



Ελληνική Δημοκρατία  
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό  
Ίδρυμα Ηπείρου

# Ολοκληρωμένη Φυτοπροστασία Εργαστήριο

## Ενότητα 11: Βιολογική καταπολέμηση των ασθενειών των φυτών

Δρ Δήμητρα Ζωάκη-Μαλισιόβα  
Καθηγήτρια Εντομολογίας



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ



ανοικτά μαθήματα  
open courses

Τμήμα: Τεχνολόγων Γεωπόνων

## Τίτλος Μαθήματος: Ολοκληρωμένη Φυτοπροστασία Εργαστήριο

### Ενότητα 11: Βιολογική καταπολέμηση των ασθενειών των φυτών

Όνομα Καθηγητή: Δρ Δήμητρα Ζωάκη-Μαλισιόβα

Βαθμίδα Καθηγητή: Καθηγήτρια

Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# 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 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.
- Το έργο «**Ανοιχτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Ηπείρου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
*επένδυση στην κοινωνία της γνώσης*  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



# Βιολογική καταπολέμηση των ασθενειών των φυτών



# Σκοποί ενότητας

- Αποσαφήνιση των κυριότερων μηχανισμών βιολογικής αντιμετώπισης ασθενειών των φυτών.



# Περιεχόμενα ενότητας

- Βιολογική καταπολέμηση ασθενειών των φυτών.



# Βιολογική αντιμετώπιση ασθενειών των φυτών





# Βιο-αντιπαθογονικά (1)

- Ορισμένα φυτοπροστατευτικά προϊόντα περιέχουν ως δραστική ουσία ανταγωνιστικούς ή παρασιτικούς μικροοργανισμούς
- Βιολογική αντιμετώπιση ασθενειών με έμμεση ή άμεση εφαρμογή του βιολογικού παράγοντα
  - **Έμμεση εφαρμογή:** χρήση ανθεκτικών ποικιλιών και τη διαχείριση της μικροβιακής ισορροπίας με καλλιεργητικές τεχνικές (π.χ. αμειψισπορά, κατασταλτικά εδάφη)
  - **Άμεση εφαρμογή:** εισαγωγή ανταγωνιστικών ή παρασιτικών οργανισμών ή μη παθογόνων στελεχών του παθογόνου (επαγωγή ανοσοποίησης)



# Βιο-αντιπαθογονικά (2)

- **Πλεονεκτήματα**

- Άσκηση μικροβιακής δράσης με **ανταγωνισμό** με το παθογόνο για θρεπτικά στοιχεία ή για θέση στον ξενιστή, **παραγωγή ενζύμων** (χιτινάσες, κυτταρινάσες, πρωτεάσες, περοξειδάσες), **αντιβιοτικά** (αντιμικροβιακές ενώσεις), **παρασιτισμό, μετάδοση υπομολυσματικότητας, ανοσοποίηση**
- Μικρό κόστος ανάπτυξης βιολογικών των εν λόγω φυτοπροστατευτικών προϊόντων



# Βιο-αντιπαθογονικά (3)

- **Μειονεκτήματα**
  - Εκλεκτικά αποτελεσματικοί σε ένα είδος παθογόνου
  - Η αποτελεσματικότητά τους επηρεάζεται από το περιβάλλον
  - Αργή δράση (όχι άμεσα αποτελέσματα)
  - Μικρός χρόνος ζωής κατά την αποθήκευση



# Βιολογική αντιμετώπιση των ασθενειών των φυτών (1)

- Αναφέρεται στη χρήση μικροοργανισμών
- Καταστολή της δραστηριότητας ενός φυτοπαθογόνου αιτίου
  - Αλληλεπίδραση του ξενιστού-παθογόνου-βιολογικού παράγοντα-φυσική φυτική μικροχλωρίδα
- Τελικά παρεμποδίζεται η μόλυνση ή/και περιορίζεται η εκδήλωση μίας ασθένειας



# Βιολογική αντιμετώπιση των ασθενειών των φυτών (2)

- Μη επιβίωση του μολύσματος του παθογόνου
  - **Αμειψισπορά:** καταστροφή μολύσματος στο χρόνο βάσει της ανταγωνιστικής δράσης υπαρχόντων εδαφογενών μικροοργανισμών
  - **Άροση:** περαιτέρω αποσύνθεση φυτικών υπολειμμάτων που προσβάλλονται από τα παθογόνα, για την περαιτέρω αποδιοργάνωση παθογόνου



# Βιολογική αντιμετώπιση των ασθενειών των φυτών (3)

- Προστασία των φυτικών οργάνων και ιστών
  - Παρεμπόδιση, επιβράδυνση, περιορισμός της μόλυνσης με την παρουσία κατάλληλων βιολογικών ανταγωνιστών
- Διέγερση λανθανόντων μηχανισμών αντοχής (ανοσοποίηση) των φυτών (SAR/ISR)



# Αντιμετώπιση ασθενειών των φυτών

## Βιολογική VS Χημική (1)

- Παράγοντες βιολογικής καταπολέμησης
  - Ακριβοί
  - Επίπονη εργαστηριακή έρευνα
  - Συνήθως εξειδίκευση προς τους ξενιστές
- Αγροχημικά παρασκευάσματα
  - Αποτελεσματικά βάσει κόστους τους
  - Εύχρηστα
  - Συνήθως ευρέως φάσματος



# Αντιμετώπιση ασθενειών των φυτών

## Βιολογική VS Χημική (2)

- Αγροχημικά παρασκευάσματα
  - Πρόκληση προβλημάτων οικολογικών, περιβαλλοντολογικών και στην υγεία του ανθρώπου
  - Συνεχείς εφαρμογές (ανθεκτικότητα)
  - Ευρέως φάσματος → τοξικά και για τους παθογόνους και για τους ωφέλιμους οργανισμούς





# Αντιμετώπιση ασθενειών των φυτών

## Βιολογική VS Χημική (3)

- Παράγοντες βιολογικής αντιμετώπισης
  - Μη τοξικοί για τον άνθρωπο
  - Μη ρύπανση των υδάτων
  - Μία εφαρμογή τους ενδέχεται να είναι αποτελεσματική για μεγάλο χρονικό διάστημα
  - Εξειδίκευση: δραστικοί ενάντια σε ένα ή λίγα είδη



# Μηχανισμοί ανταγωνιστικής δράσεως των βιολογικών ανταγωνιστών

- Ανταγωνισμός για θρεπτικά στοιχεία
- Παραγωγή τοξινών και αντιβιοτικών
- Παρασιτισμός
- Αποικισμός
- Ανοσοποίηση
- Συνδυασμός όλων των ανωτέρω



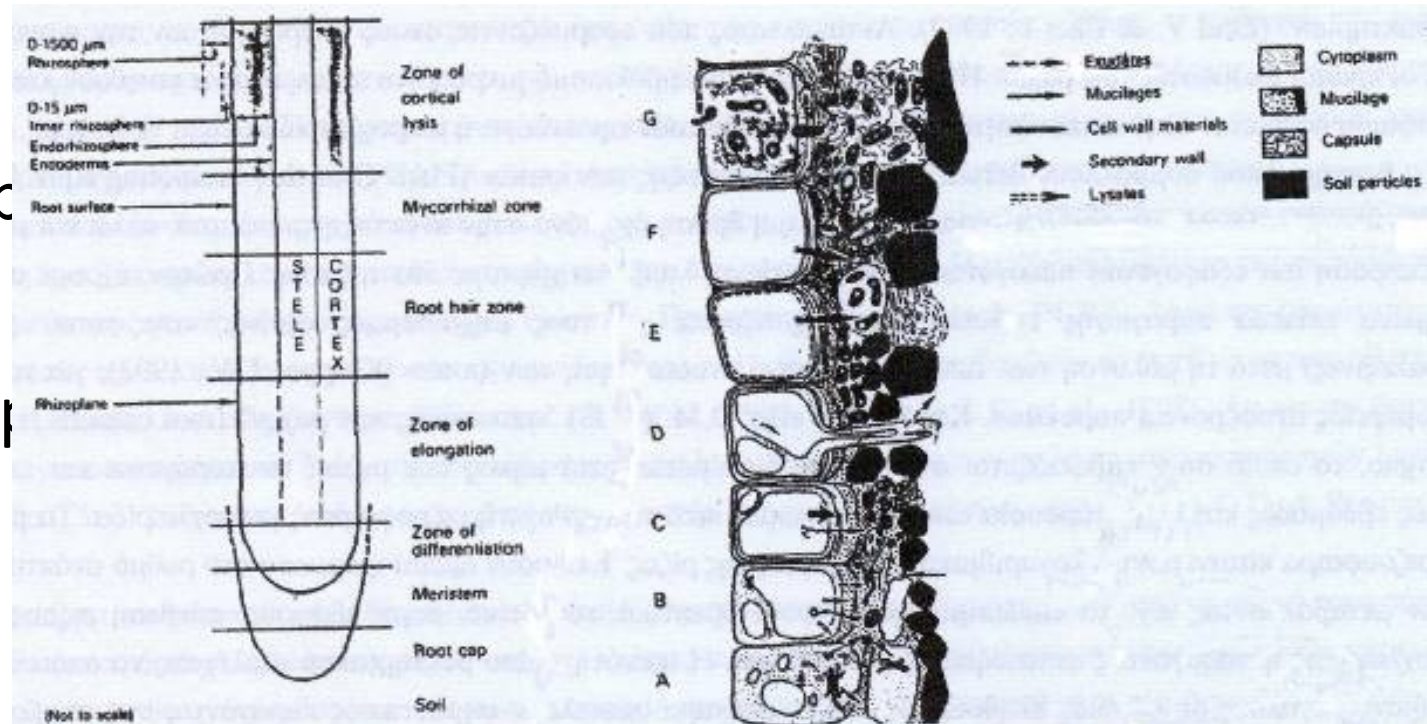
# Βιολογική αντιμετώπιση ΕΔΑΦΟΓΕΝΩΝ παθογόνων των φυτών

