



# Δευτερογενείς μεταβολίτες: βιοσυνθετικές οδοί και βιολογικός ρόλος

Ενότητα 7: Χημική άμυνα II (αλληλοπάθεια).

Αικατερίνη Καραμανώλη  
Τμήμα Γεωπονίας



# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη 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.





# Χημική άμυνα II (αλληλοπάθεια)



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



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

# Περιεχόμενα ενότητας (1)

1. Αλληλοπάθεια - Γενικά.
2. Αλληλοπαθητικές ουσίες.
3. Αλληλοπάθεια στα καλλιεργούμενα φυτά.
4. Ο ρόλος της αλληλοπάθειας στην γεωργική πρακτική.
5. Εισβολή «εξωτικών» φυτών.
6. Παρασιτικά φυτά.



# Περιεχόμενα ενότητας (2)

---

7. Σημαντικότητα της ριζόσφαιρας.
8. Συμβιώσεις στη ριζόσφαιρα.
9. Αλληλεπιδράσεις παραγόντων καταπόνησης.



# Χημική άμυνα

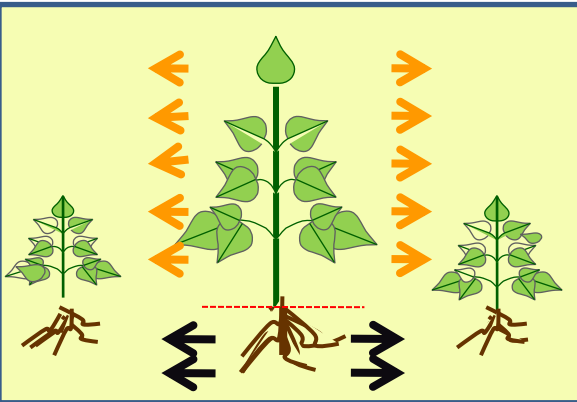
Άλλα είδη φυτών

Αλληλοπάθεια

• Αναστολή  
φύτρωσης /  
ανάπτυξης  
σποροφύτων

Αυτοπάθεια

Φυτά ίδιου είδους



# Αλληλοπάθεια (1)

## *Αλλήλων + πάθος*

Είναι το φαινόμενο βιοχημικής αλληλεπίδρασης ενός φυτικού οργανισμού από κάποιον άλλο που αναπτύσσεται συνήθως σε γειτονική θέση.



Τα αλληλοπαθητικά φυτά ελευθερώνουν χημικές Ουσίες. Είτε επηρεάζουν τη φύτευση και ανάπτυξη αρτιβλάστων κοντά στο ριζικό τους σύστημα είτε επηρεάζουν τις διεργασίες της αναπνοής, της φωτοσύνθεσης άλλων φυτών κ.λπ.


Π.χ. καρυδιά, αϋλανθος, σόργο, πεύκο, φασκόμηλο κλπ. εκκρίνουν ουσίες με ανασταλτική δράση σε άλλα φυτά.








# Αλληλοπάθεια (2)

## 4 λόγοι για τους οποίους ένα φυτό χρειάζεται ελεύθερο χώρο:

 Ένα φυτό χρειάζεται αρκετό χώμα για να αναπτυχθεί ικανοποιητικά το ριζικό του σύστημα. Ένα αλληλοπαθητικό φυτό μπορεί να το εξασφαλίσει, π.χ. καρυδιά.

 Σε οικοσυστήματα όπου το νερό μπορεί να αποτελεί περιοριστικό παράγοντα, τα αλληλοπαθητικά φυτά μπορούν να αποφύγουν τη «δίψα».

 Η ανάπτυξη φυτών σε πολύ κοντινές θέσεις προκαλεί σκίαση της φυλλικής επιφάνειας. Τα αλληλοπαθητικά φυτά μπορούν να την αποφύγουν.

 Η φωτιά αποτελεί ένα σοβαρό κίνδυνο για τα φυτά ειδικά όταν αναπτύσσονται σε κοντινές θέσεις. Τα αλληλοπαθητικά φυτά μπορούν να προστατευτούν, π.χ. πεύκο.



# Επίδραση των αλληλοπαθητικών ουσιών (1)

## Επίδραση σε:

Κυτταροδιαίρεση.  
Επιμήκυνση κυττάρων.  
Πρόσληψη θρεπτικών.  
Συγκέντρωση χλωροφύλλης.  
Φωτοσύνθεση.  
Σύνθεση πρωτεϊνών.  
Σύνθεση DNA.  
Αναπνοή.  
Διάφορες ενζυμικές λειτουργίες.

## Αλληλοπαθητική ουσία μπορεί να είναι:

Φαινολικά οξέα.

Φλαβονοειδή.

Τερπενοειδή.

Αλκαλοειδή.

Στεροειδή.

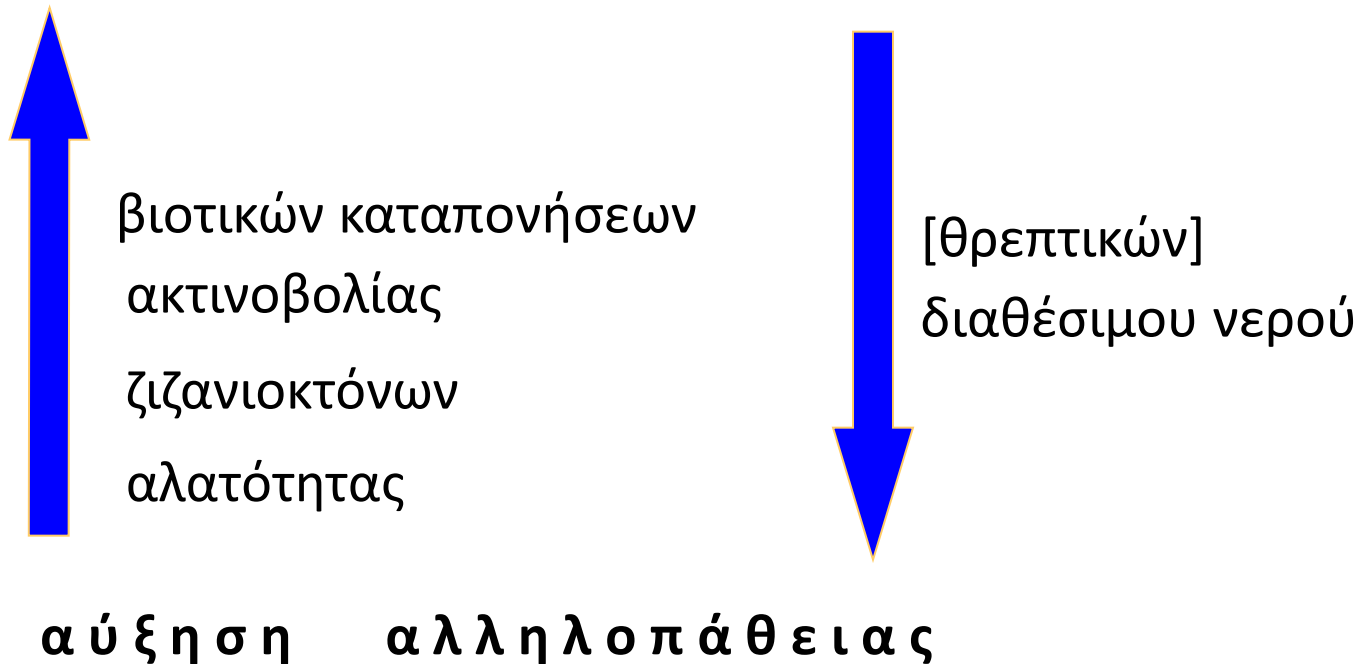
Υδρογονάνθρακες.

Αμινοξέα.

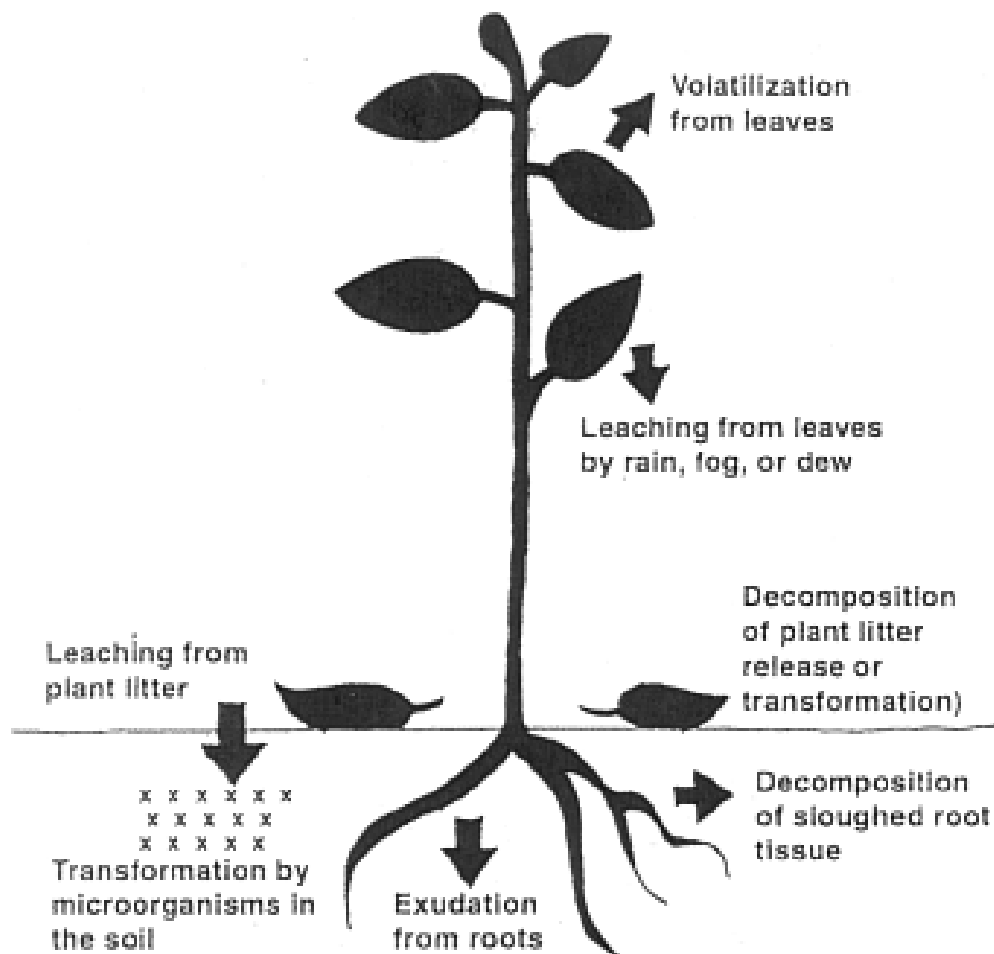
**συνεργιστική  
δράση**



# Επίδραση των αλληλοπαθητικών ουσιών (2)



# Μετακίνηση αλληλοπαθητικών ουσιών από το φυτό στο περιβάλλον



Environmental routes of entry [Chick, Kielbaso].

