



Ελληνική Δημοκρατία
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Ολοκληρωμένη Φυτοπροστασία Θεωρία

Ενότητα 9: Βιολογική καταπολέμηση ασθενειών

Δρ Δήμητρα Ζωάκη-Μαλισιόβα
Καθηγήτρια Εντομολογίας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ



ανοιχτά μαθήματα
open courses

Τμήμα: Τεχνολόγων Γεωπόνων

Τίτλος Μαθήματος: Ολοκληρωμένη Φυτοπροστασία Θεωρία

Ενότητα 9: Βιολογική καταπολέμηση ασθενειών

Όνομα Καθηγητή: Δρ Δήμητρα Ζωάκη-Μαλισιόβα

Βαθμίδα Καθηγητή: Καθηγήτρια

Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



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 «**Ανοικτά 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 ασθενειών

Σκοποί ενότητας

- Περιγραφή των παραγόντων, και των μηχανισμών δράσης τους, που χρησιμοποιούνται για τη βιολογική καταπολέμηση των ασθενειών των φυτών (κυρίως: μύκητες, βακτήρια, ιοί).



Περιεχόμενα ενότητας

- Βιολογική καταπολέμηση ασθενειών των φυτών.
- Παράγοντες βιολογικής καταπολέμησης ασθενειών.
- Κυριότεροι ανταγωνιστικοί μικροοργανισμοί.
- Κατασταλτικά εδάφη & μυκόρριζες
- Βιολογική καταπολέμηση μυκήτων.
- Εφαρμογές βιολογικής καταπολέμησης ασθενειών.
- Φυτικοί παρεμποδιστές και μηχανισμοί άμυνας του φυτού.



Βιολογική καταπολέμηση ασθενειών τω φυτών



Βιολογική καταπολέμηση (1)

- Εν γένει, **βιολογική καταπολέμηση** νοείται γενικά η αξιοποίηση του φυσικού ανταγωνισμού μεταξύ διαφόρων οργανισμών ή ιών, για σκοπούς φυτοπροστασίας
- **Βιολογική καταπολέμηση (biological control) στη Φυτοπαθολογία** είναι η μείωση της ποσότητας των μολυσμάτων ή/και της παθογόνου δράσης ενός φυτοπαθογόνου, με τη βοήθεια ενός ή περισσότερων βιοτικών παραγόντων (οργανισμών, ιών), άλλων από τον άνθρωπο



Βιολογική καταπολέμηση (2)

- **Παθογόνος δράση** σημαίνει τη δυνατότητα του βιοτικού παράγοντα να προκαλεί ασθένεια (με την οικονομική σημασία του όρου)
- Περιλαμβάνει κυρίως τη μολυσματική ικανότητά του (infectivity), την παθογόνο δύναμή του (virulence), την ταχύτητα ανάπτυξής του, την αναπαραγωγική του ικανότητα και την πρόκληση και ένταση των συμπτωμάτων
- **Μολυσματική ικανότητα** είναι η ικανότητα ενός μικροοργανισμού ή ιού να μολύνει και να προκαλεί ασθένεια
- **Παθογόνος δύναμη** είναι ο βαθμός της παθογόνου ικανότητας

Βιολογική καταπολέμηση (3)

- **Γεωργική Εντομολογία-Ζωολογία:** η βιολογική καταπολέμηση περιλαμβάνει το ζωϊκό εχθρό και το παρασιτοειδές ή αρπακτικό ή εντομοπαθογόνο οργανισμό; Η διαδικασία αυτής της βιολογικής καταπολέμησης γίνεται ανεξάρτητα από το φυτό-ξενιστή
- **Φυτοπαθολογία:** η βιολογική καταπολέμηση, εκτός από το φυτοπαθογόνο μικροοργανισμό και ωφέλιμο ανταγωνιστή ή παράσιτο, περιλαμβάνει και το ίδιο το φυτό-ξενιστή
 - Σε πολλές περιπτώσεις, η βιολογική δράση λαμβάνει χώρα εντός του φυτού-ξενιστή, ενώ σε άλλες περιπτώσεις η βιολογική παρέμβαση αποσκοπεί στην ενίσχυση της ανθεκτικότητάς του στον παθογόνο παράγοντα



Βιολογική καταπολέμηση (4)

- Πολλές εμπειρικές καλλιεργητικές γεωργικές τεχνικές που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος για να αυξήσει την παραγωγικότητα των φυτών (π.χ. συγκαλλιέργεια, αμειψισπορά, αγρανάπαυση)
- Οι τεχνικές αυτές, που εφαρμόζονται και σήμερα, πέρα από τη διατήρηση και βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους, συμβάλλουν στη **μείωση των μολυσμάτων** των φυτοπαθογόνων μικροοργανισμών στο έδαφος και στον περιορισμό των κινδύνων εκδήλωσης επιδημιών (τρόπος βιολογικής καταπολέμησης)



Βιολογική καταπολέμηση (5)

- Οι πρώτες προσπάθειες συνειδητής εφαρμογής βιολογικής καταπολέμησης φυτοπαθογόνων μικροοργανισμών με την **εισαγωγή** ανταγωνιστών μικροοργανισμών έγιναν κατά την περίοδο 1920-1930
- Έκτοτε, και με ιδιαίτερη έμφαση κατά τις τελευταίες τρεις δεκαετίες, πολλές ερευνητικές εργασίες έχουν δείξει την ανταγωνιστική επίδραση ορισμένων μικροοργανισμών εναντίον άλλων με αποτέλεσμα την αποδυνάμωση των δεύτερων και τον περιορισμό των ασθενειών που προκαλούν



Βιολογική καταπολέμηση (6)

- Την τελευταία τριακονταετία έχει αναπτυχθεί έντονο ενδιαφέρον για την πρακτική αξιοποίηση αυτών των ερευνών για τη βιολογική καταπολέμηση των ασθενειών των φυτών και σε ορισμένες περιπτώσεις αυτό έχει επιτευχθεί
- Παρά το γεγονός αυτό, μέχρι σήμερα η βιολογική καταπολέμηση ως γεωργική πρακτική έχει ευρεία εφαρμογή κυρίως στον τομέα της Γεωργικής Εντομολογίας (καταπολέμηση των φυτοφάγων εντόμων και ακάρεων) και ελάχιστα στον τομέα της Φυτοπαθολογίας



Παράγοντες βιολογικής καταπολέμησης ασθενειών



Παράγοντες βιολογικής καταπολέμησης ασθενειών

- Σε κάθε οικοσύστημα, οι **βιοτικοί** και **αβιοτικοί** παράγοντες είναι οι βασικοί που το απαρτίζουν και αλληλοεπηρεάζονται
- Η βιολογική καταπολέμηση των φυτοπαθογόνων μικροοργανισμών λαμβάνει χώρα μέσα σε ένα (γεωργικό) οικοσύστημα και η έκβασή της εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις βιολογικές ιδιότητες των **βιοτικών παραγόντων** του οικοσυστήματος και τις μεταξύ τους σχέσεις
- Το αυτό εξαρτάται και από τις επιδράσεις των **αβιοτικών παραγόντων** του οικοσυστήματος (κλιματικές και εδαφικές συνθήκες)



Βιοτικοί παράγοντες της βιολογικής καταπολέμησης ασθενειών

- **Φυτό-ξενιστής** που υφίσταται ειδικούς χειρισμούς (γενετικούς, καλλιεργητικούς, επιδράσεις μικροοργανισμών), που αποσκοπούν στην ενίσχυση της ανθεκτικότητάς του στο παθογόνο
- **Παθογόνο αίτιο**, που είναι και ο στόχος της βιολογικής καταπολέμησης
- **Χαμηλής μολυσματικής ικανότητας (υπομολυσματικά) άτομα ή φυλές** του ίδιου είδους με το παθογόνο
- **Μικροοργανισμοί-ανταγωνιστές του παθογόνου**, που επηρεάζουν την επιβίωσή του ή την παθογόνο δράση του



Αβιοτικοί παράγοντες της βιολογικής καταπολέμησης ασθενειών

- Σημαντικοί είναι η υγρασία, η θερμοκρασία και το pH του εδάφους
- Ευνοούν την κανονική ανάπτυξη των καλλιεργούμενων φυτών και ενισχύουν τους αμυντικούς μηχανισμούς τους
- Ευνοούν την ανάπτυξη και δραστηριότητα των ανταγωνιστών μικροοργανισμών
- Περιορίζουν την ανάπτυξη και μολυσματικότητα των παθογόνων

Ανθρώπινες παρεμβάσεις, για τη βιολογική καταπολέμηση των φυτοπαθογόνων οργανισμών & ιών

- **Καλλιεργητικές πρακτικές**, που δημιουργούν ευνοϊκό περιβάλλον για τους ανταγωνιστές ή/και ενισχύουν την ανθεκτικότητα του φυτού-ξενιστή
- **Γενετική βελτίωση του φυτού**, που αποσκοπεί στην αύξηση της ανθεκτικότητάς του στο παθογόνο ή στην καταλληλότητά του να ευνοεί την ανάπτυξη των ανταγωνιστών
- **Μαζική εισαγωγή** ανταγωνιστών ή μη παθογόνων φυλών του παθογόνου ή άλλων ωφέλιμων παραγόντων

Ανθρώπινες παρεμβάσεις, για τη βιολογική καταπολέμηση των φυτοπαθογόνων οργανισμών & ιών

- **Καλλιεργητικές πρακτικές**, που δημιουργούν ευνοϊκό περιβάλλον για τους ανταγωνιστές ή/και ενισχύουν την ανθεκτικότητα του φυτού-ξενιστή
- **Γενετική βελτίωση του φυτού**, που αποσκοπεί στην αύξηση της ανθεκτικότητάς του στο παθογόνο ή στην καταλληλότητά του να ευνοεί την ανάπτυξη των ανταγωνιστών
- **Μαζική εισαγωγή** ανταγωνιστών ή μη παθογόνων φυλών του παθογόνου ή άλλων ωφέλιμων παραγόντων



Ανταγωνιστές μικροοργανισμοί & ιοί

- Το **φαινόμενο του ανταγωνισμού** είναι ευρύτατα διαδεδομένο φαινόμενο μεταξύ των μικροοργανισμών, ιδιαίτερα μεταξύ εκείνων που ζουν στο έδαφος
- Ως **ανταγωνιστές** νοούνται οι βιολογικοί παράγοντες, που έχουν την ικανότητα να επηρεάζουν την ανάπτυξη και τη δράση των φυτοπαθογόνων μικροοργανισμών και ιών



Ανταγωνιστές μικροοργανισμοί & ιοί

- Στους ανταγωνιστές περιλαμβάνονται είδη από όλες τις κατηγορίες βιοτικών παραγόντων: μύκητες, βακτήρια, πρωτόζωα, νηματώδεις, ιοί, σπερματοφύτα (π.χ. φυτά-παγίδες)
- Στη Φυτοπαθολογία, οι ανταγωνιστές είναι απλοϊκά όρος αντίστοιχος με το όρο «φυσικοί εχθροί» (αρπακτικά, παρασιτοειδή, εντομοπαθογόνα), που χρησιμοποιείται στη Γεωργική Εντομολογία

Ανταγωνιστές μικροοργανισμοί & ιοί

- Η ριζόσφαιρα των φυτών αποικίζεται από πλήθος μικροοργανισμών (σαπροφυτικά βακτήρια: κυρίως *Rhizobium*, *Bacillus* και *Pseudomonas*), καθώς και είδη μυκήτων που σχηματίζουν μυκόρριζες), πολύ μεγαλύτερο από εκείνο που υπάρχει στο υπόλοιπο έδαφος
- Η παρουσία αυτών των μικροοργανισμών ασκεί ευνοϊκή επίδραση την ανάπτυξη και την παραγωγή των φυτών; Αυτό οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, μεταξύ των οποίων σημαντικότερος είναι η ανταγωνιστική ικανότητα των μικροοργανισμών αυτών
- Οι ανταγωνιστικοί μικροοργανισμοί καταλαμβάνουν το χώρο της ριζόσφαιρας παρεμποδίζοντας την ανάπτυξη φυτοπαθογόνων μικροοργανισμών



