



ΓΕΝΙΚΗ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ

ΣΧΟΛΗ: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΜΗΜΑ: ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΣ: ΔΡ. ΓΚΙΑΟΥΡΗΣ ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ

8^η θεματική ενότητα:

Ευκαρυωτικοί μικροοργανισμοί

(μύκητες, φύκη, πρωτόζωα και έλμινθες)



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό διατίθεται με τους όρους χρήσης Creative Commons (CC) – Αναφορά Δημιουργού – Μη Εμπορική Χρήση – Όχι Παράγωγα Έργα.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, διαγράμματα, κείμενα, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.



- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

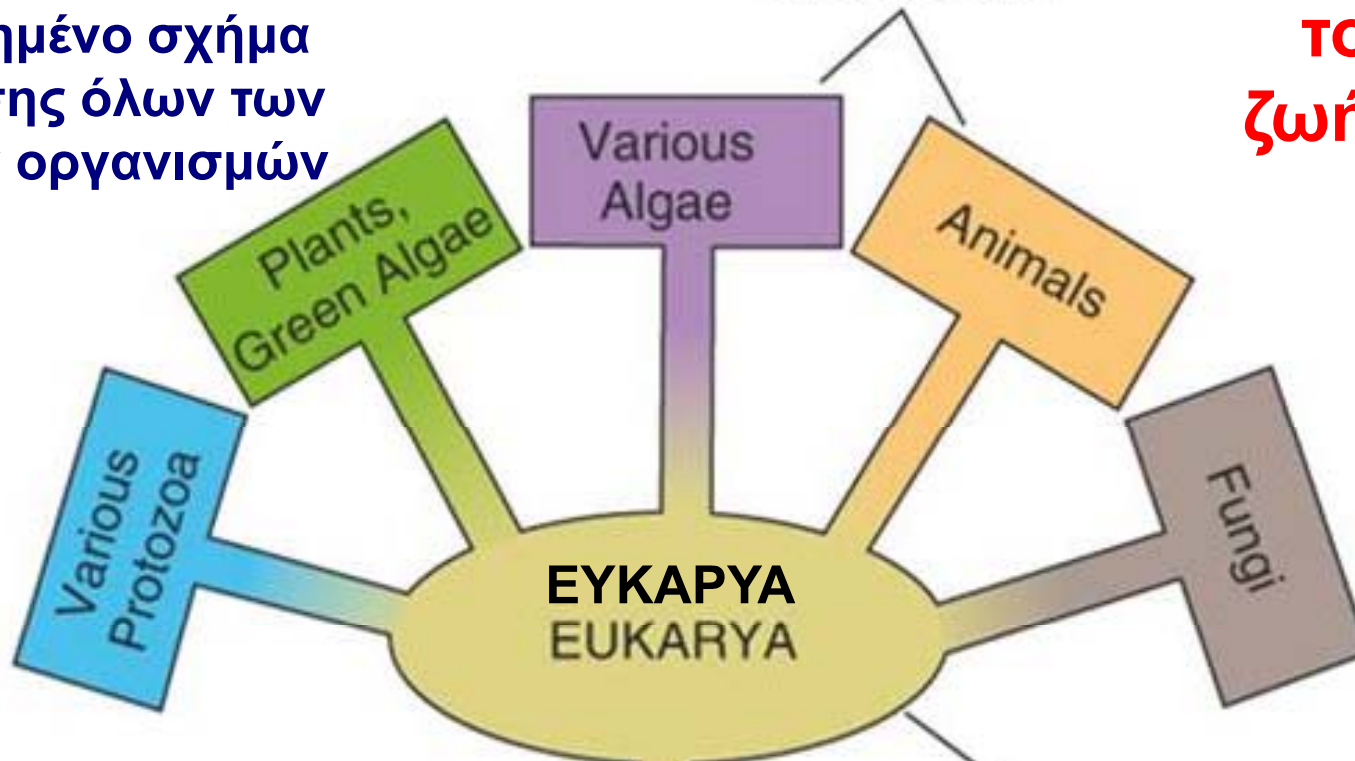


σύγχρονο
απλοποιημένο σχήμα
ταξινόμησης όλων των
ζωντανών οργανισμών

ΒΑΣΙΛΕΙΑ

το δέντρο της
ζωής (tree of life)

KINGDOMS



Domains ΕΠΙΚΡΑΤΕΙΕΣ

ΒΑΚΤΗΡΙΑ
BACTERIA

ΑΡΧΑΙΑ
ARCHAEA

Ancestral
cell line
αρχέγονο κύτταρο

■ Η εμφάνιση του πρώτου κυττάρου οριοθετείται πριν από 3,8 δισεκατομμύρια χρόνια (καθολικός πρόγονος όλης της ζωής, **αρχέγονο κύτταρο**).



Ποικιλότητα ευκαρυωτικών μικροοργανισμών (eukaryotic microbial diversity)

- ✓ μύκητες (fungi)
- ✓ φύκη (algae)
- ✓ πρωτόζωα (protozoa)
- ✓ έλμινθες (helminths)



Μύκητες (fungi)

- ✓ μυκηλειακοί μύκητες ή υφομύκητες ή μούχλες (molds)
- ✓ ζύμες ή ζυμομύκητες (yeasts)
- ✓ μανιτάρια (mushrooms)

➤ Σε αντίθεση με τα πρωτόζωα, οι μύκητες:

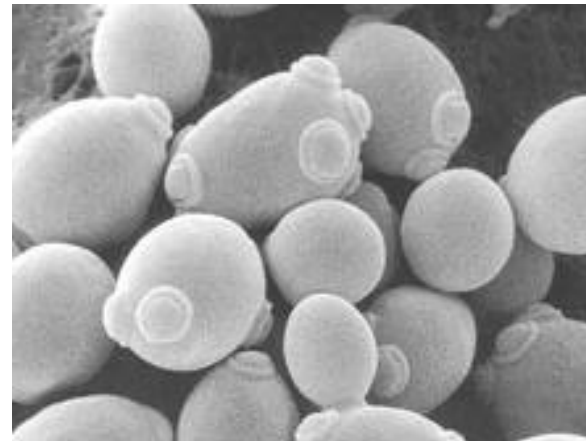
- ✓ διαθέτουν κυτταρικά τοιχώματα
- ✓ παράγουν σπόρια
- ✓ δεν διαθέτουν αυτοκινησία

➤ Έχουν αναγνωριστεί τρεις κύριες ομάδες μυκήτων:

- ✓ οι μούχλες (**molds**) ή μυκηλιακοί μύκητες (filamentous fungi)
- ✓ οι ζύμες ή ζυμομύκητες (**yeasts**)
- ✓ ταμανιτάρια (**mushrooms**)



μούχλες



ζύμες



μανιτάρια

Γενικά χαρακτηριστικά των μυκήτων

- **Οι μύκητες:**
 - ✓ είναι **χημειοργανότροφοι**
 - ο δηλαδή αποκτούν ενέργεια μέσω της οξείδωσης οργανικών ενώσεων
 - ✓ είναι **αερόβιοι**
 - ο είτε υποχρεωτικά, είτε προαιρετικά, λίγοι μόνο είναι υποχρεωτικοί αναερόβιοι
 - ✓ έχουν **απλές διατροφικές απαιτήσεις**
 - ο είναι ικανοί να χρησιμοποιούν μια ποικιλία οργανικών υποστρωμάτων για τη σύνθεση των μακρομορίων τους και των υπολοίπων συστατικών που χρειάζονται για την ανάπτυξη τους
 - ✓ πολλοί **αναπτύσσονται σε ακραία περιβάλλοντα**
 - ο π.χ. χαμηλό pH, χαμηλή ενεργότητα νερού (a_w), υψηλή συγκέντρωση άλατος, υψηλή θερμοκρασία

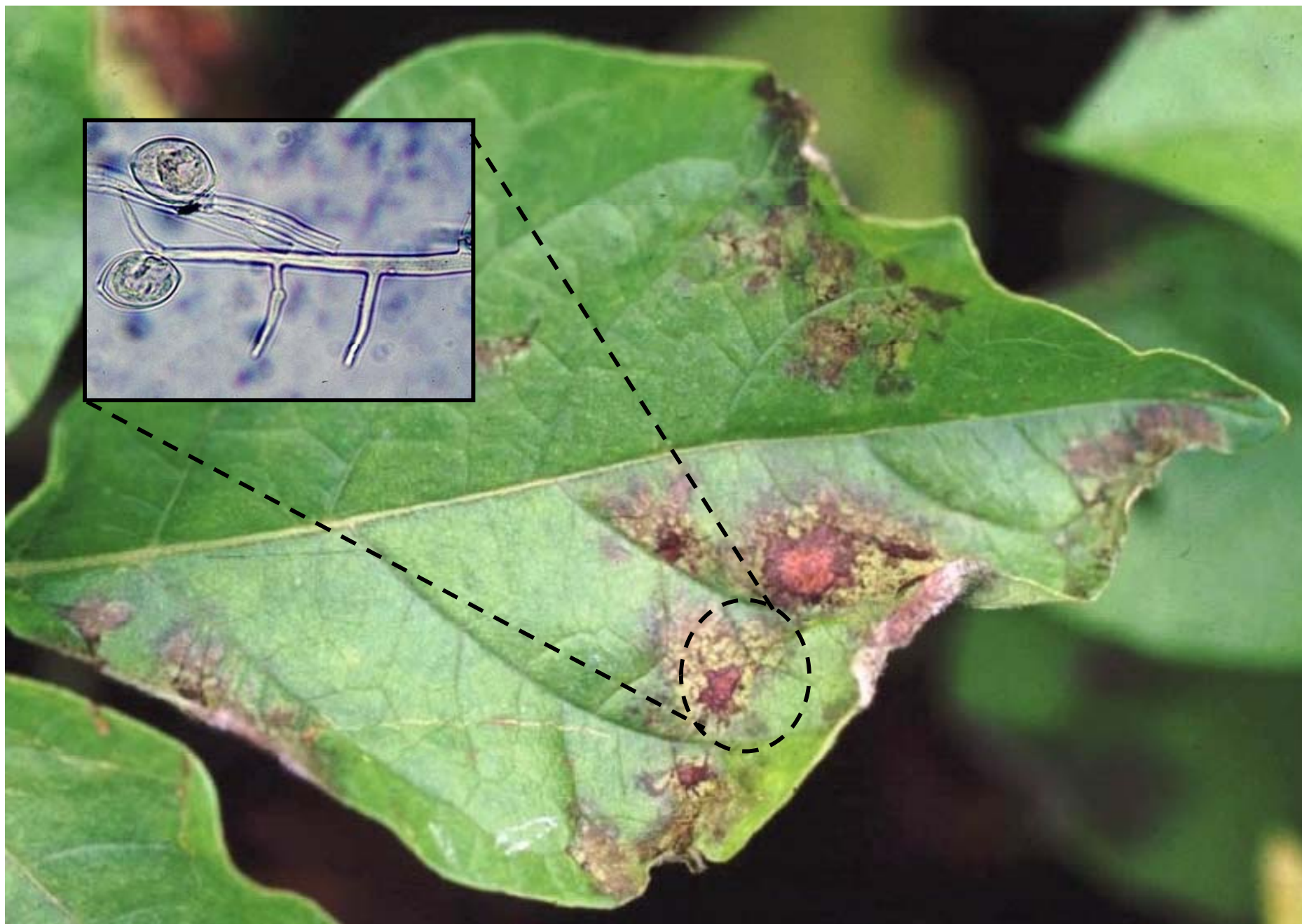
Σημασία των μυκήτων για το περιβάλλον

- Οι περισσότεροι μύκητες είναι χερσαίοι, διαδραματίζοντας σημαντικό ρόλο στην **αποικοδόμηση των πολύπλοκων οργανικών ενώσεων σε απλούστερες** (οργανικές και ανόργανες).
- Μέσω της χρήσης **εξωκυτταρικών ενζύμων**, όπως κυτταρινάσες, οι μύκητες είναι εκείνοι που **αποικοδομούν τα σκληρά μέρη των φυτών** τα οποία δεν αφομοιώνονται από τα ζώα.
- Σχεδόν όλα τα φυτά εξαρτώνται από **συμβιωτικούς μύκητες**, γνωστούς ως **μυκόρριζα** (mycorrhizae), τα οποία σχηματίζουν ινίδια στις ρίζες βοηθώντας αυτές να απορροφούν μέταλλα και νερό.
- Πολλοί μύκητες προκαλούν **σημαντικές ασθένειες των καλλιεργούμενων φυτών**, με τεράστιες οικονομικές απώλειες.



η νεκρή φυτική οργανική ύλη αποικοδομείται κυρίως από μύκητες





**φύλλο πατάτας μολυσμένο από περονόσπορο
(→ μυκητιόμορφο φύκος *Phytophthora infestans*)**

- Στη βιομηχανία τροφίμων, οι μύκητες είναι απαραίτητοι για την **παραγωγή πολλών ζυμώμενων τροφίμων**, συμβάλλοντας στη **διαμόρφωση των οργανοληπτικών τους χαρακτηριστικών**, όπως: το ψωμί, το κρασί, τη μπίρα και διάφορα τυριά.



τυρί ροκφόρ, για την παραγωγή του χρησιμοποιείται η μούχλα *Penicillium roquefortii*



μπύρα, παράγεται από τα 2 είδη ζυμομυκήτων:
Saccharomyces cerevisiae ή
Saccharomyce carlsbergensis

Saccharomyces cerevisiae



**μπύρα τύπου “ale”
(αφροζυμωτή)**

- ✓ η μαγιά, κατά τη διάρκεια της ζύμωσης ανέρχεται στην επιφάνεια του μούστου
- ✓ ζύμωση σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες 15-23°C

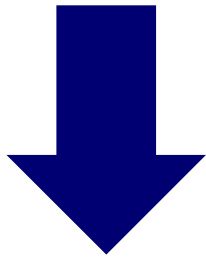
Saccharomyces carlsbergensis



**μπύρα τύπου “lager”
(βυθοζυμωτή)**

- ✓ η μαγιά, κατά τη ζύμωση, υφίσταται καθίζηση στο βυθό του μούστου
- ✓ ζύμωση σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, συνήθως 6-12°C

- Όμως, υπάρχουν είδη μυκήτων που αποτελούν σημαντικούς **αλλοιογόνους μικροοργανισμούς** (spoilage microorganisms) των τροφίμων.
- Οι μύκητες αλλοιώνουν κυρίως **όξινα τρόφιμα** ή / και με **χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία** (π.χ. ψωμί, τυρί, φρούτα).



- **Σημαντικά γένη ζυμών για τα τρόφιμα:**

Saccharomyces, Pichia, Rhodotorula, Torulopsis, Candida, Zygosaccharomyces

- **Σημαντικά γένη μουχλών για τα τρόφιμα:**

Aspergillus, Alternaria, Fusarium, Geotrichum, Mucor, Penicillium, Rhizopus



**μυκητιακό σάπισμα (fungal rot) εσπεριδοειδών από
διάφορα είδη της μούχλας *Penicillium***



πορτοκάλι



λεμόνι



σήψη κολοκύθας προκαλούμενη από μούχλες των γενών
Fusarium και *Alternaria*

➤ Εξαιτίας της **πανταχού παρουσίας των σπορίων τους**, οι μύκητες είναι το κύριο αίτιο μόλυνσης των:

✓ μικροβιολογικών θρεπτικών μέσων →

✓ διαφόρων επιφανειών (π.χ. τοίχων) →

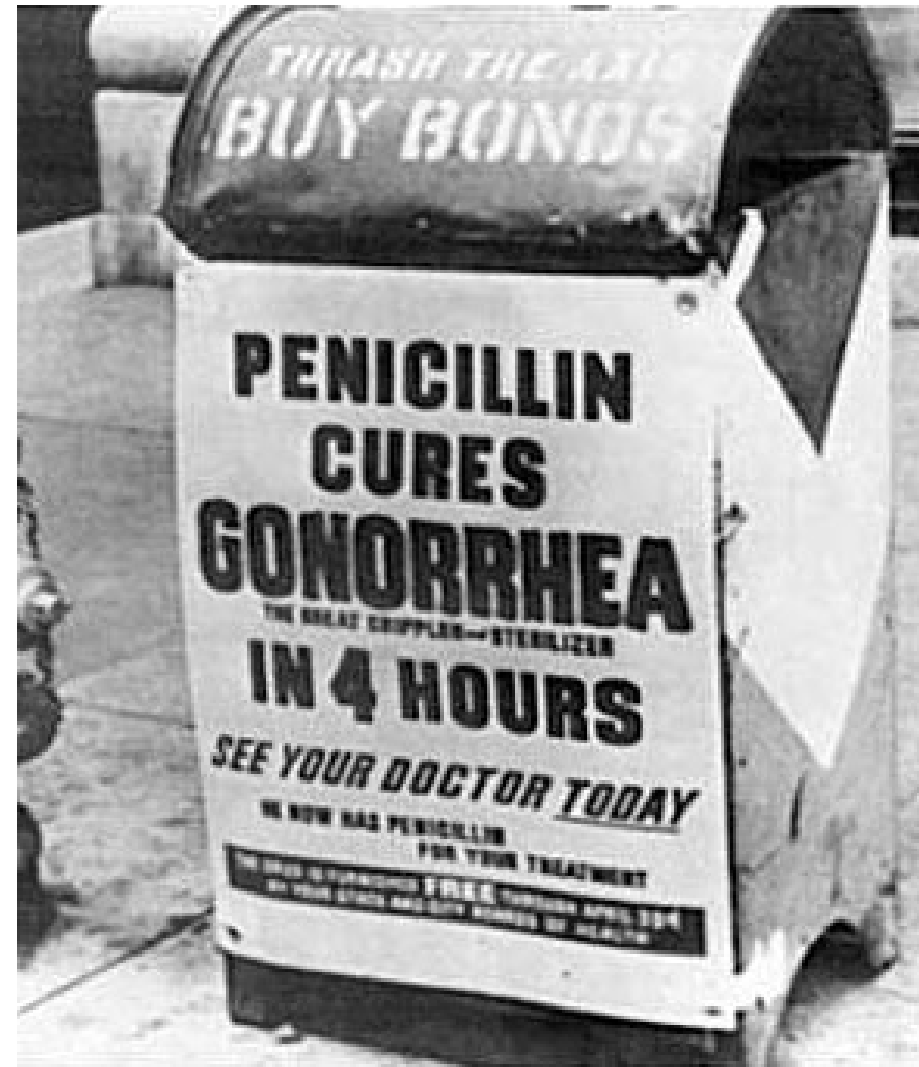
✓ διαφόρων τροφίμων →



- Οι μύκητες χρησιμοποιούνται βιομηχανικά για **παραγωγή διαφόρων χρήσιμων χημικών ενώσεων** (π.χ. κιτρικό οξύ, βιταμίνες, ένζυμα) και **φαρμακευτικών ουσιών** (π.χ. αντιβιοτικά).

