

# ΑΛΑΤΟΥΧΑ ΕΔΑΦΗ



Δομή, διηθητικότητα και αερισμός  
εδάφους σε **καλές** συνθήκες.

Χρώμα: **ΑΣΠΡΟ**

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ



Δομή, διηθητικότητα και αερισμός  
εδάφους σε **κακές** συνθήκες.

Χρώμα: **ΜΑΥΡΟ**

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

Νατριωμένο είναι το έδαφος, όταν το νάτριο στη στερεή φάση του οποίου συμμετέχει σε ποσοστό **μεγαλύτερο του 15% (ESP>15%)** μεταξύ των ανταλλάξιμων ιόντων.

Η νατρίωση των εδαφών είναι μια προβληματική κατάσταση περισσότερο πολύπλοκη απ' ό τι η αλατότητα και οι δυσμενείς επιδράσεις της αφορούν τη δομή και το pH των εδαφών.

Η εξυγίανση των νατριωμένων εδαφών είναι μια διαδικασία που απαιτεί περισσότερο χρόνο, μεγαλύτερη προσπάθεια και μεγαλύτερο κόστος από εκείνη της εξυγίανσης των αλατούχων εδαφών.

[Βλέπε video: Saline and sodic soils\\_difference.webm](#)

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

## Ανταλλάξιμα κατιόντα

Σε ένα κανονικό έδαφος, τα πιο διαδεδομένα κατιόντα στη στερεή φάση είναι τα βασικά  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ , και στα όξινα εδάφη τα  $\text{H}^+$  και  $\text{Al}^{3+}$  ενώ λιγότερο διαδεδομένα είναι τα  $\text{NH}_4^+$  και ο  $\text{Fe}^{2+}$ . Τα κατιόντα αυτά με εξαίρεση το  $\text{NH}_4^+$ , ελευθερώνονται στο εδαφοδιάλυμα με την αποσάθρωση των διαφόρων ορυκτών και πετρωμάτων.

Το ιόν του  $\text{NH}_4^+$  προέρχεται κυρίως από την οργανική ουσία, ή τα διάφορα αζωτούχα λιπάσματα που προστίθενται στο έδαφος, τα δε ιόντα  $\text{H}^+$  είναι προϊόντα της ηλεκτρολυτικής διάστασης του νερού καθώς και ανόργανων και οργανικών οξέων στο έδαφος.

Τα ιόντα  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  και  $\text{Cu}^{2+}$ , συμμετέχουν στη στερεή φάση σε απειροελάχιστες ποσότητες, είτε γιατί η παρουσία τους γενικά στο έδαφος είναι περιορισμένη, είτε γιατί τείνουν να σχηματίσουν δυσδιάλυτες ενώσεις στις συνθήκες των περισσότερων εδαφών.

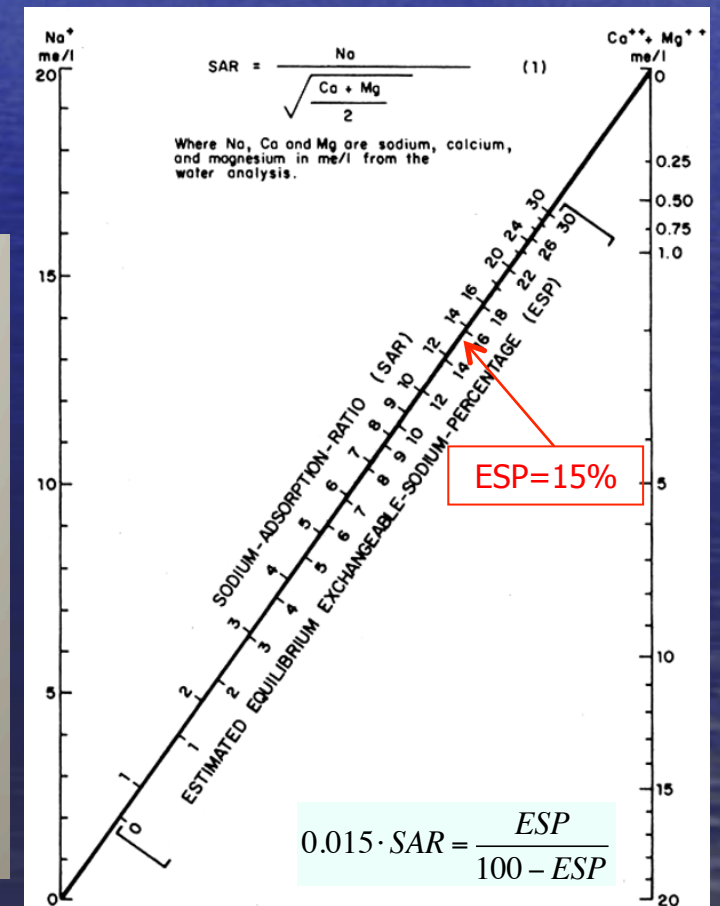
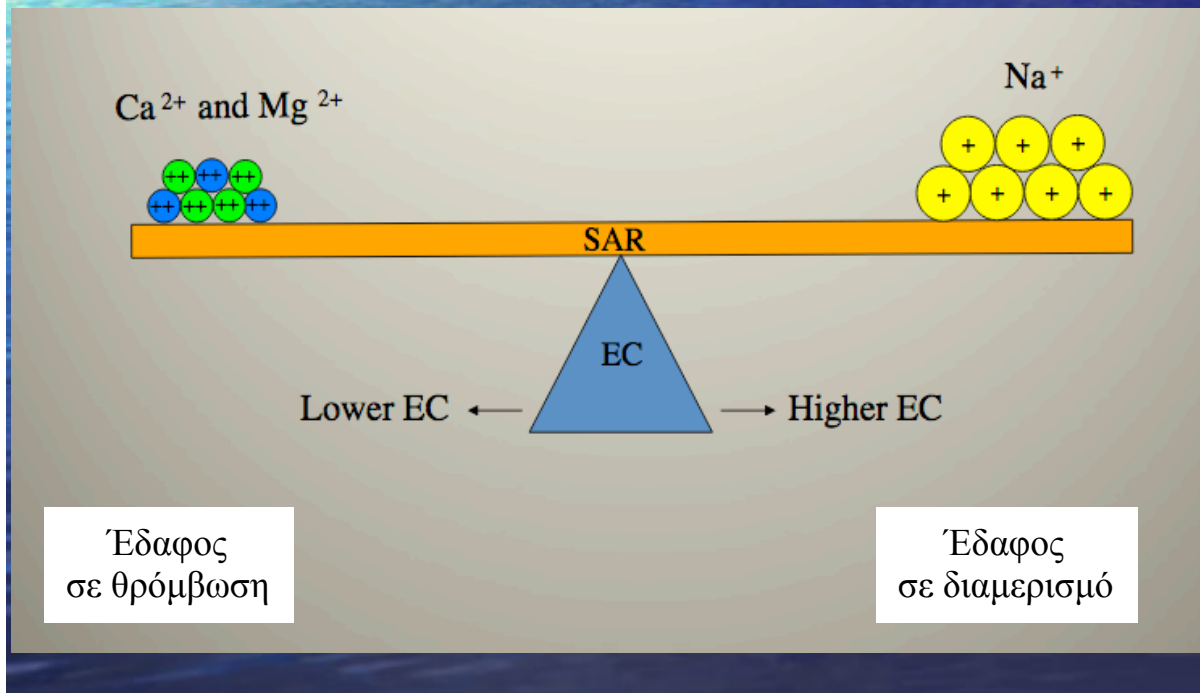
# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

Σε εδάφη που έχουν υποστεί περιορισμένη έκπλυση, μεταξύ των ανταλλαξίμων κατιόντων κυριαρχεί το **ασβέστιο** και ακολουθεί το **μαγνήσιο**, καταλαμβάνοντας και τα δύο μαζί ποσοστό μεγαλύτερο από 80% των θέσεων ανταλλαγής.

