



Ελληνική Δημοκρατία
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Γενική Φυτοπαθολογία Θεωρία

Ενότητα 11: Επιδημιολογία

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



Τμήμα: Τεχνολόγων Γεωπόνων

Τίτλος Μαθήματος: Γενική Φυτοπαθολογία Θεωρία

Ενότητα 11: Επιδημιολογία

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



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





Επιδημιολογία



Σκοποί ενότητας

- Απόκτηση βασικών γνώσεων σχετικά με την επιδημιολογία των ασθενειών των φυτών.



Περιεχόμενα ενότητας

- Επιδημιολογία ή επιφυτολογία.
- Τετράεδρο της ασθένειας.
- Εμφάνιση ασθένειας και εξέλιξή της ως επιδημία.
- Μαθηματικά πρότυπα παραγωγής μολυσμάτων σε επιδημίες.
- Μαθηματικά πρότυπα προόδου της ασθένειας.
- Εκτίμηση της πορείας των ασθενειών.



Επιδημιολογία ή επιφυτολογία



Επιδημιολογία ή επιφυτολογία

- Μελετά του παράγοντες (**φυτό, παθογόνο, περιβάλλον, χρόνος**), που υπεισέρχονται στην αρχική εκδήλωση, σε μία περιορισμένη έκταση, και ακολούθως ταχύτατη και καταστρεπτική επέκταση μίας ασθένειας σε μία ευρύτερη γεωργική ή δασική περιοχή
- Αναλύονται οι σχέσεις και αλληλεπιδράσεις των 4 παραγόντων και εξετάζονται οι τρόποι με τους οποίους αυτοί οι παράγοντες επηρεάζονται από τις ανθρώπινες επεμβάσεις και δραστηριότητες μέσω συνήθως μαθηματικών μοντέλων (πρότυπα)
- **Γεωργικές προειδοποιήσεις:** αφορούν την παροχή πρακτικών πληροφοριών έγκαιρης επέμβασης των παραγωγών, για την αποτροπή ή τον περιορισμό της επίπτωσης της απειλούμενης επιδημίας σε μεγάλες γεωγραφικά γεωργικές εκτάσεις



Επιδημία & Ενδημία

- **Επιδημία:** είναι η έκφραση μίας απότομης, ταχείας εξελισσόμενης και παράλληλα ευρείας ανάπτυξης μίας ασθένειας; Βραδεία ανάπτυξη σε περιορισμένη έκταση και σε μία μεμονωμένη περιοχή, δεν αποτελεί επιδημική μορφή μίας ασθένειας
- **Ενδημία:** σταθερότητα στην ένταση, στη συχνότητα εμφάνισης και στη δριμύτητα της συμπτωματολογικής εικόνας της ασθένειας ως αποτέλεσμα μίας παράλληλης μακροχρόνιας εξέλιξης ξενιστή και παθογόνου σε δεδομένη κλιματολογική περιοχή (ήτοι, παθογόνο και ξενιστής έχουν προσεγγίσει το επίπεδο ισορροπίας μεταξύ τους σε μία δεδομένη χρονική περίοδο)
- Σε μία περιοχή είναι δυνατό να υφίστανται επιδημικές και ενδημικές ασθένειες



Επιδημική & Ενδημική ασθένεια

- Η επιδημία αναφέρθηκε ως η δυναμική μίας φυτονόσου να μεταβάλλει το ποσό της ασθένειας στο χρόνο, δηλαδή η μεταβολή της επίπτωσης και της έντασης μίας ασθένειας στο χώρο και στο χρόνο
- **Ποσό ασθένειας:** καλείται η επίπτωση της ασθένειας που εκφράζεται ως αριθμός φυτών ή φυτικών οργάνων/τμημάτων, τα οποία παρουσιάζουν συμπτώματα σε μία φυτεία
- **Ένταση ασθένειας:** ορίζεται ως το ποσοστό των ζημιωθέντων φυτικών ιστών ή ο συνδυασμός του αριθμού και του ποσοστού

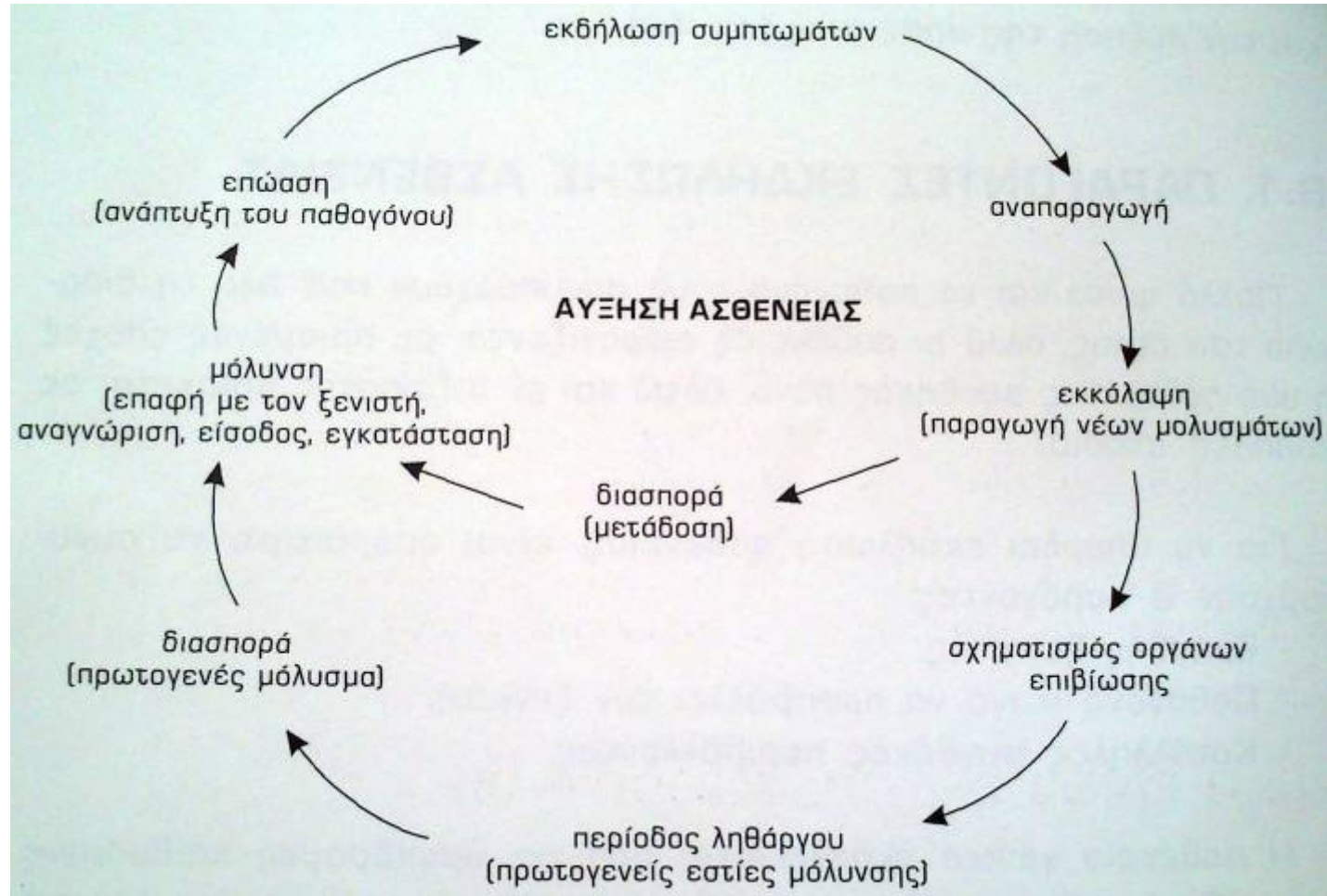


Κύκλος ασθένειας (1)