Ανταγωνιστές μικροοργανισμοί & ιοί

- Ο ανταγωνισμός εκφράζεται κυρίως με:
 - Μερικό ή ολικό αποκλεισμό του αντιπάλου από τις πηγές θρέψης (**ανταγωνισμός δια/τροφής**)
 - Παρασιτισμό του αντιπάλου (**υπερπαρασιτισμός**)
 - **Παραγωγή** από τον ανταγωνιστή **αντιβιοτικών ουσιών**, τοξικών για το φυτοπαθογόνο μικροοργανισμό
 - **Αποικισμός** (είτε φυτικής επιφάνειας, είτε στο έδαφος), αλλά και **ανοσοποίηση φυτών**
- Ο ανταγωνιστικός μικροοργανισμός μπορεί να χρησιμοποιεί περισσότερους από έναν από τους παραπάνω μηχανισμούς



Ανταγωνισμός (δια)τροφής (competition) (1)

- Οι νέες επιφάνειες των φυτικών οργάνων (π.χ. νέες ρίζες, νέα φύλλα κ.λπ.) σύντομα αποικίζονται από διάφορα είδη μικροοργανισμών (σαπροφυτικών ή/και παθογόνων)
- Γρήγορος και καθολικός αποικισμός από ένα σαπροφυτικό μικροοργανισμό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό ή την καθυστέρηση της ανάπτυξης του παθογόνου πάνω στη επιφάνεια του φυτού και τη μείωση της μολυσματικής του ικανότητας
- Και οι δύο αυτές επιπτώσεις σημαίνουν, ότι το φυτό θα προστατευθεί από το παθογόνο είτε, εάν προκληθεί τελικά ασθένεια, θα εκδηλωθεί με ελαφρά συμπτώματα και σε περιορισμένη έκταση



Ανταγωνισμός (δια)τροφής (competition) (2)

- Γρήγορος και καθολικός αποικισμός από ένα σαπροφυτικό μικροοργανισμό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη(ν):
 - αποκλειστική χρήση και εξάντληση των φυτικών εκκρίσεων αυτών των οργάνων (π.χ. ριζικών), τα οποία χρησιμεύουν και για τη θρέψη των παθογόνων μικροοργανισμών πριν από τη μόλυνση του φυτού-ξενιστή
 - αδυναμία ή περιορισμό βλάστησης των οργάνων διατήρησης ορισμένων παθογόνων (π.χ. χλαμυδοσπορίων & σκληρωτίων μυκήτων), τα οποία διεγείρονται και βλαστάνουν μόνο με την παρουσία ριζικών εκκρίσεων του φυτού-ξενιστή τους
 - μηχανική παρεμπόδιση της επαφής των παθογόνων μικροοργανισμών με την επιφάνεια του ριζικού συστήματος



Ανταγωνισμός (δια)τροφής (competition) (3)

- Η περίπτωση αυτή αφορά παθογόνα (προαιρετικά παράσιτα ή προαιρετικά σαπρόφυτα, που ζουν στο έδαφος) που εξαρτώνται από φυτικές εκκρίσεις του ξενιστή κατά την προ της μόλυνσης φάση τους
- Δεν αφορά υποχρεωτικά παράσιτα, τα οποία δεν χρησιμοποιούν τις φυτικές εκκρίσεις και ζουν μόνο εις βάρος ζωντανών κυττάρων
- Σημαντική προϋπόθεση για την επιτυχία αυτού του μηχανισμού βιολογικής καταπολέμησης είναι ο γρήγορος εποικισμός της φυτικής επιφάνειας από τον ανταγωνιστή, πριν προλάβει το παθογόνο να εισδύσει στον ξενιστή; Μετά την είσοδο στον ξενιστή δεν επηρεάζεται από τον ανταγωνισμό



Ανταγωνισμός για το σίδηρο (1)

- Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο θρεπτικός ανταγωνισμός για το σίδηρο
- Ο σίδηρος βρίσκεται σε άφθονες ποσότητες στην επιφάνεια της γης με τη μεγαλύτερη ποσότητά του να υπάρχει στην αδιάλυτη μορφή του, το υδροξείδιο του σιδήρου
- Τα βακτήρια χρειάζονται σίδηρο σε μολι συγκεντρώσεις για την ανάπτυξή τους και έτσι έχουν αποκτήσει υψηλής ικανότητας μηχανισμούς δέσμευσης του σιδήρου μέσα στο κύτταρό τους



Ανταγωνισμός για το σίδηρο (2)

- Ο τυπικός μηχανισμός περιλαμβάνει ένα σιδηροφόρο (μικρού μοριακού βάρους ένωση μεταφοράς Fe^{3+}), που δεσμεύει το σίδηρο, και μια πρωτεΐνη που μεταφέρει το σίδηρο μέσα στο βακτηριακό κύτταρο
- Οι σιδηροφόροι συμβάλλουν στον περιορισμό των ιόντων Fe στη ριζόσφαιρα, στερώντας τον από τα παθογόνα και μειώνοντας με αυτό τον τρόπο την ανάπτυξή τους
- Εκτός από το ρόλο της μεταφοράς του τρισθενούς σιδήρου, οι σιδηροφόροι βοηθούν στην ανάπτυξη του φυτού και μερικοί είναι δυνητικά αντιβιοτικά
- Η διαθεσιμότητα του σιδήρου στο φυτό επηρεάζει και τη μικροβιακή σύνθεση στη ριζόσφαιρα



Ανταγωνισμός για το σίδηρο (3)

- Τα παθογόνα είναι ευαίσθητα στην καταστολή τους από τους σιδηροφόρους, γιατί:
 - δεν παράγουν δικούς τους σιδηροφόρους
 - είναι ανίκανοι στο να χρησιμοποιήσουν τους σιδηροφόρους που παράγονται από τα βακτήρια
 - παράγουν μικρές ποσότητες σιδηροφόρων ή σιδηροφόρους με μικρότερη ικανότητα έλξης από ό,τι των αντίστοιχων των βακτηρίων για το σίδηρο
 - παράγουν σιδηροφόρους που μπορούν να τους χρησιμοποιήσουν οι ανταγωνιστές



Υπερπαρασιτισμός (Hyperparasitism) (1)

- Πρόκειται για μικροοργανισμούς, που είναι ικανοί να προκαλούν κυτταρόλυση άλλων οργανισμών και είναι ευρύτατα διαδεδομένοι στα φυσικά οικοσυστήματα
- Αυτοί οι μικροοργανισμοί κατέχουν ενδιαφέροντα ρόλο στη μικροβιακή ισορροπία στο έδαφος και μπορούν να λειτουργήσουν ως αποτελεσματικό εργαλείο στη βιολογική καταπολέμηση παθογόνων μικροοργανισμών
- Ουσιαστικά γίνεται αναφορά για τον παρασιτισμό φυτοπαθογόνων από άλλους μικροοργανισμούς ή ιούς
- Αυτό το φαινόμενο είναι διαδεδομένο μεταξύ των μικροοργανισμών και κυρίως μεταξύ των μυκήτων



Υπερπαρασιτισμός (Hyperparasitism) (2)

- Βασική διαφορά του υπερπαρασιτισμού με τον ανταγωνισμό διατροφής είναι, ότι ο υπερπαρασιτισμός προϋποθέτει πρώτα την εμφάνιση του παθογόνου και μετά του υπερπαρασίτου, ενώ το αντίθετο συμβαίνει στον ανταγωνισμό διατροφής
- Άρα πρέπει να υπάρχει ένα επίπεδο προσβολής από το παθογόνο, ώστε να μπορεί να αναπτυχθεί το υπερπαρασίτο (μειονέκτημα αυτού του μηχανισμού στο πλαίσιο της βιολογικής καταπολέμησης ασθενειών των φυτών)



Υπερπαρασιτισμός (Hyperparasitism) (3)

- Η δυνατότητα αξιοποίησής του στη βιολογική καταπολέμηση εξαρτάται από το αν ο ξενιστής μπορεί να ανεχθεί κάποιο επίπεδο ανάπτυξης του παθογόνου και της ασθένειας χωρίς σοβαρές απώλειες
- Άρα, απαιτείται λεπτομερής γνώση της σχέσης μεταξύ ασθένειας και απωλειών της παραγωγής
- Διάφοροι μύκητες και βακτήρια παράγουν ένζυμα κυτταρολύσεως και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιολογικοί ανταγωνιστές κατά των μυκήτων, π. χ. των γενών *Fusarium* και *Pythium*



Υπερπαρασιτισμός (Hyperparasitism) (4)

- Οι πτητικές ουσίες έχουν μυκητοκτόνες ιδιότητες εναντίον πολλών μυκήτων, αλλά δρουν και ως παράγοντες παραμόρφωσης για ορισμένους από αυτούς
- Τα ένζυμα παρεμβάλλονται στη βιολογική αντιμετώπιση μεταξύ του παρασιτισμού και αντιβίωσης; Παραγωγή ενός ενζύμου από έναν ανταγωνιστή που αποδιοργανώνει το κυτταρικό τοίχωμα συμμετέχει ταυτόχρονα και στις δύο διαδικασίες
- Παράδειγμα αποτελεί ο ανταγωνιστής μύκητας *Talaromyces flavus*, ο οποίος παρασιτεί ορισμένους μύκητες και παράλληλα παράγει την οξειδάση της γλυκόζης από την οποία παράγεται το H₂O₂, που νεκρώνει τα μικροσκληρώτια του μύκητα *Verticillium dahliae*



Υπερπαρασιτισμός (Hyperparasitism) (5)

- Ο μυκοπαρασιτισμός έχει προταθεί ως ο μηχανισμός της βιολογικής αντιμετώπισης από τους μύκητες *Trichoderma* spp. και *Gliocladium virens*
- Το παράσιτο αναπτύσσεται με τις διακλαδώσεις των υφών του προς τον ξενιστή-στόχο, περιτυλίσσεται και προσκολλάται σε αυτόν με κατασκευές σαν appressorium, όπου και διατρύπουν το μυκήλιο του παθογόνου



Υπερπαρασιτισμός (Hyperparasitism) (6)

- Η πέψη των κυτταρικών τοιχωμάτων του ξενιστή εκπληρώνεται από μια συστοιχία εκκρινόμενων ενζύμων, όπως πρωτεάσες, χιτινάσες και γλουκανάσες
- Αυτά τα ένζυμα συχνά έχουν ατομική δράση ενάντια στους μύκητες και συνεργιστική δράση σε μείγματα ή με τα αντιβιοτικά
- Με την εφαρμογή μιας απομονώσεως του βακτηρίου *Bacillus* sp. συντελείται η αποδιοργάνωση των υφών του μύκητα *Gaeumannomyces graminis*



Παραγωγή αντιβιοτικών (antibiosis) (1)

- Ορισμένοι ανταγωνιστικοί μικροοργανισμοί έχουν την ικανότητα να παράγουν και να εκκρίνουν στο περιβάλλον τους αντιβιοτικές ουσίες, οι οποίες εμποδίζουν την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών
- Αντιβιοτικές ουσίες παράγουν συνήθως ορισμένα βακτήρια και μύκητες που ζουν στο έδαφος και λιγότερο άλλα, που ζουν στο υπέργειο μέρος των φυτών
- Οι παραγόμενες αντιβιοτικές ουσίες μπορεί να είναι αποτελεσματικές τόσο εναντίον σαπροφυτικών (νεκροτρόφων), όσο και εναντίον υποχρεωτικών παρασίτων (βιοτρόφων)



Παραγωγή αντιβιοτικών (antibiosis) (2)

- Τα αντιβιοτικά είναι οργανικές ενώσεις μικρού μοριακού βάρους που παράγονται κυρίως από τους εδαφογενείς μικροοργανισμούς και σε μικρές συγκεντρώσεις παρεμποδίζουν την ανάπτυξη ή άλλες μεταβολικές διεργασίες άλλων μικροοργανισμών
- Αυτός ο εξειδικευμένος τρόπος ανταγωνισμού πραγματοποιείται είτε με εξειδικευμένους τοξικούς μεταβολίτες μικροβιακής προέλευσης, είτε με μυκοτοξίνες εδάφους, είτε με λυτικούς παράγοντες, είτε με ένζυμα ή άλλες τοξικές ενώσεις



