0) και είναι πολύ δύσκολο να κατεβεί σε επιθυμητά επίπεδα (Σιμώνης, 2007).

Πίνακας 3. Χαρακτηρισμός εδάφους ανάλογα με την ποσότητα CaCO<sub>3</sub>

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ CaCO <sub>3</sub>
Ανεπαρκής περιεκτικότητα	<0,5
Μέτρια περιεκτικότητα	0,5-2
Καλή περιεκτικότητα	2,1-20
Αυξημένη περιεκτικότητα	21-40
Ασβεστούχος περιεκτικότητα	>40

Τα προβλήματα που μπορεί να εμφανιστούν στα εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο είναι:

- i) Ο σχηματισμός επιφανειακής κρούστας
- ii) Η δημιουργία σκληρού στρώματος στο υπέδαφος
- iii) Η μικρή διαθεσιμότητα φωσφόρου
- iv) Η μικρή διαθεσιμότητα ιχνοστοιχείων
- v) Προβλήματα διαθεσιμότητας μαγνησίου και καλίου
- vi) Μικρή ικανότητα συγκράτησης υγρασίας του εδάφους

Οι ελλείψεις σε ανθρακικό ασβέστιο είναι συνηθέστερες σε εδάφη:

- ισχυρώς όξινα
- Αλκαλιωμένα και φτωχά σε οργανική ουσία
- Αμμώδη

Η έλλειψη ασβεστίου διορθώνεται με:

- Την ασβέστωση του εδάφους
- Την χορήγηση χλωριούχου ή νιτρικού ασβεστίου πάνω στα φύλλα των φυτών
- Την αποφυγή της υπερβολικής αζωτούχου, καλιούχου και μαγνησιούχου λίπανσης.

Η περίσσεια ασβεστίου διορθώνεται με:

- Τη χορήγηση θειούχου λίπανσης για τη διόρθωση του pH
- Τη χορήγηση λιπασμάτων που αφήνουν όξινο περιβάλλον στο έδαφος

Ένα έδαφος μπορεί να κορέσει μεγάλες ποσότητες ανθρακικού ασβεστίου πέρα από το κανονικό, οπότε παρουσιάζεται δέσμευση ορισμένων στοιχείων (κυρίως ιχνοστοιχείων) με αποτέλεσμα την εμφάνιση τροφопενιών. Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι η δραστηριότητα του ανθρακικού ασβεστίου είναι μεγαλύτερη όσο το μέγεθος των τεμαχίων του εδάφους είναι μικρότερα (λεπτόκοκκος) (Τσιτσίας, 2004).

#### 4.2.5 Θρεπτικά στοιχεία

Θρεπτικά στοιχεία ονομάζουμε τα στοιχεία εκείνα που:

1. Με την απουσία τους από το έδαφος δεν επιτρέπεται η ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου του φυτού
2. Μόνο με την προσθήκη αυτών διορθώνονται τα συμπτώματα τροφопενίας που δημιουργούνται στα φυτά
3. Έχουν άμεσο βιολογικό ρόλο και δεν προσφέρουν μόνο έμμεση βοήθεια.

Τα θρεπτικά στοιχεία χωρίζονται σε 2 κατηγορίες:

- a. Τα Μακροστοιχεία και
- b. Τα Μικροστοιχεία ή ιχνοστοιχεία

Η ονομασία μικροστοιχεία δεν υποβαθμίζει την θρεπτική τους αξία αλλά δείχνει την μικρή συγκέντρωση τους στο έδαφος έχουν όμως ισάξιο ρόλο με τα μακροστοιχεία.

Στα μακροστοιχεία ανήκουν το Άζωτο (N), ο Φωσφόρος (P), το Κάλιο (K), το Ασβέστιο (Ca), το Μαγνήσιο (Mg), το Θείο (S) κ.α. Ονομάζονται έτσι γιατί αντλούνται από τις ρίζες των φυτών σε μεγαλύτερο βαθμό και βρίσκονται στους φυτικούς ιστούς σε μεγαλύτερες αναλογίες.

Στα ιχνοστοιχεία ανήκουν ο Χαλκος (Cu), ο Σίδηρος (Fe), το Μαγγάνιο (Mn), το Βόριο (B), ο Ψευδάργυρος (Zn), το Μολυβδαίνιο (Mo) και το Χλώριο (Cl). Ο ρόλος τους είναι εξίσου σημαντικός με αυτόν των μακροστοιχείων (Μήτσιος, 2001).

#### 4.2.6 Τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους

##### 4.2.6.1 Μακροστοιχεία

###### 4.2.6.1.1 Φωσφόρος

Η μέθοδος προσδιορισμού του εδαφικού φωσφόρου έχει τις εξείς 2 φάσεις:

- I. Την προεργασία του δείγματος και την προσθήκη ενός διαλύματος που περιέχει τον εδαφικό φωσφόρο.
- II. Τον ποσοτικό προσδιορισμό του φωσφόρου στο διάλυμα αυτού. Στη συνέχεια ανάλογα με την πορεία που θα ακολουθήσουμε κατά το στάδιο της πρώτης φάσης και ανάλογα του είδους και της συγκέντρωσης του χρησιμοποιημένου διαλύματος το προσδιοριζόμενο ποσό μας δείχνει τον ολικό φωσφόρο του εδάφους η το κλάσμα αυτού που είναι αφομοιώσιμο από τα φυτά και μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Η γνώση του ποσού του

ολικού εδαφικού φωσφόρου είναι πολύ σημαντική από γεωργικής άποψης αφού το μεγαλύτερο μέρος του είναι αδιάλυτο και όχι άμεσα αφομοιώσιμο από τα φυτά.

Ο φωσφόρος υπάρχει στο έδαφος σε οργανική αλλά και σε ανόργανη μορφή. Σε ασβεστούχα εδάφη ο φωσφόρος βρίσκεται υπο μορφή φωσφορικού ασβεστίου. Στα όξινα εδάφη ο σίδηρος, η άργιλος και το μαγγάνιο διαλύονται εύκολα και αντιδρούν με τα φωσφορικά ανιόντα σχηματίζοντας βασικά ή ενυδατωμένα φωσφορικά. Ένα σημαντικό μέρος του φωσφόρου μπορεί να δεσμευτεί από την άργιλο του εδάφους μέχρι το σημείο του κορεσμού (Καλυβάς, 2003).

#### 4.2.6.1.2 Περιεκτικότητα εδαφών σε φωσφόρο

Η ολική περιεκτικότητα των εδαφών σε φωσφόρο ποικίλει και κυμαίνεται μέσα σε μεγάλα ορια από 0,02-1%. Παρόλα αυτά το μεγαλύτερο μέρος του είναι σε αδιάλυτη μορφή και δύσκολα αφομοιώσιμο από τα φυτά.

Τα φυτά προσλαμβάνουν το φωσφόρο με τη μορφή  $H_2PO_4$  και  $HPO_4$  που βρίσκονται στο εδαφικό διάλυμα. Ο αμέσως αφομοιώσιμος φωσφόρος βρίσκεται στο έδαφος σε πολύ μικρά ποσοστά (1% του ολικού φωσφόρου), ο βραδέως αφομοιώσιμος φωσφόρος σε μεγαλύτερα, 20%, και το μεγαλύτερο ποσοστό 80-90% του ολικού περιλαμβάνει πολύ αργά αφομοιώσιμες μορφές που είναι χρήσιμες στη θρέψη των καλλιεργουμένων φυτων.

