

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ

Ενότητα ε΄

Τα είδη των μικροβίων

ΑΛΕΞΙΟΣ ΒΛΑΜΗΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ

1. Εισαγωγή

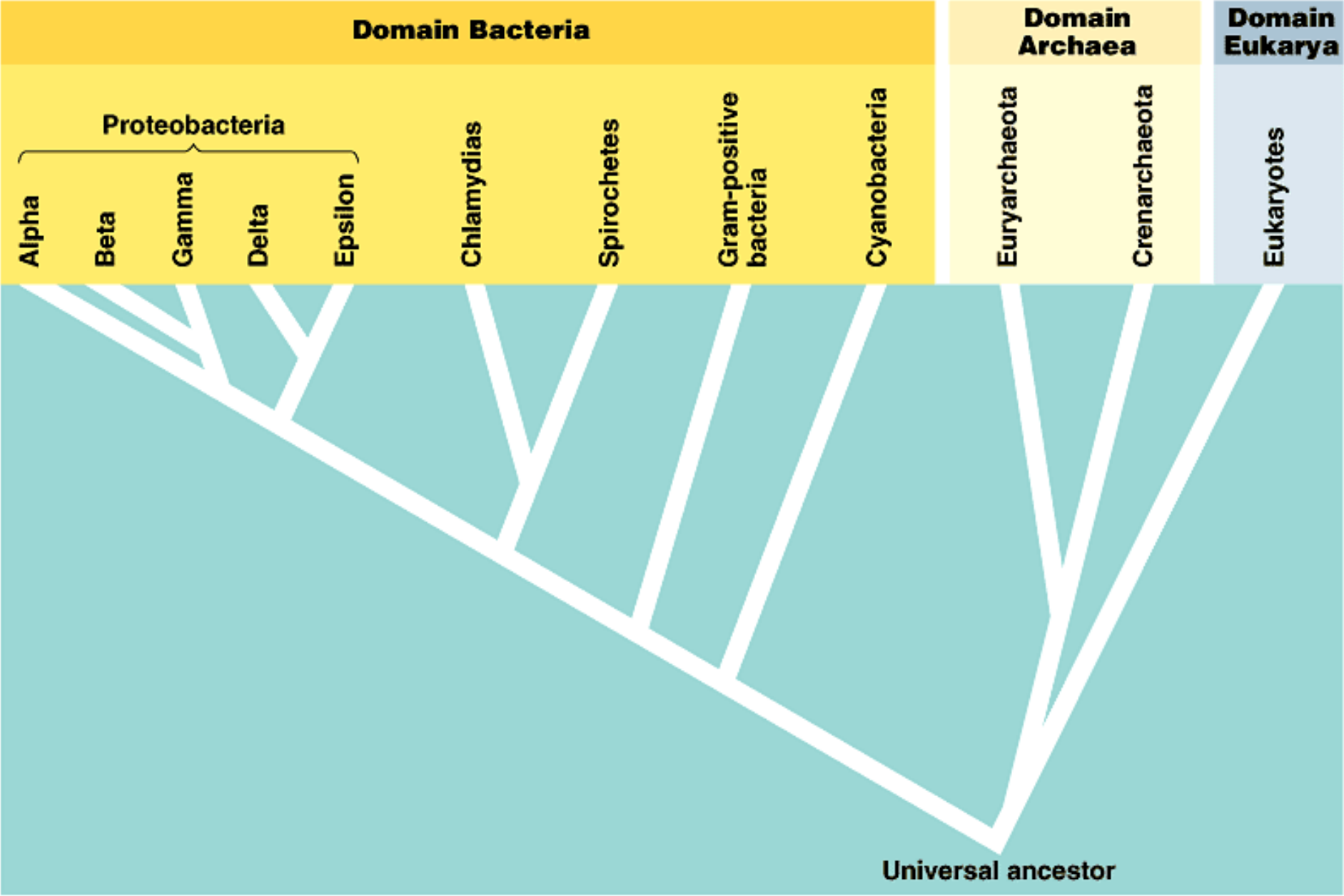
(Μικροβιακή) ταξινόμηση

Τρία ξεχωριστά, αλλά αλληλένδετα μέρη:

- 1) Ταξινόμηση: η διάταξη των οργανισμών σε ομάδες ή ταξινομικές βαθμίδες με βάση την αμοιβαία ομοιότητα ή την εξελικτική συγγένεια.
- 2) Ονοματολογία: ο κλάδος της ταξινόμησης που ασχολείται για την εκχώρηση ονομάτων σε ταξινομικές ομάδες σε συμφωνία με δημοσιευμένους κανόνες.
- 3) Ταυτοποίηση: η πρακτική πλευρά της ταξινόμησης. Είναι η διαδικασία με την οποία αποφασίζεται ότι ένα απομονωμένο μικρόβιο ανήκει σε μία αναγνωρισμένη ταξινομική ομάδα.

Σημασία της ταξινόμησης

1. Επιτρέπει την οργάνωση τεραστίων ποσών γνώσεων σχετικά με κάθε οργανισμό
2. Μας επιτρέπει να κάνουμε προβλέψεις και υποθέσεις για περαιτέρω έρευνα με βάση τη γνώση παρόμοιων οργανισμών.
3. Τοποθετεί τους μικροοργανισμούς σε λογικές, χρήσιμες ομάδες με ακριβή ονόματα έτσι ώστε οι μικροβιολόγοι να μπορούν να τους εξετάζουν και να έχουν κοινή γλώσσα επικοινωνίας και να συνεργάζονται αποτελεσματικά.
4. Επιτρέπει την ταυτοποίηση των μικροοργανισμών με ακρίβεια.



Οι κατηγορίες των μικροβίων

1. Βακτήρια

2. Αρχαία

3. Μύκητες

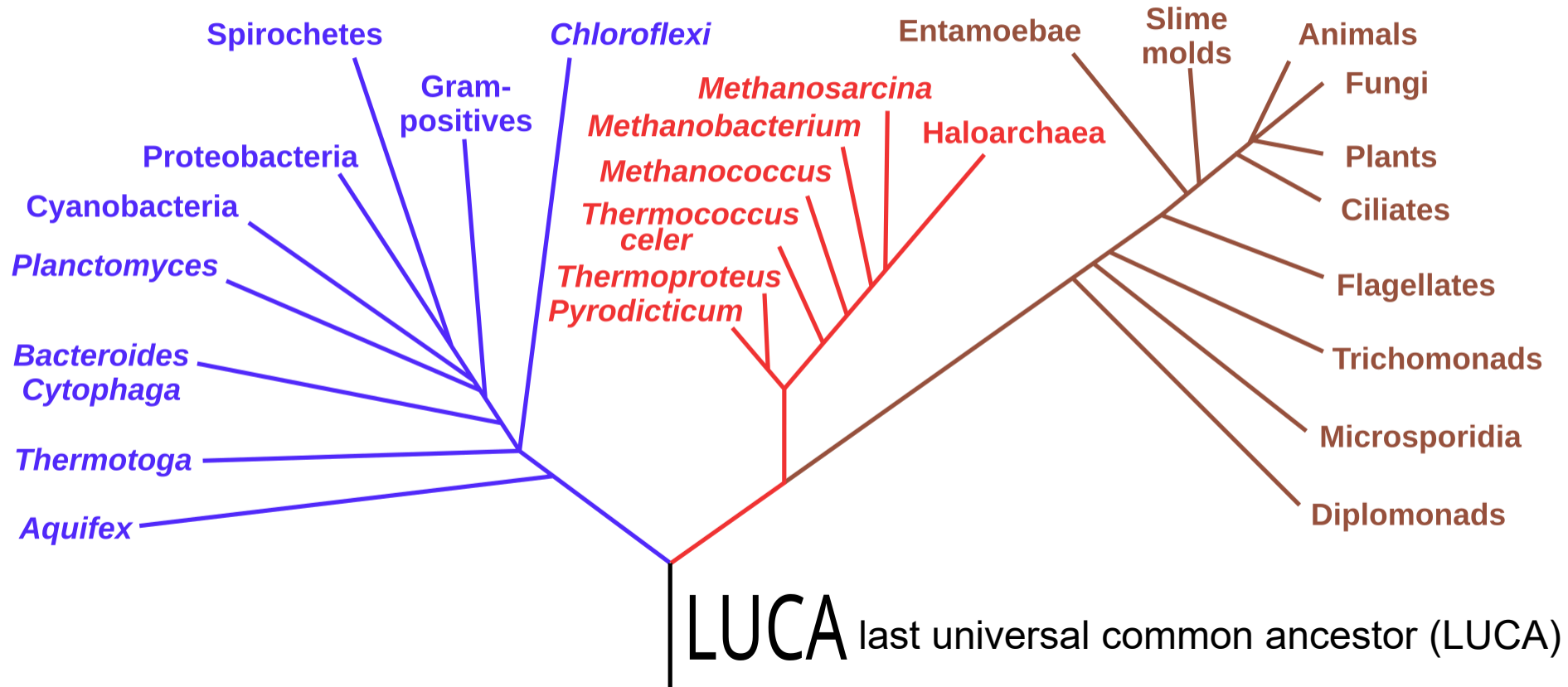
4. Μικροοργανισμοί που εξετάζονται με τους μύκητες

5. Ιοί

Bacteria

Archaea

Eukaryota



Ορισμός του «είδους», γενικά

Η βασική μονάδα της ταξινομικής. Αντιπροσωπεύει έναν συγκεκριμένο αναγνωρίσιμο τύπο του οργανισμού.

- Για του οργανισμούς που αναπαράγονται φυλετικά, ο κυρίαρχος ορισμός του είδους βασίζεται στην αναπαραγωγική ασυμβατότητα.
- Αυτός ο ορισμός δεν έχει νόημα για πολλά μικρόβια των βακτηρίων συμπεριλαμβανομένων διότι δεν αναπαράγονται φυλετικά.

Το είδος στην μικροβιολογία

- Κλασικός ορισμός: Συλλογή μικροβιακών στελεχών με κοινές ιδιότητες που διαφέρουν σημαντικά από άλλες ομάδες ή στελέχη.
- Τα είδη αναγνωρίζονται σε σύγκριση με άλλους τύπους στελεχών που είναι καλά χαρακτηρισμένες καλλιέργειες οι οποίες χρησιμοποιούνται σαν αναφορά για την αναγνώριση των αγνώστων ειδών.
- Υπάρχουν πολλές συλλογές τύπων στελεχών - American Type Culture Collection (ATCC)

Ονοματολογία

Επιστημονικό όνομα (Συστηματικό όνομα)

Διωνυμικό σύστημα ονοματολογίας

Όνομα γένους + όνομα είδους

- Με *πλάγια γραφή* ή υπογραμμισμένο.
- Το όνομα του γένους ξεκινά με κεφαλαίο ή είναι συντετμημένο.
- Το όνομα του είδους δεν είναι ποτέ συντετμημένο.
- Το όνομα του γένους μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δηλώσει μια ομάδα γενών.
- Το όνομα του είδους δε χρησιμοποιείται ποτέ από μόνο του.
- π.χ.: *Bacillus subtilis* ή *B. subtilis* ή Bacillus subtilis ή B. subtilis

Ιεραρχική ταξινόμηση και ταξινομική μονάδα

Βασική ταξινομική μονάδα: **είδος (species)**

Ανώτεροι οργανισμοί:

Ομάδα πληθυσμού που αναπαράγεται απομονωμένη από άλλες ομάδες.

Στα μικρόβια:

Σύνολο στελεχών με κοινές σταθερές ιδιότητες.

Η γενετική ποικιλότητα των μικροοργανισμών δίνει:

υποείδη ή **τύπους** που διαφέρουν από το είδος σε επίπεδο

Βιοχημείας ή φυσιολογίας (**biovar**),

μορφολογίας (**morphvar**),

αντιγονικής αντίδρασης (**serovar**).

Γένος (genus)

Περιέχει ένα ή περισσότερα είδη

Σύνοψη

- Ευκαρυωτικό είδος:
 - Μια ομάδα στενά συνδεδεμένων οργανισμών που μπορούν να αναπαράγονται μεταξύ τους.
- Προκαρυωτικό είδος:
 - Ένας πληθυσμός κυττάρων με παρόμοια χαρακτηριστικά.
 - **Στέλεχος** (strain): Πληθυσμός μικροοργανισμών που προέρχεται από καθαρή καλλιέργεια μίας και μοναδικής αρχικής απομόνωσης (από ένα κύτταρο).
 - **Κλώνος**: Πληθυσμός κυττάρων προερχόμενος από ένα μόνο κύτταρο του ιδίου στελέχους. («Υποστέλεχη» αν θέλετε).
 - **Καλλιέργεια**: Κύτταρα μεγαλωμένα στο εργαστήριο.
- Ιικό είδος:
 - Πληθυσμός των ιών με παρόμοια χαρακτηριστικά που καταλαμβάνει ένα συγκεκριμένο οικολογικό θώκο.

<https://www.microbiologyresearch.org/docserver/fulltext/jmm/49/5/mjm4905.397.pdf?expires=1637390948&id=id&accname=guest&checksum=58886230F8DB06818576290A765E8C91>

Ιεραρχική ταξινόμηση και ταξινομική μονάδα

Η συνολική ιεραρχία στην ταξινόμηση έχει ως:

Επικράτειες (domains) >

Βασίλεια (kingdoms) >

φύλα-διαιρέσεις-Συνομοταξία (divisions, phylum) >

(υποδιαίρεση (subdivision) : διαιρέση > υποδιαίρεση > ομοταξία)

Ομοταξία (classes) >

Τάξη (order)

(υπεροικογένεια (superfamily): τάξεις > υπεροικογένεια > οικογένεια)

Οικογένεια (family) >

Γένος >

Είδος

Υποείδος

- Επικράτεια
 - Βασίλειο
 - Συνομοταξία
 - Ομοταξία
 - Τάξη
 - Οικογένεια
 - Γένος
 - Είδος
- Domain
 - Kingdom
 - Phylum
 - Class
 - Order
 - Family
 - Genus
 - Species

Η ταξινόμηση των οργανισμών, ιστορική αναδρομή

Φαινοτυπικές ιδιότητες

1866, Haeckel: Ζώα, φυτά, πρώτιστα (μύκητες, φύκη και πρωτόζωα)

1911, Copeland: τα πρώτιστα συμπεριλαμβάνουν τα βακτήρια

1965, Whittaker: φυσικό σύστημα ταξινόμησης με βάση τα φαινοτυπικά τους χαρακτηριστικά

πέντε ταξινομικά **βασίλεια**:

1) προκαρυωτικά,

2) πρώτιστα (ευκαρυωτικοί μονοκύτταροι)

3-5) Φυτά, μύκητες, ζώα

1987 Woese: ταξινόμηση με βάση το 16S rRNA

Τρεις **επικράτειες**:

Βακτήρια

Αρχαία

Ευκαρυωτικά (ζώα, φυτά, μύκητες, πρωτόζωα, φύκη)

2. Ταξινόμηση των βακτηρίων

Συστήματα ταξινόμησης

Φαινοτυπική ταξινόμηση: ομαδοποιεί τους οργανισμούς με βάση την ομοιότητα των φαινοτυπικών τους χαρακτηριστικών. Συγκρίνει όσες περισσότερες ιδιότητες είναι δυνατόν.

Αριθμητική ταξινόμηση: ανάλυση με υπολογιστές μεγάλων αριθμών φαινοτυπικών χαρακτηριστικών. Οι πληροφορίες σχετικά με τις ιδιότητες του οργανισμού μετατρέπεται σε μία μορφή κατάλληλη για αριθμητική ανάλυση και στη συνέχεια συγκρίνονται με τη βοήθεια υπολογιστών.

Φυλογενετική κατάταξη: βασίζεται στις εξελικτικές σχέσεις και όχι από την εξωτερικά χαρακτηριστικά. Σύγκριση του γενετικού υλικού και των γονιδιακών προϊόντων των οργανισμών.

Δύσκολη λόγω ελλείψεως δειγμάτων DNA από απολιθώματα.

Κύρια χαρακτηριστικά που χρησιμοποιούνται στην ταξινόμηση

1. Μορφολογικά χαρακτηριστικά
2. Φυσιολογικά, μεταβολικά και οικολογικά χαρακτηριστικά
3. Γενετική Ανάλυση
4. Μοριακά χαρακτηριστικά

1. Μορφολογικά χαρακτηριστικά

- Σχήμα κυττάρου
- μέγεθος
- Βλεφαρίδες και μαστίγια
- Κυτταρικά έγκλειστα
- χρώμα
- Μηχανισμός της κινητικότητας
- Μορφή και θέση ενδοσπορίου
- Μορφολογία αποικίας
- Υπερδομικά χαρακτηριστικά
- Χαρακτηριστικά χρώσης

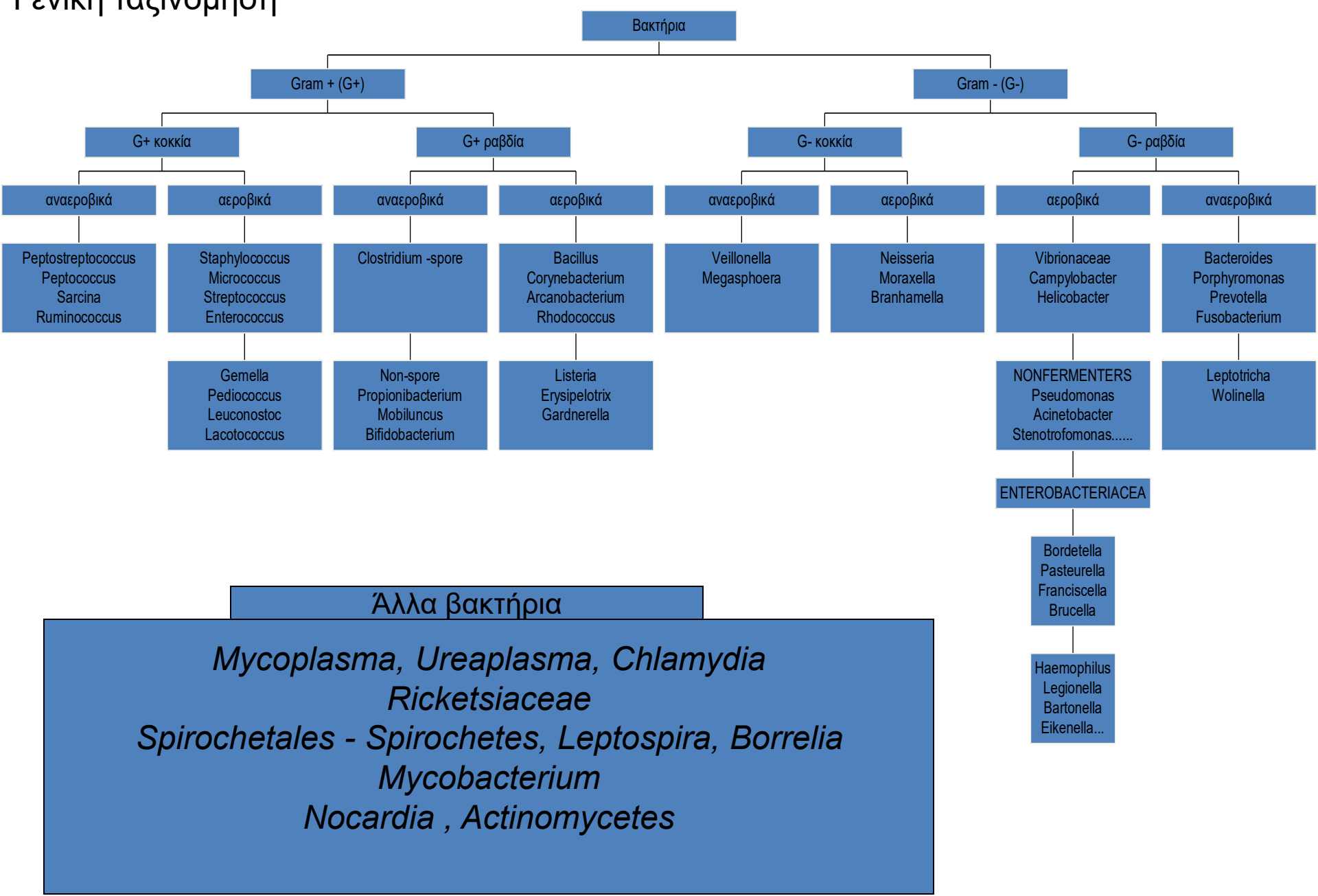
2. Φυσιολογικά, μεταβολικά και οικολογικά χαρακτηριστικά

- Πηγές άνθρακα και αζώτου
- Συστατικά κυτταρικού τοιχώματος
- Πηγές ενέργειας
- Προϊόντα ζύμωσης
- Φωταύγεια
- κινητικότητα
- Οσμωτική ανοχή
- Αποθηκευτικά έγκλειστα
- Γενικός Διατροφικός Τύπος
- Βέλτιστα και εύρος ανάπτυξης για θερμοκρασία και pH
- Μηχανισμοί ενεργειακής μετατροπής
- Φωτοσυνθετικές χρωστικές
- Απαιτήσεις και ανοχή σε άλατα
- Δευτερογενείς μεταβολίτες
- Ευαισθησία σε μεταβολικούς αναστολείς και αντιβιοτικά

