



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

Φυσιολογία Καταπονήσεων των Φυτών

Ενότητα 6:

Ανεπάρκεια Οξυγόνου (1/2), 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

- Σημασία του οξυγόνου για τα φυτά, καταστάσεις οξυγόνωσης του εδάφους, επιπτώσεις της έλλειψης οξυγόνου, στρατηγικές και μηχανισμοί αντιμετώπισης.



Λέξεις Κλειδιά

- νορμοξία,
- υποξία,
- ανοξία,
- αερέγχυμα,
- φακίδια,
- πνευματοφόρα,
- πρωτεΐνες αναερόβιας καταπόνησης,
- αιμοσφαιρίνες,
- κύκλος Hb/NO,
- αναερόβια αναπνοή,
- γαλακτικό οξύ,
- αιθυλένιο,
- μετα-ανοξική καταπόνηση.



Ανεπάρκεια Οξυγόνου 1/2

- Το οξυγόνο είναι απαραίτητο για το υπόγειο μέρος όσο είναι και για το υπέργειο. Σε καλά αποστραγγιζόμενα εδάφη το οξυγόνο διαχέεται σε μεγάλα βάθη μέσω των αέριων χώρων μεταξύ των τεμαχιδίων ώστε η συγκέντρωσή του να πλησιάζει αυτή του αέρα.
- Υπό συνθήκες **κατάκλισης**, ο αέρας του εδάφους αντικαθίσταται από νερό με συνέπεια την παρεμπόδιση της διάχυσης του οξυγόνου.
- Η διάχυση των αερίων στην υδατική φάση είναι περίπου 10.000 φορές **βραδύτερη** από αυτή στην αέρια.
- Η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό είναι **πολύ χαμηλή**: 0,5 mM O₂ στους 25 °C (10 mmol σε 1 l αέρα).

