

Γενικές αρχές φυτοπαθολογίας

Ν. Ε. Μ α λ α θ ρ ά κ η ς
Καθηγητής
Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας

ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
2001

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ι ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΣΕΛ.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΑ.....	1
1.2. Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΦΥΤΟΠΑΘΟΛΟΓΙΑΣ.....	1

ΙΙ ΤΑ ΠΑΘΟΓΟΝΑ ΑΙΤΙΑ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

2 ΟΙ ΜΥΚΗΤΕΣ.....	9
2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
2.2. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.....	9
2.3. ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ.....	14
2.4. ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ.....	16
2.5. ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ.....	31
3 ΠΡΟΚΑΡΥΩΤΙΚΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ.....	37
3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	37
3.2. ΤΑ ΒΑΚΤΗΡΙΑ.....	37
3.3. ΜΥΚΟΠΛΑΣΜΑΤΑ.....	45
4 ΙΟΙ - ΙΟΕΙΛΗ -PRIONS.....	47
4.1. ΙΟΙ.....	47
4.2. ΙΟΕΙΛΗ-PRIONS.....	63
5 ΦΑΝΕΡΟΓΑΜΑ ΠΑΡΑΣΙΤΑ.....	65
5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	65
5.2. ΟΡΟΒΑΓΧΗ(BROOMRAPES).....	66
5.3. ΚΟΥΣΚΟΥΤΑ (DODDERS).....	68
5.4. ΙΕΟΣ GUI (MISTLETOE).....	70
5.5. ΠΑΡΑΣΙΤΑ ΤΟΥ ΓΕΝΟΥΣ <i>STRIGA</i>	72
6 ΜΗ ΠΑΡΑΣΙΤΙΚΑ ΑΙΤΙΑ.....	74
6.1. ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΕΣ.....	74
6.2. ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΕΣ.....	77
6.3. ΜΟΛΥΝΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ.....	80
6.4. ΑΝΩΜΑΛΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.....	82

III Η ΑΣΘΕΝΕΙΑ

7 ΜΟΛΥΣΜΑ.....	89
7.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	89
7.2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΛΥΣΜΑΤΟΣ.....	89
7.3. ΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗ, ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗ ΤΟΥ ΜΟΛΥΣΜΑΤΟΣ.....	93
8 ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	101
8.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	101
8.2. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ.....	101
8.3. ΥΓΡΑΣΙΑ.....	101
8.4. ΦΩΤΙΣΜΟΣ.....	102
8.5. ΕΔΑΦΟΣ.....	102
8.6. Ρ ^H	102
9 ΣΧΕΣΕΙΣ ΦΥΤΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ.....	105
9.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	105
9.2. ΠΑΡΑΣΓΠΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ.....	105
9.3. ΜΗ ΠΑΡΑΣΓΠΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ.....	124

IV Η ΕΠΙΔΗΜΙΑ

10 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΕΠΙΔΗΜΙΩΝ.....	135
10.1. Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΑΣ.....	135
10.2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΝΩΡΙΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΠΙΔΗΜΙΑΣ.....	136
11 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΔΗΜΙΩΝ.....	145
11.1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΔΗΜΙΩΝ.....	145
11.2. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΗΣ ΕΠΙΔΗ ΜΙΑΣ.....	148
11.3. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΑ (MODELS).....	155
11.4. ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΔΗΜΙΩΝ.....	156

V Η ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΤΩΝ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

13 ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΤΗΣ ΠΑΘΟΓΕΝΕΣΗΣ.....	159
13.1. ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΜΚΡΟΟΡ ΓΑΝΙΣΜΩΝ.....	159
14 ΓΕΝΕΤΚΗ ΤΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΞΕΝΙΣΤΗ.....	167

14.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	167
14.2. ΠΗΓΕΣ ΑΝΤΟΧΗΣ.....	167
14.3. ΤΥΠΟΙ ΑΝΤΟΧΗΣ.....	167
14.4. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΗΝ ΕΚΦΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ.....	169
14.4. ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΤΗΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΠΑΘΟΓΟΝΟΥ ΞΕΝΙΣΤΗ.....	169

I ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1 Εισαγωγή

1.1. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΑ

Τα φυτά, όπως όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί, αρρωσταίνουν. Όταν λέμε ότι ένα φυτό είναι άρρωστο, εννοούμε ότι ξεφεύγει από αυτό, που με την εμπειρία μας θεωρούμε φυσιολογικό. Πολλές φορές, μάλιστα, ένα φυτό χαρακτηρίζεται άρρωστο, όχι αν ξεφεύγει από αυτό που θεωρούμε φυσιολογικό, αλλά αν δεν ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις που έχουμε, αν δηλαδή δε δίδει την παραγωγή που προσδοκούμε, αν δεν έχει την καλλωπιστική αξία που περιμένουμε κ.α.. Αντίθετα φυτά με συμπτώματα που προκαλούνται από συγκεκριμένο παθογόνο δυνατόν να θεωρούνται φυσιολογικά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η μωσαϊκωση του *abutilum*. Η ασθένεια αυτή προκαλεί ποικιλοχρωμία στα άρρωστα φυτά, η οποία τους προσδίδει μεγάλη καλλωπιστική αξία. Όσοι δεν γνωρίζουν την αιτία της ποικιλοχρωμίας θεωρούν τα φυτά αυτά υγιή και τα προτιμούν από τα πραγματικά υγιή. Έτσι, φαίνεται ότι δεν υπάρχει ενιαία αντίληψη τι ακριβώς εννοούμε όταν χαρακτηρίζουμε ένα φυτό άρρωστο, τι εννοούμε δηλαδή με τον όρο "ασθένεια". Ένας από τους απλούστερους ορισμούς, που έχουν προταθεί, είναι εκείνος της Βρετανικής Φυτοπαθολογικής Εταιρείας, σύμφωνα με τον οποίο "ασθένεια είναι η επιζήμια εκτροπή από την κανονική φυσιολογική λειτουργία του φυτού".

Στην πρόοδο της μελέτης των σημειώσεων αυτών, ο σπουδαστής θα αποκτήσει καλύτερη αντίληψη για την ασθένεια. Πρέπει, πάντως, από τώρα να μη συγχέει την ασθένεια με την αιτία που την προκαλεί. Για λεπτομερέστερη μελέτη του όρου ασθένεια οι σπουδαστές παραπέμπονται στη μονογραφία του Sarejanni (1951).

1.2. Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΦΥΤΟΠΑΘΟΛΟΓΙΑΣ

Η επιστήμη που μελετά τις ασθένειες των φυτών με σκοπό να συμβάλει στην αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση τους, λέγεται φυτοπαθολογία. Η φυτοπαθολογία, δηλαδή, είναι διφυής επιστήμη, διότι αφ ενός μελετά το άρρωστο φυτό και προσπαθεί να εμβαθύνει στην αιτία που προκαλεί την ασθένεια, τον τρόπο με τον οποίο αρρωσταίνει το φυτό κ.α. και αφετέρου χρησιμοποιεί όλα τα δεδομένα που συγκεντρώνει από τέτοιες μελέτες για να αντιμετωπίσει τα προβλήματα που προκαλούνται από τις ασθένειες. Από τη φύση της η φυτο-

παθολογία χρησιμοποιεί στοιχεία των φυσικών επιστημών, των μαθηματικών, της μετεωρολογίας και των βιολογικών εταστημών. Είναι σχετικά νέα επιστήμη, που άρχισε να αναπτύσσεται από τα τέλη του προηγούμενου αιώνα, αρχικά ως παρακλάδι της βοτανικής και αργότερα ως αυτοτελής επιστήμη.

1.2.1. Ιστορική αναδρομή

Αρχικά εθεωρείτο ότι οι ασθένειες των φυτών, όπως άλλωστε και των ανθρώπων, είναι η τιμωρία του θεού ή των θεών για τις αμαρτίες των ανθρώπων. Ο θεός έστελνε τις ασθένειες και ο θεός τις θεράπευε.

Πρώτοι οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι και κυρίως ο Θεόφραστος (300 π.χ.) έκαναν συστηματικές παρατηρήσεις όσον αφορά στη φύση και τα αίτια των ασθενειών. Έκτοτε και για πολλούς αιώνες η εξέλιξη όσον αφορά στη μελέτη των ασθενειών έμεινε στάσιμη, όπως άλλωστε όλες οι επιστήμες.

Μεγάλη επανάσταση στη φυτοπαθολογία και σε όλες τις βιολογικές επιστήμες έφερε η ανακάλυψη του μικροσκοπίου από τον Ολλανδό LeeuwenhoeK (1667). Ο LeeuwenhoeK, για πρώτη φορά, μπόρεσε να δει με το μικροσκόπιο τα τελειοσπόρια της σκωρίασης της τριανταφυλλιάς. Έτσι, για πρώτη φορά συνδέθηκε μια αρρώστια με την ύπαρξη ενός μικροοργανισμού. Όμως, αυτό δεν αποτελούσε απόδειξη ότι τα τελειοσπόρια προκαλούν τη σκωρίαση, δεδομένου ότι επικρατούσε ευρύτατα η θεωρία της **αυτόματης γένεσης (spontaneous generation)**. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή οι διάφοροι μικροοργανισμοί που παρατηρούνται στα άρρωστα φυτά ή στα αποσυντιθέμενα οργανικά υλικά γεννούνται αυτόματα, είναι δηλαδή αποτέλεσμα της ασθένειας και όχι η αιτία. Η θεωρία της αυτόματης γένεσης καταρρίφθηκε προοδευτικά όπως φαίνεται παρακάτω.

Το 1729 ο Ιταλός Micheli έσπειρε σπόρους από ένα μύκητα σε φέτα πεπονιού και παρατήρησε ότι αναπτύχθηκε μύκητας που έδωσε τα ίδια σπόρια με αυτά που έσπειρε.

Το 1755 ο Γάλλος Tillet σκόνισε υγιείς σπόρους σιταριού με τη μαύρη σκόνη που έχουν τα φυτά σιταριού που είναι προσβλημένα από το γυμνό άνθρακα και πήρε άρρωστα φυτά. Παράλληλα πήρε σπόρους που είχε μολύνει με τα σπόρια του γυμνού άνθρακα τους εμβάπτισε μέσα σε διάλυμα θειικού χαλκού και τα φυτά που προήλθαν από τους σπόρους αυτούς ήσαν υγιή.

Το 1807 ένας άλλος Γάλλος ο Prenot επανέλαβε το πείραμα με το θειικό χαλκό. Παράλληλα μπόρεσε να παρατηρήσει με το μικροσκόπιο τα σπόρια του γυμνού άνθρακα να βλαστάνουν στο νερό και όταν πρόσθεσε θειικό χαλκό στο διάλυμα η βλάστηση σταμάτησε.

Έτσι, ο Tillet και ο Micheli, χωρίς να το καταλάβουν, συμπλήρωσαν τους δύο από τους τέσσερις κανόνες του Koch, που θεωρούνται σήμερα βασικές

προϋπόθεσης για να δεχθούμε ότι μια συγκεκριμένη ασθένεια προκαλείται από ένα μικροοργανισμό. Όμως ούτε αυτοί ούτε ο Prenot είχαν το κύρος της αυθεντίας που απαιτούσαν οι συνθήκες της εποχής για να γίνουν δεκτές οι ιδέες τους.

Ο Γερμανός de Bary ήταν τελικά εκείνος που έμελλε να πείσει τους σύγχρονους του ότι οι ασθένειες των φυτών προκαλούνται από μικροοργανισμούς. Αφορμή δόθηκε από τη μελέτη του περονόσπορου της πατάτας, που το 1845-1846 κατάστρεψε την πατατοπαραγωγή στην Ιρλανδία και προκάλεσε το γνωστό λιμό, για τον οποίο αναφέρομε περισσότερα παρακάτω. Το πρόβλημα απασχόλησε πολλούς βοτανικούς της εποχής, αλλά οριστική απάντηση δόθηκε από τον de Bary, που απόδειξε ότι ο περονόσπορος της πατάτας προκαλείται από το μύκητα *Phytophthora infestans*. Την ίδια περίπου εποχή ο Γάλλος Pasteur, με τα περίφημα πειράματά του, απέδειξε ότι οι ασθένειες του ανθρώπου και των ζώων προκαλούνται από μικρόβια και κατέρριψε οριστικά το μύθο της αυτόματης γένεσης. Έτσι ο de Bary αποτελεί για τη φυτοπαθολογία, ότι ο Pasteur για τις ασθένειες του ανθρώπου και των ζώων.

Ο επόμενος σταθμός στην ανάπτυξη της φυτοπαθολογίας ήταν η ανακάλυψη από το Γάλλο καθηγητή Millardet του πανεπιστημίου του Bordeaux της προστατευτικής ικανότητας του **Βορδιγάλιου πολτού (Bordeaux mixture)** ενάντια στον περονόσπορο του αμπελιού. Ο Βορδιγάλιος πολτός υπήρξε το πιο γνωστό μυκητοκτόνο και η ανακάλυψη του αποτέλεσε σταθμό στην ανάπτυξη της βιομηχανίας των μυκητοκτόνων όπως τη γνωρίζουμε σήμερα.

Η απόδειξη ότι, εκτός από τους μύκητες και άλλα παθογόνα προκαλούν ασθένειες στα φυτά ήρθε αργότερα. Έτσι, μετά την ανακάλυψη, από τους Pasteur και Koch, ότι ο άνθρακας των ζώων προκαλείται από βακτήριο, ο Burrell το 1878 απέδειξε ότι το βακτηριακό κάπνισμα των μηλοειδών προκαλείται, επίσης, από βακτήριο. Λίγο αργότερα, το 1886, ο Mayer αναπαρήγαγε τη γνωστή σήμερα ασθένεια "**Μωσαϊκό του Καπνού**" με έγχυση χυμού από άρρωστο φυτό σε υγιές. Επειδή στο χυμό δεν υπήρχε μύκητας ο Mayer θεώρησε ότι το παθογόνο ήταν βακτήριο. Όμως, ο Ρώσος Ivanowski, το 1892, διαπίστωσε ότι ο χυμός από άρρωστα φυτά καπνού διατηρούσε τη μολυσματικότητά του ακόμη και αν περνούσε από φίλτρο που κρατούσε τα βακτήρια και ο Beijerinck, το 1898, συμπέρανε ότι το μωσαϊκό του καπνού δεν προκαλείται από μικροοργανισμό αλλά από ένα "**ζωντανό μολυσματικό υγρό**" (**contagium vivum fluidum**) το οποίο ονόμασε ιό "virus". Το 1935 ο Αμερικανός Stanley κατόρθωσε να πάρει με καθίζηση, από χυμό καπνού μολυσμένου με το μωσαϊκό, μια κρυσταλλική μολυσματική πρωτεΐνη και συμπέρανε ότι το παθογόνο ήταν μια πρωτεΐνη αυτοαναπαραγόμενη στα ζωντανά κύτ-

ταρα. Τον επόμενο χρόνο οι Bawden και Pirie απέδειξαν ότι στην πραγματικότητα επρόκειτο για νουκλεοπρωτεΐνη. Έκτοτε, με την ανακάλυψη του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου, των μεθόδων μελέτης των νουκλειικών οξέων κ.α. η μελέτη των ιών έχει προχωρήσει πάρα πολύ.

Τα επιτεύγματα του τέλους του 19^{ου} αιώνα και των αρχών του 20ου αιώνα εδραίωσαν τη φυτοπαθολογία σαν αυτοτελή και γοργά αναπτυσσόμενη επιστήμη. Τα πανεπιστήμια, το ένα μετά το άλλο, ίδρυσαν έδρες φυτοπαθολογίας και σε πολλές χώρες άρχισαν να ιδρύονται Φυτοπαθολογικές Εταιρείες.

Σημαντικοί σταθμοί της σύγχρονης φυτοπαθολογίας είναι:

Η ανακάλυψη από τον Doi και τους συνεργάτες του, το 1967, ότι και τα μυκοπλάσματα προκαλούν ασθένειες στα φυτά .

Η ανακάλυψη των ιοειδών (viroids) από τον Diener το 1971, τα οποία θεωρούνται τα μικρότερα μόρια νουκλειικού οξέος που προσβάλλουν τα φυτά και μέχρι σήμερα δεν έχουν παρατηρηθεί στα ζώα.

Η εφαρμογή της καλλιέργειας in vitro στη φυτοπαθολογία και η παραγωγή φυτών απαλλαγμένων από μολύσματα.

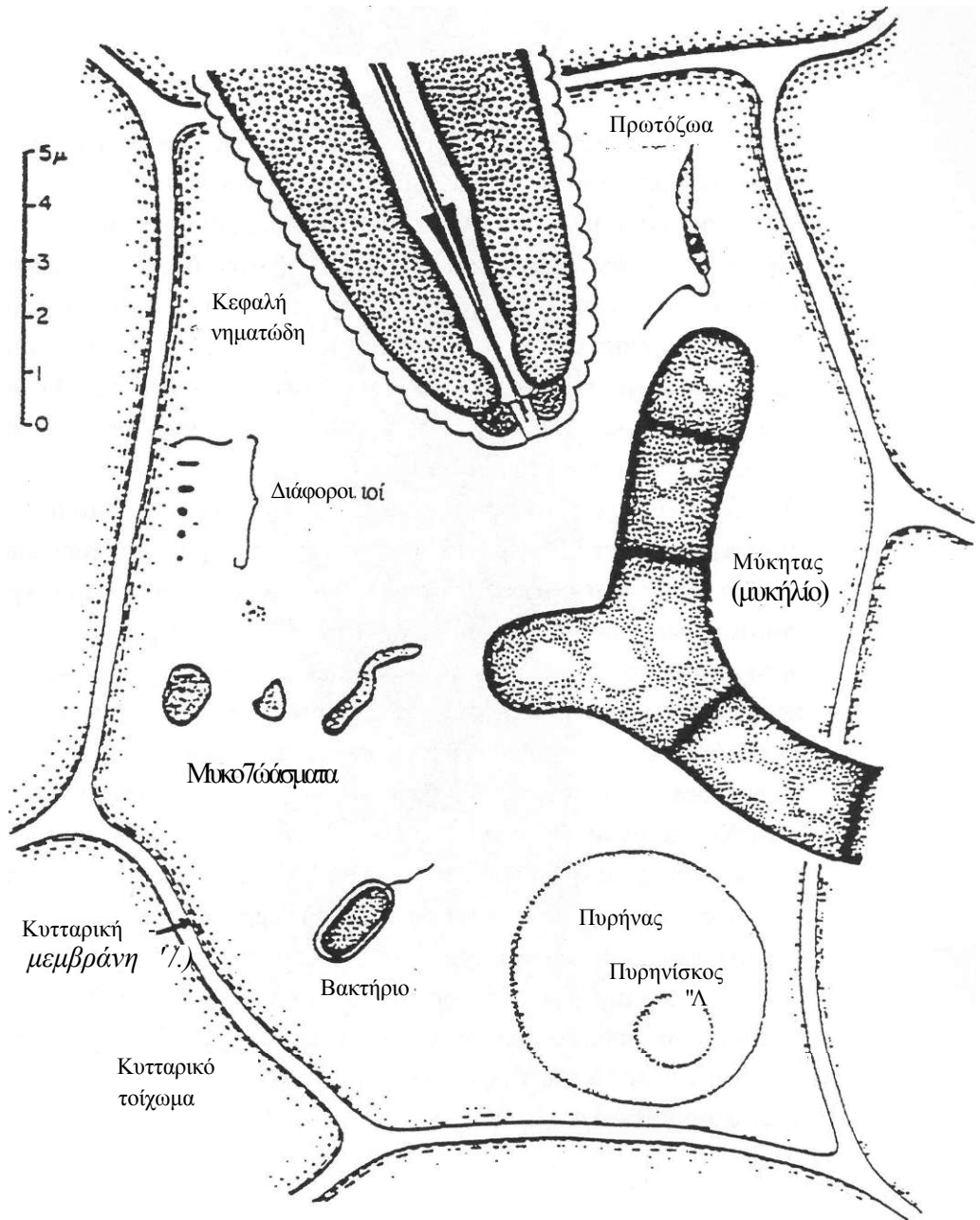
Η εφαρμογή της γενετικής μηχανικής στη φυτοπαθολογία είτε για τη μελέτη διαφόρων μηχανισμών είτε για την μεταφορά γόνων ανθεκτικότητας από ένα γένος φυτών σε άλλο.

Η κατασκευή μαθηματικών μοντέλων για την πρόγνωση των επιδημιών και η εφαρμογή τους στην πράξη για την αποτελεσματικότερη και οικονομικότερη αντιμετώπιση των ασθενειών.

Η ανάπτυξη νέων, μη χημικών μεθόδων, για την αντιμετώπιση των ασθενειών, όπως διάφοροι βιολογικοί παράγοντες.

Σήμερα η φυτοπαθολογία, χάρις και στην ανάπτυξη άλλων συγγενών επιστημών, όπως της βιολογίας, της χημείας, της γενετικής, της βιοχημείας κ.α., έχει τεράστια πρόοδο. Ο αριθμός των ειδικών φυτοπαθολόγων είναι πολύ μεγάλος και το αντικείμενο τους είναι σημαντικά διαφορετικό από εκείνο των παλαιότερων. Ενώ, στις αρχές του αιώνα, ο φυτοπαθολόγος ασχολούταν κυρίως με τον προσδιορισμό των παθογόνων αιτιών των ασθενειών, σήμερα το ενδιαφέρον του επικεντρώνεται στην αναζήτηση του τρόπου αλληλεπίδρασης του ξενιστή και του παθογόνου, στην πρόγνωση των ασθενειών, στην αντιμετώπιση τους με χημικά ή βιολογικά μέσα κ.α..

Οι δυνατότητες, που υπάρχουν σήμερα για την ανάπτυξη της φυτοπαθολογίας είναι τεράστιες και τα αποτελέσματα, όσον αφορά στην αποτελεσματικότερη και οικονομικότερη αντιμετώπιση των ασθενειών, θα είναι σημαντικά. Ελπίζεται, έτσι, ότι και η φυτοπαθολογία θα παίζει πολύ σημαντικό ρόλο



Εικ. 1. Σχηματική παράσταση κυτάρου με διάφορα μολυσματικά παθογόνα

2 Οι Μύκητες

2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μύκητες είναι **ετερότροφοι, ευκαρυωτικοί**, οργανισμοί, που παράγουν σπόρια αγενώς και εγγενώς και έχουν κυτταρικά τοιχώματα, τα οποία περιέχουν **κυτταρίνη ή χιτίνη** ή και τα δύο. Σαν ετερότροφοι οργανισμοί δεν μπορούν να συνθέσουν τις οργανικές ουσίες που χρειάζονται, αλλά τις βρίσκουν έτοιμες στο περιβάλλον στο οποίο ζουν. Σήμερα είναι γνωστά περισσότερα από 100.000 είδη μυκήτων. Οι περισσότεροι μύκητες λαμβάνουν την τροφή τους από νεκρά οργανικά υλικά, είναι δηλαδή σαπρόφυτοι. Ένας μικρός αριθμός προκαλεί ασθένειες στα ζώα και τον άνθρωπο και ένας πολύ μεγαλύτερος αριθμός, περίπου 8.000, προκαλεί ασθένειες στα φυτά.

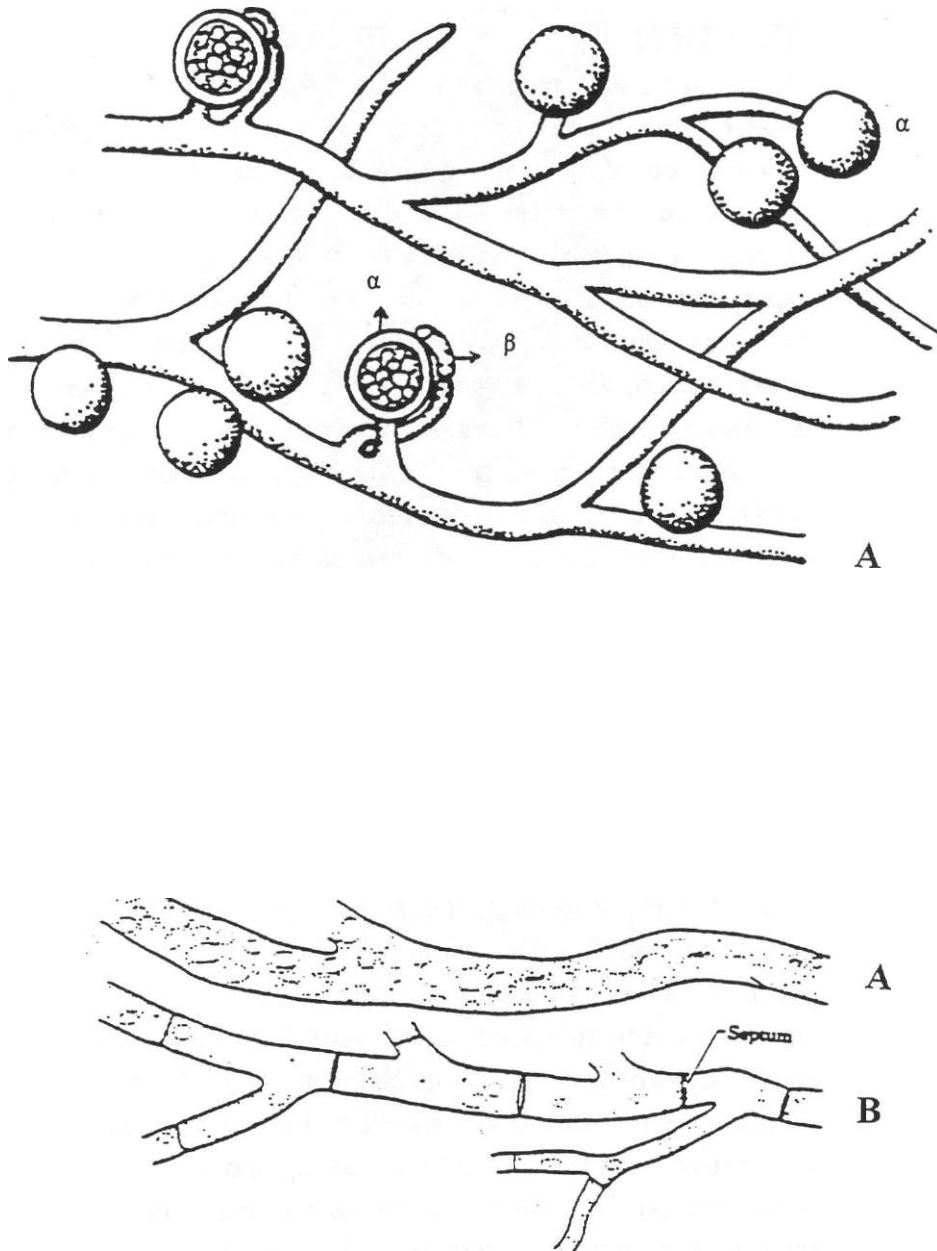
Οι μύκητες αποτελούν το μεγαλύτερο άθροισμα παθογόνων των φυτών και οι ασθένειες, που προκαλούν, ονομάζονται **μυκητολογικές**. Οι μυκητολογικές ασθένειες ήσαν γνωστές από την αρχαιότητα, αλλά η διαπίστωση της παθογόνου ιδιότητας των μυκήτων έγινε στο πρώτο ήμισυ του 19^{ου} αιώνα.

Η μελέτη των μυκήτων γίνεται από τη **μυκητολογία**. Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται ορισμένα στοιχεία μυκητολογίας, που θεωρούνται βασικά για την κατανόηση των μυκητολογικών ασθενειών.

2.2. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Το σώμα των μυκήτων αποτελείται, ως επί το πλείστον, από διακλαδισμένες **υφές**, που είναι σχηματισμοί όμοιοι με πολύ λεπτούς σωληνίσκους γεμάτους με πρωτόπλασμα. Όλες μαζί οι υφές μιας αποικίας ενός μύκητα αποτελούν το **μυκήλιο (θαλλός)**. Οι μεμονωμένες υφές έχουν πολύ μικρή διάμετρο (3-10μ) και έτσι δεν είναι ευδιάκριτες με το γυμνό μάτι. Είναι όμως ευδιάκριτες με το κοινό μικροσκόπιο. Το μυκήλιο, που συνήθως έχει την όψη μούχλας καλύπτει μεγάλη επιφάνεια του υποστρώματος στο οποίο αναπτύσσεται. Οι υφές των περισσότερων μυκήτων, χωρίζονται με εγκάρσια χωρίσματα, τα **septa**, σε πολλά κύτταρα. Τα septa φέρουν στο κέντρο μικρό πόρο, που δεν διακρίνεται εύκολα με το οπτικό μικροσκόπιο. Από τον πόρο αυτό περνά εύκολα το πρωτοπλασματικό ρεύμα, μιτοχόνδρια, ακόμη και πυρήνες. Το μυκήλιο των μυκήτων, των οποίων οι υφές αποτελούνται από πολλά κύτταρα, λέγεται πολυκύτταρο. Σε ορισμένους κατώτερους μύκητες, δεν παρατηρείται πραγματι

κό μυκήλιο, αλλά το σώμα τους, είτε έχει τη μορφή αμοιβάδας, χωρίς κυτταρικά τοιχώματα, οπότε ονομάζεται **πλασμώδιο**, είτε αποτελείται από διάφορα ανόμοια νημάτια με κυτταρικά τοιχώματα οπότε ονομάζεται **ριζομυκήλιο**. Άλλοι κατώτεροι μύκητες έχουν κανονικό μυκήλιο, που όμως δεν έχει septa και ονομάζεται **κοινοκύτταρο** (Εικ. 2).



Εικ 2. Α. Κοινοκύτταρο μυκήλιο με ωογόνια (α) και ανθηρίδια (β), Β. Πολυκύτταρο μυκήλιο

Η χιτίνη αποτελεί το βασικό συστατικό των κυτταρικών τοιχωμάτων των περισσότερων μυκήτων. Εξαιρέση αποτελούν οι μύκητες της κλάσης των *Oomycetes* και *Saccharomycetes* των οποίων τα κυτταρικά τοιχώματα αποτελούνται από **κυτταρίνη**, όπως στα ανώτερα φυτά. Εσωτερικά των κυτταρικών τοιχωμάτων υπάρχει η κυττοπλασματική μεμβράνη, που περιβάλλει το κυττόπλασμα. Στους μύκητες με κοινοκύτταρο μυκήλιο, το κυττόπλασμα είναι συνεχές, ενώ σε εκείνους με πολυκύτταρο μυκήλιο το κυττόπλασμα των διαφόρων κυττάρων επικοινωνεί με μικρές οπές, που υπάρχουν στο κέντρο των σέπτων.

Οι μύκητες είναι ευκαρυωτικοί οργανισμοί, έχουν δηλαδή **γνήσιο πυρήνα με πυρηνική μεμβράνη και πυρηνίσκο**. Οι πυρήνες των μυκήτων είναι πολλοί μικροί και μπορούν να περνούν μέσα από τις οπές των *σέπτων* από το ένα κύτταρο στο άλλο. Στους μύκητες με κοινοκύτταρο μυκήλιο οι πυρήνες είναι διάσπαρτοι στο κυττόπλασμα. Σ' εκείνους με πολυκύτταρο μυκήλιο υπάρχουν, συνήθως, ένας ή περισσότεροι πυρήνες σε κάθε κύτταρο. Στο ίδιο μυκήλιο, στην ίδια υφή ή στο ίδιο κύτταρο δυνατόν να υπάρχουν πυρήνες με διαφορετική γονοτυπική σύσταση. Το φαινόμενο αυτό, που δεν παρατηρείται σε άλλους οργανισμούς, ονομάζεται **ετεροκαρύωση**. Τέλος στο βιολογικό κύκλο των μυκήτων, εκτός από την απλόφαση και τη διπλόφαση, που παρατηρείται στους άλλους οργανισμούς και κατά τις οποίες οι πυρήνες έχουν 1N ή 2N χρωμοσώματα αντίστοιχα, υπάρχει και μια άλλη φάση, η **δικαρυωτική**, κατά την οποία στο ίδιο κύτταρο υπάρχουν δύο απλοειδείς πυρήνες.

Εκτός από τους πυρήνες, στα κύτταρα των μυκήτων υπάρχει ενδοπλασματικό δίκτυο, μιτοχόνδρια και σωμάτια Golgi. Η κυττοπλασματική μεμβράνη, η πυρηνική μεμβράνη, η μεμβράνη των μιτοχονδρίων και οι άλλες μεμβράνες των κυττάρων των μυκήτων αποτελούνται, κατά βάση, από εργοστερόλη. Εξαιρέση αποτελούν οι ωομύκητες, των οποίων οι μεμβράνες αποτελούνται από άλλα είδη στερολών. Σε αντίθεση με τα φυτά, που αποταμιεύουν άμυλο, οι μύκητες αποταμιεύουν γλυκογόνο.

Οι μύκητες αναπαράγονται με σπόρια που αναπτύσσονται αγενώς ή εγγενώς πάνω στο μυκήλιο ή σε καρποφορίες που αναπτύσσονται από το μυκήλιο.

Τα σπόρια, ανεξάρτητα του τρόπου παραγωγής τους, είναι πολύ μικρά και δεν φαίνονται με το γυμνό μάτι. Το μέγεθος τους ποικίλλει από ελάχιστα μικρά έως και πέραν των 100μ. Δυνατόν επίσης να είναι άχρωα (υαλόχρωα), να έχουν διάφορους ζωηρούς χρωματισμούς, ή να είναι πολύ σκοτεινά, σχεδόν μαύρα. Το σχήμα τους, επίσης, ποικίλλει από το απλό σφαιρικό έως και το πολύ περίεργο. Πολλά σπόρια είναι μονοκύτταρα, άλλα είναι δικύτταρα ή πολυκύτταρα. Τέλος, τα σπόρια δυνατόν να είναι ξηρά και να παρασύρονται

εύκολα από τον αέρα, **ξηροσπόρια** ή να περιβάλλονται από γλοιώδη ουσία, που τους επιτρέπει να διασπείρονται στο νερό, **γλοιοσπόρια**.

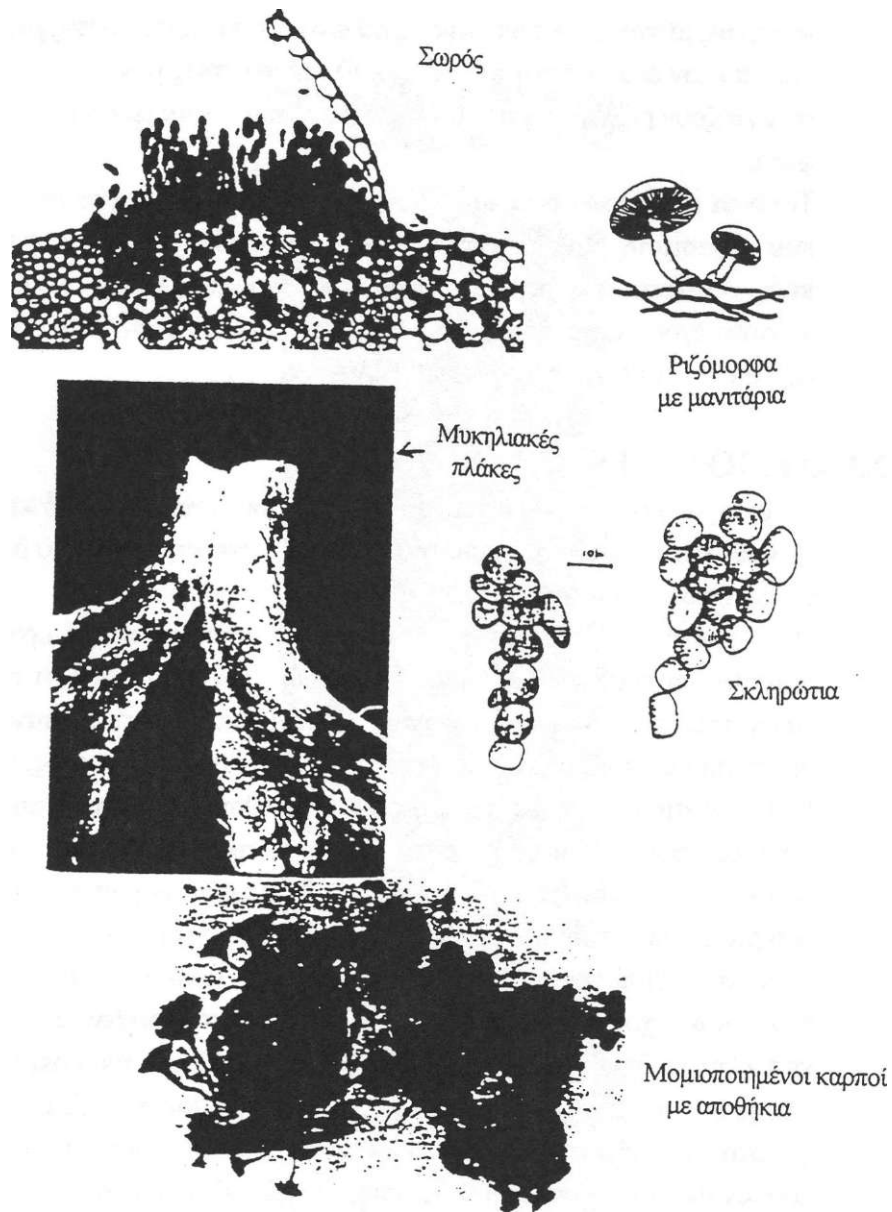
Στους μύκητες που προσβάλλουν τα φυτά, τα όργανα της αγενούς αναπαραγωγής παράγονται, ως επί τω πλείστον, στα αρχικά στάδια της ασθένειας και είναι εκείνα που, συχνά, προκαλούν αλληπάλληλες νέες προσβολές στη διάρκεια της ίδιας καλλιεργητικής περιόδου. Αντίθετα, οι καρποφορίες της εγγενούς αναπαραγωγής σχηματίζονται όταν η προσβολή βρίσκεται σε πολύ προχωρημένο στάδιο ή ακόμη και προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου και είναι δυνατόν να είναι τα όργανα με τα οποία διαχειμάζει ο μύκητας, όπως π.χ. στην περίπτωση του περονοσπόρου του αμπελιού.

Οι καρποφορίες στις οποίες παράγονται τα σπόρια, ο τρόπος παραγωγής τους, τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά και συχνά η φυσιολογία τους είναι τα βασικά στοιχεία με τα οποία γίνεται η βοτανική κατάταξη των μυκήτων.

Στους μύκητες δεν παρατηρούνται πραγματικοί ιστοί, όπως στα φυτά. Όμως, σε ορισμένους μύκητες, οι υφές μπορεί να πλέκονται μεταξύ τους λιγότερο ή περισσότερο στενά, οπότε εμφανίζονται σχηματισμοί που μοιάζουν με ιστούς και ονομάζονται **ψευδοιστοί**. Τέτοιοι ψευδοιστοί είναι οι παρακάτω (Εικ. 3): **Σκληρώτια**. Είναι πολύ σκληροί σχηματισμοί που αποτελούνται από στενά πλεγμένο μυκήλιο. Ορισμένα σκληρώτια είναι τόσο μικρά, που δεν φαίνονται με το γυμνό μάτι και λέγονται μικροσκληρώτια, ενώ άλλα είναι μεγαλύτερα από 1 cm. Το χρώμα τους, συνήθως, είναι σκούρο και το σχήμα τους ποικίλλει. Είναι πολύ ανθεκτικά και μπορούν να διατηρηθούν στο έδαφος, ή σε υπολείμματα φυτικών ιστών, πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα. Όταν οι συνθήκες είναι κατάλληλες βλαστάνουν και δίδουν μυκήλιο ή καρποφορίες και σπόρια.

Πολύ γνωστοί φυτοπαθογόνοι μύκητες, που σχηματίζουν σκληρώτια είναι ο *Verticillium dahliae* που σχηματίζει μαύρα μικροσκληρώτια, τα οποία δυνατόν να επιζήσουν μέχρι και 18 χρόνια, οι μύκητες του γένους *Sclerotium*, που σχηματίζουν μικρά σφαιρικά, καστανά σκληρώτια και οι μύκητες των γενών *Sclerotinia* και *Botrytis*, που σχηματίζουν μεγάλα, μαύρα σκληρώτια.

Στρώμα. Είναι ψευδοιστός, που μοιάζει με στρώμα και βρίσκεται κάτω από την επιδερμίδα ή στην επιφάνεια του ξενιστή. Η σύσταση του διαφέρει ανάλογα με τον προορισμό του. Συχνά στην επιφάνεια ή στο εσωτερικό του στρώματος σχηματίζονται διάφορων ειδών καρποφορίες, οπότε χαρακτηρίζεται σαν **γόνιμο στρώμα**.



Εικ. 3. Διάφοροι ψευδοίστοι, που απαντώνται στους μύκητες

Μυκηλιακές πλάκες- Είναι στρώμα που έχει τη μορφή επιχρίσματος και σχηματίζεται κάτω από το φλοιό των δένδρων που έχουν προσβληθεί από διάφορα παθογόνα, όπως τον μύκητα *Armillaria mellea*.

Ριζόμορφα. Είναι μυκηλιακοί σχηματισμοί, ο οποίοι, ανεξάρτητα από τον τρόπο σχηματισμού τους, μοιάζουν με κορδόνια και έχουν διακλαδώσεις όμοιες με ριζικά τριχίδια. Αναπτύσσονται μέσα στο έδαφος, από διάφορους α-

νώτερους μύκητες τους οποίους εξαπλώνουν από τις άρρωστες ρίζες στις υγιείς και από τον ένα ξενιστή στον άλλο. Ο πιο γνωστός μύκητας από αυτούς που σχηματίζουν ριζόμορφα είναι ο *A. mellea*, που προκαλεί σηψιρριζίες σε πολλά φυτά.

Τόσο τα ριζόμορφα όσο και οι μυκηλιακές πλάκες δεν απαντούν σε μύκητες που παρασιτούν μόνο ετήσια φυτά. Κατά τον Garrett (1970), η ύπαρξή τους, ίσως, οφείλεται στο γεγονός ότι με τους σχηματισμούς αυτούς οι παθογόνοι μύκητες έχουν μεγαλύτερη δυνατότητα να μολύνουν το ριζικό σύστημα των δέρνων τα οποία, συνήθως, προσβάλλουν.

2.3. ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

Το μυκήλιο και τα σπόρια των μυκήτων φέρουν ένα ή περισσότερους πυρήνες σε κάθε κύτταρο, άφθονο πρωτόπλασμα και συγκεντρώσεις από άλλα θρεπτικά υλικά, όπως ελαιώδεις σταγόνες κ.α..

Η πλειονότητα των μυκήτων αναπτύσσεται πάνω σε νεκρά οργανικά υλικά, είναι δηλαδή σαπρόφυτοι. Όμως έναζ μεγάλος αριθμός δεν έχει την ικανότητα να αναπτύσσεται σε νεκρά οργανικά υλικά, αλλά μόνο σε ζωντανούς φυτικούς οργανισμούς στους οποίους παρασιτούν. Μόλις οι ξενιστές τους, ή οι ιστοί των ξενιστών στους οποίους παρασιτούν, νεκρωθούν, πεθαίνουν και οι ίδιοι. Οι μύκητες αυτοί, δηλαδή, είναι υποχρεωτικά παράσιτα. Μεταξύ των σαπροφυτικών μυκήτων και των υποχρεωτικών παρασίτων μπορούμε να διακρίνομε δύο ενδιάμεσες κατηγορίες. Πρώτον, τους μύκητες που συνήθως ζουν και συμπληρώνουν το βιολογικό τους κύκλο ως σαπρόφυτα, αλλά συγχρόνως έχουν την ικανότητα να προκαλέσουν ασθένεια, όταν βρεθεί ο κατάλληλος ξενιστής, και τους οποίους ονομάζομε προαιρετικά παράσιτα. Δεύτερο, τους μύκητες, που συνήθως ζουν παρασιτικά, αλλά αν δεν βρουν ξενιστή μπορούν να ζήσουν και σαπροφυτικά και τους οποίους ονομάζομε προαιρετικά σαπρόφυτα. Τέλος, υπάρχει μια άλλη κατηγορία μυκήτων, που αναπτύσσονται στο ριζικό σύστημα των φυτών ξενιστών, χωρίς να προκαλούν ασθένεια. Οι μύκητες αυτοί ζουν από τις οργανικές ουσίες του φυτού και παράλληλα το βοηθούν στην απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος. Οι συνδυασμοί αυτοί ριζών και μυκήτων ονομάζονται μυκόρριζες. Η καλή ανάπτυξη πολλών φυτών, ιδιαίτερα δασικών, εξαρτάται από την ανάπτυξη των μυκόρριζών. Περισσότερα, όσον αφορά στη σχέση μυκήτων και φυτών, αναφέρονται σε άλλο κεφάλαιο.

Όπως όλοι οι μικροοργανισμοί, οι μύκητες επιβιώνουν στις θερμοκρασίες που σημειώνονται στο περιβάλλον που. Όμως, οι περισσότεροι μύκητες αναπτύσσονται μέσα σε ορισμένα όρια θερμοκρασίας που κυμαίνονται από 0

ως και 40°C και έχουν optimum κοντά στους 25°C. Είναι δηλαδή μεσόφιλοι. Οι μύκητες που δεν αναπτύσσονται σε θερμοκρασία πάνω από 20°C λέγονται ψυχρόφιλοι και εκείνοι που δεν αναπτύσσονται σε θερμοκρασία κάτω από 20°C λέγονται θερμόφιλοι. Υπάρχουν τέλος μύκητες που αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες κοντά στους 0°C ή και λίγο παρακάτω, όπως και μύκητες που αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες πάνω από 50°C. Ορισμένα σπόρια μυκήτων, όπως τα γλαυδοσπόρια και ορισμένοι μυκηλιακοί σχηματισμοί όπως τα σκληρώτια, αντέχουν σε πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες από ότι ο θαλλός τους.

Όλες οι φυσιολογικές δραστηριότητες των μυκήτων δεν έχουν πάντοτε τις ίδιες απαιτήσεις στη θερμοκρασία. Πολύ συχνά η ελάχιστη, η άριστη και η μέγιστη θερμοκρασία για την ανάπτυξη, την αναπαραγωγή και τη βλάστηση των σπορίων είναι διαφορετικές.

Οι μύκητες αναπτύσσονται συνήθως σε υλικά με υψηλή υγρασία, αλλά συχνά απαντούν και σε υλικά με πολύ χαμηλή υγρασία. Για το λόγο αυτό παρατηρούνται τόσο στο νερό όσο και σε υλικά με μεγάλη οσμωτική πίεση, όπως στους τοίχους των σπιτιών κ.α.. Η υγρασία έχει πολύ μεγάλη σημασία για τη βλάστηση των σπορίων. Τα σπόρια των περισσότερων μυκήτων βλαστάνουν μόνο σε πολύ υψηλή σχετική υγρασία, κοντά στο 100%, ενώ τα σπόρια ορισμένων μυκήτων βλαστάνουν μόνο όταν υπάρχει νερό σε υγρή μορφή. Εξαιρέση αποτελούν τα σπόρια των ωιδίων τα οποία βλαστάνουν ακόμη και σε χαμηλή σχετική υγρασία.

Το φως επηρεάζει σημαντικά την ανάπτυξη των μυκήτων και κατά συνέπεια και τις ασθένειες που προκαλούν. Οι κυριότερες επιδράσεις του φωτός στους μύκητες είναι στην παραγωγή και τη βλάστηση των σπορίων και το σχηματισμό ζωνών ανάπτυξης, τόσο στα νεκρά θρεπτικά υλικά όσο και στα φυτά.

Οι μύκητες είναι αερόβιοι οργανισμοί. Το οξυγόνο είναι απαραίτητο, τόσο για τη βλάστηση των σπορίων όσο και για την ανάπτυξη του μυκηλίου. Συνήθως για τη βλάστηση των σπορίων η απαιτούμενη συγκέντρωση οξυγόνου είναι μικρότερη από την κανονική συγκέντρωση του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα.

Όπως αναφέραμε προηγουμένως, οι μύκητες είναι ετερότροφοι οργανισμοί. Τις οργανικές ουσίες που χρειάζονται, τις παίρνουν είτε από τους οργανισμούς στους οποίους παρασιτούν, είτε από τα διάφορα νεκρά οργανικά υλικά πάνω στα οποία αναπτύσσονται. Όμως, υπάρχουν μεγάλες διαφορές, μεταξύ των μυκήτων, όσον αφορά στη μορφή των ζαχάρων και των αζωτούχων ουσιών που χρησιμοποιούν καλλίτερα. Οι μύκητες χρειάζονται έτοιμα θρεπτικά υλικά, όχι μόνο για την ανάπτυξη του μυκηλίου, αλλά πολύ συχνά και για τη

βλάστηση των σπορίων. Τα σπόρια, ορισμένων μυκήτων, δεν βλαστάνουν εάν δεν υπάρχουν θρεπτικά υλικά στο περιβάλλον που βρίσκονται.

2.4. ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ

Μέχρι το 1967 που όλοι οργανισμοί κατατάσσονταν σε δύο βασίλεια, των φυτών και των ζώων, οι μύκητες τοποθετούνταν στο βασίλειο των φυτών. Το 1967 ο Whittaker πρότεινε την κατάταξη των οργανισμών σε πέντε βασίλεια ένα από τα οποία είναι και το βασίλειο των μυκήτων. Τα πέντε αυτά βασίλεια μπορούν να χωριστούν σε δύο ομάδες στα Eucaryotes, δηλαδή τους ευκαρυωτικούς οργανισμούς και στα Procaryotes, δηλαδή τους προκαρυωτικούς οργανισμούς, ανάλογα αν έχουν ή όχι γνήσιο πυρήνα. Η ταξινόμηση αυτή φαίνεται στην Εικόνα 4. Η ταξινόμηση των μυκήτων βασίζεται κατεξοχήν στα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά, κυρίως εκείνα των οργάνων αναπαραγωγής και σπανιότερα σε φυσιολογικά χαρακτηριστικά.

Eucaryotes (οργανισμοί με γνήσιους πυρήνες)				Procaryotes (Οργανισμοί χωρίς γνήσιους πυρήνες)
<i>Animalia</i> (βασίλειο των ζώων)	<i>Plantae</i> (βασίλειο των φυτών)	<i>Fungi</i> (βασίλειο των μυκήτων)	<i>Protista</i> (Βασίλειο των πρώτιστων, πρωτόζωων)	<i>Monera</i> ή <i>Bacteria</i> (Βασίλειο των βακτηρίων)

Εικ.4. Σχηματική παράσταση της κατάταξης των οργανισμών σε πέντε βασίλεια κατά τον Whittaker

Για την ταξινόμηση των μυκήτων έχουν προταθεί διάφορα ταξινομικά συστήματα. Ανεξάρτητα από το σύστημα, που υιοθετείται για τη ταξινόμηση των μυκήτων, σύμφωνα και με τις οδηγίες της Επιτροπής για τους Διεθνείς Κανόνες της Βοτανικής Ονοματολογίας, οι διάφορες συστηματικές ομάδες στις οποίες ταξινομούνται οι μύκητες καταλήγουν ως εξής:

Division	<i>mycota</i>
Subdivision	<i>mycotina</i>
Κλάσεις	<i>mycetes</i>
Υποκλάσεις	<i>mycetidae</i>
Τάξεις	<i>ales</i>
Οικογένειες	<i>aceae</i>

Τα γένη και τα είδη δεν έχουν συγκεκριμένη κατάληξη.

Η ονομασία κάθε μύκητα, όπως όλων των οργανισμών, αποτελείται από δύο λέξεις. Η πρώτη είναι ένα όνομα και δηλώνει το γένος και η δεύτερη ένα επίθετο και δηλώνει το είδος. Η δυαδική ονομασία, συνήθως, αναφέρεται σε χαρακτηριστικά του οργανισμού και οι λέξεις, που χρησιμοποιούνται προέρχονται από τα Ελληνικά ή Λατινικά. Ο μύκητας, που προκαλεί τον περονόσπορο του αμπελιού, π.χ. ονομάζεται *Plasmopara viticola*. Όπως φαίνεται η δυαδική ονομασία γράφεται με πλάγια γραφή (ή υπογραμμίζεται) και το όνομα, που χαρακτηρίζει το γένος αρχίζει με κεφάλαιο.

Οι φυτοπαθογόνοι μύκητες συχνά υποδιαιρούνται σε υποδιαιρέσεις κατώτερες του είδους. Τέτοιες υποδιαιρέσεις είναι οι **ειδικές μορφές (formae specialis)** και οι **φυλές (races)**. Πολλές φορές ένα είδος παθογόνου μύκητα προσβάλλει πολλά είδη φυτών. Όμως, όλα τα άτομα του είδους, δεν έχουν πάντοτε την ικανότητα να προσβάλλουν όλα αυτά τα είδη φυτών. Τα άτομα που προσβάλλουν ένα συγκεκριμένο είδος φυτού, λέμε ότι ανήκουν σε μια ειδική μορφή, τα άτομα που προσβάλλουν άλλο μια δεύτερη ειδική μορφή κ.λ.π.. Επιπλέον, τα άτομα μια ειδικής μορφής συχνά δεν προσβάλλουν όλα τα άτομα ενός είδους φυτού, αλλά μόνο τα άτομα μιας ποικιλίας του φυτού αυτού. Τα άτομα αυτά αποτελούν μια φυλή. Έτσι ο μύκητας *Fusarium oxysporum* προσβάλλει την τομάτα, την καρπουζιά, την πεπονιά, το μπαμπάκι κ.α.. Όμως τα άτομα, που προσβάλλουν ένα από τα προηγούμενα είδη φυτών, δεν μπορούν να προσβάλλουν τα άλλα. Ανάλογα, αν προσβάλλουν τη τομάτα, την καρπουζιά ή την πεπονιά χαρακτηρίζονται σαν *F. oxysporum* forma specialis *lycopersici*, *niveum* και *melonis*. Ακόμη περισσότερο το *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* έχει τρεις φυλές, που προσβάλλουν διαφορετικές ποικιλίες τομάτας. Το ίδιο συμβαίνει και με τις άλλες formae speciales.

Για τη ταξινόμηση των μυκήτων έχουν προταθεί διάφορα ταξινομικά συστήματα, αλλά κανένα δεν έχει γίνει πλήρως αποδεκτό. Εξάλλου τα συστήματα αυτά διαρκώς τροποποιούνται και δεν είναι εύκολο να τα παρακολουθούν οι μη ειδικοί. Για τις ανάγκες του μαθήματος θα ακολουθήσουμε τροποποιημένο και απλοποιημένο το ταξινομικό σύστημα των Ainsworth and Susman (1973), όπως φαίνεται παρακάτω.

ΒΑΣΙΛΕΙΟ ΤΩΝ ΜΥΚΗΤΩΝ (MYCETES)

ΚΑΤΩΤΕΡΟΙ ΜΥΚΗΤΕΣ

Κατώτεροι χαρακτηρίζονται οι μύκητες, που είτε στερούνται μυκηλίου, οπότε το σώμα τους έχει τη μορφή πλασμώδιου ή το μυκήλιο τους είναι κοινोकύτταρο δηλ δεν έχει septa. Οι κατώτεροι μύκητες χωρίζονται παρακάτω ως εξής:

DIVISION I ΜΥΧΟΜΥCΟΤΑ

Το σώμα τους είναι μία άμορφη πρωτοπλασματική μάζα χωρίς κυτταρικά τοιχώματα και ονομάζεται πλασμώδιο. Φυτοπαθολογικό ενδιαφέρον έχουν οι παρακάτω κλάσεις:

Κλάση *Mycomycetes*

Το σώμα τους είναι γυμνό και άμορφο πλασμώδιο και πολλαπλασιάζονται με ζωοσπόρια. Έχουν ασήμαντο φυτοπαθολογικό ενδιαφέρον.

Κλάση *Plasmodiophoromycetes*

Φυτοπαθολογικό ενδιαφέρον έχει η τάξη των *Plasmodiophorales*.

DIVISION II. EUMYCOTA

Σχηματίζουν κανονικό μυκήλιο και όχι πλασμώδιο.

SUBDIVISION I MASTIGOMYCOTINA

Παράγουν ζωοσπόρια.

Κλάση *Chytridiomycetes*

Έχουν αποστρογγυλευμένο ή νηματοειδές μυκήλιο. Φυτοπαθολογικό ενδιαφέρον έχει μία μόνο τάξη.

Τάξη *Chytridiales*

Το σώμα τους έχει χωρίσματα, αλλά δεν είναι πραγματικό μυκήλιο. Στις περισσότερες περιπτώσεις είναι ριζομυκήλιο. Τα ζωοσπόρια έχουν ένα μαστίγιο.

Κλάση *Oomycetes*

Έχουν επίμηκες μυκήλιο. Παράγουν ζωοσποριάγγεια με ζωοσπόρια που έχουν δύο μαστίγια. Τα εγγενή αναπαραγωγικά όργανα, τα ωοσπόρια, σχηματίζονται από τη ένωση δύο μορφολογικά διαφορετικών γαμετών.

Τάξη *Saprolegniales*

Έχουν καλά αναπτυγμένο μυκήλιο. Τα ζωοσπόρια παράγονται σε κυλινδρικά, επιμήκη ζωοσποριάγγεια, που είναι συνδεδεμένα με το μυκήλιο. Εγγενώς πολλαπλασιάζονται με ωοσπόρια. Το μόνο σημαντικό από φυτοπαθολογική άποψη γένος είναι το *Aphanomyces*.

Τάξη *Peronosporales*

Οικ. *Pythiaceae*. Παράγουν σποριάγγεια σε σωματικές υφές ή σε σποριαγγειαφόρους με συνεχή αύξηση. Είναι προαιρετικά παράσιτα (Εικ. 5).

Οικ. *Peronosporaceae*. Στη οικογένεια αυτή ανήκουν οι μύκητες, που προκαλούν τους περονόσπορους. Είναι υποχρεωτικά παράσιτα. Παράγουν σποριαγγεία στη άκρη κονιδιοφόρων. Μετά τη παραγωγή των σποριαγγείων, οι κονιδιοφόροι δεν αυξάνονται επιπλέον (Εικ. 6).

Οικ. *Albuginaceae*. Είναι υποχρεωτικά παράσιτα. Χαρακτηρίζονται από τους κοντούς ροπαλοειδείς κονιδιοφόρους με αλυσίδες σπορίων.

SUBDIVISION 2 ZYGOMYCOTINA

Κλάση *Zygomycetes*

Είναι μύκητες του εδάφους, που παράγουν ζωοσποριαγγεία στα οποία σχηματίζονται σπόρια, που δεν έχουν αυτόνομη κίνηση. Τα σπόρια εγγενούς αναπαραγωγής, τα ζυγοσπόρια, παράγονται από την ένωση δύο πανομοιότυπων γαμετών (Εικ. 7).

Τάξη *Mucorales*

Σχηματίζουν σπόρια, που δεν έχουν αυτόνομη κίνηση, σε ακραία σποριαγγεία.

Τάξη *Endogonales*

Στη τάξη αυτή ανήκουν μύκητες των μυκορριζών.

ΑΝΩΤΕΡΟΙ ΜΥΚΗΤΕΣ

Ανώτεροι χαρακτηρίζονται οι μύκητες που το μυκήλιο τους χωρίζεται με septa

SUBDIVISION 3. ASCOMYCOTINA (ΑΣΚΟΜΥΚΗΤΕΣ)

Το χαρακτηριστικό των ασκομυκήτων είναι τα ασκοσπόρια, που είναι σπόρια εγγενούς αναπαραγωγής και παράγονται μέσα σε χαρακτηριστικές καρποφορίες τους ασκούς (Εικ. 8).

Κλάση *Hemiascomycetes*

Δεν σχηματίζουν ασκοκάρπια. Οι ασκοί είναι ελεύθεροι.

Τάξη *Endomycetales*

Τάξη *Taphrinales*

Το μοναδικό γένος που έχει φυτοπαθολογικό ενδιαφέρον είναι το *Taphrina*, τα είδη του οποίου προκαλούν τις ασθένειες με την ονομασία εξώασκος.

Κλάση *Pyrenomycetes*

Οι ασκοί σχηματίζονται σε σφαιρικές καρποφορίες τελείως κλειστές, οπότε λέγονται κλειστοθήκια ή με μικρό άνοιγμα στη κορυφή, τη οστιόλη, οπότε λέγονται περιθήκια.

Τάξη *Erysiphales*

Οι ασκοί σχηματίζονται μέσα σε μικρές κλειστές καρποφορίες τα κλειστοθήκια. Το μυκήλιο βρίσκεται σχεδόν πάντοτε στη επιφάνεια του ξενιστή. Μεγάλο γεωργικό ενδιαφέρον έχει η οικογένεια *Erysiphaceae* στη οποία ανήκουν οι μύκητες, που προκαλούν τις ασθένειες, που είναι γνωστές σαν ωΐδια (Εικ. 9).

Τάξη *Sphaeriales*

Σχηματίζουν τυπικά περιθήκιά σκούρου χρώματος με σκληρά τοιχώματα.

Τάξη *Hypocreales*

Τα περιθήκιά τους είναι όπως εκείνα των *Sphaeriales*, αλλά έχουν ζωηρό χρώμα και πιο μαλακά τοιχώματα.

Κλάση *Loculoascomycetes* (Ασκοστρωματομύκητες)

Σχηματίζουν ψευδοθήκια, που είναι στρώματα, που μοιάζουν με περιθήκιά. Οι ασκοί βρίσκονται σε κοιλότητες με χωρίσματα ή σε απλές κοιλότητες.

Τάξη *Myriangiales*

Οι κοιλότητες των ψευδοθηκίων βρίσκονται σε διάφορα επίπεδα και περιέχουν μεμονωμένους ασκούς.

Τάξη *Dothideales*

Οι κοιλότητες βρίσκονται στη βάση του στρώματος και περιέχουν πολλούς ασκούς. Τα ψευδοθήκια δεν έχουν παραφύσεις.

Τάξη *Pleosporales*

Οι κοιλότητες βρίσκονται στη βάση του στρώματος, έχουν πολλούς ασκούς, καθώς και παραφύσεις

Κλάση *Discomycet* §

Οι ασκοί σχηματίζονται σε *αποθήκια*, που είναι σαρκώδεις σχηματισμοί με σχήμα κυπέλλου ή δίσκου.

Τάξη *Helotiales*

Είναι η μόνη τάξη με φυτοπαθολογικό ενδιαφέρον, καθ' όσον περιέχει γένη με μεγάλο φυτοπαθολογικό ενδιαφέρον.

SUBDIVISION 4 BASIDIOMYCOTINA (ΒΑΣΙΔΙΟΜΥΚΗΤΕΣ)

Χαρακτηριστικό των βασιδιομυκήτων είναι τα βασίδια, που είναι ειδικοί σχηματισμοί πάνω στους οποίους σχηματίζονται τα βασιδιοσπόρια, που είναι σπόρια εγγενούς αναπαραγωγής. (Εικ. 10).

Κλάση *Hemibasidiomycetes*

Οι τάξεις, που έχουν μεγάλο γεωργικό ενδιαφέρον είναι:

Τάξη *Ustilaginales*

Προκαλούν τις ασθένειες, που είναι γνωστές σαν άνθρακες, δαυλίτες και γραμμωτοί άνθρακες. Τα σπουδαιότερα γένη είναι:

Τάξη *Uredinales*

Το βασίδιο προέρχεται από το τελειοσπόριο και παράγει περιορισμένο αριθμό σπορίων. Φυτοπαθολογικό ενδιαφέρον οι παρακάτω δύο οικογένειες.

Οικ. *Pucciniaceae*

Τελειοσπόρια με μίσχο (Εικ. 11).

Οικ. *Melampsoraceae*

Τελειοσπόρια χωρίς μίσχο.

Κλάση *Hymenomycetes*

Περιλαμβάνονται τρεις τάξεις με γεωργικό ενδιαφέρον.

Τάξη *Exobasidiales*

Τα βασίδια τους σχηματίζονται στη επιφάνεια των παρασιτισμένων ιστών.

Τάξη *Hymenomycetales*

Σχηματίζουν μεγάλες καρποφορίες τα βασιδιοκάρπια. Τα βασίδια σχηματίζονται στις δύο πλευρές ελασμάτων, που βρίσκονται στη κάτω επιφάνεια των βασιδιοκαρπίων (Εικ. 12).

Τάξη *Polyporales*

Σχηματίζουν βασιδιοκάρπια με τα βασίδια στη κάτω επιφάνεια σε πόρους.

