ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΙΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑΣ (Ν017Υ)

Για τους/τις φοιτητές/φοιτήτριες του 3ου εξαμήνου

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2015

ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΕΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ

Νικόλαος Μπαρμπαγιάννης, Καθηγητής

Αθηνά Παυλάτου-Βε, Καθηγήτρια

Σοφία Κωστοπούλου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Θεοδώρα Ματσή, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Ιωάννης Υψηλάντης, Επίκουρος Καθηγητής

Διονύσης Γασπαράτος, Επίκουρος Καθηγητής

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	Σελ.
1. Οδηγίες και Υποχρεώσεις για το Εργαστήριο του Μαθήματος «Εδαφολογία»	5
2. Εισαγωγικά	7
3. Γενικά για τους Υπολογισμούς	8
3.1. Μονάδες μάζας (ή βάρους) και όγκου	8
3.2. Βασικές έννοιες, ορισμοί και σχέσεις	9
3.3. Τρόποι έκφρασης της σύστασης των διαλυμάτων	10
3.4. Τρόποι έκφρασης της σύστασης εδάφους και φυτικού ιστού	13
3.5. Χρήση της χημικής αντίδρασης στους ποσοτικούς υπολογισμούς	14
4. Δειγματοληψία Εδάφους	15
4.1. Δειγματοληψία επίπεδης ομοιόμορφης έκτασης	15
4.2. Δειγματοληψία επίπεδης ανομοιόμορφης έκτασης	17
4.3. Μεταχείριση του δείγματος	17
4.4. Κατεργασία του δείγματος στο εργαστήριο	17
5. Η Κοκκομετρική Σύσταση του Εδάφους	18
5.1. Προσδιορισμός της κοκκομετρικής σύστασης (Μηχανική ανάλυση)	19
5.2. Μέθοδος του πυκνόμετρου (Μέθοδος Βουγιούκου)	19
5.2.1. Υλικά και Μέθοδοι	20
5.2.2. Υπολογισμοί	21
5.3. Κατάταξη του εδάφους	21
6. Η Οργανική Ουσία του Εδάφους	24
6.1. Προσδιορισμός του οργανικού C (Μέθοδος υγρής οξείδωσης)	24
6.1.1. Υλικά και Μέθοδοι	25
6.1.2. Υπολογισμοί	26
7. Το Ανθρακικό Ασβέστιο (ελεύθερο, ισοδύναμο) του Εδάφους	29
7.1. Προσδιορισμός του ανθρακικού ασβεστίου (Μέθοδος του ασβεστόμετρου)	29
7.1.1. Υλικά και Μέθοδοι	29
7.1.2. Υπολογισμοί	30

8. Η Αντίδραση (pH) του Εδάφους	32
8.1. Προσδιορισμός του pH σε αιώρημα εδάφους	32
8.1.1. Υλικά και Μέθοδοι	33
8.2. Διόρθωση του pH των όξινων εδαφών	34
8.2.1. Υλικά και Μέθοδοι	34
9. Τα Υδατοδιαλυτά Άλατα του Εδάφους	37
9.1. Παρασκευή αιωρήματος εδάφους-νερού 1:1 και παραλαβή του υδατικού εκχυλίσματος	39
9.2. Προσδιορισμοί στο υδατικό εκχύλισμα	40
9.2.1. Προσδιορισμός της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC)	40
9.2.2. Προσδιορισμός των υδατοδιαλυτών κατιόντων	40
9.2.3. Προσδιορισμός των υδατοδιαλυτών ανιόντων	41
10. Τα Ανταλλάξιμα Κατιόντα και η Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (ΙΑΚ) του Εδάφους	45
10.1. Προσδιορισμός των ανταλλαξίμων κατιόντων (Μέθοδος οξικού αμμωνίου, 1 N, pH 7)	45
10.1.1. Υλικά και Μέθοδοι	46
10.1.2. Υπολογισμοί	46
10.2. Προσδιορισμός της ΙΑΚ (Μέθοδος οξικού νατρίου, 1 N, pH 8,2 - οξικού αμμωνίου, 1 N, pH 7)	47
10.2.1. Υλικά και Μέθοδοι	47
10.2.2. Υπολογισμοί	58

1. Οδηγίες και Υποχρεώσεις για το Εργαστήριο του Μαθήματος «Εδαφολογία»

➔ Το Εργαστήριο του μαθήματος «**Εδαφολογία**» (**N017Y**) περιλαμβάνει 7 ασκήσεις που αφορούν βασικές ιδιότητες των εδαφών και ολοκληρώνονται σε 4 εργαστήρια, διάρκειας 3 ωρών το καθένα.

➔ Για την καλύτερη και ασφαλέστερη εκπαίδευση των φοιτητών/τριών τα εργαστήρια πραγματοποιούνται σε μικρές ομάδες φοιτητών/τριών και σε 2 κύκλους (Α και Β κύκλος).

➔ Μετά το πέρας των 2 κύκλων ακολουθούν ενιαίες εξετάσεις του Εργαστηρίου.

➔ Προκειμένου να θεωρηθεί επιτυχής η παρακολούθηση του Εργαστηρίου, ο/η φοιτητής/τρια πρέπει:

- να παρακολουθήσει όλα τα εργαστήρια (4) ενός από τους δύο κύκλους,
- να παραδώσει στον/στην αντίστοιχο/η διδάσκοντα/ουσα εργασία, η οποία θα περιλαμβάνει τις ασκήσεις με τα αποτελέσματά τους,
- να περάσει επιτυχώς τις εξετάσεις του Εργαστηρίου.

➔ Η εργασία συνυπολογίζεται στο βαθμό του Εργαστηρίου.

➔ **<u>Η επιτυχής παρακολούθηση του Εργαστηρίου αποτελεί προϋπόθεση για τη συμμετοχή στις εξετάσεις του μαθήματος</u>**.

➔ **<u>Ο βαθμός του Εργαστηρίου συμμετέχει σε ποσοστό 20 % στον τελικό βαθμό του μαθήματος, μόνο εφόσον ο βαθμός της Θεωρίας είναι τουλάχιστον 4.</u>**

➔ Κατά τη διεξαγωγή των εργαστηριακών ασκήσεων:

- Η χρήση εργαστηριακής ποδιάς είναι **απαραίτητη και υποχρεωτική**.
- Ακολουθείτε πιστά τις οδηγίες των αντίστοιχων Σημειώσεων.
- Θεωρείστε ότι **όλα τα διαλύματα** που χρησιμοποιείτε είναι **τοξικά ή καυστικά**. Γι' αυτό στο τέλος της άσκησης πλύνετε καλά τα χέρια σας με άφθονο **νερό** βρύσης.
- **Μη συνωστίζεστε** γύρω από συσκευές ή όργανα μετρήσεων, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται κατά την άσκηση διαλύματα οξέων.
- Σε περίπτωση οποιασδήποτε βλάβης, φθοράς ή μικροατυχήματος απευθύνεστε **αμέσως** στον/στην διδάσκοντα/ουσα.

➔ **Το νερό** (H_2O) που χρησιμοποιείται στις αναλύσεις ή για πλύσιμο των σκευών είναι **απιονισμένο ή απεσταγμένο** και περιέχεται σε πλαστικά δοχεία (**υδροβολείς**). Οι υδροβολείς περιέχουν και πρέπει να περιέχουν **μόνο** απιονισμένο ή απεσταγμένο H_2O και **δεν επιτρέπεται** η χρήση τους για τη μετάγγιση διαφόρων διαλυμάτων ή η πλήρωσή τους με νερό βρύσης.

➔ **Ξεπλένετε** με άφθονο νερό **τους νεροχύτες**, ειδικά όταν αποχύνετε εδαφικά αιωρήματα, χρωματισμένα διαλύματα ή πυκνά διαλύματα οξέων. Στο τέλος της άσκησης **τα σκεύη** που χρησιμοποιούνται **παραδίδονται όπως παραλαμβάνονται**. Δηλαδή, ξεπλένονται με νερό της βρύσης, εφόσον είναι απαραίτητο, και ακολούθως **οπωσδήποτε** με απιονισμένο ή απεσταγμένο H_2O και τοποθετούνται στο ντουλάπι τους.

➔ Εφόσον ο χρόνος το επιτρέπει, οι υπολογισμοί για κάθε εργαστηριακή άσκηση γίνονται κατά την διάρκεια διεξαγωγής της άσκησης.

2. Εισαγωγικά

Οι εργαστηριακές ασκήσεις του μαθήματος «Εδαφολογία» έχουν ως σκοπό τη συμπλήρωση των θεωρητικών γνώσεων που παρέχονται στις παραδόσεις του μαθήματος με πρακτικές-εργαστηριακές γνώσεις. Δηλαδή, οι ασκήσεις αποτελούν εφαρμογή των εδαφολογικών γνώσεων σε συνθήκες εργαστηρίου. Ένας επιπλέον σκοπός αυτών των ασκήσεων είναι η εισαγωγή των φοιτητών/τριών στην Εδαφολογική Ανάλυση.

Λόγω του περιορισμένου διαθεσίμου χρόνου και της έλλειψης προσωπικού και εργαστηριακών υποδομών, οι εργαστηριακές ασκήσεις Εδαφολογίας διαρκούν **μόνο** 4 εβδομάδες (ένα 3ωρο την κάθε εβδομάδα) και περιλαμβάνουν τον προσδιορισμό μιας φυσικής και 6 χημικών ιδιοτήτων του εδάφους, που είναι:

- η κοκκομετρική σύσταση,
- η περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα (C) και οργανική ουσία,
- η περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο ($CaCO_3$),
- η αντίδραση (pH),
- η περιεκτικότητα σε υδατοδιαλυτά άλατα,
- η περιεκτικότητα σε ανταλλάξιμα κατιόντα,
- η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (ΙΑΚ).

Όλες οι προαναφερόμενες ιδιότητες προσδιορίζονται σε εδαφικά δείγματα, δηλαδή σε μικρές ποσότητες εδαφών που έχουν ληφθεί από διάφορες περιοχές της χώρας μας και έχουν υποστεί την κατάλληλη προκατεργασία.

3. Γενικά για τους Υπολογισμούς

Στους υπολογισμούς, που αφορούν τις συγκεκριμένες εργαστηριακές ασκήσεις και όχι μόνο, συνήθως χρησιμοποιείται **η απλή μέθοδος των τριών**. Κατά την εφαρμογή της απλής μεθόδου των τριών, η πρώτη σειρά προκύπτει από γνωστή σχέση από τη θεωρία ή από κάποια αντίδραση και η δεύτερη σειρά αφορά τα εκάστοτε δεδομένα. **Πολλοί υπολογιστικοί τύποι προκύπτουν από μια απλή μέθοδο των τριών ή από συνδυασμό περισσοτέρων της μιας.**

Επίσης, επισημαίνεται ότι **κατά την εκτέλεση των υπολογισμών οι αριθμοί συνοδεύονται <u>πάντα</u> από τις μονάδες τους**. Μ' αυτόν τον τρόπο ελέγχεται η ορθότητα των υπολογισμών. Τέλος, **<u>για να είναι πλήρης και ορθή η παρουσίαση ενός αποτελέσματος, πρέπει εκτός από το αποτέλεσμα να αναφέρονται οι μονάδες του και η ιδιότητα που αυτό εκφράζει</u>**.

3.1. Μονάδες μάζας (ή βάρους) και όγκου

Τα προθέματα μονάδων και οι μονάδες μάζας και όγκου, που **συνήθως** χρησιμοποιούνται, αναφέρονται παρακάτω.

- ➔ **Προθέματα μονάδων**: Mega ($M = 10^6$), kilo ($k = 10^3$), deci ($d = 10^{-1}$), centi ($c = 10^{-2}$), milli ($m = 10^{-3}$), micro ($\mu = 10^{-6}$).
- ➔ **Μονάδες μάζας (ή βάρους) (m ή w)**: Mg (**Mg ≡ t**), kg, g, mg, μg.
- ➔ **Μονάδες όγκου (v)**: m^3, L, mL (**mL ≡ cm^3**), μL.
- ➔ Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι **σε κάθε μια** από τις 2 σειρές μονάδων ισχύει: για τη μετατροπή **μιας μονάδας στην αμέσως επόμενη μικρότερη** πολλαπλασιάζουμε με 10^3 (**• 10^3**) και επομένως για τη μετατροπή **μιας μονάδας στην αμέσως προηγούμενη μεγαλύτερη** διαιρούμε με 10^3 (**/ 10^3**). Παραδείγματα: 1 kg = 10^9 μg, 1 m^3 = 10^6 mL, 1 μg = 10^{-6} g, 1 μL = 10^{-6} L.

3.2. Βασικές έννοιες, ορισμοί και σχέσεις

➔ Γραμμομόριο (**mol**): το mol οποιασδήποτε ουσίας (στοιχείο, ένωση, ιόν, ρίζα) έχει **μάζα** (**g**) ίση με **το άθροισμα των ατομικών βαρών** των στοιχείων από τα οποία αποτελείται. Παραδείγματα: K (39 g), Na (23 g), Ca (40 g), Mg (24 g), H (1 g), H_2 (2 g), O (16 g), O_2 (32 g), H_2SO_4 (98 g), NaOH (40 g), NaCl (58,5 g), Fe^{+2} και Fe^{+3} (56 g), SO_4^{-2} (96 g), NO_3^- (62 g).