- **Ριζόσφαιρα:** η περιβάλλουσα έως και 1mm περιοχή της ρίζας και ακροριζίου
  - Ριζικές εκκρίσεις, μικροβιακή μικροχλωρίδα
  - Έντονες μεταβολές στη ριζόσφαιρα
    - **Μικρό χρονικό διάστημα:** δομή εδάφους, άλατα, pH, σχετική υγρασία κ.λπ.
    - **Μεγαλύτερο χρονικό διάστημα:** ανάπτυξη ρίζας, αλληλεπίδραση με άλλους οργανισμούς, περιβάλλον

# Βιολογική αντιμετώπιση ΕΔΑΦΟΓΕΝΩΝ παθογόνων των φυτών

- Ριζοβακτήρια

- *Pseudomonas* sp
- *Bacillus* spp.
- *Raenibacillus* sp





# Βιολογική αντιμετώπιση παθογόνων ΕΝΑΕΡΙΩΝ φυτικών οργάνων

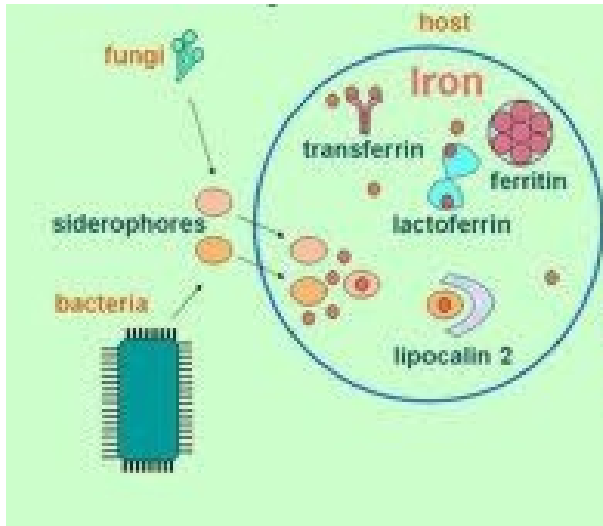
- Αξιοποίηση ανταγωνιστικών μικροοργανισμών εναντίον παθογόνων κυρίως στη φυλλόσφαιρα
- Παραδείγματα ανταγωνιστικών **μυκήτων**
  - *Ampelomyces quisqualis* εναντίον ωιδίων
  - *Candida oleophila* εναντίον *Botrytis*, *Penicillium*
- Παραδείγματα ανταγωνιστικών **βακτηρίων**
  - *Pseudomonas syringae* εναντίον *Botrytis*, *Penicillium*, *Geotrichum*
  - *Streptomyces griseoviridis* εναντίον *Alternaria*, *Phomopsis*, *Botrytis*



# Ανταγωνισμός

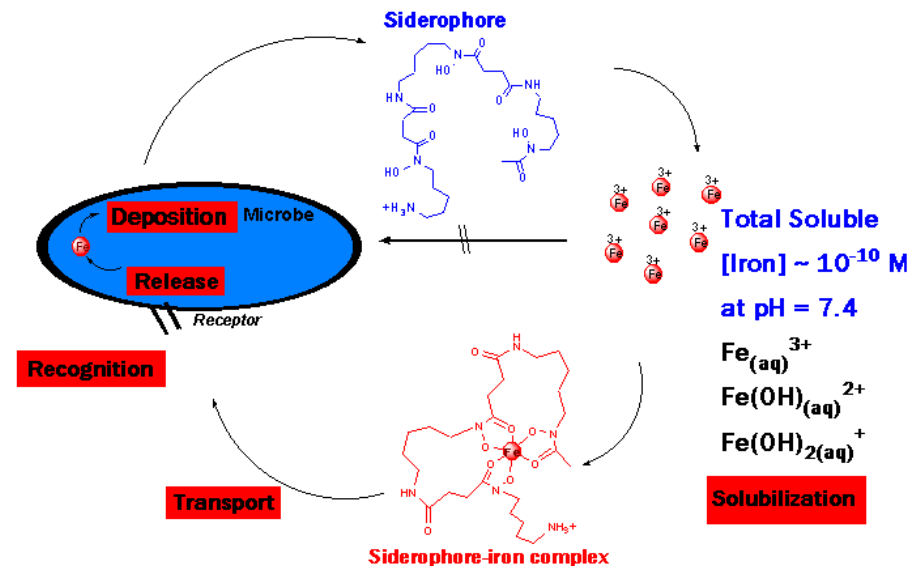
- Ανταγωνισμός μικροοργανισμών για τροφή (βασικά θρεπτικά στοιχεία) στο έδαφος, ριζόσφαιρα, φυλλόσφαιρα
- Ανταγωνισμός μεταξύ παθογόνου και βιολογικού παράγοντα με την αποστέρηση θρεπτικών συστατικών και κατ' επέκταση τη μείωση δράσης του παθογόνου
- Μεγάλος βακτηριακός πληθυσμός εγκαθίσταται στο ριζικό σύστημα των φυτών και καταναλώνουν C και N, τα οποία είναι απαραίτητα για την ενεργοποίηση των μορφών διαχείμανσης παθογόνων ή για την αποικισμό της ριζόσφαιρας
- Θρεπτικός ανταγωνισμός για το σίδηρο (**σιδηροφόροι**), που παράγονται από φθορίζουσες ψευδομονάδες και καταστέλλουν την ανάπτυξη *Pythium spp*, *Fusarium spp* κ.λπ.

# Ανταγωνισμός: Σιδηροφόροι



Σε εδάφη με χαμηλή συγκέντρωση διαθέσιμου σιδήρου, τα βακτήρια παράγουν το σιδηροφόρους (μικρού ΜΒ ενώσεις μεταφοράς τρισθενών ιόντων σιδήρου) που δεσμεύει το σίδηρο και μία πρωτεΐνη που τον μεταφέρει μέσα στο βακτηριακό κύτταρο

Βακτήριο *Pseudomonas fluorescens* ενάντια μυκήτων *Gaeumannomyces graminis var. tritici*, *Pythium spp*, *Fusarium oxysporum*





# Αντιβίωση (1)

- Παραγωγή εξειδικευμένων τοξικών μεταβολιτών μικροβιακής προελεύσεως, μυκοτοξινών, ενζυμικών λυτικών παραγόντων, αντιβιοτικά και σε μικρές ποσότητες παρεμποδίζουν την ανάπτυξη του παθογόνου
- Τα αντιβιοτικά, ένα ή περισσότερα, παράγονται κυρίως από εδαφογενείς μικροοργανισμούς, κυρίως ριζοβακτήρια
- Με τη δράση των αντιβιοτικών επιτυγχάνεται η μείωση ή παρεμπόδιση σχηματισμού πολλαπλασιαστικών μονάδων του παθογόνου ή παρεμπόδιση της ανάπτυξης  
ΤΟΥ