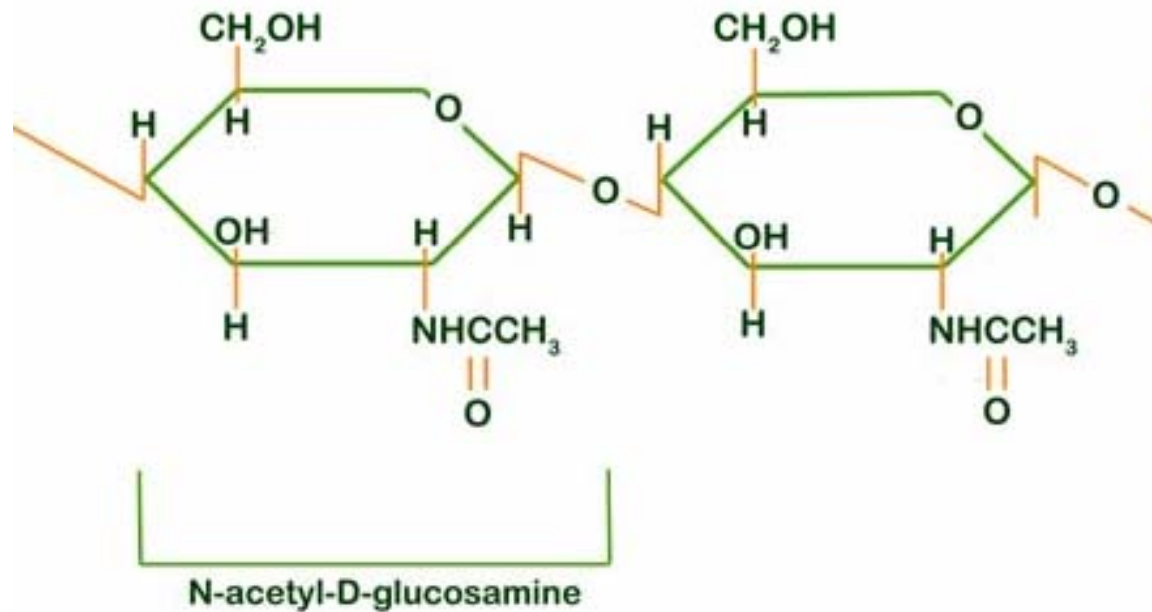


**βιοαντιδραστήρες καλλιέργειας
μυκήτων για την παραγωγή
χρήσιμων ενώσεων**



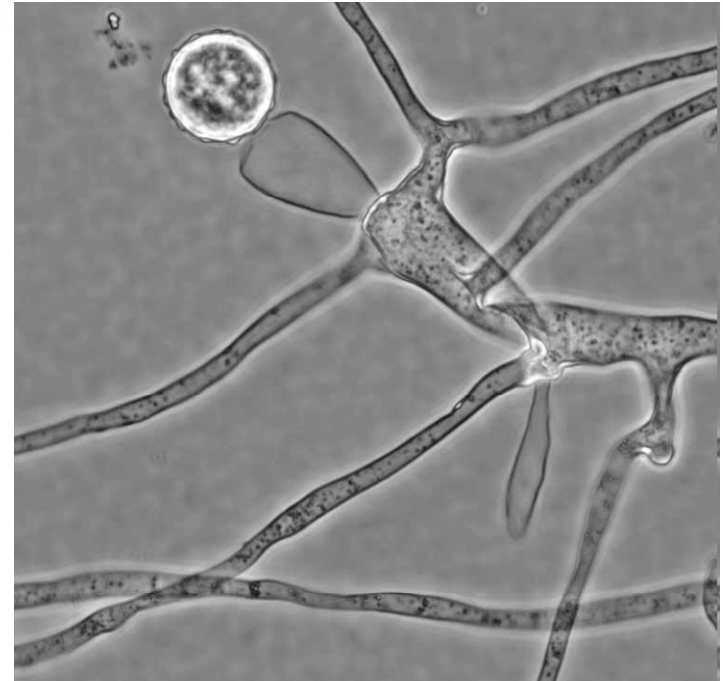
**η πενικιλίνη χρησιμοποιείται για τη
θεραπεία της γονόρροιας, ενός
σεξουαλικά μεταδιδόμενου
νοσήματος που προκαλείται από το
βακτήριο *Neisseria gonorrhoeae***

- Το πιο κοινό **συστατικό των κυτταρικών τοιχωμάτων των μυκήτων** είναι η **χιτίνη** (chitin), ένα πολυμερές *N*-ακετυλογλυκοζαμίνης.



- Η **βλαστική δομή ή σώμα** ενός μύκητα καλείται **θαλλός** (thallus) και αποτελείται από **μακριές ίνες κυττάρων** που ενώνονται μεταξύ τους.

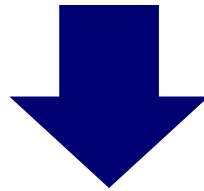
- Ο **θαλλός** διαφέρει σε **μέγεθος** και **πολυπλοκότητα** στους διάφορους μύκητες (από τις **μονοκύτταρες ζύμες** έως τα **μακροσκοπικά μανιτάρια**).



θαλλός μύκητα

Παθογόνοι μύκητες για τον άνθρωπο

■ Παρόλο που οι περισσότεροι μύκητες είναι ακίνδυνοι για τον άνθρωπο, υπάρχουν ≈ 50 είδη αυτών που προκαλούν ασθένειες.



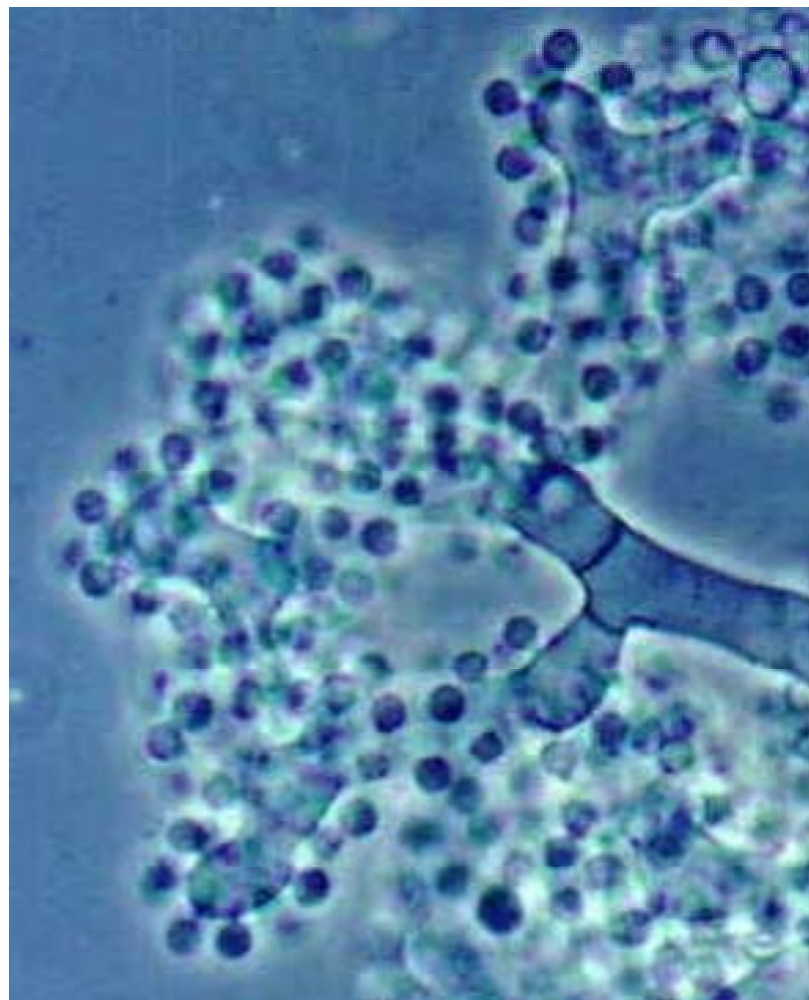
➤ Οι παθογόνοι αυτοί μύκητες χρησιμοποιούν 3 μηχανισμούς:

✓ κάποιοι είναι **ισχυρά αλλεργιογόνα**, επάγοντας **αντιδράσεις υπερευαισθησίας** (εσφαλμένες ανοσοαποκρίσεις που προκαλούν βλάβες στο ξενιστή) όταν ο άνθρωπος εκτεθεί σε συγκεκριμένα αντιγόνα μυκήτων

✓ κάποιοι προκαλούν **μυκητιάσεις** (mycoses), όταν αναπτύσσονται στην εξωτερική ή την εσωτερική επιφάνεια του σώματος

✓ κάποιοι παράγουν **μυκοτοξίνες** (π.χ. **αφλατοξίνες** παραγόμενες από το μύκητα ***Aspergillus flavus***) προκαλώντας **μυκοτοξινώσεις**

Μυκητιάσεις και μυκοτοξινώσεις



- Οι μύκητες αποτελούν σημαντικά παθογόνα των φυτών και των εντόμων, αλλά δεν θεωρούνται σημαντικοί νοσογόνοι παράγοντες στα σπονδυλωτά, δεδομένου πως ο αριθμός των μυκήτων με ιατρική σημασία είναι σχετικά χαμηλός.



- Η ανάπτυξη των μυκήτων πάνω ή μέσα σε ζωικούς ξενιστές προκαλεί ασθένειες που συλλογικά ονομάζονται **μυκητιάσεις** (mycoses).

- Διαιτητικές, αναπνευστικές, δερματικές και άλλες εκθέσεις σε τοξικούς μεταβολίτες **μυκήτων** προκαλούν ασθένειες που συλλογικά ονομάζονται **μυκοτοξινώσεις** (mycotoxicoses).



μυκητίαση ποδιού



ένα στέλεχος μύκητα του πρόσφατα ανακαλυφθέντος είδους *Ophiocordyceps camponoti-balzani*, αυξάνεται από το κεφάλι ενός μυρμηγκιού σ' ένα τροπικό δάσος της Βραζιλίας

Μυκητιάσεις

- Οι μυκητιάσεις ποικίλλουν από **μερικά ενοχλητικές** (π.χ. μυκητιάσεις ποδιών) σε κάποιες που μπορούν να απειλήσουν ακόμη και την υγεία, π.χ. «**επιδρομική ασπεργίλλωση**» (invasive aspergillosis).

- Οι μύκητες που προκαλούν μυκητιάσεις μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

- ✓ τα **πρωταρχικά παθογόνα** (primary pathogens)

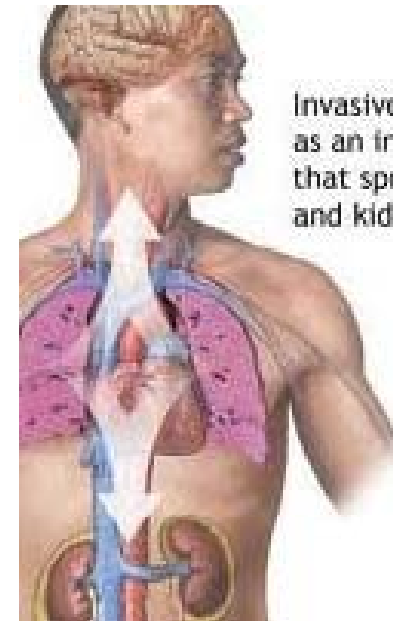
→ π.χ. *Coccidioides immitis*, *Histoplasma capsulatum*
και

- ✓ τα **ευκαιριακά παθογόνα** (opportunistic pathogens)

→ π.χ. *Aspergillus fumigatus*, *Candida albicans*



μυκητίαση ποδιού



Invasive aspergillosis can occur as an infection with pneumonia that spreads to heart, lungs, brain and kidneys via the bloodstream

«επιδρομική ασπεργίλλωση»

- Τα **πρωταρχικά παθογόνα** επηρεάζουν ειδικά υγιείς ανθρώπους με **φυσιολογικά ανοσοποιητικά συστήματα** (normal immune systems).



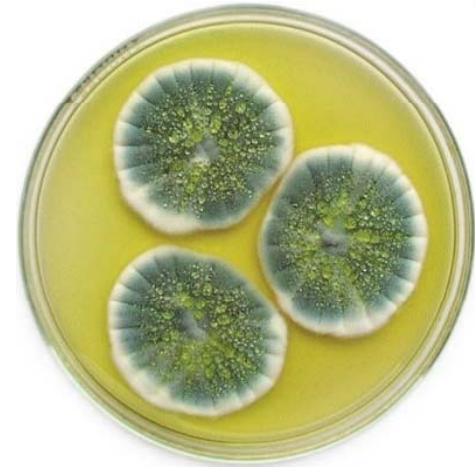
- Τα **ευκαιριακά παθογόνα** προκαλούν ασθένειες εκμεταλλευόμενοι **εξασθενημένους** (debilitated) ή **ανοσοκατεσταλμένους** (immunocompromised) ξενιστές.

- Η πλειοψηφία των ανθρώπινων μυκητιάσεων προκαλούνται από ευκαιριακά παθογόνους μύκητες.



Τρόποι πρόκλησης μυκητιάσεων

- Οι μυκητιάσεις αποκτώνται συνήθως:
 - ✓ μέσω **εισπνοής σπορίων** από το περιβάλλον ή
 - ✓ μέσω **ασυνήθιστης ανάπτυξης** ενός **αβλαβούς είδους** (commensal species) που είναι κατά τα άλλα **φυσιολογικός κάτοικος** του **ανθρωπίνου δέρματος** ή του **γαστρεντερικού συστήματος** (gastrointestinal tract).
- Αυτά τα **αβλαβή είδη** μετατρέπονται σε **παθογόνα**:
 - ✓ παρουσία αντιβακτηριακών, χημειοθεραπευτικών, ή ανοσοκατασταλτικών φαρμάκων
 - ✓ εξαιτίας ανθρώπινης ανοσοανεπάρκειας συνέπεια κάποιας ιικής μόλυνσης
 - ✓ ύπαρξης καθετήρων (in-dwelling catheters)
 - ✓ μερικούς άλλους παράγοντες προδιάθεσης (predisposing factors)





δερματική λοίμωξη

υποδόρια λοίμωξη



μυκητιάσεις

Μυκοτοξινώσεις

- Σε αντίθεση με τις μυκητιάσεις, οι μυκοτοξινώσεις αποτελούν παραδείγματα **«δηλητηριάσεων με φυσικά μέσα»** και αυτές παρουσιάζουν ανάλογες παθολογίες με εκείνες που προκαλούνται από έκθεση σε **φυτοφάρμακα** (pesticides) ή **υπολείμματα βαρέων μετάλλων** (heavy metal residues).



➤ Τα συμπτώματα μιας μυκοτοξίνωσης εξαρτώνται από:

- ✓ τον τύπο της μυκοτοξίνης
- ✓ την ποσότητα και τη διάρκεια της έκθεσης
- ✓ την ηλικία
- ✓ την κατάσταση της υγείας
- ✓ το φύλο
- ✓ και από διάφορες μη επαρκώς κατανοητές **συνεργιστικές αλληλεπιδράσεις** συμπεριλαμβανομένων της **γενετικής**, της **διαιτητικής κατάστασης** και των **αλληλεπιδράσεων με άλλες τοξικές ουσίες**



Τρόποι πρόκλησης μυκοτοξινώσεων

- Η πλειοψηφία των μυκοτοξινώσεων προκαλείται μέσω της κατανάλωσης μολυσμένων τροφίμων (contaminated foods).
 - ο η **δερματική επαφή** με υποστρώματα στα οποία παρασιτούν μούχλες και
 - ο η **εισπνοή σποριογόνων τοξινών** (spore-borne toxins)
- αποτελούν επίσης σημαντικές πηγές έκθεσης.
- Εκτός από υποστηρικτική θεραπεία (π.χ. δίαιτα, ενυδάτωση), **ουσιαστικά δεν υπάρχουν θεραπείες για την έκθεση σε μυκοτοξίνες.**





καλαμπόκι αλλοιωμένο από το μύκητα *Aspergillus flavus*, στελέχη του οποίου παράγουν μυκοτοξίνες (αφλατοξίνες)



καλαμπόκι μολυσμένο με το μύκητα *Fusarium verticillioides*,
στελέχη του οποίου παράγουν φουμονισίνες

➤ Σε γενικές γραμμές, η έκθεση σε μυκοτοξίνες (mycotoxin exposure) είναι πιο πιθανό να συμβεί σε μέρη του κόσμου όπου:

✓ οι μέθοδοι χειρισμού και αποθήκευσης των τροφίμων (food handling and storage) είναι συνήθως ανεπαρκείς

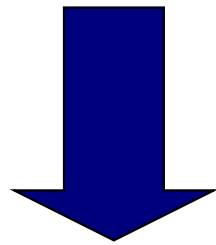
✓ ο υποσιτισμός (malnutrition) αποτελεί πρόβλημα

✓ οι κανονισμοί και οι νόμοι (regulations) που υπάρχουν προκειμένου να προστατεύσουν τους εκτεθειμένους πληθυσμούς είναι ανεπαρκείς



➤ **Η σοβαρότητα μιας δηλητηρίασης από μυκοτοξίνη (μυκοτοξίνωσης) μπορεί να αυξηθεί από παράγοντες όπως:**

- ✓ η ανεπάρκεια βιταμινών (vitamin deficiency)
- ✓ η θερμιδική στέρηση (caloric deprivation)
- ✓ η κατάχρηση αλκοόλ (alcohol abuse)
- ✓ η ύπαρξη κάποιας μολυσματικής ασθένειας (infectious disease)



➤ **Εναλλακτικά, οι μυκοτοξινώσεις μπορεί:**

- ✓ να επιτείνουν την ευπάθεια (vulnerability) σε μικροβιακές ασθένειες (microbial diseases)
- ✓ να χειροτερέψουν τις επιδράσεις της κακής διατροφής (υποσιτισμός, malnutrition)
- ✓ να αλληλεπιδράσουν συνεργιστικά με άλλες τοξίνες



- Ο αριθμός των ανθρώπων που επηρεάζονται από μυκητιάσεις και μυκοτοξινώσεις είναι άγνωστος.