➔ Αριθμός οξείδωσης (**αρ. οξ.**) ενός στοιχείου είναι το πραγματικό ή φαινομενικό **φορτίο** που αποκτά το στοιχείο μετά από αποβολή, πρόσληψη ή συνεισφορά ηλεκτρονίων. Ένα στοιχείο μπορεί να εμφανίζεται με περισσότερους από έναν αρ. οξ. Παράδειγμα: Ο συνηθέστερος αρ. οξ. του Cl μέσα σε ενώσεις ή ιόντα είναι -1. Όμως, το Cl εμφανίζεται και με τους αρ. οξ. +1, +3, +5, +7, καθώς επίσης και με 0 σαν ελεύθερο στοιχείο (Cl_2). Για την εύρεση του αρ. οξ. ενός στοιχείου που βρίσκεται σε μια ουσία, συνήθως είναι αρκετή η γνώση των παρακάτω: α) Εάν η ουσία είναι ένωση, τότε το μόριό της έχει συνολικό φορτίο 0, ενώ αν είναι ιόν τότε το συνολικό φορτίο της είναι το φορτίο του ιόντος. β) Μέσα σε ουσίες, οι συνήθεις αρ. οξ. ορισμένων στοιχείων είναι: H, K και Na +1, Ca και Mg +2, O -2.

➔ Χημικό ισοδύναμο (**XI ή eq**): το eq οποιασδήποτε ουσίας (στοιχείο, ένωση, ιόν, ρίζα) έχει **μάζα** (**g**) ίση με **το βάρος του mol / αρ. οξ.**, (απόλυτη τιμή του αρ. οξ.) και επομένως αντιστοιχεί στο mol / αρ. οξ. **Ο αριθμός οξείδωσης και επομένως το χημικό ισοδύναμο μιας ουσίας εξαρτάται στενά από το χημικό χαρακτήρα της και επομένως από τις αντιδράσεις που αυτή συμμετέχει.** Συγκεκριμένα, αν η ουσία είναι ένωση και λαμβάνει μέρος σε **αντίδραση διπλής αντικατάστασης** (π.χ. **εξουδετέρωση**), όπου δε μεταβάλλονται οι αρ. οξ., τότε ο αρ. οξ. (απόλυτη τιμή) ταυτίζεται **συνήθως** με **το συνολικό θετικό ή αρνητικό φορτίο** των τμημάτων της ένωσης. Έτσι, αν η ένωση είναι οξύ τότε ο αρ. οξ. ισούται **συνήθως** με τον αριθμό των H του οξέος, ενώ αν είναι βάση (υδροξείδιο) τότε ο αρ. οξ. ισούται **συνήθως** με τον αριθμό των OH της βάσης. Παραδείγματα: α) Οξέα: ο αρ. οξ. είναι 1 για το HCl, 2 για το H_2SO_4, 3 για το H_3PO_4. β) Βάσεις: ο αρ. οξ. είναι 1 για το NaOH, 2 για το $Ca(OH)_2$. γ) Άλατα: ο αρ. οξ. είναι 1 για το NaCl, 2 για το $CaCO_3$, 6 για το $Ca_3(PO_4)_2$. Αν όμως η ένωση λαμβάνει μέρος σε **αντίδραση**

οξειδοαναγωγής, όπου μεταβάλλονται οι αρ. οξ. 2 στοιχείων, που βρίσκονται μέσα στα μόρια 2 διαφορετικών ενώσεων, αντίστοιχα, τότε ο αρ. οξ. για την ένωση ισούται με **τη συνολική μεταβολή του αρ. οξ.** εκείνου του στοιχείου της ένωσης, το οποίο οξειδώνεται ή ανάγεται. Παραδείγματα: α) Το HNO_3 είναι οξύ, αλλά μπορεί να δρα και ως οξειδωτικό (το N είναι το στοιχείο που ανάγεται). Εάν το προϊόν της αντίδρασης είναι το NO_2, τότε η συνολική μεταβολή του αρ. οξ. του N είναι 1 και επομένως ο αρ. οξ. του HNO_3 είναι 1. Εάν όμως το προϊόν της αντίδρασης είναι το NO, τότε ο αρ. οξ. του HNO_3 είναι 3. β) Το $K_2Cr_2O_7$ είναι γνωστή οξειδωτική ένωση. Το Cr είναι το στοιχείο που ανάγεται ($Cr^{+6} \rightarrow Cr^{+3}$) και ο αρ. οξ. του μειώνεται κατά 3. Επειδή όμως η ένωση περιέχει 2 άτομα Cr, η συνολική μεταβολή του αρ. οξ. του Cr είναι (2 • 3 =) 6 και επομένως ο αρ. οξ. του $K_2Cr_2O_7$ είναι 6.

➔ Μεταξύ ισοδυνάμων και μάζας ισχύει η σχέση: **eqs = m (g) / XI (g)**.

➔ Μεταξύ ισοδυνάμων και γραμμομορίων ισχύει η σχέση: **eqs = moles • αρ.οξ.**

➔ Μεταξύ κανονικότητας (**N**) και γραμμομοριακότητας κατ' όγκο (**M**) ισχύει η σχέση: **N = M • αρ. οξ.**

3.3. Τρόποι έκφρασης της σύστασης των διαλυμάτων

Τα διαλύματα χαρακτηρίζονται από τον όγκο ή τη μάζα τους και την περιεκτικότητα σε διαλυμένη ουσία (ή διαλυμένες ουσίες), η οποία ονομάζεται **συγκέντρωση** (**C**). Η περιεκτικότητα σε διαλυμένη ουσία μπορεί να εκφραστεί με διάφορους τρόπους και οι συνηθέστεροι απ' αυτούς, καθώς και τι εκφράζουν αναφέρονται παρακάτω.

➔ Γραμμομοριακότητα κατ' όγκο ή Molarity (**M**): moles διαλυμένης ουσίας σε 1 L διαλύματος.

➔ Κανονικότητα ή Normality (**N**): eqs διαλυμένης ουσίας σε 1 L διαλύματος (**eq/L ≡ meq/mL**). Όταν η κανονικότητα του διαλύματος είναι 1, τότε το διάλυμα χαρακτηρίζεται ως **κανονικό** (**N**). [Ένας παρόμοιος τρόπος, συγκεκριμένα **meq/L**, χρησιμοποιείται στην έκφραση της περιεκτικότητας του εκχυλίσματος κορεσμού ή υδατικού εκχυλίσματος του εδάφους ή νερού άρδευσης σε υδατοδιαλυτά κατιόντα και ανιόντα. Ο τρόπος αυτός έκφρασης έχει πλέον αντικατασταθεί από τον αποδεκτό τρόπο, σύμφωνα με το Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI), $mmol_c/L$ ($mmol_c/L \equiv meq/L$).]

- Μέρη στο εκατομμύριο ή parts per million (**ppm**): μέρη βάρους διαλυμένης ουσίας σε 10^6 μέρη βάρους διαλύματος. Για **ανόργανα υδατικά διαλύματα**, εκφράζει mg διαλυμένης ουσίας σε 1 L διαλύματος ή μg διαλυμένης ουσίας σε 1 mL διαλύματος (**mg/L ≡ μg/mL**), σύμφωνα με το SI. (Εκτός από τα ανόργανα υδατικά διαλύματα, ο παραπάνω τρόπος χρησιμοποιείται για την έκφραση της περιεκτικότητας εδαφικών και φυτικών εκχυλισμάτων και νερών άρδευσης σε διάφορα στοιχεία). Όταν η έκφραση **ppm** (για τις περιπτώσεις που αναφέρονται προηγουμένως) χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς, αντικαθίσταται **<u>αμέσως</u>** με **mg/L ή μg/mL**.
- **%**: μέρη w ή v διαλυμένης ουσίας σε 100 μέρη w ή v διαλύματος. Από τους παραπάνω 4 δυνατούς συνδυασμούς μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι ακόλουθοι.
  - % βάρος κατ' όγκο (% w/v): g διαλυμένης ουσίας σε 100 mL διαλύματος. Είναι **ο πλέον χρησιμοποιούμενος τρόπος έκφρασης της περιεκτικότητας %** και για τα ανόργανα υδατικά διαλύματα συνήθως αναφέρεται % κατ' όγκο (**% κ.ο.**).
  - % όγκος κατ' όγκο (% v/v): mL διαλυμένης ουσίας σε 100 mL διαλύματος.
  - % βάρος κατά βάρος (% w/w): g διαλυμένης ουσίας σε 100 g διαλύματος. Ο τρόπος αυτός χρησιμοποιείται κυρίως σε πυκνά υδατικά διαλύματα οξέων ή βάσεων και συνήθως αναφέρεται % κατά βάρος (**% κ.β.**) **ή απλά %.** Ορισμένες φορές απαιτείται η μετατροπή αυτού του τρόπου σε άλλον τρόπο έκφρασης και για τέτοιου είδους μετατροπές απαραίτητη είναι η χρήση της τιμής της πυκνότητας (**d**) του διαλύματος. Έτσι, υπενθυμίζεται ότι πυκνότητα μιας ουσίας είναι ο λόγος μάζας προς τον όγκο, που καταλαμβάνει η συγκεκριμένη μάζα **της ίδιας** ουσίας, **d = m / V**, και οι μονάδες που συνήθως εκφράζεται είναι **g/mL** (**g/mL ≡ g/cm^3**). **Η πυκνότητα δεν πρέπει να συγχέεται με ορισμένο τρόπο έκφρασης της περιεκτικότητας (την % κ.ο.).**

Συναφώς με τα παραπάνω πρέπει να τονιστούν τα ακόλουθα.

➔ Εάν σ' ένα διάλυμα περιέχονται περισσότερες από μια διαλυμένες ουσίες, στην καθεμιά θα αντιστοιχεί κάποια συγκεκριμένη συγκέντρωση.

➔ **Η συγκέντρωση (C) και ο όγκος ενός διαλύματος (V) είναι μεγέθη που μεταβάλλονται αντιστρόφως ανάλογα.** Δηλαδή, όσες φορές αραιώνεται ένα διάλυμα, τόσες φορές υποπολλαπλασιάζεται η συγκέντρωσή του και όσες φορές συμπυκνώνεται ένα διάλυμα τόσες φορές πολλαπλασιάζεται η συγκέντρωσή του. Το παραπάνω έχει τις ακόλουθες πρακτικές εφαρμογές.

- Όταν προσδιορίζεται η συγκέντρωση μιας ουσίας σ' ένα αραιωμένο διάλυμα, τότε η τιμή αυτή πρέπει να πολλαπλασιάζεται με την αραίωση για να βρεθεί η συγκέντρωση της ουσίας στο αρχικό διάλυμα. Παράδειγμα: Μετρήθηκε η συγκέντρωση Ca σε αραίωση 1:100 (ή αλλιώς 100 φορές αραίωση) ενός διαλύματος και βρέθηκε 2,13 ppm. Άρα η αρχική συγκέντρωση του Ca είναι (2,13 • 100 =) 213 ppm.
- Στο εργαστήριο πολλές φορές παρασκευάζονται διαλύματα μιας ουσίας από αρχικά πυκνά διαλύματα της ίδιας ουσίας με αραίωση. Στις περιπτώσεις αυτές είναι γνωστά η συγκέντρωση του αρχικού (πυκνού) διαλύματος $\mathbf{C_A}$, η συγκέντρωση ($\mathbf{C_T}$) και ο όγκος ($\mathbf{V_T}$) του τελικού (αραιού) διαλύματος, που πρόκειται να παρασκευασθεί και πρέπει να υπολογισθεί ο όγκος ($\mathbf{V_A}$) του αρχικού διαλύματος, που πρέπει να αραιωθεί. Για τον υπολογισμό μπορεί να χρησιμοποιηθεί η σχέση $\mathbf{C_A \cdot V_A = C_T \cdot V_T}$ (**τύπος της αραίωσης**) (**όλες οι παράμετροι εκφράζονται στις ίδιες μονάδες στα 2 μέρη της σχέσης**). Η παραπάνω σχέση μπορεί να εφαρμοσθεί για **οποιονδήποτε τρόπο έκφρασης της συγκέντρωσης**. Παράδειγμα: Να υπολογισθεί ό όγκος διαλύματος K, 1000 ppm, που πρέπει να αραιωθεί σε όγκο 50 mL, για την παρασκευή διαλύματος K, 200 ppm. Με την εφαρμογή της παραπάνω σχέσης προκύπτει ότι: 1000 ppm • V = 200 ppm • 50 mL ↔ V = 10 mL.

3.4. Τρόποι έκφρασης της σύστασης εδάφους και φυτικού ιστού

Η περιεκτικότητα ενός συστατικού του εδάφους ή φυτικού ιστού μπορεί να εκφραστεί με διάφορους τρόπους. Οι συνηθέστεροι απ' αυτούς, καθώς και τι εκφράζουν αναφέρονται παρακάτω.