Εδάφη όμως που έχουν υποστεί έκπλυση για μακρύ χρόνο, έχουν χάσει ένα μεγάλο ποσοστό του ανταλλάξιμου  $\text{Ca}^{2+}$  και  $\text{Mg}^{2+}$  τα οποία συνήθως αντικαθίστανται από το **υδρογόνο και το αργίλιο**, πράγμα που κάνει και τα εδάφη όξινα.

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

Η συμμετοχή του νατρίου στη στερεή φάση εκφραζόμενη ως ποσοστό ανταλλάξιμου Na, αποτελεί το κριτήριο για το χαρακτηρισμό ενός εδάφους ως νατριωμένου. Τιμή **ESP >15%** χαρακτηρίζει το έδαφος ως νατριωμένο.



# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

## Εκτίμηση του ESP

$$ESP = \frac{Na}{CEC} \times 100$$

όπου μονάδα συγκέντρωσης του Na είναι το mmol Na  
=meq Na ανά kg εδάφους:

$$meq/L = \frac{mgr/L}{I.B.} = \frac{moles}{a}$$

όπου α=σθένος του ιόντος, και το ισοδύναμο βάρος (I.B.)  
ισούται:

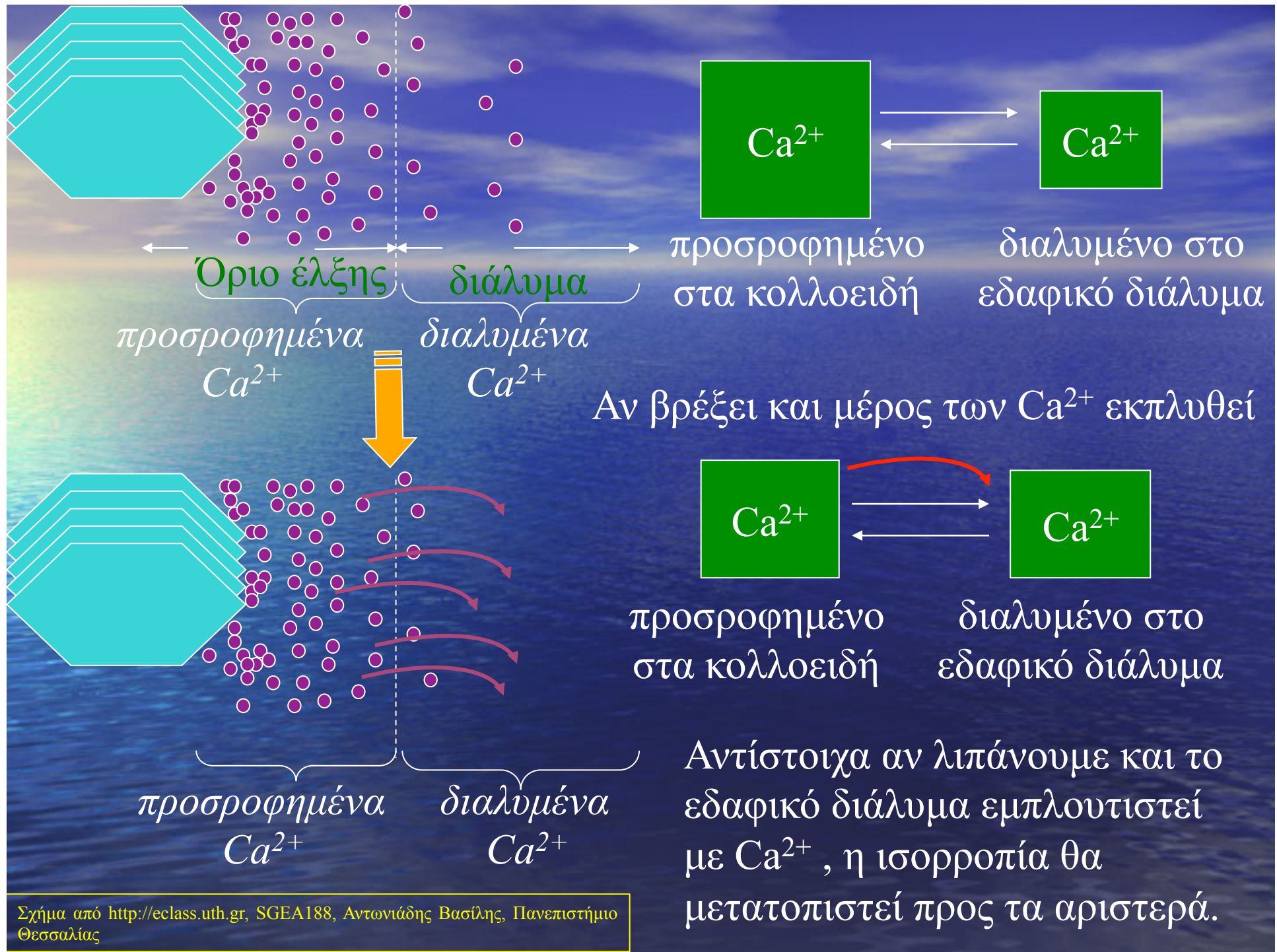
$$I.B. = \frac{AB}{\alpha}$$

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

Η εικόνα όπως δόθηκε παραπάνω αφορά τη στερεή φάση των κανονικών και όξινων εδαφών. Όταν όμως μεταβάλλεται η συγκέντρωση αλάτων στο εδαφοδιάλυμα, μεταβάλλονται και οι σχέσεις μεταξύ υδατοδιαλυτών και ανταλλάξιμων κατιόντων, πράγμα που επιφέρει την αλλοίωση της εικόνας της στερεής φάσης, ανάλογα με τη σύσταση του εμπλουτισμένου με άλατα εδαφοδιαλύματος.

Στην περίπτωση που μεταξύ των υδατοδιαλυτών κατιόντων υπάρχει Na σε μεγάλη αναλογία, κυρίως λόγω της μεταφοράς του με το νερό άρδευσης, ακολουθεί υδρόλυσή του προς  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , το οποίο συμβάλλει στην **άνοδο του pH** σύμφωνα με την αντίδραση:

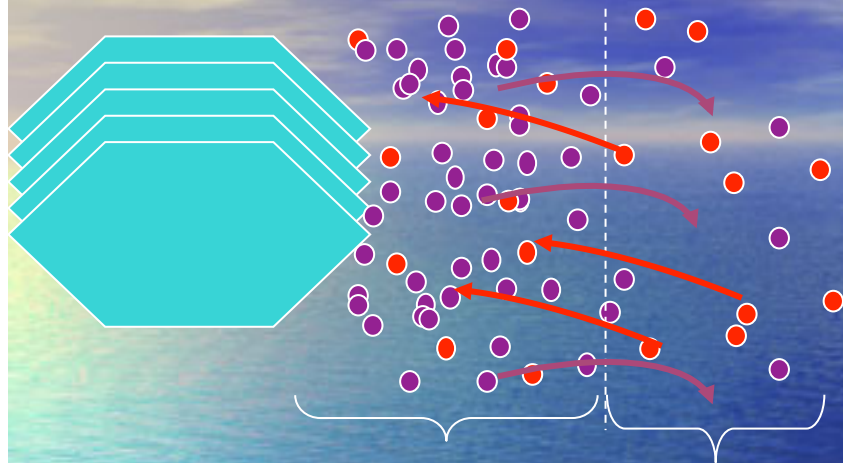




Στην πράξη υπάρχουν πολλά κατιόντα προσροφημένα.

Στα κολλοειδή έχουμε 2 προσροφημένα κατιόντα.