# Έρευνες σχετικά με την αλληλοπάθεια

Allelochemical compound	Process or enzyme inhibited	Assay species	References
Scopoletin	Photosynthesis	<i>Nicotiana tabacum</i>	Einhellig et al. (1970)
Phenolics	Chlorophyll accumulation	<i>Vigna unguiculata</i>	Inderjit and Dakshini (1992)
Vanillic, ferulic, <i>p</i> -coumaric acids	Chlorophyll accumulation	<i>Glycine max</i>	Einhellig and Rasmussen (1979)
Sorgoleone	O <sub>2</sub> evolution during photosynthesis	<i>Solanum tuberosum</i> , <i>Senecio vulgaris</i>	Nimbal et al. (1996a)
	Electron transfer between Q <sub>A</sub> and Q <sub>B</sub> during photosynthesis	Isolated chloroplasts of <i>Triticum aestivum</i> and <i>Spinacia oleracea</i>	Gonzalez et al. (1997)
	Hydroxyphenylpyruvate dioxxygenase (HPPD)	Recombinant HPPD from <i>Arabidopsis thaliana</i>	Meazza et al. (2002)
Juglone	Cell elongation	<i>Pisum sativum</i> epicotyl	Li et al. (1993)
	Chlorophyll accumulation and photosynthesis	<i>Lemna minor</i>	Hejl et al. (1993)
	Stimulates mitochondrial oxygen uptake	<i>Glycine max</i>	Hejl et al. (1993)
	HPPD	<i>A. thaliana</i>	Meazza et al. (2002)
Artemisinin, arteannuic acid	Chlorophyll accumulation	<i>Lemna minor</i>	Stiles et al. (1994)
Ferulic acid	PO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , SO <sub>4</sub> uptake	<i>Cucumis sativus</i>	Booker et al. (1992)
Syringic, caffeic, <i>p</i> -protocatechuic acids	N, K, P, Fe and Mo uptake	<i>Vigna sinensis</i>	Alsaadawi et al. (1986)
Benzoic, vanillic, cinnamic and ferulic acids	<sup>32</sup> P uptake	<i>Glycine max</i>	Baziramakenga et al. (1997)
Several alkaloids	Inhibition of DNA polymerase I reverse transcription and protein synthesis	Several species	Wink and Latz-Brüning (1995)
Benzoic, vanillic, cinnamic and ferulic acids	DNA and RNA synthesis	<i>Glycine max</i>	Baziramakenga et al. (1997)
1,8-Cineole, camphor	Cell division	<i>Cucumis sativus</i> , <i>Allium sativum</i>	Muller (1965), Romagni et al. (2000a)
1,4-Cineole	Asparagine synthetase	<i>Lactuca sativa</i> , <i>Lupinus albus</i>	Romagni et al. (2000b)
Artemisinin, santonin and parthenolide	Altered PSII efficiency	Algae	Yang (1996)
Dehydrozalanin C	Plasma membrane function (rapid leakage)	<i>Cucumis sativus</i> discs	Galindo et al. (1999)



# Αλληλοπαθητικές ουσίες από καλλιεργούμενα φυτά

<i>Avena sativa</i> (Βρώμη)	σκοπολατίνη, φαινολικά οξέα
<i>Brassica</i> sp.	θειογλυκοζίτες (γλυκοσινολίδια) και προϊόντα μεταβολισμού
<i>Hordeum vulgare</i> (Κριθάρι)	γκραμίνη, χορδενίνη
<i>Medicago sativa</i>	μεντικαρπίνη, σατιβανίνη, καναβανίνη, φαινολικά οξέα σαπωνίνες
<i>Oryza sativa</i>	λιπαρά οξέα, βενζοξαζινόνες, φαινολικά οξέα, τερπένια, φαινυλαλκανοικά οξέα
<i>Secale cereale</i>	βενζοξαζινόνες (DIBOA, BOA), φαινολικά οξέα
<i>Triticum aestivum</i> L.	βενζοξαζινόνες (DIMBOA), φαινολικά οξέα
<i>Sorghum</i> sp.	σοργολεόνη, δουρίνη και προϊόντα μεταβολισμού
<i>Trifolium</i> sp.	φαινολικά οξέα
<i>Vicia villosa</i> Roth	κυαναμίδιο



# Αλληλοπάθεια σόργου (1)



**Σοργολέονη: επιδρά και ανταγωνιστικά περιορίζει τη μεταφορά ηλεκτρονίων στο φωτοσύστημα II.**

Όμως γρήγορα μεταβολίζεται στο έδαφος, χάνει τη μεθόξυ ομάδα και την αλληλοπαθητική της δράση και γίνεται πηγή C για μικροοργανισμούς του εδάφους.





# Αλληλοπάθεια σόργου (2)



Η σοργολεόνη  
παρασκευάζεται  
και  
απελευθερώνεται  
από τα ριζικά  
τριχίδια.





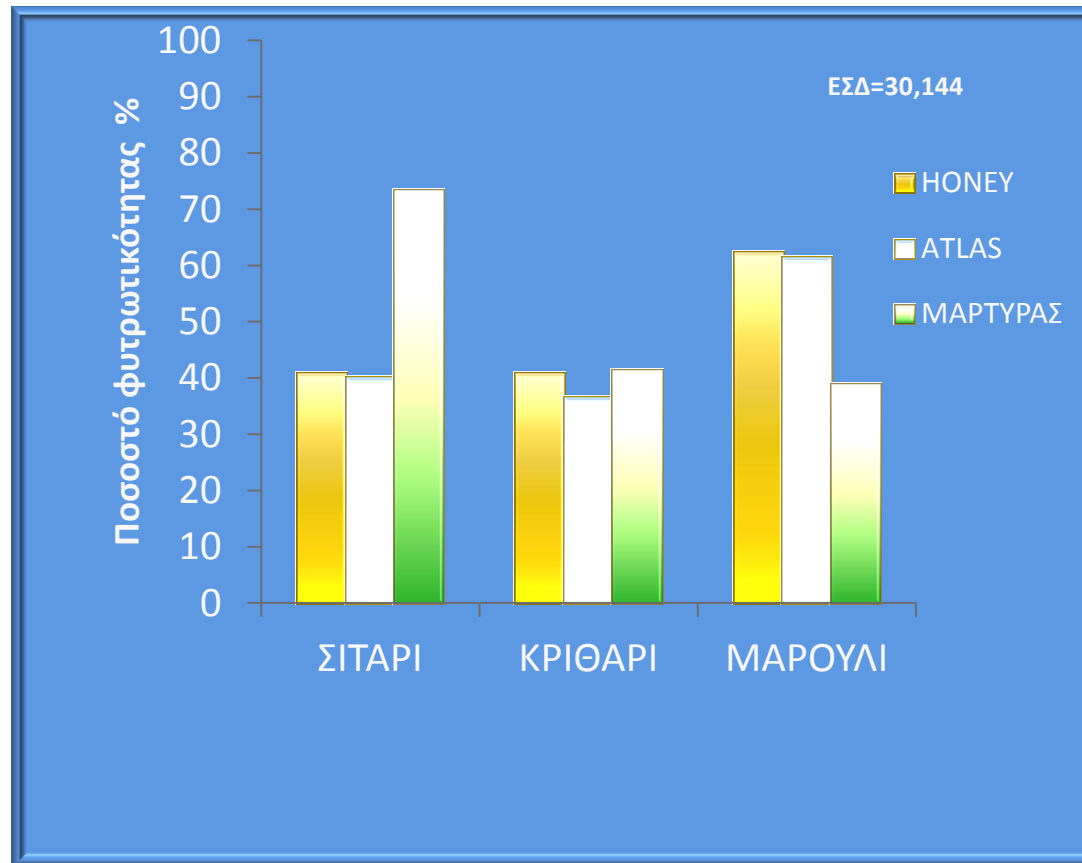
# Αλληλοπάθεια σόργου (3)



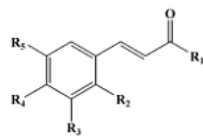
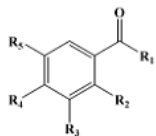
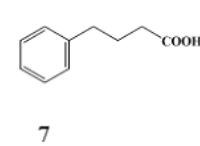
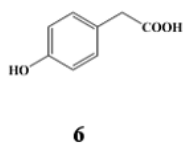
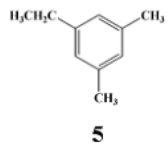
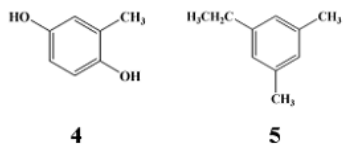
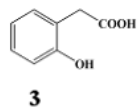
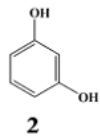
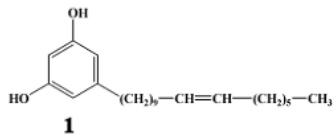
Αλληλοπάθεια σόργου στον αγρό



# Αλληλοπάθεια σόργου (4)



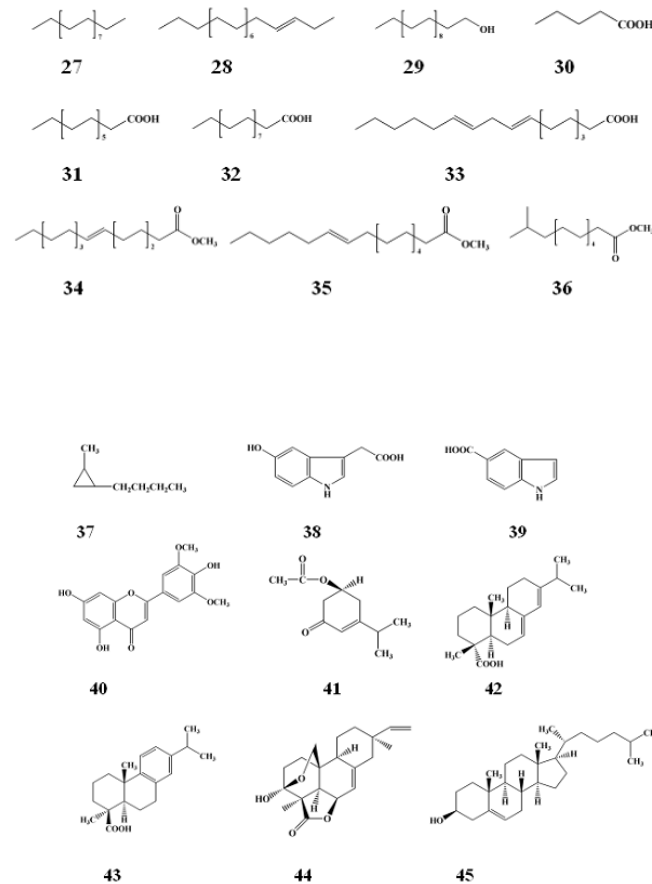
# Αλληλοπαθητικές ουσίες στο ρύζι: ποιες και πότε είναι δραστικές (1)



**1**, 5-(12-heptadecenyl)-resorcinol; **2**, resorcinol; **3**, 2-hydroxyphenylacetic acid; **4**, 2-methyl-1,4-benzenediol; **5**, 1-ethyl-3,5-dimethylbenzene; **6**, 4-hydroxyphenylacetic acid; **7**, 4-phenylbutyric acid; **8**, 4-ethylbenzaldehyde; **9**, 4-hydroxybenzaldehyde; **10**, benzoic acid; **11**, 4-hydroxybenzoic acid; **12**, 3-hydroxybenzoic acid; **13**, protocatechuic acid; **14**; gallic acid; **15**, 3-hydroxy-4-methoxybenzoic acid; **16**, vanillic acid; **17**, syringic acid; **18**, salicylic acid; **19**, gentisic acid; **20**,  $\beta$ -resorcylic acid; **21**, cinnamic aldehyde; **22**, cinnamic acid; **23**, *p*-coumaric acid; **24**, caffeic acid; **25**, ferulic acid; **26**, sinapinic acid.