- ➔ % βάρος κατά βάρος (% w/w): g συστατικού σε 100 g εδάφους ή φυτικού ιστού. Ο τρόπος αυτός χρησιμοποιείται κυρίως στην έκφραση της περιεκτικότητας εδάφους ή φυτικού ιστού σε ολικά ποσά μακροστοιχείων και συνήθως αναφέρεται % κατά βάρος (**% κ.β.**) **ή απλά %**.
- ➔ Μέρη στο εκατομμύριο ή parts per million (**ppm**): μέρη βάρους συστατικού σε 10^6 μέρη βάρους εδάφους ή φυτικού ιστού. Σύμφωνα με το SI εκφράζει mg συστατικού σε 1 kg εδάφους ή φυτικού ιστού ή μg συστατικού σε 1 g εδάφους ή φυτικού ιστού (**mg/kg ≡ μg/g**). Ο τρόπος αυτός χρησιμοποιείται κυρίως στην έκφραση της περιεκτικότητας εδάφους σε διαθέσιμα ποσά στοιχείων και στην έκφραση της περιεκτικότητας εδάφους ή φυτικού ιστού σε ολικά ποσά μικροστοιχείων. Όταν η έκφραση **ppm** (**για εδάφη ή φυτικούς ιστούς**) χρησιμοποιείται σε υπολογισμούς, αντικαθίσταται **<u>αμέσως</u>** με **mg/kg ή μg/g**.
- ➔ **meq/100g** εδάφους: meq συστατικού σε 100 g εδάφους. Ο τρόπος αυτός χρησιμοποιείται κυρίως στην έκφραση της περιεκτικότητας του εδάφους σε ανταλλάξιμα κατιόντα, καθώς επίσης και στην έκφραση της τιμής της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων και έχει πλέον αντικατασταθεί από τον αποδεκτό τρόπο, σύμφωνα με το SI, $cmol_c/kg$ ($cmol_c/kg \equiv meq/100g$).

3.5. Χρήση της χημικής αντίδρασης στους ποσοτικούς υπολογισμούς

➔ **Όλες οι ουσίες αντιδρούν, παράγονται, αντικαθίστανται, ανταλλάσσονται σε ισοδύναμες ποσότητες.** Επομένως, σε κάθε αντίδραση, η οποία στο εργαστήριο γίνεται συνήθως με την τεχνική της ογκομέτρησης ή τιτλοδότησης, οι ποσότητες των ουσιών που αντιδρούν είναι ισοδύναμες. Δηλαδή, αν οι ουσίες που αντιδρούν είναι οι A και B, τότε ισχύει: $\mathbf{eq_A = eq_B}$. Εφόσον οι ουσίες αντιδρούν με τη μορφή διαλυμάτων, τότε η προηγούμενη σχέση μπορεί να πάρει τη μορφή $\mathbf{N_A \cdot V_A = N_B \cdot V_B}$ (**τύπος της ογκομέτρησης**), όπου N_A, N_B οι κανονικότητες των διαλυμάτων των ουσιών A και B και V_A, V_B οι όγκοι των διαλυμάτων των ουσιών A και B που αντέδρασαν (**όλες οι παράμετροι εκφράζονται στις ίδιες μονάδες στα 2 μέρη της σχέσης**). Παράδειγμα: Κατά τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των υδατοδιαλυτών Cl^- σ' ένα έδαφος, έγινε ογκομέτρηση 5 mL του εκχυλίσματος κορεσμού του εδάφους με διάλυμα 0,01 N $AgNO_3$ και καταναλώθηκε 1 mL του διαλύματος. Με εφαρμογή της παραπάνω σχέσης προκύπτει: [Cl] • 5 mL = 0,01 eq/L • 1 mL ↔ [Cl] = 0,002 eq/L ↔ [Cl] = 2 meq/L. **Ο τύπος της ογκομέτρησης δεν πρέπει να συγχέεται με τον τύπο της αραίωσης.** Από τις διάφορες εκφράσεις συγκέντρωσης, **<u>μόνον</u> η κανονικότητα (N) μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον τύπο της ογκομέτρησης**.

➔ Εναλλακτικά, για τους ποσοτικούς υπολογισμούς μπορεί να γραφεί η αντίδραση και να χρησιμοποιηθεί **η στοιχειομετρία** της, η οποία εκφράζει **αναλογία moles** αντιδρώντων και προϊόντων.

4. Δειγματοληψία Εδάφους

Η εδαφολογική ανάλυση αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για το χαρακτηρισμό των εδαφών, την ταξινόμησή τους, την διάγνωση προβληματικών καταστάσεων στα εδάφη και τις οδηγίες λίπανσης των καλλιεργειών (κυρίως των ετήσιων). Η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων της εδαφολογικής ανάλυσης και επομένως και η ερμηνεία της εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την αντιπροσωπευτικότητα του εδαφικού δείγματος. Επομένως, η σωστή δειγματοληψία του εδάφους στόχο έχει τη λήψη αντιπροσωπευτικού εδαφικού δείγματος από μια ορισμένη έκταση, ώστε μετά τις απαραίτητες αναλύσεις να απαντηθούν ερωτήματα που έχουν τεθεί από τον παραγωγό ή για ερευνητικούς σκοπούς.

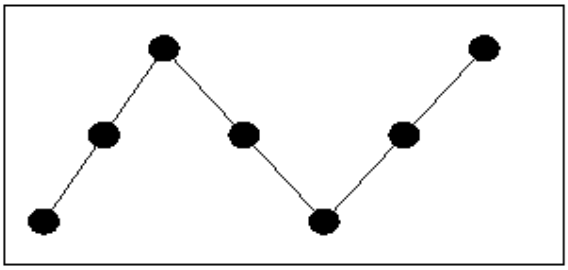
Εκτός από τα ερωτήματα που έχουν τεθεί, ο τρόπος δειγματοληψίας του εδάφους που θα εφαρμοσθεί εξαρτάται και από άλλους παράγοντες, όπως:

- ➔ την ομοιομορφία της επιφάνειας του εδάφους,
- ➔ το τοπικό ανάγλυφο,
- ➔ το είδος της καλλιέργειας,
- ➔ την ομοιομορφία της καλλιέργειας,
- ➔ το βάθος του ριζοστρώματος,
- ➔ τις καλλιεργητικές πρακτικές,
- ➔ τη σωστή μεταχείριση του εδαφικού δείγματος, πριν την ανάλυση.

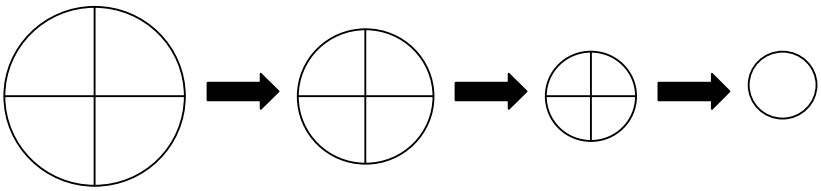
Οι επόμενες 4 ενότητες αναφέρονται στη λήψη και κατεργασία διαταραγμένου εδαφικού δείγματος, το οποίο χρησιμοποιείται στους προσδιορισμούς όλων των χημικών ιδιοτήτων των εδαφών και της κοκκομετρικής σύστασης από τις φυσικές ιδιότητες. Προκειμένου να μελετηθούν όλες οι υπόλοιπες φυσικές ιδιότητες, απαιτείται η λήψη αδιατάρακτου εδαφικού δείγματος.

4.1. Δειγματοληψία επίπεδης ομοιόμορφης έκτασης

Από επίπεδη ομοιόμορφη έκταση του εδάφους λαμβάνονται απλά δείγματα, με δειγματολήπτη ή με φτυάρι από διάφορα σημεία, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα. Ο αριθμός των σημείων εξαρτάται από την ιδιότητα του εδάφους που πρόκειται να μελετηθεί. Συνήθως, για αναλύσεις που αφορούν το χαρακτηρισμό και τη γονιμότητα του εδάφους και οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για οδηγίες λίπανσης **ο ελάχιστος αριθμός** είναι 2-4 σημεία ανά στρέμμα.



Το βάθος της δειγματοληψίας εξαρτάται από ορισμένους παράγοντες που αναφέρονται στην προηγούμενη ενότητα. Συνήθως, για οδηγίες λίπανσης για τις ετήσιες καλλιέργειες το βάθος δειγματοληψίας είναι 0-50 cm. Όμως, επειδή οι διάφορες ιδιότητες του εδάφους μεταβάλλονται με το βάθος, σε πολλές περιπτώσεις απαιτείται η λήψη, από το ίδιο σημείο, δειγμάτων από διαφορετικά βάθη, π.χ. 0-25 cm, 25-50 cm, κ.ο.κ. Τότε, τα δείγματα που λαμβάνονται από **το ίδιο σημείο και βάθος** αναμιγνύονται για να αποτελέσουν το σύνθετο δείγμα του συγκεκριμένου βάθους της εξεταζόμενης έκτασης. Αυτή η διαδικασία ακολουθείται αν η έκταση δεν ξεπερνά τα 10 στρέμματα. Εφόσον η εξεταζόμενη έκταση είναι πολύ μεγαλύτερη, τότε δημιουργείται 1 σύνθετο δείγμα ανά βάθος και ανά 10 στρέμματα. Το δείγμα που θα σταλεί για εδαφολογική ανάλυση στο εργαστήριο πρέπει να είναι βάρους ≈ 2,5 kg, ώστε μετά την αεροξήρανση και την απομάκρυνση του εδαφικού υλικού μεγέθους ≥ 2 mm (βλέπε επόμενη ενότητα) να μείνει ποσότητα ≈ 1,5-2 kg. Η ποσότητα αυτή είναι αρκετή για να προσδιορισθεί η κοκκομετρική σύσταση και να γίνουν όλες οι αναλύσεις που αφορούν τις χημικές ιδιότητες του εδάφους, σε περισσότερες από μια επαναλήψεις. Αν το βάρος του εδαφικού δείγματος που έχει συλλεχθεί ξεπερνά κατά πολύ τα 2,5 kg, τότε το δείγμα αναμιγνύεται καλά και η πλεονάζουσα ποσότητα απομακρύνεται, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα. Δηλαδή, το δείγμα τοποθετείται σε κύκλο ο οποίος χωρίζεται σε τεταρτημόρια. Δύο απέναντι τεταρτημόρια απομακρύνονται και τα άλλα 2 ενώνονται, σχηματίζεται πάλι ο κύκλος, χωρίζεται σε τεταρτημόρια και απομακρύνονται τα άλλα 2 απέναντι τεταρτημόρια κ.ο.κ. μέχρι να μείνει η επιθυμητή ποσότητα (≈ 2,5 kg).



4.2. Δειγματοληψία επίπεδης ανομοιόμορφης έκτασης

Η ανομοιομορφία περιλαμβάνει περιπτώσεις όπως διαφορετική εμφάνιση της επιφάνειας του εδάφους, ατελής στράγγιση, εμφάνιση κηλίδας, μη ικανοποιητική ανάπτυξη των φυτών, κ.α. Εφόσον διαπιστωθεί ανομοιόμορφη περιοχή στην επίπεδη έκταση, τότε πρέπει να γίνει επί πλέον δειγματοληψία στην περιοχή αυτή. Εάν η περιοχή δειγματοληψίας παρουσιάζει κλίση τότε ο αριθμός των σύνθετων δειγμάτων είναι μεγαλύτερος και εξαρτάται από την ιδιαιτερότητα της περιοχής.

4.3. Μεταχείριση του δείγματος

Κάθε σύνθετο δείγμα τοποθετείται σε πλαστική σακούλα και αποστέλλεται αμέσως στο εργαστήριο για εδαφολογική ανάλυση. Κάθε δείγμα συνοδεύεται από μια καρτέλα στην οποία αναγράφονται η περιοχή δειγματοληψίας, το όνομα του παραγωγού, ο αύξων αριθμός του δείγματος, το βάθος δειγματοληψίας, στοιχεία που αφορούν την καλλιέργεια (καλλιεργούμενο είδος, λίπανση, τρόπος άρδευσης, τυχόν προβλήματα), τα ερωτήματα που πρέπει να απαντηθούν και άλλες παρατηρήσεις.

Στην περίπτωση που το δείγμα δεν αποσταλεί αμέσως ή σε σύντομο χρονικό διάστημα στο εργαστήριο, τότε πρέπει να ξηραθεί σε καλά αεριζόμενο, σκιαζόμενο και προφυλαγμένο από τη σκόνη χώρο (αεροξήρανση) και κατά τη διάρκεια της αεροξήρανσης να θρυμματισθούν οι σβώλοι, έστω και με το χέρι.

4.4. Κατεργασία του δείγματος στο εργαστήριο

Η κατεργασία του δείγματος πριν την εδαφολογική ανάλυση σκοπό έχει το διαχωρισμό των εδαφικών συσσωματωμάτων μεγέθους **< 2 mm**, δηλαδή της «**λεπτής γης**», η οποία χρησιμοποιείται στους προσδιορισμούς **της κοκκομετρικής σύστασης και όλων των χημικών και βιοχημικών ιδιοτήτων των εδαφών**. Η κατεργασία του δείγματος περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- ➔ αεροξήρανση,
- ➔ απομάκρυνση των χαλικιών,
- ➔ λειοτρίβηση (ήπιο κτύπημα σε γουδί πορσελάνης ή σπαστήρα),
- ➔ κοσκίνισμα, με κόσκινο ανοίγματος οπών 2 mm.

5. Η Κοκκομετρική Σύσταση του Εδάφους

Η «**λεπτή γη**» (συσσωματώματα μεγέθους **< 2 mm**) περιέχει ανόργανα εδαφικά τεμαχίδια τα οποία διακρίνονται σε **3** κύρια **κλάσματα** (κατηγορίες) από άποψη μεγέθους, σύμφωνα με 2 Οργανισμούς, όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα:

Κλάσμα	**Μέγεθος (mm)**	
	Διεθνής Εδαφολογική Εταιρεία	Υπουργείο Γεωργίας ΗΠΑ
Άμμος	**2-0,02**	2-0,05
Ιλύς	**0,02-0,002**	0,05-0,002
Άργιλος	**< 0,002**	< 0,002

Ως κοκκομετρική σύσταση του εδάφους ορίζεται η % κ.β. περιεκτικότητά του σε άμμο, ιλύ και άργιλο. Με βάση την κοκκομετρική σύστασή τους τα εδάφη κατατάσσονται σε **12 κλάσεις** (τάξεις), που καθεμιά έχει το δικό της χαρακτηριστικό όνομα. Η κατάταξη ενός εδάφους σε μια από τις 12 κλάσεις γίνεται με τη βοήθεια ενός συστήματος τριγωνικών συντεταγμένων (τρίγωνο κοκκομετρικής σύστασης), όπως περιγράφεται σε επόμενη ενότητα.