SUBDIVISION 5 DEUTEROMYCOTINA (ΑΤΕΛΕΙΣ ΜΥΚΗΤΕΣ)

Στη κατηγορία αυτή υπάγονται όλοι οι μύκητες, που δεν έχουν καρποφορίες εγγενούς αναπαραγωγής, καθώς και τα στάδια της αγενούς αναπαραγωγής των μυκήτων, που έχουν εγγενή αναπαραγωγή. Η σημασία τους είναι πολύ μεγάλη, διότι πάρα πολλοί μύκητες δεν αναπαράγονται εγγενώς, ενώ άλλοι αναπαράγονται μεν εγγενώς, αλλά η εγγενής μορφή δεν παρατηρείται συχνά και σχεδόν πάντοτε συναντούμε την αγενή αναπαραγωγή. Περιλαμβάνουν μεγάλο αριθμό ειδών από τα οποία πάρα πολλά έχουν πολύ μεγάλο φυτοπαθολογικό ενδιαφέρον. Ανάλογα με τις καρποφορίες τους οι ατελείς μύκητες ταξινομούνται ως εξής (Εικ. 13).

Κλάση *Coleomycetes*

Τάξη *Sphaeropsidales*

Χαρακτηριστικό τους είναι ότι σχηματίζουν **πυκνίδια**. Τα πυκνίδια είναι μικρές σφαιρικές ή περίπου σφαιρικές καρποφορίες κλειστές με ένα μόνο άνοιγμα την οστιόλη. Στο εσωτερικό τους σχηματίζονται τα πυκνιδισπόρια σε κονιδιοφόρους, που αναπτύσσονται στα τοιχώματα τους.

Τάξη *Melanconiales*

Χαρακτηριστικό τους είναι τα **acervula**. Τα acervula αποτελούνται από ένα γόνιμο στρώμα πάνω στο φυτικό ιστό από το οποίο αναπτύσσονται οι κονιδιοφόροι με τα κονίδια. Ολόκληρο το acervulum αρχικά είναι κάτω από τη επιδερμίδα του ξενιστή αλλά όταν ωριμάσει η επιδερμίδα σχίζεται και ελευθερώνονται τα σπόρια.

2.2. Κλάση *Hyphomycetes*

Τάξη *Moniliales*

Χαρακτηρίζονται από ελεύθερους κονιδιοφόρους με μεγάλη ποικιλία μεγέθους και σχημάτων.

Οικ. *Moniliaceae*

Σχηματίζουν υαλόχρους κονιδιοφόρους και κονίδια.

Οικ. *Dematiaceae*

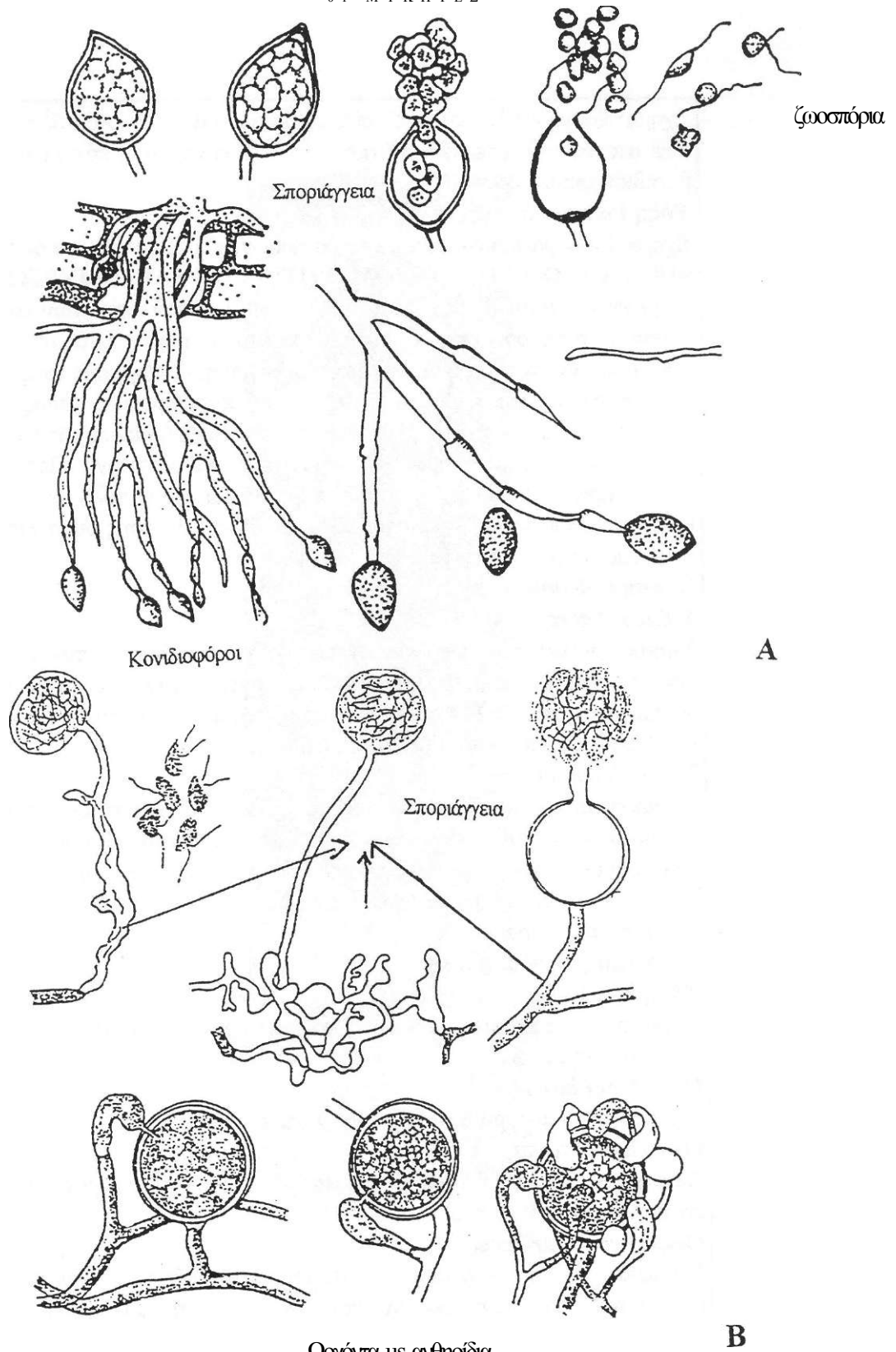
Διαφέρουν από τους *Moniliaceae* κατά το ότι οι κονιδιοφόροι και τα κονίδια είναι σκούρου χρώματος.

Οικ. *Turbeculariaceae*

Σχηματίζουν σποροδόχεια, που είναι μάζα κονιδιοφόρων στενά συνδεδεμένων μεταξύ τους, που αναπτύσσονται πάνω σε στρώμα ή μάζα υφών.

Mycelia sterilia

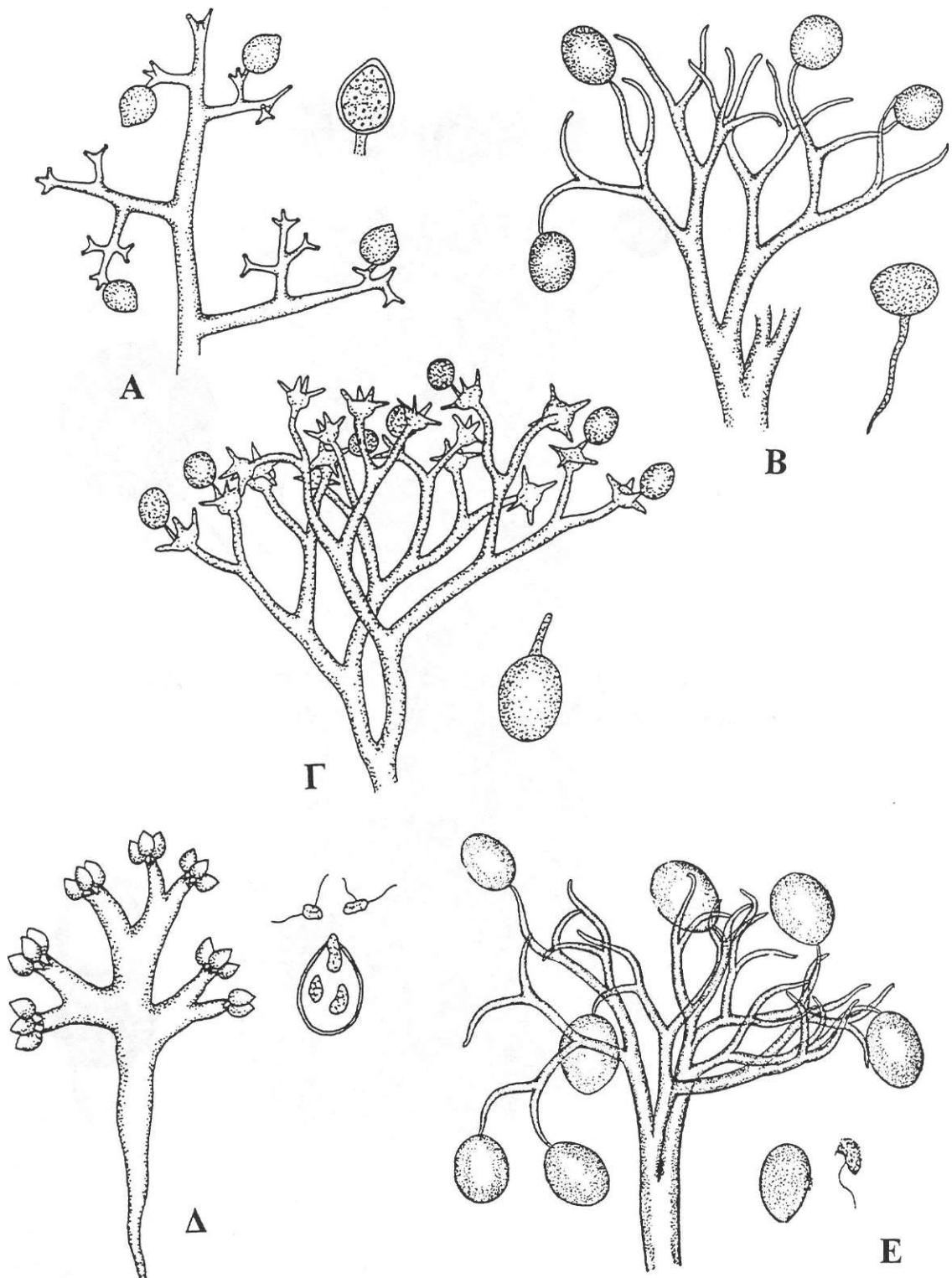
Σχηματίζουν σπάνια ή καθόλου αναπαραγωγικά όργανα.



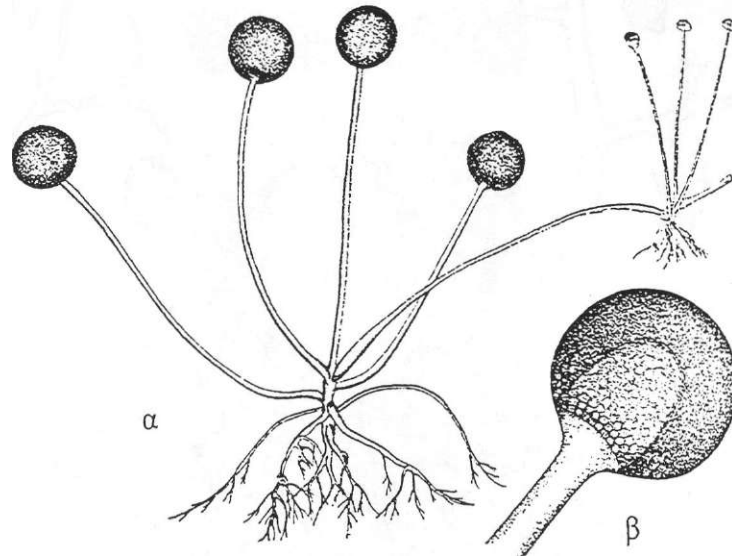
Ωοόντα vs αθηρίδια

B

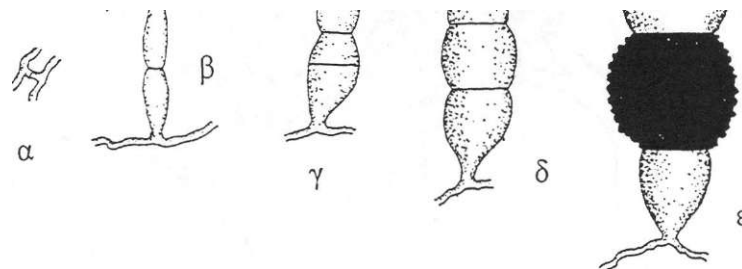
.Εικ. 5. Εγγενείς και αγενείς καρποφορίες της οικογένειας των *Pythiaceae*. Α του γένους *Phytophthora* και Β γένους *Pythium*.



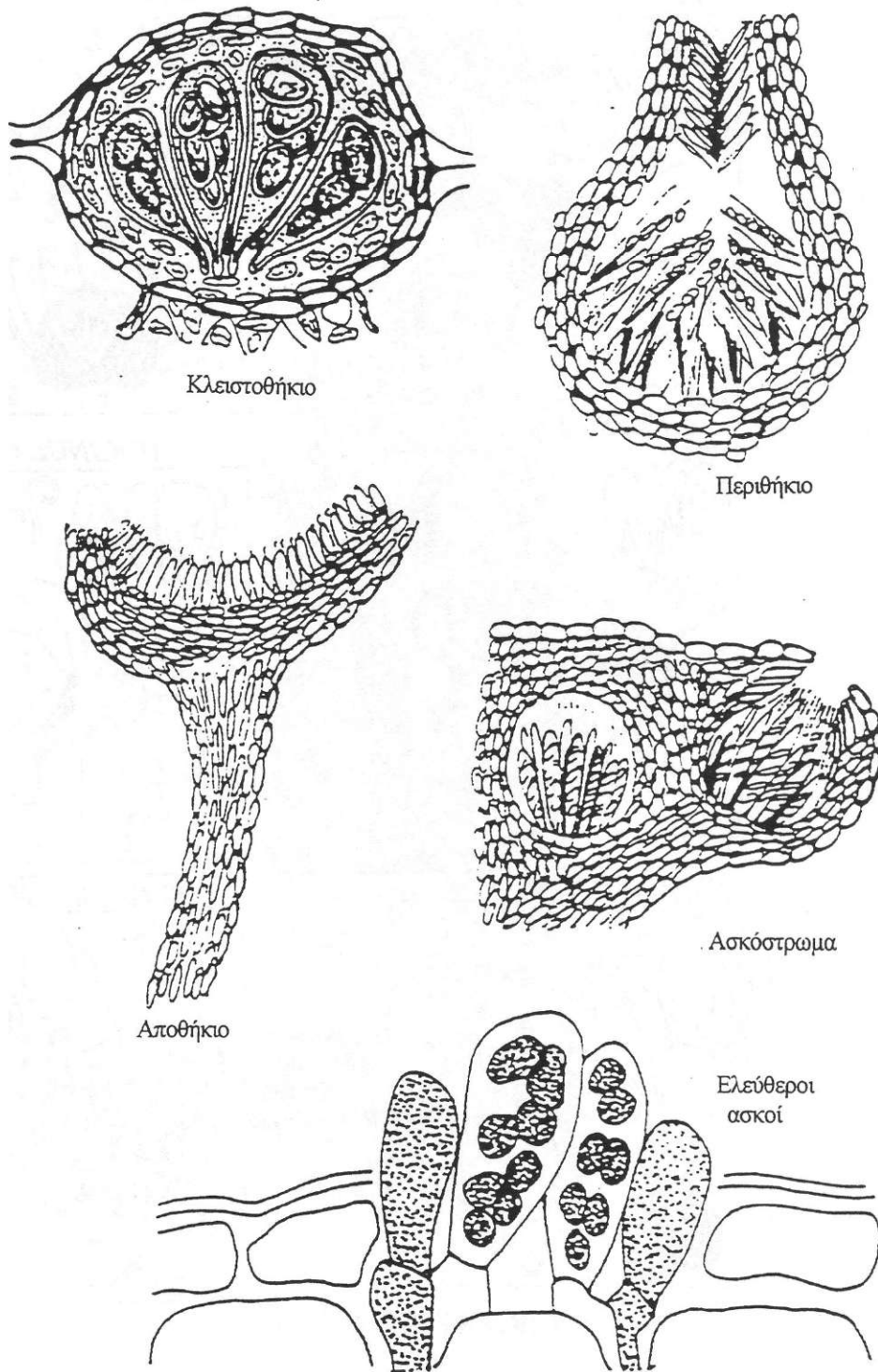
Εικ. 6. Οι κονιδιοφόροι των διαφόρων γενών της οικογένειας των *Peronosporaceae* (A= *Plasmopara*, B=*Peronospora*, Γ= *Bremia*, Δ= *Sclerospora*, E= *Pseudoperonospora*)



Εικ. 7 Α. Αγγενής καρποφορίες του ζυγομύκητα *Rhizopus nigricans* (α=δέσμη κονιδιοφόρων, β= ριζοειδή, γ=σπορειάγειο)

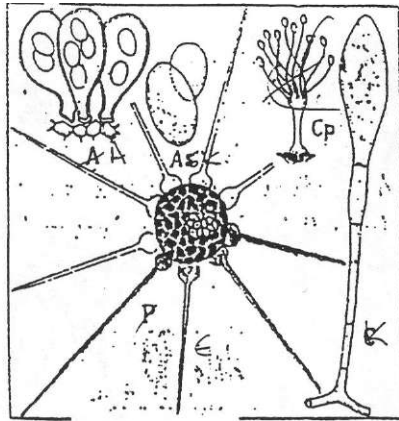


Εικ. 7 Β. Σχηματισμός ζυγосπορίου (εγγενούς καρποφορίας) του ζυγομύκητα *Rhizopus nigricans* (α=νεαρό προγαμετάγγειο, β=προγαμετάγγειο, γ=γαμετάγγεια με εξαρτήματα, δ=μετά την ένωση των γαμεταγγείων και ε=Ωριμο ζυγосπόριο)

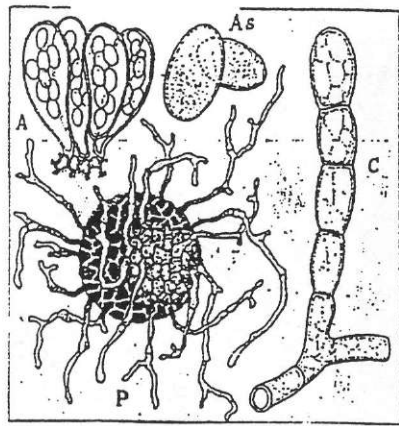


Εικ. 8. Καρποφορίες ασκομυκήτων

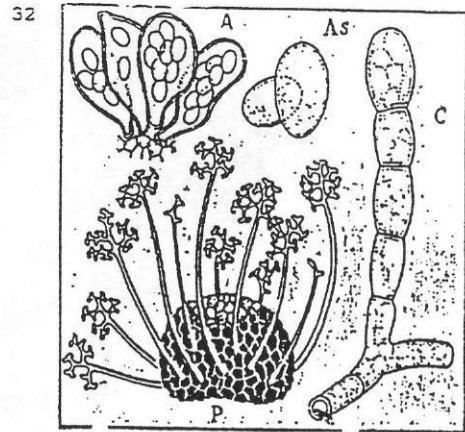
PHYLLACTINIA



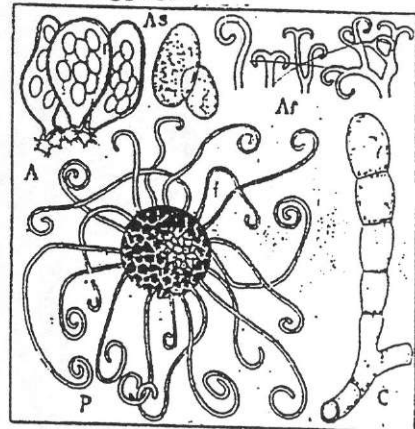
ERYSIPHE



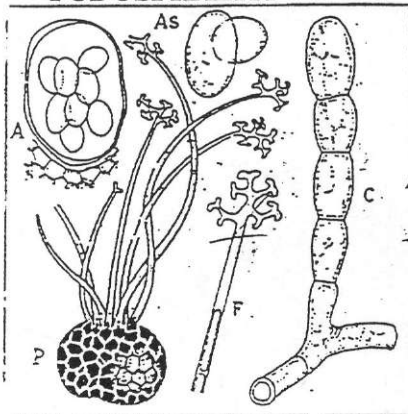
MICROSPHAERA



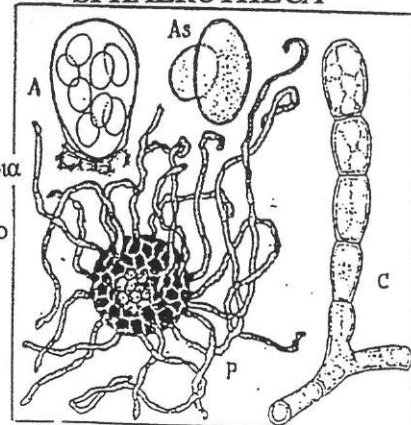
UNCINULA



PODOSPHAERA



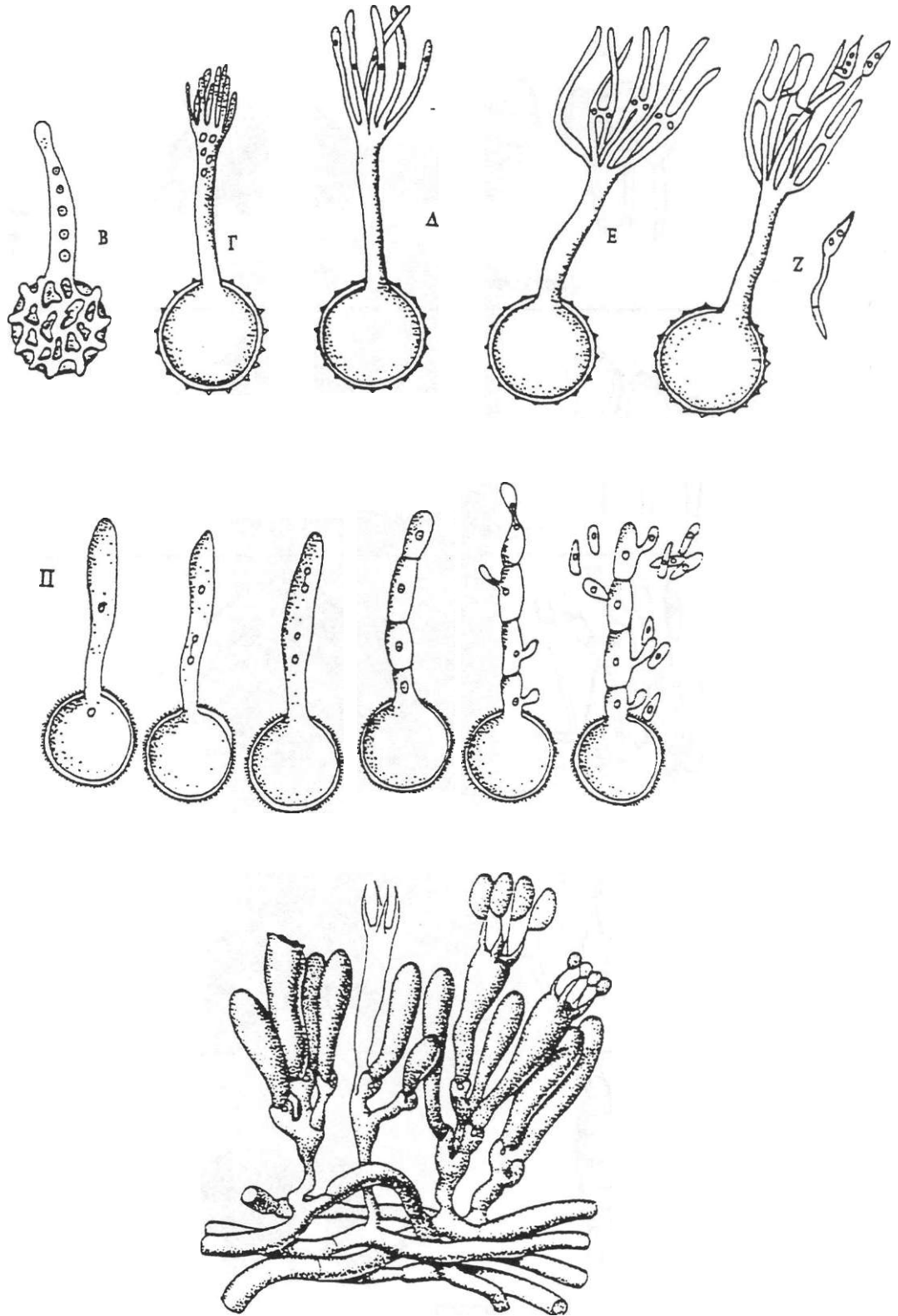
SPHAEROTHECA



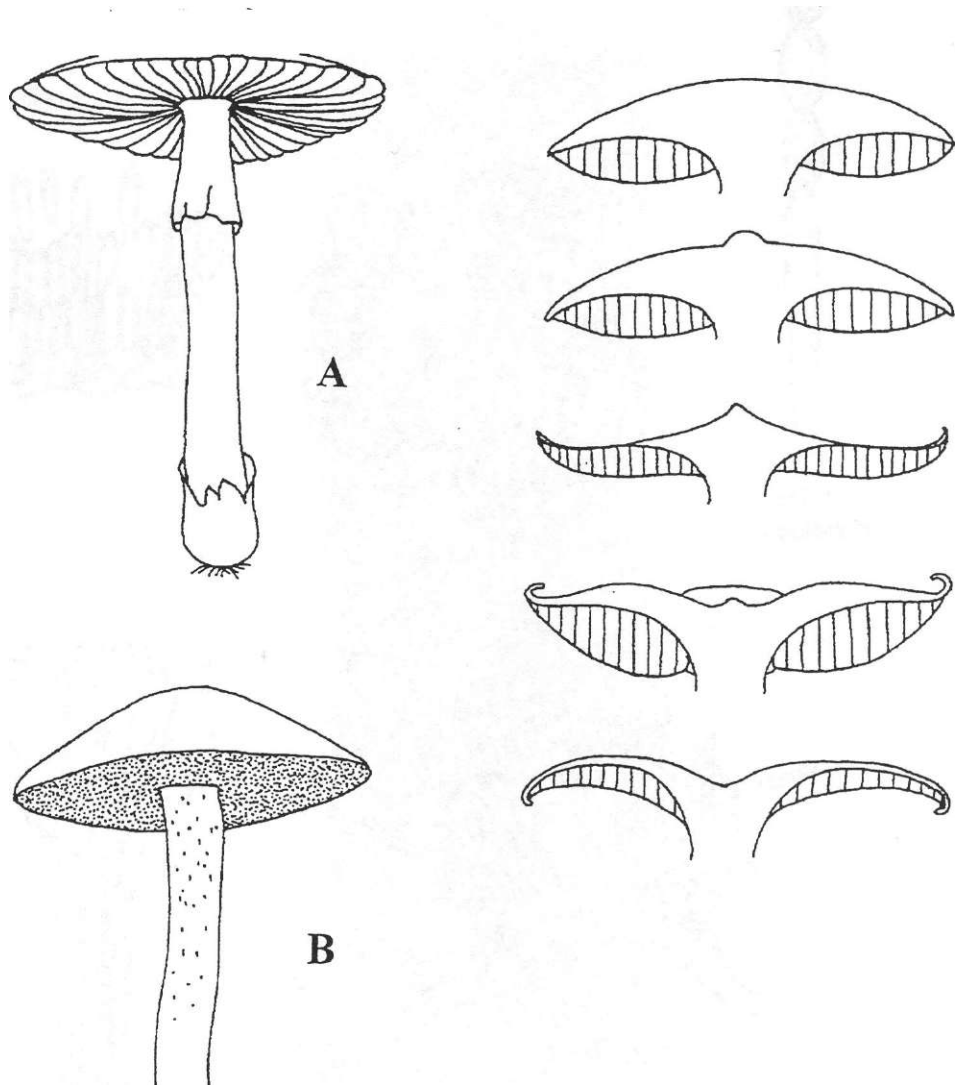
A=Ασκοί
 As=Ασκοσπόρια
 C=Κονίδια
 P=Περιθήκιο

ΟΙΚΕΡ YSIPHACEAE

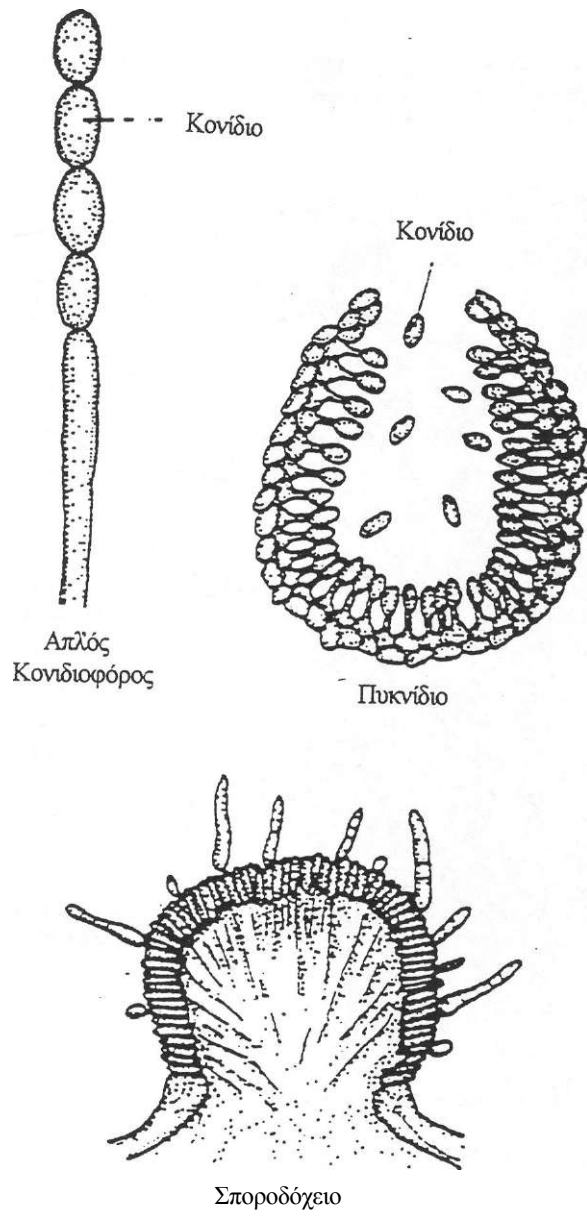
Εικ. 9. Οι εγγενείς καρποφορίες των ωιδίων



Εικ. 10. Διάφοροι τύποι βασιδίων των βασιδιομυκήτων (Διαδικασία σχηματισμού βασιδίων/βασιδιοσπορίων του γένους *Tilletia*, Β= Διαδικασία σχηματισμού βασιδίων/βασιδιοσπορίων του γένους *Ustilago*, Γ=Βασίδια και βασιδιοσπόρια των Hymenomycetales)



Εικ. 12. Καρποφορίες των *Hymenomycetales* (A) και των *Polyporales* (B)



Εικ. 13. Καρποφορίες ατελών μυκήτων

2.5. ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

2.5.1. Γενικά

Οι μύκητες αναπαράγονται με τα σπόρια, που είναι όργανα αγενούς ή εγγενούς αναπαραγωγής.

Στην πρώτη περίπτωση παράγονται με απλή σωματική διαίρεση, ενώ στη δεύτερη μετά από σύζευξη δύο πυρήνων από δύο διαφορετικούς γαμέτες. Και στις δύο περιπτώσεις τα σπόρια παράγονται πάνω ή μέσα σε ειδικά όργανα που λέγονται καρποφορίες και διαφέρουν ανάλογα με την βοτανική κατάταξη του μύκητα. Τα είδη των καρποφοριών, που σχηματίζονται από τους μύκητες, περιγράφονται παραπάνω χωριστά για κάθε κλάση μυκήτων.

Όπως στα ανώτερα φυτά, τα σπόρια των μυκήτων δεν είναι απόλυτα ομοιόμορφα είναι δηλαδή πληθυσμοί. Καλλιέργειες μυκήτων που προέρχονται από ένα σπόριο που έχει ένα πυρήνα λέγονται στελέχη και είναι αντίστοιχα με τους κλώνους των ανωτέρων φυτών.

Οι περισσότεροι μύκητες είναι ερμαφρόδιτοι, δηλαδή στο μυκήλιο ενός στελέχους βρίσκεται τόσο ο αρσενικός όσο και ο θηλυκός γαμέτης. Οι δύο αυτοί γαμέτες μπορούν να συζευχθούν και να δώσουν καρποφορίες, οπότε ο μύκητας λέγεται **ομόθαλλος**. Όμως αυτό δεν είναι πάντοτε δυνατόν. Συχνά, για να γίνει σύζευξη πρέπει να ενωθούν **γαμέτες** από δύο διαφορετικά, αλλά συμβατά στελέχη, οπότε οι μύκητες λέγονται **ετερόθαλλοι**. Συχνά οι δύο γαμέτες διαφέρουν μορφολογικά, έχουμε δηλαδή **σεξουαλικό διμορφισμό** και η σύζευξή τους ονομάζεται **ανισογαμία**, Άλλοτε ο αρσενικός και ο θηλυκός γαμέτης είναι μορφολογικά όμοιοι και σύζευξή τους ονομάζεται **ισογαμία**.

Ο εγγενής πολλαπλασιασμός των μυκήτων, όπως όλων των οργανισμών, ακολουθεί τα ακόλουθα στάδια: Την **πλασμογαμία** (plasmogamy), κατά την οποία ενώνονται οι δύο γαμέτες. Την **καρυογαμία** (karyogamy), κατά την οποία ενώνονται οι δύο απλοειδείς πυρήνες των γαμετών. Τη **μείωση** (Meiosis), η οποία αποκαθιστά την αρχική κατάσταση όσον αφορά στο γένομα των απογόνων. Όμως, οι μύκητες παρουσιάζουν πολλές ιδιομορφίες σχετικά με τους άλλους ευκαρυωτικούς οργανισμούς όσον αφορά στο γένομα τους στη διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου. Οι ιδιομορφίες αυτές διαφέρουν στα μεγάλα αθροίσματα, δηλαδή τους ωομύκητες, ασκομύκητες και τους βασιδιομύκητες.

Στα διάφορα αθροίσματα των μυκήτων μπορούμε να διακρίνομε τους ακόλουθους τύπους όσον αφορά το γονοτυπική κατάσταση:

Μυκήλιο απλοειδές: Ο τύπος αυτός παρατηρείται κυρίως στους ασκομύκητες. Το μυκήλιο σε όλη τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου του μύκητα περιέχει ένα απλοειδή πυρήνα. Αμέσως μετά την καρυογαμία ακολουθεί μείωση, οπότε

τα σπόρια που παράγονται είναι απλοειδή και φυσικά και το μυκήλιο που αναπτύσσεται από αυτά.

Μυκήλιο διπλοειδές: Ο τύπος αυτός παρατηρείται στους Ωομύκητες. Το μυκήλιο σε όλη τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου έχει ένα διπλοειδή πυρήνα. Οι γαμέτες, δηλαδή τα ανθηρίδια και τα ωογόνια, είναι απλοειδείς, αλλά μετά την γονιμοποίηση δεν ακολουθεί μείωση και τα εγγενή αναπαραγωγικά όργανα, δηλαδή τα ωοσπόρια είναι διπλοειδή.

Μυκήλιο απλοειδές, μόνο ή δικαρνωπκό: Ο τύπος αυτός παρατηρείται κυρίως στους Βασιδιομύκητες και ιδιαίτερα στους Hymenomycetes. Στην περίπτωση αυτή το μυκήλιο για μεγάλο χρονικό διάστημα είναι μονοκαρυωτικό και απλοειδές. Εάν στη διάρκεια αυτής της φάσης συναντηθούν δύο συμβατά στελέχη λαμβάνει χώρα πλασμογαμία με αποτέλεσμα να αναπτύσσεται δικάρυο μυκήλιο με απλοειδείς πυρήνες. Η φάση αυτή μπορεί, επίσης, να διαρκέσει μεγάλο χρονικό διάστημα. Τελικά οι δύο πυρήνες ενώνονται, αλλά ακολουθεί αμέσως μείωση ώστε τα παραγόμενα βασισπόρια να είναι απλοειδή.

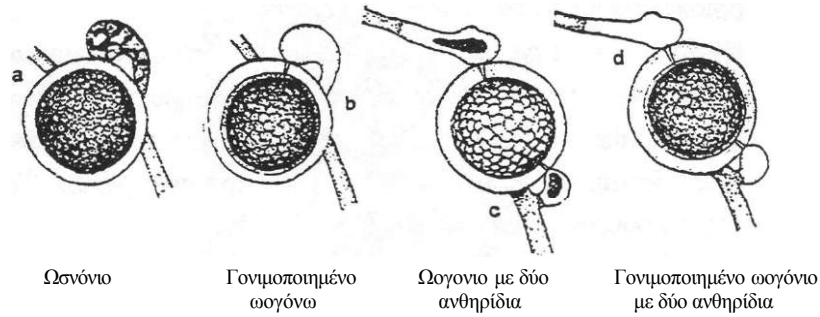
Μυκήλιο απλοειδές ή διπλοειδές: Ο τύπος αυτός παρατηρείται κυρίως στους κατώτερους μύκητες. Το μυκήλιο σε μια ορισμένη φάση του βιολογικού κύκλου είναι απλοειδές και σε άλλη διπλοειδές. Τα κύτταρα του διπλοειδούς μυκηλίου είναι, συνήθως, μεγαλύτερα του απλοειδούς

Έχοντας υπόψη τις παραπάνω ιδιομορφίες θα προσπαθήσουμε να περιγράψουμε συνοπτικά τη διαδικασία της εγγενούς αναπαραγωγής στα μεγάλα αθροίσματα των μυκήτων.

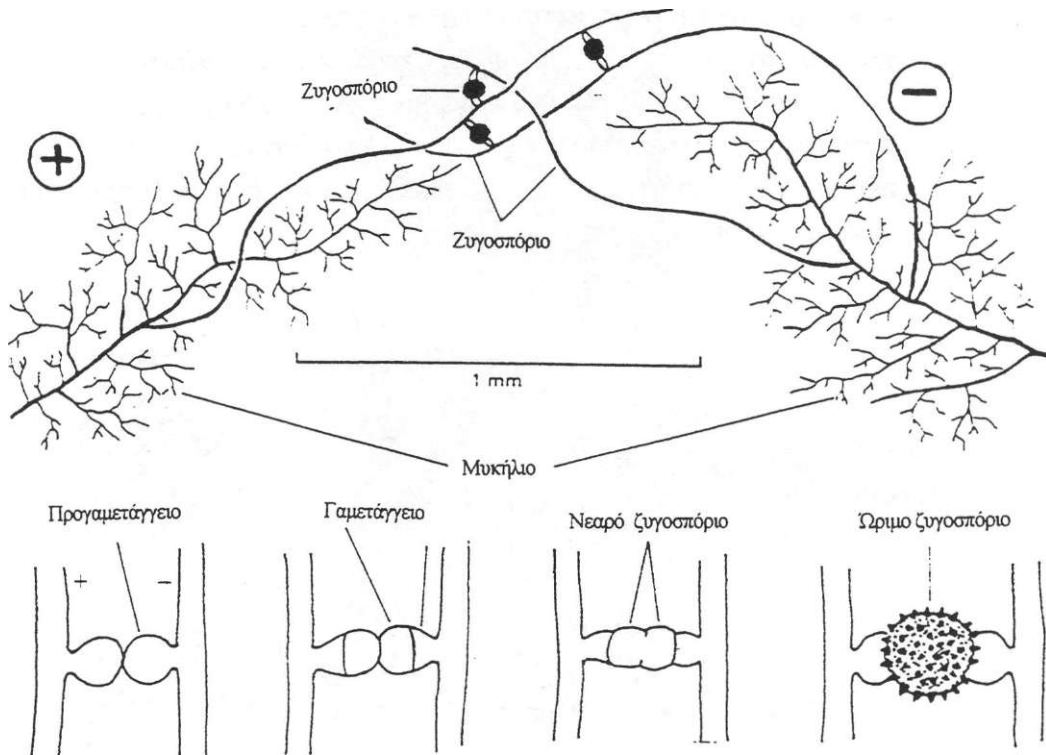
2.5.2. Αναπαραγωγή των κατώτερων μυκήτων

Οι ωομύκητες στο μεγαλύτερο μέρος του βιολογικού τους κύκλου το μυκήλιο είναι διπλοειδές. Στο διπλοειδές μυκήλιο αναπτύσσονται δύο μορφολογικά διαφορετικοί γαμέτες, το ωογόνιο, που είναι μεγαλύτερο και περίπου κυκλικό και το ανθηρίδιο, που είναι μικρότερο και λεπτότερο. Πριν από τη γονιμοποίηση λαμβάνει χώρα μείωση τόσο στο ανθηρίδιο όσο και στο ωογόνιο. Στο ωογόνιο μπορούν να σχηματιστούν μια ή περισσότερες ωόσφαιρες, κάθε μια από τις οποίες περιέχει ένα απλοειδή πυρήνα. Κατά τη γονιμοποίηση το ανθηρίδιο προσκολλάται στο ωογόνιο και ένας ή περισσότεροι πυρήνες εισέρχονται στο ωογόνιο και γονιμοποιούν από μία ωόσφαιρα. Έτσι από κάθε ωόσφαιρα σχηματίζεται ένα ωοσπόριο με διπλοειδή πυρήνα. Τα ωοσπόρια χρησιμεύουν τόσο σαν αναπαραγωγικά όργανα όσο και σαν μέσο διατήρησης του μύκητα λόγω της ανθεκτικότητάς τους σε αντίξοες συνθήκες.

Στους ζυγομύκητες σχηματίζονται δύο όμοια πολυπύρρηνα γαμετάγγεια πάνω σε μια αποικία αν πρόκειται για ομόθαλλο μύκητα ή σε δύο διαφορετικές, αλλά συμβατές αποικίες που βρίσκονται η μια κοντά στην άλλη. Τα δύο γαμετάγγεια ενώνονται, το μεταξύ τους χώρισμα διαλύεται και σχηματίζεται ένα σπόριο με χοντρά τοιχώματα το ζυγοσπόριο (Εικ 14).



PERONOSPORALES

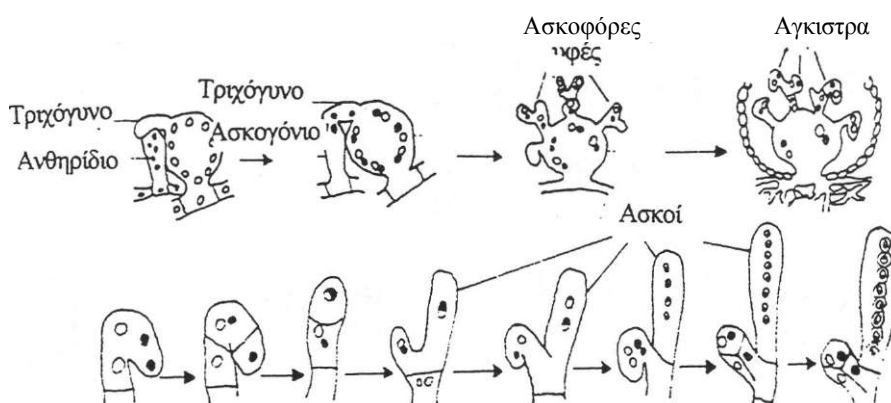


MUCORALES

Εικ 14. Τρόποι εγγενούς αναπαραγωγής σε κατώτερους μύκητες

§.53. Αναπαραγωγή των Ασκομυκήτων

Οι περισσότεροι ασκομύκητες έχουν τόσο εγγενή όσο και αγενή αναπαραγωγή. Η αγενής αναπαραγωγή εξετάζεται στους ατελείς μύκητες. Ορισμένοι ασκομύκητες δεν έχουν ατελή μορφή ενώ άλλων η τέλεια μορφή είναι σπάνια και έτσι αναγνωρίζονται μόνο από την τέλεια μορφή τους. Χαρακτηριστικό της εγγενούς αναπαραγωγής των ασκομυκήτων είναι οι **ασκοί** μέσα στους οποίους βρίσκονται τα **ασκοσπόρια**, που είναι απλοειδή. Οι ασκοί είτε είναι ελεύθεροι είτε βρίσκονται σε ειδικούς σχηματισμούς τα **ασκοκάρπια** που αναφέρονται παραπάνω. Συνήθως η διαδικασία του σχηματισμού των ασκών και των ασκοκαρπίων αρχίζει από τη γονιμοποίηση ενός θηλυκού οργάνου, του **ασκογόνιου**, από ένα αρσενικό όργανο, του **ανθηρίδιου**. Το ασκογόνο συχνά φέρει προεξοχή (δεκτική υφή), που λέγεται **τριχόγυνο**. Το ασκογόνο και το ανθηρίδιο έρχονται σε επαφή μέσω του τριχόγυνου στο οποίο περνά ο πυρήνας του ανθηρίδιου. Από το γονιμοποιημένο ασκογόνο αναπτύσσονται οι ασκογόνες υφές στις οποίες περνούν οι πυρήνες των δύο γαμετών κατά ζεύγη. Οι κορυφές των ασκογόνων υφών κάμπτονται και σχηματίζουν τα λεγόμενα **άγκιστρα**. Το κορυφαίο κύτταρο του άγκιστρου εξελίσσεται σε ασκό. Οι δύο πυρήνες που περιέχει ενώνονται και ακολουθεί μια μείωση από την οποία προέρχονται τέσσερις απλοειδείς πυρήνες. Ακολουθεί μια μίτωση και τελικά σχηματίζονται οκτώ απλοειδείς πυρήνες, ανά δύο όμοιοι. Οι πυρήνες αυτοί περιβάλλονται από το ανάλογο πρωτόπλασμα και έτσι δημιουργούνται οκτώ ασκοσπόρια σε κάθε ασκό (Εικ 15).

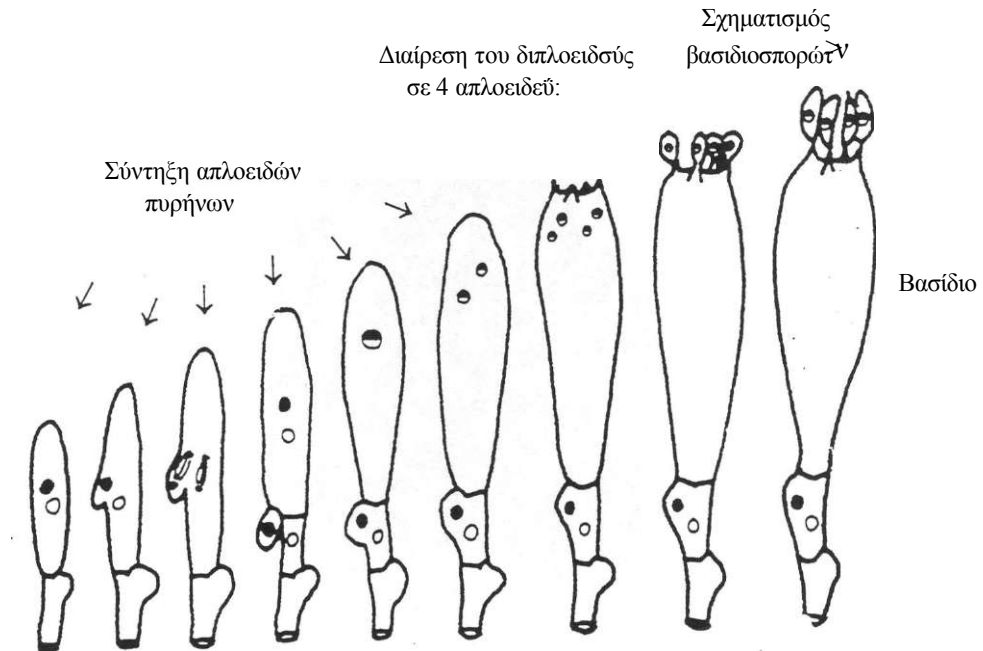


Εικ. 15. Εγγενής αναπαραγωγή στους ασκομύκητες

5.5.4. Αναπαραγωγή των βασιδιομυκήτων

Τα βασίδιο σπόρια και το μυκήλιο που προέρχεται από αυτά είναι απλοειδή. Όταν τα μυκήλια δύο στελεχών βρεθούν 7ΐλησιόν λαμβάνα χώρα **αναστόμωσης**. Εάν τα δύο στελέχη είναι συμβατά πυρήνες από το ένα μυκήλιο μεταναστεύουν στο άλλο έτσι ώστε όλα τα κύτταρα των δύο μυκηλίων να περιέχουν ένα πυρήνα από κάθε στέλεχος.. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται **δικαρυώση** και το μυκήλιο **δικάριωτικό**.

Στους Hymenomycetes οι καρποφορίες αναπτύσσονται στο δικάρυο μυκήλιο. Τα βασίδια, που σχηματίζονται έχουν αρχικά δύο απλοειδείς πυρήνες. Ακολουθεί σύντηξη των δύο πυρήνων και μείωση οπότε σχηματίζονται τέσσερις απλοειδείς πυρήνες ανά δύο διαφορετικούς. Συγχρόνως στο βασίδιο σχηματίζονται τέσσερις προεξοχές, τα **στηρίγματα**, σε κάθε ένα από τα οποία μεταφέρεται ένας πυρήνας οπότε σχηματίζονται τέσσερα βασιδιοσπόρια. (Εικ. 16)



Εικ. 16. Εγγενής αναπαραγωγή στους βασιδιομύκητες

Οι *Ustilaginales* στο τέλος του βιολογικού τους κύκλου παράγουν τελειοσπόρια, που έχουν χοντρά τοιχώματα και αντέχουν στις αντίξοες συνθήκες ονομάζονται και **χλαμυδοσπόρια**. Τα σπόρια αυτά είναι μονοπύρρηνα και διπλοειδή. Κατά τη βλάστησή τους λαμβάνει χώρα μείωση οπότε σχηματίζεται το λεγόμενο προμυκήλιο με τέσσερις α7ύλοειδείς πυρήνες. Από κάθε κύτταρο του προμυκηλίου σχηματίζεται ένα απλοειδές βασιδιοσπόριο, που στην περίπτωση αυτή ονομάζεται **σπορίδιο**. Εάν δύο σπορίδια από συμβατά στελέχη βλαστήσουν πλησίον λαμβάνει χώρα πλασμογαμία και ένωση δύο πυρήνων οπότε προκύπτει δικάρυον μυκήλιο, που είναι αυτό που προκαλεί τη μόλυνση του ξενιστή (Εικ. 16).

Οι *Uredinales*, που είναι υποχρεωτικά παράσιτα, παράγουν στο τέλος του βιολογικού τους κύκλου ανθεκτικά σπόρια, τα τελειοσπόρια, που είναι διπλοειδή. Πριν από τη βλάστησή τους λαμβάνει χώρα μείωση και παράγονται τέσσερις πυρήνες που μεταναστεύουν στα βασιδιοσπόρια που παράγονται στα βασίδια

3 Προκαρυωτικοί οργανισμοί

3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι προκαρυωτικοί (procaryotes) είναι μονοκύτταροι μικροοργανισμοί με ή χωρίς κυτταρικά τοιχώματα, με κυττοπλασματική μεμβράνη, που περιβάλλει το κυττόπλασμα στο οποίο *υπάρχει* πυρηνική ουσία, που, όμως, δεν περικλείεται από πυρηνική μεμβράνη (Εικ. 17). Οι προκαρυωτικοί οργανισμοί ταξινομούνται στα Monera ή Bacteria (Εικ. 4).

Σήμερα διακρίνονται δύο κατηγορίες προκαρυωτικών μικροοργανισμών. Τα βακτήρια, τα οποία έχουν κυτταρικά τοιχώματα και κυττοπλασματική μεμβράνη και τα μυκοπλάσματα, τα οποία στερούνται κυτταρικών τοιχωμάτων, αλλά έχουν κυττοπλασματική μεμβράνη. Μια τρίτη κατηγορία προκαρυωτικών οργανισμών, που είναι εντοπισμένοι στον ηθμό (fastidious phloem-limited bacteria) και ενωρίτερα εθεωρούντο όμοια με τις ρικέττιες των ζώων και ονομάζονταν "Οργανισμοί Όμοιοι με Ρικέττιες" (Rickettsia Like Organisms, RLO), σήμερα θεωρούνται βακτήρια, αλλά δεν έχουν τύχει επίσημης ταξινόμησης.

3.2. ΤΑ ΒΑΚΤΗΡΙΑ

3.2.1. Γενικά

Τα βακτήρια είναι ένα μεγάλο άθροισμα μικροοργανισμών. Είναι γνωστά από το 1882, και παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην οικονομία της φύσης. Μερικά είναι σημαντικοί παράγοντες στον κύκλο του άνθρακα, δεδομένου ότι λαμβάνουν μέρος στην αποσύνθεση των οργανικών ουσιών και στη ζύμωση διαφόρων προϊόντων, στον κύκλο του αζώτου, με τη δυνατότητά τους να δεσμεύουν το άζωτο και να μετατρέπουν την αμμωνία σε νιτρικό άζωτο, στον κύκλο του θείου, στη δέσμευση της φωτεινής ενέργειας κ.α..

Πολλά βακτήρια χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων, όπως στη παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων, ξυδιού κ.α., στη βιομηχανία φαρμάκων, όπως στη παραγωγή αντιβιοτικών, στην επεξεργασία λυμάτων κ.α.. Παράλληλα πολλά βακτήρια είναι παθογόνα φυτικών και ζωικών οργανισμών. Στον άνθρωπο προκαλούν ασθένειες όπως η φυματίωση, ο τυφοειδής πυρετός, η χολέρα, ο άνθρακας, η σύφιλη, ο τέτανος, η πνευμονία κ.α.. Στα ζώα πολύ σοβαρές ασθένειες, όπως ο άνθρακας, η βρουκέλωσης κ.α.. προκαλούνται από βακτήρια. Τέλος, μεγάλος αριθμός βακτηρίων προκαλεί ασθένειες στα φυτά.

Τα βακτήρια, που προκαλούν ασθένειες στα φυτά, είναι πολύ λιγότερα από τους μύκητες. Το αντίθετο συμβαίνει στα ζώα και στον άνθρωπο. Παρόλα αυτά, ορισμένα είδη, όπως το *Erwinia amylovora*, που είναι το παθογόνο αίτιο του βακτηριακού καψίματος των μηλοειδών, προκαλούν πολύ καταστρεπτικές ασθένειες στα φυτά, ενώ άλλα προκαλούν μεγάλες ζημιές στα προϊόντα κατά τη μεταφορά και την αποθήκευση.

3.2.2. Μορφολογία

Τα βακτήρια είναι μονοκύτταροι, μικροσκοπικοί και κατά το πλείστον ετερότροφοι οργανισμοί. Κατ'εξάιρεση ορισμένα βακτήρια συνενώνονται σε ομάδες ή σε αλυσίδες.

Τα μεμονωμένα βακτηριακά κύτταρα είναι αόρατα με το γυμνό μάτι και φαίνονται μόνο με μεγάλη μεγέθυνση στο μικροσκόπιο. Συνήθως, πάνω στα θρεπτικά υποστρώματα, τα βακτήρια είναι πολλά μαζί σε αποικίες, οι οποίες φαίνονται με γυμνό μάτι. Το σχήμα των βακτηριακών κυττάρων ποικίλλει, αλλά συνήθως είναι **σφαιρικό (κόκκοι)**, **ραβδοειδές (βάκιλοι)**, **σπειροειδές (σπειρίλια)**. Οι διαστάσεις τους, ανάλογα με το σχήμα, κυμαίνονται από 1-10 μ. Όλα τα φυτοπαθογόνα βακτήρια είναι ραβδοειδή (κυλινδρικά) με μήκος 0,5 έως 3,5 μ και διάμετρο 0,3 έως 1μ. (Εικ. 17)

Μορφολογικά, τα βακτήρια, αποτελούνται από το κυτταρικό τοίχωμα, το οποίο είναι σταθερό και πρόσδίδα το σχήμα στο κύτταρο. Το κυτταρικό τοίχωμα περιβάλλεται από γλοιώδη ουσία, που η σύστασή της είναι διαφορετική για κάθε είδος. Όταν το γλοιώδες περίβλημα είναι παχύ, καλά αναπτυγμένο και έχει ζελατινώδη μορφή ονομάζεται **έλυτρο (capsule)**. Τα περισσότερα γένη των φυτοπαθογόνων βακτηρίων φέρουν ένα ή περισσότερα μαστίγια (*flagellae*). Αν τα μαστίγια βρίσκονται από ένα στους δύο πόλους ονομάζονται **μονότριχα**, αν βρίσκονται πολλά μαζί στους πόλους ονομάζονται **λοφιότριχα** και αν είναι διάσπαρτα σε όλη την επιφάνεια **περίτριχα**. Τα βακτήρια, που έχουν μαστίγια, έχουν αυτόνομο κίνηση σε υγρά υποστρώματα. Ο αριθμός και η θέση των μαστιγίων λαμβάνονται υπόψη στη συστηματική τους κατάταξη (Εικ. 17).

Στο εσωτερικό του κυτταρικού τοιχώματος υπάρχει η κυττοπλασματική μεμβράνη, που περιβάλλει το κυττόπλασμα. Στο κυττόπλασμα διακρίνεται η περιοχή που είναι η χρωματίνη, τα χυμοτόπια, τα σταγονίδια θρεπτικών συστατικών κ.α.. Η χρωματίνη σχηματίζει ένα μεγάλο κυκλικό χρωμόσωμα από DNA στο οποίο συγκεντρώνεται το μεγαλύτερο μέρος του γενετικού κώδικα.

Τα περισσότερα βακτήρια έχουν κληρονομική ουσία και σε ένα ή περισσότερα στοιχεία με κυκλικό DNA διπλής αλυσίδας τα **πλασμίδια**. Το DNA των πλασμιδίων, συνήθως αποτελεί το 2% του γονιδιώματος των βακτηριακών

Μαστίχα -

C — κ :

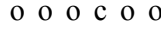
Σήματα βακτηρίων

1. Κόκκοι



α ο

Στρεπτόκοκκοι



Ιραβδοαδής

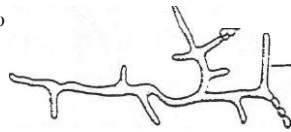


Βάκιλοι

Ρικετσίες
ϋο

3. Σπινθηρά

4. Μορφή μυκηλίσου



κονίδια
μυκήλιο

Actinomycetes

5. Πλειομορφικά

Mycoplasma

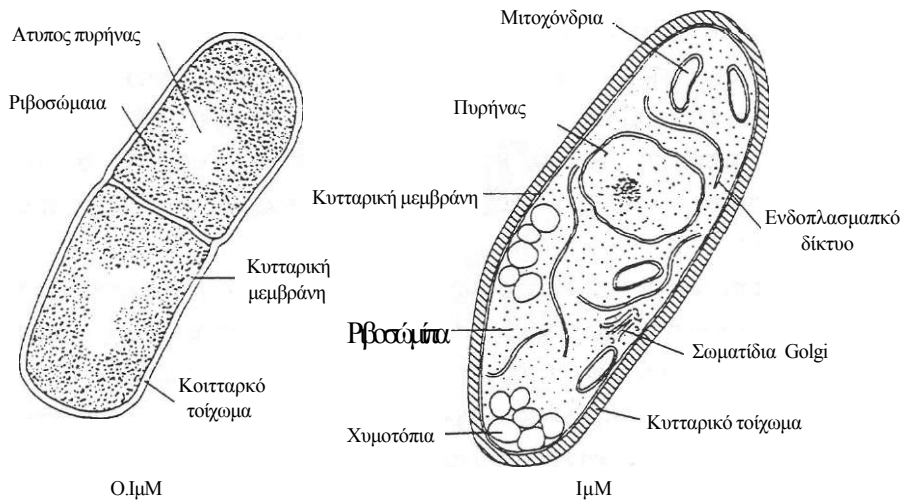
6. Σπειροειδής

Spiroplasma

Μορφολογία βακτηρίων

ΠΡΟΚΑΡΥΟΤΙΚΟ ΚΥΤΤΑΡΟ

ΕΥΚΑΡΥΩΤΙΚΟ ΚΥΤΤΑΡΟ



Σύγκριση προκαρυωτικού και ευκαρυωτικού κυττάρου

Εικ. 17. Μορφολογία Πρωκαρυωτικών οργανισμών

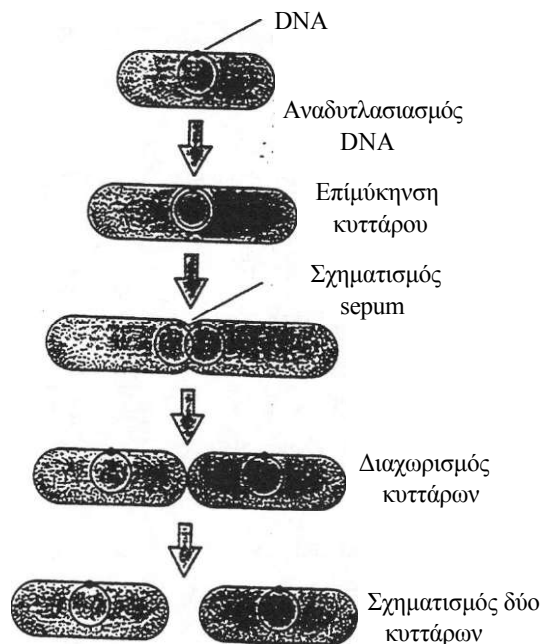
Πίνακας 2. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των γενών των φυτοπαθογόνων βακτηρίων και τυπικά χαρακτηριστικά που προκαλούν

<u>Γένος</u>	<u>Μορφολογικά χαρακτηριστικά</u>	<u>Συμπτώματα</u>
<i>Agrobacterium</i>	Βάκιλος αρνητικός κατά Gram με 1-4 περίτριχα μαστίγια	Προκαλεί καρκίνους σε μεγάλο αριθμό καλλιεργούμενων φυτών
<i>Clavibacter</i>	Βάκιλος θετικός Gram. Συνήθως στερούνται μαστιγίων	Προκαλούν έλκη στο στέλεχος (τομάτα), δακτυλιωτή σήψη (πατάτα) και δεσμίωση σε πολλά φυτά
<i>Erwinia</i>	Βάκιλοι αρνητικοί κατά Gram με πολλά περίτριχα μαστίγια. Είναι προαιρετικά αναερόβια	Προκαλούν μαλακή σήψη και μαύρο λαιμό (πατάτα), και μαλακή σήψη με μάρανση σε πολλά φυτά
<i>Pseudomonas</i>	Βάκιλοι αρνητικοί κατά Gram με ένα ή περισσότερα μαστίγια στα άκρα. Ορισμένα είδη παράγουν φθορίζουσα χρωστική	Μάρανση, φυμάτια και κηλιδώσεις σε πολλά φυτά
<i>Xanthomonas</i>	Βάκιλοι αρνητικοί κατά Gram με ένα μαστίγιο στον ένα πόλο. Παράγουν κίτρινη χρωστική	Κηλιδώσεις, έλκη και σήψεις και σε διάφορα φυτά
<i>Streptomyces</i>	Αναπτύσσουν λεπτές διακλαδισμένες υφές. Είναι θετικά κατά Gram	Προκαλεί την ακτινομύκωση της πατάτας και άλλων φυτών
<i>Xyllela</i>	Αρνητικοί κατά Gram βάκιλοι χωρίς μαστίγια. Ζουν στους ξυλώδεις ιστούς	Είναι το παθογόνο αίτιο ορισμένων ασθενειών αγνώστου , μέχρι πρότινος αιτιολογίας, όπως η <u>ασθένεια του Pierce του αμπελιού</u>

ξενιστών. Στις υποδιαίρέσεις αυτές κατατάσσονται είδη που έχουν μεν διαφορετικούς μηχανισμούς παθογένεσης, αλλά οι λοιπές τους διαφορές δεν είναι επαρκείς για να καταταγούν σε χωριστά είδη.