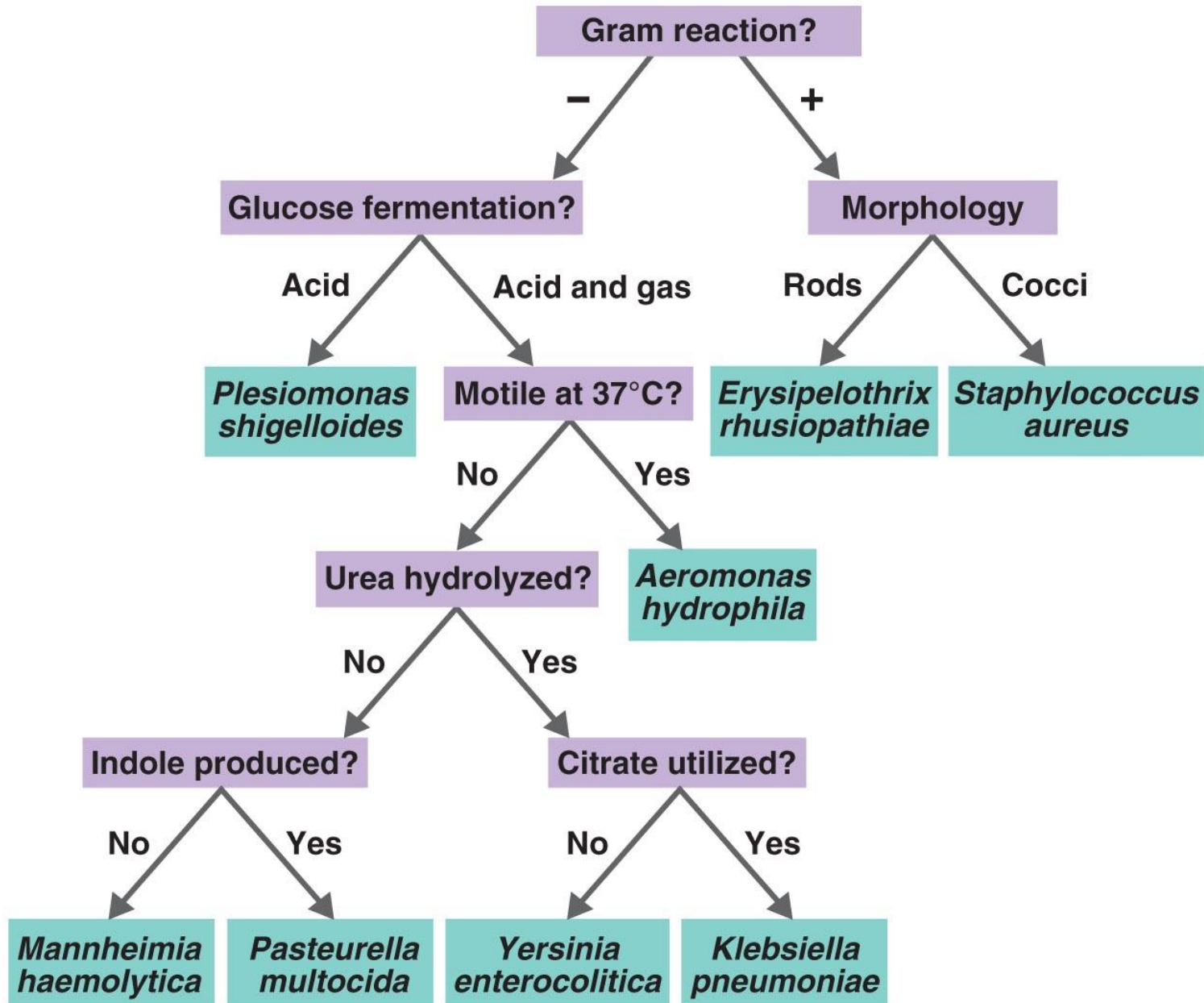
Ταξινόμηση βακτηρίων

με βάση μορφολογικά (1) και μεταβολικά (2)
χαρακτηριστικά

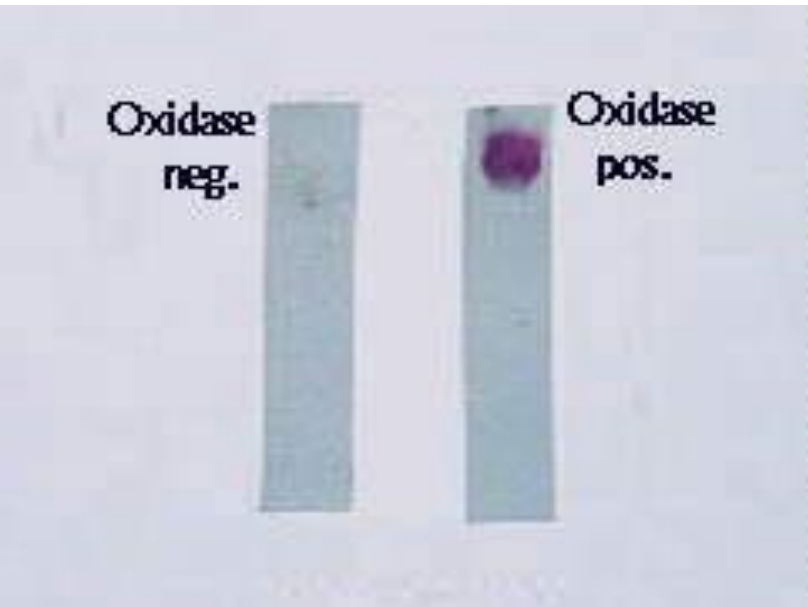
Γενική ταξινόμηση



Ταυτοποίηση βακτηρίων, παραδείγματα

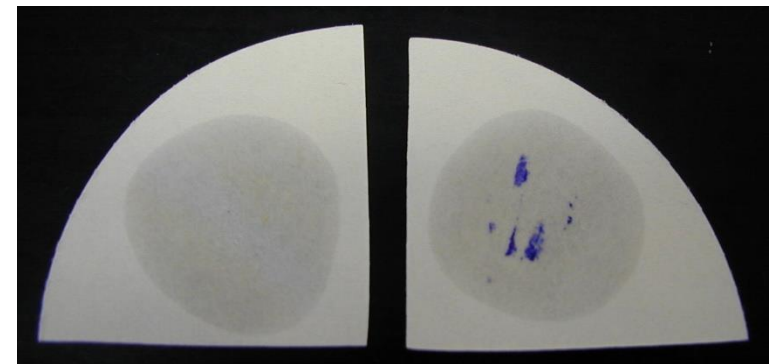


Βιοχημικό τεστ οξειδάσης

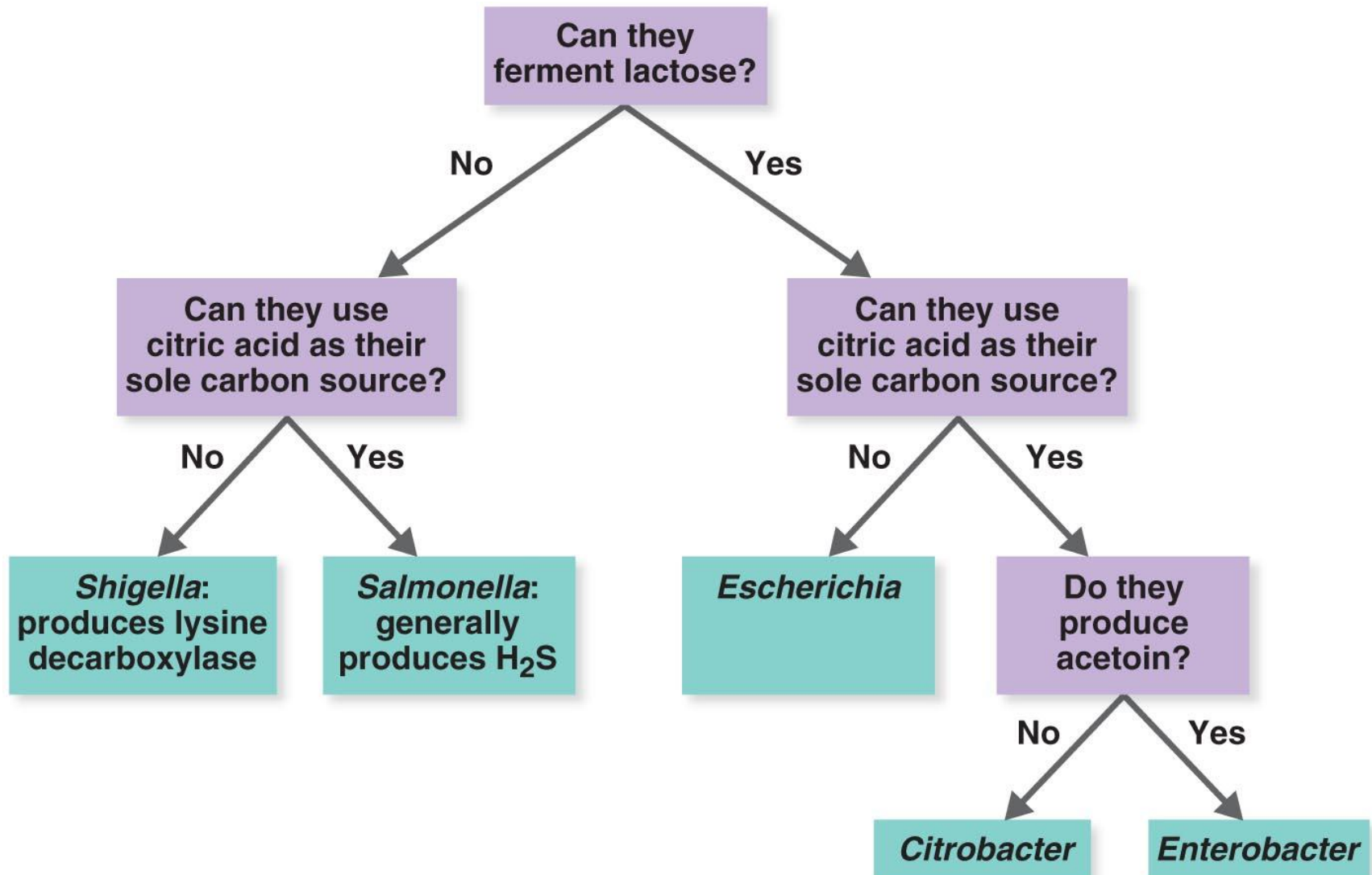


Οξειδάση (+) *Pseudomonas*

Οξειδάση (-) *E.coli*, *Proteus*



Περαιτέρω ταυτοποίηση ενός Gram αρνητικού, θετικού σε οξειδάση ραβδίου



Τα IMViC ΤΕΣΤ

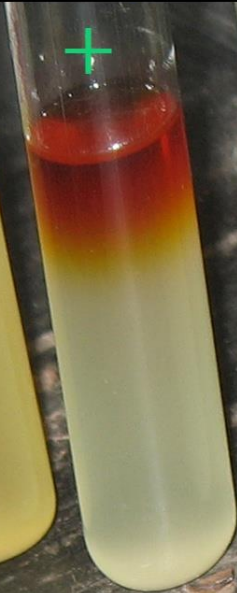
Είδος	Ινδόλη	Ερυθρό του μεθυλίου	Voges-Proskauer	Κιτρικό
<u><i>Escherichia coli</i></u>	Positive	Positive	Negative	Negative
<u><i>Shigella</i> spp.</u>	Negative	Positive	Negative	Negative
<u><i>Salmonella</i> spp.</u>	Negative	Positive	Negative	Positive
<u><i>Klebsiella</i> spp.</u>	Negative	Negative	Positive	Positive
<u><i>Proteus vulgaris</i></u>	Positive	Positive	Negative	Negative
<u><i>Proteus mirabilis</i></u>	Negative	Positive	Negative	Positive
<u><i>Enterobacter aerogenes</i></u>	Negative	Negative	Positive	Positive

Αυτά τα τεστ χρησιμοποιούνται στο διαχωρισμό μελών των *Enterobacteriaceae*.

Indole Test



Methyl Red Test



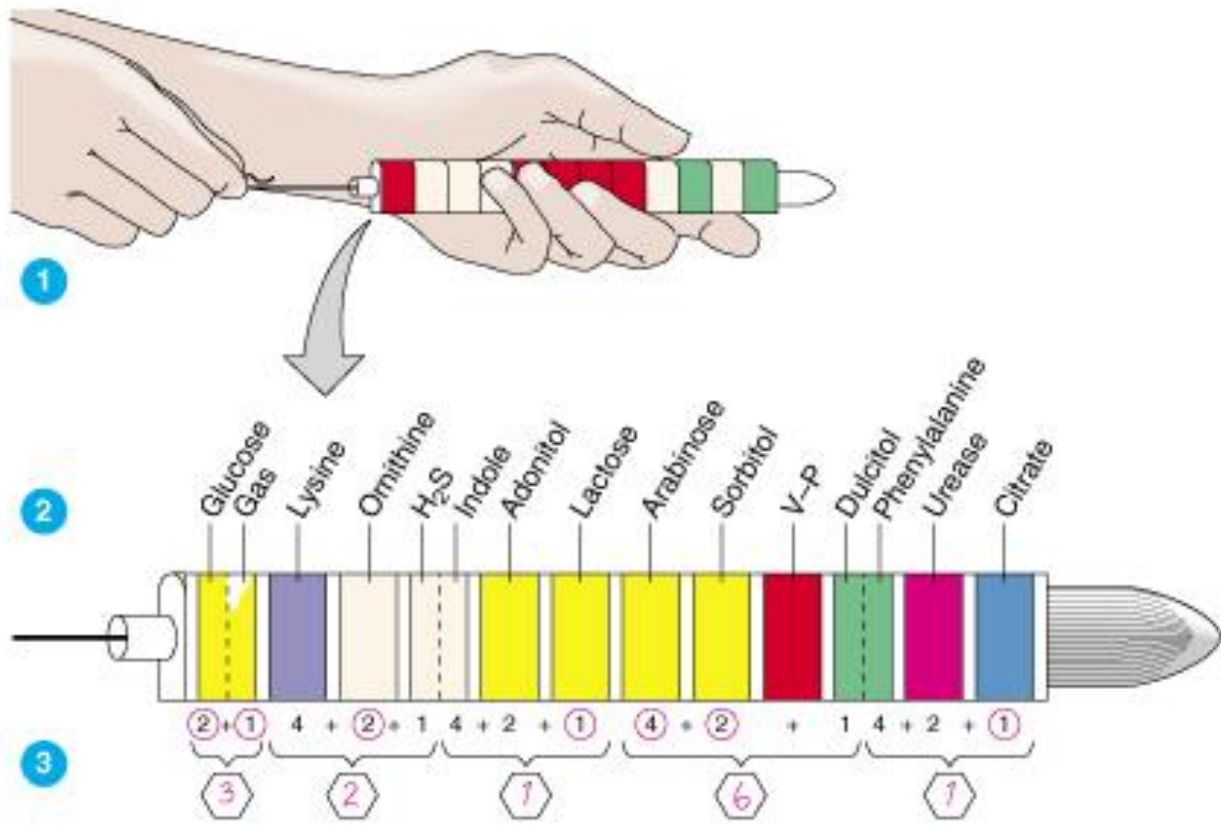
VP Test



Citrate Agar



Ειδικότερη ταυτοποίηση: Περαιτέρω ταυτοποίηση εντεροβακτηρίου με εξειδικευμένα τεστ



- Το άγνωστο εντεροβακτήριο εμβολιάζεται στον σωλήνα
- Μετά από επώαση, παρατηρούνται τα 15 τεστ.
- Αποδίδεται ένας συγκεκριμένος αριθμός.
- Το είδος αναγνωρίζεται.

ID Value	Organism	Atypical Test Results	Confirmatory Test
32143	<i>Enterobacter cloacae</i>	Sorbitol ⁻	-
32161	<i>Enterobacter sakazakii</i>	Urea ⁺	+
32162	<i>Enterobacter cloacae</i>	None	VP ⁺

•This may be of is the strain has changed somehow. More tests are required

Άλλες χρήσιμες ιδιότητες για ταξινόμηση

- ορολογικές δοκιμές
 - Με τη χρήση αντιορού ειδικής ομάδας που έχει απομονωθεί από το πλάσμα των ζώων που έχουν ευαισθητοποιηθεί από τον οργανισμό
 - Ο αντιορός περιέχει αντισώματα που αντιδρούν με αντιγόνα του άγνωστου οργανισμού.
 - Η αντίδραση μπορεί να ανιχνευθεί με την εξέταση της συγκόλλησης ή χρησιμοποιώντας ορούς σημασμένους με χρωματομετρικές ή φθορίζουσες ουσίες
- Πλεονεκτήματα:
 - πολύ ειδικές
 - Συνήθως δεν απαιτούν απομόνωση του οργανισμού σε καθαρή καλλιέργεια.
 - Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό οργανισμών που δεν μπορούν να καλλιεργηθούν σε θρεπτικά μέσα

3. Γενετική Ανάλυση

- Η μελέτη του βακτηριακού μετασχηματισμού και σύζευξης είναι μερικές φορές χρήσιμη για την ταξινόμηση.
Ωστόσο... Τα μεταφερόμενα με πλασμίδια χαρακτηριστικά μπορούν να προκαλέσουν σφάλματα στη βακτηριακή ταξινόμηση, αν δεν έχει ληφθεί μέριμνα.
- Ο μετασχηματισμός μπορεί να συμβεί μεταξύ των διαφορετικών προκαρυωτικών ειδών, αλλά σπάνια μεταξύ των διαφορετικών γενών.
 - Π.χ. τα *E. coli* μπορούν να υποβληθούν σε σύζευξη με τα γένη *Salmonella* και *Shigella*, αλλά όχι με τα *Proteus* και *Enterobacter*

4. Μοριακά χαρακτηριστικά Ιδιότητες του DNA

A. Περιεχόμενο G + C

$$\text{Mol}\% (G + C) = \frac{G + C}{G + C + A + T} \times 100\%$$

- Υπολογίζεται από τη θερμοκρασία τήξης του DNA
- Υψηλότερο περιεχόμενο G + C δίνει υψηλότερη θερμοκρασία τήξης.

4. Μοριακά χαρακτηριστικά Ιδιότητες του DNA

B. Υβριδισμός νουκλεϊνικών οξέων

- Με ανάμιξη ssDNA δύο διαφορετικών ειδών και καθορισμό του ποσοστού DNA που μπορεί να δημιουργήσει υβριδικά dsDNA
 - Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό υβριδισμού, τόσο πλησιέστερα είναι τα είδη
 - **Είδος:** μια συλλογή από στελέχη τα οποία έχουν μια παρόμοια σύνθεση G+C και 70% ή μεγαλύτερη ομοιότητα DNA, όπως κρίνεται από πειράματα υβριδοποίησης.

4. Μοριακά χαρακτηριστικά Ιδιότητες του DNA

Γ. Αλληλούχιση του DNA

- Συγκεκριμένα γονίδια κωδικοποιούν συγκεκριμένα ένζυμα
- Είναι γνωστή η ακολουθία των νουκλεϊνικών οξέων των γονιδιωμάτων πολλών οργανισμών.
- Είναι γνωστή η ακολουθία των 5S και 16S rRNA (ριβosomal RNA). Σύγκριση αυτών των ακολουθιών έχει εκτενώς χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό φυλογενετικών σχέσεων μικροβιακών ομάδων.

4. Μοριακά χαρακτηριστικά

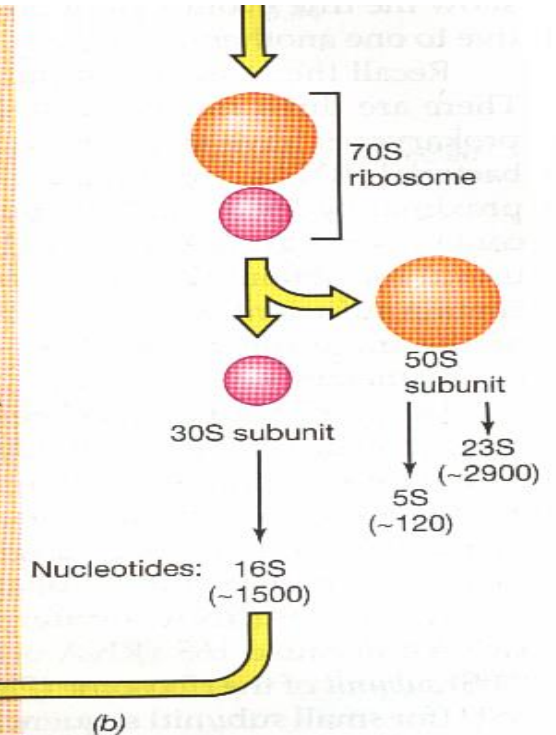
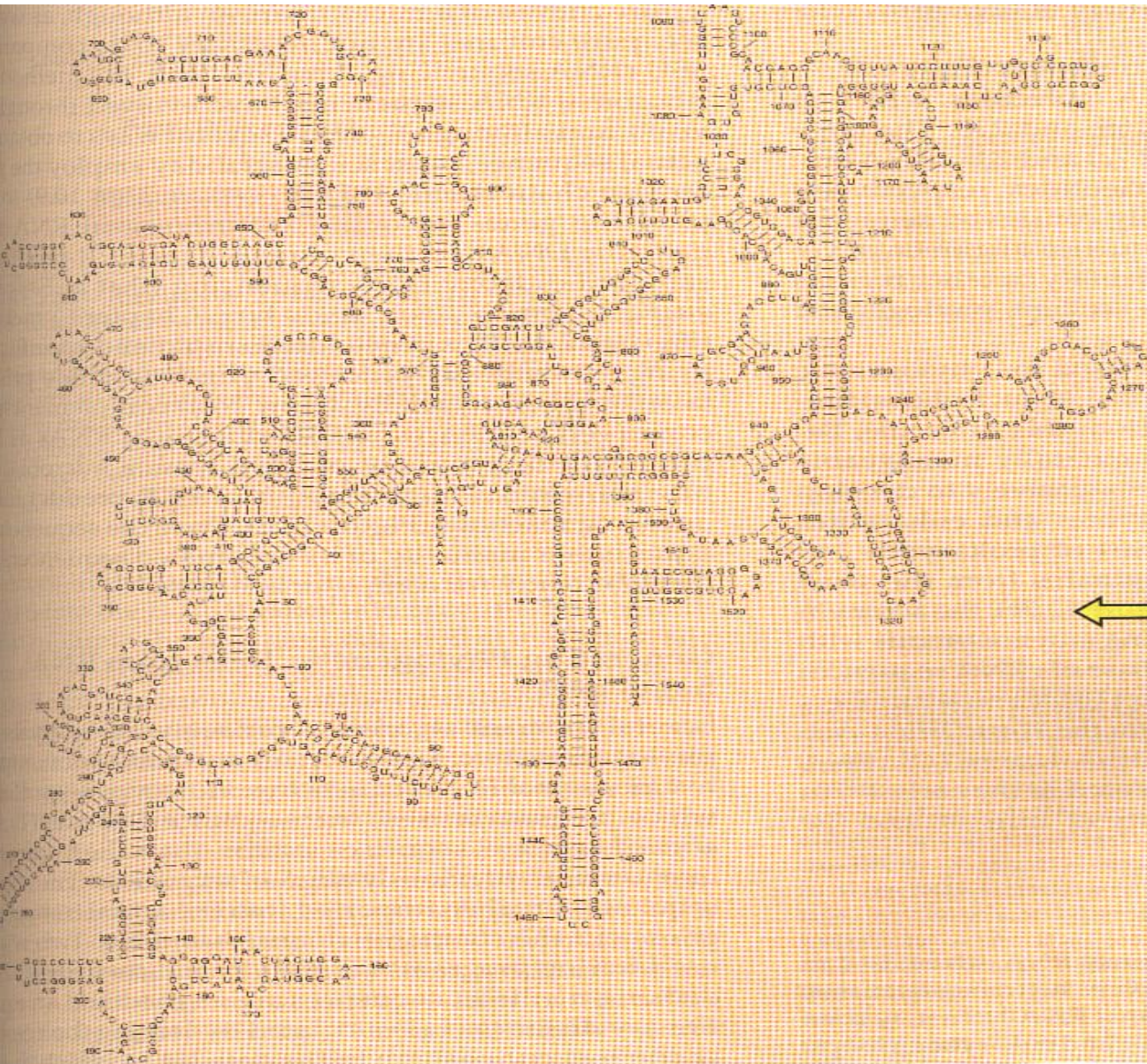
Αλληλούχιση του 16S rRNA

- Υπάρχει ομοιότητα πάνω από το επίπεδο των ειδών
 - Επιτρέπει τις συγκρίσεις συγγένειας όλων των βακτηρίων
 - στενά συγγενικά βακτηριακά είδη μπορεί να είναι ταυτόσημα
 - Επιτρέπει την ανάπτυξη των κλινικών δοκιμών
-
- Ribosomal Database Project (RDP):
 - <http://www.cme.msu.edu/RDP>

Χρήση των rRNAs ως δείκτες εξέλιξης

- **Λόγοι:**
 - Είναι αρχαία μόρια
 - Με σταθερή λειτουργικότητα
 - Με οικουμενική κατανομή
 - Με σχετικά καλά διατηρημένη αλληλουχία μεταξύ ευρέων φυλογενετικών αποστάσεων