- Περιεχόμενο της επιδημιολογίας είναι ο κύκλος της ασθένειας
- Ξεκινά από το σημείο που διατηρούνται τα μολύσματα των παθογόνων και συνεχίζει με τη διασπορά του παθογόνου, την επαφή του με τον ξενιστή και την είσοδο στους ιστούς του (μόλυνση)
- Ακολουθεί η ανάπτυξη του παθογόνου εντός του ξενιστή και ο σχηματισμός των οργάνων πολλαπλασιασμού του (σπόρια μυκήτων, βακτηριακά κύτταρα, ιοσωματίδια)
- Ο κύκλος κλείνει με τη διασπορά των οργάνων αυτών, την έναρξη νέου κύκλου και την αύξηση της ασθένειας



Κύκλος ασθένειας (2)





Παράγοντες εκδήλωσης ασθένειας

- Εκδήλωση ασθένειας για να υπάρχει είναι απαραίτητο να συνυπάρχουν: **ευπαθής ξενιστής, παθογόνο ικανό να προσβάλλει τον ξενιστή και κατάλληλες συνθήκες περιβάλλοντος**
- Για την εκδήλωση της ασθένειας σε μορφή **επιδημίας** πρέπει να συνυπάρχουν:
 - **Πηγή μολυσμάτων του παθογόνου** με μεγάλη μολυσματική ικανότητα & ικανότητα πολλαπλασιασμού & δυνατότητα εξάπλωσης
 - **Μεγάλος αριθμός ευπαθών ατόμων του ξενιστή** και ύπαρξη ενδιάμεσων ξενιστών στην περίπτωση της ετεροοικίας
 - **Ευνοϊκές συνθήκες περιβάλλοντος** για την ανάπτυξη και εξάπλωση του παθογόνου



Επιβίωση των παθογόνων ΠΟΛΥΕΤΩΝ φυτών μεταξύ των καλλιεργητικών περιόδων

- Υπό μορφή μυκηλίου σε κατάσταση ληθάργου
- Υπό μορφή ανθεκτικών μορφών σπορίων (ωοσπόρια, ζυγοσπόρια, ασκοσπόρια, τελειοσπόρια) επί του ξενιστή ή σε νεκρά όργανά του (π.χ. πεσμένα φύλλα, καρποί, ξεροί κλάδοι)
- Υπό μορφή ειδικών μυκηλιακών κατασκευών (π.χ. ριζόμορφα, μυκηλιακές πλάκες, σκληρώτια)
- Σε ενεργό μορφή εντός προσβεβλημένων ιστών (πολλοί ιοί και βακτήρια)
- Ως σαπρόφυτα επί του ξενιστή ή στο έδαφος (όταν δεν είναι υποχρεωτικό παράσιτο)



Επιβίωση των παθογόνων ΕΤΗΣΙΩΝ φυτών μεταξύ των καλλιεργητικών περιόδων

- Σε μολυσμένο πολλαπλασιαστικό υλικό (π.χ. κόνδυλοι, βολβοί, σπόροι)
- Υπό μορφή ανθεκτικών εγγενών σπορίων, όπως και στα πολυετή φυτά
- Υπό μορφή σκληρωτίων/μικροσκληρωτίων και ψευδοσκληρωτίων
- Ως σαπρόφυτο σε νεκρά υπολείμματα του ξενιστή ή σε άλλες οργανικές ύλες
- Σε δευτερεύοντες αυτοφυείς ξενιστές



Μόλυσμα

- **Μόλυσμα:** τμήμα του παθογόνου που έρχεται σε επαφή με τον ξενιστή και αποτελεί το όργανο μόλυνσης
 - Αγενή & Εγγενή σπόρια μυκήτων
 - Τμήματα μυκηλιακών σχηματισμών (π.χ. ριζόμορφα, σκληρώτια)
 - Βακτήρια
 - Ιοί & Ιοειδή
 - Φυτοπλάσματα & Σπειροπλάσματα
 - Σπόροι των φανερόγαμων παρασίτων



Πηγές μολυσμάτων

- **Πηγές ή εστίες μόλυνσης:** τα μέρη, στα οποία διατηρούνται τα παθογόνα και από τα οποία προέρχονται τα μολύσματα τους
 - Μολυσμένα φυτά & αυτοφυή φυτά (ζιζάνια)
 - Μολυσμένο πολλαπλασιαστικό υλικό (σπόρος, εμβόλιο, κόνδυλος, βολβός, ρίζωμα, κ.λπ.)
 - Υπολείμματα της καλλιέργειας (προαιρετικά παράσιτα και προαιρετικά σαπρόφυτα)
 - Έδαφος (εδαφογενείς ασθένειες, αλλά και φυλλώματος)



Διασπορά μολυσμάτων

- Πρόκειται για τη μεταφορά των μολυσμάτων από τις πηγές τους στον ξενιστή μιας
 - Ελάχιστα παθογόνα μεταφέρονται αυτόνομα (π.χ. ριζόμορφα μυκήτων) και σε πολύ μικρή απόσταση με το βροχή (μαστιγοφόρα βακτήρια, ζωοσπόρια ψευδομυκήτων)
 - Με την πνοή ανέμου (βασικός τρόπος σε μεγάλες αποστάσεις, κυρίως σπόρια μυκήτων)
 - Με το νερό βροχής ή άρδευσης
 - Με ζωικούς οργανισμούς (π.χ. έντομα και ιώσεις)
 - Με τον άνθρωπο (καλλιεργητικές επεμβάσεις, π.χ. βακτήρια με το κλάδεμα)



Επώαση & Εκκόλαψη

- **Χρόνος ή περίοδος επώασης:** το χρονικό διάστημα από την έναρξη της μόλυνσης μέχρι την εκδήλωση των πρώτων συμπτωμάτων
- **Χρόνος εκκόλαψης ή λανθάνουσα περίοδος:** το χρονικό διάστημα από την έναρξη της μόλυνσης μέχρι ο ξενιστής να καταστεί μολυσματικός (π.χ. μέχρι την παραγωγή σπορίων)
- **Μυκώσεις:** ο χρόνος εκκόλαψης είναι μεγαλύτερος του χρόνου επώασης και τελειώνει με το σχηματισμό των καρποφοριών του μύκητα
- **Βακτηριώσεις:** ο χρόνος εκκόλαψης συμπίπτει με το χρόνο επώασης (ήτοι, με την εμφάνιση των πρώτων συμπτωμάτων, οι προσβεβλημένοι ιστοί απελευθερώνουν βακτήρια και μεταδίδουν την ασθένεια)
- **Ιώσεις:** ο χρόνος εκκόλαψης μπορεί να είναι μικρότερος του χρόνου επώασης



Αύξηση ασθένειας

- Μετά την περίοδο μόλυνσης, επώασης και εκκόλαψης της ασθένειας, λαμβάνει χώρα περαιτέρω η αύξησής της που γίνεται:
 - Με τον πολλαπλασιασμό του παθογόνου με διαδοχικές γενέες και νέες αλληπάλληλες (δευτερογενείς) μολύνσεις (πολυκυκλική ασθένεια, βλέπε κάτωθι)
 - Με διαδοχικές μολύνσεις που προέρχονται όλες από την ίδια πηγή μολυσμάτων (μονοκυκλική ασθένεια, βλέπε κάτωθι)



