

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΤΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ: Σ.Τ.Ε.Γ.**  
**ΤΜΗΜΑ: Φ.Π.**

**ΘΕΜΑ: ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΟΞΙΝΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ**

*Σπουδαστής: Μοσχούλας Φώτης*

**ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2002**

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΤΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ: Σ.Τ.Ε.Γ.**  
**ΤΜΗΜΑ: Φ.Π.**

**ΘΕΜΑ: ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΟΞΙΝΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ**

*Σπουδαστής: Μοσχούλας Φώτης*  
*Επιβλέποντες Καθηγητές: Σταθοπούλου Παναγιώτα*  
*Λιναρδόπουλος Χρήστος*

**ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2002**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	σελ.4
2.Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ .....	σελ.6
2.1.Εισαγωγή .....	σελ.6
2.2.Επίδραση του pH στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους.....	σελ.7
2.2.1.Υφή του εδάφους .....	σελ.7
2.2.2.Δομή του εδάφους .....	σελ.8
2.2.3.Διαπερατότητα του εδάφους.....	σελ.9
2.2.4.Συνεκτικότητα του εδάφους .....	σελ.10
2.2.5.Χρώμα του εδάφους .....	σελ.10
2.2.6.Θερμοκρασία του εδάφους .....	σελ.11
2.3.Επίδραση του pH στις χημικές ιδιότητες του εδάφους.....	σελ.11
2.3.1.CEC – AEC .....	σελ.14
2.3.2.Βαθμός κορεσμού με βάσεις .....	σελ.17
2.3.3.Ρυθμιστική Ικανότητα .....	σελ.18
2.4.Επίδραση του pH στις βιολογικές ιδιότητες του εδάφους .....	σελ.19
2.4.1.Οι μικροοργανισμοί του εδάφους .....	σελ.19
2.4.2.Μύκητες – Βακτήρια .....	σελ.20
2.4.3.Γαιοσκώληκες .....	σελ.21
2.4.4.Πανίδια .....	σελ.23
2.5.Η σημασία της αντίδρασης του εδάφους στην ανάπτυξη των φυτών .....	σελ.23
2.5.1.Η επίδραση της υψηλής διαλυτότητας των ιόντων $Al^+$ , $Mn^{+2}$ επί των καλλιεργούμενων φυτών .....	σελ.25
2.5.2.Η επίδραση της υψηλής συγκέντρωσης ιόντων $H^+$ επί των θρεπτικών στοιχείων και κατ' επέκταση επί των φυτών .....	σελ.26
2.5.3.Το Ασβέστιο.....	σελ.27
2.5.4.Το Άζωτο.....	σελ.27
2.5.5.Το Μολυβδαίνιο .....	σελ.28
2.5.6.Το Μαγνήσιο .....	σελ.29
2.5.7.Το Κάλιο .....	σελ.30
2.5.8.Το Βόριο.....	σελ.31
2.5.9.Ο Φώσφορος .....	σελ.31

2.6.Συμπέρασμα .....	σελ.32
2.7.Ανθεκτικότητα των φυτών σε όξινες συνθήκες .....	σελ.34
3.ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΟΞΙΝΩΝ ΕΔΑΦΩΝ .....	σελ.36
3.1.Αίτια οξύτητας που οφείλονται σε φυσικές αλλαγές .....	σελ.39
3.1.1.Μητρικό υλικό .....	σελ.39
3.1.2.Κλιματικοί παράγοντες .....	σελ.39
3.1.3.Μορφολογία – Ανάγλυφο εδάφους .....	σελ.43
3.1.4.Αργιλοπυριτικά Ορυκτά .....	σελ.44
3.1.5.Αναπνοή – Εκκρίματα των ριζών των φυτών .....	σελ.45
3.1.6.Οργανική ουσία .....	σελ.45
3.1.7.Διαλυτότητα ιόντων $Al^{+3}$ και $Fe^{+3}$ .....	σελ.46
4.ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΟΞΙΝΩΝ ΕΔΑΦΩΝ.....	σελ.47
4.1.Αίτια οξύτητας που οφείλονται σε ανθρώπινες επεμβάσεις .....	σελ.48
4.1.1.Χρήση χημικών λιπασμάτων .....	σελ.48
4.1.2.Οξινή βροχή .....	σελ.50
4.1.3.Κατεργασία του εδάφους .....	σελ.53
4.1.4.Οργανικά Απόβλητα .....	σελ.55
4.1.5.Στράγγιση μερικών παράκτιων υγρών περιοχών .....	σελ.56
4.1.6.Συστήματα Άρδευσης .....	σελ.57
4.2.Διαπίστωση της οξύτητας του εδάφους .....	σελ.59
5.ΜΕΘΟΔΟΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ .....	σελ.61
6.ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΟΞΙΝΩΝ .....	σελ.61
6.1.Επιδράσεις Ασβεστώσεων .....	σελ.63
6.2.Που αποσκοπεί ένα εδαφοβελτιωτικό οξύτητας .....	σελ.67
7.ΥΛΙΚΑ ΑΣΒΕΣΤΩΣΗΣ .....	σελ.68
7.1.Ασβέστωση και Υπερασβέστωση .....	σελ.73

7.2.Απαιτούμενο ποσό ασβεστίου .....	σελ.74
7.3.Επιλογή του κατάλληλου υλικού ασβέστωσης .....	σελ.76
7.4.Σημασία του μεγέθους της ασβεστόπετρας .....	σελ.78
7 .4.1. Μορφή χρησιμοποιούμενου ασβέστη.....	σελ.78
8.Συμπέρασμα .....	σελ.84
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	σελ.85

## 1. Εισαγωγή

Η ευημερία του ανθρώπου, ανά τους αιώνες, μέχρι και σήμερα παρέμεινε στενά εξαρτημένη από τις φυσικές πλουτοπαραγωγικές πηγές, το κλίμα, το έδαφος, το νερό, τα φυτά, τα ζώα.

Η ταχεία αύξηση του πληθυσμού και οι αυξημένες απαιτήσεις του σύγχρονου καταναλωτή, καθιστούν επείγουσα την ανάγκη συντήρησης και ορθολογικής εκμετάλλευσης των φυσικών πλουτοπαραγωγικών πηγών. Ειδικά το έδαφος αποτελεί έναν από τους βασικούς συντελεστές της παραγωγής, μαζί με την εργασία και το κεφάλαιο.

Είναι το μέσο στο οποίο φυτρώνουν οι σπόροι, αναπτύσσονται οι ρίζες, τα φυτά εφοδιάζονται με τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία για την ανάπτυξή τους και θα πρέπει να είναι τόσο ποιοτικά καλά, ώστε να καλύπτουν όλες τις διατροφικές ανάγκες του ανθρώπου, σε ποσότητα και σε ποιότητα, χωρίς να απειλείται η υγεία του.

Στο μέσο αυτό, το έδαφος πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν ορθολογική χρήση. Μπορεί να μην είναι αρκετά εφικτή η ανθρώπινη επέμβαση στην βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους, αλλά είναι εφικτός, ο ανθρώπινος έλεγχος και οι τροποποιήσεις στις χημικές του ιδιότητες, ούτως ώστε να εξασφαλίζονται υψηλές αποδόσεις των καλλιεργούμενων φυτών.

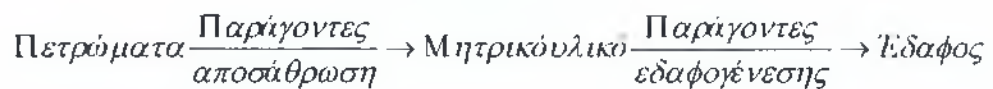
Υπάρχουν πολλά «*αποβαθμισμένα εδάφη*», δηλαδή εδάφη που για διάφορους λόγους (συσσώρευση αλάτων ή ιόντων νατρίου, συσσώρευση υπερβολικών ποσοτήτων ανθρακικού ασβεστίου και μαγνησίου, συγκέντρωση

ιόντων υδρογόνου, μείωση της περιεκτικότητας σε οργανική ουσία), έχουν χάσει τη φυσική τους γονιμότητα και προκειμένου να μην χαθεί η δυνατότητα εκμετάλλευσής τους, επιδιώκεται η βελτίωσή τους με τα κατάλληλα μέσα. Στην εργασία αυτή γίνεται ειδική εκτενής αναφορά στο πρόβλημα της οξίνισης των εδαφών. Συγκεκριμένα αποβλέπετε στο να δοθούν πληροφορίες για την σημασία της αντίδρασης του εδάφους στις εδαφικές ιδιότητες και στην ανάπτυξη των φυτών, για τις αιτίες από τις οποίες δημιουργούνται τα όξινα εδάφη, καθώς επίσης και για τις μεθόδους βελτίωσης αυτών.

## 2. Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ ΣΤΙΣ ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

### 2.1.Εισαγωγή

Ως έδαφος ορίζεται το ανώτερο στρώμα της επιφάνειας της γης, πάνω στο οποίο αναπτύσσονται τα φυτά. Προήλθε δε από την αποσάθρωση των πετρωμάτων (πυριγενή, ιζηματογενή μεταμορφωσιγενή) λόγω φυσικών – βιολογικών δυνάμεων και χημικών αντιδράσεων, και διακρίνεται από το αρχικό μητρικό υλικό στο ότι έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και πολλές ρίζες ανώτερων φυτών και μικροοργανισμών.



Το έδαφος σε μια κάθετη τομή (εδαφικό προφίλ) εμφανίζει οριζόντια στρώματα, το καθένα με μοναδικά χαρακτηριστικά, που ονομάζονται οριζόντες και που προέκυψαν απ' τη συνδυασμένη δράση των παραγόντων της εδαφογένεσης (κλίμα, ζώντες οργανισμοί, τοπογραφική διαμόρφωση, μητρικό υλικό, χρόνος) και την ένταση με την οποία πήραν μέρος οι διεργασίες σχηματισμού των γενετικών οριζόντων, (προσθέσεις, αφαιρέσεις, μετασχηματισμοί και μετακινήσεις).

Το έδαφος παρουσιάζει πολλές φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες οι περισσότερες απ' τις οποίες επηρεάζονται απ' το pH αυτού, σε τέτοιο βαθμό που τις μεταβάλλουν με αποτέλεσμα το έδαφος να υποβαθμίζεται και να καθίσταται ακατάλληλο για την ανάπτυξη των φυτών. Λόγω του μεγάλου



βαθμού επίδρασης του εδαφικού pH πάνω στις εδαφικές ιδιότητες, η αντίδραση του εδάφους θεωρείται υψίστης σημασίας και γι' αυτό θα μελετηθεί όσο το δυνατόν πιο αναλυτικά.

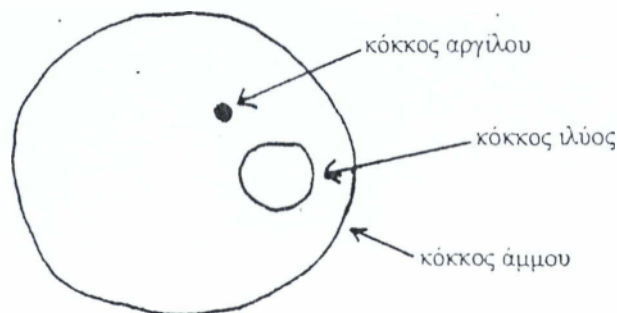
## 2.2. Επίδραση του pH στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους

Όσον αφορά τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους θα γίνει μια απλή αναφορά αυτών, αφού ελάχιστες απ' αυτές επηρεάζονται από το pH και εκτός αυτού είναι λίγες και δύσκολα εφικτές οι ανθρώπινες επεμβάσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν πάνω σε αυτές και να τις μεταβάλλουν κάθε φορά, ανάλογα με τους επιθυμητούς σκοπούς.

Οι πιο βασικές φυσικές ιδιότητες του εδάφους είναι:

### 2.2.1. Υφή του εδάφους

Δείχνει την περιεκτικότητα (σε είδος και σε ποσοστό) του εδάφους στα διάφορα εδαφικά τεμαχίδια.



Είναι γνωστό ότι τα κλάσματα της μηχανικής ανάλυσης είναι η άμμος (2-0,02mm), η ιλύς (0,02-0,002mm) και η άργιλλος (<0,002mm).

Η υφή αποτελεί την βάση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους και δεν επηρεάζεται από τις διάφορες τιμές που μπορεί να πάρει το pH.

### **2.2.2. Δομή του εδάφους**

Είναι η διευσθέτιση στο χώρο, το σχήμα και το μέγεθος των στοιχειωδών τεμαχιδίων του εδάφους, καθώς και κάθε συσσωματώματος που προκύπτει από αυτά.

Η καλή δομή αποτελεί έναν απ' τους βασικότερους παράγοντες που καθορίζουν τη γονιμότητα του εδάφους.

Αυξάνει τη διαπερατότητα, με αποτέλεσμα οι ρίζες να αναπτύσσονται πιο ελεύθερα και να εκμεταλλεύονται την υγρασία μεγαλύτερου όγκου εδάφους. Επίσης ελαττώνεται η επιφανειακή απορροή με αποτέλεσμα να μειώνεται η διάβρωση.

Παράλληλα συντελεί στη συγκράτηση του νερού, στην αποστράγγιση της υγρασίας που περισσεύει και επιτρέπει την ικανοποιητική κίνηση και διάχυση του αέρα.

Αυτή η μεγάλη σπουδαιότητας ιδιότητα του εδάφους επηρεάζεται από τις χαμηλές τιμές pH, αφού όταν αυτές επικρατούν, δεν επιτυγχάνεται καλή (για την ανάπτυξη πάντα μιας καλλιέργειας), συσσωμάτωση των κόκκων του εδάφους.

Επίσης χαμηλές τιμές pH επιδρούν στα συσσωματώματα όταν λάβουμε υπ' όψη μας ότι αυτά σχετίζονται άμεσα με τα κολλοειδή τεμαχίδια, τα οποία επηρεάζονται κατά πολύ από το χαμηλό pH.

Η επίδραση αυτή του pH εντάσσεται στις χημικές ιδιότητες του εδάφους και γι' αυτό θα μελετηθεί εκεί πιο αναλυτικά:

### **2.2.3. Διαπερατότητα του εδάφους**

Η διαπερατότητα του εδάφους αναφέρεται στην κίνηση του αέρα και του νερού μέσα από την εδαφομάζα, η οποία εξαρτάται από τον όγκο και τον τύπο των πόρων που υπάρχουν. Ένα έδαφος μπορεί να έχει αρκετά μεγάλο πορώδες δεν σημαίνει όμως κατ' ανάγκη, ότι είναι διαπερατό, αφού οι πόροι του μπορεί να είναι ασυνεχείς, ή πολύ μικροί.

Για να είναι διαπερατό θα πρέπει να περιέχει πόρους συνεχείς και αρκετής διαμέτρου ώστε να περνάει το νερό και ο αέρας μέσα από αυτούς. Η διαπερατότητα δεν είναι ιδιότητα που μπορεί να παρατηρηθεί εύκολα ή να εκτιμηθεί με την αφή.

Σχετίζεται με το μέγεθος και το συνεχές των πόρων που με την σειρά τους, σχετίζονται με την υφή και τη δομή του εδάφους. Συνεπώς η διαπερατότητα είναι ιδιότητα που επηρεάζεται έμμεσα απ' τις τιμές του pH του εδάφους.

Η βελτίωση της διαπερατότητας είναι πολύ δύσκολη και γίνεται μόνο με τη μεταβολή της υφής (και αυτό είναι εφικτό μόνο με μικρές εκτάσεις όπως ανθόκηπους ή θερμοκήπια), ή τη βελτίωση της δομής.

#### **2.2.4. Συνεκτικότητα του εδάφους**

Η συνεκτικότητα των εδαφών αναφέρεται στις δυνάμεις συνοχής και συνάφειας που ασκούνται από το έδαφος, δηλαδή είναι ο βαθμός πλαστικότητας και κολλητικότητας του εδάφους.

Οι δυνάμεις συνοχής και συνάφειας συνδέουν μεταξύ τους τα μικρότερα τεμαχίδια του εδάφους και δημιουργούνται έτσι τα συσσωματώματα.

Χαμηλές τιμές pH έχουν σαν αποτέλεσμα τη μείωση αυτών των δυνάμεων και την αδυναμία σύνδεσης των τεμαχιδίων του εδάφους προς τη δημιουργία συσσωματωμάτων.

#### **2.2.5. Χρώμα του εδάφους**

Το χρώμα στην πραγματικότητα έχει μικρή επίδραση πάνω στο έδαφος. Μπορούμε απλώς να βγάλουμε κάποιο συμπέρασμα ως προς την οξύτητα του εδάφους, παρατηρώντας το χρώμα του. Έτσι εδάφη που προέκυψαν από όξινα πετρώματα είναι συνήθως πιο ανοιχτά στο χρώμα και περιέχουν λιγότερα θρεπτικά στοιχεία από εδάφη που προήλθαν από βασικό μητρικό υλικό.

### **2.2.6.Θερμοκρασία του εδάφους**

Η θερμοκρασία επηρεάζεται περισσότερο από παράγοντες όπως θερμοχωρητικότητα, θερμική αγωγιμότητα, χρώμα και προσανατολισμό- κλίση του εδάφους και όχι από το pH αυτού.

Η θερμοκρασία του εδάφους έχει μεγάλη σημασία, αφού απ' αυτή εξαρτώνται σχεδόν όλες οι διεργασίες που γίνονται μέσα σ' αυτό. Η ταχύτητα αποσάθρωσης, το φύτρωμα του σπόρου, η δραστηριότητα της βλάστησης, η αφομοίωση των θρεπτικών συστατικών από το φυτό, η δράση των μικροοργανισμών του εδάφους, η εποχή σποράς και γενικά όλες οι χημικές και βιολογικές δράσεις που γίνονται μέσα στο έδαφος αναστέλλονται ή διεξάγονται με αργό ρυθμό όταν η θερμοκρασία του είναι χαμηλή. Αντίθετα γίνονται γρήγορα όταν αυτή είναι ευνοϊκή.

### **2.3. Επίδραση του pH στις χημικές ιδιότητες του εδάφους**

Οι χημικές ιδιότητες του εδάφους είναι αυτές που επηρεάζονται άμεσα από το pH και που μπορούν να μεταβάλλονται με ανθρώπινους χειρισμούς χρησιμοποιώντας διάφορα μέσα, ούτως ώστε να καθιστούν το έδαφος κατάλληλο για την ανάπτυξη των φυτών. Έχει επικρατήσει η άποψη ότι όταν αναφερόμαστε στις χημικές ιδιότητες του εδάφους, εννοούμε τις ιδιότητες που προκύπτουν από το αργιλοχουμικό σύμπλοκο του εδάφους.

Προτού λοιπόν, εξετάσουμε την επίδραση του pH πάνω σ' αυτές τις ιδιότητες, κρίνεται σκόπιμο να προηγηθεί μια αναφορά στον τρόπο δημιουργίας του αργιλοχουμικού αυτού συμπλόκου.

Το έδαφος αποτελείται από ανόργανα και οργανικά κολλοειδή.

Στα ανόργανα κολλοειδή περιλαμβάνονται τα ορυκτά της Αργίλλου, δευτερογενή ορυκτά π.χ. καολινίτης, μοντμοριλλονίτης, ιλλίτης που προήλθαν από την αποσάθρωση μητρικών πετρωμάτων άστριοι, μαρμαρυγίες, πυριτικά ορυκτά και που αποτελούνται κυρίως από φυλλίδια πυριτίου αργιλίου ή σιδήρου και φέρουν ακόρεστα αρνητικά φορτία στην επιφάνειά τους.

Στην κατηγορία αυτή των ανοργάνων κολλοειδών περιλαμβάνονται επίσης ένυδρα οξειδία και υδροξειδία του Fe και του Al που φέρουν άλλοτε θετικό και άλλοτε αρνητικό φορτίο.

Στα οργανικά κολλοειδή περιλαμβάνεται ο χούμος, λεγνοπρωτεϊνικό σύμπλοκο που σχηματίστηκε κατά την ένωση, των προϊόντων, διάσπασης μερικών συστατικών της οργανικής ουσίας (λιγνίνες, κυτταρίνες, λίποι, κηροί) με μερικές απ' τις πρωτεΐνες που δημιουργήθηκαν απ' τη δράση των μικροοργανισμών.

Η Αργίλλος των ανοργάνων κολλοειδών και ο χούμος των οργανικών αποτελούν και τα δύο μαζί το αργιλοχουμικό σύμπλοκο του εδάφους.

Οι χαμηλές τιμές pH δρουν δυσμενώς τόσο στο σχηματισμό των ορυκτών της αργίλλου όσο και στο σχηματισμό του χούμου.



Το αργιλλοχουμικό αυτό σύμπλοκο είναι κολλοειδές τεμαχίδιο, που εξ' αιτίας των ισόμορφων υποκαταστάσεων, εμφανίζει ακόρεστα αρνητικά φορτία ή σε σπανιότερες περιπτώσεις (όταν επικρατούν χαμηλές τιμές pH ακόρεστα θετικά, που οφείλονται στη θραύση των δεσμών στις ακμές των στερεών τεμαχιδίων).