Παραγωγή αντιβιοτικών (antibiosis) (3)

- Η βασική διαφορά του μηχανισμού αυτού με τους δύο προηγούμενους είναι, ότι δεν είναι αναγκαία η επαφή του ανταγωνιστή μικροοργανισμού με τον παθογόνο
- Δύο ενδεχόμενοι κίνδυνοι υπάρχουν κατά την εφαρμογή βιολογικής καταπολέμησης αυτού του τύπου
 - Το παθογόνο να αναπτύξει ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά (όπως συμβαίνει στα χημικά μυκητοκτόνα)
 - Οι αντιβιοτικές ουσίες ενδέχεται να αποβούν επικίνδυνες για άλλους οργανισμούς, ακόμα και για τον άνθρωπο



Παραγωγή αντιβιοτικών (antibiosis) (4)

- Βασικό χαρακτηριστικό της βιολογικής καταπολέμησης αυτού του τύπου είναι ότι ο ανταγωνιστικός παράγων δεν έρχεται σε επαφή με το παθογόνο, αλλά πρέπει να προϋπάρχει στον ξενιστή μέσω του οποίου ασκεί την επίδρασή του
- Αυτό είναι και το αδύνατο σημείο του μηχανισμού, όταν πρόκειται για ασθένειες που προσβάλλουν περισσότερα είδη φυτών, οπότε μπορεί να είναι και διαφορετικές οι αντιδράσεις σε κάθε είδος ξενιστή



Παραγωγή αντιβιοτικών (antibiosis) (5)

- Σε πολλά συστήματα βιολογικής αντιμετώπισης που έχουν μελετηθεί, ένα ή περισσότερα αντιβιοτικά παίζουν ρόλο στην καταστολή της εκάστοτε ασθένειας
- Η αντιβίωση αποτελεί το βασικότερο τρόπο καταστολής ασθενειών από βακτήρια και πολλές φορές δρα συνεργιστικά με άλλους μηχανισμούς, όπως τον ανταγωνισμό και τον παρασιτισμό
- Η δημιουργία της **ζώνης παρεμπόδισης (zone of inhibition)** στη διπλή *in vitro* καλλιέργεια (βιολογικός παράγοντας και παθογόνο) οφείλεται στην ταυτόχρονη παραγωγή αντιβιοτικών, τοξικών μεταβολιτών ή/και σιδηροφόρων και αποτελεί κλασικό τρόπο αρχικής αξιολόγησης δυνητικών ανταγωνιστών



Παραγωγή αντιβιοτικών (antibiosis) (6)

- Ανθεκτικοί πληθυσμοί παθογόνων στα παραγόμενα από βιολογικούς ανταγωνιστές αντιβιοτικά θεωρείται απίθανο, γιατί οι περισσότεροι βιολογικοί παράγοντες παράγουν άνω του ενός αντιβιοτικών
- Η ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε πολλά αντιβιοτικά έχει πολύ χαμηλή συχνότητα και η ολοκληρωτική έκθεση του πληθυσμού ενός παθογόνου στα αντιβιοτικά είναι μικρή από τη στιγμή που ο πληθυσμός του βιολογικού παράγοντα βρίσκεται πάνω στη ρίζα, οπότε ελαχιστοποιείται η πίεση επιλογής



Αποικισμός (colonization) (1)

- Ο αποτελεσματικός βιολογικός παράγοντας αναπτύσσεται και αποικίζει τη φυτική επιφάνεια που πρόκειται να προστατεύει
- 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
- Ορισμένοι βιολογικοί παράγοντες με υψηλή δραστικότητα στον αγρό, όπως είδη του *Bacillus cereus* και *B. cereus*, δεν αναπτύσσουν μεγάλους πληθυσμούς στις ρίζες των φυτών



Αποικισμός (colonization) (2)

- Η διαδικασία αποικισμού της ρίζας έχει δύο διακριτές φάσεις:
 - **Φάση I:** Τα βακτήρια έρχονται σε επαφή με τη ρίζα και στη συνέχεια μετακινούνται προς το ακρορρίζιο, όπου σημαντικότατο ρόλο κατέχουν οι ριζικές εκκρίσεις για την αρχική επαφή των βακτηρίων με την επιφάνεια της ρίζας
 - **Φάση II:** Τα βακτήρια διασκορπίζονται τοπικά στις θέσεις του ανταγωνισμού με τους ενδογενείς μικροοργανισμούς και πολλαπλασιάζονται με το μέγιστο επιτρεπόμενο ρυθμό που τους επιβάλλει ο ανταγωνισμός με άλλους μικροοργανισμούς και το φυσικό περιβάλλον της ριζόσφαιρας; Σημαντικό ρόλο σε αυτή τη φάση έχουν τα θρεπτικά συστατικά στον ανταγωνισμό των διάφορων μικροοργανισμών για την αποίκιση της ριζόσφαιρας; Τα βακτήρια συναθροίζονται ανάμεσα στα κύτταρα, όπου αφθονούν τα θρεπτικά στοιχεία



Αποικισμός (colonization) (3)

- Τα ριζοβακτήρια φθάνουν στην επιφάνεια των ριζών μέσω της ενεργητικής τους μεταφοράς με τα μαστίγια (flagella) και καθοδηγούνται χημειοτακτικά, καθώς επίσης και τα βακτηριακά λιποπολυσακχαρίδια (lipopolysaccharides, LPS), όπως η Ο-αντιγονική αλυσίδα (O-antigen chain) που συμβάλλουν στην αποίκιση της ρίζας
- Επίσης, η βιο-επιφανειοδραστική (biosurfactant) ουσία σουρφακτίνη (surfactin) στην άκρη της αποικίας του *B. subtilis* συνέβαλλε στη μείωση της επιφανειακής τάσης επιτρέποντας την ταχεία εξάπλωση των βακτηριακών κυττάρων



Αποικισμός (colonization) (4)

- Απώλειες από το εμβολιαζόμενο στο έδαφος βακτήριο ίσως προκύπτει από τον εκτοπισμό ή αναδιοργάνωση των εδαφικών συσσωματωμάτων, από την προσρόφησή τους από τα εδαφοτεμαχίδια ή και από τον ανταγωνισμό τους με τα ενδογενή βακτήρια
- Επίσης, τα ριζοσφαιρικά βακτήρια που εμβολιάζονται στο έδαφος δεν επιβιώνουν στο ριζοσφαιρικό έδαφος, λόγω του ότι αδυνατούν να πολλαπλασιαστούν γρήγορα για να διατηρήσουν επαφή με το ρυθμό ανάπτυξης του ακρορριζίου



Αποικισμός (colonization) (5)

- Η κίνηση των βακτηρίων με τη βοήθεια του ύδατος μέσα στο έδαφος επηρεάζεται από το σχήμα και το μέγεθος του βακτηρίου, το μέγεθος των πόρων του εδάφους, την περιεκτικότητα της εδαφικής υγρασίας και το εδαφικό pH
- Επιπλέον, η μικροβιακή δραστηριότητα αυξάνεται με την αύξηση της εδαφικής θερμοκρασίας και άρα στις χαμηλές θερμοκρασίες έχουμε μικρότερο ανταγωνισμό στο νεοεισαχθέν βακτήριο από την ενδογενή μικροχλωρίδα
- Ο γονότυπος και το στάδιο ανάπτυξης του φυτού παίζει ρόλο στην ποσότητα και στο επίπεδο ανταγωνισμού στη ριζόσφαιρα, πιθανότατα με τις διαφορές στη σύνθεση των ριζικών εκκρίσεων



Ανοσοποίηση φυτών (1)

- Ανοσοποίηση (plant immunization) ονομάζεται η λειτουργία της βιολογικής ή βιοχημικής διέγερσης λανθανόντων μηχανισμών αντοχής, ώστε το φυτό να καθίσταται ανθεκτικό απέναντι σε περισσότερα του ενός παθογόνα
- Η ανοσοποίηση εξαρτάται από παράγοντες που παρουσιάζονται στον ξενιστή, μόνο όταν προκληθούν από: α) κάποιο παθογόνο, β) μικροβιακή ή μη ουσία, γ) ριζοβακτήριο, λόγω του σχηματισμού ενώσεων από την αλληλεπίδραση ξενιστή-παθογόνου
- Η ανοσοποίηση αποτελεί φαινόμενο μη εξειδικευμένο, αφού οι μηχανισμοί που συμβάλλουν στην ανοσοποίηση είναι διαφορετικοί ανάμεσα στα συστήματα φυτών-παθογόνων που προκαλούν μόλυνση



Ανοσοποίηση φυτών (2)

- Τυπικά στοιχεία των μηχανισμών άμυνας του φυτού, που διεγείρονται μετά την προσπάθεια του παθογόνου για μόλυνση, είναι:
 - **αντίδραση υπερευαισθησίας (Hypersensitive Response, HR)**
 - **παραγωγή ενώσεων μέσω οξειδωτικής μεταβολικής έκρηξης (Reactive oxygen Species, ROS)**
 - **έκφραση των γόνων που συμβάλλουν στην άμυνα του φυτού (gene-for-gene resistance)**
 - **δομικές αλλαγές (εναπόθεση καλλόζης και λιγνιτοποίηση) στο κυτταρικό τοίχωμα του φυτού**
 - **σύνθεση φυτοαλεξινών**
 - **παραγωγή των παρεμποδιστών πρωτεϊνασών (proteinase inhibitors)**
 - **λυτικά ένζυμα γλουκανάσες και χιτινάσες**



Ανοσοποίηση φυτών (3)

- Αυτοί οι τοπικού χαρακτήρα αμυντικοί μηχανισμοί συγκροτούν την επίκτητη τοπική αντοχή (**Localized Acquired Resistance, LAR**), οι οποίοι λαμβάνουν χώρα στο σημείο της προσβολής και έχουν ως αποτέλεσμα τον περιορισμό της νεκρωτικής κηλίδας
- Αντιθέτως, οι μηχανισμοί που συμβάλλουν στην επίκτητη διασυστηματική αντοχή (**Systemic Acquired Resistance, SAR**) ή στην επαγόμενη διασυστηματική αντοχή (**Induced Systemic Resistance, ISR**) διεγείρονται με διάφορους τρόπους, κυρίως μέσω της δημιουργίας νεκρωτικής κηλίδας ή της ύπαρξης των ριζοβακτηρίων, αντίστοιχα και έχουν διασυστηματική δράση αυξάνοντας την αντοχή του φυτού σε ακόλουθη προσβολή μολυσματικών παθογόνων



Ανοσοποίηση φυτών (4)

- Η διασυστηματικά επαγόμενη αντοχή συνήθως ακολουθεί αυτή του τοπικού χαρακτήρα
- Για την ενεργοποίηση όλων των λανθανόντων αμυντικών μηχανισμών απαιτείται η σύνθεση και η μεταφορά σήματος
- **Σήμα** είναι βιοχημικός ή φυσικο-ηλεκτρικός παράγοντας που παράγεται στο σημείο διέγερσης και μετακινείται διασυστηματικά, και άρα «προετοιμάζει» (conditioning) τους ιστούς για τη μόλυνση από το ίδιο ή άλλα παθογόνα
- Παράγεται στο φύλλο διέγερσης και μετακινείται ταχύτατα και συνεχώς προς όλες τις κατευθύνσεις (ανοδικά & καθοδικά)



Διεγέρτες-σήματα στη διασυστηματική ανοσοποίηση των φυτών (1)

- Τα φυτά αντιλαμβάνονται τα πολυάριθμα παθογόνα με την παρουσία διαφόρων χημικών ουσιών; Αυτές οι ουσίες κατέχουν το ρόλο του σήματος και αναγνωρίζονται από κατάλληλα συστήματα υψηλής βιοχημικής εξειδίκευσεως
- Πολυάριθμες χημικές ενώσεις διάφορων χημικών τύπων και κατηγοριών έχουν βρεθεί να έχουν την ικανότητα να ενεργοποιούν αμυντικούς μηχανισμούς του φυτού
- Πρόκληση της ανοσοποίησης μπορεί να υπάρξει ως αποτέλεσμα της μόλυνσης από ένα παθογόνο ή από μια σειρά άλλων παραγόντων
- Οι διεγέρτες μπορεί να μην έχουν αντιμικροβιακή δράση ή αντιθέτως να έχουν διπλή δράση αναστέλλοντας και την ανάπτυξη του παθογόνου και να επάγουν αμυντικούς μηχανισμούς στο φυτό



