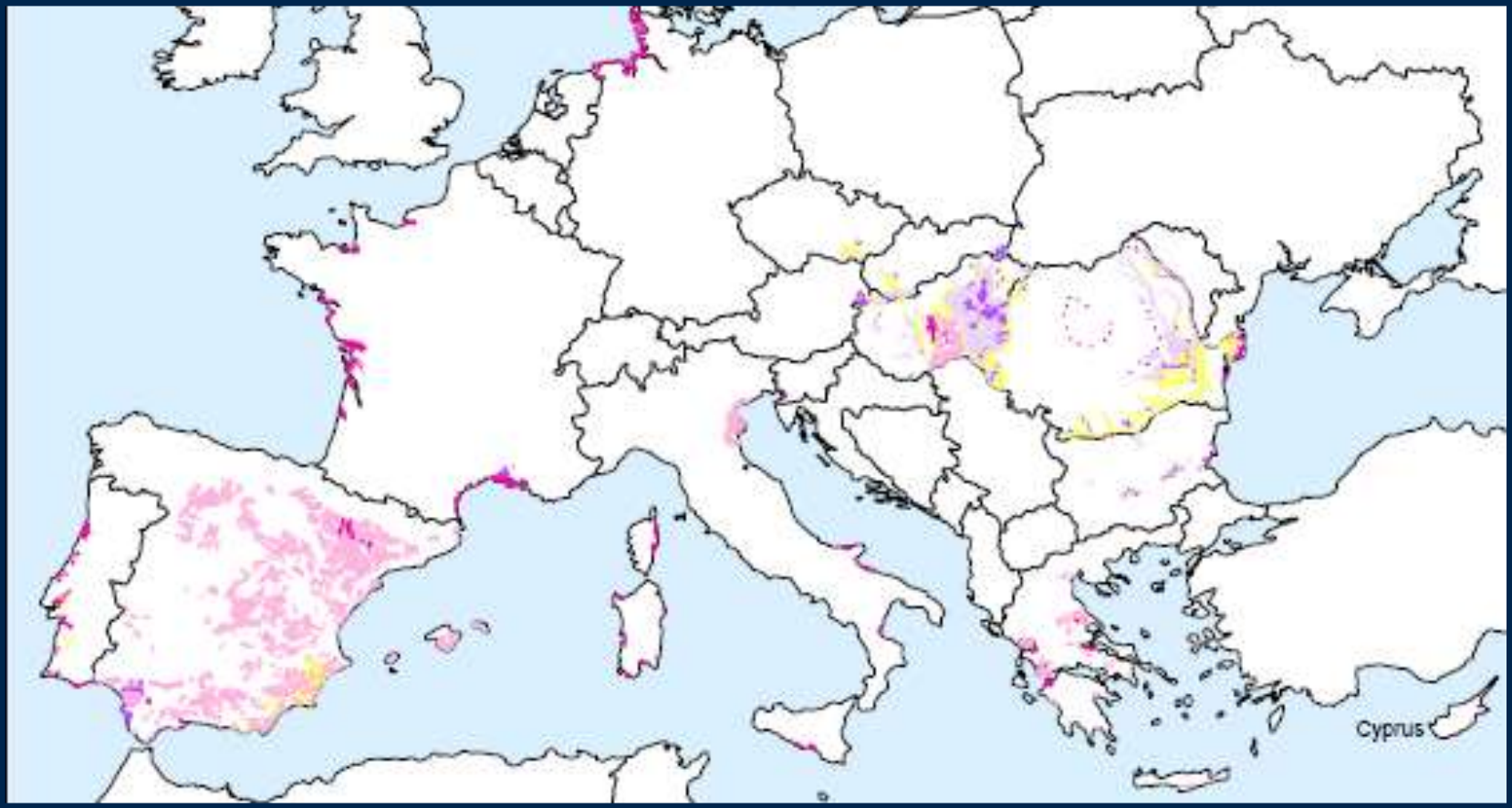
Η ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ & Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

Η αλατότητα του εδάφους αποτελεί μια

- χημική υποβάθμιση του εδάφους που επηρεάζει μεγαλύτερες εκτάσεις από ό,τι άλλες μορφές όπως η ρύπανση, η οξίνιση κ.ά.

Περιοχές με υψηλή αλατότητα:

- Εκτάσεις που συνήθως διαβρέχονται από θαλασσινό νερό.
- Ερημικές περιοχές όπου συσσωρεύονται στα εδάφη άλατα επειδή ο ρυθμός εξάτμισης του νερού είναι πολύ υψηλότερος έναντι του ρυθμού βροχόπτωσης.
- Υπερβολικά αρδευόμενες εκτάσεις στις οποίες παρατηρείται συσσώρευση ιόντων στο έδαφος λόγω έντονης εξατμισοδιαπνοής.
- Γεωργικές εκτάσεις που αρδεύονται με κακής ποιότητας νερό ή/και λιπαίνονται αλόγιστα.



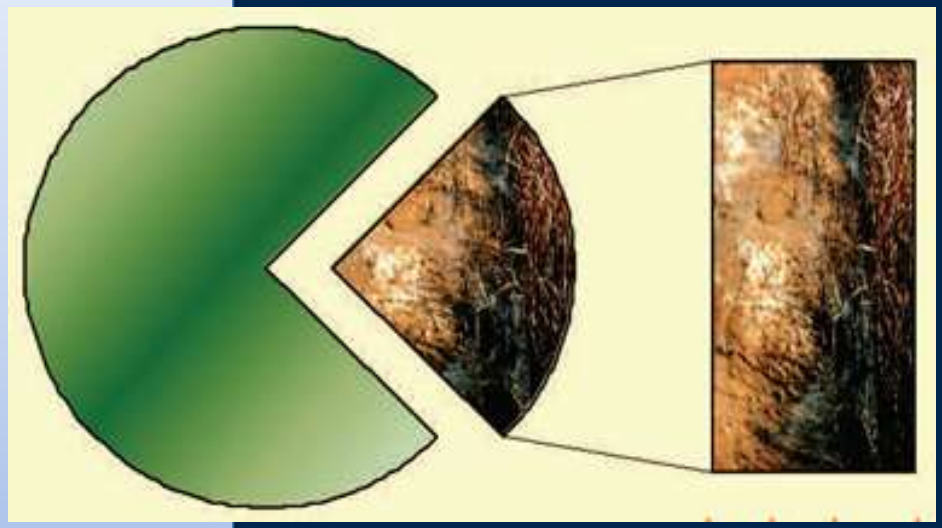
Περιοχές με αλατούχα εδάφη



Έκταση

Η αλατότητα ως παράγων καταπόνησης παρουσιάζεται σε εκτεταμένες περιοχές του πλανήτη, οι οποίες εμφανίζουν υψηλή αλατότητα στο έδαφος για διαφορετικούς λόγους .

Περιοχή	Έκταση (10^6 ha)
Αφρική	**69,5**
Μέση Ανατολή	**53,1**
Λοιπή Ασία	19,5
Λατινική Αμερική	**59,4**
Αυστραλία	**84,7**
Βόρεια Αμερική	16,0
Ευρώπη	20,7



- **Στην Ελλάδα ίσως το 10-15% των καλλιεργούμενων εδαφών έχουν ήδη υποβαθμιστεί λόγω αλατότητας, και συνεχώς αυξάνονται.**

- Η αλατότητα θα αποτελέσει χρόνια απειλή και για τις καλλιέργειες στη χώρα μας καθώς:
  - Η αυξανομένη ζήτηση καλής ποιότητας νερού για την ύδρευση του πληθυσμού των πόλεων,
  - Η συνεχής επέκταση των αρδευόμενων καλλιεργούμενων εκτάσεων σε συνδυασμό με την εξάπλωση των καλλιεργειών σε παράκτιες περιοχές της χώρας,

→ Θα εξαναγκάσει ολοένα και περισσότερους παραγωγούς να χρησιμοποιούν υφάλμυρο νερό για την άρδευση των καλλιεργειών τους.