Καθώς η φύση φροντίζει ούτως ώστε να διατηρείται η ηλεκτροουδετερότητα στο έδαφος, τα κολλοειδή έλκουν και συγκρατούν στην επιφάνειά τους αντίθετα φορτισμένα ιόντα. Για παράδειγμα τα κολλοειδή του πυριτικού οξέος, καθώς είναι αρνητικά φορτισμένα, έλκουν και συγκρατούν επί της επιφάνειάς τους κατιόντα  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$  ενώ τα κολλοειδή των  $Al_2O_3$  και  $Fe_2O_3$  καθώς είναι θετικά φορτισμένα έλκουν ανιόντα  $OH^-$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{--}$ ,  $PO_4^{--}$ .

Γενικά, ιόντα με την μικρότερη στοιβάδα νερού, γύρω από το μόριό τους και με το μεγαλύτερο φορτίο, προσφορώνται πιο ισχυρά από τα κολλοειδή. Η σειρά προτίμησης προσρόφησης για τα κατιόντα είναι  $Ca^{++} > Mg^{++} > Na^+ > K^+ > NH_4^+$  οξινίζοντα  $H^+ > Al^{+++} > Fe^{++}$  και για τα ανιόντα  $SiO_4^{--}$ ,  $PO_4^{--} \gg SO_4^{--} > NO_3^- \sim Cl^-$ .

Έτσι, θρεπτικά στοιχεία που προστίθενται με τα λιπάσματα, συγκρατώνται απ' τα κολλοειδή και δεν εκπλύνονται.

Λειτουργούν δηλαδή σαν αποθήκες των θρεπτικών στοιχείων και μάλιστα έλκουν τα ιόντα με αρκετά ισχυρότερες δυνάμεις απ' αυτές που ασκούν, η χαμηλής έντασης βροχόπτωση και νερό ποτίσματος, ούτως ώστε

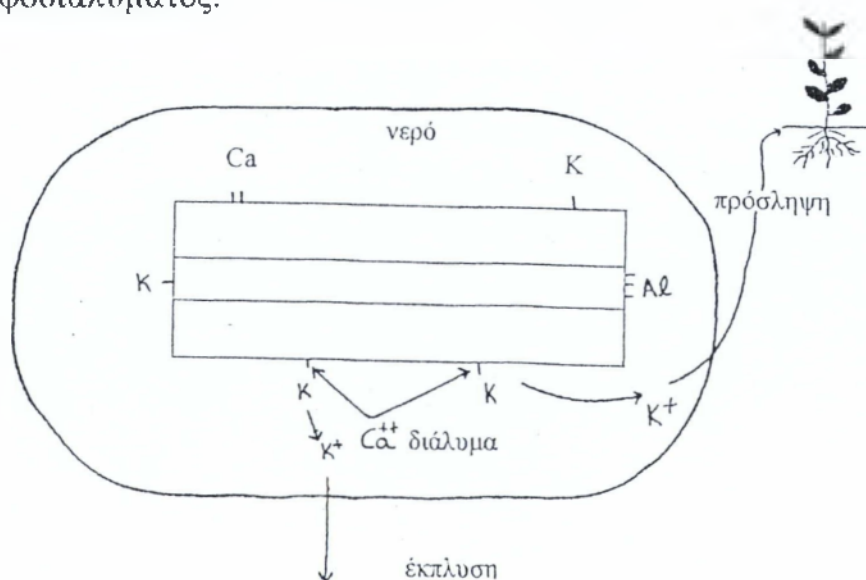
όταν αυτά υφίστανται, τα θρεπτικά στοιχεία να μην εκπλύνονται προς τα κατώτερα στρώματα.

Μια άλλη σημαντική ιδιότητα των κολλοειδών είναι ότι «φιλτράρουν» ιόντα που μπορεί να μολύναν τα υπόγεια νερά.

### 2.3.1. CEC-AEC

Όταν, λοιπόν, ιόντα όπου είναι προσροφημένα στα κολλοειδή του εδάφους, με αυτά του εδαφικού διαλύματος (πηγή προέλευσής τους αποτελούν τα λιπάματα, ο κατατεμαχισμός των ανοργάνων ορυκτών και της οργανικής ύλης), δεν βρίσκονται σε ισορροπία, τότε συμβαίνει ανταλλαγή ιόντων μεταξύ τους.

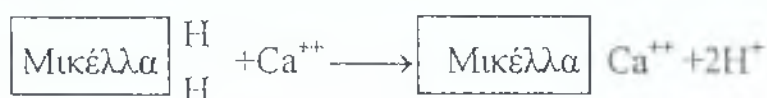
Όταν δηλαδή κάποια ιόντα απορροφώνται από τα φυτά ή εκπλύνονται από το εδαφοδιάλυμα, τη θέση τους καταλαμβάνουν ιόντα του κολλοειδούς τεμαχιδίου, που με τη σειρά τους αντικαθίστανται από άλλα όμοιου σθένους ιόντα, του εδαφοδιαλύματος.





Η ικανότητα ανταλλαγής ιόντων είναι απ' τις πιο σπουδαίες ιδιότητες του εδάφους, που αποτελεί τη βάση για τη θρέψη και την ανάπτυξη των φυτών και συμβαίνει είτε μεταξύ των κατιόντων CEC (Cation Exchange Capacity), είτε μεταξύ των ανιόντων AEC (Anion Exchange Capacity) και εκφράζεται σε γραμμοϊσοδύναμα ανά 100gr εδάφους (me/100gr εδάφους). Φυσικά η CEC συμβαίνει σε πολύ μεγαλύτερη συχνότητα και υπερτερεί από την AEC.

Ο μηχανισμός με τον οποίο η CEC συμβάλλει στην οξύτητα του εδάφους είναι ο εξής: Σε χαμηλές τιμές pH η συγκέντρωση των ιόντων  $H^+$  αυξάνεται σημαντικά και καθώς αυτά έχουν πολύ πιο ισχυρές δυνάμεις συγκράτησης από τα άλλα μονοθενή ή δισηθενή κατιόντα, καταλαμβάνουν τις θέσεις τους, με αποτέλεσμα να εναλλάσσονται τελικά τα  $H^+$  με τα κατιόντα του εδαφοδιαλύματος και να δημιουργούνται προβλήματα θρέψης στα φυτά.



Δεσμευμένα υδρογόνα      Ιόν ασβεστίου στο εδαφοδιάλυμα      Ιόν ασβεστίου ανταλλάξιμο      Ιόν υδρογόνου στο εδαφοδιάλυμα

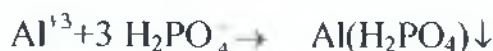
Έν τω μεταξύ, η αυξημένη συγκέντρωση των ανταλλαξίμων ιόντων  $H^+$ , προκαλεί μερική αποσύνθεση των κολλοειδών της αργίλλου, με αποτέλεσμα να απελευθερώνονται ολοένα και περισσότερα ιόντα  $Al^{+3}$ , τα οποία γίνονται ανταλλάξιμα επιδεινώνουν την οξύτητα του εδάφους και προκαλούν τοξικά φαινόμενα στα φυτά.

Είναι προφανές ότι, η επίδραση του pH στην εναλλακτική ικανότητα των κατιόντων, είναι καθοριστικής σημασίας. Όσο υψηλότερο το pH, τόσο μεγαλύτερη η CEC και τόσο καλύτερη η ισορροπία θρέψης φυτών, ενώ όσο χαμηλότερο αυτό είναι, τόσο μικρότερη η CEC, με αποτέλεσμα την καταστροφή της ισορροπίας αυτής.

Όσον αφορά την εναλλακτική ικανότητα των ανιόντων (AEC) παρουσιάζει μια σημαντική ιδιότητα.

Όταν τα εδάφη είναι όξινα συνήθως περιέχουν αρκετές ποσότητες διαλυτών και ανταλλαξιμών ιόντων  $Al^{+3}$ ,  $Fe^{+3}$  και  $Mn^{+2}$ .

Τα ανιόντα μπορούν να δεσμεύονται στην επιφάνεια των κολλοειδών και να σχηματίζουν δυσδιάλυτες σύμπλοκες ενώσεις με τα μεταλλικά αυτά ιόντα, με αποτέλεσμα να μην είναι διαθέσιμα για τα φυτά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα φωσφορικά ιόντα  $PO_4^-$ , τα οποία δημιουργούν ισχυρότερους δεσμούς, όχι μόνο με τα ιόντα  $Al^{+3}$ ,  $Fe^{+3}$  και  $Mn^{+2}$  αλλά και με ιόντα  $Ca^{++}$  ή με άμορφα κολλοειδή, με αποτέλεσμα, με το πέρασμα του χρόνου, να γίνονται λιγότερα διαλυτά και λιγότερο διαθέσιμα στα φυτά.



Όσο πιο όξινο είναι το έδαφος τόσο πιο διαλυτά και πιο πολλά είναι τα  $Al^{+3}$ ,  $Fe^{+3}$ ,  $Mn^{+2}$ , με αποτέλεσμα τόσο πιο έντονο να γίνεται το φαινόμενο.

### 2.3.2. Βαθμός κορεσμού με βάσεις

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι και στις δύο περιπτώσεις, είτε στην CEC, είτε στην AEC, χαμηλές τιμές pH, οδηγούν στην καταστροφή του συστήματος λειτουργίας θρέψης των φυτών.

Η CEC δίνει μια πρώτη προσέγγιση της γονιμότητας του εδάφους.

Προκειμένου όμως να έχουμε σαφέστερη εικόνα για την κατάσταση γονιμότητας και παραγωγικότητας εδάφους, εκτός από την τιμή της CEC, απαραίτητη είναι και η γνώση της σύνθεσης των εναλλακτικών κατιόντων.

Για τον λόγο αυτό, χρησιμοποιούμε τον βαθμό κορεσμού με βάσεις (V), που είναι το ποσοστό των εναλλακτικών βασικών κατιόντων,  $S=(Ca)+(Mg)+(K)+(Na)$ , επί % της ολικής εναλλακτικής ικανότητας (T)

$$T = CEC = [(Ca) + (Mg) + (K) + (Na) + (H)]$$

$$(V) \text{ Βαθμός κορεσμού με βάσεις} = \frac{\text{με εναλ/κών βάσεων } (S)}{CEC(T)}$$

Όταν ο βαθμός κορεσμού κυμαίνεται από 40% έως 60% το έδαφος εμφανίζει αντίδραση περίπου ουδέτερη.

Σε όξινες συνθήκες καθώς το έδαφος είναι εκπλυμένο από τις βάσεις και υπάρχει πλεόνασμα εναλλακτικών  $H^+$  και  $Al^{3+}$  στα κolloειδή, ο βαθμός κορεσμού με βάσεις μικραίνει ( $V < 40\%$ ), το έδαφος καθίσταται ολοένα και λιγότερο γόνιμο, με αποτέλεσμα να μην είναι εφικτή η ανάπτυξη καλλιεργιών. Αντίθετα όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός κορεσμού σε βάσεις ( $V > 60\%$ ), τόσο πιο εύκολα απελευθερώνονται τα προσροφημένα κατιόντα και απορροφώνται

από τα φυτά. Δηλαδή τόσο πιο γόνιμο και παραγωγικό είναι το έδαφος. Αυτό βέβαια συμβαίνει σε συνθήκες pH που παίρνουν τιμές από 6,5 και πάνω.

### 2.3.3. Ρυθμιστική ικανότητα

Μια άλλη σημαντική ιδιότητα του εδάφους που σχετίζεται άμεσα με το pH είναι η ρυθμιστική ικανότητα αυτού, η ικανότητα δηλαδή που έχει το έδαφος να αντιστέκεται στις μεταβολές του pH, όταν προστεθούν σε αυτό μικρές αλλά υπολογίσιμες ποσότητες οξέος ή βάσης. Η ιδιότητα αυτή λειτουργεί θετικά, σε έδαφος το οποίο όταν έχει ευνοϊκές τιμές pH για την ανάπτυξη των φυτών η συγκέντρωση των ιόντων  $H^+$  ή  $OH^-$  αυξηθεί από διάφορες αιτίες, όπως όξινη βροχή, όξινα – αλκαλικά λιπάσματα κ.α., το έδαφος αντιστέκεται σ' αυτή την αύξηση, προσπαθώντας να διατηρήσει την αντίδρασή του σταθερή.

Η ρυθμιστική ικανότητα δρα ανασταλτικά στην περίπτωση που το έδαφος είναι όξινο, και ενώ προσθέτουμε ασβεστούχα υλικά για να το βελτιώσουμε, αυτό αντιστέκεται, επαναφέροντας την οξύτητα στα αρχικά του επίπεδα.

Η αρχή λειτουργίας της ρυθμιστικής ικανότητας εξηγείται με την ισορροπία που υπάρχει μεταξύ της ενεργού, ανταλλαξιμού και υπολειμματικής οξύτητας η οποία περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω στη δημιουργία όξινων εδαφών.

## 2.4. Επίδραση του pH στις βιολογικές ιδιότητες του εδάφους

Η αντίδραση του εδάφους παίζει πολύ σημαντικό ρόλο, στις βιολογικές ιδιότητες, τη μικροχλωρίδα (μικροοργανισμοί, μύκητες, βακτήρια, γεωσκώληκες) και την πανίδα (ζώα) αυτού.

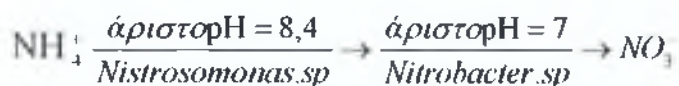
Η εδαφική μικροχλωρίδα είναι παράγοντας με πολύ μεγάλη σημασία γιατί συμμετέχει ενεργά στη διάσπαση των οργανικών ουσιών και την απελευθέρωση θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά.

### 2.4.1. Οι μικροοργανισμοί του εδάφους

Οι σπουδαιότερες φάσεις των δραστηριοτήτων των μικροοργανισμών είναι η χουμοποίηση, η αμμωνιοποίηση, η νιτροποίηση και η δέσμευση του ατμοσφαιρικού αζώτου.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, πολύ όξινα εδάφη προκαλούν περίσσεια διαλυτού αργιλίου, μαγγανίου και άλλων μεταλλικών ιόντων, τα οποία μεταβάλλουν τον πληθυσμό και τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών (που είναι υπεύθυνοι για τις μεταβολές του N, S και P στο έδαφος).

Συγκεκριμένα, όσον αφορά το N, η νιτροποίηση του  $\text{NH}_4^+$  επιτυγχάνεται απ' τους αυτότροφους μικροοργανισμούς σε ουδέτερο ή αλκαλικό pH.



Και οι δύο μικροοργανισμοί είναι αρκετά ευαίσθητοι σε μεγάλη οξύτητα, αφού η δραστηριότητά τους μειώνεται σημαντικά σε  $\text{pH} < 5,5$  και σταματά σε  $\text{pH} < 4,5$ .

Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη αναλογία  $\text{NH}_4^+$  παρά  $\text{NO}_3^-$  στα προϊόντα διάσπασης της οργανικής ουσίας. Εκτός αυτού, όταν το pH μειώνεται, τα αζωτοβακτήρια δεν αναπτύσσονται, δεν δεσμεύουν το άζωτο της ατμόσφαιρας, αλλά ούτε αφομοιώνουν αυτό των ψυχανθών. Δραστηριοποιούνται δυναμικά μόνον σε καλά αεριζόμενο έδαφος και σε pH πάνω από 6.

Η πορεία ανοργανοποίησης του θείου και φωσφόρου δεν έχει κατανοηθεί καλά όπως του αζώτου, αλλά ο ρυθμός συνήθως αυξάνεται, καθώς η οξύτητα του εδάφους ελαττώνεται.

#### **2.4.2. Μύκητες- Βακτήρια**

Όσον αφορά, τα άλλα συστατικά της μικροχλωρίδας, μύκητες, ακτινομύκητες, βακτήρια, δεν παύουν να επηρεάζονται απ' τις χαμηλές τιμές του pH.

Κατ' αρχήν κρίνεται σκόπιμο να αναφέρουμε ότι οι μύκητες και οι ακτινομύκητες συνεισφέρουν στο σχηματισμό και στη σταθεροποίηση των συσσωματωμάτων, είτε με μηχανικό τρόπο, με το μυκήλιό τους, είτε με τη συγκολλητική δράση οργανικών ενώσεων (πολυσακχαρίτες, χουμικές ενώσεις) τις οποίες απεκκρίνουν ή συνθέτουν ή παράγονται κατά την αποσύνθεση του μυκηλίου τους.

Επίσης, η ευνοϊκή δράση των βακτηρίων οφείλεται στα προϊόντα αποσύνθεσής τους (πολυσακχαρίτες, χουμικές ενώσεις, και άλλα οργανικά



πολυμερή), τα οποία ως γνωστόν ευνοούν το σχηματισμό και τη σταθεροποίηση των συσσωματωμάτων.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, μπορούμε να πούμε ότι από μια άποψη, η ύπαρξη μυκήτων – βακτηρίων, στο έδαφος, η οποία ευνοείται από χαμηλές τιμές pH (οι μύκητες αναπτύσσονται σε pH= 4,0-6,0 οι ακτινομύκητες σε pH=5,0-9,0 και τα βακτήρια σε pH=5,5-9,0), παρουσιάζει θετική επίδραση επί των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους.

Απ' την άλλη πλευρά όμως, η διακύμανση της εδαφικής αντίδρασης μπορεί να επηρεάσει την ευαισθησία ή αντίσταση μιας καλλιέργειας, σε μια ορισμένη μυκητολογική ασθένεια.

Έτσι ο μύκητας «*Plasmodiophora brassicae*» που προσβάλλει τα καλλιεργούμενα λαχανικά αντέχει στην εδαφική οξύτητα καλύτερα, παρά ο ξενιστής του και γι' αυτό είναι πιθανότερο να είναι επιβλαβής σε όξινα εδάφη.

### 2.4.3. Γεωσκώληκες

Τέλος οι γεωσκώληκες, αποτελούν σπουδαίο παράγοντα συσσωμάτωσης των εδαφικών τεμαχιδίων. Η επίδρασή τους στη δημιουργία των εδαφικών συσσωματωμάτων γίνεται με δύο τρόπους:

(α) Όταν προκαλείται μηχανική συμπίεση του εδάφους, έτσι ώστε τα εδαφικά τεμαχίδια κατά τη μη μετακίνηση των γεωσκωλήκων να έρχονται σε στενότερη επαφή μεταξύ τους και να δημιουργούνται οι συχνά απαντώμενες στο έδαφος στοές, και

(β) Με τη δίοδο ανοργάνων και οργανικών εδαφικών υλικών μέσα από τον πεπτικό τους σωλήνα, όπου ένα μέρος μόνο των οργανικών υλικών «χωνεύεται», ενώ τα υπόλοιπα αποβάλλονται.

Τα ανόργανα υλικά αναμειγνύονται με οργανικά υπολείμματα, εμπλουτίζονται με ασβέστη (Ca) και αυξάνεται το pH τους αλλά κατά τη διόδό τους επέρχεται μια μείωση του μεγέθους τους. Τα οργανικά υλικά κατά τη διόδό τους υφίστανται μερική ή ολική διάσπαση απ' τα γαστρικά υγρά των γεωσκωλήκων και από πλήθος μικροοργανισμών κυρίως βακτηρίων. Τελικά τα αποβαλλόμενα περιττώματα των γεωσκωλήκων που αποτελούνται από αναμειγμένα ανόργανα και οργανικά υλικά, μικροοργανισμούς και συνθετικές οργανικές ενώσεις μικροοργανικής προέλευσης, αποτελούν συγκεκριμένες οντότητες που έχουν διαφορετικές φυσικές ιδιότητες απ' το υπόλοιπο έδαφος, είναι δηλαδή συσσωματώματα.

Προκειμένου να πραγματοποιηθούν όλες αυτές οι διεργασίες, απαραίτητες είναι τέτοιες εδαφικές συνθήκες, που να ευνοούν την ύπαρξη μεγάλου αριθμού γεωσκωλήκων, όπως επαρκής εδαφική υγρασία, ουδέτερο ή αλκαλικό pH και ύπαρξη ικανοποιητικών ποσοτήτων οργανικών υπολειμμάτων που είναι κατάλληλα για τη διατροφή τους.

Εύλογο είναι ότι όξινο pH θα αναιρούσε όλες τις παραπάνω προϋποθέσεις, με αποτέλεσμα την αδυναμία σχηματισμού συσσωματωμάτων αφού οι γεωσκωλήκες θα εξαφανίζονται και δεν θα υπήρχε μηχανισμός για την



ανάμιξη των επιφανειακών αποσαθρωμένων φυτικών υπολειμμάτων με το έδαφος.

#### **2.4.4. Πανίδα**

Όσον αφορά την αντίδραση του εδάφους στην πανίδα αυτού, έχει παρατηρηθεί ότι σε λειμώνες, τα βοοειδή και πρόβατα τείνουν να βόσκουν συχνότερα σε λιγότερο όξινες περιοχές, παρά σε περισσότερο όξινες. Αμερικανοί επιστήμονες παρατήρησαν ότι τα ζώα έβοσκαν απρόθυμα σε λειμώνες που η οξύτητά τους ήταν κάτω από  $pH = 5$  και προτιμούσαν περιοχές όπου η οξύτητα ήταν πάνω από  $pH = 6,5$ .