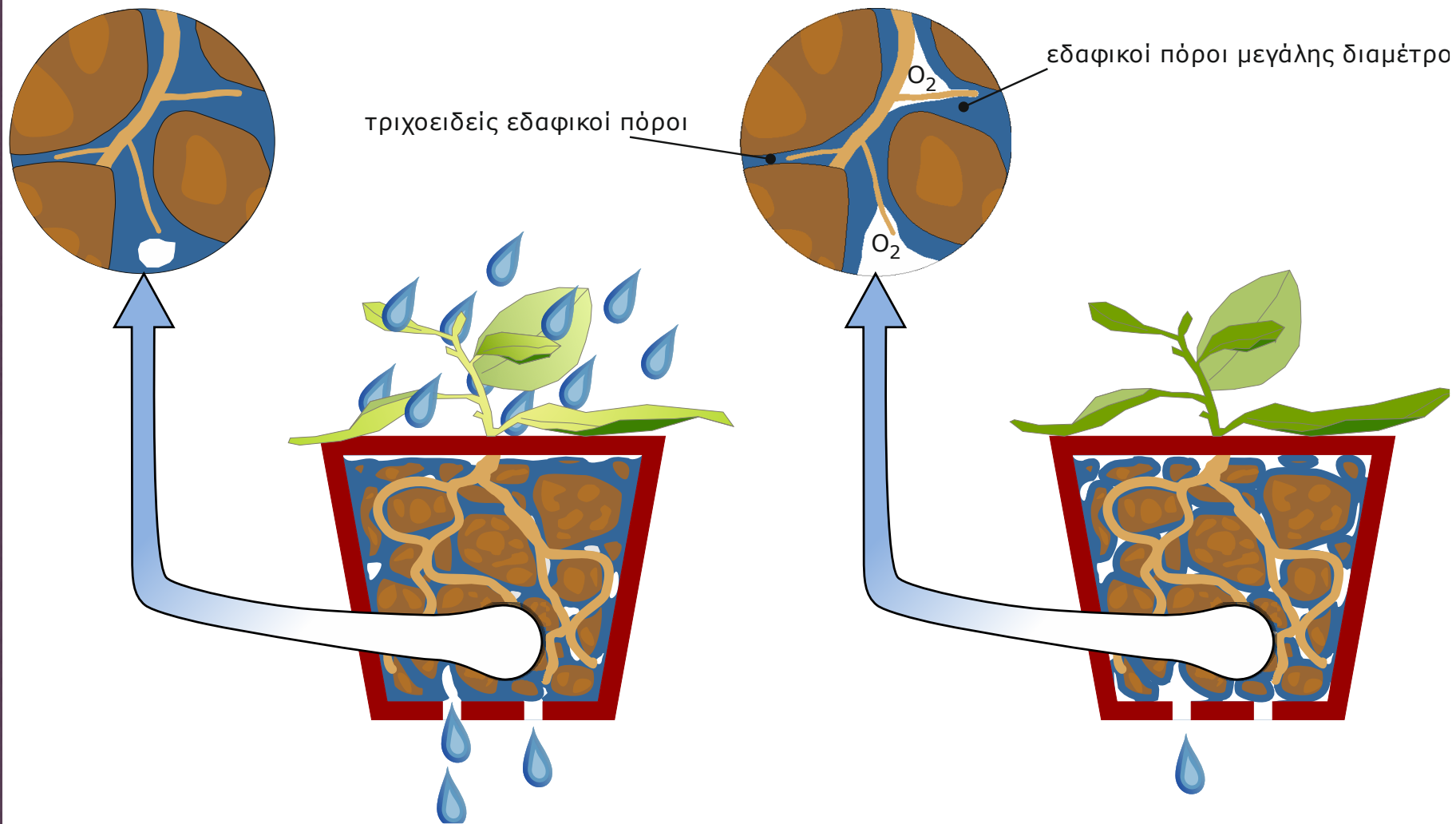


Ανεπάρκεια Οξυγόνου 2/2

- Στο έδαφος δημιουργούνται συνθήκες **υποξίας** όταν η συγκέντρωση του οξυγόνου είναι χαμηλότερη από αυτή που απαιτούν τα φυτά για την ομαλή ανάπτυξή τους.
- Η παντελής έλλειψη οξυγόνου στο έδαφος αναφέρεται ως **ανοξία**.



Η Κατανομή Νερού και Αέρα στο Έδαφος υπό Διάφορα Καθεστώτα





Μεταβολικές Δυσλειτουργίες 1/3

- Περιορισμός της παραγωγής ATP
- Οξίνιση του κυτταροπλάσματος
- Τοξικές συνθήκες στο έδαφος
- Μείωση της διαθεσιμότητας θρεπτικών στοιχείων
- Δυσλειτουργίες στο υπέργειο τμήμα



Περιορισμός της Παραγωγής ATP

- Σε αναερόβιες συνθήκες για κάθε μόριο εξόζης που καταβολίζεται παράγονται **μόνο 2 μόρια ATP** αντί των **36 της αερόβιας αναπνευστικής οδού**.
- Η ανάγκη για ενέργεια οδηγεί σε **κατασπατάληση** των ενεργειακών αποθεμάτων.
- **Συσσωρεύονται** τα τελικά προϊόντα της αναερόβιας αναπνοής (**αιθανόλη και γαλακτικό οξύ**).