Τετράεδρο της ασθένειας

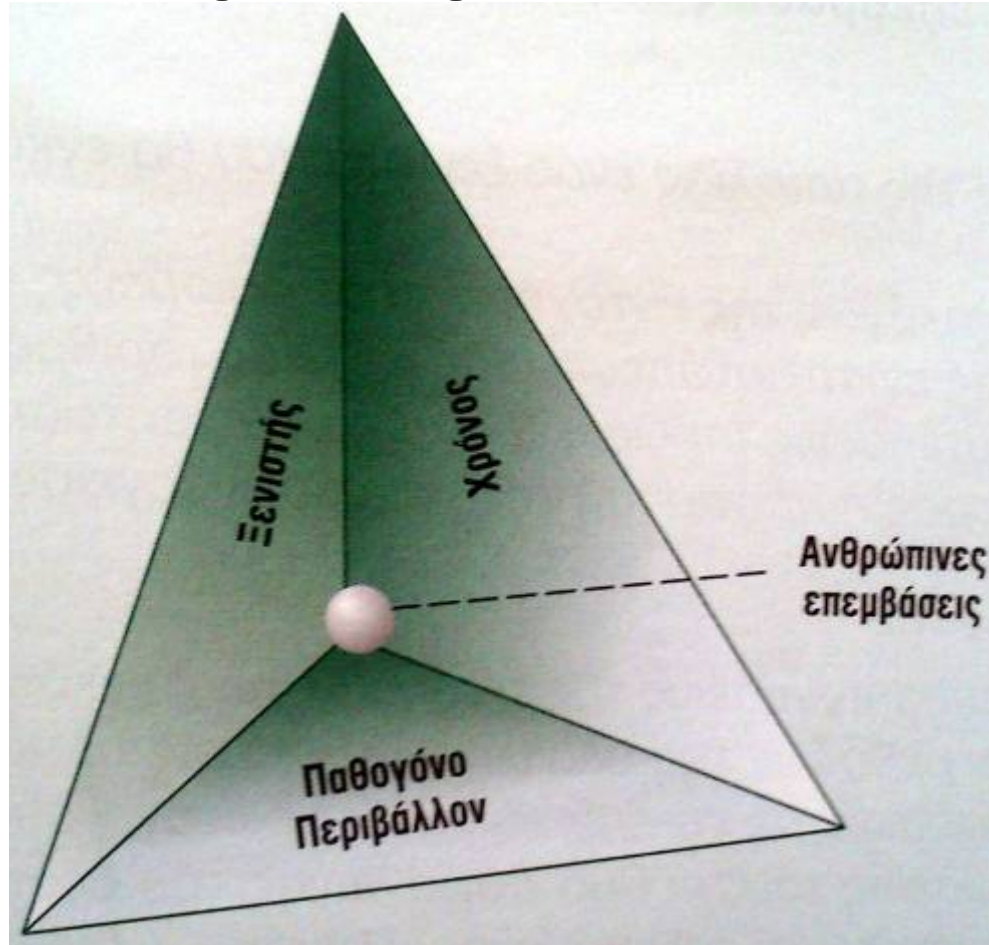


Τετράεδρο της ασθένειας (1)

- Πρόκειται για σχηματική απεικόνιση των 4 παραγόντων (**φυτό, παθογόνο, περιβάλλον, χρόνος**) μίας επιδημίας, που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους
- Κάθε πλευρά αντιστοιχεί σε ένα παράγοντα της επιδημίας και κάθε παράγων-πλευρά του τετραέδρου συνδέεται και επηρεάζει, και ταυτοχρόνως μπορεί να επηρεάζεται, από τις άλλες τρεις πλευρές-παράγοντες αυτού
- **Πέμπτος παράγοντας είναι ο άνθρωπος** με θέση στο κέντρο του τετραέδρου με επίδραση προς κάθε του πλευρά, μιας και όλοι οι ανωτέρω παράγοντες επηρεάζονται από τις ανθρώπινες επεμβάσεις
- Ασθένειες που μεταδίδονται μόνο με κάποιο φορέα, τότε ο **έκτος παράγοντας είναι ο φορέας**



Τετράεδρο της ασθένειας (2)





Αλληλεπιδράσεις των παραγόντων της επιδημίας (1)

- Ως προς τον ξενιστή, η επιδημία εξαρτάται από:
 - Τη γονοτυπικά ελεγχόμενη ευπάθεια σε δεδομένο παθογόνο
 - Το είδος της καλλιέργειας (π.χ. ετήσια ή πολυετής)
 - Την ύπαρξη του απαραίτητου βλαστικού σταδίου, το οποίο προτιμάται από το παθογόνο και στο οποίο εκδηλώνονται τα συμπτώματα της ασθένειας
 - Την έκταση μίας καλλιέργειας και την πυκνότητα των φυτών



Αλληλεπιδράσεις των παραγόντων της επιδημίας (2)

- Ως προς το **παθογόνο**, η επιδημία εξαρτάται από:
 - Το επίπεδο της γονοτυπικά ελεγχόμενης παθογόνου δύναμης του παθογόνου
 - Την ποσότητα του μολύσματος (ιοσωμάτια, προκαρυωτικά κύτταρα, σπόρια, μυκήλια, σκληρώτια, κ.ά.) πλησίον των ευπαθών ξενιστών
 - Το δυναμικό του μολύσματος (ικανότητα να προκαλεί ασθένεια)
 - Τον τρόπο αναπαραγωγής του παθογόνου και τον τύπο των παραγόμενων μολυσμάτων
 - Τους τρόπους διάδοσης/μετάδοσης των μολυσμάτων
 - Τη διάρκεια επιβιώσεως των μολυσμάτων



Αλληλεπιδράσεις των παραγόντων της επιδημίας (3)

- Ως προς το **περιβάλλον** (επικράτηση ευνοϊκών συνθηκών θερμοκρασίας, υγρασίας, φωτός, pH), η επιδημία εξαρτάται από:
 - Την ταχύτητα παραγωγής ικανού αριθμού μολυσμάτων
 - Την ευχέρεια διασποράς των μολυσμάτων
 - Την αρνητική επίδραση των συνθηκών περιβάλλοντος στην ανάπτυξη ενός ξενιστή



Αλληλεπιδράσεις των παραγόντων της επιδημίας (4)

- Ως προς το **χρόνο**, λόγω της επίδρασής του στην επιδημία (επηρεάζει την έντασή της):
 - Στη διάρκεια του βιολογικού κύκλου μίας ασθένειας
 - Στη διάρκεια και διακύμανση των ευνοϊκών θερμοκρασιών
 - Στη διάρκεια και συχνότητα βροχοπτώσεων προκειμένου περί ασθενειών, που ευνοούνται από τις βροχοπτώσεις
 - Στο χρόνο εμφάνισης των φορέων προκειμένου περί προκαρυωτικών ή ιολογικών ασθενειών
 - Στην πρωιμότητα και οψιμότητα του ξενιστή
 - Στην εποχή και είδος εφαρμογής επεμβάσεων



Αλληλεπιδράσεις των παραγόντων της επιδημίας (5)

- Ως προς τις **ανθρώπινες επεμβάσεις**, αυτές υπεισέρχονται στην επιδημία:
 - Ως προς τον ξενιστή
 - Ως προς το παθογόνο
 - Ως προς τους περιβαλλοντικούς παράγοντες με εφαρμογή καλλιεργητικών μέτρων και στο θερμοκήπιο και στη (υπαίθρια) καλλιέργεια



Αλληλεπιδράσεις των παραγόντων της επιδημίας (6)