●  $\text{Ca}^{2+}$   
●  $\text{Na}^{+}$



προσροφημένα    διαλυμένα

Αν εφαρμόσουμε  $\text{NaCl}$ , το εδαφικό διάλυμα θα εμπλουτιστεί με  $\text{Na}^{+}$ , και έτσι η ισορροπία του  $\text{Na}^{+}$  θα μετατοπιστεί προς τα αριστερά (θα μετακινηθούν  $\text{Na}^{+}$  σε θέσεις προσρόφησης), και επειδή οι θέσεις προσρόφησης είναι περιορισμένες, όσα  $\text{Na}^{+}$  προσροφηθούν θα εκτοπίσουν αντίστοιχα φορτία  $\text{Ca}^{2+}$ .

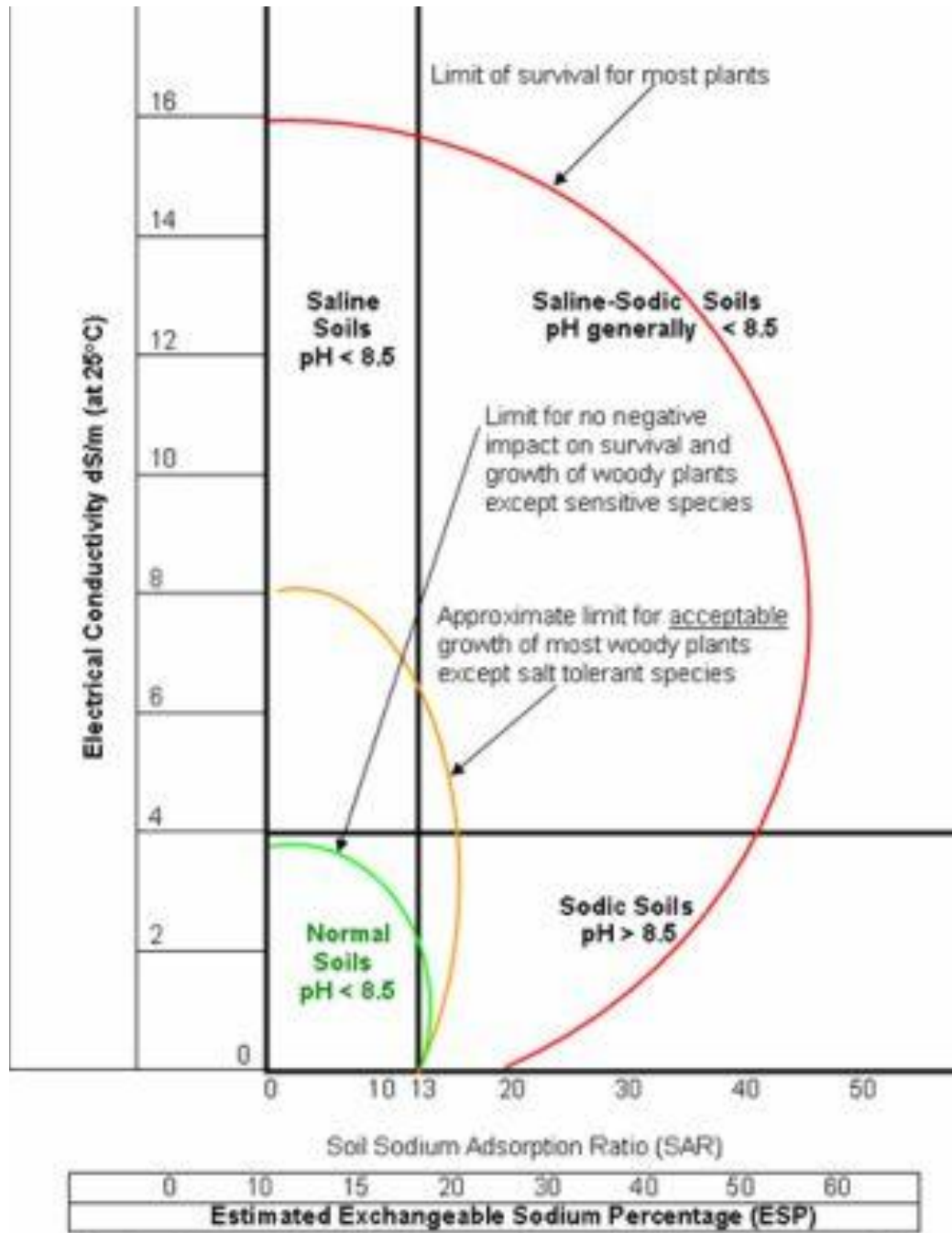
Έτσι, θα γίνει ανταλλαγή του  $\text{Ca}^{2+}$  με το  $\text{Na}^{+}$ , ακολουθώντας τους νόμους της χημικής ισορροπίας.

Η ικανότητα του εδάφους να προσροφά κατιόντα με τρόπο αντιστρεπτό (χημική ισορροπία) ή καλύτερα η ικανότητά του να ανταλλάσσει κατιόντα ονομάζεται Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (ΙΑΚ) ή Cation Exchange Capacity (CEC)

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

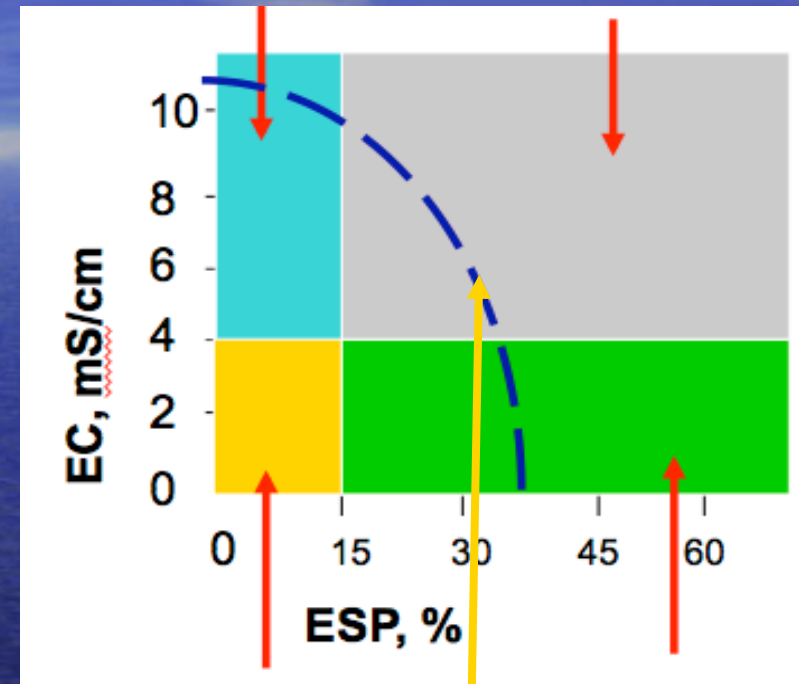
Οι διάφορες κατηγορίες προβληματικών εδαφών σύμφωνα με την σειρά δημιουργίας τους παρουσιάζονται με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά τους:

Αλατούχα εδάφη	$EC_e > 4 \text{ mS/cm}$ $ESP < 15\%$ $pH < 8,5$
Αλατούχα νατριωμένα εδάφη	$EC_e > 4 \text{ mS/cm}$ $ESP > 15\%$ $pH < 8,5$
Νατριωμένα (μη αλατούχα) εδάφη	$EC_e < 4 \text{ mS/cm}$ $ESP > 15\%$ $pH > 8,5$