Σημασία για την θρέψη του φυτού δεν έχει μόνο η περιεκτικότητα του εδάφους σε φωσφόρο αλλά και σε τι ποσοστό αυτός είναι διαθέσιμος. Μεγάλη σημασία έχει και η συγκέντρωση του στο εδαφικό διάλυμα γιατί τα φυτά αξιοποιούν καλύτερα τον φωσφόρο που βρίσκεται σε αυτό, η συγκέντρωση του οποίου όμως είναι χαμηλή. Με τον καιρό και ανάλογα με τις ιδιότητες του εδάφους (κυρίως μηχανική σύσταση) ο φωσφόρος περνά σε μη αφομοιώσιμη μορφή από τα φυτά. Για την πραγματική ποσότητα που αφομοιώνεται από τα φυτά ευθύνεται επίσης η μάζα της ρίζας που μπορεί να αναπτύξει το φυτό. Επίσης ο διαθέσιμος φωσφόρος στο εδαφικό διάλυμα μειώνεται ταχύτερα στα αμμώδη εδάφη από ότι στα αργιλώδη καθώς τα δεύτερα έχουν μεγαλύτερη ρυθμιστική ικανότητα (Παναγιωτόπουλος, 2008).

Οι κυριότερες μορφές του εδαφικού φωσφόρου και ο βαθμός διαθεσιμότητας τους στα φυτά είναι:

- Ο φωσφόρος του εδαφικού διαλύματος. Συνιστά ένα μικρό μέρος του ολικού φωσφόρου αλλά είναι άμεσα διαθέσιμος από τα φυτά.
- Φωσφόρος προσροφημένος από το αργιλοχουμικό σύμπλοκο. Απελευθερώνεται σχετικά εύκολα. Μαζί με τον προηγούμενο συνιστούν αυτόν που αποκαλούμε αφομοιώσιμο φωσφόρο.
- Οργανικός φωσφόρος. Αποτελεί ένα απόθεμα που δεν είναι άμεσα αφομοιώσιμο από τα φυτά απελευθερώνεται όμως σιγά σιγά.
- Δεσμευμένος φωσφόρος σε αδιάλυτες ή ελάχιστα διαλυτές φωσφορικές ενώσεις.

Από την συμπεριφορά των διαφόρων μορφών φωσφόρου στο έδαφος καταλήγουμε σε 2 συμπεράσματα:

1. Μόνο ο διαλυμένος στο εδαφικό διάλυμα και ο προσροφημένος φωσφόρος συμμετέχουν άμεσα στη θρέψη του φυτού και είναι το σύνολο των αφομοιώσιμων μορφών που αποσκοπούν να προσδιορίσουν οι εδαφικές αναλύσεις.
2. Ο φωσφόρος είναι ένα δυσκίνητο θρεπτικό στοιχείο στο έδαφος και δεν κινδυνεύει να απομακρυνθεί με έκπλυση από τα νερά της αποστράγγισης. Αυτή ελάχιστη κινητικότητα του του επιτρέπει την προσθήκη στο έδαφος χωρίς κίνδυνο απωλειών καθιστά όμως απαραίτητη την εγκατάσταση του σε σημεία που απορροφάται εύκολα από το ριζικό σύστημα των φυτών καλλιέργειας.

Πίνακας 4. Πιθανότητα αντίδρασης σε φωσφορική λίπανση από φυτά μεγάλης καλλιέργειας

<b>ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ</b>	<b>ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΦΩΣΦΟΡΟΥ</b>
Μεγάλη πιθανότητα αντίδρασης	P<5ppm
Μέση πιθανότητα αντίδρασης	P=5-10ppm
Μικρή πιθανότητα αντίδρασης	P>10ppm

Για τις εντατικές λιπάνσεις σε θερμοκηπιακές και δενδρώδεις καλλιέργειες οι τιμές αυτές είναι 4-5 φορές μεγαλύτερες (Χουλιάρας, 2002).

#### 4.2.6.1.3 Άζωτο

Ο κορυφαίος ρόλος του προσδιορισμού του αζώτου του εδάφους για την ανάπτυξη των φυτών οφείλεται στον συνδυασμό 2 ιδιοτήτων του:



1. Το άζωτο ασκεί τη μεγαλύτερη επίδραση στην αύξηση και την απόδοση των καλλιεργειών
2. Σε σύγκριση με όλα τα υπόλοιπα θρεπτικά συστατικά το άζωτο αποβαίνει περιοριστικός παράγοντας της γεωργικής παραγωγής συχνότερα και ισχυρότερα

Στα ελληνικά εδάφη το άζωτο βρίσκεται στο έδαφος σε περιεκτικότητες που κυμαίνονται από 0,03 - 0,3%. Το άζωτο συναντάται ως οργανικό άζωτο στον χούμο και στα υπολείμματα της οργανικής ουσίας, ως αμμωνιακό άζωτο δεσμευμένο σε οργανικά συστατικά της αργίλου και ως διαλυτές ανόργανες μορφές  $\text{NH}_4$  και  $\text{NO}_3$  οι οποίες είναι οι μόνες άμεσα διαθέσιμες στα φυτά.

Οι περισσότερες οργανικές αζωτούχες ουσίες του εδάφους που έχουν προσδιοριστεί ανήκουν στις κατηγορίες των αμινοξέων 30-45%. Πηγές αζώτου για τα φυτά είναι η αζωτούχος λίπανση και το ατμοσφαιρικό ασβέστιο που φθάνει στο έδαφος σε αφομοιώσιμες μορφές και οργανικό άζωτο. Η αζωτούχος λίπανση είναι η σημαντικότερη πηγή εφοδιασμού του εδάφους με άζωτο για αυτό θα πρέπει να είναι ισορροπημένη. Μεγαλύτερη εισροή από ότι εκροή δημιουργεί σημαντικά προβλήματα.

Σημαντικό ρόλο στον κύκλο του αζώτου κατέχουν αρκετές διαδικασίες με τις σημαντικότερες την αδρανοποίηση όπου οι μικροοργανισμοί μετατρέπουν το αφομοιώσιμο άζωτο σε οργανικό άζωτο και την νιτροποίηση όπου το αμμωνιακό άζωτο μετατρέπεται σε νιτρικό (Καλυβάς, 2003).