Διεγέρτες-σήματα στη διασυστηματική ανοσοποίηση των φυτών (2)

Παράγοντες πρόκλησης της ανοσοποίησης των φυτών

- Παθογόνα
- Μη παθογόνοι μικροοργανισμοί (σαπρόφυτα)
- Μη μολυσματικές μορφές παθογόνων μικροοργανισμών
- Παθογόνοι μικροοργανισμοί που καθίστανται μη μολυσματικοί από συγκεκριμένες περιβαλλοντολογικές συνθήκες
- Ασυμβίβαστες φυλές παθογόνων μικροοργανισμών
- Χημικές ενώσεις
- Μεγαλομοριακές ενώσεις παθογόνων
- Φυτικά εκχυλίσματα (π.χ. οξαλικά άλατα από στο σπανάκι)



Διεγέρτες-σήματα στη διασυστηματική ανοσοποίηση των φυτών (3)

- Οι βιοτικοί διεγέρτες διακρίνονται σε:
 - βιοτικούς [ολιγοσακχαρίτες (μύκητας: ολιγογλουκάνη, ολιγοχιτίνη, ολιγοχιτοσάνη και προσβεβλημένο φυτό: ολιγογαλακτουρονίνη)
 - γλυκοπεπτίδια και πρωτεΐνες
 - λιπαρά οξέα & αμινοξέα
 - διεγέρτες από τα κυτταρικά τοιχώματα ζυμών
 - μικροβιακοί μεταβολίτες από σαπρόφυτα βακτήρια & μύκητες
 - σαλικυλικό και γιασμονικό οξύ
 - αιθυλένιο



Διεγέρτες-σήματα στη διασυστηματική ανοσοποίηση των φυτών (4)

- Οι **αβιοτικοί διεγέρτες** διακρίνονται σε:
 - **συνθετικές χημικές ουσίες** (2,2 δίχλωρο-3,3-διμεθυλκυκλοπροπαν-καρβοξυλικό οξύ, 2,6 δίχλωρο-ισοτονικό οξύ και το εστερικό παράγωγό του, N-φενυλσουλφορονυλ-2-χλώρο-ισονικοτιναμίδη, probenazole, τα διαλύματα K_3PO_4 , K_2PO_4 , Na_3PO_4 , Na_2HPO_4 , EDTA)
 - **ημισυνθετικούς** (χημικά τροποποιημένες βιοτικές ενώσεις)



Διεγέρτες-σήματα στη διασυστηματική ανοσοποίηση των φυτών (5)

- Οι ουσίες ως τα σημαντικότερα σήματα είναι το **σαλικυλικό οξύ**, το **γιασμονικό οξύ**, το **αιθυλένιο**, το **υπεροξειδίο του υδρογόνου** και η **συστεμίνη**
- Γνωρίζοντας τη φύση του βακτηριακού διεγέρτη θα υπάρχει και η δυνατότητα της επαγωγής του αμυντικού μηχανισμού των φυτών με σκοπό την αυξημένη προστασία τους από διάφορους παθογόνους μικροοργανισμούς



Επίκτητη διασυστηματική αντοχή, SAR (1)

- Η ενεργοποίηση της SAR πραγματοποιείται στις νεκρωτικές κηλίδες σε αλληλεπιδράσεις ξενιστού-παθογόνου συμβατές (ασθένεια) και μη συμβατές (HR) με τη σύνθεση και ακολούθως μεταφορά του σήματος
- Με τη δημιουργία νεκρωτικής κηλίδας λόγω προσβολής από παθογόνο έχουμε αύξηση της συγκέντρωσης του σαλικυλικού οξέος (Salicylic Acid, SA), έκφρασης των SAR-γόνων και την εμφάνιση των πρωτεϊνών παθογένεσης (Pathogenesis-Related proteins, PR-proteins)



Επίκτητη διασυστηματική αντοχή, SAR (2)

- Η χρονική διάρκεια που απαιτείται για την ενεργοποίηση και εγκατάσταση της SAR στο φυτό εξαρτάται και από το είδος του φυτού (έχει διαπιστωθεί σε μονοκότυλα και δικότυλα φυτά) και από τον τύπο του επαγωγέα μικροοργανισμού
- Το επίπεδο προστασίας εξαρτάται από το είδος του μικροοργανισμού που χρησιμοποιήθηκε για την αρχική μόλυνση και από την έκταση της νέκρωσης που προκάλεσε



Επαγόμενη διασυστηματική αντοχή, ISR (1)

- Ορισμένα στελέχη μη-παθογόνων ριζοβακτηρίων έχουν την ικανότητα να προστατεύσουν τα φυτά από τα παθογόνα επάγοντας τους μηχανισμούς αντοχής των φυτών (ISR)
- Η ISR αποτελεί βιοχημικό φαινόμενο φαινοτυπικώς παρόμοιο με τη SAR που επάγεται από τα παθογόνα και σχετίζεται με την ενεργοποίηση του μεταβολικού μονοπατιού των γιασμονικού οξέος (Jasmonic Acid, JA) και αιθυλενίου
- Αν και η ενεργοποίηση της SAR δεν εξαρτάται πάντα από την έκφραση HR, φθάνει στο μέγιστο επίπεδό της όταν το παθογόνο προκαλεί νέκρωση στο φυτικό ιστό



Επαγόμενη διασυστηματική αντοχή, ISR (2)

- Αντιθέτως, τα ριζοβακτήρια δεν προκαλούν ορατό σύμπτωμα στον ξενιστή και συνήθως αυξάνουν το ρυθμό ανάπτυξης του φυτού επάγοντας, παράλληλα, την ISR μέσω της ενεργοποίησης του σήματος παρουσιάζουν την εξειδικευμένη σχέση μεταξύ βακτηρίου και ξενιστού
- Τα ριζοβακτήρια ως βιολογικοί παράγοντες είτε επιδρούν στην ενεργοποίηση της ISR και/ή της SAR ή εκκρίνουν αντιμυκητιακούς μεταβολίτες, όπως πυολουτερίνη (pyoluterin), φεναζίνες (phenazines) και φερογλουσινόλες (phoroglucinols) ή εκκρίνουν τα επιφανειοδραστικά κυκλικά πεπτίδια, τα οποία συνεισφέρουν στην αντιμετώπιση των φυτοπαθογόνων



Επαγόμενη διασυστηματική αντοχή, ISR (3)

- Ειδικότερα, τα αυξητικά ριζοβακτήρια (PGPR) ενεργοποιούν αμυντικούς μηχανισμούς συμβάλλοντας στη διασυστηματική έκφραση μηχανισμών αντοχής των φυτών εναντίον παθογόνων μυκήτων, βακτηρίων και ιών ως καθυστέρηση στην έκφραση των συμπτωμάτων και μείωση στην ένταση και εξέλιξη της ασθένειας
- Πολλά από τα ριζοβακτήρια που επάγουν την ISR έχουν επίσης και την ικανότητα να περιορίσουν άμεσα την ανάπτυξη του παθογόνου (π. χ. παράγοντας αντιβιοτικά), οπότε θα πρέπει κατά τη μελέτη ενεργοποίησης της ISR τα ριζοβακτήρια να απουσιάζουν από το χώρο μόλυνσης του φυτού από το παθογόνο και να παραμένουν σε απόσταση καθόλη τη διάρκεια του πειράματος



Επαγόμενη διασυστηματική αντοχή, ISR (4)

- Τα PGPR που επάγουν την ISR εφαρμόζονται στο ριζικό σύστημα, στο έδαφος ή στο σπόρο, ενώ η επιτυχής εφαρμογή τους στο φύλλωμα δεν έχει ακόμα επιτευχθεί
- Σημαντικότερα PGPR που ενεργοποιούν την ISR ανήκουν στα γένη *Pseudomonas* και *Bacillus*
- Κατά τη βιολογική καταπολέμηση όσο μεγαλύτερη παραγωγή αντιβιοτικού παρατηρείται, τόσο μεγαλύτερος είναι ο πληθυσμός του ριζοβακτηρίου; Ποσοτική έκφραση της ISR δεν σχετίζεται με το ριζοβακτηριακό πληθυσμό



Επαγόμενη διασυστηματική αντοχή, ISR (5)

- Εφαρμογή PGPR που επάγουν την ISR στα φυτά ραπανιού ή πιζέλια εναντίον μυκήτων του γένους *Fusarium* εκφράζεται με τη μείωση του ποσοστού των ασθενούντων φυτών, η οποία αποδίδεται στο μεγάλο ποσοστό αποτυχίας του μύκητα να προσεγγίζει και να αποικίσει τα αγγεία του φυτού
- Τα λιποπολυσακχαρίδια (LPS) ριζοβακτηρίων επάγουν την ISR, με παράγοντα κλειδί την Ο-πλάγια αλυσίδα τους
- Αναφέρονται, επίσης, οι σιδηροφόροι-σαλικυλικό οξύ, τα αντιβιοτικά πυολουτεορίνη και 2,4-διακετυλ-φωρογλουσινόλη, η φλαγκελίνη (flagellin), ουσία των μαστιγίων των βακτηρίων και οι παραγόμενες από βακτήρια του γένους *Bacillus* πτητικές ενώσεις (Volatile Organic Compounds, VOCs), π. χ. οι 3-hydroxybutan-2-one (acetoin) και η 2R,3R-butane-diol (2,3-B)



Βασικά χαρακτηριστικά του ιδεώδους ανταγωνιστή

- Προκειμένου ένας ανταγωνιστής να είναι αποτελεσματικός για τους σκοπούς της βιολογικής καταπολέμησης, πρέπει να έχει:
 - Υψηλή ανταγωνιστική ικανότητα
 - Υψηλό αναπαραγωγικό δυναμικό
 - Ταχύτητα ανάπτυξης και εποικισμού του υποστρώματος
 - Παραγωγή αντιβιοτικών με ευρύ φάσμα δράσης
 - Ευκολία βιομηχανικής παραγωγής, διακίνησης και εφαρμογής



Επιλογή των κατάλληλων βακτηρίων ως ανταγωνιστικών των παθογόνων

- Βασική αρχή για την επιλογή του κατάλληλου ανταγωνιστικού βακτηρίου είναι ότι τα επιλεγθέντα βακτηριακά στελέχη πρέπει να χρησιμοποιούνται σε εδάφη με παρόμοιες εδαφοκλιματικές συνθήκες με αυτές που επικρατούν στα εδάφη από τα οποία απομονώθηκαν
- Απομονώνοντας στελέχη από κατασταλτικά ή απολυμανθέντα εδάφη έχουμε αυξημένες πιθανότητες εύρεσης δυνητικών ανταγωνιστικών βακτηρίων και φυσικά κάθε στέλεχος πρέπει να ελέγχεται στη συνέχεια σε πειράματα θερμοκηπίου και αγρού



Επιλογή των κατάλληλων βακτηρίων ως ανταγωνιστικών των παθογόνων

- Απαραίτητη είναι και η αξιολόγηση του βακτηρίου ως προς την ικανότητά του να αποικίζει τη ριζόσφαιρα
- Παράλληλα, λαμβάνονται υπόψη οι συνθήκες του περιβάλλοντος (θερμοκρασία και υγρασία), εδαφικοί παράγοντες (θερμοκρασία, υγρασία, pH, άργιλλος), το επίπεδο μόλυσματος του παθογόνου και η δόση του ανταγωνιστικού βακτηρίου
- Επιπλέον, τα ενδοφυτικά βακτήρια φαίνεται να σχετίζονται στενά με τα φυτά-ξενιστές μέσω των διαδικασιών της εξέλιξης επηρεάζοντας τη φυσιολογία του φυτού



