



# Θρέψη Φυτών

## Ενότητα 4<sup>η</sup>

### Κάλιο (μέρος α)

Όνομα καθηγητή: **Δ. Μπουράνης**

Όνομα καθηγητή: **Σ. Χωριανοπούλου**

Τμήμα: **Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής**





# Στόχοι ενότητας

1. Η πρόσληψη του καλίου από τα φυτά και ο ρόλος των διαύλων καλίου.
2. Περιγραφή του ρόλου του καλίου στην ωσμоруθμιση και την έκταση του κυττάρου.



# Λέξεις - κλειδιά

- Λέξεις κλειδιά: Κάλιο, Ωσμορύθμιση, Έκταση κυττάρου.
- Key words: Potassium, Osmoregulation, Cell extension.



# Κάλιο

## Κάλιο: **K**

- Παραλαμβάνεται ως ιόν καλίου  $K^+$  από το εδαφικό διάλυμα.
- Σε όλες τις λειτουργίες που συμμετέχει, παραμένει ως  $K^+$ .
- Συνδέεται στενά με την μεταβολική δραστηριότητα αλλά δεν αφομοιώνεται (δεν αλλάζει οξειδωτική βαθμίδα).
- Λειτουργεί ως ενυδατωμένο ιόν.



# Δίαυλος Ιόντων Καλίου

- Για την πρόσληψη και για την γρήγορη μεταφορά του  $K^+$  μεταξύ διαφορετικών κυτταρικών διαμερισμάτων και μεταξύ διαφορετικών κυττάρων μέσα στον ιστό, απαιτούνται **δίαυλοι  $K^+$**  στις μεμβράνες.
- Ο διάυλος  $K^+$  είναι πύλη  $\Rightarrow$  ανοιγοκλείνει με διαφορετική συχνότητα και διάρκεια ως απόκριση σε περιβαλλοντικό σήμα και σε αλλαγή του ηλεκτρικού δυναμικού της μεμβράνης.
- Επιτρέπει ρυθμούς διέλευσης  $K^+$  3 φορές ταχύτερα από τις αντλίες και από τους μεταφορείς.



# Δράση ιόντων καλίου

Το ιόν  $K^+$  δρα:

- ως **ωσμορυθμιστικά ενεργό υλικό (ΩΕΥ)** που αλλάζει το ωσμωτικό δυναμικό στο κυτταρικό διαμέρισμα και επομένως την σπαργή.
- ως φορέας φορτίου που αλλάζει το δυναμικό της μεμβράνης.



# Επίπεδα καλίου στο φυτό

Το φυτό χρειάζεται κάλιο σε επίπεδο 2-5% (500-1300  $\mu\text{mol K g}^{-1}\text{DM}^{-1}$ ).

- Στο **ΞΑΣ** βρίσκεται σε συγκεντρώσεις της τάξης του 200 ppm (5 mM).
- Στο **ΗΑΣ** βρίσκεται σε συγκεντρώσεις της τάξης του 3700 ppm (95 mM).



# Μεταβολική στάθμη καλίου (α)

[K<sup>+</sup>] στο **κυτταρόπλασμα**: 100 – 200 mM.

[K<sup>+</sup>] στο **χλωροπλάστη**: 100 – 200 mM.

- Σε αυτά τα μεταβολικά διαμερίσματα το K<sup>+</sup> δεν αντικαθίσταται από άλλα κατιόντα στις λειτουργίες του.

[K<sup>+</sup>] στον **αποπλασματικό χώρο**: χαμηλή,

- εξαιρούνται εξειδικευμένα κύτταρα & ιστοί (στομάτια, ριζίνι) όπου οι συγκεντρώσεις αποπλασματικού K ανέρχονται προσωρινά μέχρι και 100 mM.





# Μεταβολική στάθμη καλίου (β)

[K<sup>+</sup>] στο **χυμοτόπιο**: 10 – 200 mM

- Η [K<sup>+</sup>] στο χυμοτόπιο σχετίζεται με τη συμμετοχή του K στην έκταση του κυττάρου και στις άλλες διεργασίες που ρυθμίζονται από την ώσμωση.
- Κατά την ωσμωτική λειτουργία του στο χυμοτόπιο το K<sup>+</sup> αντικαθίσταται σε διάφορο βαθμό από Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, σάκχαρα ή άλλα ΩΕΥ.

