



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

Φυσιολογία Καταπονήσεων των Φυτών

Ενότητα 13:

Η Άμυνα των Φυτών Έναντι
Βιοτικών Παραγόντων
Καταπόνησης (2/5), 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 πρωτεϊνασών,
- 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,
- θερμογόνος αναπνοή,
- παρασιτικά φυτά,
- επίφυτα,
- ολοπαράσιτα,
- ημιπαράσιτα,
- υποχρεωτικά παρασιτικά φυτά,
- προαιρετικά παρασιτικά φυτά,
- παράσιτα ρίζας,
- παράσιτα βλαστού,
- θεμελιώδη είδη,
- ξενογνωσίνες,
- στριγκολακτόνες,
- μυζητήρας παρασιτικών φυτών,
- αλληλοπάθεια.



Πολυάριθμοι Δευτερογενείς Αμυντικοί Μεταβολίτες 1/3

- Οι Πολυάριθμοι δευτερογενείς αμυντικοί μεταβολίτες αποθηκεύονται στα χυμοτόπια των επιδερμικών και των παρεγχυματικών κυττάρων.
- Ορισμένες φαινολικές ενώσεις παίζουν σημαντικούς αμυντικούς ρόλους.
- Η ισχυροποίηση των κυτταρικών τοιχωμάτων με λιγνίνη καθώς και η ύπαρξη ταννινών αποτελούν χαρακτηριστικούς μηχανισμούς θεμελιώδους άμυνας.



Πολυάριθμοι Δευτερογενείς Αμυντικοί Μεταβολίτες 2/3

- Η εναπόθεση της λιγνίνης, κυρίως κατά τη δευτερογενή πάχυνση, καθιστά τα κυτταρικά τοιχώματα ανθεκτικά στις μηχανικές καταπονήσεις και στην διείσδυση παθογόνων, ενώ τα αδιαβροχοποιεί μειώνοντας τις απώλειες νερού. Επίσης μειώνει την ικανότητα πέψης των φυτικών ιστών από τα φυτοφάγα.

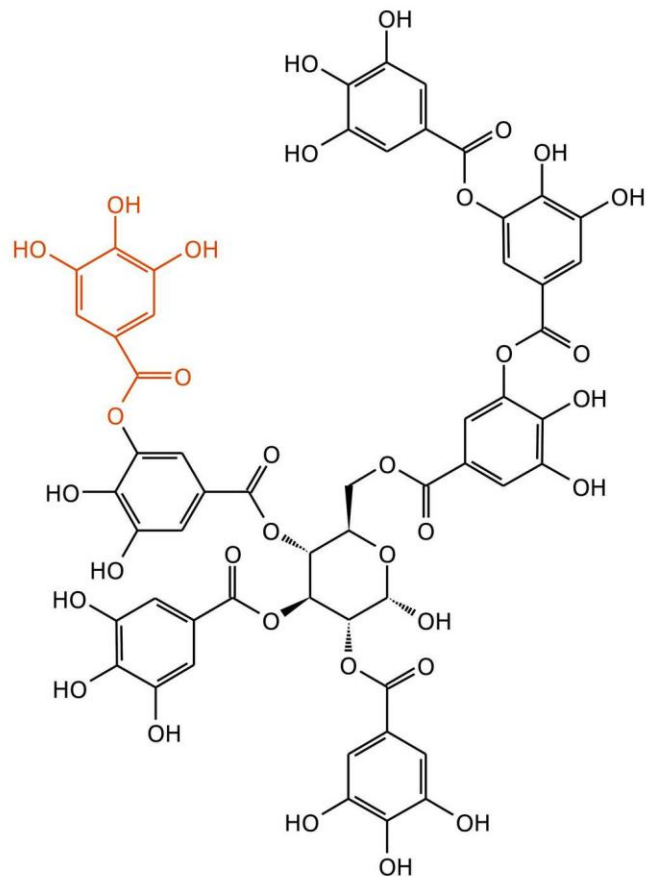


Πολυάριθμοι Δευτερογενείς Αμυντικοί Μεταβολίτες 3/3

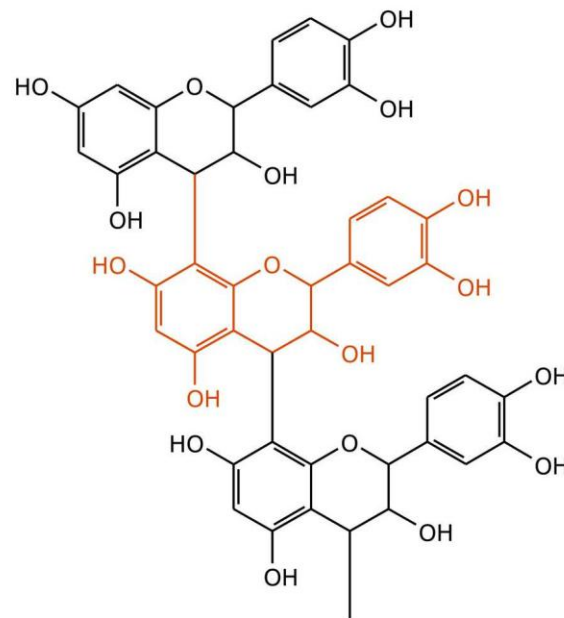
- Οι ταννίνες εάν συμπεριληφθούν στη τροφή φυτοφάγων προκαλούν ανάσχεση της ανάπτυξης και πιθανόν ακόμη και το θάνατο. Η δράση τους αυτή σχετίζεται με δύο κυρίως ιδιότητες:
 - a. Την ικανότητα να αντιδρούν και να κατακρημνίζουν αδιακρίτως πρωτεΐνες.
 - b. Την ικανότητά τους να δρουν ως προ-οξειδωτικοί παράγοντες, δηλ. να δρουν ως οξειδωτικές ουσίες αφού προηγηθεί η δική τους οξείδωση.