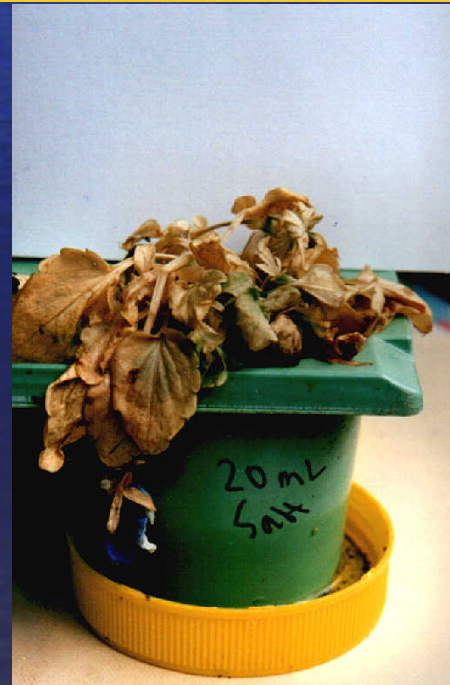
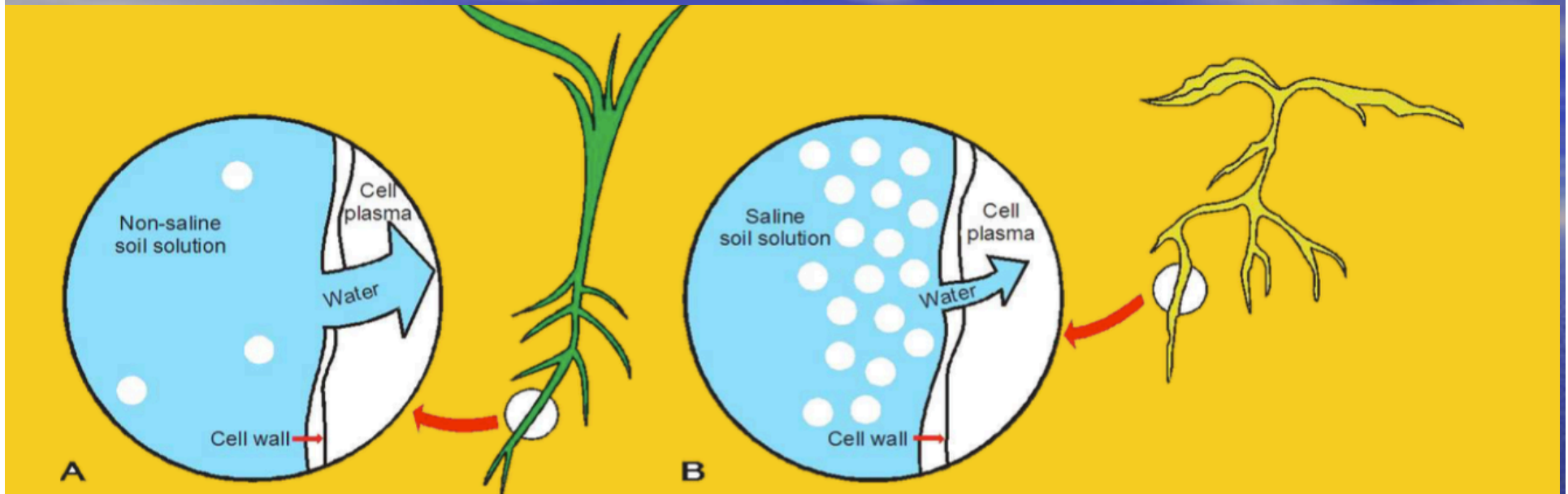
<sup>1)</sup>Based on Brady and Weil, 1999. *The Nature and Property of Soils, Twelfth Edition* (modified).

Αλατούχα Αλατούχα-νατριωμένα



Όριο αντοχής των περισσότερων φυτών

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ



# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

## Παράδειγμα 1:

Μια ανάλυση εδάφους έδωσε:

$pH = 7,8$ ,

$EC_e = 4,2 \text{ mS/cm}$ ,

Ανταλλάξιμα κατιόντα ( $\text{cmol}_c/\text{kg}$  εδάφους):  $Ca = 8$ ,  $Mg = 6$ ,  $K = 2$ ,  
 $Na = 5$ ,  $(H+Al) = 6$ .

Πώς θα χαρακτηρίζατε το έδαφος από άποψης αλατότητας και νατρίωσης;

## Λύση:

- $EC=4,2 \text{ mS/cm}$  σημαίνει ότι το έδαφος είναι αλατούχο (αφού το κρίσιμο όριο είναι  $4 \text{ mS/cm}$ ).

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

- Για να εκτιμήσουμε την νατρίωση θα πρέπει να υπολογίσουμε το ESP. Νατριωμένο είναι ένα έδαφος αν έχει  $ESP > 15\%$ .

$$ESP = (\text{Ανταλλάξιμο Na} / \text{CEC}) \times 100.$$

Το CEC είναι εξ' ορισμού το σύνολο των ανταλλάξιμων κατιόντων.

$$\text{Άρα CEC} = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na} + (\text{H} + \text{Al}) = 8 + 6 + 2 + 5 + 6 = 27 \text{ cmol}_c/\text{kg} \text{ εδάφους. Άρα:}$$

$$ESP = (5 * 100) / 27, \text{ άρα } ESP = 18,5\% > 15\%.$$

Άρα το έδαφος είναι και νατριωμένο.

- Ένα έδαφος που είναι αλατούχο-νατριωμένο, συνήθως έχει τιμή  $pH < 8,5$ . Η τιμή  $pH = 7,8$  του εδάφους αποτελεί μια επιβεβαίωση του γεγονότος ότι το έδαφος είναι **αλατούχο-νατριωμένο**.

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

Δείκτες εκτίμησης της νατρίωσης του εδάφους

- Μέτρηση pH
- Μέτρηση ESP

**Πίνακας 28**  
**pH της πάστας κορεσμού και κατά προσέγγιση ESP**

<b>pH</b>	<b>ESP</b>
8,0-8,2	5-15
8,2-8,4	15-30
8,4-8,6	30-50
8,6-8,8	50-70
8,8	70

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

- Μέτρηση SAR

Ο λόγος προσρόφησης νατρίου (Sodium Adsorption Ratio) SAR, ως δείκτης εκτίμησης του κινδύνου νατρίωσης.

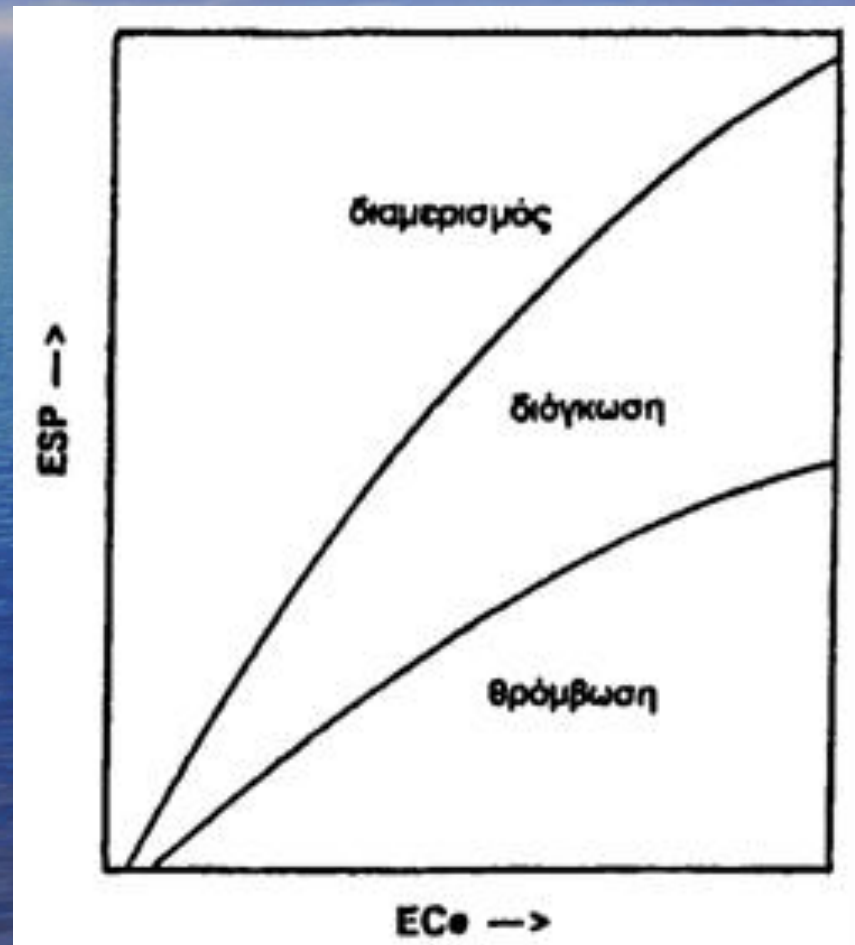
$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

όπου Na, Ca, Mg σε mmol<sub>c</sub>/L

Αυτή η έκφραση του SAR υποτιμάει τη δραστηριότητα των ανθρακικών αλάτων στο νερό.