- Παρόλο που πιστεύεται πως ο συνολικός αριθμός αυτών που προσβάλλονται είναι μικρότερος από τον αριθμό αυτών που προσβάλλονται από βακτηριακές, ιικές και λοιμώξεις από πρωτόζωα, οι μυκητιακές ασθένειες (fungal diseases) αποτελούν ένα σοβαρό διεθνές πρόβλημα υγείας.

- Οι μυκητιάσεις που προκαλούνται από ευκαιριακά παθογόνα είναι σημαντικές ασθένειες στον **ανεπτυγμένο κόσμο**, που συνήθως συμβαίνουν σε ασθενείς των οποίων το ανοσοποιητικό σύστημα έχει κατασταλεί από προχωρημένη ιατρική περίθαλψη.

- Οι **μυκοτοξινώσεις**, σε αντίθεση, είναι περισσότερο συνηθισμένες σε **υποανάπτυκτες ή αναπτυσσόμενες χώρες**.





**Μυκηλιακοί μύκητες
(υφομύκητες ή μούχλες)**

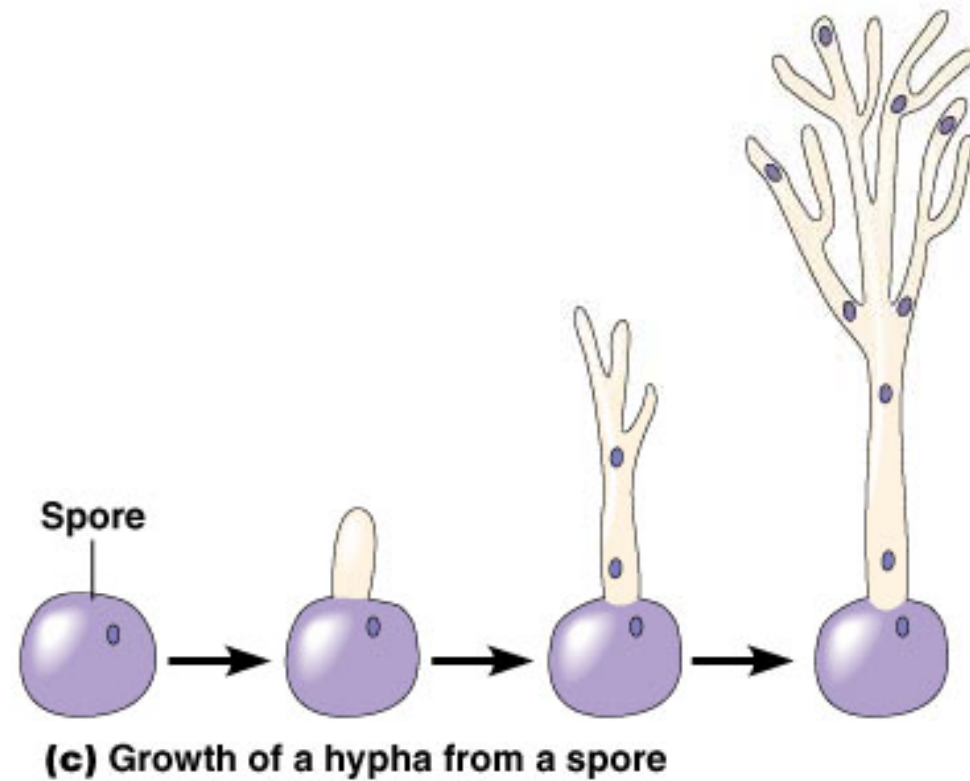
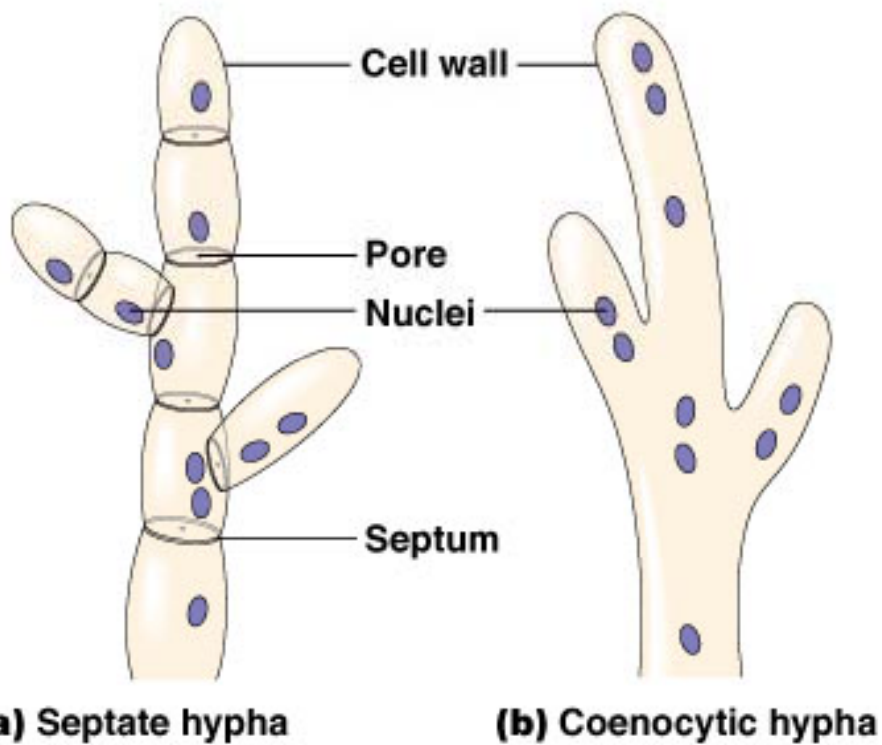
(filamentous fungi, molds)

Μυκηλιακοί μύκητες (υφομύκητες, μούχλες)

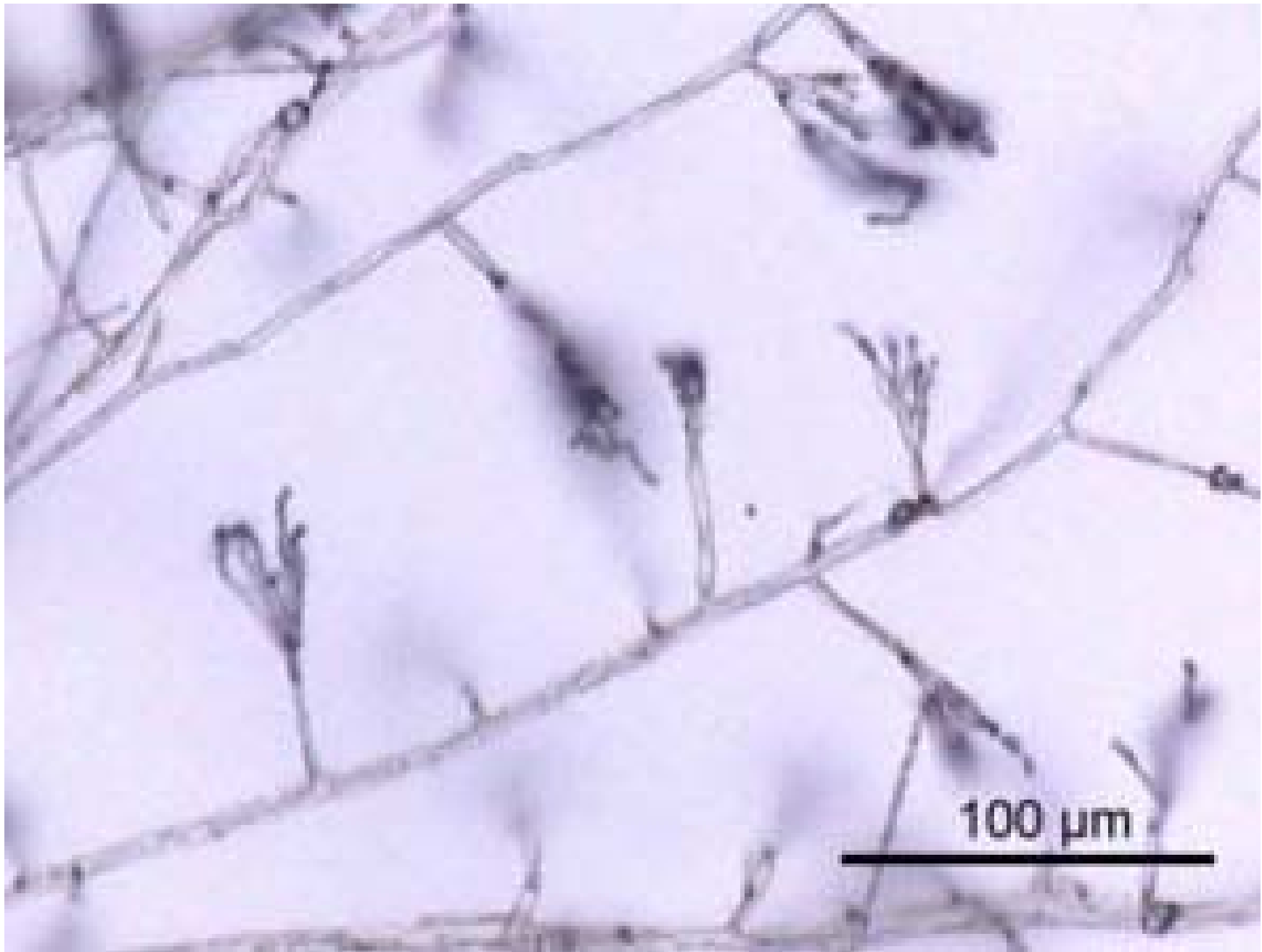
- Οι **μυκηλιακοί μύκητες** (filamentous fungi) αναπτύσσονται σχηματίζοντας **νημάτια** που λέγονται **υφές** (hyphae).
- Οι αναπτυσσόμενες υφές σχηματίζουν το **μυκήλιο** (mycelium), το οποίο φαίνεται εύκολα δίχως μικροσκόπιο
- ✓ π.χ. αποικία κάποιου μύκητα σε στερεό θρεπτικό υλικό σε τρυβλίο
- **Το μυκήλιο μπορεί να είναι:**
 - ✓ είτε **κοινοκυτταρικό** (coenocytic)
 - ✓ είτε να χωρίζεται με εγκάρσια **διαφράγματα** (septa)



**μυκήλια (αποικίες) 4 διαφορετικών
μούχλων πάνω σε στερεό
θρεπτικό υλικό σε τρυβλίο Petri**



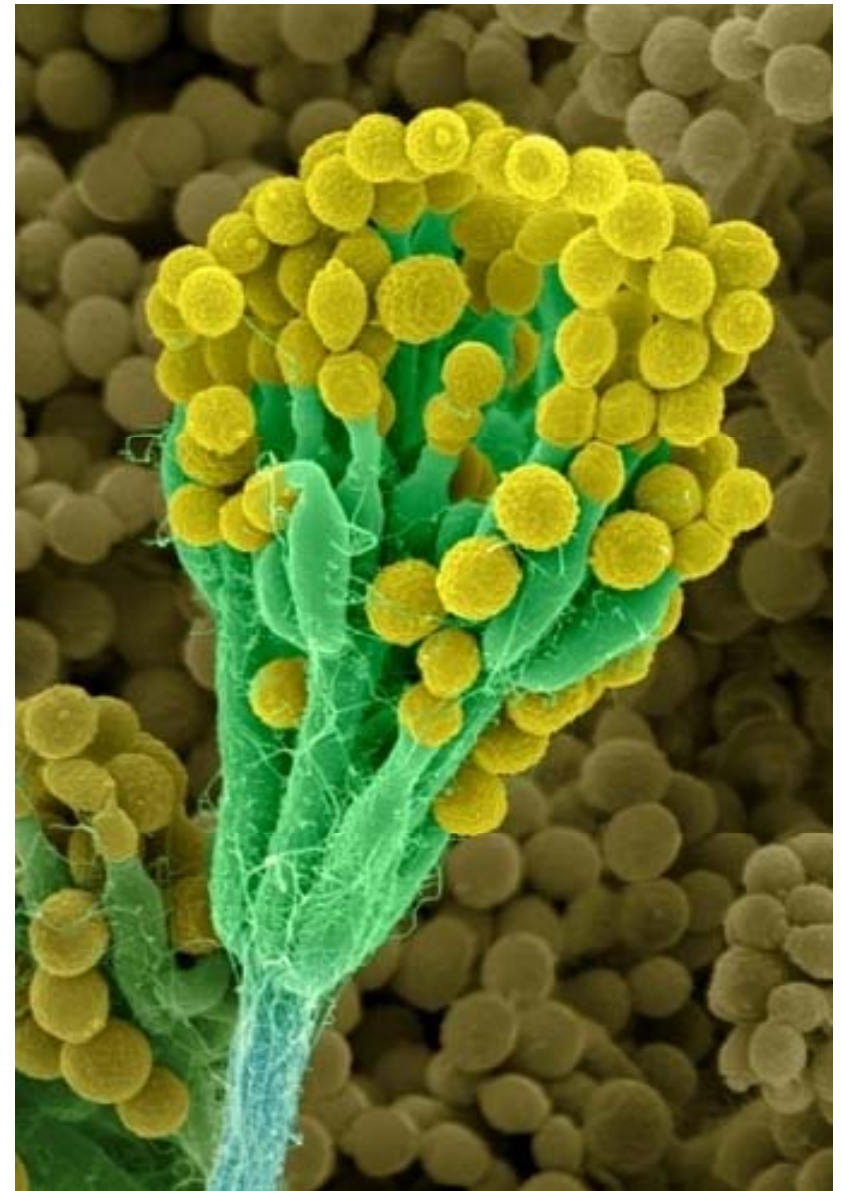
χαρακτηριστικά των μυκητιακών υφών
(κοινοκυτταρικά, με διαφράγματα)



υφές μύκητα (νημάτια μυκηλίου) στο οπτικό μικροσκόπιο

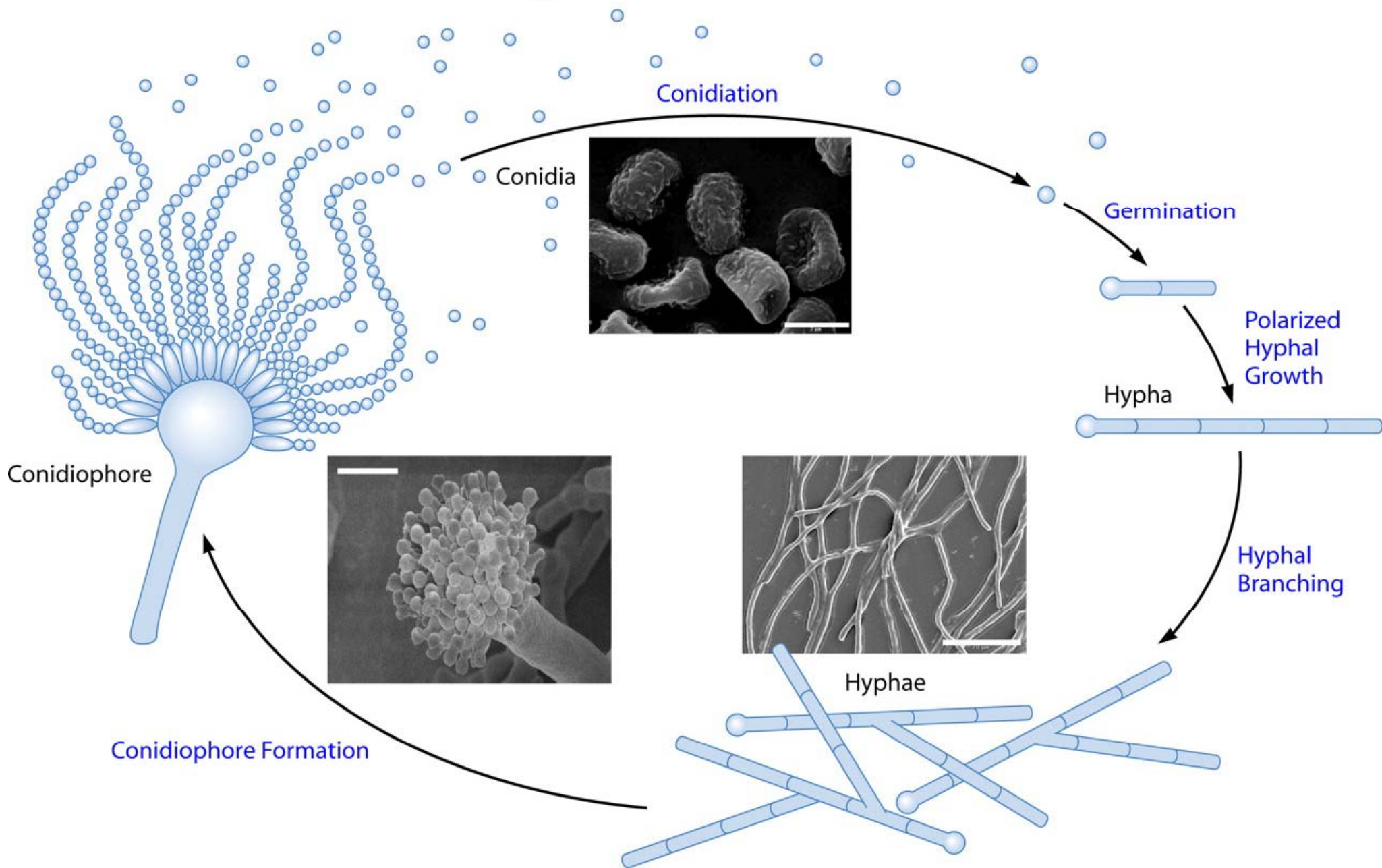
Κονιδιοφόροι και κονίδια (σπόρια)