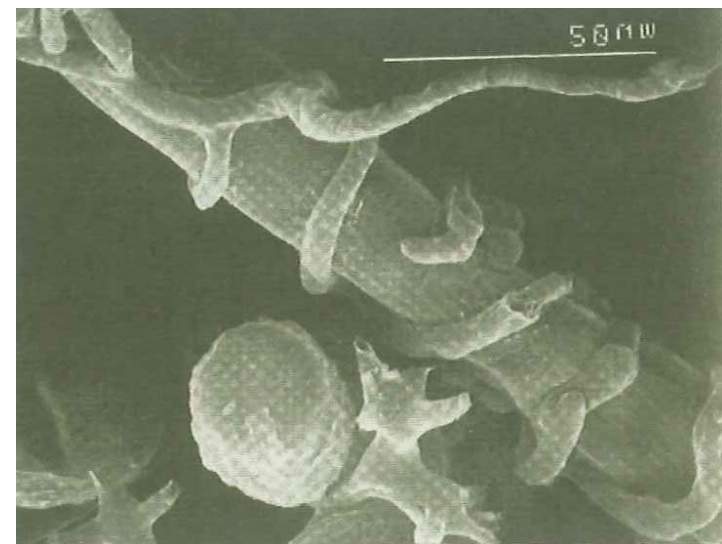
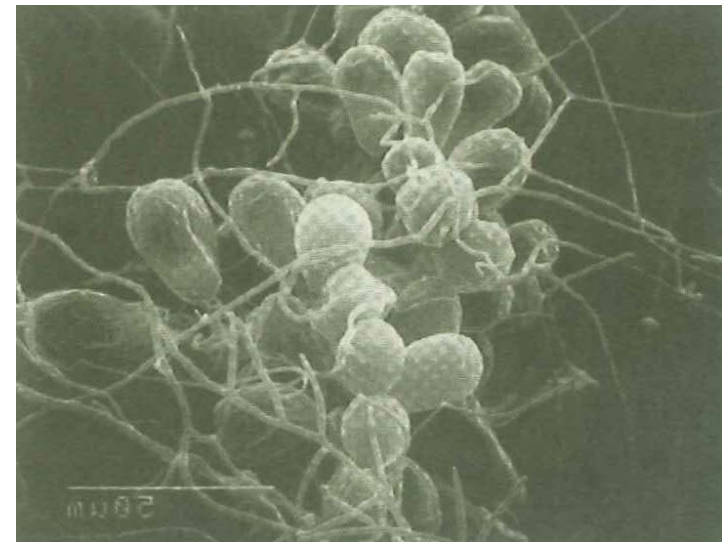


# Αντιβίωση (2)

- Συνηθέστερος μηχανισμός βιολογικής αντιμετώπισης, λόγω της ευκολίας επιλογής και αξιολόγησης δυνητικών ανταγωνιστών
- Ενδεχόμενο πλεονέκτημα ανταγωνισμού για θρεπτικά στοιχεία και θέσης οικολογικής σημασίας

# Αντιβίωση (3)

- Παραδείγματα: οι μύκητες *Trichoderma*, *Gliocladium* παράγουν αντιβιοτικά (π.χ. γλιοβιρίνη) ή βακτήρια *Pseudomonas* παράγουν αντιβιοτικά (π.χ. ωμουκίνη) για την αντιμετώπιση σηψιρριζιών, που οφείλονται στον ψευδομύκητα *Pythium*





# Παραδείγματα μεταλλαγμένων στελεχών βακτηρίων ή/και μυκήτων, που δεν παράγουν αντιβιοτικά

- Το βακτήριο *Bacillus cereus* που παράγει τα αντιβιοτικά ζβιπτερμισίνη Α και κανοσαμίνη ενάντια του ψευδομύκητα *Phytophthora* στη μηδική
- Το βακτήριο *Pseudomonas fluorescens* που παράγει το αντιβιοτικό φεναζίνη ενάντια του μύκητα *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* στο σιτάρι
- Ο μύκητας *Gliocladium virens* που παράγει το αντιβιοτικό γλυοβιρίνη που καταστέλλει τον ψευδομύκητα *Pythium ultimum*
- Ο μύκητας *Talaromyces flavus* που παράγει την οξειδάση της γλυκόζης ενάντια μικροσκληρωτίων του *Verticillium dahliae* σε μελιτζάνα και βαμβάκι



# Αντιβίωση (4)

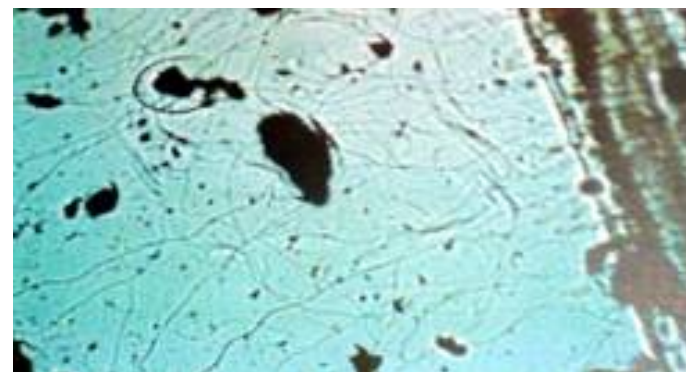
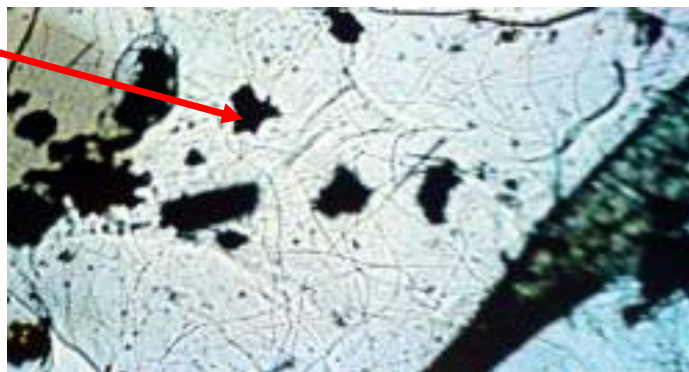
- Εφαρμογή του αυξητικού ριζοβακτηρίου *Paenibacillus alvei*, στέλεχος K165, σε ρίζες μελιτζάνας ενάντια σε μικροσκληρώτια του εδαφογενούς μύκητα *Verticillium dahliae*
  - Παράγει αντιβιοτικά, χιτινάση, ινδολοβουτυρικό οξύ ενάντια στο *Verticillium dahliae*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-cucumerinum*, *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* σε κηπευτικά, βαμβάκι, ελιά

# Αντιβίωση (5)

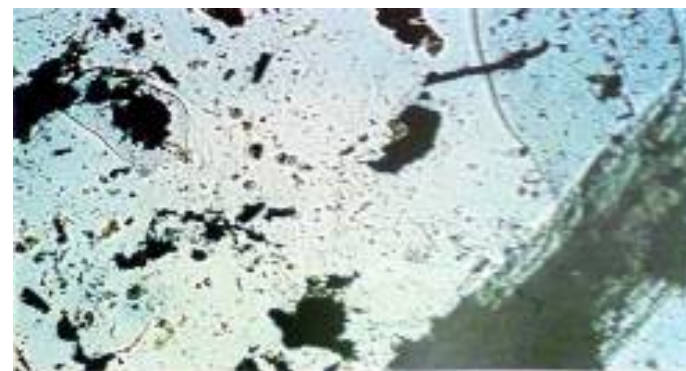
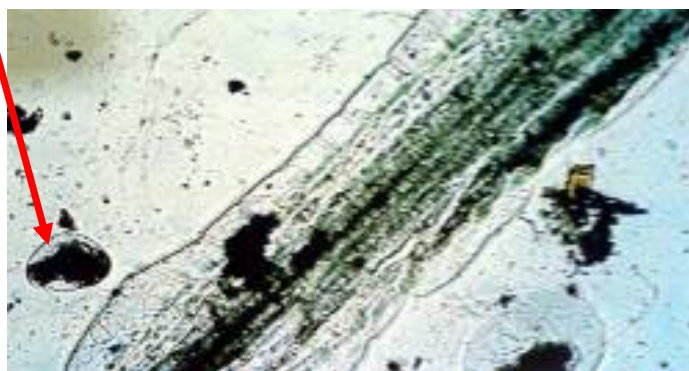
Μικροσκληρώτια  
*Verticillium dahliae*