- Ως προς τις **ανθρώπινες επεμβάσεις**, αυτές υπεισέρχονται στην επιδημία **ως προς τον ξενιστή**:
 - Επιλογή του είδους και της ποικιλίας ενός ξενιστή, που θα εγκατασταθεί σε μία δεδομένη περιοχή
 - Επιλογή του ξενιστή αναλόγως της αντοχής του σε ορισμένες ασθένειες
 - Επιλογή της πυκνότητας εγκατάστασης μίας φυτείας (αριθμός φυτών ανά στρέμμα)
 - Επιλογή της εποχής φύτευσης (πρώιμη ή όψιμη εγκατάσταση)
 - Επιλογή της αμειψισποράς ή προτίμηση της μονοκαλλιέργειας



Αλληλεπιδράσεις των παραγόντων της επιδημίας (7)

- Ως προς τις **ανθρώπινες επεμβάσεις**, αυτές υπεισέρχονται στην επιδημία **ως προς το παθογόνο**:
 - Επιλογή στρατηγικής αντιμετώπισης της επιδημίας με χημικά, καλλιεργητικά και βιολογικά μέτρα ή εφαρμογή των μεθόδων ολοκληρωμένης αντιμετώπισης των ασθενειών
 - Εξέταση στοιχείων σχετικών με το επίπεδο του πρωτογενούς μολύσματος, του χρόνου έναρξης απελευθέρωσής του, το ρυθμό παραγωγής του δευτερογενούς μολύσματος και τη διαθεσιμότητα των ξενιστών για ενδεχόμενη μόλυνση
 - Επιλογή συγκεκριμένων φυτών αναλόγως των δεδομένων αναφορικά με την παθογένεια φυλών των παθογόνων, που έχουν σημαντική επίπτωση στην ένταση της επιδημίας



Αλληλεπιδράσεις των παραγόντων της επιδημίας (8)

- Ως προς τις **ανθρώπινες επεμβάσεις**, αυτές υπεισέρχονται στην επιδημία ως προς το περιβάλλον με εφαρμογή **καλλιεργητικών μέτρων στο ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ**:
 - Μείωση/αύξηση της εδαφικής υγρασίας ρυθμίζοντας τις αρδεύσεις
Εγκατάσταση φωτισμού
 - Εγκατάσταση κλιματικών, για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας



Αλληλεπιδράσεις των παραγόντων της επιδημίας (9)

- Ως προς τις **ανθρώπινες επεμβάσεις**, αυτές υπεισέρχονται στην επιδημία ως προς το περιβάλλον με εφαρμογή **καλλιεργητικών μέτρων στην (ΥΠΑΙΡΘΙΑ) καλλιέργεια**:
 - **Παράδειγμα**: σε περίπτωση χαλαζόπτωσης σε εσπεριδοειδή, ο παραγωγός επεμβαίνει άμεσα ψεκάζοντας με χαλκούχα σκευάσματα για την προστασία της καλλιέργειας από τις **έμμεσες** συνέπειες (π.χ. λόγω πιθανής ακόλουθης προσβολής από φυτοπαθογόνα βακτήρια) και όχι για επέμβαση στον περιβαλλοντικό παράγοντα



Εμφάνιση ασθένειας και εξέλιξή της ως επιδημία



Εμφάνιση ασθένειας

- Γίνεται η ασθένεια αντιληπτή από τα ήπιας μορφής συμπτώματα, περιορισμένης έκτασης και σε μικρό ποσοστό φυτών
- Με την πάροδο του χρόνου αυξάνουν η επίπτωση και σοβαρότητα της ασθένειας
- Συνήθως, το επίπεδο και η ένταση των ανωτέρω χαρακτηριστικών ξεκινούν από μηδενική βάση και στη συνέχεια παρατηρείται ταχύτατη και εκτεταμένη αύξηση



Εκδήλωση επιδημιών

- Αναφέρθηκε, ότι επιδημία ή επιφυτία είναι όταν μία ασθένεια εξαπλώνεται ταχύτατα σε μεγάλο αριθμό ατόμων του ξενιστή και τείνει να έχει καταστρεπτική επίπτωση στον πληθυσμό του
- Κύρια χαρακτηριστικά της επιδημίας
 - Περιοδική εμφάνιση
 - Μεγάλη ταχύτητα εξάπλωσης
 - Μεγάλη ένταση των προκαλούμενων ζημιών



Εξέλιξη της ασθένειας σε επιδημία

- Παρατηρούνται διαφορετικοί τύποι ανάπτυξης των επιδημιών σε σχέση με τη φύση, το επίπεδο και το δυναμικό του μολύσματος του παθογόνου, τον ξενιστή και με την πάροδο του χρόνου
- Υπάρχουν ασθένειες με **γραμμική πρόοδο εξέλιξης** της επιδημίας (π.χ. σηψιρριζίες, αδρομυκώσεις)
- Υπάρχουν ασθένειες με **εκθετική καμπύλη ανάπτυξης** της επιδημίας (π.χ. σκωριάσεις, περινοσπόροι) που σημαίνει, ότι αυτές οι επιδημίες εξελίσσονται κατά αυξανόμενους ρυθμούς



Κυκλική φύση της ασθένειας (1)

- Η ασθένεια και κατά περίπτωση επιδημία είναι κυκλικό φαινόμενο, που συνίσταται από επαναλαμβανόμενους κύκλους ανάπτυξης του παθογόνου σε συνάρτηση με τον ξενιστή και το χρόνο
- Το μόλυσμα διεισδύει και αποκαθιστά τροφική εξάρτηση με τον ξενιστή μέσω της μόλυνσης
- Το παθογόνο αναπτύσσεται πάνω ή μέσα στον ξενιστή και σε ορισμένο στάδιο παράγει νέα μολύσματα, που διαδίδονται σε ευαίσθητους ξενιστές, για να γίνουν οι νέες προσβολές



Κυκλική φύση της ασθένειας (2)

- **Μονοκυκλικά** είναι τα παθογόνα, που έχουν την ιδιότητα να προκαλούν επιδημία ενός κύκλου, γιατί είναι αναγκαίο να ολοκληρωθεί μία καλλιεργητική περίοδος για να συμπληρώσουν το βιολογικό τους κύκλο (**μονοκυκλική ασθένεια/επιδημία**)
- **Πολυκυκλικά** είναι τα παθογόνα που συμπληρώνουν το βιολογικό τους κύκλο σε περισσότερους του ενός κύκλους ανά καλλιεργητική περίοδο (**πολυκυκλική ασθένεια/επιδημία**)
- Αμφότερες έννοιες αναφέρονται αυστηρώς σε μία μόνο καλλιέργεια ενός ευπαθούς ξενιστή



Κυκλική φύση της ασθένειας (3)

- Για ορισμένες ασθένειες, η επιδημική τους μορφή εξετάζεται σε μεγαλύτερο βάθος χρόνου από μία καλλιεργητική περίοδο
- Επιδημίες ασθενειών π.χ. σε πολυετείς καλλιέργειες ή μονοετείς καλλιέργειες που εγκαθίστανται περισσότερες από μία φορά το χρόνο ως μονοκαλλιέργεια μεταφέρονται και στην επόμενη καλλιεργητική περίοδο (τα μολύσματα μάλιστα αυξάνουν και μεταφέρονται από έτος σε έτος) και έτσι είναι έκδηλη κάθε χρόνο
- Σε αυτές τις περιπτώσεις υφίσταται **πολυετής επιδημία** μονοκυκλικού ή πολυκυκλικού παθογόνου