#### 4.2.6.1.4 Κάλιο

Από το ολικό κάλιο που βρίσκεται στο έδαφος ένα ποσοστό περίπου 90-98% βρίσκεται ως συστατικό διαφόρων ορυκτών και απελευθερώνεται βραδέως υστερα από την αποσάθρωση των ορυκτών αυτών και γίνεται αφομοιώσιμο από τα φυτά. Σε ένα άλλο ποσοστό του ολικού καλίου 1-10% βρίσκεται δεσμευμένο στα κolloειδή του εδάφους μέσα στο πλέγμα των κρυσταλλικών μονάδων. Η μορφή αυτή του καλίου δεν είναι ανταλλάξιμη και είναι γνωστή ως δεσμευμένο κάλιο. Το κάλιο αυτό δεν είναι άμεσα αφομοιώσιμο από τα φυτά αλλά επειδή βρίσκεται σε δυναμική ισορροπία με το αμέσως αφομοιώσιμο από τα φυτά κάλιο λέγεται και δυναμικά αφομοιώσιμο κάλιο. Τέλος σε ποσοστό 1-2% του ολικού καλίου υπάρχει το αμέσως αφομοιώσιμο κάλιο για τα φυτά το οποίο το συναντάμε σε 2 μορφές:

1. Το κάλιο του εδαφικού διαλύματος που βρίσκεται σε ποσοστό περίπου 10% και
2. Το ανταλλάξιμο κάλιο το οποίο είναι προσροφημένο στην επιφάνεια των κολλοειδών σε ποσοστό περίπου 90% και το προσδιορίζουμε μετά από ανταλλαγή με κατιόντα NH<sub>4</sub>.

Άρα μόνο ένα ποσοστό του ολικού καλίου του εδάφους προσδιορίζουμε στη εργαστηριακή ανάλυση το οποίο θεωρείται άμεσα αφομοιώσιμο από τα φυτά. Το κρίσιμο όριο περιεκτικότητας του εδάφους σε κάλιο είναι 200 ppm (Σινάνης, 2003).

Πίνακας 5. Χαρακτηρισμός εδάφους με βάση την περιεκτικότητα σε κάλιο

<b>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ</b>	<b>ΕΛΑΦΡΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ</b>	<b>ΜΕΣΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ</b>	<b>ΒΑΡΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ</b>
Πτωχό	<80ppm	<120ppm	<160ppm
Μέτριο	80-160ppm	120-200ppm	160-250ppm
Πλούσιο	>160ppm	>200ppm	>250ppm

#### 4.2.6.1.5 Ασβέστιο

Το ασβέστιο αποτελεί σημαντικό θρεπτικό στοιχείο για τους μικροοργανισμούς τα ζώα και τα φυτά. Οι μορφές του ασβεστίου στο έδαφος είναι 4:

- I. Το ανενεργό ασβέστιο που αντιστοιχεί στα χονδροειδή σωματίδια του ανθρακικού ασβεστίου
- II. Το ενεργό ανθρακικό ασβέστιο που αποτελείται από τεμαχίδια του ανθρακικού ασβεστίου σε μέγεθος πηλού ή αργίλου και είναι αδιάλυτο στο νερό. Διασπώνται όμως εύκολα από το ανθρακικό οξύ του εδάφους και το καθιστούν διαλυτό όξινο ανθρακικό ασβέστιο
- III. Το διαλυτό ασβέστιο που βρίσκεται στο εδαφικό διάλυμα και απελευθερώνει κατιόντα ασβεστίου
- IV. Το ανταλλάξιμο ασβέστιο

Πρέπει να διευκρινιστεί ότι ενώ πολλά εδάφη περιέχουν ασβέστιο δεν είναι απαραίτητο να περιέχουν ανθρακικό ασβέστιο. Σημαντικές ποσότητες ανθρακικού ασβεστίου περιέχουν μόνο οσα εδάφη προέρχονται από ασβεστολιθικά υλικά (Παναγιωτόπουλος, 2008).

#### 4.2.6.1.6 Μαγνήσιο

Το μαγνήσιο είναι ένα σημαντικό στοιχείο στην ανάπτυξη του φυτού. Στο έδαφος το βρίσκουμε σε 2 μορφές:

1. Σε αδιάλυτες μορφές
2. Σε διαλυτές μορφές ή προσροφημένο στο σύμπλοκο προσρόφησης

Η έλλειψη μαγνησίου στα Ελληνικά εδάφη γίνεται ολο και πιο έντονη, ιδιαίτερα στις καλλιέργειες, ώστε γίνεται επιτακτική η ανάγκη προσθήκης του στο έδαφος με τη μορφή λιπασμάτων (Παναγιωτόπουλος, 2008).

Πίνακας 6. Χαρακτηρισμός εδάφους ανάλογα με την περιεκτικότητα σε μαγνήσιο

<b>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ</b>	<b>ΕΛΑΦΡΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ</b>	<b>ΜΕΣΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ</b>	<b>ΒΑΡΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ</b>
Πτωχό	<50ppm	<90ppm	<120ppm
Μέτριο	50-90ppm	90-120ppm	120-180ppm
Πλούσιο	>90ppm	>120ppm	>180ppm

#### 4.2.6.2 Ιχνοστοιχεία

Το γεγονός ότι τα ιχνοστοιχεία περιέχονται στα φυτά σε πολύ μικρή ποσότητα δεν σημαίνει ότι είναι λιγότερα σημαντικά από τα άλλα θρεπτικά στοιχεία. Ο χαρακτηρισμός τους ως ιχνοστοιχεία αναφέρεται στη συγκέντρωσή τους μέσα στα φυτά και όχι στη σημαντικότητα της δράσης τους.

Τα ιχνοστοιχεία έχουν κυρίως καταλυτικό ρόλο, αποτελούν δηλαδή απαραίτητα συστατικά διαφόρων ενζύμων που από την παρουσία τους εξαρτάται ο κανονικός μεταβολισμός των κυττάρων και κατ' επέκταση η κανονική ανάπτυξη του φυτού. Είναι ξεκάθαρο λοιπόν ότι η έλλειψη ιχνοστοιχείων από το έδαφος είναι εξίσου καταστρεπτική για τα φυτά με εκείνη των άλλων θρεπτικών συστατικών. Στα ιχνοστοιχεία κατατάσσονται ο σίδηρος (Fe), το μαγγάνιο (Mn), ο χαλκός (Cu) και ο ψευδάργυρος (Zn) (Κουκουλάκης και συν. 2000).

Στις συνθήκες εντατικής γεωργίας η εφαρμογή των χημικών λιπασμάτων με ιχνοστοιχεία είναι ο αποτελεσματικότερος τρόπος αύξησης των αποδόσεων των καλλιεργειών (Σιμώνης, 2007).

#### 4.2.6.2.1 Χαλκός

Από το σύνολο του εδαφικού χαλκού μόνο το 1% είναι προσροφημένος στην άργιλο και στο εδαφικό διάλυμα. Συνήθως οι ελλείψεις παρουσιάζονται σε εδάφη αμμώδη ή οργανικά καθώς και σε εδάφη με έντονη γεωργική εκμετάλλευση. Η κατάταξη των εδαφών ανάλογα με την περιεκτικότητα σε χαλκό είναι (Μήτσιος, 2001).

Πίνακας 7. Περιεκτικότητα εδαφών σε χαλκό

Πολύ χαμηλή περιεκτικότητα	<0,3ppm
Ανεπαρκής περιεκτικότητα	0,3-0,8 ppm
Επαρκής περιεκτικότητα	0,9-1,5 ppm
Υπερεπαρκής περιεκτικότητα	1,6-3,0 ppm

#### 4.2.6.2.2 Ψευδάργυρος

Ο ψευδάργυρος απαντάται σε διάφορα ένζυμα, προάγει το σχηματισμό αυξητικών ορμονών και αμύλου και συμμετέχει στην παραγωγή και ωρίμανση των σπόρων (Παναγιωτόπουλος, 2008).

