



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

Φυσιολογία Καταπονήσεων των Φυτών

Ενότητα 2: Υδατική Καταπόνηση (3/4), 1ΔΩ

Τμήμα: Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής

Διδάσκοντες: Γεώργιος Καραμπουρνιώτης

Γεώργιος Λιακόπουλος



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





Μαθησιακοί Στόχοι

- Ορισμός και διάδοση της υδατικής καταπόνησης,
- ιδιότητες του εδάφους,
- επιπτώσεις της υδατικής καταπόνησης στις καλλιέργειες,
- κατηγορίες φυτών όσον αφορά στις απαιτήσεις τους σε νερό,
- παράμετροι υδατικής κατάστασης (δυναμικό νερού, σχετικό περιεχόμενο σε νερό,
- αποδοτικότητα χρήσης νερού).



Λέξεις Κλειδιά

- υδατική καταπόνηση,
- ξηρασία,
- υδρόφυτα,
- υγρόφυτα,
- μεσόφυτα,
- ξηρόφυτα,
- αποδοτικότητα χρήσης νερού,
- διαπνευστικό πηλίκιο,
- δυναμικό νερού,
- σχετικό περιεχόμενο σε νερό,
- οσμωτικό δυναμικό.



Φυσιολογία Καταπονήσεων των Φυτών



ΥΔΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ



Επαγωγή του Μεταβολισμού CAM

- Οδηγεί στην αύξηση της αποδοτικότητας χρήσης νερού μέσω της διατήρησης της αφομοίωσης του CO₂ υπό συνθήκες κλειστών στοματίων
- Απουσία καταπόνησης τα προαιρετικά CAM φυτά εμφανίζουν C₃ μεταβολισμό του άνθρακα



Τροποποιήσεις του Μεταγραφώματος

- Δράση πρωτεϊνών και ορμονών ως παραγόντων μεταγραφής επί ειδικών ρυθμιστικών ακολουθιών των υπεύθυνων μεταγραφικών παραγόντων των γονιδίων-στόχων
- Επαγωγή ομάδων γονιδίων βάσει τεσσάρων ρυθμιστικών συστημάτων: δύο ABA-εξαρτώμενα και δύο ABA-ανεξάρτητα σηματοδοτικά μονοπάτια ρύθμισης της έκφρασης γονιδίων
 - ABA-εξαρτώμενα: MYC/MYB και AREB/ABF
 - ABA-ανεξάρτητα: CBF/DREB και NAC/ZF-HD



Τροποποιήσεις του Πρωτεώματος

- Αφορά σε διευθετήσεις που οδηγούν σε αλλαγή της δράσης πρωτεϊνών αλλά και de novo σύνθεση νέων πρωτεϊνικών μορίων απαραίτητων για τη σύνθεση ορισμένων μεταβολιτών ή την επιτέλεση συγκεκριμένων λειτουργιών.
- Ένζυμα-κλειδιά βασικών μεταβολικών οδών
- Υδατοπορίνες
- Ουμπικουϊτίνη/Πρωτεάσες
- Πρωτεΐνες LEA/αφυδατάσες



Οσμωτική Εξισορρόπηση ή Οσμωρύθμιση 1/8

- Αφορά στη μείωση του οσμωτικού δυναμικού των κυττάρων μέσω συσσώρευσης οσμωτικά ενεργών μορίων
- Η μείωση αυτή του Ψ_s δεν πρέπει να συγχέεται με την παθητική μείωση της ίδιας παραμέτρου λόγω αφυδάτωσης. Πρόκειται για μια **ενεργητική αύξηση** της συγκέντρωσης των οσμωτικά ενεργών μορίων λόγω **βιοσύνθεσης** ή **συσσώρευσης από άλλη πηγή**. Το φαινόμενο αυτό επάγεται από υδατική καταπόνηση.



