

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1)

Μια ανάλυση νερού έδωσε τα παρακάτω στοιχεία:

$$\text{Ca}^{2+}=40,5 \text{ mg/L} \quad \text{HCO}_3^-=147 \text{ mg/L}$$

$$\text{Mg}^{2+}=10,2 \text{ mg/L} \quad \text{Cl}^-=21,3 \text{ mg/L}$$

$$\text{Na}^+=12,6 \text{ mg/L} \quad \text{SO}_4^{2-}=11 \text{ mg/L}$$

$$\text{K}^+=0,4 \text{ mg/L} \quad \text{NO}_3^-=0,31 \text{ mg/L}$$

Ατομικά βάρη $\text{Ca}=40$, $\text{Mg}=24$, $\text{Na}=23$, $\text{K}=39$, $\text{H}=1$, $\text{Cl}=35,5$, $\text{S}=32$,
 $\text{N}=14$, $\text{O}=16$, $\text{C}=12$.

Επιβεβαιώσετε ότι η ανάλυση είναι σωστή. Στη συνέχεια εξετάσετε με βάση τα στοιχεία που σας δίδονται αν η χρήση του νερού για άρδευση εγκυμονεί κίνδυνο εναλάτωσης καθώς και νατρίωσης του εδάφους.

Λύση

Για επιβεβαίωση της ορθότητας της ανάλυσης θα πρέπει να ελεγχθεί αν το άθροισμα των κατιόντων και των ανιόντων εκφρασμένο σε mmol_c/L είναι ίσο.

$$\boxed{\text{Αριθμός των moles}_c/\text{L} = a \times \text{αριθμός των moles/L} = a \times \text{meq ιόντος},}$$

όπου a είναι το σθένος του ιόντος.

Πράγματι:

$$\Sigma \text{K} = \text{meq Ca} + \text{meq Mg} + \text{meq Na} + \text{meq K} = \frac{40,5}{20} + \frac{10,2}{12} + \frac{12,6}{23} + \frac{0,4}{39} = 3,4 \text{ mmol}_c / \text{L}$$

$$\Sigma \text{A} = \frac{147}{61} + \frac{21,3}{35,5} + \frac{11}{48} + \frac{0,31}{62} = 3,2 \text{ mmol}_c / \text{L}$$

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Από την ισότητα των παραπάνω αθροισμάτων επιβεβαιώνεται η ορθότητα της ανάλυσης.

Για την εκτίμηση του κινδύνου εναλάτωσης του εδάφους απαιτείται η γνώση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μπορεί περίπου να βρεθεί, με τη βοήθεια της ακόλουθης σχέσης:

$$EC \text{ σε } dS/m \times 10 = mmol_c/L \text{ κατιόντων ή ανιόντων}$$

Επομένως

$$\Sigma K \approx \Sigma A \approx \frac{3,3 mmol_c / L}{10} = 0,33 mS / cm = 330 \mu S / cm$$

Το νερό επομένως χαρακτηρίζεται με μέσο κίνδυνο αλάτωσης (C2) και άρα είναι κατάλληλο για άρδευση, με βάση τα στοιχεία του παρακάτω γραφήματος και του Πίνακα 3.4.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Για την εκτίμηση του κινδύνου νατρίωσης του εδάφους απαιτείται η γνώση της SAR.

$$Na^+ = \frac{12,6}{23} = 0,55 \text{ mmol}_c / L, Ca^{2+} = \frac{40,5}{20} = 2,03 \text{ mmol}_c / L,$$
$$Mg^{2+} = \frac{10,2}{12} = 0,85 \text{ mmol}_c / L$$