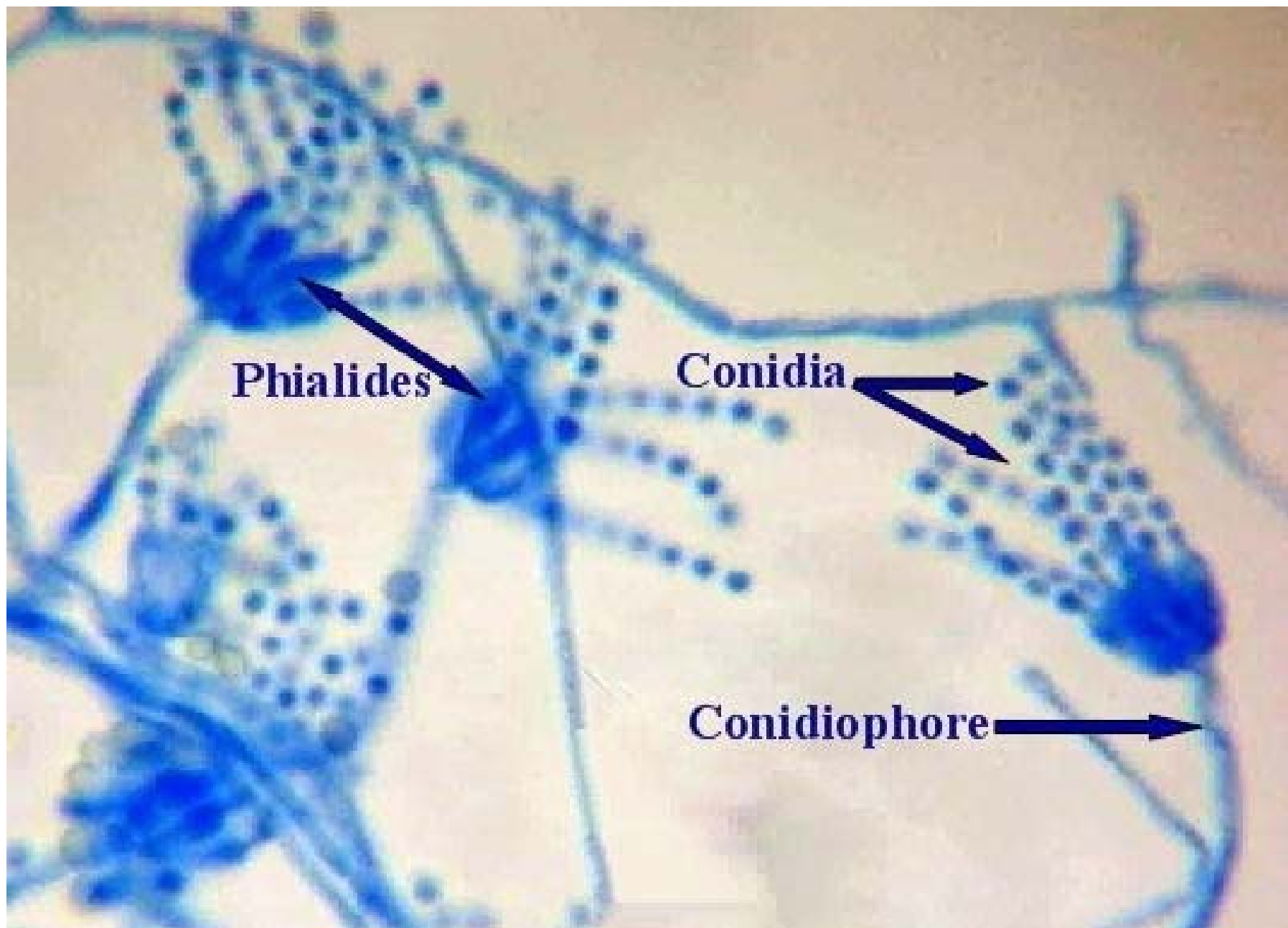
- Υφές από μυκήλιο αναπτύσσονται προς τα πάνω σχηματίζοντας τους **κονιδιοφόρους** (conidiophores), οι οποίοι παράγουν **κονιδιοσπόρια** ή **κονίδια** (conidia).
- Τα **κονίδια**, τα οποία συχνά είναι έγχρωμα, είναι **αφυλετικά σπόρια** (asexual spores), δηλαδή ο **σχηματισμός τους δεν είναι το αποτέλεσμα της ένωσης γαμετών διαφορετικού φύλου**.



κονιδιοφόρος μύκητα
Penicillium notatum που φέρει
τα κονίδια (αφυλετικά σπόρια)

κύκλος ζωής ενός υφομύκητα (μιας μούχλας)





υφές, κονιδιοφόροι και κονίδια υφομύκητα *Penicillium* spp.
στο οπτικό μικροσκόπιο

Αφυλετικά σπόρια υφομυκήτων

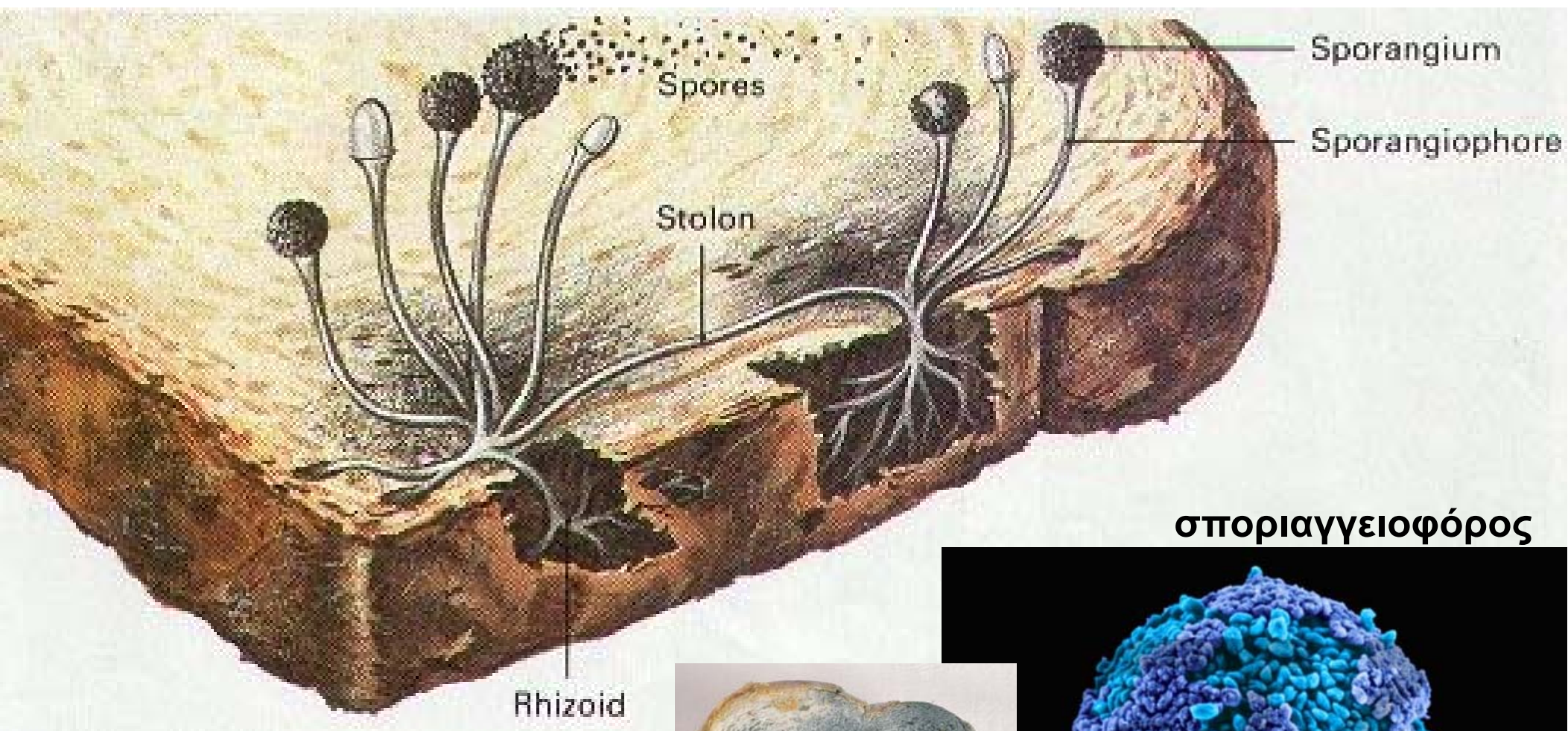
- Οι μύκητες παράγουν 2 τύπους αφυλετικών σπορίων:
- ✓ τα **κονιδιοσπόρια** ή **κονίδια**
 - ο σχηματίζονται ως αλυσίδα στα άκρα μιας εναέριας υφής (**κονιδιοφόρος**)
- ✓ τα **σποριαγγειοσπόρια**
 - ο σχηματίζονται μέσα σε σάκους (**σποριάγγεια**) που σχηματίζονται στο άκρο μιας εναέριας υφής (**σποριαγγειοφόρος**)



κονιδιοφόρος και κονίδια
Aspergillus flavus



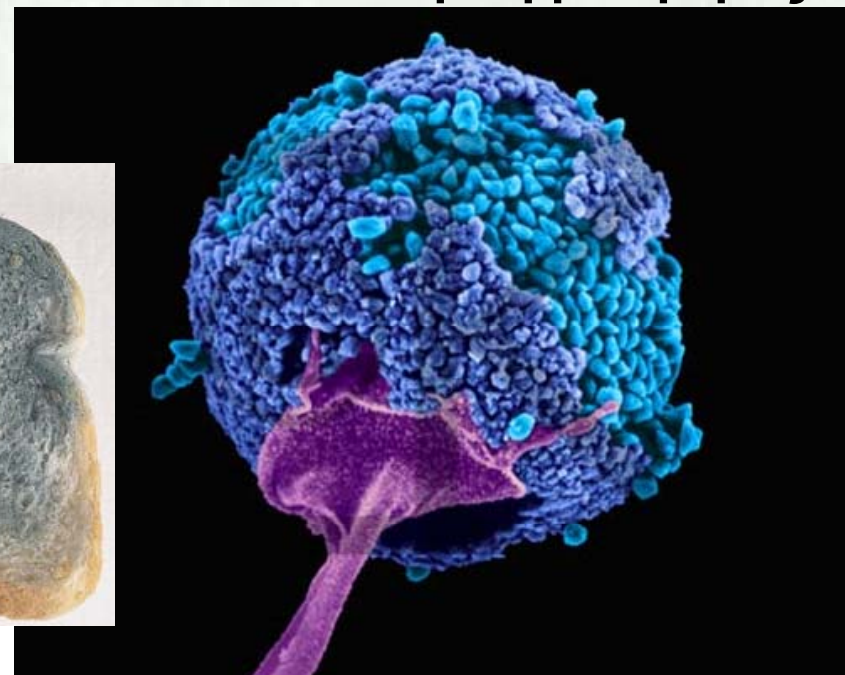
σποριαγγειοφόροι και σποριάγγεια
Rhizopus stolonifer



σποριαγγειοφόρος

Rhizopus stolonifer

(προκαλεί το μούχλιασμα στο ψωμί)

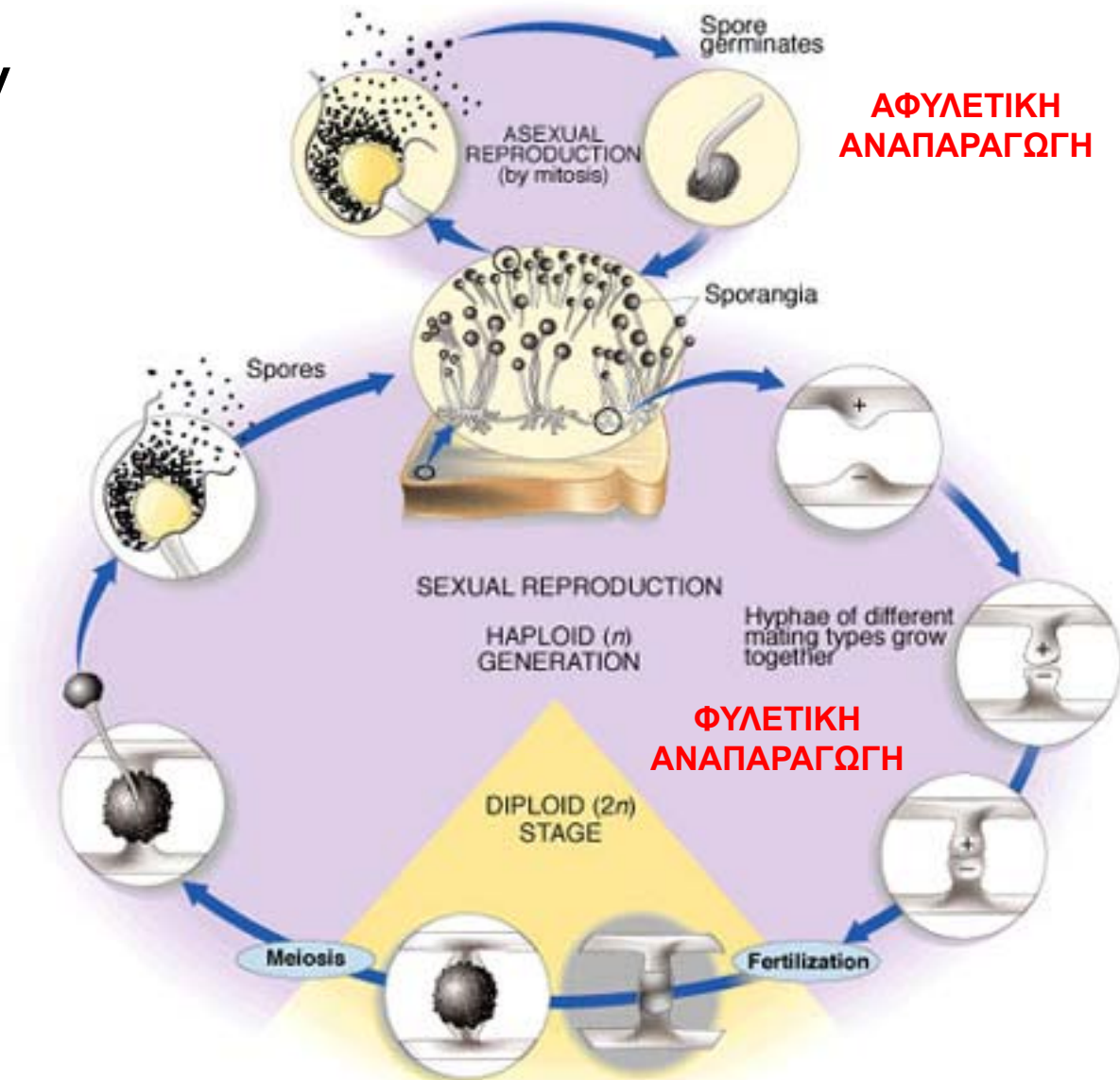


Τρόποι αναπαραγωγής υφομυκήτων (μουχλών)

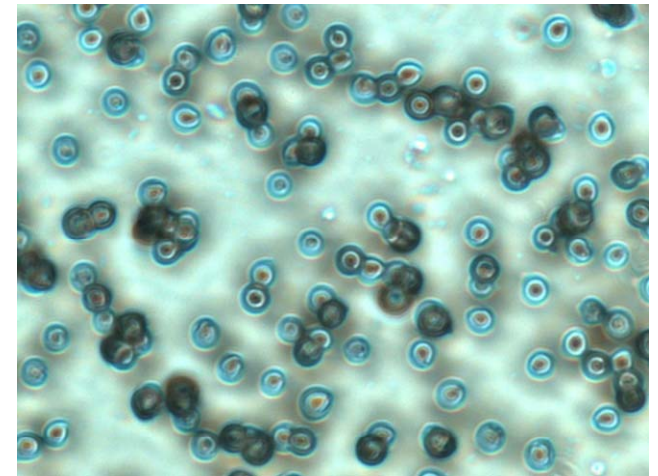
- ▶ Οι υφομύκητες μπορούν να αναπαραχθούν είτε **αφυλετικά** (ασεξουαλικά, μονογονικά), είτε **φυλετικά** (σεξουαλικά, αμφιγονικά).
- Η αφυλετική αναπαραγωγή μπορεί να γίνει:
 - ✓ μέσω **κατακερματισμού (αποκοπής) των υφών** (οπότε το αποκομμένο τμήμα οδηγεί στο σχηματισμό νέου μυκηλίου)
 - ✓ μέσω **αφυλετικών σπορίων**
- Τα **αφυλετικά σπόρια** σχηματίζονται από τις υφές ενός μύκητα.
- Όταν αυτά τα σπόρια βλαστάνουν προκύπτουν μύκητες που είναι **γενετικά πανομοιότυποι** με το γονεϊκό είδος.
- Η φυλετική αναπαραγωγή μπορεί να γίνει μόνο μέσω του σχηματισμού **φυλετικών σπορίων** (**δεν είναι όλοι οι μύκητες ικανοί**).

Φυλετική (σεξουαλική) αναπαραγωγή υφομυκήτων (μέσω φυλετικών σπορίων)

- Τα **φυλετικά σπόρια** προκύπτουν από **συνένωση των απλοειδών πυρήνων** δύο στελεχών ενός μύκητα του ίδιου είδους (**πυρρηνογαμία**).
- Οι μύκητες που προκύπτουν από φυλετικά σπόρια έχουν τα γενετικά χαρακτηριστικά και των δύο γονεϊκών στελεχών.
- Οι μύκητες παράγουν συχνότερα **αφυλετικά**, παρά **φυλετικά σπόρια**.
- Όταν αναπτύσσονται στο εργαστήριο, οι περισσότεροι μύκητες παράγουν μόνο **αφυλετικά σπόρια**.