- Η αλάτωση μπορεί να οδηγήσει στην ερημοποίηση.
- Η αλάτωση που οφείλεται σε φυσικές διεργασίες ονομάζεται πρωτογενής και η αλάτωση που οφείλεται σε ανθρωπογενείς διεργασίες ονομάζεται δευτερογενής.
- Οι επιπτώσεις της αλάτωσης για τους αγρότες μπορεί να είναι δραματικές από οικονομικής και κοινωνικής άποψης.
- Αν και τα υδατοδιαλυτά άλατα αποτελούν πηγή εφοδιασμού των φυτών με θρεπτικά στοιχεία, όταν η ποιότητα και η ποσότητά τους στο έδαφος και κυρίως στη ριζόσφαιρα των φυτών υπερβεί ένα κρίσιμο όριο, τότε δημιουργούνται δυσμενείς συνθήκες για την ανάπτυξη, την παραγωγή και την ποιότητα των αγροτικών προϊόντων.
- Η αύξηση της αλατότητας αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό πρόβλημα στις ξηρές και ημίξηρες περιοχές του πλανήτη μας και απειλεί τη βιωσιμότητα της αρδευόμενης γεωργίας.

Παράγοντες που μπορεί να οδηγήσουν σε αλάτωση του εδάφους

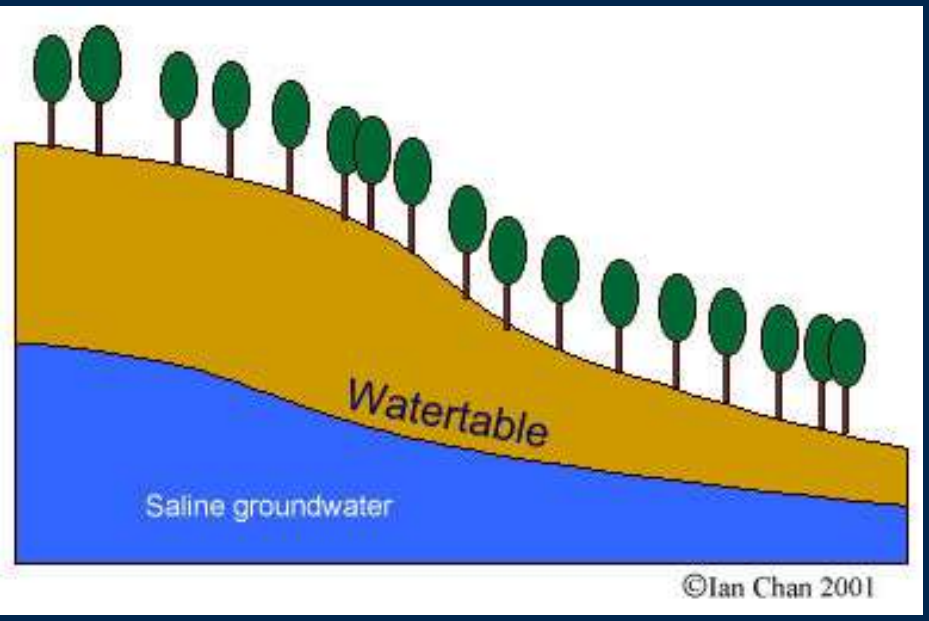
- **Άρδευση με νερό πλούσιο σε περιεκτικότητα αλάτων**.
- **Υπερβολική χρήση λιπασμάτων**, ειδικά σε περιοχές με εντατική γεωργία, με χαμηλή διαπερατότητα και περιορισμένες δυνατότητες έκπλυσης εδάφους.
- **Άνοδος του υδροφόρου ορίζοντα λόγω ανθρώπινων δραστηριοτήτων** (ανομοιογενής διανομή αρδευτικών υδάτων, ελλιπείς αρδευτικές πρακτικές, ακατάλληλη αποστράγγιση) κλπ.

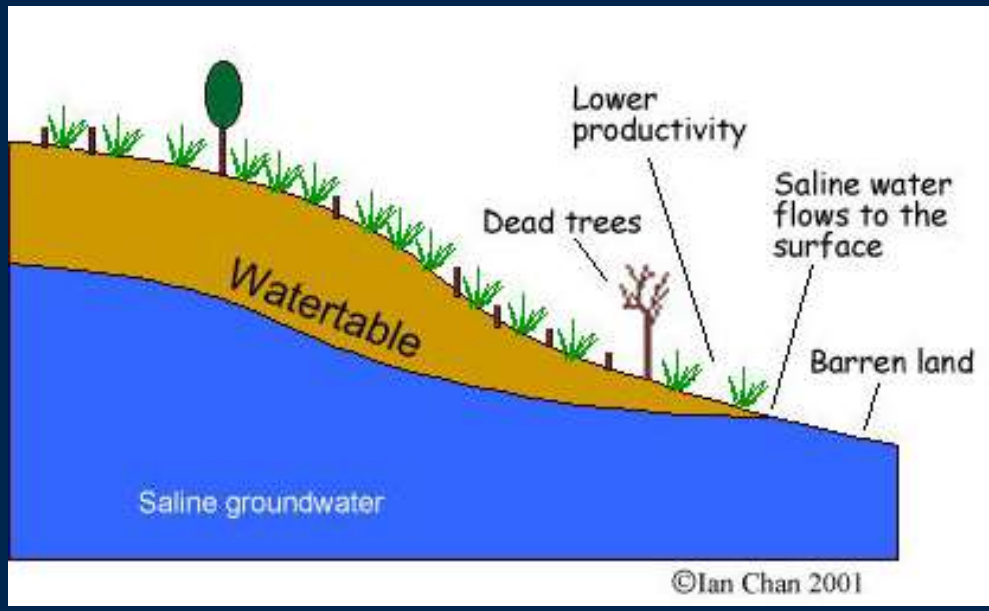
Μηχανισμοί Δημιουργίας Αλατούχων εδαφών

Η υψηλή υπόγεια στάθμη νερού και η ανεπαρκής στράγγιση

- **Τριχοειδής ανύψωση του νερού προς την επιφάνεια λόγω αρνητικής πίεσης από την εξάτμιση = ανύψωση αλάτων!**

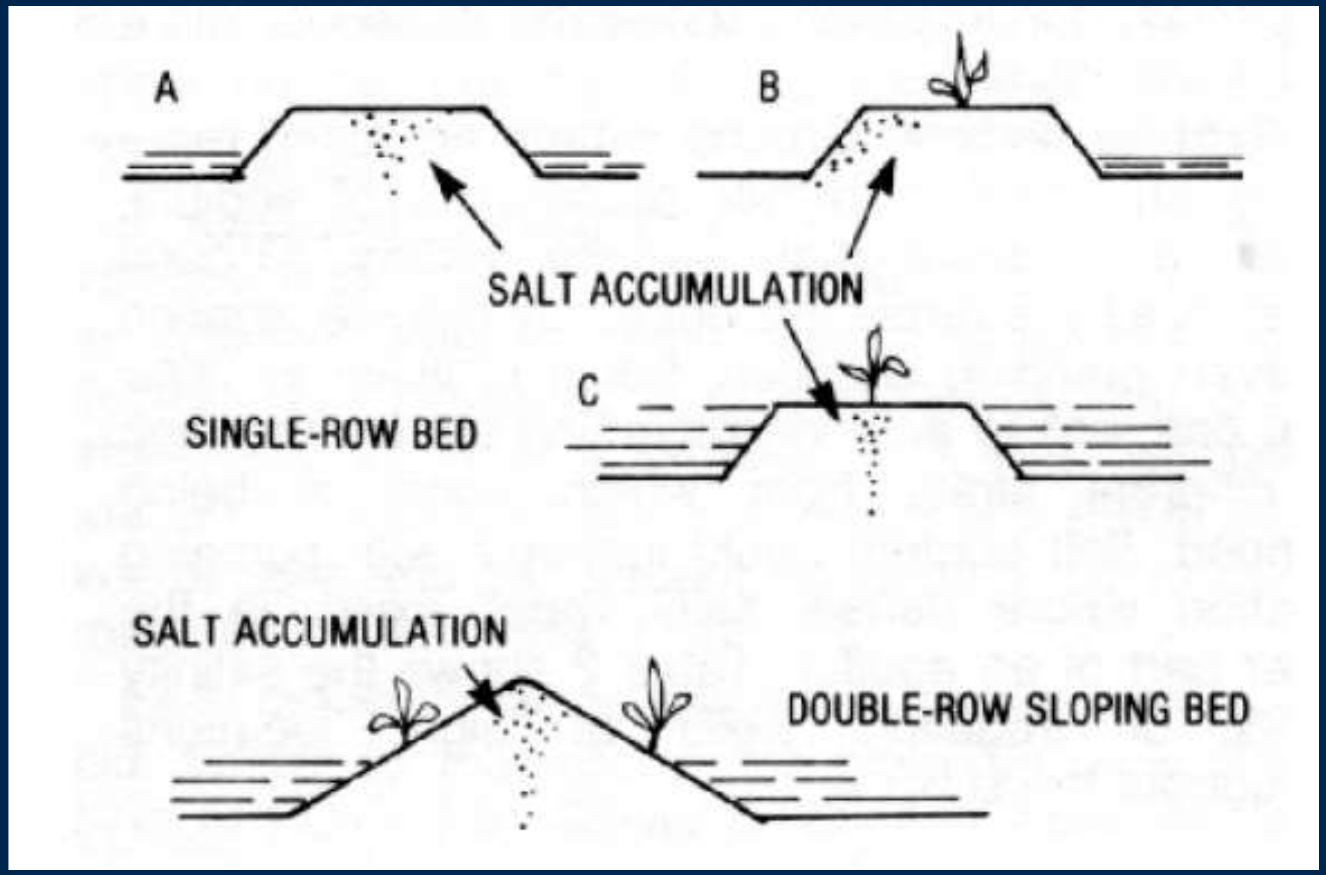
Τα αλατούχα εδάφη τροφοδοτούνται με άλατα ΑΠΟ ΚΑΤΩ!