Η χρήση των 16S rRNA και 18S rRNA στην ταξινόμηση



Η χρήση των 16S rRNA και 18S rRNA στην ταξινόμηση

- **Στα προκαρυωτικά:**

Το 5S rRNA είναι πολύ μικρό, περιέχει περιορισμένες πληροφορίες

Το 23S rRNA είναι πολύ μεγάλο, είναι πολύ δύσκολο να διαχειριστεί

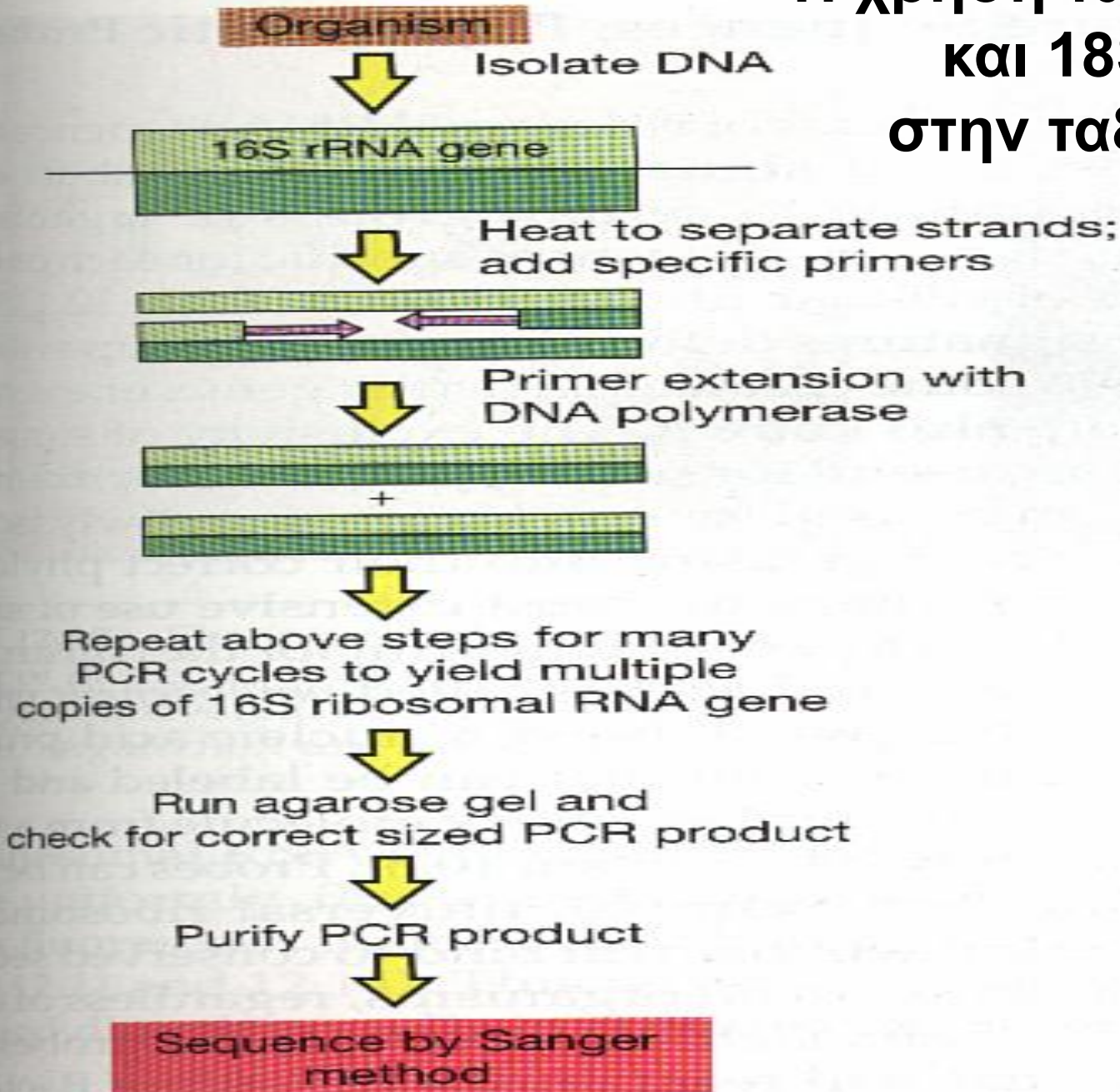
Το 16S rRNA έχει το σωστό μέγεθος για μελέτες

- **Στα ευκαρυωτικά:**

Το 18S rRNA χρησιμοποιείται για φυλογενετικές μετρήσεις

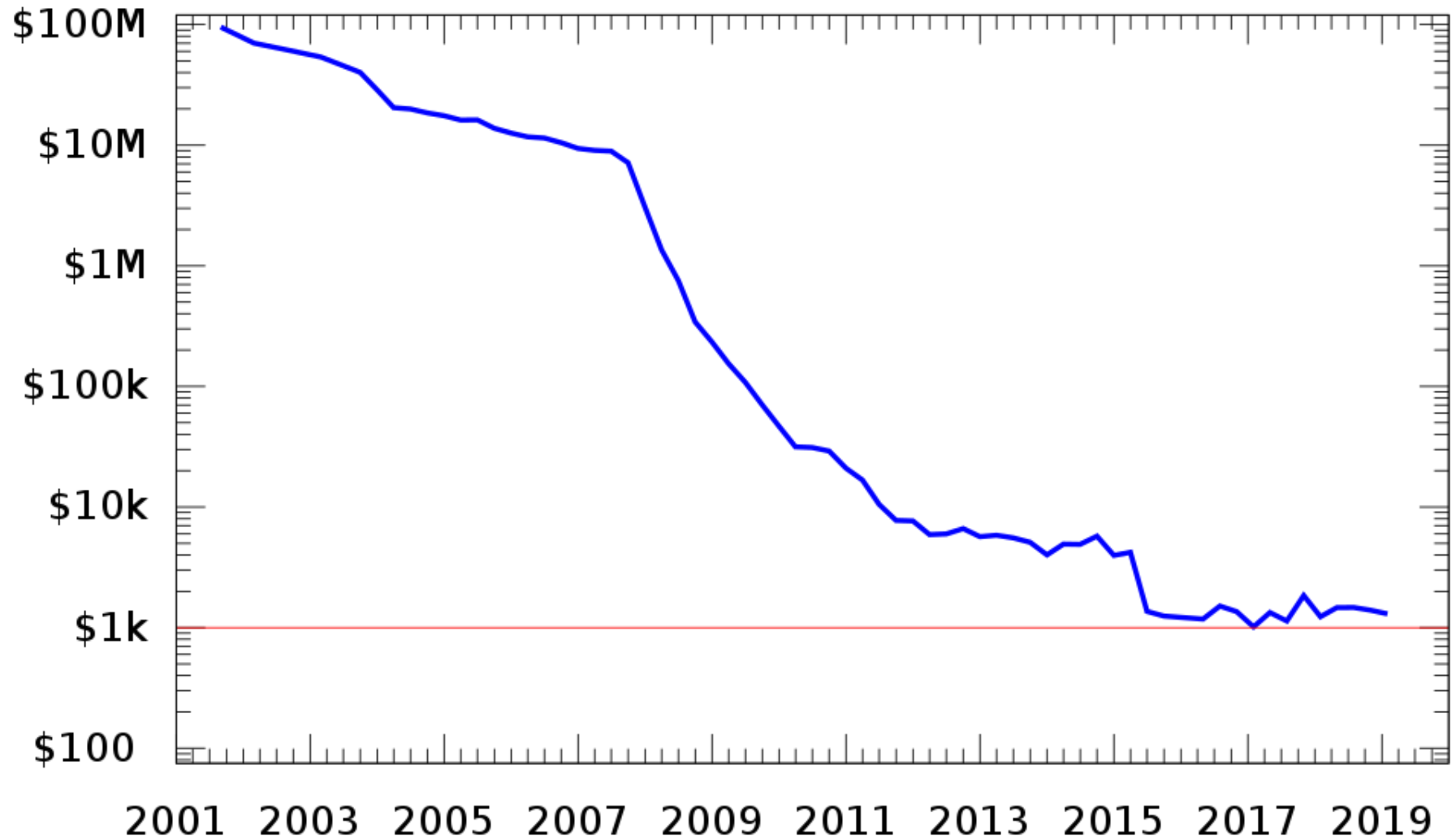
RSD = Reference Structure Diagram; CD = Conservation Diagram; #S = Number of Sequences.* denotes older conservation diagrams that use 95% to define the top conservation level and/or do not include insertions relative to reference sequence.											
Phylogeny	5S			16S			23S				
	RSD	CD	#S	RSD	CD	#S	RSD		CD		
* root (3DOM+2ORG)	5S	5S	686	16S	16S	6389	23S-5	23S-3	23S-5	23S-3	9
* root	5S	5S	678	16S	16S	5591	23S-5	23S-3	23S-5	23S-3	5
* Archaea	5S	5S	53	16S	16S	171	23S-5	23S-3	23S-5	23S-3	
* Bacteria	5S	5S	323	16S	16S	4213	23S-5	23S-3	23S-5	23S-3	4
* Firmicutes	5S	5S	125	--	--	--	--		--		
* Actinobacteria	5S	5S	55	--	--	--	--		--		
* Bacillus/Clostridium group	5S	5S	71	--	--	--	--		--		
* Proteobacteria	5S	5S*	165	16S	16S*	1594	23S-5	23S-3	23S-5*	23S-3*	1
* Alphaproteobacteria	5S	5S*	47	--	--	--	--		--		
* Betaproteobacteria	5S	5S*	28	--	--	--	--		--		
* Gammaproteobacteria	5S	5S*	82	16S	16S*	784	23S-5	23S-3	23S-5*	23S-3*	
* Eukaryota	5S	5S	299	16S	16S	1937	23S-5	23S-3	23S-5	23S-3	1
* Acanthamoebidae	--	--	--	16S	16S	132	--		--		
* Coccidia	--	--	--	16S	16S	125	--		--		
* Entamoebidae	--	--	--	16S	16S	17	--		--		
* Giardiinae	--	--	--	16S	16S	18	--		--		
* Haemosporida	--	--	--	16S	16S	24	--		--		
* Haplosporida	--	--	--	16S	16S	10	--		--		
* Heterolobosea	--	--	--	16S	16S	29	--		--		
* Litostomatea (Ciliophora)	--	--	--	16S	16S	28	--		--		
* Lobosea	--	--	--	16S	16S	58	--		--		
* Microsporidia	--	--	--	16S	16S	200	--		--		
* Parabasalidea	--	--	--	16S	16S	68	--		--		
* Perkinsea	--	--	--	16S	16S	10	--		--		
* Piroplasmida	--	--	--	16S	16S	106	--		--		

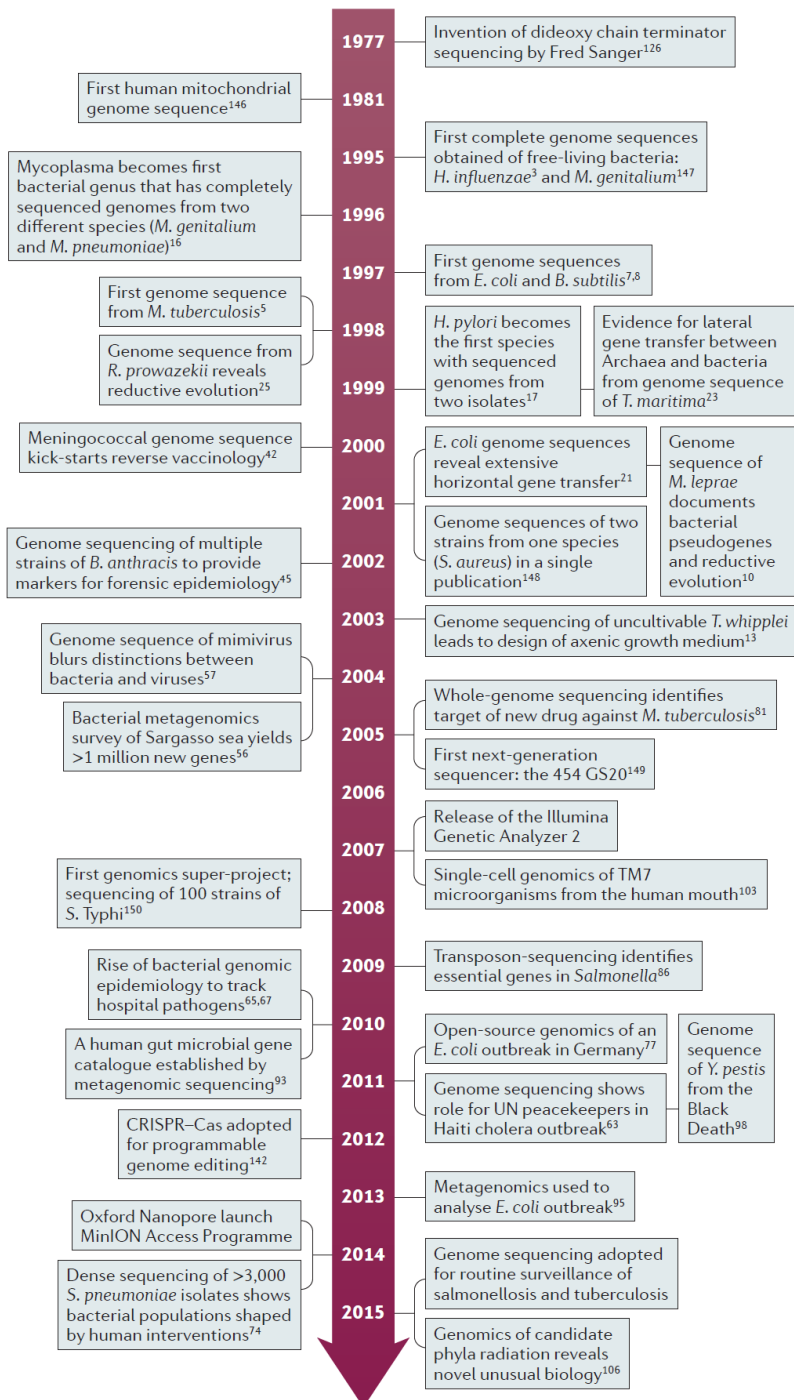
Η χρήση των 16S rRNA και 18S rRNA στην ταξινόμηση



Αλληλούχιση του γενομικού DNA

Cost to sequence a human genome (USD)





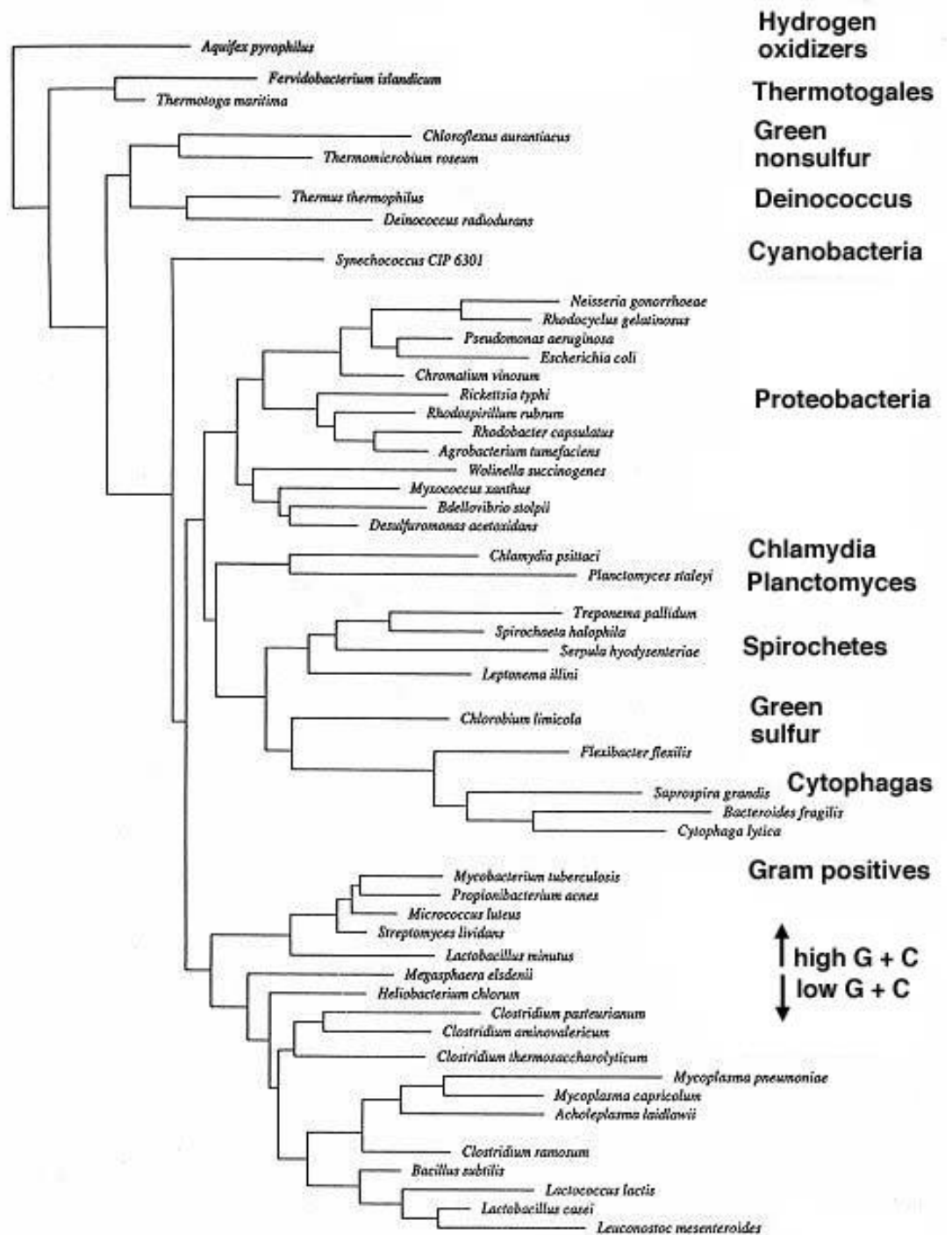
Ορόσημα στην αλληλούχιση των βακτηριακών γονιδιωμάτων

Loman, N., Pallen, M. Twenty years of bacterial genome sequencing. *Nat Rev Microbiol* **13**, 787–794 (2015).

<https://doi.org/10.1038/nrmicro3565>

<https://www.nature.com/articles/nrmicro3565>

Φυλογενετικό δέντρο βακτηρίων, 12 ομάδες



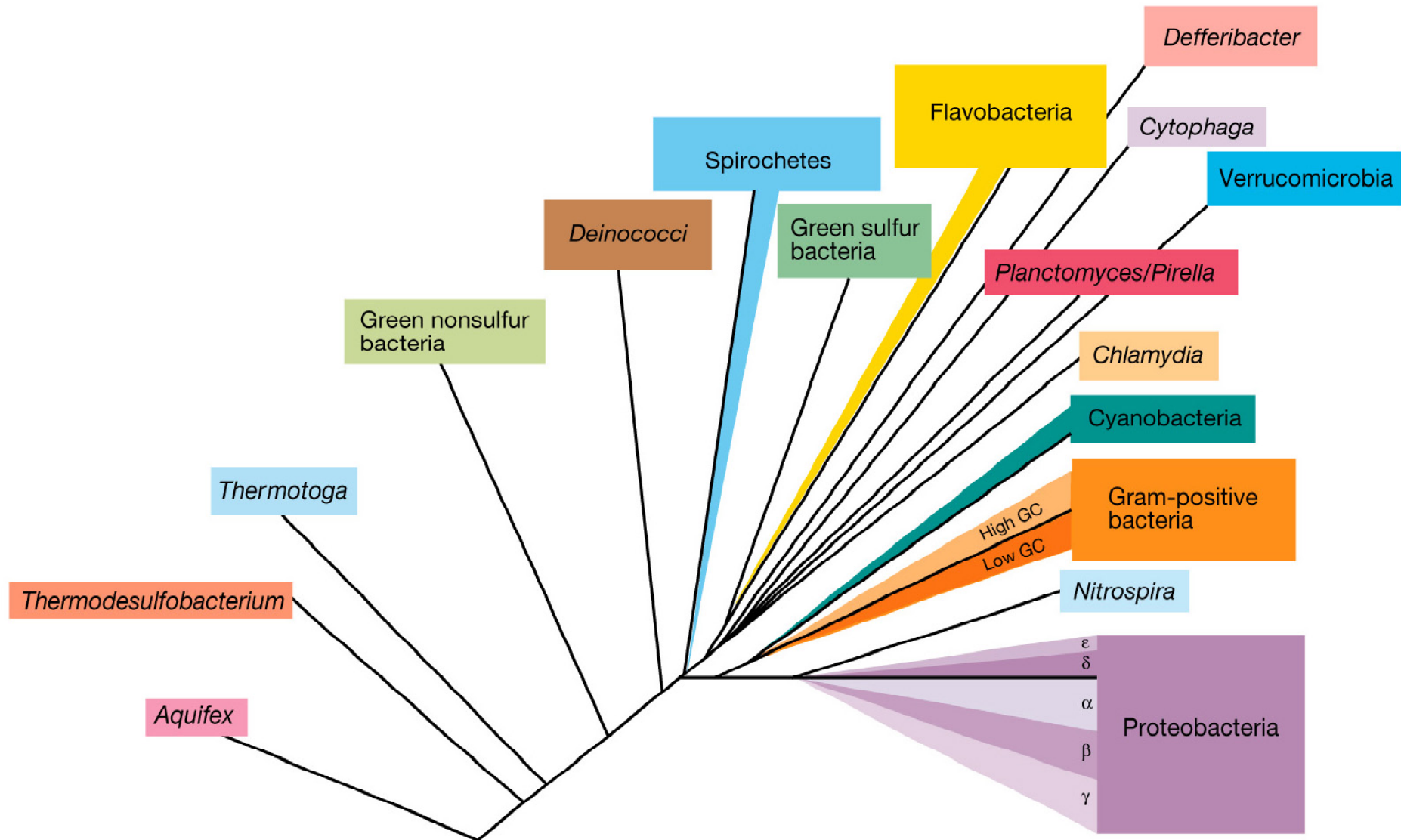
ΤΕΛΟΣ γενικής ταξινόμησης

1. BAKTHPIA

Σύγχρονη διαίρεση με βάση το 16S rRNA

φύλα-διαιρέσεις-συννομοταξίες (divisions)

Λεπτομερές φυλογενετικό δένδρο των συνομοταξιών των Βακτηρίων βασισμένο στις ακολουθίες των 16S rRNA



Συστηματική ταξινόμηση των βακτηρίων

Σύγχρονη ταξινόμηση

Επικράτεια
Βακτήρια

Βασίλειο
Βακτήρια

Συνομοταξία:

39-41 σύγχρονες συνομοταξίες
θα μιλήσουμε για 24 εξ αυτών

[http://textbookofbacteriology.net/themicrobi
alworld/procaryotes.html](http://textbookofbacteriology.net/themicrobi
alworld/procaryotes.html)

Acidobacteria
Actinobacteria
Aquificae
Bacteroidetes
Chlamydiae
Chlorobi
Chloroflexi
Chrysiogenetes
Cyanobacteria
10. Deferribacteres
Deinococcus-Thermus
Dictyoglomi
Fibrobacteres
Firmicutes
Fusobacteria
Gemmatimonadetes
Nitrospirae
Planctomycetes
Proteobacteria
20. Spirochaetes
Thermodesulfobacteria
Thermomicrobia
Thermotogae
24. Verrucomicrobia

1. **Acidobacteria**: ανακαλύφθηκαν το 1997, τα περισσότερα ακαλλιέργητα, κοινά στο έδαφος
Acidobacterium (οξεόφιλο, μέτρια θερμόφιλο)
**Chloracidobacterium* (αλκαλόφιλο, βακτηριακή φωτοσύνθεση ανεκτική στο οξυγόνο)

2. **Actinobacteria** (Gram θετικά, υψηλό περιεχόμενο G+C)
Τάξη *Bifidobacteriales* (στο παχύ έντερο των περισσότερων ζώων)
Bifidobacterium

Τάξη *Actinomycetales*: σημαντικά παθογόνα ζώων, βακτήρια του εδάφους παράγονται αντιβιοτικά

Actinomyces
Arthrobacter
Brevibacterium
Corynebacterium diphtheriae
Frankia
Micrococcus
Micromonospora
Mycobacterium tuberculosis
Nocardia
Rhodococcus
Propionibacterium
Streptomyces

*βακτηριακή φωτοσύνθεση

3. **Aquificae** (υπερθερμόφιλα; αυτοτροφικά υδρογονοβακτήρια)

Aquifex

Hydrogenobacter

4. **Bacteroidetes**

Bacteroides (Gram αρνητικά, αναερόβια της στοματικής κοιλότητας και του κώλου)

Cytophaga (μονοκύτταρα, κινούνται με ολίσθηση)

Flavobacterium

5. **Chlamydiae** (ενδοκυτταρικά παράσιτα, μοναδικό κυτταρικό τοίχωμα)

Chlamydia

Chlamydiophila (τέως-*Chlamydia*)

6. **Chlorobi** (μονοκύτταρα, σταθερά, ανοξικά φωτότροφα)

Chlorobium

7. **Chloroflexi** (νηματοειδή, ανοξικά φωτότροφα)

Chloroflexus

8. **Chrysiogenetes**

Chrysiogenes arsenatis (ένα είδος. Αναπνέει έχοντας το $\text{As}^{(\text{IV})}$ ως αποδέκτη ηλεκτρονίων και δότη ηλεκτρονίων τα οξικά. Βρίσκεται σε αναεροβικά περιβάλλοντα μολυσμένα με $\text{As}^{(\text{IV})}$).