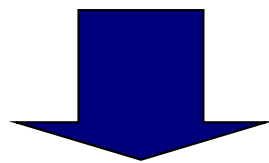


- Τα **σπόρια των μυκήτων** (αφυλετικά, φυλετικά) είναι ανθεκτικά στη ξηρασία, στη θερμότητα, στο ψύχος και σε ορισμένους χημικούς παράγοντες, αλλά **δεν διαθέτουν την αντοχή των βακτηριακών ενδοσπορίων.**



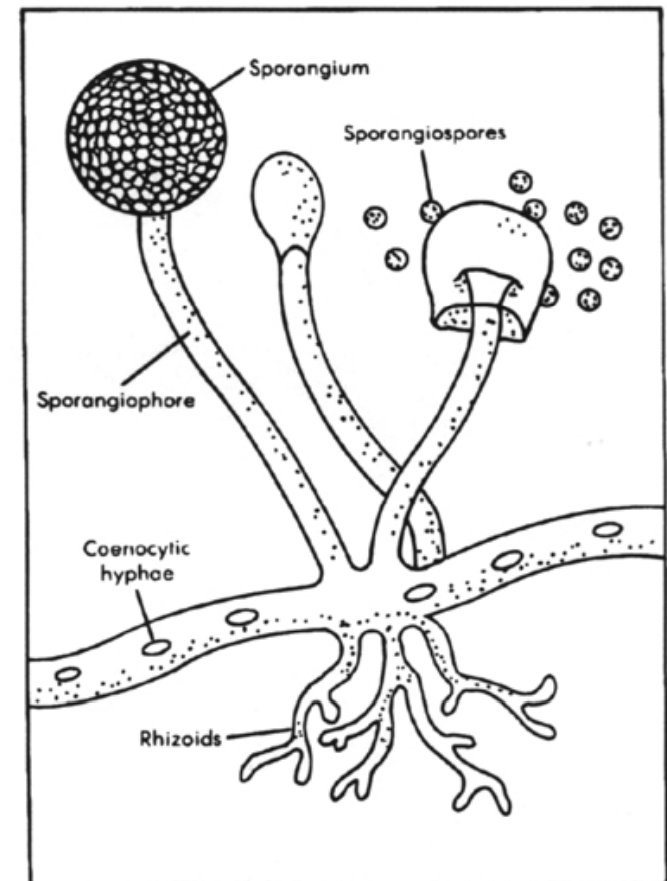
- Αυτά διασκορπίζονται εύκολα με τον αέρα και όταν μεταφερθούν στο κατάλληλο θρεπτικό υπόστρωμα **βλαστάνουν και δημιουργούν νέες υφές και μυκήλια.**

- Κάποιοι μύκητες στερούνται φυλετικής αναπαραγωγής και κατατάσσονται στους **δευτερομύκητες ή ατελείς μύκητες.**



- Στην κατηγορία αυτή ανήκουν γνωστοί μύκητες που προσβάλλουν τα φυτά, τα ζώα και τον άνθρωπο.

- ✓ π.χ. *Penicillium*, *Aspergillus*



Σημαντικά φύλα μυκήτων

- Οι μυκηλιακοί μύκητες, ανάλογα με το είδος των φυλετικών σπορίων που παράγουν, διακρίνονται στους:
 - ✓ **ασκομύκητες** → **εδώ ανήκουν οι περισσότερες ζύμες**
 - ο παράγουν σπόρια μέσα σε σάκκο (ασκό) που καλούνται **ασκοσπόρια** (ascospores)
 - ✓ **ζυγομύκητες**
 - ο παράγουν μεγάλα σπόρια που περιβάλλονται από παχύ κυτταρικό τοίχωμα και τα οποία καλούνται **ζυγοσπόρια** (zygospores), μούχλες του ψωμιού, π.χ. *Rhizopus*, *Mucor*
 - ✓ **βασιοδιομύκητες** → **εδώ ανήκουν τα μανιτάρια**
 - ο τα σπόρια (**βασιδιοσπόρια**) παράγονται στο άκρο μιας ροπαλοειδούς δομής που καλείται **βασίδιο** (basidium)
 - ✓ **ωομύκητες** → **μυκητιόμορφα φύκη (νέα ταξινόμηση)**
 - ο παράγουν ωοσπόρια (oospores), υδρόβιοι μύκητες, π.χ. *Phytophthora infestans* (περονόσπορος της πατάτας)



**Μονοκύτταροι μύκητες
(ζύμες ή ζυμομύκητες)**

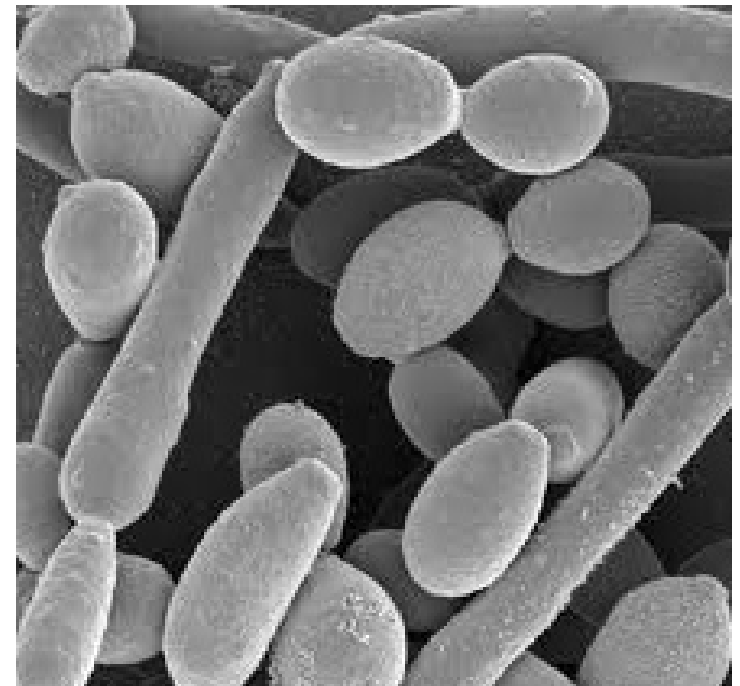
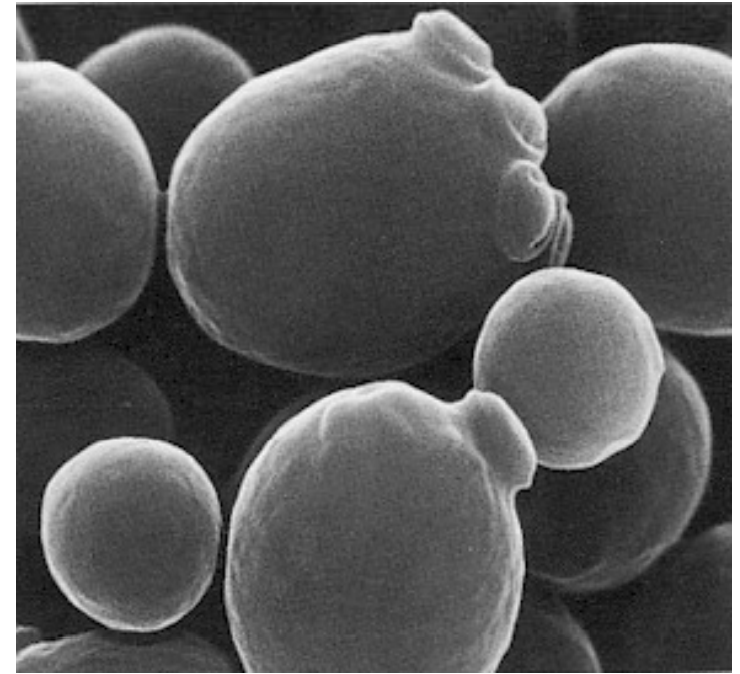
(yeasts)

- Οι ζυμομύκητες είναι **μονοκύτταροι μύκητες**, η πλειονότητα των οποίων κατατάσσεται στους **ασκομύκητες**.

- Είναι **προαιρετικά αναερόβιοι** μικροοργανισμοί.

- Ευδοκιμούν κυρίως σε περιβάλλοντα που υπάρχουν πολλά σάκχαρα (π.χ. ***Saccharomyces cerevisiae***).

- Κάποιες ζύμες **ζουν συμβιωτικά** με ζώα (κυρίως έντομα), ενώ άλλες είναι **παθογόνες** για τα ζώα και τον άνθρωπο (π.χ. ***Candida albicans***).



Αφυλετική αναπαραγωγή ζυμομυκήτων

- Στις ζύμες, η κυτταρική διαίρεση γίνεται συνήθως με **εκβλάστηση** (budding).
- Σε αυτή τη διαδικασία σχηματίζεται ένα νέο κύτταρο υπό μορφή μιας μικρής προεξοχής, η οποία σταδιακά μεγαλώνει και τελικά αποχωρίζεται.
- Κάποιες ζύμες υπό ορισμένες συνθήκες σχηματίζουν **ψευδοϋφές** (pseudohypha).
- ✓ Για παράδειγμα, η ***Candida albicans*** προσκολλάται στα επιθηλιακά κύτταρα του ανθρώπου, αλλά συνήθως δημιουργεί **ψευδοϋφές** όταν εισβάλλει σε βαθύτερους ιστούς.



διαδικασία εκβλάστησης σε κύτταρα ζυμομύκητα

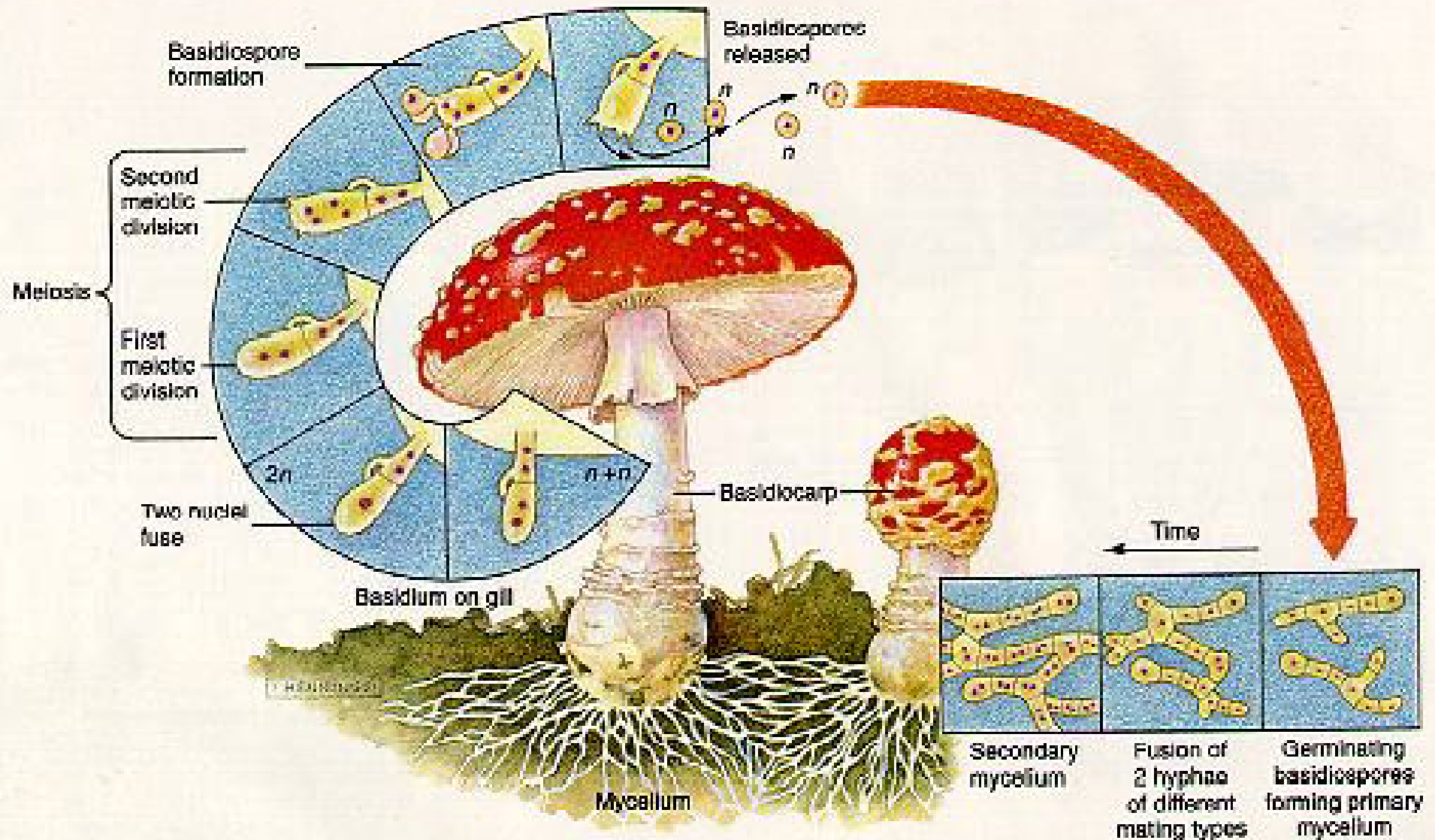


Μανιτάρια **(μακροσκοπικοί βασιδιομύκητες)**

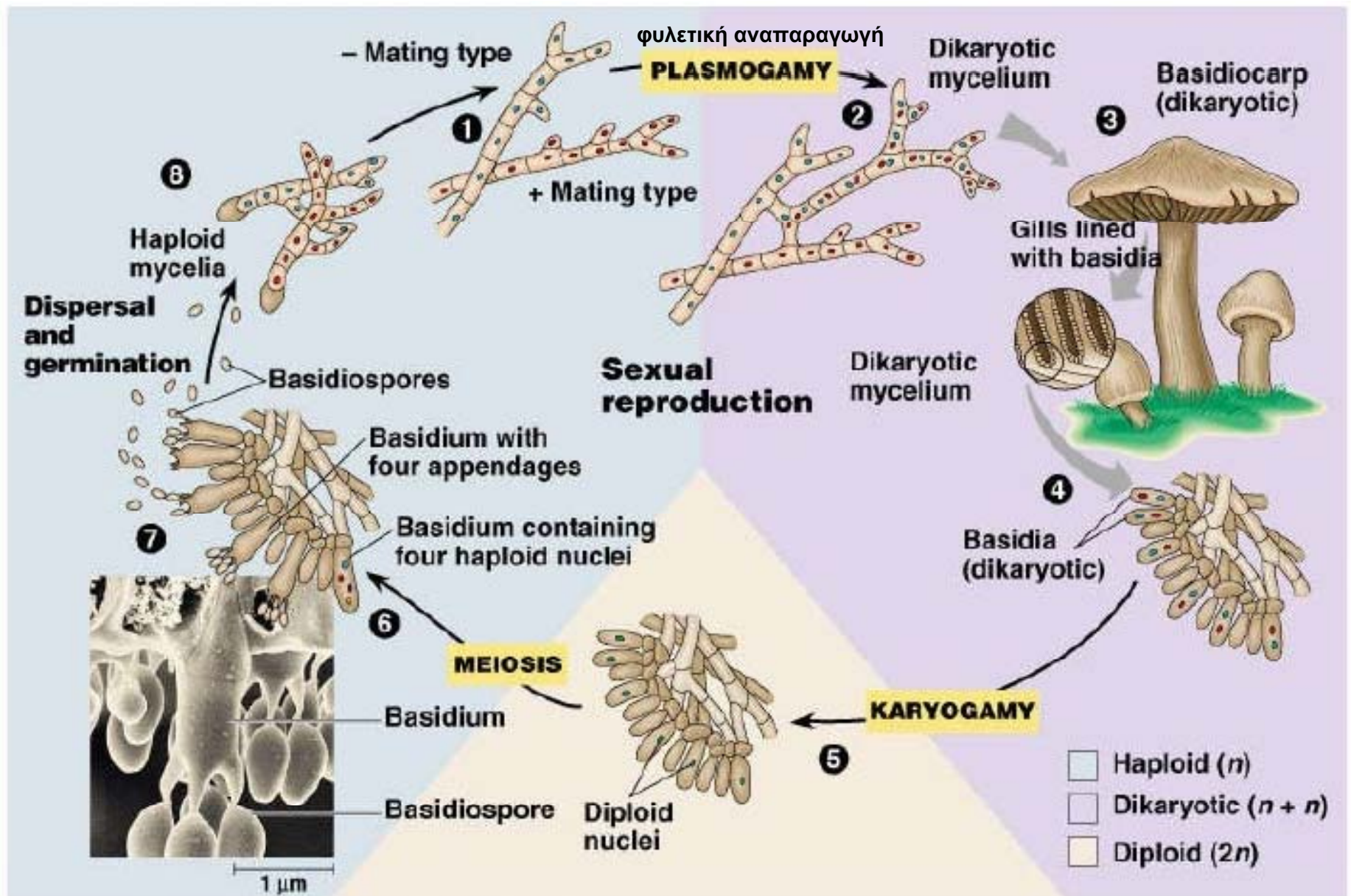
- Ταμανιτάρια είναι **μακροσκοπικοί νηματοειδείς βασιδιομύκητες**, που σχηματίζουν μεγάλες δομές που ονομάζονται **καρποσώματα** (fruiting bodies).
- Τα καρποσώματα καλούνται κοινώς **μανιτάρια** και σχηματίζονται από τη σύνδεση μεγάλου αριθμού μεμονωμένων υφών.
- Ταμανιτάρια ζουν το μεγαλύτερο μέρος της ζωής τους **υπό μορφή μυκηλίου** (στο έδαφος, στα φύλλα και σε κορμούς δένδρων που αποσυντίθενται).
- **Όταν οι συνθήκες του περιβάλλοντος γίνουν ευνοϊκές αναπτύσσονται τα καρποσώματα (μέσω φυλετικής αναπαραγωγής).**
- Τα **βασιδιοσπόρια** είναι τα **φυλετικά σπόρια** τωνμανιταριών και σχηματίζονται στο κάτω μέρος των καρποσωμάτων, πάνω στα **ελάσματα**.
- Τα ελάσματα στηρίζονται στον **πίλο** τουμανιταριού.