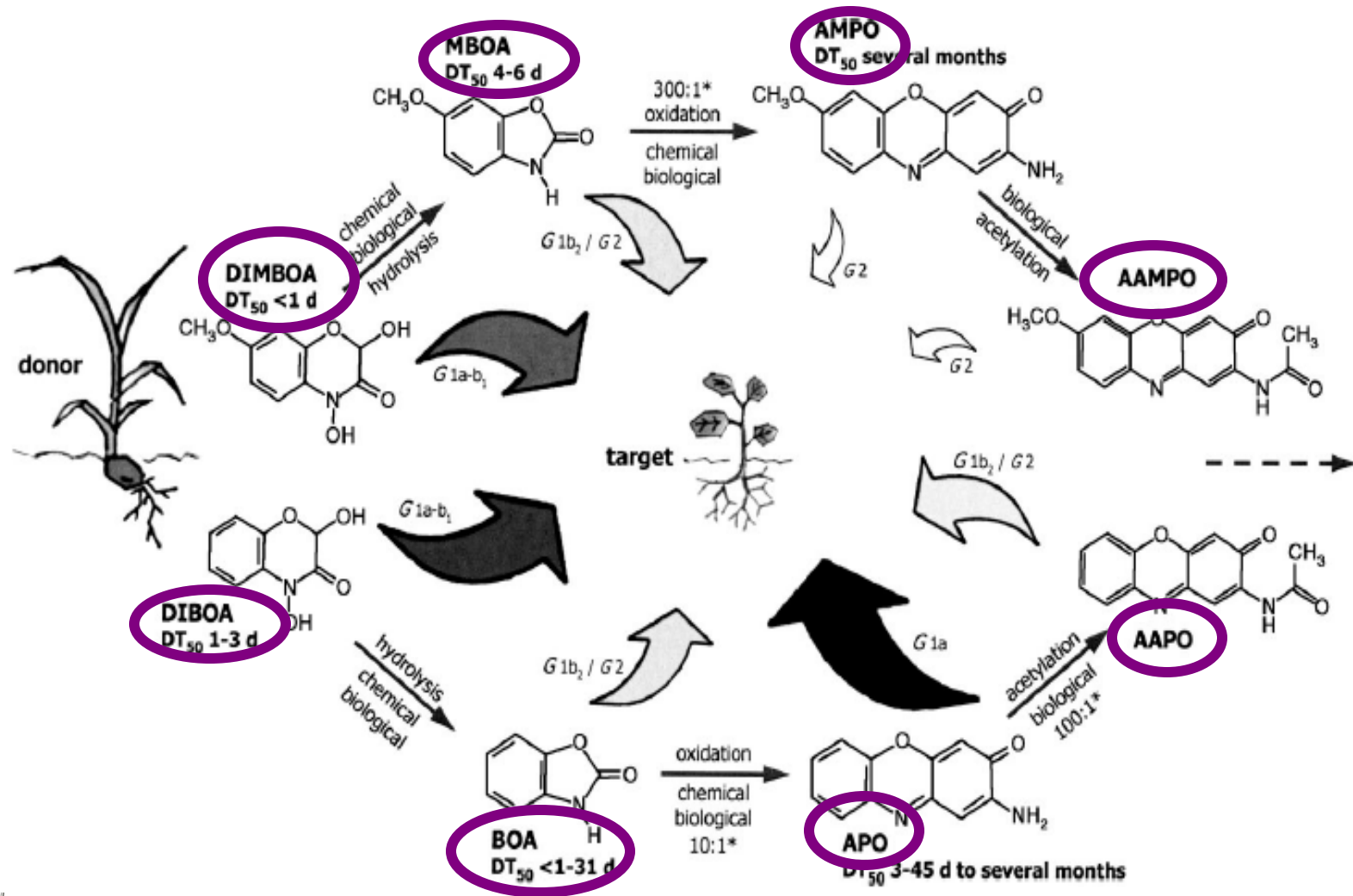
# Αλληλοπαθητικές ουσίες στο ρύζι: ποιες και πότε είναι δραστικές (2)



**27**, octadecane; **28**, 3-epicosene; **29**, 1-eicosanol; **30**, valeric acid; **31**, tetradecanoic acid; **32**, stearic acid; **33**, 9,12-octadecadienoic acid; **34**, 7-hexadecenoic acid methyl ester; **35**, 12-octadecenoic acid methyl ester, **36**, 2-methyl-tridecanoic acid methyl ester; **37**, *cis*-1-butyl-2-methylcyclopropane; **38**, 5-hydroxyindole-3-acetic acid; **39**, indole-5-carboxylic acid; **40**, 5,7,4'-trihydroxy-3',5'-dimethoxyflavone; **41**, 3-isopropyl-5-acetoxycyclohexene-2-one-1; **42**, abietic acid; **43**, dehydroabietic acid; **44**, momilactone B; **45**, cholest-5-en-3(β)-ol.



# Οκτώ διαφορετικές φυτοτοξικές ουσίες ταυτόχρονα



Δευτερογενείς μεταβολίτες: Βιοσυνθετικές οδοί και βιολογικός ρόλος

# Αλληλοπάθεια στην αλληλεπίδραση μεταξύ καλλιεργειών και ζιζανίων

Allelopathy in crop/weed interactions

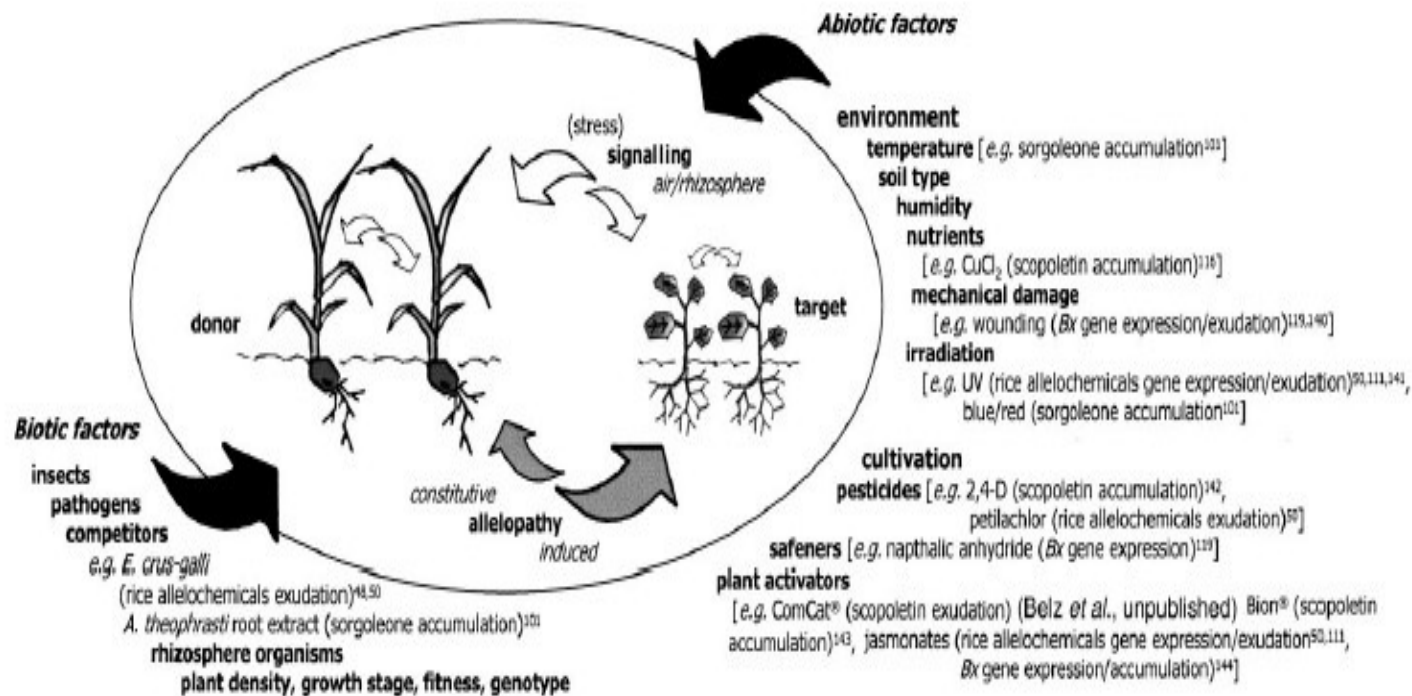


Figure 5. Theoretical scheme of crop/weed interactions including potential subprocesses and examples of putative/actual modulating factors of constitutive and induced allelopathy.

# Αλληλοπάθεια μεταξύ καλλιεργούμενων φυτών

*Καλλιέργεια μπρόκολου.*

- Αναστέλλει την ανάπτυξη καλλιέργειας κουνουπιδιού, αλλά όχι του λάχανου και του μπρόκολου.
- Μειώνει την ταχύτητα της φύτρωσης στα φυτά και των τριών ειδών.





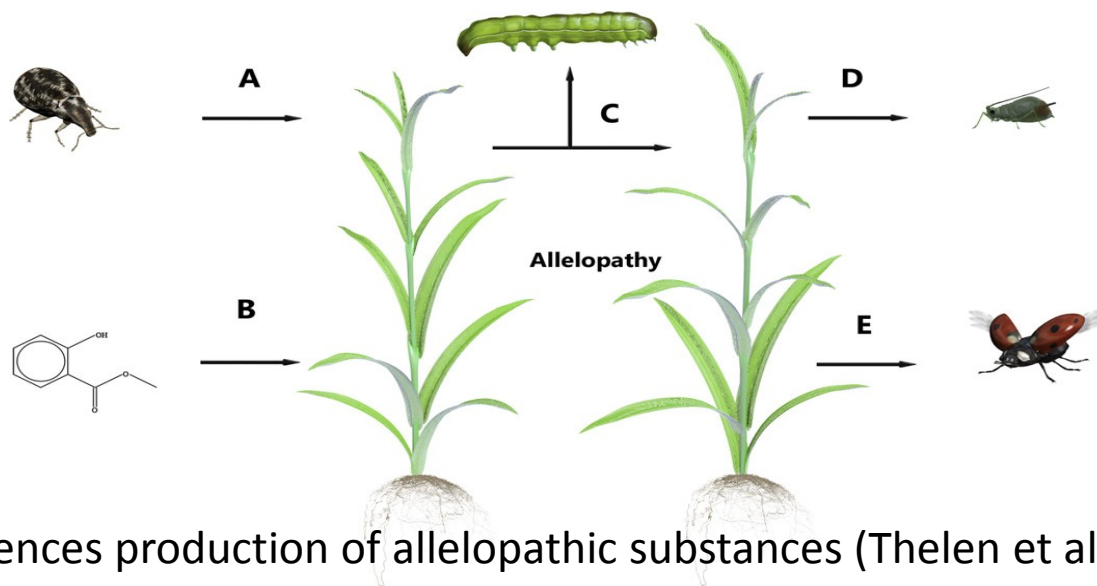
# Υπόθεση υπό διερεύνηση σχετικά με την αλληλοπάθεια

Η εκδήλωση αλληλοπαθητικής δράσης από ένα φυτό σε μια δυναμική σχέση αλληλεξάρτησης με την εκδήλωση άλλων μορφών χημικής άμυνας διαμορφώνει ένα πολύπλοκο δίκτυο χημικώς εξαρτώμενων σχέσεων μεταξύ των φυτών (π.χ. καλλιεργούμενα- ζιζάνια) και την εκπομπή χημικών σημάτων που οδηγεί και σε επαγομένη αλληλοπάθεια.