Ανοξική φωτοσύνθεση

Ομάδες μικροοργανισμών

Σχεδόν όλα τα βακτήρια που φωτοσυνθέτουν πλην των κυανοβακτηρίων

- Πράσινα θείο βακτήρια (π.χ. *Chlorobium*). Χρησιμοποιούν πράσινη χλωροφύλλη.
- Πορφυρά θείο βακτήρια (π.χ. *Chromatium*) . Χρησιμοποιούν πορφυρή καροτενοειδή χρωστική.
- Πράσινα μη θείο βακτήρια (π.χ. *Chloroflexus*). Χρησιμοποιούν πράσινη χλωροφύλλη.
- Πορφυρά μη θείο βακτήρια (π.χ. *Rhodobacter*, *Rhodospirillum*). Χρησιμοποιούν πορφυρή καροτενοειδή χρωστική.
- Ηλιοβακτήρια. Χρησιμοποιούν αποκλειστικά βακτηριοχλωροφίλη g.

9. **Cyanobacteria** (Οξυγονική φωτοσύνθεση)

Anabaena

Gloeobacter

Nostoc

Oscillatorium

Synechococcus

10. **Deferribacteres** (μία οικογένεια- *Deferribacteraceae*)

Deferribacter

Deferrivibrio

11. **Deinococcus-Thermus**

Deinococcus (ανθεκτικά στις ακτινοβολίες)

Thermus (ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες)

12. **Dictyoglomi**

Dictyoglomus thermophilum (ένα είδος, αναερόβιο, υπερθερμόφιλο, διασπούν ξυλόζη)

13. **Fibrobacteres** (τέως *Bacteroides*. Στη μεγάλη κοιλία του στομάχου μυρμηκαστικών)

Fibrobacter

14. Firmicutes (Gram θετικά, χαμηλό G+C περιεχόμενο)

Τάξη *Bacilli*

Οικογένεια Bacillaceae

Bacillus anthracis

Bacillus cereus

Bacillus subtilis

Geobacillus stearothermophilus (τέως *Bacillus stearothermophilus*)

Οικογένεια Paenibacillaceae

Paenibacillus polymyxa (τέως *Bacillus polymyxa*)

Οικογένεια Staphylococcaceae

Staphylococcus aureus

Οικογένεια Listeriaceae

Listeria monocytogenes

Οικογένεια Lactobacillaceae

Lactobacillus acidophilus

Οικογένεια Enterococcaceae

Enterococcus faecalis (π.χ. Ομάδα D streptococcus, τέως *Streptococcus faecalis*)

Οικογένεια **Streptococcaceae**

Lactococcus lactis (π.χ. Ομάδα N streptococcus, τέως *Streptococcus lactis*)

Streptococcus mutans

Streptococcus pneumoniae

Streptococcus pyogenes

Streptococcus thermophilus

Streptococcus viridans (pseudo) alpha hemolytic streptococci

14. Firmicutes (Gram-positive; low G+C content)

Ομοταξία **Clostridia**

Οικογένεια Clostridiaceae (αναεροβικά, κάνουν ενδοσπόρια)

Clostridium acetobutylicum

Clostridium botulinum

Clostridium difficile

Clostridium perfringens

Clostridium tetani

Sarcina

Οικογένεια Heliobacteriaceae (ανοξικά φωτοετερότροφα. Μοναδική βακτηριοχλωροφίλη g. Κάνουν ενδοσπόρια)

Heliobacterium

Οικογένεια Peptostreptococcaceae

Peptostreptococcus

Ομοταξία Mollicutes (άνευ κυτταρικού τοιχώματος)

Mycoplasma

Spiroplasma

Ureaplasma

15. Fusobacteria (Gram αρνητικό αναερόβιο, παρόμοιο στο *Bacteroides*)

Fusobacterium

16. Gemmatimonadetes (Gram αρνητικό αερόβιο, replication by budding, ένα γνωστό είδος: *Gemmatimonas aurantiaca*)

Συνομοταξία **Firmicutes**

Gram θετικά, χαμηλό περιεχόμενο G+C

Ομοταξία **Clostridia**

Οικογένεια **Clostridiaceae**

(αναεροβικά, κάνουν ενδοσπόρια)

➤ Τα Clostridia παράγουν πολλές τοξίνες
μερικές από τις οποίες επιφέρουν θάνατο

- *Clostridium tetani* : προκαλεί τέτανο
- *C. botulinum* : προκαλεί βοτουλισμό
- *C. perfringens* : ένας από τους παράγοντες της αέριας γάγγραινας
- *C. difficile* : μέρος της φυσιολογικής εντεροχλωρίδος, αλλά ανθεκτικά σε αντιβιοτικά στελέχη μπορούν να πολλαπλασιαστούν και να προκαλέσουν ψευδομεμβρανική κολίτιδα.

Clostridium tetani



C. botulinum

17. Nitrospirae (Gram αρνητικά, οξειδώνουν το άζωτο. Ελικοειδής έως και vibroid μορφολογία, ένα είδος): *Nitrospira moscoviensis*

18. Planctomycetes (budding, stalked bacteria; Δεν έχουν πεπτιδογλυκάνη στο κυτταρικό τους τοίχωμα)

Planctomyces

Candidatus (οξειδώνουν την αμμωνία)

19. Συνομοταξία Proteobacteria (Gram-αρνητικά ραβδία και κόκκοι)

Ομοταξία **Alphaproteobacteria**

Acetobacter (τάξη Rhodospirillales, οικογένεια Acetobacteraceae)

Agrobacterium

Bartonella

Brucella

Caulobacter

Ehrlichia

Gluconobacter

Nitrobacter

Rhizobium

Rickettsia

Rhodobacter

Rhodospirillum

Zymomonas

Ομοταξία **Betaproteobacteria**

Alcaligenes

Bordetella

Burkholderia (τέως *Pseudomonas*)

Gallionella

Methylophilus

Neisseria

Nitrosomonas

Rhodocyclus

Spirillum

Thiobacillus

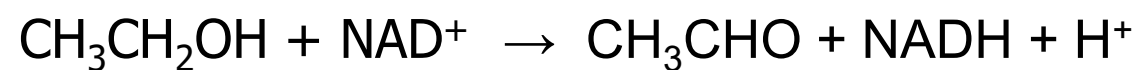
Zooglea

Μικροβιολογική φθορά κρασιού, μπύρας και ζυμωμένων ποτών

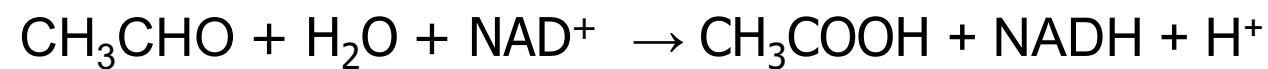
Η πιο συνηθισμένη φθορά είναι η παραγωγή οξικού οξέως από την αερόβια οξείδωση της υπάρχουσας αιθανόλης από τα γένη *Acetobacter* και *Acetomonas*

Γίνεται σε δύο στάδια:

1. Αφυδρογόνωση της αιθανόλης σε αλδεΐδη (αλκοολικής αφυδρογονάση)



2. Αφυδρογόνωση της ακεταλδεΐδης σε οξικό οξύ (αλδεΐδική αφυδρογονάση)



Όλα τα αλκοολούχα με αιθανόλη < 15% είναι επιρρεπή σαυτή την οξείδωση

Επίσης μπορεί να γίνει η οξείδωση του μηλικού σε γαλακτικό, ανεπιθύμητη σε κρασιά υψηλής φυσικής οξύτητος

Συνομοταξία: **Proteobacteria** (Gram αρνητικά ραβδία και κόκκοι)

Ομοταξία: **Betaproteobacteria**

Τάξη: **Neisseriales**

Οικογένεια: **Neisseriaceae**

- Διπλόκκοι που μοιάζουν με φασόλια καφέ στο μικροσκόπιο.
- Η *Neisseria gonorrhoeae* προκαλεί τη γονόρροια (βλενόρροια).

Κοινή νόσος στις ΗΠΑ: 125 στους 100,000.

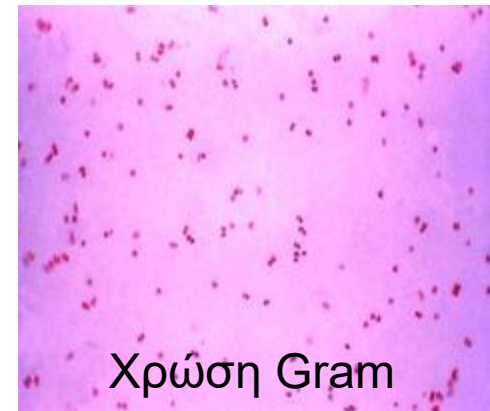
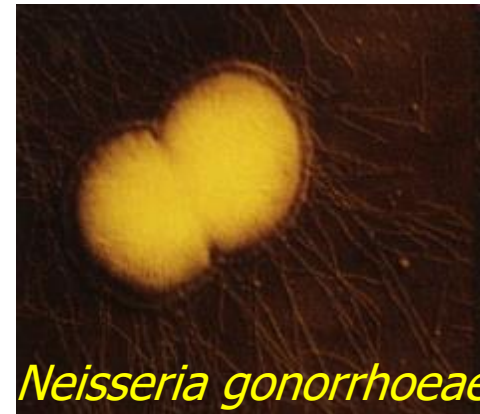
Στους εφήβους 15-19 χρονών, 634 στους 100,000.

Στους νέους 20-25 χρονών, 460 στους 100,000.

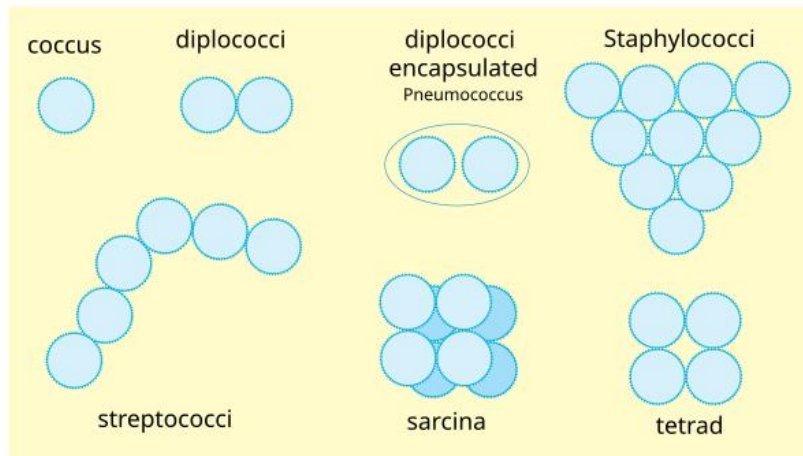
- *N. meningitidis* : η πιο κοινή αιτία μηνιγγίτιδος σε νέους.

Το γένος *Neisseria* περιλαμβάνει παθογόνους μικροοργανισμούς διότι

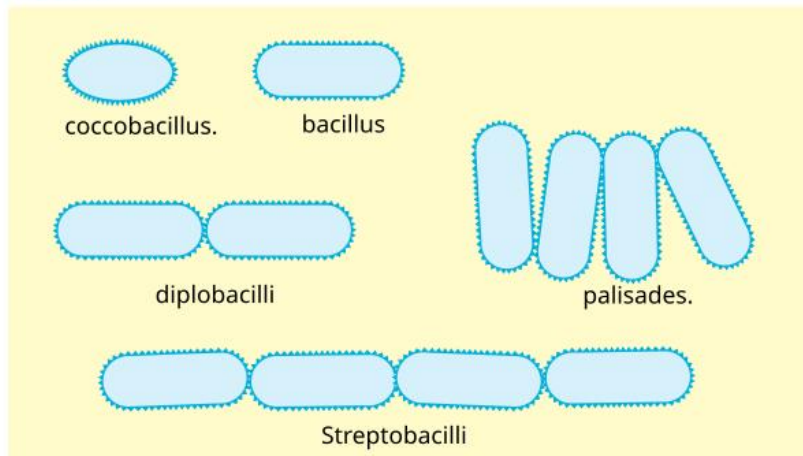
1. Οι λιποπολυσακχαρίτες του κυτταρικού τοιχώματος δρουν ως ενδοτοξίνες.
2. Έχει πολυσακχαρικό κάλυμα (έλυτρο) που εμποδίζει τη φαγοκύττωση και επιτρέπει την αποφυγή της ανοσοαπόκρισης.
3. Χρησιμοποιεί σμήριγγες για να προσκολληθεί στα ευκαρυωτικά κύτταρα. Χωρίς αυτές δεν είναι παθογόνο. Οι σμήριγγες έχουν πρωτεΐνες προσκόλλησης (adhesins) στα άκρα τους που ταιριάζουν και προσκολούνται σε ειδικές πρωτεΐνες των επιθηλιακών κυττάρων.



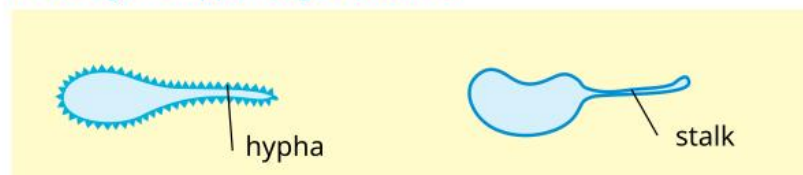
Cocci



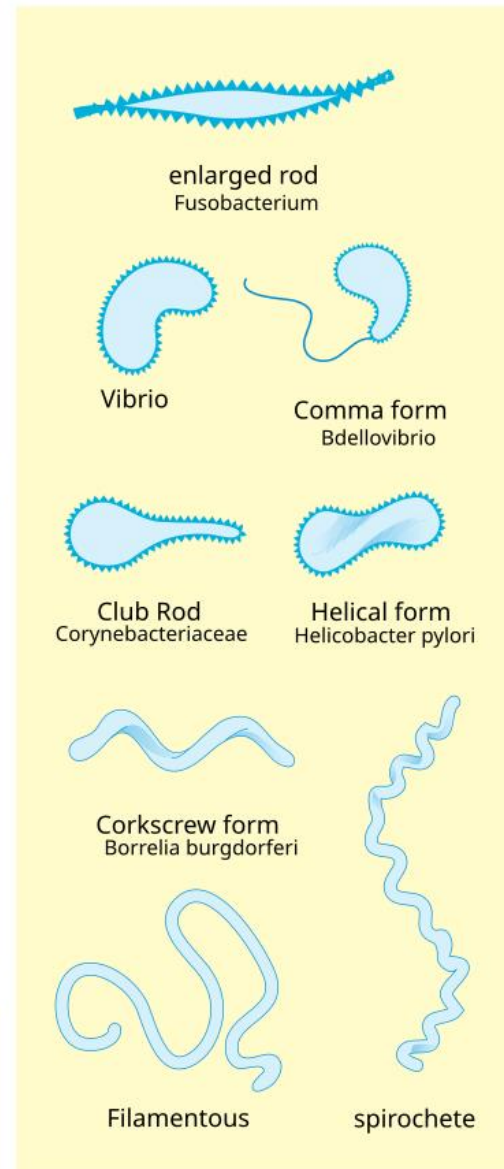
Bacilli



Budding and appendaged bacteria



Others



Gammaproteobacteria

- Acidithiobacillus*
- Aeromonas*
- Cardiobacteriium*
- Chromatium*
- Coxiella*
- Francisella*
- Halomonas*
- Haemophilus*
- Legionella*
- Methylobacter*
- Pasteurella*
- Photobacterium*
- Pseudoalteromonas*
- Vibrio*
- Xanthomonas*

19. Proteobacteria

Gammaproteobacteria

Οικογένεια Enterobacteriaceae

- Escherichia*
- Enterobacter*
- Erwinia*
- Klebsiella*
- Proteus*
- Salmonella*
- Shigella*
- Photorhabdus*
- Xenorhabdus*
- Yersinia*

Οικογένεια Pseudomonadaceae

- Azomonas*
- Azotobacter*
- Pseudomonas*

Deltaproteobacteria

- Bdellovibrio*
- Desulfobacter*
- Desulfovibrio*
- Geobacter*
- Myxococcus*

Epsilon Proteobacteria

- Campylobacter*
- Helicobacter*



Helicobacter

Η ταξινόμηση της *Escherichia coli*

Επικράτεια και Βασίλειο:

Η *Escherichia coli* εντάσσεται στο πεδίο και το βασίλειο των βακτηρίων επειδή τα μέλη αυτών των ομάδων είναι μονοκύτταροι οργανισμοί.

Συνομοταξία: Η *Escherichia coli* ταιριάζει στη διαίρεση των Πρωτεοβακτηρίων επειδή τα μέλη αυτής της ομάδας είναι Gram-αρνητικά (G-) με εξωτερική μεμβράνη που περιέχει λιποπολυσακχαρίτες.

Ομοταξία: Η *Escherichia coli* ταιριάζει στην ομοταξία των γ-πρωτεοβακτηρίων επειδή τα μέλη αυτής της ομάδας είναι δυνητικά αναερόβια G-.

Τάξη : Η *Escherichia coli* ταιριάζει στην τάξη των *Enterobacteriales* επειδή τα μέλη αυτής της ομάδας είναι ραβδόμορφα δυνητικά αναερόβια G-.

Οικογένεια: Η *Escherichia coli* ταιριάζει στην οικογένεια *Enterobacteriaceae* επειδή τα μέλη αυτής της ομάδας είναι ευκίνητα λόγω των περίτριχων μαστιγίων τους, αναπτύσσονται καλά στους 37 °C , δεν έχουν οξειδάση, είναι θετικά για καταλάση και ανάγουν τα νιτρικά άλατα.

Γένος: Η *Escherichia coli* εντάσσεται στο γένος *Escherichia* (πήρε το όνομά του από το πρόσωπο που ανακάλυψε αυτό το γένος, τον Theodor Escherich) επειδή τα μέλη αυτής της ομάδας είναι ως επί το πλείστον μέλη της ευκαιριακής εντερικής χλωρίδας (αποικίζουν τα έντερα των θηλαστικών).

Είδος: *Escherichia coli* είναι ένα από τα **πέντε** είδη που αναγνωρίζεται στο πλαίσιο του γένους *Escherichia*. Αυτό που κάνει το *E. coli* ξεχωριστό είναι οι μοναδικές του βιοχημικές ιδιότητες : ζυμώνει λακτόζη, διαθέτει αποκαρβοξυλάση της λυσίνης, είναι [Vogus-Proskauer](#) αρνητικό , παράγει ινδόλη, δεν παράγει H₂S.

Η τοποθέτηση της *Escherichia coli* στην ταξινομική της θέση

- Επικράτεια
- Βασίλειο
- Συνομοταξία
- Ομοταξία
- Τάξη
- Οικογένεια
- Γένος
- Είδος

Επικράτεια: Bacteria
Βασίλειο: Bacteria
Συνομοταξία: Proteobacteria
Ομοταξία: Gammaproteobacteria
Τάξη: Enterobacteriales
Οικογένεια: Enterobacteriaceae
Γένος: *Escherichia*
Είδος: *Escherichia coli* (*E. coli*)

20. Spirochaetes (ελικοειδή, εύκαμπτα κύτταρα. Κινητικότητα με ενδομαστίγια)

Borrelia

Leptonema

Leptospira

Treponema

21. Thermodesulfobacteria (θερμοφιλικό, ανάγει τα θειικά)

Thermodesulfobacterium

22. Thermomicrobia (θερμοφιλικό πράσινο θείο βακτήριο σχετιζόμενο με το Chloroflexi)

Thermomicrobium

23. Thermotogae (υπερθερμόφιλα)

Thermotoga

24. Verrucomicrobia (πολλά μη καλλιεργήσιμα, περιέχει εκτοσυμβιοτικά πρωτίστων και ενδοσυμβιοτικά των νηματοειδών)

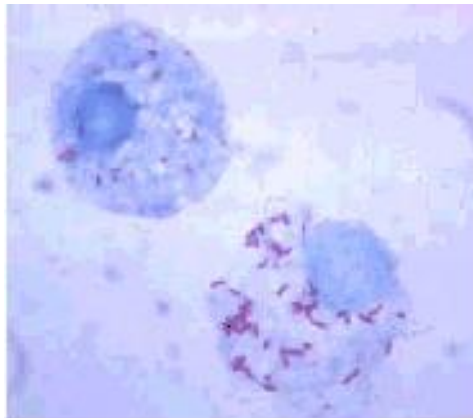
Verrucommicrobium

Παραδείγματα μικροσκοπικών παρατηρήσεων

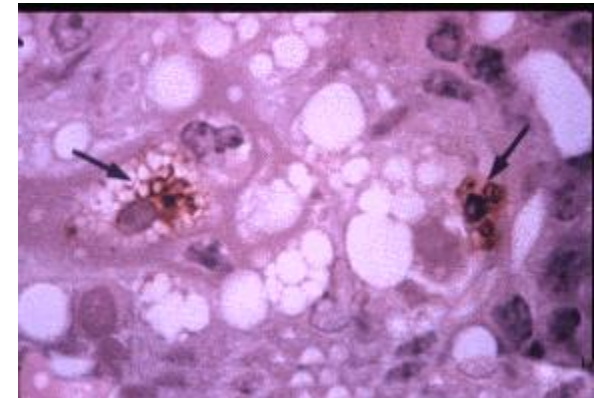
Gram αρνητικά Alphaproteobacteria

- Παθογόνα
 - *Rickettsia*
 - *Brucella*

Ehrlichia

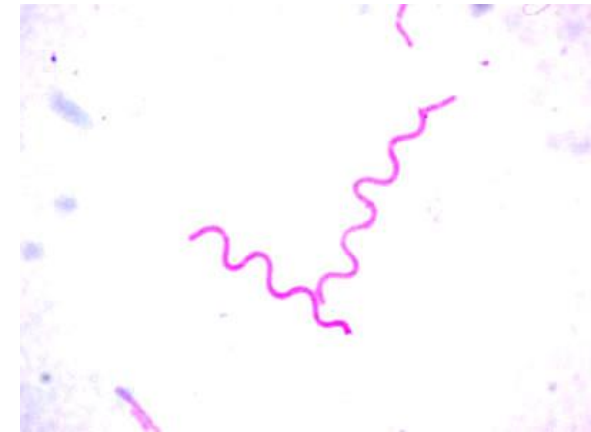
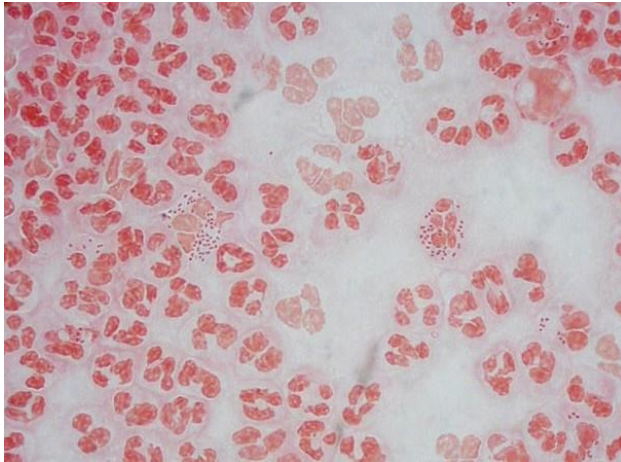
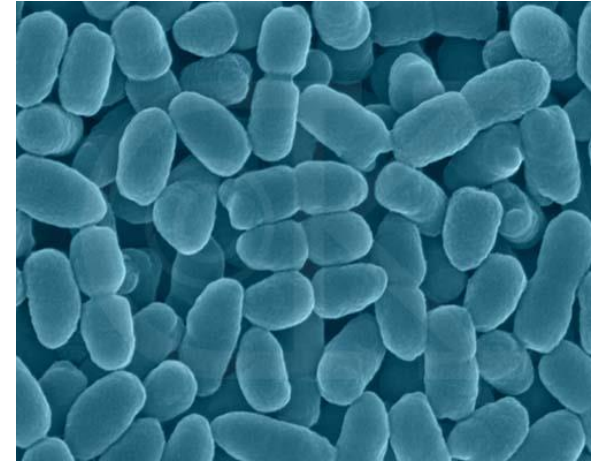