Οσμωτική Εξισορρόπηση ή Οσμωρύθμιση 2/8

- **Τι επιτυγχάνεται με την οσμωρύθμιση**
 - Χαμηλώνει το οσμωτικό δυναμικό (Ψ_s) των κυττάρων.
 - Έτσι μειώνεται με τη σειρά του το δυναμικό νερού του κυττάρου (Ψ_w).
 - Η μείωση αυτή έχει ως αποτέλεσμα την διατήρηση της ικανότητας των κυττάρων να προσλάβουν νερό όταν η διαθεσιμότητά του είναι μειωμένη (συνθήκες υπό τις οποίες το δυναμικό νερού του εδάφους είναι επίσης χαμηλό).

*Τα παραπάνω συμβαίνουν ταυτόχρονα με την διατήρηση μιας ανεκτής πίεσης σπαραγής των κυττάρων και την αποτροπή της πλασμόλυσης.



Οσμωτική Εξισορρόπηση ή Οσμωρύθμιση 3/8

- **Ποια μόρια συμμετέχουν στην οσμωρύθμιση;**
 - Θα πρέπει να είναι εύκολο να αποκτηθούν από το κύτταρο
 - Θα πρέπει η υψηλή συσσώρευσή τους να μην προκαλεί δυσλειτουργίες στον κυτταρικό μεταβολισμό
 - Θα πρέπει να είναι πολικά μόρια ώστε να είναι ευδιάλυτα στο χυμοτόπιο, να έλκουν μεγάλο αριθμό μορίων νερού και ταυτόχρονα να προστατεύουν τα ευαίσθητα πρωτεϊνικά μόρια του κυτταροπλάσματος από την αλληλεπίδραση με αποσταθεροποιητικά μόρια

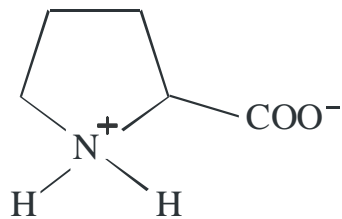
*Συνηθέστερα τέτοια μόρια είναι τα αμινοξέα προλίνη και γλουταμινικό οξύ, βεταΐνες, πολυυδροξυ-αλκοόλες, φρουκτάνες, ο δισακχαρίτης τρεαλόζη, η γλυκόζη και ορισμένοι ολιγοσακχαρίτες.



Οσμωτική Εξισορρόπηση ή Οσμωρύθμιση 4/8

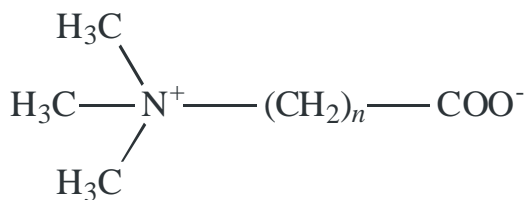
● Ποια μόρια συμμετέχουν στην οσμωρύθμιση;