Αντιπροσωπευτική Δομή Ταννινών



γαλλοταννίνη
(υδρολυόμενη ταννίνη)

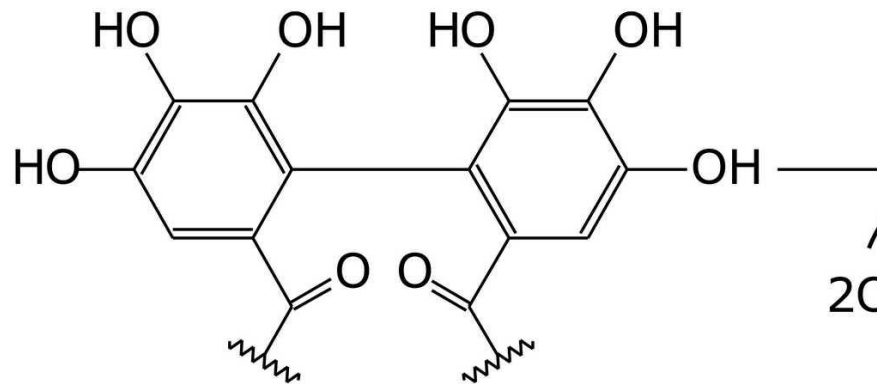


συμπυκνωμένη ταννίνη



Τα Διαδοχικά Στάδια Οξειδωσης μιας Ελλαγιταννίνης 1/4

- Παρουσία Μοριακού Οξυγόνου σε Υψηλό Ph.

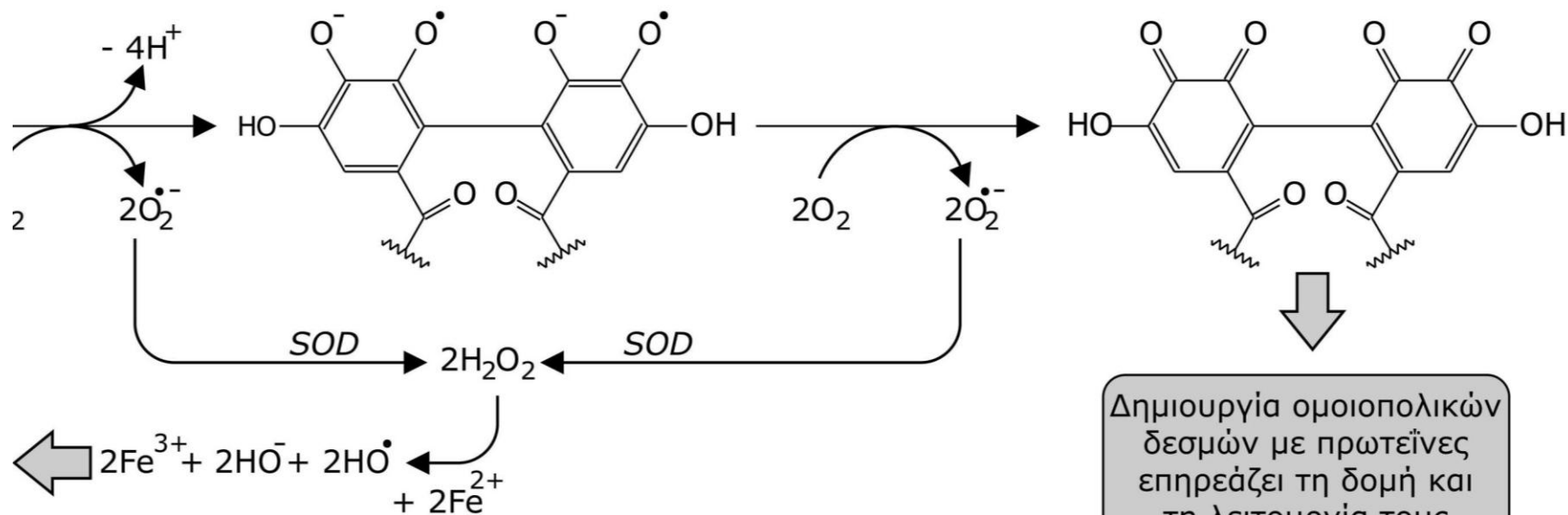


Ρίζες υπεροξειδίου του υδρογόνου προκαλούν οξειδωτική καταπόνηση μέσω καταστροφής λιπιδίων, πρωτεϊνών, κ.λπ.



Τα Διαδοχικά Στάδια Οξειδωσης μιας Ελλαγιταννίνης 2/4

- Αρχικά σχηματίζεται η ελεύθερη ρίζα της ημικινόνης και στη συνέχεια κινώνη η οποία συμπεριφέρεται ως αντιδιατροφικός παράγοντας.