κύκλος ζωής ενός τυπικού μανιταριού (βασιδιομύκητα)



κύκλος ζωής ενός τυπικού μανιταριού (βασιδιομύκητα)





**ελάσματα στην κάτω επιφάνεια ενόςμανιταριού
(βασιδιομύκητα, αυτός φέρει βασίδιο που συγκρατεί τα βασιδιοσπόρια)**



Amanita phalloides



Amanita muscaria



Psilocybe semilanceata

καρποσώματα μερικών δηλητηριωδών μανιταριών



Καλλιεργούμενα εδώδιμα μανιτάρια

- Στα περισσότερα μέρη του κόσμου, το μανιτάρι που καλλιεργείται εμπορικά σε φάρμες μανιταριών είναι το ***Agaricus bisporus***.



- Ένα άλλο είδος καλλιεργούμενου μανιταριού είναι το ***Lentinus edulus*** (σιιτάκε), το οποίο καλλιεργείται σε τμήματα κορμού δένδρων.





Φύκη (ή άλγη)

(algae)

■ Τα φύκη αποτελούν μια **μεγάλη και ανομοιογενή ομάδα** οργανισμών, η πλειονότητα εκ των οποίων είναι μικροσκοπικά κύτταρα, όμως ορισμένα υπερβαίνουν σε μήκος τα 30 μέτρα.

➤ **Κυριότερα γένη φυκών:**

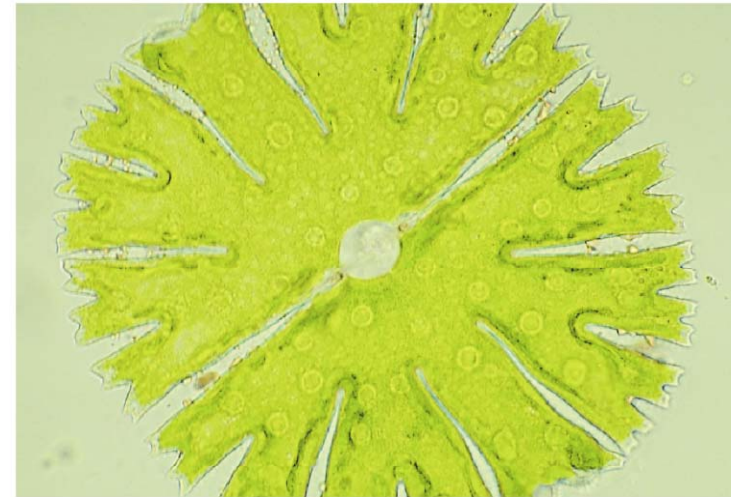
- ✓ *Chlamydomonas*
- ✓ *Euglena*
- ✓ *Gonyaulax*

➤ **Είναι φωτοαυτότροφοι οργανισμοί (όπως και τα φυτά), δηλαδή:**

- ✓ χρησιμοποιούν το CO_2 σαν πηγή άνθρακα

και

- ✓ η **ηλιακή ενέργεια** χρησιμοποιείται για τη σύνθεση του ATP



- Ζουν είτε ως **μεμονωμένα κύτταρα**, είτε σε **αποικίες** αποτελούμενες από συναθροίσεις κυττάρων.
- Όταν τα κύτταρα διατάσσονται στη σειρά, τα φύκη λέγονται **νηματοειδή**.
- Τα περισσότερα έχουν πράσινο χρώμα (**πράσινα φύκη, χλωρόφυτα**), διότι διαθέτουν χλωροφύλλη. 
- Αλλά κάποια είναι φαιά ή κόκκινα (**φαιοφύκη, ερυθροφύκη**), επειδή περιέχουν και άλλες χρωστικές (π.χ. ξανθοφύλλες) που επικαλύπτουν το πράσινο χρώμα. 
- Τα κύτταρα των φυκών περιέχουν ένα ή περισσότερους **χλωροπλάστες**, στους οποίους υπάρχουν οι φωτοσυνθετικές χρωστικές.

- Τα φύκη αφθονούν στη φύση σε **υδάτινα ενδιαιτήματα**, τόσο φυσικά (λίμνες, θάλασσες), όσο και τεχνητά (π.χ. πισίνες, υδατοκαλλιέργειες).
- Κάποια είδη **υπάρχουν και στο έδαφος** (σε ξηρά περιβάλλοντα).
- Κάποια είδη φυκών είναι **χημειοργανοτροφικά** (δηλαδή προμηθεύονται ενέργεια μέσω του καταβολισμού οργανικών ενώσεων) και **μπορούν έτσι να αναπτύσσονται στο σκοτάδι**.
- Στα φύκη, σε αντίθεση με τα πρωτόζωα και τους μυξομύκητες **είναι αδύνατη η πρόσληψη τροφής μέσω φαγοκυττάρωσης**.
- Αρκετά φύκη μπορούν να μετακινούνται με τη βοήθεια **μαστιγίων**.
- Τα **πράσινα φύκη** (όπως και τα **κυανοβακτήρια**) σχηματίζουν τις **λειχήνες** όταν συνυπάρχουν με μύκητες.



**μικροβιακή κοινότητα
λειχήνων (συνβίωση
μυκήτων, πράσινων φυκών
και κυανοβακτηρίων) πάνω
σε βράχο**

Τοξικά φύκη

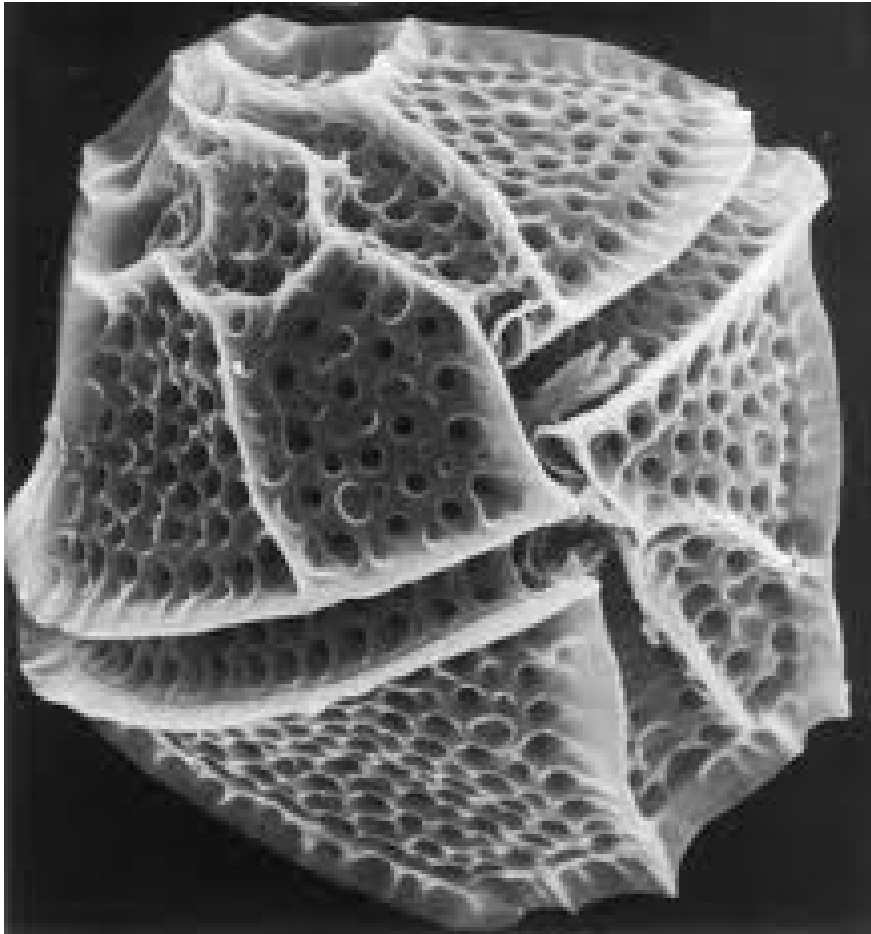
- Κάποια φύκη, είναι τοξικά επειδή παράγουν **νευροτοξίνες** (neurotoxins).
- Τα ***Alexandrium catenella*** και ***Pfiesteria piscicida*** σχετίζονται με **θάνατο ψαριών** και **δηλητηρίαση ανθρώπων** μέσω της κατανάλωσης μολυσμένου νερού, ψαριών και οστρακοειδών (π.χ. γαρίδες, καραβίδες, καβούρια, αστακός).



«ερυθρή παλίρροια» τοξικών φυκών, τα οποία αναπτύσσονται σε υψηλές συγκεντρώσεις οργανικών ουσιών



παραλυτική δηλητηρίαση από οστρακόδερμα (paralytic shellfish poisoning)



Alexandrium catenella
(πρώην *Gonyaulax catenella*)

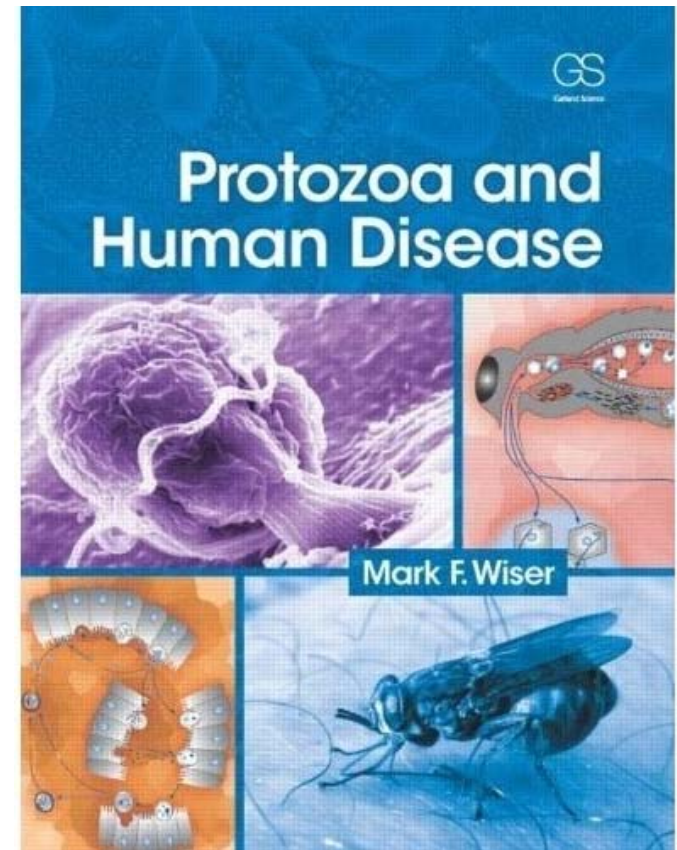


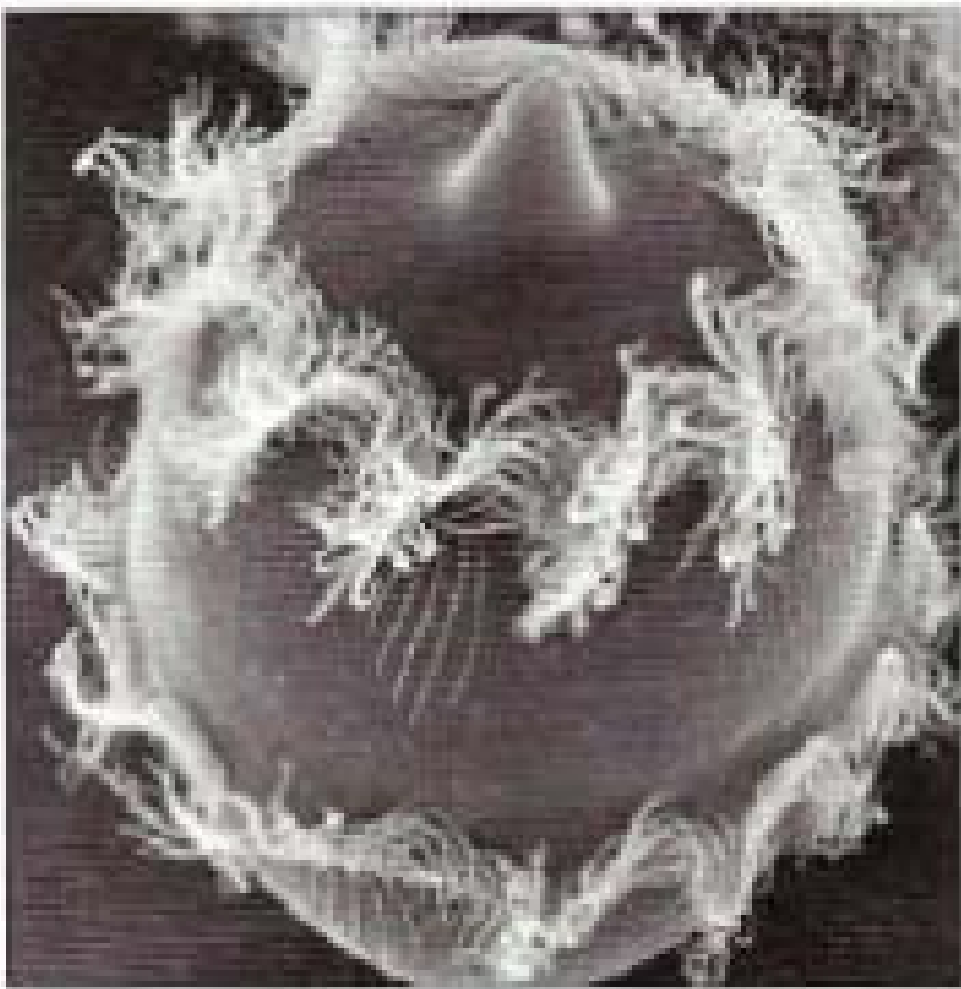


Πρωτόζωα

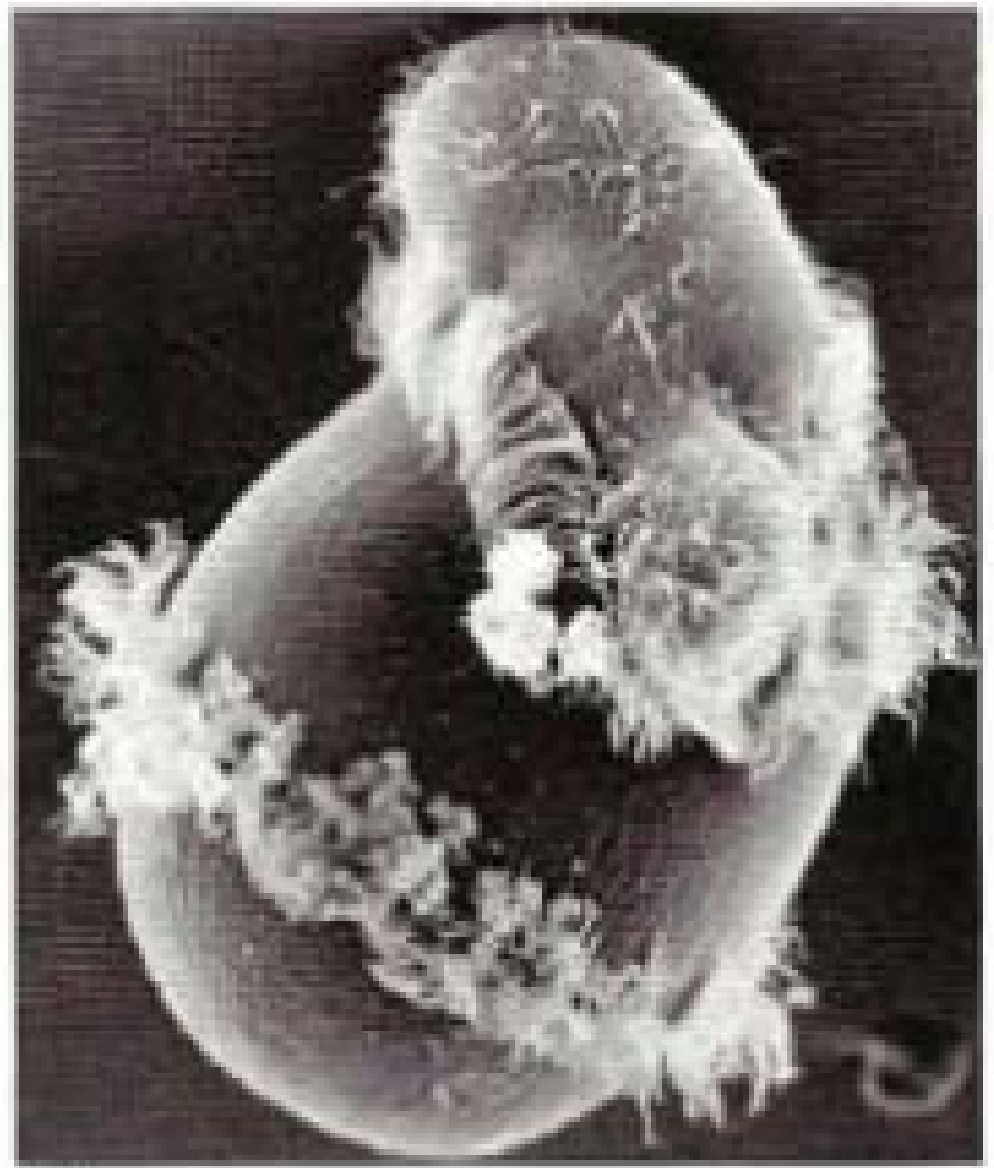
(protozoa)

- Τα πρωτόζωα είναι **μονοκύτταροι ευκαρυωτικοί μικροοργανισμοί χωρίς κυτταρικό τοίχωμα**.
- Είναι συνήθως **χημειοτερότροφα**, δηλαδή προμηθεύονται την απαραίτητη ενέργεια μέσω της **οξείδωσης οργανικών ενώσεων**.
- Συνήθως απαντούν σε **υδάτινα ενδιαιτήματα** (γλυκού, θαλασσινού νερού) και πολλά είναι **παράσιτα ζώων** (π.χ. του ανθρώπου).
- Τα περισσότερα πρωτόζωα τρέφονται με **εγκόλπωση** και αφομοίωση στερεών ουσιών ή και ολόκληρων κυττάρων (**φαγοκυττάρωση**).