αμινοξέα



προλίνη

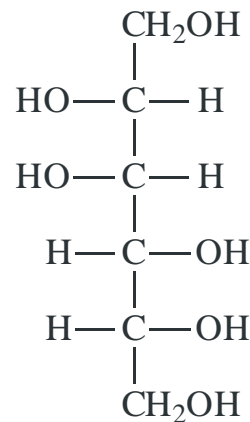
τεταρτοταγείς ενώσεις αμμωνίου



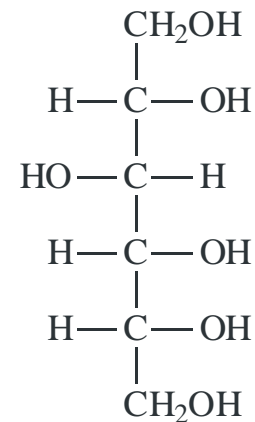
$n = 1$, βεταΐνη της γλυκίνης

$n = 2$, βεταΐνη της αλανίνης

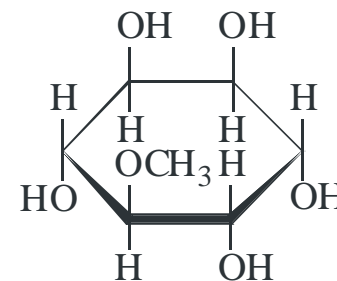
πολυυδροξυαλκοόλες



μαννιτόλη



σορβιτόλη



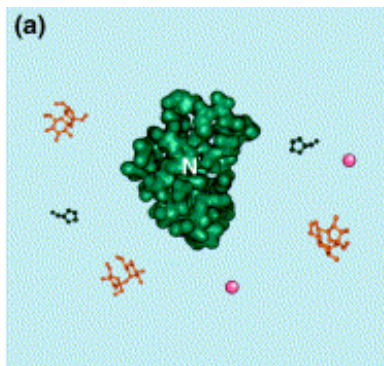
πινιτόλη



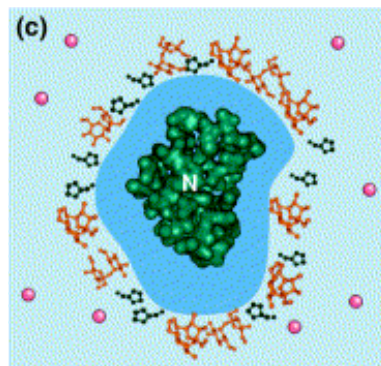
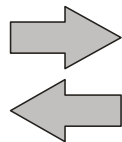
Οσμωτική Εξισορρόπηση ή Οσμωρύθμιση 5/8

- Πως προστατεύονται οι ευαίσθητοι στόχοι;

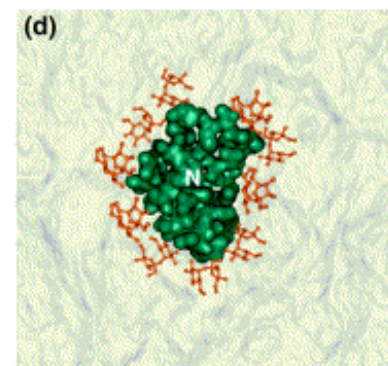
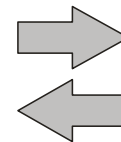
ανθεκτικότητα



πλήρης ενωδάτωση

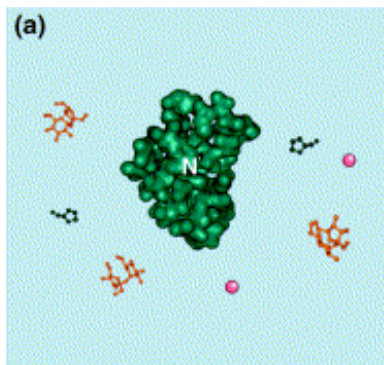


μερική έλλειψη νερού

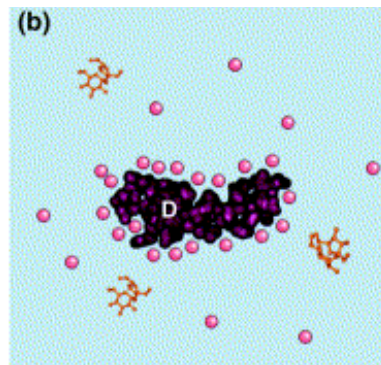
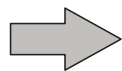


αφυδάτωση (υαλώδες κυτταρόπλασμα)

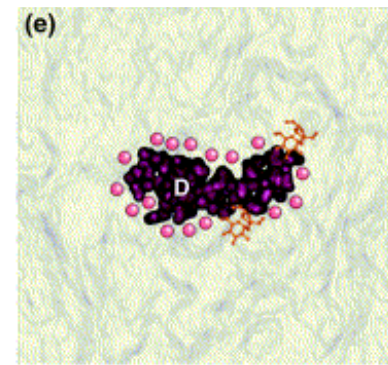
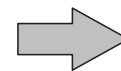
ευαισθησία