- Μετά από αντικατάσταση βαθύρριζων δένδρων με χαμηλής ανάπτυξης φυτά, ο υδροφόρος ορίζοντας λόγω μειωμένης διαπνοής, ανεβαίνει και ο κίνδυνος αλάτωσης του εδάφους αυξάνεται.

Προφίλ αλάτων στο ριζόστρωμα ανάλογα με την μέθοδο άρδευσης



ΑΛΑΤΟΥΧΑ ΕΔΑΦΗ









Μέτρηση αλατότητας - ΑΓΩΓΙΜΟΜΕΤΡΙΑ

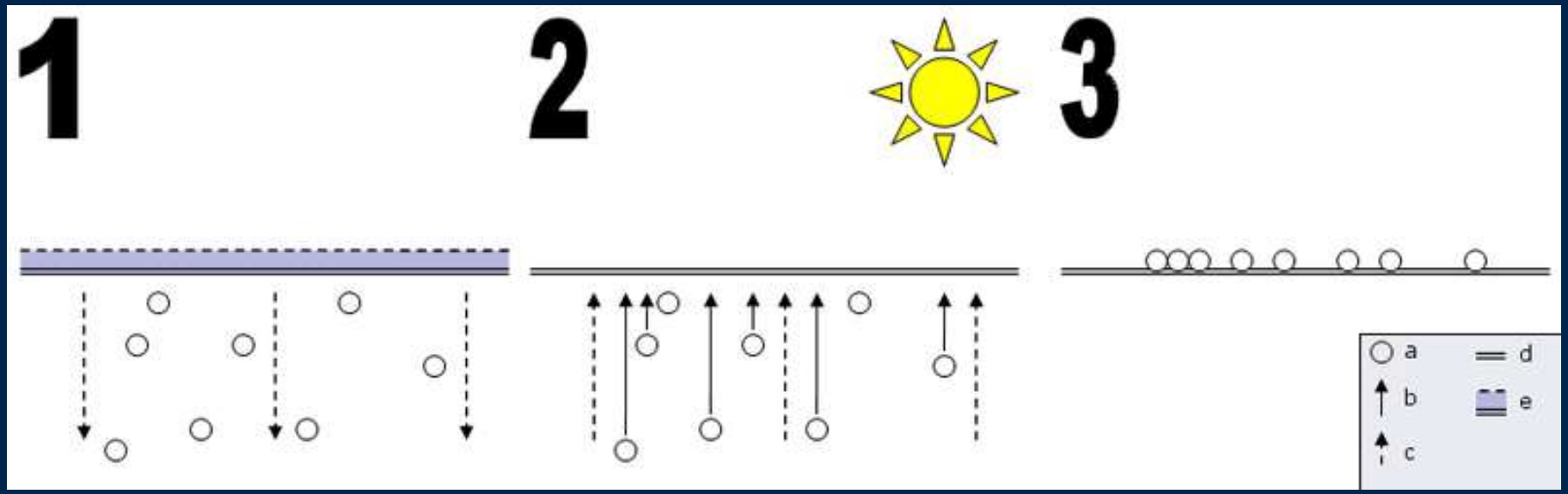
EC (ηλεκτρική αγωγιμότητα)

- Στην αγωγιμομετρία το μετρούμενο μέγεθος είναι **η ηλεκτρική αντίσταση του διαλύματος** που παρεμβάλλεται μεταξύ των **ηλεκτροδίων** του **αγωγιμομετρικού κυττάρου μέτρησης**.

- Το αντίστροφο της μετρούμενης αντίστασης αποτελεί το μέτρο της αγωγιμότητας του διαλύματος και είναι το άθροισμα της αγωγιμότητας που οφείλεται στον αριθμό και την ευκινησία του κάθε ιόντος.

- Το καθαρό νερό δεν είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού. Η αύξηση της ποσότητας των διαλυμένων αλάτων και η αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγονται και αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, γι' αυτό η μέτρησή της πρέπει να γίνεται σε συγκεκριμένη θερμοκρασία (συνήθως 25 ^{o}C).

Επίδραση της άρδευσης στην αλατότητα



- **Η αλατότητα συνδέεται άμεσα με την άρδευση γιατί ακόμα και αν το νερό είναι καλής ποιότητας, με την εξατμισοδιαπνοή θα αφήσει πίσω άλατα.**
- **Νερό με 1 dS m^{-1} (σχετικά καλής ποιότητας) με ύψος άρδευσης 500 mm (δηλ. 500 m^3/στρμ), αποθέτει 320 kg άλατα/στρμ.**
- **Εν γένει, η ECw (νερού) δεν πρέπει να είναι >2,5 dSm^{-1}.**

Επιπτώσεις της υψηλής αλατότητας στα φυτά

1. Αλλοίωση των χαρακτηριστικών του εδάφους, όπως του **πορώδους**, με συνέπεια τον **ανεπαρκή αερισμό και την κακή αποστράγγιση.**

2. Μείωση του δυναμικού του νερού του εδάφους με αποτέλεσμα την **ωσμωτική καταπόνηση των φυτών**.

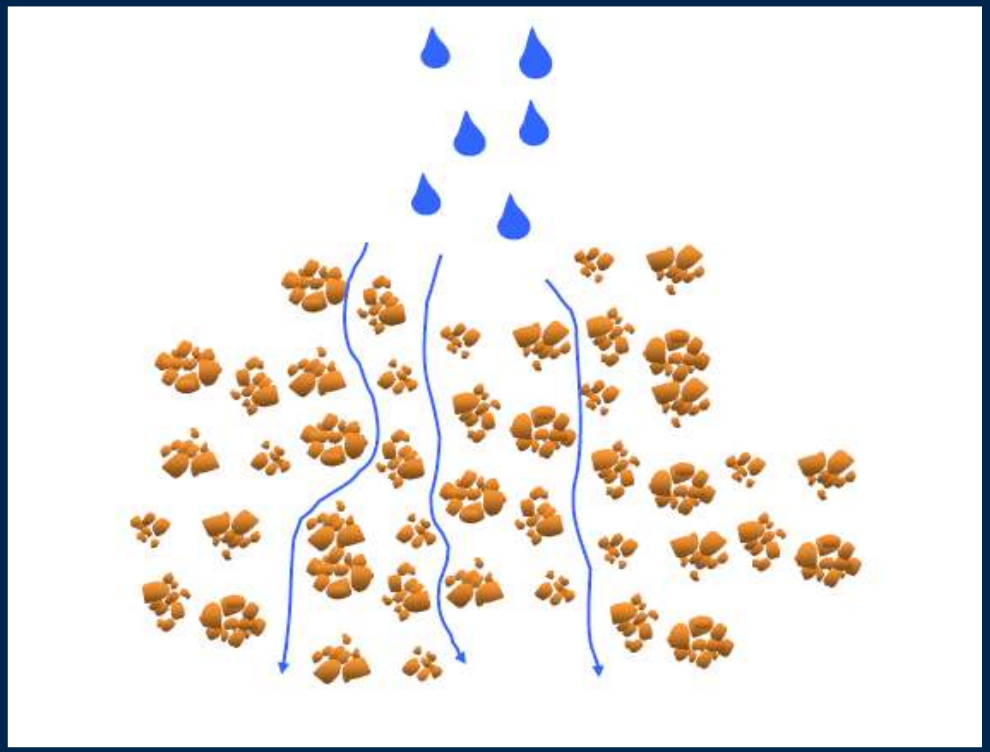
3. **Φυτοτοξικότητα λόγω της παρουσίας ιόντων Na^+ και Cl^-** λόγω παρεμπόδισης της εκλεκτικότητας των πλασματικών μεμβρανών και της λειτουργίας των πρωτεϊνικών μεταφορέων, διαταραχές θρέψης κλπ.