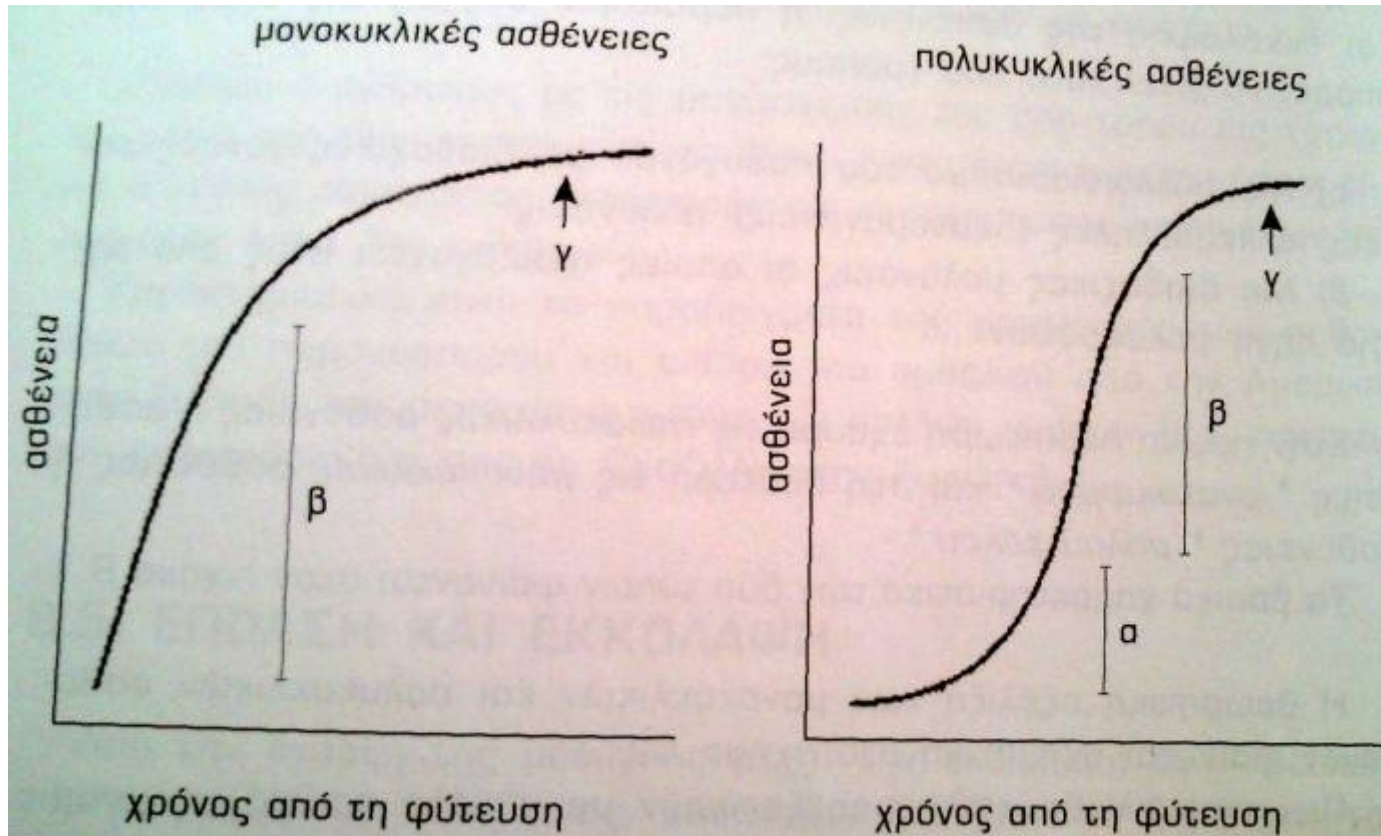


Κυκλική φύση της ασθένειας (4)

- **Μονοκυκλικές ασθένειες:** ξεκινούν με μεγάλο αριθμό μολυσμάτων, που προκαλούν απότομη αύξησή τους [β] και στη συνέχεια σταθεροποιούνται [γ], λόγω εξάντλησης των μολυσμάτων ή/και περιορισμού του αριθμού των υγιών φυτών για νέες μολύνσεις
- **Πολυκυκλικές ασθένειες:** αρχικά η αύξηση είναι γενικά βραδεία λόγω μικρού αριθμού μολυσμάτων [α], στη συνέχεια επιταχύνεται λόγω παραγωγής πολλών μολυσμάτων και ύπαρξης πολλών ασθενών φυτών [β] και τέλος επιβραδύνεται λόγω περιορισμού του αριθμού των υγιών φυτών για νέες μολύνσεις [γ]



Κυκλική φύση της ασθένειας (4)



Η αύξηση της ασθένειας εξαρτάται κυρίως από τον αριθμό των γενεών στις πολυκυκλικές και από τον αριθμό των πρωταρχικών μολυσμάτων στις μονοκυκλικές

Θεωρητικές καμπύλες εξέλιξης επιδημιών ανάλογα με τον τύπο της ασθένειας (α. φάση βραδείας αύξησης, β. φάση ταχείας αύξησης, γ. φάση επιβράδυνσης)



Παραδείγματα μονοκυκλικών επιδημιών

- Κυρίως από εδαφογενή παθογόνα (σηψιρριζίες, αδρομυκώσεις, αδροβακτηριώσεις)
- Μετασυλλεκτικές ασθένειες, που οφείλονται στους μύκητες *Penicillium*, *Botrytis*, *Rhizopus*, *Monilia*, κ.λπ., όταν δεν υφίστανται «ευκαιρίες» (δημιουργία πληγών) στα παθογόνα για νέες μολύνσεις (οι μετασυλλεκτικές ασθένειες είναι συνήθως πολυκυκλικές)
- Σκωριάσεις, που στερούνται το ουρεδιακό (επαναληπτικό) στάδιο, π.χ. ο μύκητας *Gymnosporangium fuscus* (σκωρίαση απιδιάς)



Παραδείγματα πολυκυκλικών επιδημιών

- Περονόσπορος γεωμήλων (*Phytophthora infestans*) περί προσβολών του φυλλώματος πατάτας με την ύπαρξη πολλών επικαλυπτόμενων κύκλων εντός καλλιεργητικής περιόδου, ανά πενήμερο σε ευνοϊκές περιβαλλοντικές συνθήκες; Σε προσβολές στελεχών και κονδύλων ως αποτέλεσμα υψηλών βροχοπτώσεων που παρασύρουν και «ξεπλένουν» τα σποριάγεια από τα φύλλα, τότε υφίσταται **πολυκυκλική ασθένεια δύο περιόδων**
- Σκωριάσεις σιτηρών με ουρεδιακό (επαναληπτικό) στάδιο
- Προκαρυωτικές & εντομομεταφερόμενες ιολογικές ασθένειες



Συνδυασμοί μονοκυκλικών & πολυκυκλικών επιδημιών

- Ασθένεια αρχικά είναι μονοκυκλική και με την πάροδο του χρόνου μετατρέπεται σε πολυκυκλική
- Οφείλεται στην ιδιομορφία του παθογόνου να σχηματίζει περισσότερα του ενός είδη σπορίων, που μολύνουν διαφορετικά στάδια ανάπτυξης της εν λόγω ασθένειας
- Παράδειγμα αποτελεί το φουζικλάδιο της μηλιάς (ασκομύκητας *Venturia inaequalis*), που μολύνει με τα ασκοσπόρια (σχηματίζονται στους ασκούς σε περιθήκια μία φορά το χρόνο) και προκαλούν μονοκυκλική επιδημία
- Στις κηλίδες των φύλλων όμως δημιουργούνται τα κονίδια της ατελούς μορφής (*Spilocaea pomi*), τα οποία προκαλούν δευτερογενείς μολύνσεις στα νεοεκτυσσόμενα φύλλα και καταλήγει έτσι η ασθένεια σε πολυκυκλική επιδημία