3-2.4. Πολλαπλασιασμός

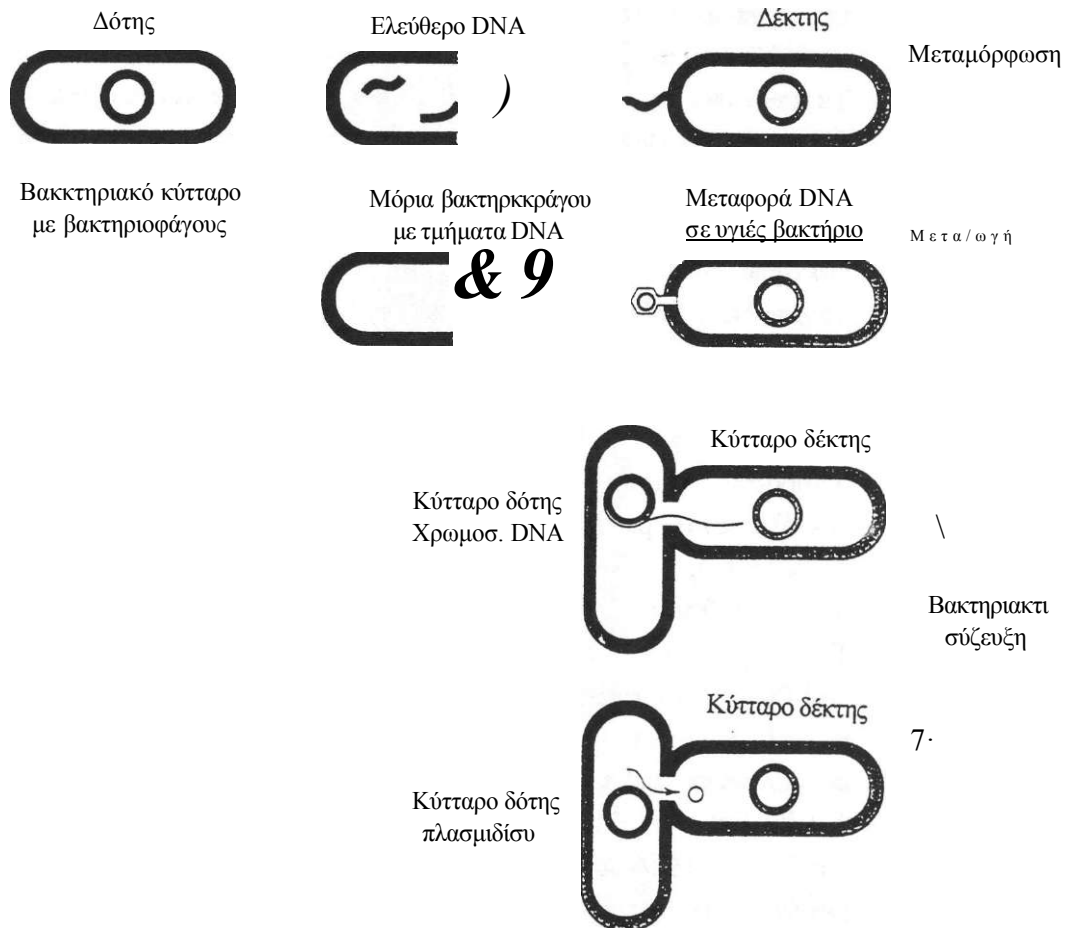
Τα βακτήρια πολλαπλασιάζονται αγενώς με διαίρεση (fission). Η διαίρεση γίνεται με μεγάλη ταχύτητα και όταν έχουν στη διάθεσή τους κατάλληλα θρεπτικά υλικά, τα βακτηριακά κύτταρα μπορούν να διαιρούνται κάθε 20'. Πριν από τη διαίρεση τα κύτταρα χωρίζονται στη μέση με το σχηματισμό μεμβράνης. Της διαίρεσης προηγείται διπλασιασμός του χρωμοσώματος και των πλασμιδίων, τα οποία κατανέμονται εξ ίσου στα δύο νέα κύτταρα. Η διαίρεση αυτή είναι η ίδια με τη μίτωση, που γίνεται στα ανώτερα φυτά. Σαν αποτέλεσμα της διαίρεσης από ένα κύτταρο παράγονται δύο, από δύο τέσσερα κ.ο.κ με τα ίδια ακριβώς χαρακτηριστικά (Εικ 18).



Εικ. 18. Πολλαπλασιασμός βακτηρίων

Σε ορισμένες περιπτώσεις λαμβάνουν χώρα φαινόμενα που συντελούν στη δημιουργία απογόνων με διαφορετική γενετική σύσταση. Τέτοια φαινόμενα είναι: 1. Η **μεταλλαγή (mutation)**, δηλαδή η αλλαγή της σύνθεσης ενός γόνου, που έχει σαν συνέπεια την αλλαγή και των φαινοτυπικών χαρακτηριστικών των απογόνων. 2. Η **βακτηριακή σύζευξη (conjugation)**, δηλ η μεταφορά μέρους και σπανιότερο όλου του γενετικού υλικού ενός κυττάρου, **δότης**, σε άλλο κύτταρο, **δέκτης**. Το φαινόμενο αυτό μοιάζει με τη γονιμοποίηση που λαμβάνει χώρα κατά τον εγγενή πολλαπλασιασμό των μυκήτων. 3. Η **μεταγωγή (transduction)**, δηλ η μεταφορά κομματιών DNA με βακτηριοφάγους από το ένα βακτηριακό κύτταρο στο άλλο, 4. Η

μεταμόρφωση (transformation), δηλαδή η ενσωμάτωση σε ένα βακτηριακό κύτταρο καθαρών παρασκευασμάτων DNA, που εξήχθησαν από ένα βακτηριακό κύτταρο. Περισσότερα, όσον αφορά στην παραλλακτικότητα των βακτηρίων, αναφέρονται σε επόμενο κεφάλαιο.



Εικ. 19. Τρόποι γενετικής διαφοροποίησης των θυγατρικών κυττάρων στα βακτήρια.

Το 1973 παρατηρήθηκε μια νέα κατηγορία παθογόνων μικροοργανισμών, εντοπισμένοι στα αγγεία του ξύλου και στους ηθμούς των φυτών. Οι μικροοργανισμοί αυτοί παρουσίαζαν ορισμένα χαρακτηριστικά των ρικεττσιών, που προσβάλλουν τα ζώα και έτσι ονομάστηκαν "**Όργανισμοί Όμοιοι με Ρικέττσιες**" (Rickettsia Like Organisms, RLO's) . Σήμερα οι

μικροοργανισμοί αυτοί δεν συνδέονται με τις ρικέττιες, αλλά θεωρούνται βακτήρια, που δεν μπορούν να καλλιεργηθούν σε συνήθη θρεπτικά υλικά. Το κύτταρο τους είναι όμοιο με των βακτηρίων. Έχουν σχήμα σφαιρικό ή ραβδοειδές και διαστάσεις 0.2X1.0 μ. Σε αντίθεση με τα μυκοπλάσματα, που θα δούμε παρακάτω, έχουν κυτταρικό τοίχωμα, που φέρει κυματοειδείς πτυχές και το οποίο είναι το χαρακτηριστικό του αθροίσματος. Είναι ευαίσθητα στην πενικιλίνη και άλλα αντιβιοτικά.

Τα παθογόνα της κατηγορίας αυτής, που είναι εντοπισμένα στους ηθμούς των φυτών (BEH- Βακτήρια Εντοπισμένα στους Ηθμούς), είναι μικρά βακτήρια αρνητικά κατά Gram, περίπου ραβδοειδή χωρίς μαστίγια. Εκείνα, που είναι εντοπισμένα στο ξύλο (BEΞ- Βακτήρια Εντοπισμένα στο Ξύλο), είναι μικρά βακτήρια, άλλα θετικά και άλλα αρνητικά κατά Gram. Και οι δύο ομάδες στερούνται μαστιγίων, αλλά διαφέρουν στη μορφολογία του κυττάρου. Σε αντίθεση με τα BEH, όλα τα γνωστά μέχρι σήμερα BEΞ έχουν καλλιεργηθεί σε θρεπτικά υλικά *in vitro*.

Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει σημαντική πρόοδος στη μελέτη των παραπάνω μικροοργανισμών, αλλά οι πληροφορίες που έχουμε είναι ακόμη περιορισμένες. Παρόλα αυτά, με την ανακάλυψη των BEΞ και BEH, διευκρινίστηκε η αιτιολογία ορισμένων πολύ σοβαρών ασθενειών. Σήμερα είναι γνωστό ότι αρκετές ασθένειες των φυτών οφείλονται στα BEΞ και BEH.

Τα αρνητικά κατά Gram BEΞ προκαλούν, μεταξύ των άλλων, την **ασθένεια του Pierce του αμπελιού**, το **περίκασμα του φύλλου της αμυγδαλιάς**, την **καχεξία των νεαρών δένδρων εσπεριδοειδών** κ.α.. Όλες οι ασθένειες που προκαλούνται από τα αρνητικά κατά Gram BEΞ αποδίδονται στο βακτήριο *Xylella fastidiosa*. Το βακτήριο αυτό απομονώθηκε για πρώτη φορά από το αμπέλι στις ΗΠΑ, αλλά δεν φαίνεται να υπάρχει στην Ευρώπη. Έχει πολύ μεγάλο εύρος ξενιστών και μεταδίδεται με το πολλαπλασιαστικό υλικό και με έντομα κυρίως της οικογένειας *Cicadellidae*. Ορισμένες από τις ασθένειες που προκαλεί και ιδιαίτερα η ασθένεια του Pierce του αμπελιού, είναι πάρα πολύ καταστρεπτικές.

Η σπουδαιότερη ασθένεια που προκαλείται από τα θετικά κατά Gram BEΞ είναι ο θαμνώδης νανισμός του ζαχαροκάλαμου, που οφείλεται στο βακτήριο *Clavibacter xyli subsp. xyli*. Το βακτήριο αυτό μεταδίδεται μηχανικά κατά το θερισμό του ζαχαροκάλαμου.

Τα BEH, επίσης, προκαλούν διάφορες πολύ σοβαρές ασθένειες των καλλιεργουμένων φυτών. Καμιά από αυτές δεν έχει παρατηρηθεί στη χώρα μας. Όμως, καθώς τα βακτήρια αυτά δεν έχουν καλλιεργηθεί σε θρεπτικά υλικά δεν μπορούν να γίνουν τεχνητές μολύνσεις και να εφαρμοστούν οι κανόνες του Koch. Η σύνδεση των μικροοργανισμών αυτών με τις ασθένειες που τους

αποδίδονται γίνεται με άλλα λιγότερο πειστικά κριτήρια. Η σπουδαιότερη ασθένεια που αποδίδεται σε BEH είναι το πρασίνισμα των εσπεριδοειδών (Citrus Greening, CG), που παρατηρείται στη Νότιο Αφρική, την Ινδία, το Πακιστάν κ.α. και θεωρείται σήμερα μια από τις μεγαλύτερες απειλές για τα εσπεριδοειδή.

3.3. ΜΥΚΟΠΛΑΣΜΑΤΑ

Τα μυκοπλάσματα ήσαν γνωστά παθογόνα των ζώων από ετών. Όμως, επειδή περνούν από φίλτρα διαμέτρου 0.22μ, όπως οι ιοί και εξ αιτίας της ομοιότητας των συμπτωμάτων, που παρουσιάζουν τα προσβλημένα φυτά, προς τα συμπτώματα των ιώσεων, οι ασθένειες τις οποίες προκαλούν είχαν, αρχικά, θεωρηθεί ιώσεις. Η σύνδεσή των μυκοπλασμάτων με ασθένειες των φυτών έγινε για πρώτη φορά το 1967 όταν οι Ιάπωνες Doi, Terakana, Yora και Asuyama ανακοίνωσαν, ότι μικροοργανισμοί παρόμοιοι με τα μυκοπλάσματα των ζώων υπήρχαν στη βίβλο φυτών προσβλημένων με ασθένειες άγνωστης μέχρι τότε αιτιολογίας. Σήμερα, πάνω από 100 ασθένειες των φυτών θεωρούνται ότι οφείλονται σε μυκοπλάσματα. Οι ασθένειες αυτές, συνήθως, παίρνουν το όνομά τους από το χαρακτηριστικότερο σύμπτωμα που προκαλούν. Τα συμπτώματα αυτά είναι κυρίως ίκτερος, σκούπα της μάγισσας, νανισμός, φυλλοδία πετάλων και σέπαλων, μικροκαρπία, στειρότητα κ.α..

Τα μυκοπλάσματα είναι οι απλούστεροι και μικρότεροι αυτοαναπαραγόμενοι προκαρυωτικοί μικροοργανισμοί. Διαφέρουν από τα βακτήρια κατά το ότι δεν έχουν κυτταρικά τοιχώματα, αλλά μόνο κυτταρική μεμβράνη. Το χαρακτηριστικό αυτό τους επιτρέπει να παίρνουν διάφορα σχήματα, όπως σφαιρικό, αψοειδές, νηματοειδές κ.α.. Το μέγεθος τους ποικίλλει. Τα σφαιρικά έχουν διάμετρο 0.3-1 μ, αλλά τα νηματοειδή είναι πολύ μεγαλύτερα. Το κύτταρο των μυκοπλασμάτων περιέχει ένα χρωμόσωμα, ριβοσώματα και κοκκώδες υλικό. Το χρωμόσωμα των μυκοπλασμάτων αποτελείται από δίκλωνο, κυκλικό DNA. Πολλαπλασιάζονται με απλή διχοτομική διαίρεση.

Λόγω της έλλειψης κυτταρικών τοιχωμάτων είναι ανθεκτικά σε αντιβιοτικά που εμποδίζουν το σχηματισμό τους, όπως είναι η πενικιλίνη, η κυκλοσερίνη και η μπασιτρασίνη. Αντίθετα, είναι ευαίσθητα, τουλάχιστον σε μερικές περιπτώσεις, στη τετρακυκλίνη, όπως άλλωστε και τα μυκοπλάσματα που προκαλούν ασθένειες των ζώων.

Τα μυκοπλάσματα ανήκουν στην τάξη *Mycoplasmatales* της κλάσης *Mollicutes*. Όμως, εκείνα που προκαλούν ασθένειες των φυτών δεν απομονώνονται σε θρεπτικά υλικά και ως εκ τούτου δεν μπορούν να μελετηθούν και να προσδιοριστούν. Για το λόγο αυτό χαρακτηρίζονται σαν "Μικροοργανισμοί Όμοιοι με Μυκοπλάσματα (Mycoplasma Like Organisms,

MLO's). Τα MLO's θεωρούνται ως υπεύθυνα παθογόνα ασθενειών βάσει άλλων κριτηρίων. Εξαιρέση αποτελεί το μυκόπλασμα που προκαλεί την ασθένεια "stubborn" των εσπεριδοειδών, *Spiroplasma citri*, και το σπειρόπλασμα που προκαλεί τον νανισμό του αραβοσίτου, τα οποία είναι τα μόνα παθογόνα των φυτών μυκοπλάσματα που έχουν καλλιεργηθεί σε θρεπτικά υλικά και για τα οποία έχουν εφαρμοστεί οι κανόνες του Koch.

Τα μυκοπλάσματα βρίσκονται κυρίως στα αγγεία της βίβλου των προσβλημένων φυτών και σπανιότερο στα νεκτάρια των λουλουδιών και σε άλλες φυτικές επιφάνειες. Δεν μεταδίδονται μηχανικά, αλλά μεταδίδονται με τον εμβολιασμό, με την κουσκούτα και κυρίως με τα έντομα της οικογένειας των *Cicadellidae* (κοινώς τζιτζικάκια). Όλα τα μυκοπλάσματα, που μεταδίδονται με έντομα φορείς, μεταδίδονται κατά τον έμμονο τρόπο. Τα μυκοπλάσματα πολλαπλασιάζονται στους σιελογόνους αδένες των εντόμων φορέων, αλλά δεν περνούν στα αυγά τους. Μετάδοση με το σπόρο δεν έχει παρατηρηθεί.

Με εξαίρεση τα δύο μυκοπλάσματα, που καλλιεργούνται, ή διάγνωση των ασθενειών που προκαλούνται από τα υπόλοιπα γίνεται με μικροσκόπηση, ιδιαίτερα ηλεκτρονική, σε συνδυασμό με δοκιμές μεταδοτικότητας και μελέτη της επίδρασης της τετρακυκλίνης.

Τα μυκοπλάσματα, που προσβάλλουν τα καλλιεργούμενα φυτά και τα έντομα φορείς έχουν πολλούς ξενιστές στους οποίους διατηρούνται από τη μια καλλιεργητική περίοδο στην άλλη.

Ορισμένες πολύ σημαντικές ασθένειες των καλλιεργουμένων φυτών, που οφείλονται σε μυκοπλάσματα, είναι η ασθένεια stubborn των εσπεριδοειδών, η σκούπα της μηλιάς (apple witches' broom), ο ίκτερος του αμπελιού (flavescence doree) και η παρακμή της αχλαδιάς (pear decline).

4 Ιοι - Ιοειδη -Prions

4.1. ΙΟΙ

Μετά τους μύκητες, οι ιοί είναι το δεύτερο μεγάλο άθροισμα των μολυσματικών παθογόνων των φυτών. Πολύ μεγάλος αριθμός ασθενειών των φυτών αποδίδονται σήμερα σε ιούς, είναι δηλαδή ιώσεις. Περίπου 500 ιοί έχουν αναγνωριστεί σαν παθογόνα των φυτών και κάθε ένας από αυτούς, συνήθως προσβάλλει περισσότερα από ένα φυτά. Έτσι, όλα τα καλλιεργούμενα φυτά προσβάλλονται από ιώσεις μερικές από τις οποίες είναι πολύ καταστρεπτικές. Η ίωση των εσπεριδοειδών "**τριστεζα (tristeza)** π.χ. κατέστρεψε στην Αργεντινή σε διάστημα 15 ετών 10 εκατομμύρια δένδρα και στη Βραζιλία, σε διάστημα 12 ετών, το 75% των δένδρων πορτοκαλιάς, περίπου 6 εκατομμύρια δένδρα. Μεγάλη καταστροφή προκάλεσε, επίσης, στην Ισπανία όπου από το 1956 κατέστρεψε 10 εκατομμύρια δένδρα. Συνολικά τα τελευταία 60 χρόνια καταστράφηκαν από την tristeza περίπου 50 εκατομμύρια δένδρα. Στην Ευρώπη μια άλλη ίωση, η **ευλογιά (plum pox)** ή **Σάρκα (Sharka)**, που προσβάλλει τα πυρηνόκαρπα, έχει προκαλέσει τα τελευταία χρόνια τεράστιες ζημιές στα πυρηνόκαρπα, κυρίως στις χώρες της Βαλκανικής χερσονήσου, μεταξύ των οποίων και στη χώρα μας. Ο **μολυσματικός εκφυλισμός του αμπελιού**, μια πολύ διαδεδομένη ίωση, προκαλεί μείωση της παραγωγής 10-50%. Τέλος, μία κοινή ίωση, το **Μωσαϊκό της Τομάτας (ToMV)**, θεωρείται ότι μειώνει την παραγωγή της τομάτας 10% κατά μέσον όρο. Πολλές άλλες ιώσεις προκαλούν ανάλογες ζημιές σε καλλιεργούμενα φυτά σε διάφορα μέρη του κόσμου.

Η πρώτη αναφορά σε ένα σύμπτωμα σε φυτά, που αργότερα αποδείχτηκε ότι οφείλεται σε ιό, έγινε σε ένα ποίημα του Koken το 752 μ.χ. Αργότερα, τον 17^ο αιώνα, οι Ολλανδοί καλλιεργητές τουλίπας, διαπίστωσαν την καλλωπιστική αξία των φυτών τουλίπας, που παρουσίαζαν το γνωστό σύμπτωμα "**σπάσιμο του άνθους**" που σήμερα είναι γνωστό ότι οφείλεται στον ιό **TBV (Tulip breaking virus)**.

Η αναγνώριση των ιών σαν ξεχωριστή κατηγορία παθογόνων άρχισε το 1886, όταν ο Ολλανδός Mayer διαπίστωσε ότι η ασθένεια "**μωσαϊκό του καπνού**" μεταδίδεται στα υγιή φυτά με χυμό από άρρωστα. Το 1892 ο Ρώσος Iwanowski παρατήρησε ότι η ίδια ασθένεια μπορούσε να μεταδοθεί σε υγιή φυτά καπνού με χυμό από άρρωστα φυτά ακόμη και αν ο χυμός είχε πε-

ράσει από φίλτρα, από τα οποία δεν περνούσαν τα βακτήρια. Αργότερα αποδείχτηκε ότι και άλλες ασθένειες, των φυτών και των ζώων, προκαλούνται από παθογόνα, που περνούν από τα ίδια φίλτρα. Έτσι, διαπιστώθηκε η ύπαρξη μιας ολόκληρης ομάδας παθογόνων, που ονομάστηκαν **"διηθητοί ιοί"**. Μεταγενέστερα, αποδείχτηκε ότι και τα μυκοπλάσματα, στα οποία ήδη έχουμε αναφερθεί έχουν την ίδια ιδιότητα και έτσι το κριτήριο της διήθησης δεν έχει νόημα σήμερα.

Η σύγχρονη ιολογία άρχισε το 1935 όταν ο Stanley απομόνωσε τον ιό του μωσαϊκού του καπνού, γνωστό σήμερα σαν **TMV (Tobacco Mosaik Virus)** σε κρυσταλλική μορφή. Δύο χρόνια αργότερα, το 1937, ο **Bauden** και οι συνεργάτες τους βρήκαν ότι στη πραγματικότητα ο TMV αποτελείται κατά 95% από πρωτεΐνη και κατά 5% από νουκλεϊνικό οξύ. Έκτοτε, με την ανακάλυψη και του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου, η επιστήμη που μελετά τους ιούς, η **ιολογία**, είχε ραγδαία εξέλιξη και σήμερα έχουν μελετηθεί λεπτομερώς η σύσταση, η μολυσματικότητα, ο πολλαπλασιασμός και πολλά άλλα χαρακτηριστικά πολύ μεγάλου αριθμού ιών.

4.1.1. Σύσταση - Μορφολογία των ιών

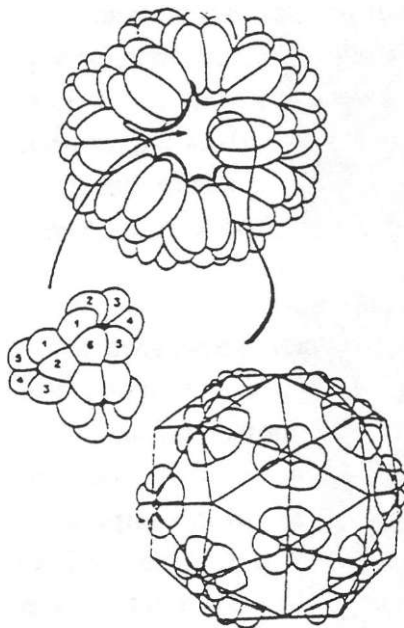
Από την Ελληνική Φυτοπαθολογική Εταιρεία έχει προταθεί ο επόμενος ορισμός για τους ιούς. **"Ιός είναι νουκλεοπρωτεϊνική, υπομικροσκοπική, μολυσματική και δυνητικά νοσολογική οντότητα, η οποία αναπαράγεται μέσα σε ζωντανά κύτταρα"**.

Όπως προκύπτει από τον ορισμό αυτό οι ιοί είναι νουκλεοπρωτεΐνες, δηλαδή αποτελούνται από νουκλεϊνικό οξύ και πρωτεΐνες. Το νουκλεϊνικό οξύ αποτελεί το γονιδίωμα (genome) του ιού, το μέρος δηλαδή που περιέχει τις γενετικές πληροφορίες και είναι το μολυσματικό του μέρος. Το νουκλεϊνικό οξύ είναι, ως επί το πλείστον, **ριβοζονουκλεϊνικό οξύ (RNA)** και σε ελάχιστες περιπτώσεις **δεσοξυριβοζονουκλεϊνικό οξύ (DNA)**. Το RNA και DNA μπορεί να είναι **απλής (single stranded, ss)** ή **διπλής (double stranded, ds) αλυσίδας**.

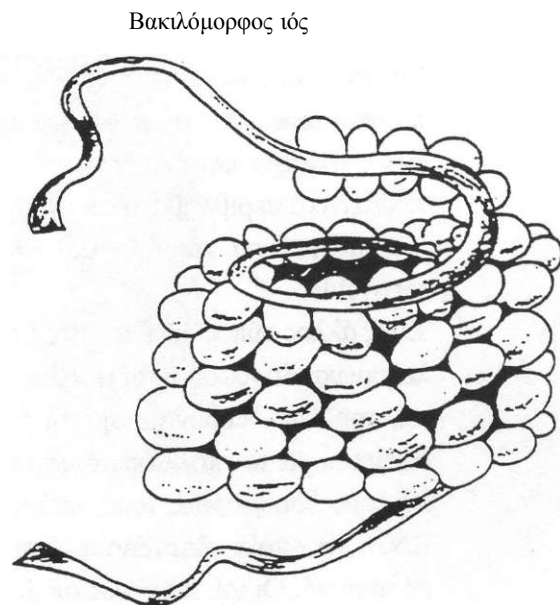
Το πρωτεϊνικό περίβλημα του νουκλεϊνικού οξέος, που ονομάζεται καψίδιο (capsid), αποτελείται από ένα αριθμό πρωτεϊνικών μορίων, που συχνά ονομάζονται **καψομέρη (capsomers)**. Μερικοί ιοί έχουν μόνο ένα είδος πρωτεϊνικών μορίων. Οι περισσότεροι, όμως, έχουν μερικά είδη πρωτεϊνικών μορίων. Το ώριμο, πλήρες σωματίδιο του ιού ονομάζεται **virion**. Το πρωτεϊνικό μέρος του ιού είναι υπεύθυνο για ορισμένες βασικές ιδιότητες του ιού, όπως η παραγωγή αντισωμάτων. Όλα τα μόρια των ιών περιέχουν νερό μέχρι και 50% του βάρους, το οποίο κανονικά δεν λαμβάνεται υπόψη όταν γίνεται α-

νάλυση των στοιχείων του ιού. Επιπλέον, ορισμένοι ιοί περιέχουν κατιόντα, πολυαμίνες, ένζυμα και λιπίδια.

Οι ιοί των φυτών είναι σφαιρικοί ή βακιλλόμορφοι ή ραβδόμορφοι (Εικ. 20). Οι βακιλλόμορφοι ιοί έχουν μήκος μέχρι 300nm και πλάτος μέχρι 95nm. Οι σφαιρικοί ιοί, στην πραγματικότητα, έχουν σχήμα πολυέδρου με είκοσι πλευρές (εικοσάεδρον) και είναι ισομετρικοί. Το καψιδίο τους αποτελείται από 60 ή 120 ή 180 μονομέρη και η διάμετρος τους είναι 17-70nm. Το νουκλεινικό οξύ είναι στενά προσαρμοσμένο στο εσωτερικό του καψιδίου και αποτελεί το 15 - 45% τους βάρους τους.



Σφαιροϊκνν-10c



Βακιλόμορφος ιός

Εικ. 20 Μορφολογία των σωματιδίων των ιών

Στους ραβδόμορφους ιούς το πρωτεϊνικό περίβλημα αποτελείται από 1150 - 3400 πρωτεϊνικές υποομάδες διατεταγμένες σε μορφή δεξιόστροφης έλικας με το ίδιο βήμα. Το μήκος τους κυμαίνεται από 46 έως και 2000nm και το πλάτος από 10- 95 nm. Το νουκλεϊνικό οξύ που αποτελεί περίπου το 5 % του βάρους τους περιελίσσεται στο εσωτερικό της πρωτεΐνης, ενώ κατά μήκος του κεντρικού άξονα μένει μικρό κενό.

Τη φυτοπαθολογία ενδιαφέρουν και οι ιοί που προσβάλλουν τα βακτήρια, οι βακτηριοφάγοι και αποτελούνται από σφαιρικό και ραβδόμορφο τμήμα. Οι βακτηριοφάγοι είναι από τους περισσότερο πολύπλοκους, αλλά και περισσότερο μελετημένους ιούς. Ενδιαφέρον, επίσης, έχουν οι ιοί που προσβάλλουν τα έντομα, διότι αποτελούν τρόπο βιολογικής καταπολέμησης.

Οι ιοί δεν έχουν ανεξάρτητο μεταβολισμό. Πολλαπλασιάζονται μόνο μέσα σε ζωντανά κύτταρα, χρησιμοποιώντας τους μηχανισμούς των κυττάρων του ξενιστού. Για το λόγο αυτό αναφέρεται ότι προκαλούν παρασιτισμό σε γενετικό επίπεδο. Ιοί έχουν παρατηρηθεί σε όλες τις κατηγορίες των ζωντανών οργανισμών, στους οποίους, πολύ συχνά, προκαλούν σοβαρές ασθένειες.

4.1.2. Ιοί με πολλαπλά σωματίδια - Δορυφόροι ιοί

Τα σωματίδια των ιών, όπως περιγράφηκαν παραπάνω, είναι τα απλούστερα που υπάρχουν στη φύση. Συχνά, όμως, τα σωματίδια και η όλη κατανομή του γονιδιώματος ορισμένων RNA ιών είναι περισσότερο πολύπλοκη. Πολλοί ιοί δεν έχουν ένα, αλλά περισσότερα μόρια RNA, δύο ή και τρία, που βρίσκονται σε διαφορετικά πρωτεϊνικά περιβλήματα (**Multicomponent viruses**). Για να γίνει μόλυνση πρέπει να συνυπάρχουν όλα τα μόρια του RNA. Ακόμη περισσότερο, σε ορισμένες περιπτώσεις, πέραν των τριών κυρίων μορίων RNA υπάρχει και ένα τέταρτο μικρότερο, που περικλείεται σε ένα από τα πρωτεϊνικά περιβλήματα των κυρίων μορίων RNA και το οποίο είναι, επίσης, απαραίτητο για να γίνει μόλυνση. Τα μόρια αυτά RNA συχνά λέγονται **virusoids**.

Ένας άλλος τύπος γονιδιώματος των ιών που παρατηρείται στα φυτά είναι οι λεγόμενοι δορυφόροι ιοί (satellite viruses). Οι δορυφόροι ιοί είναι κανονικοί ιοί, που συνοδεύουν ορισμένους γνωστούς ιούς και εξαρτώνται από αυτούς όσον αφορά τον πολλαπλασιασμό τους και τη μόλυνση των φυτών. Εκτός από τους δορυφόρους ιούς, υπάρχουν και δορυφορικά RNA, δηλαδή μόρια RNA, τα οποία εξαρτώνται, όσον αφορά τον πολλαπλασιασμό τους, από κάποιον ιό. Οι ιοί, από τους οποίους εξαρτώνται οι δορυφόροι ιοί ή τα δορυφορικά RNA, μπορούν να υπάρχουν εντελώς ανεξάρτητοι και χαρακτηρίζονται σαν βοηθητικοί ιοί (helper virus). Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του ιού του μωσαϊκού του αγγουριού (CMV). Ο ιός αυτός αποτελείται από

τρία μόρια, που είναι απαραίτητα για τον πολλαπλασιασμό του. Όμως, υπάρχει ένα επιπλέον μόριο RNA, που χαρακτηρίζεται σαν CMV - RNA 5 ή CARN- 5 RNA και βρίσκεται μέσα στα καψίδια των άλλων μορίων. Το μόριο αυτό δεν επηρεάζει τον πολλαπλασιασμό του κυρίως ιού. Αντίθετα, ο πολλαπλασιασμός του εξαρτάται απόλυτα από τον ιό με τον οποίο συνδέεται. Δορυφόροι ιοί και δορυφορικά RNA έχουν παρατηρηθεί μέχρι σήμερα σε 30 περίπου.

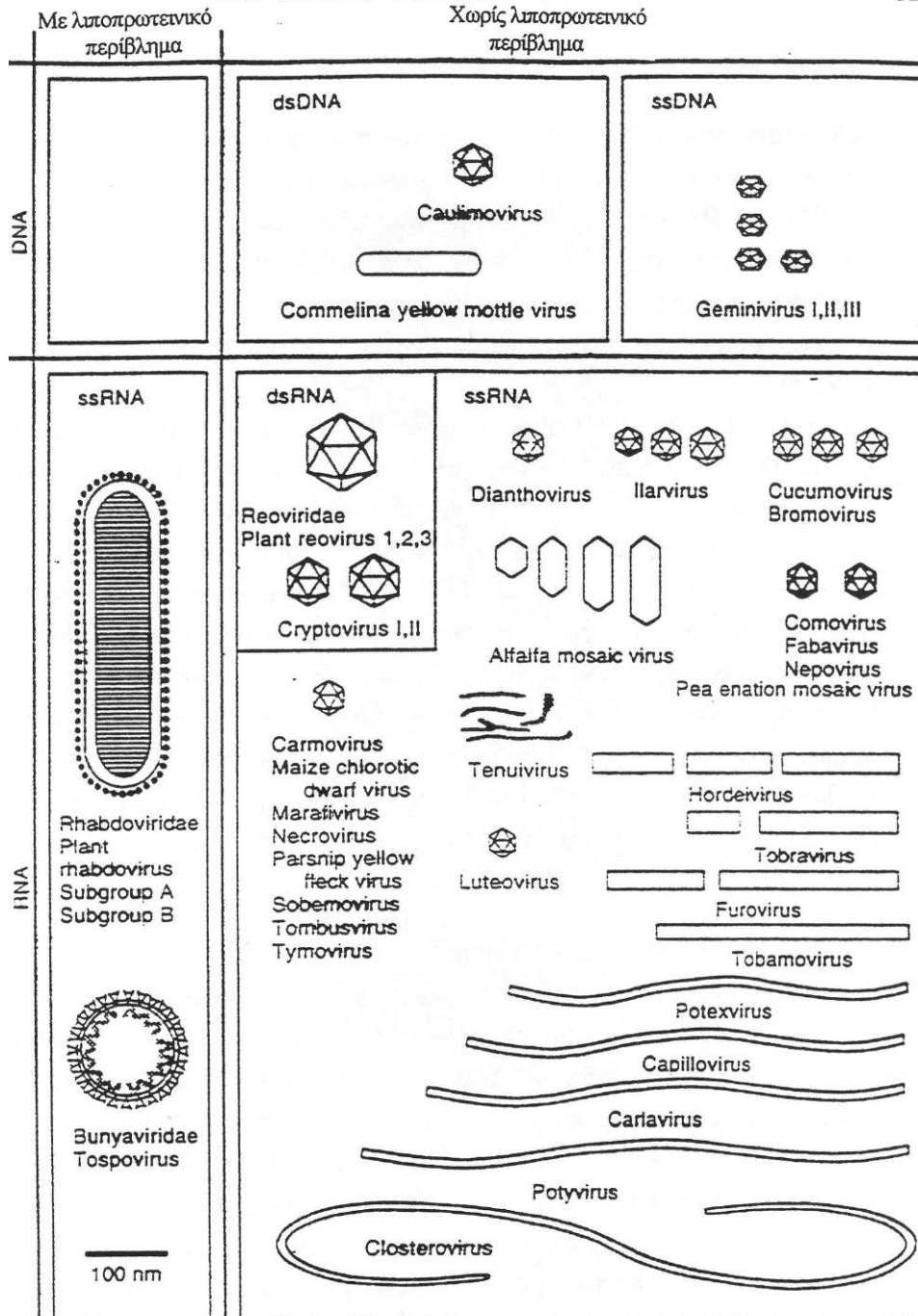
Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό των δορυφόρων ιών και των δορυφορικών RNA, από φυτοπαθολογική άποψη, είναι η ικανότητά τους να αλλάζουν τα συμπτώματα των ιώσεων. Συνήθως, παρατηρείται μείωση της έντασης των συμπτωμάτων, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις τα συμπτώματα είναι εντονότερα ή και διαφορετικά από τα συνήθη συμπτώματα του κυρίως ιού. Το αποτέλεσμα δεν εξαρτάται μόνο από τον δορυφόρο ιό ή το δορυφορικό RNA, αλλά και από το στέλεχος του κυρίως ιού και το φυτό ξενιστή.

Η ιδιότητα ορισμένων δορυφόρων ιών και δορυφορικών RNA να τροποποιούν τα συμπτώματα των κυρίως ιών προς το ηπιότερο μελετάται με στόχο τη βιολογική καταπολέμηση των ασθενειών που προκαλούνται από τον κυρίως ιό, όπως αναφέρεται αναλυτικότερα στα περί διασταυρωτής αντοχής στο κεφάλαιο της καταπολέμησης.

4.1.3. Ονοματολογία - Ταξινόμηση

Αρχικά η ονομασία κάθε ιού βασιζόταν στο κοινό όνομα του φυτού στο οποίο παρατηρήθηκε και το χαρακτηριστικότερο σύμπτωμα που προκαλεί. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε και χρησιμοποιείται ακόμη η Αγγλική ορολογία. Ο ιός που προκαλεί, π.χ. συμπτώματα μωσαϊκού στον καπνό ονομάστηκε "**Tobacco Mosaik Virus**" και εν συντομία **TMV**. Προοδευτικά, με την ανακάλυψη περισσότερων ιών, έγιναν προσπάθειες ταξινόμησής τους και καθιέρωσης μιας ενιαίας και αποδεκτής, απ όλους ονοματολογίας. Όμως, τα συστήματα που προτάθηκαν, κατά καιρούς, ελάχιστα χρησιμοποιήθηκαν. Οι ειδικοί προτιμούν, ακόμη και σήμερα, να χρησιμοποιούν το όνομα του ιού στο φυτό που αναφέρθηκε για πρώτη φορά, ανεξάρτητα της οικονομικής του σημασίας, συνοδευόμενο από το όνομα του φυτού στο οποίο αναφέρονται. Ο ιός του μωσαϊκού της αγγουριάς, π.χ. (**Cucumber Mosaic Virus, CMV**), διατηρεί το όνομα του στα διάφορα φυτά τα οποία προσβάλλει. Έτσι, η ασθένεια της τομάτας, που προκαλείται από τον συγκεκριμένο ιό, αναφέρεται σαν προσβολή της τομάτας από τον CMV.

Αργότερα, όταν η μελέτη των ιών αποκάλυψε πολλά από τα βασικά χαρακτηριστικά τους, προτάθηκε, όπως το όνομα του ιού συνοδεύεται από το λεγόμενο **κρυπτόγραμμα**, στο οποίο περιλαμβάνονται, κωδικοποιημένες,



Εικ. 21. Ταξινόμηση των ιών

πληροφορίες όσον αφορά τα βασικά χαρακτηριστικά των ιών. Έτσι, το κρυπτόγραμμα κάθε ιού αποτελείται από 4 ζευγάρια χαρακτήρες, γραμμένοι με τη μορφή κλάσματος. Οι χαρακτήρες αυτοί δίδουν πληροφορίες όσον αφορά τα παρακάτω χαρακτηριστικά των ιών.

1. Τον τύπο του νουκλεϊνικού οξέος (RNA =R, DNA = D) / τον τύπο της έλικας (απλή έλικα =1, διπλή έλικα =2).

2. Το μοριακό βάρος του νουκλεϊνικού οξέος σε εκατομμύρια (π.χ. 1 ή 2) / την % περιεκτικότητα του μορίου του ιού σε νουκλεϊνικό οξύ (π.χ. 5% ή 7%).
3. Το σχήμα του μορίου του ιού (σφαιρικό = S, επιμηκυσμένο = E, μορφή βακίλου = B) / το σχήμα του καψιδίου του ιού (με τα ίδια χαρακτηριστικά).
4. Το είδος του ξενιστή (βακτήριο =B, μύκητας =F, ασπόνδυλα = I και αγγείοσπερμα = S) / του φορέα μετάδοσης (αφίδες = A, ακάρεα = M, σπόρος = 5. θρίπας = Th, χωρίς φορέα μετάδοσης = O κ.α.).

Το κρυπτόγραμμα του TMV π.χ. είναι: R/1: 2/5: E/E : S/O. Αυτό σημαίνει ότι ο TMV: 1. Αποτελείται από RNA (R) / απλής έλικας (1). 2. Έχει μοριακό βάρος 2 εκ. / με 5% νουκλεϊνικό οξύ. 3. Το σχήμα του μορίου του είναι επίμηκες (E) / όπως και το σχήμα του καψιδίου(E). 4. Παρασιτεί αγγείοσπερμα και δεν μεταδίδεται με κάποιο φορέα.

Αργότερα η Διεθνής Επιτροπή Ταξινόμησης των ιών (ΔΕΤΙ) υιοθέτησε ένα νέο σύστημα, που έτυχε κοινής αποδοχής. Σύμφωνα με το σύστημα αυτό οι ιοί χωρίζονται σε ομάδες ανάλογα με τη μορφή του νιγίον, του τύπου, της ποσότητας και της μορφής του νουκλεϊνικού οξέος, τον τύπο και το μέγεθος της πρωτεΐνης, της ορολογικές σχέσεις, την παρουσία ή μη λιπιδίων, τον κύκλο των ξενιστών, τα συμπτώματα και το είδος του φορέα. Το 1991 προτάθηκε η ταξινόμηση των ιών των φυτών σε οικογένειες, γένη και είδη (Εικ. 21). Το 1993 έγιναν αποδεκτές 9 οικογένειες κάθε μια από τις οποίες περιλαμβάνει τουλάχιστον μια από τις υπάρχουσες μέχρι τότε ομάδες, οι οποίες σήμερα χαρακτηρίζονται γένη. Αρκετά γένη δεν έχουν ταξινομηθεί ακόμη σε οικογένειες. Από τότε που έγινε αποδεκτή η ταξινόμηση των ιών σε ομάδες, στην κοινή ονομασία του ιού προστέθηκε και το όνομα της ομάδας στην οποία ανήκει. Έτσι, το όνομα του ιού του μωσαϊκού του καπνού από TMV έγινε TMToBaxnoV.

4.1.4. Μετάδοση

Οι ιοί δεν μπορούν να μολύνουν τα φυτά όταν τοποθετηθούν σε ανέπαφη φυλλική ή άλλη επιφάνεια. Για να γίνει μόλυνση πρέπει οποιoσδήποτε ο ιός να μεταφερθεί και να τοποθετηθεί με κάποιο τρόπο σε κύτταρα του φυτού ξενιστή. Αυτό μπορεί να γίνει με τους παρακάτω τρόπους.

4.1.4.1. Μηχανική μετάδοση.

Είναι η συνηθέστερη μέθοδος μετάδοσης των ιών για εργαστηριακές μελέτες. Όμως, στην πράξη ο τρόπος αυτός μετάδοσης δεν είναι συχνός και έχει μόνο μικρή οικονομική σημασία. Για να μεταδοθεί ένας ιός με τον τρόπο αυτό θα πρέπει να πολλαπλασιάζεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στο φυτό ξενιστή, να είναι πολύ σταθερός και να υπάρχει δυνατότητα μηχανικής μεταφοράς σε πληγές των φυτών στις οποίες δεν έχουν νεκρωθεί οι ιστοί. Τέτοια εί-

ναι η περίπτωση του TMV, ο οποίος μεταδίδεται με την τριβή των φύλλων υγιών και ασθενών φυτών, με τα χέρια ή τα ρούχα των εργατών που έρχονται σε επαφή με υγιή και ασθενή φυτά κ.α.. Πολλοί ιοί, επίσης, μεταδίδονται με εργαλεία που χρησιμοποιούνται στην καλλιεργητική πρακτική, όπως ψαλίδια, μαχαιρία κ.α.. Η απολύμανση τέτοιων εργαλείων με θέρμανση σε φλόγα αποτρέπει τη μόλυνση.

4.1.4.2. Με το σπόρο

Η μετάδοση των ιών με τους σπόρους, ακόμη και σε μικρό ποσοστό, έχει πολύ μεγάλη οικονομική σημασία διότι. 1. Τα νέα φυτά, που προέρχονται από μολυσμένους σπόρους, αποτελούν εστίες από τις οποίες η ασθένεια μπορεί να μεταδοθεί, με άλλους τρόπους σε υγιή φυτά. 2. Διότι με το εμπόριο των σπόρων οι ιοί μπορούν να μεταφερθούν σε άλλες περιοχές ή και άλλες χώρες. 3. Στους μολυσμένους σπόρους, όχι μόνο των καλλιεργούμενων φυτών, αλλά και των ζιζανίων, οι ιοί μπορούν να διατηρούνται μέχρι να σπαρθούν.

Οι ιοί, που μεταφέρονται με τους σπόρους, μπορεί να βρίσκονται στην επιφάνεια, στο εξωτερικό περίβλημα ή στο έμβρυο του σπόρου. Περισσότερο συχνή και περισσότερο επικίνδυνη είναι η περίπτωση που ο ιός βρίσκεται στο έμβρυο.

Το ποσοστό των ιών που μεταδίδεται με τους σπόρους είναι κατ'άλλους 10% και κατ'άλλους πάνω από 25%. Το ποσοστό των σπόρων ενός φυτού, που μεταδίδει αυτούς τους ιούς κυμαίνεται από 1 έως 100%, αλλά συνήθως είναι μικρότερο του 10%. Αυτό εξαρτάται κυρίως από το βλαστικό στάδιο που γίνεται η μόλυνση των φυτών. Όσο ενωρίτερα γίνει η μόλυνση τόσο υψηλότερο ποσοστό σπόρων θα μεταφέρει τον ιό. Άλλοι παράγοντες που παίζουν ρόλο είναι το είδος του φυτού, η ποικιλία, η θερμοκρασία ανάπτυξης του κ.α.. Η μόλυνση, όμως, του σπόρου δεν γίνεται μόνο από το άρρωστο μητρικό φυτό, αλλά και με τη γύρη που μεταφέρεται από άρρωστα φυτά. Μικρός αριθμός ιών, τέλος, μεταδίδεται σε υγιή φυτά με τη γύρη άρρωστων φυτών.

4.1.4.3. Με τον αγενή πολλαπλασιασμό.

Όλα τα είδη του αγενούς πολλαπλασιασμού, μοσχεύματα, βολβοί, κορμοί, κόνδυλοι, ριζώματα κ.α. μεταδίδουν τους ιούς. Δεδομένης της εκτεταμένης εφαρμογής του αγενούς πολλαπλασιασμού στη γεωργική πρακτική σήμερα, γίνεται αντιληπτή η σημασία του τρόπου αυτού μετάδοσης των ιών.

4.1.4.4. Μετάδοση με τον εμβολιασμό.

Ο εμβολιασμός, ίσως, είναι ο ευκολότερος τρόπος μετάδοσης των ιών. Η μετάδοση μπορεί να γίνει από το υποκείμενο στο εμβόλιο και αντίστροφα. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται από ερευνητές για τη μετάδοση ιών που δεν μεταδίδονται μηχανικά. Όμως, και στην πράξη ο τρόπος αυτός έχει μεγάλη

οικονομική σημασία, ιδιαίτερα για τη μετάδοση των ιών των δέντρων που εμβολιάζονται, όπως είναι τα εσπεριδοειδή, τα μηλοειδή, τα πυρηνόκαρπα, το αμπέλι κ. α.. Η μετάδοση των ιών με τον εμβολιασμό χρησιμοποιείται εκτεταμένα στον έλεγχο που γίνεται στα φυτά που παράγονται με μικροπολλαπλασιασμό προκειμένου να γίνει εξυγίανση σε είδη όπως τα εσπεριδοειδή και τα αμπέλια. Η μετάδοση είναι ευκολότερη όταν ο εμβολιασμός είναι επιτυχής, αλλά αυτό δεν είναι αναγκαία προϋπόθεση. Η μετάδοση μπορεί να γίνει ακόμη και όταν το εμβόλιο και το υποκείμενο δεν πληρούν τις προϋποθέσεις επιτυχούς εμβολιασμού.

4.1.4.5. Μετάδοση με τα έντομα.

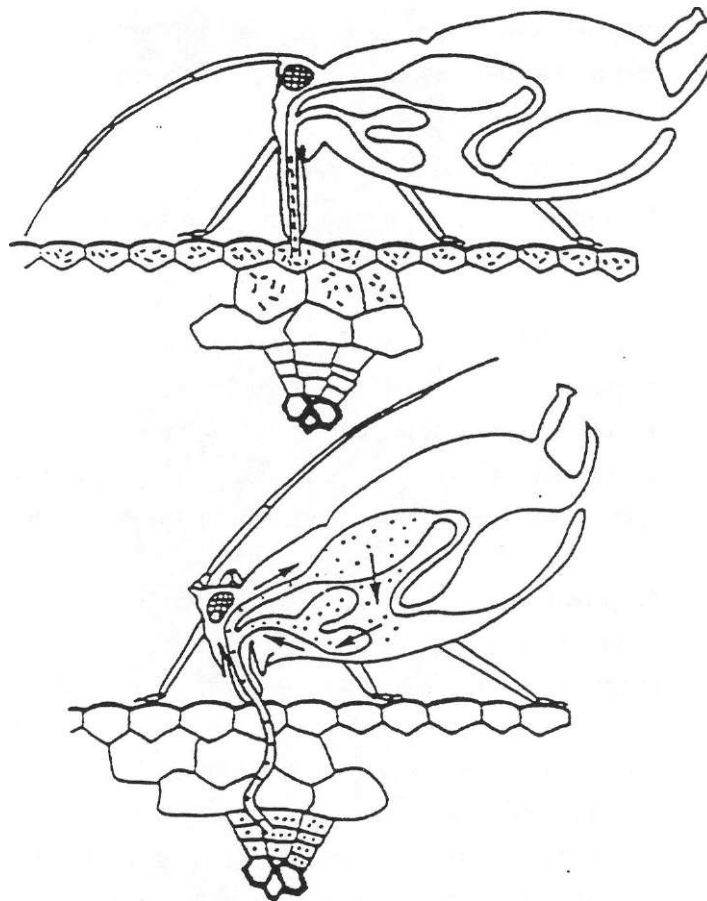
Ο τρόπος αυτός μετάδοσης των ιών είναι ο ποίο συνηθισμένος στη φύση. Τα έντομα που μεταδίδουν ιούς είναι κυρίως οι αφίδες, ιδιαίτερα το είδος *Myzus persicae*, τα είδη των οικογενειών *Cicadelidae* ή *Jassidae* (κοινώς τζιτζικακία), *Delphacidae*, *Membracidae* κ.α.. Οι ιοί που μεταδίδονται με ένα από τα παραπάνω αθροίσματα εντόμων, συνήθως, δεν μεταδίδονται με έντομα από το άλλο άθροισμα. Φορείς ιών είναι, επίσης, ορισμένα ακάρεα.

Οι ιοί μεταδίδονται με τις αφίδες με τον **έμμοно, μη έμμοно και ημιέμοно** τρόπο και ονομάζονται αντίστοιχα **έμμοноι, μη έμμοноι και ημιέμοноι** (Εικ.22).

Έμμοноι ιοί. Για να μεταδοθούν οι ιοί αυτοί πρέπει το έντομο φορέας να τραφεί στο άρρωστο φυτό τουλάχιστο 20 λεπτά. Η αποτελεσματικότητα των εντόμων να μεταδίδουν τον ιό αυξάνεται όταν ο χρόνος διατροφής κυμαίνεται από 6 έως 24 ώρες. Η μετάδοση μπορεί να αρχίσει το νωρίτερο 12 ώρες αργότερα. Το έντομο διατηρεί την ικανότητα να μεταδίδει τον ιό τουλάχιστο μια εβδομάδα και συχνά όλη του ζωή. Οι έμμοноι ιοί κυκλοφορούν στο κυκλοφοριακό σύστημα των εντόμων φορέων και ορισμένοι πολλαπλασιάζονται μέσα σε αυτό. Οι τελευταίοι, καμιά φορά, μεταφέρονται και στους απογόνους των εντόμων. Οι έμμοноι ιοί έχουν εξειδίκευση όσον αφορά στο έντομο φορέα και η ικανότητα του εντόμου να μεταδίδει τον ιό δεν αυξάνει όταν το έντομο διατηρείται σε νηστεία πριν τη βόσκηση σε μολυσμένο φυτό, όπως συμβαίνει με τους μη έμμοноις ιούς. Οι έμμοноι ιοί εντοπίζονται, ως επί τω πλείστον, στους ηθμώδεις σωλήνες των φυτών και έτσι, συνήθως, δεν μεταδίδονται μηχανικά.

Μη έμμοноι ιοί. Μεταδίδονται από το έντομο φορέα μόλις αυτό τραφεί έστω και ολίγα λεπτά στο μολυσμένο φυτό. Παράλληλα, το έντομο χάνει την ιδιότητα του να μεταδίδει τον ιό, συνήθως, μετά από τέσσερις ώρες. Η αποτελεσματικότητα των εντόμων φορέων να μεταδίδουν τους ιούς αυτούς αυξάνει

A



Εικ. 22. Διάγραμμα που δείχνει τους μηχανισμούς πρόσληψης των ιών από τις αφίδες. A= M^{III} έμμονοι ιοί. Τα έντομα τρέφονται στα επιδερμικά κύτταρα του φυτού και c, δεν περνά στο κυκλ. Εφοριακό σύστημα του εντόμου. B= Έμμονοι ιοί. Τα έντομα τρέφονται σε ζώδη αγγεία του φυτού και ο ιός περνά στο κυκλοφοριακό σύστημα του εντόμου.

όταν υποβάλλονται σε νηστεία πριν αρχίσουν τα νύγματα στα άρρωστα φυτά. Η όλη διαδικασία της μετάδοσης των ιών αυτών με τα έντομα και το γεγονός ότι μεταδίδονται στο εργαστήριο σχετικά εύκολα με μηχανικό τρόπο οδηγεί στο συμπέρασμα ότι

οι ιοί αυτοί προσλαμβάνουν τα σωματίδια των ιών από τα επιδερμικά κύτταρα των άρρωστων φυτών και τα μεταδίδουν στα επιδερμικά κύτταρα των υγιών. Τέλος, οι μη έμμονοι ιοί δεν περνούν στο κυκλοφοριακό σύστημα των εντόμων, αλλά διατηρούνται στα στοματικά τους μόρια.

Ημιέμμονοι ιοί. Οι ιοί αυτοί έχουν ιδιότητες ενδιάμεσες μεταξύ έμμονων και μη έμμονων ιών. Στη πραγματικότητα δεν περνούν στο κυκλοφοριακό σύστημα των εντόμων, αλλά τα έντομα φορείς διατηρούν την ικανότητα να μεταδίδουν τον ιό μέχρι τρεις έως και τέσσερις μέρες. Το έντομο μεταφέρει τον ιό αν τραφεί μόλις 30 λεπτά στο άρρωστο φυτό. Οι ημιέμμονοι, όπως και οι έμμονοι ιοί, βρίσκονται κυρίως στους ηθμούς των φυτών.

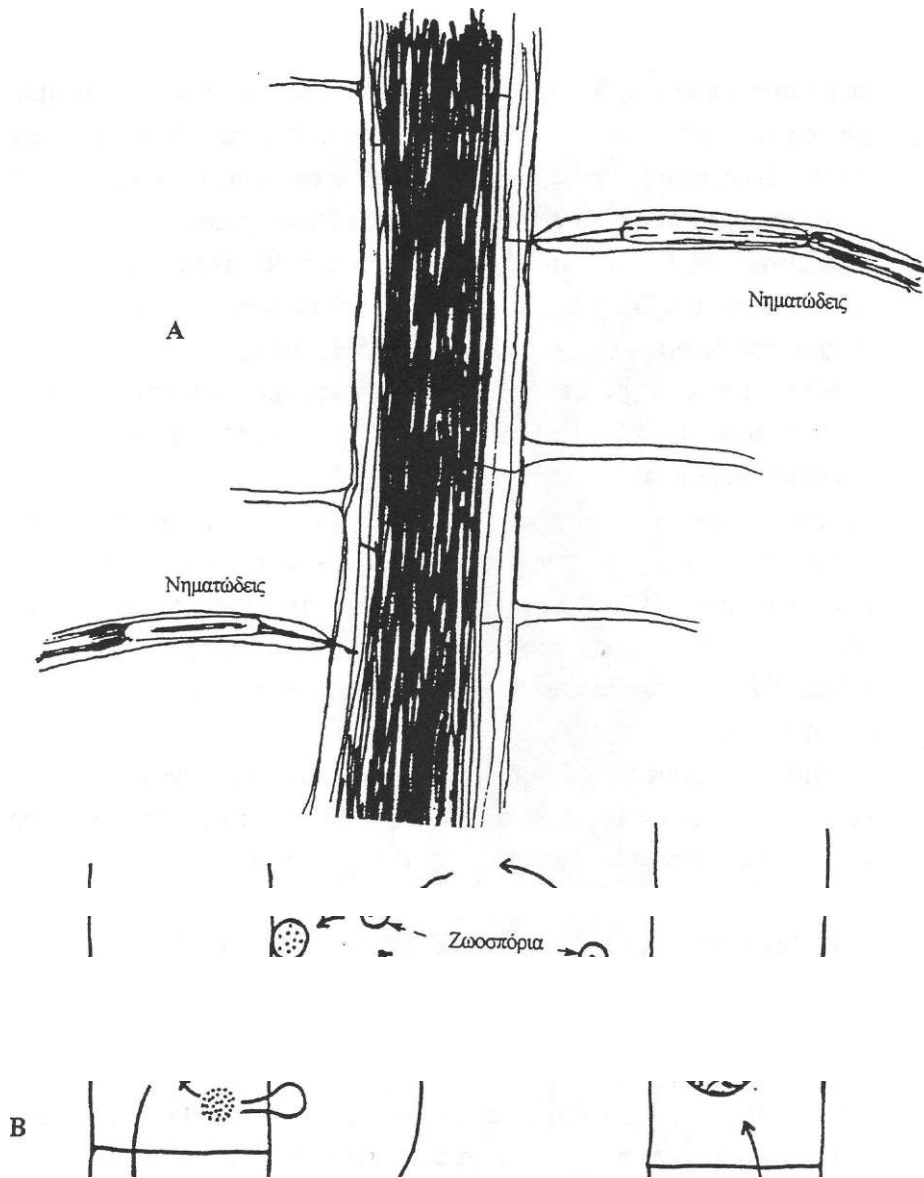
Τα χαρακτηριστικά έμμονος, μη έμμονος και ημιέμμονος αποτελούν ιδιότητες των ιών και όχι των εντόμων με τα οποία μεταδίδονται. Ένα είδος αφίδας μπορεί να μεταδίδει ιούς που ανήκουν και στις τρεις αυτές κατηγορίες. Οι παραπάνω χαρακτηρισμοί έχουν βασίζονται σε μελέτες που έχουν γίνει σε αφίδες, αλλά χρησιμοποιούνται και όσον αφορά στη μετάδοση των ιών από άλλους φορείς.

Ορισμένα σημαντικά έντομα που μεταδίδουν ιούς είναι: Η αφίδα *Myzus persicae*, γνωστή και σαν πράσινη αφίδα. Με αυτή μεταδίδονται ορισμένοι πολύ καταστρεπτικοί ιοί, όπως ο ιός Υ της πατάτας, του μωσαϊκού των τεύτλων κ.α.. Η αφίδα *Toxoptera citricida*, η οποία μεταδίδει τον ιό της τριστέτσας των εσπεριδοειδών. Ο αλευρώδης *Bemisia tabaci*, που μεταδίδει πολύ καταστρεπτικούς ιούς όπως τον ιό του καρουλιάσματος των φύλλων του καπνού (TCLV). Ο θρίπας *Frankliniella fusca*, που μεταδίδει τον ιό της κηλιδωτής μάρανσης της τομάτας (TSWV).

Είναι φυσικό ότι οι ιοί που μεταδίδονται με έντομα μπορούν να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις, είτε με αυτόνομη κίνηση των εντόμων, τα οποία συχνά πετούν, είτε, ακόμη περισσότερο, με τον αέρα, οποίος μπορεί να παρασύρει τα έντομα

4.1.4.6. Μετάδοση με νηματώδεις

Σημαντικός αριθμός ιών της ομάδας των tobnaviruses και nepoviruses μεταδίδεται με νηματώδεις των γενών *Xiphinema*, *Trichodorus*, *Paratrichodorus* και *Longidorus*. Γνωστοί ιοί, που μεταδίδονται με νηματώδεις, είναι ο **ιός του μολυσματικού εκφυλισμού του αμπελιού (Grapevine Fan Leaf Virus, GFLV)**, που μεταδίδεται με τα είδη *Xiphinema index* και *X. italiae*, ο **ιός της δακτυλιωτής κηλιδωσης της τομάτας (Tomato Ringspot Virus, TRV)**, που μεταδίδεται με το είδος *X. americanum*. κ.α.. Οι νηματώδεις όχι μόνο μεταδίδουν τους ιούς από φυτό σε φυτό, αλλά, μπορούν να τους διατηρούν από τη μια καλλιεργητική περίοδο στην άλλη ή ακόμη μεγαλύτερο χρο



Εικ. 23. Μετάδοση των ιών με νηματώδεις (Α), και με μύκητες (Β).

νικό διάστημα. Ο *X index* π.χ. διατηρεί τον GVFV για οκτώ μήνες και έτσι η ανανέωση ενός αμπελώνα προϋποθέτει την καταστροφή του νηματώδους (Εικ. 23).

4.1.4.7. Μετάδοση με μύκητες

Μικρός αριθμός ώσεων μεταφέρεται με μύκητες των γενών *Olipidium*, *Polymyxa*, *Spongospora* και *Pythium*. Στα γένη αυτά ανήκουν γνωστοί παθογόνοι μύκητες του εδάφους, που παράγουν ζωοσπόρια, με τα οποία μολύνουν και ωοσπόρια με τα οποία διατηρούνται στο έδαφος μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι ιοί βρίσκονται είτε μέσα, είτε στην επιφάνεια των ζωοσπορίων, τα οποία τους μεταφέρουν στα υγιή φυτά. Παράλληλα, μπορούν να διατηρούνται στο έδαφος μέσα στα ωοσπόρια, όσο καιρό αυτά επιζούν. Ορισμένοι πολύ γνωστοί ιοί, που μεταδίδονται με μύκητες, είναι ο ιός που προκαλεί τη **ριζομανία των τεύτλων (Beet Necrotic Yellow Vein dorovirus, BNVDov)** και μεταδίδεται από το μύκητα *Polymyxa betae*, ο **ιός των μεγάλων νεύρων του μαρουλιού (Lettuce Big Vein Virus, LBW)**, που μεταδίδεται από το μύκητα *Olipidium brassicae* κ.α.(Εικ. 23).

Τόσον οι ιοί που μεταδίδονται με νηματώδεις, όσο και εκείνοι που μεταδίδονται με μύκητες, μετακινούνται πολύ αργά στο έδαφος, συνήθως μερικά εκατοστά το χρόνο και έτσι η εξάπλωση τους, αν δεν μεσολαβήσουν άλλοι παράγοντες, όπως μεταφορά του εδάφους ή μεταφορά με το νερό του ποτίσματος, είναι πολύ αργή.