[K<sup>+</sup>] στα **καταφρακτικά κύτταρα**: μέχρι και 500 mM.



# Κάλιο και ενυδάτωση πρωτεϊνών

$K^+$ : επάγει αλλαγή στη διαμόρφωση του μορίου.

- Όλα τα μακρομόρια είναι πολύ ενυδατωμένα και σταθεροποιούνται από ισχυρά συγκρατημένα μόρια νερού που σχηματίζουν μία ηλεκτρική διπλή στιβάδα.
- $[K^+] = 100 - 150 \text{ mM} \Rightarrow$  σταθεροποιεί τη στιβάδα και αριστοποιεί την ενυδάτωση της πρωτεΐνης.



# Κάλιο και ένζυμα

## Πολλά ένζυμα

- εξαρτώνται πλήρως από το  $K^+$ , ή
- ενεργοποιούνται από το  $K^+$ .

Ρυθμιστικά ένζυμα που έχουν μεγάλη απαίτηση σε  $K^+$ :

- κινάση του πυροσταφυλικού.
- φώσφορο-φρουκτοκινάση.
- συνθάση του αμύλου.



# Ωσμωρύθμιση (α)

- Η υψηλή συγκέντρωση στη στήλη της ρίζας είναι προαπαιτούμενη συνθήκη για τη μεταφορά **ΩΕΥ** ή άλλων διαλυτών υλικών που οδηγείται από την πίεση σπαραγής.
- Στο επίπεδο του κυττάρου ή συγκεκριμένου ιστού οι ίδιοι μηχανισμοί είναι υπεύθυνοι:
  - για την έκταση του κυττάρου.
  - για τις κινήσεις διάφορου τύπου.
- $K^+$ : το κύριο ανόργανο διαλυτό υλικό με ρόλο κλειδί σε αυτές τις διεργασίες.



# Ωσμωρύθμιση (β)

Η θρεπτική κατάσταση του φυτού σε Κ (ανάλογα με το είδος και το όργανο) επηρεάζει:

- την έκταση του κυττάρου που ελέγχεται από τη σπারণή.
- τη συμμετοχή των σακχάρων ή και άλλων οργανικών ΩΕΥ στη δημιουργία δυναμικού.
  - π.χ. συσσώρευση ωσμωτικά ενεργών φρουκτανών στο χυμοτόπιο των κυττάρων της αυξανόμενης περιοχής.



# Έκταση του κυττάρου (α)

Περιλαμβάνει τον σχηματισμό μεγάλου κεντρικού χυμοτοπίου που κατέχει το 80% του κυτταρικού όγκου.

2 κύριες απαιτήσεις για έκταση του κυττάρου:

- αύξηση της εκτασιμότητας του κυτταρικού τοιχώματος.
- συσσώρευση ΩΕΥ για να δημιουργηθεί εσωτερικό ωσμωτικό δυναμικό.

Κυρίως συσσωρεύεται  $K^+$ :

- σταθεροποιεί το pH στο κυτταρόπλασμα.
- αυξάνει το ωσμωτικό δυναμικό του χυμοτοπίου.



# Έκταση του κυττάρου ( $\beta$ )

Η εκροή  $H^+$  ενεργοποιείται από **IAA** και εξισορροπείται ηλεκτροχημικά από στοιχειομετρική εισροή  $K^+$ .

Επομένως:

- η έκταση των κυττάρων του φύλλου σχετίζεται άμεσα με την περιεκτικότητά τους σε  $K^+$ .



# Έκταση του κυττάρου ( $\gamma$ )

Η επιμήκυνση του ιστού προάγεται από **GA** και εξαρτάται από το επίπεδο του  $K^+$ .

$K^+$  και **GA** λειτουργούν συνεργιστικά.