Η περιεκτικότητα του ψευδάργυρου στο έδαφος κυμαίνεται συνήθως από 10-300 ppm. Η δε αφομοιωτικότητα του στα φυτά καθορίζεται από συγκεκριμένους παράγοντες:

- Οξύτητα του εδάφους. Ο ψευδάργυρος είναι περισσότερο αφομοιώσιμος σε οξύνο pH
- Περιεκτικότητα του εδάφους σε φωσφόρο και οργανική ουσία. Εδάφη που περιέχουν πολύ φωσφόρο και οργανική ουσία παρουσιάζουν έλλειψη. Επίσης έλλειψη παρουσιάζουν αμμώδη και εντατικής καλλιέργειας εδάφη.
- Δυνατότητα δέσμευσης του από την άργιλο και τα ανθρακικά

Τα περισσότερα από τα ελληνικά εδάφη στα οποία παρατηρήθηκαν ελλείψεις ψευδάργυρου ήταν ασβεστούχα. Περιείχαν επίσης μεγάλες ποσότητες αφομοιώσιμου φωσφόρου (Καλυβάς, 2003).

#### 4.2.6.2.3 Μαγγάνιο

Το μαγγάνιο παίζει σημαντικό ρόλο σε πολλές διεργασίες (πχ φωτοσύνθεση, μεταβολισμός του αζώτου) και στην ενεργοποίηση ορισμένων ενζύμων. Ελλείψεις μαγγανίου συναντώνται στα σιτηρά, στα ψυχανθή (πχ φασολιά, σόγια) και στα οπωροφόρα και είναι συχνότερες σε οργανικά εδάφη, σε εδάφη αλκαλικής αντίδρασης και σε εδάφη στα οποία επικρατούν αναγωγικές συνθήκες. (Παναγιωτόπουλος, 2008)

Οι διάφορες περιεκτικότητες των εδαφών σε μαγγάνιο είναι:

Πίνακας 8. Περιεκτικότητα εδαφών σε μαγγάνιο

Ανεπαρκής περιεκτικότητα	<1,5ppm
Επαρκής περιεκτικότητα	1,5-3,0ppm
Υπερεπαρκής περιεκτικότητα	>3,0ppm

## 5 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 5.1 Περιοχή έρευνας

#### 5.1.1 Γεωγραφική θέση

Η έρευνα έγινε σε αλπικές - υπαλπικές περιοχές του Δ.Δ Θεοδωριάνων. Τα Θεοδώριανα είναι χωριό του νομού Άρτας χτισμένο σε πλαγιά των ανατολικών Τζουμέρκων. Απέχει από την πόλη της Άρτας 80 km. Ο νομός Άρτας καταλαμβάνει το νοτιοανατολικό τμήμα της Ηπείρου. Έχει έκταση 1.662 τετρ.χλμ. και πληθυσμό 67.877 κατοίκους. Συνορεύει στα βόρεια με τους νομούς Ιωαννίνων και Τρικάλων, ανατολικά με τους νομούς Τρικάλων, Καρδίτσας και Αιτωλοακαρνανίας, δυτικά με τους νομούς Πρεβέζης και Ιωαννίνων, νότια με τον νομό Αιτωλοακαρνανίας ενώ βρέχεται και από τον Αμβρακικό Κόλπο στα ανατολικά. Το μεγαλύτερο ποσοστό του εδάφους του νομού Άρτας είναι ορεινό και αντιστοιχεί στο 70,4% του συνολικού εδάφους ενώ το 18,6% είναι πεδινό και το 11% ημιορεινό. Σύμφωνα με την μορφολογία του εδάφους, η πεδινή ζώνη καλύπτει συνολική έκταση 396.000 στρεμμάτων από την οποία καλλιεργούνται τα 185.000 στρέμματα, η ημιορεινή με συνολική έκταση 176.000 στρέμματα από την οποία καλλιεργούνται τα 45.000 στρέμματα και η ορεινή με συνολική έκταση 1.090.000 στρέμματα από την οποία καλλιεργούνται τα 105.000 στρέμματα. Το ανάγλυφο του νομού κάρτας διαμορφώνεται από τις προεκτάσεις των βουνών της Θεσπρωτίας και των Ιωαννίνων που προχωρούν από βόρεια προς νότια σε παράλληλη διάταξη και τα κυριότερα βουνά του είναι το Καταφύδι (2.393μ) η Στρογγούλα (2.107μ), το Γερακοβούνι (2.211μ), το Αγκάθι (2.392μ) και η Σκλάβα (2.067 μ).

Στα νοτιοδυτικά της περιφερειακής ενότητας βρίσκεται η πεδιάδα της Άρτας, η οποία είναι και η μεγαλύτερη πεδιάδα της Ηπείρου. Η πεδιάδα της Άρτας απαριθμεί 160.000 στρέμματα καλλιεργήσιμης γης με κύριες καλλιέργειες τα πορτοκάλια, τα μανταρίνια, τα ακτινίδια αλλά και φυτά μεγάλης καλλιέργειας όπως το καλαμπόκι και βιομηχανικά φυτά όπως το βαμβάκι.

## 5.2 ΜΕΘΟΔΟΙ

### 5.2.1 Δειγματοληψία

Για τον προσδιορισμό των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του εδάφους, συλλέχθηκαν εξήντα δείγματα επιφανειακού στρώματος εδάφους βάθους 0 έως 30 εκ, είκοσι ανά ζώνη, το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Ιουνίου των ετών 2012, 2013 και 2014. Τα δείγματα εδάφους αεροξηράνθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου ( $25\pm 5$  °C) (Dane and Torpp, 2002), ακολούθησε απομάκρυνση των χαλικιών και των υπολειμμάτων φυτικής ύλης, αλέστηκαν σε ανοξείδωτη χαλύβδινη συσκευή άλεσης με μεταλλική σίτα με οπές 2 χλστ. και υποβλήθηκαν σε αναλύσεις σύμφωνα με τις ισχύουσες μεθοδολογίες (SSSA, Methods of Soil Analysis, 1996).

Προσδιορίστηκαν:

- 1) Η μηχανική σύσταση με την υδρομετρική μέθοδο (Gee and Or 2002),
- 2) το pH σε υδατικό διάλυμα χρησιμοποιώντας αναλογία εδάφους/διαλύματος ίση με 1/2 (Thomas 1996),
- 3) Το ενεργό Ca (Loeppert and Suarez 1996),
- 4) η οργανική ουσία (Nelson and Sommers 1996),
- 5) το άζωτο σύμφωνα με τη μέθοδο Kjeldahl (A.O.A.C. 1999) και
- 6) ο διαθέσιμος φωσφόρος P με τη μέθοδο του Olsen (Kuo 1996).

Για την λήψη των κλιματικών παραμέτρων (θερμοκρασία αέρα και βροχόπτωση), χρησιμοποιήθηκε ο μετεωρολογικός σταθμός που είναι εγκατεστημένος στα Θεοδώριανα και ανήκει στην ΕΜΥ.

### 5.2.2 Εργαστηριακές αναλύσεις

#### 5.2.2.1 Μηχανική Σύσταση Εδάφους

Για την ανάλυση της μηχανικής σύστασης του εδάφους θα χρησιμοποιήσουμε την υδρομετρική μέθοδο ΒΟΥΥΟΥCΟΣ.