πλήρης ενωδάτωση



μερική έλλειψη νερού



αφυδάτωση (υαλώδες κυτταρόπλασμα)



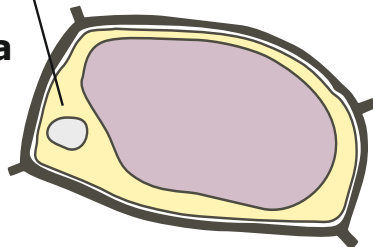
Οσμωτική Εξισορρόπηση ή Οσμωρύθμιση 6/8

Ενδοκυτταρικό Περιβάλλον

$$\Psi_p = + 0,5 \text{ MPa}$$

$$\Psi_s = - 1,5 \text{ MPa}$$

$$\Psi_w = \Psi_p + \Psi_s = - 1,0 \text{ MPa}$$



Εξωτερικό Περιβάλλον

$$\Psi_{w\epsilon\chi} = 0 \text{ MPa (καθαρό νερό)}$$

$$\Psi_{w\epsilon\chi} > \Psi_{w\kappa\upsilon\tau\tau}$$

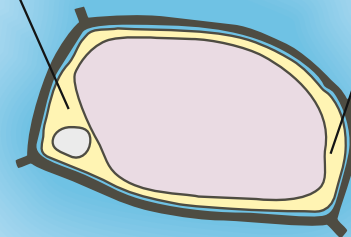
είσοδος νερού, αύξηση πίεσης σπαργής, ελαφρά αρραίωση των διαλυμένων ουσιών

Ενδοκυτταρικό Περιβάλλον

$$\Psi_p = + 1,2 \text{ MPa}$$

$$\Psi_s = - 1,2 \text{ MPa}$$

$$\Psi_w = 0 \text{ MPa} = \Psi_{w\epsilon\chi}$$



πλήρης σπαργή



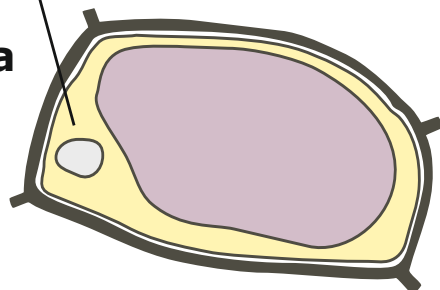
Οσμωτική Εξισορρόπηση ή Οσμωρύθμιση 7/8

Ενδοκυτταρικό Περιβάλλον

$$\Psi_p = + 0,5 \text{ MPa}$$

$$\Psi_s = - 1,5 \text{ MPa}$$

$$\Psi_w = \Psi_p + \Psi_s = - 1,0 \text{ MPa}$$



Εξωτερικό Περιβάλλον

$$\Psi_w = - 1,8 \text{ MPa}$$

$$\Psi_{wεξ} < \Psi_{wκυττ}$$

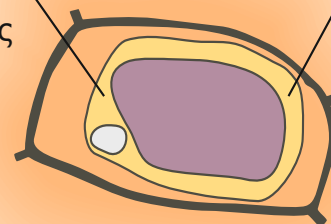
αδυναμία οσμωρύθμισης
αφυδάτωση πρωτοπλάστη
παθητική αύξηση συγκέντρωσης
διαλυμένων ουσιών