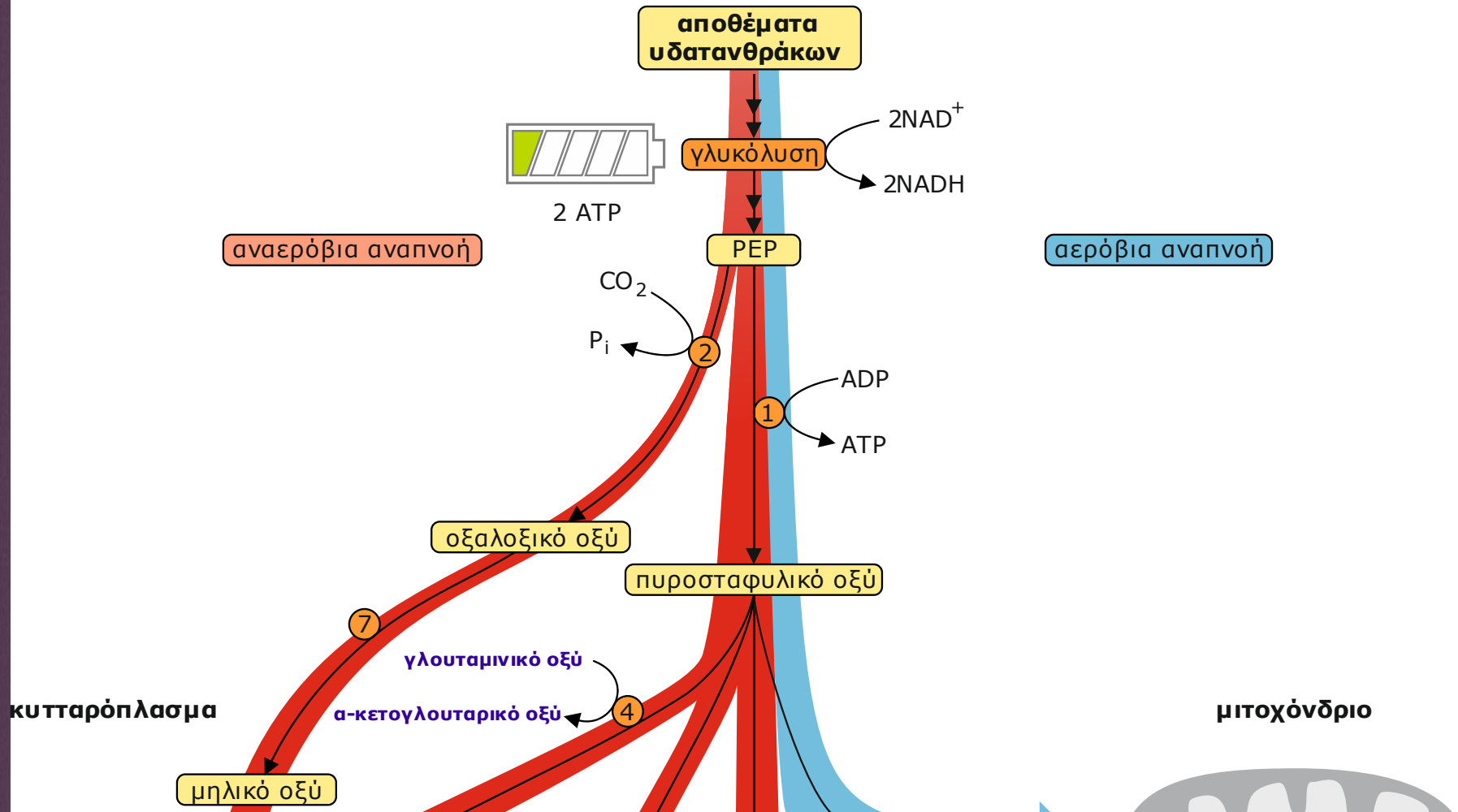


Οξίνιση του Κυτταροπλάσματος

- Η συσσώρευση γαλακτικού οξέος επιφέρει **σημαντική πτώση του pH** η οποία ξεκινά από το χυμοτόπιο και επεκτείνεται στο **κυτταρόπλασμα**.
- Η απώλεια της ομοιόστασης οφείλεται στην **αδυναμία μεταφοράς πρωτονίων** από το κυτταρόπλασμα στο χυμοτόπιο μέσω των ΑΤΡασών του τονοπλάστη λόγω έλλειψης ΑΤΡ.
- Η οξίνιση του κυτταροπλάσματος επιφέρει **μεταβολικές αλλαγές** προς την κατεύθυνση της παραγωγής αιθανόλης μέσω της αλκοολικής ζύμωσης.