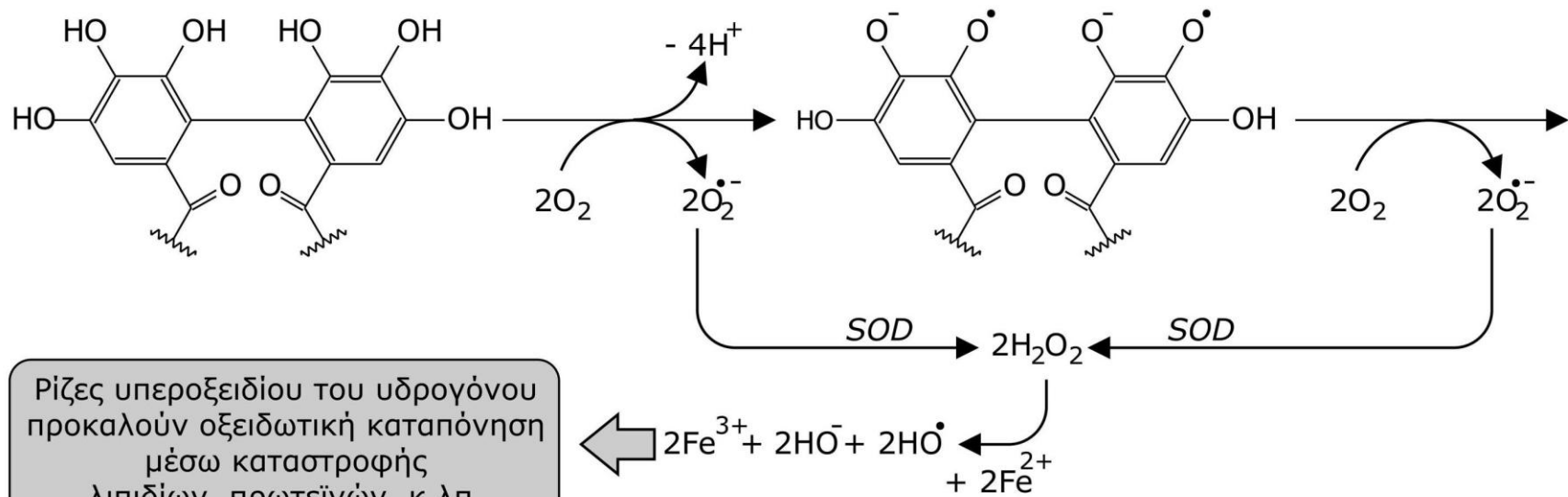


Δημιουργία ομοιοπολικών δεσμών με πρωτεΐνες επηρεάζει τη δομή και τη λειτουργία τους



Τα Διαδοχικά Στάδια Οξειδωσης μιας Ελλαγιταννίνης 3/4

- Κατά τις αντιδράσεις αυτές παράγονται ROS, είτε άμεσα, είτε έμμεσα π.χ. από την αντίδραση Fenton.

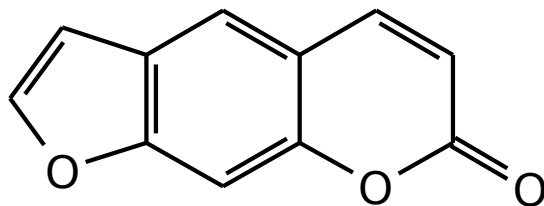


Ρίζες υπεροξειδίου του υδρογόνου προκαλούν οξειδωτική καταπόνηση μέσω καταστροφής λιπιδίων, πρωτεϊνών, κ.λπ.



Τα Διαδοχικά Στάδια Οξειδωσης μιας Ελλαγιταννίνης 4/4

- Οι φουρανοκουμαρίνες εμφανίζουν ισχυρή τοξικότητα εάν ενεργοποιηθούν από ακτινοβολία κατάλληλων μηκών κύματος (UV-A, 320-400 nm). Τα ενεργοποιημένα μόρια έχουν την ικανότητα να προσδένονται στις βάσεις πυριμιδίνης του DNA και να παρεμποδίζουν την μεταγραφή, με τελικό αποτέλεσμα τον θάνατο των κυττάρων.



ψωραλένιο

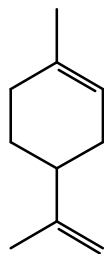


Μέλη της Ομάδας των Τερπενίων 1/3

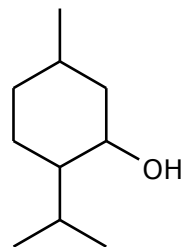
παρουσιάζουν τοξική δράση έναντι φυτοφάγων και παθογόνων.

- Ένας μεγάλος αριθμός μονοτερπενίων και παραγώγων τους αποτελούν τοξικούς παράγοντες για τα έντομα.

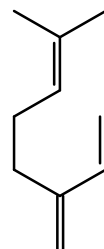
μενθόλη



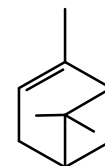
λιμονένιο



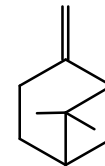
μυρκένιο



α-πινένιο



β-πινένιο

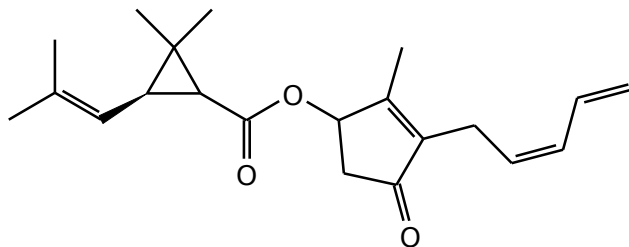




Μέλη της Ομάδας των Τερπενίων 2/3

παρουσιάζουν τοξική δράση έναντι φυτοφάγων και παθογόνων.

- Τα πυρεθροειδή, εστέρες των μονοτερπενίων, αποτελούν αποτελεσματικά εντομοκτόνα.



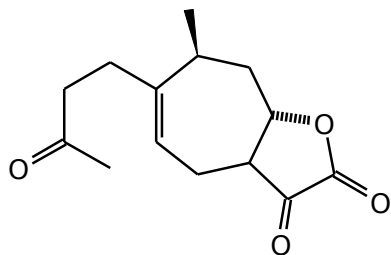
πυρεθρίνη I



Μέλη της Ομάδας των Τερπενίων 3/3

παρουσιάζουν τοξική δράση έναντι φυτοφάγων και παθογόνων.

