



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

Φυσιολογία Καταπονήσεων των Φυτών

Ενότητα 9:

Βαρέα Μέταλλα, 2ΔΩ

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 των βαρέων μετάλλων, διάδοση, είσοδος και κατανομή στα φυτά, επιπτώσεις των βαρέων μετάλλων στα φυτά, στρατηγικές αντιμετώπισης.

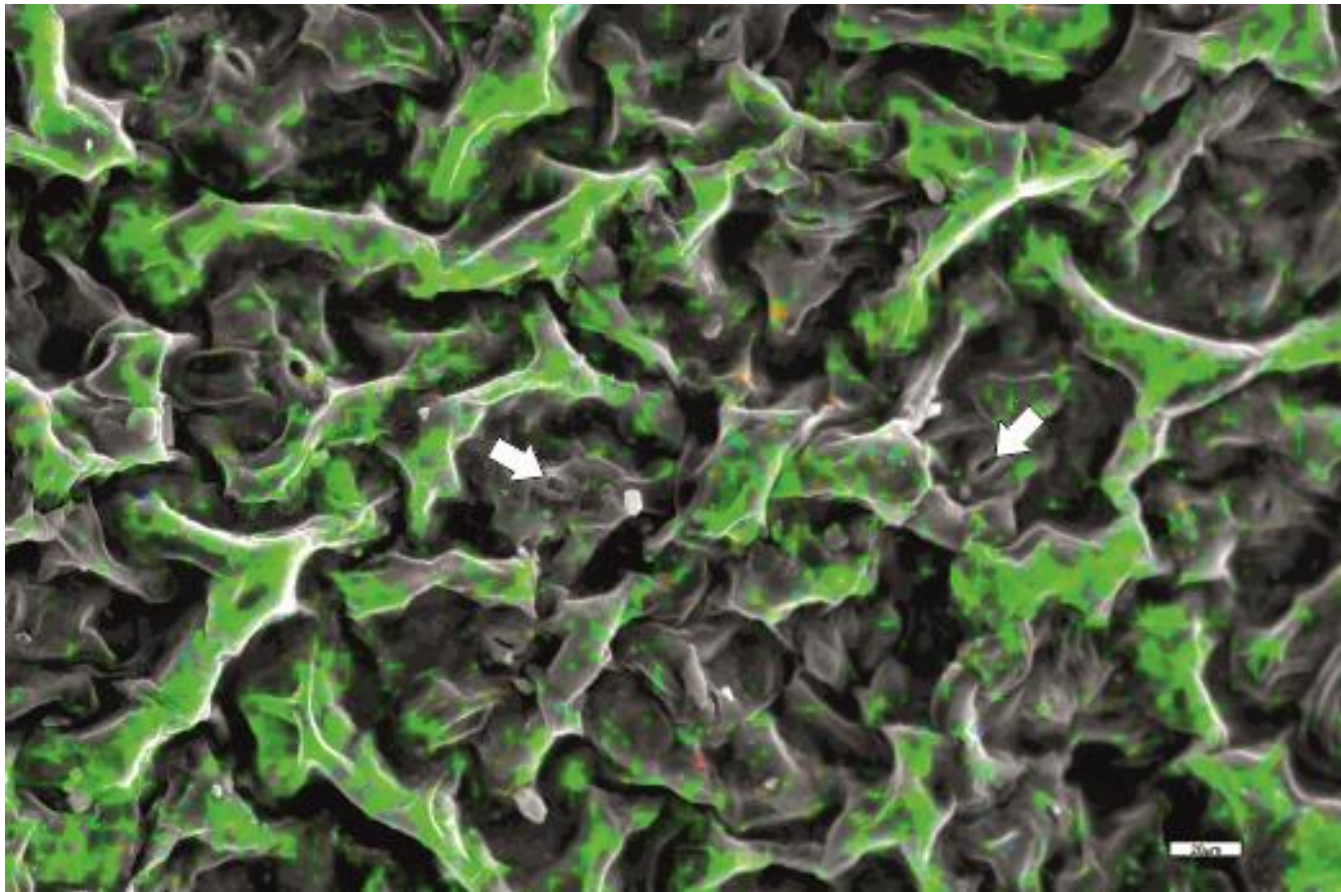


Λέξεις Κλειδιά

- συσσωρευτικότητα,
- φυτά-βιοδείκτες,
- μεταλλόφυτα,
- παράγοντες χηλιοποίησης,
- φυτοχελατίνες,
- πηκτίνη,
- ριζόσφαιρα,
- οργανικά οξέα,
- σύμπλοκα.



Φυσιολογία Καταπονήσεων των Φυτών



ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ



Βαρέα Μέταλλα 1/5

● Ορισμός

- Ως βαρέα μέταλλα αναφέρονται τα στοιχεία (εκτός των αλκαλίων και των αλκαλικών γαιών) με ατομικό αριθμό μεγαλύτερο του 20.
- Πιο αντιπροσωπευτικά είναι τα: μόλυβδος, υδράργυρος, ψευδάργυρος, χαλκός, νικέλιο, κάδμιο, χρώμιο, σελήνιο, κ.λπ.

● Πως εισέρχονται στα φυτά;

- Παρόλη την εκλεκτικότητα των μηχανισμών απορρόφησης των στοιχείων από το ριζικό σύστημα, η επικράτηση υψηλών συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων στο έδαφος έχει ως συνέπεια την είσοδό τους στα κύτταρα.



Βαρέα Μέταλλα 2/5

- **Τα βαρέα μέταλλα εμφανίζουν συσσωρευτικότητα**
 - Τα βαρέα μέταλλα όχι μόνο έχουν την ικανότητα να συσσωρεύονται στους οργανισμούς και να εισέρχονται στην τροφική αλυσίδα, αλλά παραμένουν σε τοξικές συγκεντρώσεις στο έδαφος για μεγάλα χρονικά διαστήματα.