##### 5.2.2.1.1 Όργανα

1. Γυάλινοι κύλινδροι ύψους 47 cm και εσωτερικής διαμέτρου 6,5 cm με χαραγή στα 1130 ml.
2. Ηλεκτρικός αναδευτήρας (μίξερ)

3. Αναδευτήρας ανατάραξης δείγματος μέσα στον κύλινδρο με το χέρι
4. Θερμόμετρο
5. Πυκνόμετρο ΒΟΥΥΟΥCOS
6. Ποτήρι ζέσεως των 400ml
7. Χρονόμετρο
8. Ράβδος ανάδευσης
9. Σιφώνιο των 20ml



ΕΙΚΟΝΑ 2. Μίξερ μηχανικής διασποράς

#### 5.2.2.1.2 Διαδικασία

Ζυγίζουμε 50γρ (ή 100γρ αν το έδαφος είναι αμμώδες) εδάφους και τα βάζουμε στο ποτήρι ζέσεως και προσθέτουμε 40ml  $\text{Na}_3\text{PO}_3$  1% διασπορικό. Αναδεύουμε με τη ράβδο και στη συνέχεια μεταφέρουμε το μίγμα στο μίξερ για καλύτερη διασπορά και αφού βάλουμε σε λειτουργία το μίξερ το αφήνουμε 10 λεπτά της ώρας. Μετα το μεταφέρουμε στον κύλινδρο ΒΟΥΥΟΥCOS και αφού βάλουμε μέσα και το πυκνόμετρο συμπληρώνουμε μέχρι τη χαραγή. Αναδεύουμε με τον αναδευτήρα ανατάραξης 20 φορές, ξαναβάζουμε μέσα το πυκνόμετρο και



παίρνουμε τις μετρήσεις: α) μετά από 40 δευτερόλεπτα και β) μετά από 2 ώρες. Αν Α η πρώτη μέτρηση και Β η δεύτερη, τότε:

A= ιλύς+αργίλος %

B= άργίλος %

Άρα A - B = ιλύς % και 100 - A= άμμος %

Για το χαρακτηρισμό του εδάφους χρησιμοποιούμε το τριγωνικό διάγραμμα κατάταξης εδαφών του Αμερικανικού Υπουργείου Γεωργίας.

## 5.2.2.2 ρΗ του εδάφους

### 5.2.2.2.1 Όργανα

- 2 ποτήρια ζέσεως των 100 ml
- 2 σιφώνια, ένα των 25 ml και ένα των 50 ml
- Αναδευτήρας
- Πεχάμετρο
- Υδροβολέας

### 5.2.2.2.2 Διαδικασία

Ζυγίζουμε 10g εδάφους και τα βάζουμε σε ένα ποτήρι ζέσεως των 100 ml. Προσθέτουμε απεσταγμένο νερό σε αναλογία 1/5, δηλαδή 50 ml για το σύστημα “έδαφος/νερό” και σε αναλογία 1/2,5, δηλαδή 25 ml KCl στο σύστημα “έδαφος/διάλυμα άλατος”. Ανακατεύουμε το μίγμα για 20 λεπτά. Βαπτίζουμε τα ηλεκτρόδια μέσα στο αιώρημα, αφού προηγουμένως το ανακατέψουμε και με το κατάλληλο κουμπί της συσκευής κλείνουμε το κύκλωμα και διαβάζουμε την ένδειξη της βελόνας στην κλίμακα ρΗ του πεχάμετρου. Πριν από κάθε μέτρηση ελέγχουμε και ρυθμίζουμε το πεχάμετρο με ρυθμιστικά διαλύματα που ξέρουμε το ρΗ τους.



ΕΙΚΟΝΑ 3. Πεχάμετρο

### 5.2.2.3 Ηλεκτρική αγωγιμότητα εδάφους

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους προσδιορίζεται με τη μέθοδο 1/2,5.

#### 5.2.2.3.1 Όργανα

- Ποτήρι ζέσεως 100ml
- Αγωγιμομετρο

#### 5.2.2.3.2 Διαδικασία

Σε ένα ποτήρι ζέσεως προσθέτουμε 50gr εδάφους και 20ml νερού. Στη συνέχεια αναδεύουμε το αιώρημα για 10 λεπτά και το αφήνουμε για 30 λεπτά σε κατάσταση ηρεμίας. Τέλος με τη βοήθεια του αγωγιμόμετρου μετράμε την τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας τοποθετώντας την άκρη του αγωγιμόμετρου στο αιώρημα.

### 5.2.2.4 Οργανική ουσία εδάφους

Για τον προσδιορισμό της οργανικής ουσίας που βρίσκεται στο έδαφος θα εφαρμόσουμε τη μέθοδο των Walkley - Black η οποία στηρίζεται στην οξείδωση του οργανικού άνθρακα από ένα ισχυρό οξειδωτικό το διχρωμικό κάλιο ( $K_2Cr_2O_7$ ).

#### 5.2.2.4.1 Αντιδραστήρια

- Διχρωμικό κάλιο ( $K_2Cr_2O_7$  1N. 49,04 g/lit)
- Θειικό οξύ ( $H_2SO_4$ ) πυκνό πάνω από 95%
- Φωσφορικό οξύ ( $H_3PO_4$ ) πυκνό 85%
- Διάλυμα διφαινουλαμίνης (δείκτης) : (0,5g + 20ml  $H_2O$  + 100ml  $H_2SO_4$ ).
- Θειικός σίδηρος ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ) 0.5 N: (139g + 20ml  $H_2SO_4$  σε 1lt νερού)
- Φθοριούχο νάτριο (NaF).

#### 5.2.2.4.2 Όργανα

- Δυο φιάλες των 500 ml
- Ογκομετρικοί κύλινδροι των 200 ml και 25 ml
- Σιφώνια 2 ml και 10 ml
- Προχοίδα.

#### 5.2.2.4.3 Διαδικασία

Μικρό δείγμα εδάφους 1g, το ρίχνουμε σε μια κωνική φιάλη των 500ml. Προσθέτουμε 10ml διαλύματος  $K_2Cr_2O_7$  1N (MB/6) και αναδεύουμε περιστρέφοντας τη φιάλη για να αναμιχθεί με το έδαφος. Στη συνέχεια προσθέτουμε 20ml πυκνό  $H_2SO_4$  με ογκομετρικό κύλινδρο. Αναδεύουμε πάλι περιστρέφοντας τη φιάλη με προσοχή για 30-60 δευτερόλεπτα ώστε να μην κολλήσουν τεμαχίδια εδάφους στα τοιχώματα της φιάλης και μετά αφήνουμε τη φιάλη να ηρεμήσει για 30 δευτερόλεπτα. Στη συνέχεια προσθέτουμε 200ml αποσταγμένο νερό, 10ml πυκνό  $H_3PO_4$  και 0,2g NaF και την αφήνουμε να ψυχθεί. Μετα προσθέτουμε 1-2ml δείκτη διφαινουλαμίνης. Στη δεύτερη φιάλη των 500ml κάνουμε την ίδια τεχνική χωρίς να προσθέσουμε έδαφος (λευκός προσδιορισμός). Κατόπιν ογκομετρούμε με διάλυμα 0,5N  $FeSO_4$  αρχίζοντας από τη φιάλη του λευκού προσδιορισμού και το χρώμα από βαθύ μπλε γίνεται απότομα πράσινο στο σημείο εξουδετέρωσης.