Διασπορά εδάφους

1. Αλλοίωση των χαρακτηριστικών των εδαφών, όπως του πορώδους, με συνέπεια τον ανεπαρκή αερισμό και την κακή αποστράγγιση.



Θρόμβωση: μεγάλοι μακροπόροι - καλή δομή - ευχερής μετακίνηση νερού και αέρα - «υγεία» για το έδαφος





Ας θυμηθούμε σχετικά με το οσμωτικό δυναμικό

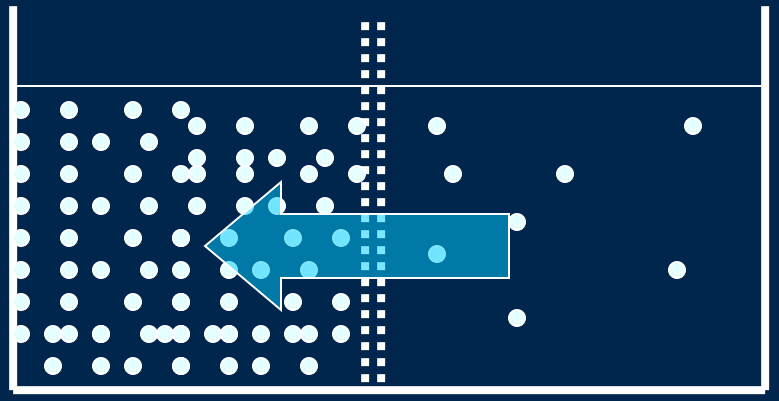
- Η όσμωση αποτελεί μια ειδική περίπτωση διάχυσης και προϋποθέτει την ύπαρξη μιας ημιπερατής μεμβράνης. **Ψs= - Σc R T**
- Σc, το άθροισμα των μοριακών συγκεντρώσεων των επί μέρους διαλυμένων ουσιών; R, η σταθερά των αερίων Τ, η θερμοκρασία
- Το οσμωτικό δυναμικό παίρνει τιμές από 0 (του καθαρού νερού) και αρνητικές (σε διαλύματα) και έχει διαστάσεις πίεσης. Συνήθως ως μονάδα πίεσης χρησιμοποιείται το MPa (Mega Pascal). 1 MPa= 9,87 At= 10 bars.
- Το νερό κινείται από υψηλά οσμωτικά δυναμικά προς χαμηλά οσμωτικά δυναμικά.

Το δυναμικό του νερού καθορίζει τη μετακίνηση του νερού από κύτταρο σε κύτταρο.

$$\Psi w = \Psi S + \Psi P$$

- Ψw, δυναμικό νερού
- Ψs, οσμωτικό δυναμικό
- ΨP, δυναμικό πίεσης
- Το δυναμικό πίεσης μπορεί να πάρει τόσο θετικές (εάν επικρατεί θετική πίεση στα κύτταρα), όσο και αρνητικές τιμές (εάν επικρατεί τάση στα κύτταρα, όπως π.χ. στα αγγεία του ξύλου).
- Στα ελεύθερα διαλύματα παίρνει την τιμή μηδέν.

2) Επιδράσεις από οσμωτικά φαινόμενα – Οσμωτική καταπόνηση των φυτών

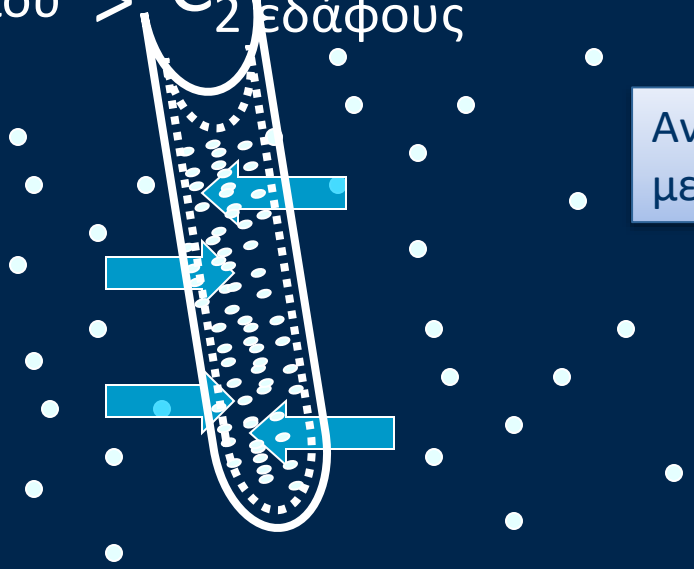


Μείωση του δυναμικού του νερού του εδάφους έχει ως αποτέλεσμα την ωσμωτική καταπόνηση των φυτών.

Όσο μικρότερες οι διαφορές στα C_1 και C_2, τόσο μικρότερη η κίνηση νερού.

$C_{1\ \text{χυμοτοπίου}} > C_{2\ \text{εδάφους}}$

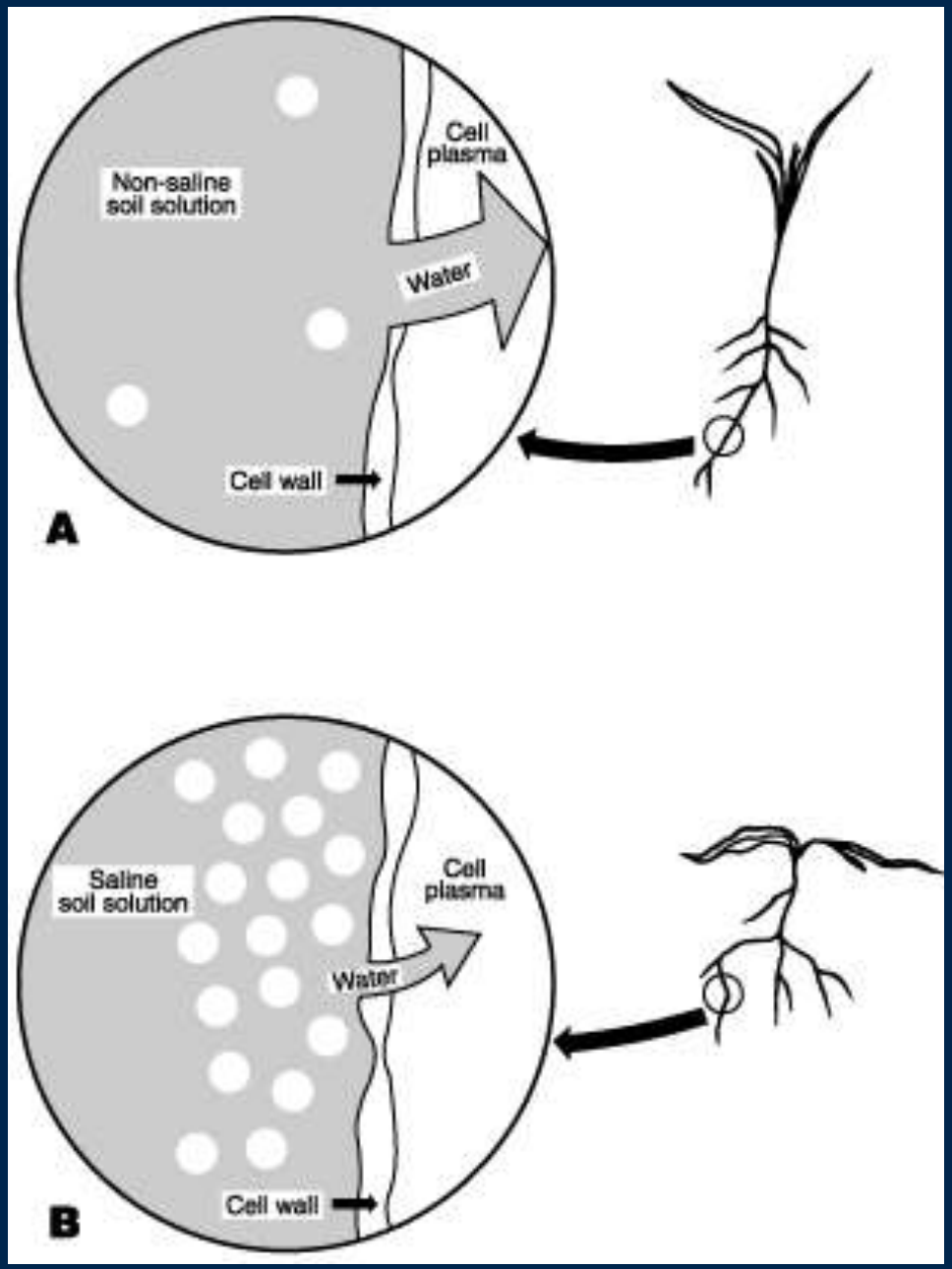
Ριζικό τριχίδιο, όπου χυμοτόπιο = C_1



Αν το έδαφος αλατούχο: Η διαφορά $C_1 - C_2$ μειώνεται = μείωση ροής νερού στη ρίζα

