



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

Φυσιολογία Καταπονήσεων των Φυτών

Ενότητα 13:

Η Άμυνα των Φυτών Έναντι
Βιοτικών Παραγόντων
Καταπόνησης (1/5), 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 1/4

- Ποιες λειτουργίες του ξενιστή επηρεάζουν τα παθογόνα.
- Μέσω ποιων στρατηγικών τα φυτά αντιμετωπίζουν τα παθογόνα.
- Ποια είναι η διάκριση μεταξύ προϋπάρχουσας και επαγόμενης άμυνας.
- Ποιους μηχανισμούς προϋπάρχουσας άμυνας χρησιμοποιούν τα φυτά στα πλαίσια της στρατηγικής της αποφυγής.
- Ποια μορφολογικά, ανατομικά και βιοχημικά χαρακτηριστικά των φυτών συμβάλουν στην προϋπάρχουσα άμυνα.
- Ποιους ρόλους επιτελούν στα πλαίσια της προϋπάρχουσας άμυνας οι δευτερογενείς μεταβολίτες.
- Γιατί η επαγόμενη άμυνα αποτελεί την ύστατη και πλέον αποτελεσματική αντίσταση στα παθογόνα.



Μαθησιακοί Στόχοι 2/4

- Τι είναι η ικανότητα πρόκλησης παθογένεσης και από ποιους παράγοντες εξαρτάται.
- Τα στάδια της επαγόμενης άμυνας και πως αυτά υλοποιούνται.
- Τι είναι η οξειδωτική έκρηξη, πως προκαλείται και πως συμβάλει στην επαγόμενη άμυνα.
- Ποια είναι τα μόρια συναγερμού και πως λειτουργούν.
- Τι είναι οι φυτοαλεξίνες.
- Τι είναι η ενδυνάμωση ενός φυτικού οργανισμού και πως βοηθάει την ανθεκτικότητά του έναντι των παθογόνων.
- Γιατί η αλληλεπίδραση μεταξύ φυτών και παθογόνων εξελίσσεται ως κούρσα εξοπλισμών.
- Τι είναι η επαγόμενη άμυνα έναντι φυτοφάγων και πως υλοποιείται.



Μαθησιακοί Στόχοι 3/4

- Τα στάδια της επαγόμενης άμυνας έναντι φυτοφάγων και πως αυτά υλοποιούνται.
- Ποιες είναι οι αντιδράσεις άμεσου και έμμεσου χαρακτήρα των φυτών έναντι των φυτοφάγων.
- Πως η προϋπάρχουσα και η επαγόμενη άμυνα των φυτών σχετίζονται με τον επιμερισμό των πόρων.
- Πως τα φυτά ταυτοποιούν επιτυχώς τον εισβολέα, πως προστατεύονται τα ίδια από τους τοξικούς μεταβολίτες που παράγουν και πως ορισμένα φυτοφάγα εξουδετερώνουν την άμυνα των φυτών.



Μαθησιακοί Στόχοι 4/4

- Σε ποιες άλλες λειτουργίες συμμετέχουν οι δευτερογενείς μεταβολίτες.
- Τι είναι ο παρασιτισμός φυτών από φυτά, ποια η σχέση μεταξύ ξενιστή και παρασιτικού φυτού, ποιες οι επιπτώσεις του παρασιτισμού στον ξενιστή και ποιους αμυντικούς μηχανισμούς διαθέτουν τα φυτά.
- Τι είναι το φαινόμενο της αλληλοπάθειας και πως υλοποιείται. Οι μαθησιακοί στόχοι του 13ου κεφαλαίου



Λέξεις Κλειδιά 1/6

- ξενιστής,
- παθογόνο,
- τύλωση,
- θεμελιώδης προϋπάρχουσα άμυνα,
- επαγόμενη άμυνα,
- σύστημα επιτήρησης,
- λιγνίνη,
- αδενώδεις τρίχες,
- μη-αδενώδεις τρίχες,
- αιθέρια έλαια,
- γαλακτώδης χυμός,
- εκτοανθικά νεκτάρια,
- τροφосώματα, δωμάτια,
- ταννίνες,
- συμπυκνωμένες ταννίνες,
- υδρολυώμενες ταννίνες,
- προ-οξειδωτικοί παράγοντες,
- φουρανοκουμαρίνες,
- πυρεθροειδή,



Λέξεις Κλειδιά 2/6

- σεσκιτερπενικές λακτόνες,
- φυτοεκδυσόνες,
- λιμονοειδή,
- καρδιακά γλυκοσίδια,
- σαπωνίνες,
- αλκαλοειδή,
- Κυανογόνα γλυκοσίδια,
- θειογλυκοσίδια,
- μη-πρωτεϊνικά αμινοξέα,
- παθογένεση,
- ασυμβατότητα παθογόνου-ξενιστή,
- υπόθεση 'γονίδιο προς γονίδιο',
- γονίδια ανθεκτικότητας,
- γονίδια αμολυσματικότητας,
- μολυσματικό στέλεχος,
- γονίδια μολυσματικότητας,



Λέξεις Κλειδιά 3/6

- μολυσματικοί παράγοντες,
- προϋποθέσεις εκδήλωσης συμβατότητας ξενιστή-παθογόνου και εκδήλωσης ασθένειας,
- διεγέρτες,
- μοριακό πρότυπο του παθογόνου,
- τελεστές,
- μοριακό πρότυπο που συνδέεται με ζημιές,
- βιοτροφικά παθογόνα,
- νεκροτροφικά παθογόνα,
- ημιβιοτροφικά παθογόνα,
- πρωτεΐνες NB-LRR,
- διαμεμβρανικοί αισθητήρες PRR,
- κινάσες των πρωτεϊνών των οποίων η δραστηριότητα ρυθμίζεται από τα ιόντα ασβεστίου,
- εκκριτικός αγωγός τύπου III,
- μυζητήρας,



Λέξεις Κλειδιά 4/6

- άμυνα που ενεργοποιείται από τα PAMPs,
- άμυνα που ενεργοποιείται από τελεστές,
- προγραμματισμένος κυτταρικός θάνατος,
- αντίδραση υπερευαισθησίας,
- φυτοαλεξίνες, πρωτεΐνες που σχετίζονται με την παθογένεση,
- αμυντίνες,
- πρωτεΐνη NPR1,
- επίκτητη διασυστηματική ανθεκτικότητα,
- επαγόμενη διασυστηματική ανθεκτικότητα,
- μοντέλο zig-zag,
- επιφυτικοί μικροοργανισμοί,
- γόμωση ή ευαισθητοποίηση,



Λέξεις Κλειδιά 5/6

- αρμοστικότητα, μοριακό πρότυπου του φυτοφάγου,
- διεγέρτες που σχετίζονται με φυτοφάγα,
- λιπαρά οξέα συζευγμένα με αμινοξέα,
- σελιφερίνες, ινσεπτίνες,
- συστεμίνη,
- πρωτεΐνες NBS-LRR,
- γιασμονικό οξύ,
- γιασμονοϋλ-ισολευκίνη,
- πρωτεΐνες JAZ,
- λεκτίνες,
- χιτινάσες,
- παρεμποδιστές των πρωτεϊνών,
- παρεμποδιστές των αμυλασών,
- τριτροφικές σχέσεις,
- παροχή πληροφορίας μέσω της σύνθεσης πτητικών μορίων,



Λέξεις Κλειδιά 6/6

- πτητικά συστατικά των πράσινων φύλλων,
- ανθοκυανίνες,
- ανθοκυανιδίνες,
- οδηγός νέκταρος,
- οσμοφόρα,
- θερμογόνο αναπνοή,
- παρασιτικά φυτά,
- επίφυτα,
- ολοπαράσιτα,
- ημιπαράσιτα,
- υποχρεωτικά παρασιτικά φυτά,
- προαιρετικά παρασιτικά φυτά,
- παράσιτα ρίζας,
- παράσιτα βλαστού,
- θεμελιώδη είδη,
- ξενογνωσίνες,
- στριγκολακτόνες,
- μυζητήρας παρασιτικών φυτών,
- αλληλοπάθεια.



Η Άμυνα των Φυτών Έναντι Βιοτικών Παραγόντων Καταπόνησης



ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ



Τα Παθογόνα Επηρεάζουν Σημαντικές Λειτουργίες του Ξενιστή 1/5

- **Φωτοσύνθεση**: Η λειτουργία αυτή μπορεί να επηρεάζεται άμεσα (από βλάβες ή τοξίνες των παθογόνων) ή έμμεσα (από κλείσιμο των στοματίων λόγω προσβολής των ηθμαγγειωδών δεσμίδων).



Τα Παθογόνα Επηρεάζουν Σημαντικές Λειτουργίες του Ξενιστή 2/5

- **Μεταφορά νερού-θρεπτικών συστατικών:** :

Παθογόνα τα οποία προσβάλλουν τη ρίζα επηρεάζουν άμεσα την άντληση από το έδαφος και τη μεταφορά νερού και θρεπτικών συστατικών. Παθογόνα τα οποία προσβάλλουν ή εξαπλώνονται στα αγγεία του ξύλου προκαλούν έμφραξη των αγγείων είτε άμεσα (λόγω της παρουσίας τους, ή/και της παραγωγής πολυσακχαριτών) είτε έμμεσα (λόγω καταστροφής κυττάρων του ξενιστή και απελευθέρωσης του περιεχομένου τους στα αγγεία ή/και δημιουργίας τυλώσεων).