- Οι σεσκιτερπενικές λακτόνες είναι κυκλικοί εστέρες που χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη ενός δακτυλίου λακτόνης στο μόριό τους. Αποτελούν ισχυρά απωθητικά μόρια για τα φυτοφάγα έντομα και ζώα με πικρή, δυσάρεστη γεύση.

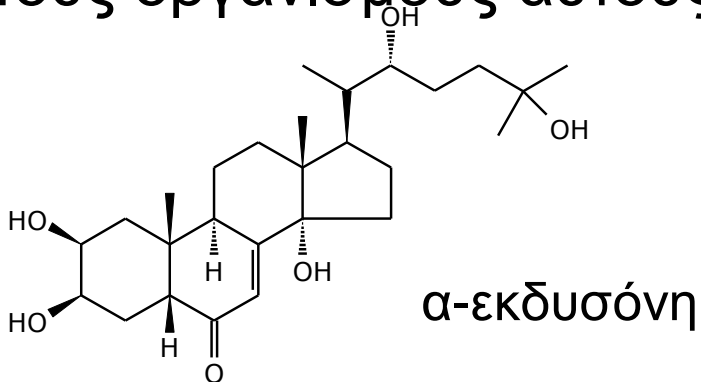


τομεντοσίνη



Τριτερπένια 1/5

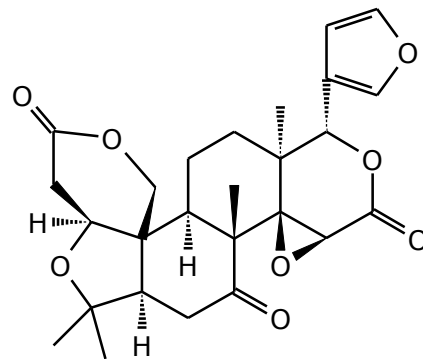
- Τα τριτερπένια αντιπροσωπεύουν μία από τις πλέον πολυπληθείς και σημαντικές ομάδες αμυντικών μεταβολιτών.
- I. Στα στεροειδή περιλαμβάνονται οι **φυτοεκδυσόνες**, των οποίων το μόριο παρουσιάζει ομοιότητα με τις ορμόνες έκδυσης εντόμων. Ως εκ τούτου λήψη τροφής η οποία περιέχει τέτοιου είδους μόρια προκαλεί διαταραχές στη διαδικασία αλλαγής του εξωσκελετού στους οργανισμούς αυτούς και τελικά τον θάνατό τους.





Τριτερπένια 2/5

- Τα τριτερπένια αντιπροσωπεύουν μία από τις πλέον πολυπληθείς και σημαντικές ομάδες αμυντικών μεταβολιτών.
- II. Τα λιμονοειδή έχουν εξαιρετικά απωθητική δράση έναντι των εντόμων και πικρή γεύση. Χαρακτηριστικοί τους εκπρόσωποι περιλαμβάνονται στα αιθέρια έλαια της λεμονιάς.



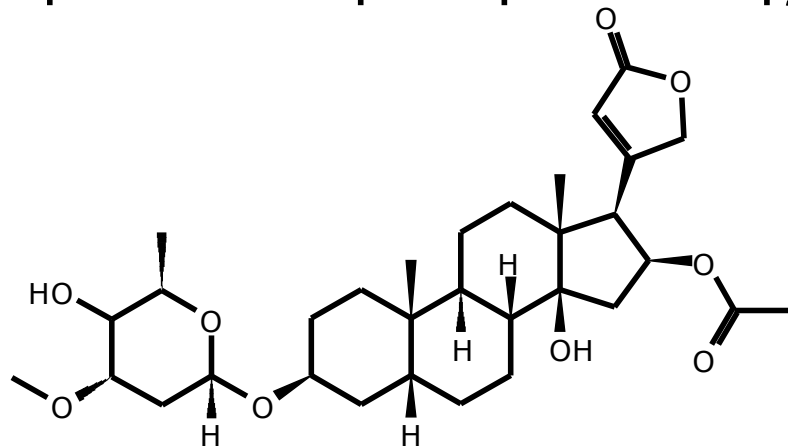
λιμονίνη



Τριτερπένια 3/5

- Τα τριτερπένια αντιπροσωπεύουν μία από τις πλέον πολυπληθείς και σημαντικές ομάδες αμυντικών μεταβολιτών.

III. Τα καρδιακά γλυκοσίδια είναι εξαιρετικά τοξικά μόρια με πικρή γεύση. Επηρεάζουν την λειτουργία των αντλιών Na/K των καρδιακών μυών. Η τοξικότητα και πικρότατη γεύση των φύλλων της πικροδάφνης οφείλεται στην παρουσία της ολεανδρίνης.



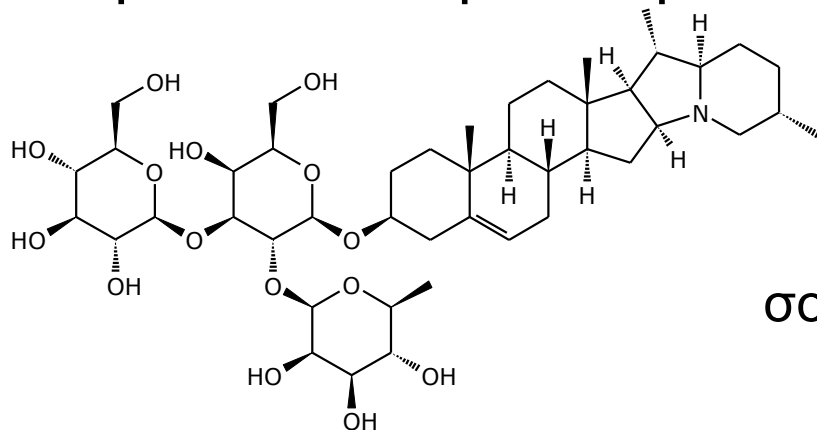
ολεανδρίνη



Τριτερπένια 4/5

- Τα τριτερπένια αντιπροσωπεύουν μία από τις πλέον πολυπληθείς και σημαντικές ομάδες αμυντικών μεταβολιτών.