Όταν $EC_e > 40$ dS m^{-1} = αντιστροφή οσμωτικού δυναμικού (πχ νερό θάλασσας *περίπου* EC 50 dS m^{-1})

Ωσμωτική καταπόνηση φυτών

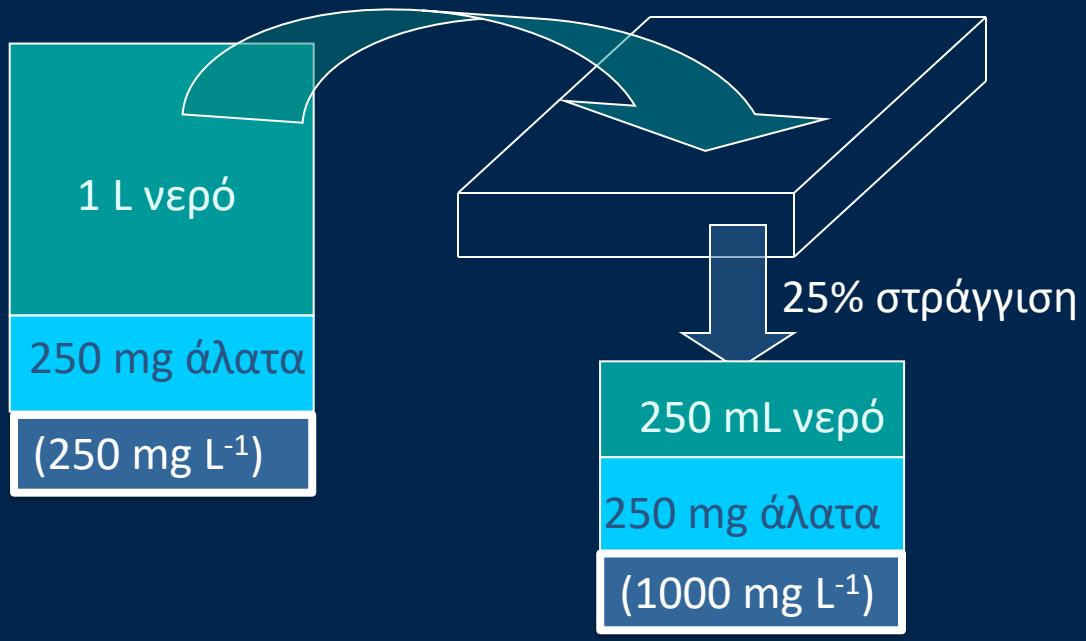


Η επίδραση της αλατότητας εκφρασμένης ως οσμωτικό δυναμικό στην ανάπτυξη του βαμβακιού

Οσμωτικό δυναμικό υποστρώματος ανάπτυξης (MPa)	Επιφάνεια φύλλων (dm^2 ανά φυτό)	Φωτοσυνθετική δραστηριότητα (mg CO_2 dm^{-2} ημέρα^{-1})	Αναπνευστική δραστηριότητα (mg CO_2 dm^{-2} ημέρα^{-1})
−0.04	30	46	11
−0.64	24	29	16
−1.24	18	23	19

Ποιότητα Νερού Άρδευσης

Στράγγιση νερού: **Το νερό στράγγισης έχει πάντα πολύ μεγαλύτερη συγκέντρωση αλάτων από το νερό άρδευσης (π.χ. το 25% του νερού στραγγίζεται και το 75% εξατμίζεται , ποσοστό αληθινό στα γεωργικά εδάφη).**



Ρύθμιση με αποκλεισμό των αλάτων – Ρύθμιση κατανομής των

Σε αρκετά είδη, τα ιόντα Na+ υπόκεινται σε ανακυκλοφορία μεταξύ υπόγειου και υπέργειου μέρους. Επιτυγχάνεται έτσι ο έλεγχος της κατανομής των ιόντων σε επίπεδο φυτού.

Ορισμένα αγρωστώδη, όπως το σιτάρι, επιτρέπουν την είσοδο των αλάτων, το οποίο περιορίζεται στα χυμοτόπια σε συγκεκριμένους ιστούς της ρίζας.

- Εν γένει, δεν είναι επικίνδυνες οι συγκεντρώσεις αλάτων όταν:
  - EC εδάφους μικρότερη από 4 dS/m και
  - EC νερού μικρότερη από 2,7 dS/m
- Πολύ αποτελεσματικές οι βροχές και οι χειμερινές αρδεύσεις εφόσον υπάρχει στράγγιση.
- Όσο πιο βαθύ και επαρκούς στράγγισης είναι το έδαφος τόσο πιο ασφαλής η απομάκρυνση των αλάτων από την περιοχή των ριζών.

ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑΣ ΑΛΑΤΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΑ

- Η μείωση της αύξησης εμφανίζεται συνήθως πριν την εμφάνιση των συμπτωμάτων.
- Η αλατότητα περιορίζει το μήκος των βλαστών και το μέγεθος των καρπών.
- Οι καρποί παρουσιάζουν ηλιοκαύματα και έντονη συρρίκνωση του σπέρματος.
- Η τοξικότητα αλάτων εμφανίζεται αρχικά στα παλαιότερα φύλλα, όπου τα ιόντα Na+ και Cl- συσσωρεύονται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και οδηγούν στην υψηλή συγκέντρωση αλάτων και τελικώς στην φυλλόπτωση.

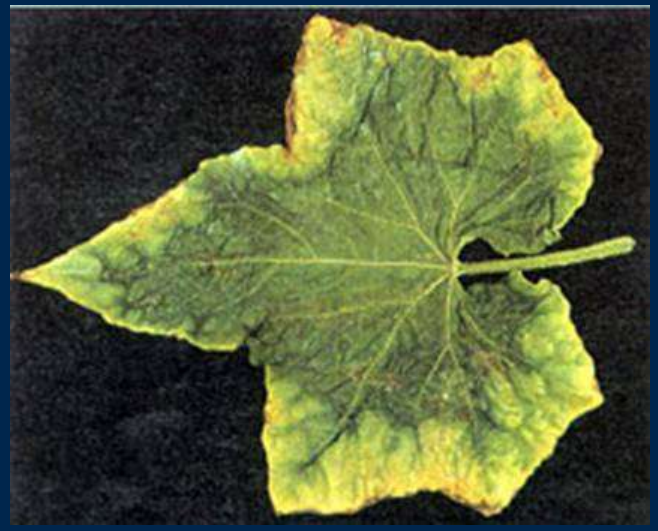
Τοξικότητα αλάτων



Τοξικότητα αλάτων







Τοξικότητα αλάτων στη φιστικιά στην Αίγινα





ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΔΥΟ ΚΥΡΙΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΤΑ ΦΥΤΑ

- **Α. Η στρατηγική της αποφυγής &**
- **Β. Η στρατηγική της ανθεκτικότητας**

Α. Η στρατηγική της αποφυγής

Τα φυτά δεν επιτρέπουν την είσοδο των ιόντων στο εσωτερικό των ευαίσθητων κυττάρων με τρεις παραλλαγές:

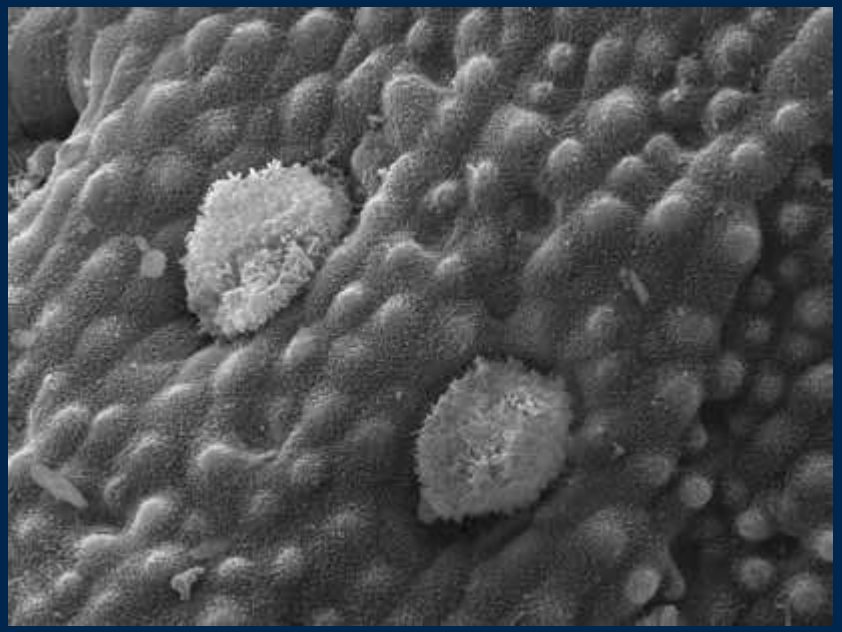
- **Α1. Ρύθμιση της αλατότητας με <u>ενεργό αποκλεισμό</u>**
- **Α2. Ρύθμιση της αλατότητας με απομάκρυνση από <u>εξειδικευμένα κύτταρα</u>**
- **Α3. Ρύθμιση της αλατότητας με <u>ρύθμιση κατανομής</u>**

Α1. Ρύθμιση της αλατότητας με ενεργό αποκλεισμό

Ορισμένα φυτικά είδη δεν απορροφούν το αλάτι αλλά το αποκλείουν ενεργητικά στο εξωτερικό περιβάλλον των ριζών (π.χ. το είδος *Rhizophora mangle*).



Α2. Ρύθμιση της αλατότητας με απομάκρυνση





- Ορισμένα φυτικά είδη επιτρέπουν την είσοδο του αλατιού, το οποίο οδηγείται προς εξειδικευμένους αλατώδεις αδένες των φύλλων και εκκρίνεται από αυτούς (π.χ. είδη των γενών *Tamarix (αλμυρίκι) και Limonium (στατική)).*

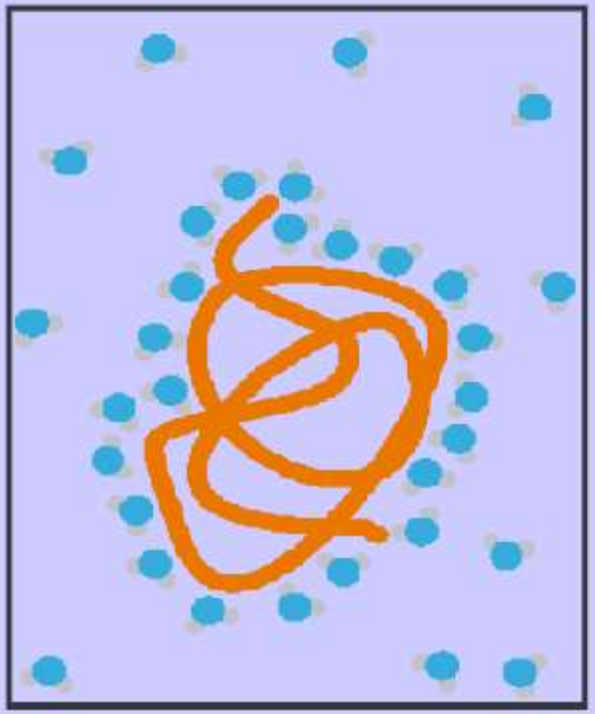
Α3. Ρύθμιση της αλατότητας με ρύθμιση κατανομής

- Η μεγάλη διαφορά στην συγκέντρωση Na και Cl μεταξύ φύλλων και ρίζας αποτελεί χαρακτηριστικό των φυτών με ανεκτικότητα στην αλατότητα.
- Η μείωση της συγκέντρωσης Na και Cl στα φύλλα και η κατακράτησή τους από τη ρίζα αποτελεί επιθυμητή παράμετρο για την επιλογή μιας ανεκτικής στα άλατα ποικιλίας ή υποκειμένου.
- Η αξιοποίηση εγχώριων ποικιλιών μπορεί να συνεισφέρει και στη δημιουργία σύγχρονων εμπορικών ποικιλιών, ανεκτικών έναντι πολλών βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων καταπόνησης, μεταξύ των οποίων και της αλατότητας.

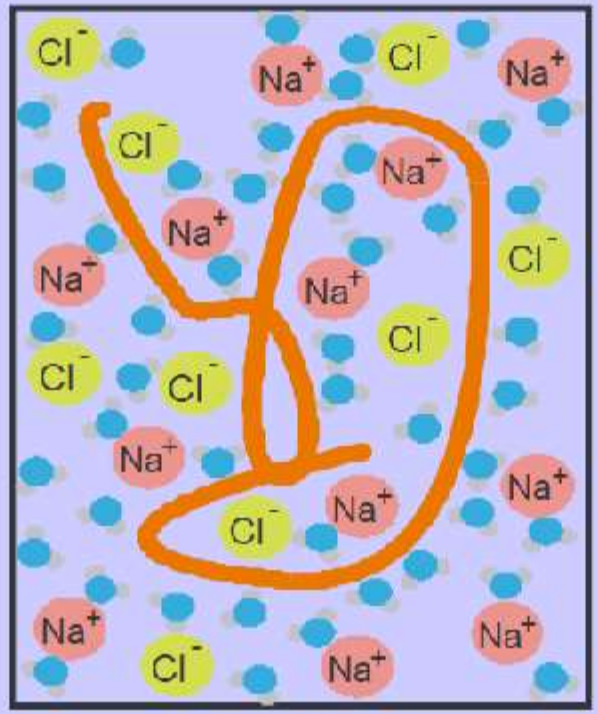
Β. Η στρατηγική της ανθεκτικότητας

- Ο μεταβολισμός των φυτών αυτών (**συσσωρευτές άλατος**) είναι κατάλληλα προσαρμοσμένος ώστε να μη παρουσιάζονται δυσλειτουργίες εξαιτίας της παρουσίας υψηλών συγκεντρώσεων ιόντων.
- **Τα ιόντα συσσωρεύονται στο χυμοτόπιο** ενώ οι συγκεντρώσεις στο κυτταρόπλασμα διατηρούνται σε χαμηλά επίπεδα.
- Το δυναμικό του νερού του κυτταροπλάσματος εξισορροπείται οσμωτικά με εκείνο του χυμοτοπίου, έτσι ώστε να μην αφυδατωθεί. **Η οσμορρύθμιση επιτυγχάνεται με τη σύνθεση συμβατών οσμωλυτών**.

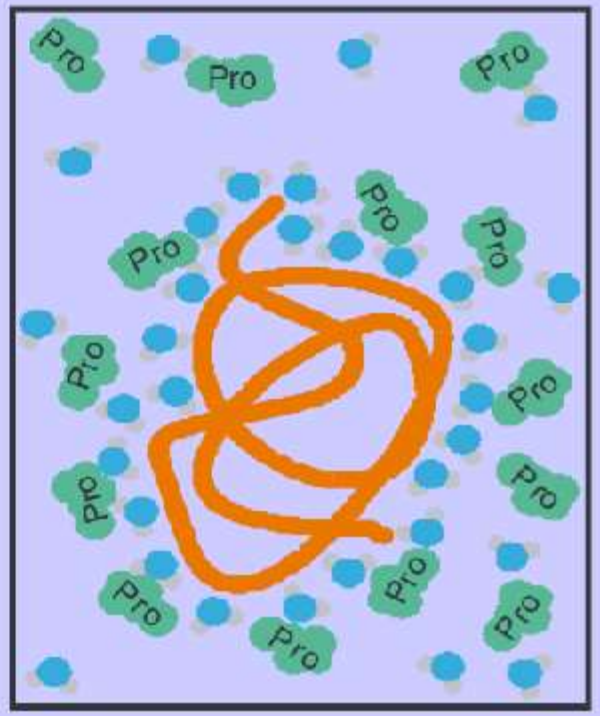
Η ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΣΥΜΒΑΤΩΝ ΟΣΜΩΛΥΤΩΝ



Η σφαίρα ενυδάτωσης ενός πρωτεϊνικού μορίου



Παρουσία ιόντων Na^+ και Cl^- το πρωτεϊνικό μόριο αποδιατάσσεται, λόγω διαταραχής της σφαίρας ενυδάτωσης