Ακρορρίζιο

Ζώνη επιμήκυνσης



Μάρτυρας

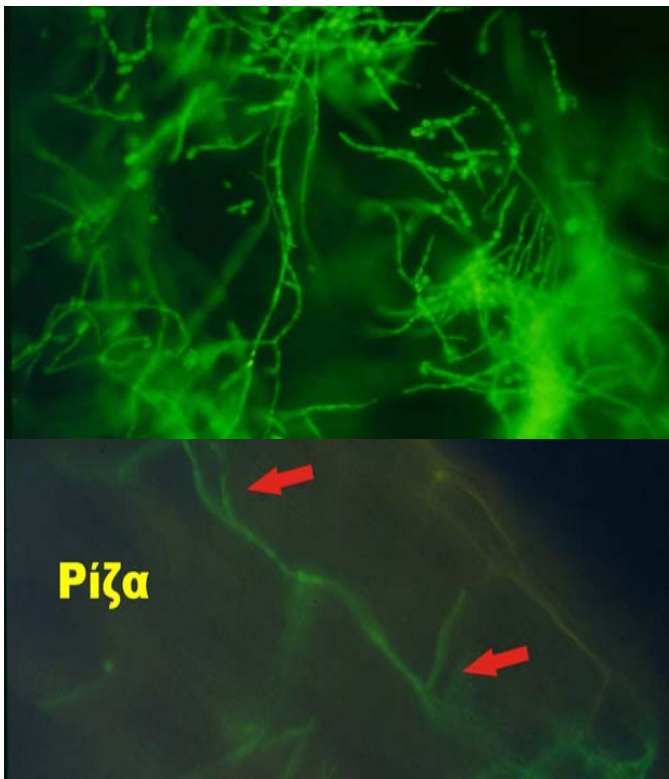


K-165



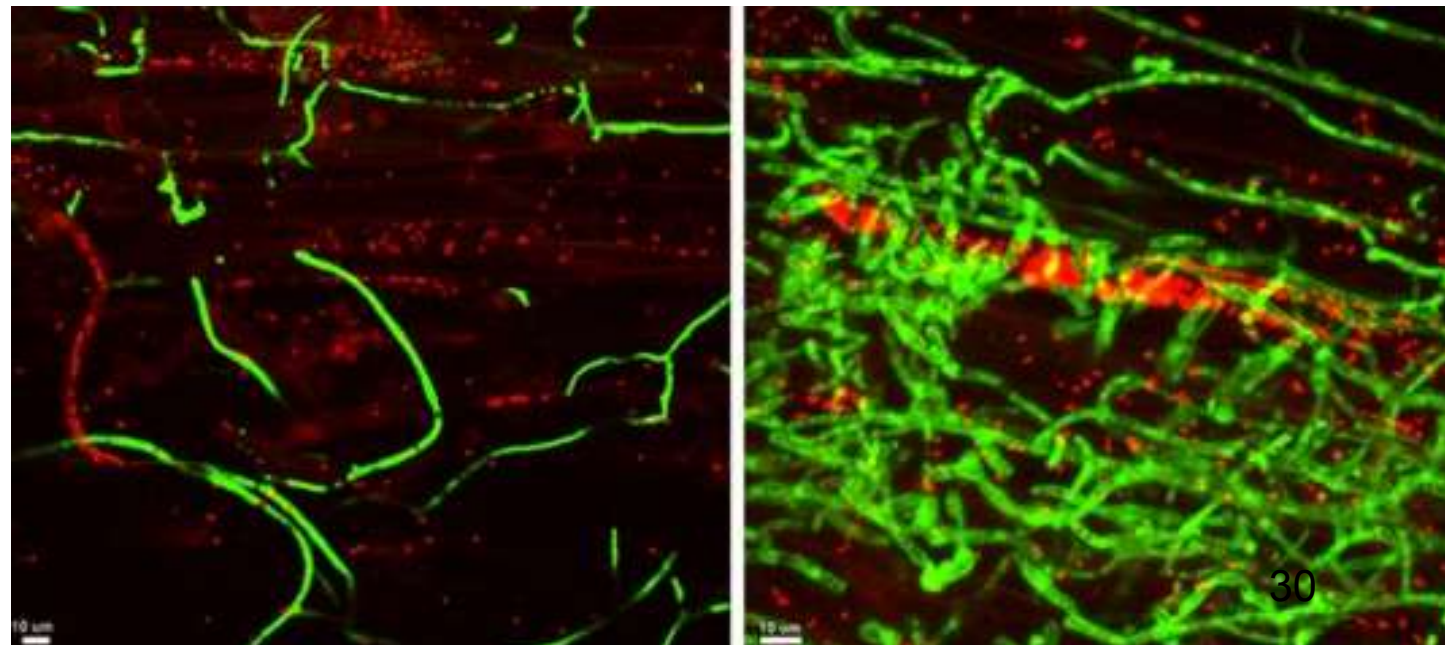
# Αντιβίωση (6)

- Λεπτομερέστερη διερεύνηση της αλληλεπίδρασης παθογόνων-ανταγωνιστικών μικροοργανισμών *in situ* μέσω του μετασχηματισμού τους με κατάλληλους βιοδείκτες (π.χ. GFP, GUS)



*Verticillium dahliae*

Πράσινα νημάτια: *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*  
Κόκκινοι κόκκοι: *Pseudomonas fluorescens* WCS365





**Μερικά αντιβιοτικά, που παράγονται από ανταγωνιστικούς μικροοργανισμούς**

Αντιβιοτικό	Ανταγωνιστικός μικροοργανισμός	Παθογόνο-στόχος
2, 4-diacetylphloroglucinol	<i>Pseudomonas fluorescens</i> F113	<i>Pythium spp</i>
Agrocin 84	<i>Agrobacterium radiobacter</i>	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>
Bacillomycin D	<i>Bacillus subtilis</i> AU195	<i>Aspergillus flavus</i>
Bacillomycin, fengycin	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> FZB42	<i>Fusarium oxysporum</i>
Xanthobaccin A	<i>Lysobacter</i> sp. strain SB-K88	<i>Aphanomyces cochlioides</i>
Gliotoxin	<i>Trichoderma virens</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>
Herbicolin	<i>Pantoea agglomerans</i> C9-1	<i>Erwinia amylovora</i>
Iturin A	<i>B. subtilis</i> QST713	<i>Botrytis cinerea</i> & <i>R. solani</i>
Mycosubtilin	<i>B. subtilis</i> BBG100	<i>Pythium aphanidermatum</i>
Phenazines	<i>P. fluorescens</i> 2-79 & 30-84	<i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>tritici</i>
Pyoluteorin, pyrrolnitrin	<i>P. fluorescens</i> Pf-5	<i>Pythium ultimum</i> & <i>R. solani</i>
Pyrrolnitrin, pseudane	<i>Burkholderia cepacia</i>	<i>R. solani</i> & <i>Pyricularia oryzae</i>
Zwittermicin A	<i>Bacillus cereus</i> UW85	<i>Phytophthora medicaginis</i> & <i>P. aphanidermatum</i>



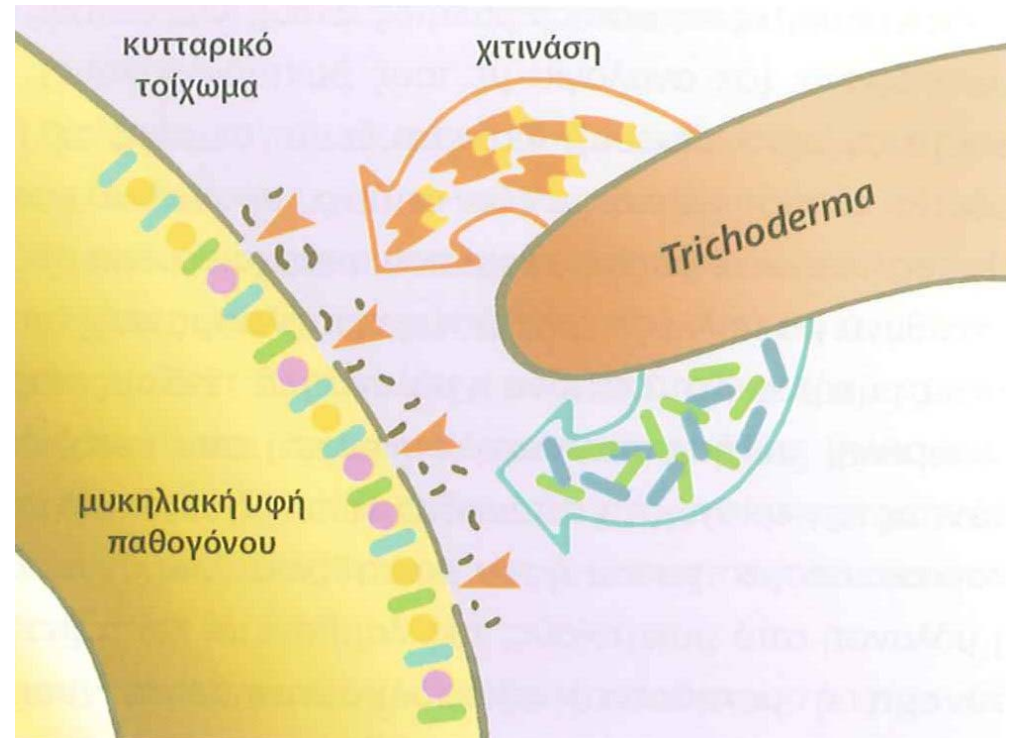
# (Μυκο)παρασιτισμός (1)