#### **2.5. Η σημασία της αντίδρασης του εδάφους στην ανάπτυξη των φυτών**

Είναι γνωστό, ότι αν το φυτό έχει στη διάθεσή του όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία, τα οποία παραλαμβάνει από το έδαφος, σε συνδυασμό με την απορρόφηση της φωτεινής ενέργειας από τον ήλιο και το  $CO_2$  και το νερό της ατμόσφαιρας (με τα οποία συνθέτει τους υδατάνθρακες), είναι σε θέση να επιτελέσει όλες τις βασικές του βιοχημικές διαδικασίες που θα οδηγήσουν στην οικοδόμηση και αύξησή του.

Θρεπτικά στοιχεία τα οποία είναι απαραίτητα σε μεγάλες ποσότητες για τα φυτά, όπως N,S,P,K,Ca,Mg αλλά και αυτά που απαιτούνται σε μικρότερες ποσότητες (Cu,Zn,Mo,B) είναι δυνατόν να εκλείψουν ή να περισσέψουν από το

έδαφος, όταν αυτό καταλαμβάνεται από υψηλή ή χαμηλή συγκέντρωση ιόντων  $H^+$ , προκαλώντας προβλήματα τροφοπενίας και τοξικότητας επί των φυτών.

Συνεπώς η επίδραση της αντίδρασης του εδάφους επί των καλλιεργούμενων φυτών είναι κατά κανόνα έμμεση και σπανίως άμεση.

Καθώς το αντικείμενο μελέτης αφορά συγκεκριμένα την οξύτητα των εδαφών θα ασχοληθούμε εκτενέστερα με την επίδραση και τις συνέπειες της υψηλής συγκέντρωσης ιόντων  $H^+$ , η οποία καθώς ειπώθηκε, προκαλεί δευτερεύουσες επιβλαβείς επιδράσεις επί των φυτών. Η αυτή καθ' αυτή συγκέντρωση ιόντων  $H^+$  είναι άμεσα επιβλαβής, ζημιώνοντας τις ρίζες των φυτών σε ακραίες περιπτώσεις πολύ ισχυρής οξύτητας, συνθήκες που πολύ σπάνια συμβαίνουν στην Ελλάδα.

Τις έμμεσες επιβλαβείς επιδράσεις της υψηλής συγκέντρωσης του  $H^+$  θα μπορούσαμε να τις διακρίνουμε σε 2 περιπτώσεις.

**(α)** Η πρώτη περίπτωση, αφορά την περίσσεια των ιόντων  $Al^{+3}$ ,  $Mn^{+2}$  και  $Fe^{+2,+3}$ ,  $Cu$ ,  $Zn$  αφού η υψηλή συγκέντρωση ιόντων  $H^+$  προκαλεί τη μεγάλη διαλυτότητά τους με άμεσες επιδράσεις επί των άλλων θρεπτικών στοιχείων και επί των καλλιεργούμενων φυτών.

**(β)** Η δεύτερη περίπτωση αφορά τα βασικά κατιόντα τα οποία μπορεί να βρίσκονται σε επαρκείς ποσότητες προσροφημένα στα κolloειδή, αλλά, δεν μπορούν να αφομοιωθούν από τα φυτά, αφού τα υδρογονοκατιόντα, τα εκτοπίζουν και καθώς υπερτερούν της εναλλακτικής ικανότητας των βασικών

κατιόντων, σιγά- σιγά τα αντικαθιστούν με αποτέλεσμα την έλλειψη των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων στα φυτά.

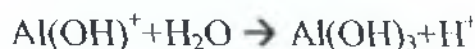
Συγκεκριμένα παρουσιάζεται έλλειψη των στοιχείων: P, N, K, S, Ca, Mg, Mo, B των οποίων τις συνέπειες θα εξετάσουμε ευθύς αμέσως (αφού πρώτα) εξετάσουμε την 1<sup>η</sup> περίπτωση.

### 2.5.1. Η επίδραση της υψηλής διαλυτότητας των ιόντων $Al^{+3}$ , $Mn^{+2}$ επί των καλλιεργούμενων φυτών

Ισχυρώς όξινα εδάφη μπορεί να περιέχουν τόσο πολύ διαλυτό αργίλλιο και μαγγάνιο, ώστε τα φυτά κινδυνεύουν να υποστούν ζημιές.

Το Αργίλλιο δεν είναι απαραίτητο στοιχείο για τη διατροφή του φυτού, αλλά βρίσκεται γενικά σε όλα τα εδάφη και καθώς η οξύτητα του εδάφους αυξάνει, γίνεται διαλυτό, με αποτέλεσμα να είναι άμεσα επιζήμιο στις φυτικές ρίζες, αφού απορροφάται και συσσωρεύεται σε αυτές προκαλώντας τοξικά φαινόμενα, αλλά και έμμεσα αφού κατακρημνίζει το φώσφορο δημιουργώντας τροφοπενία σ' αυτό το στοιχείο.

Οι αντιδράσεις που πραγματοποιούνται και αποδεικνύουν τα ως άνω είναι υδρόλυση του  $Al^{+3}$ .



Που έχουν ως συνέπεια την αναστολή της κυτταροδιαίρεσης και την βράχυνση και πάχυνση των ριζών.

Όσον αφορά τα  $\text{PO}_4^-$  αυτά δεσμεύονται από τα ιόντα  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Mn}^{+2}$  και  $\text{Fe}^{+2}$  με αποτέλεσμα να μην είναι εφικτή η αφομοίωσή τους από τα φυτά.



Για τα λοιπά στοιχεία  $\text{Mn}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Zn}$  η υψηλή διαλυτότητά τους, εκτός απ' τα φαινόμενα τοξικότητας (χλωρωτικές- νεκρωτικές κηλίδες) που προκαλούν στα φύλλα, πραγματοποιείται ταχεία έκπλυσή τους και απομάκρυνσή τους από το έδαφος.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι οι τοξικότητες αυτών των στοιχείων εμφανίζονται σε όξινα εδάφη και να επισημάνουμε ότι η τοξικότητα του καθενός στοιχείου συνδέεται με το είδος του φυτού. Έτσι για παράδειγμα η πατάτα είναι ευαίσθητη στην τοξικότητα μαγγανίου ενώ το κριθάρι στην τοξικότητα αργιλίου.

### **2.5.2. Η επίδραση της υψηλής συγκέντρωσης ιόντων $\text{H}^+$ επί των θρεπτικών στοιχείων και κατ' επέκταση επί των φυτών**

Όσον αφορά την πρώτη περίπτωση, προκειμένου να δούμε τη μεγάλη σπουδαιότητα που έχει η επίδραση της αντίδρασης του εδάφους στην ανάπτυξη

των φυτών, κρίνεται σκόπιμο να παρουσιάσουμε το ρόλο του καθενός απ' τα θρεπτικά στοιχεία και τις συνέπειες έλλειψης αυτών, που προκαλείται από την υψηλή συγκέντρωση των ιόντων  $H^+$  υπό όξινες συνθήκες.

Το στοιχείο που κατά κόρον λείπει από το εδαφικό σύμπλοκο ή που αδυνατεί να επιτελέσει την εναλλακτική ιδιότητα μεταξύ κολλοειδούς τεμαχιδίου και εδαφοδιαλύματος είναι το  $Ca^{++}$ .

### **2.5.3 Το Ασβέστιο**

Το Ca βρίσκεται και στα κυτταρικά τοιχώματα των φυτών καθιστώντας τα ικανά να έχουν στητά στελέχη και μαζί με το Mg και το K, εξουδετερώνει τα οργανικά οξέα που σχηματίζονται στα φυτά. Έλλειψη αυτού προκαλεί καχεξία ή ακόμα ανασχεση της ανάπτυξης των φυτών. Τα φύλλα στον κορυφαίο οφθαλμό κυρτώνουν, γίνονται ανοιχτά πράσινα και τελικά πεθαίνουν. Τα κοτσάνια και το κάτω μέρος των φύλλων χοντραίνουν και αποκτούν σκούρο-πράσινο χρώμα. Καχεξία προκαλείται και στο ριζικό σύστημα αφού οι ρίζες δεν λεπταίνουν στα άκρα, έχουν σκούρο χρώμα και ελάχιστα παρακλάδια.

### **2.5.4. Το Άζωτο**

Όσον αφορά το N, έχει ήδη ειπωθεί ότι η υψηλή οξύτητα του εδάφους, δεν βοηθά την ενεργοποίηση των βακτηρίων και των μικροοργανισμών να απορροφήσουν και να μετατρέψουν το N σε αφομοιώσιμη για τα φυτά μορφή.

Το άζωτο αποτελεί βασικό συστατικό πολλών οργανικών ενώσεων του φυτικού κυττάρου, όπως πρωτεΐνες, νουκλεϊνικών οξέων, χλωροφύλλης, αμινοξέων, αλκαλοειδών, μερικών ορμονών και συμμετέχει στην πρωτεϊνοσύνθεση και στη δομή της χλωροφύλλης.

Εύλογο είναι ότι έλλειψή του, προκαλεί σοβαρά προβλήματα, όπως χλωρώσεις, στα ηλικιωμένα κυρίως φύλλα, τα οποία κιτρινίζουν και πέφτουν καθώς επίσης και αναστολή της αύξησης των μερών του φυτού και κυρίως των πλευρικών κλάδων διότι αδρανοποιούνται οι πλευρικοί οφθαλμοί.

#### 2.5.5. Το Μολυβδαίνιο

Το Μο έχει άμεση σχέση με το Ν αφού παρουσία του, επιτυγχάνεται η αναγωγή του νιτρικού αζώτου ( $N-NO_2$ ) μέσα στο φυτό και ταυτόχρονα συμμετέχει ως συνένζυμο της νιτρικής ρεδοκτάσης στην αναγωγική αντίδραση.



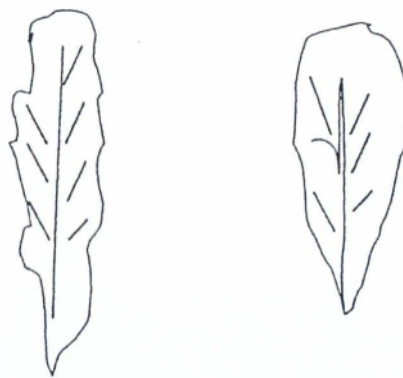
Επίσης το Μο σχετίζεται με τη δέσμευση του ατμοσφαιρικού αζώτου από τα συμβιούντα με τα ψυχανθή βακτήρια (*Nitrosomonas*, *Nitrobacter*).

Κατά συνέπεια παίζει σπουδαίο ρόλο στα ενζυμικά εκείνα συστήματα, που συμμετέχουν στη δέσμευση και στη μεταφορά του αζώτου.



Τα όξινα εδάφη δεν εφοδιάζουν τα φυτά με αρκετές ποσότητες Mo, γεγονός που (απ' τη μια πλευρά) προκαλεί συμπτώματα τοξικότητας  $N-NO_3$ , λόγω υπερβολικής συγκέντρωσης αυτού στους φυτικούς ιστούς και ταυτόχρονα τροφοπενία αζώτου λόγω μη αναγωγής του  $N-NO_3$  μέσα στα φυτά.

Εκτός αυτού, η αυτή καθ' αυτή έλλειψη Mo προκαλεί χλώρωση, στένεμα του πλατύσματος των νεαρών φύλλων και αναστολή της αύξησης.



### 2.5.6. Το Μαγνήσιο

Το Mg ως εναλλακτικό βασικό κατιόν, σε όξινες συνθήκες εκπλύνεται και αντικαθιστάται από τα ιόντα  $H^+$  και  $Al^{+3}$  δρα και αυτό δηλαδή ανταγωνιστικά μεταξύ των ιόντων  $H^+$  και  $Al^{+3}$ .

Το στοιχείο αυτό, αποτελεί απαραίτητο συστατικό της χλωροφύλλης – άλλων τμημάτων των κυττάρων και των σπερμιάτων. Συμμετέχει στην σύνθεση, υδατανθράκων – λιπών και πρωτεϊνών ενώ ταυτόχρονα δρα ως ενεργοποιητής ενζύμων. Είναι απαραίτητη η παρουσία του  $Mg^{+2}$  στη σύνθεση του ATP από ADP αφού αποτελεί το συνδετικό συστατικό μεταξύ ADP και του ενζύμου.

Κατά συνέπεια, η έλλειψη  $Mg^{+2}$  επηρεάζει άμεσα πολλές, βασικής σημασίας, διαδικασίες του μεταβολισμού με αποτέλεσμα να προκαλούνται δυσμενείς συνέπειες επί των φυτών, όπως μείωση της χλωροφύλλης και ξεθώριασμα των παλιών φύλλων από πράσινο προς κίτρινο.

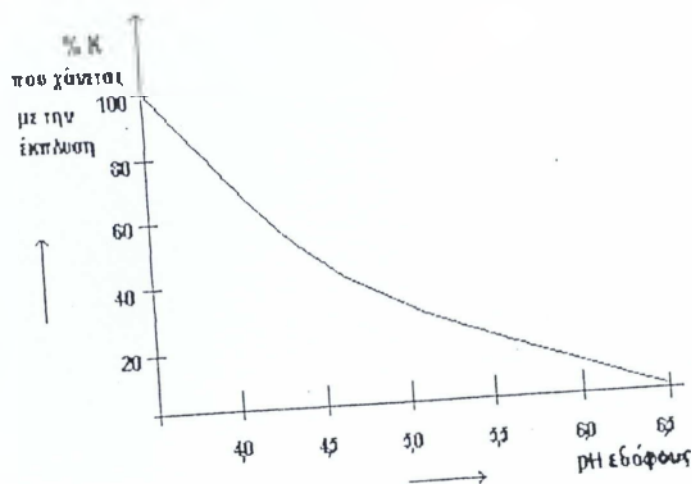
Υπό όξινες συνθήκες, καλλιέργειες στις οποίες είναι πιθανότερο να παρατηρηθούν ελλείψεις μαγνησίου είναι τα καπνά Barley, τα ζαχαρότευτλα και το κουνουπίδι.

### 2.5.7. Το Κάλιο

Η επίδραση της υψηλής οξύτητας του εδάφους στην παρουσία ιόντων  $K^+$  είναι ανάλογη με αυτές των  $Ca^{+2}$  και  $Mg^{+2}$ . Το  $K^+$  είναι απαραίτητο στοιχείο για όλους τους ζωντανούς οργανισμούς. Ως προς την φυσιολογία του φυτού αποτελεί ένα από τα πιο βασικά κατιόντα, αφού περιέχεται σε μεγάλα σχετικά ποσοστά στους φυτικούς ιστούς, συμμετέχοντας ενεργά σε όλες τις φυσιολογικές και βιοχημικές του λειτουργίες. Έλλειψη  $K^+$  προκαλεί μείωση της σπαργής, του κυτταρικού μεγέθους και των επιφανειών των φύλλων των φυτών. Στην προσθήκη ιόντων  $K^+$  θα πρέπει να δοθεί, ιδιαίτερη προσοχή αφού τυχόν περίσσεια αυτών, προκαλεί δυσμενή επίδραση στην απορρόφηση ιόντων  $Mg^{++}$ .

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται οι απώλειες εδαφικού  $K^+$  σε συνάρτηση με το pH του εδάφους.





### 2.5.8 Το βόριο

Παρ' όλο που τα φυτά χρειάζονται Β για την κανονική τους ανάπτυξη, οι ποσότητες αυτές πρέπει να είναι πολύ μικρές, επειδή η άριστη συγκέντρωση για την αύξηση πλησιάζει πάρα πολύ τα τοξικά επίπεδα για αρκετά φυτά.

Σε όξινες συνθήκες η διαλυτή μορφή των ελάχιστων αλλά απαραίτητων ποσοτήτων βορίου που υπάρχει στο έδαφος υφίσταται έκπλυση με αποτέλεσμα, την τροφопενία αυτού του στοιχείου και κατ' επέκταση τις δυσμενείς επιδράσεις επί των φυτών όπως, αναστολή της επιμήκυνσης της ρίζας, του βλαστού αλλά και της ανθοφορίας.

### 2.5.9. Ο Φώσφορος

Τέλος ο φώσφορος είναι στοιχείο που βρίσκεται σε πολλές οργανικές φυτικές ενώσεις όπως στους υδατάνθρακες, στα νουκλεϊνικά οξέα, στα φωσφολιπίδια.

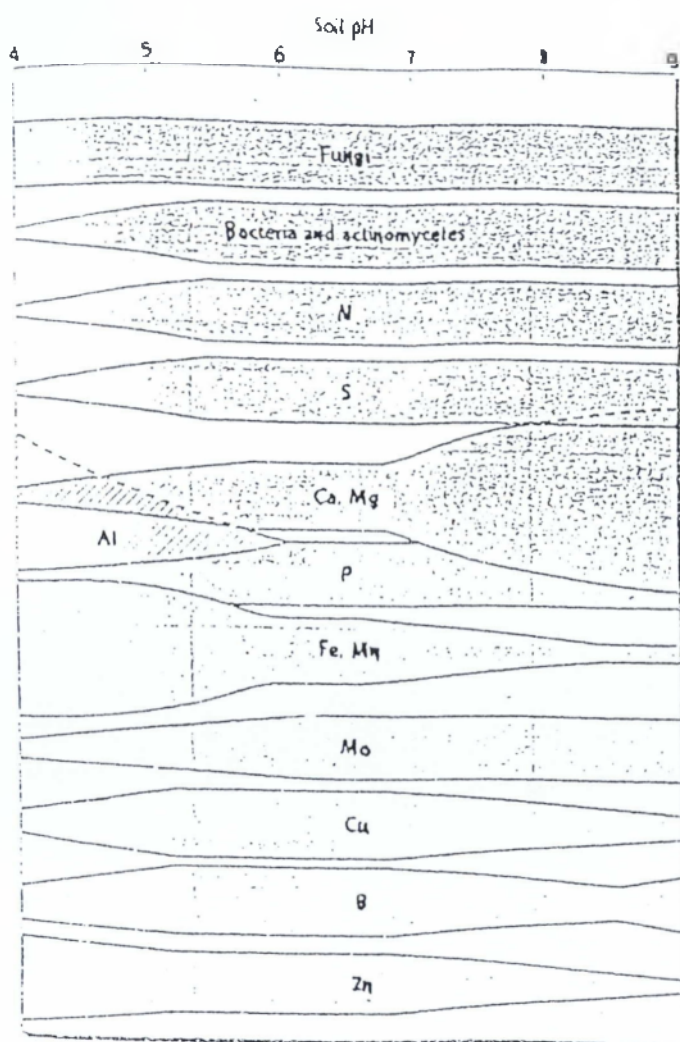
Καθιστά τα σάκχαρα πιο ενεργά ενώ οι φωσφορικοί δεσμοί που υφίστανται στα νουκλεοτίδια, διαδραματίζουν βασικό ρόλο, αφού μετέχουν στην μεταφορά ενέργειας με τη φωσφορυλίωση. Ο φώσφορος παίζει δηλαδή σπουδαίο ρόλο στον ενεργειακό μεταβολισμό και κατά συνέπεια έλλειψη φωσφόρου, η οποία πραγματοποιείται σε όξινες συνθήκες, επηρεάζει όλα τα στάδια του φυτικού μεταβολισμού και της ανάπτυξης.

Κρίνεται σκόπιμο να υπενθυμίσουμε, ότι στα όξινα εδάφη ο Fe, το Al και το Mn διαλύονται εύκολα και αντιδρούν με τα φωσφορικά ανιόντα ( $\text{PO}_4^-$ ) σχηματίζοντας βασικές ή ενυδατωμένες φωσφορικές ενώσεις όπως: Ο Στρεγκίτης (strengite)  $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{H}_2\text{PO}_4\cdot 3\text{H}_2\text{O}$  και Βερισίτης (Veriscite)  $\text{Al}(\text{OH})_2\text{H}_2\text{PO}_4\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Τελικά κατακρημνίζονται ως αδιάλυτα βασικά άλατα του σιδήρου ή αργιλίου με το φώσφορο και κρυσταλλώνονται, με αποτέλεσμα την έλλειψη  $\text{PO}_4^-$  ανιόντα από τα φυτά.

## 2.6.Συμπέρασμα

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, μπορούμε εύκολα να διαπιστώσουμε πόσο σημαντική είναι η επίδραση της υψηλής συγκέντρωσης ιόντων  $\text{H}^+$  του εδάφους, στην αφομοιωσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων και κατ' επέκταση στην ανάπτυξη των φυτών και συνεπώς πόσο μεγάλη η ανάγκη για βελτίωση αυτών των συνθηκών.

Σχηματικά μπορούμε να δούμε τις σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ του pH, της δραστηριότητας των μικροοργανισμών, και της διαθεσιμότητας των θρεπτικών στοιχείων.



Παρατηρούμε ότι οι καλύτερες τιμές pH που προάγουν τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων είναι  $pH = 5,5-7,0$ .