Επιλογή των κατάλληλων βακτηρίων ως ανταγωνιστικών των παθογόνων

- Η ικανότητά τους να επιζούν ενδοφυτικά, για να αποφεύγουν το μικροβιακό ανταγωνισμό, τα καθιστά αξιόλογους βιολογικούς παράγοντες
- Επισημαίνεται, ότι ο τρόπος με τον οποίο τα βακτήρια καλλιεργούνται μπορεί να επηρεάζει τη βιωσιμότητά τους και την αντοχή τους στις αντίξοες συνθήκες που επικρατούν κατά την εφαρμογή τους στο έδαφος
- Μικρότερος κίνδυνος υπάρχει με τους βακίλλους, αφού παράγουν ενδοσπόρια



Κυριότεροι ανταγωνιστικοί μικροοργανισμοί



Κυριότεροι ανταγωνιστικοί μύκητες (1)

- ***Trichoderma spp. (1)***: αυτό το γένος ταξινομικά ανήκει στην οικογένεια Moniliaceae των Δευτερομυκήτων
- Τα πιο διαδεδομένα στο έδαφος είδη είναι τα *T. viride*, *T. harzianum*, *T. koningii*, *T. polysporum* και *T. amatum*
- Τα είδη αυτά δρουν κυρίως ως **μυκοπαράσιτα** πολλών ειδών φυτοπαθογόνων μυκήτων, όπως *Armillaria mellea*, *Pythium spp.*, *Phytophthora spp.*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolsfii*, *Heterobasidium annosum* κ.ά.
- Σημαντική, όμως, είναι και η ανταγωνιστική τους δράση



Κυριότεροι ανταγωνιστικοί μύκητες (2)

- ***Trichoderma spp. (2)***: Κατά τη βιολογική καταπολέμηση έχουν χρησιμοποιηθεί κυρίως τα *T. viride*, *T. harzianum* και *T. koningii*
- Στην ανταγωνιστική δράση του *Trichoderma spp* κατά του *Armillaria mellea*, ο *Armillaria mellea* είναι ανταγωνιστικότερος του *Trichoderma spp.* υπό κανονικές εδαφικές συνθήκες
- Όμως, όταν το μυκήλιο ή τα ριζόμορφα του *Armillaria mellea* υποστούν την επίδραση παραγόντων αποδυνάμωσής τους, τότε γίνονται ευάλωτα στην εισβολή του *Trichoderma spp.*
- Παράγοντες αποδυνάμωσης μπορεί να είναι η μείωση της υγρασίας των προσβεβλημένων οργάνων με την έκθεση σε συνθήκες αερισμού ή η εφαρμογή απολυμαντικών εδάφους



Κυριότεροι ανταγωνιστικοί μύκητες (3)

- ***Ampelomyces***: αυτό το γένος ανήκει στην κλάση Coelomycetes των Δευτερομυκήτων
- Τα είδη του είναι εξειδικευμένα παράσιτα των φυτοπαθογόνων ειδών της οικογένειας Erysiphaceae (ωίδια)
- Μερικές φυλές του ***A. quisqualis*** είναι ελαφρά παθογόνες στην αγγουριά
- Ευνοούνται από παρατεταμένες συνθήκες αυξημένης υγρασίας
- Δυνατότητα χρήσης σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες αγγουριάς, για την καταπολέμηση του μύκητα *Sphaerotheca fulginea* (ωίδιο κολοκυνθοειδών)



Κυριότεροι ανταγωνιστικοί μύκητες (4)

- ***Cladosporium* (1)**: το γένος ανήκει στην κλάση Hyphomycetes των Δευτερομυκήτων; Εμφανίζουν και τέλεια μορφή, η οποία ανήκει στο γένος *Mycosphaerella* των Ασκομυκήτων
- Σημαντικότερα σαπροφυτικά είδη είναι τα *C. herbarum* & *C. cladosporioides*; Κονίδια και ασκοσπόρια των ειδών αυτών βρίσκονται σε όλα τα υπέργεια τμήματα των φυτών
- Αναπτύσσονται σε γυρεόκοκκους και άλλα θρεπτικά υποστρώματα, που βρίσκονται στις φυλλικές επιφάνειες; Υφές τους μπορεί να αναπτυχθούν ενδοφυτικά στους υποστομάτιους χώρους ή μεσοκυττάρια σε επιφανειακούς ιστούς



Κυριότεροι ανταγωνιστικοί μύκητες (4)

- ***Cladosporium* (2)**: Με τη γήρανση και τη νέκρωση των φυτικών ιστών, τα σαπρόφυτα αυτά αποικίζουν τους νεκρούς ιστούς πριν από τα σαπρόφυτα παθογόνα
- Σε υπολείμματα καλλιεργειών σιτηρών αναπτύσσονται μεγάλοι πληθυσμοί και σχηματίζονται πολλά περιθήκια με ασκούς και ασκοσπόρια της εγγενούς μορφής (*Mycosphaerella*)
- Στα σιτηρά, η παρουσία *Cladosporium* spp. ασκεί προστατευτικό ρόλο κατά του φουζάριου (*Fusarium roseum* f.sp. *culmorum*)



Κυριότερα ανταγωνιστικά βακτήρια (1)

- ***Agrobacterium radiobacter* (1)** Είδη αυτού του γένους είναι από τους πιο διαδεδομένους μικροοργανισμούς στο έδαφος, ιδιαίτερα στο χώρο της ριζόσφαιρας των φυτών
- Έχουν σχήμα ραβδοειδές με 1-4 περίτριχα μαστίγια και είναι αρνητικά κατά Gram
- Το είδος *Agrobacterium radiobacter* έχει άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης 25-30°C, ελάχιστη 0°C, ανώτερη 37°C, ενώ νεκρώνεται στους 51°C



Κυριότερα ανταγωνιστικά βακτήρια (2)

- ***Agrobacterium radiobacter* (2)**: Το βακτήριο *Agrobacterium tumefaciens* προκαλεί την ασθένεια «βακτηριακό καρκίνο» των οπωροφόρων, του αμπελιού και καλλωπιστικών φυτών
- Το **στέλεχος K84** του *Agrobacterium radiobacter* είναι ανταγωνιστικό του φυτοπαθογόνου *A. tumefaciens* και η παρουσία του στη ριζόσφαιρα εμποδίζει την μόλυνση των ριζών είτε με την παραγωγή της αγροσίνης K84, είτε εμποδίζοντας την επαφή του παθογόνου με τα σημεία εισόδου στο ριζικό σύστημα



Κυριότερα ανταγωνιστικά βακτήρια (3)

- ***Bacillus subtilis***: εμφανίζει εξαιρετική ανταγωνιστική ικανότητα στη ριζόσφαιρα και αυτό οφείλεται:
 - Κυρίως στην ισχυρή ανταγωνιστικότητά του προς φυτοπαθογόνους μικροοργανισμούς του εδάφους.
 - Σχηματίζει μεταβολίτες με αντιβιοτικές ιδιότητες
 - Προκαλεί **ανοσοποίηση** των φυτών (βλέπε επόμενες διαλέξεις) έναντι των ασθενειών με την ενεργοποίηση αμυντικών μηχανισμών τους
 - Προωθεί την ανάπτυξη των φυτών με το σχηματισμό ουσιών ανάλογης επίδρασης με τις κυτοκινίνες και αυξίνες; Επιτάχυνση της ανάπτυξης των φυτών έχει πολλές φορές ως αποτέλεσμα και την αποφυγή ασθενειών, που προσβάλλουν νεαρά κυρίως φυτά (π.χ. τήξεις φυταρίων)



Κυριότερα ανταγωνιστικά βακτήρια (4)

- ***Pseudomonas fluorescens***: Έχει διαπιστωθεί η ανταγωνιστική δράση του κατά των φυτοπαθογόνων μυκήτων *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Phytophthora megasperma*, κ.ά.
- Η ευνοϊκή επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών από την παρουσία του στη ριζόσφαιρα οφείλεται στην παραγωγή μιας ουσίας (pseudobactin), η οποία αποστερεί τα παθογόνα από σίδηρο (**σιδηφορόφος**) επιτρέποντας έτσι στο φυτό να αναπτυχθεί καλύτερα



Κυριότερα ανταγωνιστικά βακτήρια (5)

- ***Bdellovibrio bacteriovorus***: Είναι παρασιτικό βακτήριο άλλων βακτηρίων; Έχουν βρεθεί διάφορες φυλές του με εξειδίκευση ως προς τα βακτήρια-ξενιστές του
- Αρκετά διαδεδομένο στα γεωργικά εδάφη (έχουν αναφερθεί πληθυσμοί μέχρι 100.000 βακτηριακών κυττάρων ανά g εδάφους)
- Επιδεικνύει ανταγωνιστική δράση κατά του *Pseudomonas syringae* pv. *glycine* (αδροβακτηρίωση της σόγιας)
- Το κύτταρο του *Bdellovibrio bacteriovorus* (μεγέθους $0,3 \times 0,8 \mu\text{m}$ με ένα μαστίγιο) διατρυπά περιστρεφόμενο σαν «τρυπάνι» το κυτταρικό τοίχωμα του ξενιστή του και εισέρχεται στο εσωτερικό του, όπου και παρασιτεί



Ανταγωνιστικοί ιοί (1)

- Η βιολογική καταπολέμηση ασθενειών με ιολογικής φύσης παράγοντες επιτυγχάνεται συνήθως με δύο μηχανισμούς
 - Στη μείωση της μολυσματικής ικανότητας παθογόνων (**υπομολυσματικότητα**), που έχουν προσβληθεί από κάποιο ιολογικό παράγοντα
 - Στην πρόκληση **επίκτητης αντοχής/ανοσοποίησης** στο φυτό μετά από μόλυνση από ήπιες φυλές παθογόνων ιών



Ανταγωνιστικοί ιοί (2)

- Η υπομολυσματικότητα πρωτοπαρατηρήθηκε σε έλκη καστανιών [προσβολή από το μύκητα *Cryptonectria (Endothia) parasitica*]; Ορισμένα έλκη επουλώνονταν χωρίς καμία επέμβαση και από αυτά τα επουλωμένα έλκη απομονώθηκε μια υπομολυσματική φυλή του παθογόνου μύκητα, όπου όταν ερχόταν σε επαφή με τη μολυσματική φυλή καθιστούσε (και) τη δεύτερη υπομολυσματική
- Έχει διαπιστωθεί, ότι ο εμβολιασμός φυτών με μειωμένης παθογένειας (υπομολυσματικά) στελέχη φυτοπαθογόνων ιών καθιστά τα φυτά αυτά σε μικρό ή μεγάλο βαθμό αμόλυντα από τα υψηλής παθογένειας στελέχη των ίδιων ιών



Μυκητολογικά σκευάσματα για τη βιολογική αντιμετώπιση ασθενειών

Μύκητες	Εμπορικό όνομα	Στόχος	Καλλιέργεια
Peniophora gigantean		Fomes annosum	Πεύκη
Pythium oligandrum	Polygandrum	Pythium sp.	Τεύτλα
Trichoderma sp.	Trichodemine	Botrytis sp., Pythium sp., Sclerotinia sp., Verticillium sp.	Οπωροφόρα, Λαχανικά
Trichoderma viridae	Binab T	Amillaria mellea, Ceratocystis ulmi, heterobasidium annosum, Chondrostereum purpureum	Δενδρώδεις καλλιέργειες, Πτελέα, Πεύκη
Gliocladium virens		Rhizoctonia sp., Pythium sp.	Βαμβάκι, Καλαμπόκι, Καλλωπιστικά
Trichoderma harzianum	Trichodex	Botrytis sp.	Αμπέλι, Λαχανικά
(στέλεχος DLR-AG2, γενετικά τροποποιημένο)		Pythium sp.	Σπόροι, Πατάτα, Καλαμπόκι, Σόγια, Τομάτα