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

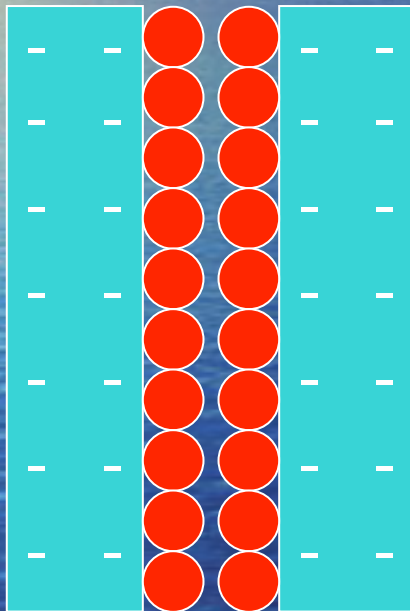
Η αλάτωση-νατρίωση του εδάφους και οι επιδράσεις της στις φυσικοχημικές του ιδιότητες



Συμπεριφορά του αργίλου στις μεταβολές του  $ESP$  και της  $EC_e$

Επίδραση του  $\text{Na}^+$  στη θρόμβωση και διασπορά των κολλοειδών του εδάφους. Το  $\text{Na}^+$  έχει μεγάλο ενυδάτωμα, και όταν κυριαρχεί στις επιφάνειες προσρόφησης ( $\text{ESP} > 15\%$ ) οι δυνάμεις που συγκρατούν την θρομβωμένη άργιλο εξασθενούν, και η άργιλος διασπείρεται.