Gimenez stain of tick hemolymph cells infected with *R. rickettsii* CDC



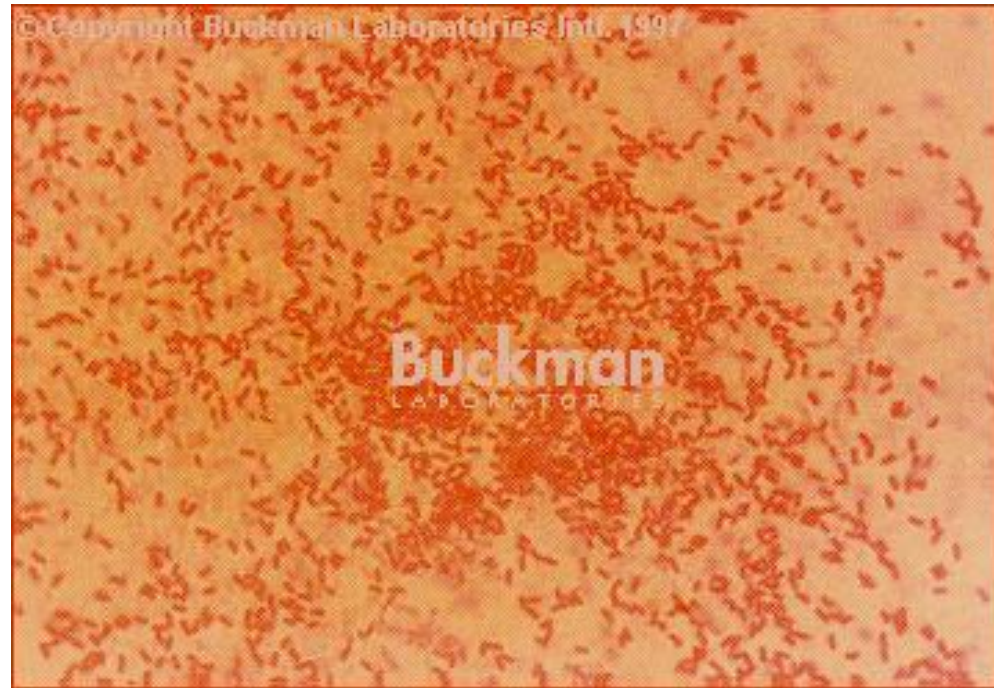
Gram αρνητικά Betaproteobacteria

- Παθογόνα
 - *Neisseria*
 - *Bordetella*
 - *Spirillum*
 - *Burkholderia*



Gram αρνητικά Gammaproteobacteria

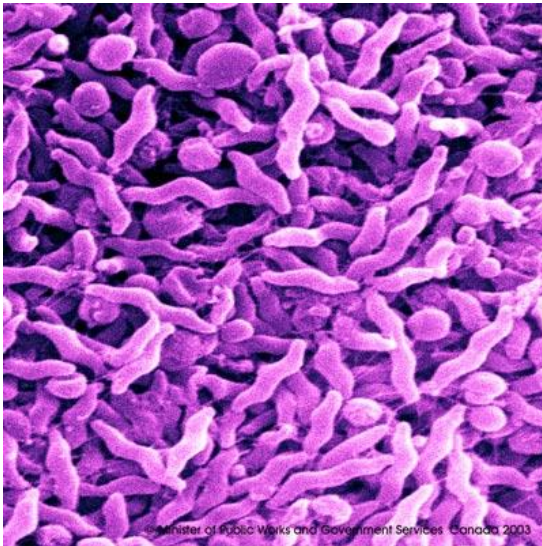
- Παθογόνα
 - *Legionella*
 - *Coxiella*
 - *Pseudomonas*
 - Enterobacteriaceae
 - *E. coli*
 - *Salmonella*
 - *Shigella*
 - *Proteus*
 - *Yersinia*
 - *Enterobacter*
 - *Serratia*



Pseudomonas

Gram αρνητικά Epsilonproteobacteria

- Παθογόνα
 - *Campylobacter*
 - *Helicobacter*



Campylobacter



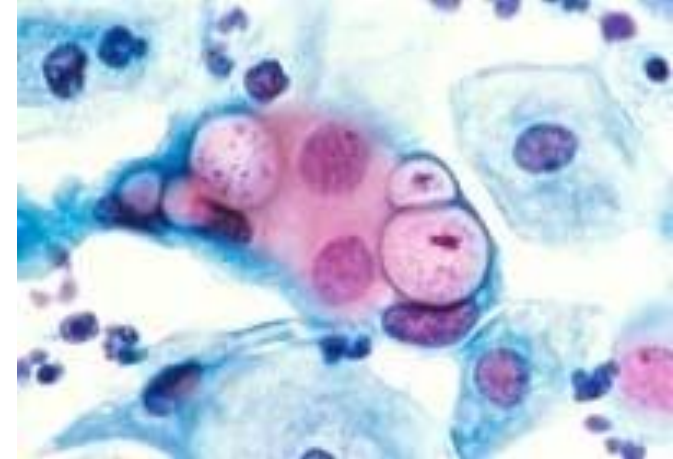
Helicobacter



Άλλες ομάδες βακτηρίων

- Παθογόνα
 - *Chlamydia*
 - *Spirochetes*
 - *Treponema* (σύφιλη)
 - *Borrelia* (νόσος Lyme)

Chlamydia



Borrelia



Treponema

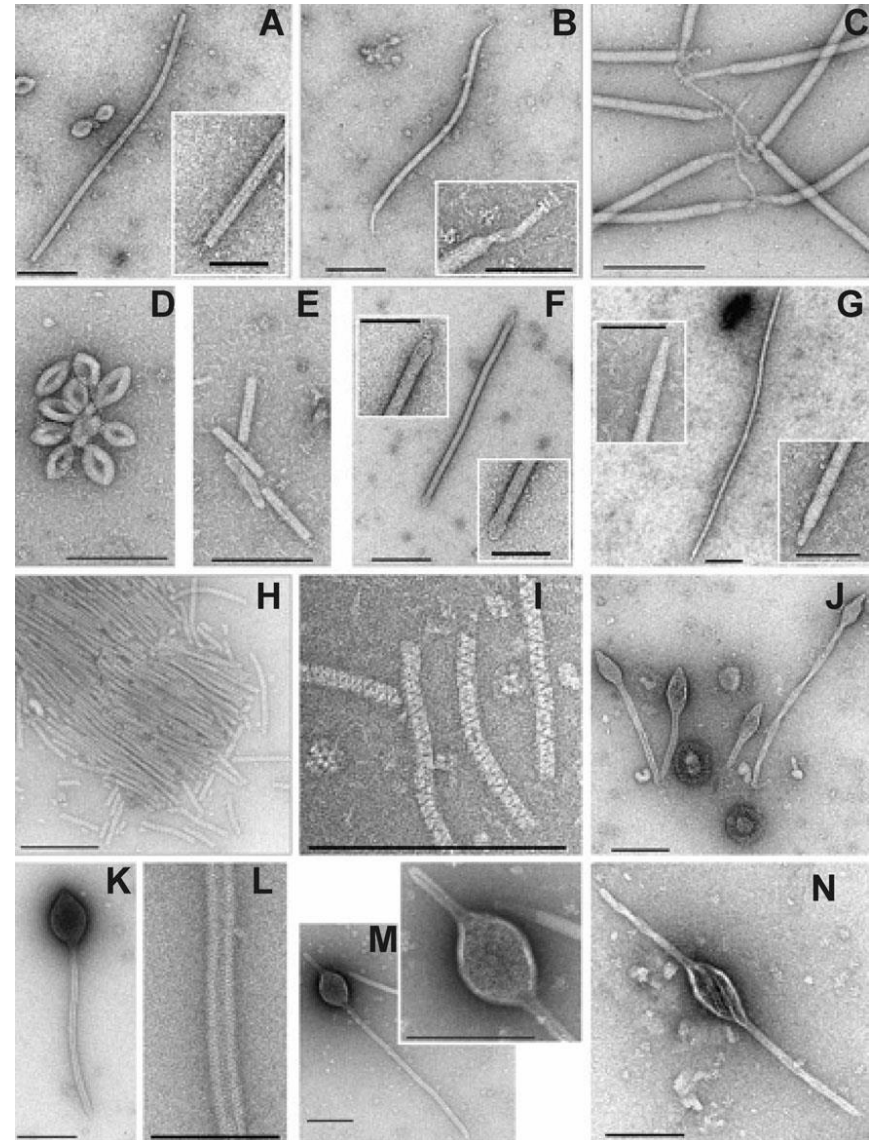
2. APXAIA

- **Ευβακτήρια**
 - Μονοκυτταρικά
 - Προκαρυωτικά
 - Ετεροτροφικά, αυτοτροφικά, και χημοτροφικά
 - **Παραδείγματα: Βακτήρια, κυανοβακτήρια**
- **Αρχαία**
 - Μονοκυτταρικά
 - Προκαρυωτικά
 - Μπορούν να ζουν σε ακραία περιβάλλοντα
 - **Παραδείγματα: μεθανογόνα, ακραία θερμοφιλα, ακραία αλόφιλα**

Επικράτεια Αρχαία

Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των Αρχαίων

- Εξελιγμένα από τις πρωιμότερες μορφές ζωής.
- Μονοκυτταρικά και χωρίς πεπτιδογλυκάνη στο κυτταρικό τους τοίχωμα. Gram αρνητικά.
- Μερικά έχουν μαστίγια.
- Τα περισσότερα δεν χρειάζονται φως ή οξυγόνο για να επιβιώσουν.
- Μπορούν να παράγουν ATP από την ηλιακή ακτινοβολία.
- Μπορούν να ζουν σε ακραία περιβάλλοντα και αντέχουν υψηλές δόσεις ραδιενέργειας, πίεσης, θερμοκρασίας, αλάτων, pH. Έτσι, μπορούν να επιβιώσουν κάτω από βράχους και σε υδροθερμικά φρεάτια στον πυθμένα του ωκεανού, βαθιά κάτω από την επιφάνεια.

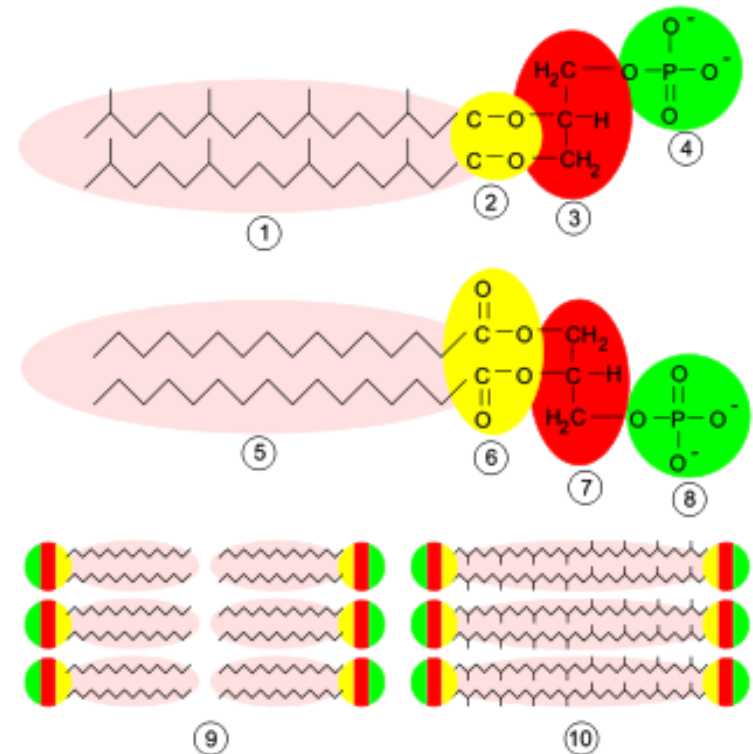


■ Μεθανογόνα

- Η μεγαλύτερη ομάδα
- Χρησιμοποιούν CO_2

επίσης:

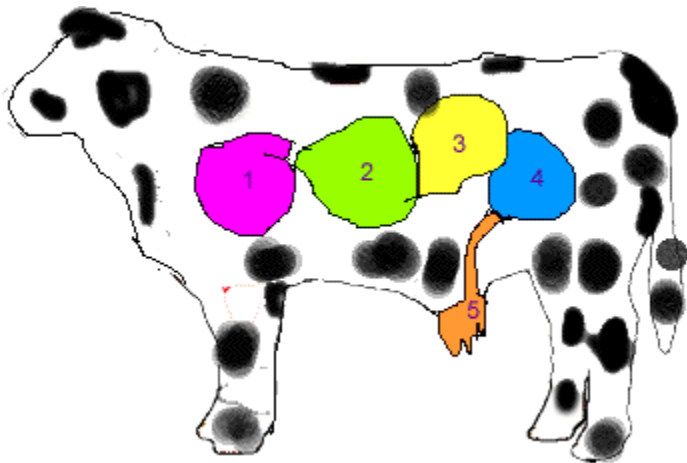
- Αλόφιλα
- Θερμόφιλα $> 60^\circ\text{C}$
κ Θερμοοξεόφιλα
- Ψυχρόφιλα $< 15^\circ\text{C}$
- Οξεόφιλα, $\text{pH} < 3$
- Αλκαλόφιλα, $\text{pH} > 10,5$



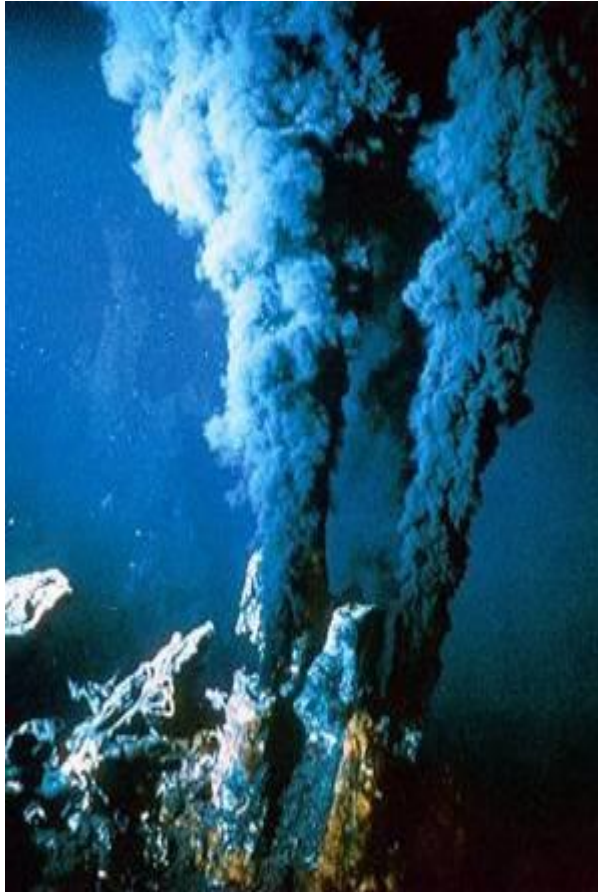
Λιπίδια μεμβράνης σε αρχαία και βακτήρια

Μεθανογόνα

- Απελευθερώνουν CH_4 σαν προϊόν του μεταβολισμού
- Πολλά ζουν στην ιλύ του βυθού των λιμνών και των βάλτων όπου το περιβάλλον είναι ανοξικό
- Μερικά ζουν στο έντερο των ζώων και τα βοηθούν να αποδομούν τις κυτταρίνες
- Άλλα βρίσκονται στο στομάχι



Το εσωτερικό της Γης αποτελείται από πολλούς διαφορετικούς τύπους μετάλλων (σίδηρο, χαλκός). Το μαύρο χρώμα στα *υδροθερμικά φρεάτια* προκαλείται από την αντίδραση των μετάλλων με το νερό της θάλασσας. Σε αυτό το ακραίο περιβάλλον ζουν πολλά **θερμοοξεόφιλα αρχαία**. Ζουν στο σκότος, ανοξικά, σε υψηλές θερμοκρασίες, σε pH 1-3, με υψηλές συγκεντρώσεις H_2S και άλλων ορυκτών.



Αλόφιλα

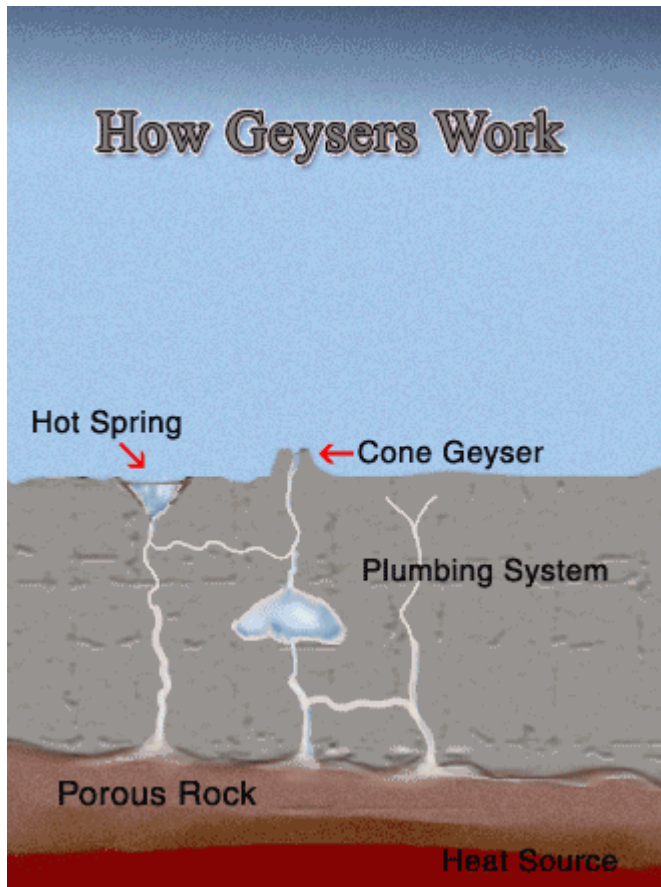
- Μπορούν να ζουν σε νερά με συγκεντρώσεις άλατος που υπερβαίνουν το 15% (4% η συγκέντρωση στη θάλασσα)



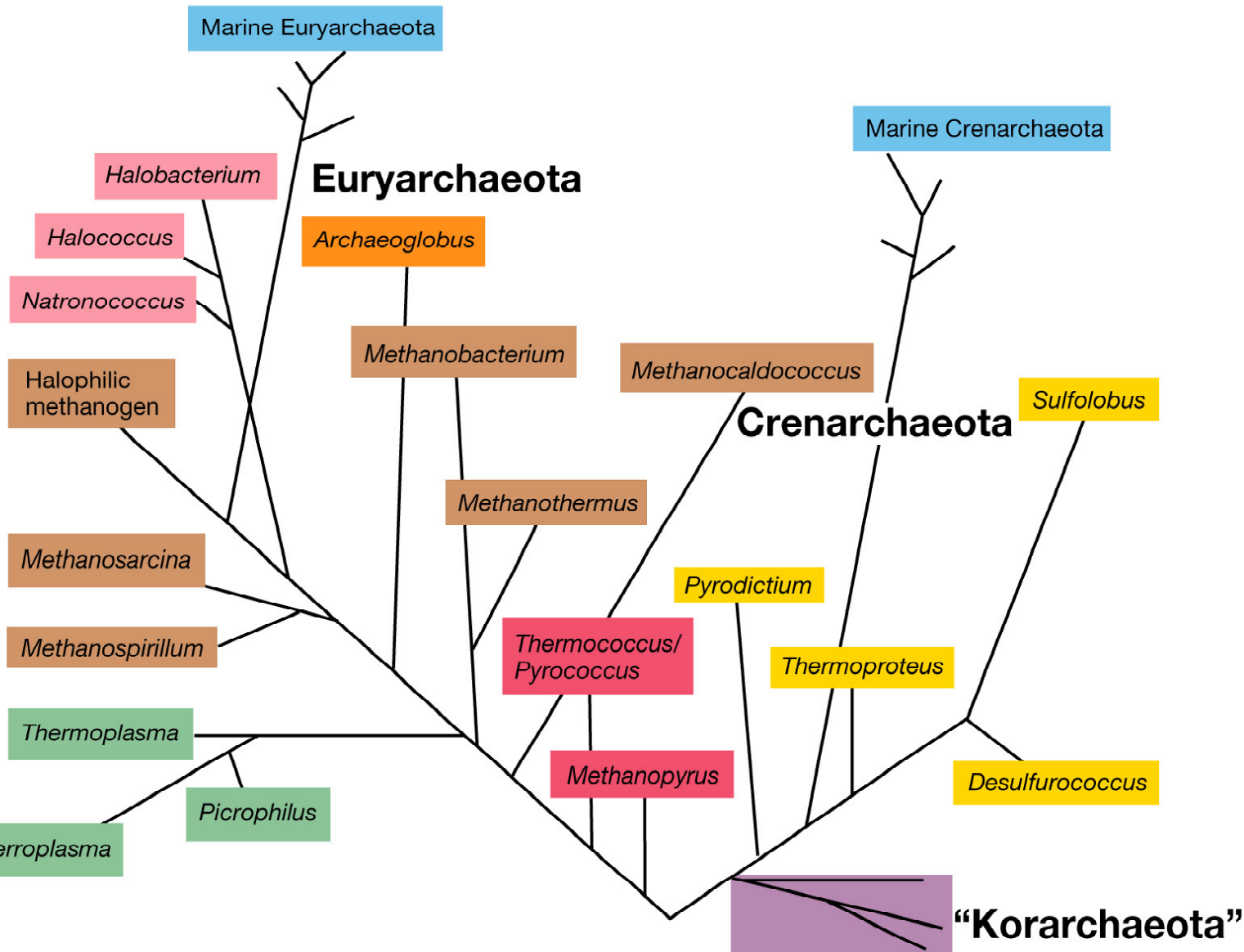
Η μεγάλη αλμυρά λίμνη στη Utah

- **Θερμόφιλα**

Μερικά απο τα πρώτα
αρχαία ανακαλύφθηκαν
στις θερμοπηγές του
εθνικού δρυμού του
Yellowstone.