Οπότε αν:

$T'$  = τα ml  $FeSO_4$  που καταναλώθηκαν για την τιτλοδότηση του εδάφους

T= τα ml του διαλύματος  $\text{FeSO}_4$  για τον λευκό προσδιορισμό

B= το βάρος του δείγματος

Τότε:

$$\text{Οργανικός C\%} = (T-T') N \times 0,3/B$$

$$\text{Ολικός C\%} = (T-T') N \times 0,39/B$$

$$\text{Ολική οργανική ουσία\%} = (T-T') N \times 0,67/B$$

Αν για την οξείδωση της οργανικής ουσίας έχουν καταναλωθεί περισσότερα από 8ml  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ή κατά την ογκομετρική καταναλώθηκαν λιγότερα από 4ml  $\text{FeSO}_4$  τότε επαναλαμβάνουμε τον προσδιορισμό παίρνοντας μικρότερη ποσότητα εδάφους ή προσθέτοντας μεγαλύτερη ποσότητα διαλύματος  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

### 5.2.2.5 Ανθρακικό ασβέστιο ( $\text{CaCO}_3$ ) εδάφους

Ο προσδιορισμός γίνεται με τη μέθοδο του Bernard και βασίζεται στη μέτρηση του  $\text{CO}_2$  που εκλύεται με την επαφή του εδάφους με διάλυμα  $\text{HCl}$  1:1.

#### 5.2.2.5.1 Αντιδραστήρια

Διάλυμα υδροχλωρικού οξέος ( $\text{HCl}$ ) 1:1

#### 5.2.2.5.2 Όργανα

- Συσκευή Bernard
- Κάψα από πορσελάνη



ΕΙΚΟΝΑ 4. Συσκευή BERNARD

### 5.2.2.5.3 Διαδικασία

Μικρή ποσότητα από το εδαφικό δείγμα τη βάζουμε μέσα στην κάψα και ρίχνουμε μερικές σταγόνες HCl 1:1. Ανάλογα με την ποσότητα σε CaCO<sub>3</sub> βλέπουμε αν αφρίζει ή όχι και πόσο. Αν αφρίζει πολύ παίρνουμε μικρή ποσότητα από το δείγμα, πχ 0,5g, αν αφρίζει λίγο παίρνουμε μεγαλύτερη ποσότητα, πχ 2g. Κατόπιν ζυγίζουμε 0,5-2g από το δείγμα και το βάζουμε σε μια κωνική φιάλη της συσκευής. Στην ίδια φιάλη βάζουμε μικρό δοκιμαστικό σωλήνα της συσκευής με μια τσιμπίδα που περιέχει HCl 1:1 μέχρι τα 2/3 ώστε να μην χυθεί HCl από τον σωλήνα στο δείγμα. Η στάθμη του νερού μέσα στο σωλήνα μέτρησης βρίσκεται λίγο πάνω από το μηδέν της κλίμακας. Πωματίζουμε τη φιάλη ώστε η στάθμη να κατεβεί στο μηδέν της κλίμακας. Με το αριστερό χέρι παίρνουμε την κρεμασμένη χοάνη και την κρατάμε κοντά στο σωλήνα μέτρησης και με τον αντίχειρα και το δείκτη του δεξιού χεριού, για να αποφύγουμε την αύξηση θερμοκρασίας, κρατάμε την κωνική φιάλη από το λαιμό αναδεύοντας τη φιάλη για να χυθεί το οξύ πάνω στο εδαφικό δείγμα. Φροντίζουμε ώστε η στάθμη του νερού στο σωλήνα μέτρησης και στη χοάνη να βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο. Βλέπουμε τη στάθμη να κατεβαίνει απόδειξη ότι εκλύεται CO<sub>2</sub>. Όταν σταματήσει η στάθμη να κατεβαίνει διαβάζουμε τα ml CO<sub>2</sub> που έφυγαν. Την ίδια δουλειά κάνουμε τρεις φορές με την ίδια ποσότητα από το ίδιο έδαφος και παίρνουμε το μέσο όρο. Έστω V ο όγκος του CO<sub>2</sub> που μετρήθηκε. Η περιεκτικότητα CaCO<sub>3</sub> στο έδαφος υπολογίζεται από τη σχέση

$$\text{CaCO}_3\% = \frac{V}{G} \cdot K$$

Όπου

G= το βάρος του εδαφικού δείγματος σε g

K= συντελεστής μετατροπής 1 ml CO<sub>2</sub> σε g CaCO<sub>3</sub>

Και έχει τιμή:

K= 0,44 σε θερμοκρασία 0 °C και πίεση 760 mmHg

K= 0,42 σε θερμοκρασία 15 °C και πίεση 760 mmHg

K= 0,41 σε θερμοκρασία 20 °C και πίεση 760 mmHg

K= 0,40 σε θερμοκρασία 30 °C και πίεση 760 mmHg

### 5.2.2.6 Φώσφορος του εδάφους

Ο προσδιορισμός του φωσφόρου στο έδαφος έγινε με τη μέθοδο του ασκορβικού οξέος.

#### 5.2.2.6.1 Αντιδραστήρια

- Μονόξινο ανθρακικό νάτριο ( $\text{NaHCO}_3$ )
- Θειικό οξύ ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- Μολυβδαινικό αμμώνιο (αντιδραστήριο 2)
- Ασκορβικό οξύ. Διαλύουμε 0,528gr ασκορβικό οξύ σε 100ml αντιδραστήριο 2 (αντιδραστήριο 3).

#### 5.2.2.6.2 Διαδικασία

Ζυγίζουμε 5g εδάφους προσθέτουμε 100ml εκχυλιστικό διάλυμα μονόξινου ανθρακικού νατρίου και αναδεύουμε το εναιώρημα για 30 λεπτά στον αναδευτήρα και στη συνέχεια διηθούμε το διάλυμα αυτό σε ηθμούς. Αφού έχουμε το διαυγές διάλυμα παίρνουμε 10ml από αυτό και το ρίχνουμε σε ογκομετρικές φιάλες των 50ml προσθέτοντας σε αυτές 1ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  και τις αφήνουμε σε κατάσταση ηρεμίας για περισσότερες από 2 ώρες. Στη συνέχεια προσθέτουμε 8ml αντιδραστήριο 3 και νερό μέχρι τη χαραγή και μετρούμε την απορρόφηση σε φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 882nm.



ΕΙΚΟΝΑ 5. Προετοιμασία δειγμάτων για τον προσδιορισμό φωσφόρου

## 6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν πήραμε τα εξής αποτελέσματα:

### 6.1 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Η μέση μηχανική σύσταση των δειγμάτων είναι:

ΑΡΓΙΛΟΣ	13,9%
ΑΜΜΟΣ	50,5%
ΙΛΥΣ	35,6%

Οπότε, με βάση το τριγωνικό διάγραμμα κατάταξης εδαφών το έδαφος χαρακτηρίζεται αμμοπηλώδες.