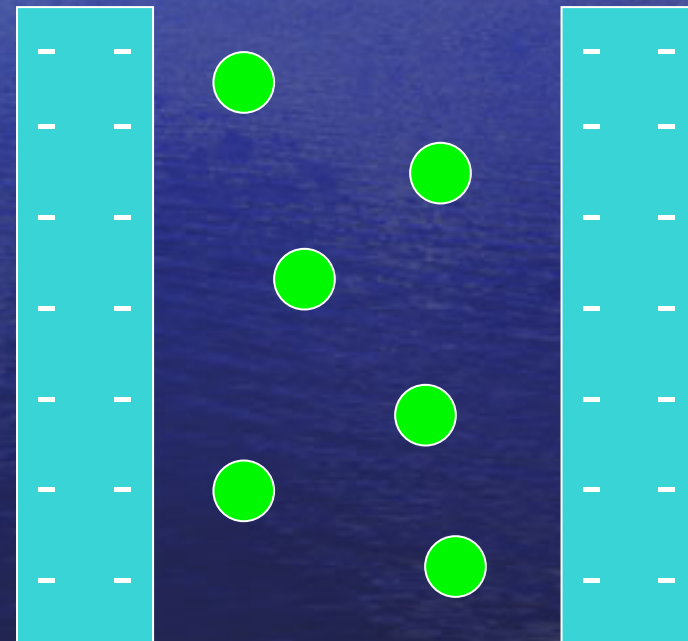
θρόμβωση



→ έλξη ←

$\text{Ca}^{2+}$  &  $\text{Mg}^{2+}$

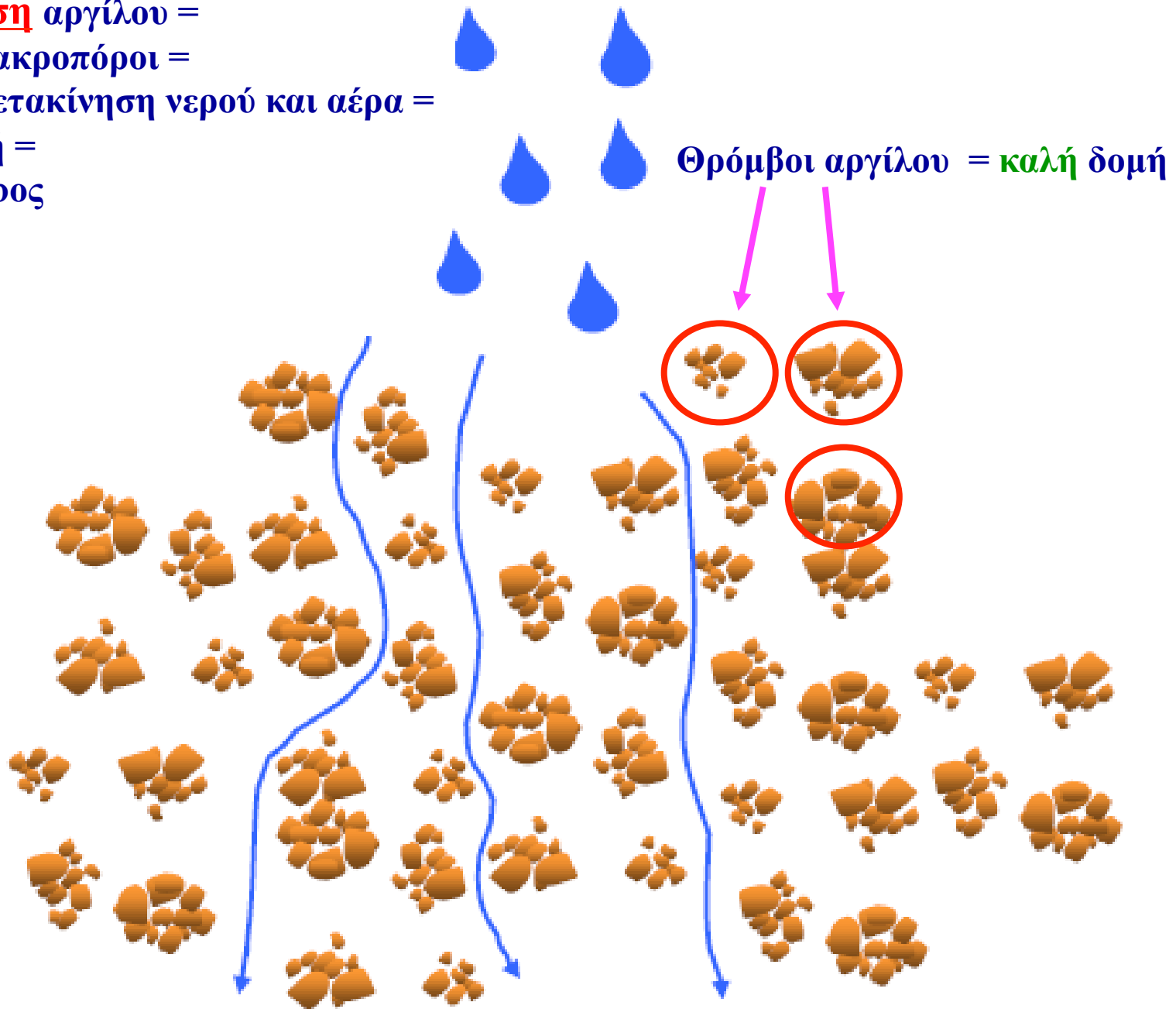
διασπορά



← →

$\text{Na}^+$

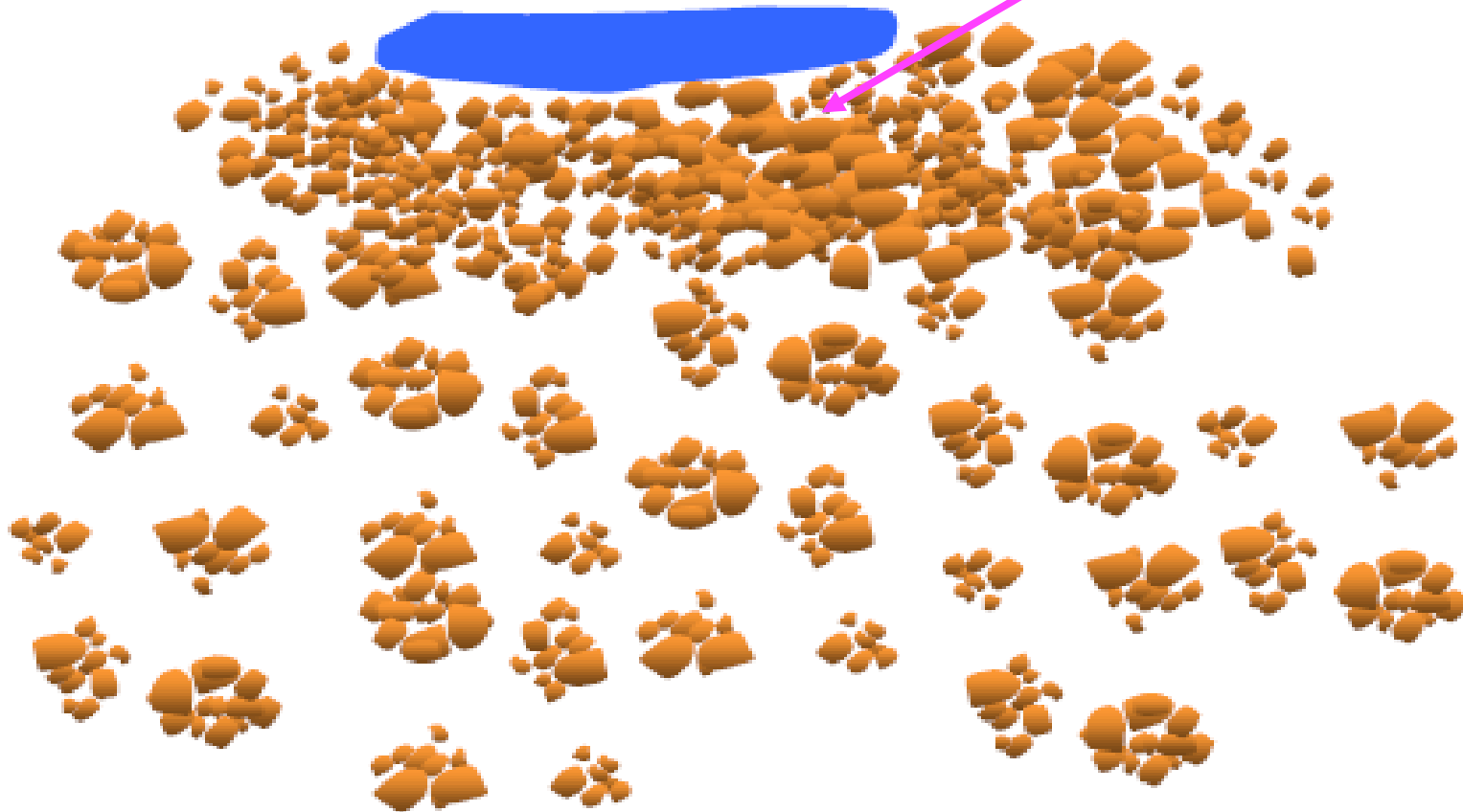
**Θρόμβωση** αργίλου =  
μεγάλοι μακροπόροι =  
ευχερής μετακίνηση νερού και αέρα =  
καλή δομή =  
Υγιές έδαφος



Έδαφος νατριωμένο =  
Διασπορά αργίλου =  
κατάρρευση δομής =  
μείωση διηθητικότητας  
(συνήθως εμφανίζεται  
επιφανειακή κρούστα)



Διαμερισμένη άργιλος = κακή δομή

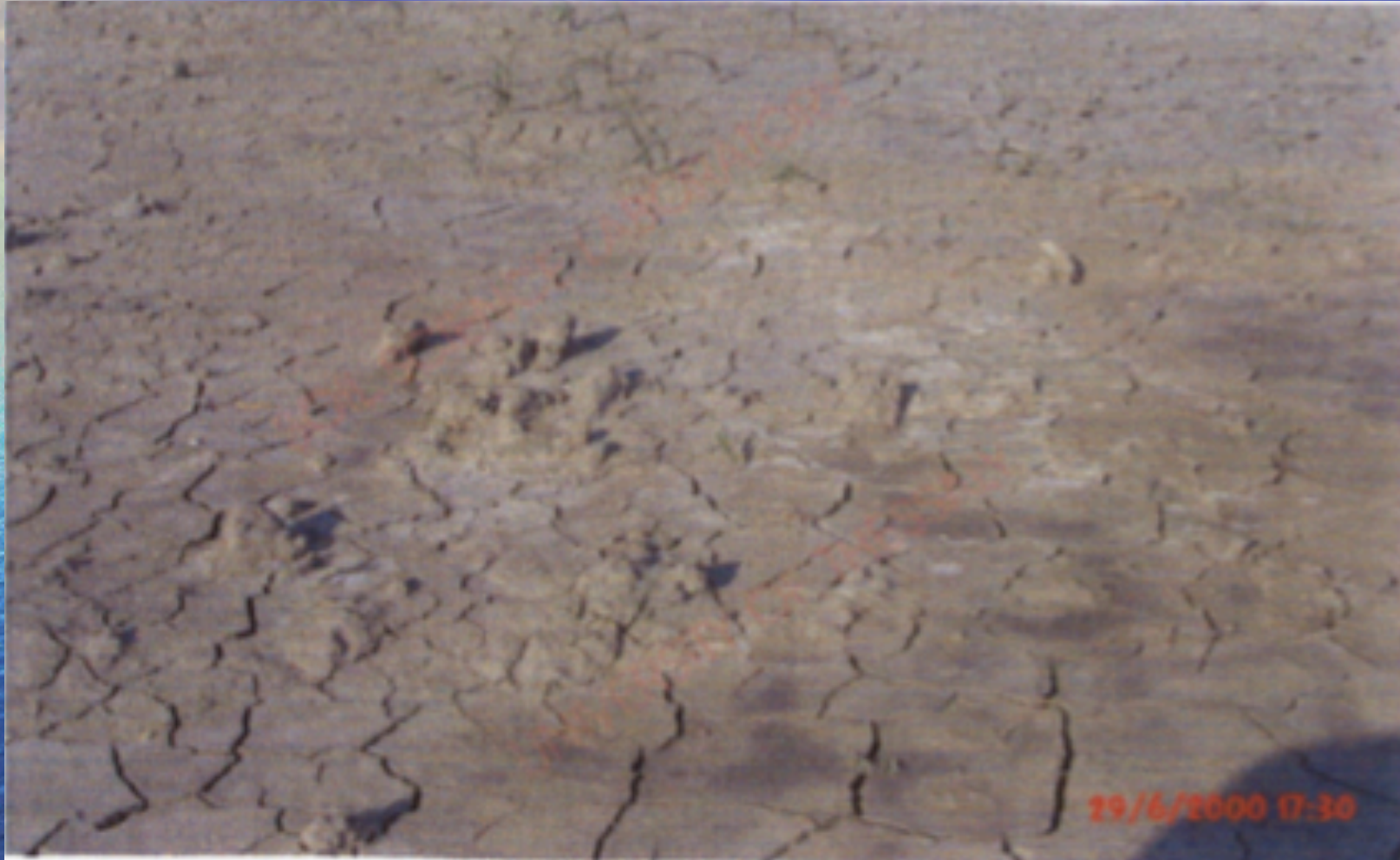


# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ



Νατριωμένα εδάφη στην περιοχή της αποξηραμένης λίμνης Κάρλας του θεσσαλικού κάμπου (φωτογραφία από το Εργαστήριο Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας)