- **Η έκτασή τους στο χώρο επιτείνεται με το χρόνο**
 - Υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων περιορίζονται σε ορισμένες μόνο περιοχές. Ωστόσο η εκτεταμένη συσσώρευση βαρέων μετάλλων σε καλλιεργούμενα και μη εδάφη αποτελεί πλέον μία σημαντική παρενέργεια της βιομηχανικής δραστηριότητας η οποία οφείλεται σε απόβλητα μεταλλείων, διαφόρων βιομηχανιών και σε κατακρημνίσματα αέριων ρύπων.



Βαρέα Μέταλλα 3/5

- **Η χρήση φυτών-βιοδεικτών**
 - Ορισμένα φυτά βιοδείκτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να διαπιστωθεί η ύπαρξη βαρέων μετάλλων στο έδαφος.
- **Ορισμένα φυτά εμφανίζονται ιδιαίτερα ανθεκτικά**
 - Πρόκειται για μεταλλόφυτα τα οποία επιλέγουν την στρατηγική της ανθεκτικότητας. Απορροφούν υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων και διαθέτουν μηχανισμούς απομόνωσής τους.



Βαρέα Μέταλλα 4/5

	ενδοκυτταρική	κατανομή (%)	ψευδαργύρου
φυτικό όργανο	χυμοτόπιο, κυτταρόπλασμα	κυτταρικά οργανίδια	κυτταρικό τοίχωμα
	<i>Cardaminopsis halleri</i>		
φύλλο	82	6	12
ρίζα	38	5	57
	<i>Sillene vulgaris</i>		
φύλλο	64	10	26
ρίζα	18	10	72
	<i>Minuartia verna</i>		
φύλλο	46	8	46
ρίζα	20	8	72



Βαρέα Μέταλλα 5/5

- Τα βαρέα μέταλλα προκαλούν μεταβολικές δυσλειτουργίες στα φυτά
 1. Δυσλειτουργίες στην μεταφορά ιόντων όπως ασβεστίου, μαγνησίου, νιτρικού και καλίου μέσω των μεμβρανών.
 2. Παρεμπόδιση της μεταφοράς ηλεκτρονίων κατά τη φωτοσύνθεση και την αναπνοή.
 3. Μη αντιστρεπτή παρεμπόδισης της λειτουργίας ενζύμων.