Τα Παθογόνα Επηρεάζουν Σημαντικές Λειτουργίες του Ξενιστή 3/5

- **Διαπνοή:** Εάν το παθογόνο προσβάλλει τα φύλλα, παρατηρείται συνήθως αύξηση του ρυθμού της διαπνοής. Η αύξηση αυτή οφείλεται σε καταστροφή ή αλλοίωση της εφυμενίδας και της επιδερμίδας (επομένως συμβαίνει ανεξέλεγκτη διαρροή νερού) και σε δυσλειτουργίες του μηχανισμού κίνησης των καταφρακτικών κυττάρων των στοματίων.



Τα Παθογόνα Επηρεάζουν Σημαντικές Λειτουργίες του Ξενιστή 4/5

- **Αναπνοή:** Η αναπνοή κατά κανόνα αυξάνεται, κυρίως σε τοπικό επίπεδο. Σε ορισμένες περιπτώσεις παρατηρείται και αναερόβια αναπνοή, σε μια απεγνωσμένη προσπάθεια να καλυφθούν ταχύτερα οι αμυντικές ανάγκες.
- **Περατότητα κυτταρικών μεμβρανών:** Η διαταραχή της λειτουργίας των μεμβρανών στις συνθήκες αυτές προκαλεί απώλεια διαμερισματοποίησης και διαρροή ηλεκτρολυτών με τελικό αποτέλεσμα το θάνατο των κυττάρων.



Τα Παθογόνα Επηρεάζουν Σημαντικές Λειτουργίες του Ξενιστή 5/5

- **Μεταβολές στη κατανομή των πόρων:**
Ορισμένα παθογόνα προκαλούν ανακατανομή των θρεπτικών συστατικών προς τη περιοχή προσβολής, χωρίς να προκαλέσουν θάνατο των κυττάρων του ξενιστή.
- **Μεταγραφή-μετάφραση:** : Οι ιοί αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα άμεσης επέμβασης ενός παθογόνου στις δύο αυτές ζωτικές λειτουργίες του ξενιστή.



Τα Φυτά Διαθέτουν δύο Βασικές Στρατηγικές 1/2

Έναντι των Βιοτικών Παραγόντων Καταπόνησης.

- I. Αποφυγή. Τα φυτά τα οποία επιλέγουν την αποφυγή ενισχύουν αμυντικά τους ιστούς τους έτσι ώστε να αποκλείσουν την είσοδο των παθογόνων ή να αποτρέψουν την κατανάλωση από τα φυτοφάγα. Η στρατηγική αυτή ταυτίζεται εν πολλοίς με την ύπαρξη της θεμελιώδους προϋπάρχουσας άμυνας, δηλ. ενός συνόλου αμυντικών μηχανισμών για την μόνιμη προστασία των ιστών και οργάνων. Περιλαμβάνει μορφολογικούς χαρακτήρες και ένα εκτεταμένο χημικό οπλοστάσιο δευτερογενών μεταβολιτών.



Τα Φυτά Διαθέτουν δύο Βασικές Στρατηγικές 2/2

Έναντι των Βιοτικών Παραγόντων Καταπόνησης.

- II. Ανθεκτικότητα. Τα φυτά τα οποία χαρακτηρίζονται από την στρατηγική αυτή διαθέτουν την ικανότητα να αντιμετωπίζουν την βιοτική καταπόνηση στο εσωτερικό πλέον των ιστών τους, ενεργοποιώντας μια σειρά από αμυντικούς μηχανισμούς. Συνήθως στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται ο όρος επαγόμενη άμυνα, η οποία αφορά σε βιοχημικούς κυρίως μηχανισμούς οι οποίοι εμφανίζονται μόνον όταν εκδηλωθεί προσβολή ή άλλου είδους καταπόνηση.



Η Στρατηγική της Αποφυγής 1/3

- Περιλαμβάνει μορφολογικούς και βιοχημικούς μηχανισμούς θεμελιώδους προϋπάρχουσας άμυνας.
- Οι φυτικοί οργανισμοί δίδουν προτεραιότητα στην αμυντική θωράκιση των επιφανειών οι οποίες είναι εκτεθειμένες στο εξωτερικό περιβάλλον (και επομένως και στους εχθρούς).
- Η επιδερμίδα και τα εξαρτήματά της, η υμενίνη και οι κηροί της εφυμενίδας των υπέργειων οργάνων καθώς και η φελλίνη που καλύπτει κυρίως τα υπόγεια όργανα, συνιστούν το βασικό τμήμα της θεμελιώδους άμυνας.

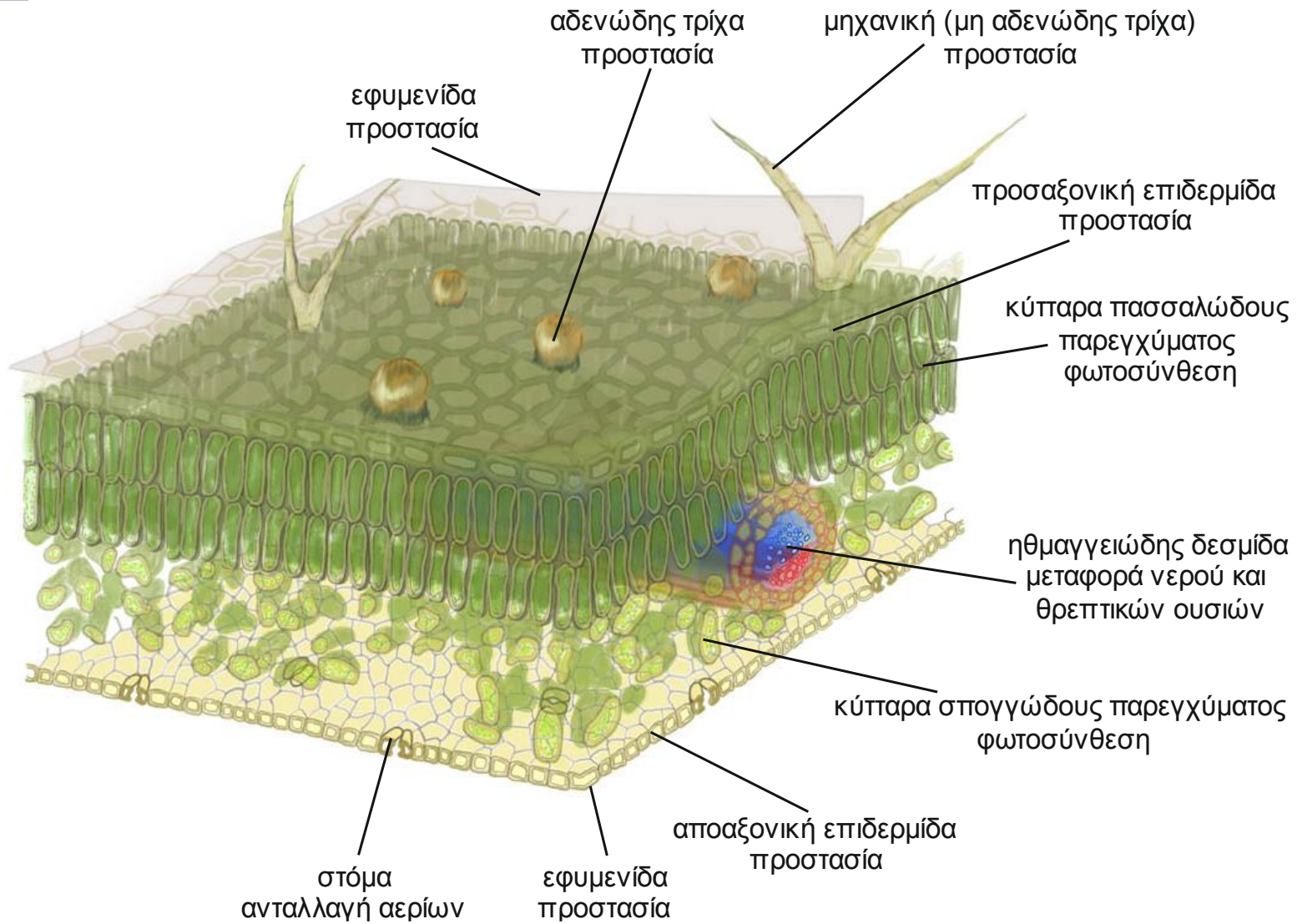


Η Στρατηγική της Αποφυγής 2/3

- Κατά κανόνα οι δευτερογενείς μεταβολίτες εντοπίζονται σε περιοχές πάνω ή κοντά στην επιφάνεια των φυτικών οργάνων.
- Κάθε φυτικό είδος έχει στη διάθεση του περισσότερους του ενός μηχανισμούς άμυνας και ένα μεγάλο αριθμό αμυντικών μεταβολιτών.



Η Στρατηγική της Αποφυγής 3/3





Ρύθμιση της Προϋπάρχουσας Άμυνας 1/3

- Η προϋπάρχουσα άμυνα προσαρμόζεται όχι μόνο στην ύπαρξη εχθρών, αλλά και στις επικρατούσες συνθήκες του αβιοτικού περιβάλλοντος (φως, επάρκεια θρεπτικών, κ.α.).
- Το είδος των αμυντικών μεταβολιτών που συντίθενται εξαρτάται, εκτός των άλλων, και από την επάρκεια ορισμένων θρεπτικών, όπως του αζώτου. Έλλειψη αζώτου οδηγεί στη σύνθεση μεταβολιτών που περιέχουν αποκλειστικά άνθρακα στο μόριό τους (πχ φαινολικά), εις βάρος αυτών που περιέχουν άζωτο (πχ αλκαλοειδή).