# Αλληλεπιδράσεις που συνδέουν την αλληλοπάθεια με τη συμπεριφορά των εντόμων



**(A)** herbivory influences production of allelopathic substances (Thelen et al., 2005; Kong et al., 2002).

**(B)** Chemical inducers enhance production of allelopathic substances (Bi et al., 2007).

**(C)** Chemical compounds have both allelopathic and insect behavioural activity (Bouda et al., 2001; Kong et al., 2004; Kim et al., 2006; Cipollini et al., 2008; Wang et al., 2009).

**(D)** Plants exposed to allelopathy become less attractive to herbivores (Ninkovic et al., 2002; Ninkovic and Ehman, 2009; Kellner et al., 2010; Himanen et al., 2010).

**(E)** Plants exposed to allelopathy become more attractive to herbivore natural enemies (Ninkovic et al., 2003; Glinwood et al., 2009).



# Ο ρόλος της αλληλοπάθειας στην γεωργική πρακτική (1)

Η εφαρμογή στη γεωργική πρακτική των γνώσεων που έχουν συσσωρευτεί από τη μελέτη της αλληλοπάθειας και η χρήση αλληλοπαθητικών φυτών ή/και αλληλοπαθητικών μεταβολιτών μπορεί να αποτελέσει εναλλακτική προσέγγιση, η οποία και σε συνδυασμό με την κλασσική ζιζανιοκτονία θα μπορούσε να αντιμετωπίσει προβλήματα που σχετίζονται τόσο με την αδυναμία αντιμετώπισης κάποιων ζιζανίων όσο και με την ανάπτυξη ανθεκτικότητας από κάποια άλλα.



# Ο ρόλος της αλληλοπάθειας στην γεωργική πρακτική (2)

## The role of allelopathy in agricultural pest management

(Farooq et al, 2011)

### Abstract

Allelopathy is a naturally occurring ecological phenomenon of interference among organisms that may be employed for managing weeds, insect pests and diseases in field crops.

In field crops, **allelopathy can be used following rotation, using cover crops, mulching and plant extracts for natural pest management.**

**Application of allelopathic plant extracts can effectively control weeds and insect pests.**

However, **mixtures of allelopathic water extracts** are more effective than the application of single-plant extract in this regard.

**Combined application of allelopathic extract and reduced herbicide dose (up to half the standard dose) give as much weed control as the standard herbicide dose in several field crops.**

**Lower doses of herbicides may help to reduce the development of herbicide resistance in weed ecotypes.**

**Allelopathy thus offers an attractive environmentally friendly alternative to pesticides in agricultural pest management.**



# Ο ρόλος της αλληλοπάθειας στην γεωργική πρακτική (3)

Κοινή πρακτική αμειψισποράς στην Ιαπωνία:

→ Σόγια - φαγόπυρος (*Fagopyrum esculentum*) – σιτηρό.

ή σε περισσότερο εντατικό σύστημα:

Λαχανοκομικό φυτό – φαγόπυρος – σιτηρό.

Σε κάποιες περιοχές της Καλιφόρνια:

→ Ψυχανθές – φαγόπυρος – ψυχανθές.



# Ο ρόλος της αλληλοπάθειας στην γεωργική πρακτική (4)

Φαγόπυρος: παράγει υψηλή ποσότητα βιομάζας και σε φτωχά εδάφη τα υπολείμματα της καλλιέργειας στο έδαφος περιορίζουν την ανάπτυξη ζιζανίων.

➔ Στην Ελλάδα: ψυχανθές (βίκος...) – καλαμπόκι/βαμβάκι – σιτηρό.



# Ο ρόλος της αλληλοπάθειας στην γεωργική πρακτική (5)

Προς καινούρια γενιά ζιζανιοκτόνων;;;

Δευτερογενείς μεταβολίτες υπό διερεύνηση:

**Πτητικά μονοτερπένια: κινεόλη, κιτρονελλάλη.**

Billy goat weed  
*Echinochloa crus-galli*

**Σεσκιτερπενικές λακτόνες: αρτεμισίνη, παρθενίνη.**

*Avena fatua*

**Βενζοξαζινόνες DIBOA, DIMBOA.**

*Echinochloa crus-galli, Digitaria spp*

**σοργολεόνη**

Διάφορα ζιζάνια



# Εισβολή «εξωτικών» φυτών (1)

..*Acer platanoides*, *Ailanthus altissima*, *Amaranthus retroflexus*, *Centaurea sp.*  
*Echinochloa crus-gali*, *Convolvulus arvensis*, *Cynodon dactylon*, *Hypericum perforatum*,  
*Ligustrum sp*, *Sorghum halepense*, *Tamarix sp.* (από USDA Forest Service).

....Η περίπτωση της *Centaurea sp.*

## Υπόθεση αλληλοπάθειας

- Callaway & Aschehoug (2000):

Οι δευτερογενείς μεταβολίτες του *C. diffusa* δεν είναι τοξικοί στα ενδημικά φυτά στο φυσικό τους περιβάλλον (Καύκασος), προκαλούν αναστολή φύτευσης σε φυτικά είδη της Μοντάνα.

- Baiset *al.* (2003) Science 301:1377-1380: Identified the specific allelochemical: (-)catechin

**(A) Higher concentration in *C. diffusa* soils (B) Inhibit germination of Montana grasses**





# Εισβολή «εξωτικών» φυτών (2)



Ο πληθυσμός του φυτού συνυπάρχει με άλλα ενδημικά φυτά σε Ευρωπαϊκό ενδιαίτημα. Στην Βόρεια Αμερική αναπτύσσεται ως μονοκαλλιέργεια.





# Εισβολή «εξωτικών» φυτών (3)

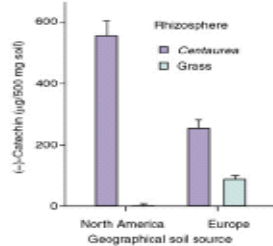
**Δύο υποθέσεις που προσπαθούν να εξηγήσουν την εισβολή «εξωτικών» φυτών σε οικοσυστήματα:**

**Novel weapon hypothesis (NWH) & allelopathic advantage against resident species hypothesis (AARS)**

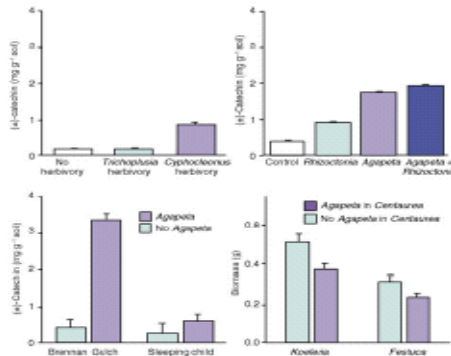


# Εισβολή «εξωτικών» φυτών (4)

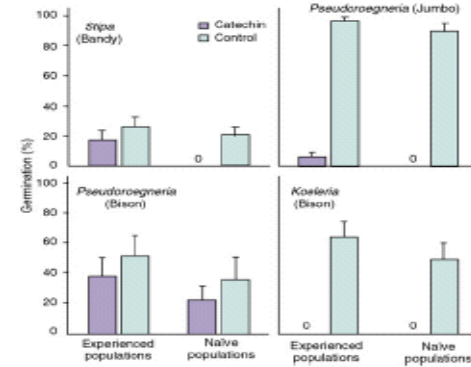
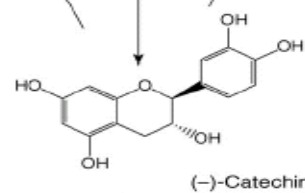
Η περιεκτικότητα σε κατεχίνη δεν είναι παντού ίδια.



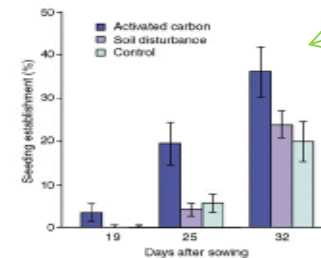
**Biogeographical variation in the exudation of (±)-catechin**  
North American soils have more than twofold higher catechin compared with native European soils.



**Herbivory stimulates the exudation of (±)-catechin**  
Effect of *Trichoplusia ni* (a naturalized generalist leaf herbivore native to Europe), *Agapeta zoegana* and *Cyphocleonus achates* (specialist insect biocontrol root herbivores) on (±)-catechin.



**Coexistence of native and *Centaurea maculosa* population**  
Germination of seeds from populations of native species that had survived the invasion of *C. maculosa* (experienced) and from populations of native species that had not experienced *C. maculosa* invasion (naïve).



**Dual role of (±)-catechin as an allelochemical and an autoinhibitor**  
Seedling establishment of *C. maculosa* seeds.

Κάποια φυτά μπορεί και να αναπτυχθούν αν έχουν προηγουμένως εκτεθεί στην κατεχίνη.

Η αυτοπάθεια είναι ένα ενδεχόμενο εκτός αν η κατεχίνη δεσμεύεται.



# Εισβολή «εξωτικών» φυτών (5)

## Πειραματικά αποτελέσματα:

Bais et al. 2002 (εργασία 1).

1. *C. maculosa* αντικατέστησε ιθαγενή είδη λόγω της συγκέντρωσης κατεχίνης στη ριζόσφαιρα.
2. Η συγκέντρωση κατεχίνης στα νέα εδάφη ήταν διπλάσια από αυτή των εδαφών της Ευρασίας.
3. Η φύτευση σπόρων *Festuca campestris* μειώθηκε με την προσθήκη κατεχίνης στο έδαφος.

Blair et al. 2005 (εργασία 2).

1. Χαμηλή συγκέντρωση κατεχίνης εκχυλίστηκε από φυτά εισβολείς *C. maculosa*.
2. Η συγκέντρωση κατεχίνης στα νέα εδάφη ήταν δύο φορές χαμηλότερη από ό,τι είχε πριν εντοπιστεί στην εργασία 1.
3. Η φύτευση σπόρων *F. campestris* μειώθηκε μόνο λίγο με συγκέντρωση κατεχίνης διπλάσια από αυτή που είχε βρεθεί αλληλοπαθητική στην εργασία 1.



# Εισβολή «εξωτικών» φυτών (6)

## Ερωτήματα:

- Δειγματοληψία πότε και πού.
- Χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ δειγματοληψίας και πειραματισμού.
- Τεχνικές διατήρησης/επεξεργασίας δειγμάτων.
- Τεχνική βιοδοκιμών.

Διαφορετικές πειραματικές συνθήκες ➡ Διαφορετικό αποτέλεσμα



# Εισβολή «εξωτικών» φυτών (7)

## Factors that may influence production, release or activity of catechin:

- Soil biota.
- Soil chemistry.
- Impact on nitrification.
- Cell wall elicitors from soil fungi.
- Biogeographic differences in neighbor sensitivity.
- Abiotic factors (e.g. light).

## Key factors that we do not know:

- Phytotoxicity through natural release.
- Evolutionary changes in impact over time in non native ranges.
- Potential for other chemicals in exudates or foliar leachates to alter or exceed in importance.
- Differences in impact of soil biota from native and non-native ranges.
- Seasonal differences in release or impact.