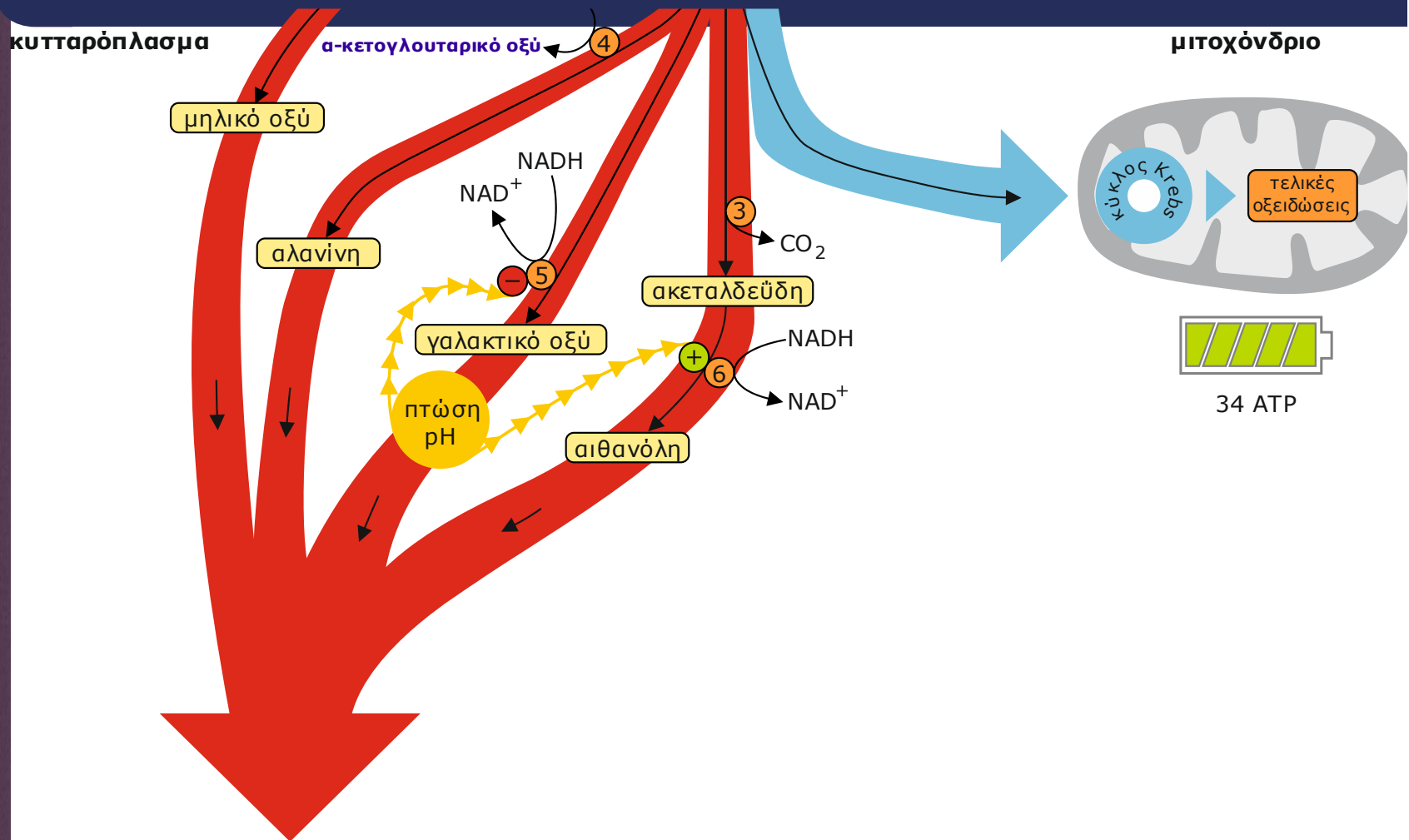


Μεταβολικές Δυσλειτουργίες 2/3





Μεταβολικές Δυσλειτουργίες 3/3



προς αποθήκευση στο χυμοτόπιο ή απέκκριση στο εξωτερικό περιβάλλον



Τοξικές Συνθήκες στο Έδαφος

- Αυξάνεται η δραστηριότητα των **αναερόβιων μικροοργανισμών**.
- Η δραστηριότητά τους έχει ως αποτέλεσμα την διαμόρφωση **αναγωγικών συνθηκών στο έδαφος**.
- Ορισμένοι αναερόβιοι μικροοργανισμοί ανάγουν τα θειικά ιόντα προς υδρόθειο το οποίο αποτελεί **παρεμποδιστή της αναπνοής**.
- Ανάγεται ο τρισθενής σίδηρος προς δισθενή ο οποίος ως περισσότερο ευδιάλυτος, μπορεί μετά από παρατεταμένη περίοδο ανοξίας να **συσσωρευτεί σε τοξικά επίπεδα**.