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ



Νατριωμένα εδάφη στην περιοχή της αποξηραμένης λίμνης Κάρλας του θεσσαλικού κάμπου (φωτογραφία από το Εργαστήριο Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας)

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

## Βελτίωση αλατούχων - νατριομένων και νατριομένων εδαφών

Η βελτίωση των εδαφών αυτών προϋποθέτει την αντικατάσταση του **νατρίου** της στερεής φάσης από **ασβέστιο** και την απομάκρυνση των υδατοδιαλυτών αλάτων από την κατατομή του εδάφους. Η εφαρμογή των κλασικών μεθόδων βελτίωσης προϋποθέτει την απομάκρυνση των υδατοδιαλυτών αλάτων κατ' αρχήν και στη συνέχεια ακολουθεί η ανταλλαγή του νατρίου από το ασβέστιο, ενώ όταν εφαρμόζεται αλατούχο νερό για τη βελτίωση, οι δύο διεργασίες είναι δυνατό να προχωρούν παράλληλα.

[Βλέπε video: Displace Sodium and Improve Soil Health with CaTs.mp4](#)

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

Τα χαρακτηριστικά και η δράση των κυριότερων εδαφοβελτιωτικών παρουσιάζονται στη συνέχεια.

## Γύψος ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )





# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

## Χλωριούχο ασβέστιο ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )

Είναι πολύ ευδιάλυτο άλας που μας δίνει άμεσα ιόντα ασβεστίου. Η δράση του είναι:



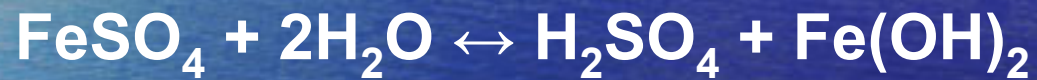
# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

## Θειϊκό οξύ (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)



# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

## Θειϊκός σίδηρος ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )



# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

**Θείο (S)**



# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

## Επιλογή του κατάλληλου εδαφοβελτιωτικού

Η **γύψος** είναι το **δημοφιλέστερο βελτιωτικό** με την ευρύτερη χρήση,

**όμως** και αυτή εξαιτίας της σχετικά μικρής της διαλυτότητας, απαιτεί πολύ χρόνο για τη βελτίωση αργιλωδών εδαφών με υψηλό ESP. Ακόμα εξαιτίας της μικρής της διαλυτότητας, όταν εφαρμόζεται με νερό μικρής αλατότητας, βελτιώνει μόνο το επιφανειακό στρώμα το εδάφους αφού μειώνεται η διηθητικότητα του εδάφους με αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται η προς τα κάτω κίνηση του νερού. Στην περίπτωση αυτή συνιστώνται πιο ευδιάλυτα άλατα του ασβεστίου όπως π.χ.  $\text{CaCl}_2$ .

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

Το **χλωριούχο ασβέστιο**, εξαιτίας της μεγάλης του διαλυτότητας θεωρείται σαν η καλύτερη πηγή ασβεστίου, όμως η χρήση του είναι περιορισμένη εξαιτίας του υψηλού του κόστους και του γεγονότος ότι εκπλύνεται με αποτέλεσμα με την πάροδο του χρόνου να μειώνεται σημαντικά η διηθητικότητα του εδάφους. Το ίδιο ισχύει και για το **θειϊκό σίδηρο**.

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

Το **θειό** για να δράσει θα πρέπει πρώτα να οξειδωθεί βιολογικά από τα βακτήρια του γένους *Thiobacillus* προς **θειϊκό οξύ**, με αποτέλεσμα η δράση του ως βελτιωτικού να χαρακτηρίζεται ως βραδεία. Το **θειϊκό οξύ** χρησιμοποιείται πολύ σε ορισμένες μόνο περιοχές όπως στις Δυτικές ΗΠΑ και σε ορισμένες περιοχές της Ρωσίας.

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

Πριν την εφαρμογή της γύψου προηγείται έκπλυση γιατί:

- Συμβάλλει στην απομάκρυνση του διαλυτού ανθρακικού νατρίου
- Εξοικονομείται η επιπλέον ποσότητα γύψου που απαιτείται για την εξουδετέρωση του άλατος.

Συνήθως η γύψος σκορπίζεται στην επιφάνεια του εδάφους και ενσωματώνεται μέχρι βάθους 15 cm.

Η γύψος πριν την εφαρμογή πρέπει να υποστεί λειοτρίβηση.

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

## ΠΙΝΑΚΑΣ 29

Επίδραση του εδαφοβελτιωτικού στην απόδοση φυτών βρώμης σ' ένα νατριομένο έδαφος

Βελτιωτικό	Απόδοση Kg/στρεμ.
Μάρτυρας	20
Γύψος	310
Θειϊκό οξύ	320
Θειϊκός σίδηρος	262

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

Ποσότητα εδαφοβελτιωτικού

Η τιμή του ESP συνδέεται με το SAR του εδαφοδιαλύματος με τη σχέση:

$$0.015 \cdot SAR = \frac{ESP}{100 - ESP}$$

## ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

Το SAR του εδαφοδιαλύματος με τη σειρά του ταυτίζεται με το SAR του νερού άρδευσης που θα χρησιμοποιηθεί. Έχοντας λοιπόν δεδομένη την τιμή του ESP στην οποία είναι επιθυμητό να οδηγήσει η βελτίωση, υπολογίζεται η τιμή του SAR που πρέπει να έχει το νερό που θα χρησιμοποιηθεί μετά τη διάλυση του εδαφοβελτιωτικού. Ξέροντας την περιεκτικότητα του νερού άρδευσης σε κατιόντα είναι δυνατό να υπολογισθεί η ποσότητα της γύψου που θα πρέπει να προστεθεί στο νερό άρδευσης από την παρακάτω εξίσωση.

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{(Ca + Mg + X)/2}}$$

όπου:

- $X$  = η ποσότητα του  $Ca^{2+}$  της γύψου σε meq/L.
- Na, Ca, Mg = η ποσότητα των αντίστοιχων κατιόντων στο νερό που χρησιμοποιείται σε meq/L.

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

Η συνολική ποσότητα των δισθενών κατιόντων που χρειάζεται ένα έδαφος για τη βελτίωσή του με το νερό άρδευσης, σε  $\text{Kecq/ha}$ , δίδεται από τη σχέση:

$$(Ca + Mg) = (ESP_1 - ESP_2) \cdot CEC \cdot \rho \cdot D$$

όπου:

$ESP_1$  και  $ESP_2$  η αρχική και η τελική τιμή του ESP του εδάφους (ως κλάσματα)

$CEC$  = η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων του εδάφους ( $\text{cmol}_c/\text{kg}$ )

$\rho_b$  = η φαινομενική πυκνότητα ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$D$  = το βάθος του εδάφους στο οποίο θα φθάσει η βελτίωση (cm)

$ha$  = το εκτάριο=10 στρέμματα

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

## Παράδειγμα 2

Δίνεται αρχική και τελική ESP του εδάφους που αντιστοιχεί σε 45% και 3%.

$CEC=30 \text{ cmol}_c/\text{kg}$

$\rho=1,2 \text{ gr}/\text{cm}^3$

Το βάθος βελτίωσης είναι  $D=80 \text{ cm}$ .