Μαθηματικά πρότυπα παραγωγής μολυσμάτων σε επιδημίες



Εισαγωγή

- Βασικός στόχος είναι ο περιορισμός της ανάπτυξης μίας ασθένειας σε αποδεκτά επίπεδα από οικονομικής και παραγωγικής πλευράς με κυρίαρχο ρόλο ο εντοπισμός των πρώτων μολύνσεων του παθογόνου
- Τα μαθηματικά πρότυπα συμβάλλουν στην εξέταση της προόδου μίας ασθένειας και της ανάλυσης των ποσοτικών επιπτώσεων της επιδημίας σε μία καλλιέργεια
- Με αυτά τα μοντέλα επιχειρείται η περιγραφή του τρόπου με τον οποίο οι (μετρήσιμοι) παράγοντες της επιδημίας μεταβάλλονται με το χρόνο



Παραγωγή μολύσματος σε μονοκυκλικές ασθένειες-επιδημίες

- Αν Q_1 είναι η ποσότητα του πρωτογενούς μολύσματος κατά την έναρξη μιας καλλιεργητικής περιόδου, αυτό θα ισούται με την ποσότητα του μολύσματος Q_0 κατά την έναρξη της προηγούμενης καλλιεργητικής περιόδου με μία αύξηση, που είναι αποτέλεσμα της δραστηριότητας του παθογόνου στην προηγούμενη περίοδο [$Q_1: Q_0 + \text{αύξηση}$]
- Αύξηση είναι αποτέλεσμα της ποσότητας του πρωτογενούς μολύσματος της προηγούμενης περιόδου και μιας λογικής μεταβολής του μολύσματος ως απλή αναλογική αυξητική διαδικασία του αρχικού πρωτογενούς μολύσματος που ορίζεται ως KQ_0 , όπου K είναι μία αναλογική σταθερά [$Q_1: Q_0 + KQ_0$]



Παραγωγή μολύσματος σε μονοκυκλικές ασθένειες-επιδημίες

- **Σταθερά Κ:** περιλαμβάνει την ανάπτυξη και αύξηση ενός παθογόνου, το σχηματισμό μολύσματος, τη διασπορά του, αλλά και τη νέκρωσή του και λαμβάνει τιμές βάσει περιβαλλοντικών παραγόντων, στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας και οι εφαρμοζόμενες καλλιεργητικές πρακτικές
- Κ λαμβάνει θετική τιμή κατά την οριακή αύξηση στην ποσότητα του μολύσματος από μία καλλιεργητική περίοδο στην άλλη; Κ αρνητική αν παρατηρηθεί οριακή μείωση του μολύσματος (π.χ. εφαρμογή αμειψισποράς με μη-ξενιστή)



Παραγωγή μολύσματος σε μονοκυκλικές ασθένειες-επιδημίες

- Μεταβολές της ποσότητας του πρωτογενούς μολύσματος σε δύο συνεχόμενες καλλιεργητικές περιόδους σε μία πολυετή επιδημία: $Q_{T+1} = Q_T + KQ_T$
- Αν K θετική, η μεταβολή αυξάνει με το πρωτογενές μόλυσμα σε κάθε επακόλουθη καλλιεργητική περίοδο και η γραφική παράσταση καμπυλούται ανοδικά





Παραγωγή μολύσματος σε πολυκυκλικές ασθένειες-επιδημίες

- Είναι πρότυπο ανάλογο με αυτό μίας μονοκυκλικής επιδημίας, αλλά σε διάστημα περισσότερων της μίας καλλιεργητικών περιόδων (ουσιαστικά πολλούς επαναλαμβανόμενους κύκλους)
- Εκθετική έκφραση αύξηση του μολύσματος πολυκυκλικής επιδημίας: $q = q_0 e^{kt}$ (k : η αναλογία με την οποία αυξάνει το μόλυσμα σε κάθε χρονικό διάστημα & q_0 : αρχικό μόλυσμα)





Μαθηματικά πρότυπα της προόδου της ασθένειας-επιδημίας



Εισαγωγή

- Η μέτρηση του μολύσματος των φυτοπαθογόνων δεν είναι πολλές φορές εφικτή
- Η εμφανής συμπτωματολογική εικόνα των ασθενών φυτών παρέχει πολλές φορές τη δυνατότητα ευκολότερης καταμέτρησης με τη χρονική υστέρηση μεταξύ μόλυνσης και εμφάνισης των συμπτωμάτων της ασθένειας
- Αν και η πρόοδος της ασθένειας εξαρτάται από το σύνολο των παραγόντων της επιδημίας, ωστόσο συνήθως η ανάπτυξη των συμπτωμάτων βαίνει παράλληλα με την παραγωγή μολυσμάτων
- Βάσει του van den Plank, **X**: ποσοστιαία αναλογία των μολυσμάτων φυτών ή ιστών ή οργάνων



Μαθηματική έκφραση της εξέλιξης μονοκυκλικής ασθένειας-επιδημίας

- Το μόλυσμα είναι σταθερό κατά τη διάρκεια του κύκλου της ασθένειας, τότε η εξέλιξη είναι ανάλογη προς το ποσό του αρχικού μολύσματος και η πρόοδος της ασθένειας γραμμική
- Εξίσωση που περιγράφει την ευθεία καμπύλη: $x = Q R t$
- x : μία σταθερά-αναλογία χωρίς διαστάσεις με τιμές 0-1; Q : ποσό αρχικού μολύσματος; R : αναλογική σταθερά, που ορίζει την εξέλιξη της ασθένειας ανά μονάδα μολύσματος





Μαθηματική έκφραση της εξέλιξης πολυκυκλικής ασθένειας-επιδημίας

- Το πρότυπο ακολουθεί ρυθμό αντίστοιχο με εκείνον της παραγωγής μολύσματος σε μία πολυκυκλική ασθένεια
- Εξίσωση που περιγράφει την καμπύλη: $x = x_0 e^{rt}$
- x_0 : το ποσό ή ποσοστό της ασθένειας κατά την έναρξη της επιδημίας; r : ο ρυθμός αύξησης της ασθένειας ανά μονάδα ασθένειας και αφορά τις μονάδες της ποσοστιαίας αναλογίας ανά μονάδα χρόνου





Μαθηματική έκφραση της εξέλιξης πολυκυκλικής ασθένειας-επιδημίας δύο περιόδων

- Στις πολυκυκλικές ασθένειες υπεισέρχεται και ο παράγοντας **περίοδος** των κύκλων επιδημίας, έννοια που απορρέει από την παύση σειράς κύκλων μίας επιδημίας και την επανεμφάνισή της μετά από παρέλευση ορισμένου χρόνου, που αντιστοιχεί με την παρουσία νέου βλαστικού σταδίου
- Υφίσταται πολυκυκλική ασθένεια 2 περιόδων (π.χ. *Monilia laxa* σε πυρηνόκαρπα)
- Υφίσταται πολυκυκλική ασθένεια πολλών αλληπάληλων ή επικαλυπτόμενων περιόδων αναφορά με την ικανότητα ορισμένων παθογόνων να προσβάλλουν συγχρόνως διάφορα βλαστητικά στάδια του ξενιστή (π.χ. *Botrytis cinerea* σε κηπευτικά)



Μαθηματική έκφραση της εξέλιξης πολυκυκλικής ασθένειας-επιδημίας δύο περιόδων



Πολυκυκλική ασθένεια
δύο περιόδων



Πολυκυκλική ασθένεια
επικαλυπτόμενων περιόδων



Εκτίμηση της πορείας των ασθενειών



Εκτίμηση της πορείας των ασθενειών

- Εκτός της έγκαιρης και έγκυρης διάγνωσης του αιτίου μίας ασθένειας, εξίσου σημαντικό αποτελεί και η πρόβλεψη της πιθανής εξέλιξής της και των πιθανών οικονομικών ζημιών που μπορεί να προκαλέσει
- Μελέτη της πορείας μίας ασθένειας περιλαμβάνει διάφορα επιμέρους στοιχεία, όπως είναι ο τόπος, ο χρόνος και οι συνθήκες υπό τις οποίες μπορεί να εκδηλωθεί μία ασθένεια και να εξελιχθεί σε επιδημία