Οι 12 κλάσεις μπορούν να ομαδοποιηθούν σε **3** γενικές κατηγορίες χαρακτηρισμού των εδαφών με βάση την κοκκομετρική σύστασή τους. Έτσι, τα εδάφη διακρίνονται σε **αμμώδη ή ελαφριάς κοκκομετρικής σύστασης**, **πηλώδη ή μέσης κοκκομετρικής σύστασης** και **αργιλώδη ή βαριάς κοκκομετρικής σύστασης**. Τα αμμώδη ή ελαφριάς κοκκομετρικής σύστασης εδάφη περιέχουν περισσότερη άμμο, είναι χαλαρά εδάφη με μικρή συγκολλητικότητα και πλαστικότητα, μεγάλη υδατοπερατότητα και καλό αερισμό, αποτελούν ικανοποιητικό μέσο μηχανικής στήριξης των φυτών, κατεργάζονται εύκολα με μηχανικά μέσα, αλλά έχουν μικρή ικανότητα συγκράτησης νερού και θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά. Τα αργιλώδη ή βαριάς κοκκομετρικής σύστασης εδάφη περιέχουν περισσότερη άργιλο, είναι εδάφη με μεγάλη συγκολλητικότητα και πλαστικότητα και μικρή υδατοπερατότητα, πιθανόν να μη στραγγίζουν και να μην αερίζονται καλά και η μηχανική κατεργασία τους παρουσιάζει δυσκολίες όταν είναι πολύ υγρά ή ξηρά, αλλά έχουν μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού και θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά. Τα πηλώδη ή μέσης κοκκομετρικής σύστασης εδάφη μπορεί να συνδυάζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των 2 άλλων κατηγοριών.

5.1. Προσδιορισμός της κοκκομετρικής σύστασης (Μηχανική ανάλυση)

Πριν τον προσδιορισμό της κοκκομετρικής σύστασης του εδάφους γίνεται μια συγκεκριμένη προκατεργασία. Τα τρία κλάσματα (άμμος, ιλύς και άργιλος) στο έδαφος δεν υπάρχουν ανεξάρτητα το ένα από το άλλο, αλλά βρίσκονται ενωμένα μεταξύ τους σε μεγαλύτερες εδαφικές μονάδες, τα συσσωματώματα, με τη βοήθεια διαφόρων συστατικών του εδάφους [οργανική ουσία, οξυ-υδροξείδια Al και Fe, ανθρακικό ασβέστιο) που παίζουν το ρόλο συγκολλητικών υλικών. Επομένως, για να γίνει ο προσδιορισμός των 3 κλασμάτων, αυτά πρέπει προηγουμένως να διαχωριστούν (**διαμερισμός**). Ο διαμερισμός επιτυγχάνεται σε αιώρημα εδάφους-H_2O με δύο τρόπους, ένα **χημικό** και ένα **μηχανικό**. Ο χημικός τρόπος αφορά την προσθήκη διαλύματος πολυφωσφορικού νατρίου στο αιώρημα και ο μηχανικός τρόπος αφορά την ανάμιξη του αιωρήματος με τη βοήθεια ενός mixer. Μετά το διαμερισμό, το εδαφικό αιώρημα μεταφέρεται σε κύλινδρο μηχανικής ανάλυσης για τον προσδιορισμό των 3 κλασμάτων.

Υπάρχουν 2 μέθοδοι προσδιορισμού της κοκκομετρικής σύστασης: η μέθοδος του πυκνόμετρου ή μέθοδος Βουγιούκου και η μέθοδος του σιφωνίου. Στις επόμενες ενότητες περιγράφεται αναλυτικά η μέθοδος του πυκνόμετρου, καθώς επίσης και η διαδικασία του διαμερισμού.

5.2. Μέθοδος του πυκνόμετρου (Μέθοδος Βουγιούκου)

Με τη συγκεκριμένη μέθοδο γίνεται μέτρηση της πυκνότητας του εδαφικού αιωρήματος με το πυκνόμετρο Βουγιούκου (ειδικό πυκνόμετρο για εδαφικά αιωρήματα βαθμολογημένο στους 20 °C), σε 2 χρονικές στιγμές και μετά οι 2 ενδείξεις του πυκνόμετρου ανάγονται σε % κ.β. περιεκτικότητα του εδάφους σε (ιλύ + άργιλο) και άργιλο. Η άμμος δεν προσδιορίζεται αλλά υπολογίζεται. Συγκεκριμένα, μετά τη μεταφορά του αιωρήματος στον ογκομετρικό κύλινδρο (1 L) της μηχανικής ανάλυσης και την καλή ανάδευσή του, ώστε το αιώρημα να είναι ομοιογενές σε όλο το ύψος του κυλίνδρου, τα τεμαχίδια της άμμου, της ιλύος και της αργίλου αρχίζουν να καθιζάνουν με διαφορετική ταχύτητα. Αυτό συμβαίνει γιατί **η ταχύτητά τους είναι ανάλογη του μεγέθους τους** και επομένως η ταχύτητα καθίζησης των τεμαχιδίων θα ακολουθεί τη σειρά: **άμμος > ιλύς > άργιλος**. Συνέπεια της καθίζησης των τεμαχιδίων είναι η μεταβολή της πυκνότητας του αιωρήματος με το χρόνο. Εφόσον τα τεμαχίδια της άμμου καθιζάνουν γρηγορότερα απ' αυτά της ιλύος και της

αργίλου, μετά από κάποιο χρονικό διάστημα η πυκνότητα του αιωρήματος, στο βάθος βύθισης του πυκνόμετρου, θα οφείλεται μόνο στα τεμαχίδια της ιλύος και της αργίλου και θα εκφράζει **g (ιλύος + αργίλου) / L**. Η χρονική στιγμή που καθιζάνει η άμμος έχει υπολογισθεί στα **44 sec** μετά την ανάδευση και τότε λαμβάνεται **η 1η μέτρηση** με το πυκνόμετρο Βουγιούκου. Ο κύλινδρος παραμένει σε ηρεμία και μετά την καθίζηση των τεμαχιδίων της ιλύος η πυκνότητα του αιωρήματος θα οφείλεται μόνο στα τεμαχίδια της αργίλου και θα εκφράζει **g αργίλου / L**. Η αντίστοιχη χρονική στιγμή έχει υπολογισθεί στις **2 h** και τότε λαμβάνεται **η 2η μέτρηση** της πυκνότητας.

5.2.1. Υλικά και Μέθοδοι

Αντιδραστήρια: διάλυμα πολυφωσφορικού νατρίου [$(NaPO_3)_6$], pH 8,3.

Σκεύη, συσκευές και όργανα: ογκομετρικός κύλινδρος,
κύλινδρος μηχανικής ανάλυσης (1 L), mixer Βουγιούκου,
πυκνόμετρο Βουγιούκου, θερμόμετρο, ζυγός.

Μέθοδος

1. Ποσότητα εδάφους **50 ± 0,1 g** ζυγίζεται και μεταφέρεται στον υποδοχέα του mixer.
2. Προστίθενται 10 mL διαλύματος [$(NaPO_3)_6$].
3. Προστίθενται ≈ 200 mL H_2O, με τον ογκομετρικό κύλινδρο.
4. Γίνεται ανάδευση του αιωρήματος στο mixer για 5 min (**χημικός και μηχανικός διαμερισμός**).
5. Το εδαφικό αιώρημα μεταφέρεται στον κύλινδρο της μηχανικής ανάλυσης και προστίθεται H_2O μέχρι το 1 L.
6. Το αιώρημα ανακινείται καλά ώστε να γίνει ομοιογενές σ' όλο το ύψος του κυλίνδρου.
7. Σε ≈ 20 sec τοποθετείται το πυκνόμετρο με προσοχή μέσα στο αιώρημα.
8. Σε **44 sec** από το τέλος της ανάδευσης διαβάζεται η ένδειξη του πυκνόμετρου, στο σημείο που η επιφάνεια του αιωρήματος τέμνει το πυκνόμετρο. **Η 1η ένδειξη** αντιστοιχεί στην πυκνότητα του αιωρήματος που οφείλεται στην ιλύ και στην άργιλο και εκφράζει **g (ιλύος + αργίλου) / L**.
9. Μετά τη λήψη της 1ης ένδειξης του πυκνόμετρου, μετράται η θερμοκρασία του αιωρήματος, με το θερμόμετρο και **το αιώρημα μένει σε ηρεμία**.

10. Στη συνέχεια, **2 h** μετά το τέλος της ανάδευσης, λαμβάνεται **η 2η ένδειξη** του πυκνόμετρου. **Η 2η ένδειξη** αντιστοιχεί στην πυκνότητα του αιωρήματος που οφείλεται στην άργιλο και εκφράζει **g αργίλου / L**.

11. Μετράται ξανά η θερμοκρασία του αιωρήματος, με το θερμόμετρο.

5.2.2. Υπολογισμοί

Επειδή η πυκνότητα μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία (**θ**), και το πυκνόμετρο Βουγιούκου είναι βαθμολογημένο στους 20 °C, οι 2 ενδείξεις πυκνότητας του αιωρήματος πρέπει να διορθωθούν, αν η θερμοκρασία είναι διαφορετική από τους 20 °C. Συγκεκριμένα, αν θ = 20 °C τότε η ανάγνωση του πυκνόμετρου παραμένει ως έχει. Αν θ > 20 °C τότε για κάθε επιπλέον 0,5 °C προστίθενται 0,2 g/L στην ανάγνωση του πυκνόμετρου. Αν θ < 20 °C τότε για κάθε 0,5 °C αφαιρούνται 0,2 g/L από την ανάγνωση του πυκνόμετρου.

Με βάση **τις 2 διορθωμένες ενδείξεις πυκνότητας** υπολογίζεται **η % κ.β. περιεκτικότητα του εδάφους σε άργιλο, ιλύ και άμμο** (**κοκκομετρική σύσταση**) από τους τύπους:

Άργιλος (% κ.β.) = 2 • δεύτερη ένδειξη

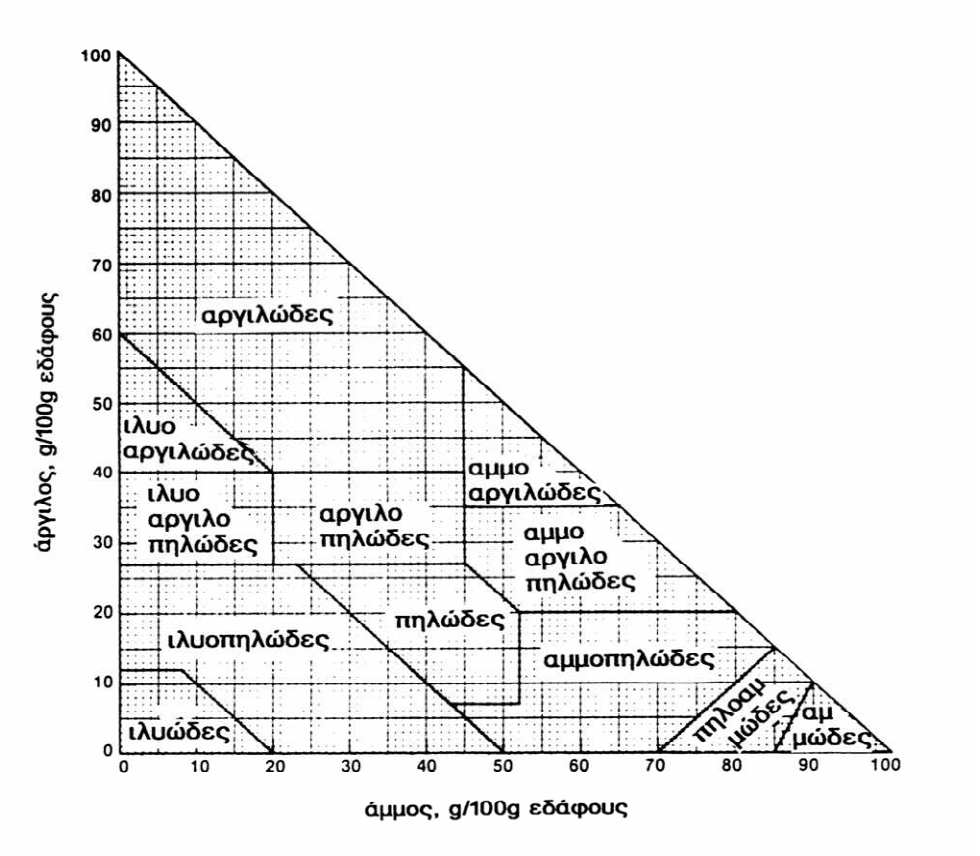
Ιλύς (% κ.β.) = 2 • (πρώτη - δεύτερη ένδειξη)

Άμμος (% κ.β.) = 100 - 2 • πρώτη ένδειξη

Αν η ανάλυση γίνει με **100 g** εδάφους, τότε **από τους τύπους παραλείπεται το 2**.