Διακρίνονται δυο Στρατηγικές 1/4

● Αποφυγή

- Τα φυτά τα οποία έχουν επιλέξει τη στρατηγική της αποφυγής διαθέτουν κατάλληλους μηχανισμούς για τον αποκλεισμό των βαρέων μετάλλων στο εξωτερικό περιβάλλον.
- Ένας μηχανισμός συνίσταται στην απέκκριση παραγόντων χηλιοποίησης από τα κύτταρα της ρίζας προς τη ριζόσφαιρα.
- Εναλλακτικά, κάποια φυτά διαθέτουν υψηλής εκλεκτικότητας μεμβράνες στα κύτταρα της ρίζας με αποτέλεσμα την αποτροπή εισόδου των βαρέων μετάλλων στο εσωτερικό τους.
- Τέλος, σε κάποια φυτά, τα μέταλλα καθιλώνονται στο κυτταρικό τοίχωμα των κυττάρων της ρίζας (κυρίως στο πηκτινικό κλάσμα).



Διακρίνονται δυο Στρατηγικές 2/4

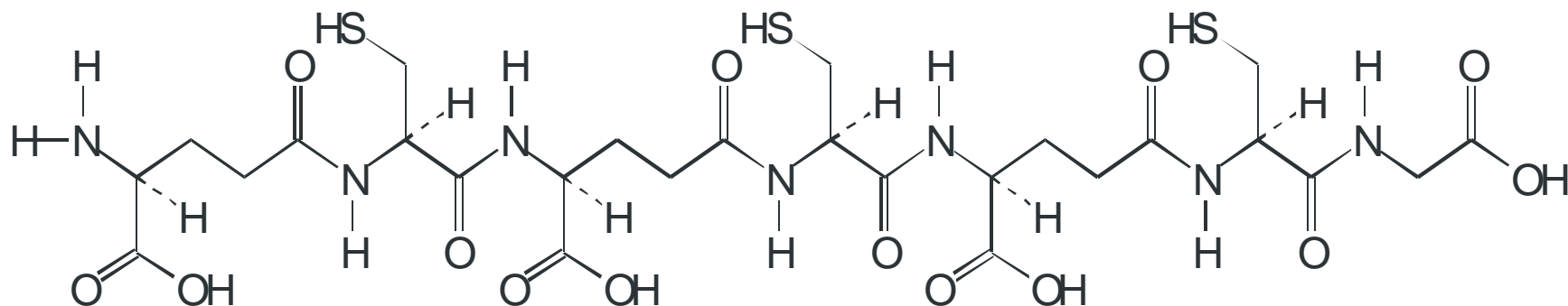
- **Ανθεκτικότητα**
- Τα φυτά τα οποία έχουν επιλέξει τη στρατηγική της ανθεκτικότητας απορροφούν υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στα κύτταρά τους.
- Η ανθεκτικότητα των φυτών-συσσωρευτών συνίσταται σε μηχανισμούς δέσμευσης και εξουδετέρωσης των τοξικών μετάλλων από εξειδικευμένα μόρια των κυττάρων.
 - α. ορισμένα φυτά δεσμεύουν τα βαρέα μέταλλα υπό μορφή συμπλόκων με οργανικά μόρια χαμηλού μοριακού βάρους όπως οργανικά οξέα, αμινοξέα ή φαινολικά συστατικά. Τα σύμπλοκα αυτά απομονώνονται στο χυμοτόπιο.