*TRENDS in Ecology & Evolution (2011)*

Και δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι παρακολουθούμε την ιστορία να εξελίσσεται.



# Και μια αλήθεια που δεν πρέπει να ξεχνάμε στην έρευνα...

«the natural habitat ... is far too intricate a system of influences and factors, physical and biological, to hope that there might be found a single factor controlling the complicated life of a perennial species. An explanation when it is arrived at, will be at least as complicate as the situation it seems to describe».

1950



# Παρασιτικά φυτά (1)

Περίπου 1% των ανθοφόρων φυτών είναι παρασιτικά.

**Περισσότερα από 3000 είδη αγγειόσπερμων.**

**Μπορεί να είναι:**

- **Ημιπαράσιτα υποχρεωτικά ή μη.**
- **Ολοπαράσιτα.**

**Μπορεί να είναι:**

- **Παράσιτα ρίζας.**
- **Παράσιτα βλαστού.**



# Παρασιτικά φυτά (2)



## *Striga asiatica*

Είναι υποχρεωτικό ημιπαράσιτο (ρίζα) και μπορεί να επιφέρει σημαντική μείωση στην παραγωγή καλλιεργειών όπως το καλαμπόκι. Κατάγεται από την Αφρική και απαντάται τοπικά στη Δυτικές ΗΠΑ.

© D. L. Nickrent  
Southern Illinois University



# Παρασιτικά φυτά (3)



## *Orobanche uniflora*

Ολοπαράσιτο  
(ρίζας) από την  
οικογένεια  
Scrophulariaceae,  
αν και πλέον  
κατατάσσεται σε  
ξεχωριστή  
οικογένεια,  
Orobanchaceae.



# Παρασιτικά φυτά (4)



## *Cuscuta salina*

Το γένος περιλαμβάνει περισσότερα από 100 διαφορετικά είδη ολοπαράσιτων (βλαστού).



# Παρασιτικά φυτά (5)

Σε επίπεδο οικοσυστήματος:

Τα παρασιτικά φυτά μπορεί να θεωρηθούν **θεμελιώδη** είδη.



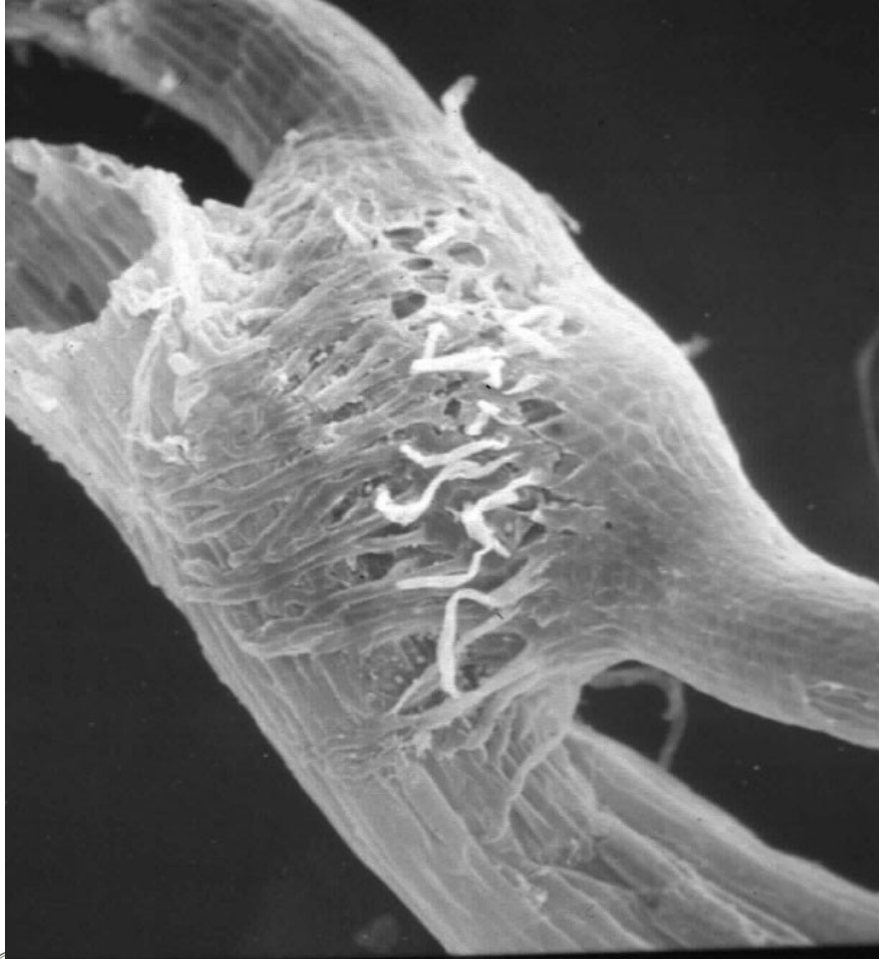
**Είδη τα οποία η επίδραση τους στο οικοσύστημα είναι δυσανάλογη σε σχέση με την συνεισφορά τους σε βιομάζα.**

Συνδέεται με την εκλεκτικότητά τους ως προς τους ξενιστές: π.χ. 1 άτομο κουσκούτας μπορεί να σχηματίσει εκατοντάδες συνδέσεις με πολυάριθμα είδη σε επιφάνεια 100m<sup>2</sup>.





# Παρασιτικά φυτά (6)



Οι ρίζες των παρασιτικών φυτών είναι **μυζητήρες (Haustoria)**

- Αναπτύσσονται κατά μήκος του βλαστού σε επαφή με το βλαστό του ξενιστή.
- Διαπερνούν τους ιστούς του ξενιστή.
- Εγκαθιδρύουν σύνδεση με το ξύλωμα και το φλοίωμα του ξενιστή.



# Παρασιτικά φυτά (7)

Υψηλές  $[H_2O_2]$  στις ρίζες του παρασίτου.

↪ Διαχέονται στη ρίζα του ξενιστή.

↪ Μετατροπή απλών φαινολικών ουσιών στις ρίζες του ξενιστή σε βενζοκινόνες.

↪ Βενζοκινόνες διαχέονται στη ρίζα του παρασιτικού αρτιβλάστου και ενεργοποιούν κατάλληλα γονίδια (ρόλος ξενογνωσινών) .

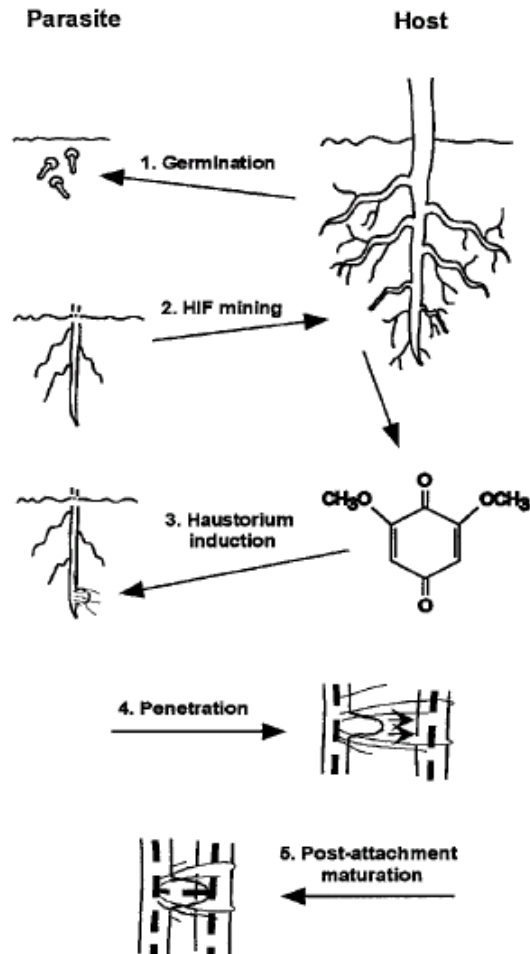
↪ Επιμήκυνση κυτταρικών τοιχωμάτων - δημιουργία μυζητήρων.

↪ Υδρολυτικά ένζυμα παρασίτου διευκολύνουν τη διείσδυση του μυζητήρα στους ιστούς του ξενιστή.

↪ Κύτταρα ηθμαγγιώδους δεσμίδας παρασίτου έρχονται σε επαφή με αυτά του ξενιστή.



# Παρασιτικά φυτά (8)



Σχέση παρασιτικών φυτών και ξενιστών.

# Χημικά σήματα παρασιτισμού

Ξενογνωσίνες:

Ουσίες συνήθως φαινολικής προέλευσης που παράγονται από έναν οργανισμό (ξενιστή) και αποτελούν το χημικό ερέθισμα για την ανάπτυξη ενός άλλου οργανισμού (παρασίτου) σε γειτονία με το πρώτο.

Επάγουν τη διεργασία δημιουργίας μυζητήρων στα αρτίβλαστα και τη σύνδεση με τους ιστούς των ξενιστή, τα μόρια αναγνώρισης που ελευθερώνονται από ένα φυτό και προκαλούν την ανάπτυξη μυζητήρων από ένα άλλο το οποίο στη συνέχεια αναπτύσσεται ως παράσιτο (όχι για όλα τα φυτά π.χ. κουσκούτα).

πχ Η στριγκόλη από *Vigna urguiculata*  
διυδροσοργολεόνη από *Sorgum bicolor*.



Βλάστηση σπερμάτων του  
παρασιτικού φυτού *Striga* sp.

Επάγει τη σύνθεση αιθυλενίου  
(η οξειδωμένη μορφή της παράγοντας αλληλοπάθειας).



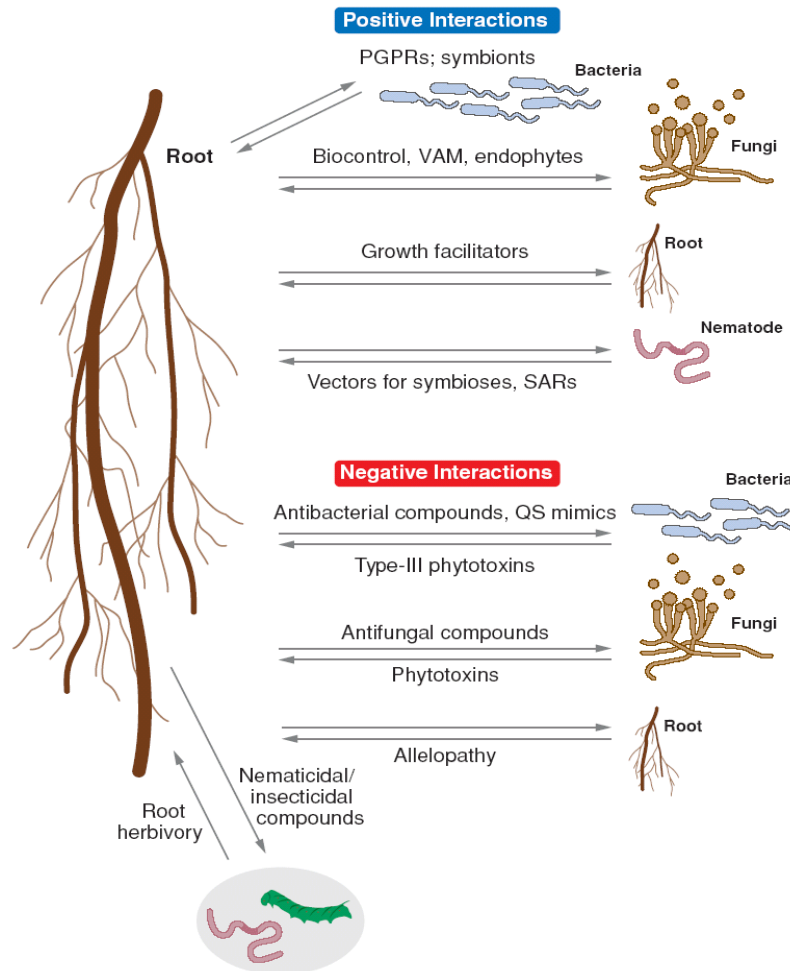


# Άμυνα των φυτών έναντι παρασιτισμού

1. Πριν τη σύνδεση του παρασίτου με μειωμένη παραγωγή σημάτων (ξενογνωσινών).
2. Κατά τη διαδικασία σύνδεσης και διείσδυσης του μυζητήρα με ενίσχυση μηχανικού φραγμού της ενδοδερμίδας (επαγόμενη απόθεση καλλόζης, φελλίνης, φαινολικών οξέων) και επαναδιευθέτηση πρωτεϊνών στο κυτταρικό τοίχωμα.
3. Μετά τη σύνδεση του μυζητήρα με το αγγειακό σύστημα του ξενιστή. Νέκρωση του παρασιτικού φυτού είτε λόγω τύλωσης είτε ;;;;