Λεπτομερές φυλογενετικό δένδρο των Αρχαίων βασισμένο στις ακολουθίες των 16S rRNA



Συστηματική ταξινόμηση των αρχαίων

Σύγχρονη ταξινόμηση

4 συνομοταξίες

1. Συνομοταξία Crenarchaeota

1.1 Ομοταξία Thermoprotei

1.1.1 Τάξη Caldisphaerales

1.1.1.1 Οικογένεια Caldisphaeraceae

1.1.2 Τάξη Cenarchaeales

1.1.2.1 Οικογένεια Cenarchaeaceae

1.1.3 Τάξη Desulfurococcales

1.1.3.1 Οικογένεια Desulfurococcaceae

1.1.3.2 Οικογένεια Pyrodictiaceae

1.1.4 Τάξη Nitrosopumilales

1.1.4.1 Οικογένεια Nitrosopumilaceae

1.1.5 Τάξη Sulfolobales

1.1.5.1 Οικογένεια Sulfolobaceae

1.1.6 Τάξη Thermoproteales

1.1.6.1 Οικογένεια Thermofilaceae

1.1.6.2 Οικογένεια Thermoproteaceae



Επικράτεια: Archaea

Βασίλειο: Crenarchaeota

Συνομοταξία: Crenarchaeota

Ομοταξία: Halobacteria

Τάξη: Thermoprotei

Οικογένεια: Sulfolobaceae

Γένος: *Sulpholobus*

2. Συνομοταξία Euryarchaeota

2.1 Ομοταξία Archaeoglobi

2.1.1 Τάξη Archaeoglobales

2.1.1.1 Οικογένεια Archaeoglobaceae

2.2 Ομοταξία Halobacteria

2.2.1 Τάξη Halobacteriales

2.2.1.1 Οικογένεια Halobacteriaceae

2.3 Ομοταξία Methanobacteria

2.3.1 Τάξη Methanobacteriales

2.3.1.1 Οικογένεια Methanobacteriaceae

2.3.1.1.1 Γένος Methanobacterium

2.3.1.2 Οικογένεια Methanothermaceae

2.4 Ομοταξία Methanococci

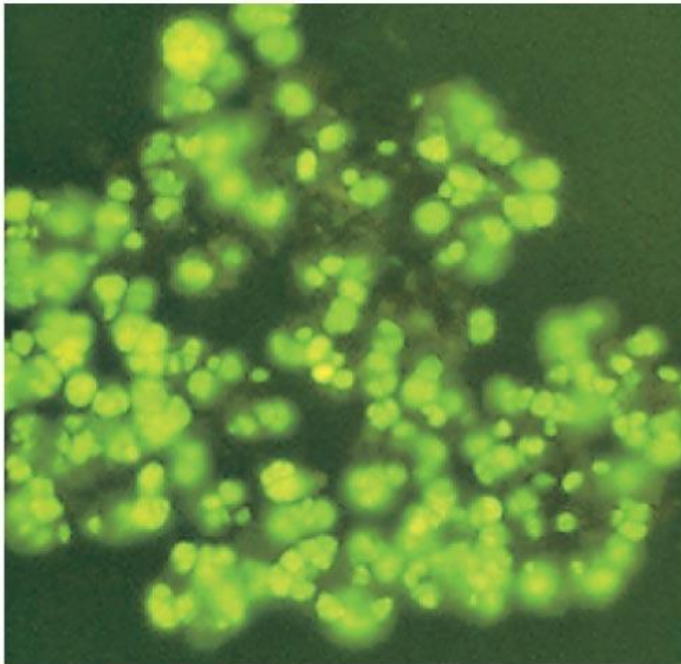
2.4.1 Τάξη Methanococcales

2.4.1.1 Οικογένεια Methanocaldococcaceae

2.4.1.2 Οικογένεια Methanococcaceae

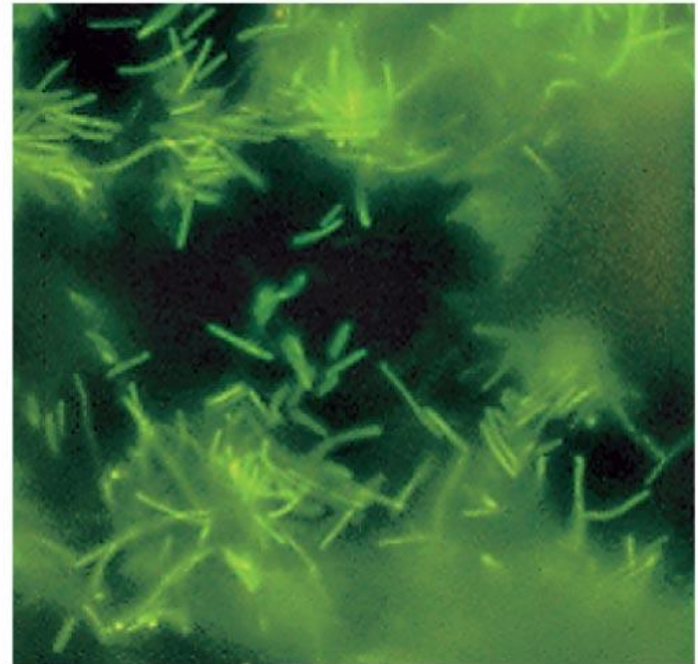
Μεθανογόνα

- Ο φθορισμός του **συνενζύμου F_{420}** μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μικροσκοπική αναγνώριση των μεθανογόνων βακτηρίων



T. D. Brock

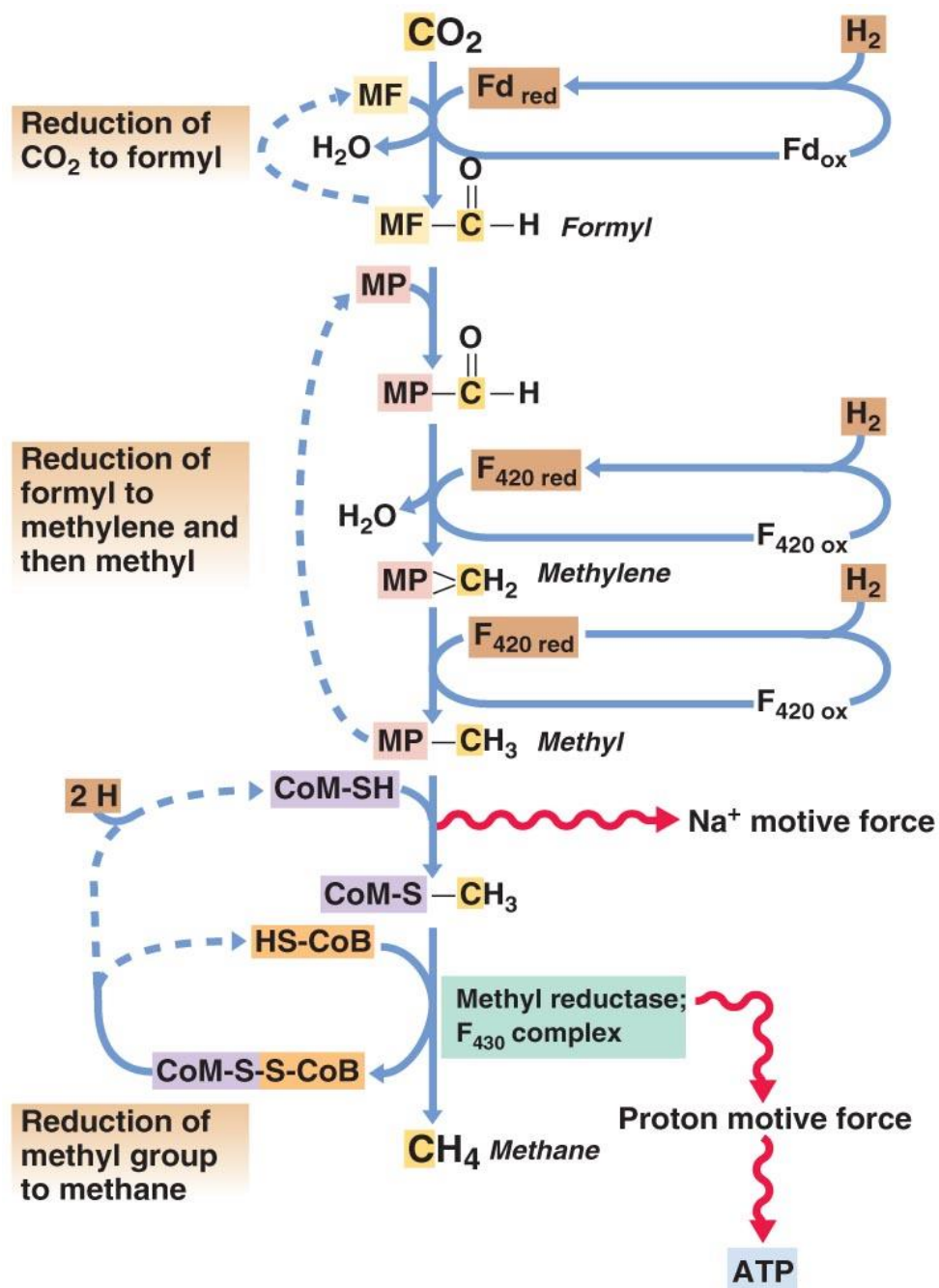
Φθορισμός του **συνενζύμου F_{420}** του μεθανογόνου *Methanosarcina barkeri*



T. D. Brock

Φθορισμός του **συνενζύμου F_{420}** του μεθανογόνου *Methanobacterium formicicum*.

Μεθανογένεση από CO_2 και H_2



Επικράτεια: Archaea

Βασίλειο: Euryarchaeota

Συνομοταξία: Euryarchaeota

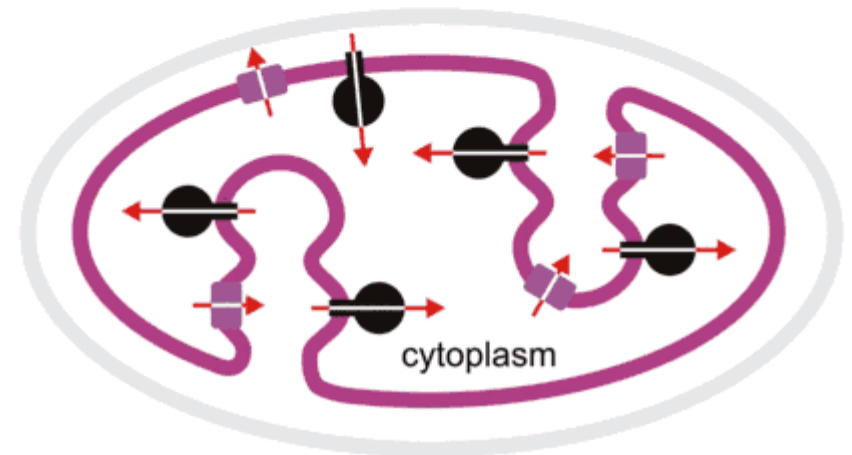
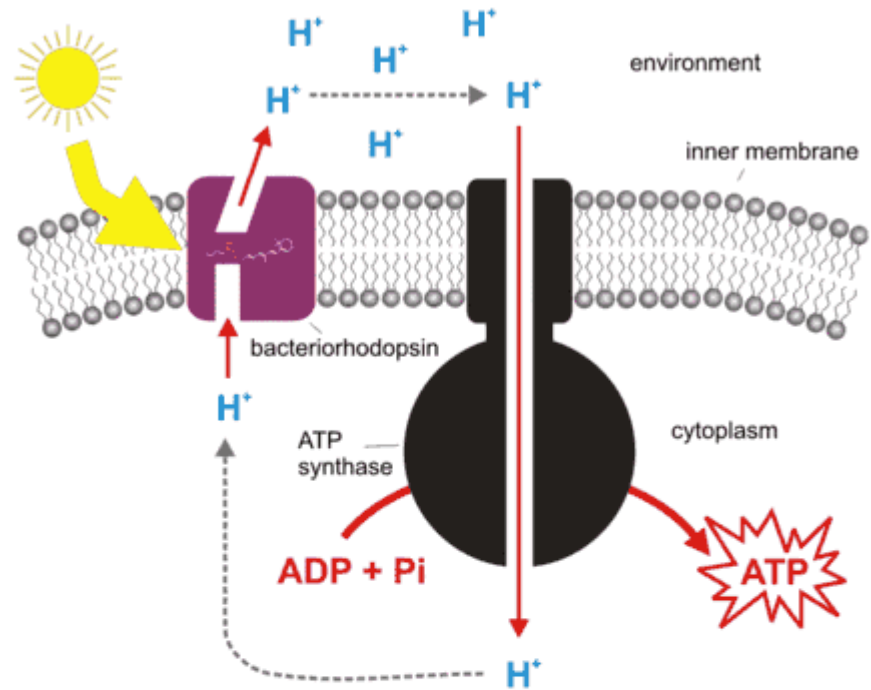
Ομοταξία: Halobacteria

Τάξη: **Halobacteriales**

Οικογένεια: Halobacteriaceae

Γένος: *Halobacterium*

Είδος: *Halobacterium salinarium*



➤ Αρχαίο *Halobacterium*

Ηλιακή αντλία πρωτονίων:

Μοναδικός πρωτόγονος τύπος φωτοσύνθεσης. Δημιουργεί κλίση πρωτονίων για τη δημιουργία ATP.

2. Συνομοταξία Euryarchaeota

2.5 Ομοταξία *Methanomicrobia*

2.5.1 Τάξη Methanomicrobiales

2.5.1.1 Οικογένεια Methanocorpusculaceae

2.5.1.2 Οικογένεια Methanomicrobiaceae

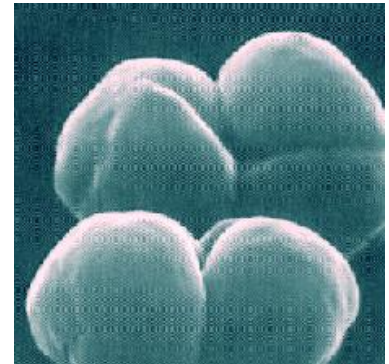
2.5.1.3 Οικογένεια Methanospirillaceae

2.5.2 Τάξη Methanosarcinales

2.5.2.1 Οικογένεια Methanosaetaceae

2.5.2.2 Οικογένεια Methanosarcinaceae

2.5.2.2.1 Γένος Methanosarcina —



2.6 Ομοταξία *Methanopyri*

2.6.1 Τάξη Methanopyrales

2.6.1.1 Οικογένεια Methanopyraceae

2.7 Ομοταξία Thermococci

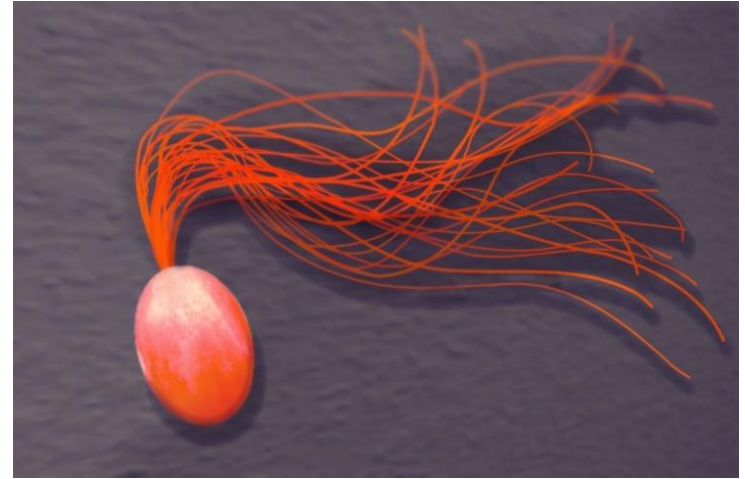
2.7.1 Τάξη Thermococcales

2.7.1.1 Οικογένεια Thermococcaceae

2.7.1.1.1 Γένος *Pyrococcus*

2.7.1.1.1.1 Είδος *Pyrococcus furiosus*

Αναγωγή πρωτονίων



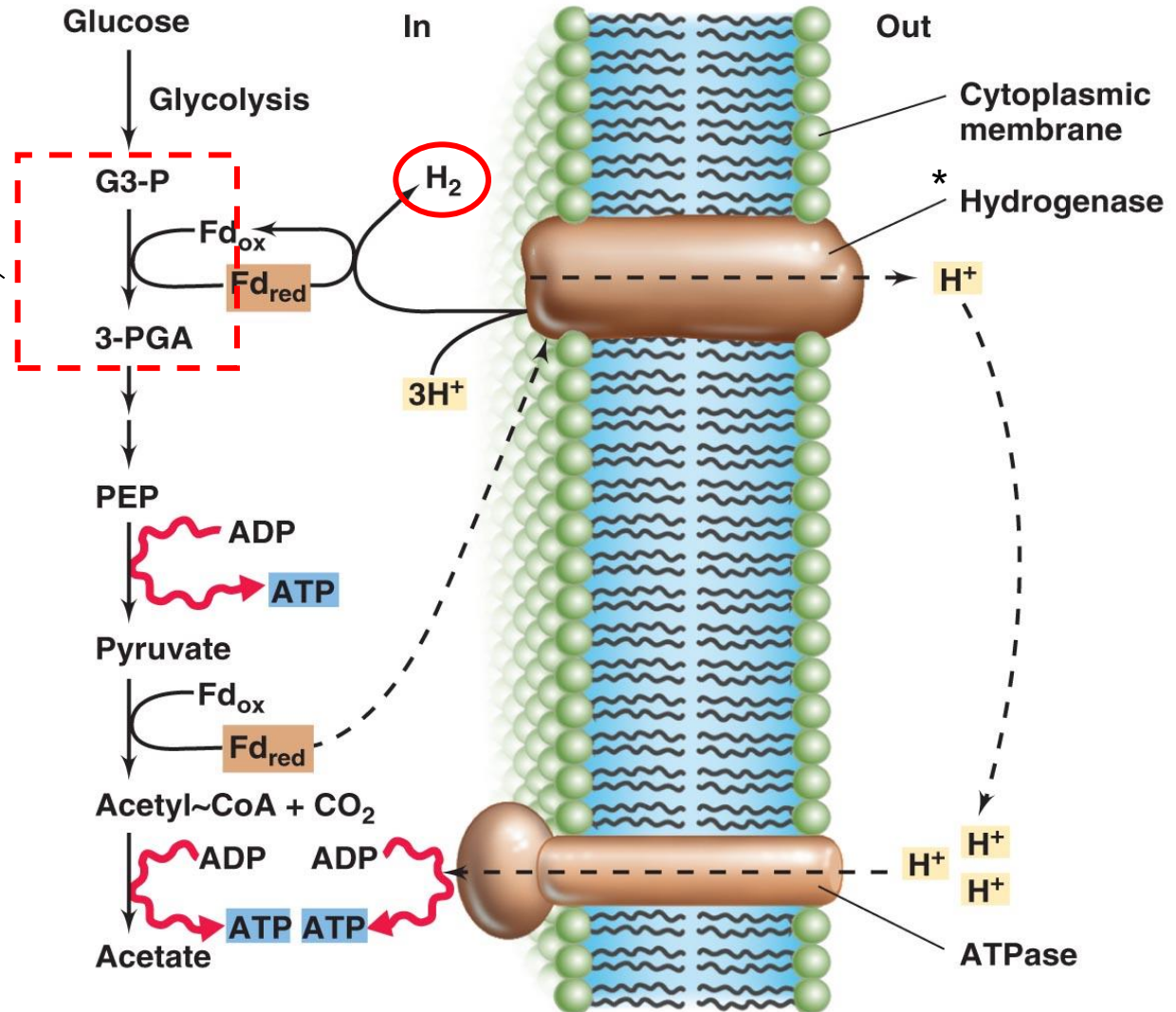
- *Pyrococcus furiosus*
 - Μέλος των Αρχαίων
 - Μεγαλώνει βέλτιστα στους 100°C.
 - Ίσως έχει τον απλούστερο από τους αναεροβικούς μηχανισμούς αναπνοής
 - Ο οργανισμός ζυμώνει τη γλυκόζη με αναγωγή πρωτονίων. Υπάρχει ATP συνθετάση, αλλά δεν υπάρχει κλασική αλυσίδα μεταφοράς ηλεκτρονίων
 - Δότες ηλεκτρονίων: σάκχαρα και μικρά πεπτίδια
 - Αποδέκτης ηλεκτρονίων: H^+

Τροποποιημένη γλυκόλυση και αναγωγή H^+ στον *P. furiosus*

Αναγωγή μέσω
φερεδοξίνης

$$Fd_{ox/red} = \sim -0.42 \text{ V}$$

$$2H^+/H_2 = \sim -0.42 \text{ V}$$



* Η υδρογονάση ανάγει τη φερεδοξίνη και εξάγει παράλληλα H^+

2. Συνομοταξία Euryarchaeota

2.8 Ομοταξία Thermoplasmata

2.8.1 Τάξη Thermoplasmatales

2.8.1.1 Family Ferroplasmaceae

2.8.1.2 Οικογένεια Picrophilaceae

2.8.1.3 Οικογένεια Thermoplasmataceae

«Νεότερες» συνομοταξίες:

3. Συνομοταξία Korarchaeota

4. Συνομοταξία Nanoarchaeota

ΤΕΛΟΣ αρχαίων

Τα είδη των μικροβίων

1. Βακτήρια

2. Αρχαία

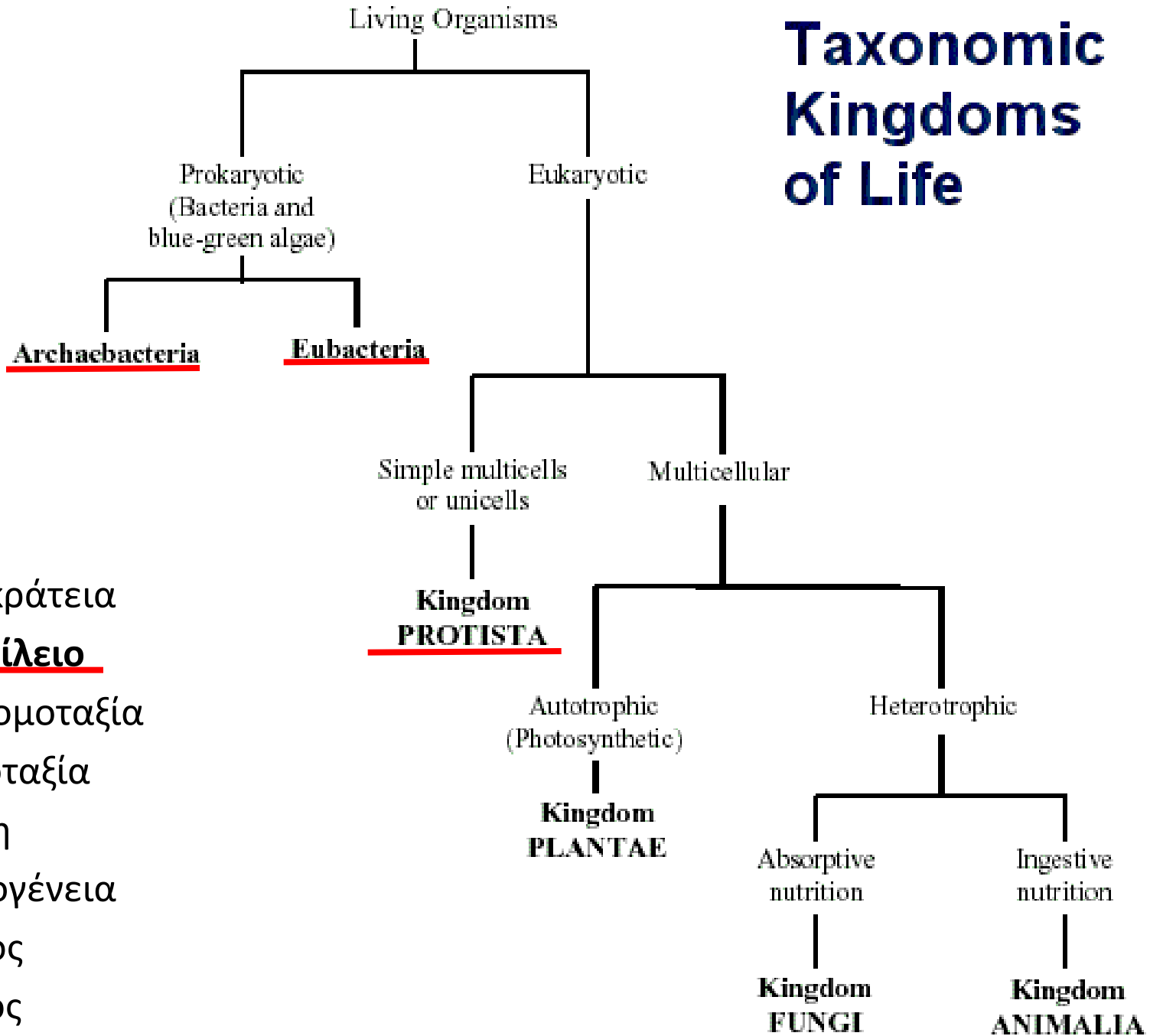
3. Μύκητες

4. Μικροοργανισμοί που εξετάζονται με τους μύκητες

5. Ιοί

3. Βασίλειο ΜΥΚΗΤΩΝ

Taxonomic Kingdoms of Life



- Επικράτεια
- Βασίλειο
- Συνομοταξία
- Ομοταξία
- Τάξη
- Οικογένεια
- Γένος
- Είδος

Ταξινόμηση με μοριακές τεχνικές (DNA)

BALDAUF & PALMER (1993),
WAINWRIGHT *et al.* (1993),
HASEGAWA *et al.* (1993)

Τα τρία μείζονα βασίλεια είναι ξεχωριστά, δεν υπάρχει σύνδεση
μεταξύ **μυκήτων** και **φυτών**