## 2.7. Ανθεκτικότητα των φυτών σε όξινες συνθήκες

Δεν θα μπορούσαμε να παραβλέψουμε το γεγονός ότι υπάρχουν φυτά που όχι μόνο παρουσιάζουν ανθεκτικότητα, αλλά επιθυμούν όξινες συνθήκες για την ανάπτυξή τους. Οι περιπτώσεις αυτές, αφορούν κυρίως τις υδροπονικές καλλιέργειες, όπου τα φυτά αναπτύσσονται κανονικά σε θρεπτικά διαλύματα με  $pH=4$  αλλά και φυτά τα οποία εξελίχθηκαν σε όξινο έδαφος, που παρουσίαζε έλλειψη ασβεστίου, αναπτύσσοντας την ικανότητα να μην το έχουν ανάγκη. Ανέπτυξαν δηλαδή μια προσαρμοστικότητα στις υπάρχουσες συνθήκες. Επίσης υπάρχουν φυτικά κυρίως καλλωπιστικά, στα οποία προστίθενται όξινα υλικά, όξινη τύρφη, πριονίδια, και όξινα αντιδραστήρια όπως  $S, H_2SO_4, Al_2(SO_4)_3$  και  $(NH_4)_2SO_4$  αφού επιθυμούν υψηλή οξύτητα για την ανάπτυξή τους.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται μια ενδεικτική κατάταξη των φυτών σε σχέση με την ανθεκτικότητά τους στην εδαφική οξύτητα.

### α) Φυτά μη ανθεκτικά στην οξύτητα:

1. Μηδική
2. Ερυθρό Τριφύλλι
3. Ζαραχότευτλα
4. Κουκιά
5. Κοκκινογούλια
6. Σπαράγγι
7. Λάχανα, Κουνουπίδι
8. Σπανάκι

### β) Φυτά μέτρια ανθεκτικά

1. Βίκος
2. Βαμβάκι
3. Κριθάρι
4. Σόγια
5. Σιτάρι
6. Πεπόνι

### γ) Φυτά ανθεκτικά

1. Λούπινα
2. Βρώμη
3. Καλαμπόκι
4. Σίκαλη
5. Πολύγωνο
6. Σόργο
7. Καπνός
8. Ροδακινιά

### δ) Φυτά πολύ ανθεκτικά

1. Καλλωπιστικά  
(ροδόδενδρο, αζαλέα κλ.π.)
2. Βατόμουρα
3. Φράουλα
4. Καρπούζι

Ενδεικτικά επισυνάπτεται πίνακας με τα κατώτατα όρια και τις βέλτιστες περιοχές τιμών pH για διάφορα είδη φυτών.

Είδος φυτού	Κατώτερο όριο pH	Βέλτιστη περιοχή pH	Είδος φυτού	Κατώτερο όριο pH	
Αγγουράκι	5,6	5,2-7,2	Μελιτζάνες	5,2	5,5-7,0
Άμπελος	5,5	6,2-8,0	Μηδική	6,2	6,2-7,8
Αμυγδαλή	5,5	6,1-8,1	Μηλέα	5,2	6,0-7,5
Αντίδια	5,6	5,8-7,4	Μπιζέλια	5,6	6,0-7,5
Αραβόσιτος	5,2	5,4-6,8	Όρυζα	5,0	6,5-8,2
Αχλαδιά	5,4	5,6-7,5	Πεπόνια	5,6	5,8-7,8
Βάμβαξ	4,5	6,5-8,2	Πορτοκαλιά	5,5	6,0-7,0
Γεώμηλα	4,8	5,0-6,5	Πιπεριές	5,2	5,5-8,0
Γογγύλια	5,2	5,4-6,8	Ρεπάνια	6,0	6,2-7,4
Κερασιά	5,5	6,0-8,0	Ροδακινιά	5,0	6,0-7,5
Καπνός	4,8	5,8-6,2	Σακχαρότευτλα	3,5	6,2-7,2
Καρότα	5,6	5,8-7,0	Σέλινο	6,0	6,2-7,4
Καρπούζια	4,5	4,6-6,0	Σίτος	5,2	5,2-7,0
Κολοκύθια	5,4	5,7-7,0	Σπανάκι	6,2	6,5-7,6
Κριθή	5,0	5,2-6,8	Σπαράγγι	6,2	6,5-8,0
Κρεμμύδια	6,0	6,2-7,4	Τεύτλα κτηνοτρ.	4,0	7,0-8,0
Κουνουπίδι	5,8	6,0-7,2	Τριφύλλια	6,0	6,2-7,6
Λάχανο	5,6	5,8-7,2	Τομάτες	5,2	5,5-7,5
Λεμονιά	5,5	6,0-7,0	Φασόλια	5,6	6,5-7,5
Λεύκη	2,8	6,0-8,2	Φράουλα	4,8	7,0-8,0
Μαρούλια	6,2	6,4-7,6	Μπρόκολο		6,0-7,0
Δαμασκινιές		6,0-7,5	Αγκινάρα		6,5-8,0
Βατόμουρα		5,5-7,0			
			Σταφύλια		5,5-8,0
Κάρδαμο		6,0-8,0			
			Ραπανάκι		6,0-7,0
Κορινθιακή σταφίδα		6,0-7,5			
			Πράσσο		7,0-8,0
Σκόρδο		5,5-8,0	Γλυκό καλαμπόκι		5,5-7,5
			Μανιτάρια		5,5-8,0
Μαϊντανός		6,0-7,0	Αρακάς		6,0-7,5



### 3.ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΟΞΙΝΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Προτού περιγράψουμε τις αιτίες που προκαλούν την οξύτητα του εδάφους, κρίνεται σκόπιμο να αναφέρουμε πως αυτή εκφράζεται.

Είναι γνωστό ότι όταν ένα οξύ (HA) βρίσκεται σε υδατικό διάλυμα, διίσταται (ιονίζεται) σε κατιόντα  $H^+$  και ανιόντα  $A^-$   $HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$ .

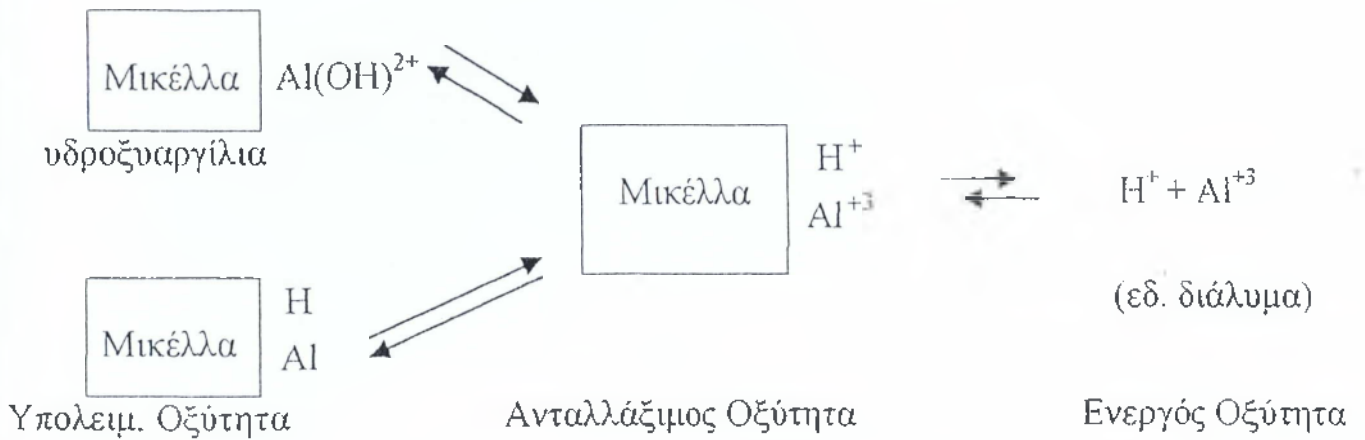
Η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου στην ανωτέρω εξίσωση, εκφράζει την ενεργό οξύτητα του συστήματος, της οποίας μέτρο αποτελεί ο αρνητικός λογάριθμος της συγκέντρωσης ιόντων  $H^+$ ,  $pH = -\log [H^+]$ .

Η ενεργός οξύτητα δεν παρέχει μέτρο της ολικής οξύτητας του συστήματος αφού αυτή συμπεριλαμβάνει τη δυναμική ή ανταλλάξιμο οξύτητα και την υπολειμματική.

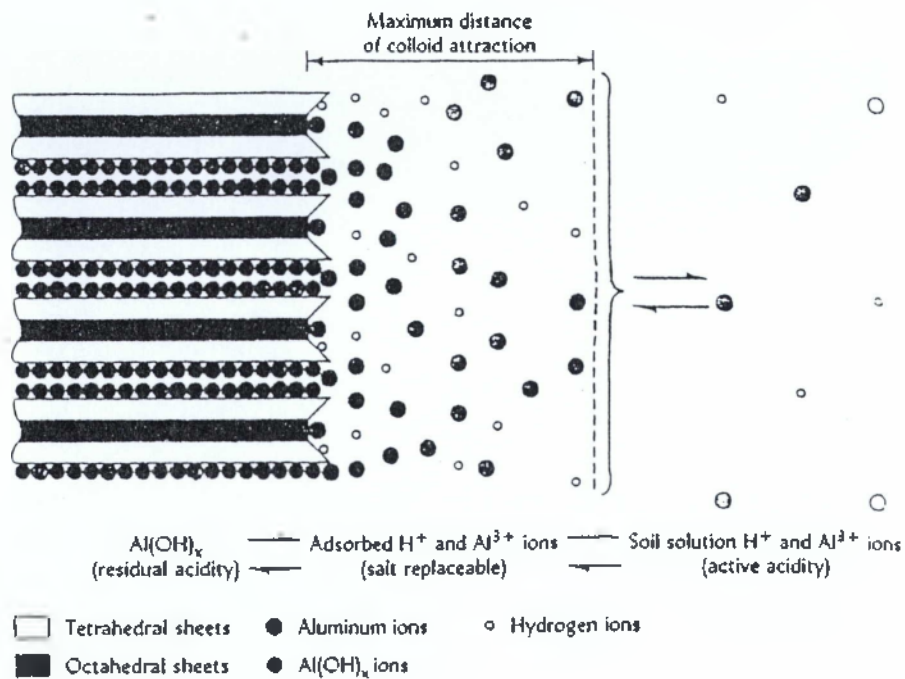
Δυναμική ή ανταλλάξιμος οξύτητα είναι η οξύτητα που οφείλεται σε ιόντα  $H^+$  και  $Al^{+3}$  που βρίσκονται προσροφημένα σε ανταλλάξιμες θέσεις στα εδαφικά κolloειδή (αργιλλικά ορυκτά, οργανική ουσία) και μετράει σε cmol/kg. Η ανταλλάξιμος οξύτητα γίνεται ενεργός όταν τα  $H^+$  και  $Al^{+3}$  ανταλλάσσονται και μεταφέρονται στο εδαφικό διάλυμα.

Υπολειμματική είναι η οξύτητα που παραμένει στο έδαφος όταν η ενεργός και ανταλλάξιμος εξουδετερωθούν. Συνδέεται κυρίως με ιόντα υδροξυ-αργιλίου καθώς επίσης και με ιόντα υδρογόνου και αργιλίου που βρίσκονται σε μη ανταλλάξιμες θέσεις οργανική ουσία και στα αργιλλικά ορυκτά.

Η σχέση μεταξύ τους μπορεί να απεικονιστεί ως εξής



Ή ακόμα πιο παραστατικά ως εξής:



Σχέση μεταξύ υπολειμματικής ανταλλάξιμης και ενεργού οξύτητας σε ένα 2:1 κολλοειδές.

Παρατηρούμε ότι τα προσροφημένα και υπολειμματικά ιόντα είναι πολύ περισσότερα απ' αυτά του εδαφικού διαλύματος. Τα  $Al(OH)_x$  συγκρατούνται ισχυρά στα μεσοδιαστήματα των φυλλιδίων των ορυκτών της αργίλλου και δεν είναι ανταλλάξιμα. Προσθήκη βάσης στο εδαφοδιάλυμα έχει σαν αποτέλεσμα την εξουδετέρωση των  $H^+$  και τον σχηματισμό αδιάλυτου γυψίτη ( $Al(OH)_3$ ), που κατακρημνίζεται, γεγονός όχι σπουδαίας αποτελεσματικότητας αφού πολύ γρήγορα, η ισορροπία του συστήματος και ως εκ τούτου το pH, τείνει να διατηρηθεί με την μετακίνηση  $Al^{+3}$  από το κολλοειδές στο εδαφικό διάλυμα.

Μπορεί δηλαδή να εξουδετερώνεται η ενεργός οξύτητα αλλά μόνο προσωρινά, αφού η υπολειμματική και ανταλλάξιμος είναι τόσο μεγαλύτερη που μετά από μικρό χρονικό διάστημα την αντικαθιστούν.

Εδώ ακριβώς φαίνεται και η υψηλή ρυθμιστική ικανότητα που παρουσιάζει το έδαφος.

Υπολογίζεται ότι σ' ένα αμιμόδες έδαφος η υπολειμματική οξύτητα είναι κατά 1.000 φορές μεγαλύτερη της ενεργού, ενώ σε ένα αργιλλώδες έδαφος πλούσιο σε οργανική ουσία είναι κατά 50-100.000 φορές μεγαλύτερη.

Τα αίτια απ' τα οποία δημιουργείται η οξύτητα των εδαφών, οφείλονται είτε σε φυσικές αλλαγές, είτε σε ανθρώπινες επεμβάσεις.



### **3.1. Αίτια οξύτητας που οφείλονται σε φυσικές αλλαγές**

#### **3.1.1. Μητρικό υλικό**

Το μητρικό υλικό από το οποίο σχηματίζεται το έδαφος, μπορεί να αποτελείται από όξινα μητρικά πετρώματα, όπως γρανίτες, γνεύσιοι, μαρμαριγιακοί σχιστόλιθοι, φυλίτες κ.α. Περιοχές στις οποίες συναντώνται τέτοια πετρώματα είναι η Ήπειρος, η Δυτική Πελοπόννησος, η Ευρυτανία, η Μακεδονία και η Θράκη.

#### **3.1.2. Κλιματικοί παράγοντες**

Ένας απ' τους πιο σημαντικούς κλιματικούς παράγοντες που επηρεάζει την οξύτητα των εδαφών, αποτελεί το ύψος και η ένταση της βροχόπτωσης.

Με το νερό της βροχής που διαπερνά κάθε φορά το έδαφος, τα άλατα και οι βάσεις μετακινούνται σταδιακά στα βαθύτερα στρώματα, με αποτέλεσμα το έδαφος να καθίσταται όξινο. Η πορεία αυτή επιταχύνεται στα καλλιεργούμενα εδάφη, αφού ένα μέρος των βάσεων απομακρύνεται από το έδαφος με τη συγκομιδή.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται το βάθος έκπλυσης των ανθρακικών βάσεων σε συνάρτηση με τις βροχοπτώσεις.

Βροχόπτωση σε cm	Βάθος έκπλυσης ανθρακικών βάσεων σε cm
50,0	30-60
62,5	90-110
75,0	180-190

Παρατηρούμε ότι όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος της βροχόπτωσης σε τόσο μεγαλύτερο βάθος εκπλύνονται οι βάσεις.

Σε έκπλυση υπόκεινται όχι μόνο οι ανθρακικές βάσεις αλλά και αυτές που είναι προσροφημένες στο εδαφικό σύμπλοκο:



Εκτός απ' τη βροχόπτωση, σημαντικό ρόλο παίζει και η θερμοκρασία. γενικά στα υγρά και ψυχρά κλίματα διαμορφώνονται εδάφη περισσότερο όξινα απ' ότι στα θερμά και ξηρά, γεγονός που αποδεικνύεται από πειράματα που έκαναν Αμερικανοί ερευνητές στη Nebraska των ΗΠΑ, οι παρατηρήσεις των οποίων φαίνονται στους παρακάτω πίνακες:

Κλιματικές Περιοχές	Αριθμός εξετασθέντων δειγμάτων	CaO %	MgO %	K <sub>2</sub> O %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %
Ξηρές (ερημικές)	318	2,65	1,20	0,71	0,21
Μεταβατικές	215	1,09	0,51	0,43	0,18
Υγρές (δασικές)	743	0,41	0,37	0,37	0,16

**Πίνακας 1:** Φαίνεται η περιεκτικότητα σε βάσεις και P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> σε ξηρές, μεταβατικές και υγρές περιοχές.

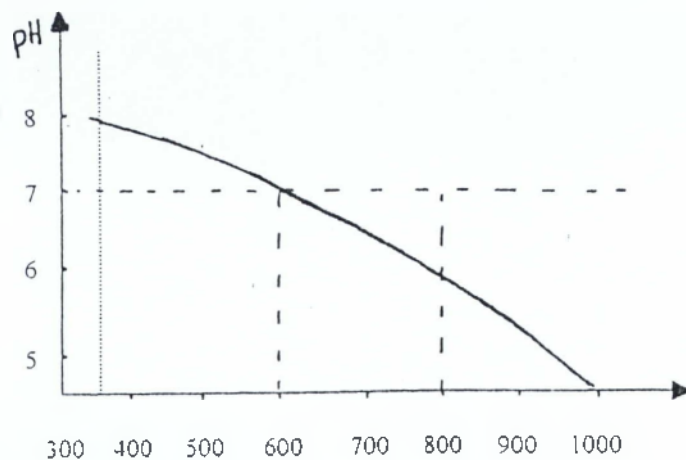
Βροχοπτώσεις σε ίντσες	Ολικές ανταλλάξιμες βάσεις (meq)	Ανταλλάξιμο H <sup>+</sup> meq
25-50	24,0	5,5
50-75	15,9	10,3
75-100	8,2	14,7
100-125	5,4	16,9
125-150	4,9	16,0

**Πίνακας 2:** Φαίνεται το ύψος της βροχόπτωσης σε σχέση με την περιεκτικότητα, σε ανταλλάξιμες βάσεις και ανταλλάξιμο H των εδαφών

Από τα δεδομένα του πίνακα επιβεβαιώνεται ότι αυξανόμενης της υγρασίας (περισσότερες βροχοπτώσεις) μειώνεται η περιεκτικότητα των εδαφών σε ανταλλάξιμες βάσεις, ενώ αντιθέτως αυξάνει αντιστοίχως η περιεκτικότητα αυτών σε ανταλλάξιμο  $H^+$ .

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται ότι στην Ελλάδα όπου επικρατεί εύκρατη κλιματική ζώνη, όξινα εδάφη διαμορφώνονται, όταν η ετήσια ποσότητα της βροχής είναι μεγαλύτερη των 600 χιλιοστών και αλκαλικά όταν η ποσότητα αυτής είναι μικρότερη των 600χιλ.

Τέτοιες συνθήκες επικρατούν στις ορεινές περιοχές και στη Δ. Ελλάδα.



Βροχή σε χιλ.

Οι εποχιακές μεταβολές μπορούν να επηρεάσουν το pH του εδάφους μόνο κατά 0,5 ή 1 μονάδα.

Γενικά, υπό φυσικές συνθήκες και σε υγρές περιοχές, η οξύτητα του εδάφους είναι δυνατό να φτάσει σε  $\text{pH}=3$  και σε πολύ σπάνιες περιπτώσεις να γίνει πιο όξινο.

Συνήθως τα περισσότερα όξινα εδάφη φθάνουν σε σημείο ισορροπίας με  $\text{pH}=4-5$ .

### **3.1.3. Μορφολογία- Ανάγλυφο εδάφους**

Η ανάγλυφος μορφή της επιφανείας του εδάφους σχετίζεται στενός με την αποστράγγιση, την υποστράγγιση, την διάβρωση και τον βαθμό ανυψώσεως της στάθμης των υπογείων υδάτων, παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν το φαινόμενο της εκπλύσεως των βάσεων του εδάφους και συνεπώς τη μεταβολή της αντίδρασης αυτού.

Έτσι σε περιοχές ικανοποιητικώς στραγγιζόμενες, της ίδιας προελεύσεως εδάφους και υπό την επίδραση του ίδιου κλίματος, εμφανίζεται μεγαλύτερη πυκνότητα ιόντων  $\text{H}^+$ , από εκείνες οι οποίες υποστραγγίζουν ασθενώς.

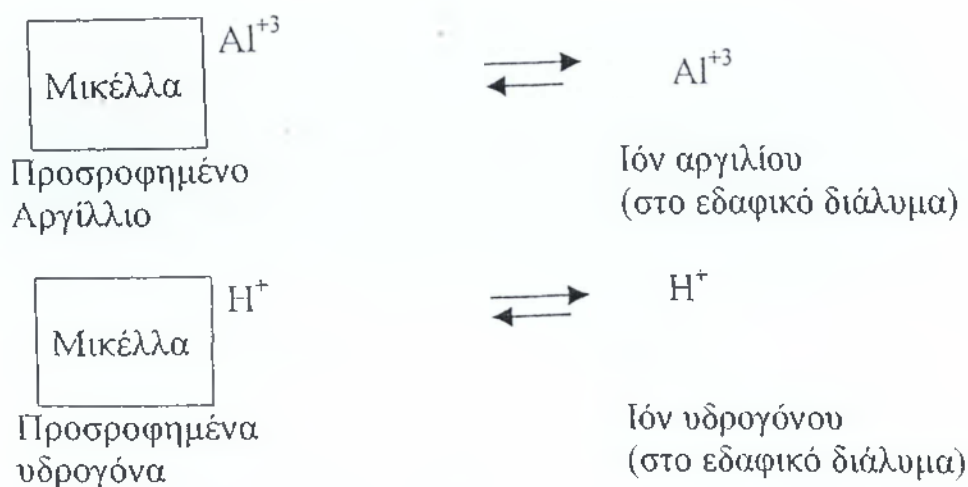
Εκτός αυτού, εδάφη που σχηματίζονται σε κατωφερείς περιοχές, όπου η έκπλυση και η διάβρωση είναι έντονη και εφόσον διαμορφώνονται από φτωχά σε βάσεις μητρικά υλικά, εμφανίζουν κατά κανόνα μεγαλύτερη πυκνότητα ιόντων  $\text{H}^+$ , από τα εδάφη που σχηματίζονται σε επίπεδες ή συγκλίνεις περιοχές,

αφού αυτά εμπλουτίζονται από τις βάσεις οι οποίες εκπλύνονται από τις κατωφερείς και υψηλότερες περιοχές.