5.3. Κατάταξη του εδάφους

Η κατάταξη του εδάφους σε μία από τις 12 κλάσεις κοκκομετρικής σύστασης βασίζεται στα ποσοστά των κλασμάτων **της άμμου** και **της αργίλου** και γίνεται με τη βοήθεια του τριγώνου κοκκομετρικής σύστασης, που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Συγκεκριμένα, στο τρίγωνο της κοκκομετρικής σύστασης από το σημείο που αντιστοιχεί στο ποσοστό της άμμου φέρεται κάθετη στον άξονα της άμμου και από το σημείο που αντιστοιχεί στο ποσοστό της αργίλου, φέρεται κάθετη στον άξονα της αργίλου. Οι 2 αυτές ευθείες τέμνονται σ' ένα σημείο μέσα στο τρίγωνο. **Το σημείο τομής ορίζει την κλάση του εδάφους.**



Τρίγωνο Κοκκομετρικής Σύστασης (Texture Triangle)

ΑΣΚΗΣΗ

Βρείτε την κοκκομετρική σύσταση του εδάφους σας και κατατάξτε το σε μία από τις 12 κλάσεις κοκκομετρικής σύστασης. Αναφέρετε τα πιθανά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα για το έδαφός σας, που απορρέουν από την κοκκομετρική σύστασή του (συνοπτικά).

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

6. Η Οργανική Ουσία του Εδάφους

Τα ζωικά και φυτικά υπολείμματα στο έδαφος αποτελούν την πρώτη ύλη της οργανικής ουσίας του. Τα υπολείμματα αποικοδομούνται με τη δράση των μικροοργανισμών του εδάφους, σε ορισμένες συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας. Ορισμένα από τα προϊόντα αποικοδόμησης αντιδρούν μεταξύ τους σχηματίζοντας νέες (δευτερογενείς) οργανικές ενώσεις. Τα φυτικά και ζωικά υπολείμματα σε οποιοδήποτε στάδιο αποικοδόμησης, οι νέες (δευτερογενείς) οργανικές ενώσεις και οι μικροοργανισμοί αποτελούν την οργανική ουσία του εδάφους.

Η οργανική ουσία επηρεάζει ευνοϊκά τις φυσικές, χημικές και βιοχημικές ιδιότητες του εδάφους. Συγκεκριμένα, μειώνει την πλαστικότητα και τη συνεκτικότητα των αργιλωδών εδαφών, ενώ αντίθετα σε αμμώδη εδάφη αυξάνει αυτές τις ιδιότητες. Επίσης, ευνοεί το σχηματισμό σταθερών συσσωματωμάτων και γενικά βελτιώνει τη δομή του εδάφους. Αυξάνει την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και τη ρυθμιστική ικανότητα του εδάφους, καθώς επίσης και την ικανότητά του να συγκρατεί εδαφικό νερό. Επιπλέον, βελτιώνει τη γονιμότητα του εδάφους γιατί, κατά την αποικοδόμησή της, η οργανική ουσία απελευθερώνει θρεπτικά στοιχεία για τα φυτά, κυρίως N (ανοργανοποίηση), αλλά και συγκρατεί τα θρεπτικά στοιχεία σε μορφές διαθέσιμες για τα φυτά. Τέλος, αποτελεί πηγή τροφής και ενέργειας για τους μικροοργανισμούς του εδάφους.

Η περιεκτικότητα των εδαφών σε οργανική ουσία ποικίλλει. Στη χώρα μας, η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία των περισσότερων καλλιεργούμενων εδαφών δεν ξεπερνά το 3 % κ.β. (**τυπικά ανόργανα εδάφη**). Παρά τη χαμηλή περιεκτικότητα της οργανικής ουσίας, η επίδρασή της στις χημικές ιδιότητες και τη γονιμότητα του εδάφους δεν είναι αμελητέα, και ο ρόλος της στη βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων είναι πολύ σημαντικός.

6.1. Προσδιορισμός του οργανικού C (Μέθοδος υγρής οξείδωσης)

Η εύρεση της περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία βασίζεται στον προσδιορισμό του οργανικού άνθρακα (C), δηλαδή του C των οργανικών ενώσεων του εδάφους. Υπάρχουν 2 μέθοδοι που χρησιμοποιούνται: η μέθοδος της ξηρής καύσης και η μέθοδος της υγρής οξείδωσης.

Συνήθως η μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του οργανικού C των τυπικά ανόργανων καλλιεργούμενων εδαφών είναι η μέθοδος της υγρής οξείδωσης. Με τη μέθοδο αυτήν **ο οργανικός C προσδιορίζεται έμμεσα με 2 διαδοχικές αντιδράσεις οξειδοαναγωγής** ως εξής: γνωστή αρχική ποσότητα διαλύματος διχρωμικού καλίου ($K_2Cr_2O_7$), σε περίσσεια, φέρεται σε επαφή με το έδαφος. Ορισμένη ποσότητα (**από την αρχική γνωστή**) του διαλύματος $K_2Cr_2O_7$ αντιδρά με τον οργανικό C (**1η αντίδραση οξειδοαναγωγής**) και η υπόλοιπη ποσότητα **που περισσεύει**, προσδιορίζεται με ογκομέτρηση με διάλυμα θειικού σιδήρου ($FeSO_4$) (**2η αντίδραση οξειδοαναγωγής**). Δηλαδή ισχύει:

$$\mathbf{eqK_2Cr_2O_7 = eqO\rho\gamma.C + eqFeSO_4}$$

6.1.1. Υλικά και Μέθοδοι

Αντιδραστήρια: διάλυμα 1 N διχρωμικού καλίου ($K_2Cr_2O_7$), πυκνό θειικό οξύ (H_2SO_4), διάλυμα 0,5 N θειικού σιδήρου ($FeSO_4$), δείκτης διφαινυλαμίνης.

Σκεύη και όργανα: κωνική φιάλη των 750 ή 500 mL, ογκομετρικός κύλινδρος, προχοΐδα, ζυγός.

<u>Μέθοδος</u>

1. Ποσότητα εδάφους **1 ± 0,01 g** ζυγίζεται και μεταφέρεται στην κωνική φιάλη.

2. Προστίθενται **10 mL** διαλύματος **1 N** $K_2Cr_2O_7$, με την προχοΐδα.

3. Προστίθενται 20 mL πυκνού H_2SO_4, με τον ογκομετρικό κύλινδρο.

4. Η κωνική φιάλη ανακινείται με ήπια περιστροφική κίνηση ώστε να διαβραχεί το έδαφος (**αλλά όχι τα τοιχώματα της φιάλης**).

5. Η φιάλη παραμένει σε ηρεμία 30 min, ώστε να οξειδωθεί ο C της οργανικής ουσίας.

6. Προστίθενται ≈ 200 mL H_2O, με τον ογκομετρικό κύλινδρο.

7. Προστίθενται 1-2 mL δείκτη διφαινυλαμίνης ώστε το εδαφικό αιώρημα να αποκτήσει χρώμα σκούρο μπλε.

8. Με τη βοήθεια της προχοΐδας, γίνεται ογκομέτρηση της περίσσειας του $K_2Cr_2O_7$, που δεν έλαβε μέρος στην οξείδωση του C, με διάλυμα 0,5 N $FeSO_4$. Η ογκομέτρηση σταματά (τελικό σημείο της αντίδρασης) τη στιγμή κατά την οποία το χρώμα του αιωρήματος από **σκούρο μπλε** αλλάζει σε **σκούρο πράσινο**.

Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται χωρίς έδαφος (**λευκός προσδιορισμός**), για να υπολογισθεί ακριβώς η κανονικότητα του διαλύματος $FeSO_4$, η οποία μεταβάλλεται με το χρόνο. Στο τέλος των 2 ογκομετρήσεων, σημειώνονται οι όγκοι **V** και $\mathbf{V_0}$ (**mL**) του διαλύματος 0,5 N $FeSO_4$, που καταναλώνονται για το δείγμα και το λευκό, αντίστοιχα.

6.1.2. Υπολογισμοί

Η % κ.β. περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανικό C υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\textbf{Οργανικός C (\% κ.β.)} = \frac{\mathbf{10\ (mL) \cdot [V_0\ (mL) - V\ (mL)] \cdot 0{,}003 \cdot 100\ (g)}}{\mathbf{V_0\ (mL) \cdot W\ (g)}} \cdot f$$

όπου:

10 = ο όγκος του διαλύματος 1 N $K_2Cr_2O_7$ (mL),

V_0 = ο όγκος του διαλύματος 0,5 N $FeSO_4$, που καταναλώθηκε κατά την ογκομέτρηση του λευκού (mL),

V = ο όγκος του διαλύματος 0,5 N $FeSO_4$, που καταναλώθηκε κατά την ογκομέτρηση του δείγματος (mL),

W = το βάρος του εδάφους (g),

0,003 = συντελεστής μετατροπής 1 mL του διαλύματος 1 N $K_2Cr_2O_7$ σε 1 g C (από την αντίδραση),

f = 1,3 και είναι ο συντελεστής που αφορά το ποσοστό του C που οξειδώθηκε. Σύμφωνα με τη μέθοδο μόνο **το 77 %** (κατά μέσο όρο) του C οξειδώνεται.

Η % κ.β. περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία υπολογίζεται από τον τύπο:

Οργανική Ουσία (% κ.β.) = 2 • Οργανικός C (% κ.β.)

όπου 2 είναι ο συντελεστής μετατροπής του οργανικού C σε οργανική ουσία, γιατί ο οργανικός C αποτελεί το 50 % (κατά μέσο όρο) της οργανικής ουσίας των καλλιεργούμενων εδαφών. Ο συντελεστής αυτός αλλάζει ανάλογα με το είδος της οργανικής ουσίας.

ΑΣΚΗΣΗ

Υπολογίστε την περιεκτικότητα του εδάφους σας σε οργανικό C και οργανική ουσία. Αναφέρετε στοιχεία της ευεργετικής επίδρασης της οργανικής ουσίας στις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους (συνοπτικά).

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

7. Το Ανθρακικό Ασβέστιο (ελεύθερο, ισοδύναμο) του Εδάφους

Τα περισσότερο κοινά ανθρακικά ορυκτά του εδάφους είναι: το ανθρακικό ασβέστιο ($CaCO_3$), το ανθρακικό μαγνήσιο ($MgCO_3$) και ο δολομίτης [$CaMg(CO_3)_2$]. Η παρουσία τους στα εδάφη (**ασβεστούχα**) οφείλεται σε μητρικά υλικά που είναι πλούσια σε ανθρακικά άλατα. Επίσης, κατιόντα ασβεστίου (Ca^{+2}) αντιδρούν με το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) στο εδαφικό διάλυμα και σχηματίζεται $CaCO_3$. Όλα τα ανθρακικά άλατα του εδάφους εκφράζονται ως **ανθρακικό ασβέστιο** (**ισοδύναμο**), γιατί τα Ca^{+2} επικρατούν των άλλων κατιόντων.

Το ανθρακικό ασβέστιο επηρεάζει τόσο τις χημικές όσο και τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους. Εξαιτίας της υδρόλυσής του, το ανθρακικό ασβέστιο ρυθμίζει **το pH** του εδάφους (**μετρημένο σε εδαφικό αιώρημα με H_2O**) στην περιοχή ≈ **7,1-8,5** και επίσης αποτελεί πηγή Ca διαθεσίμου για τα φυτά. Επομένως, στα ασβεστούχα εδάφη δεν υπάρχει πιθανότητα εμφάνισης έλλειψης Ca. Επίσης, η διαθεσιμότητα και άλλων θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά, εκτός του Ca επηρεάζεται από την παρουσία του ανθρακικού ασβεστίου στο έδαφος. Τέλος, το ανθρακικό ασβέστιο συμβάλλει στη δημιουργία συσσωματωμάτων και άρα στη βελτίωση της δομής του εδάφους.

7.1. Προσδιορισμός του ανθρακικού ασβεστίου (Μέθοδος του ασβεστόμετρου)

Η συγκεκριμένη μέθοδος στηρίζεται στην αντίδραση του ανθρακικού ασβεστίου του εδάφους με ένα ισχυρό οξύ, συνήθως υδροχλωρικό οξύ (HCl), και στον προσδιορισμό του όγκου του εκλυόμενου CO_2, με τη βοήθεια μιας συσκευής που ονομάζεται ασβεστόμετρο. Η αντίδραση είναι η εξής:

$$\mathbf{CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2\uparrow}$$

7.1.1. Υλικά και Μέθοδοι

Αντιδραστήρια: 4 N υδροχλωρικό οξύ (HCl).

Σκεύη, συσκευές και όργανα: πορσελάνινη κάψα, ασβεστόμετρο, ζυγός.

<u>Μέθοδος</u>

Η ποσότητα του εδάφους που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του ανθρακικού ασβεστίου καθορίζεται με προκαταρκτικό έλεγχο. Δηλαδή, τυχαία ποσότητα εδάφους φέρεται σε κάψα και αποχύνεται μικρή ποσότητα 4 N HCl. Εάν ο

αφρισμός είναι έντονος τότε χρησιμοποιείται ≈ 0,5 g. Εάν ο αφρισμός είναι άτονος ή ίσως ανύπαρκτος τότε μπορεί να χρησιμοποιηθούν έως και ≈ 10 g.