IV. Οι σαπωνίνες είναι γλυκοσίδια το μόριο των οποίων παρουσιάζει χαρακτηριστικά απορρυπαντικού. Παρουσιάζουν τοξική δράση έναντι των ζώων λόγω της ικανότητάς τους να αποδιατάσσουν τις μεμβράνες και να προκαλούν αιμόλυση των ερυθρών αιμοσφαιρίων.

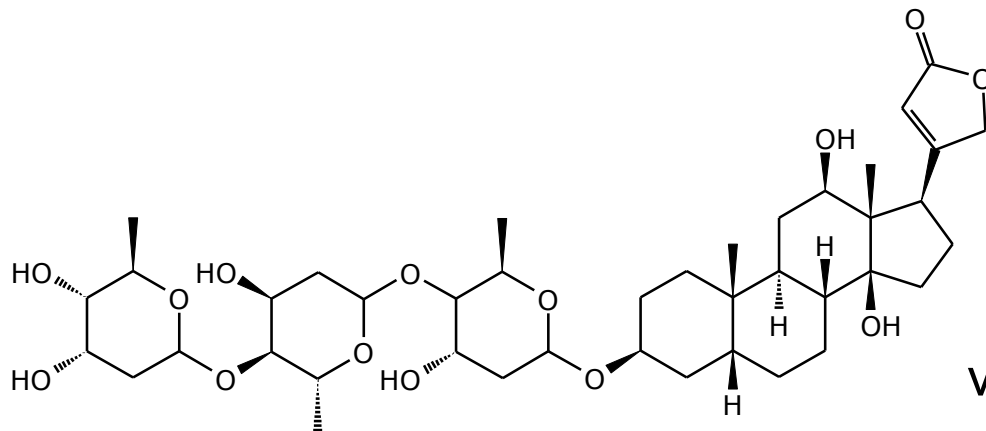


σολανίνη



Τριτερπένια 5/5

- Τα τριτερπένια αντιπροσωπεύουν μία από τις πλέον πολυπληθείς και σημαντικές ομάδες αμυντικών μεταβολιτών.
- V. Λόγω της ομοιότητας του μορίου τους προς στεροειδείς ορμόνες του ανθρώπου, οι **σαπωνίνες** χρησιμοποιήθηκαν ως πρότυπα για τη σύνθεση αντισυλληπτικών ουσιών.



ΒΙΤΙΤΟΞΙΝΗ



Αζωτούχες Ενώσεις 1/6

- Τα αλκαλοειδή αποτελούν ίσως την περισσότερη διαδεδομένη ομάδα αμυντικών μορίων (έχουν αναφερθεί περισσότερα από 50000 μέλη), με τοξική δράση έναντι κυρίως ζωικών οργανισμών, συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου. Επηρεάζουν το κεντρικό νευρικό σύστημα, λόγω της ικανότητάς τους να προσδένονται σε θέσεις νευροδιαβιβαστών.

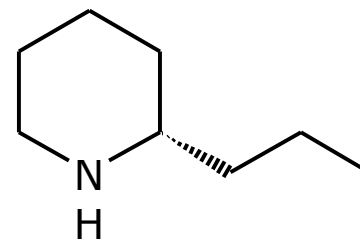


Αζωτούχες Ενώσεις 2/6

- Για τον λόγο αυτό ορισμένες από τις ουσίες αυτές (όπως η μορφίνη, η κωδεΐνη και η εφεδρίνη) χρησιμοποιούνται σε χαμηλή δοσολογία ως φάρμακα, ενώ άλλες ως διεγερτικά ή καταπραϋντικά (καφεΐνη, νικοτίνη, κοκαΐνη κλπ). Ωστόσο σε υψηλές συγκεντρώσεις ορισμένα αλκαλοειδή, όπως η στρυχνίνη, η ατροπίνη, η σολανίνη και η κωδεΐνη, αποτελούν ισχυρά δηλητήρια.