Τα μόρια του συμβατού οσμωλύτη σταθεροποιούν τη σφαίρα ενυδάτωσης και προστατεύουν το πρωτεϊνικό μόριο από απώλεια της λειτουργικής διαμόρφωσης

Αντοχή καλλιεργειών σε συνθήκες αλατότητας με κριτήριο την ηλεκτρική αγωγιμότητα εδάφους

Ευαίσθητες καλλιέργειες (0-4 dS/m)	Μέτρια ανθεκτικές καλλιέργειες (4-6 dS/m)	Ανθεκτικές καλλιέργειες (6-8 dS/m)	Πολύ ανθεκτικές καλλιέργειες (8-12 dS/m)
αμυγδαλιά	καλαμπόκι	συκιά	κριθάρι
φασολιά	σόργο	βρώμη	βαμβάκι
τριφύλλι	μαρούλι	ροδιά	ελιά
κρεμμύδι	σόγια	ηλίανθος	ρύζι
πατάτα	ντομάτα	σιτάρι	αγρόπυρο

Ευαίσθητα φυτά:

Είδος	*a*	*b*
Φασόλια	1	19
Μπλάκμπερυ	1,5	22
Καρότο	1	14
Κρεμμύδι	1,2	16
Δενδροκομικά	1,7	21
Φράουλα	1	33

Σχετικά ανεκτικά φυτά:

Είδος	*a*	*b*
Σίκαλη (σανός)	6	7,1
Γογγύλι	4	9
Φεστούκα	3,9	5,3
Σόγια	5	20
Σιτάρι	6	7,1

Σχετικά ευαίσθητα φυτά:

Είδος	*a*	*b*
Αλφάλφα	2	7,3
Καλαμπόκι	1,7	12
Φιστικί	3,2	29
Πιπεριές	1,5	14
Ρύζι	1,3	12
Ντομάτα	2,5	9,9

Ανεκτικά φυτά:

Είδος	*a*	*b*
Σίκαλη (καρπός)	8	5
Bermuda grass	6,9	6,4
Βαμβάκι	7,7	5,2
Ζαχαρότευτλο	7	5,9

a = Τιμή EC_e όπου η απόδοση αρχίζει να μειώνεται (ίση με το 90% της μέγιστης)

b = Ποσοστό μείωσης απόδοσης ανά μονάδα αύξησης της EC_e από την τιμή a και πάνω.

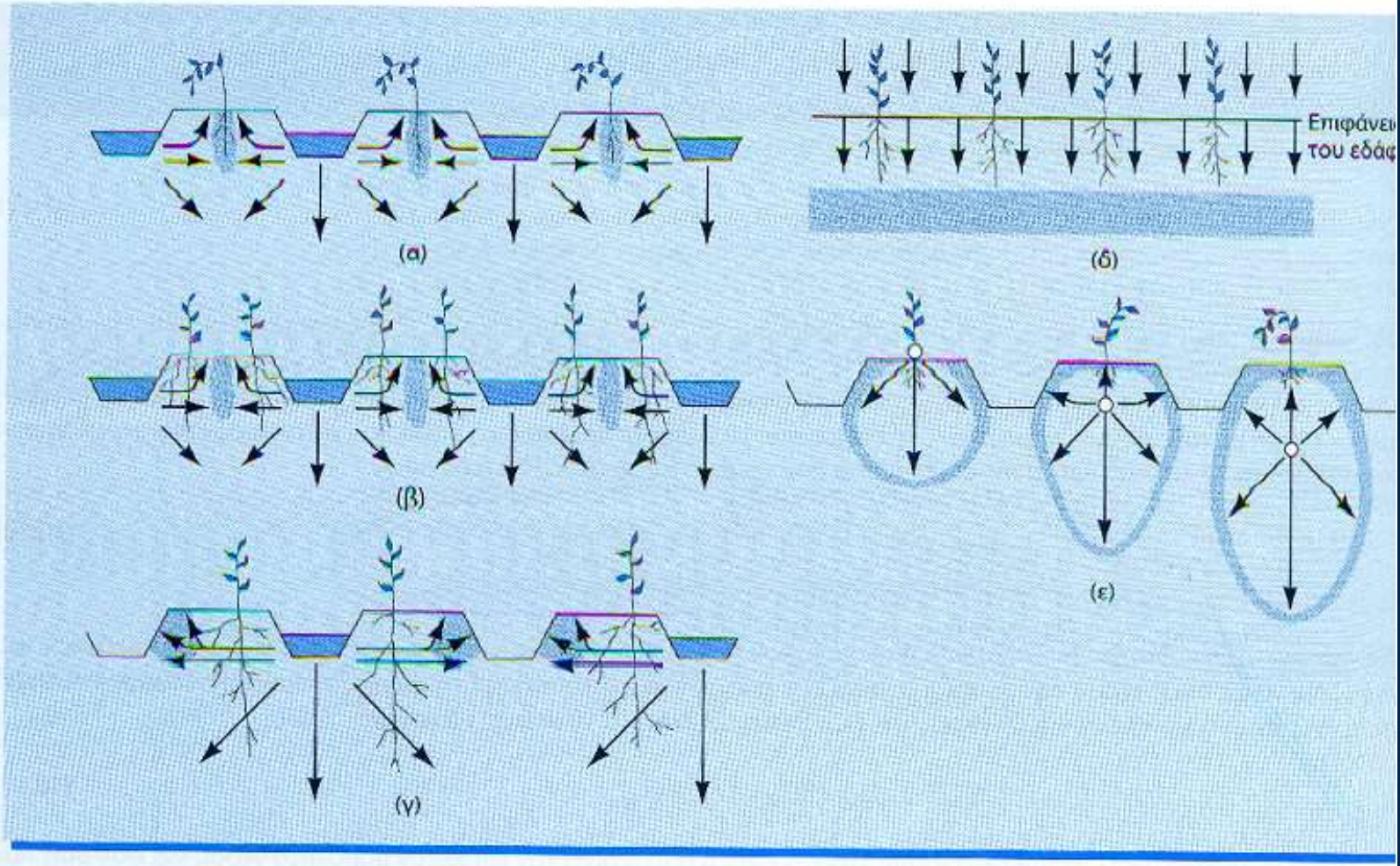
ΓΕΝΕΤΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ

- Οι γενετιστές έχουν αναπτύξει νέες ποικιλίες με υψηλή αντοχή στην αλατότητα.
- Σημαντική η ανακάλυψη γονιδίου στα αλόφυτα, υπεύθυνου για τη συγκράτηση υψηλών ποσοτήτων Na+ στα χυμοτόπια (διαμόρφωση χαμηλού οσμωτικού δυναμικού στο εσωτερικό του κυττάρου και απομόνωση των τοξικών ιόντων Na+ από τα ευαίσθητα μέρη του κυττάρου).
- Έρευνα μεταφοράς αυτού του γονιδίου σε οικονομικά σημαντικά καλλιεργούμενα φυτά – Συμβολή στην παραγωγή τροφίμων σε αλατούχα εδάφη στο μέλλον.
- **Δεν πρέπει όμως η βελτίωση των φυτών ως προς την αντοχή τους στην αλατότητα να αντικαταστήσει τον έλεγχο της αλατότητας στα εδάφη.**

Διαχείριση άρδευσης εδαφών με αλατότητα

Χρόνος και Μέθοδοι Άρδευσης

- Η αλατότητα επηρεάζει πολύ τα φυτά στα πρώτα στάδια ανάπτυξής τους (πχ κατά τη φύτρωση κτλ.) παρά σε μεταγενέστερα.
- **Η ελαχιστοποίηση της κατεργασίας του εδάφους και η ενσωμάτωση των φυτικών υπολειμμάτων** μειώνουν την εξάτμιση και το ανέβασμα των αλάτων προς την επιφάνεια.
- **Η συχνή εφαρμογή νερού με καταιονισμό ή στάγδην** μπορεί να συμβάλλει στην απομάκρυνση αλάτων μακριά από τις ρίζες.
- **Η κατάλληλη τοποθέτηση σταλακτήρων μπορεί να διαμορφώσει ζώνη χαμηλής αλατότητας γύρω από τα νεαρά φυτά**. Αντίθετα, η χρήση υπόγειας άρδευσης με σταλακτήρες μπορεί να μετακινήσει τα άλατα λόγω τριχοειδούς ανύψωσης προς την επιφάνεια.