Ρύθμιση της Προϋπάρχουσας Άμυνας 2/3

- Η εποχή, το στάδιο της ανάπτυξης και το είδος του οργάνου παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της θεμελιώδους άμυνας. Κατά κανόνα τα νεαρά φύλλα θωρακίζονται με υψηλότερες συγκεντρώσεις δευτερογενών μεταβολιτών, ενώ οι καρποί εμφανίζονται με μειωμένη αμυντική προστασία.



Ρύθμιση της Προϋπάρχουσας Άμυνας 3/3

- Σημαντική συνεισφορά στην άμυνα ενός φυτικού οργανισμού μπορεί να έχουν και απονεκρωμένοι ιστοί στους οποίους όμως σε ορισμένα στάδια της ανάπτυξής τους έχουν συσσωρευτεί δευτερογενείς μεταβολίτες, συνήθως φαινολικά. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων ιστών αποτελούν το εγκάρδιο ξύλο του κορμού ορισμένων δένδρων, καθώς και ορισμένα επιδερμικά εξαρτήματα (μη αδενώδεις τρίχες).
- Κάθε φύλλο διαμορφώνει ιδιαίτερα αμυντικά χαρακτηριστικά.



Η Θεμελιώδης Προϋπάρχουσα Άμυνα Βασίζεται 1/4

σε επιτυχημένη σχέση δομής-λειτουργίας ορισμένων μορφολογικών χαρακτήρων.

- Η εφυμενίδα και οι κηροί αποτελούν την πρώτη γραμμή άμυνας.

- Η εφυμενίδα η οποία μαζί με τους κηρούς καλύπτει με τη μορφή ενός συνεχούς στρώματος κάθε υπέργειο φυτικό όργανο εκτός των ξυλωδών βλαστών και τις περιοχές των τραυμάτων, αποτελεί την πρώτη γραμμή άμυνας κάθε φυτού.



Η Θεμελιώδης Προϋπάρχουσα Άμυνα Βασίζεται 2/4

σε επιτυχημένη σχέση δομής-λειτουργίας ορισμένων μορφολογικών χαρακτήρων.

- Λόγω του ισχυρά υδρόφοβου χαρακτήρα της περιορίζει την υπερβολική απώλεια νερού, αλλά και εμποδίζει τη διαβροχή της επιφάνειας με αποτέλεσμα να περιορίζεται η βλάστηση των σπορίων και η επιβίωση των μικροοργανισμών, η επικάθηση ρυπαντών, σκόνης κλπ.
- Προστατεύει τους ιστούς από μηχανικές καταπονήσεις, ενώ εμποδίζει την εισχώρηση των υφών των μυκήτων και των μυζητήρων των εντόμων.



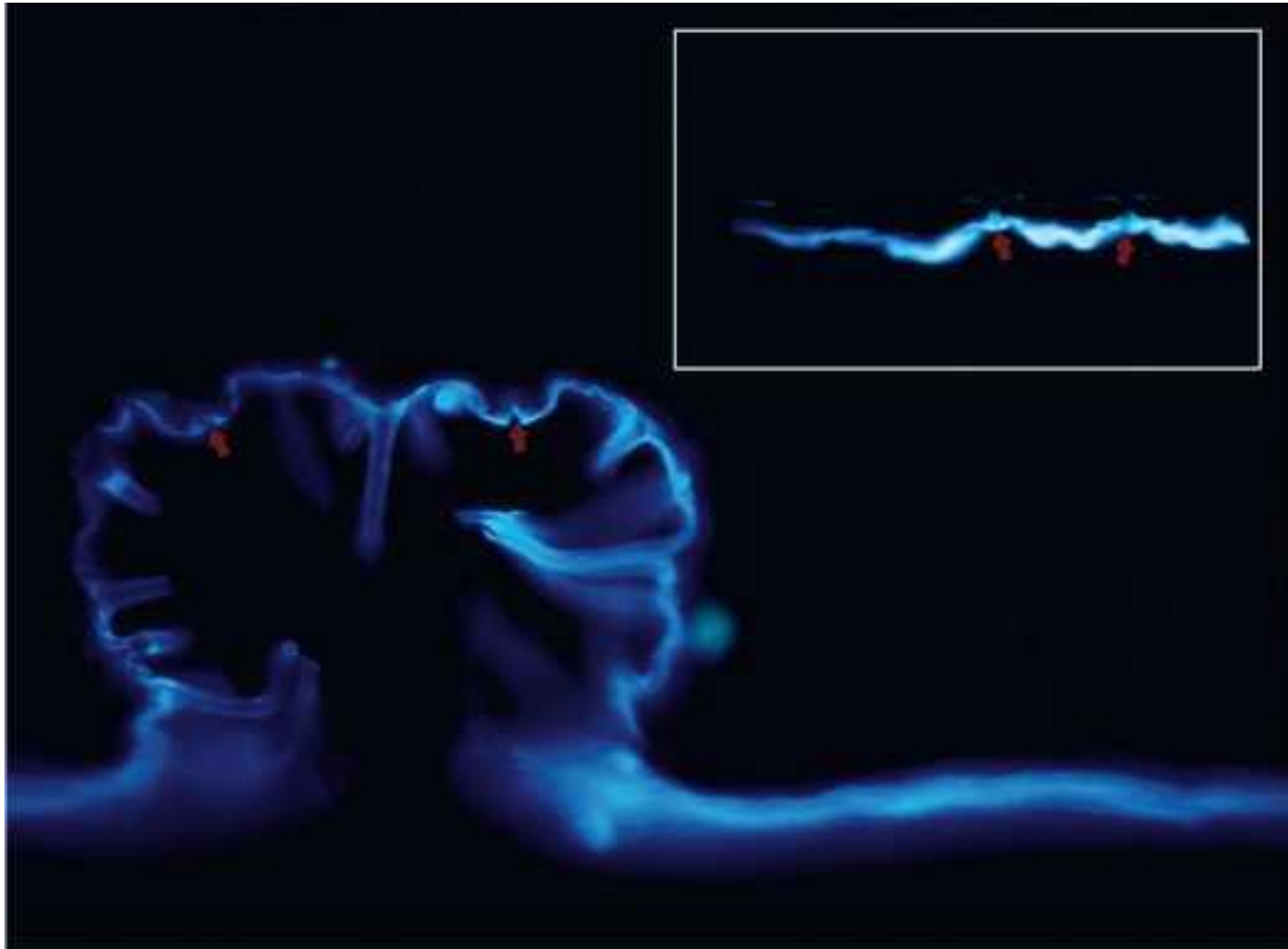
Η Θεμελιώδης Προϋπάρχουσα Άμυνα Βασίζεται 3/4

σε επιτυχημένη σχέση δομής-λειτουργίας ορισμένων μορφολογικών χαρακτήρων.

- Περιορίζει την είσοδο ακτινοβολίας μέσω ανάκλασης και απορρόφησης.
- Λειτουργεί ως μία οριακή επιφάνεια από την οποία τα φυτά αντιλαμβάνονται, μέσω εξειδικευμένων σημάτων, την άφιξη μικροοργανισμών, εντόμων κ.ά.



Περιορισμός της είσοδου ακτινοβολίας μέσω ανάκλασης και απορρόφησης.





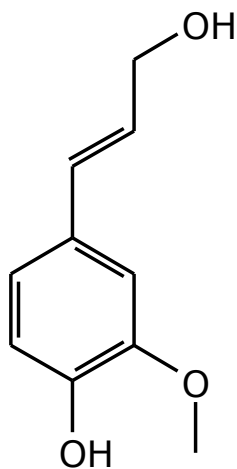
Οι Σκληρεγχυματικοί Ιστοί Ενισχύουν την Αμυντική Θωράκιση

- Αποτρέπουν την διείσδυση των παθογόνων και των εντόμων. Λειτουργούν κυρίως ως μηχανικά φράγματα.
- Η φυσική τους σκληρότητα, λόγω των παχιών κυτταρικών τοιχωμάτων των κυττάρων τους αποτρέπει την κατανάλωσή τους από τα φυτοφάγα, ενώ η ύπαρξη κυτταρίνης και λιγνίνης τους καθιστά δύσπεπτους.
- Χαρακτηρίζονται από φτωχή θρεπτική αξία, λόγω της έλλειψης αζώτου.

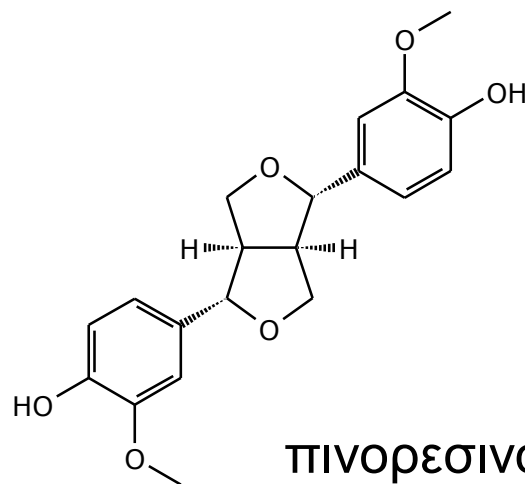


Τα Κυτταρικά Τοιχώματα Ενισχύονται με Δευτερογενείς Μεταβολίτες

- Η λιγνίνη των γυμνοσπέρμων αποτελεί το προϊόν πολυμερισμού κυρίως της κωνιφερυλικής αλκοόλης και σε μικρότερα ποσά της κουμαρυλικής αλκοόλης, ενώ εκείνη των αγγειοσπέρμων της κωνιφερυλικής και σιναπτικής αλκοόλης σε αναλογία περίπου 1:1.



κωνιφερυλική
αλκοόλη



πινορεσινόλη



Τα Επιδερμικά Εξαρτήματα 1/2

συνεισφέρουν στην προστασία των φυτικών ιστών.