Πόσα  $\text{Keq}/\text{ha}$   $\text{Ca}^{+2}$  απαιτούνται για να μειωθεί το ανταλλάξιμο Na του εδάφους μέχρι βάθους D;

## Λύση:

Από την εξίσωση:

$$Ca = (ESP_1 - ESP_2) \cdot CEC \cdot \rho \cdot D = (0.45 - 0.03) \cdot 30 \cdot 1,2 \cdot 80 = 1209,6 \text{ Keq} / \text{ha}$$

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

Το ίδιο αποτέλεσμα προκύπτει και με αναλυτικό τρόπο:

Ισοδύναμο (1 meq) είναι το ποσό μιας ουσίας που χρειάζεται για να αντιδράσει με 1 mole H<sup>+</sup>.

$$meq = \frac{mmol}{\alpha}$$

$$mgr = meq \times AB \text{ (ειτε MB)}$$

$\alpha$  = φορτίο των  
κατιόντων ή  
ανιόντων

Π.χ. το 1 meq Ca<sup>2+</sup> = 1mmol/2=40/2=20 mgr Ca<sup>2+</sup>

$$ESP_1 = \frac{Na}{CEC} \cdot 100 = 45\% \text{ και}$$

$$ESP_2 = 3\%$$

$$(ESP_1 - ESP_2) = (45 - 3) = 42\% \text{ και}$$

$$\text{ανταλλαξιμο Na} = (ESP_1 - ESP_2) / 100 \times CEC =$$

$$\frac{42}{100} \times 30 = 12,6 \text{ cmol Na}^+ / \text{kgr} = 12,6 \times 10 = 126 \text{ mmol Na}^+ / \text{kgr} = 126 \text{ meq Na}^+ / \text{kgr}$$

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

Για να μειωθεί το ανταλλάξιμο Na του εδάφους απαιτείται η προσθήκη ισοδύναμου βάρους σε Ca, δηλαδή 126 meq Ca /kg εδάφους.

Το βάρος 1 στρέμματος σε βάθος D(cm) =  $\rho * A * D =$   
 $\rho * D * (10^4)$  kg εδάφους / στρ. =  $1.2 * 80 * 10^4 = 96 * 10^4$  kg εδάφους / στρ.

Άρα η απαίτηση σε Ca ισούται με  $126 \text{ (meq Ca / kg εδάφους)} * 96 * 10^4 \text{ (kg εδάφους / στρ.)} = 12096 * 10^4 \text{ (meq Ca/ στρ.)} =$  120,96  
Κεq Ca/ στρέμμα ή 1209,6 Κεq Ca/ εκτάριο.

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

Όταν είναι γνωστή η ποσότητα των δισθενών κατιόντων που απαιτείται για ένα συγκεκριμένο βάθος και επιφάνεια, καθώς και η ποσότητα των κατιόντων αυτών ανά μονάδα νερού άρδευσης (meq/L), τότε είναι δυνατός ο υπολογισμός της ποσότητας του νερού που απαιτείται για τη βελτίωση, από την εξίσωση:

$$D_{να} = \frac{10 \cdot (Ca + Mg)_{\text{εδαφους}}}{(Ca + Mg + X)_{\text{νερου}}}, \quad \text{mm νερου}$$

όπου

(Ca+Mg) σε Kεq/ha, και

(Ca+Mg+X) σε meq/L

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

## Πρόβλημα 3

Στο προηγούμενο παράδειγμα αν το νερό άρδευσης περιέχει ήδη  $\text{Ca} + \text{Mg} = 5 \text{ meq/L}$ , τι ποσότητα νερού και τι ποσότητα γύψου χρειαζόμαστε για να βελτιώσουμε το έδαφος;

Δίνεται ότι η διαλυτότητα της γύψου είναι  $23 \text{ meq/L}$ , και ότι  $1 \text{ eq γύψου} = 86 \text{ g}$ .

## Λύση:

Την ποσότητα  $1209,6 \text{ Keq/ha}$  δισθενών κατιόντων Ca θα την προσθέσουμε με το νερό άρδευσης, ως ισοδύναμη ποσότητα γύψου, συνυπολογίζοντας και την ποσότητα Ca που ήδη περιέχεται στο νερό.

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

Το νερό ήδη περιέχει 5 mEq/ L Ca και Mg, και έχει τη δυνατότητα να διαλύσει 23 meq γύψου/ L. Άρα το νερό έχει τη δυνατότητα να περιέχει  $5 + 23 = 28$  mEq/ L.

(Παρατήρηση: Οι δύο αυτές ποσότητες, αν και ανομοιογενείς, μπορούν να προστεθούν, γιατί αναφερόμαστε σε ισοδύναμες ποσότητες. Έτσι και η ισοδύναμη ποσότητα των δισθενών κατιόντων Ca + Mg, τα οποία ήδη περιέχονται στο νερό άρδευσης, αλλά και η ισοδύναμη ποσότητα γύψου, η οποία θα διαλυθεί στο νερό άρδευσης, δρουν αθροιστικά για να αντικαταστήσουν το ανταλλάξιμο Na του εδάφους.

1 L νερού μπορεί να περιέχει	28 meq δισθενών κατιόντων
X;	$120,96 * 10^6$ meq/στρέμμα
(τόσα meq απαιτούνται για να αντικατασταθεί το ανταλλάξιμο Na)	

$X = 4,32 * 10^6$  L νερού/στρέμμα. Η ποσότητα αυτή είναι ίση με  $4320 \text{ m}^3$  νερού / στρέμμα = 4320 mm νερού.

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

Η ποσότητα γύψου που θα προστεθεί:

1 L νερού διαλυτοποιεί 23 meq γύψου

$4,32 * 10^6$  L Χ;

$X = 99,36 * 10^6$  meq γύψου, και αυτή η ποσότητα είναι ανά στρέμμα. Για να μετατρέψουμε τα meq σε mg, πολλαπλασιάζουμε με 86 (γιατί 1 eq γύψου = 86 g):

$99,36 * 10^6 * 86 = 8544,96 * 10^6$  mg γύψου / στρ. = 8545 kg = 8.5 tn γύψου /στρέμμα.



Τιμή: 0.6 € / kg

Κόστος: ~5100 € / στρ.

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

## ΠΙΝΑΚΑΣ 30

Ισοδύναμες ποσότητες των κυριότερων εδαφοβελτιωτικών

Βελτιωτικό	Σχετική ποσότητα*
Γύψος ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )	1,00
Χλωριούχο ασβέστιο ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )	0,85
Θειϊκό οξύ ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )	1,62
Θείο (S)	0,19

\* Οι ποσότητες αυτές αναφέρονται για βελτιωτικά με καθαρότητα 100%.  
Αν δεν συμβαίνει αυτό και η καθαρότητα της γύψου για παράδειγμα  
που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί είναι 80%, τότε θα πρέπει αντί για  
1 ton να χρησιμοποιηθεί  $1,00 \times \frac{100}{80} = 1,25 \text{ ton}$

# ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

## ΠΙΝΑΚΑΣ 31

Επίδραση της μεθόδου εφαρμογής του βελτιωτικού στις ιδιότητες ενός νατριομένου εδάφους που περιέχει ελεύθερο ανθρακικό νάτριο

Βελτιωτικό	Ποσοστό εφαρμογής της GR*	Διαλυτά ανθρακικά που ιζηματοποιούνται %		Υδραυλική αγωγιμότητα cm/ημέρα		Ανταλλάξιμο Ca me/100 gr	
		Δ**	Ε**	Δ	Ε	Δ	Ε
		Γύψος	50	1,7	80,8	1,41	0,08
CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	100	5,5	100,0	9,09	4,65	6,0	6,5
Χλωρ/χο ασβέστιο	100	50,8	100,0	8,70	0,59	6,5	5,6

\*GR. Η ποσότητα της γύψου που βρέθηκε εργαστηριακά πως απαιτείται για τη βελτίωση (15,6me/100g)

\*\* Δ και Ε επιφανειακή εφαρμογή και ενσωμάτωση του εδαφοβελτιωτικού, αντίστοιχα.