4.1.5. Μόλυνση

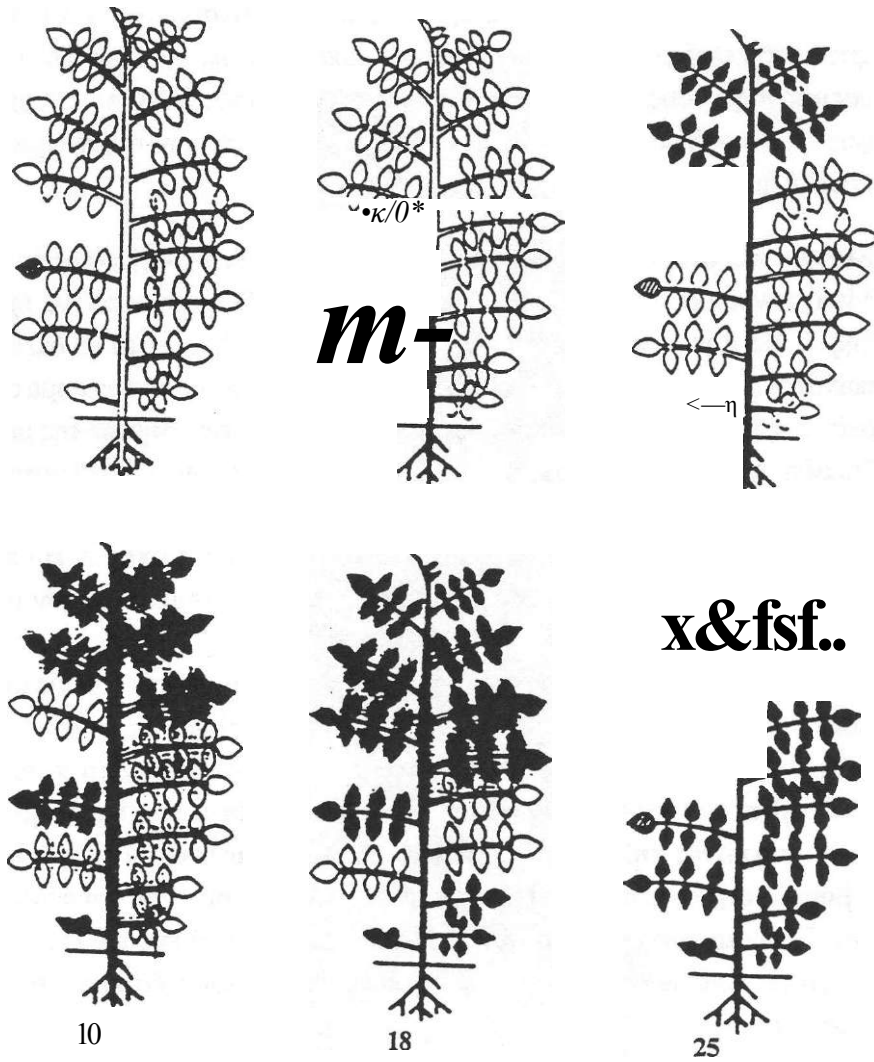
Οι ιοί είναι υποχρεωτικά παράσιτα, ζουν δηλαδή μόνο σε ζωντανά κύτταρα. Το μολυσματικό μέρος των ιών είναι το νουκλεινικό οξύ, στο οποίο είναι κωδικοποιημένες οι εντολές για την αναπαραγωγή τόσο του ίδιου όσο και της πρωτεΐνης, που το περιβάλλει. Επίσης, οι ιοί, εκτός ορισμένων εξαιρέσεων, στερούνται ενζύμων ή οποιωνδήποτε άλλων στοιχείων θα μπορούσαν να τους βοηθήσουν να εγκατασταθούν μέσα στα κύτταρα των φυτών. Έτσι, μόλυνση μπορεί να γίνει μόνο εάν τοποθετηθούν σε τραυματισμένα κύτταρα, τα οποία δεν έχουν νεκρωθεί.

Με την τοποθέτηση των ιών στα φυτικά κύτταρα αρχίζει η διαδικασία του πολλαπλασιασμού. Αρχικά, το νουκλεινικό οξύ ελευθερώνεται από το περιβάλλον της πρωτεΐνης. Ακολούθως, το ελεύθερο νουκλεινικό οξύ παρεμβαίνει στις βιοχημικές λειτουργίες του κυττάρου και το αναγκάζει να παράγει νέο νουκλεινικό οξύ του ιού και νέα πρωτεΐνη. Η διαδικασία παραγωγής των συστατικών αυτών είναι πολύ περίπλοκη και ξεφεύγει από τους σκοπούς αυτού του βιβλίου. Τέλος, το νουκλεινικό οξύ και η πρωτεΐνη ενώνονται και σχηματίζουν νέα virions. Τα νέα μόρια του ιού, που εμφανίζονται 10 ώρες

περίπου μετά τη μόλυνση, είτε διατηρούνται διάσπαρτα στο κύτταρο, είτε συνενώνονται και σχηματίζουν κρυσταλλικά σώματα.

Οι ιοί, όπως άλλωστε και τα άλλα παθογόνα των φυτών, δεν περιορίζονται στα κύτταρα που μολύνθηκαν αρχικά, αλλά εξαπλώνονται προοδευτικά σε άλλα μέρη του φυτού. Η εξαπλώση των ιών μέσα στο φυτό είναι μια πολύπλοκη διαδικασία. Οι ιοί μετακινούνται από κύτταρο σε κύτταρο, σε μικρές αποστάσεις, ή διαμέσου των αγγείων σε μεγάλες αποστάσεις. Πολλοί ιοί, όπως εκείνοι που προκαλούν μωσαικώσεις, μετακινούνται και με τους δύο τρόπους. Δηλαδή, από κύτταρο σε κύτταρο αρχικά, μετά τη μόλυνση των επιδερμικών κυττάρων και μέχρι να φθάσουν στα αγγεία, ακολούθως μετακινούνται μέσω των αγγείων σε μεγάλες αποστάσεις και τελικά, όταν φθάσουν σε ακραία σημεία, μετακινούνται πάλι από κύτταρο σε κύτταρο. Άλλοι ιοί περιορίζονται στα αγγεία, κυρίως στους ηθμούς, όπου και τοποθετούνται εξ αρχής από τους φορείς τους. Τέλος, ορισμένοι ιοί μετακινούνται λίγο πέραν από τους ηθμούς. Η διασυστηματική εξαπλώση πολλών ιών είναι πλήρης και δεν εξαιρείται κανένα μέρος του φυτού. Ορισμένοι, όμως, ιοί δεν εξαπλώνονται το ίδιο σε όλα τα μέρη του φυτού. Σε ορισμένα μέρη, όπως το μερίπωμα, τα μόρια των ιών προχωρούν αργότερα ενώ, άλλα πάλι μέρη, όπως το έμβρυο, δυνατόν να μείνουν αμόλυντα.

Η μετακίνηση των ιών από κύτταρο σε κύτταρο γίνεται μέσα από τα πλασμοδέσματα. Τα πλασμοδέσματα είναι σωληνοειδείς σχηματισμοί, αρκετά περίπλοκοι, που συνδέουν το κυττόπλασμα των γειτονικών κυττάρων, έτσι ώστε όλα τα κύτταρα των φυτών να βρίσκονται σε ένα διασυνδεδεμένο δίκτυο, που επεκτείνεται μέχρι τα αγγεία του φλοιού και του ξύλου. Όσον αφορά στη διάμετρο των πλασμοδεσμάτων οι απόψεις δίστανται. Αναφέρεται ότι μέσα από αυτά μπορούν να περάσουν μόρια μέχρι και 1000 kd. Ανεξάρτητα από τις διαφορές, όσον αφορά στη διάμετρο των πλασμοδεσμάτων, είναι βέβαιο ότι αυτή είναι μικρότερη από τη διάμετρο των σωματιδίων των ιών. Έτσι, τίθεται το ερώτημα πως γίνεται η μετακίνηση των μεγάλων μορίων των ιών μέσα από τους σωληνίσκους των πλασμοδεσμάτων. Αν και το θέμα δεν φαίνεται ακόμη λυμένο, τα τελευταία χρόνια αυξάνουν συνεχώς οι ενδείξεις ότι στη μετακίνηση αυτή εμπλέκονται μια ή περισσότερες πρωτεΐνες, που παράγονται από τα φυτά κατ'εντολή των ιών. Ο τρόπος δράσης των πρωτεϊνών δεν είναι καλά γνωστός. Φαίνεται, όμως, ότι προκαλούν κάποιες αλλαγές στα πλασμοδέσματα, έτσι ώστε μέσα από αυτά να περνούν ολόκληρα σωματίδια ή μικρότερα μέρη των ιών. Η μεταφορά των ιών σε μεγάλες αποστάσεις μέσα από τα αγγεία γίνεται ταχύτερα, αλλά η όλη διαδικασία δεν είναι καλά γνωστή. Σχηματική παράσταση της μετακίνησης των ιών στα φυτά φαίνεται στην Εικόνα 24.



Εικ. 24. Σχηματική παράσταση της μετακίνησης ενός ιού στο φυτό (3, 4, 5, 10, 18 και 25 μέρες μετά τη μόλυνση).

Αποτέλεσμα της δράσης των ιών είναι η χρησιμοποίηση, από το φυτό, μεγάλου μέρους των θρεπτικών συστατικών, κυρίως αζωτούχων, για τον σχηματισμό των σωματιδίων των ιών. Σε μερικές ιώσεις το ποσοστό του αζώτου που είναι ενσωματωμένο στα σωματίδια των ιών είναι 33-65% του ολικού αζώτου του φυτού. Εκτός, όμως, από τη δαπάνη θρεπτικών ουσιών για την αναπαραγωγή τους, οι ιοί παρεμβαίνουν και στη φυσιολογική λειτουργία των φυτών. Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι η εμφάνιση των συμπτωμάτων στα προσβλημένα φυτά.

4.1.6. Μάκρο και μικροσκοπικά συμπτώματα των ιώσεων - έγκλειστα

Μετά την προσβολή ενός φυτού από ένα ιό, η εξέλιξη δυνατόν να έχει ως εξής. 1. Να μην εκδηλωθούν ποτέ συμπτώματα, αλλά το φυτό να διατηρεί την ικανότητα να μεταδίδει τον ιό. Τα φυτά αυτά λέγονται ασυμπτωματικοί φορείς. 2. Να προκληθούν μικρές νεκρωτικές κηλίδες στα σημεία της μόλυνσης δηλαδή τοπικά συμπτώματα. 3. Να μην εμφανιστούν συμπτώματα εάν οι συνθήκες του περιβάλλοντος και κυρίως η θερμοκρασία δεν είναι ευνοϊκές. 4. Να εμφανιστούν έντονα συμπτώματα και το φυτό να καταλήξει σε γρήγορο θάνατο. 5. Να υπάρξει προοδευτική ταση των συμπτωμάτων με κατάληξη το γρήγορο ή αργό θάνατο του φυτού.

Οι διάφορες ιώσεις δημιουργούν στα φυτά μεγάλη ποικιλία συμπτωμάτων. Πολλά από αυτά είναι όμοια με εκείνα που προκαλούν τα άλλα παθογόνα, π.χ. οι νεκρωτικές κηλίδες, ενώ άλλα είναι τυπικά συμπτώματα ιώσεων. Πολύ κοινά συμπτώματα των ιώσεων είναι **το μωσαϊκό, το κίτρινο μωσαϊκό, οι δακτυλιωτές κηλιδώσεις, ο νανισμός, η βραχυγονάτωση, η δεσμίωση, η βοθρίωση, οι εξελκώσεις, η έκκριση κόμης, οι παραμορφώσεις κ.α..** Στο ίδιο φυτό εμφανίζονται συνήθως περισσότερα από ένα είδος συμπτώματα. Τα παραπάνω συμπτώματα περιγράφονται λεπτομερέστερα στο σχετικό κεφάλαιο.

Εκτός από τα μακροσκοπικά συμπτώματα, οι ιοί προκαλούν και πολύ σημαντικές κυτταρολογικές και ιστολογικές αλλαγές στα άρρωστα φυτά. Τέτοιες μπορεί να είναι παραμορφώσεις και βιοχημικές αλλαγές στον πυρήνα, στους χλωροπλάστες, τα μιτοχόντρια κ.α..

Τέλος, σε φυτά προσβλημένα από ιούς, παρατηρούνται, πολύ συχνά, έγκλειστα σωματίδια, στο κυττόπλασμα ή στον πυρήνα, διαφόρων σχημάτων, μεγεθών και δομών, που αποτελούνται από μόρια των ιών ή είναι πρωτεϊνικής φύσης. Τέτοια σωματίδια, παλαιότερα χαρακτηρίζονταν σαν σωματίδια X.

Οι ζημιές, που προκαλούν οι ιώσεις, κυμαίνονται από πολύ ήπιες, έως και την ολοκληρωτική καταστροφή των φυτών, όπως στη περίπτωση της τριστέζας των εσπεριδοειδών.

4.1.7. Χαρακτηριστικά των ιώσεων

Ένας ιός είναι δυνατόν να προσβάλει πολλά φυτά, καλλιεργούμενα και μη, πολύ συχνά μη συγγενή μεταξύ τους, στα οποία προκαλεί όμοια ή και διαφορετικά συμπτώματα. Επίσης, κάθε φυτό προσβάλλεται από πολλούς ιούς με διαφορετική σύσταση. Ακόμη είναι δυνατόν το ίδιο φυτό να είναι προσβλημένο συγχρόνως από δύο ιούς ή από δύο διαφορετικά στελέχη του ίδιου ιού. Όταν ένα φυτό προσβληθεί από δύο διαφορετικούς ιούς συνήθως επικρατούν τα συμπτώματα που προκαλεί ο δεύτερος ιός. Είναι δυνατόν, επίσης, να επικρατήσουν τα συμπτώματα του πρώτου ιού ή ακόμη να αναπτυχθεί μια νέα ασθένεια, πολύ πιο καταστρεπτική από την ασθένεια που προκαλεί καθένας από τους ιούς μόνος του. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η προσβολή της τομάτας από τον ιό του μωσαϊκού της τομάτας (ToMV) καπνού και τον ιό X της πατάτας. Καθένας μόνος του προκαλεί ήπια ασθένεια. Οι δύο ιοί μαζί προκαλούν την πολύ καταστρεπτική **διπλή ράβδωση της τομάτας**. Αντίθετα Όταν ένα φυτό προσβληθεί από ένα στέλεχος ενός ιού συνήθως δεν προσβάλλεται από άλλο στέλεχος του ίδιου ιού, ή, αν προσβληθεί, τα συμπτώματα είναι πολύ ήπια. Η ιδιότητα αυτή έχει τύχει εκμετάλλευσης στην πράξη για την καταπολέμηση πολύ μολυσματικών φυλών με ήπιες φυλές.

Ορισμένα φυτά στα οποία δεν έχουν αναφερθεί ακόμη ιοί θεωρείται ότι απλώς δεν έχουν μελετηθεί αρκετά. Στην ελιά π.χ. στην οποία μέχρι πριν από λίγα χρόνια δεν είχε αναφερθεί κανένας ιός, σήμερα έχουν παρατηρηθεί μερικοί ιοί.

4.2. ΙΟΕΙΔΗ-PRIONS

Στις αρχές τις Ιοετίας του 1980 διαπιστώθηκε ότι, η ασθένεια των ατρακτοειδών κονδύλων της πατάτας (**Potato Spindle Tuber, PST**) που εθεωρείτο ίωση, προκαλείται από παθογόνο, που μοιάζει με ιό, αλλά έχει πολύ μεγάλες διαφορές από τους γνωστούς ιούς. Ο τύπος αυτός του παθογόνου, σε αντιδιαστολή με τους γνωστούς ιούς (virus), ονομάστηκε ιοειδές (viroid) και το ιοειδές, που προκαλεί τη συγκεκριμένη ασθένεια **Potato Spindle Tuber Viroid (PSTVd)**.

Από τότε έχουν βρεθεί πάνω από 20 ιοειδή που προκαλούν ασθένειες των φυτών. Μεταξύ αυτών, εκτός από το προηγούμενο, είναι το ιοειδές της ασθένειας "εξοκορτίς" των εσπεριδοειδών (**CEVd**), το ιοειδές του νανισμού της κορυφής της τομάτας (**TASVd**), το ιοειδές της καχεξίας - ξυλοπόροσης των εσπεριδοειδών (**CC-XVd**) κ.α..

Το μόριο των ιοειδών αποτελείται από RNA που συντίθεται από 246 - 375 νουκλεοτίδια και έχει μοριακό βάρος $0.8-1.3 \times 10^6$ daltons. Το RNA των ιοειδών είναι ελεύθερο, δηλαδή δεν περιβάλλεται από νουκλεοπρωτεΐνη, και

πολλαπλασιάζεται αυτόνομα στο κύτταρο του ξενιστή. Οι βασικές διαφορές των ιοειδών από τους ιούς είναι το πολύ μικρό μοριακό βάρος, το μήκος του RNA και η έλλειψη περιβλήματος νουκλεοπρωτεΐνης (καψίδιο). Ακόμη τα ιοειδή πολλαπλασιάζονται και προκαλούν ασθένειες στους ξενιστές σε θερμοκρασίες ανώτερες από εκείνες των ιών.

Τα συμπτώματα, που προκαλούν στους ξενιστές τους, είναι παρόμοια με εκείνα των ιώσεων με εντονότερο εκείνο του νανισμού. Τέλος, ο τρόπος μετάδοσης και η αντιμετώπισή τους είναι όμοιες με τις ιώσεις.

Τα **prions** είναι μικρές πρωτεΐνες που θεωρούνται αιτία μιας ομάδας ασθενειών που ονομάζονται σπογγώδεις εγκεφαλοπάθειες. Είναι ασθένειες του νευρικού συστήματος, οδηγούν στον εκφυλισμός του και έχουν πάντοτε μοιραία κατάληξη. Απαντώνται σε μεγάλο αριθμό ειδών του ζωικού βασιλείου όπως τον άνθρωπο, τα πρόβατα, τις αγελάδες κ.α. Οι γνωστότερες από αυτές είναι η σπογγώδης εγκεφαλοπάθεια των βοοειδών (**Bovine Spongiform Encephalopathy, BSE**), ευρύτερα γνωστή σαν "ασθένεια των τρελών αγελάδων", η ασθένεια scrapie των προβάτων, η ασθένεια Creutzfeld - Jakob του ανθρώπου κ.α.

Κάθε prion περιέχει περί τα 2500 αμινοξέα και είναι περίπου 100 φορές μικρότερα από το μικρότερο ιό. Έχουν την δυνατότητα να αυτοπολλαπλασιάζονται, πράγμα που μέχρι στιγμής εθεωρείτο αποκλειστικότητα των νουκλειϊκών οξέων. Κατά τον Αμερικανό Prusiner, που τα ανακάλυψε, τα prions είναι πρωτεΐνες που εμφανίζονται με δύο μορφές: Μια φυσιολογική, που υπάρχει στα φυσιολογικά κύτταρα και μια παθολογική, παραλλαγή της φυσιολογικής, που παρατηρείται σε παθολογικά κύτταρα. Το έναυσμα για την εκκίνηση της διαδικασίας της ασθένειας δίδει το παθολογικό μόριο. Το μόριο αυτό ενώνεται με ένα μόριο της φυσιολογικής πρωτεΐνης το οποίο μετατρέπεται σε μη φυσιολογικό. Τα δύο μη φυσιολογικά μόρια προοδευτικά γίνονται τέσσερα, οκτώ κ.ο.κ.. Η εμφάνιση της ασθένειας οφείλεται στη συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων μη φυσιολογικής πρωτεΐνης. Η θεωρία των prions έχει πολλά κενά και δεν έχει γίνει πλήρως αποδεκτή.

**V Η ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΤΩΝ
ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ**

5 Φανερογαμα παρασιτα

5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Φανερογαμα παράσιτα χαρακτηρίζονται τα ανώτερα φυτά που παρασιτούν άλλα φυτά. Ορισμένα από αυτά εξαρτώνται πλήρως από τον ξενιστή, όσον αφορά στην λήψη των αναγκαίων θρεπτικών συστατικών και ονομάζονται **ολοπαράσιτα** και άλλα παίρνουν μέρος μόνο των αναγκαίων θρεπτικών συστατικών από τον ξενιστή, δεδομένου ότι διατηρούν κάποια φωτοσυνθετική δραστηριότητα και ονομάζονται **ημιπαράσιτα**. Η σύνδεση των φανερόγαμων παράσιτων με τους ξενιστές τους γίνεται με τα **haustoria**, που λειτουργούν σαν ρίζες χωρίς, όμως, να έχουν την μορφολογία των ριζών. Τα αγγεία των οργάνων αυτών ενώνονται με τους ηθμώδεις και αγγειώδεις σωλήνες των ξενιστών και μεταφέρουν τα διάφορα συστατικά που χρειάζονται για την ανάπτυξή τους. Η σύνδεση αυτή επιτρέπει και τη μεταφορά ιών και μυκοπλασμάτων.

Τα φανερογαμα παράσιτα είναι ετήσια ή πολυετή φυτά και προσβάλλουν το ριζικό σύστημα ή το υπέργειο μέρος. Τέτοια παράσιτα υπάρχουν, τουλάχιστον, σε 17 οικογένειες. Όμως, εκείνα που έχουν οικονομική σημασία ανήκουν, κυρίως, στις παρακάτω πέντε οικογένειες.

- **Convolvulaceae:** Στην οικογένεια αυτή ανήκουν τα είδη του γένους *Cuscuta* (dodders), ορισμένα από τα οποία έχουν πολλή μεγάλη οικονομική σημασία. Συχνά το γένος *Cuscuta* κατατάσσεται σε χωριστή οικογένεια εκείνη των *Cuscutaceae*.

- **Orobanchaceae:** Όλα τα είδη της οικογένειας είναι ολοπαράσιτα και προσβάλλουν το ριζικό σύστημα. Τα σημαντικότερα από αυτά ανήκουν στο γένος *Orobanche* (broomrapes).

- **Viscaceae και Loranthaceae.** Συχνά τα είδη των δύο αυτών οικογενειών κατατάσσονται σε μια μόνο οικογένεια, εκείνη των *Loranthaceae*. Περιλαμβάνουν ημιπαρσιτικά είδη που προσβάλλουν το υπέργειο μέρος δένδρων και θάμνων. Η πρώτη περιλαμβάνει τροπικά είδη, που αναπτύσσονται και στην εύκρατη ζώνη. Τα σημαντικότερα είδη της οικογένειας αυτής ανήκουν στα γένη *Viscum* και *Arceuthobium*. Η δεύτερη περιλαμβάνει κυρίως τροπικά είδη, που ανήκουν στα γένη *Loranthus*, *Amyema* κ.α..

- **Scrophulariaceae:** Στην οικογένεια αυτή, που περιλαμβάνει κυρίως αυτότροφα φυτά, όπως τα καλλιεργούμενα *Antirrhinum* spp, ανήκει το γένος

Striga (witchweeds), που περιλαμβάνει πολλά ημιπαρσιτικά είδη, που προσβάλλουν το ριζικό σύστημα ψυχανθών και σιτηρών με μεγάλη οικονομική σημασία σε τροπικές χώρες.

- **Santalaceae**: Στην οικογένεια αυτή ανήκουν μόνο ορισμένα ημιπαρσιτικά είδη δασικών δένδρων.

Στη συνέχεια αναφέρονται σύντομες πληροφορίες για τα σπουδαιότερα φανερογάμα παράσιτα, ιδιαίτερα όσα αφορούν στη χώρα μας. Για πληρέστερη ενημερωσή τους οι αναγνώστες παραπέμπονται στα συγγράμματα των Parker and Riches (1993) και Kuijt (1969).

5.2. ΟΡΟΒΑΓΧΗ (BROOMRAPES)

Τα είδη της οικογένειας *Orobanchaceae*, κοινώς οροβάγχες, είναι όλα ολοπαράσιτα. Ορισμένα από αυτά είναι πολύ καταστρεπτικά παράσιτα καλλιεργούμενων φυτών αλλά και ζιζανίων. Τα σπουδαιότερα είδη του γένους *Orobanche* είναι τα *O. ramosa*, *O. crenata*, *O. aegyptiaca*, *O. minor*, *O. cernua* κ.α.. Όλα προσβάλλουν μεγάλο αριθμό φυτών, που ανήκουν σε διάφορες οικογένειες. Στη χώρα μας υπάρχουν αρκετά είδη οροβάγχης, τα οποία προσβάλλουν πολλά καλλιεργούμενα φυτά, μεταξύ των οποίων πολλά κηπευτικά, τον καπνό, τα κουκιά κ.α.. Τα σπουδαιότερα από αυτά είναι τα είδη *O. crenata*, με χοντρό, ψηλό και σαρκώδη βλαστό και το *O. ramosa*, με βλαστό ασθενικότερο και με πολλές διακλάδωσης. Το πρώτο είδος προσβάλλει πολλά ψυχανθή και κυρίως τα κουκιά, ενώ το δεύτερο προσβάλλει τον καπνό, πολλά κηπευτικά, όπως την τομάτα, κ.α.. Στην Εικόνα 24 φαίνεται βλαστός του είδους *O. ramosa*.

Οι οροβάγχες παρασιτούν το ριζικό σύστημα των φυτών και αναπτύσσουν στελέχη διαφόρων μεγεθών κοντά στους ξενιστές. Τα στελέχη έχουν μόνο βράκτια φύλλα, χωρίς χλωροφύλλη και εξαρτώνται απόλυτα από τον ξενιστή. Κατά μήκος των στελεχών αναπτύσσονται τα άνθη που έχουν χρώμα ιώδες. Οι καρποί είναι κάψες με πολλά μικρά σπέρματα. Τα παρασιτισμένα φυτά χάνουν την ευρωστία τους και η παραγωγή τους είναι πολύ μειωμένη.

Τα σπέρματα πέφτουν στο έδαφος, όπου μπορούν να διατηρηθούν πολλά χρόνια ακόμη και σε αντίξοες συνθήκες. Ο χρόνος επιβίωσης των σπερμάτων εξαρτάται από το είδος της οροβάγχης και τις συνθήκες που επικρατούν. Για τα είδη *O. ramosa* και *O. crenata* αναφέρεται ότι μπορούν να επιβιώσουν 13 και 10 χρόνια αντίστοιχα. Οι σπόροι της οροβάγχης δεν βλαστάνουν αμέσως μετά την ελευθέρωσή τους από το φυτό. Συνήθως χρειάζεται ορισμένο χρονικό διάστημα κατά το οποίο θα επικρατούν ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας για να διακοπή ο λήθαργος. Εάν μετά τη διακοπή του λήθαργου οι σπόροι βρεθούν λίγα χιλιοστά από τον ξενιστή και οι περιβαλλο-

ντικές είναι κατάλληλες βλαστάνουν. Οι σπόροι των οροβαγχών δεν βλαστάνουν αν δεν υπάρχει το κατάλληλο ερέθισμα. Το ερέθισμα είναι διάφορες ουσίες που εκλύονται από τον ξενιστή. Τέτοιες ουσίες είναι η strigol και τα παράγωγά του καθώς και το αιθυλένιο. Η θερμοκρασία παίζει πολύ σημαντικό ρόλο για την προετοιμασία και τη βλάστηση των σπόρων. Για το είδος *O. crenata* οι άριστες θερμοκρασίες που έχουν αναφερθεί για τη βλάστηση των σπόρων είναι 18 - 25°C, ενώ η *O. ramosa* αναπτύσσεται καλύτερα στους 23 °C. Αναφέρεται ότι το φως παρεμποδίζει τη βλάστηση και των δύο προηγούμενων ειδών. Τα ερεθίσματα που προκαλούν τη βλάστηση των σπόρων της οροβάγχης είναι χημικές ουσίες, που εκκρίνονται από τους ξενιστές, καθώς και από ορισμένα φυτά μη ξενιστές που ονομάζονται φυτά παγίδες.

Μετά τη βλάστηση του σπόρου αναπτύσσεται ριζίδιο 3-4 mm, το οποίο, προφανώς με κάποιο ερέθισμα, κατευθύνεται στην πλησιέστερη ρίζα ξενιστού. Αν δεν βρεθεί τέτοια ρίζα, σε απόσταση ελάχιστων χιλιοστών, το ριζίδιο καταστρέφεται, δεδομένου ότι δεν μπορεί να τραφεί ούτε από τον σπόρο, διότι είναι πολύ μικρός, ούτε από το περιβάλλον διότι είναι υποχρεωτικό παράσιτο.

Μόλις το ριζίδιο έλθει σε επαφή με τη ρίζα του ξενιστή προσκολλάται στην επιφάνεια της, όπου αναπτύσσεται ο σχηματισμός που ονομάζεται **haustorium**. Ακολούθως, το παράσιτο, με ενζυματική δράση, εισέρχεται στη ρίζα του ξενιστή και αποκτά επαφή με τα ηθμώδη αγγεία. Στη φάση αυτή το ριζίδιο έχει επιτελέσει το ρόλο του και ξεραίνεται. Ο βλαστός της οροβάγχης αναπτύσσεται από το haustorium 1 - 2 εβδομάδες μετά την προσβολή. Επειδή οι οροβάγχες είναι ολοπαράσιτα λαμβάνουν όλα τα θρεπτικά συστατικά και το νερό από τον ξενιστή. Έτσι, τα προσβλημένα φυτά εξασθενούν και δυνατόν να ξεραθούν, λόγω της απορρόφησης των θρεπτικών συστατικών, της δυσκολίας να απορροφήσουν νερό και της μειωμένης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας. Οι ζημιές, συχνά, είναι πολύ μεγάλες, ιδιαίτερα όταν ο καιρός είναι ξηρός. Οι οροβάγχες είναι ιδιαίτερα καταστρεπτικές στις μεσογειακές χώρες και φυσικά και στη χώρα μας. Στην τομάτα έχουν αναφερθεί ζημιές, από το είδος *O. ramosa*, μεγαλύτερες του 50%, ενώ οι ζημιές στα κουκιά από το είδος *O. crenata* μπορεί να φθάσουν μέχρι 100%. Ευνοούνται από μέτριες θερμοκρασίες και ξηρό καιρό και απαντούν τόσο στις αρδευόμενες όσο και στις ξηρικές καλλιέργειες.

Η καταπολέμησή τους μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους. Ο συνηθέστερος είναι η εκρίζωση των στελεχών πριν δώσουν σπόρους και η καταστροφή τους, όταν αυτό είναι πρακτικά εφικτό. Μια άλλη λύση είναι η σπορά φυτών παγίδων. Τα φυτά αυτά, όπως αναφέρθηκε προηγούμενα, προκαλούν βλάστηση των σπόρων, αλλά τα ίδια δεν προσβάλλονται. Εάν καλλιεργηθούν τέ-

τοια φυτά δύο - τρεις συνεχόμενες καλλιεργητικές περιόδους οι σπόροι στο έδαφος μειώνονται και οι πιθανότητες να προσβληθούν φυτά ξενιστές, που θα καλλιεργηθούν περιορίζονται. Παρόμοια αποτελέσματα μπορούν να επιτευχθούν με την καλλιέργεια φυτών που προσβάλλονται, εάν καταστραφούν πριν ακόμη οι οροβάγγες δώσουν σπόρους.

Στα φυτά που προσβάλλονται πολύ από οροβάγγες, καταβάλλονται προσπάθειες να επιλεγούν ανθεκτικές ποικιλίες. Σε ορισμένα είδη έχουν γίνει σημαντικές επιτυχίες, αλλά ο τρόπος αυτός καταπολέμησης δεν φαίνεται να έχει, προς το παρόν, μεγάλη πρακτική σημασία.

Στις μεγάλης αξίας καλλιέργειες, κυρίως της θερμοκηπιακές, οι οροβάγγες καταστρέφονται με την απολύμανση που εφαρμόζεται ούτως ή άλλως. Όλα τα εν χρήσει απολυμαντικά, δηλαδή το βρωμιούχο μεθύλιο, το *varam*, το *dazomet* κ.α. είναι αποτελεσματικά. Τα νηματωδοκτόνα, επίσης και κυρίως το χρησιμοποιούμενο ακόμη σήμερα DD - soil fumigant έχουν πολύ καλή αποτελεσματικότητα.

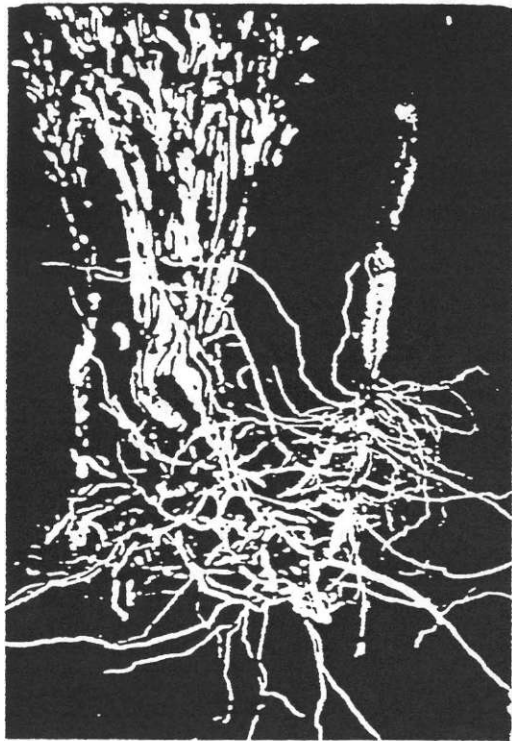
Από τα ζιζανιοκτόνα που έχουν δοκιμαστεί όσον αφορά στην αποτελεσματικότητά τους στην οροβάγγης περισσότερο αποτελεσματικό είναι το *glyphosate*.

Τέλος, στις ανατολικοευρωπαϊκές χώρες έχει χρησιμοποιηθεί το έντομο *Phytomyza orobanchia*, για τη βιολογική καταπολέμηση των οροβαγών.

5.3. ΚΟΥΣΚΟΥΤΑ (DODDERS)

Τα είδη του γένους *Cuscuta*, που ανήκει στην οικογένεια *Convolvulaceae*, παρασιτούν μεγάλο αριθμό καλλιεργουμένων φυτών. Τα παράσιτα αυτά έχουν χάσει, σχεδόν πλήρως, τη φωτοσυνθετική τους ικανότητα και ως εκ τούτου θεωρούνται ολοπαράσιτα. Το είδος *C. campestris* είναι εκείνο που προκαλεί τα περισσότερα προβλήματα, αλλά ορισμένα άλλα είδη, όπως τα *C. epithymum*, *C. monogyna* κ.α. είναι, επίσης, καταστρεπτικά. Το είδος *C. campestris* προσβάλλει μεγάλο αριθμών φυτών, όπως το αμπέλι, τα καρότα, το σπαράγγι, το πεπόνι, την τομάτα, την μελιτζάνα κ.α., σε πολλές χώρες του κόσμου μεταξύ των οποίων και στη χώρα μας. Όμως, περισσότερο προσβάλλεται η μηδική, η οποία δυνατόν να υποστεί ολική καταστροφή. Στην Εικόνα 25 φαίνεται βλαστός του γένους *Cuscuta*.

Οι κουσκούτες είναι ετήσια φυτά που ξεραίνονται όταν καταστραφεί ο ξενιστής τους. Ο βλαστός τους μοιάζει με λεπτά διακλαδισμένα νήματα, με κιτρινωπό χρώμα που τυλίγονται στα υπέργεια μέρη των φυτών. Δεν έχουν κανονικά φύλλα στη θέση των οποίων υπάρχουν μικρά βράκτια φύλλα και σχηματίζουν πολλά μικρά άνθη σε ταξιανθίες. Από τα άνθη παράγονται πολλά μικρά σπέρματα, τα οποία πέφτουν στο χώμα, όπου μπορούν να διατηρη



Οροβάγχη



Κουσκούτα

Εικ. 25. Φυτό τομάτας προσβλημένο με οροβάγχη και φυτό μελιτζάνας προσβλημένο με κουσκούτα

θούν μερικά χρόνια μέχρι να βλαστήσουν. Οι σπόροι του γνωστότερου είδους του *C. campestris*, βλαστάνουν σε θερμοκρασίες 15 - 39°C με optimum 30-33°C. Από τον σπόρο αναπτύσσεται μικρή ρίζα και νεαρός βλαστός μήκους 5-10 cm, ο οποίος περιστρέφεται μέχρι να βρει στερεό αντικείμενο στο οποίο περιελίσσεται. Αν αυτό δεν γίνει μέσα σε οκτώ περίπου μέρες ξεραίνεται. Εάν το αντικείμενο στο οποίο προσκολλήθηκε ο βλαστός είναι κάποιο όργανο ξενιστή, το παράσιτο αναπτύσσει haustoria με τα οποία αποκτά σύνδεση με τα αγγεία του ξενιστή, από τα οποία παίρνει σχεδόν όλα τα απαραί-

τητα θρεπτικά συστατικά για να τραφεί. Μετά την προσκόλληση του νεαρού βλαστού στον ξενιστή το ριζίδιο καταστρέφεται. Από το προσβλημένο φυτό η κουσκούτα αναπτύσσει μακρείς βλαστούς με τους οποίους παρασιτεί τα κοντινότερα φυτά. Εκτός από το σπόρο οι κουσκούτες πολλαπλασιάζονται και με μικρά κομμάτια από βλαστό μεταφέρονται με διάφορους τρόπους. Οι κουσκούτες δεν φαίνεται να επηρεάζουν κατά κάποιο τρόπο την φωτοσύνθεση ή την απορρόφηση νερού από τον ξενιστή, αλλά απορροφούν έντονα τα ζάχαρα από τα αγγεία του ξενιστή με αποτέλεσμα την καχεκτική ανάπτυξη και τη μείωση ή και την εξαφάνιση της παραγωγής. Οι κουσκούτες είναι δυνατόν να προκαλέσουν μεγάλες ζημιές. Ιδιαίτερα καταστρεπτικές είναι στη μηδική, αλλά ζημιώνουν και μεγάλο αριθμό άλλων φυτών, μεταξύ των οποίων και τα κηπευτικά.

Η καταπολέμηση της κουσκούτας είναι δύσκολη. Σε προσβολές, στο αρχικό στάδιο, στα κηπευτικά, η καλύτερη λύση είναι η εκρίζωση και καταστροφή των προσβλημένων φυτών. Η αμειψισπορά, το βαθύ όργωμα του εδάφους, ώστε να παραχθούν βαθιά οι σπόροι και η όψιμη σπορά, όταν γίνουν σωστά, δίδουν μόνο περιορισμένα αποτελέσματα. Στη μηδική, που προκαλεί πολύ σοβαρές, ζημιές ο καλύτερος τρόπος καταπολέμησης είναι η χρησιμοποίηση καθαρού σπόρου.

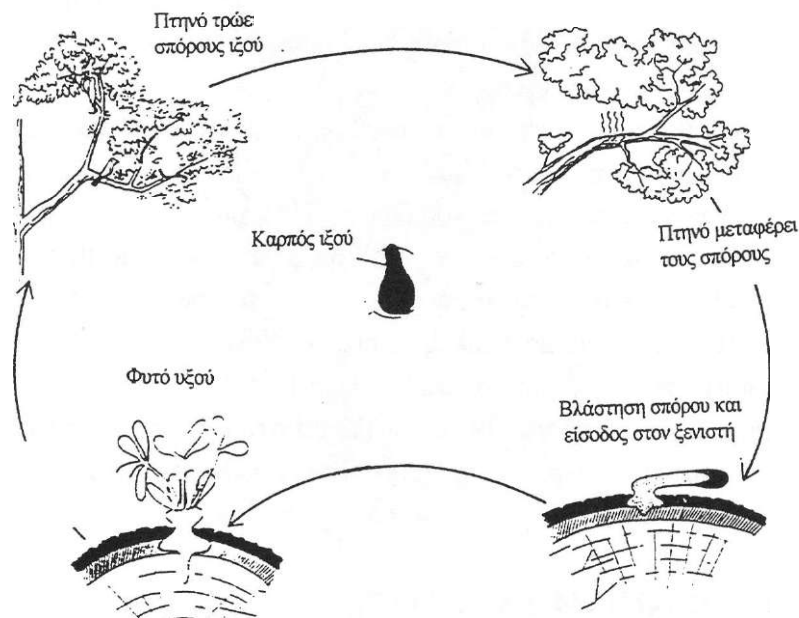
Η χημική απολύμανση του εδάφους είναι αποτελεσματική, αλλά δεδομένου ότι οι κουσκούτες προσβάλλουν, κυρίως, εκτατικές καλλιέργειες, η δυνατότητες εφαρμογής τους περιορίζονται μόνο στα σπορεία. Αρκετά προφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα, όπως το chlorprophan, το chlorthal - dimethyl, το dichlobenil και μεταφυτρωτικά, όπως το paraquat και το glyphosate χρησιμοποιούνται σε πολλές χώρες, κυρίως στην καταπολέμηση της κουσκούτας στη μηδική. Δεδομένου ότι αυτά είναι καταστρεπτικά και στους ξενιστές, η χρησιμοποίησή τους βασίζεται στη μεγαλύτερη ευπάθεια του παράσιτου και στη δυνατότητα χρησιμοποίησης δόσεων με μικρές επιπτώσεις στον ξενιστή.

5.4. ΙΞΟΣ Η GUI (MISTLETOE)

Στην οικογένεια των *Loranthaceae* ανήκουν πολλά παράσιτα ανωτέρων φυτών. Μεταξύ αυτών το σπουδαιότερο για τη χώρα μας είναι το είδος *Viscum album* κοινώς ιξός ή gui. Είναι αιθαλής θάμνος με παχιά πράσινα φύλλα. Αναπτύσσεται στους κλάδους κυρίως δασικών δένδρων, όπως το πεύκο και το έλατο, αλλά και καλλιεργουμένων, όπως η μηλιά, η αχλαδιά, η καρυδιά κ.α.. Έχει σχήμα σφαιρικό και ύψος μέχρι και ένα μέτρο.

Ο ιξός πολλαπλασιάζεται με σπόρους οι οποίοι μεταφέρονται με τα πτηνά. Οι σπόροι περιβάλλονται από κολλώδη ουσία με την οποία προσκολλούνται

στους κλάδους των δένδρων. Όταν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές ο σπόρος βλαστάνει και δίδει λεπτή ρίζα, που αναπτύσσεται στην επιφάνεια του κλάδου μέχρι να συναντήσει κατάλληλο σημείο, όπως οφθαλμό ή βάση φύλλου. Στο σημείο αυτό το ριζίδιο αναπτύσσεται σε δίσκο με τον οποίο προσκολλάται στερεά πάνω στον κλάδο. Ακολούθως αναπτύσσεται επιμήκη όργανο με το οποίο τρυπά τον κλάδο με μηχανική πίεση και χημική δράση και φτάνει στα αγγεία του ξενιστού (Εικ. 26). Μέσα στους ιστούς του ξενιστού αναπτύσσεται κωνικός μυζητήρας, ο οποίος διακλαδίζεται, όπως το ριζικό σύστημα και απορροφά τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία. Το νεαρό φυτό εμφανίζεται κοντά στο αρχικό σημείο προσβολής. Ο ιξός προσβάλλει νεαρούς κλάδους που έχουν πιο λεπτό φλοιό. Η ανάπτυξή του είναι πολύ αργή, αλλά μπορεί να ζήσει πάνω από 40 χρόνια.



Εικ. 26. Ο βιολογικός κύκλος του ιξού.

Ο ιξός, όπως και τα περισσότερα παράσιτα της ίδιας οικογένειας, είναι ημι-παράσιτο δεδομένου ότι έχουν αρκετή φωτοσυνθετική δραστηριότητα και συνθέτουν μεγάλο μέρος των υδατανθράκων που χρειάζονται. Αντίθετα, εξαρτώνται απόλυτα από τον ξενιστή όσον αφορά στο νερό και τα ανόργανα συστατικά. Από τους κλιματικούς παράγοντες μεγάλη σημασία για την ανάπτυξη του ιξού έχει το φως, το οποίο είναι απαραίτητο όχι μόνο για τη φωτοσυνθετική του δραστηριότητα, αλλά και για τη βλάστηση των σπόρων και την προσκόλλησή του στον ξενιστή.

Οι προσβλημένοι κλάδοι εξασθενούν και δυνατόν να ξηραθούν. Οι ζημιές στα προσβλημένα δένδρα οφείλονται στη μειωμένη φωτοσυνθετική τους δραστηριότητα και κυρίως στη στέρηση νερού από το παράσιτο, όπως φαίνεται και από την ένταση των ζημιών όταν ο καιρός είναι ξηρός.

Ο ιξός δεν προκαλεί σοβαρές ζημιές στα καλλιεργούμενα δένδρα, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις, έχουν αναφερθεί ζημιές μεγαλύτερες από 50%. Στη χώρα μας δεν αποτελεί πρόβλημα. Εάν χρειαστεί να γίνει καταπολέμηση, ο μόνος πρακτικός τρόπος είναι η αφαίρεση των προσβλημένων κλάδων.

5.5. ΠΑΡΑΣΙΤΑ ΤΟΥ ΓΕΝΟΥΣ *STRIGA*

Το γένος *Striga* ανήκει στην οικογένεια *Scrophulariaceae* και είναι το σπουδαιότερο από τα παρασιτικά γένη που περιλαμβάνει. Τουλάχιστον 11 είδη αυτού του γένους παρασιτούν καλλιεργούμενα φυτά. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι τα είδη *S. hermonthica*, *S. asiatica*, *S. asperma*, *S. forbesii*, *S. latericea* κ.α.. Τα είδη του γένους *Striga* προσβάλλουν διάφορα είδη σιτηρών και κυρίως το καλαμπόκι, το σόργο, το ρύζι κ.α., καθώς και το σακχαροκάλαμο, στις ξηροθερμικές περιοχές της Ασίας, της Αφρικής, της Αυστραλίας και των ΗΠΑ. Λόγω της μεγάλης έκτασης και της μεγάλης οικονομικής σημασίας των καλλιεργειών, που προσβάλλουν, του ύψους των ζημιών ανά μονάδα καλλιεργούμενης έκτασης, που δυνατόν να φθάνει και 50% και της οικονομικής κατάστασης των περιοχών στις οποίες παρατηρούνται, τα παραπάνω παράσιτα και ιδιαίτερα το πρώτο θεωρούνται τα σπουδαιότερα φανερόγαμα παράσιτα.

Οι σπόροι των ειδών του γένους *Striga*, όπως άλλωστε και των άλλων φανερόγαμων παρασίτων, είναι πολύ μικροί. Για να βλαστήσουν χρειάζονται ορισμένο χρονικό διάστημα προετοιμασίας και την ύπαρξη ερεθίσματος που προέρχεται από τον ξενιστή και λαμβάνει χώρα σε υψηλές θερμοκρασίες. Ουσίες που βρέθηκαν να διεγείρουν τη βλάστηση στα είδη του γένους *Striga* είναι αυτά που αναφέρθηκαν και για την οροβάγχη δηλαδή η ουσία strigol και τα παράγωγά της καθώς και το αιθυλένιο. Στο είδος *S. hermonthica* π.χ. οι σπόροι βλαστάνουν σε θερμοκρασίες 20 έως 40°C με optimum περίπου

35°C. Όταν το νεαρό φυτό έλθει σε επαφή με τον ξενιστή αναπτύσσει, όπως όλα τα παράσιτα, haustorium με το οποίο απορροφά τα θρεπτικά συστατικά. Τα είδη του γένους *Striga* είναι ημιπαρασιτικά δεδομένου ότι έχουν χλωροφύλλη και μπορούν να συνθέτουν μέρος των ζαχάρων που χρειάζονται. Η ζημιά στον ξενιστή φαίνεται να οφείλεται στην αφαίρεση μέρους των θρεπτικών συστατικών, που θα μπορούσε να έχει στη διάθεση του και σε τοξικές ουσίες που παράγει το παράσιτο. Τα είδη του γένους *Striga* ευνοούνται από υψηλές θερμοκρασίες, περιορισμένες βροχοπτώσεις και μειωμένη γονιμότητα του εδάφους.

Για την καταπολέμηση των παραπάνω παράσιτων συνιστώνται τα ίδια μέτρα που αναφέρονται για την οροβάγλης και την κουσκούτα. Όμως, κανένα από τα μέτρα αυτά δεν είναι αρκετά αποτελεσματικό στη συγκεκριμένη περίπτωση.

6 Μη παρασιτικά αίτια

6.1. ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΕΣ

Όπως είναι γνωστό, τα φυτά για να αναπτυχθούν κανονικά έχουν ανάγκη από τα στοιχεία οξυγόνο, υδρογόνο και άνθρακα, που το φυτό τα παίρνει από τον αέρα και το νερό καθώς και από τα στοιχεία άζωτο, κάλι, φωσφόρος, ασβέστιο, θείο, μαγνήσιο, σίδηρος, ψευδάργυρος, μαγγάνιο, βόριο, χαλκός, μολυβδαίνιο και χλώριο, που το φυτό τα παίρνει από το έδαφος.

Από αυτά τα εννέα πρώτα είναι αναγκαία σε μεγάλες ποσότητες και ονομάζονται μακροστοιχεία και τα άλλα είναι αναγκαία σε πολύ μικρές ποσότητες και ονομάζονται μικροστοιχεία. Για να αναπτύσσεται ένα φυτό κανονικά, τόσο τα μάκρο όσο και μικροστοιχεία πρέπει να βρίσκονται σε ορισμένα όρια διαφορετικά για κάθε φυτό. Εάν, για οποιοδήποτε λόγο, ένα στοιχείο βρίσκεται κάτω ή πάνω από τα όρια αυτά το φυτό δεν αναπτύσσεται κανονικά. Την πρώτη περίπτωση χαρακτηρίζουμε τροφопενία και στη δεύτερη τοξικότητα. Για να μην δημιουργούνται παθολογικές καταστάσεις, πρέπει η συγκέντρωση των στοιχείων στο εδαφικό διάλυμα να είναι σε κανονικά επίπεδα και οι εδαφοκλιματικές συνθήκες να επιτρέπουν στο φυτό να απορροφήσει τις απαραίτητες συγκεντρώσεις από κάθε στοιχείου. Οι γεωργοί το γνωρίζουν και προσπαθούν ώστε η λίπανση να ανταποκρίνεται στις ανάγκες των φυτών. Όμως, αυτό δεν είναι πάντοτε εύκολο. Ενδέχεται ένα ή περισσότερα μάκρο ή μικροστοιχεία, να βρίσκονται σε συγκεντρώσεις μικρότερες από εκείνες που απαιτούνται για την κανονική ανάπτυξη της καλλιέργειας, να έχουμε, δηλαδή, τροφопενία. Τα κατώτερα αποδεκτά επίπεδα των διαφόρων στοιχείων για την ανάπτυξη των φυτών υπάρχουν σε βιβλία ειδικής φυτοπροστασίας ή σε βιβλία που αναφέρονται ειδικά σε τροφопενίες.

Οι τροφопενίες εκδηλώνονται με συμπτώματα περισσότερο ή λιγότερο χαρακτηριστικά ανάλογα με το στοιχείο και το φυτό. Τα χαρακτηριστικότερα συμπτώματα, που παρουσιάζονται από την έλλειψη των σπουδαιότερων στοιχείων είναι τα παρακάτω:

Άζωτο. Είναι το τέταρτο στη σειρά πιο βασικό συστατικό των φυτικών ιστών. Αποτελεί το 18 % των πρωτεϊνών και συμμετέχει στη σύνθεση άλλων βασικών συστατικών του κυττάρου, μεταξύ των οποίων η χλωροφύλλη, οι ορμόνες, τα ένζυμα κ.α.. Τα σπουδαιότερα συμπτώματα, που παρατηρούνται στην τροφопενία αζώτου, είναι η γενική χλωρόση των φυτών, η περιορισμέ-

νη ανάπτυξη και η μικρή καρποφορία. Η σχέση βάρους ριζών και υπέργειου μέρους των άρρωστων φυτών είναι μεγαλύτερη από εκείνη των υγιών φυτών. Στους φυτικούς ιστούς συγκεντρώνονται ζάχαρα, λόγω του περιορισμού της αναπνοής. Το χρώμα των καρπών δυνατόν να είναι ζωηρότερο από το κανονικό. Τα συμπτώματα παρουσιάζονται αρχικά στα φύλλα της βάσης, επειδή το άζωτο μετακινείται από τα παλιά στα νέα φύλλα. Λόγω των μεγάλων ποσοτήτων αζώτου που χρειάζονται τα φυτά η έλλειψη του είναι πολύ συχνή. Η τροφοπενία αζώτου διορθώνεται με πλούσια αζωτούχο λίπανση.

Θειάφι, Το θειάφι είναι συστατικό των πρωτεϊνών. Λαμβάνει, επίσης, μέρος στο σχηματισμό της χλωροφύλλης. Λόγω της προσθήκης στο έδαφος θειικής αμμωνίας και υπερφωφορικών, που περιέχουν θειικό ασβέστιο καθώς και εξαιτίας της επιστροφής στη γη του θείου, που ελευθερώνεται κατά την καύση ουσιών που περιέχουν θείο, η τροφοπενία θείου είναι σπάνια. Τα συμπτώματα είναι ανάλογα με εκείνα της τροφοπενίας του αζώτου και η διάκριση μεταξύ των δύο περιπτώσεων είναι δύσκολη. Τα φύλλα των άρρωστων φυτών είναι πιο γυαλιστερά.

Φωσφόρος. Ο φωσφόρος είναι συστατικό των νουκλεοπρωτεϊνών, από τις οποίες αποτελείται ο πυρήνας των κυττάρων. Επίσης παίζει βασικό ρόλο στον ενεργειακό μεταβολισμό του κυττάρου. Έτσι, όταν ο βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα τα φυτά αυξάνονται και ωριμάζουν αργά. Αρχικά το χρώμα των φυτών είναι σκούρο πράσινο ή μπλε πράσινο. Συχνά παρατηρούνται ερυθρές ή ιώδεις αποχρώσεις, ιδιαίτερα κατά μήκος των νεύρων, λόγω συγκέντρωσης ανθοκυανινών. Ο φωσφόρος, συνήθως, προστίθεται στο έδαφος σε επαρκείς ποσότητες. Όμως, στα περισσότερα εδάφη μεταπίπτει σε μορφές που τα φυτά δεν μπορούν προσλάβουν. Για τη διατήρηση του φωσφόρου σε αφομοιώσιμη μορφή ιδιαίτερο ρόλο παίζει η οξύτητα του εδάφους και η οργανική ουσία. Η τροφοπενία του φωσφόρου παρατηρείται σε περιόδους με χαμηλές θερμοκρασίες.

Κάλιο. Το στοιχείο αυτό υπάρχει, συνήθως, σε μεγάλες ποσότητες στο έδαφος, αλλά σε μορφή που δεν είναι διαθέσιμη στο φυτό. Τα φυτά χρειάζονται μεγάλες ποσότητες καλίου και γι'αυτό συνιστάται να προστίθεται συχνά από τους παραγωγούς. Όταν τα επίπεδα του καλίου στα φυτά είναι χαμηλά το χρώμα τους, όπως και στη περίπτωση του φωσφόρου, είναι σκούρο πράσινο ή μπλε πράσινο. Στο έλασμα συχνά παρουσιάζονται νεκρωτικές κηλίδες καθώς και περιφερειακή νέκρωση.

Ασβέστιο. Το ασβέστιο είναι το βασικό συστατικό των τοιχωμάτων των κυττάρων και η έλλειψη του περιορίζει έμμεσα τη διαίρεση τους. Η έλλειψη ασβεστίου περιορίζει την ανάπτυξη των μεριστωματικών ιστών. Τα φύλλα της κορυφής καρουλιάζουν, παραμορφώνονται, γίνονται εύθραυστα και ξηραί-

νονται. Οι κορυφές των φυτών παύουν να αναπτύσσονται. Το ίδιο συμβαίνει, σε σοβαρές **περιπτώσεις**, με τις ρίζες, τους βλαστούς και τους καρπούς. Οι νεκρώσεις, που παρατηρούνται στους καρπούς ορισμένων φυτών, όπως η ξηρή κορυφή της τομάτας και της πιπεριάς, η μαύρη καρδιά του σέλινου κ.α. συνδέονται, επίσης, με την έλλειψη ασβεστίου. Η έλλειψη ασβεστίου, που παρατηρείται στις περιπτώσεις αυτές στους καρπούς, δεν συνεπάγεται αναγκαστικά και έλλειψη του ασβεστίου στο φυτό. Η έλλειψη του ασβεστίου παρουσιάζεται κυρίως στα όξινα εδάφη.

Σίδηρος. Ο σίδηρος δεν αποτελεί συστατικό της χλωροφύλλης, αλλά είναι εντελώς απαραίτητος για τη σύνθεσή της. Είναι, επίσης, συστατικό των ενζύμων και των πρωτεϊνών και λαμβάνει μέρος στη λειτουργία της αναπνοής. Το χαρακτηριστικότερο σύμπτωμα, της έλλειψης σιδήρου, είναι η χλώρωση του ελάσματος των φύλλων της κορυφής, με εξαίρεση τις πολύ λεπτές νευρώσεις. Σε σοβαρές περιπτώσεις τα φύλλα αποκτούν χρώμα σχεδόν λευκό και ξεραίνονται. Χλώρωση παρατηρείται και στους καρπούς. Η ανάπτυξη των φυτών και των καρπών είναι μειωμένη. Ορισμένα φυτά, όπως οι ορτανσίες, οι αζαλέες, οι καμέλιες, οι λεμονιές κ.α., παρουσιάζουν εύκολα τροφопενία σιδήρου. Στο έδαφος υπάρχουν, συνήθως, μεγάλες ποσότητες σιδήρου, αλλά στα ουδέτερα ή αλκαλικά εδάφη δεν είναι διαθέσιμος στα φυτά. Τα εδάφη αυτά περιέχουν μεγάλες ποσότητες ασβεστίου, το οποίο δεσμεύει το σίδηρο. Η κατάσταση επιδεινώνεται στα υγρά εδάφη. Τέλος, ο σίδηρος ενώνεται με τις φωσφορικές ενώσεις και σχηματίζει αδιάλυτο φωσφορικό σίδηρο. Έτσι, όταν υπάρχει περίσσεια διαλυτού φωσφόρου, δυνατόν να παρατηρηθεί τροφопενία σιδήρου, τόσο στα αλκαλικά όσο και στα όξινα εδάφη. Η τροφопενία σιδήρου διορθώνεται με προσθήκη στο έδαφος χηλικών σκευασμάτων σιδήρου. Ο σίδηρος δεν μετακινείται μέσα στο φυτό.

Μαγνήσιο. Το μαγνήσιο είναι το βασικό συστατικό της χλωροφύλλης. Επίσης, δρα σαν καταλύτης στη διαδικασία της αναπνοής. Το μαγνήσιο μετακινείται εύκολα μέσα στο φυτό και γι αυτό τα συμπτώματα εμφανίζονται αρχικά στα φύλλα της βάσης. Το αχαρακτήριστο της έλλειψης μαγνησίου είναι η χλώρωση του ελάσματος των φύλλων της βάσης, με εξαίρεση μία περιοχή περί το κεντρικό νεύρο σε σχήμα δέλτα. Η τροφопενία μαγνησίου είναι πολύ κοινή σε γλαστρικά που αναπτύσσονται σε υποστρώματα με βάση την τύρφη. Πολύ ευαίσθητα φυτά είναι η αγγελική, τα εσπεριδοειδή κ.α.. Διορθώνεται με την περιοδική εφαρμογή θεικού μαγνησίου στο έδαφος ή στο φύλλωμα. Ριζική αντιμετώπιση επιτυγχάνεται με την προσθήκη δολομίτη στο έδαφος.

Ψευδάργυρος. Είναι απαραίτητος για τη σύνθεση ρυθμιστών της αύξησης. Λαμβάνει μέρος, επίσης, στο σχηματισμό της χλωροφύλλης και στη φωτο-

σύνθεση. Η έλλειψη ψευδαργύρου προκαλεί σμίκρυνση των μεσογονατίων, μικροφυλλία και χλώρωση των φύλλων της κορυφής. Διορθώνεται με την προσθήκη ανόργανων αλάτων, όπως θεικού ψευδαργύρου ή οργανικών ενώσεων στο έδαφος ή στο φυτό.

Μαγγάνιο. Το μαγγάνιο είναι απαραίτητο για τις αντιδράσεις της αναπνοής και τη διάσπαση του διοξειδίου του άνθρακα κατά τη φωτοσύνθεση. Η έλλειψη μαγγανίου εμφανίζεται με τη μορφή μεσονεύριας χλώρωσης των φύλλων, που συγγέεται με τα αρχικά στάδια της τροφοπενίας σιδήρου. Επίσης, δυνατόν να εμφανίζονται νεκρωτικές κηλίδες ή γραμμές στα φύλλα. Διορθώνεται με τη προσθήκη ανόργανων αλάτων μαγγανίου, όπως θεικό μαγγάνιο, ή οργανικών ενώσεων στο έδαφος ή στα φυτά.

Βόριο. Το βόριο έχει βασική σημασία στη διαίρεση των κυττάρων και τη σύνθεση των πρωτεϊνών. Είναι, επίσης, απαραίτητο στη διαδικασία της αναπαραγωγής. Η έλλειψη του βορίου προκαλεί σταμάτημα της ανάπτυξης και σε σοβαρές περιπτώσεις νέκρωση των κορυφών των βλαστών και της άκρης των ριζών. Τα φύλλα παραμορφώνονται και η επιφάνεια του βλαστού είναι ανώμαλη και δυνατό να σχίζεται. Διορθώνεται με τη προσθήκη μέχρι ενός κιλού βορίου με τη μορφή βόρακα στο έδαφος.

6.2. ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΕΣ

6.2.1. Περίσσεια θρεπτικών στοιχείων

Όπως η έλλειψη των θρεπτικών στοιχείων προκαλεί τροφοπενίες, η περίσσεια προκαλεί τοξικότητες.

Η περίσσεια των θρεπτικών στοιχείων δυνατόν να οφείλεται στο είδος των πετρωμάτων από τα οποία έχει προέλθει το έδαφος, στην ύπαρξη κοντά στις καλλιέργειες πηγών από τις οποίες ελευθερώνονται διάφορα στοιχεία, όπως μεταλλεία, στην ελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων θρεπτικών στοιχείων, που υπάρχουν στο έδαφος δεσμευμένα, μετά από κάποιες καλλιεργητικές φροντίδες, στο χαμηλό pH του εδάφους κ.α..

Στοιχεία, που έχουν παρατηρηθεί να προκαλούν τοξικότες λόγω περισσειας, είναι κυρίως τα παρακάτω.

Μαγγάνιο. Υπάρχει σε μεγάλες ποσότητες σε ορισμένα ηφαιστειογενή, όξινα εδάφη. Εάν τέτοια εδάφη απολυμανθούν με ατμό ελευθερώνονται επιπλέον ποσότητες μαγγανίου με αποτέλεσμα την εμφάνιση τοξικότητας στα φυτά που θα καλλιεργηθούν. Η τοξικότητα του μαγγανίου χαρακτηρίζεται με την εμφάνιση ιώδους μεταχρωματισμού στα φύλλα, ιδιαίτερα στα νεύρα.

Βόριο. Δυνατόν να βρίσκεται σε υψηλές συγκεντρώσεις σε ορισμένα εδάφη και να προκαλεί τοξικότητα όταν, λόγω εξάτμισης, συγκεντρώνεται στα επι-

φανειακά στρώματα του εδάφους. Μπορεί, επίσης, να παρατηρηθεί τοξικότητα λόγω προσθήκης, σε εδάφη που παρατηρείται τροφопενία, ποσοτήτων βορίου πάνω από το κανονικό, επειδή το εύρος του ελάχιστου από το μέγιστο στη συγκέντρωση του στοιχείου είναι στενό.

Αμμωνία. Συχνά, η συγκέντρωση της αμμωνίας στο έδαφος φθάνει σε επίπεδα τοξικά για τα φυτά. Αυτό συμβαίνει όταν γίνει πλούσια λίπανση με αμμωνιακά λιπάσματα ή όταν για κάποιο λόγο η μετατροπή της αμμωνίας σε νιτρικά δυσκολεύεται, όπως συμβαίνει στο έδαφος σε κανονικές συνθήκες. Αυτό μπορεί να συμβεί μετά την απολύμανση, λόγω καταστροφής των νιτροποιητικών βακτηρίων.

Φθόριο. Τοξικότητα από φθόριο έχει παρατηρηθεί κοντά σε εργοστάσια παραγωγής αλουμινίου, κεραμικών, φωσφορικών κ.α., εφόσον δεν έχουν ληφθεί μέτρα πρόληψης της διαφυγής. Το φθόριο διαφεύγει με τη μορφή μικρών σωματιδίων, που μεταφέρονται με τον αέρα στις περιοχές κοντά στις πηγές παραγωγής και εναποτίθεται στην επιφάνεια των φυτών τα οποία ζημιώνει ανάλογα με την ποσότητα που θα επικαθίσει. Παράλληλα, το φθόριο εναποτίθεται στο έδαφος από το οποίο πάλι απορροφάται από τα φυτά, περισσότερο όταν το pH είναι χαμηλό και μεταφέρεται, μέσω των αγγείων του ξύλου, στις άκρες των φύλλων. Τα συμπτώματα που προκαλεί είναι χλωρώσεις, νεκρώσεις και παραμορφώσεις των καρπών στα πλατύφυλλα και ξήρανση στις άκρες των βελονών στα κωνοφόρα.

Χλώριο. Βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες σε εδάφη που ποτίζονται με υφάλμυρο νερό, ή είναι κοντά στη θάλασσα, ή κοντά σε δρόμους, που σκορπουν αλάτι για το λιώσιμο του χιονιού. Τα εμφανέστερα συμπτώματα της τοξικότητας από το χλώριο είναι η περιφερειακή χλώρωση και το καφέ χρώμα των φύλλων καθώς και η ξήρανση της άκρης των βλαστών.

6.2.2. Τοξικότητες από φυτοφάρμακα

Ο σκοπός της χρησιμοποίησης των φυτοφαρμάκων είναι η αύξηση της γεωργικής παραγωγής. Όλα τα χρησιμοποιούμενα φυτοφάρμακα δοκιμάζονται πριν κυκλοφορήσουν, εκτός των άλλων και όσον αφορά την τοξικότητα τους στις καλλιέργειες για τις οποίες προορίζονται. Όμως, τέτοιες δοκιμές ποτέ δεν μπορούν να καλύψουν όλες τις περιπτώσεις, που παρατηρούνται στη πράξη, με αποτέλεσμα πολλές φορές να παρατηρούνται δυσάρεστα φαινόμενα.