Ποσότητα εδάφους (συνήθως) **1 ± 0,01 g** ζυγίζεται και μεταφέρεται στο δοχείο του ασβεστόμετρου. Κατόπιν, συμπληρώνεται το φιαλίδιο του ασβεστόμετρου κατά τα 2/3 με 4 N HCl, και πωματίζεται το δοχείο με προσοχή ώστε **να μην αποχυθεί το HCl** στο έδαφος. Ισοσταθμίζεται το υγρό (κορεσμένο διάλυμα $CaCl_2$, χρωματισμένο με κάποιον δείκτη) που περιέχουν οι σωλήνες του ασβεστόμετρου και σημειώνεται **η αρχική ένδειξη** της επιφάνειας του υγρού στο βαθμολογημένο σωλήνα. Το HCl αποχύνεται στο έδαφος και εφόσον υπάρχει ανθρακικό ασβέστιο εκλύεται CO_2 (**παρατηρείται έντονος αφρισμός**). Καθώς το CO_2 πιέζει τη στάθμη του υγρού στον ένα σωλήνα της συσκευής, οι στάθμες του υγρού στους δύο σωλήνες διατηρούνται στο ίδιο επίπεδο με τη βοήθεια του δοχείου συλλογής του υγρού του ασβεστόμετρου. Όταν ολοκληρωθεί η αντίδραση και σταματήσει να κατεβαίνει η στάθμη του υγρού, ισοσταθμίζεται πάλι το υγρό στους δύο σωλήνες και σημειώνεται **η τελική ένδειξη** της επιφάνειας του υγρού στο βαθμολογημένο σωλήνα. **Η διαφορά των 2 ενδείξεων είναι ο όγκος του CO_2**.

7.1.2. Υπολογισμοί

Η % κ.β. περιεκτικότητα του εδάφους σε ανθρακικό ασβέστιο υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\mathbf{CaCO_3\ (\%) = \frac{V\ (mL) \cdot 0{,}0044 \cdot 100\ (g)}{W\ (g)}}$$

όπου:

V = ο όγκος του CO_2 (mL),

W = το βάρος του εδάφους (g),

0,0044 = ο συντελεστής μετατροπής 1mL CO_2 σε 1 g $CaCO_3$ (από την αντίδραση).

ΑΣΚΗΣΗ

Υπολογίστε την περιεκτικότητα του εδάφους σας σε $CaCO_3$. Χαρακτηρίστε το έδαφός σας (ασβεστούχο ή μη) και αναφέρετε τα πιθανά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα (συνοπτικά).

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

8. Η Αντίδραση (pH) του Εδάφους

Η αντίδραση του εδάφους αναφέρεται στο pH του, το οποίο εκφράζει τη συγκέντρωση των κατιόντων υδρογόνου (H^+) στο εδαφικό διάλυμα και ορίζεται ως ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης H^+:

$$\mathbf{pH = -log[H^+]}$$

όπου:

$[H^+]$ = η συγκέντρωση των H^+ (mol/L).

Πηγές των H^+ στο έδαφος είναι ορισμένα εδαφικά συστατικά (η οργανική ουσία, τα ορυκτά της αργίλου, τα οξυ-υδροξείδια Al και Fe) και ορισμένες αντιδράσεις των διαλυτών αλάτων και του CO_2. **Τα περισσότερα καλλιεργούμενα εδάφη έχουν εύρος τιμών pH 5-8,5**. Όξινα εδάφη χαρακτηρίζονται αυτά που έχουν pH < 6,5 ενώ αλκαλικής αντίδρασης αυτά που έχουν pH > 7,0. Εδάφη με pH ≈ 7,0 (6,5-7,0) χαρακτηρίζονται ως ουδέτερης αντίδρασης. **Το pH των εδαφών παίζει σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση της διαθεσιμότητας των θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά**. Σε ισχυρώς όξινα εδάφη καθώς επίσης και σε εδάφη αλκαλικής αντίδρασης υπάρχει πιθανότητα εμφάνισης ελλείψεων ή τοξικοτήτων ορισμένων θρεπτικών στοιχείων. Επίσης, στα ισχυρώς όξινα εδάφη υπάρχει κίνδυνος εμφάνισης τοξικότητας Al, στοιχείο το οποίο δεν είναι θρεπτικό για τα φυτά αλλά επηρεάζει δυσμενώς την ανάπτυξη των ριζών. Προκειμένου να αρθούν οι αρνητικές επιπτώσεις της οξύτητας, γίνεται διόρθωση της αντίδρασης **των ισχυρώς όξινων** εδαφών (**pH < 5,5**) με την προσθήκη υλικού ασβέστωσης. Τέλος, εδάφη **ισχυρής αλκαλικής αντίδρασης**, δηλαδή με **pH ≥ 8,5** πιθανόν να είναι **προβληματικά** (**νατριωμένα**) (βλέπε επόμενη ενότητα).

8.1. Προσδιορισμός του pH σε αιώρημα εδάφους

Ο προσδιορισμός του pH του εδάφους μπορεί να γίνει στο εργαστήριο, σε αιώρημα εδάφους με H_2O ή με διάλυμα κάποιου ηλεκτρολύτη είτε σε κορεσμένο έδαφος (πάστα) είτε στο εκχύλισμα κορεσμού. Επίσης, μπορεί να γίνει στον αγρό, δηλαδή στο έδαφος στη φυσική του κατάσταση. Σ' όλες τις περιπτώσεις, ο προσδιορισμός του pH γίνεται με pHμετρο, δηλαδή με τη χρήση ενός συνδυασμένου ηλεκτροδίου και ενός μετρητή ηλεκτρικού δυναμικού, του οποίου η κλίμακα είναι βαθμολογημένη, με διαλύματα γνωστής συγκέντρωσης $[H^+]$, σε μονάδες pH.

Για το χαρακτηρισμό της αντίδρασης του εδάφους, ο προσδιορισμός του pH γίνεται συνήθως στο εργαστήριο, σε αιώρημα εδάφους-H_2O, συνήθως σε αναλογίες 1:1 ή 1:2,5 ή 1:5. Η τιμή του pH σε εδαφικό αιώρημα με H_2O αποτελεί μια εκτίμηση της οξύτητας (H^+) του εδαφικού διαλύματος ή διαφορετικά της οξύτητας που αντιμετωπίζει το φυτό τη δεδομένη χρονική στιγμή (**ενεργός οξύτητα**). Επίσης, ο προσδιορισμός του pH μπορεί να γίνει σε εδαφικό αιώρημα με διάλυμα 0,01 M χλωριούχου ασβεστίου ($CaCl_2$), το οποίο προσομοιάζει καλύτερα το εδαφικό διάλυμα. Η τιμή του pH σε εδαφικό αιώρημα με διάλυμα 0,01 M $CaCl_2$, αποτελεί μια εκτίμηση της **ολικής οξύτητας** (**ενεργός + ανταλλάξιμη**) του εδάφους, δηλαδή και των H^+ που είναι αποθηκεμένα στη στερεά φάση (**ανταλλάξιμη οξύτητα**) και τα οποία σε μελλοντική χρονική στιγμή πιθανόν να βγουν στο εδαφικό διάλυμα.

8.1.1. Υλικά και Μέθοδοι

Αντιδραστήρια: διάλυμα 0,01 M χλωριούχου ασβεστίου ($CaCl_2$).

Σκεύη και όργανα: 2 πλαστικά ποτήρια, ογκομετρικός κύλινδρος, γυάλινη ράβδος, ζυγός, pHμετρο.

<u>Μέθοδος</u>

1. Ποσότητες εδάφους **10 ± 0,1 g** ζυγίζονται και μεταφέρονται στα **2** πλαστικά ποτήρια.

2. Στο ένα ποτήρι προστίθενται **25 mL H_2O**, με τον ογκομετρικό κύλινδρο.

3. Στο δεύτερο ποτήρι προστίθενται **25 mL διαλύματος 0,01 M $CaCl_2$**, με τον ογκομετρικό κύλινδρο.

4. Ακολουθεί ανάδευση με τη γυάλινη ράβδο 1 min.

5. Τα αιωρήματα παραμένουν σε ηρεμία ≈ 10 min.

6. Ανάδευση και μέτρηση του pH με το pHμετρο.

Κάθε τιμή pH πρέπει να συνοδεύεται από το είδος και την αναλογία του εδαφικού αιωρήματος, που αυτό μετρήθηκε.

ΑΣΚΗΣΗ

Χαρακτηρίστε το έδαφός σας ως προς την αντίδρασή του. Η τιμή pH του αιωρήματος του εδάφους σας με το H_2O συνδυάζεται με το χαρακτηρισμό του ως ασβεστούχο ή μη; (Δικαιολογείστε την απάντησή σας.) Διαφέρουν οι 2 τιμές pH;

8.2. Διόρθωση του pH των όξινων εδαφών

Οι αποδόσεις ορισμένων καλλιεργειών μπορεί να είναι χαμηλές σε όξινα εδάφη και η αύξησή τους εξαρτάται από την αύξηση της τιμής του pH των εδαφών. Η αύξηση της τιμής του pH των όξινων εδαφών μπορεί να επιτευχθεί με την προσθήκη στο έδαφος υλικών που περιέχουν ενώσεις του Ca, όπως είναι το $CaCO_3$, το οξείδιο του Ca (CaO) και το υδροξείδιο του Ca [$Ca(OH)_2$]. Αυτή η μέθοδος βελτίωσης του pH των όξινων εδαφών ονομάζεται **ασβέστωση των εδαφών**. Η ποσότητα του υλικού ασβέστωσης που χρειάζεται ένα έδαφος ώστε να αυξηθεί η τιμή του pH του μέχρι μία συγκεκριμένη τιμή, **τιμή στόχος**, υπολογίζεται με διάφορες μεθόδους. Μεταξύ των μεθόδων, η πιο κοινή είναι η μέθοδος της ογκομέτρησης με διάλυμα $Ca(OH)_2$ μέχρι την επιθυμητή τιμή στόχο (**εξαγωγή της καμπύλης ογκομέτρησης**).

8.2.1. Υλικά και Μέθοδοι

Αντιδραστήρια: διάλυμα 0,01 M υδροξειδίου του Ca [$Ca(OH)_2$].

Σκεύη και όργανα: 8 πλαστικά ποτήρια, προχοΐδα, ογκομετρικός κύλινδρος, γυάλινη ράβδος, ζυγός, pHμετρο.

<u>Μέθοδος</u>

Ποσότητες εδάφους **10 ± 0,1 g** ζυγίζονται και μεταφέρονται στα **8** ποτήρια. Σε κάθε ποτήρι προστίθενται **H_2O**, με τον ογκομετρικό κύλινδρο και **διάλυμα 0,01 M $Ca(OH)_2$**, με την προχοΐδα, σε **όγκους** (**mL**), που αναγράφονται στον ακόλουθο πίνακα. Ακολουθεί ανάδευση με τη γυάλινη ράβδο ≈ 1 min. Στη συνέχεια, τα αιωρήματα παραμένουν σε ηρεμία 1 h και προσδιορίζεται το pH με το pHμετρο, **μετά από καλή ανάδευση**.

α/α	V H_2O	V $Ca(OH)_2$ 0,01 M	pH
	(mL)		
1	25	0	
2	23	2	
3	20	5	
4	17	8	
5	15	10	
6	10	15	
7	5	20	
8	0	25	

Σε σύστημα ορθογωνίων αξόνων τοποθετούνται οι όγκοι **V (mL) του διαλύματος 0,01 M $Ca(OH)_2$**, που προστέθηκαν (άξονας χ) και οι αντίστοιχες τιμές **pH** που μετρήθηκαν (άξονας ψ). Στη συνέχεια, χαράσσεται ομαλή καμπύλη (**καμπύλη ογκομέτρησης**) που αντιστοιχεί στα ζεύγη τιμών **V-pH**. Από την καμπύλη υπολογίζεται η ποσότητα της ασβέστου, που απαιτείται για την αύξηση του pH του εδάφους στην επιθυμητή τιμή.

ΑΣΚΗΣΗ

Από την καμπύλη ογκομέτρησης που αποκτήσατε, υπολογίστε την ποσότητα $CaCO_3$ σε kg/στρ., που πρέπει να προστεθεί στον αγρό και να αναμιχθεί σε βάθος 30 cm για να αυξηθεί το pH του εδάφους στην τιμή 6,5. Η φαινομενική πυκνότητα του εδάφους είναι 1,3 g/cm^3.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

9. Τα Υδατοδιαλυτά Άλατα του Εδάφους

Ο όρος υδατοδιαλυτά άλατα του εδάφους αναφέρεται στο σύνολο των ιόντων (κατιόντων-ανιόντων) που είναι διαλυμένα στην υγρή φάση του εδάφους. Η υγρή φάση του εδάφους μαζί με τα υδατοδιαλυτά άλατα αποτελούν το «**εδαφικό διάλυμα**». Ένα μέτρο της συνολικής ποσότητας των υδατοδιαλυτών αλάτων ενός εδάφους αποτελεί η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα (**EC** από το Electrical Conductivity) του εδαφικού διαλύματος. Τα κύρια (δηλαδή σε σχετικά μεγάλες ποσότητες) υδατοδιαλυτά ιόντα είναι από τα κατιόντα, του καλίου (K^+), νατρίου (Na^+), ασβεστίου (Ca^{+2}), μαγνησίου (Mg^{+2}), και από τα ανιόντα, τα χλωριούχα (Cl^-), όξινα ανθρακικά (HCO_3^-), νιτρικά (NO_3^-) και θειικά (SO_4^{-2}). Η ποσότητα (αλλά και το είδος) των υδατοδιαλυτών αλάτων επιδρά διαφορετικά στα καλλιεργούμενα είδη, τα οποία εμφανίζουν διαφορετική ανθεκτικότητα στα άλατα.