- Περιλαμβάνουν μεγάλη ποικιλία μορφών, πρόκειται δε για ανατομικούς σχηματισμούς με καθαρά αμυντικό προορισμό. Εξ αυτών ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι αδενώδεις τρίχες, οι οποίες απαντώνται σε ένα μεγάλο αριθμό φυτικών ειδών, με χαρακτηριστικούς εκπροσώπους στην οικογένεια *Lamiaceae*.



Τα Επιδερμικά Εξαρτήματα 2/2

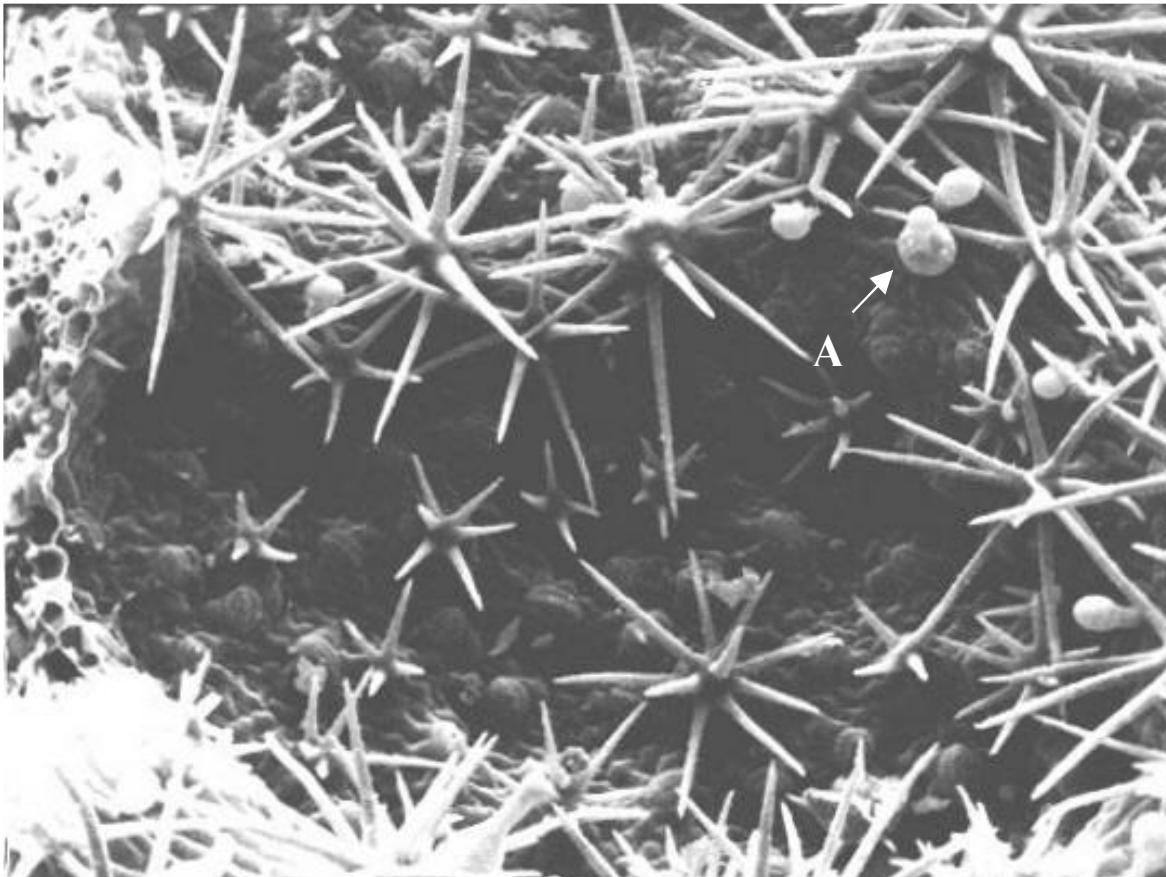
συνεισφέρουν στην προστασία των φυτικών ιστών.

- Οι αδενώδεις τρίχες παράγουν και απεκκρίνουν δευτερογενείς μεταβολίτες οι οποίοι είτε είναι τοξικοί για τους βιοτικούς εχθρούς, είτε μεσολαβούν στην επικοινωνία. Τα προϊόντα είναι συνήθως πτητικά μίγματα (ονομάζονται και αιθέρια έλαια) τερπενίων τα οποία διαφεύγουν είτε λόγω διαρρήξεως του λεπτού υμενίου της κουτίνης η οποία συνήθως περιβάλλει τα σταγονίδια του εκκρίματος, είτε μέσω πόρων. Η μενθόλη (από την μέντα) και το λιμονένιο (από τη λεμονιά) αποτελούν χαρακτηριστικά συστατικά αιθερίων ελαίων.



Η Αποαξονική Επιφάνεια του Φυτού *Cistus Sp.*

- Οι αστεροειδείς μη αδενώδεις τρίχες συνυπάρχουν με αδενώδεις.





Εγκάρσια Τομή Φύλλου του Φυτού *Teucrium Sp.* μετά από Θραύση

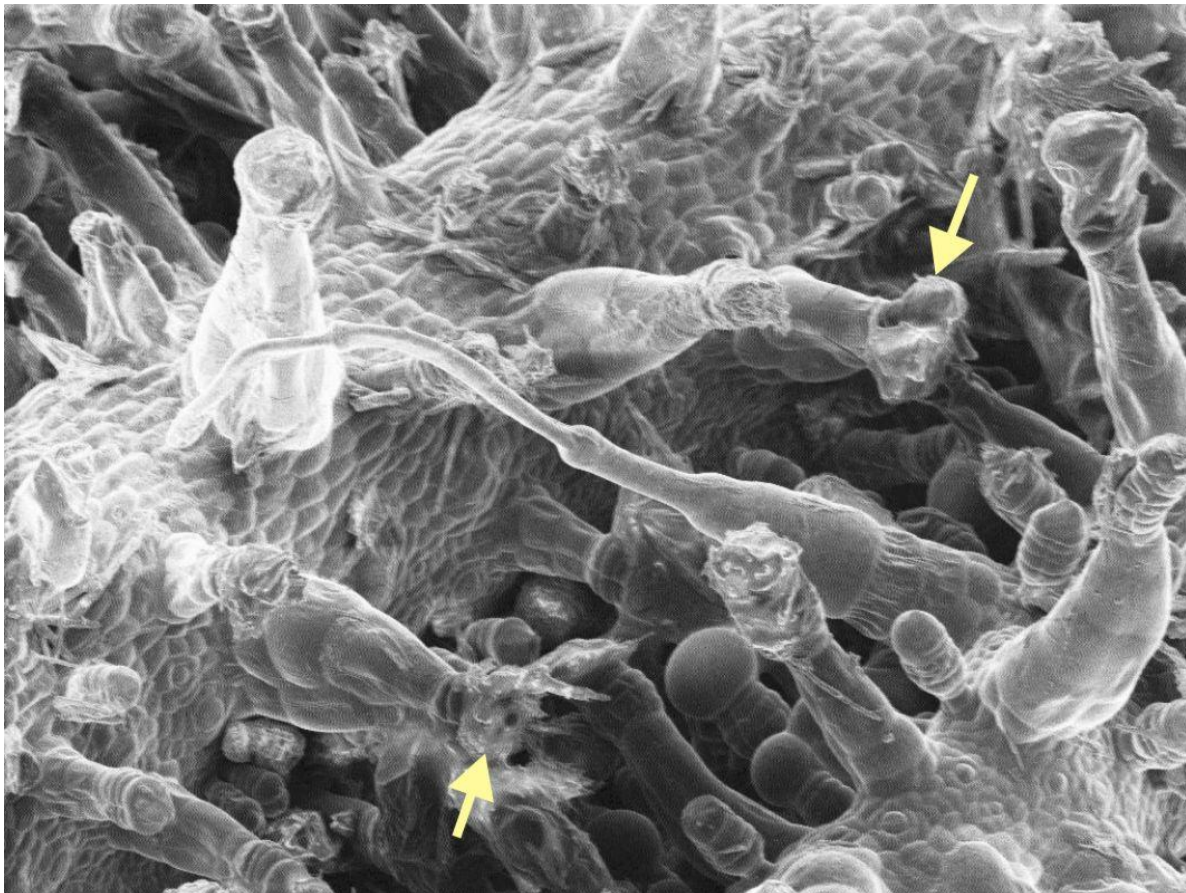
- Στην αποαξονική επιφάνεια διακρίνονται αδενώδεις τρίχες.