Το φαινόμενο αυτό είναι αρκετά συνηθισμένο στη χώρα μας.

### 3.1.4. Αργιλοπυριτικά Ορυκτά.

Τα Αργιλοπυριτικά Ορυκτά συνεισφέρουν στην οξίνιση του εδάφους, λόγω του αρνητικού τους φορτίου και ως εκ τούτου της ικανότητάς τους να συγκρατούν διάφορα κατιόντα.



### 3.1.5. Αναπνοή- Εκκρίματα των ριζών των φυτών

Κατά τις διεργασίες του μεταβολισμού και συγκεκριμένα με την αναπνοή των ριζών των φυτών, παράγεται CO<sub>2</sub> το οποίο αντιδρά με το νερό προς σχηματισμό H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>



Τα παραγόμενα H<sup>+</sup> μετακινούνται με το νερό και αντικαθιστούν βασικά κατιόντα τα οποία απομακρύνονται με έκπλυση από τη ζώνη των ριζών. Όσο περισσότερο CO<sub>2</sub> έχουμε στον εδαφικό αέρα τόσο περισσότερο διαλυτοποιείται στην εδαφική υγρασία και τόσο περισσότερο όξινο γίνεται το διάλυμα.

Επίσης κατά τις διεργασίες απορρόφησης θρεπτικών στοιχείων όταν οι ρίζες των φυτών απορροφούν βάσεις, δίνουν ως αντάλλαγμα, υδρογόνα και οργανικά οξέα με αποτέλεσμα την αύξηση της οξύτητας του εδάφους.

Έχει παρατηρηθεί ότι στην περιοχή της ριζόσφαιρας οι τιμές του pH είναι κατά 1.2 φορές μικρότερες απ' ότι στην υπόλοιπη μάζα του εδάφους.

### 3.1.6. Οργανική Ουσία

Κατά την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας, την οποία βοηθούν οι μικροοργανισμοί του εδάφους, παράγονται οργανικά και ανόργανα οξέα:



Οργανική Ουσία  
(γενικά)

Ισχυρό Οργανικό  
Οξύ

Ισχυρά Ανόργανα  
Οξέα

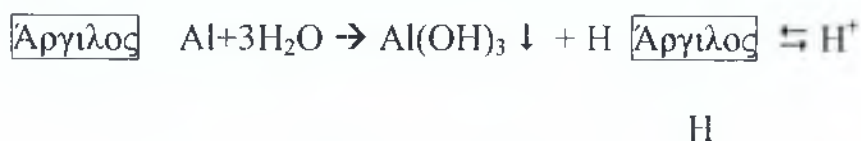


Τα παραγόμενα οξέα βοηθούν στην αύξηση της συγκέντρωσης των ιόντων  $H^+$  αλλά και στη διατυλτοποίηση των ιόντων  $Al^{+3}$  από τις επιφάνειες των ορυκτών.

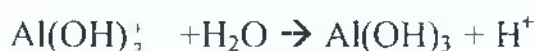
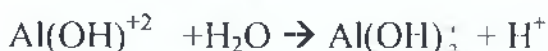
Επίσης με την αποικοδόμηση της οργανικής ουσίας παράγεται  $CO_2$  το οποίο δρα με παρόμοιο τρόπο όπως αναφέραμε παραπάνω στην αναπνοή των ριζών.

### 3.1.7. Διαλυτότητα ιόντων $Al^{+3}$ και $Fe^{+3}$

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, στα όξινα εδάφη, τα υδρογονοκατιόντα βοηθούν την απελευθέρωση, των προσροφημένων στα αργιλικά ορυκτά, ιόντα  $Al^{+3}$ , τα αντικαθιστούν και αυτά μεταφέρονται στο εδαφικό διάλυμα όπου υδρολύονται.



Η σειρά αντιδράσεων που λαμβάνει χώρα κατά το μηχανισμό αυτό είναι:



Τα προϊόντα της υδρόλυσης μπορεί να ξαναπροσληφθούν από τα αργιλικά ορυκτά και να ξαναυδρολυθούν αργότερα.

Η παραγωγή ιόντων  $H^+$  έχει σαν αποτέλεσμα την περαιτέρω οξίνιση του εδάφους. Γενικά, σαν πιο βασική πηγή οξύτητας θεωρείται η ενεργότητα των ιόντων  $Al^{+3}$  απ' ότι των ιόντων  $H^+$ .

Όσον αφορά την υδρόλυση του Fe, είναι όμοια με αυτή του Al.



έχει όμως μικρή επίδραση στην μεταβολή του pH διότι ρυθμίζεται από τις αντιδράσεις του  $Al^{+3}$ .

Τέλος μπορούμε να πούμε ότι πολύ μικρή επίδραση στην οξύτητα των εδαφών μπορεί να επιφέρουν τα  $H^+$  του νερού (H<sub>2</sub>O), τα οποία επίσης προσροφώνται στα κολλοειδή της Αργίλλου.

#### 4.ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΟΞΙΝΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Κάτω από συνθήκες συνεχούς αποσάθρωσης και ανάλογα με το κλίμα και τη χρήση του εδάφους η ANC μειώνεται συνεχώς με αποτέλεσμα το pH να πέφτει σε χαμηλές τιμές (μικρότερες από 7,0 και μέχρι 4,0) σε ορισμένες περιπτώσεις. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται την μη καλή ανάπτυξη των περισσότερων από τα καλλιεργούμενα φυτά και τελικά τη μείωση της παραγωγής σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Τα εδάφη με  $pH < 7,0$  θεωρούνται όξινα και όσο πιο χαμηλό είναι το pH τόσο τα προβλήματα που προκύπτουν από τη χρήση τους για ορισμένες καλλιέργειες είναι μεγαλύτερα. Η οξίνιση των

εδαφών οφείλεται στις αντιδράσεις μεταφοράς πρωτονίων από τη στερεά, την υγρά ή την αέρια φάση του εδάφους. Οι κυριότερες πηγές πρωτονίων είναι οι αντιδράσεις πρόσληψης κατιόντων από τα φυτά, η προσρόφιση κατιόντων από τη στερεά φάση καθώς και η διάσταση του  $\text{CO}_2$  και των οργανικών οξέων του εδάφους.

#### **4.1. Αίτια οξύτητας που οφείλονται σε ανθρώπινες επεμβάσεις**

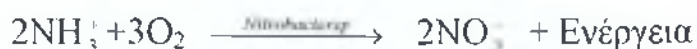
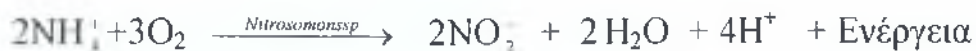
##### **4.1.1. Χρήση χημικών λιπασμάτων**

Τα χημικά λιπάσματα που προστίθενται στο έδαφος συμβάλλουν θετικά, αφού βελτιώνουν τη θρέψη και συνεπώς την απόδοση των καλλιεργούμενων φυτών, αλλά και αρνητικά όταν αυτά επηρεάζουν την αντίδραση του εδάφους. Απ' τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται τα οξινίζοντα είναι αυτά που μετά τη χρήση τους, αφήνουν οξύ ή ρίζα, με αποτέλεσμα να προκαλούν αύξηση της οξύτητας του εδάφους.

Τέτοια λιπάσματα είναι το χλωριούχο αμμώνιο ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), το νιτροθεϊκό αμμώνιο, το  $\text{KCl}$ , το  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , το φωσφορικό οξύ, το υπερφωσφορικό, το νιτροθεϊκό κάλιο, τα αμμωνιωμένα υπερφωσφορικά, το αποξηραμένο αίμα.

Γενικά τα λιπάσματα που κυρίως χρησιμοποιούνται στη γεωργία και που είναι υπεύθυνα για την οξίνιση του εδάφους είναι τα αζωτούχα- αμμωνιακά.

Τα αμμωνιακά ( $\text{NH}_4^+$ ) ιόντα δεσμεύονται από τους μικροοργανισμούς και οξειδώνονται προς νιτρικά ( $\text{NO}_3^-$ )



Παρατηρούμε ότι στο πρώτο στάδιο της νιτροποίησης παράγονται 4 πρωτόνια τα οποία συμβάλλουν στην αύξηση της οξύτητας του εδάφους.

Αζωτούχα λιπάσματα είναι το  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  η άνυδρη και υγρή  $\text{NH}_3$ , η ουρία,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  κ.α.

Στον παραπάνω πίνακα φαίνεται η επίδραση της συνεχούς χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων στην οξίνιση ενός ουδέτερου εδάφους (200kgN/εκτάριο για 5 συνεχή χρόνια).

Είδος λιπάσματος	pH (σε βάθος 2,5cm)
Χωρίς λίπανση	6,7
Λίπανση με ουρία	5,9
Λίπανση με νιτρική αμμωνία	5,5
Λίπανση με θειική αμμωνία	4,7

Τέλος, άλλα λιπάσματα που συμβάλλουν σημαντικά στη μεταβολή της αντίδρασης του εδάφους είναι:

**(α) Το φωσφορικό μονοασβέστιο**



Λίπασμα ιδιαίτερα όξινο όταν εφαρμόζεται κατά λωρίδες.

### **(β) Ο θειούχος Σίδηρος**



Κατά την αντίδραση αυτή παράγονται 8 πρωτόνια αλλά ταυτόχρονα και αέρια  $\text{SO}_2$  τα οποία όταν αντιδράσουν με το νερό της βροχής είναι επικίνδυνα για τη δημιουργία όξινης βροχής.

### **(γ) Το θείο**

Το θείο, το οποίο μπορεί να αποτελεί συστατικό λιπασμάτων ή μυκητοκτόνων, οξειδώνεται με αποτέλεσμα τον σχηματισμό ιόντων  $\text{H}^+$ .



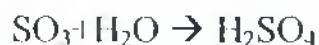
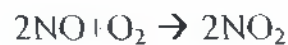
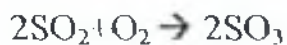
### **4.1.2. Όξινη βροχή**

Είναι γνωστό ότι τα αέρια  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ , που ελευθερώνονται καθημερινά στον ατμοσφαιρικό αέρα, από τα καυσαέρια των αυτοκινήτων, την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, τα καυσαέρια των εργοστασίων, τις πυρκαγιές των δασών και γενικά την καύση των ξύλων, άνθρακα και παραγώγων πετρελαίου, είναι ιδιαίτερα βλαβερά για το περιβάλλον, την ανάπτυξη των φυτών και κατ' επέκταση για την υγεία του ανθρώπου.

Το  $\text{CO}$  είναι πολύ τοξικό για τον άνθρωπο και τα ζώα, αφού αντικαθιστά το οξυγόνο της αιμογλοβίνης και μειώνει την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο.

Η έκθεση μεγάλων ποσοτήτων αερίων  $\text{SO}_2$ , μπορεί να προκαλέσει νέκρωση στα φύλλα των φυτών ενώ τα αέρια των  $\text{NO}_x$  καθίστανται επικίνδυνα για τη ρύπανση της ζώνης του όζοντος στην στρατόσφαιρα.

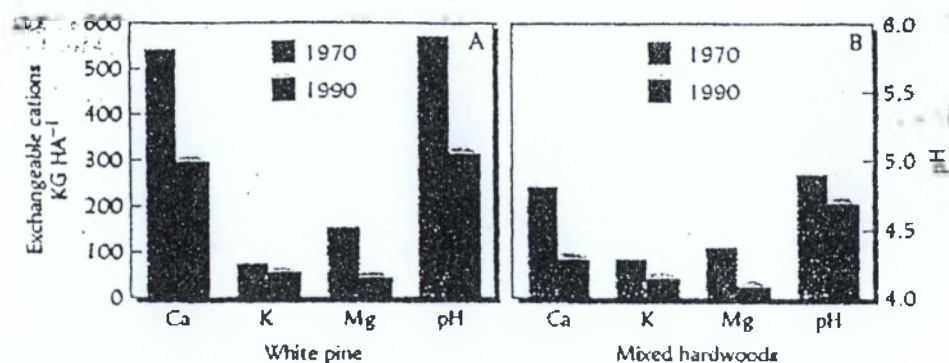
Τα αέρια των  $\text{SO}_2$  και  $\text{NO}_x$  οδηγούν σε περαιτέρω δυσμενείς επιδράσεις, όταν κάτω από κατάλληλες συνθήκες υγρασίας (βροχοπτώσεις) και θερμοκρασίας (ηλιακή ακτινοβολία) οξειδώνονται, αντιδρούν με το νερό και μετατρέπονται σε οξέα.



Τα θειικά και νιτρικά οξέα οξινίζουν το νερό της βροχής, το οποίο πέφτει στο έδαφος, μολύνοντάς το και προκαλώντας προβλήματα στην αντίδρασή του.

Η όξινη βροχή που πέφτει στο έδαφος, προκαλεί έκπλυση των βάσεων ενώ τα  $\text{H}_2\text{SO}_4$  και  $\text{HNO}_3$  διαλυτοποιούν το  $\text{Al}^{+3}$  και αυξάνουν τη συγκέντρωση των ιόντων  $\text{H}^+$ , με αποτέλεσμα την αύξηση της οξύτητας του εδάφους.

Ενδεικτικά μπορούμε να απεικονίσουμε σε σχηματική παράσταση την επίδραση της όξινης βροχής στα ανταλλάξιμα κατιόντα και το pH του εδάφους σε έρευνες που έγιναν στην περιοχή της Β. Καρολίνας.

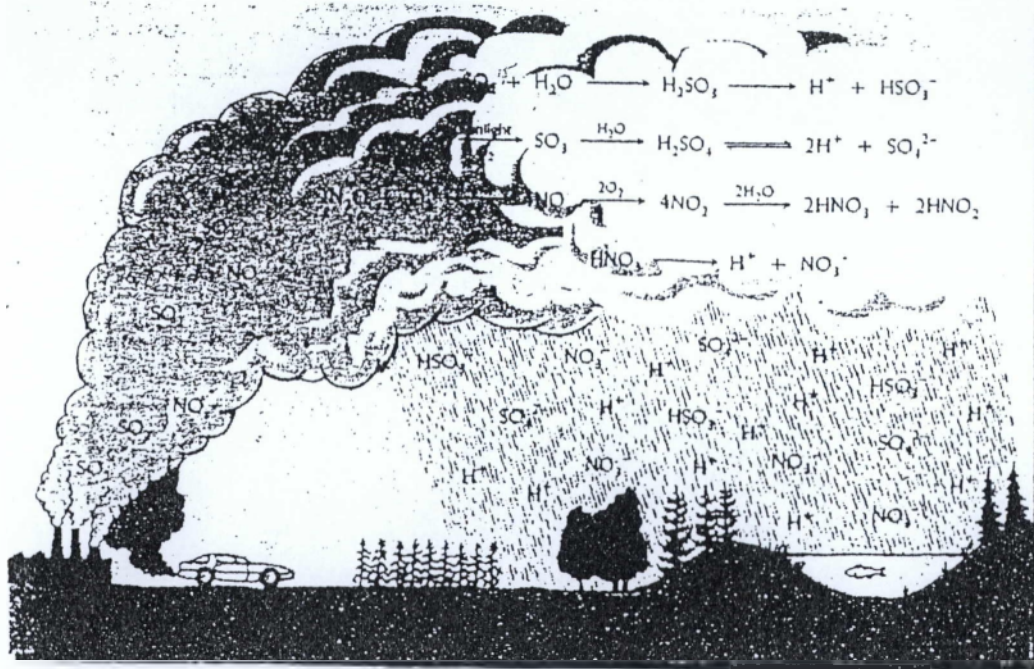




Παρατηρούμε ότι τα ανταλλάξιμα ιόντα Ca, Mg, K και το εδαφικό pH μειώνονται σημαντικά μέσα σε 20 χρόνια στον Α ορίζοντα εδαφών, α) με κωνοφόρα φυτά (white pine) και β) με μικτή δασική βλάστηση (Mixed hardwoods).

Τα οξέα που ενσωματώνονται στο έδαφος μεταβάλλουν σταδιακά την αντίδρασή του, που συνήθως φτάνει σε τιμές pH= 4-4,5 και σε πιο επιδεινωμένες καταστάσεις σε pH=2.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται όλη η διαδικασία της όξινης βροχής, από την παραγωγή των καυσαερίων, την μετατροπή τους σε οξέα και πως αυτά καταλήγουν στο έδαφος.





Δύο μέθοδοι έχουν προταθεί για τον έλεγχο της επιρροής της όξινης βροχής στην εδαφική οξύτητα, η πρώτη είναι ο καθορισμός των εκπομπών των εργοστασίων και των αυτοκινήτων και η δεύτερη η ασβέστωση των εδαφών. Για παράδειγμα, όσον αφορά την πρώτη περίπτωση, είναι δυνατό, το S που αποτελεί βασικό συστατικό του κάρβουνου, σε μορφή  $FeS_2$  και σαν οργανικό S, να αφαιρεθεί απ' αυτό πριν γίνει η καύση του και να αποφευχθεί έτσι, η παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων επικίνδυνων οξειδίων.

Όμως η διαδικασία αυτή είναι οικονομικά ασύμφορη και συνεπώς μη εφικτή.

Το ίδιο συμβαίνει και με τη δεύτερη περίπτωση όταν πρόκειται για τεράστιες δασικές και μη εκτάσεις στις οποίες η ασβέστωση είναι πρακτικά δύσκολο να εφαρμοστεί. Όταν όμως πρόκειται για καλλιεργούμενες εκτάσεις, είναι προσπάθεια που αξίζει τον κόπο να γίνει, από οικονομικής απόψεως, αφού η ασβέστωση οδηγεί στη βελτίωση της απόδοσης (ποιοτικά και ποσοτικά) των καλλιεργούμενων φυτών, αλλά και από περιβαλλοντολογικής, αφού το έδαφος προστατεύεται από τη μόλυνση, εξαιτίας της παρουσίας σε αυτό επικίνδυνων οξέων.

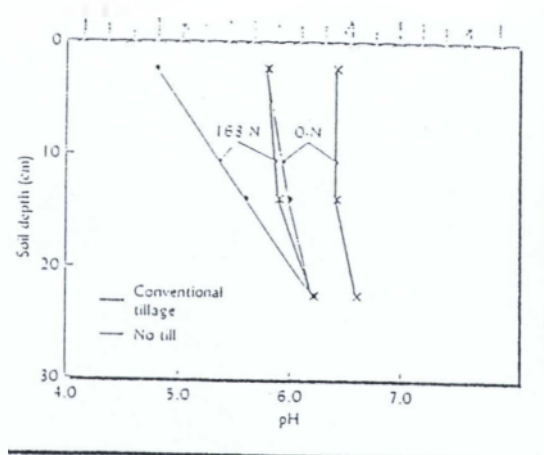
#### **4.1.3. Κατεργασία του εδάφους**

Η κατεργασία του εδάφους αφορά τους ανώτερους εδαφικούς ορίζοντες, αφού σε αυτούς αναπτύσσεται το ριζικό σύστημα των φυτών.

Πολλοί εδαφολόγοι υποστηρίζουν ότι καλλιεργούμενα εδάφη, δεν πρέπει να οργανώνονται, αλλά να παραμένουν όσο το δυνατόν στη φυσική τους κατάσταση, διότι υπάρχει ο κίνδυνος καταστροφής της οργανικής ουσίας, μεταβολή της δομής και συνεπώς ο κίνδυνος αδυναμίας ανάπτυξης των καλλιεργούμενων φυτών. Υπάρχει όμως και η αντίθετη άποψη που υποστηρίζει ότι, προκειμένου το έδαφος να αναμοχλεύεται και να ανακατεύεται, ούτως ώστε να ανέρχονται στην επιφάνεια θετικά στοιχεία που βρίσκονται στα κατώτερα στρώματα, να καθίστανται πιο αφράτο και να δραστηριοποιούνται οι ωφέλιμοι μικροοργανισμοί κρίνεται σκόπιμο να οργανώνεται.

Τελικά, όμως όσον αφορά την οξύτητα, μεγαλύτερη πηγή αποτελούν τα μη κατεργασμένα εδάφη σε σχέση με τα κατεργασμένα, διότι σε αυτά, τα οργανικά υπολείμματα είναι συσσωρευμένα στην επιφάνεια του εδάφους με αποτέλεσμα να διασπώνται και να παράγονται οργανικά και ανόργανα οξέα.

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η διαφορά οξύτητας μεταξύ κατεργασμένου (Conventional tillage) και ακατέργαστου (No till) εδάφους σε δύο διαφορετικές τιμές περιεχόμενου αζώτου.