Μείωση της Διαθεσιμότητας Θρεπτικών Στοιχείων

- Οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί ανάγουν τα νιτρικά προς νιτρώδη ή προς οξειδίο του αζώτου και αέριο άζωτο. Επομένως μέσω της διαδικασίας αυτής συμβαίνουν **σημαντικές απώλειες νιτρικού αζώτου** το οποίο διαφεύγει προς την ατμόσφαιρα.
- Λόγω των όξινων συνθηκών που επικρατούν σε ανοξικά ή υποοξικά εδάφη, **η διαθεσιμότητα του φωσφόρου περιορίζεται.**



Δυσλειτουργίες Στο Υπεργειο

Τμήμα 1/2

- Ρίζες οι οποίες βρίσκονται σε συνθήκες υποξίας ή ανοξίας αδυνατούν να ανταποκριθούν στις ανάγκες του υπέργειου τμήματος.
- Λόγω έλλειψης ενέργειας, η ενεργός απορρόφηση ιόντων από το έδαφος, αλλά και η μεταφορά τους περιορίζεται σημαντικά, με συνέπεια την εμφάνιση **συμπτωμάτων τροφοπενίας** στα υπέργεια όργανα.
- Η κινητοποίηση ορισμένων θρεπτικών μακροστοιχείων (N, P, K) από τα ώριμα προς τα νεαρά αναπτυσσόμενα φύλλα προκαλεί συνήθως **πρόωρη γήρανση** των ώριμων φύλλων.