- Αποδιοργάνωση κυτταρικών τοιχωμάτων του παθογόνου από τη δράση λυτικών ενζύμων του ανταγωνιστικού παράγοντα
- Διάφοροι μύκητες και βακτήρια που παράγουν ένζυμα κυτταρολύσεως είναι ευρέως διαδεδομένοι στα φυσικά οικοσυστήματα
- Παραδείγματα βιολογικών παραγόντων: *Trichoderma*, *Coniothyrium* ενάντια των *Botrytis*, *Sclerotia*, *Pythium*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*



# (Μυκο)παρασιτισμός (2)

- Παράδειγμα: *Trichoderma harzianum* δρα ενάντια στους μύκητες *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani*

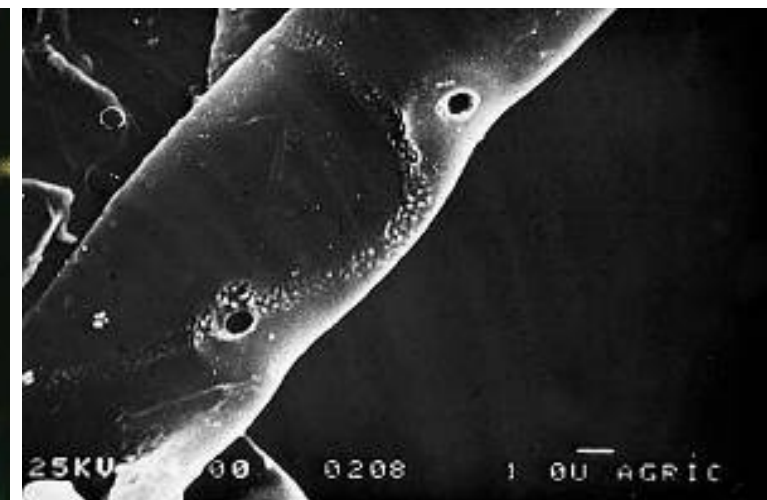
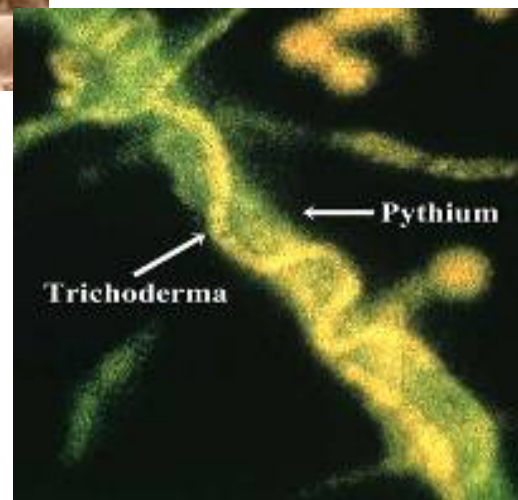
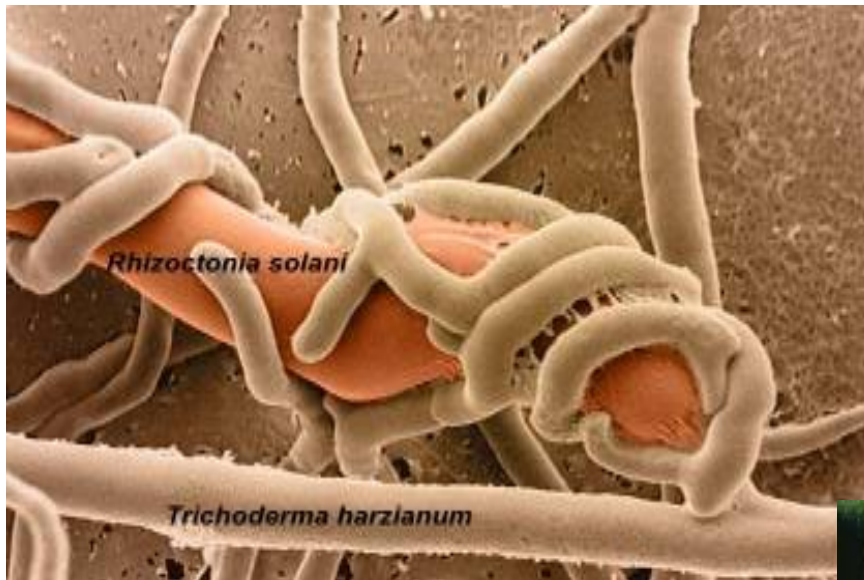




# Παρασιτισμός: *Trichoderma harzianum* (1)

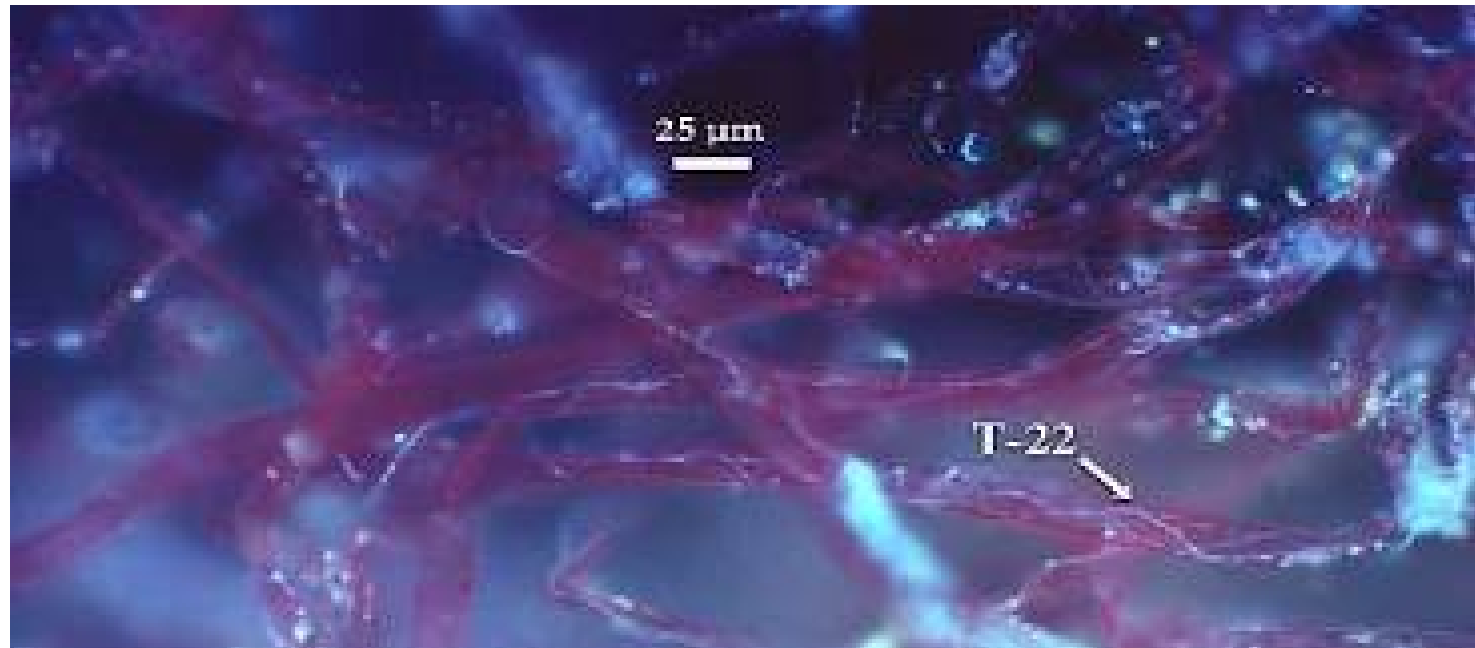
- *T. harzianum*: μυκοπαρασιτισμός, θρεπτικός ανταγωνισμός
- Το παράσιτο αναπτύσσεται με διακλαδώσεις υφών του προς τον ξενιστή-μύκητα, περιελίσσεται και προσκολλάται σε αυτόν με πλάκες συγκρατήσεως
- Οι πλάκες συγκρατήσεως του παρασίτου διατρυπούν το μυκήλιο του παθογόνου με την έκκριση χιτινασών, πρωτεολυτικών και γλουκανολυτικών ενζύμων

# Παρασιτισμός: *Trichoderma harzianum* (2)



# Παρασιτισμός: *Trichoderma harzianum* (3)

- *T. harzianum*:  
αποικίζει τις  
ρίζες των  
φυτών





# Παρασιτισμός: *Trichoderma harzianum* (4)

- Σε εμπορική κλίμακα, το στέλεχος T-22:
  - Εμβάπτιση σπόρων ή εφαρμογή στο έδαφος
  - Προστασία ριζικού συστήματος από εδαφογενείς μύκητες
  - Αλληλεπίδραση με τη ριζόσφαιρα, πλησίον των ριζικών τριχιδίων, και αυξάνει τη συγκέντρωση των διαθέσιμων θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά



# Αποικισμός (1)

- Ο αποτελεσματικός βιολογικός παράγοντας αναπτύσσεται και αποικίζει τη φυτική επιφάνεια που πρόκειται να προστατεύσει
- Ο βαθμός αποικισμού και το αρχικό μέγεθος του πληθυσμού του βιολογικού παράγοντα σχετίζεται σημαντικά με την καταστολή της ασθένειας, ακόμα και σε χαμηλής πυκνότητας πληθυσμούς



# Αποικισμός (2)

- Παράδειγμα: η ζύμη *Rhodotorula glutinis* ενάντια στο μύκητα *Botrytis cinerea*
- Μηχανισμοί δράσης: ανταγωνισμός θέσης και τροφής (η ζύμη αναπτύσσεται γρηγορότερα από το παθογόνο)



Προσκόλληση κυττάρων *R. glutinis* στα κονίδια του *B. cinerea*



# Ανοσοποίηση φυτών

- Βιολογική, βιοχημική ή χημική διέγερση λανθανόντων μηχανισμών αντοχής, ώστε ένα φυτό ευπαθές σε ένα συγκεκριμένο σύστημα αλληλεπίδρασης ξενιστή-παθογόνου να καθίσταται ανθεκτικό στο ίδιο σύστημα
- Διακρίνεται στα μεταβολικά μονοπάτια της
  - Επίκτητης διασυστηματικής αντοχής (SAR)
  - Επαγόμενης διασυστηματικής αντοχής (ISR)





# Ανοσοποίηση φυτών-SAR (1)

- SAR αναφέρεται στην προηγούμενη μόλυνση του φυτού ξενιστή από μικροοργανισμό μικρότερης παθογόνου ικανότητας με σκοπό να διεγερθούν μηχανισμοί επίκτητης αντοχής (π.χ. έκκριση φυτοαλεξινών, PR-proteins και συσσώρευση σαλικυλικού οξέος), που θα προστατεύσουν το φυτό από τους παθογόνους μικροοργανισμούς μεγαλύτερης παθογόνου ικανότητας
- Οι φυτοαλεξίνες είναι φαινολικά παράγωγα, που σχηματίζονται σε πολλά φυτά ως αποτέλεσμα ερεθισμών που οφείλονται σε παθογόνους μικροοργανισμούς και οι οποίες εμποδίζουν την ανάπτυξή τους
- Οι φυτοαλεξίνες δεν παράγονται σε υγιή φυτά, αλλά μόνο σε φυτά που μολύνονται και μόνο όταν η μόλυνση προέρχεται από μύκητες και όχι από βακτήρια)



# Ανοσοποίηση φυτών-SAR (2)

- Οι pathogenesis-related proteins (PR-πρωτεΐνες) παράγονται στα φυτά, όταν αυτά μολύνονται από παθογόνα που προκαλούν νεκρωτικά συμπτώματα
- Παραγωγή PR πρωτεϊνών πρωτεϊνών λαμβάνει χώρα και από προσβολές από ιούς, αλλά κυρίως από μύκητες



# Στάδια έκφρασης SAR

- Προσβολή από το παθογόνο, το οποίο προκαλεί νεκρωτικά συμπτώματα
- Μεταφορά του μηνύματος-σήματος της προσβολής
- Συσσώρευση σαλικυλικού οξέος
- Έκφραση γονιδίων SAR
- SAR



# Χαρακτηριστικά της SAR (1)

- Εμφανίζεται όταν το φυτό προσβληθεί από παθογόνα που προκαλούν νεκρωτικά συμπτώματα, π.χ. νεκρωτικές κηλίδες
- Από τη στιγμή της μόλυνσης μέχρι να εκδηλωθεί η επίκτητη διασυστηματική αντοχή μεσολαβεί χρονικό διάστημα μερικών ημερών
- Η επίκτητη διασυστηματική αντοχή εκφράζεται ως μείωση των συμπτωμάτων που προκαλεί το παθογόνο, μείωση παραγωγής σπορίων του παθογόνου κ.λπ.
- Η προστασία του φυτού διαρκεί μεγάλο χρονικό διάστημα συνήθως αρκετές εβδομάδες ή μήνες



# Χαρακτηριστικά της SAR (2)

- Η αντοχή που προσδίδεται στο φυτό είναι αποτελεσματική εναντίον μεγάλου φάσματος παθογόνων (όχι μόνο εναντίον του συγκεκριμένου που εισήγαγε τη SAR)
- Η ανάπτυξη και εμφάνιση της επίκτητης διασυστηματικής αντοχής σχετίζεται με την έκφραση διαφόρων γονιδίων όπως αυτών των PR-πρωτεϊνών
- Το σήμα της επίκτητης διασυστηματικής αντοχής μεταφέρεται μέσα στους ιστούς του φυτού, είναι διασυστηματικό
- Η επίκτητη διασυστηματική αντοχή μεταφέρεται με τον εμβολιασμό αλλά όχι με τον σπόρο



# Ανοσοποίηση φυτών-ISR

- Το ISR διεγείρεται από βιολογικούς παράγοντες (**που δεν προκαλούν τοπική νέκρωση**, π.χ. ριζοβακτήρια), οι οποίοι δραστηριοποιούν λανθάνοντες μηχανισμούς αντοχής
  - Σημαντικές βιοχημικές αλλαγές μέσα στο φυτό
  - Αύξηση αντοχής του
  - Προετοιμασία σε ενδεχόμενη μόλυνση από ένα δυνητικό παθογόνο



# Παρεμβολή στην αλληλεπίδραση ξενιστή-παθογόνου (1)

- Ενώσεις με μη εξειδικευμένη δράση, που επάγουν τη διασυστηματική αντοχή του ξενιστή [Ανοσοποίηση (*SAR, ISR*)
- Παραγωγή σαλυκιλικού οξέος (Salicylic acid, SA)
- Παραγωγή ιασμονικού οξέος (Jasmonic acid, JA)
- Παραγωγή αιθυλενίου (ethylene, ET)
- Τα SA, JA, ET προσδίδουν ανθεκτικότητα του ξενιστή σε διάφορα παθογόνα



# Παρεμβολή στην αλληλεπίδραση ξενιστή-παθογόνου (2)

- **Acibenzolar-S-methyl (ανάλογο του SA):** κυκλοφόρησε το 1996 και η δ.ο. μετακινείται απο- και συμ- πλαστικά και ενεργοποιεί την άμυνα του φυτού
- **B-aminobutyric acid (BABA):** Φαίνεται, ότι δεν συμμετέχει στη μεταφορά σήματος SA, JA, ET
- **Harpin (Messenger):** Επαγωγέας SAR που απομονώθηκε από το βακτήριο *Erwinia amylovora* και δρα αποτελεσματικά ενάντια σε πλήθος ασθενειών





# Παραγόμενες ουσίες από ανταγωνιστικά βακτήρια, που ανοσοποιούν τα φυτά

Βακτηριακό στέλεχος	Φυτό	Παραγόμενη βακτηριακή ουσία	Τύπος ανοσοποίησης
<i>Bacillus mycoides</i> strain Bac J	Ζαχαρότευτλο	Περοξειδάση, χιτινάση, $\beta$ -1,3-γλουκανάση	ISR
<i>Bacillus pumilus</i> 203-6	Ζαχαρότευτλο	Περοξειδάση, χιτινάση, $\beta$ -1,3-γλουκανάση	ISR
<i>Bacillus subtilis</i> GB03 & IN937a Στελέχη	Αραβίδοψη	2,3-βουτανεδιόλη	ISR
<i>Pseudomonas fluorescens</i> CHA0	Καπνός Αραβίδοψη	Σιδηροφόρος DAPG (Αντιβιοτικά) Λιποπολυσακχαρίδια	SAR ISR
WCS374	Ραφανίδα	Σιδηροφόρος Παράγοντας ρύθμισης σιδήρου	ISR
WCS417	Γαρυφαλλιά Ραφανίδα	Λιποπολυσακχαρίδια Λιποπολυσακχαρίδια Παράγοντας ρύθμισης σιδήρου	ISR ISR
Στελέχη	Αραβίδοψη Τομάτα	Λιποπολυσακχαρίδια Λιποπολυσακχαρίδια	ISR ISR
<i>Pseudomonas putida</i> WCS 358	Αραβίδοψη	Λιποπολυσακχαρίδια Σιδηροφόρος	ISR ISR
BTP1	Φασολιά	Z,3-χεξενάλη	ISR
<i>Serratia marcescens</i> 90-166	Αγγουριά	Σιδηροφόρος	ISR
<i>Paenibacillus alvei</i> K-165	Αγγουριά, Τομάτα, μελιτζάνα	Χιτινάση, $\beta$ -1-3 γλουκανάση, SA	ISR & SAR