Η ευαισθησία ενός φυτού σε ένα φυτοφάρμακο εξαρτάται από ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες.

Ενδογενείς παράγοντες

1. Παράγοντες που καθορίζονται από τη γενετική σύσταση του φυτού. Οι παράγοντες αυτοί προκαθορίζουν την ευαισθησία των διαφόρων ειδών, ποικιλιών και κλώνων σε κάθε συγκεκριμένο φυτοφάρμακο. Είναι καλά γνωστό ότι τα διάφορα είδη φυτών και μεταξύ των ειδών οι διάφορες ποικιλίες και κλώνοι έχουν πολύ συχνά διαφορετική ευαισθησία στα διάφορα μυκητοκτόνα. Τα παραδείγματα είναι άφθονα και για το λόγο αυτό επιβάλλεται κάθε σκεύασμα να αναφέρει ενδεχόμενες περιπτώσεις φυτοτοξικότητας. 2. Οι παράγοντες που καθορίζουν τη ζωνρότητα του φυτού, τη φάση ανάπτυξης κ.α.. Τα περισσότερα φυτά είναι πιο ευαίσθητα όταν είναι ασθενικά και είναι πολύ τρυφερά. Τόσον οι σπόροι όσο και τα αναπτυγμένα φυτά είναι περισσότερο ανθεκτικά στη φάση του λήθαργου.

Εξωγενείς παράγοντες

1. Η κατηγορία και το είδος του φυτοφαρμάκου και ειδικότερα του σκευάσματος.

Ζιζανιοκτόνα. Όπως είναι φυσικό, από τα συνήθη φυτοφάρμακα περισσότερο τοξικά είναι τα ζιζανιοκτόνα. Οι περισσότερες ζημιές οφείλονται σε κακή χρήση. Οι συνηθέστερα λάθη που γίνονται είναι τα εξής: 1. Ανάμειξη ζιζανιοκτόνων με άλλα φυτοφάρμακα. 2. Χρησιμοποίηση μηχανημάτων, με τα οποία έγινε εφαρμογή ζιζανιοκτόνων, για εφαρμογές άλλων φυτοφαρμάκων, χωρίς προηγούμενο καλό ξέπλυμα. 3. Χρησιμοποίηση λάθος ζιζανιοκτόνου στην καλλιέργεια. 4. Εφαρμογή ορμονικών ζιζανιοκτόνων, όπως το 2-4, D, κοντά σε καλλιέργειες πλατύφυλλων και μάλιστα ενώ φυσά άνεμος. 5. Χρησιμοποίηση υψηλών δόσεων ζιζανιοκτόνων. 6. Φύτευση, σε χωράφι, που έγινε εφαρμογή ζιζανιοκτόνων, νωρίτερα από ότι συνιστάται. 7. Λάθος συνδυασμός ζιζανιοκτόνων με άλλα ζιζανιοκτόνα ή με άλλα γεωργικά φάρμακα. Η διάγνωση της τοξικότητας από ζιζανιοκτόνα δεν είναι πάντοτε εύκολη, επειδή παρόμοια συμπτώματα παρατηρούνται στα φυτά από άλλες αιτίες, όπως ιούς, υπερβολική χρήση λιπασμάτων, άλλα φυτοφάρμακα κ.α..

Γενικά βιοκτόνα. Τέτοια φυτοφάρμακα χρησιμοποιούνται είτε για απολύμανση εδαφών, όπως το βρωμιούχο μεθύλιο, είτε σε χειμερινούς ψεκασμούς, όπως οι χειμεινοί πολτοί. Τα πρώτα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εγκατεστημένες καλλιέργειες, ενώ τα δεύτερα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο στη διάρκεια του λήθαργου.

Μυκητοκτόνα. Τα φυτοφάρμακα αυτά προορίζονται για την καταπολέμηση των μυκήτων, των οποίων η φυσιολογία είναι παραπλήσια με εκείνη των καλλιεργουμένων φυτών. Για το λόγο αυτό, πολλά από αυτά είναι τοξικά στα φυτά. Η τοξικότητα των διαφόρων μυκητοκτόνων διαφέρει πολύ μεταξύ τους. Περισσότερο τοξικά είναι τα προστατευτικά σε σύγκριση με τα διασυστηματικά. Μερικά από αυτά, όπως το θειάφι και τα χαλκούχα, είναι πολύ

τοξικά σε ορισμένα φυτά ακόμη και σε κανονικές δόσεις. Τοξικά είναι, επίσης, ορισμένα ωιδιοκτόνα, όπως το dinocap και το quinomethionate.

Εντομοκτόνα - Ακαρεοκτόνα. Είναι πολύ συχνά τοξικά στα καλλιεργούμενα φυτά, ιδιαίτερα τα ανθοκομικά. Οι επιπτώσεις από τις τοξικότητες είναι πολύ πιο σοβαρές στα ανθοκομικά φυτά, διότι ακόμη και μικρή ζημιά στην εμφάνιση συνεπάγεται μεγάλη μείωση της εμπορικής αξίας του προϊόντος. Οι Forsyth και Maynard (1969) δίδουν μακρύ κατάλογο των ανθοκομικών φυτών και των εντομοκτόνων - ακαρεοκτόνων στα οποία είναι ευαίσθητα.

2. Η συγκέντρωση στην οποία έχει χρησιμοποιηθεί.

Η οποιαδήποτε δράση των φυτοφαρμάκων, εντομοτοξικότητα, μυκητοτοξικότητα, φυτοτοξικότητα κ.α., εξαρτάται από τη δόση στην οποία χρησιμοποιούνται. Η συνιστώμενη δόση είναι εκείνη που έχει το καλύτερο αποτέλεσμα και τις ελάχιστες αντενδείξεις. Αποκλείσεις από τη δόση αυτή ενδέχεται να προκαλέσουν φυτοτοξικότητα που, όμως, έχει διαφορετική ένταση για κάθε φυτοφάρμακο.

3. Ο συνδυασμός με άλλα φυτοφάρμακα.

Συνδυασμοί διαφόρων φυτοφαρμάκων, ακόμη και της ίδιας κατηγορίας, π.χ. μυκητοκτόνου με μυκητοκτόνο, δυνατόν να έχουν τοξικότητα, που δεν έχουν κάθε ένα από τα συστατικά μόνο του.

4. Οι συνθήκες του περιβάλλοντος κ.α..

Είναι βασικός παράγοντας εκδήλωσης της φυτοτοξικότητας. Είναι π.χ. πολύ γνωστή η αύξηση της φυτοτοξικότητας του θείου με την άνοδο της θερμοκρασίας, η φυτοτοξικότητα του αρσενικώδους νατρίου στα αμπέλια, όταν εφαρμόζεται με βροχή κ.α..

6.2.3. Τρόποι εμφάνισης της φυτοτοξικότητας

Η φυτοτοξικότητα εμφανίζεται με την οξεία ή την χρόνια μορφή. Στη πρώτη περίπτωση παρατηρούνται εμφανή συμπτώματα, τα συνηθέστερα από τα οποία είναι, αλλοιώσεις του χρωματισμού, κηλίδες διαφόρων τύπων και ξηράνσεις των διαφόρων φυτικών μερών, φυλλόπτωση και καρπόπτωση, μικροκαρπία, μικροφυλλία κ.α.. Στη δεύτερη περίπτωση το συνηθέστερο σύμπτωμα είναι η μειωμένη παραγωγή σε σύγκριση με τα υγιή φυτά.

6.3. ΜΟΛΥΝΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

Η μόλυνση της ατμόσφαιρας είναι φαινόμενο γνωστό στις βιομηχανικές περιοχές και στις μεγάλες πόλεις. Η μόλυνση αυτή δε δημιουργεί προβλήματα μόνο στον άνθρωπο, όπως πολλοί νομίζουν, αλλά σε όλα τα έμβια όντα και φυσικά και στα φυτά. Η εμφάνιση των φυτών στις δένδροστοιχίες των πόλεων είναι το καλύτερο παράδειγμα. Η μόλυνση της ατμόσφαιρας προέρχεται,

εκτός των άλλων, από την χρησιμοποίηση των στερεών και υγρών καυσίμων, άνθρακα και πετρέλαιο και των παραγώγων τους στην παραγωγή ενέργειας.

6.3.1. Πρωτογενείς και δευτερογενείς ρύποι

Κατά την πλήρη καύση, τόσο του πετρελαίου όσο και του άνθρακα, παράγεται, όπως είναι γνωστό, CO_2 και H_2O . Εντούτοις, στην πράξη, για διάφορους λόγους, η καύση δεν είναι ποτέ πλήρης με αποτέλεσμα να ελευθερώνεται CO και άκαυστοι υδρογονάνθρακες. Παράλληλα, τα καύσιμα περιέχουν, εξαρχής, ποσότητες S και ορισμένα, όπως η βενζίνη, προσθετικές ουσίες, όπως ο μόλυβδος. Από την καύση του S παράγεται SO_2 . Ο μόλυβδος ελευθερώνεται σαν στοιχείο μόλυβδος. Τέλος, κατά την καύση των υδρογονανθράκων στις μηχανές εσωτερικής καύσης, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης, παράγονται οξείδια του αζώτου από την ένωση του N και O_2 του αέρα. Έτσι, οι σημαντικότεροι ρύποι που παράγονται κατά την καύση του πετρελαίου, οι λεγόμενοι **πρωτογενείς ρύποι**, είναι το CO , το SO_2 , το NO , το NO_2 , ο μόλυβδος και οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες. Από αυτούς τοξικοί για τα φυτά θεωρούνται το NO_2 και SO_2 .

Οι πρωτογενείς ρύποι διαχέονται στην ατμόσφαιρα, όπου με την επίδραση της φωτεινής ενέργειας αντιδρούν μεταξύ τους και παράγονται άλλοι ρύποι και κυρίως **όζον (O_3)** και **peroxyacetyl nitrate (PAN)**. Οι ρύποι αυτοί είναι ιδιαίτερα βλαπτικοί για τα φυτά.

Η επίδραση των ρύπων εξαρτάται από τη συγκέντρωσή τους στην ατμόσφαιρα και το χρόνο έκθεσης των φυτών. Υψηλές συγκεντρώσεις προκαλούν εμφανή συμπτώματα σε μικρό χρονικό διάστημα και αντίστροφα. Όταν η συγκέντρωση των ρύπων είναι μικρή δυνατόν να μην παρατηρηθούν εμφανή συμπτώματα και παρόλα αυτά να υπάρχει μείωση της παραγωγής. Διάφοροι παράγοντες, όπως το είδος του φυτού, ο γονότυπος, η ηλικία, οι καλλιεργητικές συνθήκες, η φάση ανάπτυξης κ.α. επηρεάζουν την ευπάθεια των φυτών στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Γεγονός είναι, πάντως, ότι το όζον και το PAN είναι περισσότερο τοξικά από τους άλλους ρύπους. Αναφέρεται ότι στις ΗΠΑ το όζον, μόνο του ή σε συνδυασμό άλλες ουσίες, είναι υπεύθυνο για το 90% των ζημιών των φυτών από την ατμοσφαιρική ρύπανση.

6.3.2. Καιρικές συνθήκες που επηρεάζουν τη ατμοσφαιρική ρύπανση

Όπως είναι γνωστό η ατμοσφαιρική ρύπανση δεν είναι ίδια όλες τις μέρες. Ο λόγος είναι ότι, υπό κανονικές συνθήκες, οι ρύποι, όταν τουλάχιστον δε βρίσκονται σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις, διαχέονται στην ατμόσφαιρα. Σοβαρό πρόβλημα δημιουργείται όταν οι ρύποι συγκεντρώνονται στην επιφάνεια της γης.

Η κυριότερη αιτία που προκαλεί αυτή τη συγκέντρωση είναι η λεγόμενη θερμοκρασιακή αναστροφή, όταν δηλαδή, αντίθετα με το κανονικό, ο αέρας που βρίσκεται στην επιφάνεια της γης είναι ψυχρότερος εκείνου που βρίσκεται στα ανώτερα στρώματα. Η θερμοκρασιακή αναστροφή συμβαίνει κυρίως όταν την νύκτα, λόγω της ξαστεριάς, η θερμοκρασία της επιφάνειας της γης και των κοντινών στρωμάτων του αέρα πέφτει σε χαμηλά επίπεδα, ενώ ο αέρας που βρίσκεται σε υψηλότερα στρώματα, περίπου 250μ, είναι πιο ζεστός. Σε κανονικές συνθήκες η θερμοκρασία του αέρα ελαττώνεται στα ανώτερα στρώματα περίπου κατά 1°C ανά 100μ. Έτσι, τα αέρια των καύσεων, που είναι θερμά και συνεπώς αραιά, ανέρχονται στα ανώτερα στρώματα και χάνουν προοδευτικά τη θερμότητά τους. Αν, όμως, υπάρχει θερμοκρασιακή αναστροφή, τα αέρια των καύσεων ψύχονται γρήγορα και δυνατόν να μην είναι τόσο ζεστά όσο ο αέρας που βρίσκεται στα ψηλότερα στρώματα και κατά συνέπεια μένουν χαμηλά. Η κατάσταση αυτή διορθώνεται τις πρώτες απογευματινές ώρες, για να επαναληφθεί την επόμενη μέρα, εάν οι καιρικές συνθήκες είναι οι ίδιες.

6.4. ΑΝΩΜΑΛΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Η καλή ανάπτυξη των φυτών εξαρτάται από τους παράγοντες του περιβάλλοντος στο οποίο το φυτό αναπτύσσεται. Ανάλογα με τη γενετική του σύσταση κάθε φυτό αναπτύσσεται μέσα σε ορισμένα όρια των παραγόντων αυτών. Έξω από τα όρια αυτά το φυτό υποφέρει και ανεξάρτητα εάν έχει προσβληθεί από παθογόνα ή μη παρουσιάζει διάφορες ανωμαλίες. Παρακάτω αναφέρονται σύντομα οι επιπτώσεις των σπουδαιότερων παραγόντων του περιβάλλοντος στην κανονική ανάπτυξη των φυτών. Η επίδραση των συνθηκών του περιβάλλοντος στην ανάπτυξη των μολυσματικών ασθενειών αναλύεται σε άλλο σημείο.

6.4.1. Θερμοκρασία

Κάθε είδος φυτού, όπως και κάθε οργανισμός, αναπτύσσεται μέσα σε ένα εύρος θερμοκρασίας με ελάχιστο, άριστο και μέγιστο. Έξω από τα όρια του ελάχιστου και του μέγιστου, τα φυτά δεν αναπτύσσονται. Όμως, ακόμη και αν η θερμοκρασία δεν έχει φθάσει στο ελάχιστο ή το μέγιστο, όσο πλησιάζει προς τα όρια αυτά, τα φυτά αρχίζουν να υποφέρουν. Η ανάπτυξη τους δεν είναι κανονική και προοδευτικά παθαίνουν ανεπανόρθωτες ζημιές. Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι η θερμοκρασία που επηρεάζει το φυτό είναι εκείνη που αναπτύσσεται στην επιφάνεια του και στο εσωτερικό του, η οποία δεν είναι πάντοτε με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος στο οποίο αναπτύσσεται.

Υψηλές θερμοκρασίες. Εάν η θερμοκρασία ανέβει στους 45-55°C για 1-2 ώρες, τα περισσότερα φυτά παθαίνουν σοβαρές ζημιές από εγκαύματα, ανάλογα με το είδος, την ποικιλία, την περιεκτικότητα των ιστών σε νερό και σε υδατάνθρακες, τη διάρκεια έκθεσης τους σε φωτεινό περιβάλλον το προηγούμενο χρονικό διάστημα κ.α..

Η υψηλή θερμοκρασία αυξάνει ακόμη τη διαπνοή των φυτών με αποτέλεσμα την μάρανση τους, εάν το νερό που διαπνέεται δεν αναπληρώνεται. Το φαινόμενο αυτό είναι πολύ συνηθισμένο το μεσημέρι, που η θερμοκρασία είναι υψηλή. Η μάρανση αυτή, εφόσον δεν υπάρχουν παθολογικά αίτια, διορθώνεται αμέσως τις απογευματινές ώρες. Πρέπει πάντοτε να λαμβάνεται υπόψη ότι η θερμοκρασία των φυτικών ιστών που είναι εκτεθειμένοι στον ήλιο, είναι υψηλότερη της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος μέχρι και 10°C.

Χαμηλές θερμοκρασίες. Στις χαμηλές θερμοκρασίες και πριν ακόμη επέλθει παγετός, πολλά φυτά και ιδιαίτερα εκείνα που προέρχονται από τροπικές ζώνες εμφανίζουν σοβαρά συμπτώματα. Τα σπουδαιότερα είναι η μείωση της ανάπτυξης, η εμφάνιση συμπτωμάτων τροφopenιών, η κακή ανάπτυξη των καρπών, η προσβολή από ασθενή παθογόνα κ.α..

Παγετός. Εάν η θερμοκρασία πέσει κάτω από 0°C, τα φυτά δυνατόν να πάθουν ζημιές από παγετό. Οι ζημιές από τον παγετό οφείλονται στην πήξη του νερού στους μέσο ή και τους ενδοκυττάριους χώρους. Το νερό, που βρίσκεται στους μεσοκυττάριους χώρους, πήζει γρηγορότερα, επειδή δεν περιέχει πολλά στερεά διαλυτά, τα οποία μειώνουν το σημείο πήξης. Αποτέλεσμα της πήξης του νερού στους μεσοκυττάριους χώρους είναι η δημιουργία μεγάλης οσμωτικής πίεσης, οπότε το νερό που βρίσκεται μέσα στα κύτταρα βγαίνει έξω προοδευτικά για να διατηρηθεί η ισορροπία. Η προοδευτική έξοδος του νερού από τα κύτταρα αυξάνει προοδευτικά την συγκέντρωση των ζαχάρων και άλλων αντιπηκτικών ουσιών έτσι ώστε να αποφεύγεται η πήξη ακόμη και σε θερμοκρασίες -5°C έως και -10°C. Η έξοδος του νερού στους μεσοκυττάριους χώρους συντελεί στην αφυδάτωση του πρωτοπλάσματος με ότι αυτό συνεπάγεται. Επίσης, σε θερμοκρασία -10°C οι κυττοπλασματικές μεμβράνες δεν λειτουργούν, ενώ μπορούν να πάθουν και μηχανική ζημιά από τους κρυστάλλους των μεσοκυττάριων χώρων. Φυσικά σε περίπτωση πολύ χαμηλών θερμοκρασιών, ή σε περίπτωση απότομης πτώσης της θερμοκρασίας σε πολύ χαμηλά επίπεδα, κρύσταλλοι πάγου σχηματίζονται και μέσα στο κύτταρο.

Ο παγετός, συνήθως, εκδηλώνεται με υδαρή εμφάνιση των τρυφερών μερών τα οποία αργότερα ξεραίνονται. Στα περισσότερα ώριμα φυτικά μέρη παρουσιάζονται σχισίματα. Σε ορισμένα μεγάλα δένδρα, όπως π.χ. οι ελιές σχίζεται

ο κορμός. Στους καρπούς οι ζημιές δεν είναι πολύ εμφανείς στην αρχή. Αργότερα φαίνονται σαν βρασμένοι και προοδευτικά σαπίζουν.

Ορισμένα είδη φυτών δεν παθαίνουν ζημιές από παγετό, ακόμη και αν η θερμοκρασία πέσει πολύ κάτω από το 0°C, εάν δεν διαρκέσει μεγάλο χρονικό διάστημα. Αντίθετα τα ευαίσθητα φυτά ζημιώνονται αν η θερμοκρασία διατηρηθεί λίγο κάτω από το 0°C λίγες ώρες.

Οι ζημιές από παγετό εξαρτώνται κυρίως από τους επόμενους παράγοντες. 1. Το επίπεδο που πέφτει η θερμοκρασία. Όσο χαμηλότερα πέφτει η θερμοκρασία τόσο ο κίνδυνος ζημιάς είναι μεγαλύτερος. 2. Την ταχύτητα με την οποία πέφτει και ανεβαίνει η θερμοκρασία. Η γρήγορη πτώση της θερμοκρασίας έχει μεγαλύτερες επιπτώσεις από την προοδευτική πτώση, διότι δημιουργούνται κρυστάλλι πάγου τόσο έξω όσο και μέσα στα κύτταρα. Το προοδευτικό λιώσιμο των κρυστάλλων του πάγου, επίσης, επιτρέπει στο κύτταρο να επαναπορροφήσει το νερό και έτσι η ζημιές δυνατόν να μην είναι πολύ μεγάλες. Το αντίθετο συμβαίνει στη περίπτωση, που, λόγω ηλιοφάνειας, οι κρύσταλλοι λειώσουν πολύ γρήγορα. 3. Το χρόνο που η θερμοκρασία διατηρείται κάτω από το 0°C. Όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος, που η θερμοκρασία διατηρείται κάτω του 0°C, τόσο ο κίνδυνος για το φυτό είναι μεγαλύτερος. 4. Το είδος του φυτού. Τα φυτά διαφέρουν πάρα πολύ μεταξύ τους όσον αφορά την αντοχή τους στον παγετό. Φυτά των ψυχρών περιοχών έχουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε αντίθεση με φυτά των θερμών. 5. Το είδος του φυτικού ιστού. Τα τρυφερά μέρη των φυτών είναι περισσότερα ευαίσθητα. 6. Τις συνθήκες που προηγήθηκαν. Εάν του παγετού προηγηθούν παρατεταμένες χαμηλές θερμοκρασίες και μικρή φωτοπερίοδος, τα φυτά αντέχουν περισσότερο.

Η πήξη του νερού και η δημιουργία κρυστάλλων πάγου, όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος πέσει κάτω από 0°C δεν είναι αυτονόητη, όπως συχνά θεωρείται. Το νερό, όπως και πολλά άλλα υγρά, δεν πήζει στο σημείο τήξης της στερεάς φάσης, δηλαδή στους 0°C. Το καθαρό νερό, ανάλογα με την ποσότητα, μπορεί να υποστεί ψύξη μέχρι και -40°C χωρίς να πήξει. Η πήξη του νερού προϋποθέτει την ύπαρξη των λεγόμενων παγοπυρήνων. Οι περισσότεροι γνωστοί παγοπυρήνες είναι τα μικρά τεμάχια ανόργανων αλάτων, τα οποία, όμως, καταλύουν την πήξη του νερού σε θερμοκρασίες κάτω από -8 έως -10°C. Η ιδιότητα αυτή ισχύει και για το νερό που βρίσκεται στους ιστούς των φυτών. Έτσι, έχει διαπιστωθεί ότι σε φυτά που αναπτύσσονται σε ασηπτικές συνθήκες, σπάνια παρατηρείται παγετός σε θερμοκρασίες ακόμη και μέχρι -5°C.

Αντίθετα με τα παραπάνω, πήξη του νερού στους ιστούς των φυτών στη φύση και ζημιές από παγετό παρατηρούνται σε θερμοκρασίες λίγο κάτω από

0°C. Από έρευνες των τελευταίων ετών διαπιστώθηκε ότι αυτό συμβαίνει διότι στην επιφάνεια των φυτών *αναπτύσσονται* βακτήρια, τα οποία έχουν την ικανότητα να καταλύουν την πήξη του νερού σε θερμοκρασίες λίγο κάτω από 0°C. Τέτοια βακτήρια είναι στελέχη των ειδών *Pseudomonas syringae*, *Erwinia herbicola* κ.α.. Τα βακτήρια αυτά, σε πληθυσμούς, που ποικίλλουν από είδος σε είδος, από εποχή σε εποχή κ.α., υπάρχουν στην επιφάνεια όλων σχεδόν των φυτών και ονομάζονται **παγοποιητικά βακτήρια (ice nucleation active bacteria)**. Αν τα βακτήρια αυτά καταστραφούν με βακτηριοκτόνα ή αν στην επιφάνεια των φυτών επικρατήσουν άλλα, μη παγοποιητικά βακτήρια, ο παγετός μπορεί να αποφευχθεί..

Τα παγοποιητικά βακτηρία μελετώνται σήμερα επισταμένως με στόχο να βρεθεί τρόπος να μειωθούν οι ζημιές από τον παγετό. Οι έρευνες αυτές στοχεύουν κυρίως στην εξεύρεση αποτελεσματικής χημικής μεθόδου καταστροφής των παγοποιητικών βακτηρίων, στην εξεύρεση άλλων μη παγοποιητικών βακτηρίων με μεγάλη ανταγωνιστική ικανότητα, που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σαν βιολογικά μέσα αντιμετώπισης των παγοποιητικών βακτηρίων, την εξεύρεση ουσιών που μπορούν να παρεμποδίζουν τα παγοποιητικά βακτήρια να εκδηλώνουν αυτή τους την ιδιότητα κ.α.. Ήδη στις ΗΠΑ κυκλοφορούν σκευάσματα βακτηρίων από τα οποία έχει αφαιρεθεί ο γόνος ο υπεύθυνος για την παγοποίηση και συνιστούνται να χρησιμοποιούνται εναντίον του παγετού.

6.4.2. Υγρασία του περιβάλλοντος

Η υψηλή υγρασία τόσο του αέρα όσο και του εδάφους, πέραν από την ευνοϊκή επίδραση που έχει στη μόλυνση από τα διάφορα παθογόνα, όπως αναφέρεται αλλού, συντελεί στην ανάπτυξη τρυφερών φυτών που είναι ευαίσθητα τόσο σε πολλές μολυσματικές ασθένειες, όσο και σε άλλες αντίξοες συνθήκες του περιβάλλοντος, όπως οι υψηλές θερμοκρασίες. Σε ορισμένες περιπτώσεις παρατηρείται και άμεση επίδραση της υψηλής σχετικής υγρασίας του αέρα με τον σχηματισμό στην κάτω επιφάνεια των φύλλων οιδημάτων. Η πολύ χαμηλή σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας επιταχύνει την απώλεια νερού από τα φυτά με αποτέλεσμα το μαρασμό, προσωρινό ή μόνιμο, ανάλογα με τη διάρκεια της περιόδου χαμηλής υγρασίας. Σε ορισμένες περιπτώσεις υψηλής εξατμισοδιαπνοής έχει παρατηρηθεί έξαρση ορισμένων ασθενειών, όπως είναι η ξηρή σήψη της κορυφής της τομάτας.

Η υψηλή υγρασία του εδάφους έχει σαν κύριο αποτέλεσμα τον περιορισμό του αέρα που βρίσκεται στο πορώδες του εδάφους και συνεπώς και το διαθέσιμο οξυγόνο. Έτσι, οι ρίζες δεν αναπτύσσονται, ενώ παράλληλα δημιουργείται αναερόβια ζύμωση, που αυξάνει το διοξείδιο του άνθρακα και άλλα αέρια και ε-

πιδεινώνεται η κατάσταση. Ο περιορισμός του ριζικού συστήματος, στις περιπτώσεις αυτές, περιορίζει την απορρόφηση του νερού με αποτέλεσμα, εάν ακολουθήσει ξερός και ζεστός καιρός, τα φυτά να μαραίνονται. Η ανθεκτικότητα των φυτών στην υπερβολική εδαφική υγρασία εξαρτάται φυσικά από το είδος του φυτού αλλά και από τη φυσική τους κατάσταση. Όταν η υγρασία του εδάφους είναι χαμηλή, περιορίζεται αναγκαστικά και η απορρόφηση του νερού από τα φυτά. Όταν μάλιστα η τάση του νερού στο έδαφος είναι 10-15 ατμόσφαιρας, τα φυτά πολύ δύσκολα μπορούν να το απορροφήσουν. Τα φυτά αντιδρούν με το κλείσιμο των στομάτων πράγμα που περιορίζει και τη φωτοσύνθεση και την ανάπτυξη τους. Αν, παρόλα αυτά, το μέρος του νερού, που χάνεται με την εξατμισοδιαπνοή, δεν μπορεί να αναπληρωθεί επέρχεται ο μαρασμός.

6.4.3. Αερισμός του εδάφους

Όπως το υπέργειο τμήμα των φυτών έτσι και το ριζικό σύστημα έχει ανάγκη από οξυγόνο για να αναπτυχθεί. Το οξυγόνο, σε εδάφη με ικανοποιητικό πορώδες, βρίσκεται σε επίπεδα κατάλληλα για την ανάπτυξη των φυτών. Οποιοσδήποτε παράγοντας περιορίζει το πορώδες του εδάφους, όπως η υπερβολική υγρασία, τα πολύ βαριά εδάφη, η συμπίεση από αγροτικά μηχανήματα ή επίστρωση του εδάφους, όπως στις πόλεις κ.α., εμποδίζει την ανανέωση του αέρα. Η διάφοροι μικροοργανισμοί του εδάφους καταναλώνουν οξυγόνο και παράγουν διοξείδιο του άνθρακα με αποτέλεσμα την αλλαγή της σύνθεσης του αέρα στο έδαφος, εάν δεν γίνεται κανονική εναλλαγή αερίων με την ατμόσφαιρα. Η μείωση του οξυγόνου στο έδαφος έχει σαν αποτέλεσμα, μεταξύ των άλλων, την ελαττωμένη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, που συνεπάγεται την κακή διατροφή των φυτών και τη μειωμένη ανάπτυξη ή και την καταστροφή τους.

6.4.4. Υψηλή αγωγιμότητα - Αλατότητα του εδάφους

Όλα τα θρεπτικά στοιχεία, με εξαίρεση τον άνθρακα, που χρειάζονται τα φυτά για να αναπτυχθούν, τα παίρνουν από το έδαφος, όπου υπάρχουν με τη μορφή αλάτων. Ένα μέτρο της συγκέντρωσης των αλάτων στο έδαφος είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα, που μετράται σε mmhos. Όσο αυξάνει η ηλεκτρική αγωγιμότητα, αρχίζοντας από 0 mmhos, τόσο υψηλότερη είναι η συγκέντρωση των αλάτων. Ηλεκτρική αγωγιμότητα κοντά στο 0 σημαίνει ότι οι συγκεντρώσεις των διαφόρων στοιχείων στο έδαφος είναι πολύ χαμηλές και ενδεχόμενα ανεπαρκείς για τη θρέψη των φυτών. Αντίθετα οι υψηλές συγκεντρώσεις, συνήθως μεγαλύτερες από 2 mmhos, ανάλογα με το φυτό, δημιουργούν προβλήματα στην ανάπτυξη.

Το άμεσο και το σοβαρότερο, ίσως, πρόβλημα είναι η αύξηση της οσμωτικής πίεσης του εδαφικού διαλύματος και η συνεπαγόμενη δυσκολία των φυτών να προσλάβουν το νερό. Όμως, η υψηλή συγκέντρωση αλάτων στο έδαφος δεν έχει πάντοτε τις ίδιες επιπτώσεις. Μεγάλη σημασία έχει το είδος των αλάτων που συμβάλλουν στην υψηλή συγκέντρωση. Ορισμένα στοιχεία είναι ανεκτά στα φυτά σε υψηλές συγκεντρώσεις, χωρίς να δημιουργούνται σοβαρά προβλήματα, ενώ άλλα έχουν σοβαρές επιπτώσεις ακόμη και σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις.

Προηγούμενα αναφέραμε τοξικότητες ορισμένων στοιχείων που υπάρχουν στο έδαφος. Όμως, τα σοβαρότερα προβλήματα δημιουργούνται με τα άλατα του Νατρίου, συνήθως το NaCl. Το αλάτι αυτό βρίσκεται στο έδαφος, ή προστίθεται με το νερό, όταν αυτό είναι υφάλμυρο. Τα προβλήματα που δημιουργεί είναι άμεσα, δηλαδή τοξικότητα, λόγω υψηλής συγκέντρωσης του Na και του Cl στα φυτά και έμμεσα, δηλαδή αντικατάσταση των άλλων στοιχείων στα κολλοειδή, με αποτέλεσμα την έκπλυσή τους και την αύξηση της συνεκτικότητας του εδάφους.

Τα διάφορα φυτά διαφέρουν όσον αφορά την ευαισθησία τους στα άλατα. Τα τεύτλα έχουν υψηλή ανθεκτικότητα στα άλατα, τα σιτηρά, το βαμβάκι κ.α. έχουν μέση ανθεκτικότητα και τα φασόλια κ.α. χαμηλή ανθεκτικότητα.

III. Η ΑΣΘΕΝΕΙΑ

7 Μόλυσμα

7.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο μόλυσμα εννοούμε οποιοδήποτε μέρος ενός παθογόνου μπορεί να προκαλέσει ασθένεια. Με την έννοια αυτή μόλυσμα είναι τα σπόρια και τα τεμάχια του μυκηλίου των μυκήτων, τα βακτηριακά κύτταρα, τα μόρια των ιών, τα σπόρια των φανερόγαμων παράσιτων, συσσωματώματα όλων των παραπάνω κα.. Για να εμφανιστεί ασθένεια πρέπει να υπάρξει το μόλυσμα, που θα μεταφερθεί στον ξενιστή, τον οποίο θα μολύνει, εάν οι συνθήκες του περιβάλλοντος ευνοούν τη είναι οι πηγές του μολύσματος, πού διατηρείται και πώς μεταφέρεται στους υγιείς ξενιστές. Σε άλλο κεφάλαιο θα αναφερθούμε λεπτομερέστερα στην έννοια του μολύσματος.

7.2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΛΥ ΣΜΑΤΟΣ

Τα μολύσματα παράγονται στο εσωτερικό, ή στην επιφάνεια των άρρωστων φυτών, καθώς και στα υπολείμματά τους στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου. Τα μολύσματα των μυκητολογικών ασθενειών, εάν πρόκειται για υποχρεωτικά παράσιτα, όπως οι περονόσποροι, τα ωΐδια και οι σκωριάσεις, παράγονται ως επι το πλείστον στην επιφάνεια των άρρωστων φυτών και αποτελούνται από τα σπόρια των παθογόνων. Συχνά, το μόλυσμα των ίδιων ασθενειών αναπτύσσεται σε προσβλημένα φύλλα, που πέφτουν στο χώμα στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου, όπως π.χ. στην περίπτωση του περονόσπορου του αμπελιού. Στην περίπτωση των μυκήτων, που δεν είναι υποχρεωτικά παράσιτα, το μόλυσμα πάλι αναπτύσσεται κατά το πλείστον στη επιφάνεια των άρρωστων φυτών, αλλά και πάνω σε οργανικά υλικά, όπως π.χ. στην περίπτωση της τεφράς σήψης. Οι ιοί και τα βακτήρια πολλαπλασιάζονται μέσα στους ξενιστές τους, οι οποίοι αποτελούν και τις κύριες πηγές των μολυσμάτων. Είναι αυτονόητο ότι τα άρρωστα φυτά δυνατόν να ανήκουν σε οποιοδήποτε ξενιστή ενός παθογόνου, είτε πρόκειται για καλλιεργούμενο είδος είτε για ζιζάνιο.

Ανεξάρτητα του τρόπου και της θέσης που παράγονται τα μολύσματα, βέβαιο είναι ότι κάπου πρέπει να διατηρηθούν από τη μια καλλιεργητική περίοδο μέχρι την επόμενη. Ο τόπος και ο τρόπος διατήρησης του μολύσματος των διαφόρων παθογόνων αναλύεται παρακάτω.

7.2.1. Στα φυτά ξενιστές

Στα πολυετή φυτά το μόλυσμα πολλών ασθενειών δυνατόν να διατηρείται πάνω στα άρρωστα φυτά συνεχώς, από όπου και μεταφέρεται στα υγιή. Στα ετήσια φυτά και πολύ συχνά στα πολυετή, το μόλυσμα υπάρχει πάνω στα άρρωστα φυτά μόνο στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Το υπόλοιπο χρονικό διάστημα διατηρείται σε διάφορες θέσεις, από όπου κατά την νέα καλλιεργητική περίοδο μεταφέρεται στα υγιή φυτά.

Στην πρώτη περίπτωση υπάγονται οι ιώσεις, καθώς και πολλές βακτηριώσεις και μυκητολογικές ασθένειες. Το μόλυσμά τους διατηρείται πάνω στον ξενιστή συνεχώς και μπορεί να μεταφέρεται στα υγιή φυτά, συχνά σε όλη τη διάρκεια του έτους. Οι τρόποι με τους οποίους το μόλυσμα διατηρείται πάνω στα πολυετή φυτά διαφέρει, ανάλογα με το παθογόνο. Στις περιπτώσεις των ιώσεων και των βακτηριώσεων το μόλυσμα διατηρείται μέσα στους ιστούς του ξενιστή, ενώ στην περίπτωση των μυκητολογικών ασθενειών το μόλυσμα μπορεί να διατηρείται στους ιστούς ή στην επιφάνεια του ξενιστή. Εάν το μόλυσμα είναι στους ιστούς του ξενιστή, η διατήρηση του είναι εξασφαλισμένη. Αντίθετα, εάν είναι στη επιφάνεια του ξενιστή, ενδέχεται να υποστεί σοβαρή μείωση κατά την περίοδο του χρόνου που οι κλιματικές συνθήκες είναι αντίξοες για τη επιβίωση του παθογόνου.

Η θέση στην οποία βρίσκεται το μόλυσμα πάνω στον ξενιστή έχει μεγάλη σημασία στην καταπολέμηση της ασθένειας. Είναι αυτονόητο ότι η καταστροφή του μολύσματος πάνω στην επιφάνεια του ξενιστή, είναι πολύ ευκολότερη από την καταστροφή του μέσα στους ιστούς του.

7.2.2. Στο πολλαπλασιαστικό υλικό

Οι σπόροι, τα μοσχεύματα οι βολβοί, οι κόνδυλοι και άλλα είδη πολλαπλασιαστικού υλικού είναι από τα σπουδαιότερα μέρη, πάνω στα οποία διατηρούνται τα μολύσματα πάρα πολλών ασθενειών. Μεγάλος αριθμός μολυσματικών ασθενειών, όλων των κατηγοριών, μεταδίδονται με το πολλαπλασιαστικό υλικό. Όπως γίνεται φανερό, το μολυσμένο πολλαπλασιαστικό υλικό είναι ένας από τους καλύτερους τρόπους μετάδοσης των ασθενειών. Το μόλυσμα δυνατόν να διατηρείται μέσα στους ιστούς, ή στην επιφάνεια του πολλαπλασιαστικού υλικού. Οι ιοί π.χ. δυνατόν να διατηρούνται στους πλακούντες, στα έμβρυα, ή στην επιφάνεια των σπόρων. Οι μύκητες και τα βακτήρια, που προκαλούν σήψεις, δυνατόν να διατηρούνται στο προσβλημένο μέρος των σπόρων. Άλλοι μύκητες διατηρούνται στην επιφάνεια των σπόρων, όπου δυνατόν να υπάρχουν οι καρποφορίες τους. Τέλος, οι μύκητες και τα βακτήρια, που προκαλούν ασθένειες στα αγγεία των φυτών, δυνατόν να διατηρούνται στα αγγεία των σπόρων.

Ανάλογη είναι η ύπαρξη του μολύσματος και στο αγενές πολλαπλασιαστικό υλικό. Τα μόρια των ιών, τα κύτταρα των βακτηρίων και το μυκήλιο των μυκήτων δυνατόν να υπάρχουν στο εσωτερικό των ιστών, ή στην επιφάνεια των μοσχευμάτων των βολβών κ.α..

Η θέση στην οποία υπάρχει το μόλυσμα εξαρτάται από το είδος του, την ασθένεια που προκαλεί κ.α.. Έτσι, το μόλυσμα των ασθενειών που προκαλούν σηψιρριζίες βρίσκεται στο ριζικό σύστημα, το μόλυσμα ασθενειών που προκαλούν ασθένειες των αγγείων διατηρείται στα αγγεία κ.α.. Όπως και στη περίπτωση που το μόλυσμα βρίσκεται πάνω στα φυτά, το μόλυσμα που βρίσκεται στην επιφάνεια του πολλαπλασιαστικού υλικού είναι περισσότερο ευάλωτο, τόσο στις αντίξοες συνθήκες του περιβάλλοντος όσο και στις επεμβάσεις του ανθρώπου.

7.2.3. Στο έδαφος

Στο έδαφος διατηρείται το μόλυσμα πολλών ασθενειών, όλων των κατηγοριών. Πολλά παθογόνα όχι μόνο διατηρούνται, αλλά και πολλαπλασιάζονται στο έδαφος. Πολλοί ιοί, βακτήρια και μύκητες διατηρούνται στα φυτικά υπολείμματα που μένουν στο έδαφος στο τέλος της καλλιέργειας μέχρι να αποδομηθούν. Ορισμένοι ιοί διατηρούνται στο έδαφος σε μύκητες ή νηματώδεις, οι οποίοι τους μεταφέρουν στα υγιή φυτά. Όμως τα παθογόνα που διατηρούνται κατ'εξοχήν στο έδαφος είναι οι μύκητες.

Κατά τον Garrett οι μύκητες που ζουν στο έδαφος, (soil-borne fungi), διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, σ' εκείνους που διατηρούνται μόνιμα στο έδαφος (soil inhabitants) και σ' εκείνους που διατηρούνται προσωρινά στο έδαφος (soil invaders). Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι σαπροφυτικοί μύκητες και τα προαιρετικά παράσιτα, ενώ στη δεύτερη κατηγορία τα υποχρεωτικά παράσιτα και τα προαιρετικά σαπρόφυτα.

Όλα τα παθογόνα που βρίσκονται στο έδαφος, έστω και για λίγο χρονικό διάστημα, υφίστανται τον έντονο ανταγωνισμό όλων των μικροοργανισμών του εδάφους, την επίδραση της υγρασίας και της θερμοκρασίας, των διαφόρων χημικών ουσιών κ.α.. Η επιβίωση τους εξαρτάται από την ανταγωνιστική τους ικανότητα και την ανθεκτικότητά τους στους παραπάνω παράγοντες.

Όμως, όσον και αν φαίνεται παράξενο, η ύπαρξη ζωντανών μολυσμάτων στο έδαφος, τα οποία δεν βρίσκονται σε κανένα είδος λήθαργου, δεν σημαίνει ότι υπό ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας θα βλαστήσουν και θα προσβάλλουν τους ξενιστές τους. Πολύ συχνά τα σπόρια δεν μπορούν να βλαστήσουν και να προκαλέσουν μόλυνση εάν δεν ξεπεραστούν τα εμπόδια, που υπάρχουν στο περιβάλλον και εμποδίζουν τη βλάστησή τους. Το φαινόμενο αυτό καλείται **φουνγίσταση**. Η φουνγίσταση είναι γενικό

φαινόμενο στα φυσικά εδάφη, αλλά οι μηχανισμοί που το διέπουν δεν είναι καλά γνωστοί.

7.2.4. Στα έντομα φορείς

Οι ασθένειες, που διατηρούνται από τη μιά καλλιεργητική περίοδο μέχρι την επόμενη στα έντομα με τα οποία μεταδίδονται, είναι λίγες. Πρόκειται για μερικές ιώσεις και βακτηριώσεις, όπως π.χ. η βακτηριακή μάρανση των κολοκυνθοειδών.

7.3. ΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗ, ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗ ΤΟΥ ΜΟΛΥΣΜΑΤΟΣ

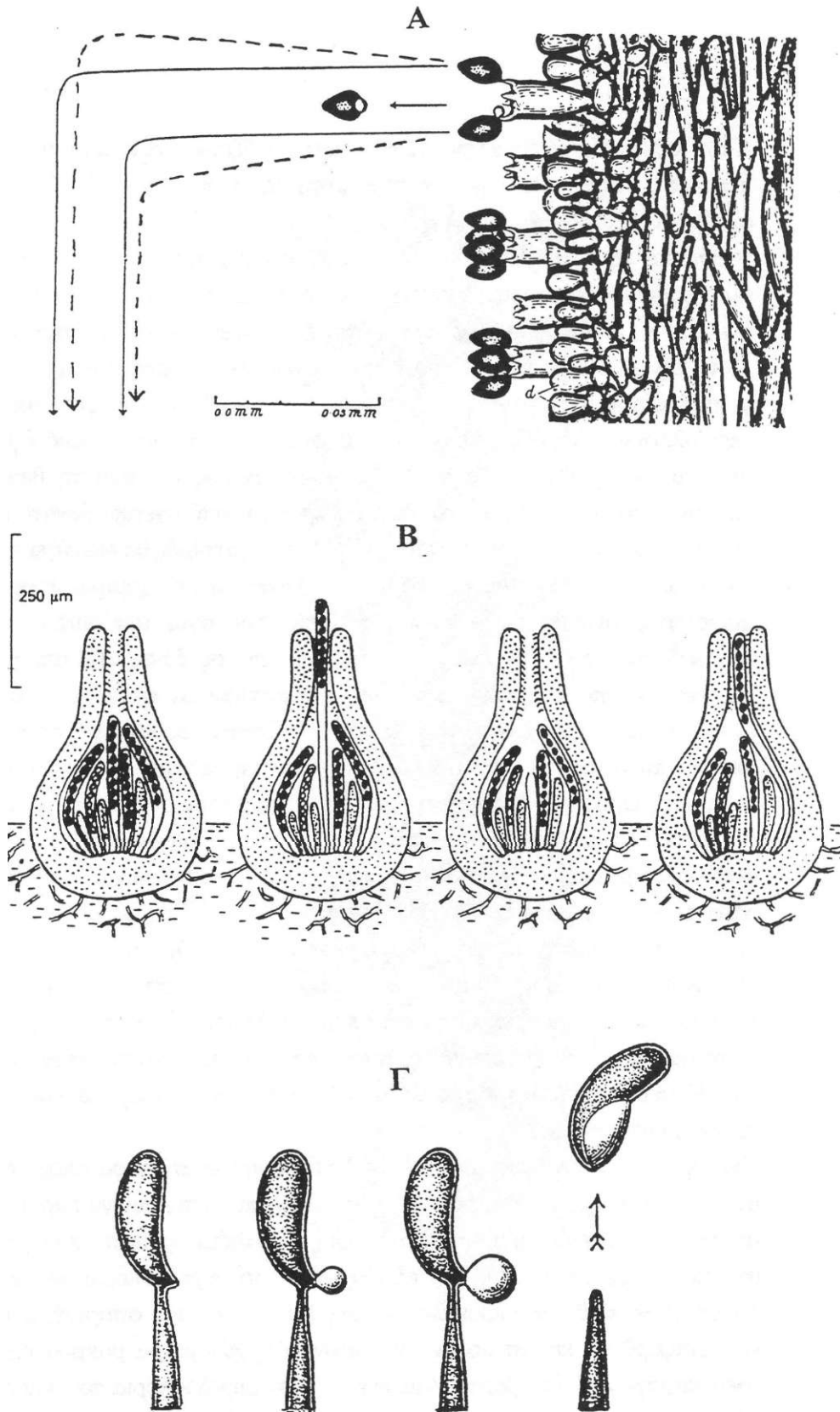
Πέραν από την παραγωγή του μολύσματος, βασικό στοιχείο για την επέκταση μιας ασθένειας στο χώρο και στο χρόνο, δηλαδή στην ανάπτυξη επιδημίας, αποτελεί η ελευθέρωση και διασπορά του σε νέες θέσεις, όπου μπορεί να προκαλέσει μολύνσεις. Η διαδικασία αυτή μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους οι οποίοι αναπτύσσονται παρακάτω.

7.3.1. Διασπορά με τον αέρα

Ο αέρας είναι ο σπουδαιότερος τρόπος μεταφοράς του μολύσματος και κυρίως των σπορίων. Τα μολύσματα που μεταφέρονται με τον αέρα είναι κυρίως τα ξηροσπόρια, που αποτελούν και ένα μεγάλο ποσοστό των μολυσμάτων που προκαλούν ασθένειες στα φυτά. Ξηροσπόρια, εκτός των άλλων, είναι τα ουρεδοσπόρια των σκωριάσεων, τα σποριάγγεια των μυκήτων που προκαλούν τους περονοσπόρους, τα σπόρια των ωιδίων, τα σπόρια των μυκήτων των γενών *Botrytis* και *Alternaria*, τα ασκοσπόρια πολλών ασκομυκήτων κ.α..

Η διασπορά των ξηροσπορίων ακολουθεί τρεις φάσεις. Την ελευθέρωση, τη μεταφορά και την εναπόθεση. Τα ξηροσπόρια παράγονται σε ανοικτές ή κλειστές καρποφορίες, που αναπτύσσονται στην επιφάνεια του ξενιστή. Για να μεταφερθούν στις νέες θέσεις μόλυνσης πρέπει να ελευθερωθούν από τις καρποφορίες και από την επιφάνεια στην οποία βρίσκονται. Όμως, οι καρποφορίες των μυκήτων βρίσκονται μέσα στο λεπτό στρώμα αέρα, που καλύπτει την επιφάνεια των φυτών και το οποίο είναι σχεδόν ακίνητο και πολύ λίγο επηρεάζεται από το περιβάλλον. Για να μεταφερθούν λοιπόν τα σπόρια πρέπει να ξεφύγουν από τον κλοιό αυτό, να ελευθερωθούν.

Τα ξηροσπόρια των μυκήτων, ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίον ελευθερώνονται χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα σπόρια που ελευθερώνονται με διάφορους μηχανισμούς, που ενεργοποιούνται με τη διύγρανση ή ξήρανση του μύκητα ή του ξενιστή σε συνδυασμό με αλλαγές της ακτινοβολίας, της θερμοκρασίας του αέρα και της σχετικής υγρασίας (Εικ. 26). Ιδιαίτερα στους ασκομύκητες, τα σπόρια εκτοξεύονται στον αέρα από τις καρποφορίες στις οποίες σχηματίζονται. Οι τρόποι εκτόξευσης είναι διάφοροι και οι αποστάσεις συνήθως λίγα χιλιοστά, που όμως είναι αρκετά για να ξεφύγουν τα σπόρια από το ακίνητο στρώμα του αέρα. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα σπόρια των μυκήτων που ελευθερώνονται παθητικά. Αυτό μπορεί να γίνει με απλό τίναγμα ή ακόμη και με τη βαρύτητα. Όμως, τα περισσότερα σπόρια δεν ελευθερώνονται τόσο εύκολα, αλλά χρειάζονται μηχανική δύναμη. Η δύναμη αυτή είναι συνήθως ο άνεμος.



Εικ. 27 Τρόποι δυναμικής ελευθέρωσης σπορίων μυκήτων (A=Βασίδια με βασιδιοσπόρια σε *Hymenomycetales*, B=Περιθήκια με ασκούς, Γ=Λεπτομέρεια από την ελευθέρωση βασιδιοσπορίων)

Κάθε κατηγορία σπορίων για ελευθερωθεί χρειάζεται άνεμο με μια ελάχιστη ταχύτητα. Πάνω από την ταχύτητα αυτή τα σπόρια που ελευθερώνονται αυξάνουν ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου. Είναι αυτονόητο ότι δεν χρειάζεται να υπάρχει μια σταθερή ελάχιστη ταχύτητα του ανέμου για να ελευθερωθούν τα σπόρια. Διακεκομμένα σύντομα φυσήματα, κατά τα οποία ο άνεμος έχει ταχύτητα πάνω από το ελάχιστο, είναι, επίσης, αποτελεσματικά.

Μετά την ελευθέρωσή τους από την επιφάνεια του ξενιστή, ορισμένα σπόρια μεταφέρονται μέσα στην κόμη των φυτών και άλλα μεταφέρονται στον περιβάλλοντα χώρο. Ο αριθμός των σπορίων που θα διαφύγουν από την κόμη των φυτών εξαρτάται από τον τρόπο ελευθέρωσης και από τη θέση των σπορίων στο φυτό. Εάν τα σπόρια ελευθερωθούν από σχετικά δυνατό άνεμο, που μάλιστα συνοδεύεται από δύνες, μεγαλύτερος αριθμός θα διαφύγει από την κόμη των φυτών. Επίσης, τα σπόρια που παράγονται σε χαμηλό ύψος έχουν μικρότερες πιθανότητες να διαφύγουν από την κόμη των φυτών, επειδή επηρεάζονται λιγότερο από τον άνεμο και από τις δύνες. Τα σπόρια που διαφεύγουν από την κόμη των φυτών διασπείρονται στον αέρα και εάν επικρατεί άπνοια εναποτίθενται, λόγω της βαρύτητας, σε κοντινές αποστάσεις από την πηγή παραγωγής. Όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση τόσο μικρότερος είναι ο αριθμός των σπορίων που εναποτίθενται. Ετσι, δεδομένου ότι βασικό στοιχείο στην εμφάνιση των ασθενειών είναι το μόλυσμα, η εμφάνιση της ασθένειας έχει μια κανονική κατανομή γύρω από την πηγή του μολύσματος.

Μέρος των σπορίων που ελευθερώνονται με τον άνεμο μεταφέρονται προς τα πάνω. Οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας στη διάρκεια του 24 ώρου συντελούν σε μεγάλης κλίμακας κατακόρυφο μετακίνηση του αέρα και των σπορίων που μεταφέρει. Όταν τα σπόρια φθάσουν σε κάποιο ύψος τότε αναγκαστικά διανύουν κάποια απόσταση πριν εναποτεθούν στην επιφάνεια της γης. Η απόσταση αυτή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και κυρίως την ταχύτητα του ανέμου.

Υπό ορισμένες συνθήκες μπορούν να δημιουργηθούν σύννεφα σπορίων, που ανέρχονται σε μεγάλο ύψος στην ατμόσφαιρα, όπου μπορούν να παραμείνουν μεγάλο χρονικό διάστημα, εάν είναι άπνοια, ή να ταξιδέψουν σε πολύ μεγάλες αποστάσεις με τον άνεμο. Έχει αποδειχτεί ότι τα ουρεδοσπόρια του μύκητα *Puccinia graminis*, που προκαλεί τη μαύρη σκωρίαση του σιταριού, μπορούν να μεταφερθούν και να μολύνουν εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά από τον τόπο παραγωγής. Στη βόρειο Αμερική, π.χ. τα ουρεδοσπόρια του παραπάνω μύκητα ταξιδεύουν την άνοιξη από το Βόρειο Μεξικό στα σύνορα ΗΠΑ και Καναδά και το φθινόπωρο ακολουθούν ακριβώς την αντίθετη διαδρομή. Στην Ευρώπη θεωρείται ότι υπάρχουν δύο δρόμοι μεταφοράς των σπορίων του ίδιου μύκητα. Εκείνος της ανατολικής και εκείνος της δυτικής Ευρώπης. Ο πρώτος

ξεκινά 07^ο την Τουρκία και μέσω Ρουμανίας καταλήγει στις Σκανδιναβικές χώρες και ο δεύτερος αρχίζει από το Μαρόκο και δια της Ιβηρικής χερσονήσου φθάνει πάλι στις Σκανδιναβικές χώρες.

Ανάλογες μεταφορές σπορίων διαφόρων παθογόνων λαμβάνουν χώρα και σε άλλες περιοχές της γής. Αναφέρεται ότι τα σπόρια του μύκητα *Ustilago scitaminae*, που πρικαλεί τον άνθρακα του ζαχαροκάλαμου και του μύκητα *Hemelia vastatrix*, που προκαλεί τη σκωρίαση του καφέ θεωρείται πως μεταφέρονται από την Αφρική στην Αμερικανική ήπειρο, δηλαδή σε απόσταση περίπου 4000 χιλ.

Η εναπόθεση των σπορίων στην επιφάνεια της γης γίνεται είτε προοδευτικά, λόγω της βαρύτητας, είτε με τη βροχή είτε με τους στροβιλισμούς του αέρα. Στη περίπτωση αυτή, σε αντίθεση με την προηγούμενη, τα πρώτα άρρωστα φυτά είναι τυχαία κατανεμημένα σε όλη την καλλιέργεια, όπως συμβαίνει και με τις μη μολυσματικές ασθένειες.

Είναι φυσικό ότι, η διατήρηση των σπορίων στην ατμόσφαιρα για μεγάλο χρονικό διάστημα μειώνει τη μολυσματικότητά τους και την επιβίωση τους. Όταν τα ουρεδοσπόρια π.χ. παραμείνουν στον αέρα περισσότερο από 120 ώρες, οι πιθανότητες επιβίωσης είναι πολύ περιορισμένες. Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την επιβίωση των σπορίων είναι η ξηρασία, η χαμηλή θερμοκρασία και πάνω απ' όλα η επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας. Ορισμένα σπόρια επιβιώνουν μέχρι και μερικές εβδομάδες, ενώ άλλα δεν αντέχουν παρά μερικές ώρες. Η αντοχή των σπορίων εξαρτάται από το πάχος των τοιχωμάτων τους, το χρώμα τους, την ώρα ελευθέρωσης τους κ.α..

7.3.2. Διασπορά με τη βροχή

Ορισμένα σπόρια μυκήτων, τα γλοιοσπόρια, καθώς και τα βακτήρια περιβάλλονται από μια ζελατινώδη μάζα και η ελευθέρωση και η μεταφορά τους με τον αέρα δεν είναι εύκολη. Τα σπόρια αυτά ελευθερώνονται και μεταφέρονται κυρίως με τη βροχή. Για την ελευθέρωση των γλοιοσπορίων χρειάζεται οι καρποφορίες στις οποίες παράγονται, συνήθως τα πυκνίδια, τα ακέρβουλα, τα σποριοδόχεια κ.α., να υγρανθούν. Επίσης, για την ελευθέρωση των βακτηρίων χρειάζεται οι κηλίδες, τα έλκη κ.α. στα οποία βρίσκονται να υγρανθούν. Στη φάση αυτή η βροχή που χρειάζεται είναι συνήθως ελάχιστα χιλιοστά, μπορεί δε να είναι αρκετή και η δρόσος.

Όταν η ζελατινώδη μάζα που περιβάλλει τα μολύσματα αυτά υγρανθεί δημιουργείται αιώρημα σπορίων ή βακτηρίων που επικάθεται σαν λεπτό στρώμα στην επιδάνεια του ξενιστή. Η ζελατινώδης ουσία που περιβάλλει τα γλοιοσπόρια τα προστατεύει από την ξήρανση και την απώλεια της βλαστικότητάς τους, όταν ο καιρός είναι ξηρός και επιτρέπει τη μεταφορά τους

όταν υπάρχει βροχή και οι συνθήκες είναι ευνοϊκές για τη μόλυνση. Εκτός αυτού η ζελατινώδης ουσία μειώνει την επιφανειακή τάση του νερού και υποβοηθά τη διαβροχή της φυτικής επιφάνειας, πράγμα που διευκόλυνα και τη διασπορά. Η μεταφορά των ελευθερωμένων πλέον σπορίων γίνεται με τις σταγόνες της βροχής, ή τις σταγόνες που σχηματίζονται στην επιφάνεια των φυτών λόγω δρόσου. Οι σταγόνες της βροχής έχουν συνήθως διάμετρο 0.2 - 0.5 χιλ., ενώ οι σταγόνες που πέφτουν από χαμηλά είναι μεγαλύτερες.

Μετά την πρόσκρουσή τους στην επιφάνεια του φυτού ή στο έδαφος, οι σταγόνες διασπώνται σε εκατοντάδες μικρά σταγονίδια, ανάλογα με το μέγεθος τους και την ταχύτητα πρόσπτωσης. Εάν στην επιφάνεια αυτή υπάρχουν μολύσματα, μεγάλο μέρος τους παρασύρεται και ενσωματώνεται στα σταγονίδια αυτά, τα οποία διασπείρονται μεταφέροντας και τα μολύσματα τα οποία έχουν συμπαράσσει. Εάν δεν υπάρχει άνεμος ελάχιστα σταγονίδια διασπείρονται πέραν από 1μ οριζόντια και 0.4 - 0.7μ κατακόρυφα. Συνήθως, πάνω από το 75% των μολυσμάτων πέφτουν στα πρώτα 25 εκ.. Αντίθετα, αν υπάρχει άνεμος ορισμένα μικρά σταγονίδια παρασύρονται λίγα μέτρα μακρύτερα. Πολύ μικρά σταγονίδια είναι δυνατόν να παρασυρθούν από δίνες στην κορυφή της κόμης των δένδρων ή σε δεκάδες ακόμη και εκατοντάδες μέτρα οριζόντια.

Εκτός από τα γλοιοσπόρια και τα βακτήρια, και τα ξηροσπόρια ελευθερώνονται και διασπείρονται, σε κάποιο βαθμό, με τη βροχή. Όταν σταγόνες βροχής πέφτουν σε επιφάνειες φύλλων με ξηροσπόρια, πολλά ελευθερώνονται από το ελαφρό κύμα αέρα που δημιουργείται, ή από τίναγμα του φύλλου κατά την πρόσκρουση της σταγόνας. Τα σπόρια αυτά μπορούν να προσκολληθούν στην επιφάνεια των σταγονιδίων που δημιουργούνται και να μεταφερθούν όπως τα γλοιοσπόρια.

Όπως είναι φυσικό, οι αποστάσεις που μεταφέρονται τα σπόρια με τη βροχή και οι θέσεις που εναποτίθενται εξαρτώνται από τον τρόπο που πέφτει η βροχή, αν δηλαδή είναι ήσυχη αν είναι καταιγίδα κ.α.. Συνήθως πρόκειται για αποστάσεις μερικών μέτρων, χωρίς να αποκλείεται η μεταφορά πολύ λεπτών σταγόνων σε μεγάλες αποστάσεις με τον αέρα. Είναι φυσικό ότι το ρόλο της φυσικής βροχής μπορεί να παίξει και η τεχνητή βροχή, που εφαρμόζεται σήμερα για πότισμα.

7.3.3. Διασπορά από τον άνθρωπο

Είναι ευνόητο ότι όλα τα παθογόνα μεταφέρονται από τον άνθρωπο από την μιά τοποθεσία στην άλλη, ακόμη και σε μακρινές αποστάσεις, με τη μεταφορά του μέσου στο οποίο διατηρούνται.

Η μεταφορά των παθογόνων με το έδαφος είναι πολύ συνηθισμένη. Όλα τα παθογόνα που περνούν κάποιο μέρος του βιολογικού τους κύκλου στο έδαφος

μπορούν να μεταφερθούν από το ένα χωράφι στο άλλο ή από τη μιά περιοχή στην άλλη με τα γεωργικά μηχανήματα, τους εργάτες, κ.α..

Το πολλαπλασιαστικό υλικό, που πολύ συχνά μεταφέρεται από περιοχή σε περιοχή και από χώρα σε χώρα, θεωρείται από τους κύριους παράγοντες μεταφοράς των ασθενειών. Με τον τρόπο αυτό έχουν μεταφερθεί πολύ καταστρεπτικές ασθένειες από μια ήπειρο σε άλλη ή από μια χώρα σε άλλη. Ο τρόπος αυτός είναι ο συνηθέστερος με τον οποίο εισάγονται νέες ασθένειες σε περιοχές και χώρες που δεν προϋπήρχαν. Τέλος γεωργικά προϊόντα, που μεταφέρονται από μια περιοχή σε άλλη μπορεί να μεταφέρουν τα μολύσματα πολλών ασθενειών.