### 6.2 pH ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Ο μέσος όρος του pH των δειγμάτων είναι 5.68 οπότε το έδαφος χαρακτηρίζεται μετρίως όξινο.

Αναλυτικά:

26,8% των δειγμάτων	Ισχυρώς όξινα
45,4% των δειγμάτων	Μετρίως όξινα
15,5% των δειγμάτων	Ελαφρώς όξινα
10,3% των δειγμάτων	Ουδέτερα
Μέσος όρος	Μετρίως οξινο

### 6.3 ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Ο μέσος όρος της περιεκτικότητας οργανικής ουσίας των δειγμάτων εδάφους με βάση τα αποτελέσματα είναι 6.74%. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η περιεκτικότητα της οργανικής ουσίας στα εδάφη είναι υψηλή.

### 6.4 ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΣΒΕΣΤΙΟ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Με βάση τα αποτελέσματα των αναλύσεων τα εδάφη έχουν ανεπαρκή περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο αφού 88 από τα 95 δείγματα είχαν 0% ανθρακικό ασβέστιο.



## 6.5 ΦΩΣΦΟΡΟΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Η μέση συγκέντρωση του φωσφόρου στα δείγματα χαρακτηρίζεται μέτρια αφού τα αποτελέσματα από τις αναλύσεις μας έδειξαν ότι:

- 47,4 % των δειγμάτων έχουν χαμηλή συγκέντρωση
- 22,7 % των δειγμάτων έχουν μέση συγκέντρωση, και
- 27,8 % των δειγμάτων έχουν υψηλή συγκέντρωση

## 6.6 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι τα εδάφη στην περιοχή έρευνας είναι αμμοπηλώδη με μετρίως όξινο pH, πλούσια σε οργανική ουσία, αλλά ανεπαρκή σε ανθρακικό ασβέστιο και μέτρια συγκέντρωση φωσφόρου.

Συνεπώς πρέπει να γίνει σωστή διαχείριση (ελεγχόμενη βόσκηση, τήρηση βοσκοϊκανότητας) του συγκεκριμένου λιβαδιού για την προστασία και βελτίωση των εδαφών και γενικά την αειφορία του οικοσυστήματος.

## 7 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ - ΠΙΝΑΚΕΣ

### 7.1 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓ/ΨΙΑΣ	ΑΡΓΙΛΟΣ %	ΙΛΥΣ %	ΑΜΜΟΣ %
1	15,04	42,00	42,96
2	9,12	44,08	46,80
3	11,04	38,24	50,72
4	11,12	38,07	50,81
5α	5,36	50,07	44,57
5β	5,04	38,00	56,96
6	14,96	33,99	51,05
7	9,12	43,99	46,89
8	13,28	42,15	44,57
9	10,96	35,91	53,13
11	10,96	30,07	58,97
12	7,12	35,99	56,89
13	23,28	38,16	38,57
14	13,20	36,16	50,64
15	13,12	35,99	50,89
16	9,20	38,16	52,64
17	11,12	30,32	58,56
19	11,28	36,16	52,56
20	9,12	37,99	52,89
21	15,12	38,39	46,49
22	15,84	39,75	44,41
23	13,68	19,76	66,56
24	11,68	23,76	64,56
25	21,68	37,75	40,57
26	7,92	39,76	52,32
40	7,84	35,76	56,40
41	13,84	37,76	48,41
42	15,68	35,76	48,56
43	11,92	35,67	52,41
44	11,84	39,67	48,49
45	11,76	37,84	50,40
46	13,68	27,76	58,56
47	11,92	25,76	62,32

48	13,84	43,76	42,40
49	15,76	33,75	50,49
50	9,68	27,76	62,56
51	4,00	35,67	60,33
52	3,84	41,76	54,40
53	7,76	31,76	60,48
54	15,68	39,76	44,56
55	14,16	32,07	53,77
56	20,16	32,07	47,77
57	21,92	34,32	43,76
58	14,08	26,24	59,69
59	19,84	36,07	44,09
60	13,84	30,00	56,16
61	13,84	28,00	58,17
62	11,92	26,24	61,84
63	22,16	36,00	41,85
64	22,24	36,16	41,61
65	20,32	32,08	47,61
66	24,24	32,08	43,69
67	20,32	32,32	47,36
74	26,32	38,16	35,53
75	18,32	32,15	49,53
76	18,32	44,24	37,44
79	16,40	44,08	39,52
80	22,32	42,23	35,45
81	8,40	30,08	61,53
82	28,40	36,00	35,60
91	11,68	38,15	50,17
93	13,68	38,16	48,16
95	13,68	34,31	52,01
96	9,68	36,23	54,09
97	9,68	34,16	56,17

## 7.2 pH ΕΔΑΦΟΥΣ

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓ/ΨΙΑΣ	pH	ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓ/ΨΙΑΣ	pH	ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓ/ΨΙΑΣ	pH
1	5,33	38	5,72	74	5,52
2	5,44	39	6,51	75	5,49
3	5,08	40	6,40	76	5,39
4	4,89	41	7,18	77	5,73
5α	6,36	42	5,86	78	5,76
5β	5,89	43	6,02	79	5,07
6	6,63	44	5,31	80	5,06
7	4,94	45	5,44	81	5,87
8	4,91	46	5,20	82	6,66
9	5,25	47	5,98	83	5,17
11	5,37	48	5,79	84	5,04
12	4,73	49	6,46	85	5,13
13	5,08	50	5,18	86	5,92
14	5,59	51	7,03	87	5,551
15	5,57	52	6,81	88	6,01
16	6,20	53	5,92	89	5,84
17	5,72	54	5,59	90	6,40
19	4,97	55	5,65	91	5,81
20	4,91	56	6,83	92	4,94
21	5,66	57	5,76	93	5,94
22	5,14	58	6,20	94	5,04
23	4,85	59	5,23	95	4,98
24	5,08	60	5,77	96	5,11
25	5,05	61	6,47	97	5,23
26	4,80	62	6,64		
27	5,30	63	6,04		
28	5,62	64	6,68		
29	5,28	65	5,64		
30	5,07	66	7,05		
31	6,26	67	6,47		
32	5,95	68	5,26		
33	5,17	69	5,34		
34	5,83	70	6,18		
35	6	71	5,60		
36	5,72	72	5,74		
37	5,19	73	6,79		

### 7.3 ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓ/ΨΙΑΣ	Οργ. Ουσία. (%)	ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓ/ΨΙΑΣ	Οργ. Ουσία. (%)	ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓ/ΨΙΑΣ	Οργ. Ουσία. (%)
1	5,68	38	5,51	74	6,92
2	3,42	39	6,01	75	5,67
3	6,50	40	6,18	76	8,85
4	5,65	41	4,99	77	5,95
5α	5,93	42	5,00	78	6,79
5β	5,26	43	5,29	79	9,13
6	5,99	44	4,80	80	8,84
7	6,07	45	5,32	81	8,00
8	6,01	46	6,00	82	11,47
9	5,49	47	5,29	83	8,50
11	6,00	48	4,53	84	9,36
12	5,81	49	5,15	85	6,27
13	5,01	50	12,45	86	7,78
14	6,24	51	5,21	87	7,13
15	6,19	52	4,20	88	6,39
16	5,33	53	8,94	89	10,25
17	5,48	54	9,88	90	12,46
19	3,99	55	9,47	91	8,44
20	5,36	56	6,15	92	9,72
21	5,48	57	6,99	93	10,14
22	6,01	58	12,04	94	4,03
23	4,84	59	8,92	95	7,92
24	5,47	60	9,74	96	10,05
25	5,14	61	11,72	97	11,63
26	5,47	62	11,90		
27	5,96	63	4,64		
28	3,63	64	5,81		
29	5,92	65	4,24		
30	5,35	66	3,09		
31	4,81	67	8,74		
32	5,85	68	7,53		
33	5,79	69	7,65		
34	5,48	70	4,73		
35	5,04	71	4,77		
36	4,83	72	10,07		
37	5,68	73	6,25		