# Παρεμβολή στην αλληλεπίδραση ξενιστή-παθογόνου (3)

- **Αντιπαθογονικές ενώσεις:** ενώσεις που εμποδίζουν την ανάπτυξη και εξέλιξη μίας ασθένειας, χωρίς να είναι άμεσα τοξικές στο παθογόνο
- Δρουν μειώνοντας είτε την παθογόνο ικανότητα του μικροοργανισμού, είτε αυξάνοντας την ανθεκτικότητας του ξενιστή
- **Πλεονεκτήματα:** Μικρότερος κίνδυνος για τον άνθρωπο και περιβάλλον, προστασία φυτού για μεγαλύτερο διάστημα και μικρότερος κίνδυνος απώλειας αποτελεσματικότητας, λόγω εμφάνισης ανθεκτικών στελεχών



# Compost (1)

- Σταθεροποιημένο οργανικό υλικό, ως αποτέλεσμα της αερόβιας αποικοδόμησης οργανικών υπολειμμάτων φυτικής και ζωικής προέλευσης
- Το εν λόγω οργανικό υλικό μετατρέπεται τελικά σε χούμο, με τη βοήθεια μικροοργανισμών
- Μεταξύ άλλων, καταστέλλει και την ανάπτυξη φυτοπαθογόνων μυκήτων (*Fusarium*, *Phytophthora*, *Pythium*, *Rhizoctonia*)

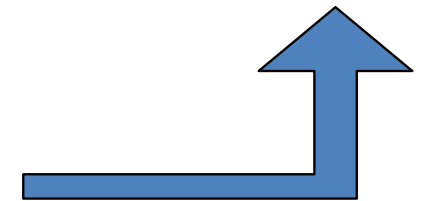
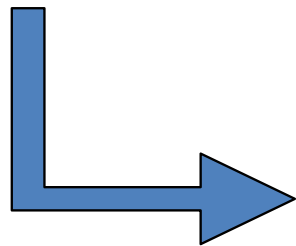
# Compost (2)

Προστασία  
φυτών που  
αναπτύσσονται  
σε compost  
(πάνω), σε σχέση  
με το μάρτυρα  
(κάτω), από  
πύθιο



# Μεταδοτική υπομολυσματικότητα

Έλκος καστανιάς: χρήση ιού εναντίον του μύκητα *Cryphonectria parasitica*



Περιμετρική τοποθέτηση πάστας που περιέχει τον κυτταροπλασματικό υπομολυσματικό παράγοντα (ιός Hirovirus) με dsRNA, ο οποίος προσβάλλει τον παθογόνο μύκητα ίδιας βλαστικής συμβατότητας και τον καθιστά υπομολυσματικό



# Μη-παθογόνα στελέχη του ίδιου μικροοργανισμού

- Καταπολέμηση φουζαριώσεων με μη παθογόνα στελέχη
- Παράδειγμα: αντιμετώπιση του *F. oxysporum* f.sp. *dianthi* με το μη παθογόνο στέλεχος *F. oxysporum* 618-12 B17
- **Μηχανισμοί δράσης:** θρεπτικός ανταγωνισμός (Fe, Ca) και ανταγωνισμός θέσης (που θα καταλάμβαναν τα παθογόνα στην επιφάνεια της ρίζας)



# Χρήση μη-παθογόνων στελεχών του ίδιου του μικροοργανισμού ή ιού (1)

## Βιοαντιπαθογονικά σκευάσματα (1)

- **Norbac 840C, Galltrol, Nogall:** *Agrobacterium radiobacter* K84
- **BlightBan A506:** *Pseudomonas fluorescens* ενάντια του βακτηριακού καψίματος μηλοειδών (*Erwinia amylovora*)
- **Bio-save 10:** *Pseudomonas syringae* ενάντια μετασυλλεκτικών σήψεων στα εσπεριδοειδή



# Χρήση μη-παθογόνων στελεχών του ίδιου του μικροοργανισμού ή ιού (2)

## Βιοαντιπαθογονικά σκευάσματα (2)

- **Kodiak:** ενδοσπόρια του *Bacillus subtilis* ενάντια *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Pythium* σε βαμβάκι, πατάτα, ψυχανθή
- **Rootshield, Trichodex:** *Phlebia gigantea* ενάντια του *heterobasidium annosum*
- **Rootstop:** *Trichoderma harzianum* KRL-AG2 και *T. polysporum* ενάντια σε *Pythium*, *Rhizoctonia*



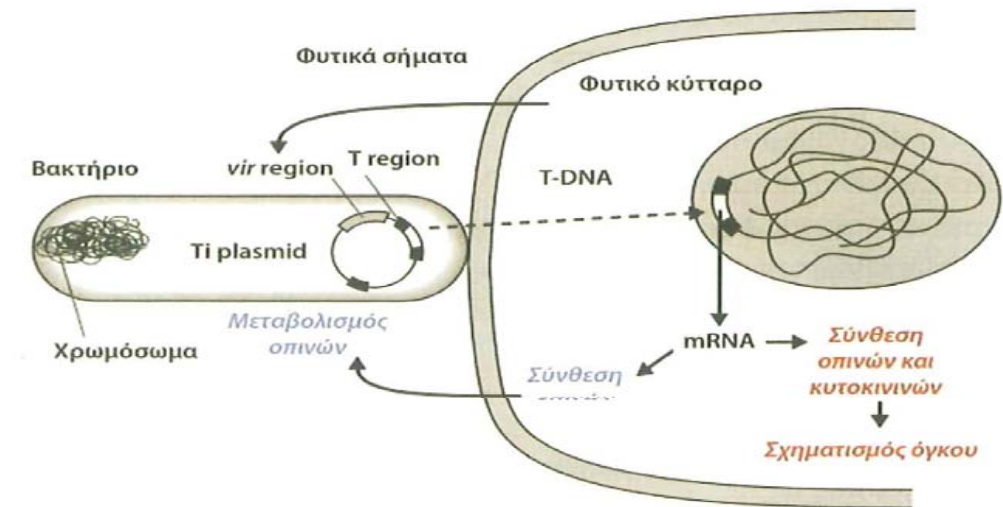


# Χρήση μη-παθογόνων στελεχών του ίδιου του μικροοργανισμού ή ιού (3)

- Η μόλυνση με ένα «ήπιο» στέλεχος προστατεύει από στελέχη του ίδιου μικροοργανισμού ή ιού με υψηλή παθογόνο δύναμη (**διασταυρωτή ανθεκτικότητα**)
- Αντιμετώπιση του TMV (ιός του μωσαϊκού του καπνού)
- Αντιμετώπιση του ιού tristeza στα εσπεριδοειδή
- Αντιμετώπιση του *Agrobacterium tumefaciens* (καρκίνος) με το *Agrobacterium radiobacter* (στέλεχος K84), λόγω της παραγωγής μίας βακτηριοσίνης, της αγροσίνης 84

# Χρήση μη-παθογόνων στελεχών του ίδιου του μικροοργανισμού ή ιού (3)

- Αντιμετώπιση του *Agrobacterium tumefaciens* (καρκίνος) με το *Agrobacterium radiobacter* (στέλεχος K84), λόγω της παραγωγής μίας βακτηριοσίνης, της αγροσίνης 84





# Επιτυχής βιολογική αντιμετώπιση ασθενειών των φυτών

- Υψηλής αποτελεσματικότητας μη παθογόνο στέλεχος μικροοργανισμού πρέπει να ανταγωνίζεται, αποικίζει και εξαπλώνεται
- Ανάπτυξη σχετικά φθηνού τρόπου παραγωγής και τυποποίησης του βιολογικού παράγοντα με εύχρηστο τρόπο μεγάλης παραγωγής του και διατήρησης της βιωσιμότητάς του
- Μεταφορά και εφαρμογή βιολογικού σκευάσματος να διασφαλίζουν την επιτυχή δράση του βιολογικού παράγοντα