Η ποσότητα και το είδος των υδατοδιαλυτών αλάτων επηρεάζουν τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους. Υψηλή συγκέντρωση αλάτων, πάνω από κάποιο όριο (**αλάτωση**), είναι ανεπιθύμητη γιατί **αυξάνει την οσμωτική πίεση** του εδαφικού διαλύματος, με αποτέλεσμα τη μείωση του διαθεσίμου νερού για το φυτό. Δηλαδή, το φυτό δυσκολεύεται να απορροφήσει το νερό που χρειάζεται και σε ακραίες περιπτώσεις υψηλής συγκέντρωσης αλάτων στο έδαφος, πιθανόν να μαραθεί από έλλειψη νερού ακόμη και σε κατακλυσμένο με νερό έδαφος. Επίσης, αυξημένη συγκέντρωση Na^+ σε σχέση με τις συγκεντρώσεις Ca^{+2} και Mg^{+2} στο εδαφικό διάλυμα είναι ανεπιθύμητη. **Το Na^+** έχει την τάση να προκαλεί **το διαμερισμό** της αργίλου και επομένως την καταστροφή των συσσωματωμάτων και της δομής του εδάφους, ενώ αντίθετα **το Ca^{+2} και το Mg^{+2}** βοηθούν **στη θρόμβωση** της αργίλου και επομένως στη δημιουργία συσσωματωμάτων και στη βελτίωση της δομής του εδάφους. Επομένως, **αυξημένη συγκέντρωση Na^+**, πάνω από κάποιο όριο, **σε συνδυασμό με μειωμένη συγκέντρωση αλάτων** (**νατρίωση**), προκαλεί καταστροφή των συσσωματωμάτων και της δομής του εδάφους με αποτέλεσμα την έμφραξη των πόρων, την κακή στράγγιση του εδάφους και τον ελλιπή αερισμό των ριζών. Σε ακραίες περιπτώσεις πιθανόν το φυτό να μαραθεί λόγω ελλιπούς αερισμού των ριζών. Επίσης, το Na^+ σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι τοξικό για τα φυτά και αυξάνει το pH των εδαφών σε έντονα αλκαλικές τιμές (**pH ≥ 8,5**).

Βασική αιτία της συσσώρευσης αλάτων στο έδαφος (ειδικά στα επιφανειακά στρώματα) είναι το ξηροθερμικό κλίμα (μεγάλες περίοδοι ξηρασίας και υψηλών θερμοκρασιών). Επιπρόσθετα, η δημιουργία υψηλής αλατότητας ευνοείται από την ελλιπή στράγγιση του εδάφους, την υψηλή στάθμη του υπεδάφειου νερού και την υποβαθμισμένη ποιότητα του νερού άρδευσης. Προκειμένου να αποφευχθεί ή να αντιμετωπισθεί η συσσώρευση αλάτων, απαιτείται η εφαρμογή περίσσειας νερού άρδευσης και η ικανοποιητική στράγγιση, για την έκπλυση των αλάτων από την εδαφική κατατομή, και όπου είναι δυνατόν η εξασφάλιση νερού άρδευσης καλής ποιότητας. Η χρόνια έλλειψη αντιμετώπισης της συσσώρευσης αλάτων στο έδαφος πάνω από κάποιο όριο, μπορεί να οδηγήσει στη νατρίωση του εδάφους. Σ' αυτήν την περίπτωση, εκτός από τα παραπάνω μέτρα, συνιστάται και η προσθήκη γύψου ($CaSO_4 \bullet 2H_2O$) στο έδαφος, ώστε το Na να αντικατασταθεί από το Ca και να εκπλυθεί από την εδαφική κατατομή.

Η υψηλή συγκέντρωση του εδαφικού διαλύματος σε υδατοδιαλυτά άλατα είτε ο εμπλουτισμός του εδαφικού διαλύματος και κατ' επέκταση της στερεής φάσης του εδάφους με Na, συντελεί στη δημιουργία **3 κατηγοριών προβληματικών εδαφών** εξαιτίας **της αλάτωσης είτε της νατρίωσης**. Προκειμένου να διαπιστωθεί στο εργαστήριο εάν ένα έδαφος είναι **προβληματικό ή κανονικό**, συνήθως παρασκευάζεται **πάστα** (κορεσμός με H_2O) του εδάφους και προσδιορίζεται το **pH** της. Κατόπιν, παραλαμβάνεται **το εκχύλισμα κορεσμού** και σ' αυτό προσδιορίζονται **η EC** (**mS/cm**) και **οι συγκεντρώσεις των Na^+, Ca^{+2} και Mg^{+2}** και υπολογίζεται ο λόγος προσροφημένου Na (**SAR** από το Sodium Adsorption Ratio) από τον τύπο:

$$\mathbf{SAR} = \frac{[Na^+]}{\sqrt{([Ca^{+2} + Mg^{+2}] / 2)}}$$

όπου:

$[M^{+x}]$ = οι συγκεντρώσεις των 3 στοιχείων στο εκχύλισμα κορεσμού σε **meq/L** (ή $mmol_c/L$, σύμφωνα με το SI).

Επιπρόσθετα, στο έδαφος μπορεί να προσδιορισθούν το ανταλλάξιμο Na και η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (βλέπε επόμενη ενότητα) και να υπολογισθεί το ποσοστό ανταλλαξίμου Na (**ESP** από το Exchangeable Sodium Percentage) από τον τύπο:

$$\mathbf{ESP} = \frac{[\mathbf{Na^+}]}{\mathbf{IAK}} \cdot \mathbf{100}$$

όπου:

$[Na^+]$ = η συγκέντρωση του ανταλλαξίμου Na^+ σε **meq/100g** (ή $cmol_c$/kg, σύμφωνα με το SI),

IAK = η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων σε **meq/100g** (ή $cmol_c$/kg, σύμφωνα με το SI).

Με βάση τις τιμές των **4 ιδιοτήτων** το έδαφος κατατάσσεται σε μια από τις κατηγορίες που αναφέρονται στον ακόλουθο πίνακα.

Χαρακτηρισμός	**EC_{25} (mS/cm)**	**SAR & ESP**	**pH πάστας**
Αλατούχο	**≥ 2 ή 4**	**< 13**	**< 15**	**< 8,5**
Αλατούχο-Νατριωμένο	**≥ 2 ή 4**	**≥ 13**	**≥ 15**	**< 8,5**
Νατριωμένο	**< 2 ή 4**	**≥ 13**	**≥ 15**	**≥ 8,5**
Κανονικό	**< 2 ή 4**	**< 13**	**< 15**	**< 8,5**

9.1. Παρασκευή αιωρήματος εδάφους–νερού 1:1 και παραλαβή του υδατικού εκχυλίσματος

Όλοι οι προσδιορισμοί που αφορούν τα υδατοδιαλυτά άλατα του εδάφους μπορεί να γίνουν στο εδαφικό διάλυμα. Επειδή η παραλαβή του εδαφικού διαλύματος σε συνθήκες αγρού παρουσιάζει τεχνικές δυσκολίες, έχουν αναπτυχθεί στο εργαστήριο πιο απλές τεχνικές παραλαβής υδατικού εκχυλίσματος, που προσομοιάζει το εδαφικό διάλυμα. Τέτοιες είναι ο κορεσμός του εδάφους με H_2O (πάστα εδάφους) και η παραλαβή του εκχυλίσματος κορεσμού ή η δημιουργία αιωρήματος εδάφους-H_2O σε αναλογίες 1:1 ή 1:2 ή 1:5 και η παραλαβή του υδατικού εκχυλίσματος, μετά από εξισορρόπηση της στερεής με την υγρή φάση για κάποιο χρονικό διάστημα και στις 2 περιπτώσεις.

Σκεύη, συσκευές και όργανα: πλαστικό δοχείο, ογκομετρικός κύλινδρος, γυάλινη ράβδος, σωλήνας φυγοκέντρησης, πλαστικό φιαλίδιο, χωνί διήθησης, ηθμός, ζυγός, φυγόκεντρος.

Μέθοδος

1. Ποσότητα εδάφους **50 ± 0,1 g** ζυγίζεται και μεταφέρεται στο πλαστικό δοχείο.
2. Προστίθενται 50 mL H_2O, με τον ογκομετρικό κύλινδρο.
3. Ακολουθεί ανάδευση με τη γυάλινη ράβδο 1 min.
4. Το αιώρημα παραμένει σε ηρεμία 15 min.
5. Κατόπιν, μεταφέρεται στο σωλήνα φυγοκέντρησης και φυγοκεντρείται.
6. **Το υπερκείμενο διαυγές υγρό** συλλέγεται στο πλαστικό φιαλίδιο, με τη βοήθεια του χωνιού και του ηθμού και **χρησιμοποιείται σε όλους τους προσδιορισμούς που αναφέρονται παρακάτω**.

9.2. Προσδιορισμοί στο υδατικό εκχύλισμα

9.2.1. Προσδιορισμός της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC)

Όργανα: αγωγιμόμετρο.

Μέθοδος

Γίνεται μέτρηση της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) του εκχυλίσματος (**άσκηση 9.1**) σε **mS/cm ή μS/cm** με το αγωγιμόμετρο.

9.2.2. Προσδιορισμός των υδατοδιαλυτών κατιόντων

Ο προσδιορισμός των κατιόντων καλίου (K^+) και νατρίου (Na^+) γίνεται με φλογοφωτόμετρο και των κατιόντων ασβεστίου (Ca^{+2}) και μαγνησίου (Mg^{+2}) με φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης.

Όργανα: φλογοφωτόμετρο, φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης.

Υπολογισμοί

Ο προσδιορισμός όλων των κατιόντων γίνεται από το εργαστήριο και οι συγκεντρώσεις τους δίνονται σε **ppm** (**ή mg/L ≡ μg/mL**, σύμφωνα με το SI).

Η μετατροπή των συγκεντρώσεων των υδατοδιαλυτών κατιόντων σε **meq/L** (ή $mmol_c/L$, σύμφωνα με το SI) δίνεται από τον τύπο:

$$[M^{+x}]\ (meq/L) = \frac{C\ (mg/L)}{XI\ (g)}$$

όπου:

C = η συγκέντρωση του στοιχείου (ppm),

XI = το βάρος του χημικού ισοδυνάμου του στοιχείου (K = 39, Na = 23, Ca = 20, Mg = 12) (g).

Υπενθυμίζεται ότι στους υπολογισμούς πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η τυχόν αραίωση, η οποία δεν περιλαμβάνεται στον παραπάνω τύπο.

9.2.3. Προσδιορισμός των υδατοδιαλυτών ανιόντων

Ο προσδιορισμός των χλωριούχων (Cl^-) και όξινων ανθρακικών (HCO_3^-) ανιόντων γίνεται ογκομετρικά, όπως περιγράφεται στις επόμενες ενότητες. Για λόγους χρονικής διάρκειας των εργαστηριακών ασκήσεων, ο προσδιορισμός των θειικών (SO_4^{-2}) και των νιτρικών (NO_3^-) ανιόντων δεν πραγματοποιείται.

Προσδιορισμός των Cl^- (αργυρομετρία)

Αντιδραστήρια: διάλυμα 0,01 N νιτρικού αργύρου ($AgNO_3$),

δείκτης χρωμικού καλίου (K_2CrO_4).

Σκεύη: κωνική φιάλη, σιφώνιο, προχοΐδα.

<u>Μέθοδος</u>

1. Από το εκχύλισμα (**άσκηση 9.1**) μεταφέρεται όγκος $\mathbf{V_{εκχ.}}$ (**mL**), με το σιφώνιο στην κωνική φιάλη.

2. Προστίθενται 1-2 σταγόνες δείκτη K_2CrO_4. Η εμφάνιση κίτρινου χρώματος δείχνει την παρουσία Cl^-.

3. Κατόπιν, γίνεται ογκομέτρηση με διάλυμα **0,01 N** $AgNO_3$, με τη βοήθεια της προχοΐδας. Η ογκομέτρηση σταματά όταν το χρώμα του εκχυλίσματος από **κίτρινο** γίνει **κεραμόχρουν**.

4. Σημειώνεται ο όγκος **V** (**mL**) του διαλύματος 0,01 N $AgNO_3$, που καταναλώθηκε.

Υπολογισμοί

Η συγκέντρωση των Cl^- σε **meq/L** (ή $mmol_c/L$, σύμφωνα με το SI) υπολογίζεται από τον τύπο:

$$[Cl^-]\ (meq/L) = \frac{N\ (eq/L) \cdot V\ (mL) \cdot 1000}{V_{εκχ.}\ (mL)}$$

όπου:

N = η κανονικότητα του διαλύματος $AgNO_3$ (eq/L),

V = ο όγκος του διαλύματος 0,01 N $AgNO_3$, που καταναλώθηκε κατά την ογκομέτρηση (mL),

$V_{εκχ.}$ = ο όγκος του εκχυλίσματος, που χρησιμοποιήθηκε κατά την ογκομέτρηση (mL).

Προσδιορισμός των HCO_3^{-2} (αλκαλιμετρία)

Αντιδραστήρια: διάλυμα 0,01 N υδροχλωρικού οξέος (HCl), δείκτης ηλιανθίνης.

Σκεύη: κωνική φιάλη, σιφώνιο, προχοΐδα.

Μέθοδος

1. Από το εκχύλισμα (**άσκηση 9.1**) μεταφέρεται όγκος $\mathbf{V_{εκχ.}}$ (**mL**), με το σιφώνιο στην κωνική φιάλη.

2. Προστίθενται 1-2 σταγόνες δείκτη ηλιανθίνης. Η εμφάνιση κίτρινου χρώματος δείχνει την παρουσία HCO_3^-.