ΕΙΚΟΝΑ 10.31 Η επίδραση της τεχνικής της άρδευσης στην κίνηση των αλάτων και την ανάπτυξη των φυτών σε αλατούχα εδάφ
νερό άρδευσης εφαρμόζεται και στις δύο πλευρές των σαμαριών κάθε σειράς φυτών με αποτέλεσμα τα άλατα να κινούνται προς τ
κάθε σειράς και να προκαλούν ζημιές στα φυτά. (*β*) Η τοποθέτηση των φυτών στην άκρη κάθε σειράς αντί του κέντρου έχει ως απ
τα φυτά να αποφεύγουν τις υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων. (*γ*) Η εφαρμογή του νερού άρδευσης στη μία πλευρά κάθε σειρ
τοποθέτηση των φυτών στην πλευρά της σειράς που είναι κοντά στο νερό έχει ως αποτέλεσμα το φυτά να αποφεύγουν τι
συγκεντρώσεις αλάτων. (*δ*) Η άρδευση με καταιονισμό ή ομοιόμορφη κατάκλυση έχει ως αποτέλεσμα τα άλατα να κινηθούν προς
μακρία από τη ριζόσφαιρα, προσωρινά όμως καθώς στεγνώνει το επιφανειακό έδαφος τα άλατα θα επιστρέψουν με την τριχοειδή
του νερού. (*ε*) Η στάγδην άρδευση με χαμηλή παροχή έχει συνεχή ροή νερού με αποτέλεσμα τη δημιουργία μίας ζώνης χαμηλής αλ
με τα άλατα να συγκεντρώνονται στο μέτωπο διύγρανσης. Το σημείο τοποθέτησης των σταλλακτήρων καθορίζει εάν τα άλατα θα
προς ή μακριά από το ριζικό σύστημα των φυτών. (Διάγραμμα με την ευγενική παραχώρηση του Wesley M. Jarrell)

Προφίλ αλάτων στο ριζόστρωμα ανάλογα με την μέθοδο άρδευσης

Η μέθοδος άρδευσης πρέπει να αποβλέπει στη συγκέντρωση αλάτων μακριά από τις ρίζες.

- **α) Όταν το νερό άρδευσης εφαρμόζεται και στις δύο πλευρές των σαμαριών κάθε σειράς φυτών, αυτό έχει ως συνέπεια τη συγκέντρωση αλάτων στο κέντρο του σαμαριού και την πρόκληση ζημιάς στα φυτά.**
- **β) Αντίθετα, η τοποθέτηση των φυτών στην άκρη κάθε σειράς αντί του κέντρου έχει ως αποτέλεσμα τα φυτά να αποφεύγουν τις υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων στο κέντρο του σαμαριού .**
- **γ) Η εφαρμογή νερού στη μία πλευρά κάθε σειράς και η τοποθέτηση φυτών στη διαβρεχόμενη πλευρά της σειράς έχει ως αποτέλεσμα τα φυτά να αποφεύγουν τις υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων.**
- **δ) Η άρδευση με καταιονισμό ή κατάκλυση προσωρινά απομακρύνει τα άλατα από τη ριζόσφαιρα, καθώς όμως το επιφανειακό έδαφος στεγνώνει, τα άλατα ανεβαίνουν με τριχοειδή κίνηση.**
- **ε) Η στάγδην άρδευση με χαμηλή παροχή έχει συνεχή ροή νερού με συνέπεια τη δημιουργία ζώνης χαμηλής αλατότητας με τα άλατα να συγκεντρώνονται στο μέτωπο διύγρανσης.**

Βελτίωση εδαφών με αλατότητα

Στράγγιση εδάφους με μια μικρή (σε σχέση με το ύψος άρδευσης) ποσότητα νερού για να ξεπλυθούν τα άλατα. Όταν η υπόγεια στάθμη είναι ψηλά, πρέπει να υπάρχει και στραγγιστικό δίκτυο, γιατί τα άλατα ακόμα κι αν ξεπλυθούν δεν απομακρύνονται, θα φτάσουν μέχρι το πάνω όριο της υπόγειας στάθμης, και σύντομα θα επανα-τροφοδοτήσουν το έδαφος λόγω της τριχοειδούς ανύψωσης.

Στη συνέχεια **οι στραγγιστικές τάφροι** (που έχουν νερό με 4-5 φορές μεγαλύτερη αλατότητα από ό,τι της άρδευσης) είτε:

1) Τροφοδοτούν αγρούς χαμηλότερα με ανθεκτικές καλλιέργειες
2) Περνούν από μονάδες αντίστροφης όσμωσης (αφαλάτωσης) για καθαρισμό και επαναχρησιμοποίηση
3) Αποχετεύονται στη θάλασσα (η κοινή λύση στα στραγγιστικά δίκτυα της Ελλάδας, αφού οι περισσότεροι αρδευόμενοι κάμποι είναι κοντά στη θάλασσα).

Βελτίωση αλατούχων εδαφών με ΕΚΠΛΥΣΕΙΣ

Η βελτίωση γίνεται σε 3 άξονες:

1) **Χρήση καλής ποιότητας αρδευτικού νερού** (μέσα στα όρια EC και SAR):
   - α) Αν η EC είναι υψηλή: Ανάμιξη με νερό με χαμηλή EC.
   - β) Αν το SAR είναι υψηλό: Εφαρμογή γύψου μέσα στο νερό για να διαλυθεί.
2) **Καλή στράγγιση** (αν δεν είναι ικανοποιητική η στράγγιση από φυσικού, ενδείκνυται η κατασκευή στραγγιστικού δικτύου).
3) **Επιλογή κατάλληλων καλλιεργειών και κατάλληλων καλλιεργητικών πρακτικών.**

Ποσότητα νερού έκπλυσης : LR (Leaching requirement = Απαίτηση έκπλυσης)

$$LR = \frac{EC_w}{EC_e}$$

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού άρδευσης

Η μέγιστη επιτρεπόμενη αλατότητα εδάφους, EC_e, για μία καλλιέργεια (εκεί όπου παρουσιάζει μείωση του μέγιστου της απόδοσης κατά 10%), και λαμβάνεται από πίνακες.

Παράδειγμα: ECw = **2,5 mS cm^{-1}**
Καλλιέργεια μπρόκολου, με τιμή EC_e όπου το μπρόκολο χάνει 10% της απόδοσής του **8 mS cm^{-1}**

$$LR = \frac{EC_w}{EC_{dw}} = \frac{2,5}{8}$$

= **0,31**, δηλαδή πρέπει να ξεπλύνουμε με το 31% του ύψους άρδευσης έτσι ώστε να ξεπλύνουμε τα αλάτια. Αν το ύψος άρδευσης είναι D_w = 200 mm, τότε D_{dw} = 0,31 x D_w = 0,31 x 200 mm = 62 mm (δηλαδή 62 m^3 νερού ανά στρέμμα).

Αν με το ίδιο νερό άρδευσης είχαμε μήλα (*α* = (EC_{dw} =) 2,5 mS cm^{-1}, τότε LR = 1, δηλαδή το 100% του νερού άρδευσης. Αν ποτίζουμε με 500 mm, πρέπει και να στραγγίσουμε με 500 mm νερού!

Το παράδειγμα δείχνει την αναγκαιότητα επιλογής κατάλληλων καλλιεργειών, αν το νερό άρδευσης έχει πρόβλημα αλατότητας.
[Με άλλα λόγια, αν το EC_w είναι μεγάλο (νερό με μεγάλη αλατότητα), τότε είτε το LR πρέπει να είναι υψηλό είτε το EC_{dw} θα πρέπει να είναι μεγάλο (δηλαδή η καλλιέργεια να είναι ανθεκτική)].

Συνοψίζοντας:

- Οι συνήθεις παράγοντες αλάτωσης εδαφών είναι:
  - το αλατούχο νερό άρδευσης
  - οι υπερβολικές λιπάνσεις
  - η κακή στράγγιση
  - η ανεπαρκής άρδευση
  - η υψηλή στάθμη υπογείων υδάτων
- Η εξακρίβωση βασίζεται στην ανάλυση του εδάφους και του νερού άρδευσης.

Βασικά μέτρα που αποτρέπουν την αλάτωση των καλλιεργουμένων εδαφών

- Ορθολογική λίπανση
- Άρδευση με καλής ποιότητας νερό
- Εκπλύσεις και επαρκής στράγγιση
- Διαχρονική παρακολούθηση βασικών χημικών παραμέτρων του εδάφους.
- Επιλογή ανεκτικών στα άλατα καλλιεργειών