Ενδοκυτταρικό Περιβάλλον

$$\Psi_p = 0 \text{ MPa}$$

$$\Psi_s = - 1,8 \text{ MPa}$$

$$\Psi_w = - 1,8 \text{ MPa} = \Psi_{wεξ}$$



πλασμόλυση



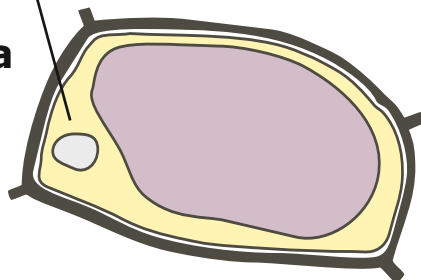
Οσμωτική Εξισορρόπηση ή Οσμωρύθμιση 8/8

Ενδοκυτταρικό Περιβάλλον

$$\Psi_p = + 0,5 \text{ MPa}$$

$$\Psi_s = - 1,5 \text{ MPa}$$

$$\Psi_w = \Psi_p + \Psi_s = - 1,0 \text{ MPa}$$



Εξωτερικό Περιβάλλον

$$\Psi_w = - 1,8 \text{ MPa}$$

$$\Psi_{wεξ} < \Psi_{wκυττ}$$

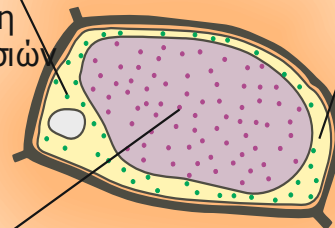
δυνατότητα οσμωρύθμισης
βιοσύνθεση συμβατών
οσμωλυτών, ενεργητική αύξηση
συγκέντρωσης διαλυμένων ουσιών

Ενδοκυτταρικό Περιβάλλον

$$\Psi_p = + 0,1 \text{ MPa}$$

$$\Psi_s = - 1,9 \text{ MPa}$$

$$\Psi_w = - 1,8 \text{ MPa} = \Psi_{wεξ}$$



ενεργητική συγκέντρωση
διαλυμένων ουσιών (ιόντων)

οσμωρύθμιση



Βιβλιογραφία 1/3

- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., Basra, S.M.A. 2009. Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29: 185-212.
- Farrant JM, Moore JP. 2011. Programming desiccation-tolerance: from plants to seeds to resurrection plants. *Current Opinion in Plant Biology* 14: 340-345.
- Lata C, and Prasad M. 2011. Role of DREBs in regulation of abiotic stress responses in plants. *Journal of Experimental Botany* 62: 4731-4748.



Βιβλιογραφία 2/3

- Muller B, Pantin F, Genard M, Turc O, Freixes S, Piques M, Gibon Y. 2011. Water deficits uncouple growth from photosynthesis, increase C content, and modify the relationships between C and growth in sink organs. *Journal of Experimental Botany* 62: 1715-1729.
- Pinheiro, C., Chaves, M.M. 2011. Photosynthesis and drought: Can we make metabolic connections from available data?. *Journal of Experimental Botany*, 62: 869-882.
- Skirycz A, Inze D. 2010. More from less: plant growth under limited water. *Current Opinion in Biotechnology* 21: 197-203.



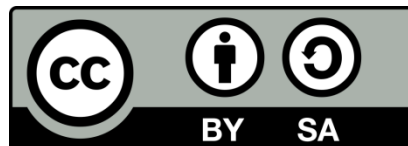
Βιβλιογραφία 3/3

- Tardieu F, Granier C, Muller B. 2011. Water deficit and growth. Co-ordinating processes without an orchestrator? *Current Opinion in Plant Biology* 14: 283-289.
- Valliyodan B, Nguyen HT. 2006. Understanding regulatory networks and engineering for enhanced drought tolerance in plants. *Current Opinion in Plant Biology* 9: 189-195.



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.





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



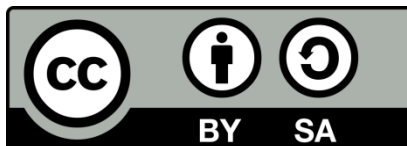
Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2014. Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Γεώργιος Καραμπουρνιώτης/ Γεώργιος Λιακόπουλος. «Φυσιολογία Καταπονήσεων των Φυτών». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://mediasrv.aua.gr/eclass/courses/OCDCS100/>



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/>



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.