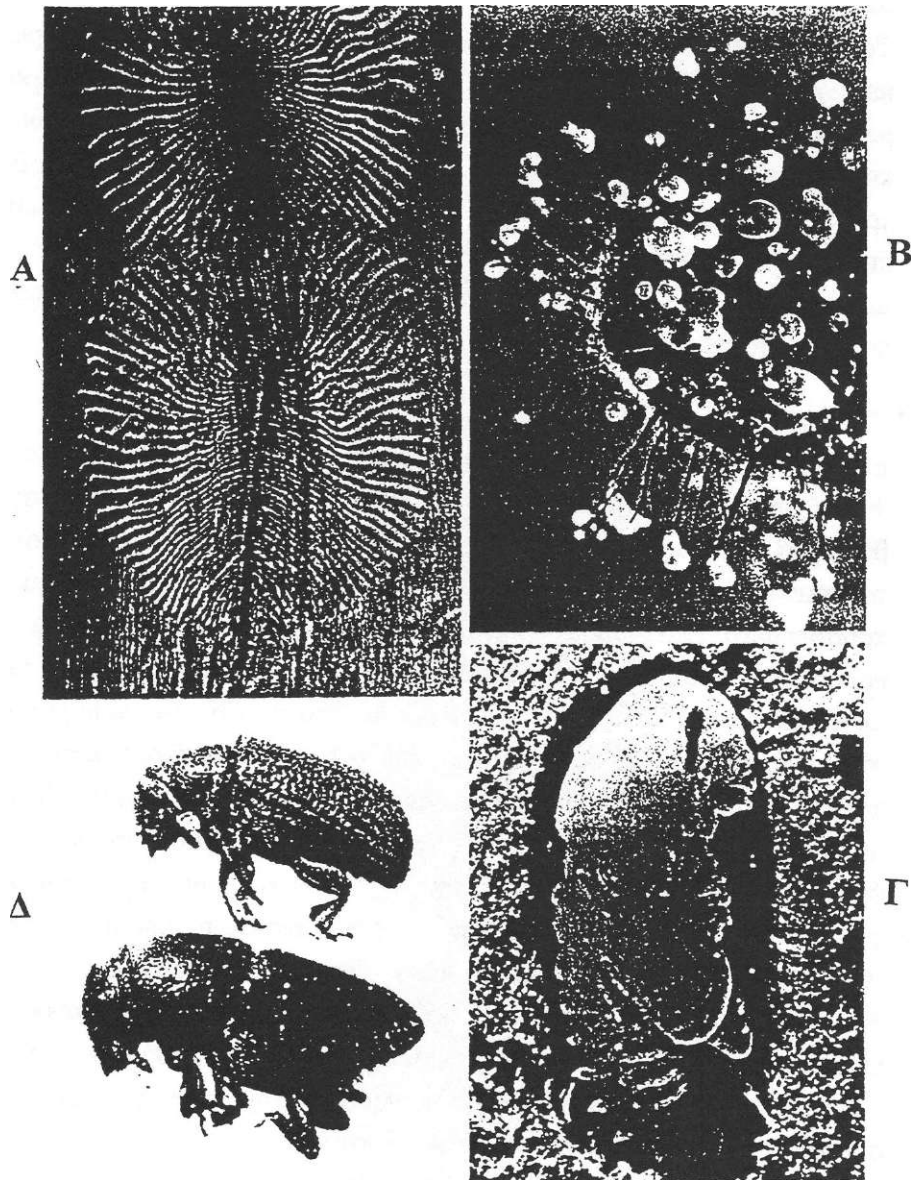
7.3.4. Διασπορά με τα έντομα και τα πτηνά

Εκτός από τη διασπορά των ιών και των μυκοπλασμάτων, στην οποία αναφερθήκαμε ήδη, τα έντομα μεταφέρουν πολλούς φυτοπαθογόνους μύκητες και βακτήρια. Η μεταφορά τόσο των μυκήτων όσο και των βακτηρίων είναι, ως επί το πλείστον παθητική. Τα έντομα δηλαδή που επισκέπτονται φυτά προσβλημένα από κάποιο μύκητα ή βακτήριο, άλλωτε διότι και τα ίδια παρασιτούν τα φυτά αυτά άλλωτε για λόγους εξεύρεσης τροφής, φορτώνονται με τα σπόρια των μυκήτων ή τα κύτταρα των βακτηρίων, τα οποία μεταφέρουν στη συνέχεια στα υγιή φυτά που επισκέπτονται. Τέτοια είναι η περίπτωση της ασθένειας της φτελιάς, που προκαλείται από το μύκητα *Ceratocystis ulmi* και μεταφέρεται με το έντομο *Scolytus scolytus*. Το έντομο αυτό παρασιτεί τη φτελιά και καθώς τα ακμαία εξέρχονται από το φλοιό των άρρωστων δένδρων φορτώνονται με τα σπόρια του παθογόνου μύκητα τα οποία στη συνέχεια αποθέτουν στα υγιή δένδρα στα οποία πηγαίνουν να τραφούν (Εικ. 28).

Ανάλογη είναι η περίπτωση της φόμοψης του αμπελιού. Την άνοιξη, όταν υπάρξει βροχή, βγαίνουν τα πυκνιδισπόρια από τα πυκνίδια του μύκητα *Phomopsis viticola*. Έντομα που βρίσκονται στις κληματίδες, φορτώνονται με τα σπόρια τα οποία μεταφέρουν σε νέους βλαστούς.

Περισσότερο ενδιαφέρουσα είναι η περίπτωση της τεφράς σήψης. Τα σπόρια του παθογόνου μύκητα *Botrytis cinerae* μεταφέρονται σε πολλούς ξενιστές με έντομα. Το έντομο *Lobesia botrana*, η γνωστή ευδεμίδα, μεταφέρει τα σπόρια στα σταφύλια, ενώ οι μέλισσες μεταφέρουν τα σπόρια στα άνθη της φράουλας κ.α.. Στην περσίπτωση του *L. botrana*, τα σπόρια έχουν βρεθεί στον πεπτικό σωλήνα του εντόμου και θεωρείται ότι τα μεταφέρει και τα τοποθετεί στα υγιή σταφύλια.

Η διασπορά των σπορίων με τα πτηνά είναι σπανιότερη. Μια τέτοια περίπτωση είναι η διασπορά της κορυφοξήρας των εσπεριδοειδών.



Εικ. 28. Διασπορά των σπορίων του μύκητα *Ceratocystis ulmi* με έντομα του γένους *Scolytes* (Α=στοά εντόμου, Β=καρποφορίες του μύκητα στη στοά, Γ=προνύμφη του εντόμου στη στομά, Δ=ακμαίο μολυσμένο έτοιμο να μεταφέρει το μόλυσμα σε άλλο δένδρο.

8 Το περιβάλλον

8.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο τρίτος παράγων που συμβάλλει στην ανάπτυξη των ασθενειών είναι το περιβάλλον και έχει εξίσου μεγάλη σημασία με τους δύο άλλους, δηλαδή, το παθογόνο και τον ξενιστή. Παρακάτω αναφέρεται συνοπτικά η σημασία των σπουδαιότερων παραγόντων του περιβάλλοντος στην ανάπτυξη των ασθενειών.

8.2. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Για κάθε παθογόνο, όπως για όλους τους οργανισμούς, υπάρχει ανώτερη, κατώτερη και άριστη θερμοκρασία για την ανάπτυξή του. Τα όρια αυτά δυνατόν να είναι διαφορετικά για τις διάφορες φυσιολογικές διαδικασίες, όπως για την αύξηση του μυκηλίου, την παραγωγή σπορίων, τη βλάστηση των σπορίων κ.α.. Παρατεταμένη θερμοκρασία, κάτω από το ελάχιστο και πάνω από το μέγιστο, δυνατόν να προκαλέσει το θάνατο του παθογόνου. Συχνά, η θερμοκρασία επηρεάζει κατά τον ίδιο τρόπο την ανάπτυξη του παθογόνου και την ανάπτυξη της ασθένειας που προκαλεί. Όμως, αυτό δε συμβαίνει πάντοτε. Η εκδήλωση της ασθένειας εξαρτάται από την επίδραση των διαφόρων κλιματικών παραγόντων στο παθογόνο, αλλά και στο φυτό. Είναι δυνατόν, ένα παθογόνο να ευνοείται από υψηλές θερμοκρασίες, αλλά το φυτό να αντιδρά αποτελεσματικότερα στις θερμοκρασίες αυτές, οπότε η ασθένεια ευνοείται από θερμοκρασίες που μειώνουν την αντίδραση του φυτού. Ο μύκητας *B. cinerea* π.χ. αναπτύσσεται ταχύτερα σε θερμοκρασίες 20-25°C. Η ίδια θερμοκρασία ευνοεί και την ταχύτερη βλάστηση των σπορίων του. Όμως, οι μολύνσεις των φυτών ευνοούνται από θερμοκρασίες 15-20°C. Είναι επίσης δυνατόν, ασθένειες, που προκαλούνται από το ίδιο παθογόνο σε δύο διαφορετικά φυτά, να ευνοούνται από διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασίας.

8.3. ΥΓΡΑΣΙΑ

Η εμφάνιση των περισσότερων ασθενειών των φυτών είναι συνδεδεμένη με την ύπαρξη υψηλής σχετικής υγρασίας. Για ορισμένες μάλιστα ασθένειες, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη νερού σε υγρή φάση.

Η βλάστηση των σπορίων των περισσότερων μυκήτων δε λαμβάνει χώρα αν δεν υπάρχει πολύ υψηλή σχετική υγρασία και σε ορισμένους από αυτούς νερό σε υγρή φάση. Επίσης, η είσοδος ορισμένων παθογόνων, όπως των

ζωοσπορίων των περonosπόρων και των βακτηρίων, στον ξενιστή απαιτεί την ύπαρξη νερού. Εξάιρεση αποτελούν τα ωΐδια. Αν και τα σπόρια των περισσοτέρων μυκήτων που προκαλούν τις ασθένειες αυτές βλαστάνουν καλύτερα σε ατμόσφαιρα που πλησιάζει το σημείο κορεσμού, τα σπόρια πολλών εξ αυτών μπορούν να βλαστήσουν σε πολύ χαμηλή σχετική υγρασία. Αντίθετα, παρατεταμένη εμβάπτιση των σπορίων στο νερό μειώνει τη βλαστικότητα τους.

8.4. ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Επειδή η ένταση του φωτισμού συνδέεται, σχεδόν πάντοτε, άμεσα με τη θερμοκρασία, είναι πολύ δύσκολο τουλάχιστον κάτω από φυσικές συνθήκες να ξεχωρίσει η επίδραση του ενός παράγοντα από την επίδραση του άλλου. Στο βαθμό που η επίδραση των δυο αυτών παραγόντων μπορεί να μελετηθεί χωριστά θεωρείται ότι ο φωτισμός επηρεάζει την ανάπτυξη των ασθενειών κυρίως έμμεσα με την επίδραση που ασκεί την ανάπτυξη των φυτών. Για να υπάρξει υψηλή φωτοσυνθετική δραστηριότητα και καλή ανάπτυξη των φυτών απαιτείται έντονος φωτισμός. Εάν ο φωτισμός είναι περιορισμένος, η φωτοσυνθετική δραστηριότητα μειώνεται και τα φυτά δεν αναπτύσσονται κανονικά. Στην πρώτη περίπτωση ευνοούνται ασθένειες που προσβάλλουν περισσότερο τα εύρωστα φυτά, όπως τα ωΐδια, ενώ στη δεύτερη ασθένειες που προσβάλλουν κατ'εξοχήν ασθενικά φυτά, όπως οι αλτερναριώσεις. Θεωρείται επίσης ότι ο μειωμένος φωτισμός αυξάνει τη ευαισθησία των φυτών στις ιώσεις κ.α..

Η άμεση επίδραση του φωτισμού στα παθογόνα στη φάση της μόλυνσης του ξενιστή δεν είναι καλά γνωστή. Αν και είναι γνωστό ότι η ένταση και η ποιότητα του φωτισμού επηρεάζει ορισμένες φορές τη βλάστηση των σπορίων και την αύξηση των μυκηλιακών υφών, τα δεδομένα που υπάρχουν δεν επιτρέπουν την εξαγωγή γενικών συμπερασμάτων. Αντίθετα, ο φωτισμός επηρεάζει τη σποριογένεση και έμμεσα τη μόλυνση των φυτών και την εξέλιξη μιας ασθένειας. Το θέμα αυτό αναπτύσσεται στο κεφάλαιο της επιδημιολογίας.

8.5. ΕΛΑΦΟΣ

Η υψηλή υγρασία του εδάφους θεωρείται βασικός παράγοντας για την εμφάνιση των περισσοτέρων ασθενειών που προσβάλλουν το ριζικό σύστημα των φυτών. Ορισμένες ασθένειες, όπως εκείνες που προκαλούνται από φυκομύκητες και βακτήρια, δεν μολύνουν, αν δεν υπάρχει νερό σε υγρή φάση. Παράλληλα η υγρασία του εδάφους επηρεάζει έμμεσα και την προσβολή των

φυτών από ασθένειες του υπέργειου μέρους, λόγω της επίδρασης που έχει στην όλη φυσιολογία του φυτού.

.ΡΗ

Το ρΗ επηρεάζει την προσβολή των φυτών από πολλές ασθένειες του εδάφους είτε μέσω του παθογόνου είτε μέσω του φυτού. Ο καρκίνος των σταυρανθών π.χ. που προκαλείται από το μύκητα *Plasmiodiophora brassicae* και η σπογγοσπορίωση της πατάτας, που προκαλείται από το μύκητα *Spongospora subteranea* ευνοούνται από χαμηλό ρΗ, ενώ η ακτινομύκωση της πατάτας, που προκαλείται από το βακτήριο *Streptomyces scabies* ευνοείται από υψηλό ρΗ. Το ρΗ δυνατόν να επηρεάζει άμεσα το παθογόνο. Είναι γνωστό π.χ. ότι οι μύκητες ευνοούνται από χαμηλότερο ρΗ από ότι τα βακτήρια. Ομως, η επίδραση του ρΗ στο παθογόνο δυνατόν να είναι έμμεση. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του ανταγωνισμού για την πρόσληψη του σιδήρου. Σε υψηλό ρΗ ο σίδηρος δεν είναι διαθέσιμος σε μεγάλες ποσότητες στους οργανισμούς που αναπτύσσονται στο έδαφος. Έτσι οι οργανισμοί εκείνοι που διαθέτουν αποτελεσματικότερους μηχανισμούς για την πρόσληψη του σιδήρου αναπτύσσονται σε βάρος των λοιπών. Έχει αποδειχθεί ότι τέτοιοι μικροοργανισμοί, όπως τα βακτήρια *Pseudomonas putida* και *Pseudomonas fluorencens* καθώς και μη παθογόνα στελέχη του μύκητα *Fusarium oxysporum* υπάρχουν στα λεγόμενα παρεμποδιστικά εδάφη. Σε χαμηλό ρΗ οι παραπάνω μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν το λιγοστό διαθέσιμο σίδηρο και εμποδίζουν την κανονική ανάπτυξη των παθογόνων μικροοργανισμών και τη μόλυνση των φυτών.

Ομως, το ρΗ του εδάφους επηρεάζει την προσβολή των φυτών και μέσω του ξενιστή. Η πρόσληψη των διαφόρων θρεπτικών συστατικών από τα φυτά και συνεπώς η ανάπτυξή τους εξαρτάται άμεσα από το ρΗ του εδάφους. Φυτά με ζωηρή ή περιορισμένη ανάπτυξη προσβάλλονται διαφορετικά από τις διάφορες ασθένειες.

9 Σχέσεις φυτών μικροοργανισμών

9.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι σχέσεις των φυτών με τους μικροοργανισμούς που βρίσκονται πάνω τους ή στο κοντινό τους περιβάλλον ποικίλλουν. Ορισμένοι μικροοργανισμοί δεν έχουν καμιά σχέση με τα φυτά πέραν από τη σχέση που διατηρούν με το όλο οικοσύστημα δηλαδή τη διάσπαση των διαφόρων οργανικών ουσιών. Τους μικροοργανισμούς αυτούς τους ονομάζουμε **σαπροφυτικούς οργανισμούς**. Άλλοι μικροοργανισμοί εξαρτώνται μερικώς ή ολικώς, όσον αφορά την ανάπτυξή τους, από τα φυτά και ονομάζονται **παρασιτικοί οργανισμοί**. Τέλος άλλοι μικροοργανισμοί δεν αναπτύσσουν παρασιτικές σχέσεις, αλλά σχέσεις συμβίωσης με τα φυτά, για μικρότερο ή μεγαλύτερο μέρος του βιολογικού τους κύκλου, με αμοιβαίο όφελος και ονομάζονται **συμβιωτικοί μικροοργανισμοί**.

Στο κείμενο που ακολουθεί θα προσπαθήσουμε να περιγράψουμε εν συντομία τις παρασιτικές και μη παρασιτικές σχέσεις φυτών και μικροοργανισμών και να εξηγήσουμε τη σημασία τους από φυτοπαθολογική σκοπιά.

9.2. ΓΙΑΡΑΣΙΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

9.2.1. Γενικά

Όπως αναφέραμε προηγούμενα τέσσερις ομάδες οργανισμών, δηλαδή οι μύκητες, τα βακτήρια, τα μυκοπλάσματα και ανώτερα φυτά καθώς και οι ιοί και τα ιοειδή μπορούν να προσβάλουν τα φυτά και να προκαλέσουν ασθένειες. Όμως, από κάθε μια από τις παραπάνω ομάδες μόνο ορισμένα μέλη είναι παθογόνα. Ο μεγαλύτερος αριθμός είτε δεν είναι παθογόνα είτε προσβάλλουν άλλους μη φυτικούς οργανισμούς.

Ανάλογα με τις σχέσεις τους με τα φυτά, οι παθογόνοι οργανισμοί διακρίνονται σε στις παρακάτω κατηγορίες:

1. Τα υποχρεωτικά παράσιτα (Obligate parasites, biotrophs). Στην κατηγορία αυτοί ανήκουν όλοι οι παθογόνοι ιοί και ιοειδή, τα μυκοπλάσματα, τα βακτήρια που είναι εντοπισμένα στο ξύλο και από τους μύκητες εκείνοι που προκαλούν τους περonosπόρους, τα ωΐδια και τις σκωριάσεις. Τα υποχρεωτικά

παράσιτα ζουν και πολλαπλασιάζονται μόνο σε ζωντανούς ιστούς των φυτών. Μόλις τα φυτά που παρασιτούνται ή οι ιστοί τους νεκρωθούν τα υποχρεωτικά παθογόνα νεκρώνονται. Για να αποφύγουν το θάνατο αναπτύσσουν με τους ξενιστές τέτοιες σχέσεις ώστε να τρέφονται εις βάρος τους χωρίς να τους νεκρώνουν. Όπως είναι φανερό τα υποχρεωτικά παράσιτα δεν μπορούν να καλλιεργηθούν σε εργαστηριακά θρεπτικά υλικά. Εξαιρεση αποτελούν οι μύκητες, που προκαλούν ορισμένες σκωριάσεις, οι οποίοι καλλιεργήθηκαν πρόσφατα σε εργαστηριακά υλικά.

2. Προαιρετικά παράσιτα (Facultative parasites). Ζουν κυρίως σαπροφυτικά, αλλά κάτω από ορισμένες συνθήκες μπορούν να προσβάλουν τα φυτά και να προκαλούν ασθένειες.

3. Προαιρετικά σαπρόφυτα (Facultative saprophytes). Είναι παθογόνα των φυτών που ζουν κυρίως παρασιτικά, αλλά σε αντίθεση με τα υποχρεωτικά παράσιτα, όταν ο ξενιστής νεκρωθεί, επιβιώνουν σε νεκρά οργανικά υλικά.

4. Υποχρεωτικά σαπρόφυτα (Saprophytes). Είναι κυρίως σαπροφυτικοί μύκητες που αναπτύσσονται σε νεκρά υποστρώματα. Αν τα υποστρώματα αυτά βρίσκονται πάνω στα φυτά, όπως μελιτώδεις εκκρίσεις εντόμων δυνατόν να ζημιώσουν τα φυτά, κυρίως με τη μείωση της φωτοσύνθεσης που προκαλούν. Τότε μπορεί να χαρακτηριστούν παθογόνα, αλλά όχι είναι παράσιτα..

Εκτός από την τελευταία κατηγορία, οι άλλοι μικροοργανισμοί, για να προκαλέσουν ασθένεια πρέπει να παρασιτήσουν το φυτό. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια.

9.2.2. Είσοδος του παθογόνου

Όταν το παθογόνο έλθει σε επαφή με το φυτό ξενιστή, εάν οι συνθήκες το επιτρέπουν, αρχίζει η διαδικασία της μόλυνσης.

9.2.2.1. Προπαρασκευαστική φάση

Βλάστηση των σπορίων. Τα σπόρια βλαστάνουν σε ένα εύρος θερμοκρασίας και συνήθως σε πολύ υψηλή σχετική υγρασία, ή συχνά μόνο σε νερό, σε υγρή φάση. Η βλάστηση των σπορίων επηρεάζεται από παράγοντες, εξωγενείς και εσωγενείς. Οι παράγοντες αυτοί δυνατόν να είναι παρεμποδιστικοί ή διεγερτικοί. Από τους εσαϊγενείς παράγοντες σπουδαιότερος είναι η ύπαρξη στα σπόρια επαρκών θρεπτικών ουσιών, που είναι αναγκαίες για τη βλάστηση. Μεγαλύτερο ενδιαφέρον έχουν οι εξωγενείς παράγοντες. Οι παράγοντες αυτοί δυνατόν να βρίσκονται στην επιφάνεια των φυτικών ιστών, πριν από τη έναρξη της διαδικασίας της βλάστησης, ή να αναπτύσσονται σαν αποτέλεσμα αυτής. Στην επιφάνεια των φυτικών ιστών π.χ. υπάρχουν, συχνά, ουσίες που εκλύονται από τον ξενιστή ή που παράγονται από τη χλωρίδα η οποία υπάρχει

πάντοτε πάνω στους φυτικούς ιστούς. Οι ουσίες αυτές δυνατόν να είναι διεγερτικές ή παρεμποδιστικές για τη βλάστηση των σπορίων.

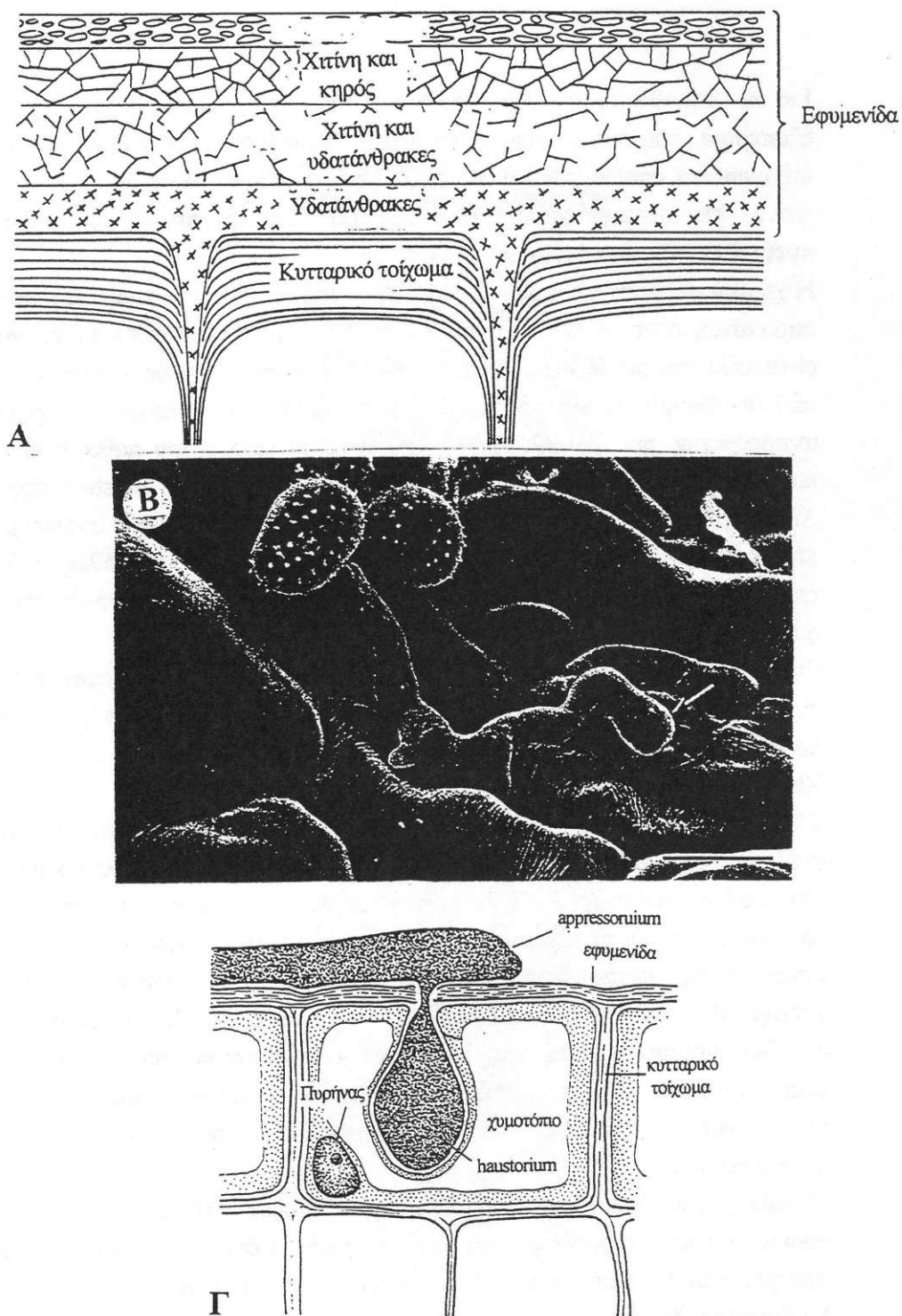
Ανάπτυξη του μυκηλίου. Τη βλάστηση των σπορίων ακολουθεί η ανάπτυξη του μυκηλίου. Εάν πρόκειται για υποχρεωτικά παράσιτα, τα οποία δεν μπορούν να ζήσουν από νεκρά υλικά, το μυκήλιο αναπτύσσεται όσο του επιτρέπουν τα θρεπτικά συστατικά τα οποία περιέχονται στα σπόρια. Αντίθετα αν πρόκειται για προαιρετικά παράσιτα ενδέχεται να αναπτυχθούν μυκηλιακές υφές μεγάλου μήκους πριν το παθογόνο εισέλθει στον ξενιστή. Το μήκος του μυκηλίου εξαρτάται από τα θρεπτικά συστατικά που έχει το παθογόνο στη διάθεσή του, τις συνθήκες του περιβάλλοντος και τον ανταγωνισμό που συναντά από άλλους μικροοργανισμούς που υπάρχουν στο ίδιο περιβάλλον. Η φάση της ανάπτυξης του μυκηλίου πριν από την είσοδο του παθογόνου στον ξενιστή είναι πολύ κρίσιμη για το παθογόνο διότι υπόκειται σε όλους τους κινδύνους που μπορούν να προέλθουν από αλλαγές των κλιματικών συνθηκών, επιδράσεις άλλων ανταγωνιστικών μικροοργανισμών, παρεμβάσεις του ανθρώπου κ.α..

9.2.2.2. Φάση εισόδου

Την προπαρασκευαστική φάση ακολουθεί η είσοδος του παθογόνου στους ιστούς του ξενιστή. Ήδη έχουμε αναφερθεί στον τρόπο με τον οποίο εισέρχονται στους ξενιστές τους οι ιοί, τα ιοειδή και τα φανερόγαμα παράσιτα. Παρακάτω περιγράφεται ο τρόπος εισόδου στους ξενιστές των μυκήτων και των βακτηρίων.

Είσοδος από ανέπαφη επιφάνεια. Πολλοί μύκητες έχουν την ικανότητα να τρυπούν την επιφάνεια των εξωτερικών τοιχωμάτων των ιστών του ξενιστή και να εισέρχονται στο εσωτερικό. Η διαδικασία είναι η εξής: Η μυκηλιακή υφή, που αναπτύσσεται μετά τη βλάστηση των σπορίων, δημιουργεί στην άκρη μια διόγκωση, το **appressorium**, με το οποίο προσκολλάται στην επιφάνεια του ξενιστή. Το ερέθισμα που προκαλεί την ανάπτυξη του appressorium δεν είναι γνωστό. Γεγονός πάντως είναι ότι από το appressorium αναπτύσσεται λεπτή υφή, το λεγόμενο **ράμφος**, η οποία διαπερνά τα εξωτερικά τοιχώματα του κυττάρου του ξενιστή. Η διάτρηση των τοιχωμάτων γίνεται με μηχανικό τρόπο, με χημικά μέσα, δηλαδή με ένζυμα που διαλύουν τις ουσίες από τις οποίες αποτελούνται τα τοιχώματα, ή και με τα δυό. Τα appressoria δεν είναι απόδειξη ότι το παθογόνο τρυπά τα τοιχώματα του ξενιστή, δεδομένου ότι appressoria παρατηρούνται και κοντά στα στόματα σε μύκητες που μολύνουν μέσα από αυτά (Εικ. 29).

Τα ένζυμα που παράγουν τα παθογόνα έχουν σκοπό να διαλύσουν τα εξωτερικά τοιχώματα του ξενιστή. Τα τοιχώματα αυτά αποτελούνται από την εφυμενίδα και τα επιδερμικά κύτταρα. Η εφυμενίδα είναι στρώμα κυρωδών ουσιών, χιτίνης, υδατανθράκων κ.α., που καλύπτουν τα επιδερμικά κύτταρα.



Εικ. 29. (Α) Η σύσταση της επιδερμίδας των φυτών. (Β) Βλάστηση σπορίων και ανάπτυξη υφών και appressorium στην επιφάνεια του φυτού. (Γ) Απεικόνιση της ασόδου ενός μύκητα, που τρέφεται με μυζητήρες, εντός του επιδερμικού κυττάρου φύλλου.

Τα εξωτερικά τοιχώματα των επιδερμικών κυττάρων είναι χοντρά και αποτελούνται από κυτταρίνη και πηκτινικές ύλες.

Για να κατορθώσω το παθογόνο να διαλύσει, τόσο την εφυμενίδα όσο και τα εξωτερικά τοιχώματα των επιδερμικών κυττάρων, χρειάζεται μια σειρά ενζύμων, τα οποία μπορούν να ταξινομηθούν στη χυτινάση, που διαλύει τη χιτίνη, τα πηκηνολυτικά, που διαλύουν τις πηκτινικές ύλες και τα κυτταρολυτικά, που διαλύουν τις κυτταρίνες.

Η χημική σύσταση της εξωτερικής επιφάνειας των φυτών, όπως περιγράφεται παραπάνω, είναι πολύ απλουστευμένη. Στην πραγματικότητα τα πράγματα είναι πολύ πιο πολύπλοκα τόσο από την άποψη των χημικών ουσιών όσο και από την άποψη της διάταξης των. Κατ' αναλογία, η αλληλουχία των χημικών αντιδράσεων, που λαμβάνουν χώρα κατά την είσοδο του παθογόνου είναι πολύπλοκη, αλλά η σειρά που λαμβάνουν χώρα πρέπει να είναι εξής: 1. Διάλυση της χιτίνης με τη χυτινάση. 2. Διάλυση των πηκτινικών ουσιών με τα πηκτινολυτικά ένζυμα, κυρίως την πολυγαλακτουρονάση και τέλος διάλυση της κυτταρίνης και της ημικυτταρίνης με τα κυτταρολυτικά και τα ημικυτταρολυτικά ένζυμα.

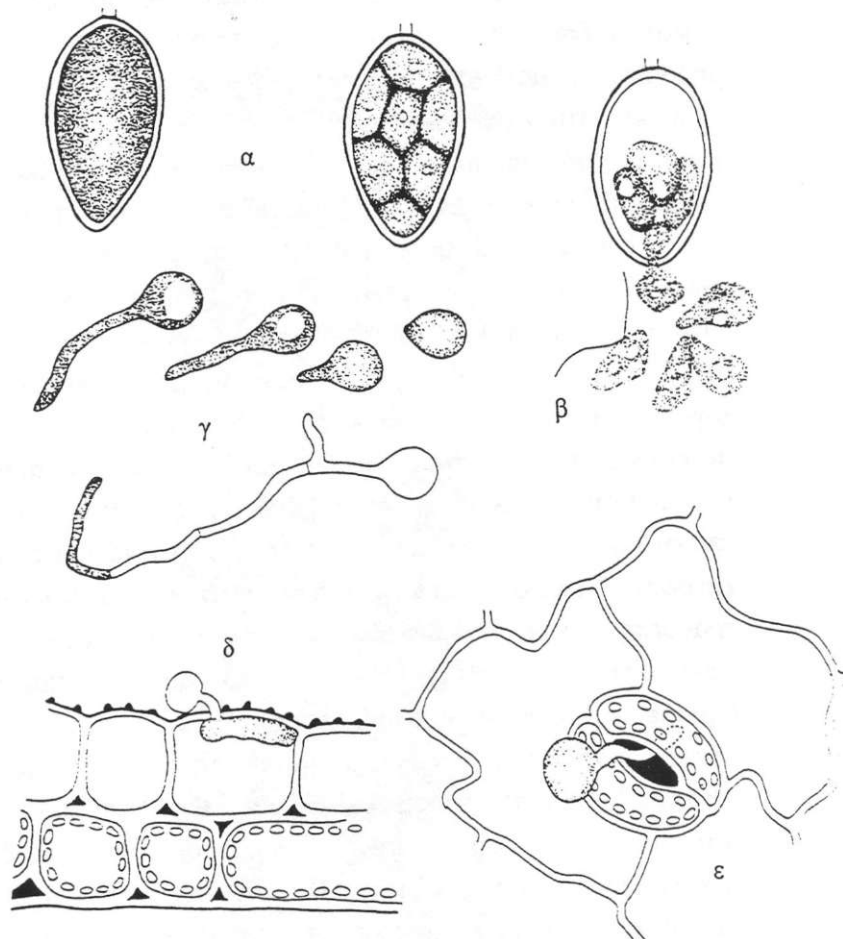
Εκτός από τους μύκητες και τα φανερόγαμα παράσιτα, τα οποία περιγράφονται σε άλλο κεφάλαιο, τα λοιπά μολυσματικά παθογόνα των φυτών δεν μπορούν να προσβάλλουν τους ξενιστές τους από ανέπαφη επιφάνεια.

Είσοδος από φυσικά ανοίγματα

Τα κυριότερα φυσικά ανοίγματα των φυτών είναι: 1. Τα στόματα. Τα γνωστά ανοίγματα που βρίσκονται κυρίως στην κάτω επιφάνεια των φύλλων και μέσω των οποίων γίνεται η ανταλλαγή των διαφόρων αερίων στα φυτά. 2. Τα υδαταγωγά στόματα. Απαντούν συνήθως στα άκρα των φύλλων, είναι απλούστερης κατασκευής από τα στόματα, δεν ανοιγοκλείουν και χρησιμεύουν για την έξοδο της περίσσειας του νερού από τα φυτά. 3. Τα φακίδια. Δημιουργούνται στις θέσεις των στοματίων και αποτελούνται από νεκρά κύτταρα. Είναι πορώδεις θέσεις μέσω των οποίων γίνεται ανταλλαγή των αερίων και φαίνονται σαν μικρά στίγματα στους βλαστούς, στους κονδύλους κ.α..

Μεγάλος αριθμός παθογόνων, μεταξύ των οποίων βακτήρια, μύκητες που προκαλούν τους περονοσπόρους κ.α., εισέρχονται στο εσωτερικό των ιστών των ξενιστών τους από τα παραπάνω φυσικά ανοίγματα (Εικ. 30)

Τα βακτήρια δεν έχουν τη δυνατότητα να διαπερνούν ανέπαφες επιφάνειες και έτσι οι προσβολές γίνεται από κάθε είδους ανοίγματα. Οι νέοι ιστοί είναι πιο ευπαθείς από τους ώριμους. Η διαβροχή των ιστών αυξάνει πολύ τις πιθανότητες της προσβολής. Τα βακτήρια που προσβάλλουν τα άνθη εισέρχονται από τα νεκτάρια ή από τα στόματα του κάλυκα. Οι νεαροί βλαστοί



Εικ. 30. Μόλυνση φυτού με τα ζωοσπόρια του μύκητα *Phytophthora infestans* μέσω των στοματίων (α=ζωοσποριάγγελια, β=ζωοσπόρια, γ=βλαστημένα ζωοσπόρια, δ=είσοδος βλασηκής υφής κατ'ευθείαν από την επιδερμίδα, ε=είσοδος βλαστικής υφής μέσω του στοματίου,

προσβάλλονται από την κορυφή των εκπυσσομένων φύλλων. Στη περίπτωση των κηλιδώσεων η προσβολή γίνεται μέσω των στομάτων. Στα στελέχη και άλλα όργανα με φακίδια η προσβολή γίνεται μέσα από αυτά.

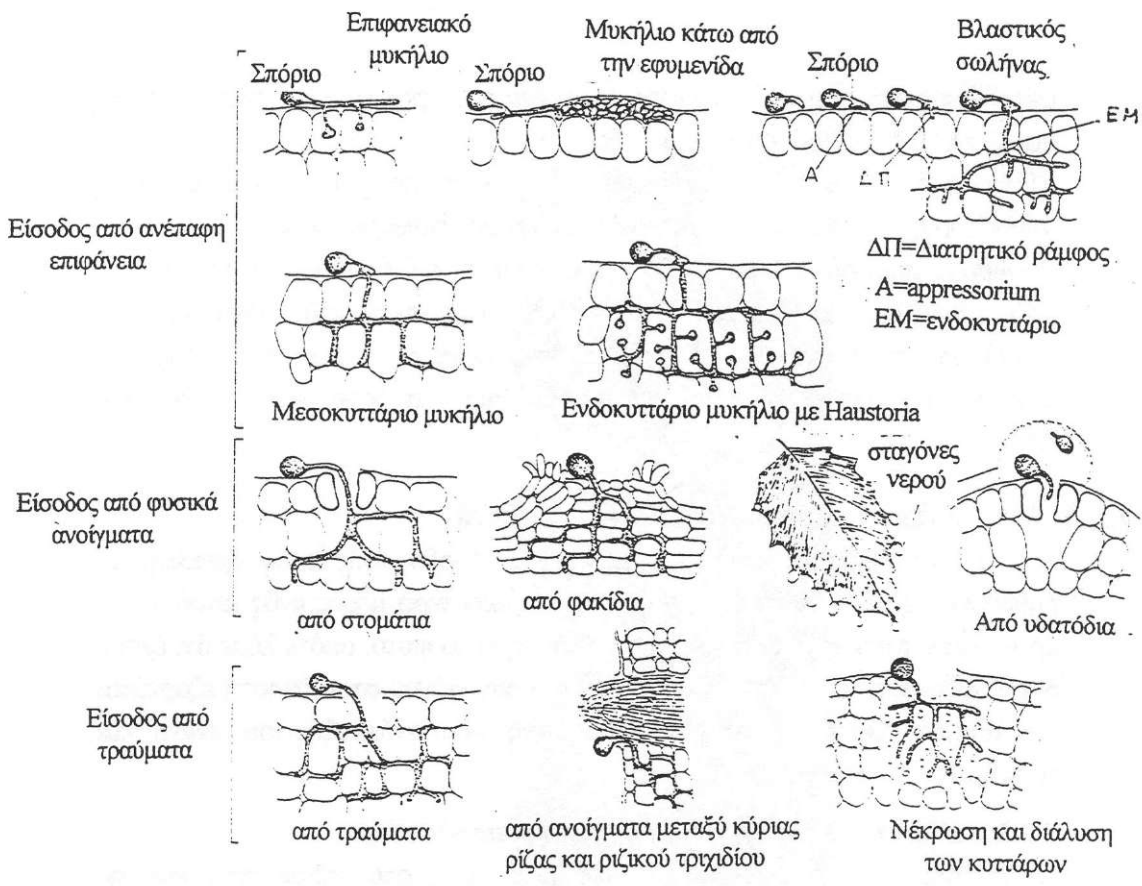
Οι μύκητες που προκαλούν τους περονοσπόρους, ως γνωστόν, παράγουν ζωοσποριάγγελια, από τα οποία ελευθερώνονται ζωοσπόρια. Τα ζωοσπόρια έχουν μαστίγια με τα οποία κολυμπούν στο νερό. Όταν η επιφάνεια του ξενιστή είναι βρεγμένη, πλησιάζουν τα στόματα και αναπτύσσουν βλαστική υφή, η οποία, μέσα από το στόμα, περνά στο μεσοκυττάτιο χώρο του

παρεγχύματος. Όπως γίνεται αντιληπτό από τα προηγούμενα, τόσο τα βακτήρια όσο και οι μύκητες, που προκαλούν τους περονοσπόρους, δεν μπορούν να μολύνουν χωρίς την ύπαρξη νερού, για ορισμένο χρονικό διάστημα, στην επιφάνεια του φύλλου.

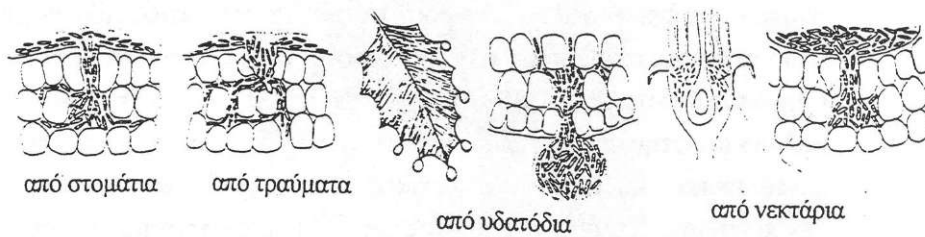
Είσοδος από τραύματα. Όλοι οι ιοί καθώς και πολλά βακτήρια και μύκητες, που προσβάλλουν τα φυτά, εισέρχονται στον ξενιστή από τραύματα διαφόρων ειδών. Τραύματα στα φυτά δημιουργούνται από πολλές αιτίες. Για την είσοδο των παθογόνων, τα τραύματα δε χρειάζεται κατά ανάγκη να είναι μεγάλα. Συχνά αρκεί μια απλή λύση της συνέχειας των ιστών, όπως συμβαίνει όταν τα φύλλα τρύβονται μεταξύ τους, για να αποτελέσει θύρα εισόδου παθογόνων. Τα μηχανικά τραύματα αποτελούν πολύ συνηθισμένη θύρα εισόδου για πολλά παθογόνα. Αυτό συμβαίνει στους ιούς, οι οποίοι μεταδίδονται μέσα από ανεπαίσθητα μηχανικά τραύματα, που προξενούνται στους ιστούς, με την επαφή των φυτών ή με τα χέρια των καλλιεργητών κατά τις καλλιεργητικές εργασίες. Οι μύκητες επίσης μεταδίδονται πολύ συχνά μέσα από μηχανικά τραύματα. Τέτοια τραύματα δημιουργούνται από τους καλλιεργητές κατά τις καλλιεργητικές εργασίες, όπως τα κλαδεύματα, τα κορυφολογήματα κ.α.. Ορισμένοι μύκητες που προσβάλλουν το ξύλο των δένδρων, όπως ο μύκητας *Stereum purpurem*, που προκαλεί την αργύρωση στα φύλλα των δένδρων και ο μύκητας *Eutypa lata*, που προκαλεί την πολύ σοβαρή ασθένεια " Εουτυπίωση" στα αμπέλια, αλλά και σε πολλά δένδρα, εισέρχονται στο ξύλο μέσα από τις μεγάλες τομές του κλαδεύματος. Οί μύκητες, που προσβάλλουν τα προϊόντα στα συσκευαστήρια, εισέρχονται από τραύματα που δημιουργούνται κατά τη συλλογή, ή κατά τη διαδικασία της συσκευασίας (Εικ. 31).

Τα τραύματα που δημιουργούνται από το χαλάζι, τον παγετό, το δυνατό άνεμο κ.α. αποτελούν την κύρια πηγή εισόδου για πολλά παθογόνα, όπως ο μύκητας *Phoma tracheiphila*, που προκαλεί τη κορυφοξήρα των εσπεριδοειδών. Μια άλλη μορφή ελαφρών τραυμάτων δημιουργείται στην επιφάνεια των ρίζων, στο σημείο εξόδου των ριζικών τριχιδίων. Πολλά παθογόνα του εδάφους είναι δυνατόν να μολύνουν το ριζικό σύστημα από τα ανοίγματα αυτά πριν επουλωθούν.

Μηχανικά τραύματα δημιουργούν και τα έντομα. Όπως αναφέρεται σε προηγούμενο κεφάλαιο, τα έντομα αποτελούν τον κυριότερο τρόπο μεταφοράς αλλά και τοποθέτησης των ιών, των ιοειδών, των ρικετσιών και των μυκοπλασμάτων στους ιστούς του ξενιστού. Κάτι ανάλογο συμβαίνει και με ορισμένους μύκητες και βακτήρια. Το βακτήριο *Erwinia tracheiphila* π.χ. που προκαλεί τη βακτηριακή μάρανση των κολοκυνθοειδών, μεταδίδεται με έντομα. Με τα ξυλοφάγα έντομα, όπως το είδος *Scolytus multistriatus*,



Είσοδος και ανάπτυξη μυκήτων στους ιστούς



Είσοδος και ανάπτυξη βακτηρίων στους ιστούς

Εικ. 31. Τρόποι εισόδου και ανάπτυξης των παθογόνων μυκήτων και βακτηρίων στα φυτά

μεταδίδεται και ο μύκητας *Ceratocystis ulmi* που προκαλεί την καταστρεπτική ασθένεια "Dutch elm" της φτελιάς (Εικ. 28).

Μέσα από τραύματα που γίνονται από διάφορους οργανισμούς, όπως αρθρόποδα, νηματώδεις κ.α. μεταδίδονται επίσης διάφορες ασθένειες.

Τραύματα μπορούν ακόμη να θεωρηθούν και οι ουλές, που μένουν μετά την πτώση των φύλλων και των καρπών. Οι ουλές αυτές επουλώνονται, αλλά συχνά, ιδιαίτερα στα αρχικά στάδια, δεν κλείνουν όλες οι απολύξεις των αγγείων, με αποτέλεσμα να αποτελούν θύρα εισόδου για μύκητες και βακτήρια.

9.2.3. Ανάπτυξη του παθογόνου στον ξενιστή

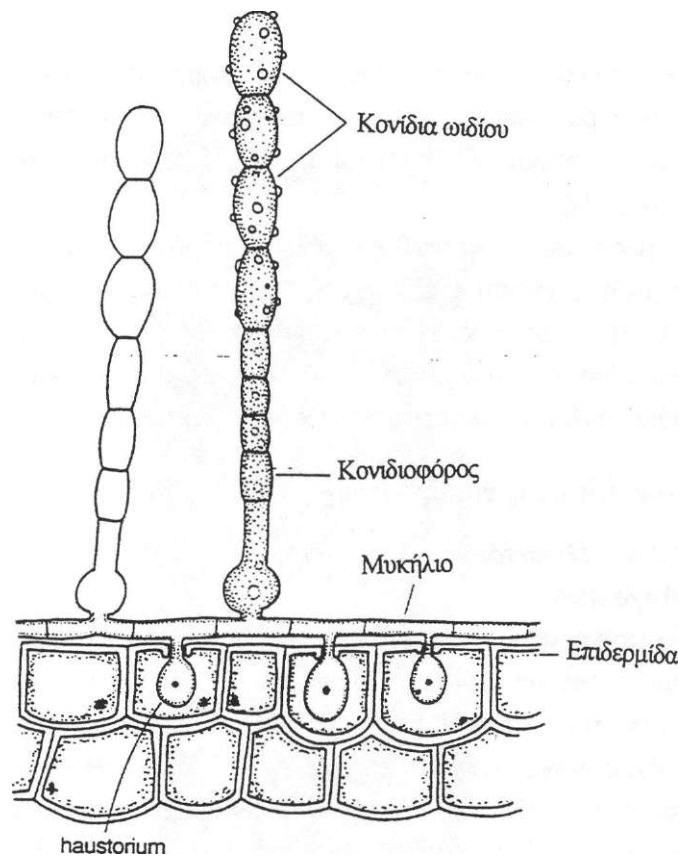
Στις περισσότερες περιπτώσεις, μετά την είσοδο τους στον ξενιστή, τα παθογόνα εξαπλώνονται σε μεγαλύτερο ή μικρότερο μέρος ενός ιστού, όπου προκαλούν τοπικές προσβολές, ή σε ολόκληρο το φυτό, οπότε λέμε ότι έχουμε διασυστηματική μόλυνση. Η επέκταση του παθογόνου στον ξενιστή εξαρτάται από το είδος του παθογόνου, το είδος και τη φάση ανάπτυξης του ξενιστή και τις καιρικές συνθήκες.

9.2.3.1. Εξώτροφα παθογόνα (Ωΐδια και εφυμενιώσεις)

Οι μύκητες που προκαλούν τα ωΐδια, με ελάχιστες εξαιρέσεις, και τις εφυμενιώσεις, κυρίως τα φουζικλάδια, αναπτύσσουν το θαλλό τους στην επιφάνεια του ξενιστή, αλλά η ανάπτυξή τους εξαρτάται από θρεπτικά συστατικά που παίρνουν από τον ξενιστή. Για να γίνει αυτό, μετά την είσοδο της μυκηλιακής υφής στα επιφανειακά κύτταρα του ξενιστή, το άκρο της υφής διογκώνεται και αναπτύσσεται ο σχηματισμός που λέγεται haustorium. Το haustorium έχει μεγάλη εξωτερική επιφάνεια και καταλαμβάνει μεγάλο μέρος του κυττάρου, αποθώντας το χυμοτόπιο χωρίς να περνά στο εσωτερικό. Με το σχηματισμό αυτό, το παθογόνο τρέφεται σε βάρος του ξενιστή και συγχρόνως απλώνεται στην επιφάνεια του ιστού με τις υφές του, οι οποίες διαπερνούν νέα επιφανειακά κύτταρα, τα οποία στα αρχικά τουλάχιστον στάδια δε νεκρώνονται. Τελικά, πάνω στις υφές, αναπτύσσονται τα αναπαραγωγικά όργανα του παθογόνου. Στη φάση αυτή τα κύτταρα του ξενιστή εξαντλούνται και νεκρώνονται. Στα ωΐδια το μυκήλιο είναι εντελώς επιφανειακό, ενώ στις εφυμενιώσεις το μυκήλιο απλώνεται κάτω από την εφυμενίδα, η οποία σχίζεται όταν αναπτυχθούν οι καρποφορίες (Εικ. 31,32)

9.2.3.2. Μύκητες υποχρεωτικά παράσιτα

Οι μύκητες που είναι υποχρεωτικά παράσιτα, με εξαίρεση τα ωΐδια, μετά την είσοδο τους στον ξενιστή, αναπτύσσουν μυκηλιακές υφές στους μεσοκυττάριους χώρους. Στα σημεία, που οι υφές έρχονται σε επαφή με τα κύτταρα του ξενιστή περνούν τα κυτταρικά τοιχώματα και αναπτύσσουν



Εικ. 32. Σχηματική παράσταση ανάπτυξης του μύκητα *Sphaerotheca* sp. (οΐδιο) στην επιφάνεια ξενιστή

haustoria με τα οποία τρέφονταν. Στα αρχικά στάδια το παθογόνο αναπτύσσεται τέτοια σχέση με τον ξενιστή, ώστε να εφοδιάζεται με τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά, χωρίς να νεκρώνονται τα προσβλημένα κύτταρα, πράγμα που θα επέφερε και το θάνατο και του ίδιου. Τα κύτταρα του ξενιστή νεκρώνουν, όταν το παθογόνο αναπτύξει τις καρποφορίες.

***4*J.2.3.3. Μη υποχρεωτικά παθογόνα**

Οι μύκητες, που δεν είναι υποχρεωτικά παράσιτα, νεκρώνουν προηγούμενα τα κύτταρα του ξενιστή και ακολούθως τα παρασιτούν. Αυτό επιτυγχάνεται είτε με την έκκριση ενζύμων, τα οποία διαλύουν τα κυτταρικά τοιχώματα, είτε με τις τοξίνες.

Η ενζυμική δράση των παθογόνων, στη φάση της προόδου τους εντός του ξενιστή, είναι ανάλογη με τη ενζυμική δράση, που περιγράφηκε προηγούμενα στη φάση της εισόδου του παθογόνου στον ξενιστή.

Ομως, η νέκρωση των κυττάρων μπορεί να γίνει και με τις τοξίνες, που παράγονται από ορισμένα παθογόνα και είναι τοξικές στα φυτά ξενιστές, σε

πολύ μικρές ποσότητες. Οι τοξίνες μπορεί να είναι πεπτίδια, πολυσακχαρίτες, γλυκοπρωτείνες κα. και έχουν την ικανότητα να μετακινούνται μέσα στα φυτά και να προκαλούν συμπτώματα σε μεγάλη απόσταση από το σημείο της προσβολής.

Σήμερα έχει απομονωθεί μεγάλος αριθμός τοξινών και έχει προσδιοριστεί η χημική σύσταση και ο τρόπος δράσης πολλών από αυτές. Πολύ γνωστές τοξίνες είναι η victorin, που παράγεται από το μύκητα *Helminthosporium victoriae*, ο οποίος προσβάλλει τη βρώμη, η tentoxin που παράγεται από το μύκητα *Alternaria altemata* η οποία προσβάλλει διάφορα φυτά κ.α..

9.2.4. Αντίδραση του ξενιστή

9.2.4.1. Προϋπάρχοντα εμπόδια

Μηχανικά

Τα μηχανικά εμπόδια έχουν σχέση με τη μορφολογία των φυτικών ιστών και των διαφόρων φυσικών ανοιγμάτων, όπως τα στόματα, τα φακίδια κ.α.. Το πάχος των επιδερμικών κυττάρων και της εφυμενίδας (cuticle) έχει βρεθεί πολλές φορές να έχει άμεση σχέση με την ευαισθησία των φυτών σε ορισμένα παθογόνα. Χοντρή επιδερμίδα εμπόδιζα την προσβολή από ορισμένα παθογόνα, σε αντίθεση με τη λεπτή. Η μορφολογία των στομάτων επηρεάζει επίσης την προσβολή από παθογόνα, που προσβάλλουν μέσα από αυτά, όπως τα βακτήρια, οι μύκητες που προκαλούν τους περονοσπόρους κ.α.. Τα φακίδια, μέσα από τα οποία προσβάλλονται ορισμένοι καρποί και κόνδυλοι, δυνατόν να είναι ανοικτά, οπότε η μόλυνση είναι εύκολη, ή να έχουν κλείσει, λόγω φελλοποίησης, οπότε η μόλυνση δυνατόν να εμποδίζεται (Εικ.35).

Χημικά εμπόδια

Φαινόλες

Από πολλά χρόνια είναι γνωστό ότι οι ποικιλίες κρεμμυδιών των οποίων οι βολβοί είναι εξωτερικά κόκκινοι ή κίτρινοι είναι ανθεκτικές στο μύκητα *Colletotricium circinans* σε αντίθεση με τις λευκές ποικιλίες. Η ανθεκτικότητα αυτή οφείλεται στην ύπαρξη στις πρώτες ποικιλίες **κατερχόλης** και **κατερχοικού** οξέος. Η μείωση με οποιοδήποτε τρόπο ουσιών αυτών μειώνει την ανθεκτικότητα των έγχρωμων ποικιλιών.

Αλιφαχικές ενώσεις ματράς αλυσίδας.

Διάφορες τέτοιες ουσίες έχουν βρεθεί στον φλοιό των καρπών διαφόρων φυτών όπως το μάγκο και το αβοκάντο σε μεγάλες συγκεντρώσεις πριν την ωρίμανση όταν οι καρποί είναι ανθεκτικοί στις προσβολές από τους μύκητες *Alternaria altarmata* και *Colletotricum gloeosporioides*. Με την πρόοδο της ωρίμανσης η συγκέντρωση των ουσιών αυτών μειώνεται οπότε οι καρποί προσβάλλονται από τους παραπάνω μύκητες.

Γλυκοζίτες

Τα φυτά διαφόρων ειδών γλυκοζίτες μερικοί από τους οποίους έχουν αντιμικροβικές ιδιότητες. Τέτοιες είναι οι **κυανογενείς** (cyanogenic) γλυκοζίτες οι οποίοι όταν το φυτό προσβληθεί από κάποιο παθογόνο ελευθερώνει HCN που εμπόδιζα την είσοδο των ευαίσθητων στην ουσία αυτή μικροοργανισμών. Άλλοι γλυκοζίτες είναι οι **σαπονίνες** (saponis) οι οποίες είναι τοξικές εναντίον παθογόνων των οποίων οι μεμβράνες περιέχουν στερόλες. Για το λόγο αυτό δεν είναι τοξικές εναντίον φυτομυκήτων. Σαπονίνες είναι η **τοματίνη** (tomatine) και η **αβενασίνη** (avenacin) που έχουν βρεθεί στη τομάτα και τη βρώμη αντίστοιχα και έχουν συσχετισθεί με την ανθεκτικότητα των φυτών αυτών στους μύκητες *Fusarium solani* και *Gaeumannomyces graminis* αντίστοιχα.

Μια επιπλέον κατηγορία γλυκοζιτών είναι τα **σπλμπένια** (stilbenen) που βρίσκονται συχνά στο καρδιάξυλο πολλών δένδρων και στο οποίο αποδίδεται η ανθεκτικότητα των ιστών αυτών στους διάφορους μικροοργανισμούς. Πολύ γνωστές είναι η **πινοσυλβίνη** (pinosylvin) που θεωρείται τοξική σε πολλούς βασιδιομύκητες που προσβάλλουν τα βασικά δένδρα.

Διάφορες μεγαλομοριακές ενώσεις

Οι ταννίνες και οι πρωτεΐνες είναι δύο ομάδες μεγαλομοριακών ουσιών μέλη των οποίων αποτελούν συστατικά υγείων κυττάρων και παρεμποδίζουν την προσβολή από διάφορα παθογόνα. Περισσότερο γνωστές είναι οι πρωτεΐνες, ορισμένες από τις οποίες, εκτός του ότι προϋπάρχουν στα φυτά, παράγονται και μετά τη μόλυνση σαν αντίδραση στην προσβολή. Τέτοιες είναι οι **γλυκοπρωτεΐνες**, οι **λεκτίνες** (lectins) κ.α.

Πρόσφατα βρέθηκε ότι ορισμένες πρωτεΐνες παρεμποδίζουν την μόλυνση από ιούς. Ο τρόπος δράσης διαφέρει ανάλογα με το είδος της πρωτεΐνης.

9.2.4.2. Επαγόμενα εμπόδια

Εκτός από τα προπάρχοντα εμπόδια μηχανικά και χημικά, που συναντούν τα παθογόνα στην προσπάθειά τους να προσβάλλουν τα φυτά, όλοι οι ξενιστές σε αντίδραση στην απειλούμενη προσβολή αναπτύσσουν επιπλέον αμυντικούς μηχανισμούς. Αυτοί μπορούν να χωριστούν ξανά σε μηχανικά και χημικά εμπόδια αν και συχνά η μεταξύ τους διάκριση δεν είναι εύκολη.

Μηχανικά εμπόδια

Φελλοποίηση (suberization)

Πολύ συχνά τα φυτά αντιδρούν στην προσβολή από ένα παθογόνο με την ανάπτυξη φελλώδους ιστού, κατά τρόπο ανάλογο με την αντίδραση τους στα τραύματα. Η ανάπτυξη του ιστού αυτού είναι πολύ γρήγορη και εμποδίζει την παραπέρα εξάπλωση του παθογόνου.

Ξυλοποίηση (Signification)

Ευλοποίηση λαμβάνει χώρα όταν εναποτίθεται λιγνίνης στα κυτταρικά τοιχώματα των φυτών οπότε σχηματίζονται δευτερεύοντα κυτταρικά τοιχώματα. Εναπόθεση λιννίτης και άλλων παρόμοιων ουσιών σαν αντίδραση σε προσβολές από παθογόνα έχει παρατηρηθεί σε πολλά φυτά. Η κάλυψη των κυτταρικών τοιχωμάτων με λιγνίνη τα προστατεύει από την επίδραση των ενζύμων που παράγονται από τα παθογόνα. Έχει αποδειχθεί ότι η απόθεση λιγνίνης γίνεται σαν ανταπόκριση ερεθίσματος που προκαλείται από συστατικά των κυτταρικών τοιχωμάτων των παθογόνων ή του φυτού.

Σχηματισμός παπί/λων (papillae formation) και εναπόθεση καλλόξης (Callose deposition)

Πατίλλες είναι σχηματισμοί που ενίοτε δημιουργούνται στις θέσεις που το παθογόνο προσπαθεί να παραβιάσει την επιφάνεια του φυτού. Το κύριο συστατικό τους φαίνεται να είναι η καλλόξη. Ο ρόλος των σχηματισμών αυτών στην προστασία των φυτών φαίνεται κυρίως από το γεγονός ότι σχηματίζονται στα ανθεκτικά αλλά όχι στα ευαίσθητα φυτά. Οι ουσίες που διεγείρουν τον σχηματισμό των πατίλλων δεν είναι καλά γνωστές.

Τυλώσεις

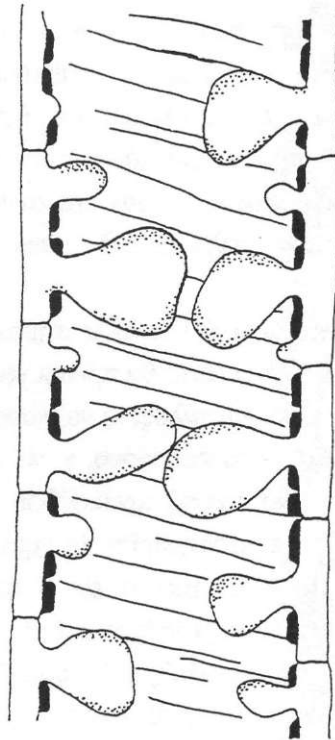
Ονομάζονται έτσι οι θηλές που σχηματίζονται στα αγγεία του ξύλου σαν αντίδραση στις προσβολές από μικροοργανισμούς που προσβάλλουν τα αγγεία. Όπως είναι γνωστό τα αγγεία του ξύλου αποτελούν σωληνοειδείς σχηματισμούς που περιβάλλονται από παρεγχυματικά κύτταρα με τα οποία επικοινωνούν μέσω βοθρίων. Κατά των προσβολή των φυτών από παθογόνα των αγγείων τα παρεγχυματικά κύτταρα αναπτύσσουν σφαιρικές ή περίπου σφαιρικές θηλές διαφόρων μεγεθών μέσα στα αγγεία, οι οποίες ανάλογα με τον αριθμό και το μέγεθος τους δυνατόν να αποκλείσουν την πρόοδο του παθογόνου προς τα πάνω (Εικ. 33).

Αφοριστικοί ιστοί

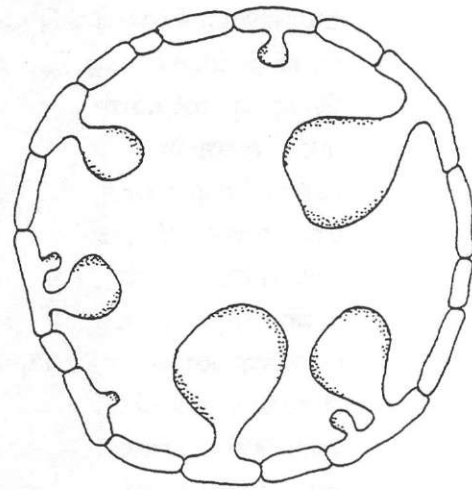
Σε άλλες περιπτώσεις τα φυτά αντιδρούν με στη δημιουργία αφοριστικού ιστού, ο οποίος αποχώνει το προσβλημένο τμήμα του ιστού από το υγιές, με αποτέλεσμα τον περιορισμό της εξάπλωσης του παθογόνου. Τέτοια αντίδραση των φυτών, σε ορισμένα παθογόνα, δημιουργεί το γνωστό σύμπτωμα τρύπες από σκάγια.

Αναδράσεις υπερευαισθησίας

Είνα από τις συχνότερες αντιδράσεις με τις οποίες τα φυτά αποφεύγουν τις μολύνσεις από διάφορες κατηγορίες παθογόνων. Η αντίδραση αυτή, χωρίς να είναι η μοναδική, παρατηρείται στα φυτά που έχουν υψηλή (μονογονική) αντοχή σε κάποιο παθογόνο. Το φυτό ξενιστής αναγνωρίζει το παθογόνο πριν ακόμη προκαλέσει ζημιά και αντιδρά τάχιστα με νέκρωση ενός ή περισσότερων κυττάρων γύρω από το παθογόνο. Τα νεκρωμένα κύτταρα



Κατά μήκος τομή
ξυλώδους αγγείου



Κάθετος τομή
ξυλώδους αγγείου

Εικ. 33. Ανάπτυξη τυλώσεων σε αγγεία φυτών προσβλημένα με μύκητες αδρομυκώσεων

εγκλωβίζουν το παθογόνο με αποτέλεσμα να περιορίζεται η επέκταση της προσβολής του φυτού. Παρά τις πολλές προσπάθειες δεν υπάρχει, προς το παρόν, οριστική απάντηση όσον αφορά τον μηχανισμό που προκαλεί την περιευαισθησία των φυτών. Αντίθετα υπάρχουν ενδείξεις ότι ο θάνατος των κυττάρων, λόγω υπερευαισθησίας, οδηγεί στην ελευέρωση, από τα γειτονικά κύτταρα ουσιών που διεγείρουν άλλους αμυντικούς μηχανισμούς στα γειτονικά κύτταρα και τους γειτονικούς ιστούς, οι οποίοι μηχανισμοί είναι υπεύθυνοι για την παρεμπόδιση της προόδου των μη υποχρεωτικών παθογόνων των οποίων η πρόοδος, ως γνωστόν δεν εμποδίζεται από τα νεκρωμένα κύτταρα.