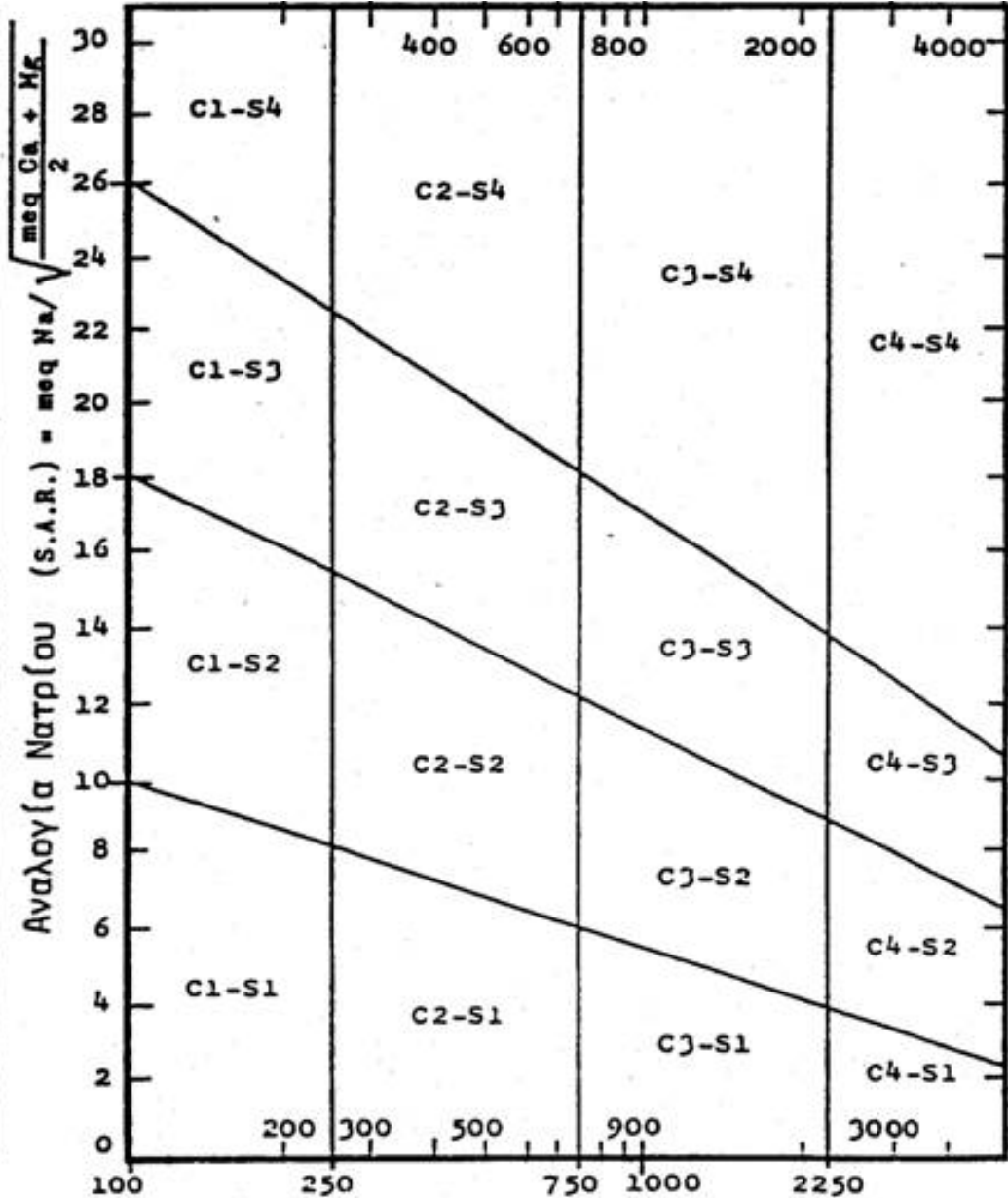
Επομένως

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{(Ca + Mg)/2}} = \frac{0,55}{\sqrt{(2,03 + 0,85)/2}} = 0,45$$

Από την υπολογισθείσα τιμή SAR και με βάση το παρακάτω γράφημα, εκτιμάται ότι ο κίνδυνος νατρίωσης του εδάφους είναι πολύ μικρός (S1).

ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΝΑΤΡΙΟΥ

ΜΙΚΡΟΣ	ΜΕΣΙΟΣ	ΜΕΓΑΛΟΣ	ΜΕΓΙΣΤΟΣ
1	2	3	4



Ειδική αγωγιμότητα σε $\mu\text{mhos/cm}$

1	2	3	4
ΜΙΚΡΟΣ	ΜΕΣΙΟΣ	ΜΕΓΑΛΟΣ	ΜΕΓΙΣΤΟΣ

Κ Ι Ν Δ Υ Ν Ο Σ Α Λ Α Τ Ω Σ Ε Ω Σ

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

2)

Από μια ανάλυση ενός δείγματος εδάφους προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

$$pH = 9,6$$

$$EC_{ex} = 1,7 \text{ dS/m}$$

$$CEC = 18 \text{ cmol}_c/\text{kg}$$

$$\text{Ανταλλάξιμο } Na^+ = 5 \text{ cmol}_c/\text{kg}$$

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία πώς θα χαρακτηρίζατε το έδαφος από άποψη αλατότητας και νατρίωσης;