Η Δηλητηρίαση του Σωκράτη με Κώνιο



κωνιίνη

Conium maculatum



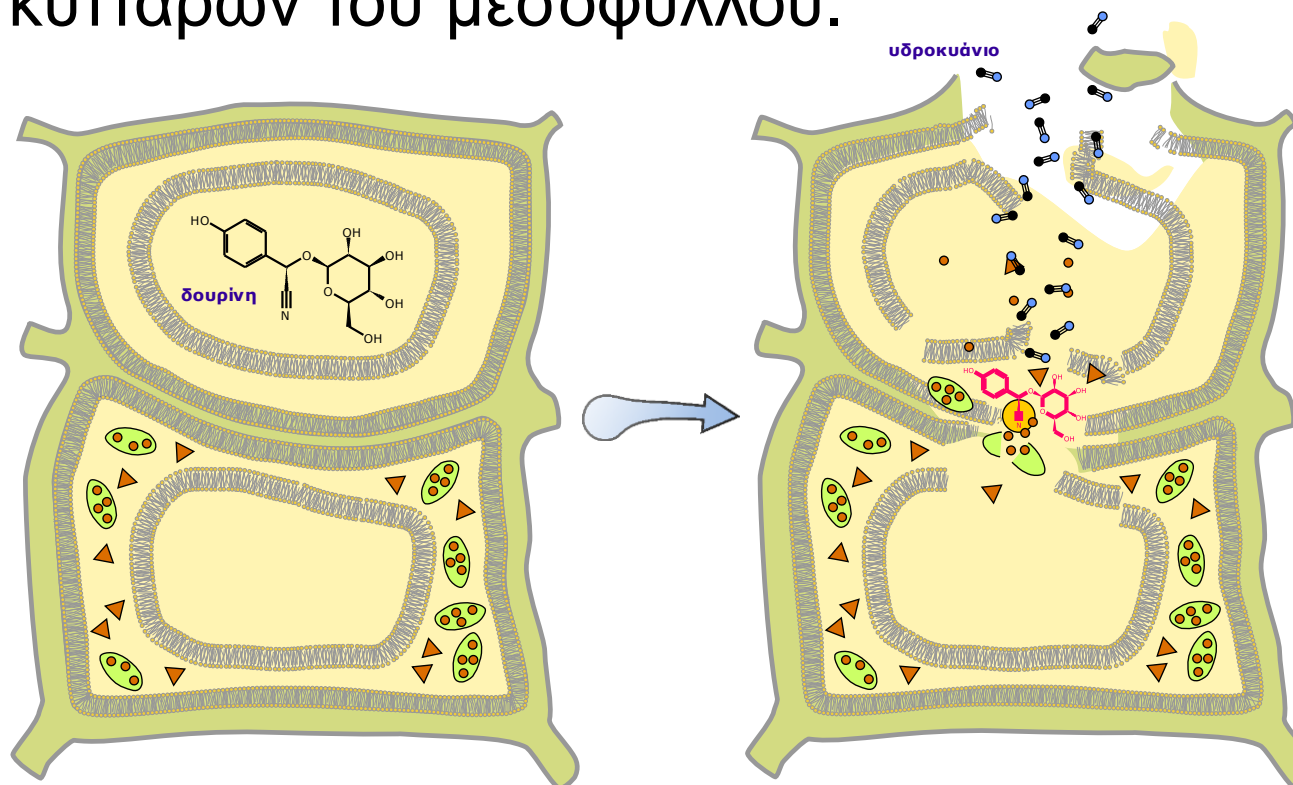
Αζωτούχες Ενώσεις 3/6

- Τα κυανογόνα γλυκοσίδια και τα θειογλυκοσίδια υπό κανονικές συνθήκες δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη τοξικότητα. Ωστόσο σε περίπτωση τραυματισμού του ιστού που τα περιέχει, διασπώνται από κατάλληλα υδρολυτικά ένζυμα τα οποία στον άθικτο ιστό εντοπίζονται σε διαφορετικά υποκυτταρικά διαμερίσματα ή κύτταρα, παράγοντας προϊόντα διάσπασης ορισμένα από τα οποία είναι εξαιρετικά τοξικά (π.χ. ρίζα κυανίου).



Κυανογόνα Γλυκοσίδια 1/2

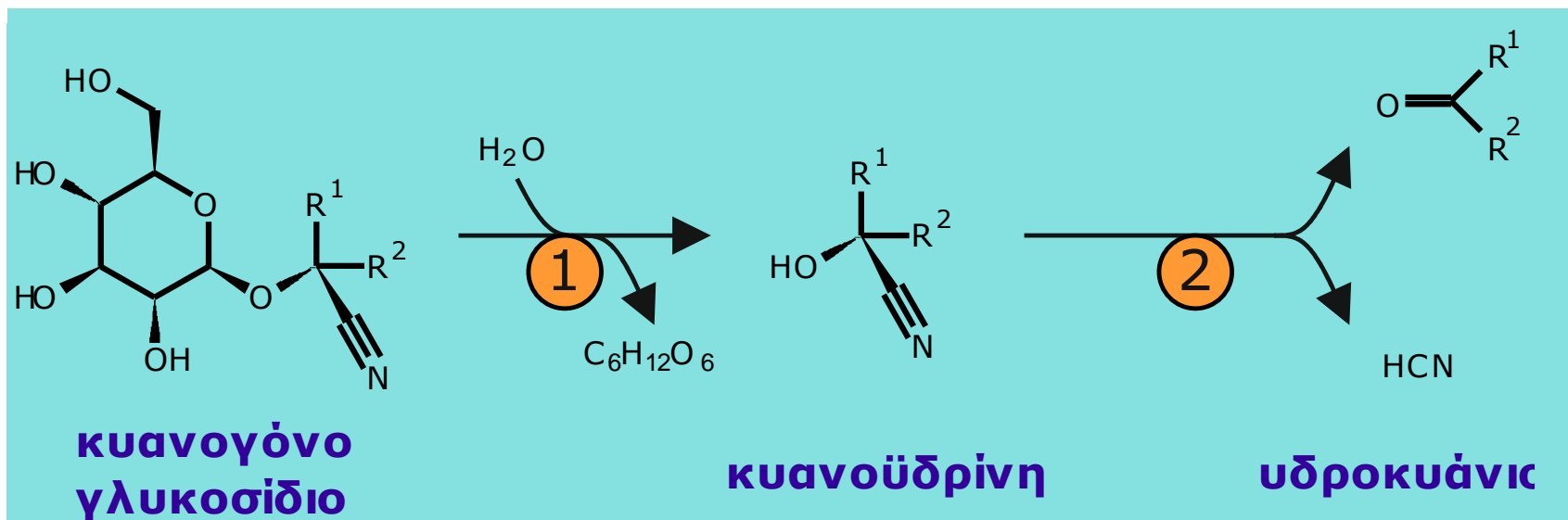
- δουρίνη στα επιδερμικά κύτταρα σόργου και τα υδρολυτικά ένζυμα γλυκοσιδάση και λυάση του υδροξυνιτριλίου στο κυτταρόπλασμα των κυττάρων του μεσοφύλλου.