Βακτηριολογικά σκευάσματα για τη βιολογική αντιμετώπιση ασθενειών

Βακτήρια	Εμπορικό όνομα	Στόχος	Καλλιέργεια
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Dagger G	<i>Pythium</i> sp., <i>Rhizoctonia solani</i>	Βαμβάκι
<i>Streptomyces griseoviridis</i>	Mycostop	<i>Rhizoctonia</i> sp., <i>Pythium</i> sp.	Βαμβάκι, Καλαμπόκι, Καλλωπιστικά, Φασόλι
<i>Bacillus subtilis</i> A13	Quantum 4000	Εδαφογενείς μύκητες, <i>Rhizoctonia</i> sp., <i>Pythium</i> sp., <i>Cercospora beticola</i>	Καρότο, Αραχίδα



Κατασταλτικά εδάφη & μυκόρριζες



Κατασταλτικά εδάφη (suppressive soils) (1)

- Σε ορισμένα εδάφη, κάποιες ασθένειες εμφανίζονται πολύ λίγο ή καθόλου, ενώ σε άλλα προκαλούν σημαντικές ζημιές
- **Κατασταλτικά εδάφη** είναι τα εδάφη, στα οποία ένα παθογόνο: α) δεν μπορεί να εγκατασταθεί, ή β) εγκαθίσταται αλλά δεν μπορεί να προκαλέσει ασθένεια ή γ) προκαλεί μεν ασθένεια αλλά μικρής σημασίας και για λίγο χρόνο ή δ) προκαλεί σοβαρή ασθένεια για κάποιο χρονικό διάστημα, αλλά στη συνέχεια η ασθένεια υποχωρεί χωρίς καμία φυτοπροστατευτική επέμβαση



Κατασταλτικά εδάφη (suppressive soils) (2)

- Δεν είναι ακριβώς γνωστά τα αίτια της ανθεκτικότητας των εδαφών; Έχει, όμως, διαπιστωθεί ότι η προσθήκη και ενσωμάτωση ανθεκτικών εδαφών σε άλλα εδάφη είχε ως αποτέλεσμα τον περιορισμό των ίδιων ασθενειών και σε αυτά τα εδάφη, καθώς επίσης η απολύμανση ανθεκτικών εδαφών με υγρή θερμότητα (ατμό), είχε ως αποτέλεσμα την απώλεια της ανθεκτικότητάς τους
- Άρα, ο σημαντικότερος παράγοντας φαίνεται να είναι η ανταγωνιστικότητα της μικροχλωρίδας του εδάφους και επομένως έμμεσα όλοι οι παράγοντες που ευνοούν την ανάπτυξή της (οργανική λίπανση, υγρασία, κ.λπ.)



Κατασταλτικά εδάφη (suppressive soils) (3)

- Περιπτώσεις κατασταλτικών εδαφών έχουν διαπιστωθεί για σημαντικά φυτοπαθογόνα, όπως *Gaeumannomyces graminis var tritici*, παθότυποι του *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani f.sp. phaseoli*, *Pythium sp.*, *Rhizoctonia solani*, *Streptomyces scabies*, *Sclerotium cepivorum* κ.ά.
- Το βακτήριο *Pseudomonas fluorescens* είναι ο κυρίαρχος ανταγωνιστής σε εδάφη ανθεκτικά στο μύκητα *Gaeumannomyces graminis var. tritici* (ένα από τα αίτια του παρασιτικού πλαγιάσματος του σιταριού)
- Σε είδη *Pseudomonas spp.*, αποδίδεται η ανθεκτικότητα εδαφών σε φυτοπαθογόνα είδη *Fusarium spp.* και σε είδη του *Trichoderma spp.* η ανθεκτικότητα εδαφών στο *Rhizoctonia solani*

Μυκόρριζες (1)

- Είναι είδη μυκήτων, τα οποία διαβιούν συμβιωτικά με τις ρίζες των φυτών
- Από αυτή τη συμβιωτική σχέση, το φυτό ωφελείται κυρίως από την αύξηση της απορρόφησης ανόργανων θρεπτικών στοιχείων (κυρίως φωσφόρου), ενώ ο μύκητας παραλαμβάνει από τα φυτό τις αναγκαίες οργανικές ουσίες

Μυκόρριζες (2)

- Άλλα είδη μυκορριζών αναπτύσσονται ως προστατευτικό κάλυμμα στην εξωτερική επιφάνεια των ριζών και εισδύουν ανάμεσα στα κύτταρα του φλοιού (εκτομυκόρριζες ή εκτοτροφικές μυκόρριζες)
- Ενώ άλλα είδη εισδύουν και εγκαθίστανται εντός των κυττάρων του φλοιώδους παρεγχύματος των ριζών (ενδομυκόρριζες ή ενδοτροφικές μυκόρριζες)



Μυκόρριζες (3)

- Ο ρόλος των μυκορριζών στη βιολογική καταπολέμηση φυτοπαθογόνων μικροοργανισμών είναι διπλός
 - **Πρώτον**, με την ενίσχυση της θρεπτικής κατάστασης του φυτού αυξάνεται η αντοχή του σε εδαφογενείς παθογόνους μικροοργανισμούς και νηματώδεις
 - **Δεύτερον**, οι μυκόρριζες δρουν ανταγωνιστικά προς τους παραπάνω μικροοργανισμούς



Μυκόρριζες (4)

- Η ανταγωνιστική τους ικανότητα οφείλεται:
 - στην υπερκατανάλωση των θρεπτικών στοιχείων, που εκκρίνονται από τις ρίζες και επομένως την στέρηση τροφής στους παθογόνους μικροοργανισμούς
 - στη μηχανική προστασία των ριζών από παθογόνους μικροοργανισμούς
 - στην παραγωγή αντιβιοτικών ουσιών



Μυκόρριζες (5)

- Τα δραστηριότερα είδη μυκορριζών ανήκουν στο γένος *Glomus* (*Glomus mosseae*, *G. fasciculatum*, *G. macrocarpum* κ.ά.) της τάξης Mucorales των Ζυγομυκήτων
- Τα είδη αυτά αναπτύσσονται μόνο στο ριζικό σύστημα των φυτών και δεν καλλιεργούνται σε τεχνητά υποστρώματα (τα σπόριά τους βλαστάνουν μεν, αλλά δεν συνεχίζεται η ανάπτυξή τους δε)



Μυκόρριζες (6)

- Η παρουσία των μυκορριζών δεν είναι πάντοτε προστατευτική για το φυτό, με το οποίο συμβιώνουν μιας και η αποτελεσματικότητά τους εξαρτάται πολύ από το είδος του φυτού και του παθογόνου
 - Σε φυτά σόγιας με μυκόρριζες, η προσβολή από το μύκητα *Phytophthora megasperma* (προκαλεί σηψιρριζίες) ήταν πολύ σοβαρότερη από ό,τι σε φυτά χωρίς μυκόρριζες
 - Η παρουσία μυκορριζών μπορεί να ευνοήσει προσβολές βαμβακόφυτων από το μύκητα *Verticillium dahliae* (προκαλεί αδρομύκωση σε πολλά είδη φυτών) μιας και στα φυτά με μυκόρριζες, η κυκλοφορία ύδατος είναι εντονότερη και έτσι διευκολύνεται η μετακίνηση των μικροκονιδίων του μύκητα εντός των αγγείων του φυτού
 - Αντίθετα, ρίζες εσπεριδοειδών με μυκόρριζες παρουσίασαν πολύ μικρότερη προσβολή από το μύκητα *Phytophthora parasitica* από ρίζες χωρίς μυκόρριζες; Αυτό παρατηρήθηκε σε εδάφη φτωχά σε φωσφόρο, ενώ σε εδάφη πλούσια σε φώσφορο δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές



Μυκόρριζες (7)

- Οι μυκόρριζες δεν ασκούν καμία προστατευτική δράση εναντίον ασθενειών του υπέργειου τμήματος των φυτών; Το αντίθετο μπορεί να συμβεί, μπορεί να μειώσουν την αντοχή του φυτού σε ασθένειες του φυλλώματος
- Τέτοιες επιπτώσεις έχουν παρατηρηθεί σε προσβολές κριθής από ελμινθοσπορίωση (*Helminthosporium sativum*) και wίδιο (*Erysiphe graminis* f. sp. *barley*), φασολιών από σκωρίαση (*Uromyces phaseoli*) και ανθράκνωση (*Colletotrichum lindemuthianum*), αγγουριού από wίδιο (*Erysiphe cichoracearum*), μαρουλιού από βοτρυτή (*Botrytis cinerea*), καπνού από μωσαϊκό (TMV)

Μυκόρριζες (8)

- Πρέπει να εξετάζεται προσεκτικά η χρήση μυκορριζών, για τους σκοπούς βιολογικής καταπολέμησης
- Οι μυκόρριζες ενισχύουν τη ζωηρότητα των φυτών και άρα τα φυτά με μυκόρριζες γίνονται ανθεκτικότερα σε παθογόνα που προσβάλλουν αδύνατα φυτά (παράσιτα αδυναμίας), ενώ γίνονται πιο ευαίσθητα σε παθογόνα που ευνοούνται από τη ζωηρότητα των φυτών



Μυκόρριζες (9)

- Η βιολογική καταπολέμηση με τη χρήση μυκορριζών επιδιώκεται κυρίως με την ενίσχυση των ήδη υπαρχουσών μυκορριζών στο έδαφος ή με εμβολιασμό φυτωριακού πολλαπλασιαστικού υλικού κατά τη μεταφύτευσή του στην οριστική θέση του
- Εμπορικά σκευάσματα εδάφους με μυκόρριζες κυκλοφορούν σε ορισμένες χώρες (π.χ. του *Glomus deserticola* στις ΗΠΑ)
- Σοβαρό εμπόδιο στη βιομηχανική παραγωγή μυκορριζών αποτελεί το ότι η παραγωγή πρέπει να γίνεται στο ριζικό σύστημα ζώντων φυτών, το δε εμπορικό προϊόν είναι είτε το ίδιο το ριζικό σύστημα του συμβιοτικού φυτού, είτε το έδαφος από τη ριζόσφαιρά του



Βιολογική καταπολέμηση μυκήτων



Βιολογική καταπολέμηση μυκήτων (1)

- **Αντιβίωση:** ένας μικροοργανισμός επιδρά άμεσα σε έναν άλλο με την έκκριση αντιβιοτικών ουσιών ή τοξικών μεταβολιτών; Τα συστατικά αυτά είναι πτητικά ή μη πτητικά και μπορούν να τα παράγουν πολλοί μύκητες (*Alternaria* spp., *Botrytis* spp., *Helminthosporium* spp.).
- **Ανταγωνισμός:** δύο οργανισμοί ανταγωνίζονται για την ίδια πηγή ενέργειας και χώρου στο ίδιο περιβάλλον και η ζήτηση αυτή ξεπερνά τα υπάρχοντα αποθέματα; Οι πηγές ενέργειας σχετίζονται με τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών (άνθρακας, άζωτο, βιταμίνες, οξυγόνο κ.λπ.)



Βιολογική καταπολέμηση μυκήτων (2)

- **Παρασιτισμός:** ένας μικροοργανισμός παρασιτεί έναν παθογόνο μικροοργανισμό του φυτού ξενιστή και δρα ως τυπικό παράσιτο τρεφόμενος από τα θρεπτικά στοιχεία του παθογόνου, π.χ. *Trichoderma* spp.
- Το φαινόμενο της βλάστησης-λύσης αποτελεί μια εναλλακτική μορφή παρασιτισμού και αναφέρεται στη διέγερση αρχικά της βλάστησης των σπορίων του παθογόνου μύκητα με την παρουσία θρεπτικών στοιχείων, η οποία στη συνέχεια θα προκαλέσει τη βλάστησή τους και τελικά τη λύση των αναπτυσσόμενων μυκηλιακών υφών τους από την ανταγωνιστική δράση της ωφέλιμης εδαφικής μικροχλωρίδας
- Το φαινόμενο της βλάστησης-λύσης επιδρά σε πλήθος παθογόνων εδάφους όπως τα *Fusarium solani*, *Macrophomina phaseoli* κ.ά.