Παραγωγή ριτινών και κόμμεος

Ορισμένα φυτά αντιδρούν στα παθόνα που προσβάλλουν το ξύλο με την παραγωγή κόμμεος και ρυτινωδών ουσιών.

Χημικά εμπόδια

Μεταξύ των χημικών ουσιών που αναπτύσσονται από τους ξενιστές κατά την προσβολή τους από τα παθογόνα γνωστότερες είναι οι φυτοαλεξίνες. Φυτοαλεξίνες είναι αντιμικροβιακές ουσίες μικρού μοριακού βάρους που συντίθενται και συγκεντρώνονται στα φυτά μετά από την έκθεσή τους στους μικροοργανισμούς. Ανήκουν σε πολύ διαφορετικές ομάδες και η βιοσύνθεσή τους είναι πολύπλοκη. Οι φυτοαλεξίνες είναι γνικά βιοκτόνα, καθ' όσον μπορεί να είναι τοξικά σε μύκητες, βακτήρια, νηματώδεις, φυτά και ανώτερα ζώα. Ομως η τοξικότητά τους ποικίλλει τιάρα πολύ μεταξύ των διαφόρων μικροοργανισμών.

Η ύπαρξη φυτοαλεξίνης δεν σημαίνει αναγκαστικά ότι παίζει σημαντικό ρόλο στην ανθεκτικότητα του φυτού. Για να συμβαίνει αυτό θα πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστον οι εξής τρεις προϋποθέσεις: α. η φυτοαλεξίνη να παράγεται σαν αντίδραση στην προσβολή, β. να είναι τοξική στο παθογόνο, γ. να υπάρχει σε συγκέντρωση ικανή να παρεμπόδιση το παθογόνο κατά την εισόδου.

Η πρώτη φυτοαλεξίνη που απομονώθηκε και χαρακτηριστικέ χημικά ήταν η **φασεολίνη** (phaseolin), από τα φασόλια το 1962. Εκτοτε έχουν απομονωθεί και χαρακτηριστεί εκατοντάδες φυτοαλεξίνες, οι περισσότερες από τα φυτά της οικογένειας των *Leguminosae*. Μερικές πολύ γνωστές φυτοαλεξίνες είναι η **φασεολίνη** (phaseolin), από τα φασόλια, η **πισατίνη** (pisatin) από τα μπιζέλια, η **αραχιδίνη** (arachidin I), από την αραχίδα, η **ριχιτίνη** (richitin) και **φυτουμπερίνη** (phytuberin) από την πατάτα κ.α..

Παρ' ότι η βιοσύνθεση των φυτοαλεξινών είναι περίπλοκη υπόθεση, θεωρείται ότι το η εντολή για τη σύνθεση τους δίδεται **διεγερτικές ουσίες** (elisors) που παράγονται κατά την αποσύνθεση των κυτταρικών τοιχωμάτων τόσο των φυτ'ων όσο και των μικροοργανισμών.

9.2.5. Φυσιολογικές λειτουργίες που επηρεάζονται απο τη μόλυνση των φυτών από διάφορα παθογόνα - Εμφάνιση των συμπτωμάτων

Οπως αναφέρεται στην εισαγωγή " ασθένεια είναι η ζημιόγνος εκτροπή της φυσιολογικής λειτουργίας των φυτών". Παράλληλα αναφέραμε ότι η εκτροπή αυτή γίνεται εμφανής με τα συμπτώματα. Στις επόμενες σελίδες γίνεται σύντομη ανάλυση της επίδρασης των ασθενειών στις σπουδαιότερες φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών και του τρόπου με τον οποίο αυτές γίνονται εμφανείς. Για πληρέστερη μελέτη ο αναγνώστης παραπέμπεται στο τόμο ΙΙΙ του plant disease των Horsfall και Cowling (1978).

9.2.5.1. Φωτοσύνθεση

Φωτοσύνθεση είναι η λειτουργία, κατά την οποία το φυτό προσλαμβάνει το διοξείδιο το άνθρακα της ατμόσφαιρας και το νερό από το έδαφος και με την εκμετάλλευση της ενέργειας του ηλιακού φωτός παράγει τις πρώτες οργανικές

ουσίες. Τα άρρωστα φυτά, στις περισσότερες των περιπτώσεων, παρουσιάζουν μειωμένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα. Οι αιτίες είναι διάφορες. Σε πολλές περιπτώσεις η προσβολή μειώνει την επιφάνεια των ιστών που φωτοσυνθέτουν. Αυτό συμβαίνει σε ασθένειες, που προσβάλλουν τα φύλλα και προκαλούν κηλίδες ή ξηράνσεις. Σε άλλες περιπτώσεις προκαλούνται χλωρώσεις, που είναι αποτέλεσμα της μείωσης της χλωροφύλλης και συντελούν σε μειωμένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα. Η μειωμένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα συντελεί στη μείωση της παραγωγής οργανικών ουσιών, τόσο για την ανάπτυξη του φυτού όσο και για την αποθήκευση σε πολλαπλασιαστικά όργανα, όπως οι καρποί, οι κόνδυλοι κ.α.. Αποτέλεσμα είναι η εξασθένηση των φυτών και η μείωση της παραγωγής.

9.2.5.2. Αναπνοή

Αναπνοή είναι η λειτουργία, με την οποία το φυτό διασπώ τις σύνθετες οργανικές ουσίες σε απλούστερες και προσπορίζεται την ενέργεια που χρειάζεται για άλλες λειτουργίες. Έχει διαπιστωθεί ότι, παθογόνοι μικροοργανισμοί, που ανήκουν σε όλες τις γνωστές κατηγορίες, αλλά και μη παρασιτικοί παράγοντες προκαλούν ένταση της αναπνοής στα προσβλημένα φυτά. Η αναπνοή αυξάνει προοδευτικά αμέσως μετά τη μόλυνση και φτάνει στο μέγιστο κατά τον πολλαπλασιασμό του παθογόνου. Η αύξηση της αναπνευστικής δραστηριότητας οφείλεται σε διάφορες βιοχημικές αλλαγές στη διαδικασία της αναπνοής και θεωρείται, μερικώς τουλάχιστον, η αιτία της μειωμένης απόδοσης των προσβλημένων φυτών.

Έχει αποδειχθεί, σε ορισμένες τουλάχιστον περιπτώσεις, ότι αυξημένη αναπνευστική δραστηριότητα παρατηρείται και στις περιπτώσεις που φυτά ανθεκτικά έχει επιχειρηθεί να μολυνθούν από διάφορα παθογόνα. Στις περιπτώσεις αυτές, αν και δεν παρατηρήθηκαν συμπτώματα, η αναπνευστική δραστηριότητα αυξήκε. Αυτό, προφανώς, συνέβει για να καλυφθούν οι ανάγκες των φυτών σε ενέργεια προκειμένου να ενεργοποιήσουν του αμυντικούς μηχανισμούς που θα τα προστατεύουν από την προσβολή, όπως την παραγωγή λιγνίνης, φυτοαλεξινών κ.α. Τέτοια είναι π.χ. η περίπτωση της μόλυνσης ανθεκτικών φυτών βρώμης από οΐδιο. Παρότι προσβολή δεν έλαβε μέρος η απώλεια ενέργειας συνετέλεσε σε πτώση της παραγωγής κατά 7%. Παρόμοιο φαινόμενο έχει παρατηρηθεί και με κοινά σαπρόφυτα, όπως μύκητες του γένους *Cladosporium*. Τέτοιοι μύκητες είναι ενδεχόμενο να διεγείρουν αμυντικούς μηχανισμούς που συνεπάγονται σπατάλη ενέργειας στα φυτά τα οποία μολύνουν. Αυτό ενισχύεται από το γεγονός ότι εφαρμογή μυκητοκτόνων, που περιορίζουν την ανάπτυξη του μύκητα *C. cladosporioides* στη βρώμη, συνετέλεσε στην αύξηση της παραγωγής. Αυτό βέβαια δεν υποδηλώνει ότι οι σαπροφυτικοί οργανισμοί που βρίσκονται πάνω στα φυτά

πρέπει να καταστρέφονται διότι η ανταγωνιστική τους δραστηριότητα στα παθογόνα ενδέχεται να έχει μελύτερη ωφέλεια.

9.2.5.3. Μεταφορά του νερού

Τα φυτά παίρνουν πολύ μεγάλες ποσότητες νερού από το έδαφος. Το νερό προσλαμβάνεται από τα ριζικά τριχίδια και μεταφέρεται με τα αγγεία του ξύλου στο υπέργειο μέρος κυρίως τα φύλλα. Πολύ μικρό μέρος από αυτό χρησιμοποιείται κατά τη φωτοσύνθεση, ενώ ένα μικρό, επίσης, μέρος καταναλώνεται για να σχηματίσει, μαζί με άλλα συστατικά, τους ιστούς του φυτού. Η μεγάλη ποσότητα του νερού αποβάλλεται, από τα στόματα και την εφυμενίδα με τη μορφή υδρατμών κατά τη λειτουργία της διαπνοής. Ανεξάρτητα από τους μηχανισμούς με τους οποίους γίνεται η μετακίνηση του νερού, για την κανονική του μεταφορά από το έδαφος στο φυτό και στη συνέχεια στην ατμόσφαιρα δεν πρέπει να υπάρχουν εμπόδια στις ρίζες τα αγγεία και στα φύλλα.

Ομως, τα παθογόνα των φυτών, παρεμβαίνουν σε όλες αυτές τις θέσεις με αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της μεταφοράς του νερού.

Στο ριζικό σύστημα, ορισμένα παθογόνα παρεμποδίζουν την πλούσια ανάπτυξη των ριζικών τριχιδίων, καταστρέφουν πολλά ριζικά τριχίδια και προκαλούν φελλοποίηση άλλων.

Η δυσλειτουργία των αγγείων του ξύλου είναι χαρακτηριστικό των λεγομένων ασθενειών του αδρώματος στις οποίες τα παθογόνα, μύκητες ή βακτήρια, προσβάλλουν σχεδόν αποκλειστικά τα αγγεία του ξύλου. Μέσα στα αγγεία, ιδιαίτερα στη βάση των προσβλημένων φυτών, αναπτύσσονται οι υφές των μυκήτων ή τα κύτταρα των βακτηρίων με αποτέλεσμα την σμίκρυνση της διατομής των. Παράλληλα, πολλοί μύκητες και βακτήρια εκκρίνουν αφενός μεν γλοιώδεις πολυζακχαρίτες, αφετέρου πηκτινολυτικά και κυτταρινολυτικά ένζυμα που διασπούν τα κυτταρικά τοιχώματα των αγγείων. Οι πολυζακχαρίτες και τα προϊόντα διάσπασης των κυτταρικών τοιχωμάτων μειώνουν τη ρευστότητα του υγρού των αγγείων και δημιουργούν αποφράξεις των αγγείων. Εκτός από τα παθογόνα, οι ξενιστές, σε αντίδραση της παρουσίας των πρώτων, παράγουν κομμιώδεις ουσίες, που αποτελούνται επίσης από πολυζακχαρίτες, αλλά και φαινολικές ουσίες, που οξειδώνονται και δίδουν το καστανό μεταχρωματισμό στα προσβλημένα αγγεία. Οι κομμιώδεις ουσίες δυνατόν να προκαλέσουν στένωμα ή και απόφραξη των αγγείων. Τέλος, στα αγγεία των προσβλημένων φυτών παρατηρούνται σχηματισμοί όμοιοι με μπαλόνια, οι τυλώσεις, που σχηματίζονται από τα παρεγχυματικά κύτταρα που βρίσκονται κοντά στα αγγεία. Οι τυλώσεις, συχνά, είναι τόσες πολλές και τόσο μεγάλες που δυνατόν να κλείσουν εντελώς τα αγγεία.

Στα φύλλα η διακίνηση του νερού παρεμποδίζεται από ασθένειες των οποίων τα παθογόνα προσβάλλουν το ίδιο το φύλλο καθώς και από ασθένειες των οποίων τα παθογόνα βρίσκονται, μακριά από το φύλλο. Οι ασθένειες της πρώτης κατηγορίας, όπως οι κηλιδώσεις, τα ωΐδια, οι σκωριάσεις, οι περονόσποροι κ.α. περιορίζουν την διακίνηση του νερού με τις νεκρώσεις καθώς και τις μορφολογικές και χημικές αλλοιώσεις που προκαλούν στα κύτταρα. Οι ασθένειες της δεύτερης κατηγορίας, που είναι κυρίως οι ασθένειες του αδρώματος, παρεμβαίνουν στη μετακίνηση του νερού, πέρα από τα αγγεία, στο επίπεδο του φύλλου με τα συμπτώματα που προκαλούν στα φύλλα των προσβλημένων φυτών. Τα συμπτώματα αυτά, με τη σειρά που συνήθως εμφανίζονται, είναι η μάρανση, η χλώρωση, η νέκρωση και η αποφύλλωση.

Οι αιτίες της εμφάνισης των παραπάνω συμπτωμάτων στις ασθένειες αυτής της κατηγορίας δεν έχουν πλήρως διεκρινιστεί. Πάντως, γίνεται δεκτό ότι, οι παράγοντες που συμβάλλουν είναι η παρεμπόδιση της μεταφοράς του νερού, με τους τρόπους που αναφέραμε προηγούμενα και η παραγωγή τοξικών ουσιών, τόσο από τα παθογόνα όσο και από τον ξενιστή, που μεταφέρονται στα φύλλα.

9.2.5.4. Ανάπτυξη

Τα φυτά, όταν είναι υγιή και οι συνθήκες του περιβάλλοντος είναι ευνοϊκές, αναπτύσσουν, όπως άλλωστε όλοι οι οργανισμοί, όλες τις δυνατότητες που τους δίδει ο γενετικός τους κώδικας. Έτσι, η ανάπτυξη τους είναι ομοιόμορφη και η μέγιστη δυνατή, ενώ παράλληλα δίδουν τη μέγιστη δυνατή παραγωγή. Όμως, ούτε οι συνθήκες του περιβάλλοντος είναι πάντοτε ευνοϊκές, ούτε τα φυτά είναι πάντοτε απαλλαγμένα από ασθένειες. Αποτέλεσμα είναι η εμφάνιση ανωμαλιών στην ανάπτυξη των φυτών μερικές από τις οποίες περιγράφονται στα συμπτώματα σαν παραμορφώσεις. Είναι, λοιπόν, ενδιαφέρον είναι να γνωρίζουμε τις αιτίες των ανωμαλιών αυτών.

Η κανονική ανάπτυξη των φυτών ρυθμίζεται από τους λεγόμενους ρυθμιστές της αύξησης δηλαδή τις αυξίνες, τις κυτοκινίνες, τις γιββερελλίνες, το αιθυλένιο και το αμπισικό οξύ. Ο τρόπος δράσης των ουσιών αυτών περιγράφεται σε όλα τα εγχειρίδια της φυσιολογίας. Γενική αρχή είναι ότι κάθε μια ασκεί συγκεκριμένη δράση, αλλά η έκφραση τους στο επίπεδο του φυτού εξαρτάται από τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις.

Οι εφαρμογές των παραπάνω ουσιών προκαλούν στα φυτά ανωμαλίες παρόμοιες με αυτές που παρατηρούμε στις προσβολές από διάφορες ασθένειες. Παράλληλα, αλλαγές στις συγκεντρώσεις των παραπάνω ουσιών έχουν παρατηρηθεί σε φυτικούς ιστούς μετά από προσβολές από ορισμένες ασθένειες. Ήταν λοιπόν φυσικό να συνδεθεί η ανάπτυξη των ανωμαλιών των φυτών, μετά από προσβολές από ασθένειες, με την ύπαρξη των ρυθμιστών της

αύξησης. Παρακάτω αναφέρονται οι συνηθέστερες ανωμαλίες και οι αιτίες που τις προκαλούν.

Νανισμός. Η μειωμένη ανάπτυξη των φυτών είναι φυσικό επακόλουθο της έλλειψης επαρκών θρεπτικών συστατικών. Η έλλειψη αυτή μπορεί να οφείλεται στη χαμηλή περιεκτικότητα του υποστρώματος ανάπτυξης σε θρεπτικά στοιχεία ή σε ζημιές του ριζικού συστήματος από παθογόνους παράγοντες. Ακόμη, ο νανασμός δυνατόν να οφείλεται στη χρησιμοποίηση από τα παθογόνα των θρεπτικών συστατικών που υπό κανονικές συνθήκες θα χρησιμοποιούνταν για την ανάπτυξη του ξενιστού, καθώς και τον ανεπαρκή εφοδιασμό των φυτών με ρυθμιστές της αύξησης που επηρεάζουν την ανάπτυξη, όπως οι αυξίνες και οι γιββερελλίνες.

Η συγκέντρωση των αυξινών στα άρρωστα φυτά συνήθως είναι μεγαλύτερη από εκείνη των υγιών αν και σε ορισμένες περιπτώσεις και μάλιστα σε φυτά που έχουν μειωμένη ανάπτυξη συμβαίνει το αντίθετο. Όμως, η επίδραση των αυξινών και των γιββερελλινών στη μείωση της ανάπτυξης των φυτών δεν είναι καλά γνωστή.

Γιγαντισμός. Η σημαντικότερη περίπτωση γιγαντισμού στα φυτά είναι εκείνη που παρατηρείται στο ρύζι όταν προσβληθεί από την ασθένεια "bacanae" που προκαλείται από το μύκητα *Gibberella fujikuroi*. Όπως αποδείχτηκε ο μύκητας αυτός παράγει σε καλλιέργειες τη γνωστή γιββερελλίνη, η οποία όταν εφαρμοστεί σε υγιή φυτά ρυζιού προκαλεί το ίδιο σύμπτωμα. Σήμερα είναι γνωστές περίπου 40 συγγενείς ενώσεις, που έχουν απομονωθεί από φυτά και από μύκητες. Δεν είναι λοιπόν παράξενο που και άλλες περιπτώσεις γιγαντισμού, εκτός από την προηγούμενη έχουν αποδοθεί στις ουσίες αυτές. Όμως, δεν είναι γνωστό αν στις περιπτώσεις αυτές εμπλέκεται μόνο το γιββερελλικό οξύ ή και άλλοι ρυθμιστές της αύξησης.

Μεταμορφώσεις. Παρατηρούνται στις ρίζες, στους βλαστούς, στα φύλλα και στα αναπαραγωγικά όργανα. Σε πολλές περιπτώσεις οι προσβολές των ριζών των φυτών έχουν σαν αποτέλεσμα την παραμόρφωση τους. Πολύ κλασική είναι η περίπτωση της προσβολής των ριζών πολλών φυτών από τους νηματώδεις του γένους *Meloidogyne* και η προσβολή των σταυρανθών από το μύκητα *Plasmodiophora brassicae*. Και στις δύο περιπτώσεις παρατηρούνται υπερπλασίες στις ρίζες των άρρωστων φυτών που αποδίδονται στην αλληλεπίδραση των αυξινών και των κυτοκινινών. Οι βλαστοί των φυτών σε ορισμένες ασθένειες παρουσιάζουν το γνωστό σύμπτωμα της σκούπας της μάγισσας. Τα μεσογονάτια δηλαδή μικραίνουν και οι βλαστοί που εκκλύσσονται βρίσκονται ο ένας κοντά στον άλλο. Το ίδιο συμβαίνει και με τους νέους βλαστούς με αποτέλεσμα την εμφάνιση της παραπάνω συμπτωματολογικής εικόνας. Σε μια τουλάχιστον περίπτωση, την προσβολή

του κακάο από τον μύκητα *Marasmius perniciosus*, αποδείχτηκε ότι ο μύκητας μπορεί να καταστρέψει τις αυξίνες στα άρρωστα φυτά, οπότε παρατηρείται περίσσεια κυτοκινινών, που προκαλούν την παραπάνω εικόνα. Σε ορισμένες ασθένειες παρατηρούνται παραμορφώσεις των προσβλημένων φύλλων. Κλασική είναι η περίπτωση του εξώασκου της ροδακινιάς και της αμυγδαλιάς (*Taphrina deformans*), που τα φύλλα παχύνονται, επιμηκύνονται και συστρέφονται. Στα παραμορφωμένα από την ασθένεια φύλλα βρέθηκαν αυξημένες συγκεντρώσεις αυξίνης και κυτοκινινών. Σε ορισμένες ασθένειες παρατηρείται επιμήκυνση των ταξιανθειών, μετατροπή των στημόνων σε φύλλα ή πέταλα κ.α.. Οι αιτίες των παραμορφώσεων αυτών δεν είναι γνωστές.

9.2.6. Πολλαπλασιασμός του παθογόνου

Ο βιολογικός κύκλος των παθογόνων κλείνει με την αναπαγωγή τους, που είναι ο τελικός σκοπός. Ας μην ξεχνούμε ότι τα παθογόνα δεν προσβάλλουν τα φυτά για να τους κάνουν κακό, αλλά διότι θέλουν να επιβιώσουν και να αφήσουν απογόνους, αφού από μόνα τους δεν μπορούν να το κάνουν από έλλειψη ικανότητας να συνθέτουν τις τροφές που τα ίδια χρειάζονται. Η φύση μάλιστα έχει προνοήσει και όταν χρειάζεται οι μικροοργανισμοί βοηθούν τα ανώτερα φυτά να επιβιώσουν ώστε να τύχουν της βοήθειας των αργότερα (ιδέ μυκόρριζες).

9.3. ΜΗ ΠΑΡΑΣΙΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Πολύ συχνά ο τρόπος διδασκαλίας του μαθήματος της φυτοπαθολογίας δίδει την εντύπωση ότι στη φύση υπάρχουν δυό μονομάχοι. Το καλό φυτό και το κακό παθογόνο. Φυσικά στη φύση δεν υπάρχουν ούτε μονομάχοι ούτε καλοί και κακοί μικροοργανισμοί. Στη φύση υπάρχει μεγάλη ποικιλότητα μικροοργανισμών και ανταγωνιστικότητα για την επιβίωση τους. Το καλός ή κακός αφορά τον άνθρωπο και εξαρτάται από την σκοπιά από την οποία εξετάζεται. Ακόμη και τα παθογόνα δεν είναι πάντοτε κακά αν λάβομε υπόψη μας ότι πολλά από αυτά καταστρέφουν τα ανεπιθύμητα ζιζάνια. Το κεφάλαιο αυτό έχει σκοπό να βοηθήσει τον αναγνώστη να καταλάβει καλύτερα τις σχέσεις φυτού και μικροοργανισμών. Παρακάτω εξετάζονται ορισμένες πολύ γνωστές μη παρασιτικές σχέσεις φυτών και μικροοργανισμών.

9.3.1. Επιφυτική μικροχλωρίδα

Η επιφάνεια των φυτών, τόσο στο υπέργειο τμήμα όσο και στο ριζικό σύστημα, αποικείται από πολυάριθμα είδη φυτικών και ζωικών μικροοργανισμών, από τους οποίους πολύ μικρό μέρος αποτελούν τα παθογόνα. Οι μη ζωικοί μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται στην επιφάνεια των φυτικών οργάνων ανήκουν τόσο στους μύκητες όσο και στους

προκαρυωτικούς οργανισμούς. Το είδος και ο αριθμός των μικροοργανισμών που βρίσκεται στην επιφάνεια ενός φυτικού οργάνου δεν είναι σταθερός. Στην πραγματικότητα μεταξύ των μικροοργανισμών αναπτύσσεται μια δυναμική ισορροπία η οποία επηρεάζεται από τους παρακάτω παράγοντες.

- Τις συνθήκες του περιβάλλοντος, Η επιφυτική μικροχλωρίδα είναι διαφορετική μεταξύ των τροπικών και υποτροπικών περιοχών, των εποχών του έτους, των ημερών ή και των ωρών με διαφορετικές κλιματικές συνθήκες, των φυτικών οργάνων στα οποία διαμορφώνονται διαφορετικές μικροκλιματικές συνθήκες κ.α..

- Από το είδος ή την ποικιλία του φυτού. Αυτό δεν οφείλεται μόνο στις διαφορετικές μικροκλιματικές συνθήκες που διαμορφώνονται στην επιφάνεια των φυτικών οργάνων, αλλά και στα χαρακτηριστικά κάθε φυτού.

- Από το είδος του φυτικού οργάνου. Στα άνθη η μικροχλωρίδα είναι διαφορετική από τα φύλλα και στους καρπούς διαφορετική από τα προηγούμενα.

Επιφυτικοί μύκητες - προκαρυωτικοί οργανισμοί. Μεγάλος αριθμός ειδών μυκήτων και προκαρυωτικών οργανισμών αναπτύσσεται στην επιφάνεια των φυτικών ιστών όπου ζουν σαπροφυτικά ανταγωνιζόμενοι μεταξύ τους και τους παθογόνους μικροοργανισμούς. Το είδος και ο πληθυσμός των μικροοργανισμών που αναπτύσσονται στην επιφάνεια των φυτικών ιστών εξαρτάται από το είδος και την ηλικία του φυτού, την εποχή του έτους, από το είδος του φυτικού ιστιού κ.α.. Οι Επιφυτικοί μικροοργανισμοί παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο τόσο στην ανάπτυξη του φυτού όσο και στην ανάπτυξη των ασθενειών. Ορισμένοι δυνατόν να είναι ωφέλιμοι, με διάφορους τρόπους, στην ανάπτυξη των φυτών ενώ άλλοι να είναι επιζήμιοι..

4.3.2. Ενδόφυτική μικροχλωρίδα

Οι μύκητες που βρίσκονται στα φυτά ζουν είτε στην επιφάνεια των φυτικών οργάνων και ονομάζονται επίφυτα, στα οποία αναφερθήκαμε προηγούμενα, είτε στο εσωτερικό τους, όπως στην περίπτωση των περισσότερων παθογόνων και τα οποία, σε αντιδιαστολή, μπορούν να ονομαστούν ενδόφυτα. Ομως, όλοι οι ενδοφυτικοί μύκητες δεν είναι παθογόνοι. Πολλοί από αυτούς αναπτύσσουν άλλου είδους σχέσεις με τους ξενιστές τους, όπως μυκόρριζες, στις οποίες θα αναφερθούμε στο τέλος αυτού του κεφαλαίου. Εδώ θα αναφερθούμε εν συντομία στους μη παθογόνους ενδοφυτικούς μύκητες που βρίσκονται στο υπέργειο μέρος των φυτών.

Η διαπίστωση ότι οι μύκητες μπορούν να ζουν στο εσωτερικό των φυτών χωρίς να υπάρχει οποιαδήποτε μακροσκοπική ένδειξη δεν είναι νέα. Ομως, αφού δεν προκαλούσαν ασθένειες δεν ενδιέφεραν του φυτοπαθολόγους. Το ενδιαφέρον αυξήθηκε μετά τη διαπίστωση ότι ορισμένα φυτά που φιλοξενούν

τέτοιους μύκητες είναι δηλητηριώδη για τα θερμόαιμα ή για τα έντομα, γεγονός, που μπορεί να τα προστατεύσει από ζωικούς εχθρούς και έμμεσα από ασθένειες. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση ορισμένων αγροστωδών, όπως των ειδών *Lolium perenne* και *Festuca arundinacea*, τα οποία όταν φιλοξενούν το ενδόφυτο *Epiclhoe typhina* γίνονται δηλητηριώδη για τα ζώα που τα βοσκίζουν και ορισμένα από τα έντομα που τα προσβάλλουν, πιθανώς λόγω της παραγωγής από το επίφυτο τοξικών αλκαλοιδών ουσιών. Το ενδόφυτο μολύνει τον ξενιστή διασυστηματικά και μεταφέρεται με τον σπόρο στα νέα φυτά. Το φαινόμενο αυτό έχει τύχει εμπορικής εκμετάλλευσης και ένας μεγάλος αριθμός από τις ποικιλίες του *L. perenne*, με ισχυρή μόλυνση, διατίθεται σήμερα στο εμπόριο προκειμένου να προφυλάξει τα φυτά αυτά από τα έντομα.

Περισσότερο ενδιαφέρουσα από φυτοπαθολογική άποψη είναι η περίπτωση της φτελιάς (**Duch elm**). Ο φλοιός του φυτού αυτού συχνά αποικείται από το μύκητα *Phomopsis oblonga*, ο οποίος παρεμποδίζει την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό των εντόμων του γένους *Scolytus*, που μεταφέρουν τα σπόρια του πολύ καταστρεπτικού μύκητα *Ceratocystis ulmi*. Έχει παρατηρηθεί ότι σε περιοχές που οι φτελιές είναι σε μεγάλο βαθμό μολυσμένες από το μύκητα *P. oblonga*, οι ζημιές της φτελιάς από τον μύκητα *C. ulmi* είναι μικρότερες.

Οι προηγούμενες περιπτώσεις αποτελούν δυό μόνο παραδείγματα από ανάλογα φαινόμενα τα οποία φαίνεται να είναι πολύ κοινά, αλλά δεν έχουν μελετηθεί επαρκώς. Ορισμένοι θεωρούν ότι στο μέλλον η συμβίωση των ενδόφυτων με τα ανώτερα φυτά θα αποδειχθεί τόσο κοινή όσο εκείνη των μυκορριζών και θα τύχει ανάλογης εκμετάλλευσης από τον άνθρωπο.

4.3.3. Μικροχλωρίδα της ριζοσφαίρας

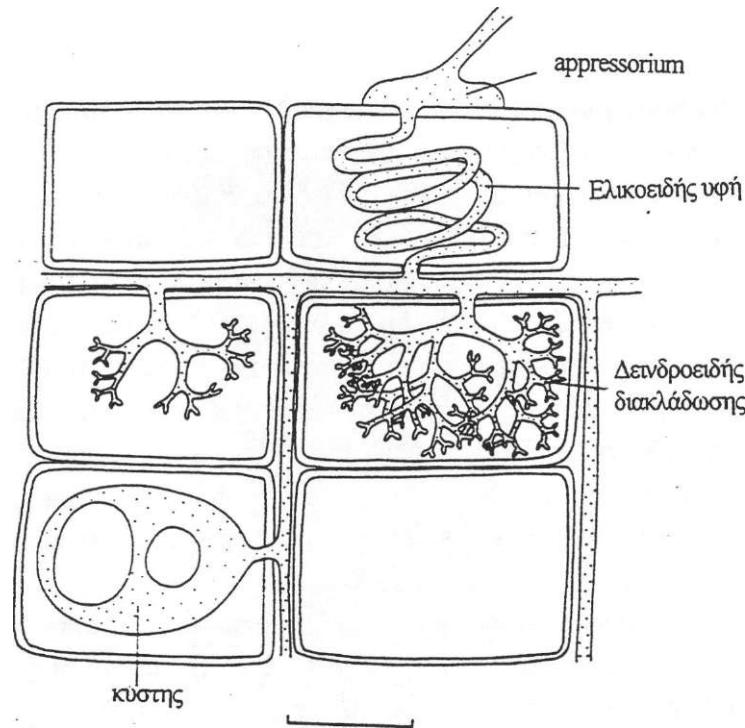
Θα απαντηθούντα ίδια ερωτήματα με τους επιφυτικούς μικροοργανισμούς

4.3.4. Μυκόρριζες

Μυκόρριζες είναι το δίδυμο που αναπτύσσεται από τη συμβίωση των μυκήτων με τις ρίζες των ανώτερων φυτών. Οι μύκητες των μυκορριζών πέρνουν από τις ρίζες, με τις οποίες συμβιούν, τις οργανικές ουσίες που χρειάζονται. Παράλληλα βοηθούν τις ρίζες των φυτών να απορροφούν περισσότερα ανόργανα θρεπτικά συστατικά από ότι θα μπορούσαν να απορροφήσουν μόνες τους. Υπάρχει, δηλαδή, μια συνεργασία που βοηθά τους δυό οργανισμούς να αναπτύσσονται καλύτερα.

Οι μυκόρριζες διακρίνονται στις παρακάτω δύο κατηγορίες:

α. **Ενδομυκόρριζες.** Είναι εκείνες στις οποίες οι υφές του μύκητα εισέρχονται και εγκαθίστανται στα κύτταρα του φλοιώδους παρεγχύματος των ριζών (Εικ. 34).

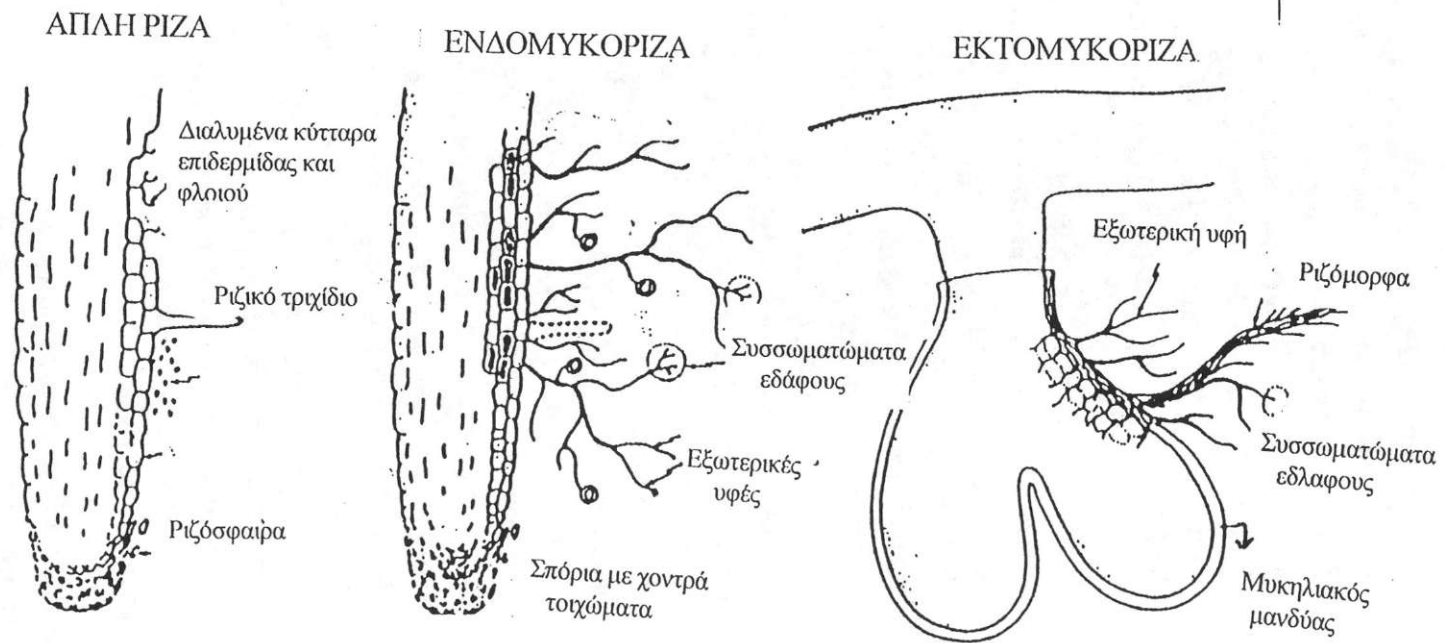


Εικ. 34. Διάγραμμα που απεικονίζει την είσοδο και τις διακλαδώσεις μιας κυστοειδούς-δενδροειδούς μυκόρριζας στα επιδερμικά κύτταρα φυτού

Οι περισσότερες ενδομυκόρριζες είναι **κυστοειδείς - δενδροειδείς (Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza, VAM)**. Χαρακτηριστικό τους είναι ότι σχηματίζονται μέσα στα κύτταρα του φυτού ή μεταξύ αυτών μυζητήρες, που διακλαδίζονται διχοτομικά (arbuscular) καθώς και κυστοειδείς διογκώσεις (vesicle) των υφών του μύκητα (Εικ 34). Σχεδόν το 90% των φυτικών ειδών σχηματίζουν της μυκόρριζες αυτού του τύπου. Οι μύκητες των μυκορριζών αυτών βρίσκονται στο εσωτερικό των ριζών και είναι υποχρεωτικά παράσιτα. Μερικοί πολύ γνωστοί μύκητες που σχηματίζουν τέτοιες μυκόρριζες είναι τα είδη *Glomus mosseae*, *G. fasciculatum* κ.α..

Η σπουδαιότητα των μυκορριζών αυτού του τύπου στην ανάπτυξη των φυτών είναι αναγνωρισμένη και η οφελιμότητά τους στην καλύτερη ανάπτυξη των φυτών έχει αποδειχθεί πλήρως. Η χρησιμοποίησή τους στην πράξη προσκρούει στη δυσκολία παραγωγής μεγάλης ποσότητας μολύσματος επειδή δεν αναπτύσσονται στα κοινά θρεπτικά υλικά. Ομως, τα τελευταία χρόνια διαρκώς περισσότεροι ερευνητές και βιομηχανίες ενδιαφέρονται για την παραγωγή μολύσματος των μυκορριζών αυτών με σκοπό τη χρησιμοποίησή του στην καλύτερη ανάπτυξη των φυτών.

β. Εκτομυκόρριζες. Είναι εκείνες που ο μύκητας καλύπτει σαν πυκνό στρώμα τα ριζίδια και εισχωρεί μεταξύ των κυττάρων του φλοιού. Παρατηρούνται



Εικ. 35. Μυκόρριζες

περίπου στο 10% των φυτικών ειδών και στο σχηματισμό τους λαμβάνουν μέρος περισσότερα από 5000 είδη μυκήτων. Το είδος αυτό των μυκορριζών παρατηρείται κυρίως σε δασικά δένδρα για πολλά από τα οποία είναι εντελώς απαραίτητες για την κανονική τους ανάπτυξη. Στις μυκορριζες ενός δένδρου δυνατόν να συμμετέχουν μερικά είδη μυκήτων. Παράλληλα ένα είδος μύκητα μπορεί να σχηματίζει μυκορριζες με πολλά είδη δένδρων ή να έχει ένα μόνο ξενιστή. Ορισμένοι πολύ γνωστοί μύκητες που σχηματίζουν εκτομυκορριζες είναι τα είδη *Pisolithus tinctorius*, *Hebeloma* spp., *Laccaria* spp. κ.α. Στην Εικόνα 35 φαίνεται σχηματική παράσταση των αλλοιώσεων των ριζών που έχουν εκτο και ενδομυκορριζες.

Η χρησιμότητα των εκτομυκορριζών στην ανάπτυξη των δασικών δένδρων ώθησε στην απομόνωση, αξιολόγηση, πολλαπλασιασμό και χρησιμοποίηση των μυκήτων των μυκορριζών για την καλύτερη ανάπτυξη των δασικών δένδρων στα φυτάρια. Σε χώρες όπως στις ΗΠΑ έχει αναπτυχθεί πολύ η σχετική τεχνολογία και υπάρχουν στο εμπόριο σκευάσματα τουλάχιστον του μύκητα *P. tinctorius* τα οποία χρησιμοποιούνται σε αναδασώσεις.

Ομως, δεδομένης της σπουδαιότητας των μυκορριζών, γενικά, στην ανάπτυξη των φυτών, μεγάλη σημασία έχει η διατήρηση τους στο έδαφος, όπου αναπτύσσονται. Η καταστροφή των μυκορριζών στη σύγχρονη γεωργία μπορεί να γίνει κυρίως με την χρήση φυτοφαρμάκων. Η απολύμανση του εδάφους με χημικά απολυμαντικά μειώνει τον πληθυσμό όλων των μικροοργανισμών και μεταξύ αυτών και των μυκήτων των μυκορριζών με αποτέλεσμα την μειωμένη ανάπτυξη των φυτών που θα φυτευθούν στο απολυμασμένο έδαφος, βέβαια, αυτό δεν είναι ο κανόνας. Έχουν αναφερθεί περιπτώσεις που το αποτέλεσμα της απολύμανσης είναι ευεργετικό στην ανάπτυξη των μυκορριζών. Γενικά, υπάρχουν μεγάλες διαφορές όσον αφορά στην επίδραση των διαφόρων απολυμαντικών εδάφους στους διάφορους μύκητες των μυκορριζών έτσι ώστε να είναι δύσκολη η εξαγωγή γενικών συμπερασμάτων. Από τα λοιπά φυτοφάρμακα τα μυκητοκτόνα, όπως είναι επόμενο, ιδιαίτερα εκείνα που προστίθενται στο έδαφος, επιδρούν δυσμενώς στην ανάπτυξη των μυκορριζών. Επίσης, ορισμένα ζιζανιοκτόνα και εντομοκτόνα μπορούν να βλάψουν τους μύκητες των μυκορριζών, αλλά σε υψηλές συγκεντρώσεις, που συνήθως δεν υπάρχουν στο έδαφος.

9.3.5. Αζωτοδεσμευτικά βακτήρια

Η δέσμευση του αζώτου από τα φυτά της οικογένειας των *Papilionaceae* (ψυχανθή) είναι πολύ γνωστό φαινόμενο και το βλέπουμε κάθε μέρα στην πράξη. Στις περισσότερες περιπτώσεις που ξεριζώνουμε ένα ψυχανθές παρατηρούμε ότι στο ριζικό του σύστημα υπάρχει μεγάλος αριθμός από φυμάτια, που είναι πλούσια σε αζωτούχες ουσίες. Περισσότερο από το 90% των

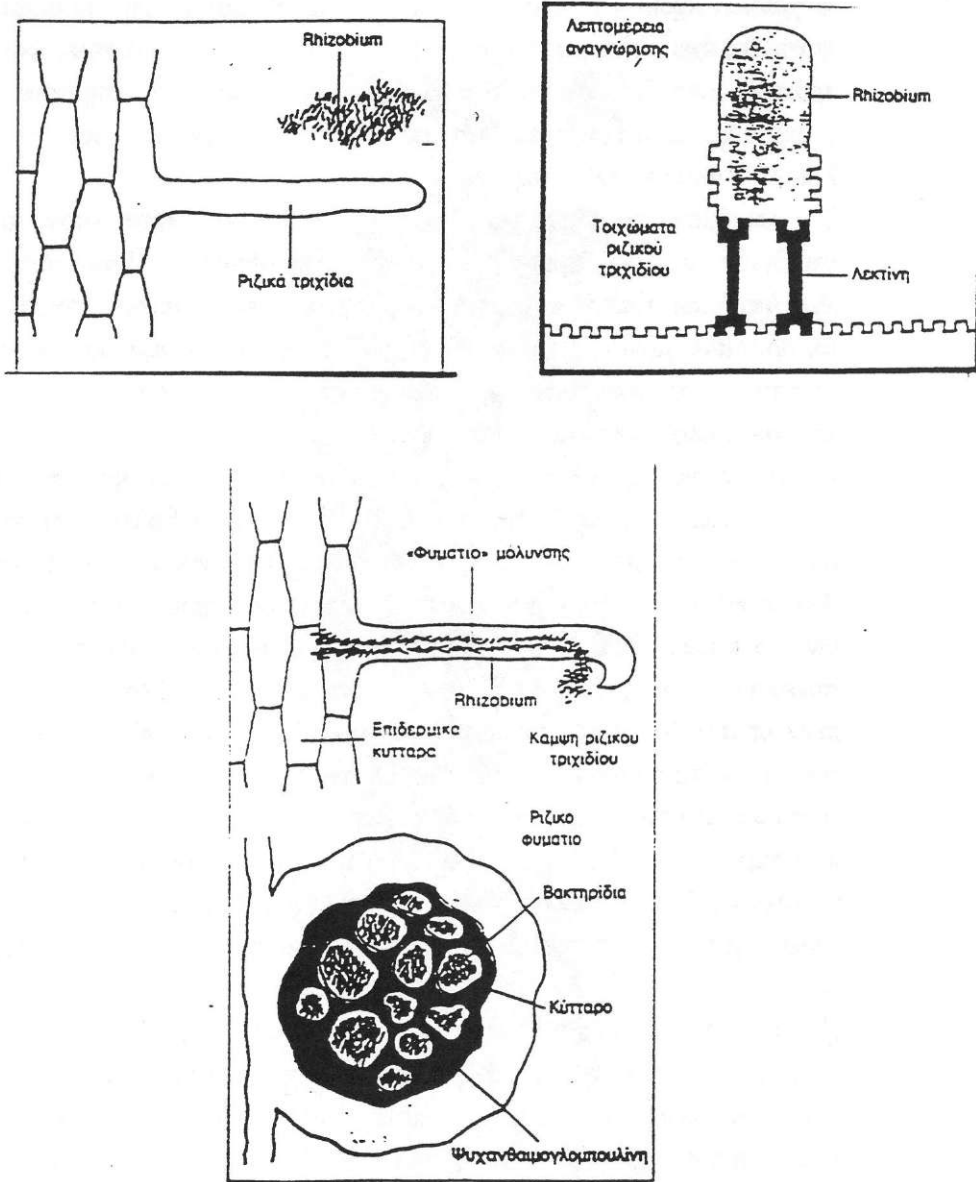
ψυχανθών έχουν την παραπάνω ικανότητα. Η δεύσμευση του αζώτου από τα ψυχανθή έχει πολύ μεγάλη σημασία στη φύση, διότι αποτελεί ένα από τους τρόπους ανακύκλωσης του αζώτου. Στη γεωργία η σημασία του είναι προφανής, ιδιαίτερα στις μη εντατικές καλλιέργειες, που η προσθήκη λιπασμάτων είναι ελλειπής.

Το φαινόμενο της δέσμευσης του αζώτου παρατηρείται όταν τα ψυχανθή συμβιούν με βακτήρια των γενών *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* και *Azorhizobium*. Επειδή κάθε στέλεχος των παραπάνω γενών μπορεί να συμβιώσει με ορισμένα μόνο είδη ψυχανθών, για να υπάρξει συμβίωση ψυχανθών και βακτηρίων και ακολούθως αζωτοδέσμευση, πρέπει τα φυτά να μολυνθούν από το κατάλληλο στέλεχος του βακτηρίου.

Η διαδικασία της μόλυνσης των ψυχανθών από τα βακτήρια των παραπάνω γενών, πολύ συνοπτικά, έχει ως εξής: Τα βακτήρια βρίσκονται στο έδαφος, όπου με τις εκκρίσεις των ριζών των ψυχανθών πολλαπλασιάζονται. Ακολουθεί η αναγνώριση του ξενιστή από το βακτήριο και αν διαπιστωθεί ότι είναι ο κατάλληλος το βακτήριο προσκολλάται στα ριζικά τριχίδια και στη συνέχεια εισέρχεται από την κορυφή. Τα βακτηριακά κύτταρα πολλαπλασιάζονται και προχωρούν στα γειτονικά με το ριζικό τριχίδιο κύτταρα του φυτού τα οποία και μολύνουν. Όσα από τα κύτταρα αυτά τύχει να είναι τετραπλοειδή πολλαπλασιάζονται ταχύτατα, με την επίδραση της κυτοκινίνης, που παράγουν τα βακτηριακά κύτταρα και σχηματίζονται οι γνωστοί κόμβοι. Όταν οι κόμβοι καταστραφούν μεγάλος αριθμός βακτηρίων ελευθερώνεται στο έδαφος για να επαναληφθεί ο ίδιος κύκλος με την επόμενη καλλιέργεια (Εικ. 36).

Η δέσμευση του αζώτου αποτελεί μια πολύπλοκη βιοχημική διαδικασία, η λεπτομερής ανάλυση της οποίας ξεφεύγει από το σκοπό αυτού του βιβλίου. Σημαντικό ρόλο στη δέσμευση του αζώτου παίζει η leghemoglobin, μια πρωτεΐνη που παράγεται από τη συνεργασία φυτού και βακτηρίου και ο ρόλος της είναι να διατηρεί σταθερή την ποσότητα του οξυγόνου που βρίσκεται στους κόμβους και το οποίο είναι απαραίτητο για την αναγωγή του αζώτου. Η δέσμευση του αζώτου γίνεται από τα βακτηριακά κύτταρα, που βρίσκονται μέσα στα κύτταρα του ξενιστού, με τη βοήθεια του ενζύμου νιτρογενάσης. Βασική σημασία στην όλη διαδικασία παίζουν οι λεγόμενοι γόνιοι *nif* και ιδιαίτερα οι γόνιοι *nifH*, *nifD* και *nifK*, οι οποίοι προσδιορίζουν το σχηματισμό των μερών I και II της νιτρογενάσης. Η πρώτη σταθερή ένωση που παρατηρείται είναι η αμμωνία. Η αμμωνία μετατρέπεται προοδευτικά στο οργανικό άζωτο, που βρίσκεται στους κόμβους, κυρίως από το φυτό.

Αν και η δέσμευση του αζώτου είναι συνδεδεμένη με τους κόμβους στις ρίζες των ψυχανθών, υπάρχουν ελάχιστα ψυχανθή, κυρίως στις τροπικές χώρες, τα



Εικ. 36 Εγκατάσταση αζωτοβακτηρίων στις ρίζες των φυτών και ανάπτυξη φυματίων

οποία σχηματίζουν κόμβους στο στέλεχος. Τα βακτήρια που συμμετέχουν στη συμβίωση αυτή δεν είναι ικανά να συμβιούν στις ρίζες. Ακόμη υπάρχουν ορισμένα φυτά, που δεν ανήκουν στα ψυχανθή, τα οποία σε συμβίωση με άλλα είδη βακτηρίων μπορούν να δεσμεύουν το άζωτο.

Πρέπει να επισημάνουμε ότι τα πλείστα από τα αζωτοδεσμετικά βακτήρια, ιδιαίτερα αυτά που αυξάνουν πολύ γρήγορα όπως το *R. meliloti* δεν μπορούν

να δεσμεύσουν άζωτο απουσία του ξενιστή. Όμως, υπάρχουν ορισμένες εξαιρέσεις. Είναι γνωστό από χρόνια ότι ορισμένα αζωτοδευσμικά βακτήρια βραδείας ανάπτυξης, έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν αξιόλογες ποσότητες αζώτου κάτω από ορισμένες συνθήκες απουσία ξενιστή.

IV Η ΕΠΙΔΗΜΙΑ

10 Γενικά περι επιδημιών

10.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο εξετάσαμε την ασθένεια στο επίπεδο του φυτού. Όμως, εάν οι συνθήκες το επιτρέπουν, η ασθένεια δεν περιορίζεται σε ένα φυτό, αλλά με την πάροδο του χρόνου, επεκτείνεται σε όλο και περισσότερα φυτά μέσα στην καλλιέργεια, παίρνει δηλαδή τη μορφή επιδημίας. Αντίθετα, αν οι συνθήκες γίνουν δυσμενείς, για την επέκταση της ασθένειας, τα φυτά δυνατόν να αναλάβουν και η ασθένεια να μειωθεί. Μπορούμε, έτσι, να δεχθούμε τον ορισμό του Kranz (1974) ότι "**επιδημία (epidemy)** είναι η οποιαδήποτε μεταβολή στην επέκταση μιας ασθένειας σε ένα πληθυσμό φυτών στο χρόνο και το χώρο".

Στις φυσικές φυτοκοινωνίες δεν παρατηρούνται επιδημίες. Οι λόγοι είναι ότι αφ ενός μεν τα είδη των φυτών που έχουν επικρατήσει είναι εκείνα που μπόρεσαν να προσαρμοστούν στις συνθήκες της κάθε περιοχής και στα παθογόνα που επικρατούν και αφ ετέρου η ποικιλότητα των φυτών ως προς την γενετική τους σύσταση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα περίπτωσης είναι ο καρκίνος της καστανιάς, που προκαλείται από το μύκητα *Endothia parasitica*. Ο μύκητας αυτός μεταφέρθηκε στην Ευρώπη από την Ιαπωνία. Εκεί οι καστανιές δεν προσβάλλονται επειδή, λόγω της πολυχρόνιας συνύπαρξής, έχουν επικρατήσει ανθεκτικοί πληθυσμοί. Όμως, στην Ευρώπη, που δεν υπήρχε το παθογόνο και κατά συνέπεια δεν είχαν επιλεγεί ανθεκτικοί πληθυσμοί, η εισαγωγή του προκάλεσε σοβαρές ζημιές.

Το πρόβλημα με τις επιδημίες δημιουργήθηκε από τότε που ο άνθρωπος άρχισε να καλλιεργεί τα φυτά, να δημιουργεί, δηλαδή, τεχνητές φυτοκοινωνίες για να ικανοποιήσει τις δικές του ανάγκες. Από τότε προσπάθησε να επιλέξει τα πιο αποδοτικά φυτά, να τα καλλιεργήσει σε ένα ορισμένο χώρο, συχνά μακριά από τον τόπο της καταγωγής τους, σε κοντινές αποστάσεις, κάτω από εντατικές συνθήκες κ.α.. Δημιούργησε δηλαδή συνθήκες που επιτρέπουν τη γρήγορη εξάπλωση των ασθενειών. Παράλληλα ο άνθρωπος με τις οικονομικές του δραστηριότητες προκάλεσε αλλαγές στις ατμοσφαιρικές συνθήκες στις οποίες τα φυτά είχαν εθιστεί. Για το λόγο αυτό η εμφάνιση της όξινης βροχής και άλλων ρύπων στην ατμόσφαιρα στις βιομηχανικές χώρες έχει προκαλέσει μεγάλες καταστροφές στα δασικά οικοσυστήματα τα οποία είχαν αναπτυχθεί κάτω από άλλες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Οι επιδημίες, συνήθως, έχουν εξέλιξη γρήγορη. Ξεκινούν από λίγα φυτά και επεκτείνονται σε τοπικό, εθνικό ή υπερεθνικό *επίπεδο*. Τέτοιες ασθένειες είναι π.χ οι σκωριάσεις, οι περονόσποροι κ.α.. Αντίθετα, άλλες ασθένειες εμφανίζονται σε μια περιοχή σχεδόν σταθερά και χωρίς μεγάλες διακυμάνσεις όσον αφορά στην ένταση τους. Οι ασθένειες αυτές ονομάζονται **ενδημικές (endemic)**.

Το μέρος της φυτοπαθολογίας που μελετά τις επιδημίες ονομάζεται **επιδημιολογία (epidemiology)**. Η επιδημιολογία, δηλαδή, μελετά τις γενικές αρχές που ορίζουν την επέκταση αλλά και την ύφεση μιας επιδημίας, τους παράγοντες που την επηρεάζουν κ.α.. Τα τελευταία χρόνια η επιδημιολογία έχει αποτελέσει ένα γρήγορα εξελισσόμενο κλάδο της φυτοπαθολογίας.

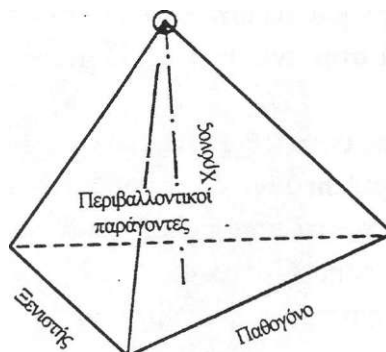
10.2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΝΩΡΙΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΠΙΔΗΜΙΑΣ

Η επιδημία είναι ένα βιολογικό σύστημα και τα βιολογικά συστήματα είναι πολύπλοκα. Για να γίνει λοιπόν κατανοητή πρέπει να αναλυθεί και να βρεθούν τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα εκείνα με τα οποία μπορεί να περιγραφεί. Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των επιδημιών είναι η διάρθρωσή τους - συστατικά μέρη (structure), ο τύπος (pattern) και η δυναμική τους. Παρακάτω αναλύεται καθ' ένα απ' αυτά.

10.2.1. Συστατικά μέρη - Διάρθρωση της επιδημίας

Όπως αναφέραμε σε προηγούμενο κεφάλαιο, για να εμφανιστεί μια ασθένεια χρειάζεται να υπάρχει ο ξενιστής, το παθογόνο και οι κατάλληλες συνθήκες του περιβάλλοντος. Τους τρεις αυτούς παράγοντες τους τοποθετούν στις πλευρές ενός ισοσκελούς τριγώνου, το λεγόμενο **τρίγωνο της ασθένειας**. Για την εξάπλωση της ασθένειας σε ένα πληθυσμό φυτών, την εμφάνιση δηλαδή μιας επιδημίας, χρειάζεται μια τέταρτη διάσταση, ο χρόνος. Όλα, δηλαδή, τα παραπάνω στοιχεία πρέπει να συνυπάρχουν για ένα χρονικό διάστημα, μικρό ή μεγάλο, ανάλογα με την ασθένεια, προκειμένου αυτή να πάρει ενδημική μορφή.

Για να φανεί η αλληλεξάρτηση των στοιχείων αυτών, τα τοποθετούν στις πλευρές ενός τετραέδρου, οπότε σχηματίζεται το λεγόμενο **τετράεδρο των επιδημιών** (Εικ. 37). Με τον τρόπο αυτό φαίνονται καθαρά οι αλληλεπιδράσεις του ξενιστού, του παθογόνου και του περιβάλλοντος. Οι αλληλεπιδράσεις αυτές είναι πολύπλοκες και όχι πάντοτε εύκολα κατανοητές. Το τετράεδρο της επιδημίας, όπως άλλωστε και το τρίγωνο της ασθένειας, δείχνει ότι το περιβάλλον επιδρά στον ξενιστή αλλά και στο παθογόνο. Η θερμοκρασία και η υγρασία, π.χ, για να αναφερθούμε μόνο σε δύο στοιχεία του περιβάλλοντος, επηρεάζουν άμεσα την ανάπτυξη των φυτών ξενιστών και τη δυνα



Εικ. 37. Το τετράεδρον της επιδημίας

τότητα των διαφόρων παθογόνων να προκαλέσουν ασθένειες. Όμως και ο ξενιστής επηρεάζει το περιβάλλον, ιδιαίτερα όταν τα φυτά αναπτύσσονται, οπότε δημιουργείται ένα ιδιαίτερο μικροκλίμα που *παίζει* βασικό ρόλο στην προσβολή των φυτών, αλλά και το παθογόνο με την ανθεκτικότητα ή την ευπάθεια του στις ασθένειες κ.α.. Παράλληλα το παθογόνο επηρεάζει τον ξενιστή, δεδομένου ότι του προκαλεί ασθένεια, αλλά και το περιβάλλον μέσω της παρέμβασης του στον ξενιστή.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά παρατηρούνται σε κάθε επιδημία, όμως, η σημασία τους για κάθε μια είναι διαφορετική. Η μολυσματικότητα π.χ. του παθογόνου είναι διαφορετική από την μια επιδημία στην άλλη, η εποχή προσβολής του ξενιστή διαφέρει μεταξύ των επιδημιών κ.ο.κ..

Παρακάτω αναλύεται ο τρόπος που καθένα από τα στοιχεία αυτά επηρεάζουν την εξέλιξη μιας επιδημίας.

11.2.1.1. Ξενιστής

Ο ξενιστής επηρεάζει την εξέλιξη μιας επιδημίας άμεσα και έμμεσα. Άμεσα με την ηλικία του και την ευπάθεια που έχει στον παθογόνο παράγοντα. Η εξέλιξη μιας ασθένειας είναι διαφορετική σε μια φυτοκοινωνία, που όλα τα φυτά είναι ευαίσθητα, από μια φυτοκοινωνία, που όλα τα φυτά είναι ανθεκτικά, ή μια τρίτη που η ανθεκτικότητα των φυτών ποικίλλει. Έμμεσα με διάφο-

ρα φυτοτεχνικά χαρακτηριστικά, που επηρεάζουν άλλους παράγοντες, ή τον τρόπο καλλιέργειας. Μερικά από αυτά είναι:

1. Η πρωιμότητα ή οψίμιση των φυτών. Οι πρώιμες ή οι όψιμες ποικιλίες ενδέχεται να αναπτύσσονται εποχή που δεν ευνοούνται τα παθογόνα.
2. Ο τρόπος ανάπτυξης των φυτών. Ποικιλίες φυτών που αναπτύσσουν μεγάλη φυλλική επιφάνεια ευνοούν την δημιουργία υγρού περιβάλλοντος και συνεπώς την ανάπτυξη ορισμένων ασθενειών. Επίσης, είδη φυτών που έρπουν έχουν πολύ μεγαλύτερες πιθανότητες να προσβληθούν από παθογόνα που διατηρούνται στο έδαφος από είδη φυτών που δεν έρπουν.
3. Ο τρόπος πολλαπλασιασμού. Ασθένειες που μεταδίδονται με μοσχεύματα ή άλλα μέρη αγενούς πολλαπλασιασμού μπορούν να αποφευχθούν αν ο πολλαπλασιασμός του ξενιστή μπορεί να γίνει με σπόρο.
4. Οι αποστάσεις φύτευσης. Σε καλλιέργειες με πυκνή φύτευση αναπτύσσεται πλούσιο φύλλωμα που επηρεάζει το μικροκλίμα. Επίσης, η επαφή των φυτών μεταξύ τους βοηθά τη μετάδοση των ιώσεων.
5. Η προδιάθεση του ξενιστή. Η προδιάθεση επηρεάζεται από περιβαλλοντικούς και άλλους παράγοντες και επεμβάσεις του ανθρώπου, όπως η λίπανση, η άρδευση κ.α..

1(72.1.2. Παθογόνο

Οι επιδημίες που προκαλούνται από διάφορα μεγάλα αθροίσματα παθογόνων των φυτών δεν φαίνεται να διαφέρουν σημαντικά όσον αφορά στην ταχύτητα εξάπλωσής τους. Αντίθετα παρατηρούνται σοβαρές διαφορές μεταξύ των επιδημιών που προκαλούνται από διάφορα γένη μυκήτων. Επιδημίες που προκαλούνται π.χ. από μύκητες του γένους *Cercospora* επεκτείνονται ταχύτερα από επιδημίες που προκαλούνται από επιδημίες που προκαλούνται από μύκητες του γένους *Puccinia*. Εκτός αυτών, πολλά χαρακτηριστικά των διαφόρων παθογόνων έχουν άμεση επίπτωση στον τρόπο εμφάνισης των επιδημιών, στη ταχύτητα εξάπλωσής τους κ.α.. Μερικά από αυτά είναι:

1. Η ποσότητα του μολύσματος που διατηρείται από τη μια καλλιεργητική περίοδο στην άλλη. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα στις ασθένειες που το μόλυσμα δεν πολλαπλασιάζεται στη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Αλλά και στις άλλες ασθένειες η ύπαρξη μεγάλου αρχικού μολύσματος δημιουργεί τις προϋπόθεσης για γρήγορη εξάπλωση της επιδημίας. Εάν π.χ. σε ένα αμπέλι υπάρχει όψιμη προσβολή από περονόσπορο, το μόλυσμα που θα διατηρηθεί θα είναι μεγάλο, οι πρωτογενείς μολύνσεις θα είναι πολλές και η εξάπλωση της ασθένειας ταχύτερη.
2. Οι απαιτήσεις όσον αφορά στις συνθήκες του περιβάλλοντος. Τα περισσότερα μολυσματικά παθογόνα χρειάζονται πολύ υψηλή σχετική υγρασία για να μολύνουν τους ξενιστές. Ένας μεγάλος αριθμός παθογόνων, κυρίως οι

μύκητες, που προκαλούν τους περονόσπορους και τα βακτήρια, χρειάζονται νερό σε υγρή φάση. Τέλος, τα ωΐδια αναπτύσσονται ακόμη και σε χαμηλή σχετική υγρασία.

3. Η μολυσματικότητα και η φυλή του παθογόνου. Στη φύση υπάρχουν στελέχη των διαφόρων παθογόνων περισσότερο ή λιγότερο μολυσματικά. Επίσης, τα παθογόνα έχουν συνήθως περισσότερες από μια φυλές από τις οποίες άλλες προσβάλλουν τη μια ποικιλία άλλες την άλλη και άλλες όλες τις γνωστές ποικιλίες του ξενιστή. Είναι αυτονόητο ότι η μολυσματικότητα του στελέχους και η φυλή που επικρατεί έχουν πολύ σημαντικές επιπτώσεις στην εμφάνιση και εξέλιξη των επιδημιών.

4. Ο τρόπος και ο χρόνος διατήρησης του μολύσματος. Οι ασθένειες των οποίων το μόλυσμα διατηρείται στο πολλαπλασιαστικό υλικό έχουν διαφορετική εξέλιξη από εκείνες των οποίων το μόλυσμα διατηρείται σε άγρια φυτά ξενιστές. Επίσης, ασθένειες των οποίων το μόλυσμα διατηρείται μεγάλο χρονικό διάστημα απουσία του κύριου ξενιστή, όπως π.χ. οι μύκητες που σχηματίζουν σκληρώτια, που μένουν στο έδαφος κ.α., έχουν διαφορετική συμπεριφορά από τις ασθένειες των οποίων το μόλυσμα δεν διατηρείται μεγάλο χρονικό διάστημα.