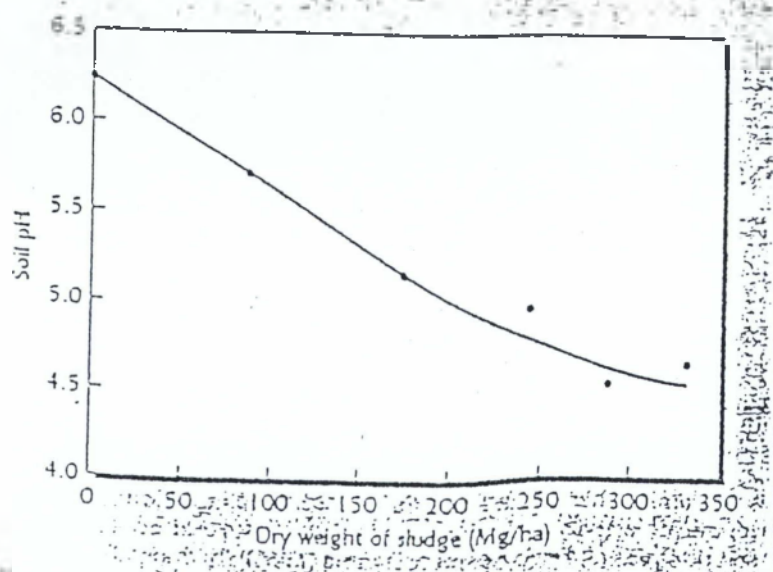


#### 4.1.4. Οργανικά Απόβλητα

Η εναπόθεση των αποβλήτων, από τις ακαθαρσίες των υπονόμων, στις αγροτικές και δασικές περιοχές είναι μια άλλη ανθρώπινη δραστηριότητα που επηρεάζει την εδαφική αντίδραση.

Καθώς οι ποσότητες των αποβλήτων είναι τεράστιες, όταν αυτά αποσυντίθενται, συντελούν στην παραγωγή σημαντικών ποσοτήτων οργανικών και ανόργανων οξέων, ικανών να προκαλέσουν αύξηση της οξύτητας του εδάφους.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η μεταβολή που επέρχεται στο εδαφικό pH από την αποσύνθεση των αποβλήτων.



Σε πολλές χώρες, οι κυβερνήσεις διαθέτουν κανονισμούς που να εξασφαλίζουν την επεξεργασία των αποβλήτων με ασβέστιο, προτού αυτά εναποτεθούν στο έδαφος.

Συγκεκριμένα έχει παρατηρηθεί ότι «ασβεστωμένα» απόβλητα καταλήγουν να έχουν τελικό pH=7,5-8,5 με αποτέλεσμα όχι μόνο να μην είναι επιβλαβή αλλά και να καθίστανται χρήσιμα για την εξουδετέρωση της εδαφικής οξύτητας.

Έλεγχος του εδαφικού pH συσχετίζεται επίσης, με την ελαχιστοποίηση της σταθερότητας των τοξικών μετάλλων που βρίσκονται στα απόβλητα, μειώνοντας έτσι την τοξική τους δράση, επί των φυτών.

#### **4.1.5.Στραγγίση μερικών παράκτιων υγρών περιοχών**

Αυτή η πρακτική έχει καταλήξει στο σχηματισμό όξινων θειούχων εδαφών. Μεταξύ των περιοχών που εμφανίζεται έντονο το φαινόμενο είναι η Νοτιανατολική Αμερική, Νοτιανατολική Ασία και Δυτική Αφρική. Τα εδάφη σ' αυτές τις περιοχές περιέχουν μεγάλες ποσότητες θειούχου σιδήρου (FeS) και στοιχειώδους θείου (S), που έχουν σχηματιστεί από την μικροβιακή αποσύνθεση των μητρικών πετρωμάτων, τα οποία περιέχουν S.

Όταν αυτές οι περιοχές στραγγίζουν τα FeS και S οξειδώνονται και καταλήγουν στο σχηματισμό θεικών οξέων.



Έχει παρατηρηθεί ότι κάτω από αυτές τις συνθήκες η εδαφική οξύτητα αυξάνει κατά 1,5 μονάδα.

Το ποσό  $\text{CaCO}_3$  που απαιτείται για να εξουδετερώσει αυτή την οξύτητα είναι τεράστιο και γενικά αντισυμβατικό.

Τα εδάφη θα ήταν καλύτερα να επιστρέψουν στις φυσικές, μη στραγγιζόμενες συνθήκες, όχι μόνο για αγρονομικούς και οικονομικούς λόγους, αλλά επίσης για να παραμείνει αδιατάραχτη η χλωρίδα και η πανίδα του οικοσυστήματος.

#### 4.1.6. Συστήματα Άρδευσης

Ο τρόπος, που οι παραγωγοί, παρέχουν το νερό στις καλλιεργούμενες εκτάσεις, δεν αφήνει ανεπηρέαστη την αντίδραση του εδάφους.

Όταν δηλαδή το νερό πέφτει στο έδαφος με μεγάλη ένταση και σε συχνές δόσεις, είναι δυνατό να υποστούν έκπλυση, όχι μόνο τα άλατα, αλλά και μέρος των βασικών εναλλακτικών κατιόντων.

Η τεχνική άρδευσης η οποία έχει ως συνέπεια αυτό το φαινόμενο, είναι κυρίως το σύστημα της κατάκλυσης.

Με τη μέθοδο της κατάκλυσης, τα θρεπτικά στοιχεία εκπλύνονται πιο εύκολα ενώ παράλληλα από την υπερβολική κατανάλωση νερού ευνοούνται φαινόμενα διάβρωσης και επιφανειακής απορροής, με αποτέλεσμα την καταστροφή της δομής του εδάφους και την επιρροή αυτής, στην αύξηση της οξύτητάς του.

Άλλες τεχνικές άρδευσης που θα μπορούσαν να προκαλέσουν παρόμοια φαινόμενα, αλλά με μικρότερες πιθανότητες, αποτελούν τα αυλάκια ροής, και η τεχνητή βροχή ενώ συστήματα που δεν επηρεάζουν καθόλου την έκπλυση των θρεπτικών στοιχείων είναι η άρδευση με αναχώματα, η στάγδην και η υπόγεια. Γενικά ενδείκνυται μικρές ποσότητες νερού, σε συχνές δόσεις, διότι έτσι επιτυγχάνεται καλύτερη διαθεσιμότητα αυτού στη ριζόσφαιρα, με τη συνολική ποσότητα του νερού να μειώνεται και να περιορίζονται έτσι οι δυσμενείς επιπτώσεις.

Όσον αφορά την ποιότητα του νερού δεν πρέπει να παραβλέψουμε το γεγονός, ότι σε αυτό εμπεριέχονται πολλά ιχνοστοιχεία (Bo, Cl, S, κ.α.), οι συγκεντρώσεις των οποίων, όταν είναι υψηλές προκαλούν τοξικά φαινόμενα επί των φυτών.

Συνεπώς, ο συνδυασμός καλής ποιότητας νερού με την καλύτερη για την εκάστοτε καλλιέργεια, τεχνική άρδευσης, αποτελεί τον καλύτερο κανόνα για την αποδοτική ανάπτυξη των φυτών.



## 4.2. Διαπίστωση της οξύτητας του εδάφους

Η διαπίστωση της οξύτητας του εδάφους μπορεί να γίνει είτε βασιζόμενη σε εργαστηριακές αναλύσεις, είτε στην εμπειρία του παραγωγού.

Η εργαστηριακή ανάλυση του εδάφους, αποτελεί το πιο έγκυρο και ασφαλές μέσο διάγνωσης της οξύτητας και επιτυγχάνεται είτε ηλεκτρομετρικώς, δηλαδή με μέτρηση της πολύ μικρής διαφοράς δυναμικού, που αναπτύσσεται μεταξύ του αιωρήματος, μιας ποσότητας εδάφους, σε ορισμένο όγκο νερού και ενός ζεύγους κατάλληλων ηλεκτροδίων, είτε χρωματομετρικώς, με τη χρησιμοποίηση κατάλληλων δεικτών και σύγκριση των παραγόμενων χρωματισμών με τους χρωματισμούς τους οποίους παράγουν γνωστής οξύτητας ρυθμιστικά διαλύματα.

Για την ηλεκτρομετρική μέθοδο χρησιμοποιείται το πεχάμετρο, το οποίο μετράει τη συγκέντρωση των ιόντων  $H^+$  στο διαλυτό μέρος του δείγματος εδάφους- νερού, δηλαδή την ενεργό οξύτητα και όχι τη συνολική οξύτητα του δείγματος.

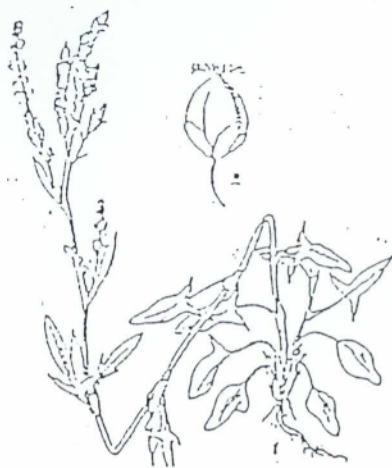
Σημαντικές είναι και οι διαπιστώσεις που μπορεί να κάνει ο γεωργός, βασιζόμενος στην προσωπική του εμπειρία.

Η μακροσκοπική εξέταση του εδάφους, τον καθιστά ικανό να διεξάγει κάποια συμπεράσματα ως προς την οξύτητά του.

Έτσι, αν για παράδειγμα η κοπριά, ένα χρόνο μετά την ενσωμάτωσή της στο έδαφος, παραμένει ανέπαφη, αυτό αποτελεί ένδειξη οξύτητας.



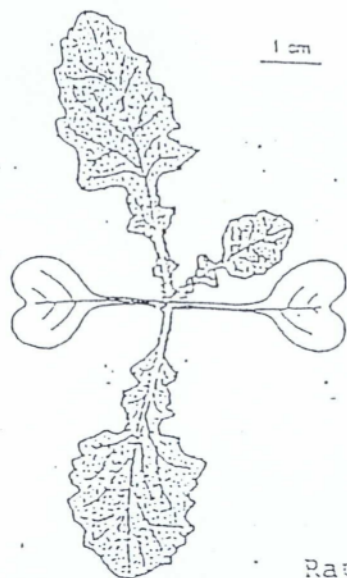
Επίσης, πολύ καλό δείκτη οξίνου εδάφους, αποτελεί η παρουσία ορισμένων φυτών της αυτοφυούς βλάστησης, όπως τα Λάπατα (*Rumex Acetosella*), τα Ξινόχορτα ή ήμερα Τριφύλλια (*Oxalis corniculata*) και οι ρεπανίθρες (*Raphanus spp.*).



*Rumex acetosella*



*Oxalis corniculata*



*Raphanus spp.*

Εκτός αυτών, πιο ενδεικτικό φυτό για την οξύτητα αποτελεί η παρουσία κοινής φτέρης (*Polypodium Vulgare*).

## 5.ΜΕΘΟΔΟΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ

Οι δυσμενείς επιπτώσεις του όξινου περιβάλλοντος πάνω στις εδαφικές ιδιότητες και κατ' επέκταση στις αποδόσεις των καλλιεργούμενων φυτών, καθιστούν επιτακτική την ανάγκη βελτίωσης αυτών των συνθηκών.

Η πρακτική βελτίωση μιας συγκεκριμένης καλλιέργειας σε ένα συγκεκριμένο έδαφος, που γίνεται με την προσθήκη ουσιών που περιέχουν ασβέστιο ή ασβέστιο και μαγνήσιο, στον κατάλληλο χρόνο και σε τέτοιες ποσότητες, που να ενδείκνυται για την μείωση της οξύτητας του εδάφους, στις επιθυμητές, για την καλλιέργεια, τιμές, σε συνδυασμό με το βέλτιστο οικονομικό αποτέλεσμα, καλείται «*ασβέστωση*» και τα υλικά προστίθενται «*άσβεστος*».

## 6.ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΟΞΙΝΩΝ

Η εξουδετέρωση της οξύτητας ενός εδάφους προϋποθέτει τη γνώση και τη μέτρηση της οξύτητας αυτής με διάφορες μεθόδους.

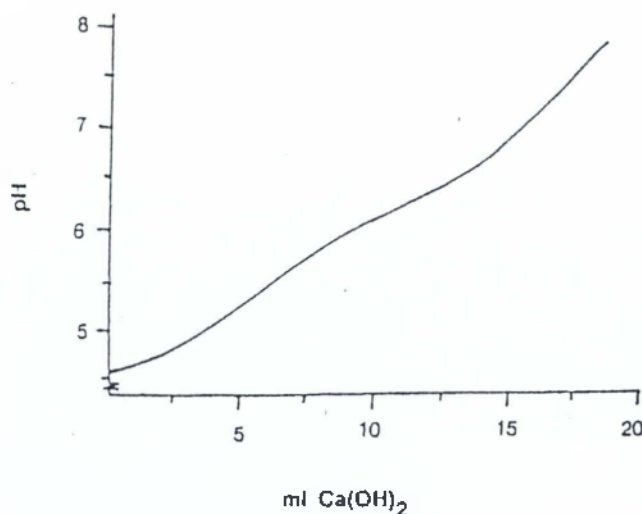
*Οι πιο συνηθισμένες από αυτές είναι:*

- 1) Ογκομέτρηση του εδάφους με μια βάση ή εξισορρόπηση με  $\text{CaCO}_3$ .
- 2) Έκπλυση του εδάφους με ρυθμιστικό διάλυμα (π.χ.  $\text{BaCl}_2$  τριοιθανολαμίνης pH 8,2) και στη συνέχεια ανάλυση του διηθήματος για τον προσδιορισμό του ποσού της βάσης που έχει αντιδράσει με το έδαφος και

3) Αφαίρεση του συνόλου των εναλλακτικών βάσεων (Ca, Mg, Na, K) από την CEC.

Η μέθοδος της ογκομέτρησης θεωρείται απλούστερη από τις άλλες δύο και δεδομένου ότι και οι τρεις δίνουν παραπλήσια αποτελέσματα κρίνεται σκόπιμη η ανάπτυξη μόνο της μεθόδου αυτής.

Σε αιώρημα γνωστής ποσότητας εδάφους προστίθενται σταδιακά μικρές ποσότητες  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  με σύγχρονη μέτρηση του pH του αιωρήματος. Η διαδικασία είναι δυνατόν να συνεχιστεί μέχρι το pH 8,2 που θεωρείται ως σημείο κορεσμού του εδάφους με ιόντα ασβεστίου. Βεβαίως είναι δυνατόν η ογκομέτρηση να διακοπεί και σε χαμηλότερο pH ανάλογα με το επιθυμητό pH του εδάφους. Από τις αντιστοιχίες του pH του εδάφους και των ml  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  που καταναλώθηκαν σχηματίζεται η χαρακτηριστική ογκομετρική καμπύλη για κάθε όξινο έδαφος όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



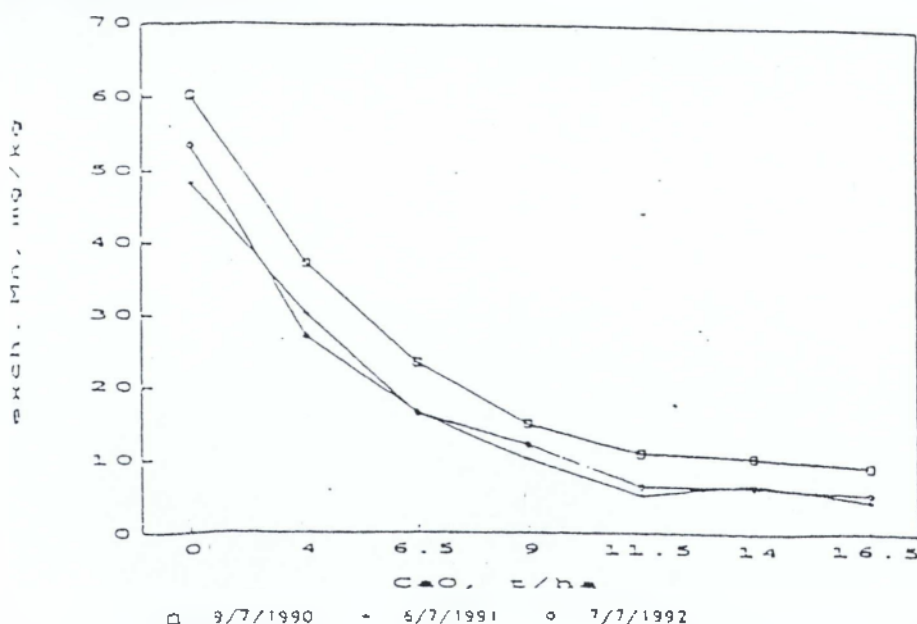
Καμπύλη ογκομέτρησης όξινου εδάφους.

Στη συνέχεια ανάλογα με το επιθυμητό pH υπολογίζουμε την ανάλογη ποσότητα  $\text{Ca}^{2+}$  ως  $\text{CaCO}_3$  που απαιτείται για κάθε στρέμμα και για ανάλογο βάθος εδάφους. Οι ποσότητες  $\text{CaCO}_3$  που υπολογίζονται εργαστηριακά πρέπει να διπλασιάζονται για τις συνθήκες του χωραφιού.

### 6.1.Επιδράσεις Ασβεστώσεων

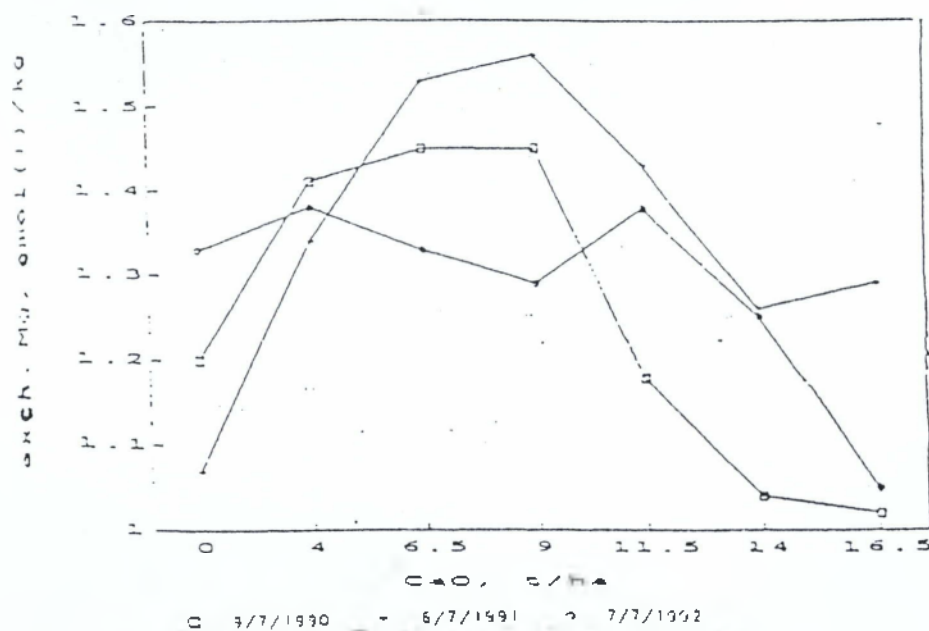
Οι επιδράσεις των ασβεστούχων υλικών πάνω στα όξινα εδάφη είναι οι εξής:

- 1) Η προσθήκη ασβεστίου μειώνει την ενεργότητα των ιόντων Αργιλίου και Μαγανίου με το σχηματισμό αδιάλυτων υδροξειδίων με αποτέλεσμα να μειώνεται η τοξικότητα αργιλίου στα φυτά, η οποία ως γνωστό είναι πολύ έντονη σε  $\text{pH} < 5$ . Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η επίδραση της ασβεστώσεως όξινου εδάφους στο ανταλλάξιμο Μn.



Επίδραση της ασβεστώσεως όξινου εδάφους στο ανταλλάξιμο Μn (Moustakas et al. 1993).

2) Εάν η άσβεστος είναι δολομιτική, προστίθενται στο έδαφος ασβέστιο και μαγνήσιο, θρεπτικά στοιχεία που βρίσκονται σε μικρές ποσότητες στα όξινα εδάφη. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η επίδραση της ασβέστωσης όξινου εδάφους στο ανταλλάξιμο Mg.



Επίδραση της ασβεστώσεως όξινου εδάφους στο ανταλλάξιμο Mg (Moustakas et al., 1993)

Παρατηρούμε ότι η επίδραση της ασβέστωσης στο ανταλλάξιμο μαγνήσιο, είναι αυξητική μέχρι ενός ποσού προστιθέμενου CaO, πέραν του οποίου τείνει να γίνει αρνητική. Η μείωση του ανταλλάξιμου μαγνησίου στις υψηλές δόσεις CaO πιθανόν να οφείλεται στην αντικατάστασή του από το ασβέστιο και στην εν συνεχεία έκπλυσή του ή στο σχηματισμό συμπλόκων με ιόντα αργιλίου.