# Η σημαντικότητα της ριζόσφαιρας (1)



Δευτερογενείς μεταβολίτες: Βιοσυνθετικές οδοί και βιολογικός ρόλος

Τμήμα Γεωπονίας

# Η σημαντικότητα της ριζόσφαιρας (2)

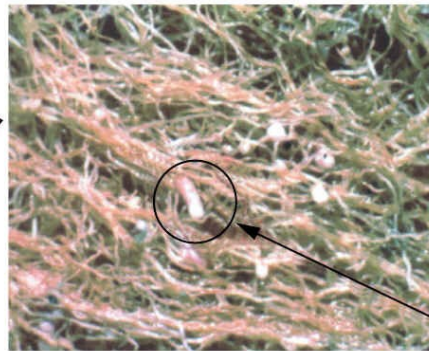
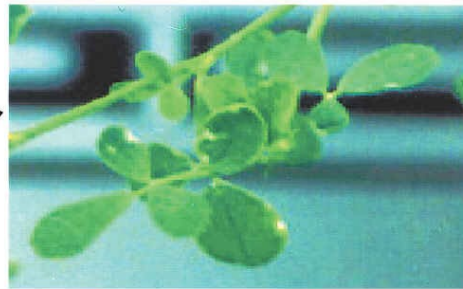
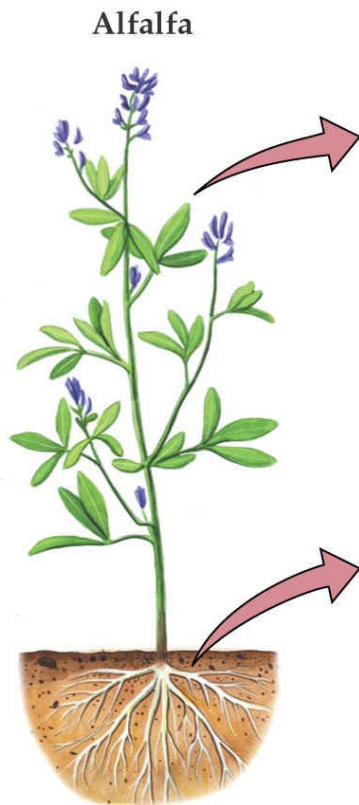
- 20% προϊόντα φωτοσύνθεσης ελευθερώνονται στη ριζόσφαιρα.
- 120 kg /ha φαινολικών ενώσεων διαφεύγουν στο έδαφος σε ένα χορτολίβαδο.

## Η σημαντικότητας του χημικού σήματος:

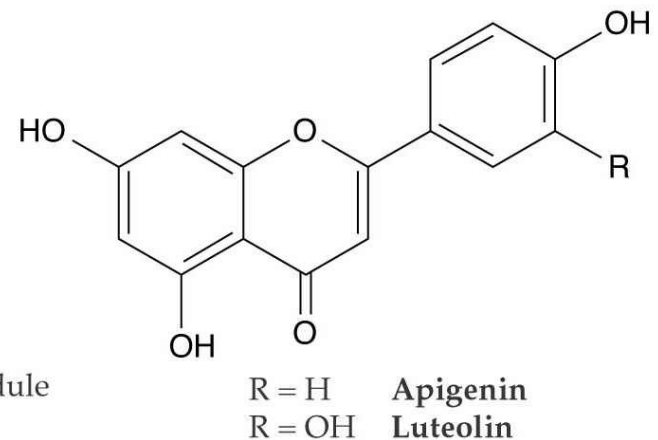
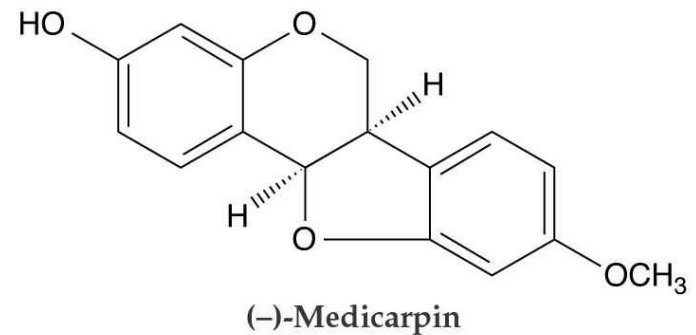
An important conclusion from several recent studies is that interactions between plants and other organisms are mediated by signal molecules that cue developmental and physiological events critical in the interaction (Baker et al., 1997).



# Ένα φυτό μπορεί να δέχεται υπόγεια και εναέρια σήματα



Nodule



Και πρέπει το φυτό να μπορεί να διακρίνει το σήμα και να συνθέτει την κατάλληλη ουσία.



# Συμβιώσεις στη ριζόσφαιρα (1)

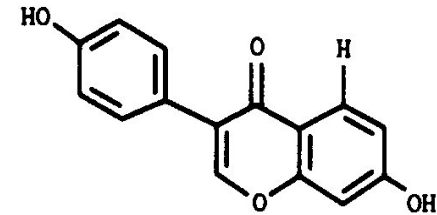
## *Φυμάτια στις ρίζες.*

- Δημιουργούνται από βακτήρια του εδάφους παρουσία φυτών.
- Φυτά της οικογένειας Fabaceae.
- Τα ένζυμα των βακτηρίων μετατρέπουν το ατμοσφαιρικό άζωτο ( $N_2$ ) gas  $\rightarrow$  νιτρικά ( $NO_3^-$ ) και αμμωνία ( $NH_3$ ).



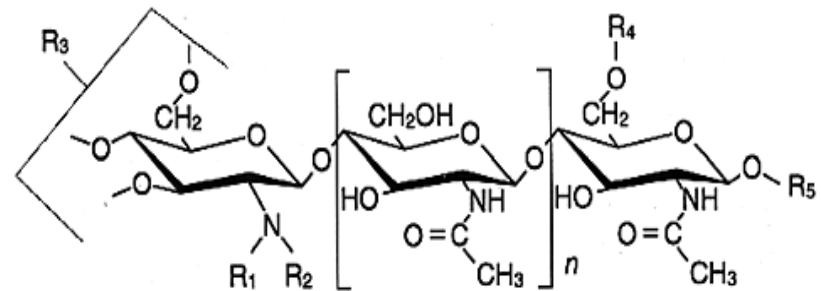
# Συμβιώσεις στη ριζόσφαιρα (2)

Η σύνθεση φυματίων περιλαμβάνει χημικά σήματα τα οποία απελευθερώνονται τόσο από το ψυχανθές φυτό όσο και από το *Rhizobium* βακτήριο.



**Flavones**

**Ολιγοσακχαρίτες**  
**Ολιγομερή χιτίνης**

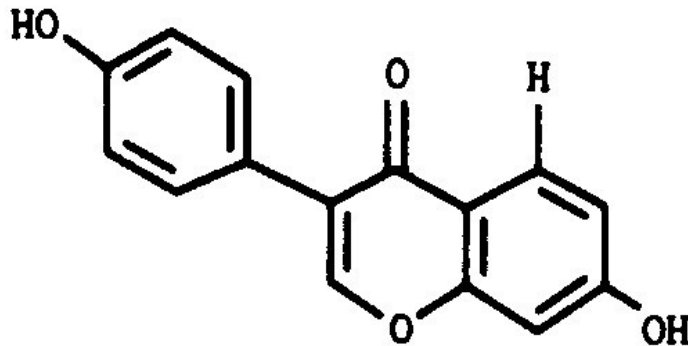


**Nod Factors**

# Συμβιώσεις στη ριζόσφαιρα (3)

Τα χημικά σήματα που απελευθερώνονται από τις ρίζες των ψυχανθών είναι φλαβόνες και ισοφλαβόνες.

Δίνουν την πληροφορία στα ριζόβια ότι κάπου κοντά υπάρχει ψυχανθές έτοιμο για δημιουργία φυματίων.



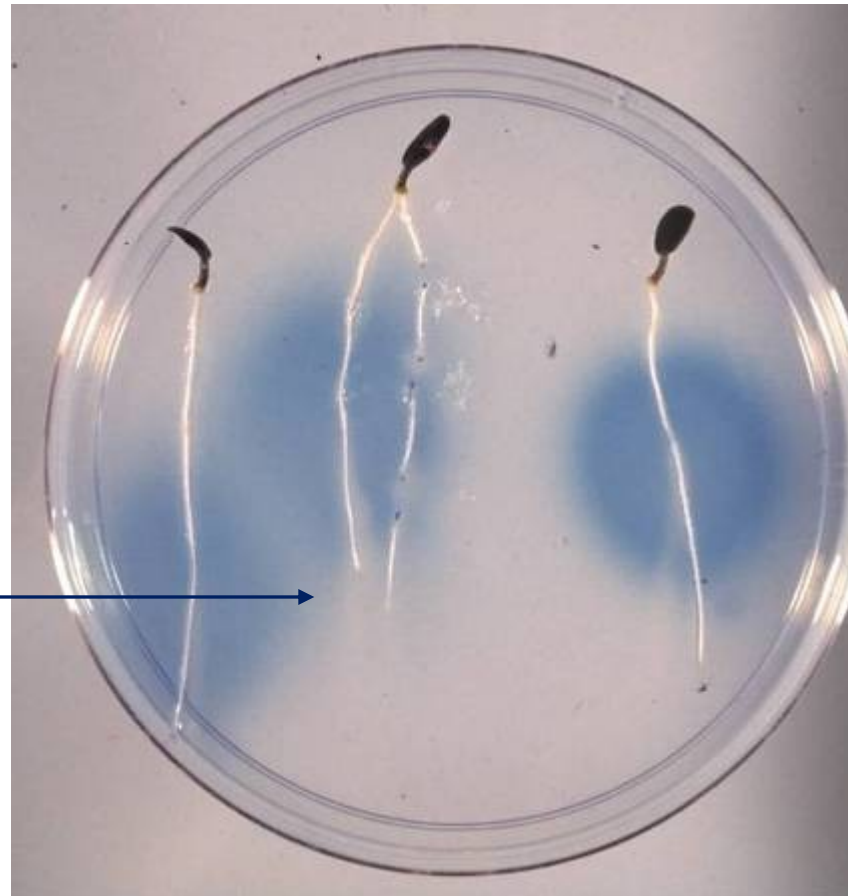
Γενιστεΐνη η ισοφλαβόνη που παράγεται από τη σόγια.