# Μυκόρριζες

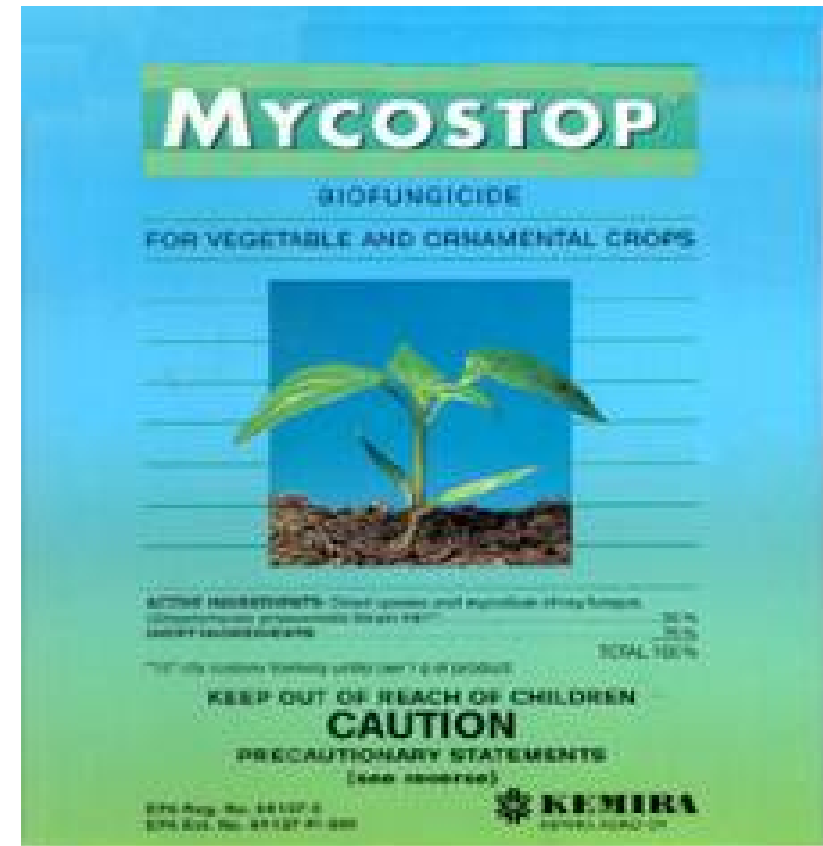
- Εφαρμογή εδαφογενών μυκήτων που συμβιώνουν στις ρίζες των φυτών και σχηματίζουν μυκόρριζες
  - Σχηματίζεται φυσικός φραγμός σε παθογόνα που προσβάλλουν το ριζικό σύστημα των φυτών
  - Δεν υπάρχουν εμπορικά σκευάσματα αυτής της κατηγορίας



# Βιολογικά σκευάσματα (1)

- Διατίθεται διεθνώς βιολογικά φυτοπροστατευτικά προϊόντα
- Πρόκειται για σκευάσματα που περιέχουν **ζωντανούς μικροοργανισμούς**
  - *Agrobacterium radiobacter* (Galltrol, Nogall)
  - *Bacillus* spp (Kodiak, Subtilex)
  - *Ampelomyces quisqualis* (AQ10)
  - *Streptomyces griseoviridis* (Mycostop)
  - *Candida oleophila* (Aspire)
  - *Trichoderma* spp (Bio Fungus, Trichodex, T-22G)
  - *Gliocladium virens* (SoilGard)

# Βιολογικά σκευάσματα (2)





# Παρεμποδιστές βιοσύνθεσης κυτταρικού τοιχώματος μυκήτων (1)

- Οι διάφορες κλάσεις μυκήτων χαρακτηρίζονται από την παρουσία ειδικών πολυσακχαριτών στο κυτταρικό τους τοίχωμα
- Οι ανώτεροι μύκητες περιέχουν χιτίνη, ενώ οι ωομύκητες κυτταρίνη (οι ζύμες έχουν τις γλυκάνες)
- Η βιοσύνθεση του κυτταρικού τοιχώματος των μυκήτων περιορίζεται, μεταξύ άλλων, από τις **πολυοξίνες**
  - Πολυοξίνες: δευτερογενείς μεταβολίτες του βακτηρίου *Streptomyces asoensis*



# Παρεμποδιστές βιοσύνθεσης κυτταρικού τοιχώματος μυκήτων (2)

- Οι πολυοξίνες παράγονται σε βιομηχανική κλίμακα στην Ιαπωνία
- Στο εμπόριο, σημαντικότερες είναι οι πολυοξίνες Β και D, που συνιστώνται για την αντιμετώπιση *Alternaria*, *Botrytis*, *Sclerotia*, *Rhizoctonia*, *Cladosporium*, ωίδια
- Ουσιαστικά πρόκειται για ανταγωνιστικούς παρεμποδιστές και αντιμετωπίζουν μόνο (μικρο)οργανισμούς, που έχουν χιτίνη





# Παρεμποδιστές της πρωτεϊνικής σύνθεσης

- **Αντιβιοτικά:** αντιμικροβιακές ουσίες που παράγονται από μικροοργανισμούς και είναι τοξικές σε μικρές συγκεντρώσεις σε άλλους μικροοργανισμούς
- Στη γεωργική πρακτική λίγα χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα, γιατί έχουν υψηλό κόστος, απροθυμία χρήσης τους και εμφάνιση ανθεκτικότητας (εξειδικευμένος τρόπος δράσης)
- Ανάλογα με το μικροοργανισμό-στόχο, διακρίνονται σε **αντιμυκωτικά** (βλαστισιδίνη, κασουγκαμυκίνη, κυκλοεξιμίδιο) και **αντιβακτηριακά** (στρεπτομυκίνη, οξυτετρακυκλίνη)



# Μέθοδοι για την ταυτοποίηση της μορφής του ανταγωνισμού (1)

- Η μορφή της ανταγωνιστικής δράσης ενός μικροοργανισμού σε έναν άλλο μπορεί να εκτιμηθεί με διάφορες τεχνικές ανίχνευσης
- Αν η αλληλεπίδραση μεταξύ των μικροοργανισμών μιας καλλιέργειας αφορά τον ανταγωνισμό για χώρο και θρεπτικά στοιχεία, αυτό γίνεται εύκολα αντιληπτό με παρατήρηση του εκατοστιαίου ποσοστού της περιοχής του τρυβλίου, η οποία καταλαμβάνεται από τον κάθε αλληλεπιδρώντα μικροοργανισμό κατά τη διάρκεια της περιόδου παρατήρησης



# Μέθοδοι για την ταυτοποίηση της μορφής του ανταγωνισμού (2)

- Ο πιο ανταγωνιστικός μικροοργανισμός θα αναπτυχθεί πιο γρήγορα και θα καταλάβει αρχικά εμφανώς περισσότερο χώρο στο τρυβλίο
- Τελικά θα κυριαρχήσει στο τρυβλίο εντός λίγων ημερών
- Για την ταυτοποίηση της ανάπτυξης παρασιτικής σχέσης μεταξύ δύο μικροοργανισμών, απαιτείται η χρήση μικροσκοπίου



# Μέθοδοι για την ταυτοποίηση της μορφής του ανταγωνισμού (3)

- Οι χαρακτηριστικές μορφές των αλληλεπιδράσεων περιλαμβάνουν την περιέλιξη του ενός μυκηλίου γύρω από το άλλο, ενώ περιστασιακά παρατηρείται και εισβολή στο μυκήλιο που τελικά οδηγεί στον εκφυλισμό του
- Η αντιβίωση συνήθως εμφανίζεται ως μια ζώνη **αναστολής ή παρεμπόδισης**, η οποία δημιουργείται μεταξύ δύο μικροοργανισμών που καλλιεργούνται μαζί σε τρυβλία με agar
- Οι ζώνες αυτές οφείλονται στην παραγωγή πτητικών ή μη πτητικών αντιβιοτικών που παράγει ένας από τους οργανισμούς

# Μέθοδοι για την ταυτοποίηση της μορφής του ανταγωνισμού (4)

- Αντιβίωση *in vitro* δεν σημαίνει απαραίτητα και αντιβίωση *in vivo*
  - Προσρόφηση στα κολλοειδή, αστάθεια ένωσης σε ακραίες τιμές εδαφικού pH, μικροβιακή αποδιοργάνωση κ.λπ.)



**Ζώνη παρεμπόδισης**



# Βιβλιογραφία



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Τεχνολογικό Ίδρυμα Ηπείρου. Δρ Δήμητρα Ζωάκη Μαλισιόβα.

Ολοκληρωμένη Φυτοπροστασία Εργαστήριο. Βιολογική καταπολέμηση των ασθενειών των φυτών.

Έκδοση: 1.0. Άρτα, 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:  
<<http://eclass.teiep.gr/courses/TEXG105/>>

# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 Διεθνές [1] ή μεταγενέστερη. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, Διαγράμματα κ.λπ., 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-nc-nd/4.0/deed.el>





# Τέλος Ενότητας

## Επεξεργασία: Δρ Αντωνόπουλος Δημήτριος

*Γεωπόνος-Φυτικής Παραγωγής ΓΠΑ*

*Γεωπόνος-Γεωπονικής Βιοτεχνολογίας ΓΠΑ*

*ΕΠΠΑΙΚ ΑΣΠΑΙΤΕ*

*ΜΔΕ (MPhil) Φυτοπροστασίας ΓΠΑ*

*ΜΔΕ (MSc) Ασφάλειας Τροφίμων WUR*

*ΔΔ (PhD) Φυτοπαθολογίας ΓΠΑ*

*Μετα-ΔΔ (Post-Doc) Φυτοπαθολογίας NCSU USA*

*Μετα-ΔΔ (Post-Doc) Φυτοπαθολογίας ΓΠΑ-ΙΚΥ*

Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