$K^+$  και **σάκχαρα** λειτουργούν συμπληρωματικά για να παραχθεί το δυναμικό σπαραγής που απαιτείται για την έκταση του κυττάρου.





# Διατήρηση σπαργής κυττάρου

Όταν ολοκληρωθεί η έκταση του κυττάρου χρειάζεται διατήρηση της σπαργής του κυττάρου.

Τότε το  $K^+$  μπορεί να αντικατασταθεί στο χυμοτόπιο από άλλα **ΩΕΥ** ( $Na^+$ , σάκχαρα).

$K^+$  ενεργοποιεί την **ΑΤΡάση πρωτονίων** η οποία διευκολύνει τη μεταφορά  $K^+$  από το εξωτερικό διάλυμα στο παρεγχυματικό κύτταρο της ρίζας.



# Άνοιγμα στοματίου

Ρύθμιση ανοίγματος του στοματίου.

- Αυξάνεται η συγκέντρωση  $[K^+]$  στο καταφρακτικό κύτταρο.
- Αυξάνει το ωσμωτικό δυναμικό του.
- Εισέρχεται νερό από τα διπλανά κύτταρα.
- Αυξάνει η σπαργή του καταφρακτικού κυττάρου.
- Ανοίγει το στομάτιο.



# Συνοδευτικό ανιόν (α)

Συνοδευτικό ανιόν: εξισορροπεί τη συσσώρευση  $K^+$  στο χυμοτόπιο.

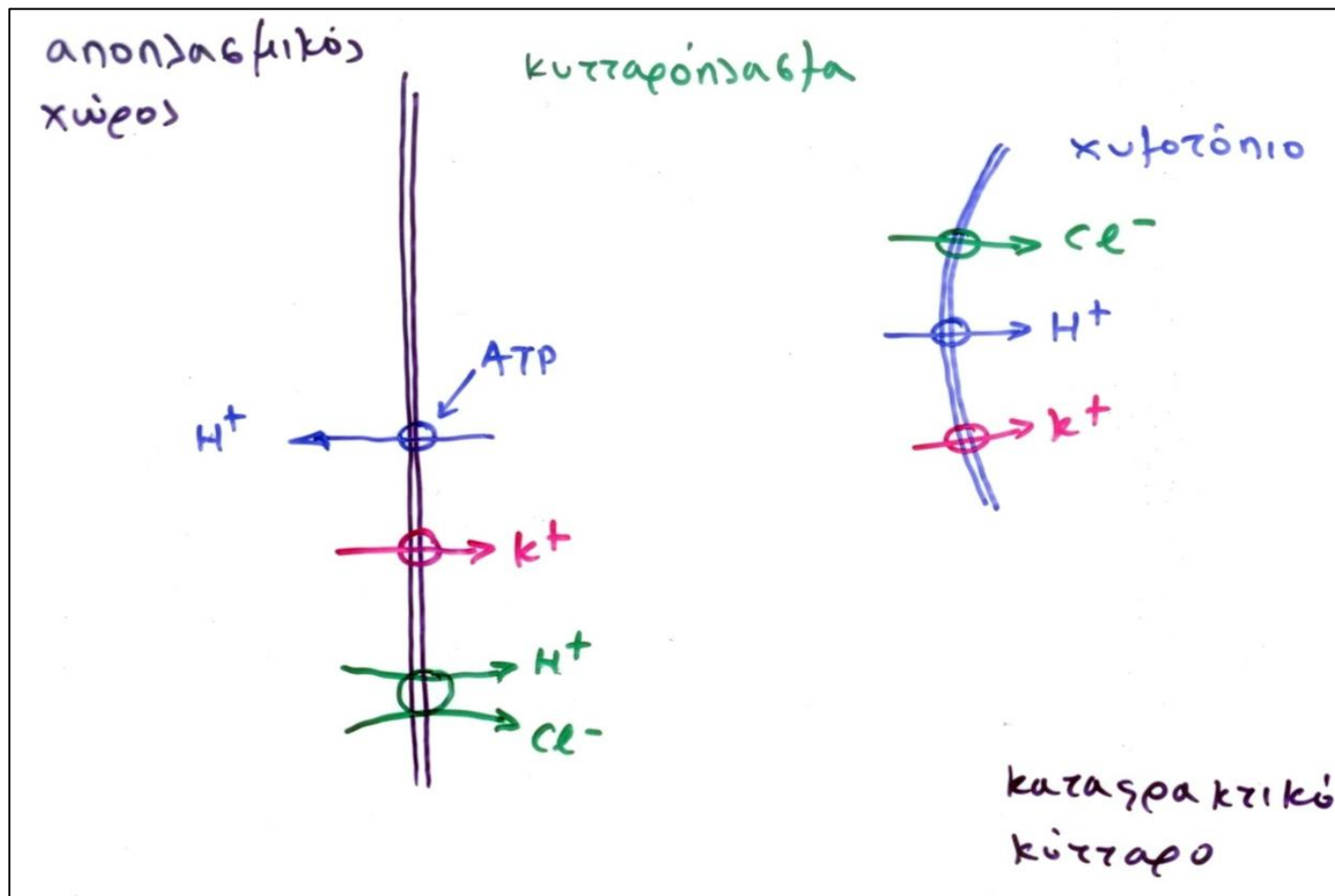
- $Cl^-$ .
- μηλικό<sup>2-</sup>.