Κυανογόνα Γλυκοσίδια 2/2

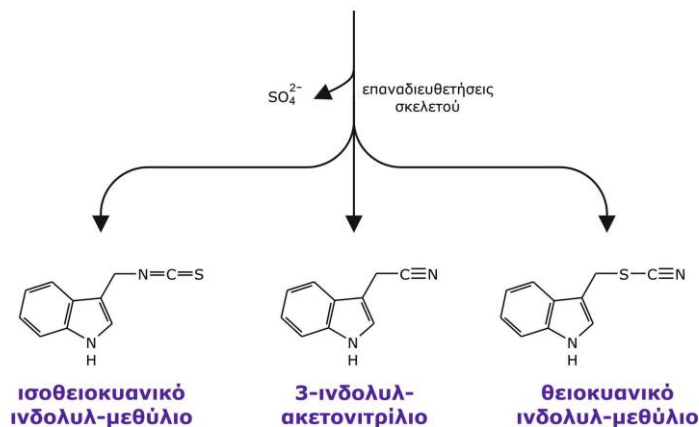
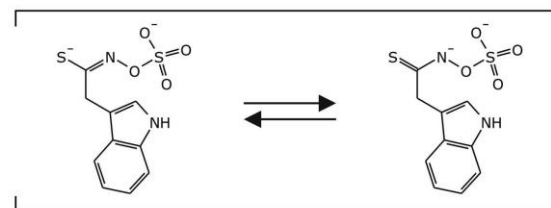
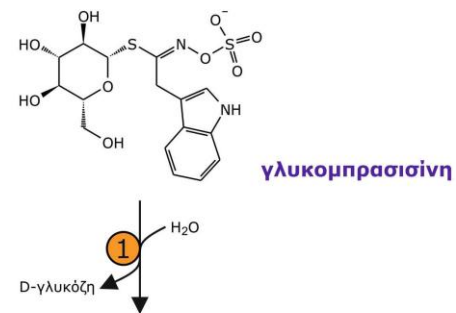
- τρόπος δράσης (1: γλυκοσιδάση και 2: λυάση του υδροξυνιτριλίου).





Αζωτούχες Ενώσεις 4/6

- Τα θειογλυκοσίδια σε υψηλές δόσεις προκαλούν ερεθισμό του στόματος και γαστρεντερικές διαταραχές.





Αζωτούχες Ενώσεις 5/6

- Ορισμένα είδη φυτών (όπως το *Canavalia ensiformis*) συνθέτουν **μη πρωτεϊνικά αμινοξέα** των οποίων το μόριο παρουσιάζει συνήθως χαρακτηριστική ομοιότητα με κάποιο από τα συνήθη απαραίτητα αμινοξέα. Η καναβανίνη π.χ. μοιάζει με την αργινίνη, η β-κυανοαλανίνη με την αλανίνη.