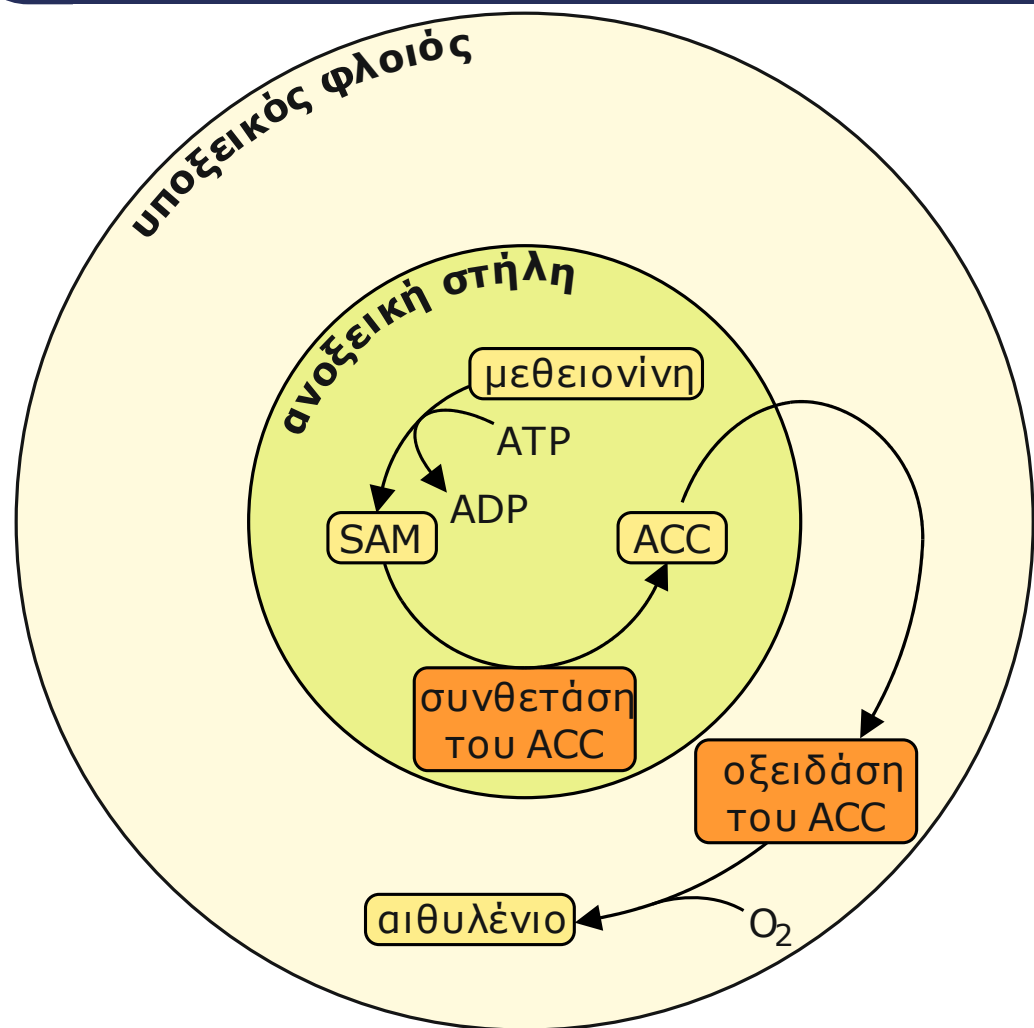


Δυσλειτουργίες Στο Υπεργείο Τμήμα 2/2

- Λόγω του κλεισίματος των στοματίων η **διακίνηση θρεπτικών συστατικών** μέσω του διαπνευστικού ρεύματος **περιορίζεται σημαντικά**.
- Παρατηρούνται **ανωμαλίες σε ορμονικό επίπεδο**, οι οποίες επηρεάζουν και το υπέργειο τμήμα.
- Σε συνθήκες ανοξίας ή υποξίας έχει παρατηρηθεί στις ρίζες συσσώρευση ACC, ενώ σε άλλες περιπτώσεις παραγωγή ABA. Η **μετατροπή του ACC σε αιθυλένιο στις ρίζες παρεμποδίζεται**, επειδή το υπεύθυνο ένζυμο δρά σε αερόβιο περιβάλλον.



Παραγωγή Αιθυλενίου σε Συνθήκες Υποξίας στη Ρίζα



Η παραγωγή του ACC μπορεί να συμβαίνει και σε άλλους ιστούς και να μεταφέρεται μέσω της στήλης στη ρίζα. Λόγω των ανοξικών συνθηκών στη στήλη, η οξείδωση του ACC συμβαίνει στο φλοιό.



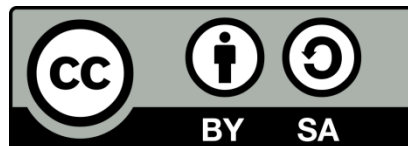
Βιβλιογραφία

- Bailey-Serres J and Voesehek LACJ. 2008. Flooding stress: Acclimations and genetic diversity. *Annual Review of Plant Biology* 59: 13-39.
- Dordas C. 2009. Nonsymbiotic hemoglobins and stress tolerance in plants. *Plant Science* 176: 433-440.
- Grichko, V. P. and Glick B. R. 2001. Ethylene and flooding stress in plants. *Plant Physiology and Biochemistry* 39: 1-9.
- Igamberdiev AU and Hill RD. 2009. Plant mitochondrial function during anaerobiosis. *Annals of Botany* 103: 259-268.
- Irfan M, Hayat S, Hayat Q, Afroz S, Ahmad A. 2010. Physiological and biochemical changes in plants under waterlogging. *Protoplasma* 241: 3-17.
- Licausi F. 2011. Regulation of the molecular response to oxygen limitations in plants. *New Phytologist* 190: 550-555.



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



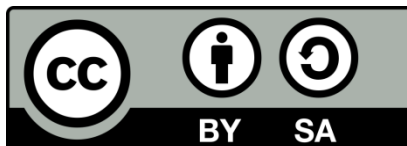
Σημείωμα Αναφοράς

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.