- 3) Προσθήκη ασβέστη, σε όξινα εδάφη, προκαλεί εξουδετέρωση των δυσδιάλυτων ενώσεων που σχηματίζουν το Al και ο Fe με τον P των προστιθέμενων λιπασμάτων, με αποτέλεσμα ο φώσφορος να καθίσταται περισσότερο διαθέσιμος στα φυτά.
- 4) Η ασβέστωση καθιστά το κάλιο πιο αποτελεσματικό στη θρέψη των φυτών. Όταν υπάρχει διαθέσιμο κάλιο τα φυτά προσλαμβάνουν περισσότερο απ' ότι χρειάζονται. Η ασβέστωση μειώνει την προσρόφηση αυτή του καλίου.
- 5) Αυξάνεται η διαθεσιμότητα του αζώτου, δημιουργώντας περισσότερο κατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξη μικροοργανισμών που προκαλούν αποσύνθεση της οργανικής ουσίας.
- 6) Αυξάνει τη διαθεσιμότητα του μολυβδαινίου (Mo).
- 7) Ασβέστωση εδαφών πάνω από pH= 6,5 μειώνει τη διαλυτότητα και προσρόφηση από τα φυτικά τοξικά βαρέων μετάλλων όπως Cd, Cu, Ni, Pb, Zn. Επίσης από εδάφη πλούσια σε ασβέστιο τα φυτά προσλαμβάνουν λιγότερο ραδιενεργό  $^{90}\text{Sr}$ , διότι προτιμάται η προσρόφηση ασβεστίου.
- 8) Προκαλεί βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους. Με την ασβέστωση τα εδάφη καθίστανται πιο αφράτα. Αυτό βοηθά μεγαλύτερα ποσά ρίζας και άλλων φυτικών στελεχών να εισχωρούν στο έδαφος. Η Χοχουμική ύλη που σχηματίζεται από την αποσύνθεση των φυτικών αυτών καταλοίπων, αυξάνει την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία.



Παράλληλα αποτελεί συνδετικό κρίκο για την κροκίδωση του εδάφους, με αποτέλεσμα τη βελτίωση της δομής των λεπτόκοκκων εδαφών.

- 9) Ενεργοποιούνται οι μικροοργανισμοί του εδάφους καθώς επίσης τα βακτηρίδια που δεσμεύουν το άζωτο και παράγουν νιτρικά ιόντα.
- 10) Καθώς τα ασβεστωμένα εδάφη παράγουν μεγαλύτερες σοδιές, περισσότερη οργανική ουσία παραμένει πάνω και μέσα στο έδαφος, με αποτέλεσμα να αυξάνει η τροφή των σκουληκιών και συνεπώς ο αριθμός τους.
- 11) Η διατήρηση του ασβέστη σε υψηλά επίπεδα, εξασφαλίζει καλή ανάπτυξη των ψυχανθών και αν τέτοιου είδους καλλιέργειες παρεμβάλλονται μεταξύ των κυρίως καλλιεργειών, τότε οι ανάγκες για αζωτούχα λιπάσματα, μπορεί να ελαττωθούν.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι η αξία της ασβέστωσης είναι πολύ σημαντική, αφού τα προϊόντα ασβέστωσης (οι σοδιές) είναι τελικά πλούσια σε Ca, Mg, P, N πρωτεΐνες και ιχνοστοιχεία, θρεπτικά στοιχεία πολύτιμα για την ανάπτυξη των ζώων και την ανθρώπινη υγεία γενικότερα.

## 6.2. Που αποσκοπεί ένα εδαφοβελτιωτικό οξύτητας

Προτού αναφέρουμε τα υλικά που χρησιμοποιούμε για την ασβέστωση, κρίνεται σκόπιμο να εξετάσουμε σε τι ακριβώς αποσκοπεί ένα εδαφοβελτιωτικό της οξύτητας και να διαπιστώσουμε έτσι τον λόγο για τον οποίο χρησιμοποιούμε τα συγκεκριμένα υλικά.

Έτσι για να κρίνεται κατάλληλο προς χρήση και αποτελεσματικό ένα εδαφοβελτιωτικό θα πρέπει να απελευθερώνει ιόντα:

α) Ικανά να προσροφώνται στο αργιλοχουμικό σύμπλοκο, προκαλώντας την απελευθέρωση ιόντων  $H^+$ , ούτως ώστε να αποκαθίσταται τελικά ένας ελάχιστος βαθμός κορεσμού με βάσεις στο αργιλοχουμικό σύμπλοκο.

β) Ικανά να εξουδετερώνουν τα απελευθερούμενα  $H^+$  να επιτυγχάνεται δηλαδή εξουδετέρωση της οξύτητας.

γ) Που να ασκούν μια ιονική «πίεση» στο εδαφικό διάλυμα, προκειμένου να συνενώνουν τα ανόργανα και οργανικά κολλοειδή του εδάφους. Θα πρέπει δηλαδή το εδαφοβελτιωτικό να αποτελεί συνδετικό κρίκο μεταξύ αργίλλου και χούμου, ώστε να βελτιώνεται αισθητά η δομή του εδάφους.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε, ότι, για να έχει ένα εδαφοβελτιωτικό οξύτητας, ηλεκτρολυτικές ιδιότητες θα πρέπει να περιλαμβάνει:

- ❖ Ένα κατιόν που μπορεί να μετατοπίζει το υδρογόνο και να παίζει ρόλο «γέφυρας» μεταξύ αργίλλου και χούμου.

- ❖ Ένα ανιόν που να μπορεί να εξουδετερώνει τη δράση των ιόντων  $H^+$  και να μειώνει την ενεργότητα των ιόντων  $Al^{+3}$ .
- ❖ Επίσης, το υλικό αυτό πρέπει να απαντάται άφθονο στη φύση, ή να είναι υποπροϊόν κάποιας δραστηριότητας και να προσφέρεται σε χαμηλή τιμή.

## 7. ΥΛΙΚΑ ΑΣΒΕΣΤΩΣΗΣ

Τα υλικά που είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν για την ασβέστωση ενός εδάφους επιδιώκουμε να περιέχουν μεγάλο ποσοστό Ca και να μην έχουν τοξικές ουσίες που μολύνουν το έδαφος και τα διακρίνουμε ανάλογα με την μορφή των ενώσεων του ασβεστίου, το οποίο περιέχουν.

Μια μεγάλη κατηγορία ασβεστιτικών υλικών συνίσταται κυρίως από  $CaCO_3$ , όπως ο ασβεστόλιθος, ο οποίος περιέχει 60-95%  $CaCO_3$ , η κιμωλία με 85-98%  $CaCO_3$  και η μάργα (μίγμα ανθρακικών αλάτων, αργίλλου, ιλύος και άμμιου) που περιέχει 20-50%  $CaCO_3$  τα οποία χρησιμοποιούνται οποιαδήποτε εποχή του έτους, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος βλάβης των καλλιεργούμενων φυτών.

Στην Ελλάδα, οι ασβεστόλιθοι έχουν ευρύτατη εξάπλωση διότι εξ αυτών συνίστανται πολλές οροσειρές (όπως Ακαρνανικά Όρη, Οροσειρές Ηπείρου, κ.α.).

Οι Μάργες επίσης καταλαμβάνουν μεγάλες εκτάσεις της χώρας μας υπό μορφή μακρών και στενών λόφων ή γιλόφων.

Άλλη κατηγορία ασβεστικών υλικών συνιστάται από  $\text{CaCO}_3$ , υλικά τα οποία προέρχονται από την καύση των υλικών της πρώτης κατηγορίας, τον μηχανισμό της οποίας θα περιγράψουμε παρακάτω.

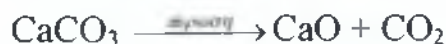
Επίσης υλικά συνιστάμενα από  $\text{Ca(OH)}_2$  τα οποία προέρχονται από τη δεύτερη κατηγορία έπειτα από την προσθήκη νερού.

Τα υλικά της β' και γ' κατηγορίας είναι δραστικότερα απ' αυτά της α' κατηγορίας, διότι αντιδρούν αμέσως με τα συστατικά του εδάφους.

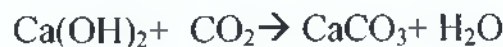
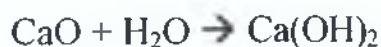
Τα ασβεστολιθικά υλικά έχουν περισσότερο μακροχρόνια αποτελέσματα.

Ο μηχανισμός με τον οποίο πραγματοποιούνται οι παραπάνω αντιδράσεις είναι οι εξής:

Κατ' αρχήν γίνεται προσθήκη  $\text{CaCO}_3$  σε μορφή μαρμαρόσκονης ή λειοτριβημένο ασβεστόλιθου τον οποίο αν κάψουμε σε ασβεστοκάμνο παράγεται άσβεστος.



Εν συνεχεία, όταν γίνει προσθήκη νερού στην κεκαυμένη άσβεστο παράγεται σβησμένη άσβεστος  $\text{Ca(OH)}_2$  και έτσι πραγματοποιείται μια σειρά αντιδράσεων όπως:



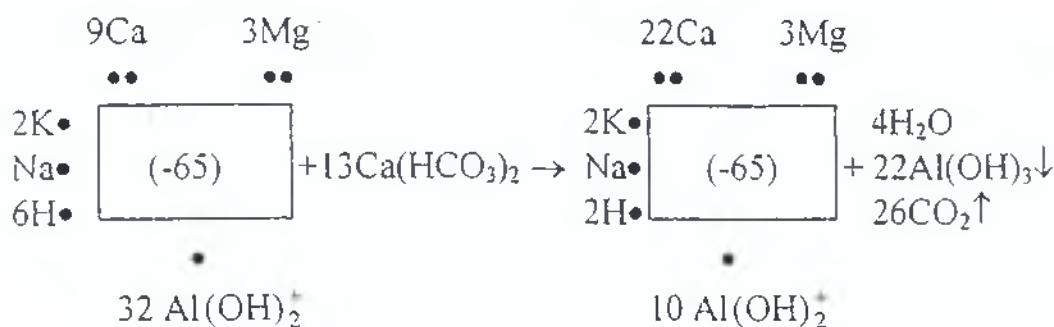
Η συνεχής παραγωγή CO<sub>2</sub> από τους μικροοργανισμούς του εδάφους μεταθέτει την ισορροπία προς τα δεξιά. Το διττανθρακικό ασβέστιο Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> στο οποίο μετατρέπονται τα υλικά που χορηγούνται με τις ασβεστώσεις, αποτελεί την πιο αποτελεσματική ένωση του ασβεστίου για τη βελτίωση της οξύτητας του εδάφους και την αντιμετώπιση της στέρησης ασβεστίου. Αυτό οφείλεται στο ότι το διττανθρακικό ασβέστιο είναι ένωση διαλυτή στο νερό, έχει αλκαλική αντίδραση και όταν δίσταται δίνει ιόντα Ca<sup>++</sup>, που βελτιώνουν το σύμπλοκο του εδάφους.



Μετά το τέλος όλων των αντιδράσεων, ελάχιστα ιόντα H<sup>+</sup> μένουν ελεύθερα στο εδαφικό διάλυμα.

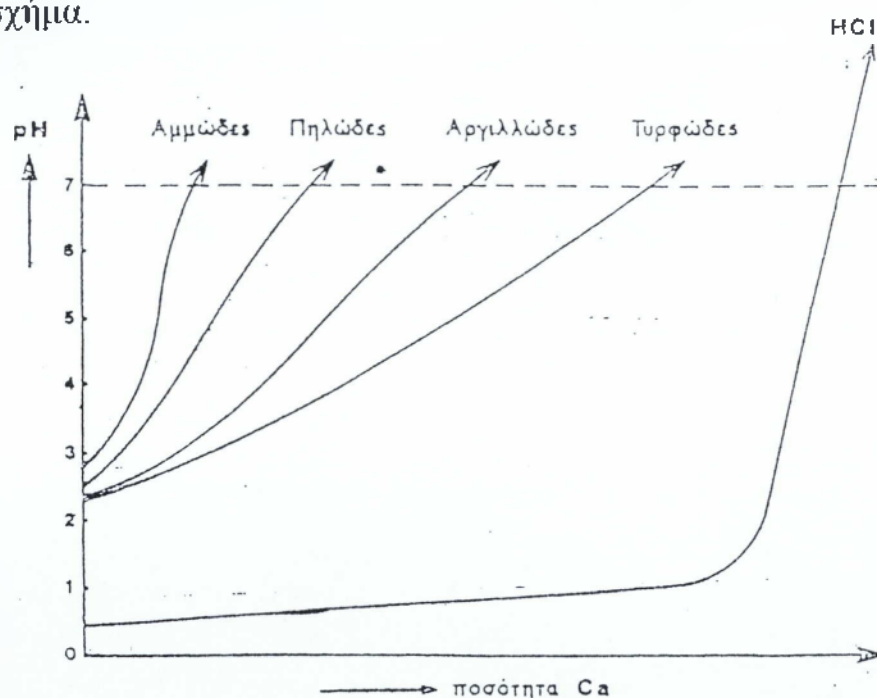
Κάθε H<sup>+</sup> που ανταλλάσσεται, εξουδετερώνεται σχηματίζοντας H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> το οποίο δίσταται ελάχιστα και δίνει H<sub>2</sub>O και CO<sub>2</sub>.

Επίσης σχηματίζεται Al(OH)<sub>3</sub> το οποίο κατακρημνίζεται σαν αδιάλυτος γυψίτης, όπως φαίνεται και στην παρακάτω σχηματική απεικόνιση της προσθήκης Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> στο αργιλοχουμικό σύμπλοκο του εδάφους.



Είναι εμφανής η μείωση της συγκέντρωσης ιόντων υδρογόνου και αργιλίου που έχει ως άμεση συνέπεια τη μείωση της οξύτητας του εδάφους.

Είναι απαραίτητο να επισημάνουμε ότι οι απαιτήσεις των εδαφών σε ασβέστιο διαφέρουν ανάλογα με τη σύστασή τους, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Οι απαιτήσεις των διάφορων εδαφών στην προσθήκη ασβεστίου.

Παρατηρούμε ότι οι απαιτήσεις ενός εδάφους για την εξουδετέρωση της οξύτητας ( $\text{pH} = 7$ ) είναι πολύ λιγότερες από ένα πηλώδες ή αργιλλώδες ή και έδαφος πλούσιο σε οργανική ουσία.

Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται ενδεικτικά οι ποσότητες αλάτων ασβεστίου που απαιτούνται για τη βελτίωση της αντίδρασης όξινων εδαφών, σε σχέση με τη μηχανική σύσταση του εδάφους και το βέλτιστο pH των φυτών.



### 1. Φυτά με βέλτιστο pH 6-8

pH εδάφους	Ποσό λειοτριβημένου ασβεστολίθου σε κιλά/στρ.			
	Αμμώδες	Αμμοπηλώδες	Πηλώδες	Αργιλώδες
4	640	1260	1620	2300
5	380	750	1000	1330
6	180	250	380	500
7	-	-	-	-

### 2. Φυτά μεταβλητού pH 5-6

4	300	750	1000	1380
5	180	250	380	500
6	-	-	-	-

### 3. Φυτά με βέλτιστο pH 4-5

4	180	250	380	500
5	-	-	-	-

Εκτός από τα παραπάνω υλικά, υπάρχουν και άλλα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της αντίδρασης των εδαφών, όπως ο δολομίτης, ο απατίτης, ο ασβεστοϊλός (προϊόν επεξεργασίας των σακχαρότευτλων) πυριτούχες σκουριές και οι αφροί της ζαχαροποιίας

(ασβεστόλιθος αφρώδης που περιέχει οργανικές ουσίες και λίγα λιπαντικά στοιχεία) με ποσοστό  $\text{CaCO}_3$  38-45% που είναι ενεργοί.

### 7.1. Ασβέστωση και Υπερασβέστωση

Όπως ήδη αναφέρθηκε η ασβέστωση πραγματοποιείται με στόχο το επιθυμητό pH. Η υπέρβαση του ορίου αυτού ιδιαίτερα όταν είναι σημαντική, οδηγεί σε υπερασβέστωση σε περίσσεια δηλαδή της συγκέντρωσης των ιόντων  $\text{Ca}^{++}$ .

Η δράση των πλεονασματικών ιόντων  $\text{Ca}^{++}$  έχει ως συνέπεια την ανεπάρκεια του Fe, Mn, Cu, Zn, τη δέσμευση του P υπό μορφή αδιάλυτων και μη αφομοιώσιμων από τα φυτά ενώσεων, καθώς και τη μείωση πρόσληψης των K, Mg, P. Όλα αυτά μειώνουν τη γονιμότητα του εδάφους επιτείνουν την εμφάνιση εδαφογενών ασθενειών και γενικά προκαλούν δυσμενείς επιδράσεις επί των καλλιεργούμενων φυτών. Θα πρέπει λοιπόν η εξακρίβωση του αναγκαίου ποσού για την σωστή ασβέστωση να γίνεται από τα εδαφολογικά εργαστήρια ούτως ώστε να προλαμβάνονται τα τυχόν λάθη.

Επίσης, πρέπει να τονιστεί ότι, αν από τη μια πλευρά η ανόρθωση του pH ενός όξινου εδάφους είναι κάτι το εφικτό (και συχνά εύκολο να πραγματοποιηθεί), η αντίστροφη πορεία, δηλαδή η επαναφορά ενός εδάφους, που έχει υπερασβεστωθεί σε χαμηλότερες τιμές pH είναι έργο εξαιρετικά δύσκολο, θα λέγαμε «πρακτικά ανέφικτο».

Για τους λόγους αυτούς, η ασβέστωση των εδαφών δεν μπορεί σε καμία περίπτωση, να θεωρηθεί σαν μια ανώδυνη εμπειρική διαδικασία (κάτι που συμβαίνει συχνά), αλλά να αποτελεί αντικείμενο εδαφολογικής μελέτης και προσεκτικών χειρισμών.

## 7.2. Απαιτούμενο ποσό Ασβέστη

Ο προσδιορισμός της τιμής του pH μας πληροφορεί για το αν πρέπει να γίνει ασβέστωση, δεν μας πληροφορεί όμως για την απαιτούμενη ποσότητα ασβεστούχων υλικών, η οποία όπως διαπιστώσαμε μέχρι τώρα, δεν πρέπει να βρίσκεται σε έλλειψη αλλά ούτε και σε περίσσεια.

Η καλύτερη και πιο ακριβής μέθοδος προσδιορισμού, στηρίζεται σε απλούς χημικούς υπολογισμούς σε συνδυασμό με τις κατάλληλες εργαστηριακές αναλύσεις, κατά τις μετρήσεις των οποίων λαμβάνονται υπόψη αρκετοί παράγοντες μερικοί από τους οποίους είναι η επιθυμητή τιμή pH για την εκάστοτε καλλιέργεια, η εναλλακτική ικανότητα, τα χημικά συστατικά των υλικών ασβέστωσης που χρησιμοποιούνται και η λεπτότητα των υλικών ασβέστωσης.

Σε γενικές γραμμές μπορούμε να αναφέρουμε ότι η εξουδετέρωση της οξύτητας έχει άμεση σχέση με ισοδύναμο της οξύτητας.

Ισοδύναμο οξύτητας είναι ο αριθμός των μερών βάρους του ανθρακικού ασβεστίου ( $\text{CaCO}_3$ ) που είναι απαραίτητο για την εξουδετέρωση της οξύτητας, που προκαλείται από τη χρησιμοποίηση 100 μερών λιπάσματος.

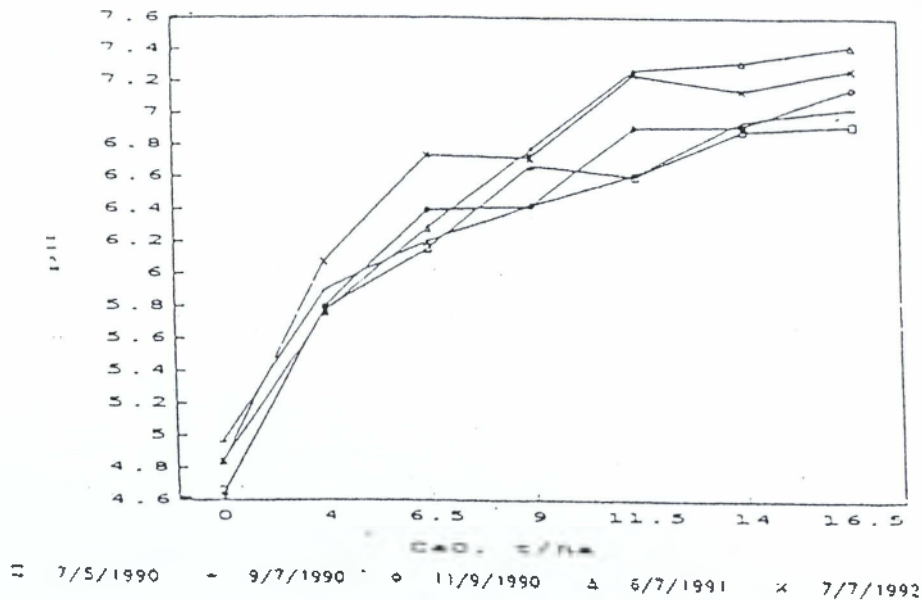
Έχει καθιερωθεί δηλαδή να βάζουμε συμβατικά στο καθαρό ανθρακικό ασβέστιο την τιμή εξουδετέρωσης και συγκριτικά με την τιμή αυτή, να εξάγουμε τις ποσότητες που απαιτούνται, απ' τα βελτιωτικά του ασβέστη, για την εξουδετέρωση της οξύτητας. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι σχετικές τιμές εξουδετέρωσης των καθαρά βελτιωτικών του ασβέστη.