# Συμβιώσεις στη ριζόσφαιρα (4)

Τα ριζόβια έλκονται στο έδαφος από τα ψυχανθή.



*Petri dish  
contains a  
bacterial  
lawn*

*Τα βακτήρια  
γίνονται μπλε  
όταν ένα  
γονίδιο  
αναφοράς  
ενεργοποιείται  
από εκκρίματα  
των φυτών  
(φλαβονοειδή).*

# Συμβιώσεις στη ριζόσφαιρα (5)

## Δημιουργία μυκόρριζων:

Τα περισσότερα ανώτερα φυτά (95%) ζουν συμβιωτικά με μύκητες *Glomeromycota* σχηματίζοντας μυκόρριζες.

### Ωφέλειες για ξενιστή:

- Γίνεται πολύ καλύτερη πρόσληψη νερού **φωσφόρου** και αζώτου από το έδαφος.
- Παρατηρείται αυξημένη ανθεκτικότητα απέναντι σε αβιοτικές και βιοτικές καταπονήσεις .

### Ωφέλειες για μύκητα:



- 10% φωτοσυνθετικών προϊόντων χρησιμοποιούνται από το μύκητα, κυρίως σάκχαρα, τα οποία μετατρέπονται σε μανιτόλη κ.λπ.
- Παράγοντες εκβλάστησης σπορίων.

*Pinus silvestris*

# Συμβιώσεις στη ριζόσφαιρα (6)

Μυκόρριζες

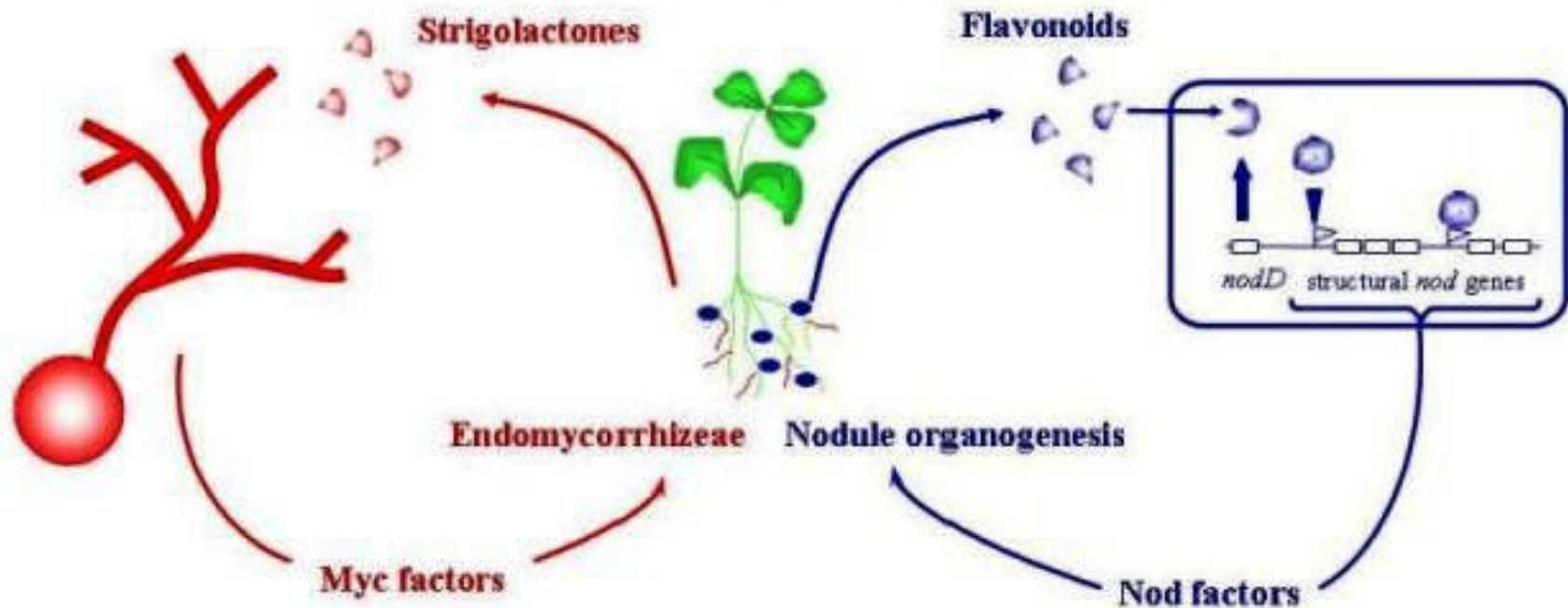
Φυτό - ξενιστής

Αζωτοδεσμευτικά βακτήρια

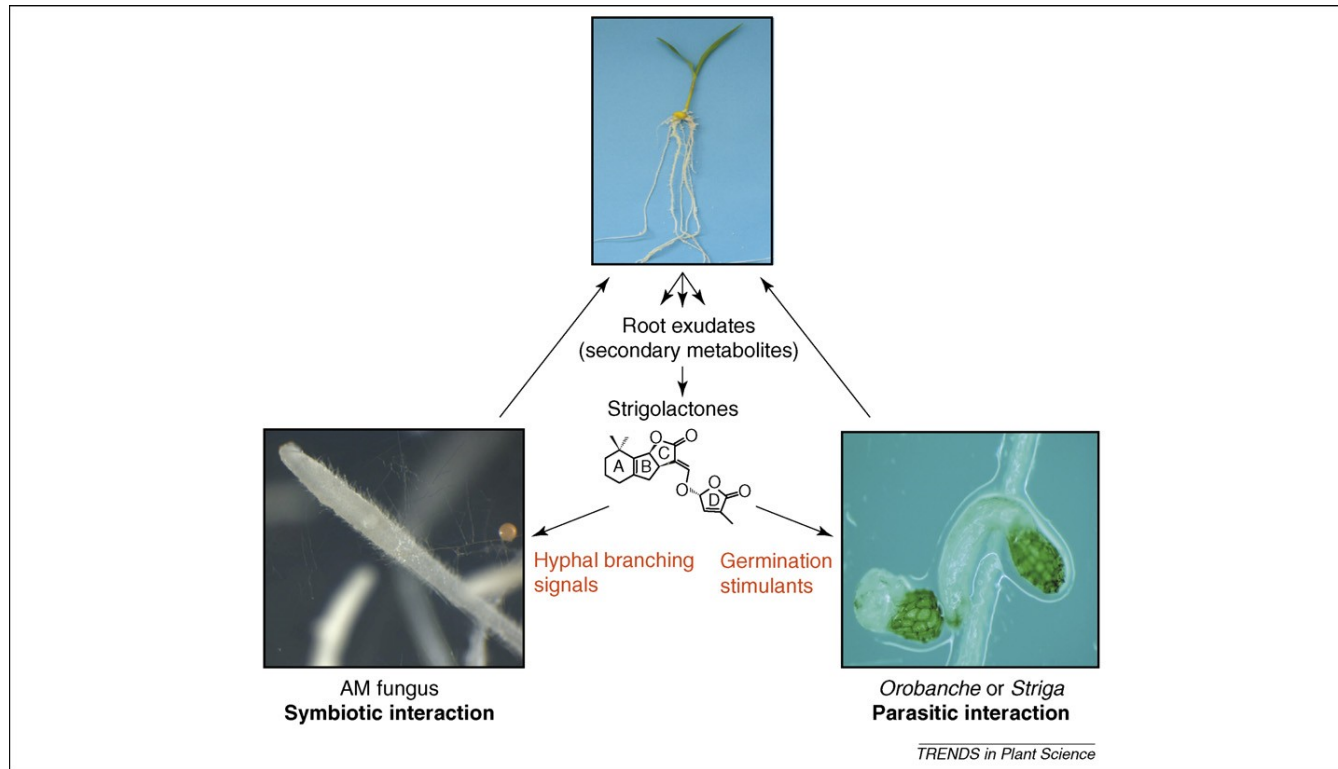
**ARBUSCULAR  
MYCORRHIZAL FUNGI**

**HOST LEGUME PLANT**

**RHIZOBIA**



# Η ίδια χημική ουσία στη ρίζα μπορεί να είναι σήμα για διαφορετικές διεργασίες



Οι  
στριγκολακτόνες  
αποτελούν το  
χημικό σήμα για  
συμβίωση με τις  
μυκόρριζες αλλά  
και προκαλούν  
φύτρωση των  
σπόρων του  
παρασιτικού  
φυτού στρίγκα  
(μέσω  
συνεξέλιξης).

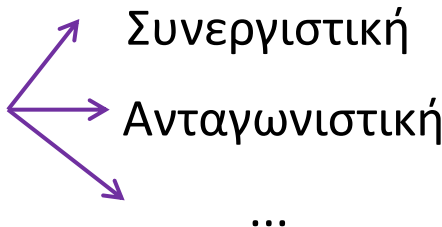
Η εγκαθίδρυση των συμβιωτικών σχέσεων οδηγεί στη μείωση απέκκρισης στριγκολακτόνης και άρα στον περιορισμό του παρασιτισμού.



# Αλληλεπιδράσεις παραγόντων καταπόνησης (1)

1. Τα φυτά υποβάλλονται καθημερινά σε παραπάνω από μία καταπονήσεις.
2. Η ρύθμιση των λειτουργιών π.χ. φωτοσύνθεση επηρεάζεται από την αλληλεπίδραση περισσότερων του ενός παράγοντα καταπόνησης.
3. Περιορισμός πόρων επηρεάζει την αντίδραση του φυτού έναντι άλλων καταπονήσεων και την τελική έκβαση.
4. Η ικανότητα αντιστάθμισης περισσότερων του ενός περιοριστικού παράγοντα καθορίζουν την εξέλιξη του φυτικού είδους στο οικοσύστημα (μέσω οικολογικής διαδοχής-ανταγωνισμού).
5. Η επίδραση ανθρωπογενών παραγόντων καταπόνησης είναι δυνατό να επηρεάζουν την επίδραση άλλων παραγόντων.