Βιολογική καταπολέμηση μυκήτων (3)

- Χρήση του μύκητα *Peniophora gigantea* εναντίον του *Fomes annosus* που προκαλεί σήψη των κωνοφόρων
- Χρήση ειδών του σαπρόφυτου μύκητα *Trichoderma* spp., που παρασιτεί πολλά επικίνδυνα εδαφογενεί παθογόνα (*Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Botrytis cinerea* και πολλά είδη του γένους *Pythium* spp., *Phytophthora* spp., *Fusarium* spp. κ.ά.)
 - Δυσκολίες εφαρμογής του *Trichoderma* spp. στο έδαφος: απαιτούνται μεγάλες ποσότητες του βιολογικού παράγοντα για εγκατάσταση στο έδαφος και συχνά οι υπάρχουσες σε κάθε έδαφος συνθήκες φυσικοχημικές και κυρίως βιολογικές δεν επιτρέπουν την επιτυχημένη εγκατάσταση και αποτελεσματικότητά του



Βιολογική καταπολέμηση μυκήτων (4)

- Στο υπέργειο τμήμα των φυτών η εφαρμογή βιολογικής καταπολέμησης είναι απλούστερη
- Ψεκασμοί μετά την άνθιση με αιώρημα κονιδίων του *Cladosporium herbarum* ή *Penicillium* spp. περιορίζει τις μολύνσεις των καρπών της τομάτας από *Botrytis cinerea*
- Επίσης, πολλά σαπροφυτικά βακτήρια είναι ισχυροί βιολογικοί παράγοντες καταπολέμησης παθογόνων μυκήτων
- Τα είδη *Pseudomonas fluorescens* και *P. putida* εφαρμοζόμενα σε σπόρους, βολβούς, ριζώματα περιορίζουν τις τήξεις από μύκητες



Βιολογική καταπολέμηση μυκήτων (5)

- Ακάρεια της οικ. Tydeidae, εκτός από αρπακτικά και γυρεοφάγα, είναι και μυκητοφάγα
- Το είδος *Homeopronematus anconai* τρέφεται με γύρη και φυτικούς ιστούς καθώς και με μύκητες του γένους *Cladosporium* spp.
- Το είδος *Lorryia formosa* απαντάται συχνά σε εσπεριδοειδή και τρέφεται κυρίως από τα μελιτώδη αποχωρήματα του κοκκοειδούς *Saissetia oleae*; Παρουσία του είδους σε εσπεριδοειδή προκάλεσε μείωση σε αξιόλογο βαθμό της ανάπτυξης των μυκήτων της καπνιάς, που ως γνωστό αναπτύσσονται δευτερογενώς στα αποχωρήματα του *S. oleae*



Βιολογική καταπολέμηση μυκήτων (6)

- **Παρασιτισμός:** ένας μικροοργανισμός παρασιτεί έναν παθογόνο μικροοργανισμό του φυτού ξενιστή και δρα ως τυπικό παράσιτο τρεφόμενος από τα θρεπτικά στοιχεία του παθογόνου, π.χ. *Trichoderma* spp.
- Το φαινόμενο της βλάστησης-λύσης αποτελεί μια εναλλακτική μορφή παρασιτισμού και αναφέρεται στη διέγερση αρχικά της βλάστησης των σπορίων του παθογόνου μύκητα με την παρουσία θρεπτικών στοιχείων, η οποία στη συνέχεια θα προκαλέσει τη βλάστησή τους και τελικά τη λύση των αναπτυσσόμενων μυκηλιακών υφών τους από την ανταγωνιστική δράση της ωφέλιμης εδαφικής μικροχλωρίδας
- Το φαινόμενο της βλάστησης-λύσης επιδρά σε πλήθος παθογόνων εδάφους όπως τα *Fusarium solani*, *Macrophomina phaseoli* κ.ά.



Εφαρμογές βιολογικής καταπολέμησης ασθενειών



Σημαντικότερες εφαρμογές βιολογικής καταπολέμησης ασθενειών των φυτών με μύκητες (1)

- Χρήση ειδών του γένους *Trichoderma* (π.χ. *T. lignorum*, *T. harzianum*, *T. polysporum*), κυρίως για **επένδυση σπόρων** με σκοπό την προστασία των φυταρίων από μύκητες που προκαλούν «τήξεις» (*Pythium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Fusarium* spp. κ.ά.)
- Χρήση **μη-φυτοπαθογόνων** στελεχών των φυτοπαθογόνων ειδών *Fusarium oxysporum* και *Verticillium* spp., για την προστασία (cross protection, induced immunity) ορισμένων κηπευτικών ειδών (φράουλα, λάχανο, γλυκοπατάτα) από αδρομυκώσεις που προκαλούνται από παθογόνα στελέχη των ιδίων ειδών μυκήτων; Εφαρμόζονται με εμφάνιση του πολλαπλασιαστικού υλικού (φυτώριων, κονδύλων) σε αιώρημα με ορισμένη συγκέντρωση σπορίων του μη παθογόνου μύκητα



Σημαντικότερες εφαρμογές βιολογικής καταπολέμησης ασθενειών των φυτών με μύκητες (2)

- Χρήση του μύκητα *Verticillium lecanii*, ο οποίος εκτός από τις εντομοπαθογόνες ιδιότητές του, διαθέτει παρασιτική ικανότητα εναντίον ορισμένων παθογόνων μυκήτων που προκαλούν σκωριάσεις ή ωίδια (καλά αποτελέσματα παρατηρούνται στις τροπικές περιοχές μιας και απαιτεί υψηλή υγρασία).
- Χρήση του μυκητοπαρασιτικού μύκητα *Ampelomyces quisqualis* εναντίον του φυτοπαθογόνου μύκητα *Sphaerotheca fulginea* (ένα από τα δύο αίτια του ωιδίου των κολοκυνθοειδών); Ωστόσο απαιτείται, επίσης, υψηλή υγρασία (ευνοεί την ανάπτυξη άλλων σοβαρότερων ασθενειών)



Σημαντικότερες εφαρμογές βιολογικής καταπολέμησης ασθενειών των φυτών με μύκητες (3)

- Βιολογική καταπολέμηση του φουζικλάδιου της μηλιάς (*Venturia inaequalis*) με τους μύκητες *Athelia bombacina* και *Chaetomium globosum*; Φθινοπωρινός ψεκασμός των πεσμένων στο έδαφος φύλλων παρεμποδίζει το σχηματισμό ψευδοθηκίων (περιθηκίων) κατά 60-70% για το *C. globosum* και 100% για τον *A. bombacina*
- Προσπάθεια αντιμετώπισης της Κλαδοσπορίωσης της τάματας (παθογόνος μύκητας ο *Fulvia fulva*) με το μύκητα *Hansfordia pulvinata*
- Προσπάθεια χρήσης μυκορριζών, οι οποίοι εγκαθίστανται με συμβιωτική σχέση στις ρίζες ορισμένων φυτών και παρεμποδίζουν την είσοδο ή/και εγκατάσταση παθογόνων μυκήτων



Σημαντικότερες εφαρμογές βιολογικής καταπολέμησης ασθενειών των φυτών με βακτήρια (1)

- Είναι ευρέως διαδεδομένη η χρήση του στελέχους K 84 του μη φυτοπαθογόνου βακτηρίου *Agrobacterium radiobacter*, για την παρεμπόδιση προσβολών από το παθογόνο *A. tumefaciens* (βακτηριακός καρκίνος σπυροφόρων)
- Βιολογική καταπολέμηση μυκήτων με βακτήρια είναι η χρήση του ανταγωνιστικού βακτηρίου *Pseudomonas fluorescens* εναντίον εδαφογενών μυκήτων (κυρίως *Pythium*, *Rhizoctonia* και *Gaeumannomyces (=Ophiobolus) graminis*)



Σημαντικότερες εφαρμογές βιολογικής καταπολέμησης ασθενειών των φυτών με βακτήρια (2)

- Μερικά βακτήρια (π.χ.: *Pseudomonas cepacica*, *Bacillus subtilis*) αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά στους 24°C τις μετασυλλεκτικές σήψεις των μήλων, που οφείλονται στους μύκητες *Botrytis cinerea* και *Penicillium expansum*; Οι δραστικές ουσίες στην προκειμένη περίπτωση είναι οι ryoglitrin & iturin, που έχουν απομονωθεί, αντίστοιχα, από τα δύο ωφέλιμα βακτήρια
- Αισιόδοξα αποτελέσματα για τον ίδιο σκοπό έχει δώσει το βακτήριο *Cryptococcus laurentii* (αναπτύσσεται καλά στους 5°C, θερμοκρασία που βρίσκεται κοντά στις θερμοκρασίες αποθήκευσης)
- Έχει παρατηρηθεί ανταγωνιστική δράση ειδών ή στελεχών *Pseudomonas* εναντίον παθογόνων μυκήτων (π.χ.: *Pseudomonas gladioli* εναντίον *Fusarium oxysporum* f. sp. *lagenariae*)



Σημαντικότερες εφαρμογές βιολογικής καταπολέμησης ασθενειών των φυτών με ιούς (1)

- Αξιοποίηση των φαινομένων της **υπομολυσματικότητας** και της **επίκτητης αντοχής** έχει γίνει:
 - Ευρεία πρακτική εφαρμογή της βιολογικής καταπολέμησης του μύκητα *Cryptonectria (Endothia) parasitica* με προσβεβλημένα από ιό υπομολυσματικά στελέχη του ίδιου μύκητα
 - Ανάλογες περιπτώσεις έχουν διαπιστωθεί για τους μύκητες *Rhizoctonia solani* (ριζοκτονίαση πατάτας) και *Gauemannomyces graminis var. tritici* (ασθένεια της βάσης του σιταριού)



Σημαντικότερες εφαρμογές βιολογικής καταπολέμησης ασθενειών των φυτών με ιούς (2)

- Για την αντιμετώπιση του ιού του μωσαϊκού του καπνού (TMV) στην τομάτα και πιπεριά χρησιμοποιούνται τα ήπιας μολυσματικότητας στελέχη L11, L11A, L11A37, Pa18, C-1421; Η δημιουργία ανθεκτικών σε διάφορες φυλές του ιού ποικιλιών και υβριδίων έχει περιορίσει το ρόλο αυτού του τρόπου καταπολέμησης
- Αντιμετώπιση του ιού του πράσινου μωσαϊκού του αγγουριού (CGMMV) στο πεπόνι γίνεται με το στέλεχος SH33b του ιού
- Αντιμετώπιση του ιού της "τριστέτσα" (CTV) στα εσπεριδοειδή γίνεται με το ήπιο στέλεχος HM-55 του ιού; Ευρεία εφαρμογή έχει γίνει στη Βραζιλία (όπου πρωτοεμφανίσθηκε η ασθένεια) και στην Ισπανία



Φυτικοί παρεμποδιστές και μηχανισμοί άμυνας του φυτού



Φυτικοί παρεμποδιστές και μηχανισμοί άμυνας του φυτού

- Φυτοαλεξίνες
- Λιγνιτοποίηση και άλλοι δομικοί φραγμοί
- Αντίδραση υπερευαισθησίας (Hypersensitive Response, HR)
- Θύλακες λιγνίνης (lignintubers) ή καλλόζης
- Χημικές μορφές ενεργού οξυγόνου (Active Oxygen Species, AOS)
- Πρωτεΐνες παθογένεσης (Pathogenesis-Related Proteins, PR-proteins)



Φυτοαλεξίνες (1)

- Ανάμεσα στους φυσικοχημικούς μηχανισμούς άμυνας του φυτού που ενεργοποιούνται κατά την είσοδο του παθογόνου είναι η **τοπική συσσώρευση των φυτοαλεξινών** στη θέση προσβολής
- Οι φυτοαλεξίνες είναι αντιμικροβιακές ενώσεις μικρού μοριακού βάρους, οι οποίες συντίθενται και συσσωρεύονται στα φυτά ως το αποτέλεσμα μόλυνσης ή καταπόνησης



Φυτοαλεξίνες (2)

- Παρουσιάζουν πολυπλοκότητα στη δομή τους ως τυπικά φυτικά προϊόντα και αποτελούν παράγωγα φαινυλπροπανών, ισοπρενών και ακετυλινών και κατατάσσονται από χημικής απόψεως στα ισοφλαβονοειδή, σεσκουιτερπένια, πολυακετιλένια, διτερπένια, διυθροφενανθέρες και στιλβένια
- Είναι λιποφυλικής φύσεως και παρουσιάζουν μεγάλη χημική ποικιλομορφία