(A) 100 μ m



(B)

ένα κύτταρο *Didinium* «καταβροχθίζει» ένα κύτταρο *Paramecium*
(ένα άλλο βλεφαριδοφόρο πρωτόζωο)

Ταξινομικές ομάδες (φύλα) πρωτόζωων

- Τα περισσότερα πρωτόζωα διαθέτουν αυτοκινησία και ανάλογα με το μηχανισμό κίνησής τους διακρίνονται σε 4 ταξινομικές ομάδες:
 - ✓ τα **μαστιγοφόρα** (flagellates, φύλο Euglenozoa)
 - ο χρησιμοποιούν για την κίνησή τους μαστίγια (flagella)
 - ✓ τα **σαρκώδη ή αμοιβάδες** (amoebae, φύλο Amoebozoa)
 - ο κινούνται με αμοιβαδοειδή κίνηση (αυτά εκτείνουν κυτταροπλασματικές προεκβολές, τα ψευδοπόδια, για την κίνηση και την πρόσληψη της τροφής)
 - ✓ τα **βλεφαριδοφόρα** (φύλο Ciliophora)
 - ο χρησιμοποιούν για την κίνησή τους βλεφαρίδες (cilia)
 - ✓ τα **σπορόζωα ή ακροσυμπλεγματικά** (φύλο Apicomplexa)
 - ο δεν διαθέτουν κίνηση, είναι όλα υποχρεωτικά παράσιτα ζώων

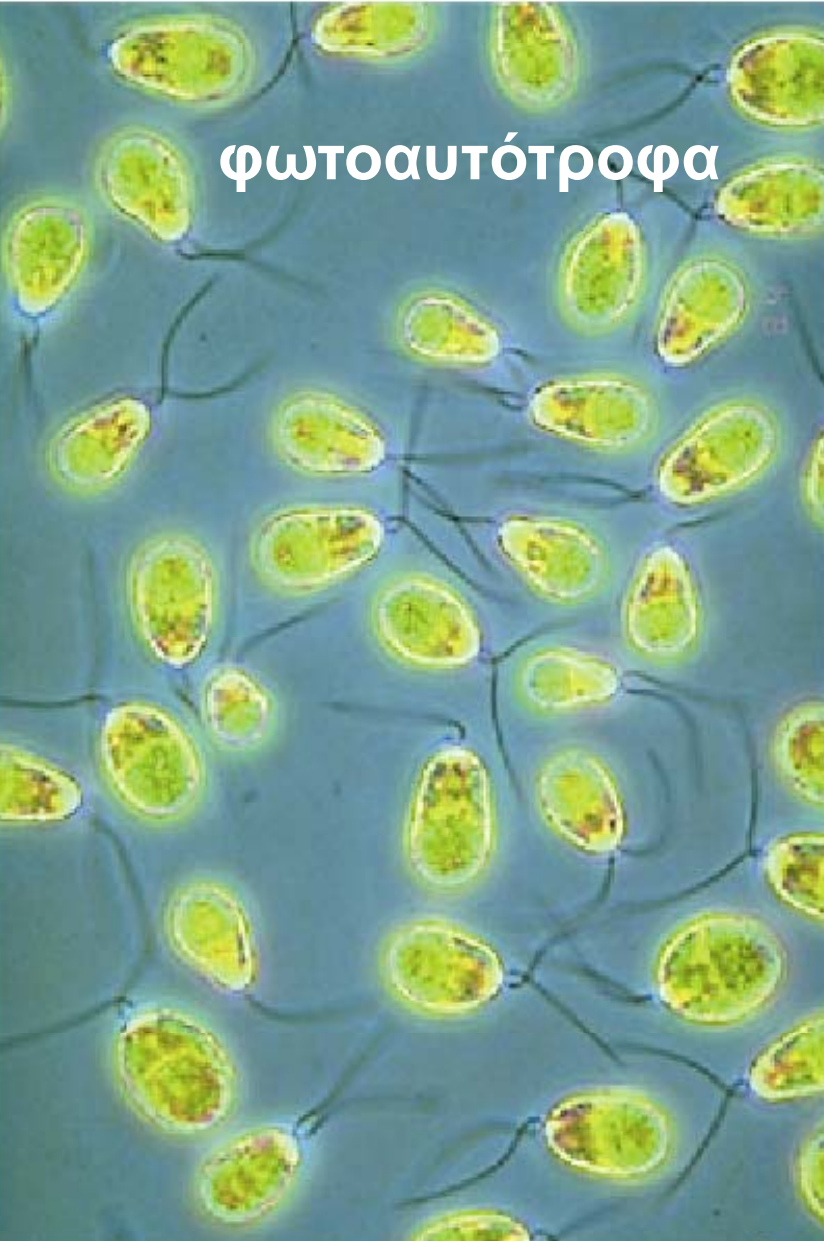
ψευδοπόδια



αμοιβάδα

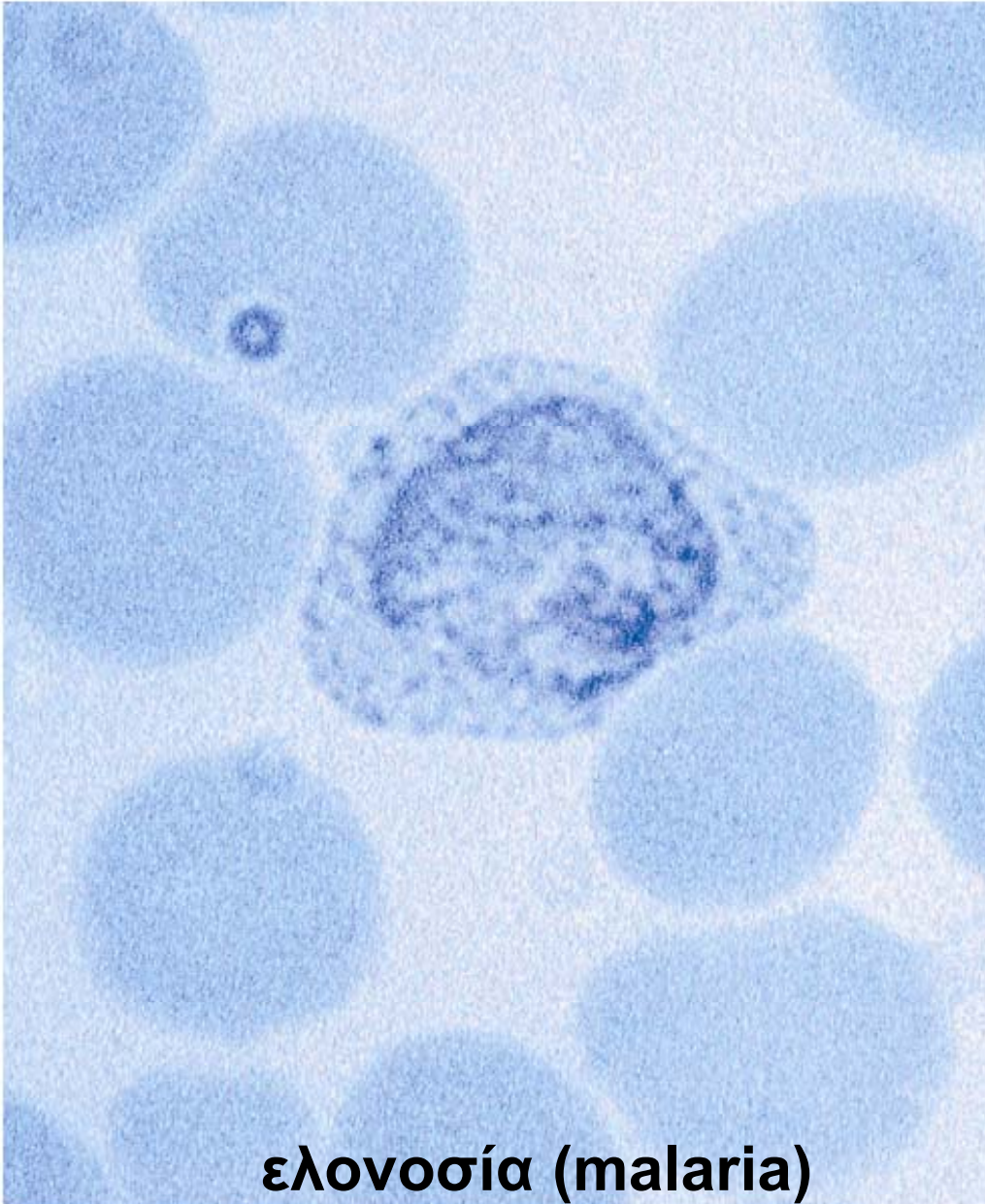


βλεφαριδοφόρο (*Paramecium*)



φωτοαυτότροφα

μαστιγοφόρο (*Dunaliella*)



ελονοσία (malaria)

σπορόζωο (*Plasmodium vivax*)

Τρόπος αναπαραγωγής πρωτόζωων

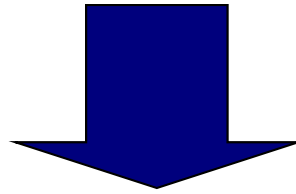
- Τα πρωτόζωα συνήθως αναπαράγονται ασεξουαλικά (αφυλετικά, μονογονικά) με:
 - ✓ απλή διχοτόμηση (όπως τα βακτήρια)
 - ✓ εκβλάστηση (όπως οι ζύμες)
 - ✓ **σχιζογονία** (πριν την κυτταρική διαίρεση ο πυρήνας υφίσταται πολλαπλές διαιρέσεις και έτσι σχηματίζονται πολλοί πυρήνες και γύρω από τον καθένα συγκεντρώνεται μέρος του κυτταροπλάσματος)
- Σε ορισμένα πρωτόζωα έχει παρατηρηθεί **σεξουαλική** (φυλετική, αμφιγονική) αναπαραγωγή.
- Στη **σεξουαλική αναπαραγωγή** παράγονται **απλοειδή** αναπαραγωγικά κύτταρα (**γαμετοκύτταρα, γαμέτες**) τα οποία κατά την αναπαραγωγή συντήκονται σχηματίζοντας ένα **διπλοειδή ζυγωτή**.

Εγκύστωση πρωτόζων

- Όταν αντιμετωπίζουν συγκεκριμένες **αντίξοες συνθήκες**, ορισμένα πρωτόζωα παράγουν ένα προστατευτικό περίβλημα που καλείται **κύστη**.
- **Ως κύστη**, το πρωτόζωο μπορεί και επιβιώνει σε συνθήκες έλλειψης τροφής, υγρασίας, οξυγόνου, σε ακατάλληλες θερμοκρασίες και επί παρουσίας τοξικών χημικών ενώσεων.
- Η κύστη επιτρέπει επίσης στα **παρασιτικά πρωτόζωα να επιβιώνουν εκτός του ξενιστή**, πράγμα που είναι σημαντικό για τα παράσιτα που αποβάλλονται από ένα ξενιστή προκειμένου να μολύνουν τον επόμενο.



**πρωτόζωο που περιβάλλεται
από προστατευτικό
περίβλημα (κύστη)**



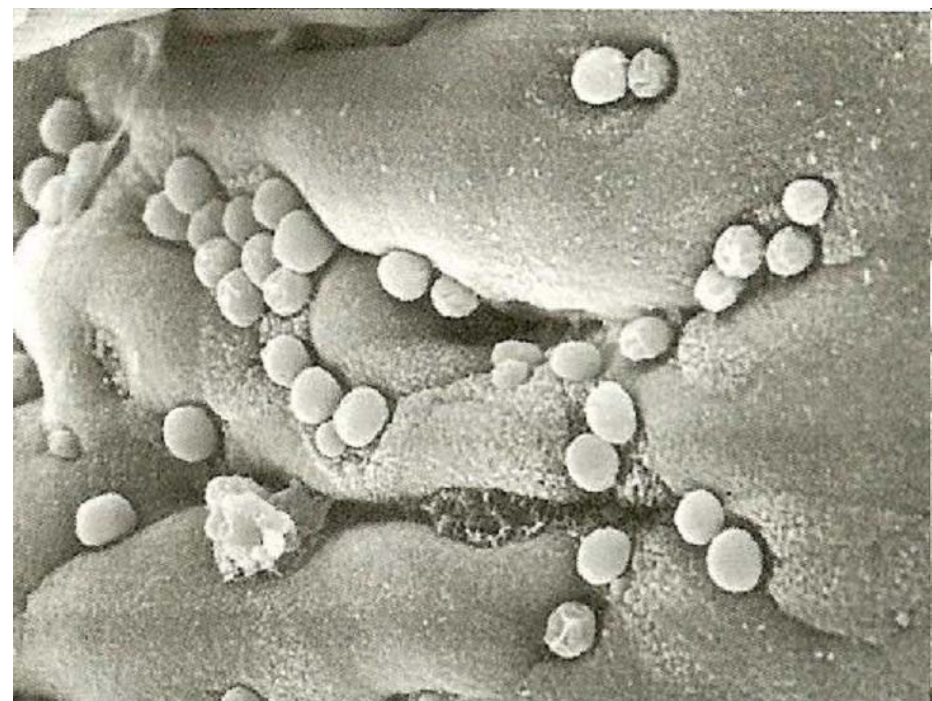
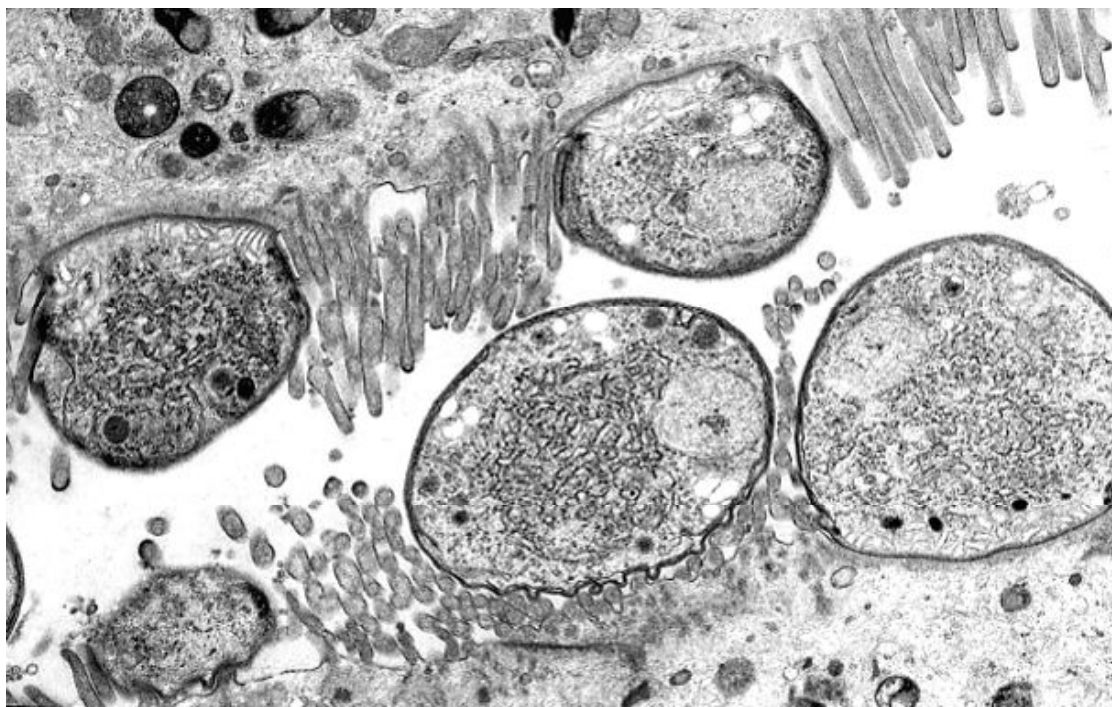
■ Από τα σχεδόν 20000 είδη πρωτόζωων, μόνο λίγα είναι εκείνα που προκαλούν λοιμώξεις στον άνθρωπο.