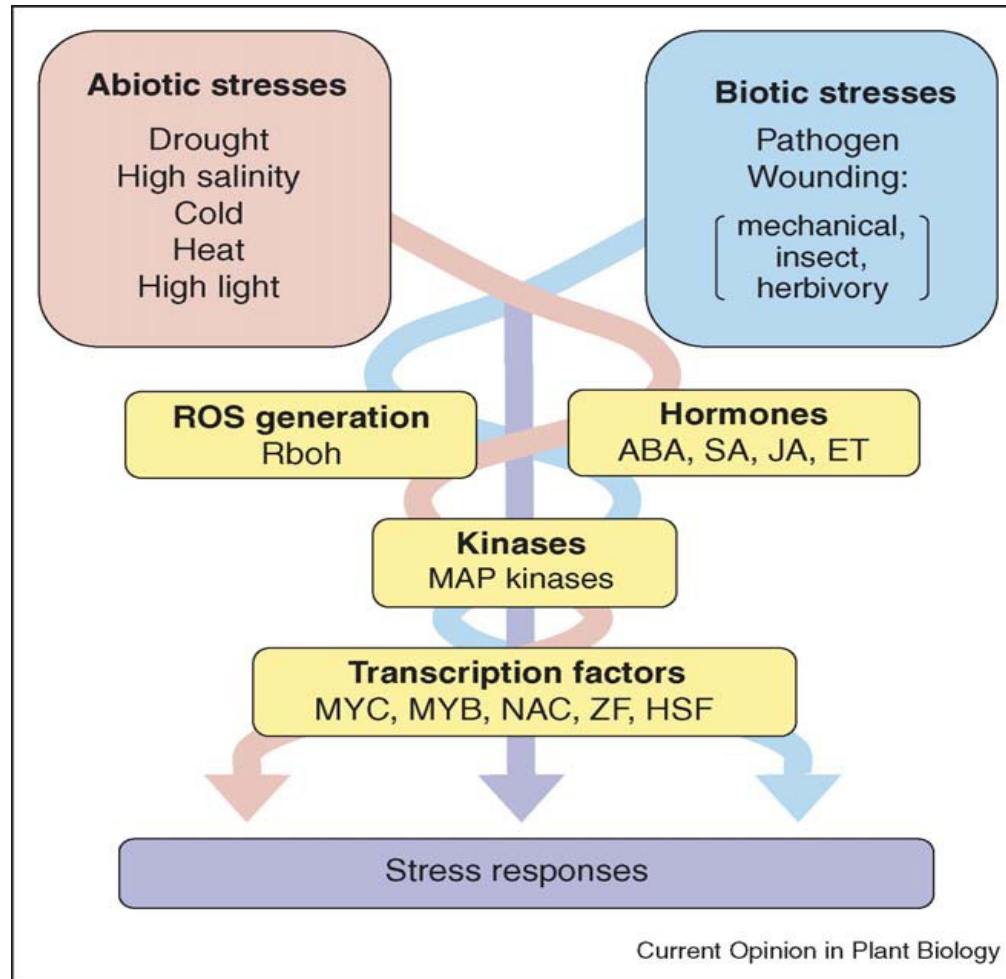
Η αλληλεπίδραση παραγόντων καταπόνησης μπορεί να είναι:



- Συνεργιστική
- Ανταγωνιστική
- ...

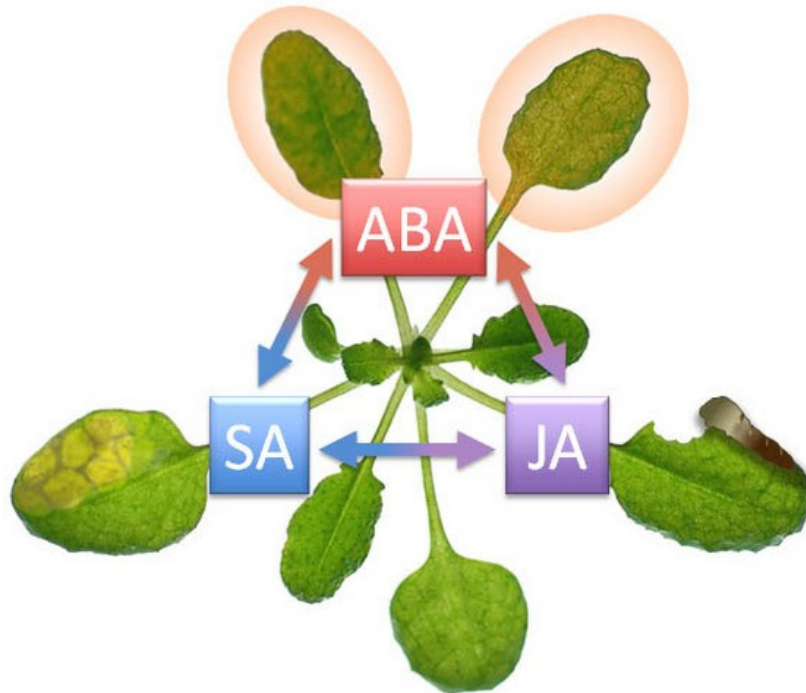


# Αλληλεπιδράσεις παραγόντων καταπόνησης (2)





# Αλληλεπιδράσεις παραγόντων καταπόνησης (3)



Σχηματική αναπαράσταση των τριών πλευρών του ανταγωνιστικού δικτύου σηματοδότησης μεταξύ των φυτικών ορμονών σε καταστάσεις καταπόνησης. Οι αποκρίσεις σε περιβαλλοντικές καταπονήσεις, ασθένειες και τραύματα που προκαλούνται από μασητικά έντομα, για παράδειγμα, ελέγχονται από το απισικό οξύ (ABA), σαλικυλικό οξύ (SA) και ιασμονικό οξύ (JA), αντίστοιχα.





# Αλληλεπιδράσεις παραγόντων καταπόνησης (4)

Η επίθεση από φυτοφάγα συνδέεται με ανάπτυξη επαγόμενων μηχανισμών άμυνας:

«These include :

- ι) Increase the physical barrier to insect feeding with the up-regulation of genes involved in cell wall remodelling .
- ιι) The induction of anti-nutritive compounds including protease inhibitors, protein cross-linking polyphenol oxidases and other enzymes .
- ιιι) The induction of a range of toxic secondary metabolites.»



# Αλληλεπιδράσεις παραγόντων καταπόνησης (5)

Κι ενώ οι ανάγκες σε ενέργεια και δομικά συστατικά είναι μεγάλες παρατηρείται μείωση του φωτοσυνθετικού ρυθμού:

«...in the majority of cases defense responses are associated with a reduction in photosynthesis .... In the case of insect infestation, decreased photosynthesis has been associated with reduced leaf water potentials caused by severed vasculature ..*enhanced water loss from wound sites ...stomatal closure ...and higher non-photochemical quenching* in photosystem II ...

***There is also accumulating evidence to suggest that reduced photosynthesis is a genetically programmed plant response.»***



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/6)

- Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:
- Εικόνες/Φωτογραφίες
- Εικόνα 1: Εκδήλωση αλληλοπάθειας. Α. Καραμανώλη, διαμόρφωση από [http://www.lookfordiagnosis.com/mesh\\_info.php?term=Allelopathy&lang=1](http://www.lookfordiagnosis.com/mesh_info.php?term=Allelopathy&lang=1)
- Εικόνα 2: Η στρωμνή του φυτού *Casuarina equisetifolia* καταστέλλει εντελώς τη βλάστηση των φυτών παρά την άφθονη βροχόπτωση στην περιοχή. <https://en.wikipedia.org/wiki/Allelopathy>
- Εικόνα 3: Περιβαλλοντικές οδοί εισόδου. [https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Alliaria Petiolata and Mycorrhiza](https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Alliaria_Petiolata_and_Mycorrhiza)
- Εικόνα 4: Έρευνες σχετικά με την αλληλοπάθεια. Inderjit and Duke, 2003.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/6)

- Εικόνα 5: Σόργο.  
[http://www.livingcropmuseum.info/CropDetail/Sorghum%20Sudangrass/living\\_crop\\_museum\\_Forage\\_Annual\\_SorghumSudangrass.htm](http://www.livingcropmuseum.info/CropDetail/Sorghum%20Sudangrass/living_crop_museum_Forage_Annual_SorghumSudangrass.htm)
- Εικόνα 6: Η σοργολεόνη απελευθερώνεται από τα ριζικά τριχίδια. Czarnota et al, 2001 Weed Technology.
- Εικόνα 7,8: Αλληλοπάθεια σόργου στον αγρό. Σαμαντζίδου Α, 2008.
- Εικόνα 9: Οκτώ διαφορετικές φυτοτοξικές ουσίες ταυτόχρονα. Belz, 2007.
- Εικόνα 10: Αλληλοπάθεια στην αλληλεπίδραση μεταξύ καλλιεργειών και ζιζανίων. Belz, 2007.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/6)

- Εικόνα 11: Αλληλεπιδράσεις που συνδέουν την αλληλοπάθεια με τη συμπεριφορά των εντόμων. Robert Glinwood, 2011.
- Εικόνα 12: European native/North American invasive. Photographs: Giles Thelen and Dean Pearson; [www.plantecology.org](http://www.plantecology.org) .
- Εικόνα 13: Η περίπτωση της *Centaurea* sp.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1360138506002792>
- Εικόνα 14: *Striga asiatica*.  
<http://parasiticplants.siu.edu/Orobanchaceae/images/Striga.asia2.JPG>



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/6)

- Εικόνα 15: *Orobanche uniflora*.  
<http://parasiticplants.siu.edu/Orobanchaceae/Orobanche.Gallery.htm>
- Εικόνα 16: *Cuscuta salina*.  
[https://hu.wikipedia.org/wiki/Aranka\\_\(n%C3%B6v%C3%A9nyemzets%C3%A9g\)](https://hu.wikipedia.org/wiki/Aranka_(n%C3%B6v%C3%A9nyemzets%C3%A9g))
- Εικόνα 17: Παρασιτικές ρίζες.  
<http://www.slideshare.net/nokbiology/ss-10395846>
- Εικόνα 18: Σχέση παρασιτικών φυτών και ξενιστών. Estrabrook and Yoder, 1998.
- Εικόνα 19: Θετικές και αρνητικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ ριζών και φυτοφάγων. Bias et al, 2006.
- Εικόνα 20: Ένα φυτό μπορεί να δέχεται υπόγεια και εναέρια σήματα.  
<http://www.uky.edu/~dhild/biochem/17/lect17.htm>



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (5/6)

- Εικόνα 21: Τα ριζοβακτήρια μεταχρωματίζονται όπου γίνεται έκλυση φλαβονοειδών. L. Pregelj, [www.cilr.uq.edu.au](http://www.cilr.uq.edu.au)
- Εικόνα 22: *Pinus silvestris*.  
[http://journeytoforever.org/farm\\_library/rayner/rayner3.html](http://journeytoforever.org/farm_library/rayner/rayner3.html)
- Εικόνα 23: Σχέση μυκόρριζων -φυτών-ξενιστών και αζωτοδεσμευτικών βακτηρίων.  
[www.agronomy.wisc.edu/symbiosis/pics/pathway.JPG](http://www.agronomy.wisc.edu/symbiosis/pics/pathway.JPG)
- Εικόνα 24: Η ίδια χημική ουσία στη ρίζα μπορεί να είναι σήμα για διαφορετικές διεργασίες.  
<http://www.eez.csic.es/pozo/Rhizosphere%20communication%20%28Bouwmeester%20et%20al%202007%29.pdf>





# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (6/6)

- Εικόνα 25: Αλληλεπιδράσεις παραγόντων βιοτικής και αβιοτικής καταπόνησης. *Current Opinion in Plant Biology*.
- Εικόνα 26: Αλληλεπιδράσεις παραγόντων καταπόνησης και ορμονών.

<http://www.riken.jp/en/research/rikenresearch/highlights/5554>



# Σημείωμα Αναφοράς

- Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Αικατερίνη Καραμανώλη. «Δευτερογενείς μεταβολίτες: βιοσυνθετικές οδοί και βιολογικός ρόλος. Χημική άμυνα II (αλληλοπάθεια)». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://opencourses.auth.gr/courses/OCRS510/>



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [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».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





# Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Χρυσάνθη Χαρατσάρη  
Θεσσαλονίκη, Εαρινό εξάμηνο 2013-2014





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

---

# Σημειώματα

# 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.