Βασίλειο ΜΥΚΗΤΩΝ

Η σημασία των μυκητών:

Χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων:
αρτοποιία, παραγωγή ζύθου, κρασιού, τυρών

Χρησιμοποιούνται στη βιοτεχνολογία
Παρασκευή αντιβιοτικών: κυκλοσπορίνη, αμπικιλίνη
Παρασκευή ανασυνδιασμένων πρωτεϊνών

Έχουν αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες

Είναι παράσιτα για ζώα και φυτά, επηρεάζουν τη δημόσια υγεία (πχ
αφλατοξίνες)

Συνεισφέρουν στην αποσύνθεση και τον κύκλο των τροφικών ουσιών

Συσχετίζονται με τις ρίζες των φυτών και δίνουν **μυκόρριζες**

Μυκόρριζες

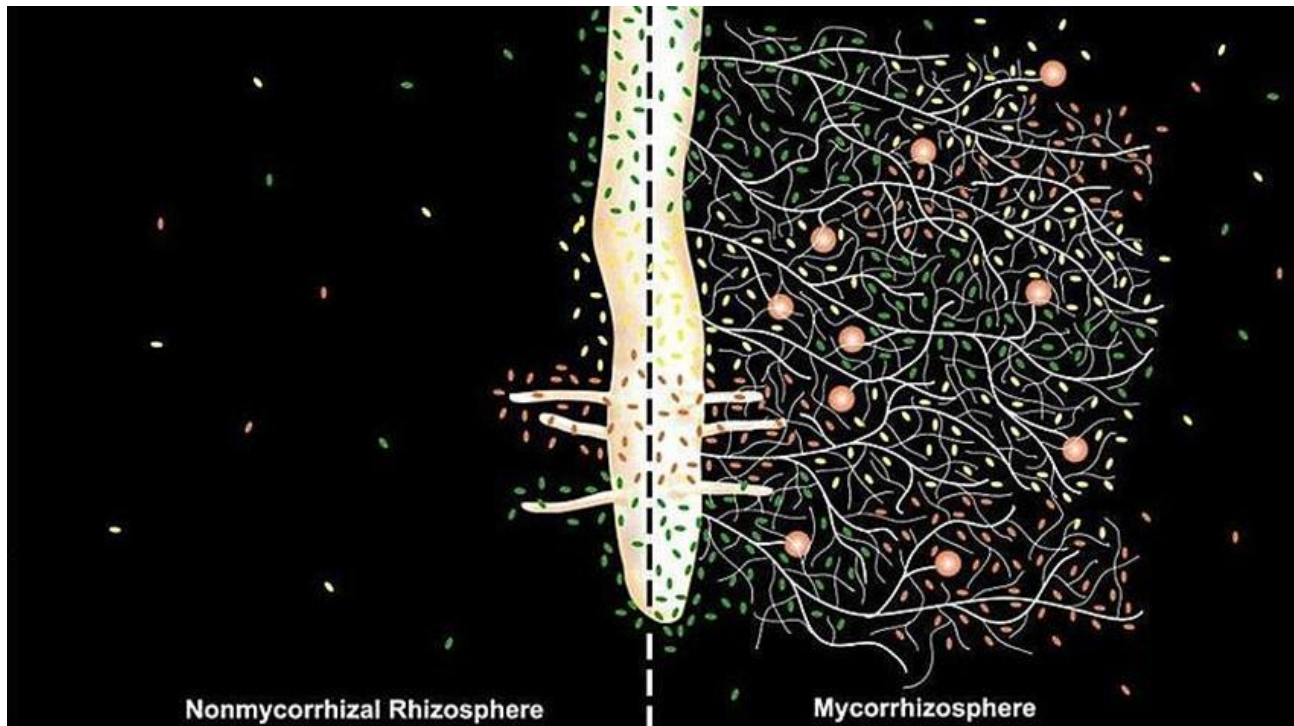
Συμβιωτική σχέση μεταξύ ριζών και μυκήτων.

Οι μύκητες επιτρέπουν στα φυτά να απορροφούν περισσότερο νερό και ορυκτά (μεγαλύτερη επιφάνεια υφών).

Οι μύκητες ελευθερώνουν ένζυμα που βοηθούν την απελευθέρωση θρεπτικών συστατικών στο έδαφος.

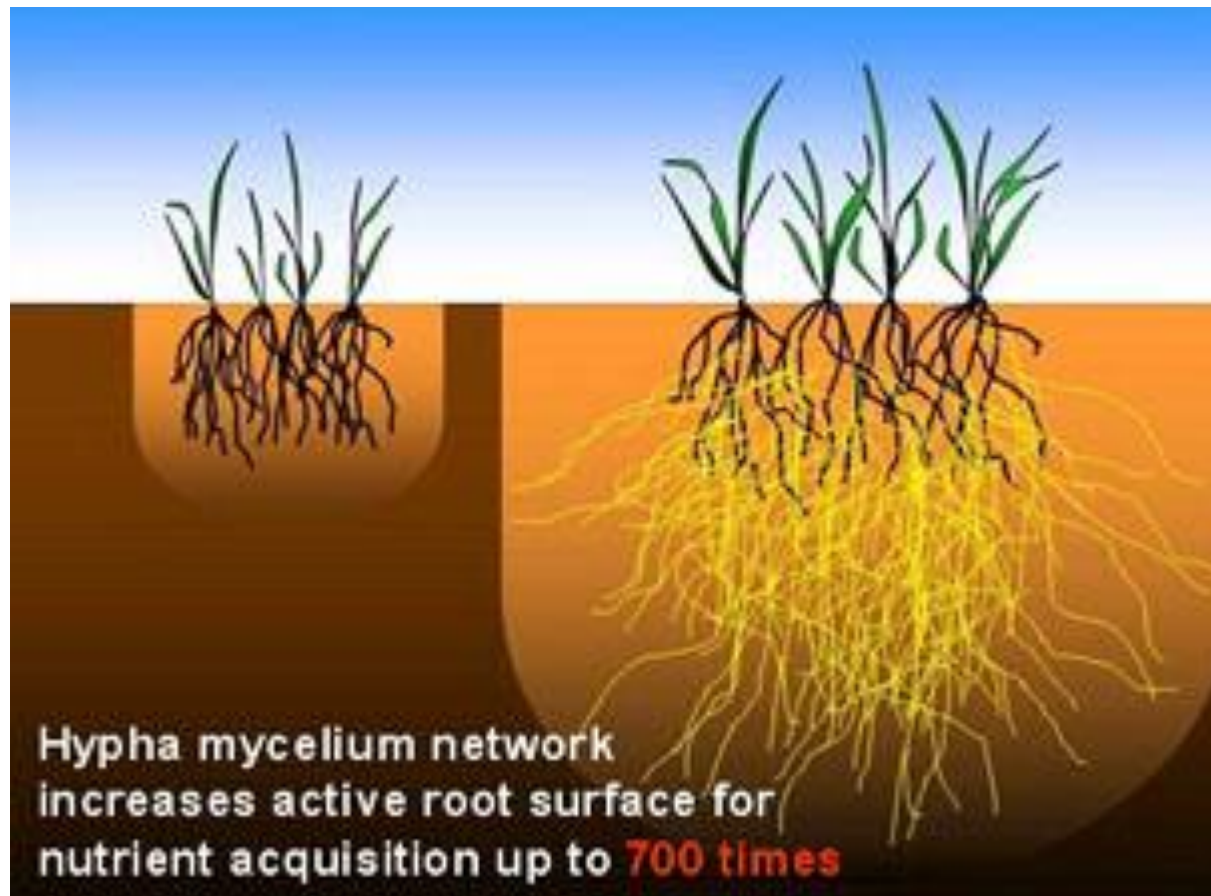
Τα φυτά εφοδιάζουν τους μύκητες με τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης.

Αποθήκες αζώτου;





https://www.youtube.com/watch?time_continue=68&v=yWOqeyPIVRo



<https://greenbeanconnection.wordpress.com/2013/11/16/mycorrhizal-fungi-the-proof-is-in-the-roots/>

ΜΥΚΗΤΕΣ

- **Ετερογενής ομάδα** μη φυτικών, ευκαρυωτικών οργανισμών με πλησιέστερους συγγενείς τα ζώα. Θεωρείται ότι τα ζώα και οι μύκητες σχετίζονται εξελικτικά με μια ομάδα Πρωτίστων γνωστή ως χοανομαστιγωτά.
- **100,000** γνωστά είδη. 1700 ανακαλύπτονται κάθε χρόνο (υπολογίζονται στα 1.500.000).
- **Μόνο 100** είναι παθογόνα-**μυκητιώσεις**. Τα είδη μυκητών που σχετίζονται με νόσους αυξάνονται σε 300 λόγω των νοσοκομειακών λοιμώξεων, και των ασθενών με ανοσοκαταστολή (π.χ. HIV, διαβήτης, μεταμοσχεύσεις).
- **Μυκητιώσεις**-πνευμονικές μολύνσεις : Ασπεργίλλωση, Βλαστομύκωση.
- **5,000** είναι παθογόνα φυτών με κόστος \$1 δις/χρόνο.

ΜΥΚΗΤΕΣ

Δομικά, λειτουργικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά

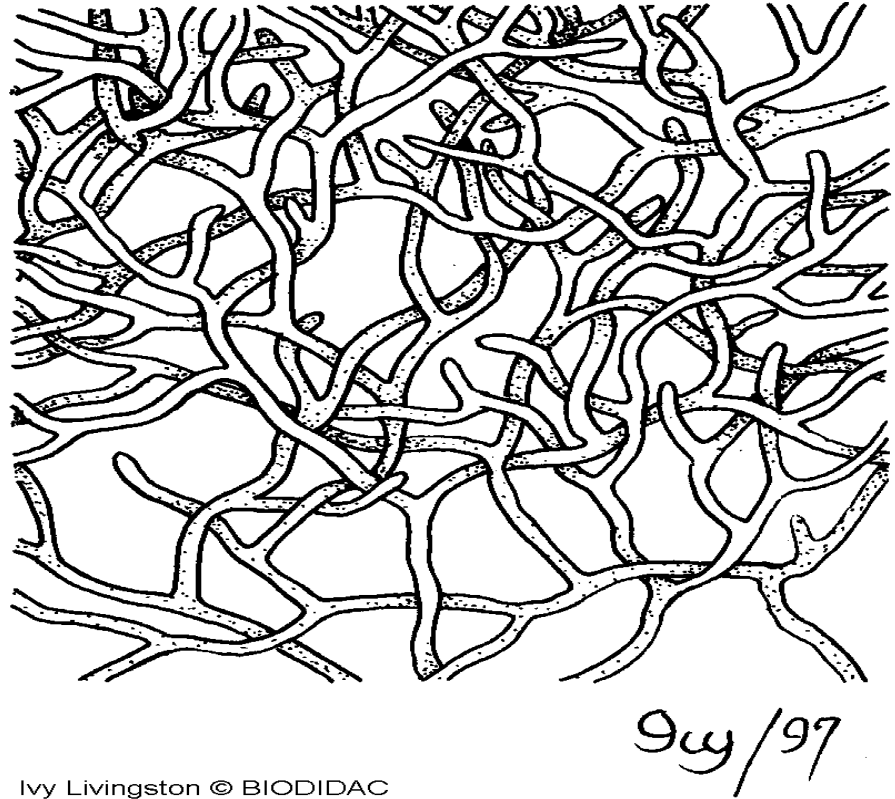
Μη κινούμενοι ευκαρυωτικοί οργανισμοί με στερεά τοιχώματα και κλασσικό κύτταρο με καλοσχηματισμένο πυρήνα. Περιέχουν επίσης μιτοχόνδρια, ενδοπλασματικό δίκτυο και σύστημα Golgi. Μη φωτοσυνθετικοί οργανισμοί, δεν έχουν χλωροφίλη.

Είναι **ετεροτροφικοί οργανισμοί**. Η ετεροτροφία πραγματοποιείται με έκκριση πεπτικών ενζύμων και ενεργό μεταφορά των τροφικών συστατικών. Αποθηκεύουν υδατάνθρακες κυρίως ως γλυκογόνο.

Ετερογενής ομάδα όσον αφορά τη μορφολογία τους. Τα κυτταρικά τους τοιχώματα απαρτίζονται από **χιτίνη**. Το υλικό αυτό δεν υπάρχει στα φυτά, παρά στα αρθρόποδα (π.χ. έντομα, καβούρια).

Πολλοί μύκητες αποτελούνται από σωληνοειδείς δομικές μονάδες, τις **υφές**. (επίσης υπάρχουν μερικές μονοκύτταρες μορφές άνευ υφών). Οι υφές μεγαλώνουν ως μία μάζα διακλαδούμενων νηματίων, τα οποία δίνουν μακροσκοπικά το **μυκήλιο**.

Όλοι **πολυκυτταρικοί οργανισμοί** εκτός των **ζυμών**.



Ivy Livingston © BIODIDAC

Μυκήλια

Δομικά, λειτουργικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά

Καρπόσωμα

Η αναπαραγωγική δομή που αναπτύσσεται από το μυκήλιο στο έδαφος και είναι αναγνωρίσιμη ως μανιτάρι.

Αναπαραγωγή των μυκητών

Οι περισσότεροι μύκητες αναπαράγονται αφίλεκτως και φυλετικώς. Η φυλετική αναπαραγωγή γίνεται μεταξύ δύο διαφορετικών αναπαραγωγικών τύπων, του + και του -. Όταν συναντώνται υφές από αντίθετους αναπαραγωγικούς τύπους, οι πυρήνες τους συντήκονται. Η φυλετική αναπαραγωγή γίνεται με μείωση του ζυγώτη.

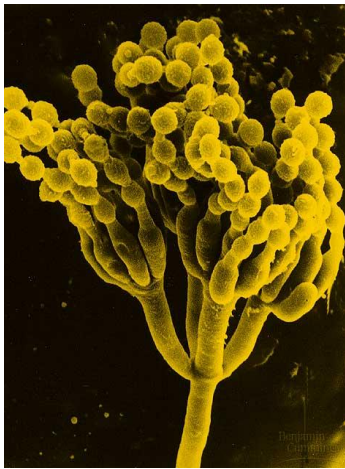
Σπόριο

Το αναπαραγωγικό κύτταρο το οποίο μπορεί να δώσει έναν καινούργιο οργανισμό μετά από μιτωτικές διαιρέσεις.

Ο τρόπος με τον οποίο εξαπλώνονται οι μύκητες στη γη μέσω του ανέμου. Τα σπόρια παράγονται φυλετικά (ζυγοσπόρια) ή και αγενώς.

Αναπαραγωγή με σπόρια

- Τα σπόρια δημιουργούνται:
 - Πάνω σε υφές
 - Εντός σποραγγείων
 - Πάνω στο καρπόσωμα (καρποφόρο σώμα)



υφές
Penicillium



καρπόσωμα
Amanita

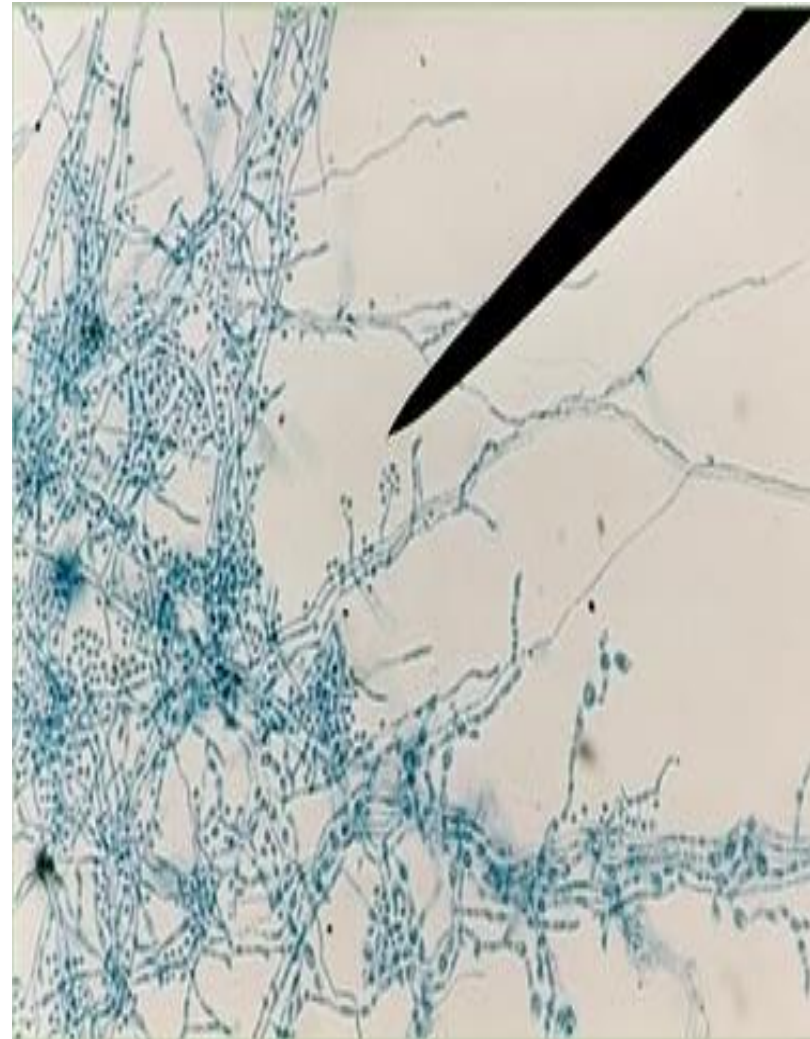


σποράγγεια
Pilobolus

Αναπαραγωγή μυκητών

Α. Φυλετική αναπαραγωγή

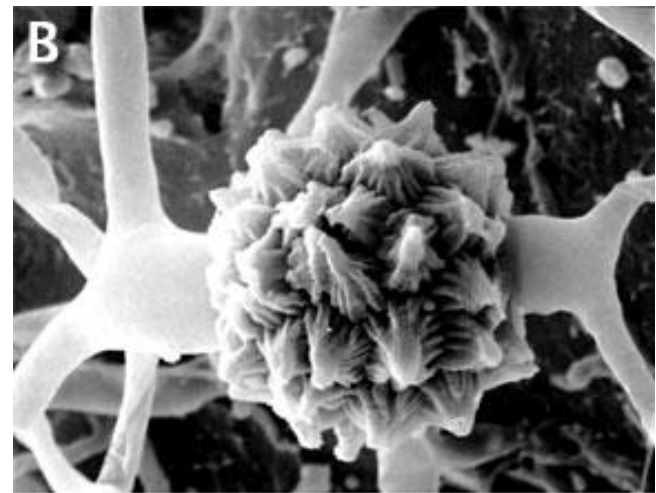
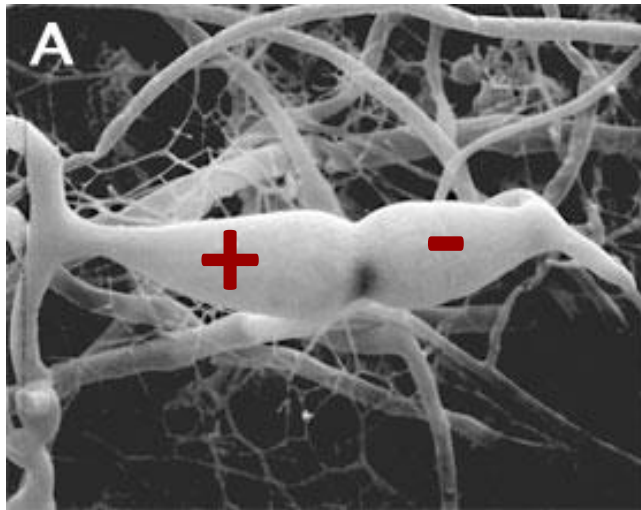
- Όταν οι περιβαλλοντικές συνθήκες είναι πτωχές (θρεπτικά συστατικά, χώρος, υγρασία...)
- Δεν υπάρχουν αρσενικοί/θηλυκοί μύκητες
- Μερικοί μύκητες έχουν διμορφισμό
 - Μεγαλώνουν ως **Μυκήλια** ή **Ζύμες** (ίνες στους 25°C, στρογγυλοί στους 37°C)



Dimorphic Fungi

A. Φυλετική αναπαραγωγή

- Απλοειδείς **1n υφές** από **2 τύπους ζευγαρώματος (+ και -)** **συντήκονται** (γονιμοποίηση)
- Δημιουργούνται υφές με **2n** πυρήνες που κάνουν έναν **ζυγώτη** που στη συνέχεια αναπτύσσεται σε **ζυγοσπόριο**.
- Ο ζυγώτης διαιρείται και δίνει ένα **σπόριο**

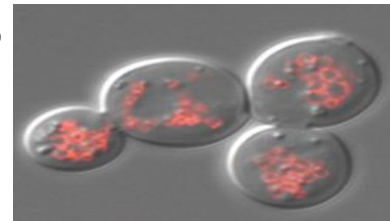


SPORE FORMS

B. Μη φυλετική αναπαραγωγή

1. **Θραυσμάτωση** – μέρος του μυκηλίου απομονώνεται και αρχίζει να ζει μόνο του
2. **Εκβλάστηση** – δημιουργείται ένα μικρό κύτταρο, απομακρύνεται και μεγαλώνει ένας καινούργιος μύκητας

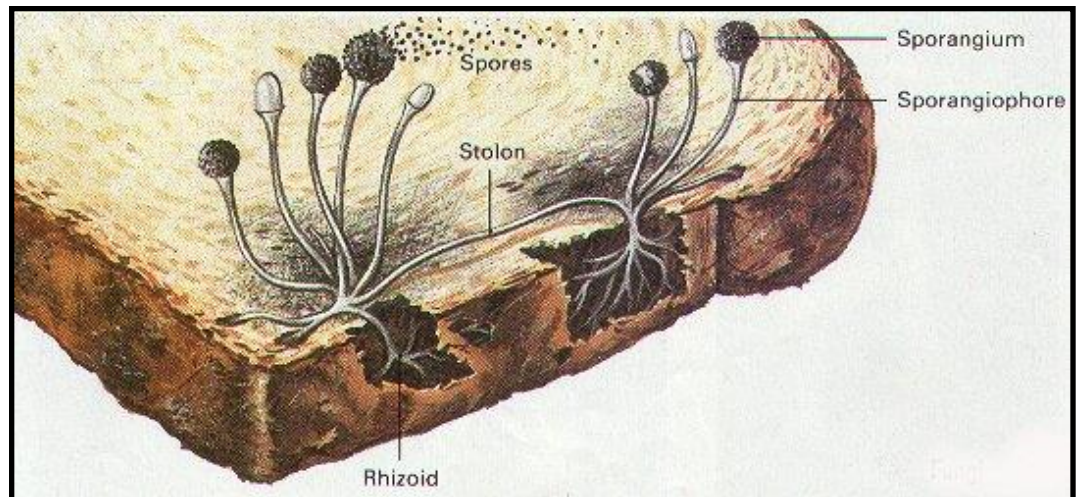
1. Π.χ. Ζύμες



3. **Μη φυλετικά σπόρια**– παραγωγή σπορίων από μυκήλια, τα οποία στη συνέχεια βλαστάνουν και δίνουν νεό μυκήλιο

B. Μη φυλετική αναπαραγωγή

- Τα καρποφόρα σώματα είναι τροποποιημένες υφές που δίνουν μη φυλετικά **σπόρια**
- Ένα όρθιο στέλεχος, ο **σποραγγειοφόρος** υποστηρίζει την θήκη των σπόρων το **σποράγγειο**



Ορολογία:

Σπόριο (σπόρια, βασιδιοσπόρια, ασκοσπόρια, κονίδια κλπ).

Βρίσκεται επί **καρποφόρου δομής/σωματιδίου**
(σποραγγειοφόρου υφής, βασιδίου, ασκού).

Το **σπόριο** βρίσκεται στο **σποράγγειο**, που βρίσκεται επί της **σποριαγγειοφόρου** (αλλού κονιδιοφόρου) **υφής**.

Το **ασκοσπόριο** βρίσκεται μέσα στον **ασκό**.