5. Ο τρόπος μεταφοράς του μολύσματος. Ασθένειες των οποίων το μόλυσμα μεταφέρεται με τον αέρα εμφανίζονται κάτω από συνθήκες διαφορετικές από τις ασθένειες των οποίων το μόλυσμα μεταφέρεται με τη βροχή ή με τα έντομα.

10.2.1.3. Συνθήκες του περιβάλλοντος

Οι συνθήκες του περιβάλλοντος στο οποίο αναπτύσσονται τα φυτά εξαρτώνται, όπως είναι φυσικό, από τις καιρικές συνθήκες. Όμως, στην κόμη των φυτών αναπτύσσεται ένα ιδιαίτερο μικροκλίμα που έχει μεγάλη σημασία τόσο στην εμφάνιση της ασθένειας όσον και στην επέκτασή της για να πάρει τη μορφή επιδημίας. Τελικά, οι καιρικές συνθήκες επηρεάζουν τις επιδημίες τόσο μέσα από το μάκρο όσο και μέσα από το μικροκλίμα. Παρακάτω αναλύονται τα στοιχεία του κλίματος και πως το καθένα από αυτά επηρεάζει τις επιδημίες. Η επίδραση καθενός στοιχείου στην προσβολή των φυτών έχει αναλυθεί προηγούμενα.

Ακτινοβολία

Είναι ο σπουδαιότερος μετεωρολογικός παράγοντας αφού όλοι οι άλλοι εξαρτώνται από αυτόν. Η ακτινοβολία είναι η βασική πηγή ενέργειας για την ανάπτυξη των φυτών. Το μέρος της ακτινοβολίας που παρέχει την ενέργεια για τη φωτοσύνθεση βρίσκεται μεταξύ 0.3 και 0.7 μπι. Παράλληλα τόσο η μικρού όσο και η μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία παρέχει την ενέργεια για τη θέρμανση και την ψύξη των φυτών κυρίως μέσω της διαδικασίας της

διαπνοής. Τα φυτά δέχονται αλλά και εκπέμπουν ακτινοβολία, κυρίως μεγάλου μήκους κύματος. Η ισορροπία μεταξύ της προσλαμβανόμενης και της εκτεμπόμενης ενέργειας από τα φυτά εξαρτάται από πολλούς παράγοντες.

Η επίδραση της ακτινοβολίας στην ανάπτυξη των επιδημιών είναι κυρίως έμμεση και εξασκείται μέσα από την συμβολή της στη διαμόρφωση του μικροκλίματος που επηρεάζει άμεσα τα φυτά και τα παθογόνα. Όμως, υπάρχει και άμεση επίδραση, τόσο στο παθογόνο όσο και στον ξενιστή. Είναι γνωστό ότι η υπεριώδης ακτινοβολία (UV) είναι θανατηφόρος για πολλούς μικροοργανισμούς και φυσικά και για τα σπόρια των μυκήτων για τα οποία αποτελεί τον μεγαλύτερο κίνδυνο στις περιπτώσεις μεταφοράς τους σε μεγάλες αποστάσεις. Παράλληλα, η σποριογένεση των μυκήτων επηρεάζεται άμεσα από την ακτινοβολία. Το φαινόμενο αυτό είναι πολύπλοκο, αλλά είναι καλά γνωστό ότι ορισμένοι μύκητες δεν παράγουν σπόρια εάν δεν ακτινοβοληθούν με υπεριώδη ακτινοβολία. Τέλος, η επίδραση της ακτινοβολίας στη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών επηρεάζει την ανάπτυξη των επιδημιών δια του ξενιστή δεδομένου ότι η ζωνρότητα του φυτού επηρεάζει άμεσα την εκδήλωση των επιδημιών.

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία που κυρίως επηρεάζει την ανάπτυξη των επιδημιών είναι εκείνη που σημειώνεται στην κόμη και την επιφάνεια των φυτών. Η θερμοκρασία αυτή εξαρτάται από εκείνη του περιβάλλοντος, αλλά συχνά διαφέρει πάρα πολύ από αυτή για πολλούς λόγους.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμοκρασία στην κόμη και την επιφάνεια των φυτών είναι κυρίως η ακτινοβολία, η διαπνοή, η εξάτμιση και ο άνεμος. Υπό κανονικές συνθήκες, υψηλή ακτινοβολία και επαρκής υγρασία στο έδαφος, η θερμοκρασία των φύλλων είναι 1-4°C κατώτερη από εκείνη του περιβάλλοντος. Τη νύκτα η θερμοκρασία των φύλλων είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του αέρα λόγω της ακτινοβολίας. Εάν υπάρχει έντονη ακτινοβολία, περιορισμένη διαπνοή και άνεμος μικρής ταχύτητας η θερμοκρασία στην επιφάνεια των φυτών δυνατόν να είναι πολύ μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Αυτό μπορεί να συμβεί τις μεσημβρινές ώρες. Αν, αντίθετα, υπάρχει έντονη διαπνοή και άνεμος με μεγάλη ταχύτητα, οι διαφορές μειώνονται. Το αντίθετο συμβαίνει τη νύκτα. Αν υπάρχει ξαστεριά η ακτινοβολία της επιφάνειας των φυτών είναι έντονη και η απώλεια της θερμότητας μεγάλη. Φυσικά, εάν υπάρχει άνεμος οι διαφορές μειώνονται. Εάν ο καιρός είναι δροσερός, με χαμηλή ακτινοβολία και ο άνεμος ισχυρός, οι διαφορές στην επιφάνεια των φυτών, στην κόμη των φυτών και στο περιβάλλον είναι ασήμαντες. Διαφορές υπάρχουν, επίσης, όσον αφορά στη θερμοκρασία στα διάφορα μέρη του φυτού. Τα φύλλα που φωτίζονται περισσότερο

και διαπνέουν λιγότερο και παράλληλα δεν επηρεάζονται άμεσα από τον άνεμο έχουν υψηλότερη θερμοκρασία την ημέρα. Το αντίθετο συμβαίνει τη νύκτα, αν υπάρχει ξαστεριά.

Η θερμοκρασία πέραν από την επίδρασή της στην προσβολή των φυτών, έχει βασική σημασία και στην εξάπλωση της επιδημίας. Ευνοϊκή θερμοκρασία βοηθά την γρήγορη επώαση της ασθένειας, την επανάληψη πολλών διαδοχικών κύκλων και την γρήγορη εξάπλωση των επιδημιών.

Η διατήρηση του μολύσματος, από τη μια καλλιεργητική περίοδο στην άλλη, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία. Τα μολύσματα των μυκήτων και των βακτηρίων μειώνονται από τις υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες του καλοκαιριού και του χειμώνα για όσες ασθένειες δεν παρατηρούνται την αντίστοιχη περίοδο. Τα έντομα που μεταφέρουν τους ιούς και τα μυκοπλάσματα μειώνονται τον χειμώνα ανάλογα με την πτώση της θερμοκρασίας.

Υγρασία

Η υγρασία στην κόμη των φυτών εξαρτάται κυρίως από την αναπνοή και την εξάτμιση του νερού από το έδαφος. Φυσικά, ο άνεμος, ανάλογα με την ταχύτητά του και τη μορφή της κόμης των φυτών, εξισορροπεί τις διαφορές υγρασίας μέσα και έξω από την κόμη των φυτών.

Δεδομένης της μεγαλύτερης υδατοχωρητικότητας του αέρα, όταν η θερμοκρασία είναι υψηλή, η χαμηλότερη σχετική υγρασία εμφανίζεται τις θερμές ώρες της ημέρας, δηλαδή νωρίς το απόγευμα και η υψηλότερη τις πιο κρύες ώρες της ημέρας, δηλαδή λίγο μετά την ανατολή του ηλίου. Σε περίπτωση που η θερμοκρασία στην επιφάνεια των φύλλων πέσει κάτω από το σημείο δρόσου τότε οι υδρατμοί υγροποιούνται και βρέχουν τα φυτά, οπότε έχουμε το φαινόμενο της δρόσου.

Η σχετική υγρασία παίζει βασικό ρόλο όχι μόνο στην προσβολή των φυτών, όπως αναλύεται σε άλλο κεφάλαιο, αλλά και στην εξέλιξη των επιδημιών. Η υψηλή σχετική υγρασία επιταχύνει την επώαση των ασθνεσιών και την παραγωγή σπορίων από πολλούς μύκητες, όπως εκείνους που προκαλούν τους περονόσπορους, το μύκητα *Botrytis cinerea* κ.α.. Τέλος, η υγρασία και κυρίως η μεταβολές της σχετικής υγρασίας του περιβάλλοντος, παίζει σημαντικό ρόλο στην ελευθέρωση των σπορίων πολλών μυκήτων, όπως ορισμένοι ασκομύκητες. Στις ασθνεσιες του εδάφους η υγρασία είναι λιγότερο κρίσιμος παράγοντας, από ότι στις ασθνεσιες του φυλλώματος διότι διατηρείται περισσότερη σταθερή. Όπως οι ασθνεσιες του υπέργειου μέρους, έτσι και οι ασθνεσιες του εδάφους, με ελάχιστες εξαιρέσεις, ευνοούνται από την υψηλή σχετική υγρασία. Ιδιαίτερα απαιτητικοί είναι οι κατώτεροι μύκητες όπως εκείνοι των γενών *Pythium*, *Phytophthora* κ.α., οι οποίοι προσβάλλουν μόνο όταν υπάρχει νερό σε υγρή φάση.

Άνεμος

Ο άνεμος έχει έμμεση και άμεση επίδραση στις επιδημίες των φυτών. Έμμεση διότι επηρεάζει τη θερμοκρασία στην κόμη και την επιφάνεια των φύλλων, τη διαπνοή, τη σχετική υγρασία του αέρα και τη διάρκεια διύγρανσης των φύλλων. Ο άνεμος όταν έχει μεγάλη ταχύτητα εξισορροπεί τις διαφορές όσον αφορά στη θερμοκρασία και στην υγρασία του περιβάλλοντος και των φυτών και επιταχύνει την διαπνοή. Άμεση διότι αποτελεί τον κύριο παράγοντα ελευθέρωσης, μεταφοράς και εναπόθεσης των σπορίων. Ισχυρός άνεμος συμβάλλει στην ελευθέρωση μεγαλύτερου αριθμού σπορίων και στη μεταφορά τους σε μεγάλες αποστάσεις. Άνεμος με μικρή ταχύτητα, ή νηνεμία, εξ'άλλου, βοηθά στην εναπόθεση των σπορίων. Όπως είναι φυσικό η ταχύτητα του ανέμου στην κόμη των φυτών εξαρτάται από τον άνεμο στον περιβάλλοντα χώρο, αλλά είναι σημαντικά ασθενέστερος. Επί πλέον, η ταχύτητα του ανέμου στην κόμη των φυτών εξαρτάται από την πυκνότητα, τη διάταξη, την κατεύθυνση των γραμμών, το ύψος των φυτών κ.α..

Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, δηλαδή η βροχή, το χαλάζι και το χιόνι έχουν άμεση, αλλά διαφορετική επίδραση στην προσβολή των φυτών και στην εξέλιξη των επιδημιών.

Η βροχή δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες για τις μολύνσεις από τους μύκητες που χρειάζονται νερό σε υγρή φάση για να μολύνουν καθώς και τα βακτήρια. Παράλληλα, αυξάνει τη σχετική υγρασία, με ότι αυτό συνεπάγεται, ενώ παίζει, ουσιαστικό ρόλο τόσο στην ελευθέρωση όσο και στη διασπορά, κυρίως των γλοιοσπορίων και των βακτηρίων. Παράλληλα, με τη βροχή κατακρημνίζονται τα ξηροσπόρια που αιωρούνται στον αέρα και εναποτίθενται στα φυτά που βρέχονται. Ακόμη με τα κτυπήματα της βροχής ελευθερώνονται σπόρια που βρίσκονται στην επιφάνεια των φυτών.

Το χαλάζι παίζει ρόλο ανάλογο με τη βροχή και παράλληλα αποτελεί παράγοντα δημιουργίας πληγών στην επιφάνεια των φυτών, που αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για την προσβολή από ορισμένα παθογόνα. Ο μύκητας *Phoma tracheiphila* π.χ., που προκαλεί την κορυφοξήρα των εσπεριδοειδών, μολύνει ως επί τω πλείστον μέσα από πληγές. Πολλά βακτήρια, επίσης, όπως το *Xanthomonas campestris*, που προσβάλλει το λάχανο, το *Pseudomonas syringae* pv *tomato* που προσβάλλει την τομάτα κ.α., ευνοούνται πολύ από τη δημιουργία πληγών που γίνονται με διάφορους τρόπους και φυσικά από το χαλάζι. Στην τελευταία περίπτωση παρατηρείται, συχνά, μετά από πτώση χαλαζιού γενικευμένη προσβολή μεγάλων εκτάσεων τομάτας.

10.2.1.4. Χρόνος

Η σημασία της τέταρτης αυτής διάστασης εξαρτάται από την ασθένεια. Ορισμένες ασθένειες, όπως ο περονόσπορος της πατάτας, χρειάζονται, κάτω από άριστες συνθήκες, μόλις τέσσερις μέρες για να συμπληρώσουν ένα κύκλο. Άλλες ασθένειες χρειάζονται πολύ μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Στην πρώτη περίπτωση η ασθένεια μπορεί σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα να εξελιχθεί σε επικίνδυνη επιδημία, σε αντίθεση με τη δεύτερη. Αν ληφθεί υπόψη και η διάρκεια της καλλιέργειας, γίνεται φανερό ότι οι ασθένειες με μακρό κύκλο, σε καλλιέργειες που διαρκούν μικρό χρονικό διάστημα, έχουν μικρότερες πιθανότητες να προκαλέσουν ζημιά σε σύγκριση με εκείνες με βραχύ βιολογικό κύκλο σε καλλιέργειες που διαρκούν μεγάλο χρονικό διάστημα.

10.2.2. Τύπος της επιδημίας

Εάν πάρουμε διαδοχικές μετρήσεις όσον αφορά στην ένταση κατά την εξέλιξη μιας επιδημίας και τις τοποθετήσουμε στον άξονα των Ψ και στον άξονα των Χ τοποθετήσουμε τον χρόνο που πάρθηκαν οι παρατηρήσεις, τότε θα έχουμε μια καμπύλη χαρακτηριστική της συγκεκριμένης επιδημίας. Έχει βρεθεί ότι οι καμπύλες όλων των επιδημιών είναι σιγμοειδείς ή περίπου σιγμοειδείς. Η θέση της καμπύλης, το σημείο εκκίνησης, η γωνία ως προς τον άξονα των Χ σε διάφορες θέσεις (δείκτης προσβολής) και το μέγιστο της προσβολής είναι χαρακτηριστικά στοιχεία για κάθε επιδημία.

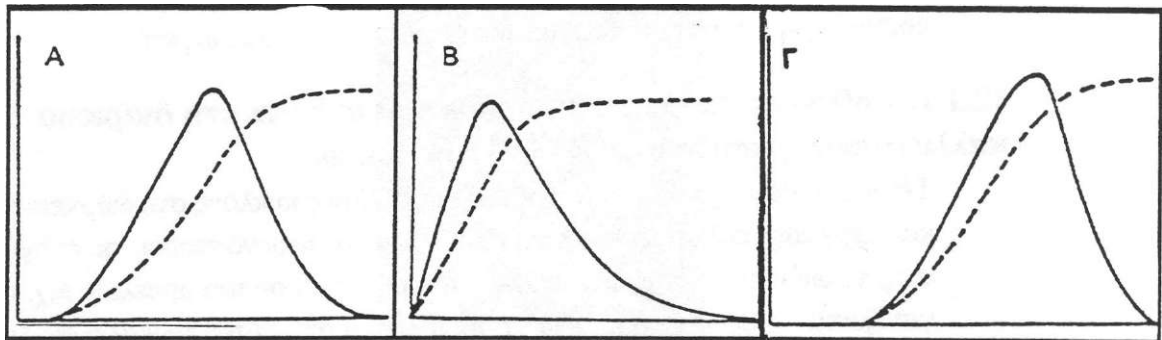
Εάν αντί της έντασης της προσβολής τοποθετήσουμε στον άξονα των Ψ τον δείκτη προσβολής (r) για διάφορες χρονικές στιγμές, τότε έχουμε μια άλλη καμπύλη περισσότερο χαρακτηριστική της επιδημίας. Κατά τον Kranz (1978) όλες οι επιδημίες μπορούν να καταργούν σε ένα από τους τρεις τύπους καμπυλών της Εικόνας 38.

Οι καμπύλες αυτές είναι συμμετρικές, ασυμμετρικές, με απόκλιση αριστερά ή δεξιά και ευθεία γραμμή. Ο πρώτος τύπος υποδηλώνει ότι η επιδημία εξελίσσεται με ταχύτητα που αυξάνει προοδευτικά μέχρι κάποιο σημείο και μετά ελαττώνεται προοδευτικά κατά τον ίδιο ρυθμό. Ο δεύτερος υποδηλώνει ότι η επιδημία εξελίσσεται με ταχύτητα που αυξάνει στην αρχή πολύ γρήγορα, απόκλιση αριστερά, ή πολύ αργά, απόκλιση δεξιά, φθάνει σε ένα μέγιστο σημείο και στη συνέχεια ελαττώνεται με ρυθμό αντιστρόφως ανάλογο της αύξησης. Ο τελευταίος τύπος υποδηλώνει ότι η επιδημία εξελίσσεται με τον ίδιο ρυθμό σε όλη της την διάρκεια.

Τα χαρακτηριστικά αυτά εκφράζουν σημαντικά βιολογικά φαινόμενα. Στην πρώτη περίπτωση τα συστατικά μέρη της επιδημίας (παθογόνο, ξενιστής, κλιματολογικές συνθήκες) συμβάλλουν στην εξέλιξη της επιδημίας κατά τον ίδιο τρόπο σε όλη της διάρκεια. Στη δεύτερη περίπτωση αντίθετα είναι ευνοϊκότερα για την εξέλιξη της επιδημίας στην αρχή ή στο τέλος. Στην τρίτη πε-

ρίπτωση η εξέλιξη της επιδημίας επηρεάζεται μόνο από ένα παράγοντα που διατηρείται σταθερός.

Από τα προηγούμενα γίνεται φανερό ότι εάν μια επιδημία εξελίσσεται κάτω από τις συνήθεις συνθήκες τότε απεικονίζεται με τον ίδιο τύπο καμπύλης. Όμως, εάν οι συνθήκες αλλάξουν σημαντικά τότε και ο τύπος της καμπύλης αλλάζει.



Εικ. 38 Απεικόνιση του τρόπου ανάπτυξης διαφόρου τύπου επιδημιών

12 Μέτρηση των επιδημιών

12.1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΔΗΜΙΩΝ

Ο Vanderplank, που θεωρείται ο πατέρας της θεωρητικής ανάλυσης των επιδημιών, στο κλασικό του σύγγραμμα " Plant disease epidemics and their control" χωρίζει τις ασθένειες σε δύο μεγάλες κατηγορίες ως εξής:

12.1.1. Ασθένειες των οποίων το μόλυσμα αυξάνει στη διάρκεια της καλλιέργειας ή ασθένειες του σύνθετου τοκού.

Τέτοιες ασθένειες είναι εκείνες που έχουν πολλούς κύκλους στη διάρκεια της καλλιέργειας, πολυκυκλικές ασθένειες, όπως οι περονόσποροι, οι σκωριάσεις, τα ωΐδια κ.α.. Στην περίπτωση του περονόσπορου του αμπελιού π.χ. εμφανίζονται οι πρωτογενείς κηλίδες, το μόλυσμα από αυτές προκαλεί τις δευτερογενείς κηλίδες κ.ο.κ., μέχρις ότου καταστραφεί ολόκληρη η φυλλική επιφάνεια. Τον τρόπο επέκτασης των ασθενειών αυτών ο Vanderplank τον παρομοίασε με την αύξηση του κεφαλαίου, που τοκίζεται με σύνθετο τόκο, δηλαδή με ανατοκισμό. Όπως ο τόκος προστίθεται στο κεφάλαιο, στο τέλος κάθε περιόδου ανατοκισμού και το κεφάλαιο αυξάνει, έτσι και οι νέες μολύνσεις προστίθενται στις προηγούμενες και η ασθένεια επεκτείνεται.

Με τη μαθηματική ανάλυση αποδεικνύεται ότι αν το κεφάλαιο στην αρχή μιας περιόδου είναι X_0 και το επιτόκιο r ανά χρονική περίοδο και ανά μονάδα κεφαλαίου, τότε μετά από t περιόδους ανατοκισμού το κεφάλαιο που θα έχει συσσωρευτεί δίδεται από τον τύπο

$$X = X_0 e^{rt}, \text{ όπου } e \text{ ο νεπέριος λογάριθμος.}$$

Εάν η εξίσωση λογαριθμιστεί τότε γίνεται

$$\log X = \log X_0 + rt, \text{ οπότε } r = 1/t \log X/X_0.$$

Η αύξηση δηλαδή του κεφαλαίου είναι λογαριθμική.

Κατά παρόμοιο τρόπο αν υποθέσουμε ότι το αρχικό μόλυσμα μιας ασθένειας είναι X_0 , δηλαδή X_0 ποσοστό της φυλλικής επιφάνειας είναι προσβλημένο και η προσβολή αυξάνει σε ποσοστό r της φυλλικής επιφάνειας κάθε μέρα, τότε μετά από t μέρες η φυλλική επιφάνεια που θα είναι προσβλημένη θα δίδεται από τον παραπάνω τύπο που δίδει το κεφάλαιο και η αύξηση της επιδημίας από τον τύπο που δίδει το επιτόκιο. Έτσι μεταξύ δύο χρονικών περιόδων t_1 και t_2 η μεταβολή r της προσβολής δίδεται από τον τύπο $r = 1/t_1 - t_2 \log X_2/X_1$.

Η παρομοίωση της επέκτασης μιας ασθένειας στη διάρκεια του χρόνου με την αύξηση του κεφαλαίου, κατά τον ανατοκισμό, μας βοηθά να καταλάβουμε την έννοια της επιδημίας. Όμως, αν εξετάσει κανείς την επιδημία, όπως εξελίσσεται στην πράξη, υπάρχουν πολλές διαφορές. Η σπουδαιότερη είναι ότι, ενώ το κεφαλαίο μπορεί να αυξάνει απεριόριστα, η επιδημία δεν μπορεί. Μια ασθένεια προσβάλλει ζωντανά μέρη του φυτού, φύλλα, βλαστούς κ.α. ή και ολόκληρα φυτά. Για να επεκτείνεται ανεμπόδιστα θα πρέπει τα μέρη αυτά να είναι απεριόριστα πράγμα που δεν συμβαίνει. Στην αρχή της επιδημίας όλοι οι ιστοί είναι υγιείς, δηλαδή 1. Σε κάθε επόμενη στιγμή οι υγιείς ιστοί είναι ότι έμεινε από την προσβολή X δηλαδή 1-X. Από τη στιγμή που ένα, μικρό, έστω, ποσοστό της ευαίσθητης φυλλικής επιφάνειας, π.χ. 0.05 έχει προσβληθεί η φυλλική επιφάνεια που μένει είναι 0.95 και η αύξηση της επιδημίας μειώνεται, Δεν είναι πλέον λογαριθμική. Αυτό γίνεται περισσότερο εμφανές όταν η προσβολή προχωρήσει πολύ. Για το λόγο αυτό η προηγούμενη εξίσωση γράφεται

$$r = 1/t1 - t2 \log X2(1-X1)/X1(1-X2).$$

Με την παραπάνω εξίσωση μπορούμε να υπολογίσουμε την ταχύτητα εξάπλωσης μιας επιδημίας από τη μια χρονική στιγμή στην άλλη. Αν υποθέσουμε π.χ. ότι σε μια χρονική στιγμή σε ένα αμπέλι ποσοστό 0.1 της φυλλικής επιφάνειας είχε προσβληθεί από περονόσπορο και 30 μέρες αργότερα είχε φθάσει στο 0.4, τότε η αύξηση της προσβολής ανά μέρα είναι

$$r = 1/30 \log [0.4(1-0.3)/0.3(1-0.4)]$$

Είναι ευνόητο ότι ο παραπάνω δείκτης προσβολής είναι μέσος δείκτης για το χρονικό διάστημα που η προσβολή χρειάζεται να φθάσει από 0.1 σε 0.4. Εάν γίνουν ενδιάμεσες μετρήσεις, όταν π.χ. η προσβολή είναι 0.2 και 0.3, οι επιμέρους δείκτες που θα βρεθούν μπορεί να διαφέρουν. Η περίπτωση είναι όμοια με την ταχύτητα του αυτοκινήτου, όταν διατρέχουμε ένα δρόμο με χαρακτηριστικά που αλλάζουν. Η ταχύτητα αλλάζει συνεχώς, αλλά στο τέλος μιλούμε για μέση ταχύτητα.

Από το παραπάνω παράδειγμα φαίνεται ότι ο δείκτης προσβολής και η δυνατότητα που μας δίδεται να τον υπολογίσουμε από την προηγούμενη εξίσωση αποτελεί σπουδαίο στοιχείο στη μελέτη των επιδημιών κάτω από την επίδραση διαφόρων παραγόντων και να βγάλουμε συμπεράσματα όσον αφορά στην επίδραση των παραγόντων αυτών στην εξέλιξη της επιδημίας.

Ας υποθέσουμε π.χ. ότι από τρία γειτονικά αμπέλια το ένα δεν ψεκάζεται καθόλου εναντίον του περονόσπορου, το δεύτερο ψεκάζεται με το μυκητοκτόνο Α και το τρίτο με το μυκητοκτόνο Β. Στα αμπέλια αυτά γίνονται μετρήσεις όσον αφορά στην προσβολή σε δύο διαφορετικές ημερομηνίες που απέχουν μεταξύ τους 45 μέρες και υπολογίζονται τα η για το καθ' ένα χωριστά.

Αν αυτά είναι 0.5 στο απέκαστο αμπέλι, 0.3 στο αμπέλι που ψεκάστηκε με το μυκητοκτόνο Α και 0.15 στο αμπέλι που ψεκάστηκε με το μυκητοκτόνο Β, βλέπουμε ότι με τρεις μόνο αριθμούς έχουμε μια πάρα πολύ καλή εικόνα της όλης εξέλιξης της ασθένειας στα τρία αμπέλια και της αξίας των επεμβάσεων που έγιναν. Κατά τον ίδιο τρόπο θα μπορούσαμε να δούμε την επίδραση της ανθεκτικότητας δύο διαφορετικών ποικιλιών σιταριού, σε σύγκριση με μια ευαίσθητη, στην εξέλιξη της προσβολής από τη σκωρίαση, την επίδραση της άρδευσης στην επέκταση της προσβολής του περονοσπόρου της πατάτας κ.α.. Πέραν αυτών η γνώση του δείκτη προσβολής των διαφόρων ασθενειών μπορεί να μας βοηθήσει να συνάγομε πολύτιμα συμπεράσματα για τη γενικότερη στρατηγική που θα ακολουθήσουμε στην αντιμετώπιση των ασθενειών σε μια καλλιέργεια ή ακόμη και στις καλλιέργειες μιας ολόκληρης περιοχής. Όμως, ο δείκτης προσβολής επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες και η χρησιμοποίησή του σε ποσοτικές συγκρίσεις πρέπει να γίνεται με προσοχή. Ενώ, δηλαδή, στο προηγούμενο παράδειγμα μπορούμε να πούμε ότι η μια ποικιλία σιταριού προσβάλλεται λιγότερο από τη σκωρίαση, είναι υπερβολικό μόνο με βάση το δείκτη προσβολής να συμπεράνουμε ότι η μια ποικιλία είναι τόσες φορές πιο ανθεκτική από την άλλη.

12.1.2. Ασθένειες των οποίων το μόλυσμα δεν αυξάνει στη διάρκεια της επιδημίας ή ασθένειες του απλού τόκου.

Στην κατηγορία αυτή κατατάσσονται οι ασθένειες που έχουν ένα κύκλο στη διάρκεια της καλλιέργειας. Χαρακτηριστικό τους είναι ότι το μόλυσμα που υπάρχει στην αρχή της επιδημίας είναι υπεύθυνο για την συνεχή επέκταση της ασθένειας. Τέτοιες ασθένειες είναι κυρίως ασθένειες του εδάφους όπως οι αδρομυκώσεις, αλλά και άλλες ασθένειες, όπως η φόμοψη του αμπελιού, στις οποίες δεν γεννιέται νέο μόλυσμα στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Την εξέλιξη των ασθενειών αυτών στη διάρκεια του χρόνου ο Vanderplank την παρομοιάζει με την αύξηση του κεφαλαίου που κατατίθεται στην τράπεζα με απλό τόκο, που ο τόκος δηλαδή δεν προστίθεται στο κεφάλαιο κάθε ορισμένη χρονική περίοδο. Έτσι, αν υποθέσουμε ότι καταθέτομε στην τράπεζα 100 δρχ με επιτόκιο 1% το μήνα στο τέλος του χρόνου θα έχουμε 112 δρχ. Κατά παρόμοιο τρόπο αν υποθέσουμε ότι μια επιδημία αυξάνει σταθερά με ποσοστό προσβολής της φυλλικής επιφάνειας 1% το μήνα και ότι η καλλιεργητική περίοδο διαρκεί 10 μήνες στο τέλος της καλλιέργειας θα είναι προσβλημένα 10% των φυτών.

Εάν σε μια ασθένεια της κατηγορίας αυτής πάρουμε διαδοχικές παρατηρήσεις όσον αφορά στην ένταση της προσβολής και τις τοποθετήσουμε στον άξονα των Ψ και στον άξονα των Χ τοποθετήσουμε το χρόνο λήψεως των παρατη-

ρήσεων, τότε έχουμε την εξίσωση της ασθένειας, που απεικονίζεται με ευθεία γραμμή.

12.2. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΗΣ ΕΠΙΔΗΜΙΑΣ

Η απεικόνιση και ποσοτική ανάλυση μιας επιδημίας απαιτεί την όσο γίνεται πιο ακριβή εκτίμηση της προσβολής των φυτών σε διάφορα στάδια στη διάρκεια του βλαστικού κύκλου. Όμως, η μελέτη μιας επιδημίας και των διαδοχικών φάσεων της δεν μπορεί να είναι ξεκομμένη από τα συστατικά της στοιχεία, παθογόνο, περιβαλλοντικοί παράγοντες και φυτό. Χρειάζεται επομένως ακριβής μέτρηση και των στοιχείων των παραπάνω παραγόντων. Οι μέθοδοι και τα υλικά που χρειάζονται για να γίνουν οι μετρήσεις αυτές δίδονται παρακάτω.

12.2.1. Μέτρηση των περιβαλλοντικών παραγόντων

Από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες αυτοί που παίζουν σοβαρότερο ρόλο στην επέκταση των επιδημιών είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, ο άνεμος και ο χρόνος διύγρασης της επιφάνειας των φυτών. Τα τρία πρώτα, τουλάχιστον, καταγράφονται στους κοινούς μετεωρολογικούς σταθμούς και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν πρώτη προσέγγιση στη μελέτη των επιδημιών. Ακόμη καλύτερα, μικροί μετεωρολογικοί σταθμοί μπορούν να εγκατασταθούν σε διάφορα μέρη όπου επεκτείνεται η καλλιέργεια. Όμως, η εξέλιξη μιας καλλιέργειας επηρεάζεται περισσότερο από το μικροκλίμα που αναπτύσσεται στην κόμη ή στην επιφάνεια των φυτών ή στο έδαφος. Το μικροκλίμα επηρεάζεται άμεσα από το μακρόκλιμα και μπορεί να υπάρχει πολύ καλή συσχέτιση των στοιχείων των δύο. Συχνά, όμως, οι διαφορές είναι μεγάλες. Έτσι, σήμερα που η τεχνολογία δίδει πολλές δυνατότητες, καταβάλλεται προσπάθεια να καταγράφονται τα στοιχεία του μικροκλίματος. Για την καταγραφή των στοιχείων αυτών μπορούν να χρησιμοποιηθούν κοινοί θερμουρογράφοι όσον αφορά στη θερμοκρασία και στην υγρασία, που τοποθετούνται ανάμεσα στα φυτά και μάλιστα σε μεταβαλλόμενο ύψος ή διάφορα ύψη, μετρητές διύγρανσης των φύλλων, κοινά ανεμόμετρα για τη μέτρηση του αέρα κ.α. Όλες αυτές οι συσκευές έχουν μικρή σχετικά ακρίβεια και δεν μπορούν να μετρήσουν τα στοιχεία κοντά στην επιφάνεια των φυτών.

Περισσότερο ακριβείς μετρήσεις δίδουν τα σύγχρονα ηλεκτρονικά όργανα και γι' αυτό έχουν βρει μεγάλη εφαρμογή στην επιδημιολογία. Τα όργανα αυτά είναι ηλεκτρονικές συσκευές που μετατρέπουν τη διακύμανση του ηλεκτρικού ρεύματος σε ψηφιακά στοιχεία τα οποία αποθηκευθούν και ονομάζονται data logger. Ένα data logger μπορεί να συνδεθεί με πολλά αισθητήρια

(sensors) κατάλληλα για τη μέτρηση τους ενός ή του άλλου κλιματικού παράγοντα. Υπάρχουν αισθητήρια διαφόρων τύπων, με πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και μπορεί να γίνει επιλογή ανάλογα με τις ανάγκες και το κόστος. Η μέτρηση των κλιματικών παραγόντων με τα αισθητήρια αυτά βασίζεται στη μεταβολή της ηλεκτρικής αντίστασης των υλικών κατασκευής του αισθητηρίου που λαμβάνει χώρα λόγω των μεταβολών του κλιματικού παράγοντα που μετρά.

Τα στοιχεία που συλλέγονται καταγράφονται και αποθηκεύονται σε κασέτα, ή σε ηλεκτρονικό υπολογιστή με τον οποίο είναι συνδεδεμένο το σύστημα. Οι εταιρείες που εμπορεύονται τα data logger συνήθως δίδουν και το λογισμικό (software), για την επεξεργασία των δεδομένων. Τα συστήματα αυτά έχουν πολλά πλεονεκτήματα το κυριότερο από τα οποία είναι ο αυτοματισμός τους, που μας απαλλάσσει από τους παρατηρητές, η δυνατότητα συνεχούς λήψης παρατηρήσεων, η γρήγορη και ακριβής επεξεργασία τους, η δυνατότητα να συλλέγονται στοιχεία πολύ κοντά στην επιφάνεια των φυτών κ.α.. Όμως, έχουν και σοβαρά μειονεκτήματα. Η χρησιμοποίησή τους απαιτεί έμπειρο προσωπικό, παθαίνουν πολύ συχνά βλάβες, χρειάζονται συχνή ρύθμιση, το κόστος προμήθειας είναι πολύ υψηλό κ.α..

12.2.2. Μέτρηση του μολύσματος

Για ορισμένες ασθένειες το μόλυσμα, ιδιαίτερα το αρχικό, αποτελεί βασικό παράγοντα για την εξέλιξη της επιδημίας και έτσι η μέτρηση του είναι εντελώς απαραίτητη για την πρόγνωση της. Τα είδη των μολυσμάτων που ο επιδημιολόγος χρειάζεται να μετρήσει, κατά καιρούς, είναι: 1. Τα σπόρια που μεταφέρονται με τον αέρα (**ξηροσπόρια**), και αποτελούν βασικό παράγοντα για την εκδήλωση πολλών επιδημιών, όπως τα ουρεδοσπόρια των σκωριάσεων, τα σποριάγγεια των περονόσπορων, τα σπόρια των ωιδίων κ.α. 2. Τα σπόρια που ελευθερώνονται και μεταφέρονται με τη βροχή και τον αέρα (**γλοιοσπόρια**). 3. Τα μολύσματα που προκαλούν ασθένειες του εδάφους όπως σκληρώτια, ωοσπόρια κ.α.. 4. Διάφορους ζωικούς οργανισμούς, έντομα, νηματώδεις κ.α., που μεταδίδουν τους ιούς, τα μυκοπλάσματα και ορισμένα βακτήρια.

Η μέτρηση των σπορίων που μεταφέρονται με τον αέρα έχει τύχει μεγαλύτερης προσοχής. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται οι λεγόμενες παγίδες σπορίων όπως του Hirst, του Bucard κ.α.. Οι παγίδες αυτές αναρροφούν τον αέρα με αντλία μέσα από μικρό στόμιο. Στην πορεία του αέρα τοποθετείται επιφάνεια κατάλληλη για να προσκολληθούν τα σπόρια που βρίσκονται στον αέρα. Τέτοιες επιφάνειες μπορεί να είναι αντικειμενοφόροι πλάκες, ταινίες με κολλητική ουσία κ.α.. Κατά τακτά χρονικά διαστήματα αφαιρούνται οι ταινί-

ες, μετρούνται τα σπόρια που υπάρχουν και γίνεται αναγωγή ανά κ.μ αέρα που πέρασε μέσα στην παγίδα.

Έχουν, επίσης, χρησιμοποιηθεί παγίδες που συλλέγουν τα γλοιοσπόρια, τα οποία ξεπλένονται με τη βροχή, αλλά δεν έχουν βρει μεγάλη χρήση. Τα σπόρια που βρίσκονται στην επιφάνεια των φύλλων και τα βακτήρια μπορούν να μετρηθούν με πολλούς τρόπους συχνότερος από τους οποίους είναι η ανάδευση κομματιών φύλλων γνωστής επιφάνειας σε διάφορες συσκευές, όπως εργαστηριακοί αναδευτήρες, stomacher κ.α., επί ορισμένο χρονικό διάστημα. Το ξέβγαλμα, μετά από διαδοχικές αραιώσεις, απλώνεται σε τρυβλία με ειδικό εκλεκτικό θρεπτικό υλικό κατάλληλο για το συγκεκριμένο μικροοργανισμό και μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα μετρούνται οι αποικίες και γίνεται αναγωγή ανά μονάδα επιφάνειας.

Από τα μολύσματα του εδάφους πιο εύκολα μετρούνται τα σκληρώτια. Αφού γίνει η κατάλληλη δειγματοληψία, το χώμα περνά από διάφορα κόσκινα το τελευταίο από τα οποία έχει διαμέτρημα οπών λίγο μικρότερο από το μέγεθος των σκληρωτίων. Το υλικό που κρατά το κόσκινο τοποθετείται σε τρυβλία Petri και τα σκληρώτια μετρούνται με γυμνό μάτι ή με στερεοσκόπιο, ανάλογα με το μέγεθος τους.

Για τη μέτρηση των νηματωδών στο έδαφος, όπως εκείνων του γένους *Xiphinema*, που μεταδίδουν τον μολυσματικό εκφυλισμό του αμπελιού, χρησιμοποιείται, ως επί το πλείστον η μέθοδος των κόσκινων. Μικρή ποσότητα χρώματος ορισμένου βάρους, που παίρνεται με σωστή δειγματοληψία, αναδεύεται με πολλαπλάσια ποσότητα νερού. Ακολουθώς, το αιώρημα περνά από διαδοχικά κόσκινα με πόρους διαφόρων διαμετρημάτων. Οι νηματώδεις, που πρόκειται να μετρηθούν συλλέγονται στο πρώτο κόσκινο με οπές που έχουν διαμέτρημα μικρότερο από το μέγεθος των νηματωδών. Ακολουθώς οι νηματώδεις αιωρούνται στο νερό και μετρούνται κάτω από το στερεοσκόπιο. Τα έντομα μεταδίδουν κυρίως ιώσεις και προκαρυωτικούς οργανισμούς. Η μέτρηση του πληθυσμού των εντόμων γίνεται κυρίως με παγίδες, που χρησιμοποιούν ποικίλες τεχνικές για τη σύλληψη των εντόμων. Ορισμένες από αυτές είναι οι παγίδες χρώματος Moericke, οι αναρροφητικές παγίδες Taylor, οι κολλώδεις παγίδες χρώματος, κυρίως για αλευρώδεις και θρίπες, οι παγίδες με φερομόνες κ.α.. Μπορούν ακόμη να γίνουν μετρήσεις κατευθείαν πάνω σε φυτά. Σε κάθε περίπτωση σπουδαίο ρόλο παίζουν ο σχεδιασμός και ο τρόπος τοποθέτησης των παγίδων.

Το βασικό μειονέκτημα όλων των παραπάνω μεθόδων μέτρησης του μολύσματος είναι ότι μετρούν αριθμό μολυσμάτων αγνώστου μολυσματικής ικανότητας. Το πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπιστεί με χρησιμοποίηση φυτών παγίδων. Τα φυτά αναπτύσσονται σε περιβάλλον απαλλαγμένο μολυσμάτων,

ακολουθώς εκτίθενται στο περιβάλλον που υπάρχει το μόλυσμα, που θέλομε να μετρήσομε, για ορισμένο χρονικό διάστημα και τέλος επωάζονται πάλι σε χώρο απαλλαγμένο μολυσμάτων. Στη περίπτωση των ασθενειών του εδάφους, τα φυτά φυτεύονται σε γλάστρες με το έδαφος του οποίου θέλομε να ελέγξομε το μόλυσμα και επωάζονται σε κατάλληλες συνθήκες με προσοχή ώστε να μην υπάρξουν μολύσματα από άλλες πηγές. Εάν χρησιμοποιηθούν φυτά με διάφορους γόνους αντοχής στο παθογόνο που θέλομε να μετρήσομε, ή ψεκασμένα με μυκητοκτόνα, μπορούμε να ελέγξομε όχι μόνο το είδος αλλά και τη φυλή του παθογόνου και την ύπαρξη ή μη ανθεκτικότητας. Η επιτυχία της μεθόδου αυτής εξαρτάται από την τοποποίησή της έτσι ώστε με το ίδιο μόλυσμα να έχομε πάντοτε τον ίδιο βαθμό μόλυνσης.

12.2.3. Μέτρηση της ασθένειας

Οι ασθένειες των φυτών μπορούν να προκαλέσουν μείωση και υποβάθμιση των γεωργικών προϊόντων ανάλογα με τον βαθμό προσβολής. Πρέπει λοιπόν να γνωρίζομε πως να τον μετρούμε. Με το μέτρημα του βαθμού προσβολής μπορούμε να αξιολογήσομε την αποτελεσματικότητα διαφόρων παραγόντων που χρησιμοποιούμε για την καταπολέμηση των ασθενειών, όπως μυκητοκτό βιολογικοί παράγοντες, ανθεκτικές ποικιλίες κ.α.. Επίσης, παίρνομε πλῆθος χρορίες όσον αφορά τις ζημιές από ασθένειες σε τοπικό ή και διεθνές επίπεδο. Τέλος, η εκτίμηση της προσβολής και η απόκτηση ποσοτικών δεδομένων σε σχέση και με τους διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες είναι βασικό στοιχείο για την ανάλυση της επιδημίας.

Η στρατηγική που θα εφαρμοστεί και η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της προσβολής από μια ασθένεια εξαρτάται από τον σκοπό για τον οποίο θα χρησιμοποιήσομε την εκτίμηση, το είδος του φυτού, την ασθένεια, το κόστος, τις τεχνικές δυνατότητες κ.ά.

Συχνά, για την εκτίμηση της προσβολής δεν είναι δυνατόν να εξεταστούν όλα τα άρρωστα φυτά, αλλά ένα μικρό δείγμα. Για το λόγο αυτό πρέπει να επιλέξομε το μέγεθος του δείγματος και την κατάλληλη μέθοδο δειγματοληψίας. Πληροφορίες για τα θέματα αυτά δίδονται στα βιβλία στατιστικής.

Η προσβολή μιας καλλιέργειας από μια ασθένεια μπορεί να εκτιμηθεί με δύο παραμέτρους. Πρώτον με τον αριθμό των άρρωστων φυτών ή φυτικών μερών, φύλλων, καρπών κ.α., που έχουν προσβληθεί (incidence) και δεύτερον με την ένταση της προσβολής δηλαδή της επιφάνειας ή του όγκου του φυτού ή του φυτικού μέρους που έχει προσβληθεί (severity). Έμμεσα η προσβολή μετράται και με τη μείωση ή την υποβάθμιση της παραγωγής που συγκομίζεται.

Στην πρώτη περίπτωση, αν η μέτρηση γίνει προσεκτικά, το αποτέλεσμα δεν παραλλάσσει από παρατηρητή σε παρατηρητή. Για περιπτώσεις που μια

προσβολή σε ένα μέρος του φυτού συνεπάγεται το γρήγορο θάνατο του, όπως τα φυτά στα σπορεία, ή για ορισμένες διασυστηματικές ασθένειες, που η προσβολή του φυτού συνεπάγεται και την αχρήστευσή του σαν παραγωγική μονάδα, η απλή αρίθμηση των άρρωστων φυτών δίδει το ίδιο αποτέλεσμα με την εκτίμηση της έντασης.

Όμως, στις περισσότερες περιπτώσεις η απλή μέτρηση των άρρωστων φυτών ή φυτικών μερών δεν μας δίδει την πραγματική εικόνα της ασθένειας. Αν π.χ. σε ένα πρέμνο ή ένα δένδρο αμυγδαλιάς μετρήσουμε τα φύλλα που έχουν έστω και μια μικρή κηλίδα περονόσπορου ή από εξώασκο αντίστοιχα, δεν έχει πρακτική σημασία. Στις περιπτώσεις αυτές για να βγάλουμε συμπέρασμα, είτε για τη ζημιά είτε για την επέκταση της ασθένειας χρειάζεται να γνωρίζουμε τη συνολική προσβλημένη επιφάνεια των φύλλων δηλαδή την ένταση της προσβολής.

Για τη μέτρηση της έντασης της ασθένειας έχουν χρησιμοποιηθεί διάφοροι μέθοδοι. Οι σπουδαιότεροι είναι οι παρακάτω:

Οι διαγραμματικές κλείδες

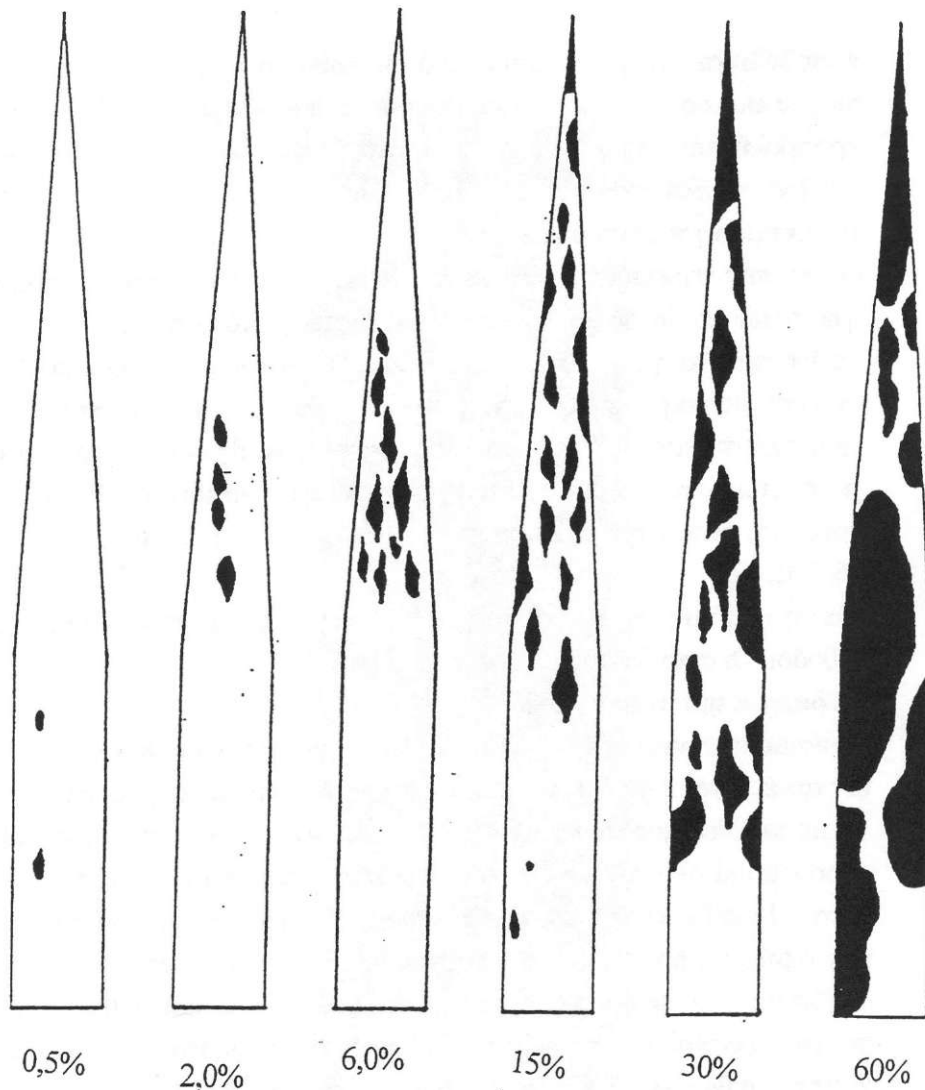
Χρησιμοποιούνται κυρίως για τις ασθένειες που προκαλούν κηλίδες. Οι κλείδες αυτές είναι σχέδια που απεικονίζουν φύλλα καρπούς ή και ολόκληρα φυτά με κηλίδες που ποικίλλουν σε αριθμό και μέγεθος και καταλαμβάνουν προοδευτικά όλο και μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας του αντίστοιχου οργάνου. Η κάθε κλείδα αποτελείται από μια σειρά φυτών ή φυτικών μερών των οποίων η προσβλημένη επιφάνεια έχει μετρηθεί. Κατά τη μέτρηση της ασθένειας ο παρατηρητής αντιστοιχεί τα φύλλα των οποίων θέλει να μετρήσει την προσβολή με τα διάφορα μέρη του υποδείγματος και τους δίδει την αντίστοιχη βαθμολογία. Τέτοιες κλείδες έχουν εκδοθεί κατά καιρούς για διάφορες ασθένειες. Περισσότερο έχουν χρησιμοποιηθεί για τις σκωριάσεις των σιτηρών, τις σεπτοριάσεις κ.α. Μια τέτοια κλίμακα είναι εκείνη της Εικόνας 39.

Αριθμητικές κλίμακες

Κατά τη μέθοδο αυτή γίνεται αντιστοίχιση των αριθμών της κλίμακας με την ένταση της προσβολής, η οποία μπορεί να εκφράζεται περιγραφικά ή σε ποσοστά. Τέτοιες κλίμακες υπάρχουν πολλές και συχνά διάφοροι ερευνητές επινοούν δικές τους για κάθε περίπτωση.

Μια από τις παλαιότερες και πιο γνωστές κλίμακες είναι εκείνη του Mckinney που έχει ως εξής:

0 = φυτά υγιή, 1= φυτά με πολύ ελαφρά προσβολή, 2 = φυτά με ελαφρά προσβολή, 3 = φυτά με μέτρια προσβολή και 4 = φυτά με έντονη μεγάλη προσβολή.



Εικ. 39. Διαγραμματική κλίμακα μέτρηση της προσβολής φύλλων σιταριού από σεπτόρια

Ο παρατηρητής αντιστοιχεί τα φυτά των οποίων θέλει να εκτιμήσει την προσβολή με τις διάφορες βαθμίδες της κλίμακας και υπολογίζει το δείκτη προσβολής κατά McKinney με βάση τον τύπο. Δείκτης προσβολής = $\frac{\sum \chi^i}{n \cdot 5}$ όπου i η βαθμίδα της κλίμακας, j ο αριθμός των φυτών που εμπίπτουν σε κάθε βαθμίδα, $\sum \chi^i$ το άθροισμα των επιμέρους γινομένων ij και n το σύνολο των φυτών που εκτιμώνται. Εάν π.χ. στις 5 διαβαθμίσεις της κλίμακας αντιστοιχούν κατά σειρά 7, 5, 3, 2 και 1 φυτά τότε ο δείκτης προσβολής είναι = $\frac{0 \cdot 7 + 5 \cdot 1 + 3 \cdot 2 + 2 \cdot 3 + 1 \cdot 4}{18 \cdot 5} - \frac{21}{18} = 1,2$.

Οι Horsfall και Barratt αργότερα παρουσίασαν μια άλλη κλίμακα με διαβαθμίσεις 1-12. Οι διαβαθμίσεις αυτές αντιστοιχούν σε ποσοστά προσβολής ως εξής. 1 = 0, 2 = 0-3, 3 = 3-6, 4 = 6-12, 5 = 12-25, 6 = 25-50, 7 = 50-75, 8 = 75-87, 9 = 87-94, 10 = 94-97, 11 = 97-100 και 12 = 100. Όπως φαίνεται, σε κάθε επόμενη διαβάθμιση από το 1-6, το αντίστοιχο ποσοστό προσβολής διπλασιάζεται, ενώ σε κάθε επόμενη διαβάθμιση από 6-12, το αντίστοιχο ποσοστό προσβολής υποδιπλασιάζεται. Αυτό γίνεται διότι το μάτι του ανθρώπου υπερεκτιμά την προσβολή αν είναι μικρότερη του 50% και αντίστοιχα την υποεκτιμά αν είναι μεγαλύτερη από 50%. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ακρίβεια της όρασης είναι ανάλογη με το λογάριθμο της έντασης του φωτεινού ερεθίσματος.

Κλίμακες παρόμοιες με την παραπάνω έχουν επινοηθεί από διάφορους ερευνητές και συχνά προορίζονται για το μέτρημα της προσβολής από συγκεκριμένες ασθένειες.

Πρέπει, τέλος, να αναφέρομε την εφαρμογή της αεροφωτογραφίας στην εκτίμηση της προσβολής, όταν πρόκειται για μεγάλες εκτάσεις, όπως καλλιέργειες σιτηρών, δάση κ.α..

12.2.4. Μέτρηση των ζημιών

Η προσβολή των φυτών από μια ασθένεια δεν συνεπάγεται οπωσδήποτε ζημιές. Αυτό, συνήθως, συμβαίνει όταν πρόκειται για προσβολές καρπών δένδρα ή ετήσιων φυτών, οι περισσότεροι από τους οποίους δεν πρόκειται να αναπτυχθούν ούτως ή άλλως, ή όταν η προσβολή λαμβάνει χώρα στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου. Η προσβολή π.χ. των ανθέων ή των νεαρών καρπών της αγγουριάς στα θερμοκήπια από την τεφρά σήψη, που συμβαίνει συχνά, δεν έχει οικονομικές επιπτώσεις, αφού ούτως ή άλλως μόνο μικρό μέρος των καρπών θα φτάσει στο στάδιο της συγκομιδής. Επίσης, πολλά φυτά ανέχονται ένα μικρό μέρος της φυλλικής επιφάνειας προσβλημένο από ασθένειες, διότι αναπτύσσουν φύλλωμα πολύ περισσότερο από ότι είναι απαραίτητο για μια καλή παραγωγή. Τέλος, η προσβολή μιας καλλιέργειας στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου μπορεί να μην έχει επιπτώσεις στην παραγωγή.

Παρά τις εξαιρέσεις αυτές γεγονός είναι ότι οι ασθένειες προκαλούν ζημιές τις οποίες πρέπει να γνωρίζουμε για πολλούς λόγους.

Η εκτίμηση των ζημιών γίνεται με πολλούς τρόπους. Όταν πρόκειται για μικρές επιφάνειες η εκτίμηση της ζημιάς μπορεί να γίνει με μέτρηση της παραγωγής σε υγιή και άρρωστα φυτά. Αυτό γίνεται σε πειράματα που αξιολογούνται μέθοδοι καταπολέμησης των ασθενειών όπως μυκητοκτόνα, ανθεκτικές ποικιλίες κ.α.

12.3. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΑ (MODELS)

Τα μαθηματικά υποδείγματα είναι έννοιες δυσνόητες και οι μαθηματικοί προσπαθούν να τις κάνουν περισσότερο δυσνόητες. Μοντέλο στην απλή του μορφή είναι το καλούπι. Το καλούπι μπορεί να είναι πολύ απλό όταν το χρησιμοποιούμε να κατασκευάζουμε πλίνθους και πολύ σύνθετο όταν τα χρησιμοποιεί ο γλύπτης για να κατασκευάσει ένα άγαλμα. Μοντέλο είναι και ο χάρτης, που μπορεί να είναι πολύ απλός ή πολύ πολύπλοκος, ανάλογα με τις πληροφορίες που θέλουμε να τοποθετήσουμε. Ο Shrum (1978) παρομοιάζει τα επιδημιολογικά μοντέλα με την αποτύπωση ενός δρόμου. Η αποτύπωση μπορεί να είναι πολύ απλή ή πολύ λεπτομερής. Μπορεί δηλαδή να δείχνει μόνο τη διαδρομή ή όλα τα τμήματα του δρόμου με τις διαστάσεις τους, την τοπογραφία τους, το οδόστρωμα κ.α..

Η επιδημία είναι ένα βιολογικό σύστημα. Τα βιολογικά συστήματα είναι πολύπλοκα και η ακριβής αποτύπωσή τους με μαθηματικά υποδείγματα δύσκολη. Γι'αυτό πρέπει να απλοποιούνται όσο γίνεται αρκεί να εξυπηρετείται ο σκοπός για τον οποίο προορίζονται.

Κατά τον Kranz τα επιδημιολογικά μοντέλα μπορούν να διακριθούν στις επόμενες κατηγορίες:

12.3.1. Τα περιγραφικά μοντέλα (descriptive models)

Τα μοντέλα αυτά είναι η μαθηματική έκφραση της καμπύλης εξέλιξης μιας επιδημίας. Οι καμπύλες αυτές είναι, ως επί το πλείστον σιγμοειδείς και απεικονίζουν την εξέλιξη της επιδημίας χωρίς να δίδουν καμιά πληροφορία για τους παράγοντες που καθορίζουν την εξέλιξη της.

12.3.2. Προγνωστικά μοντέλα (Predictive models)

Τα μοντέλα αυτά είναι κατά το πλείστον εξισώσεις παλινδρόμησης της ποσότητας της ασθένειας ως προς τους παράγοντες που την επηρεάζουν, όπως περιβαλλοντικοί παράγοντες κ.α.

12.3.3. Ολοκληρωμένα μοντέλα (Conceptual models)

Τα μοντέλα αυτά λαμβάνουν υπόψη τους, ει δυνατόν, όλους ή τουλάχιστον τους βασικότερους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται μια επιδημία. Απεικονίζουν δηλαδή την αλληλεπίδραση όλων των παραμέτρων των στοιχείων που συνθέτουν την επιδημία δηλαδή του παθογόνου (μολυσματικότητα, παραγωγή σπορίων κ.α.), του ξενιστή (ανθεκτικότητα κ.α.) και των περιβαλλοντικών συνθηκών (θερμοκρασία, υγρασία κ.α.). Από την άποψη αυτή εάν ένα ολοκληρωμένο μοντέλο βασίζεται σε σωστές και επαρκείς παρατηρήσεις μπορεί να απεικονίζει πολύ καλύτερα την πραγματικότητα και να κάνει πολύ ακριβέστερες προβλέψεις.

12.4. ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΔΗΜΙΩΝ

Οποιοσδήποτε έχει ασχοληθεί με τα γεωργικά θα έχει ακούσει τους γεωργούς να ρωτούν ή να διερωτώνται αν θα πρέπει να ψεκάσουν την καλλιέργεια τους για την τάδε ασθένεια ή το δείνα εχθρό. Ο λόγος είναι το κόστος. Εάν ψεκάσουν, χωρίς να χρειάζεται, σπαταλούν χρήματα και εάν δεν ψεκάσουν, ενώ χρειάζεται, δυνατόν να πάθουν ζημιές. Μια σωστή πρόγνωση πρέπει να καθορίζει εάν, που και πότε θα εφαρμοστούν τα κατάλληλα μέτρα για την προστασία της παραγωγής. Με τον τρόπο αυτό περιορίζονται οι άσκοπες επεμβάσεις π.χ. μυκητοκτόνων και μειώνεται το κόστος παραγωγής. Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει η πρόγνωση να είναι ακριβής και έγκαιρη. Ακριβής για να μην καλεί τον παραγωγό να εφαρμόσει μέτρα που δεν είναι αναγκαία και έγκαιρη για να υπάρχει χρόνος να παρθούν τα μέτρα που χρειάζονται για την καταπολέμηση της ασθένειας. Για το φυτοπαθολόγο έχει και μια άλλη διάσταση. Εάν η πρόγνωση δεν είναι σωστή ενδέχεται κάποια στοιχεία της *επιδημιολογίας* που χρησιμοποιήσε να μην είναι σωστά και έτσι οδηγείται στην μελέτη τους εκ νέου.

Προγνώσεις κάποιας μορφής κάνομε όλοι χωρίς να το καταλαβαίνουμε. Κανείς γεωπόνος π.χ. δεν θα συστήσει στους καλλιεργητές σουλτανίνας στις ξηροθερμικές περιοχές της Κρήτης να ψεκάσουν για τη τεφρά σήψη, επειδή και μόνο γνωρίζει ότι η βροχή, που είναι αναγκαία για την προσβολή, δεν υπάρχει μέχρι την ωρίμαση. Ακόμη, οι ίδιοι οι παραγωγοί γνωρίζουν ότι εάν καλλιεργήσουν π.χ. κηπευτικά σε έδαφος που έχει καλλιεργηθεί επανειλημμένα υπάρχει μεγάλος κίνδυνος να έχουν σοβαρά προβλήματα ασθενειών. Στη πρώτη περίπτωση η πρόγνωση στηρίζεται στην γνώση των καιρικών συνθηκών και στη δεύτερη στη γνώση του μολύσματος. Και στις δύο περιπτώσεις η γνώση έχει αποκτηθεί από την πολύχρονη εμπειρία.

Προγνώσεις σε πιο συστηματική βάση, που βασίζονται είτε στις καιρικές συνθήκες είτε στη ποσότητα του μολύσματος, γίνονται από πολλά χρόνια για ορισμένες ασθένειες. Περισσότερο γνωστή είναι η περίπτωση του περονόσπορου της πατάτας. Για την ασθένεια αυτή έχουν οριστεί κατά καιρούς διάφορες συνθήκες η εμφάνιση των οποίων προοιωνίζει την προσβολή της πατάτας. Τέτοια συνθήκη π.χ. είναι η "περίοδος Smith" στην Αγγλία, που ορίζεται σαν δύο συνεχόμενα 24 ωρα στη διάρκεια των οποίων η ελάχιστη θερμοκρασία δεν θα πέσει κάτω από 10°C και στη διάρκεια του καθενός από αυτά η σχετική υγρασία θα διατηρηθεί τουλάχιστον 11 ώρες πάνω από το 89%. Ανάλογες προβλέψεις γίνονται και για τις ασθένειες του εδάφους βασιζόμενες στη ποσότητα του μολύσματος που διατηρείται από τη προηγούμενη καλλιεργητική περίοδο. Οι ασθένειες αυτές ανήκουν στην κατηγορία του απλού τόκου και η εξέλιξη τους στηρίζεται κατά βάση στο αρχικό μόλυσμα. Η

προσβολή των τεύτλων π.χ. από το μύκητα *Sclerotium rolfsii* μπορεί να προβλεφθεί βάσει του αριθμού των σκληρωτίων που διατηρούνται στο έδαφος και τα οποία μπορούν να μετρηθούν πριν από τη σπορά.

Κοινό χαρακτηριστικό των παραπάνω περιπτώσεων είναι ότι ένας μόνο παράγοντας, οι καιρικές συνθήκες, στην πρώτη περίπτωση και η ποσότητα του μολύσματος, στη δεύτερη, είναι καθοριστικός για την εμφάνιση της ασθένειας. Αν συμβεί να μην υπάρχει μόλυσμα, ή οι καιρικές συνθήκες είναι δυσμενείς, τότε η πρόγνωση είναι λάθος. Όμως, αυτό είναι η εξαίρεση. Κατά κανόνα η εμφάνιση μιας ασθένειας εξαρτάται από την αλληλεπίδραση του παθογόνου, του ξενιστή και των περιβαλλοντικών συνθηκών και η επέκτασή της από τη διάρκεια του χρόνου που συνυπάρχουν όλα αυτά. Επιπλέον, τα στοιχεία αυτά επηρεάζουν διαφορετικά τα διάφορα στάδια της επιδημίας. Επομένως ένα σωστό σύστημα πρόγνωσης πρέπει να λαμβάνει υπόψη του όλα τα παραπάνω. Αυτό γίνεται σήμερα με την ανάλυση συστημάτων κατά την οποία χρησιμοποιούνται τα μαθηματικά υποδείγματα.