Επιφάνεια Φύλλου του Φυτού *Dittrichia Viscosa*

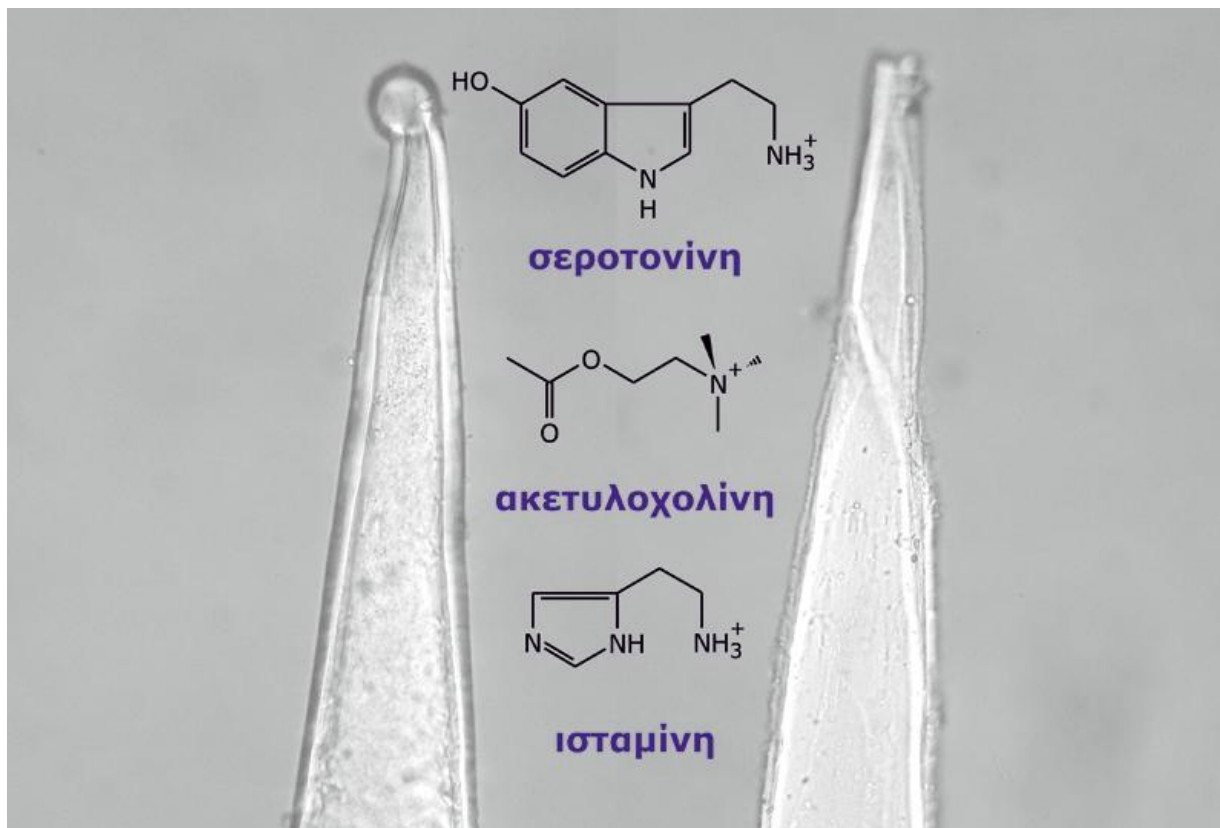
- Διακρίνονται αδενώδεις τρίχες ορισμένες από τις οποίες έχουν σπασμένες κεφαλές (βέλη).





Διαγραμματική Παρουσίαση

της ανατομίας μιας νύσσουσας τρίχας της τσουκνίδας καθώς και των κύριων δραστικών συστατικών της.





Οι Γαλακτοφόροι Σωλήνες

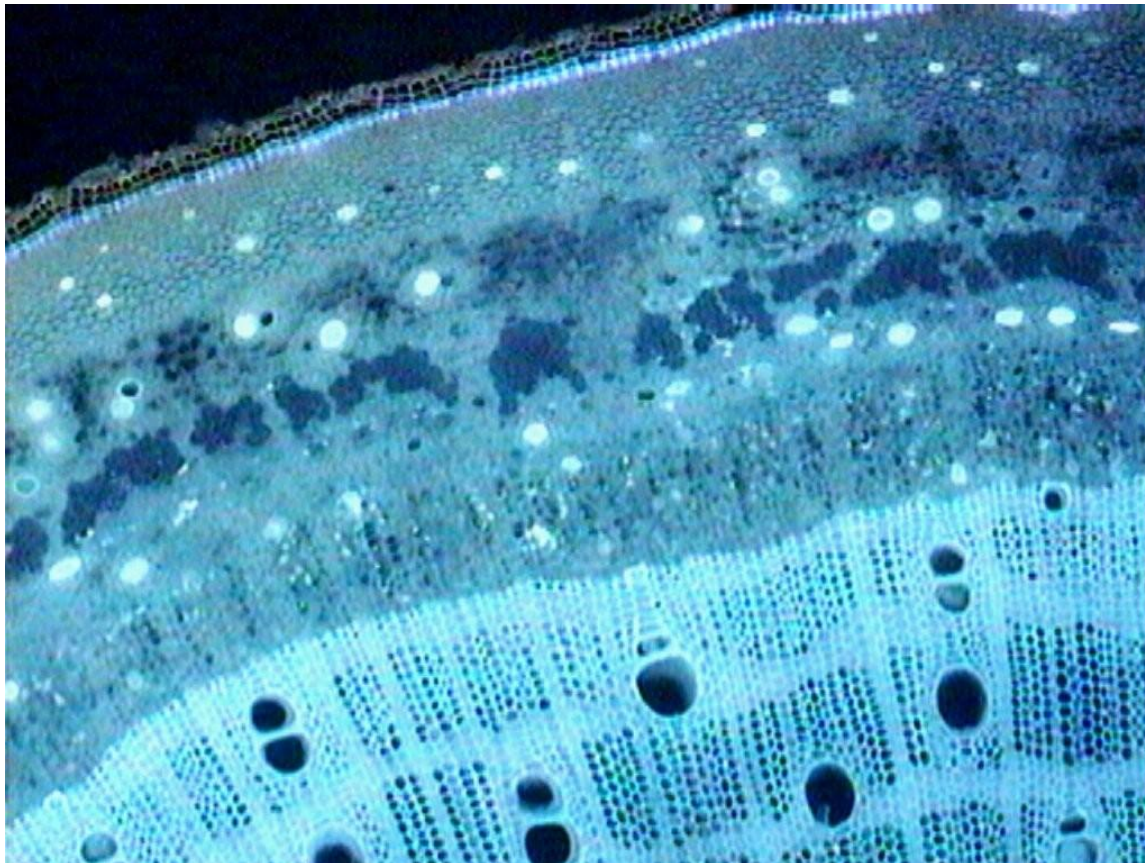
αποτελούν ένα εκτεταμένο αμυντικό σύστημα σε ορισμένα φυτά.

- Πρόκειται για μια ετερογενή ομάδα εκκριτικών ιστών οι οποίοι παράγουν τον γαλακτώδη χυμό. Ο χυμός αποτελεί ένα παχύρευστο εναιώρημα κόμμεων, συνήθως δι-, τρι- και πολυτερπενίων, των οποίων η δράση ενισχύεται και από την ύπαρξη άλλων τοξικών ουσιών.



Εγκάρσια Τομή Βλαστού Συκιάς στο Μικροσκόπιο Φθορισμού

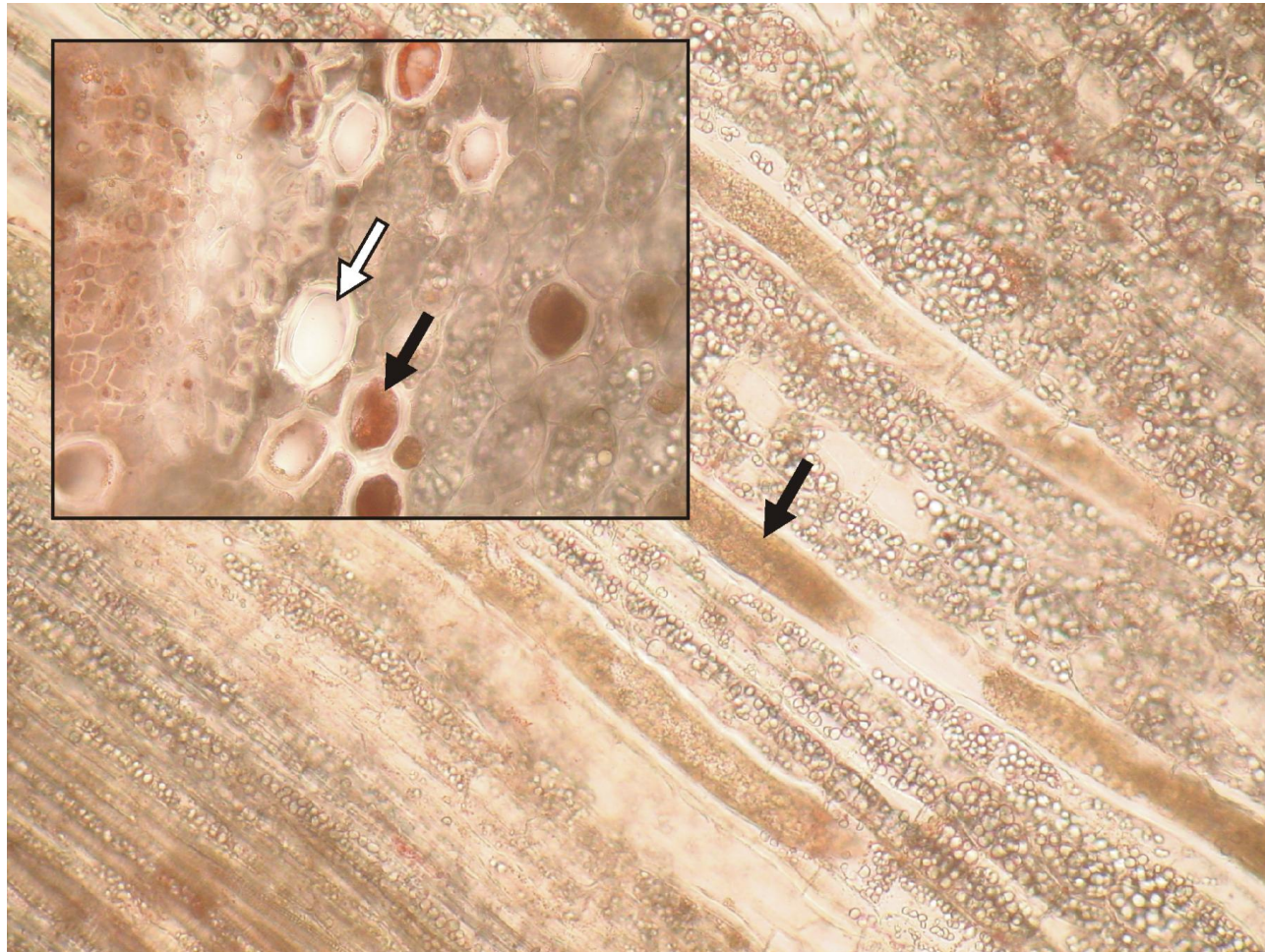
- Οι γαλακτοφόροι σωλήνες διακρίνονται ως φωτεινές κηλίδες στον φλοιό.