Το είδος του συνοδευτικού ανιόντος εξαρτάται από:

- το φυτικό είδος.
- τη συγκέντρωση  $[Cl^-]$  των διπλανών κυττάρων ή του αποπλασμικού χώρου.



# Συνοδευτικό ανιόν (β)



Η μεταφορά καλίου και χλωρίου ως συνοδευτικού ανιόντος μέσα στο φυτικό κύτταρο.



# Συνοδευτικό ανιόν ( $\gamma$ )

Η συγκέντρωση [ $\text{Cl}^-$ ] στο επιδερμικό κύτταρο του φύλλου είναι υψηλότερη από αυτή του κυττάρου μεσοφύλλου.

**Συμμεταφορά**  $\text{Cl}^-$  και  $\text{H}^+$  στην κυτταροπλασματική μεμβράνη του καταφρακτικού κυττάρου.

Υπάρχουν **δίαυλοι** για υψηλό ρυθμό μεταφοράς.



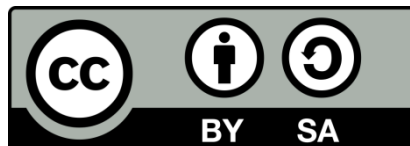
# Βιβλιογραφία

- Hawkesford M, Horst W, Kichey T, Lambers H, Schjoerring J, Møller IS, and White P (2012). Functions of Macronutrients. 6.6 Potassium. In: Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, Third Edition.
- Αναλογίδης ΔΑ (2000). Έδαφος, Θρεπτικά Στοιχεία και Φυτική Παραγωγή. Κεφ. 5<sup>ο</sup>: Κάλιο.



# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδεια χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.





# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2014. Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Μπουράνης Δημήτριος, Χωριανοπούλου Στυλιανή, «Θρέψη Φυτών». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

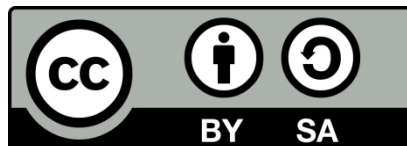
<https://mediasrv.aua.gr/eclass/courses/OCDCS102/>





# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων, π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Η άδεια αυτή ανήκει στις άδειες που ακολουθούν τις προδιαγραφές του Ορισμού Ανοικτής Γνώσης [2], είναι ανοικτό πολιτιστικό έργο [3] και για το λόγο αυτό αποτελεί ανοικτό περιεχόμενο [4].

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

[2] <http://opendefinition.org/okd/ellinika/>

[3] <http://freedomdefined.org/Definition/EI>

[4] <http://opendefinition.org/buttons/>



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
*επένδυση στην κοινωνία της γνώσης*  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
  - το Σημείωμα Αδειοδότησης
  - τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
  - το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)
- μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.