Φυτοαλεξίνες (3)

- Η ταχύτητα και η έκταση της συσσώρευσής τους καθορίζεται από το βαθμό απελευθέρωσής τους, από το βαθμό απελευθέρωσης των πρόδρομων ουσιών από τους συνδέσμους τους και/ή εξαρχής σύνθεσή τους, όπως και η αποτοξικοποίησή τους από φυτικά ένζυμα
- Η ταχύτητα της συσσώρευσης των φυτοαλεξινών συνεπικουρείται με την αντίσταση των φυτών στους μύκητες και τα βακτήρια, αν και οι γενετικές πληροφορίες για τη σύνθεση φυτοαλεξινών υπάρχουν σε ευαίσθητα και ανθεκτικά είδη φυτών



Φυτοαλεξίνες (4)

- Η σύνθεση και συσσώρευση των φυτοαλεξινών δεν απαιτεί την ύπαρξη κάποιων ειδικών δομικών στοιχείων από τους μύκητες, βακτήρια, ιούς ή μικροβιακών μεταβολιτών ως διεγέρτες
- Στις ασύμβατες σχέσεις ξενιστού-παθογόνου, οι φυτοαλεξίνες καθώς συσσωρεύονται παρεμποδίζουν την ανάπτυξη του παθογόνου συνεισφέροντας στην άμυνα του φυτού, ενώ στις περιπτώσεις που έχουμε ασθένεια το παθογόνο είναι ανθεκτικό απέναντι στη συσσώρευση των φυτοαλεξινών καθώς τις αποτοξικοποιεί, καταστέλλει τη συσσώρευσή τους και / ή «αποφεύγει» τη διέγερση της παραγωγής τους

Φυτοαλεξίνες (5)

- Ανάμεσα από τους διάφορους τρόπους συνθέσεως των φυτοαλεξινών το μεγαλύτερο ενδιαφέρον έχει το μεταβολικό μονοπάτι της συνθέσεως των αρωματικών ενώσεων
- Το ένζυμο-κλειδί σε αυτό το μεταβολικό μονοπάτι είναι η φαινυλαλανίνη αμμώνια λυάση (Phenylalanine ammonia lyase, PAL)



Λιγνιτοποίηση και άλλοι δομικοί φραγμοί (1)

- Αποτελεί ένα σημαντικότατο μηχανισμό για την παρεμπόδιση της ανάπτυξης του παθογόνου και έχει παρατηρηθεί σε πολλά φυτικά είδη που προσβλήθηκαν από μύκητες, βακτήρια, ιούς
- Η λιγνίνη είναι μία πολυμερισμένη αρωματική ένωση, παράγεται κατά το μεταβολικό μονοπάτι των φαινυλπροπανοειδών, είναι μικρού μοριακού βάρους, αδιάβροχη και ανθεκτική στη χημική αποικοδόμησή της από τους μικροοργανισμούς



Λιγνιτοποίηση και άλλοι δομικοί φραγμοί (2)

- Η λιγνίνη συντίθεται κατά τη στιγμή εισβολής κάποιου παθογόνου στο φυτό, αποτίθεται στο κυτταρικό τοίχωμα (προστατευτικός φραγμός) με αποτέλεσμα την απομόνωση του παθογόνου από το ίδιο το φυτό
- Δημιουργείται από τη δράση των ειδικών ενζύμων πολυφαινολοξειδασών και στη θέση εναπόθεσης της έχουμε έντονο μεταχρωματισμό
- Κατά το μεταβολικό μονοπάτι βιοσύνθεσης της λιγνίνης κυρίαρχο ρόλο παίζει το ένζυμο PAL



Λιγνιτοποίηση και άλλοι δομικοί φραγμοί (3)

- Παρεμποδίζει την ανάπτυξη μυκήτων μέσα στο φυτικό ιστό:
 - η λιγνίνη προσδίδει στα κυτταρικά τοιχώματα μεγαλύτερη αντίσταση στη μηχανική διείσδυση από τα παθογόνα
 - η λιγνιτοποίηση του κυτταρικού τοιχώματος στο σημείο εισόδου του παθογόνου το καθιστά πιο ανθεκτικό στη διάσπασή του από τα ένζυμα ή τις τοξίνες που παράγει ο μικροοργανισμός
 - η λιγνιτοποίηση των κυτταρικών τοιχωμάτων περιορίζει τη διάχυση των ενζύμων και των τοξινών από το μύκητα μέσα στο κύτταρο του ξενιστή και παράλληλα το νερό και τα θρεπτικά συστατικά από τον ξενιστή στο μύκητα



Λιγνιτοποίηση και άλλοι δομικοί φραγμοί (4)

- μικρού μοριακού βάρους φαινολικοί πρόδρομοι της λιγνίνης (με αντιμικροβιακή δράση) και ελεύθερες ρίζες που παράγονται κατά τον πολυμερισμό απενεργοποιούν στις μεμβράνες των μυκήτων, τα ένζυμα, τις τοξίνες και τους διεγέρτες του
- λιγνίνη ίσως αποτίθεται και στο άκρο της υφής του μύκητα, με αποτέλεσμα να χάνει την απαραίτητη για την ανάπτυξή του πλαστικότητα του
- δεν υφίσταται διάχυση των φυτοαλεξινών και έτσι έχουμε μεγαλύτερη συγκέντρωσή τους σε αυτές τις περιοχές



Αντίδραση υπερευαισθησίας (Hypersensitive Response, HR) (1)

- Αποτελεί έκφραση της αντοχής του ξενιστή σε προσβολές, όπου έχουμε τη θανάτωση ενός κυττάρου ή ενός μικρού αριθμού κυττάρων μόλις το πρωτόπλασμα έρθει σε επαφή με το μικροοργανισμό σε τέτοιο βαθμό, ώστε η ζημιά να μην είναι ορατή μακροσκοπικά
- Υπάρχει διαδικασία αναγνώρισεως, που οφείλεται στην παρουσία του παθογόνου και οδηγεί σε μια σειρά κυτταρολογικών, ιστολογικών και βιοχημικών αλλοιώσεων, οι οποίες τελικά συντελούν στην ταχύτατη νέκρωση των ιστών του ξενιστή



Αντίδραση υπερευαισθησίας (Hypersensitive Response, HR) (2)

- Φυσικά υπάρχει και η δυνατότητα πρόκλησης νέκρωσης ιστών και στους ευαίσθητους ξενιστές, αλλά σε μικρότερη ένταση σε σχέση με τους ανθεκτικούς
- Υπάρχουν εξειδικευμένοι γόνιμοι στα κύτταρα των παθογόνων που είναι υπεύθυνοι για την παραγωγή των εξειδικευμένων διεγερτών του φαινομένου της HR
- Για τους μύκητες θεωρείται ότι διεγέρτης της HR είναι οι διεγέρτες για τις φυτοαλεξίνες, οι οποίες συσσωρεύονται μόνο στην περιοχή που είναι άμεσης επαφής με το παθογόνο
- Στα βακτήρια ως διεγέρτες θεωρούνται αντίστοιχα οι χαρπίνες και τα προϊόντα τους



Θύλακες λιγνίνης (lignintubers) ή καλλόζης

- Πρόκειται για μηχανισμούς που δρουν κυρίως στις αδρομυκώσεις και παρεμποδίζουν την αγγειακή διεύθυνση-εξάπλωση του παθογόνου
- Σχηματίζονται στα αγγεία του ξύλου, όπου έχουμε την πλήρωσή τους με θύλακες και έτσι παρεμποδίζεται η προέλαση και ο διασκορπισμός του παθογόνου στα αγγεία
- Η διέγερση είναι ορμονικής αιτιολογίας, κυρίως το ινδολοξικό οξύ



Χημικές μορφές ενεργού οξυγόνου (Active Oxygen Species, AOS) (1)

- Κατά τη διάρκεια έκφρασης της HR λαμβάνουν χώρα διάφορες μεταβολικές διαδικασίες, όπως η απελευθέρωση των χημικών μορφών ενεργού οξυγόνου που δρουν ως τοξικά παράγωγα και άμεσα μειώνουν τη ζωτικότητα του παθογόνου
- Μόρια που δρουν στην έκφραση των γόνων άμυνας, των οποίων η έκφραση επηρεάζεται από τα αυξημένα επίπεδα AOS, είναι τα GHS και GSSG και τα παράγωγά τους, καθώς και ο λόγος GHS / GSSG



Χημικές μορφές ενεργού οξυγόνου (Active Oxygen Species, AOS) (2)

- Τα μόρια GHS και GSSG διεγείρουν τη δράση της PAL και τη συσσώρευση των φυτοαλεξινών
- Πιθανότατα οι AOS να αποτελούν σήμα επαγωγής της βιοσύνθεσης φυτοαλεξινών, αφού εξωγενής εφαρμογή H_2O_2 ενεργοποιεί το μηχανισμό συσσώρευσης φυτοαλεξινών απουσίας διεγέρτη.



Πρωτεΐνες παθογένεσης (Pathogenesis-Related Proteins, PR-proteins) (1)

- Οι πρωτεΐνες παθογένεσης κωδικοποιούνται από το φυτό-ξενιστή, η σύνθεσή τους ενεργοποιείται σε παρασιτικές ασθένειες ή παρόμοιες καταστάσεις και αποτελεί φαινόμενο μη εξειδικευμένο, γιατί έχουν ανιχνευθεί σε πολλά είδη φυτών διαφόρων οικογενειών
- Δεν συσσωρεύονται μόνο τοπικά (γύρω από τη νεκρωτική κηλίδα) στο φύλλο, αλλά και διασυστηματικά κατά τη διέγερση της SAR



Πρωτεΐνες παθογένεσης (Pathogenesis-Related Proteins, PR-proteins) (2)

- Οι πρωτεΐνες παθογένεσης έχουν μικρό μοριακό βάρος, είναι διαλυτές στα οξέα, έχουν μικρό ισοηλεκτρικό σημείο, δεν διασπώνται πρωτεολυτικά, παράγονται και συσσωρεύονται μέσα στο μεσοκυττάριο χυμό ή χυμοτόπιο, δεν έχουν εμφανή ενζυματική δραστηριότητα και έτσι επιβιώνουν σε δυσμενές περιβάλλον
- Παράγονται τόσο σε ασύμβατες, όσο και σε συμβατές αλληλεπιδράσεις ξενιστού-παθογόνου και συχνά επάγονται ως αντίδραση στη μόλυνση



Πρωτεΐνες παθογένεσης (Pathogenesis-Related Proteins, PR-proteins) (3)

- Ωστόσο, συσσώρευση της PR-1a έχει αναφερθεί κατά την έκφραση της ISR κατά τη χρήση PGRP στελεχών σε διαγονιδιακά φυτά καπνού
- Αυτές που συσσωρεύονται στο χυμοτόπιο συμβάλλουν στην αμυντική ικανότητα του φυτού μετά από τον αποχωρισμό τους από το κύτταρο, ενώ αυτές των μεσοκυττάρων χώρων είναι σε άμεση επαφή με το παθογόνο διαπερνώντας τον ιστό



Βιβλιογραφία

Γεωργόπουλος Σ.Γ. & Ζιώγας Β.Ν., 1992. Αρχές και μέθοδοι καταπολέμησης των ασθενειών των φυτών.
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 236 σελ.

Ηλιόπουλος Α.Γ., 2003. Ολοκληρωμένη Φυτοπροστασία II: μέθοδοι και μέσα ολοκληρωμένης φυτοπροστασίας.
ΤΕΙ Καλαμάτας, 150 σελ.

Τζάμος Ε.Κ., 2004. Φυτοπαθολογία. Εκδόσεις Σταμούλης, 557 σελ.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Τεχνολογικό Ίδρυμα Ηπείρου. Δρ Δήμητρα Ζωάκη Μαλισιόβα.

Ολοκληρωμένη Φυτοπροστασία Θεωρία. Βιολογική καταπολέμηση ασθενειών.

Έκδοση: 1.0. Άρτα, 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<<http://eclass.teiep.gr/courses/TEXG104/>>

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