Επιμήκης Τομή Βλαστού του Φυτού *Euphorbia Dendroides*

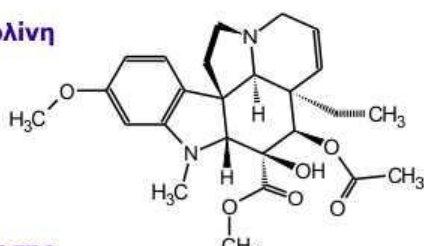
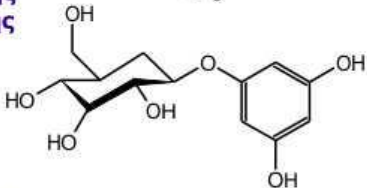
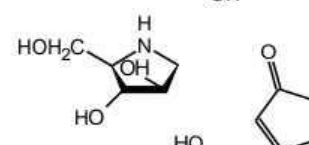
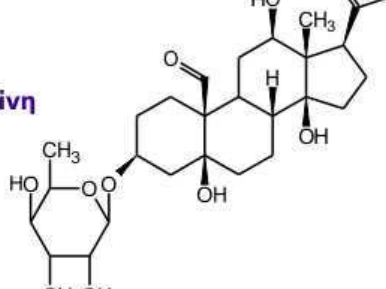
- διακρίνονται γαλακτοφόροι σωλήνες.





Αντιπροσωπευτικά Φυτικά Είδη 1/3

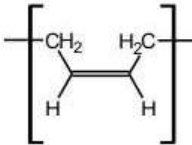
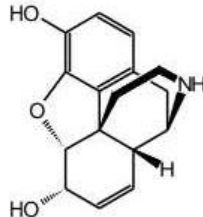

- που διαθέτουν γαλακτοφόρους σωλήνες, σύσταση του χυμού και χαρακτηριστικές ιδιότητες των συστατικών του.

φυτό	κλάση ένωσης	εκπρόσωπος και δομή	ιδιότητες/χρήση
<i>Catharanthus roseus</i> Apocyanaceae	μονοτερπενικό αλκαλοειδές της ομάδας του ινδολίου	βιντολίνη 	πρόδρομο του αντικαρκινικού φαρμάκου vinblastine
<i>Cannabis sativa</i> Cannabaceae	φαινολικός γλυκοζίτης	β-D-γλυκοζίτης της φλορογλουσινόλης 	διάφορες φαρμακευτικές εφαρμογές
<i>Morus</i> spp. Moraceae	αλκαλοειδές της ομάδας της πυρολιδίνης	D-AB1 	δηλητήριο με γλυκειά γεύση
<i>Antiaris toxicara</i> Moraceae	καρδενολίδιο, διτερπένιο	αντιαρίνη 	τοξικό δηλητήριο για επάλψη (του χυμού) σε βέλη από ιθαγενείς της ΝΑ Ασίας



Αντιπροσωπευτικά Φυτικά Είδη 2/3

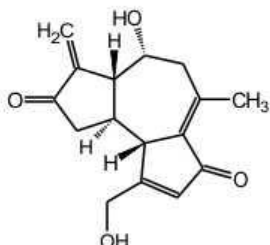
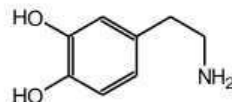
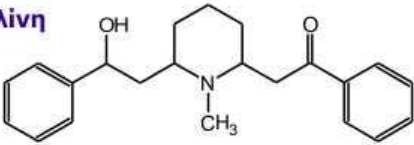
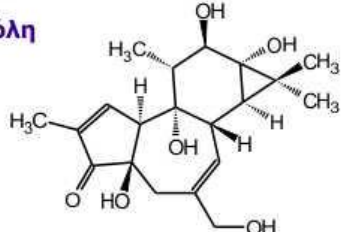
- που διαθέτουν γαλακτοφόρους σωλήνες, σύσταση του χυμού και χαρακτηριστικές ιδιότητες των συστατικών του.

φυτό	κλάση ένωσης	εκπρόσωπος και δομή	ιδιότητες/χρήση
<i>Hevea brasiliensis</i> Euphorbiaceae	ισοπρενοειδές	καουτσούκ 	βιομηχανία ελαστικών και πλαστικών υλικών
<i>Papaver somniferum</i> Papaveraceae	αλκαλοειδές της της ομάδας της βενζυλισκοκινολίνης	μορφίνη 	οπιούχα παρασκευάσματα
<i>Lactuca sativa</i> Asteraceae	σεσκιτερπενική λακτόνη	λακτουσίνη 	προσδίδει πικρή γεύση, φαρμακευτική δράση



Αντιπροσωπευτικά Φυτικά Είδη 3/3

- που διαθέτουν γαλακτοφόρους σωλήνες, σύσταση του χυμού και χαρακτηριστικές ιδιότητες των συστατικών του.

φυτό	κλάση ένωσης	εκπρόσωπος και δομή	ιδιότητες/χρήση
<i>Lactuca sativa</i> Asteraceae	σεσκιτερπενική λακτόνη	λακτουσίνη 	προσδίδει πικρή γεύση, φαρμακευτική δράση
<i>Papaver bracteatum</i> Papaveraceae	κατεχολαμίνη	ντοπαμίνη 	φαρμακευτική ψυχότροπος δράση
<i>Lobelia spp.</i> Campanulaceae	αλκαλοειδές της ομάδας της πιπεριδίνης	λομπελίνη 	φαρμακευτικές χρήσεις έναντι εθισμών στον καπνό και σε ναρκωτικές ουσίες
<i>Croton tiglium</i> Euphorbiaceae	τιγλιάνιο, διτερπένιο	φορβόλη 	οι εστέρες της ασκούν τοξική και ερεθιστική δράση έναντι ζώων, προαγωγείς ανάπτυξης καρκινικών όγκων, αντικαρκινικό φάρμακο



Επίδραση του Γαλακτώδους Χυμού

- Η επίδραση του γαλακτώδους χυμού των φύλλων του *Ficus virgata* σε προνύμφες του εντόμου *Samia ricini*.





Διατροφή των Προνυμφών

A. Η διατροφή των προνυμφών με άθικτα φύλλα προκαλεί το θάνατό τους μετά από 48 ώρες.





Παρεμποδιστή της Δράσης Πρωτεΐνας 1/2

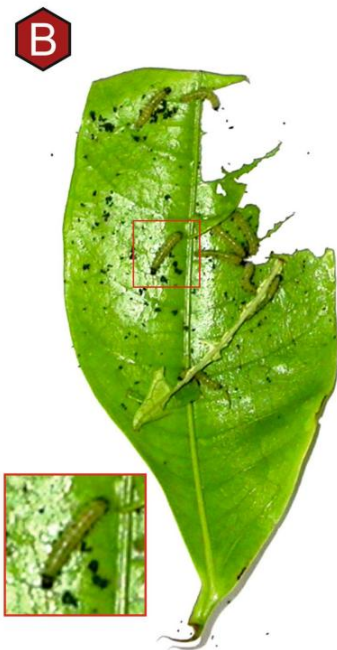
- Τα τοξικά αυτά αποτελέσματα δεν παρατηρούνται όταν τα φύλλα επαλειφθούν με έναν παρεμποδιστή της δράσης πρωτεΐνας (B) ή...





Παρεμποδιστή της Δράσης Πρωτεΐνας 2/2

- ... όταν τα φύλλα κοπούν και στη συνέχεια πλυθούν ώστε να απομακρυνθεί ο γαλακτώδης χυμός (Γ).





Ρητινοφόροι Αγωγοί 1/2

- Οι ρητινοφόροι αγωγοί αποτελούν το χαρακτηριστικό αμυντικό σύστημα των κωνοφόρων.
- Οι αγωγοί αυτοί απαντώνται κυρίως στα κωνοφόρα των οποίων διασχίζουν ολόκληρο το φυτικό σώμα. Εκκρίνουν την **ρητίνη**, η οποία αποτελείται κυρίως από ένα μίγμα τερπενίων, με χαρακτηριστικούς εκπροσώπους τα α-πινένιο, β-πινένιο, λιμονένιο, μυρκένιο (μονοτερπένια), αβιετικό οξύ (διτερπένιο), κ.ά.