Διακρίνονται δυο Στρατηγικές 3/4

● Ανθεκτικότητα

- Ορισμένα φυτά μεταφέρουν τα βαρέα μέταλλα στο χυμοτόπιο υπό μορφή συμπλόκων με φυτοχελατίνες (ασυνήθιστα πεπτιδία πλούσια σε θείο, πιθανότατα παράγωγα της γλουταθειόνης). Οι φυτοχελατίνες παράγονται από την συνθετάση των φυτοχελατινών και έχουν τον γενικό τύπο (γ-γλουταμινικό-κυστεΐνη) n -γλυκίνη με $n=2-8$.





Διακρίνονται δυο Στρατηγικές 4/4

● Ανθεκτικότητα

- Οι φυτοχελατίνες ανιχνεύονται στους ιστούς μόνο παρουσία τοξικών επιπέδων βαρέων μετάλλων. Συνεπώς η παρουσία τους αποτελεί συστατικό εγκλιματισμού.
- Σε ορισμένα φυτά λειτουργεί ενεργός μεταφορά των ιόντων από το κυτταρόπλασμα προς τον αποπλαστικό χώρο.

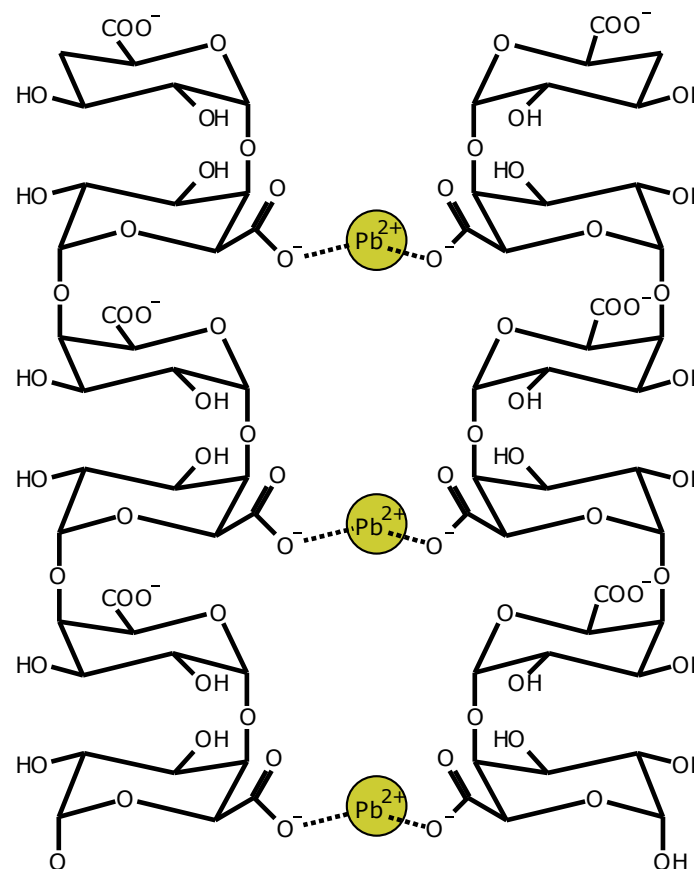
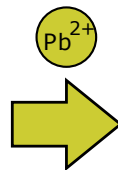
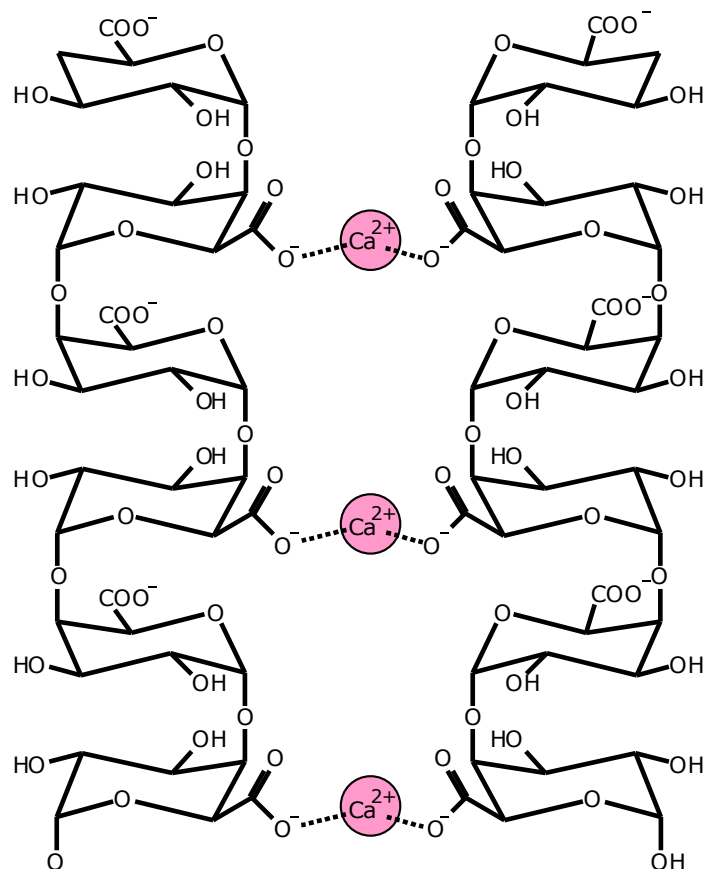