Βελτιωτικό	Σχετική τιμή εξουδετέρωσης	Κιλά βελτιωτικού με 1 τόννο Ανθρακικό ασβέστιο	Ισοδύναμα Οξειδίου του Ασβεστίου
Ανθρακικό ασβέστιο	100	1000	1785
Ανθρακικό μαγνήσιο	119	840	1500
Οξείδιο του ασβεστίου	178	560	1000
Οξείδιο του μαγνησίου	250	400	715
Υδροξείδιο του ασβεστίου	135	580	1320
Υδροξείδιο του μαγνησίου	172	925	1035
Δολομίτης	108	572,5	1665
Δολομιτική υδράσβεστος	175		1020

Για παράδειγμα, όπως φαίνεται από τον πίνακα, το ανθρακικό μαγνήσιο μπορεί να εξουδετερώσει 1,19 φορές περισσότερο οξύ απ' ότι ίσο βάρος

ανθρακικού ασβεστίου. Έτσι το ανθρακικό μαγνήσιο έχει τιμή εξουδετέρωσης ίση με 119.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται ότι η προσθήκη 650kg CaO ανά στρέμμα εδάφους ανέβασε το pH από το δυσμενές επίπεδο του 4,6-4,9 στον ευνοϊκό του 6,0-6,8 και ότι το τελευταίο διατηρήθηκε επί τρία τουλάχιστον έτη.



Αύξηση του pH του επιφανειακού στρώματος ενός εδάφους με την προσθήκη CaO.

### 7.3.Επιλογή του κατάλληλου υλικού ασβέστωσης

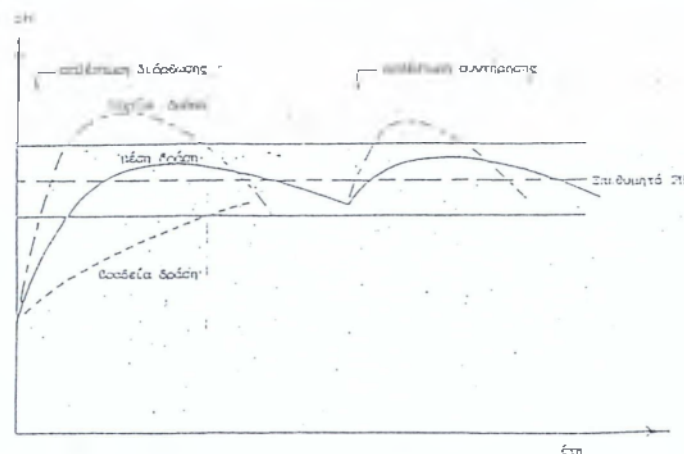
Στη γεωργική πρακτική, η επιλογή του κατάλληλου υλικού ασβέστωσης καθορίζεται κυρίως από το κόστος του υλικού και τη δυνατότητα εξεύρεσής του σε κοντινές αποστάσεις. Οι μαρμαροβιομηχανίες μη έχοντας πηγές να διαθέσουν (ή μέρη για να την πετάξουν) δημιουργούν γύρω από τα εργοστάσια

εστίες εναπόθεσης της μαρμαρόσκονης και βρίσκονται σε διαρκείς προστριβές με την πολιτεία λόγω ρύπανσης του περιβάλλοντος. Για το λόγο αυτό τη διαθέτουν εντελώς δωρεάν συχνά δε τη φορτώνουν δωρεάν με δικά τους μηχανήματα στα οχήματα μεταφοράς.

Στις περιπτώσεις που έχουμε να διαλέξουμε ανάμεσα σε διάφορα υλικά τα οποία διατίθενται υπό τις ίδιες περίπου προϋποθέσεις, η επιλογή θα εξαρτηθεί από τον τύπο της ασβέστωσης, αν πρόκειται δηλαδή για ασβέστωση ανόρθωσης ή για ασβέστωση συντήρησης.

Στην πρώτη μορφή, γνωστή και με τον όρο Βασική, η οποία αποσκοπεί στην ανόρθωση του pH ενός εδάφους στο επιθυμητό επίπεδο, επιλέγουμε υλικά ταχείας δράσης όπως  $\text{CaO}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ενώ στη δεύτερη μορφή, η οποία εφαρμόζεται περιοδικά για να αναπληρώνει τις απώλειες του  $\text{Ca}$ , επιλέγουμε υλικά που ενεργούν βραδύτερα όπως το  $\text{CaCO}_3$ .

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται χαρακτηριστικά ο ρυθμός δράσης των εδαφοβελτιωτικών κατά την ασβέστωση ανόρθωσης και συντήρησης.



Σχηματική πορεία του pH των εδαφών  
Γαχύτητα δράσης των ασβεστούχων υλικών



## **7.4.Σημασία του μεγέθους της ασβεστόπετρας**

### **7.4.1.Μορφή χρησιμοποιούμενου ασβέστη**

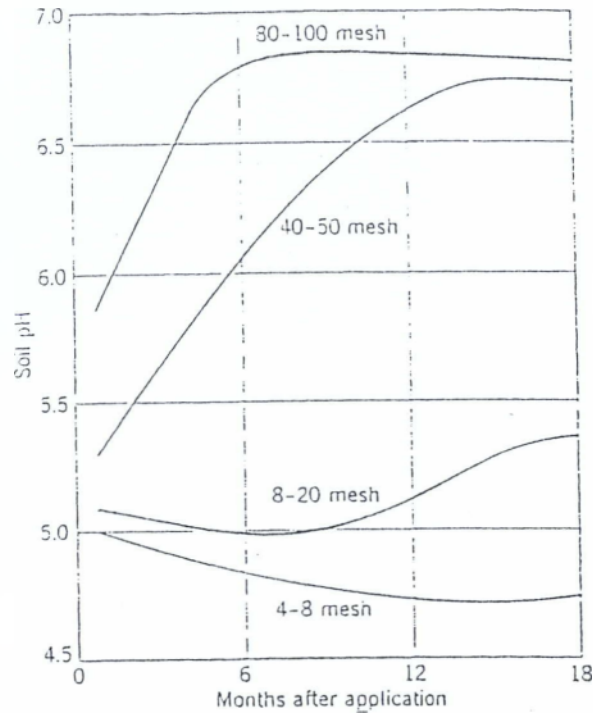
Προτού περιγράψουμε τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούμε τα ασβεστούχα υλικά, κρίνεται σκόπιμο να εξετάσουμε το μέγεθος και την μορφή, με τα οποία αυτά πρέπει να προστίθενται στο έδαφος.

Κατ' αρχήν πρέπει να γνωρίζουμε ότι για να δράσει αποτελεσματικά η ασβεστόπετρα, θα πρέπει να αντιδράσει με τα οξέα του εδάφους, και ότι η ταχύτητα αυτής της αντίδρασης εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος της επιφάνειας των σωματιδίων της ασβεστόπετρας. Όσο πιο λεπτά είναι τα σωματίδια, τόσο πιο μεγάλη είναι η επιφάνειά τους που εκτίθεται στο διάλυμα και συνεπώς τόσο πιο γρήγορα θα διαλυθούν και θα αναμειχθούν με το έδαφος.

Βέβαια, πρέπει να επισημάνουμε ότι όσο πιο λεπτοδιαμερισμένα είναι τα υλικά ασβέστωσης, τόσο πιο πολύ κοστίζουν και τόσο λιγότερο διαρκούν οι μονιμότερες επιδράσεις τους.

Γενικά συνιστάται σαν το πιο οικονομικό και εμπορεύσιμο, το υλικό το οποίο έχει μια μέση κατάσταση λεπτοδιαμερισμού, διότι απ' τη μια πλευρά περιέχει αρκετές ποσότητες λεπτόκοκκων υλικών που συνεισφέρουν στην σχετικά γρήγορη εξουδετέρωση της οξύτητας αλλά απ' την άλλη και αρκετές χονδρόκοκκων αποβλέπουν σε ένα πιο διαρκές και μονομιότερο αποτέλεσμα.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η επίδραση των λεπτόκοκκων και χονδρόκοκκων υλικών, του δολομίτη, στο pH του εδάφους, κατά τη διάρκεια μερικών μηνών.



Παρατηρούμε ότι υλικά των 80-100mesh μεταβάλλουν πολύ πιο γρήγορα και σημαντικά την αντίδραση του εδάφους από ότι τα υλικά των 8-20mesh ή των 4-8mesh.

Επίσης υλικά των 40-50mesh μεταβάλλουν λίγο πιο αργά αλλά αποτελεσματικά την αντίδραση του εδάφους.

Όσον αφορά τη μορφή με την οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο ασβέστης υπάρχουν διάφορες περιπτώσεις μερικές απ' τις οποίες είναι:

α) Κονιορτοποιημένος ασβέστης, που αποτελεί το πιο οικονομικό υλικό ασβέστωσης. Σκορπίζει εύκολα στον αγρό και δεν παρουσιάζει τις καυστικές ιδιότητες των άλλων υλικών επί του δέρματος.

β) Υδράσβεστος η οποία είναι λεπτότερα κονιορτοποιημένη απ' ότι η ασβεστόπετρα, διαλύεται πιο εύκολα και δρα ταχύτερα. Συνήθως προτιμάται έναντι άλλων υλικών ασβέστωσης σε περιπτώσεις καλλιεργειών λαχανικών υψηλής αξίας.

γ) Υπερψημένος ασβέστης ο οποίος δρα πιο γρήγορα απ' ότι η κονιορτοποιημένη ασβεστόπετρα γι' αυτό και πολλοί καλλιεργητές τον προτιμούν, αφού έτσι επιταχύνουν την αύξηση των φυτών και κατ' επέκταση των κερδών τους. Αν τελικά συμφέρει η χρήση υπερψημένου ασβέστη αυτό εξαρτάται από την ικανότητα εξουδετέρωσης, την τιμή αγοράς και τα μεταφορικά.

δ) Παραπροϊόντα ασβέστη, τα οποία είναι στη διάθεση των καλλιεργητών, για τη βελτίωση εδαφών και προέρχονται από διάφορες βιομηχανίες, όπως βιομηχανία σακχάρους, χαρτοβιομηχανίας, εργοστάσια ακετυλενίου, τα οποία όμως περιέχουν μεγάλα ποσά νερού που καθιστούν δύσκολα το σκόρπισμα στον αγρό. Επίσης ασβεστούχο παραπροϊόν είναι η στάχτη που προέρχεται από την καύση των ξύλων, που μπορεί να περιέχει μέχρι 50%  $\text{CaCO}_3$  και μέχρι 5%  $\text{K}_2\text{CO}_3$  όλα κατάλληλα για εξουδετέρωση οξέων.

Γενικά, η χρήση όλων αυτών των προϊόντων πρέπει να γίνεται με περίσκεψη, διότι μπορεί να περιέχουν και τοξικές προσμίξεις.

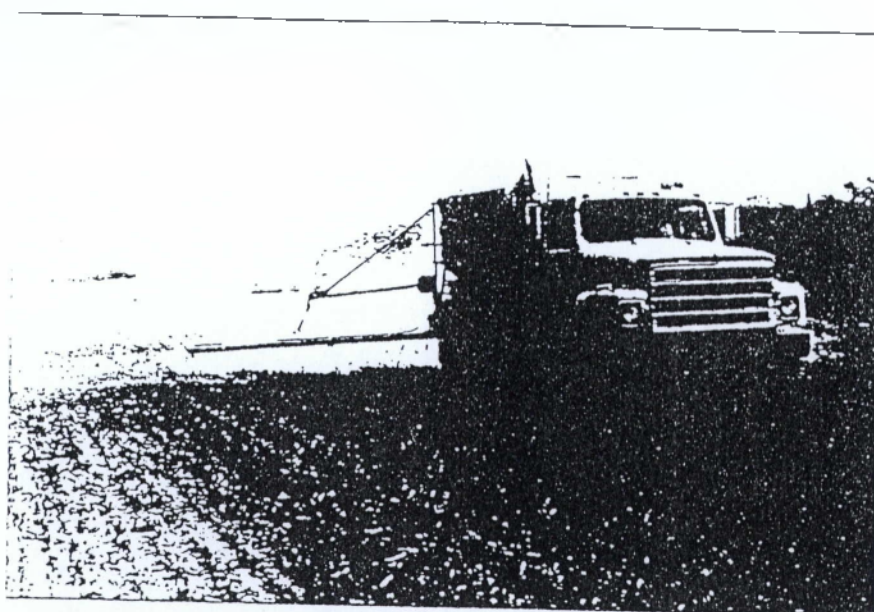
Βασικοί κανόνες για το πώς πρέπει να χρησιμοποιούνται τα υλικά ασβέστωσης

Προκειμένου να έχουμε σίγουρα και καλά αποτελέσματα για τη βελτίωση του εδάφους είναι απαραίτητο να ακολουθούμε κάποιους βασικούς κανόνες, για τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να χρησιμοποιούμε τα υλικά ασβέστωσης.

Έτσι:

- 1) Τα ασβεστούχα υλικά μπορούν να διασπείρονται με λιπασματοδιανομείς και να ενσωματώνονται στον επιφανειακό ορίζοντα του εδάφους σε πάχος 20-30cm.

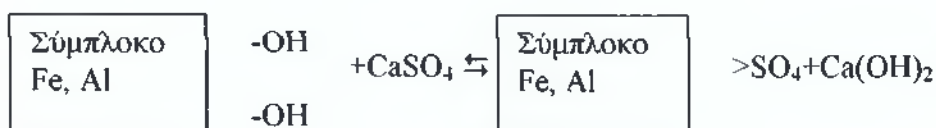
Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η ομοιόμορφη διασπορά ασβεστούχου υλικού, από ειδικά εξοπλισμένο φορτηγό.



- 2) Τα υλικά προκειμένου να ανακατεύονται καλά και να επιτυγχάνεται η πλήρης και ομοιόμορφη διανομή τους θα πρέπει μετά την προσθήκη τους στο έδαφος, αυτό να οργώνεται και να σβαρνίζεται.
- 3) Στην περίπτωση υλικών που περιέχουν CaO αυτά πρέπει να προστίθενται στο έδαφος αφού μετασχηματιστούν Ca(OH)<sub>2</sub> σε με την επίδραση της ατμοσφαιρικής ή εδαφικής υγρασίας.
- 4) Προκειμένου να εξασφαλίσουμε την ασβέστωση του υπεδάφους, που είναι αρκετά χρήσιμο για καλλιέργειες με βαθύ ριζικό σύστημα οι οποίες μπορούν να εκμεταλλευτούν τα θρεπτικά συστατικά και την υγρασία του υπεδάφους, αλλά και γενικότερα χρήσιμο για τη βελτίωση του επιφανειακού ορίζοντα. Αμερικανοί ερευνητές πρότειναν την χρήση γύψου. (CaSO<sub>4</sub>, 2H<sub>2</sub>O)

Υποστηρίζουν ότι ο γύψος διαλύεται αργά και εκπλύνεται στο υπεδάφος, μειώνοντας την τοξικότητα του Al<sup>3+</sup> και αυξάνοντας την απόδοση των καλλιεργούμενων φυτών μέσα σε διάστημα ενός έτους.

Η αύξηση των ιόντων Ca<sup>++</sup> γίνεται απευθείας με την προσθήκη του γύψου (CaSO<sub>4</sub>, 2H<sub>2</sub>O) ενώ η μείωση των ιόντων Al<sup>3+</sup> γίνεται σταδιακά με μηχανισμούς αντίδρασης όπως οι παρακάτω:



Το  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  αντιδρά με τα ιόντα  $\text{Al}^{+3}$  σχηματίζοντας αδιάλυτο γυψίτη  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .



5) Θα πρέπει να γίνεται προσθήκη ασβέστη για λόγους συντήρησης και ανανέωσης των αποθεμάτων του ασβέστη. Το χρονικό διάστημα που περνά από τη στιγμή της βελτίωσης μέχρι το έδαφος να ξαναγίνει εκ νέου όξινο εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως:

α) Κλιματολογικές συνθήκες (όσο μεγαλύτερη η βροχόπτωση τόσο μεγαλύτερη η ανάγκη για προσθήκη μεγάλων ποσοτήτων και συχνής χρήσης ασβέστη).

β) Μηχανική σύσταση, δομή, κλίση επιφάνειας, υδατοχωρητικότητα, ρυθμιστική ικανότητα του εδάφους. Για παράδειγμα τα αμμώδη εδάφη χρειάζονται συχνότερα και σε μικρές ποσότητες ασβέστη σε σχέση με τα βαριά.

γ) Σύστημα καλλιέργειας. Όσο πιο εντατική είναι η καλλιέργεια του εδάφους και όσο πιο πολλά λιπάσματα χρησιμοποιούνται τόσο πιο συχνά θα πρέπει να ασβεστώνεται το έδαφος. Γενικά η συντήρηση του εδάφους απαιτεί χρήση ασβέστη κάθε 4 περίπου χρόνια. Προκειμένου, όμως να εντοπίζεται ακριβώς ο χρόνος, συνιστάται συχνός προσδιορισμός του pH του εδάφους.

6) Η καλύτερη εποχή για μια επιτυχημένη ασβέστωση στη χώρα μας είναι τα τέλη Φθινοπώρου, γιατί οι σχετικά υψηλές βροχοπτώσεις του χειμώνα που ακολουθούν βοηθούν και προάγουν την εξουδετέρωση της όξινης



αντίδρασης. επίσης, η καυστική αντίδραση του  $\text{CaO}$  και  $\text{Ca(OH)}_2$  που θα μπορούσε να προκαλέσει ζημιές στους σπόρους περιορίζεται σημαντικά, αφού μετασχηματίζονται σε λιγότερο καυστικές  $\text{Ca(OCH}_3)_2$  ή  $\text{CaCO}_3$ .

7) Η χρήση αμμωνιακών λιπασμάτων αμέσως μετά από ασβέστωση πρέπει να αποφεύγεται διότι η απώλεια αζώτου θα είναι πολύ μεγάλη. Συνιστάται η προσθήκη τους τουλάχιστον δυο εβδομάδες αργότερα.

## 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Απ' όλα τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε πόσο σημαντική και απαραίτητη είναι η βελτίωση όξινου εδάφους και πως μόνο μετά από καλή μελέτη, σύνεση και προσεκτικούς χειρισμούς είναι επιτυχής η πραγματοποίησή της.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Κυράκου Κ. Τσιτσιά. «Εδαφολογία». Αθήνα 1996: 141,145,148-149,182,191-197,199-203,219-224,227-236.
- 2) Κ.Π. Παναγιωτόπουλος. «Εδαφοφυσική». Θεσσαλονίκη: 1-25,95-116,119-147.
- 3) Δ. Κατακουζηνός. «Εδαφολογία και Λιπασματολογία Α'». «Προέλευσις- σύστασις- Ιδιότητες Εδάφους». Αθήνα 1967: 115-133,277-371.
- 4) Ν.Α Πολυζόπουλος. «Θέματα Εφηρμοσμένης Εδαφολογίας σχετικά με την Ελληνική Πραγματικότητα». Αθήνα 1956: 36-57.
- 5) Ιωάννης Λ. Κατράκης. «Η δι' απλών μέσων εξέτασις του εδάφους και του φυτού». «Καθορισμός αναγκών των καλλιεργειών εις λιπάσματα». Αθήνα 1956:119-122.
- 6) Γ. Παπαδόπουλος. «Βελτίωση όξινων εδαφών». ΤΕΙ Άρτας 1995: 1108-123.
- 7) Α.Β. Συμεωνάκης. «Αξιοποίηση εδαφών». Θεσσαλονίκη 1984: 1-8,15-17,55-73,76-88,93-100.
- 8) Καράτογλης Στέλιος. «Φυσιολογία Φυτών». Θεσσαλονίκη 1995:145-170.
- 9) «Η χρήση του Ασβέστη στη Γεωργία». Πληροφοριακό Δελτίο της Ασβεστοποιίας Ράικου Α.Ε. (Ανώνυμη Εταιρία Δομικών Υλικών) Ένωση (Παραγωγών) Ασβέστη των ΗΠΑ 1972:1-38.

- 10) «Έδαφος και Λίπανση». Γεωργική Τεχνολογία- Αφιέρωμα Λίπανση Θρέψη '94. Δρ. Ανδρέας Σαχάμπι. «Υποβαθμισμένα Εδάφη και βελτίωσή τους».
- 11) Nule C. Brady, Raymond R. Weil. "The Nature and properties of soils". New York 1984: 190-200,202-271-304.
- 12) Kim H.Tan. "Principles of soil chemistry". New York 1998: 22-234,243,245-251, 255,261,264-267.
- 13) W.Miller / Roy L. Donahue. "Soils". New York 1994 : 226-232,240,244.
- 14) «Λεξιλόγιο Εδαφολογικών όρων». Αγγλοελληνικό- Ελληνοαγγλικό Ελληνική Εδαφολογική Εταιρία. Θεσσαλονίκη 1991.
- 15) Νίκος Δ. Μισοπολίνος, καθηγητής Α.Π.Θ. Προβληματικά Εδάφη, Μελέτη, Πρόληψη, Βελτίωση, Θεσσαλονίκη, 1991.
- 16) Π. Καλτσικης, Κ. Τσιτσιάς, Κ. Χολεβας, Ν. Χουλιάρας, 1985, Εδαφολογία και θρέψη φυτών. Β' τάξη ΕΠΛ.