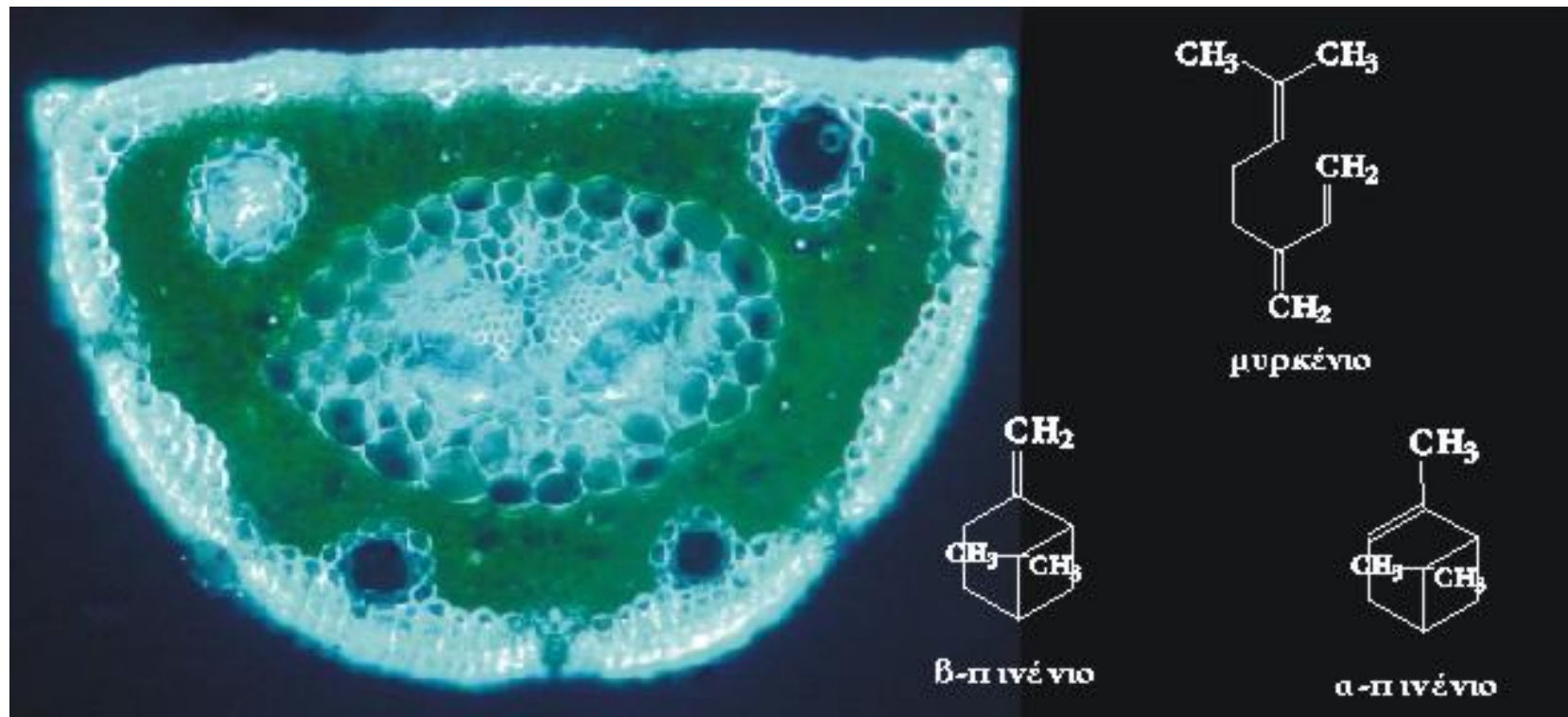
Ρητινοφόροι Αγωγοί 2/2

- Οι ουσίες αυτές παρουσιάζουν τοξική δράση κυρίως έναντι εντόμων. Σε περίπτωση διάτρησης των αγωγών αυτών από τα μασητικά μόρια των εντόμων, η ρητίνη εκχέεται και παρεμποδίζει περαιτέρω κατανάλωση του ιστού. Εκτός αυτού, εάν η ρητίνη εκτεθεί στον αέρα σκληρύνεται και επουλώνει το τραύμα.



Εγκάρσια Τομή Βελόνας Πεύκου

- Οι ρητινοφόροι αγωγοί εμφανίζονται ως φωτεινές κηλίδες.





Τριτροφικές Σχέσεις

- Τα εκτοανθικά νεκτάρια, τα τροφосωμάτια και τα δωμάτια εξασφαλίζουν έμμεση προστασία μέσω τριτροφικών σχέσεων.





Εγκάρδιο Ξύλο 1/2

- Το εγκάρδιο ξύλο αποτελεί έναν νεκρό, αλλά ισχυρά θωρακισμένο ιστό με αμυντικό προορισμό.
- Η διαδικασία αμυντικής θωράκισης του εγκάρδιου ξύλου έπεται του σχηματισμού της δευτερογενούς ανατομικής διάπλασης και περιλαμβάνει εναπόθεση δευτερογενών μεταβολιτών (κυρίως λιγνάνες, στιλβένια, παράγωγα φλαβονοειδών και ταννίνες, όπως επίσης τερπένια ή αλκαλοειδή) στα νεκρά κύτταρα αγγείων του ξύλου, στα οποία έχει ήδη εναποτεθεί λιγνίνη.



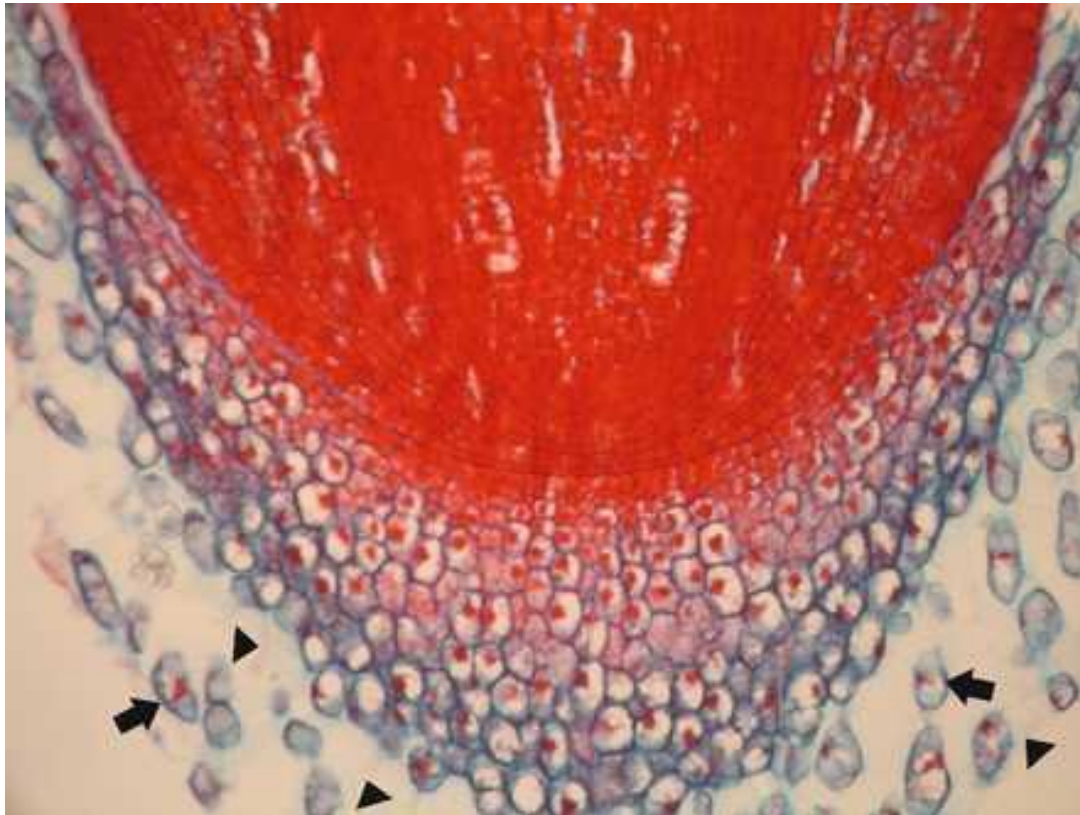
Εγκάρδιο Ξύλο 2/2

- Η εναπόθεση των δευτερογενών μεταβολιτών στο εγκάρδιο ξύλο παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον επειδή πραγματοποιείται σε κύτταρα τα οποία είναι ήδη νεκρά. Κατά τη διάρκεια της εναπόθεσης της λιγνίνης στο σομφό ξύλο και τη σταδιακή απονέκρωση των κυττάρων, τα κύτταρα των εντεριώνιων ακτίνων παραμένουν για ένα διάστημα ζωντανά. Στο χρονικό αυτό διάστημα, λίγο πριν τον θάνατό τους, συσσωρεύουν μίγματα δευτερογενών μεταβολιτών τα οποία απεκκρίνουν στα λιγνινοποιημένα αγγεία του ξύλου μέσω βοθρίων.



Τα Περιφερειακά Κύτταρα της Καλύπτρας

- Προσφέρουν Προστασία στη Ρίζα Έναντι Παθογόνων.





Βιβλιογραφία 1/12

- Anderson JP, Gleason CA, Foley RC, Thrall PH, Burdon JB, Singh KB. 2010. Plants versus pathogens: An evolutionary arms race. *Functional Plant Biology* 37: 499-512.
- Ahmad S, Gordon-Weeks R, Pickett J, Ton J. 2010. Natural variation in priming of basal resistance: from evolutionary origin to agricultural exploitation. *Molecular Plant Pathology* 11: 817-827.
- Ballaré CL. 2011. Jasmonate-induced defences: a tale of intelligence, collaborators and rascals. *Trends in Plant Science* 16: 249-257.
- Barbehenn, R.V. and Constabel C.P. 2011. Tannins in plant-herbivore interactions. *Phytochemistry*, in press.
- Bennett, R. N. and Wallsgrave, R. M. 1994. Secondary metabolites in plant defence mechanisms. *New Phytol.* 127: 617-633.