Σύνοψη Μηχανισμών Αποφυγής και Ανθεκτικότητας 1/6



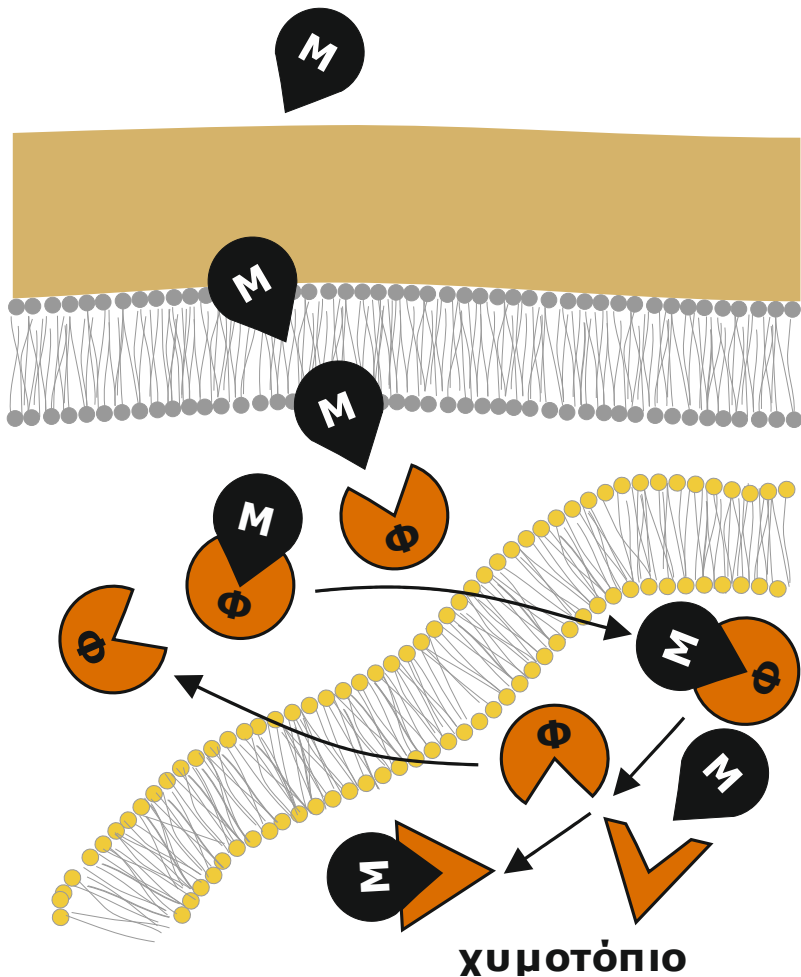


Σύνοψη Μηχανισμών Αποφυγής και Ανθεκτικότητας 2/6



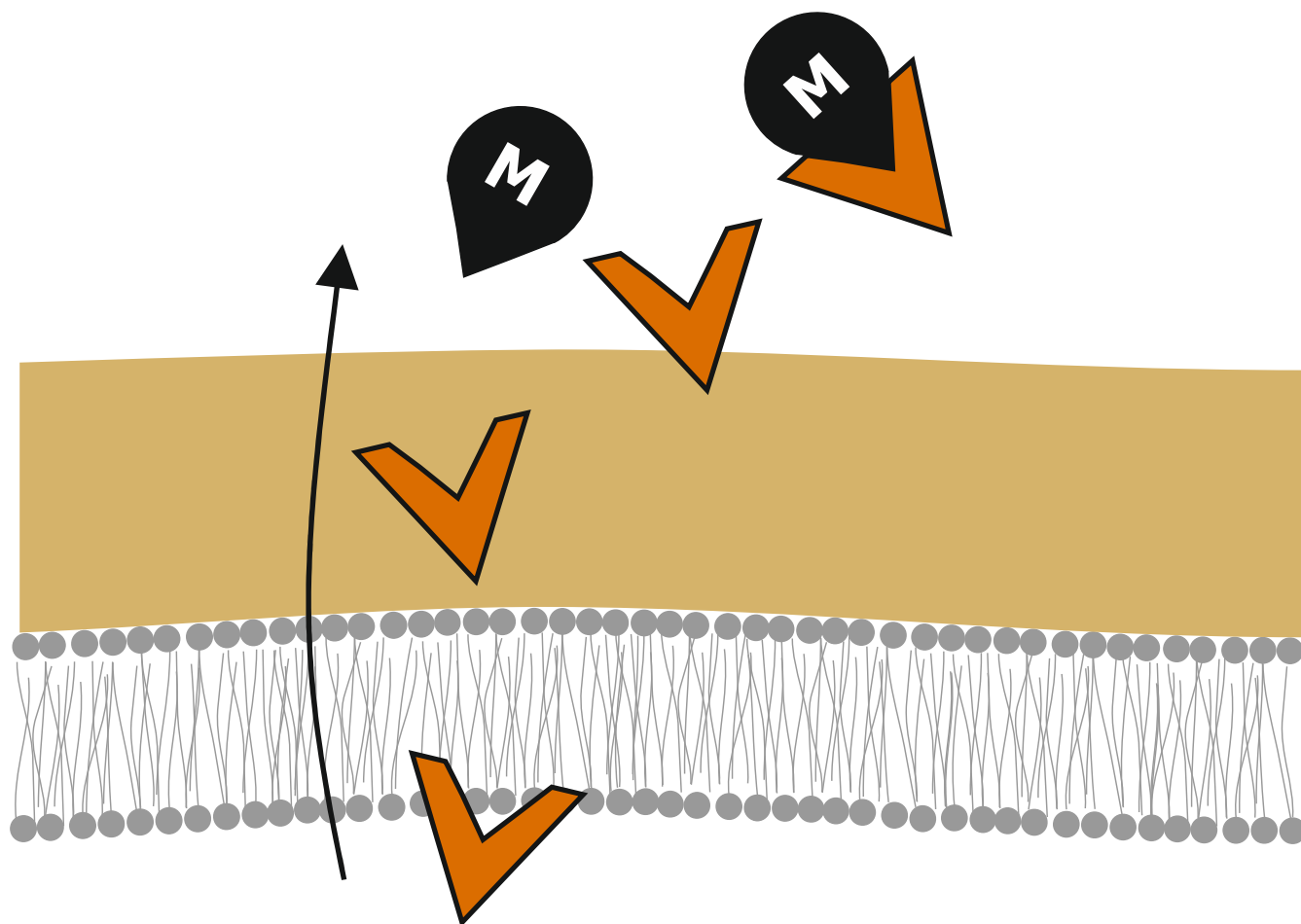


Σύνοψη Μηχανισμών Αποφυγής και Ανθεκτικότητας 3/6



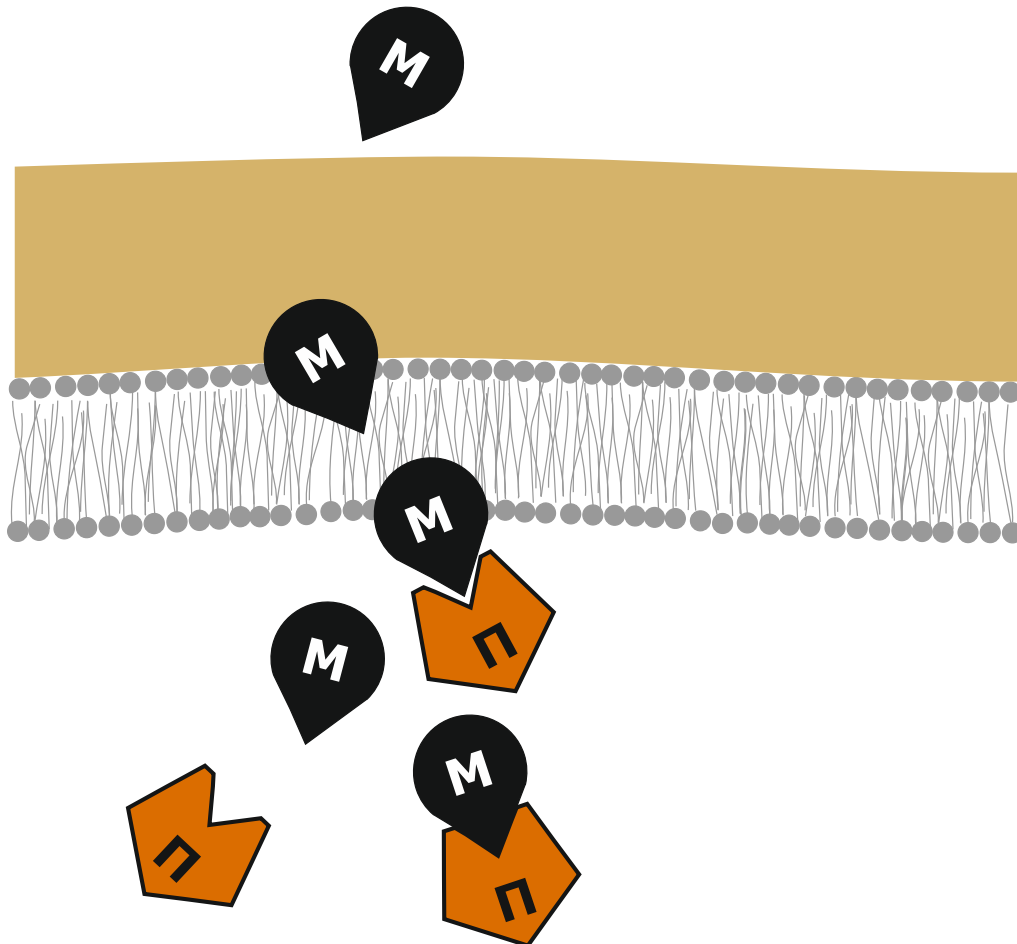


Σύνοψη Μηχανισμών Αποφυγής και Ανθεκτικότητας 4/6



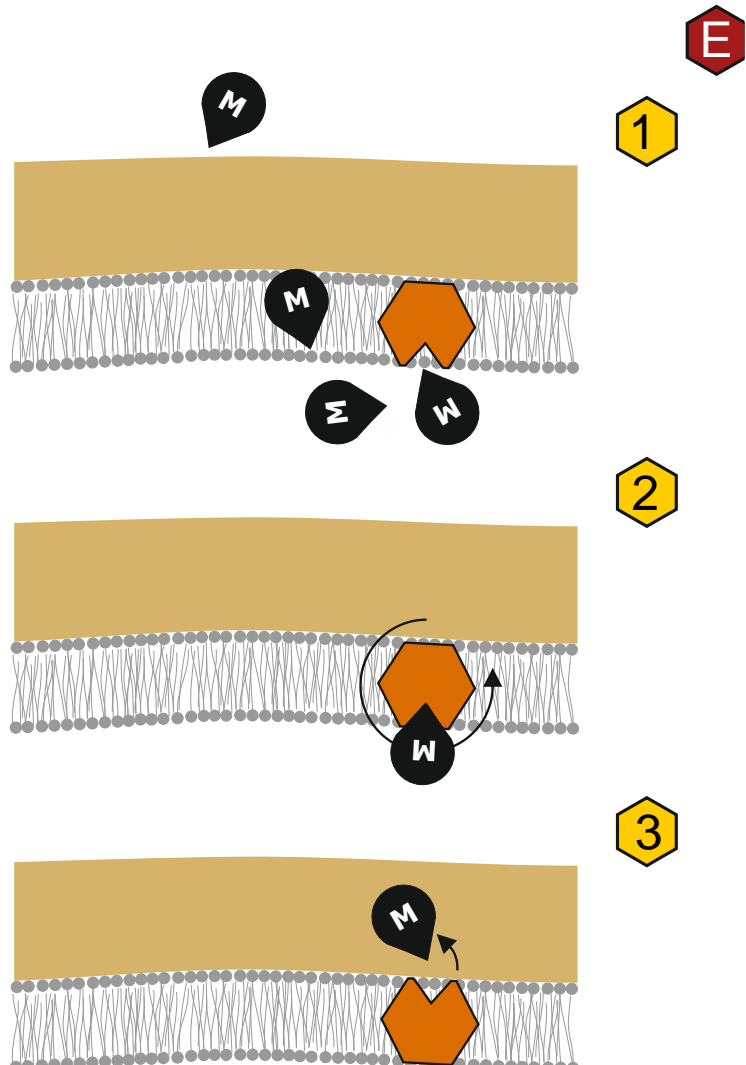


Σύνοψη Μηχανισμών Αποφυγής και Ανθεκτικότητας 5/6