Λύση

Η τιμή της $EC_{ex} < 4 \text{ dS/m}$ αποτελεί ένδειξη ότι το έδαφος δεν είναι αλατούχο. Η τιμή του pH δίνει ένδειξη ότι το έδαφος θα πρέπει να είναι νατριωμένο, πράγμα που θα πρέπει να επιβεβαιώσει ο υπολογισμός του ESP. Έτσι:

$$ESP = \frac{Na}{CEC} \times 100 = \frac{5}{18} 100 = 27,8\%$$

Επομένως αφού και το ESP είναι μεγαλύτερο του 15%, επιβεβαιώνεται ότι το έδαφος είναι νατριωμένο.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

3)

Πόσο ανθρακικό ασβέστιο θα απαιτηθεί για να εξουδετερωθούν τα ιόντα H^+ στο διάλυμα ενός στρέμματος εδάφους με υγρασία 35% κατά βάρος, για βάθος 20 cm, όταν το pH του μεταβάλλεται από 4 στο 6,5 ($\Phi EB = 1,2 \text{ g/cm}^3$).

Λύση

pH=4 σημαίνει $[H^+] = 1 \times 10^{-4} = 10 \times 10^{-5} \text{ gr-ion/L}$ και

pH=6,5 σημαίνει $[H^+] = 1 \times 10^{-6,5} = 10^{-1,5} \times 10^{-5} \text{ gr-ion/L}$ άρα η διαφορά στην ποσότητα των ιόντων υδρογόνου από το pH=4 σε pH=6,5 είναι ίση με:

$$[H^+] = [10^{-1}/(10^{\sqrt{10}}) \times 10^{-5} = 9,97 \times 10^{-5} \text{ gr-ion/L} \text{ ή } 9,97 \times 10^{-2} \text{ mmol}_c H^+/\text{L}.$$

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Η ποσότητα του νερού στο έδαφος είναι: Βάρος ενός στρέμματος εδάφους σε βάθος 20cm, με ΦΕΒ=1,2g/cm³ ίσο με $2,4 \times 10^5$ kg.

Αν η περιεκτικότητά του σε νερό είναι ίση με 35%, η ποσότητα του νερού είναι $2,4 \times 10^5 \times 0,35 = 8,4 \times 10^4$ kg. Επομένως

Αν για 1L νερού προκειμένου να μεταβληθεί το pH του από το 4 στο 6 απαιτείται ποσότητα ιόντων H⁺ ίση με $9,97 \times 10^{-2}$ mmol_c

Για $8,4 \times 10^4$ L νερού » X; »

$$X = 9,97 \times 10^{-2} \cdot 8,4 \times 10^4 = 8,38 \times 10^3 \text{ mmol}_c \text{ H}^+$$

Για την εξουδετέρωση της παραπάνω ποσότητας ιόντων H⁺ απαιτείται ισοδύναμη ποσότητα CaCO₃, δηλαδή:

$8,38 \times 10^3$ mmol_c CaCO₃ ή 419 g CaCO₃ αφού το 1 mmol_c CaCO₃=50 mg

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

4)

Ένα έδαφος περιέχει CaCO_3 σε ποσοστό 10% και δέχεται ετησίως 1200 mm όξινης βροχής με $\text{pH}=4,5$. Να βρεθεί πόσα χρόνια θα χρειασθούν για να εξουδετέρωσει η βροχή το CaCO_3 ενός στρέμματος εδάφους σε βάθος 20 cm ($\Phi\text{EB} = 1,2 \text{ g/cm}^3$).

Λύση

Η συγκέντρωση των ιόντων H^+ στο νερό της βροχής είναι:

$$[\text{H}^+] = 1 \times 10^{-4,5} \text{ gr-ion/L} \text{ ή } 3,16 \times 10^{-5} \text{ gr-ion/L} \text{ ή } 3,16 \cdot 10^{-2} \text{ mmol}_c \text{ H}^+/\text{L}$$

Η ποσότητα του νερού που δέχεται ετησίως το έδαφος είναι 1200mm ή 1200tn/στρεμ. ή $1,2 \times 10^6 \text{ kg/στρεμ}$. Το νερό αυτό, εφοδιάζει το έδαφος με $3,16 \times 10^{-2} \times 1,2 \times 10^6 = 3,79 \times 10^4 \text{ mmol}_c \text{ H}^+$, τα οποία εξουδετερώνουν ισάριθμα $\text{mmol}_c \text{ CaCO}_3$.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Ένα στρέμμα έδαφος σε βάθος 20 cm με ΦΕΒ=1,2 g/cm³, ζυγίζει 240 tn και αν η περιεκτικότητά του σε CaCO₃ είναι 10%, το ανθρακικό ασβέστιο είναι ίσο με:

Στα 100 kg εδάφους περιέχονται 10 kg CaCO₃
στα 2,4 x 10⁵ » x;

$$x = \frac{2,4 \times 10^5 \times 10}{100} = 2,4 \times 10^4 \text{ kg CaCO}_3$$

Το 1 mmol_c CaCO₃ είναι ίσο με 50 mg, επομένως η παραπάνω ποσότητα CaCO₃, ισοδυναμεί με

$$\frac{2,4 \times 10^4 \times 10^6}{50} = 4,8 \times 10^8 \text{ mmol}_c \text{ CaCO}_3$$

Επομένως για την εξουδετέρωση του CaCO₃ χρειάζονται

$$\frac{4,8 \times 10^8}{3,79 \times 10^4} = 12.665 \text{ χρόνια.}$$

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

5)

Στην προηγούμενη άσκηση, αν στο έδαφος προστίθεται ετησίως ποσότητα 100kg θειϊκής αμμωνίας $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ανά στρέμμα, να βρεθεί πόσα χρόνια θα χρειασθούν για την εξουδετέρωση του ανθρακικού ασβεστίου.

Λύση

Το mol_c της $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ είναι ίσο με $\frac{\text{MB}}{2}$ ή $\frac{132}{2} = 66$

Επομένως τα 100 kg θειϊκής αμμωνίας ισοδυναμούν με:

$$\frac{100 \times 10^3 \text{ gr}}{66 \text{ gr}} = 1,5 \times 10^3 \text{ mol}_c$$

Άρα για την εξουδετέρωση $4,8 \times 10^5 \text{ mol}_c \text{ CaCO}_3$ απαιτούνται:

$$\frac{4,8 \times 10^5}{1,5 \times 10^3} = 3,2 \times 10^2 = 320 \text{ χρόνια}$$

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

6)

Σε συνδυασμό των δύο προηγούμενων ασκήσεων αν το έδαφος δέχεται ετησίως και την όξινη βροχή και την ίδια ποσότητα θειικής αμμωνίας, όπως στις προηγούμενες ασκήσεις, να βρεθεί πόσα χρόνια θα χρειασθούν για την εξουδετέρωση του ανθρακικού ασβεστίου.

Λύση

Με τη βροχή, το έδαφος δέχεται $38 \text{ mol}_c \text{ H}^+$ και με τη θειική αμμωνία 1500 mol_c , επομένως ετησίως εξουδετερώνονται $1538 \text{ mol}_c \text{ CaCO}_3$.

Το έδαφος περιέχει $4,8 \times 10^5 \text{ mol}_c \text{ CaCO}_3$ τα οποία για να εξουδετερωθούν απαιτούνται:

$$\frac{4,8 \times 10^5}{1538} = 312 \text{ χρόνια}$$

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

7)

Από μια ανάλυση εδάφους προέκυψαν τα παρακάτω στοιχεία:

$$\text{CEC} = 25 \text{ cmol}_c/\text{kg}$$

$$\text{ΦΕΒ} = 1,2 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Ανταλλάξιμο Na}^+ = 230 \text{ mg/100g}$$

Αν το έδαφος είναι νατριωμένο, πόση ποσότητα γύψου ανά στρέμμα απαιτείται για τη βελτίωσή του σε βάθος 30cm.

($\text{MB CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 172$, Ατομ. Βάρος $\text{Na}=23$).

Λύση

Το ανταλλάξιμο Na θα πρέπει να εκφρασθεί σε cmol_c/kg . Επομένως η ποσότητα των 230mg/100g είναι ισοδύναμη με: 10 cmol_c/kg

Στη συνέχεια υπολογίζεται το ESP

Στα 25 cmol_c/kg CEC αντιστοιχούν 10 cmol_c/kg Na^+/kg

στα 100 » x;

$$x = 10 \frac{100}{25} = 40\%$$

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Επομένως αφού το ESP=40%, είναι μεγαλύτερο του 15% το έδαφος είναι νατριωμένο.

Για την εξυγίανσή του θα πρέπει να προστεθεί ισοδύναμη ποσότητα γύψου, για τη μερική ή πλήρη αντικατάσταση του Na, από τη στερεή φάση.

Ένα στρέμμα εδάφους με ΦΕΒ = $1,2\text{g/cm}^3$ σε βάθος 30cm ζυγίζει 360tn, επομένως περιέχει $36 \times 10^4 \times 10 = 36 \times 10^5 \text{ cmol}_c \text{ Na}^+$.