➤ Μερικές απ' αυτές, μαζί με τα πρωτόζωα που τις προκαλούν είναι οι ακόλουθες:

- ✓ αφρικανική ασθένεια του ύπνου (*Trypanosoma gambiense*)
- ✓ **αμοιβαδική δυσεντερία (*Entamoeba histolytica*)**
- ✓ μηνιγγοεγκεφαλίτιδα (*Naegleria fowleri*)
- ✓ δυσεντερία (*Balantidium coli*, *Paramecium tetraurelia*)
- ✓ ελονοσία (*Plasmodium vivax*, *Plasmodium falciparum*)
- ✓ **λαμβλίαση ή γιαρδίαση (*Giardia intestinalis*)**
- ✓ **κρυπτοσποριδίαση (*Cryptosporidium parvum*)**
- ✓ **κυκλοσπορίαση (*Cyclospora cayenatensis*)**
- ✓ λεισμανίαση (*Leishmania major*)
- ✓ **τοξοπλάσμωση (*Toxoplasma gondii*)**
- ✓ μη γονοκοκκική ουριθρίτιδα, κολπίτιδα (*Trichomonas vaginalis*)

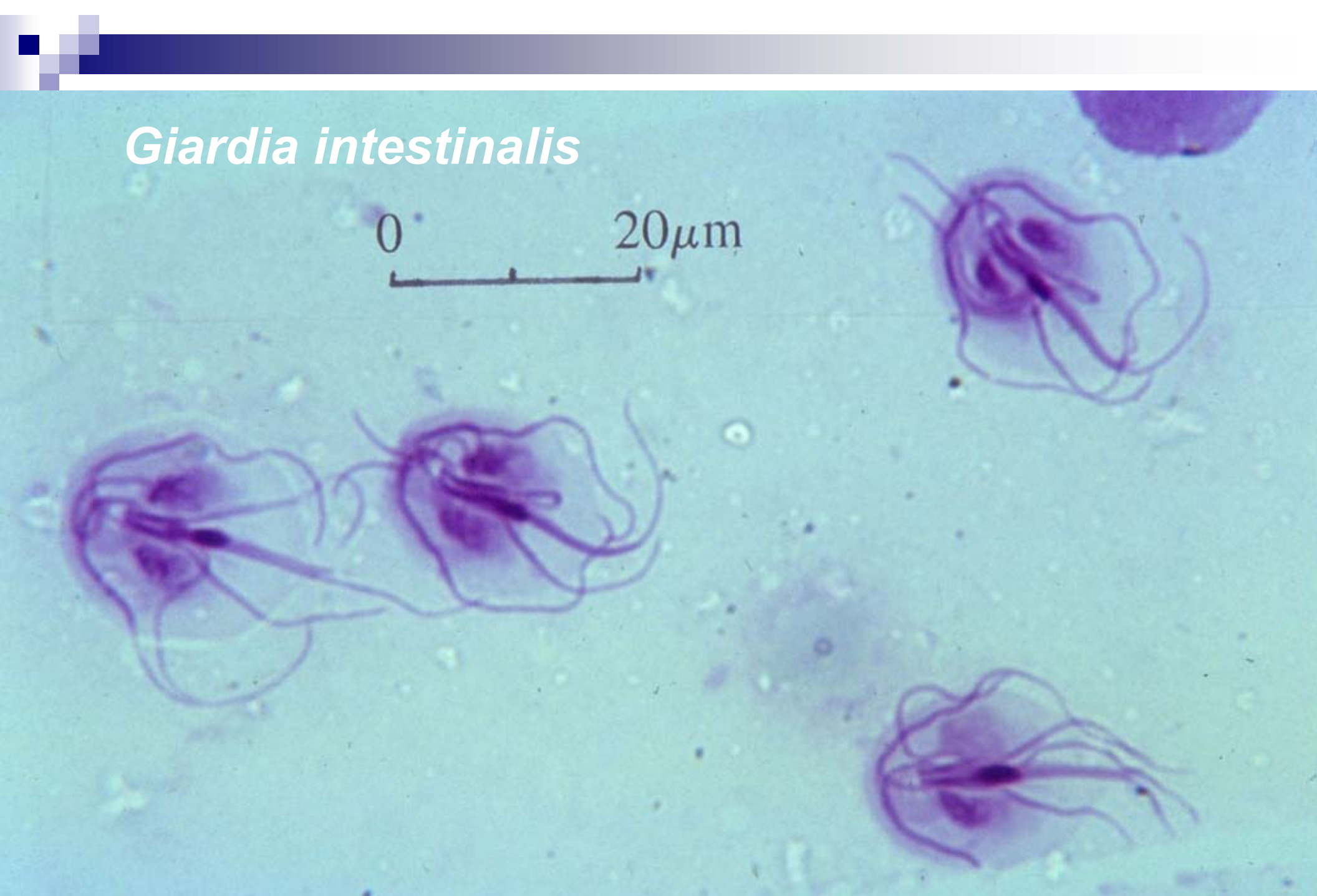
προκαλούν
τροφιμογενείς
λοιμώξεις

**ηλεκτρονικές μικρογραφίες κυττάρων του υποχρεωτικού
παρασιτικού πρωτόζωου *Cryptosporidium parvum*
προσκολλημένα σε εντερικά επιθηλιακά κύτταρα**

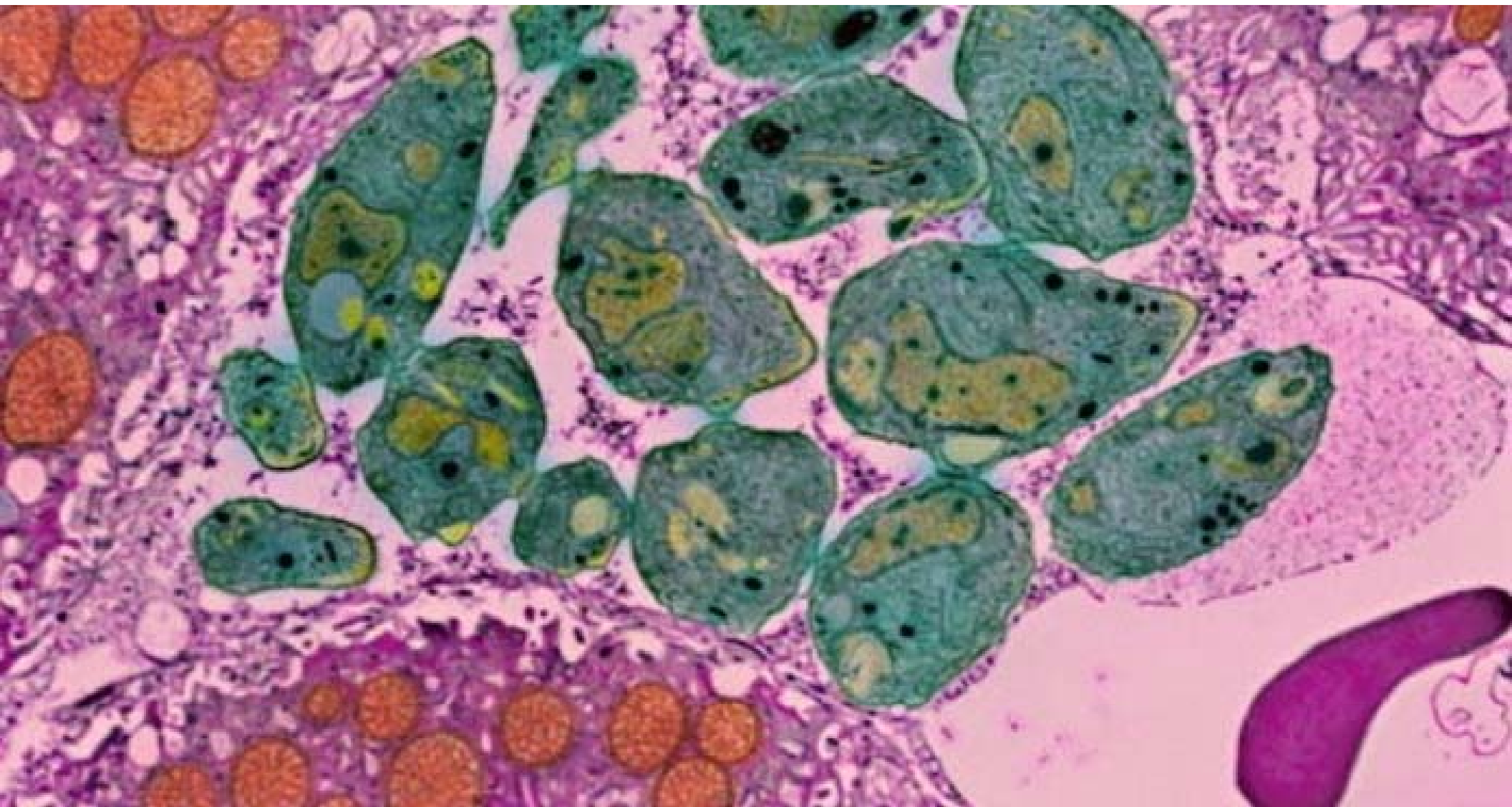


Giardia intestinalis

0 20 μm

A light micrograph showing several Giardia intestinalis trophozoites. The organisms are pear-shaped with multiple flagella extending from their anterior ends. They are stained purple, likely with a trichrome stain. A scale bar in the upper left indicates a length of 20 micrometers, with a '0' at the start and '20 μm' at the end.

εντερικό πρωτόζωο που προκαλεί τη γιαρδίαση στον άνθρωπο (το πιο συχνά αναφερόμενο εντερικό παράσιτο στον ανεπτυγμένο κόσμο)



κύστεις *Toxoplasma gondii* σε ιστό συκωτιού



Έλμινθες

(helminths)

- Οι **έλμινθες** είναι **πολυκύτταροι ευκαρυωτικοί οργανισμοί** (ανήκουν στο βασίλειο των ζώων) που συνήθως διαθέτουν πεπτικό, κυκλοφορικό, νευρικό, απεκκριτικό και αναπαραγωγικό σύστημα.
- Αυτοί είναι **σκουλήκια διαφόρων μεγεθών** (από μικροσκοπικά έως και μήκος πολλά μέτρα), τα οποία είναι **υποχρεωτικά παράσιτα ζώων** (parasitic worms).

➤ **Η πλειοψηφία αυτών ανήκει σε 2 φύλα:**

- ✓ τους **πλατυέλμινθες** (Platyhelminthes, flatworms)

τρηματώδεις (trematodes, flukes)

κεστώδεις (cestodes) ή **ταινίες** (tapeworms)

και

- ✓ τους **νηματέλμινθες** (Nematoda, roundworms)



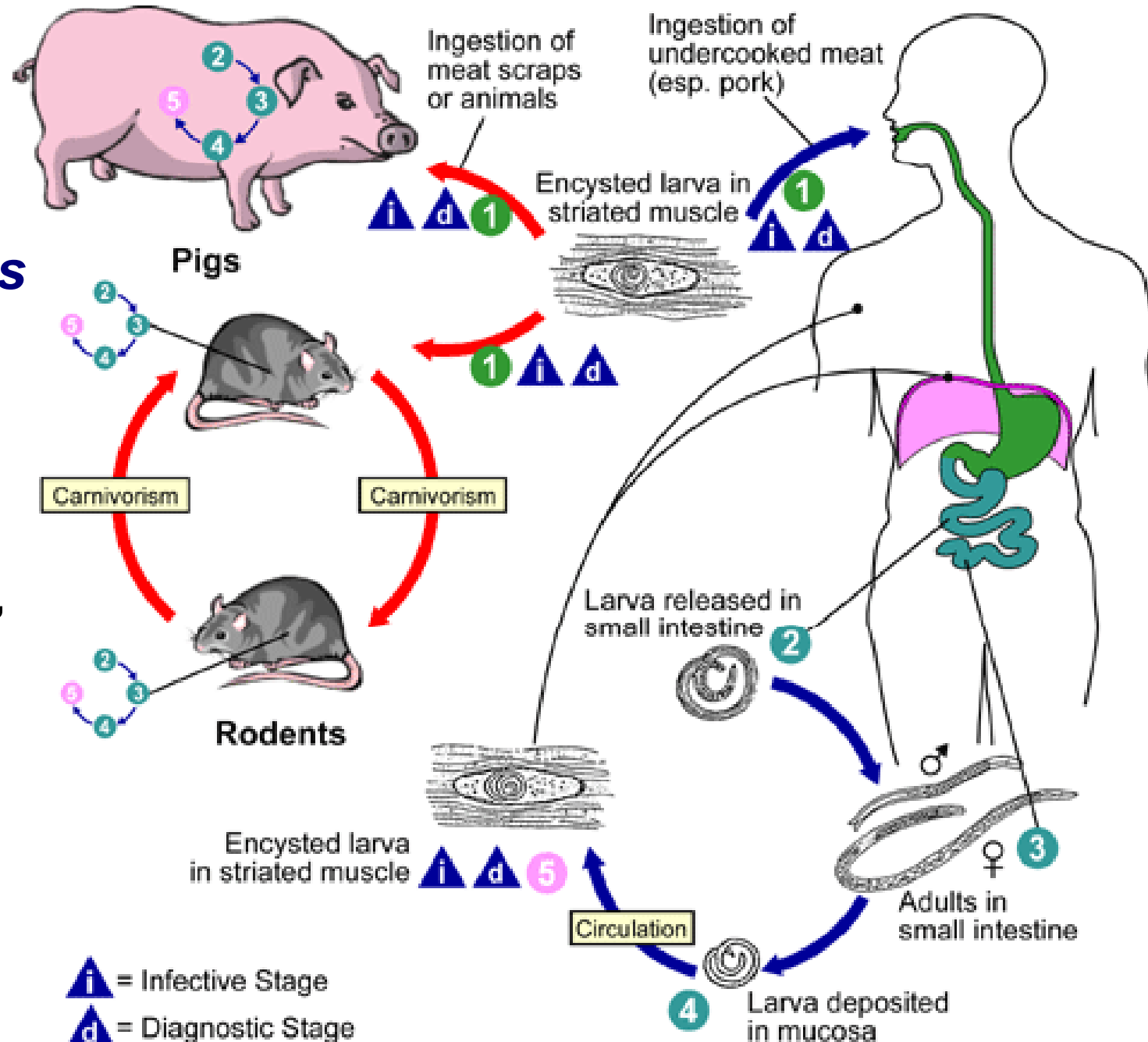
Κύκλος ζωής ελμίνθων

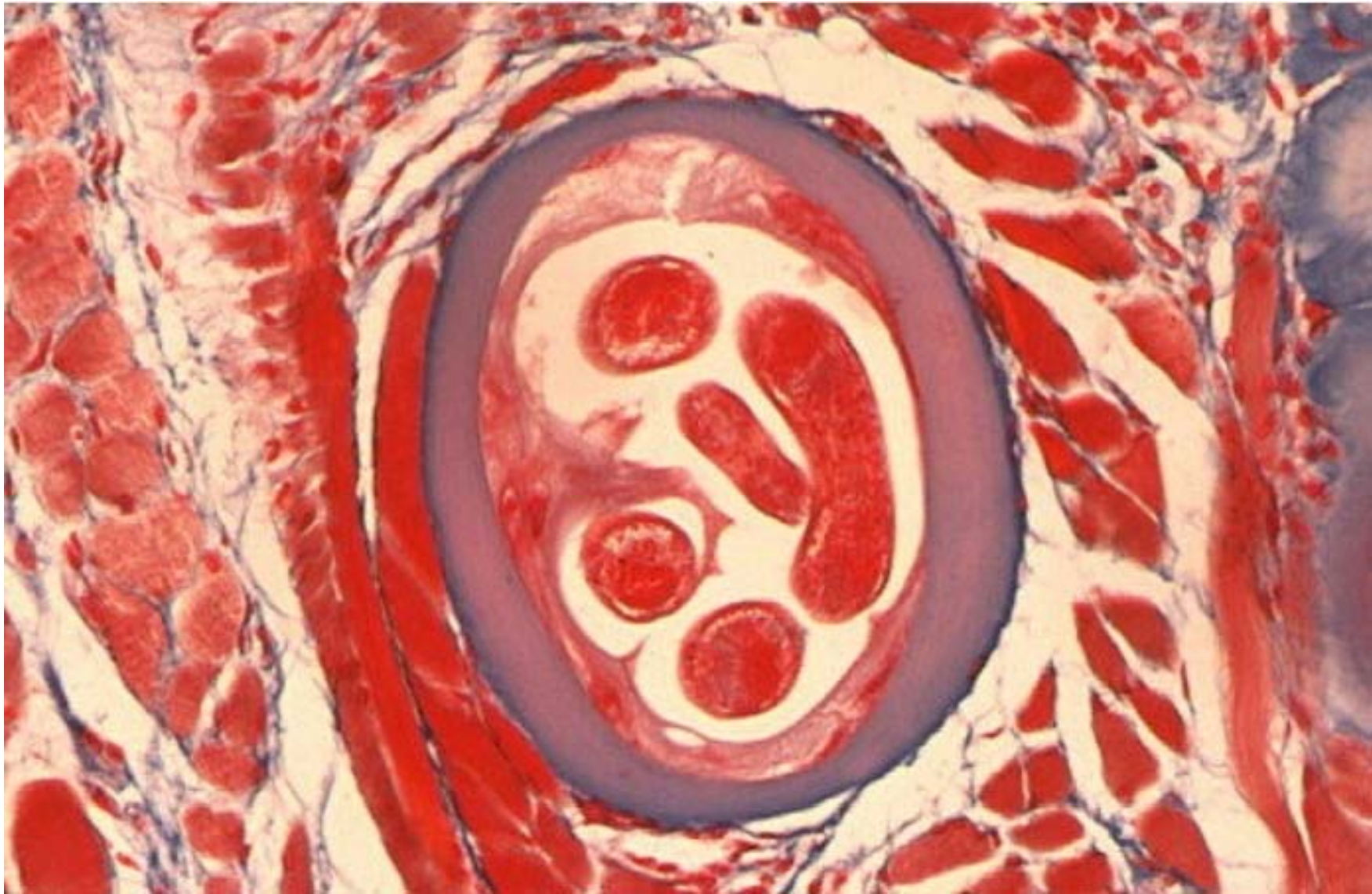
- Η **ανατομία** και ο **κύκλος ζωής** των παρασιτικών ελμίνθων έχουν τροποποιηθεί για να ταιριάζουν στον **παρασιτικό τρόπο ζωής**.
- Αυτός είναι μερικές φορές **εξαιρετικά πολύπλοκος** και μπορεί να περιλαμβάνει **σειρά ενδιάμεσων ξενιστών** (intermediate hosts), έναν για κάθε **εξελικτική φάση του παρασίτου** (larval, developmental stage).
- Ο **τελικός (οριστικός) ξενιστής** (definitive host) είναι αυτός που φιλοξενεί το ενήλικο παράσιτο.
- Οι ενήλικοι σκώληκες διαθέτουν **ξεχωριστά φύλα**, ενώ κάποιοι είναι **ερμαφρόδιτοι** (hermaphroditic), δηλαδή το ίδιο ζώο να διαθέτει και αρσενικά και θηλυκά αναπαραγωγικά όργανα.
- Ορισμένοι ερμαφρόδιτοι σκώληκες **αυτογονιμοποιούνται**.



κύκλος ζωής *Trichinella spiralis*

Νηματέλμινθας που
μπορεί να προκαλέσει
μια δυνητικά σοβαρή
λοίμωξη στον άνθρωπο,
που καλείται
τριχινέλλωση
(trichinellosis) ή
τριχινίαση (trichinosis),
μετά την κατανάλωση
μολυσμένου κρέατος





**εγκυστωμένες προνύμφες (larvae) του παρασιτικού νηματέλμινθα
Trichinella spiralis μέσα σε κύστη που έχει σχηματιστεί μέσα σε χοιρινό
ιστό**