Σύνοψη Μηχανισμών Αποφυγής και Ανθεκτικότητας 6/6





Βιβλιογραφία 1/2

- Hanikenne M, Nouet C. 2011. Metal hyperaccumulation and hypertolerance: a model for plant evolutionary genomics. *Current Opinion in Plant Biology* 14: 252-259.
- Krämer U. 2010. Metal hyperaccumulation in plants. *Annual review of Plant Biology* 61: 517-534.
- Krzeslowska M. 2011. The cell wall in plant cell response to trace metals: polysaccharide remodeling and its role in defence strategy. *Acta Physiologia Plantarum* 33: 35-51.



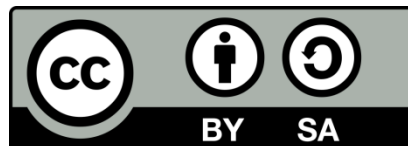
Βιβλιογραφία 2/2

- Maestri E, Marmioli M, Visioli G, Marmioli N. 2010. Metal tolerance and hyperaccumulation: Costs and trade-offs between traits and environment. *Environmental and Experimental Botany* 68: 1-13.
- Psaras, G.K., Constantinidis, Th., Cotsopoulos, B., Manetas, Y. 2000. Relative abundance of nickel in the leaf epidermis of eight hyperaccumulators: Evidence that the metal is excluded from both guard cells and trichomes. *Annals of Botany*, 86: 73-78.
- Rascio N, Navari-Izzo F. 2011. Heavy metal hyperaccumulating plants: How and why they do it? And what makes them so interesting? *Plant Science* 180: 169-181.



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



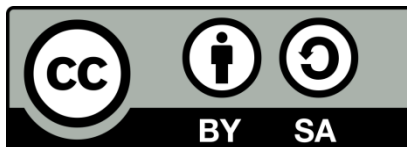
Σημείωμα Αναφοράς

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.