Εκτίμηση της προσβολής

- Βασικοί παράμετροι μέτρησης μίας ασθένειας είναι η **έκταση** και η **ένταση** της προσβολής
- Έκταση προσβολής εκτιμάται με τον αριθμό των προσβεβλημένων φυτών ή φυτικών οργάνων μιας καλλιέργειας
- Ένταση προσβολής εκτιμάται με τη σοβαρότητα/δριμύτητα των συμπτωμάτων και την επίπτωσή τους επί των προσβεβλημένων φυτών
- Αν ενδιαφέρει μόνο η έκταση και όχι η ένταση μίας ασθένειας (π.χ. ιώσεις), ο απλούστερος τρόπος είναι η μέτρηση των ασθενών φυτών ή οργάνων σε ένα δείγμα και υπολογισμός % επί των υγιών φυτών
- Οι συνηθέστεροι **τρόποι εκτίμησης της προσβολής είναι με κλείδες προσδιορισμού και με τη βοήθεια διαγραμματικών εικόνων**



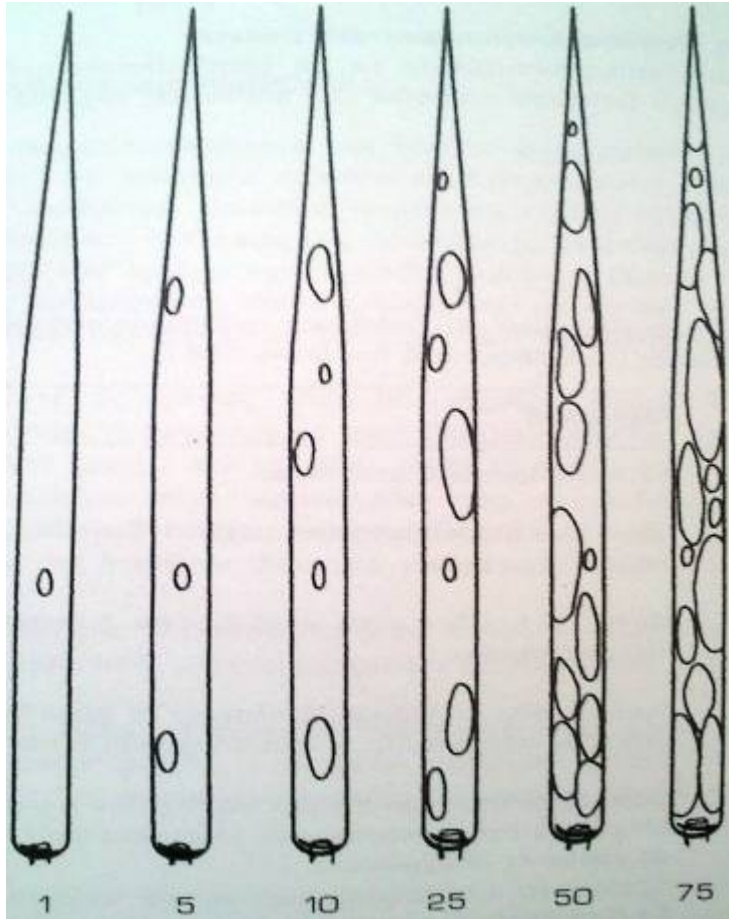
Εκτίμηση της προσβολής με κλείδες προσδιορισμού

- Λαμβάνουν υπόψη τον αριθμό των προσβεβλημένων φυτών και την ένταση της προσβολής

Προσβολή %	Περιγραφή
0	Κανένα σύμπτωμα στον αγρό
0,1	Μόνο λίγα διάσπαρτα φυτά μέχρι 1-2 κηλίδες σε κύκλο ακτίνας 1 m
1	Μέχρι 10 κηλίδες κατά φυτό ή μέχρι 1 φυλλάριο στα 10 προσβεβλημένα
25	Σχεδόν κάθε φυλλάριο με πληγές, τα φυτά ακόμα διατηρούν το σχήμα τους και η φυτεία ακόμα φαίνεται πράσινη
50	Κάθε φυτό έχει προσβληθεί και σχεδόν η μισή φυλλική επιφάνεια έχει καταστραφεί, ενώ η φυτεία φαίνεται πράσινη με καστανές αποχρώσεις
75	Τα 3/4 περίπου της φυλλικής επιφάνειας έχει καταστραφεί και το καστανό χρώμα της φυτείας επικρατεί του πράσινου
95	Μόνο λίγα φύλλα είναι ακόμα πράσινα
100	Φύλλα και στελέχη είναι κατεστραμμένα



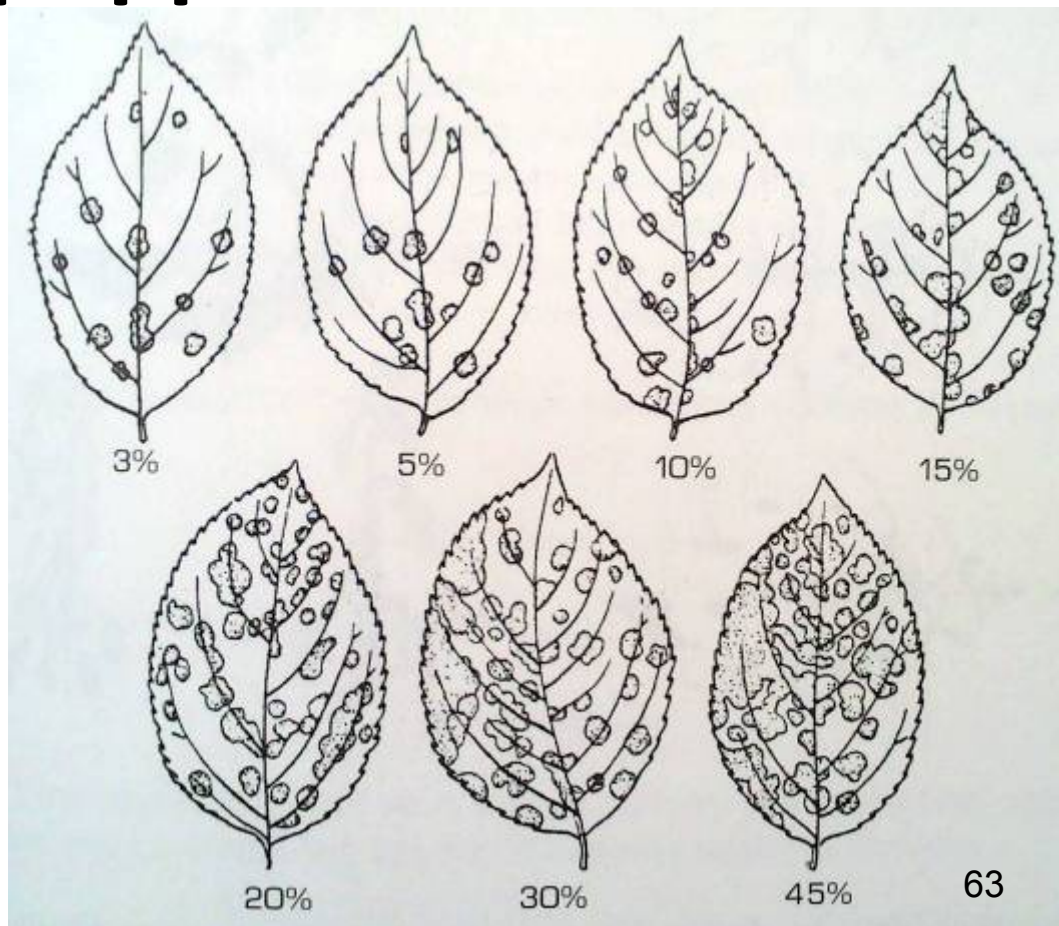
Εκτίμηση της προσβολής με τη βοήθεια διαγραμματικών εικόνων