3. Κατόπιν, γίνεται ογκομέτρηση με διάλυμα **0,01 N** HCl, με τη βοήθεια της προχοΐδας. Η ογκομέτρηση σταματά όταν το χρώμα του εκχυλίσματος από **κίτρινο** γίνει **ερυθροϊώδες.**

4. Σημειώνεται ο όγκος **V** (**mL**) του διαλύματος 0,01 N HCl, που καταναλώθηκε.

Υπολογισμοί

Η συγκέντρωση των HCO_3^- σε **meq/L** (ή $mmol_c/L$, σύμφωνα με το SI) υπολογίζεται από τον τύπο:

$$[HCO_3^-]\ (meq/L) = \frac{N\ (eq/L) \cdot V\ (mL) \cdot 1000}{V_{εκχ.}\ (mL)}$$

όπου:

N = η κανονικότητα του διαλύματος HCl (eq/L),

V = ο όγκος του διαλύματος 0,01 N HCl, που καταναλώθηκε κατά την ογκομέτρηση (mL),

$V_{εκχ.}$ = ο όγκος του εκχυλίσματος, που χρησιμοποιήθηκε κατά την ογκομέτρηση (mL).

Σχέσεις

Για το υδατικό εκχύλισμα, όπως και για κάθε ιοντικό διάλυμα, ισχύει η σχέση:

$$\textbf{∑κατιόντων (meq/L) = ∑ανιόντων (meq/L)} \leftrightarrow$$

$$\textbf{∑}(K^+, Na^+, Ca^{+2}, Mg^{+2})\ \textbf{(meq/L) = ∑}(Cl^-, HCO_3^-, NO_3^-, SO_4^{-2})\ \textbf{(meq/L)}$$

Επίσης ισχύει η εμπειρική σχέση:

$$\textbf{10 • EC (mS/cm) = ∑κατιόντων (meq/L) = ∑ανιόντων (meq/L)}$$

ΑΣΚΗΣΗ

Υπολογίστε την EC_{25} (mS/cm) και τις συγκεντρώσεις των υδατοδιαλυτών αλάτων για το έδαφός σας. Περιγράψτε τις καταστάσεις αλάτωσης και νατρίωσης των εδαφών (συνοπτικά).

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

10. Τα Ανταλλάξιμα Κατιόντα και η Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (ΙΑΚ) του Εδάφους

Στα ορυκτά της αργίλου, την οργανική ουσία και τα οξυ-υδροξείδια του εδάφους εμφανίζεται **περίσσεια αρνητικού φορτίου** (**μόνιμου** εξαιτίας του φαινόμενου της ισόμορφης υποκατάστασης είτε **μεταβλητού** εξαιτίας του pH) η οποία εξουδετερώνεται από κατιόντα που προέρχονται από το εδαφικό διάλυμα. Τα κατιόντα αυτά της στερεάς φάσης μπορούν να ανταλλάσσονται με άλλα κατιόντα του εδαφικού διαλύματος και ονομάζονται **ανταλλάξιμα κατιόντα**, ενώ το μέγεθος του συνολικού αρνητικού φορτίου χαρακτηρίζει την **Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων** (**ΙΑΚ ή CEC** από τον όρο Cation Exchange Capacity) του εδάφους. Η ΙΑΚ στα τυπικά ανόργανα καλλιεργούμενα εδάφη οφείλεται κυρίως στην άργιλο, ενώ στα οργανικά εδάφη οφείλεται κυρίως στην οργανική ουσία.

Η ΙΑΚ του εδάφους παίζει σημαντικό ρόλο στην αντίδραση και τη ρυθμιστική ικανότητα του εδάφους, τη συγκράτηση νερού και ορισμένων θρεπτικών στοιχείων και τη δομή. Έτσι, εδάφη με υψηλή ΙΑΚ ανθίστανται σε μεταβολές του pH τους περισσότερο από εδάφη με χαμηλή ΙΑΚ. Η μεγαλύτερη ικανότητα συγκράτησης θρεπτικών στοιχείων και νερού των αργιλωδών εδαφών σε σχέση μ' αυτή των αμμωδών οφείλεται στην υψηλότερη ΙΑΚ τους.

10.1. Προσδιορισμός των ανταλλαξίμων κατιόντων (Μέθοδος οξικού αμμωνίου, 1 N, pH 7)

Τα ανταλλάξιμα κατιόντα (κυρίως τα K^+, Na^+, Ca^{+2}, Mg^{+2}) του εδάφους προσδιορίζονται με εκχύλιση από το έδαφος με κάποιο διάλυμα. Δηλαδή, ποσότητα εδάφους αναμιγνύεται με ποσότητα **εκχυλιστικού διαλύματος γνωστής χημικής σύστασης**, σε συγκεκριμένη **αναλογία**, παραμένουν σε επαφή συνήθως με ανακίνηση **ορισμένο χρονικό διάστημα**, παραλαμβάνεται η υγρή φάση συνήθως με φυγοκέντρηση και στο εκχύλισμα προσδιορίζονται τα κατιόντα. Υπάρχουν πολλές μέθοδοι εκχύλισης, αλλά καθεμιά μέθοδος χαρακτηρίζεται από: **τη σύσταση του εκχυλιστικού διαλύματος, την αναλογία ανάμιξης και το χρόνο επαφής**. Στη μέθοδο που περιγράφεται παρακάτω, ως εκχυλιστικό διάλυμα χρησιμοποιείται διάλυμα 1 N οξικού αμμωνίου (CH_3COONH_4), pH 7, η αναλογία ανάμιξης εδάφους-διαλύματος είναι 1:10 και ο χρόνος ανακίνησης είναι 30 min.

10.1.1. Υλικά και Μέθοδοι

Αντιδραστήρια: διάλυμα 1 N οξικού αμμωνίου (CH_3COONH_4), pH 7.

Σκεύη, συσκευές και όργανα: σωλήνας φυγοκέντρησης, ογκομετρικός κύλινδρος, πλαστικό φιαλίδιο, χωνί διήθησης, ηθμός, φυγόκεντρος, ζυγός, φλογοφωτόμετρο, φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης.

Μέθοδος

1. Ποσότητα εδάφους **2,5 ± 0,01 g** ζυγίζεται και μεταφέρεται στο σωλήνα φυγοκέντρησης.
2. Προστίθενται **25 mL** διαλύματος 1 N CH_3COONH_4, pH 7, με τον ογκομετρικό κύλινδρο.
3. Ο σωλήνας πωματίζεται, ανακινείται 30 min και μετά φυγοκεντρείται.
4. Το υπερκείμενο διαυγές υγρό συλλέγεται στο πλαστικό φιαλίδιο με τη βοήθεια του χωνιού και του ηθμού.
5. Στο εκχύλισμα προσδιορίζονται τα K^+ και Na^+ με φλογοφωτόμετρο και τα Ca^{+2} και Mg^{+2} με φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης, από το εργαστήριο και οι συγκεντρώσεις τους δίνονται σε **ppm** (**ή mg/L ≡ μg/mL**, σύμφωνα με το SI).

10.1.2. Υπολογισμοί

Η μετατροπή των συγκεντρώσεων των ανταλλαξίμων κατιόντων σε **meq/100g** εδάφους (ή $cmol_c$/kg εδάφους, σύμφωνα με το SI) δίνεται από τον τύπο:

$$[M^{+x}]\ (meq/100g) = \frac{C\ (mg/L) \cdot V\ (mL) \cdot 100\ (g)}{W\ (g) \cdot 1000 \cdot XI\ (g)}$$

όπου:

C = η συγκέντρωση του στοιχείου στο εκχύλισμα (ppm),

V = όγκος του διαλύματος CH_3COONH_4 1 N, pH 7 (mL),

W = το βάρος του εδάφους (g),

XI = το βάρος του χημικού ισοδυνάμου του στοιχείου (K = 39, Na = 23, Ca = 20, Mg = 12) (g).

Υπενθυμίζεται ότι στους υπολογισμούς πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η τυχόν αραίωση, η οποία δεν περιλαμβάνεται στον παραπάνω τύπο.

10.2. Προσδιορισμός της ΙΑΚ

(Μέθοδος οξικού νατρίου 1 N, pH 8,2 - οξικού αμμωνίου, 1 N, pH 7)

Το μέγεθος του συνολικού αρνητικού φορτίου του εδάφους που χαρακτηρίζει την ΙΑΚ του προσδιορίζεται συνήθως με **κορεσμό** του εδάφους μ' ένα συγκεκριμένο **κατιόν**, το οποίο στη συνέχεια αντικαθίσταται από ένα άλλο κατιόν (**αποκορεσμός**), **συλλέγεται** και **προσδιορίζεται**. **Η συγκέντρωση του κατιόντος κορεσμού εκφράζει την ΙΑΚ του εδάφους**. Υπάρχουν πολλές μέθοδοι που προτείνουν διάφορα διαλύματα για τον κορεσμό και τον αποκορεσμό του εδάφους. Στη μέθοδο που περιγράφεται παρακάτω, για τον κορεσμό χρησιμοποιείται διάλυμα 1 N οξικού νατρίου (CH_3COONa), pH 8,5 και για τον αποκορεσμό διάλυμα 1 N οξικού αμμωνίου (CH_3COONH_4), pH 7. Δηλαδή, το κατιόν κορεσμού είναι **το Na^+**, το οποίο μετά από ανταλλαγή με το NH_4^+, **συλλέγεται** και **προσδιορίζεται**.

10.2.1. Υλικά και Μέθοδοι

Αντιδραστήρια: διάλυμα 1 N οξικού νατρίου (CH_3COONa), pH 8,5 (**διάλυμα κορεσμού**), αλκοόλη (**διάλυμα έκπλυσης**), διάλυμα 1 N οξικού αμμωνίου (CH_3COONH_4), pH 7 (**διάλυμα αποκορεσμού**).

Σκεύη, συσκευές και όργανα: σωλήνας φυγοκέντρησης, ογκομετρικός κύλινδρος, ογκομετρική φιάλη των 100 mL, χωνί διήθησης, φυγόκεντρος, ζυγός, φλογοφωτόμετρο.

Μέθοδος

1. Ποσότητα εδάφους **2,5 ± 0,01 g** ζυγίζεται και μεταφέρεται στο σωλήνα φυγοκέντρησης.
2. Προστίθενται 30 mL διαλύματος 1 N CH_3COONa, pH 8,5, με τον ογκομετρικό κύλινδρο.
3. Ο σωλήνας πωματίζεται, ανακινείται 5 min και μετά φυγοκεντρείται.
4. Το υπερκείμενο διαυγές υγρό **αποχύνεται στο νιπτήρα**.

Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται άλλες 2 φορές (**3 φορές συνολικά**) χρησιμοποιώντας **το ίδιο εδαφικό δείγμα** (**κορεσμός**).

5. Στη συνέχεια, προστίθενται στο σωλήνα φυγοκέντρησης 30 mL αλκοόλης με τον ογκομετρικό κύλινδρο.
6. Ο σωλήνας πωματίζεται, ανακινείται 5 min και μετά φυγοκεντρείται.

7. Το υπερκείμενο διαυγές υγρό **αποχύνεται στο νιπτήρα**.

Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται άλλες 2 φορές (**3 φορές συνολικά**) χρησιμοποιώντας **το ίδιο εδαφικό δείγμα** (**έκπλυση**).

8. Τέλος, στο σωλήνα φυγοκέντρησης προστίθενται 30 mL διαλύματος 1 N CH_3COONH_4, pH 7, με τον ογκομετρικό κύλινδρο.

9. Ο σωλήνας πωματίζεται, ανακινείται 5 min και μετά φυγοκεντρείται.

10. Το υπερκείμενο διαυγές υγρό **συλλέγεται** στην ογκομετρική φιάλη των **100 mL**, με τη βοήθεια του χωνιού.

Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται άλλες 2 φορές (**3 φορές συνολικά**) χρησιμοποιώντας **το ίδιο εδαφικό δείγμα** (**αποκορεσμός**).

11. Μετά την τρίτη εκχύλιση, η ογκομετρική φιάλη συμπληρώνεται μέχρι τη χαραγή με H_2O και στο εκχύλισμα προσδιορίζεται το Na^+ με φλογοφωτόμετρο από το εργαστήριο και η συγκέντρωσή του δίνεται σε **ppm** (**ή mg/L ≡ μg/mL**, σύμφωνα με το SI).

10.2.2. Υπολογισμοί

Η μετατροπή της συγκέντρωσης του Na^+ σε **meq/100g** εδάφους (ή $cmol_c$/kg εδάφους, σύμφωνα με το SI), η οποία είναι **η ΙΑΚ** του εδάφους, δίνεται από τον τύπο:

$$\textbf{[IAK] (meq/100g)} = \frac{\textbf{C (mg/L) • V (mL) • 100 (g)}}{\textbf{W (g) • 1000 • XI (g)}}$$

όπου:

C = η συγκέντρωση του Na στο εκχύλισμα (ppm),

V = ο όγκος του εκχυλίσματος (mL),

W = το βάρος του εδάφους (g),

XI = το βάρος του χημικού ισοδυνάμου του Na (23 g).

Υπενθυμίζεται ότι στους υπολογισμούς πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η τυχόν αραίωση, η οποία δεν περιλαμβάνεται στον παραπάνω τύπο.

ΑΣΚΗΣΗ

Υπολογίστε τις συγκεντρώσεις των ανταλλαξίμων κατιόντων, την ΙΑΚ και το ESP για το έδαφός σας.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