Το $1 \text{ mol}_c \text{ CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \frac{172}{2} = 86 \text{ g}$ επομένως το $1 \text{ cmol}_c = 0,86 \text{ g}$

Επομένως ποσότητα απαιτούμενης γύψου

$36 \times 10^5 \times 0,86 = 30,96 \times 10^5 \text{ g}$ ή 3,096 tn γύψου.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

8)

Η ανάλυση ενός δείγματος νερού έδωσε τα παρακάτω στοιχεία:

$$\text{Na}^+ = 440 \text{ ppm}$$

$$\text{Ca}^{2+} = 73 \text{ ppm}$$

$$\text{Mg}^{2+} = 21 \text{ ppm}$$

Ατομ. βαρ. Na=23, Ca=40, Mg=24

Εξετάσετε αν το νερό είναι κατάλληλο για άρδευση.

Λύση

Με τα στοιχεία που δίδονται, είναι δυνατή η εκτίμηση του κινδύνου νατρίωσης του εδάφους, με τη βοήθεια του SAR. Για τον υπολογισμό του SAR η συγκέντρωση των ιόντων που δίδει η άσκηση πρέπει να εκφρασθεί σε mmol_c/L.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Έτσι,

$$Na^+ = \frac{440}{23} = 19,1 \text{ mmol}_c / L, Ca^{2+} = \frac{73}{20} = 3,7 \text{ mmol}_c / L,$$

$$Mg^{2+} = \frac{21}{12} = 1,7 \text{ mmol}_c / L$$

Επομένως

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{(Ca + Mg)/2}} \text{ ή } \frac{19,1}{\sqrt{(3,7 + 1,7)/2}} = 11,6$$

Από την υπολογισθείσα τιμή SAR και με βάση όσα αναφέρονται στο κεφάλαιο για το νερό άρδευσης, εκτιμάται ότι ο κίνδυνος νατρίωσης του εδάφους είναι μέτριος (S2).

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

9)

Σε συνέχεια της προηγούμενης άσκησης, αν ένα έδαφος με $CEC = 40 \text{ cmol}_c/\text{kg}$ και ανταλλάξιμο νάτριο ίσο με $3 \text{ cmol}_c/\text{kg}$, αρδεύεται με 200mm νερό ετησίως, να βρεθεί πόσος χρόνος θα απαιτηθεί για να νατριωθεί ένα στρέμμα εδάφους σε βάθος 30cm (θεωρήστε ότι δεν παρατηρούνται απώλειες νατρίου. $\Phi EB = 1,2\text{g}/\text{cm}^3$).

Λύση

Το ESP του εδάφους είναι:

Στα $40 \text{ cmol}_c/\text{kg}$ CEC αντιστοιχούν $3 \text{ cmol}_c/\text{kg}$ Na^+
στα 100 » x ;

$$x = 3 \frac{100}{40} = 7,5\%$$

Για να χαρακτηριστεί ένα έδαφος ως νατριωμένο πρέπει $ESP > 15\%$, επομένως υπολείπονται $15 - 7,5 = 7,5$ ποσοστιαίες μονάδες της CEC που αντιστοιχούν με:

Στα $100 \text{ cmol}_c/\text{kg}$ CEC αντιστοιχούν $7,5 \text{ cmol}_c/\text{kg}$ Na^+
στα 40 » x ;

$$x = 40 \frac{7,5}{100} = 3 \text{ cmol}_c \text{ Na}^+ / \text{kg} \text{ εδάφους}$$

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Ένα στρέμμα εδάφους με ΦΕΒ = $1,2\text{g/cm}^3$ σε βάθος 30cm ζυγίζει $10^7\text{cm}^2 \times 30\text{cm} \times 1,2\text{g/cm}^3 = 3,6 \times 10^5\text{kg}$, επομένως

Στο 1kg εδάφους αντιστοιχούν $3\text{cmol}_c\text{Na}^+$
 $3,6 \times 10^5$ x;

$$x = 108 \times 10^4\text{cmol}_c\text{Na}^+$$

Το νερό άρδευσης περιέχει 440ppm Na ή $19,1\text{mmol}_c\text{Na}^+/\text{L}$. Ένα στρέμμα εδάφους δέχεται ετησίως 200mm ή 200tn νερού που περιέχουν $2 \times 10^5\text{L} \times 19,1(\text{mmol}_c/\text{L}) = 38,2 \times 10^5\text{mmol}_c$ ή $38,2 \times 10^4\text{cmol}_c\text{Na}^+/\text{L}$.

Επομένως για να νατριωθεί το έδαφος απαιτούνται:

$$\frac{108 \times 10^4}{38,2 \times 10^4} = 2,8\text{ χρόνια.}$$

Ο χρόνος αυτός στην πραγματικότητα είναι πολύ μεγαλύτερος λόγω των απωλειών του Na^+ με έκπλυση.