Βιβλιογραφία 2/12

- Bonaventure G, VanDoorn, Baldwin IT. 2011. Herbivore-associated elicitors: FAC signaling and metabolism. *Trends in Plant Science* 16: 294-299.
- Browse J. 2009. Jasmonate passes muster: A receptor and targets for defence hormone. *Annual Review of Plant Biology* 60: 183-205.
- Bruce TJA, Pickett JA. 2011. Perception of plant volatile blends by herbivorous insects-Finding the right mix. *Phytochemistry* 72: 1605-1611.
- Bruin, J., Sabelis, M. W. and Dicke, M. 1995. Do plants tap SOS signals from their infested neighbours? *Trees* 10: 167-170.
- Bennett, R. N. and Wallsgrave, R. M. 1994. Secondary metabolites in plant defence mechanisms. *New Phytol.* 127: 617-633.



Βιβλιογραφία 3/12

- Bonaventure G, VanDoorn, Baldwin IT. 2011. Herbivore-associated elicitors: FAC signaling and metabolism. *Trends in Plant Science* 16: 294-299.
- Browse J. 2009. Jasmonate passes muster: A receptor and targets for defence hormone. *Annual Review of Plant Biology* 60: 183-205.
- Bruce TJA, Pickett JA. 2011. Perception of plant volatile blends by herbivorous insects-Finding the right mix. *Phytochemistry* 72: 1605-1611.
- Bruin, J., Sabelis, M. W. and Dicke, M. 1995. Do plants tap SOS signals from their infested neighbours? *Trees* 10: 167-170.
- Bryant JP, Chapin FS III, Klein DR. 1983. Carbon/Nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. *Oikos* 40: 357-368.



Βιβλιογραφία 4/12

- Cardoso, C., Ruyter-Spira, C., Bouwmeester H.J. 2011. Strigolactones and root infestation by plant-parasitic *Striga*, *Orobanche* and *Phelipanche* spp. *Plant Science* 180: 414-420.
- Coley, P., Bryant, J. and Chapin III, F. 1985. Resource availability and plant antiherbivore defense. *Science* 230: 895–899.
- Conrath U. 2011. Molecular aspects of defence priming. *Trends in Plant Science* 16: 524-531.
- De Vos M, Jander G. 2010. Volatile communication in plant-aphid interactions. *Current Opinion in Plant Biology* 13: 366-371.
- Dodds PN, Rathjen JP. 2010. Plant immunity: towards an integrated view of plant-pathogen interactions. *Nature reviews* 11: 539-548



Βιβλιογραφία 5/12

- Fahn, A. 1988. Secretory tissues in vascular plants. *New Phytol.* 108: 229-257.
- Felton GW, Tumlinson JH. 2008. Plant-insect dialogs: complex interactions at the plant-insect interface. *Current Opinion in Plant Biology* 11: 457-463.
- Hagel JM, Yeung EC, Facchini PJ. 2008. Got milk? The secret life of laticifers. *Trends in Plant Science* 13: 631-639.
- Hammerschmidt R. 2009. Systemic acquired resistance. *Advances in Botanical research* 51: 174-222.
- Hawes, M.C., Curlango-Rivera, G., Wen, F., White, G.J., VanEtten, H.D., Xiong, Z. 2011. Extracellular DNA: The tip of root defences? *Plant Science* 180: 741-745.
- Heil M. and Bostock R.M. 2002. Induced systemic resistance (ISR) against pathogens in the context of induced plant defences. *Annals Bot.* 89: 503-512.



Βιβλιογραφία 6/12

- Heil M. 2008. Indirect defence via tritrophic interactions. *New Phytologist* 178: 41-61.
- Heil M, Ton J. 2008. Long-distance signaling in plant defence. *Trends in Plant Science* 13: 264-272.
- Higaki T, Kurusu T, Hasezawa S, Kuchitsu K. 2011. Dynamic intracellular reorganization of cytoskeletons and the vacuole in defense responses and hypersensitive cell death in plants. *Journal of Plant research* 124: 315-324.
- Howe GA, Jander G. 2008. Plant immunity to insects herbivores. *Annual Review of Plant Biology* 59: 41-66.
- Huang T, Jander G, de Vos M. 2011. Non-protein amino acids in plant defense against insect herbivores: Representative cases and opportunities for further functional analysis. *Phytochemistry* 72: 1531-1537.
- Jones JDG, Dangl JL. 2006. The plant immune system. *Nature* 444: 323-329.



Βιβλιογραφία 7/12

- Kazan K, Manners JM. 2008. Jasmonate signaling: toward an integrated view. *Plant Physiology* 146: 1459-1468.
- Kazan K, Manners JM. 2011. The interplay between light and jasmonate signaling during defence and development. *Journal of Experimental Botany* 62: 4087-4100
- Kerstiens, G. 1996. Signalling across the divide: a wide perspective of cuticular structure-function relationships. *Trends Plant Sci.* 1: 125-129.
- Kessler A. and Baldwin I.T. 2002. Plant responses to insect herbivory: The emerging molecular analysis. *Annu. Rev. Plant Biol.* 53: 299-329.
- Kessler A., and Heil M. 2011. The multiple faces of indirect defences and their agents of natural selection. *Functional Ecology* 25: 348-357.



Βιβλιογραφία 8/12

- Keyes, W.J. Taylor J.V. Apkarian R.P. and Lynn D.G. 2001. Dancing together. Social controls in parasitic plant development. *Plant Physiology* 127: 1508-1512.
- Kolattukudi, P. E. 1980. Biopolyester membranes of plants: cutin and suberin. *Science* 208: 990-999.
- Konno K. 2011. Plant latex and other exudates as plant defense systems: Roles of various defense chemicals and proteins contained therein. *Phytochemistry* 72: 1510-1530.
- Ma W. 2011. Roles of Ca²⁺ and cyclic nucleotide gated channel in plant innate immunity. *Plant Science* 181: 342-346.
- McKey D. 1974. Adaptive patterns in alkaloid physiology. *American Naturalist* 108: 305-320.
- Nanda AK, Andrio E, marino D, Pauly N, Dunand C. 2010. Reactive oxygen species during plant-microorganism early interactions. *Journal of Interactive Plant Biology* 52: 195-204.



Βιβλιογραφία 9/12

- Oliver RP, Solomon PS. 2010. New developments in pathogenicity and virulence of necrotrophs. *Current Opinion in Plant Biology*. 13: 415-419.
- Press, M.C. and Phoenix, G.K. 2005. Impacts of parasitic plants on natural communities. *New Phytologist* 166: 737-751.
- Salminen J-P., and Karonen M. 2011. Chemical ecology of tannins and other phenolics: we need a change in approach. *Functional Ecology* 25: 325-338.
- Schroeder, F. 1998. Induced chemical defences in plants. *Angew. Chem. Int. Ed.* 37: 1213-1216.
- Segonzac C, Zipfel C. 2011. Activation of plant pattern-recognition receptors by bacteria. *Current opinion in Microbiology* 14: 54-61.
- Shah J. 2009. Plants under attack: systemic signals in defence. *Current Opinion in Plant Biology* 12: 459-464.



Βιβλιογραφία 10/12

- Svoboda J, Boland W. 2010. Plant defence elicitors: Analogues of jasmonoyl-isoleucine conjugate. *Phytochemistry* 71: 1445-1449
- Takemoto, D., Jones, D.A., Hardham, A.R. 2003. GFP-tagging of cell components reveals the dynamics of subcellular reorganization in response to infection of Arabidopsis by oomycete pathogens. *The Plant Journal* 33: 775-792.
- Tena G, Boudsocq M, and Sheen J. 2011. Protein kinase signaling networks in plant innate immunity. *Current Opinion in Plant Biology* 14: 519-529.
- Wagner, G. J. 1991. Secreting glandular trichomes: More than just hairs. *Plant Physiol.* 96: 675-679.
- Weaver, L. M. and Herrmann, K. M. 1997. Dynamics of the shikimate pathway in plants. *Trends Plant Sci.* 2: 346- 351.



Βιβλιογραφία 11/12

- Verhage A, van Wees SCM, Pieterse CMJ. 2010. Plant immunity: It's the hormones talking, but what do they say? *Plant Physiology* 154: 536-540.
- Vlot AC, Dempsey D'MA, Klessig DF. 2009. Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat disease. *Annual review of Phytopathology* 47: 177-206.
- Vranova, V., Rejsek, K., Skene K.R. and Formanek P. 2011. Non-protein amino acids: plant, soil and ecosystem interactions. *Plant Soil* 342: 31-48.
- Yoder, J.I., Scholes, J.D. 2010. Host plant resistance to parasitic weeds; recent progress and bottlenecks. *Current Opinion in Plant Biology* 13: 478-484.
- Yoneyama, K., Awad, A.A., Xie, X., Yoneyama, K., Takeuchi, Y. 2010. Strigolactones as germination stimulants for root parasitic plants. *Plant and Cell*



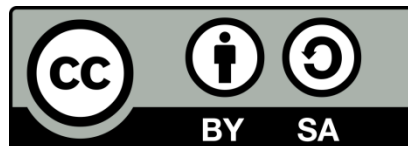
Βιβλιογραφία 12/12

- Physiology 51: 1095-1103.
- Zagrobelny M, Moller BL. 2011. Cyanogenic glucosides in the biological warfare between plants and insects: The Burnet moth-Birdsfoot trefoil model system. *Phytochemistry* 72: 1585-1592.
- Zeng W, Melotto M, He SY. 2010. Plant stomata: a checkpoint of host immunity and pathogen virulence. *Current opinion in Biotechnology* 21: 599-603.
- Zhang J, Zhou J-M. 2010. Plant immunity triggered by microbial molecular signatures. *Molecular Plant* 1-11.



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



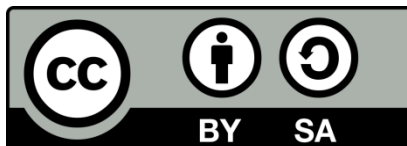
Σημείωμα Αναφοράς

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.