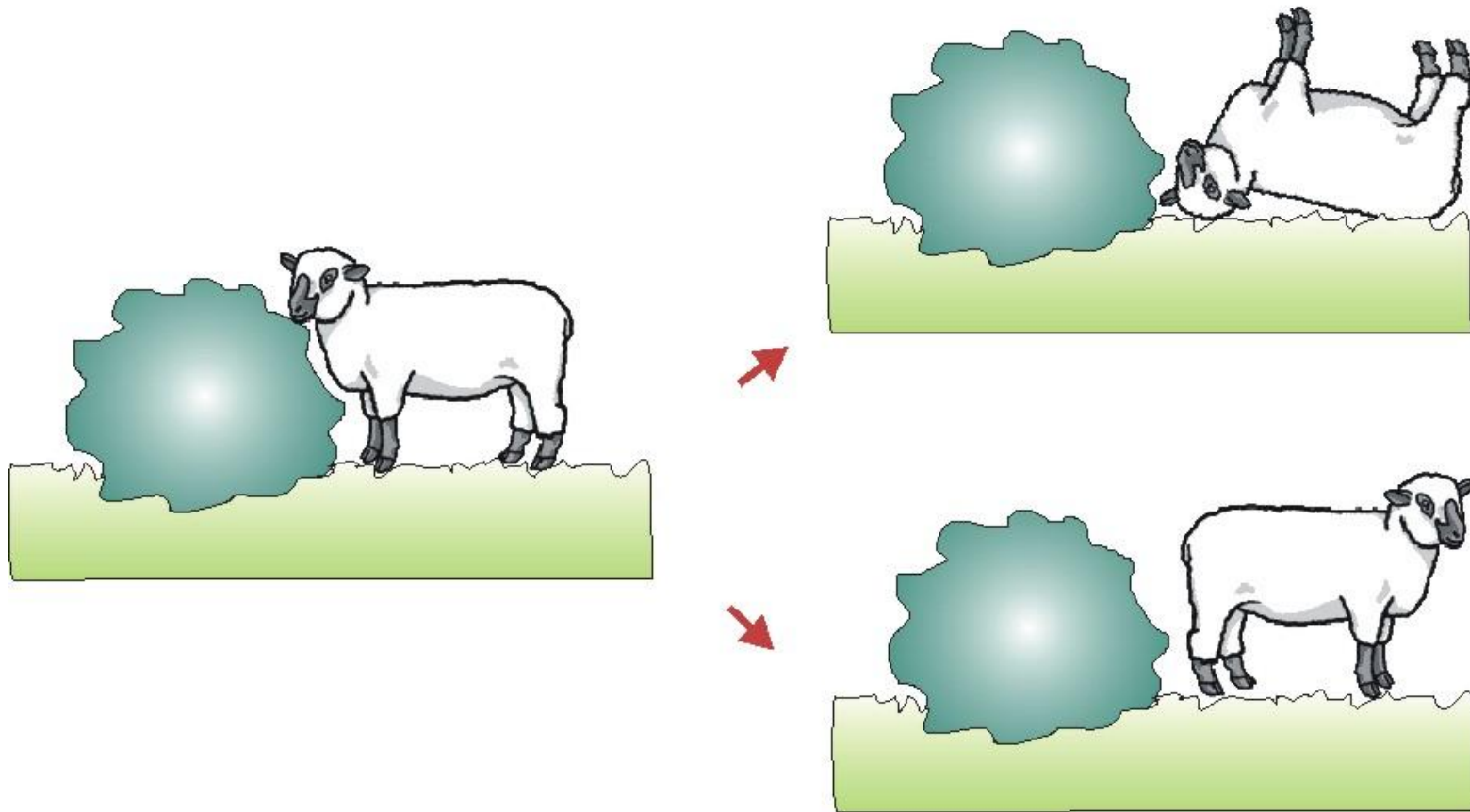


Μη-πρωτεϊνικά Αμινοξέα 1/3

- Μόρια της ομάδας αυτής συνήθως ενσωματώνονται σε πρωτεϊνικά μόρια αντί των σωστών αμινοξέων επειδή οι αντίστοιχες t-RNA συνθάσες των ζώων αδυνατούν να διακρίνουν τη διαφορά μεταξύ των μορίων.
- Η υποκατάσταση αυτή έχει ως αποτέλεσμα να συντίθενται πρωτεΐνες των οποίων η τεταρτοταγής δομή παρουσιάζεται διαφοροποιημένη, και ως εκ τούτου να διαταράσσεται η λειτουργία τους.



Μη-πρωτεΐνικά Αμινοξέα 2/3

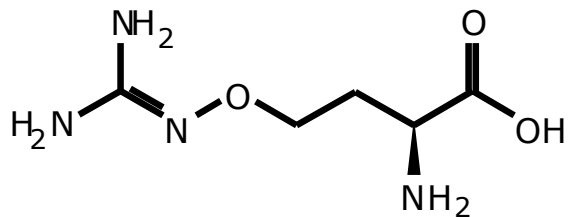




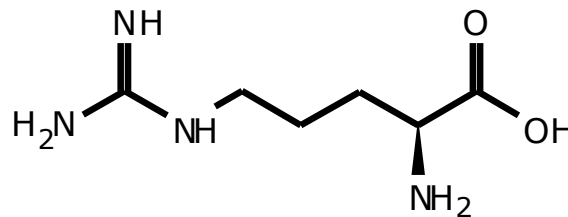
Μη-πρωτεϊνικά Αμινοξέα 3/3

μη-πρωτεϊνικά αμινοξέα

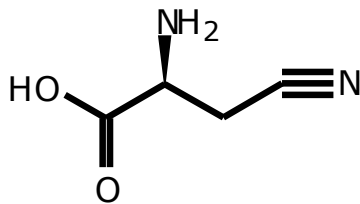
πρωτεϊνικά αμινοξέα



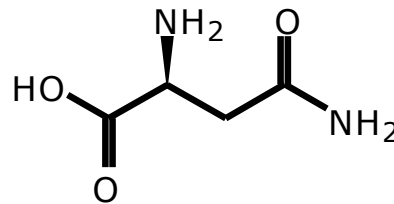
καναβανίνη



αργινίνη



3-κυανοαλανίνη



ασπαργίνη



Αζωτούχες Ενώσεις 6/6

- Οι αμυντικοί μεταβολίτες συνήθως είναι μόρια χαμηλού μοριακού βάρους. Ωστόσο ορισμένα φυτά περιλαμβάνουν στο αμυντικό τους οπλοστάσιο και μακρομόρια, κατά κανόνα πρωτεΐνες. Τα πολυπεπτιδία αυτά ονομάζονται αμυντικές πρωτεΐνες, είναι εξειδικευμένοι αναστολείς άλλων ενζύμων φυτοφάγων οργανισμών και δρουν σε εξαιρετικά χαμηλές συγκεντρώσεις.



Οι Αμυντικές Πρωτεΐνες Περιλαμβάνουν 1/2

- I. Τις λεκτίνες οι οποίες προσδένονται σε πρωτεΐνες του εντέρου και παρεμποδίζουν την πρόσληψη των θρεπτικών συστατικών της τροφής. Οι λεκτίνες επίσης παρουσιάζουν την ικανότητα να προσδένονται εκλεκτικά στη χιτίνη, το υδατανθρακικό πολυμερές που σχηματίζει τον εξωσκελετό των εντόμων και τα κυτταρικά τοιχώματα ορισμένων μυκήτων.



Οι Αμυντικές Πρωτεΐνες Περιλαμβάνουν 2/2

- II. Τις χητινάσες, ένζυμα τα οποία υδρολύουν την χητίνη.
- III. Τους παρεμποδιστές των πρωτεϊνών και των αμυλασών οι οποίοι προσδένονται εκλεκτικά και με στοιχειομετρία ένα προς ένα στα αντίστοιχα ενζυμικά μόρια και τα αδρανοποιούν. Οι αναστολείς αυτοί είναι φανερό ότι παρεμποδίζουν την τροφοδοσία των φυτοφάγων οργανισμών με αμινοξέα και σάκχαρα.



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*



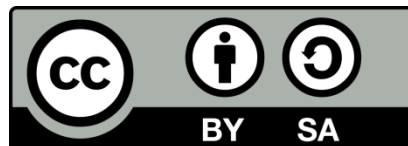
Βιβλιογραφία 12/12

- 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



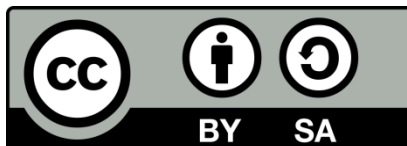
Σημείωμα Αναφοράς

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.