Κλείδα εκτίμησης ποσοστού προσβολής από ώιδιο σε καλλιέργεια σίτου (οι αριθμοί δείχνουν το εκτιμώμενο ποσοστό προσβολής)

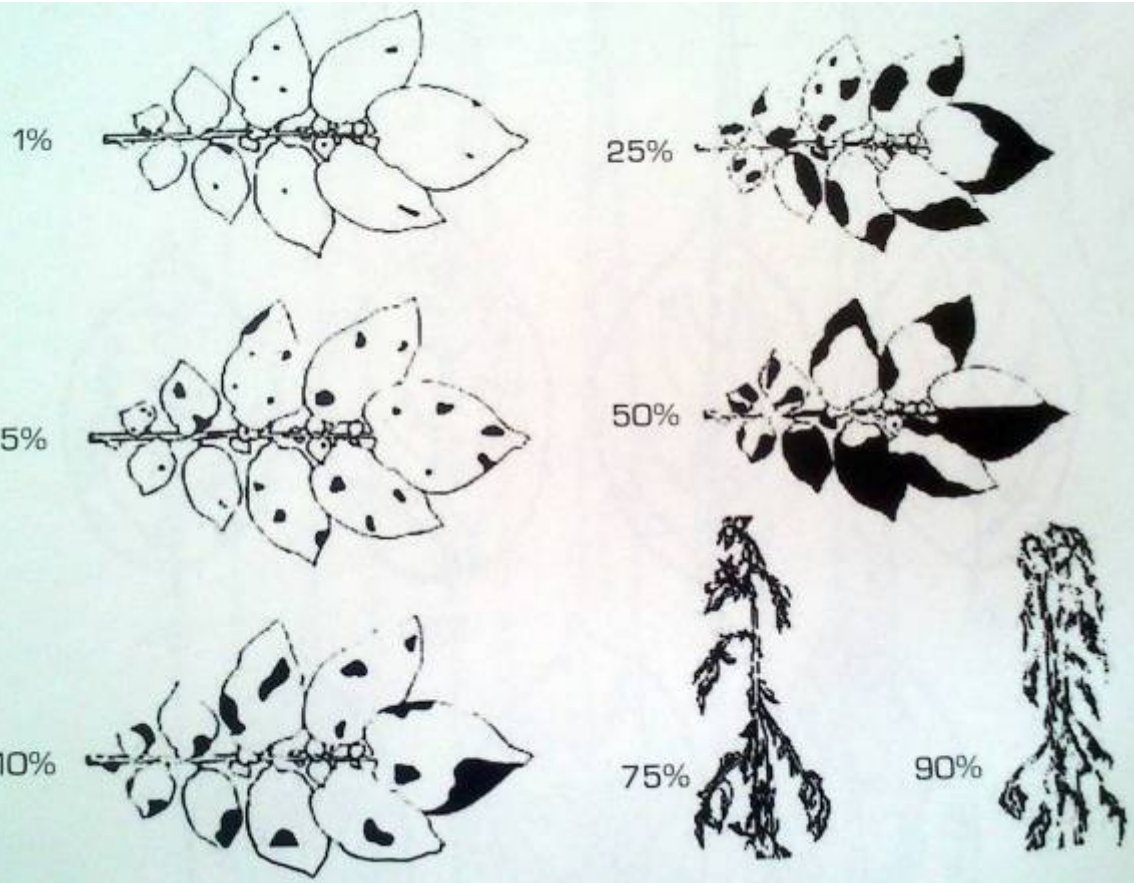
Εκτίμηση της προσβολής με τη βοήθεια διαγραμματικών εικόνων

Κλείδα εκτίμησης ποσοστού προσβολής φυλλώματος μηλιάς από φουζικλάδιο (και βασίζεται στο ποσοστό επιφάνειας των φύλλων, που καταλαμβάνουν οι κηλίδες





Εκτίμηση της προσβολής με τη βοήθεια διαγραμματικών εικόνων



Κλείδα εκτίμησης ποσοστού προσβολής φυλλώματος πατάτας από περονόσπορο



Εκτίμηση της πορείας της ασθένειας

- Σύμφωνα με το μαθηματικό μοντέλο van der Plank (1963), η εξέλιξη μίας επιδημικής ασθένειας, τουλάχιστον στα αρχικά της στάδια, εκτιμάται με την εξίσωση: $x = x_0 e^{rt}$
- x : ποσοστό της ασθένειας σε κάποια χρονική στιγμή
- x_0 : ποσό αρχικού μολύσματος (υπολογίζεται ως ποσοστό της ασθένειας στην αρχική εμφάνιση)
- e : 2,718
- r : μέσος ρυθμός αύξησης της προσβολής
- t : χρόνος διάρκειας της επιδημίας



Εκτίμηση της πορείας της ασθένειας

- Σημαντικότεροι παράγοντες για την εξέλιξη μιας ασθένειας είναι το ποσό του αρχικού μολύσματος και από το ρυθμό εξάπλωσης του παθογόνου
- Τα μέτρα αντιμετώπισης που περιορίζουν αυτούς τους παράγοντες, περιορίζουν και την έκταση της τελικής προσβολής
- Πολλά ανάλογα προγράμματα μαθηματικών μοντέλων εξέλιξης ασθενειών βάσει διαδοχικών μετρήσεων του ρυθμού εξέλιξης σε διάφορες συνθήκες υφίστανται σε Η/Υ και αποτελούν τη βάση για τα συστήματα των γεωργικών προειδοποιήσεων



Γεωργικές προειδοποιήσεις

- Είναι οργανωμένο σύστημα παροχής πληροφοριών φυτοπροστασίας βάσει βιολογικών και μετεωρολογικών στοιχείων, που συλλέγονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα από τις υπό παρακολούθηση περιοχές
- Κύριος σκοπός είναι η έγκαιρη, αποτελεσματική και με μικρό οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος αντιμετώπιση των εχθρών και ασθενειών των καλλιεργειών
- Συνήθως λειτουργούν από τις Κρατικές Υπηρεσίες ή Οργανισμούς, που διαθέτουν κατάλληλο προσωπικό και εξοπλισμό



Βιβλιογραφία

Γεωργόπουλος Σ.Γ., 1984. Βασικές γνώσεις φυτοπαθολογίας. ΑΘΗΝΑ, 260 σελ.

Ζωάκη-Μαλισιόβα Δ., 1995. Μαθήματα Φυτοπροστασίας Ι. Διδακτικές σημειώσεις, Εκδόσεις ΤΕΙ Ηπείρου, 121 σελ.

Ηλιόπουλος Α.Γ., 2004. Γενική Φυτοπαθολογία. Εκδόσεις Έμβρυο, 296 σελ.

Τζάμος Ε.Κ., 2007. Φυτοπαθολογία. Εκδόσεις Σταμούλης, 557 σελ.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Τεχνολογικό Ίδρυμα Ηπείρου. Δρ Δήμητρα Ζωάκη
Μαλισιόβα.

Γενική Φυτοπαθολογία Θεωρία. Επιδημιολογία.

Έκδοση: 1.0. Άρτα, 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<<http://eclass.teiep.gr/courses/TEXG101/>>



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