## 7.4 ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΣΒΕΣΤΙΟ (CaCO<sub>3</sub>) ΕΔΑΦΟΥΣ

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓ/ΨΙΑΣ	CaCO <sub>3</sub> (%)	ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓ/ΨΙΑΣ	CaCO <sub>3</sub> (%)	ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓ/ΨΙΑΣ	CaCO <sub>3</sub> (%)
1	0,00	38	0,00	74	0,00
2	0,16	39	0,00	75	0,00
3	0,00	40	0,20	76	0,00
4	0,00	41	0,00	77	0,00
5α	0,00	42	0,00	78	0,00
5β	0,00	43	0,00	79	0,00
6	0,00	44	0,00	80	0,00
7	0,00	45	0,00	81	0,00
8	0,00	46	0,00	82	0,00
9	0,00	47	0,00	83	0,00
11	0,00	48	0,00	84	0,00
12	0,00	49	0,00	85	0,00
13	0,00	50	0,17	86	0,00
14	0,00	51	40,04	87	0,00
15	0,00	52	0,90	88	0,00
16	0,00	53	0,00	89	0,00
17	0,00	54	0,00	90	0,34
19	0,20	55	0,00	91	0,00
20	0,00	56	21,25	92	0,00
21	0,00	57	0,00	93	0,00
22	0,00	58	0,00	94	0,00
23	0,00	59	0,00	95	0,00
24	0,00	60	0,00	96	0,00
25	0,00	61	1,44	97	0,00
26	0,00	62	1,00		
27	0,00	63	0,00		
28	0,00	64	0,79		
29	0,00	65	0,00		
30	0,00	66	13,47		
31	0,00	67	0,00		
32	0,00	68	0,00		
33	0,00	69	0,00		
34	0,00	70	0,00		
35	0,00	71	0,00		
36	0,00	72	0,00		
37	0,00	73	0,00		

## 7.5 ΦΩΣΦΟΡΟΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓ/ΨΙΑΣ	P (mg/Kg)	ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓ/ΨΙΑΣ	P (mg/Kg)	ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓ/ΨΙΑΣ	P (mg/Kg)
1	2,18	38	41,07	74	3,02
2	16,40	39	36,03	75	11,06
3	37,11	40	ΙΧΝΗ	76	5,16
4	1,28	41	ΙΧΝΗ	77	4,89
5α	ΙΧΝΗ	42	19,10	78	7,44
5β	ΙΧΝΗ	43	1,28	79	5,16
6	ΙΧΝΗ	44	7,94	80	6,24
7	6,14	45	1,82	81	2,48
8	2,54	46	1,28	82	15,22
9	ΙΧΝΗ	47	ΙΧΝΗ	83	7,44
11	ΙΧΝΗ	48	ΙΧΝΗ	84	55,99
12	7,40	49	0,02	85	33,46
13	0,74	50	10,28	86	0,87
14	0,92	51	20,36	87	3,82
15	14,42	52	1,94	88	3,15
16	5,96	53	3,55	89	2,48
17	ΙΧΝΗ	54	7,31	90	26,89
19	42,87	55	10,93	91	3,02
20	88,96	56	6,37	92	29,03
21	122,09	57	0,47	93	15,22
22	0,56	58	1,27	94	8,11
23	15,32	59	6,50	95	8,11
24	95,80	60	1,01	96	2,35
25	0,38	61	32,12	97	1,27
26	15,14	62	8,38		
27	5,96	63	2,75		
28	11,54	64	5,16		
29	23,42	65	1,01		
30	0,02	66	0,20		
31	ΙΧΝΗ	67	5,83		
32	ΙΧΝΗ	68	5,16		
33	8,12	69	26,49		
34	10,28	70	1,94		
35	ΙΧΝΗ	71	0,60		
36	ΙΧΝΗ	72	6,50		
37	8,12	73	4,09		

## 8 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Χαρακτηρισμός εδάφους σε σχέση με την τιμή pH.....	15
Πίνακας 2. Χαρακτηρισμός εδάφους σε σχέση με την περιεκτικότητα οργανικής ουσίας ...	16
Πίνακας 3. Χαρακτηρισμός εδάφους ανάλογα με την ποσότητα CaCO <sub>3</sub> .....	20
Πίνακας 4. Πιθανότητα αντίδρασης σε φωσφορική λίπανση από φυτά μεγάλης καλλιέργειας .....	23
Πίνακας 5. Χαρακτηρισμός εδάφους με βάση την περιεκτικότητα σε κάλιο.....	25
Πίνακας 6. Χαρακτηρισμός εδάφους ανάλογα με την περιεκτικότητα σε μαγνήσιο .....	26
Πίνακας 7. Περιεκτικότητα εδαφών σε χαλκό .....	27
Πίνακας 8. Περιεκτικότητα εδαφών σε μαγγάνιο .....	28

## 9 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1. Τριγωνικό διάγραμμα κατάταξης εδαφών .....	12
ΕΙΚΟΝΑ 2. Μίξερ μηχανικής διασποράς .....	31
ΕΙΚΟΝΑ 3. Πεχάμετρο.....	33
ΕΙΚΟΝΑ 4. Συσκευή BERNARD.....	35
ΕΙΚΟΝΑ 5. Προετοιμασία δειγμάτων για τον προσδιορισμό φωσφόρου .....	38



## 10 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Παπαδόπουλος, Γ. 1998. Εδαφολογία. Άρτα  
Κουκουλακης και συν. 2000. Οργανική ουσία του εδάφους. Αθήνα  
Τσιτσιας, Κ. 2004. Εργαστήρια εδαφολογίας (αναλύσεις εδαφών). Λάρισα  
Μήτσιος, Ι. 2001. Εδαφολογία. Αθήνα  
Σινάνης, Κ. 2003. Εδαφολογία. Ηράκλειο  
Παναγιωτόπουλος, Κ. 2008. Εδαφολογία. Θεσσαλονίκη  
Σιμώνης, Α. 2007. Προβλήματα αξιοποίησης εδαφικών πόρων. Θεσσαλονίκη  
Καλύβας, Δ. 2003. Εδαφολογία. Αξιολόγηση εδαφών, τοποκλιματικές συνθήκες και κρασί. Αθήνα  
Χουλιάρης, Ν. 2002. Μαθήματα εφαρμοσμένης εδαφολογίας. Αθήνα  
Παπαμίχος, Ν. 1990. Δασικά εδάφη. 2<sup>η</sup> έκδοση, Θεσσαλονίκη