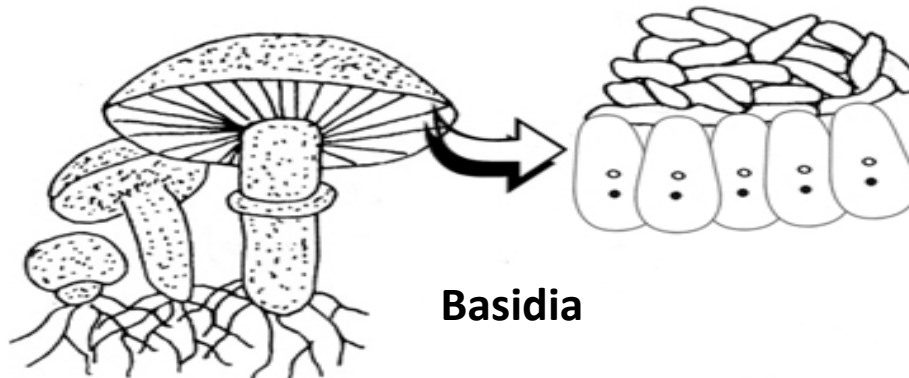
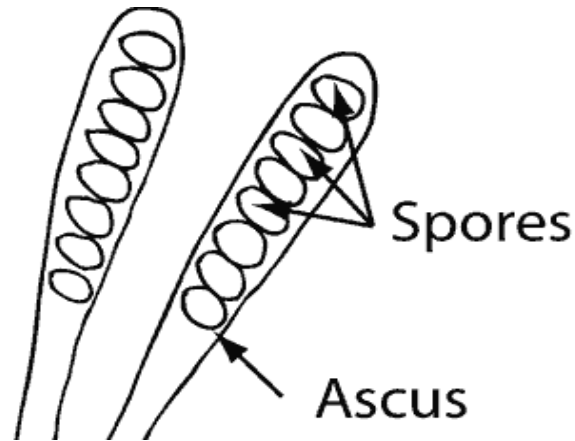
Το **βασιδιοσπόριο** βρίσκεται μέσα στο **βασίδιο**.
Τα κονίδια επί της φιαλίδος

Ζυγοσπόρια: διπλοειδή σπόρια ($2N$) με παχύ τοίχωμα που προκύπτουν από τη φυλετική αναπαραγωγή.

Καρπόσωμα ή καρποφόρο σώμα: το μανιτάρι.

Β. Μη φυλετική αναπαραγωγή

- Τύποι καρποφόρων σωματιδίων:
 - Βασίδια
 - Σποράγγεια
 - Ασκοί



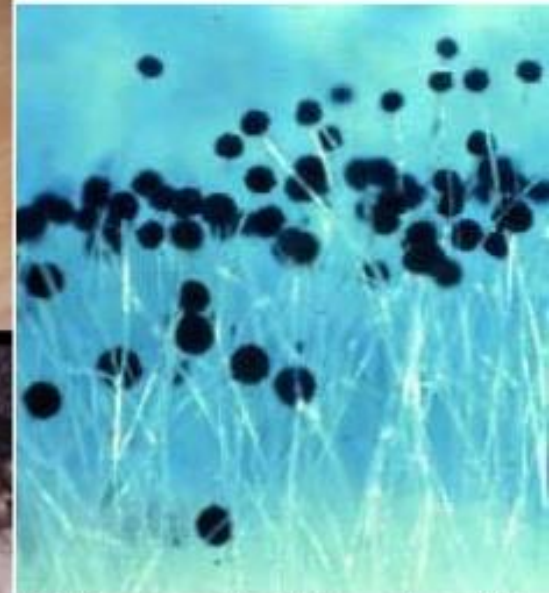
Σποράγγεια



Παράδειγμα:

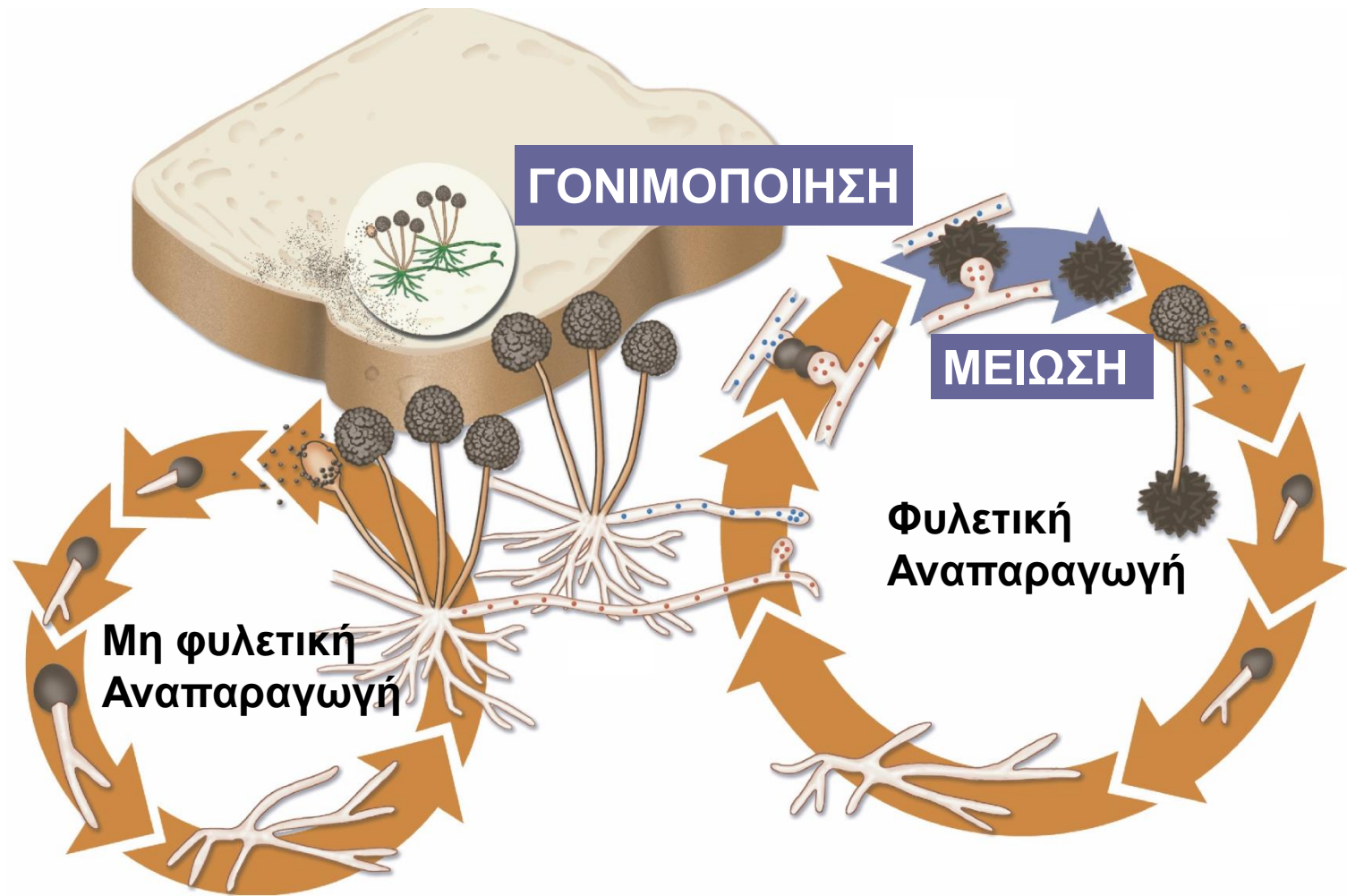
Ο κύκλος ζωής του *Rhizopus*

Τάξη: Ζυγομύκητες



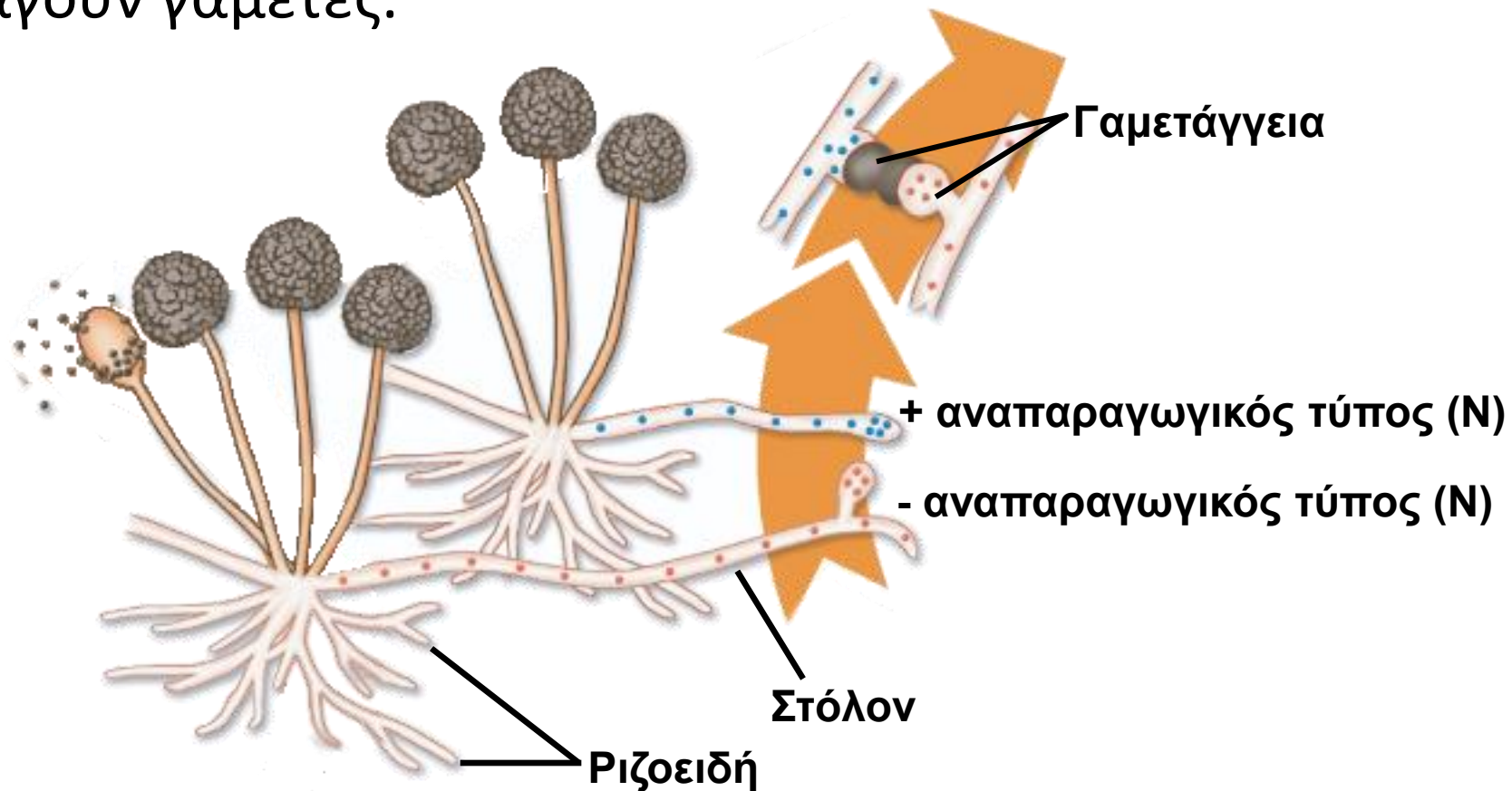
Rhizopus -black bread mold

Ο κύκλος ζωής του *Rhizopus*



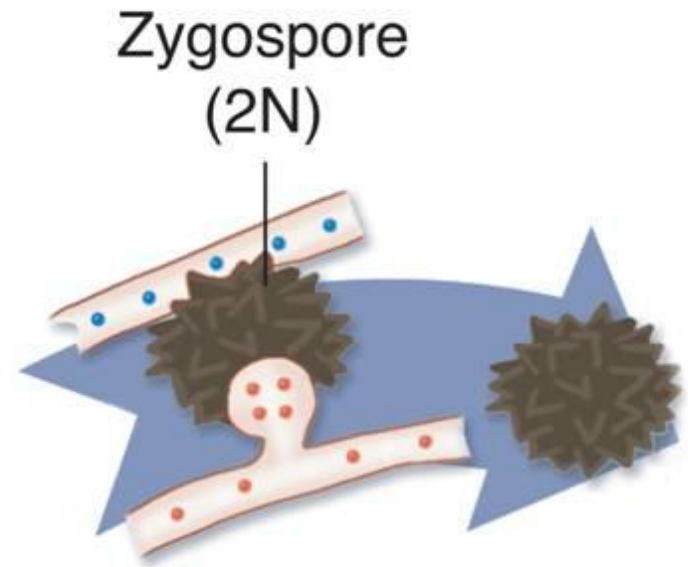
Ο κύκλος ζωής του *Rhizopus*

- Υφές από διαφορετικούς αναπαραγωγικούς τύπους συντήκονται και παράγουν τα **γαμετάγγεια**, δομές που παράγουν γαμέτες.



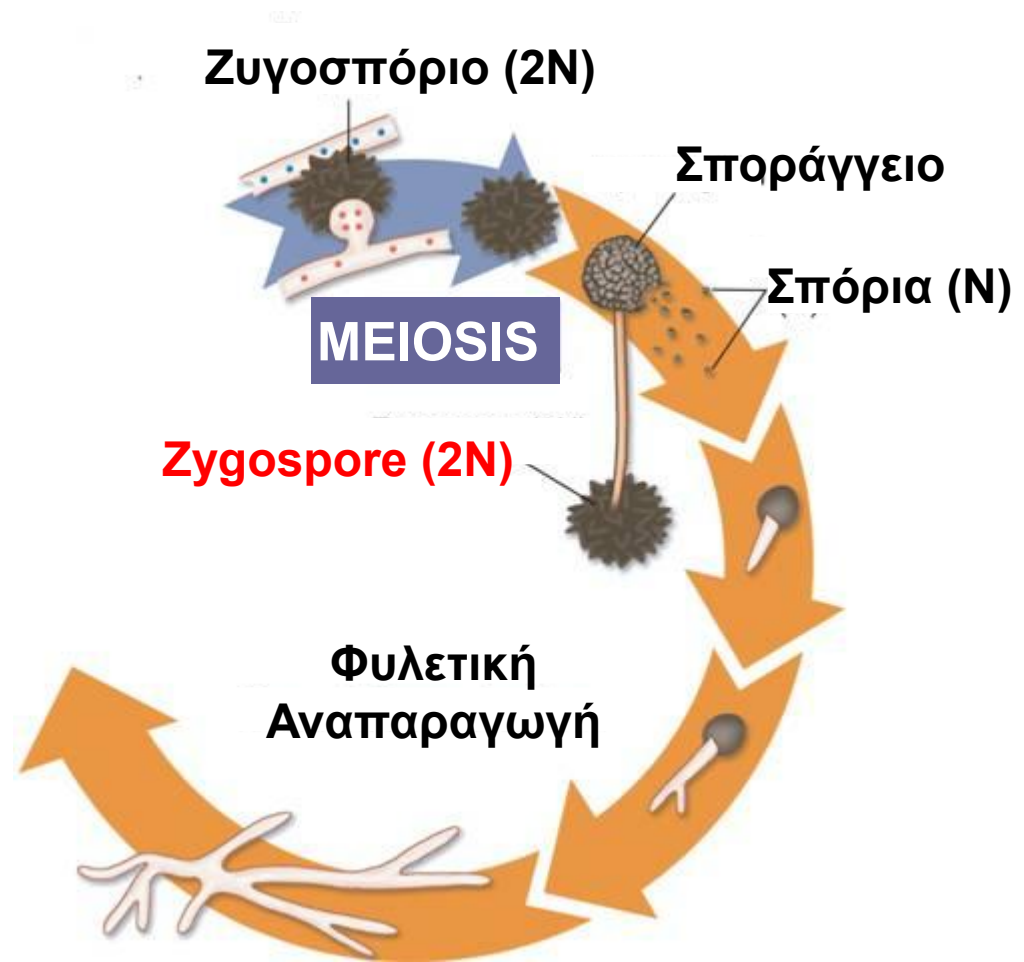
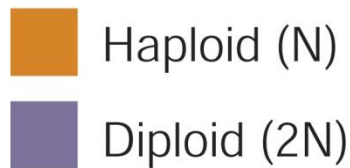
Ο κύκλος ζωής του *Rhizopus*

- Οι απλοειδείς γαμέτες (N) που παράγονται από τα γαμετάγγεια συντήκονται με γαμέτες από αντίθετο αναπαραγωγικό τύπο και σχηματίζουν διπλοειδείς ζυγότες (2N).
 - Οι ζυγότες αναπτύσσονται σε ζυγοσπόρια με παχύ τοίχωμα.



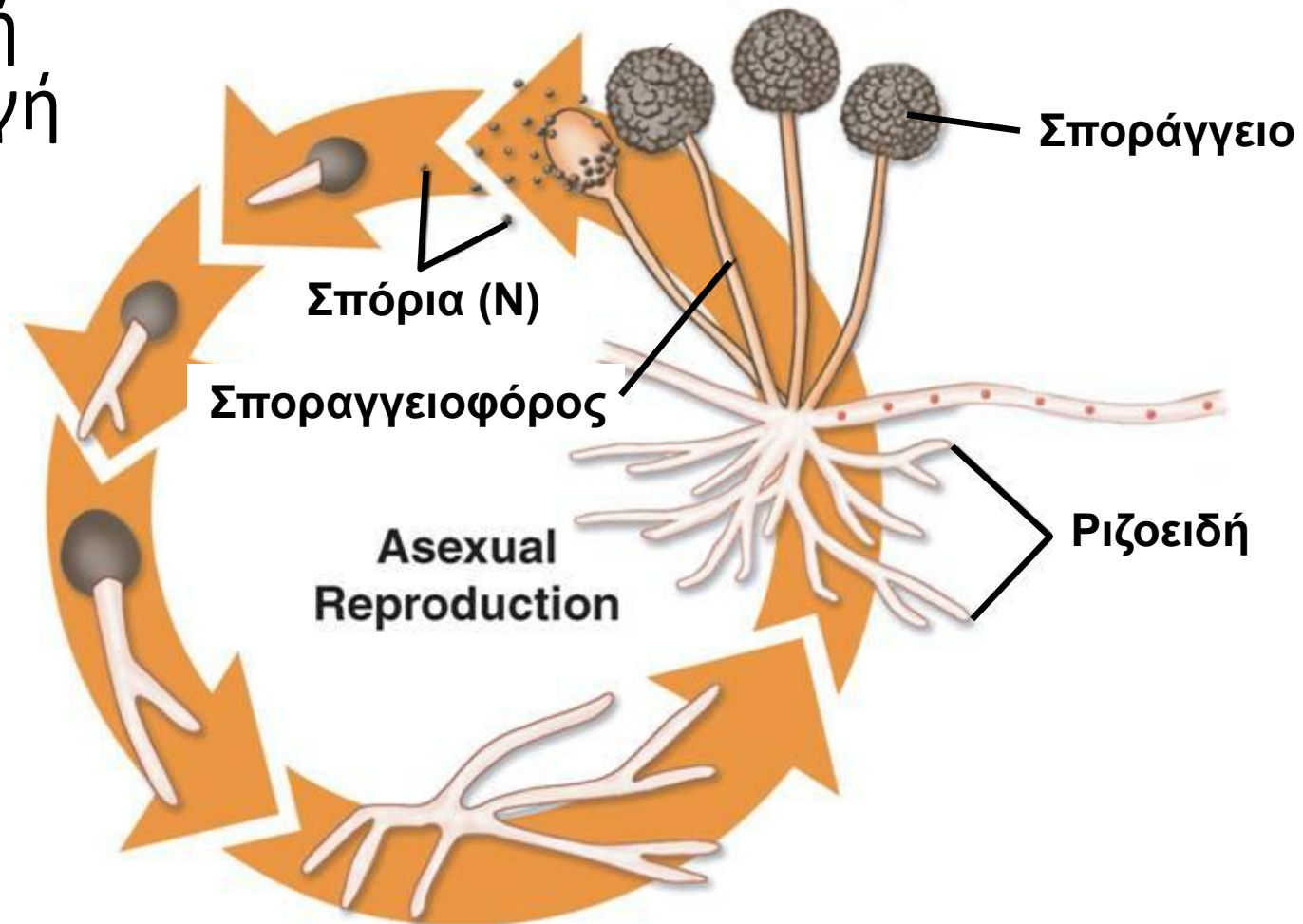
Ο κύκλος ζωής του *Rhizopus*

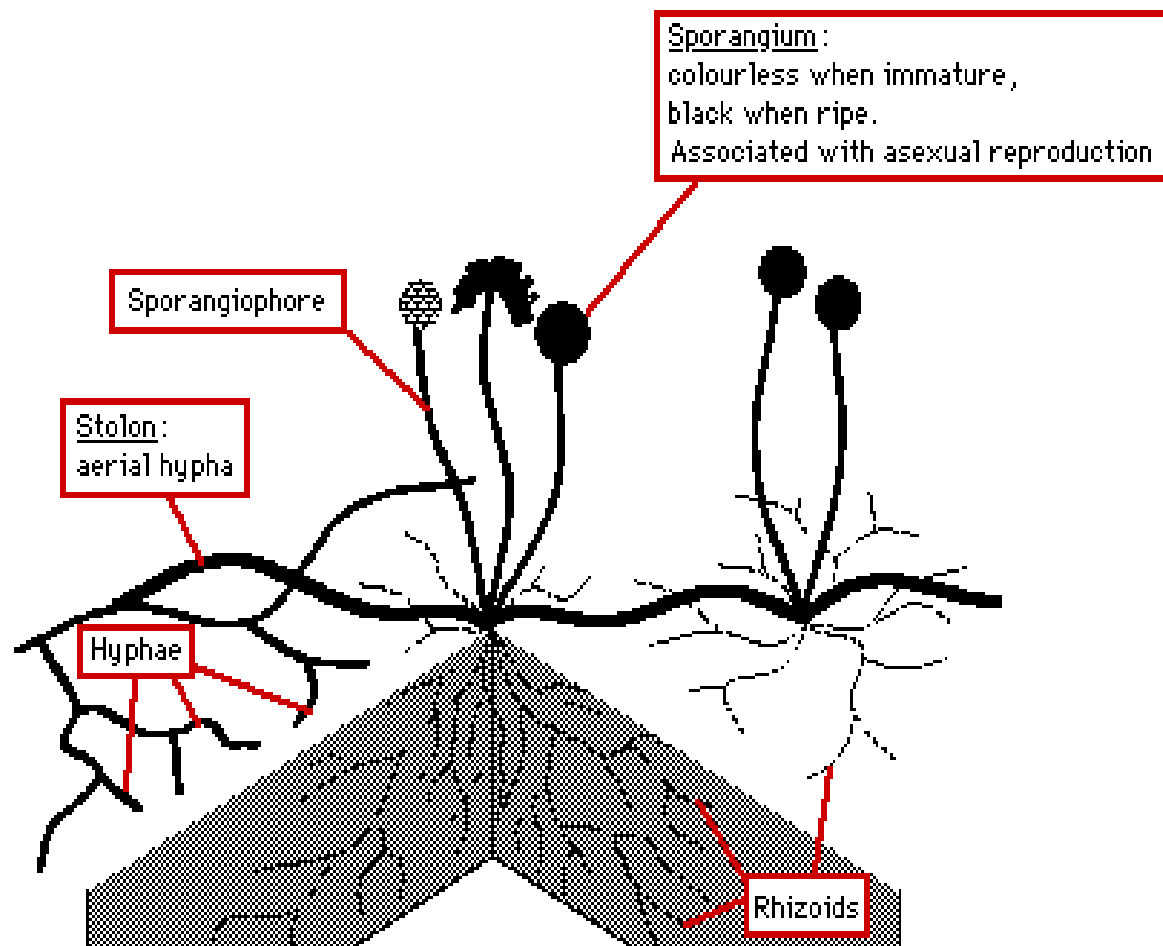
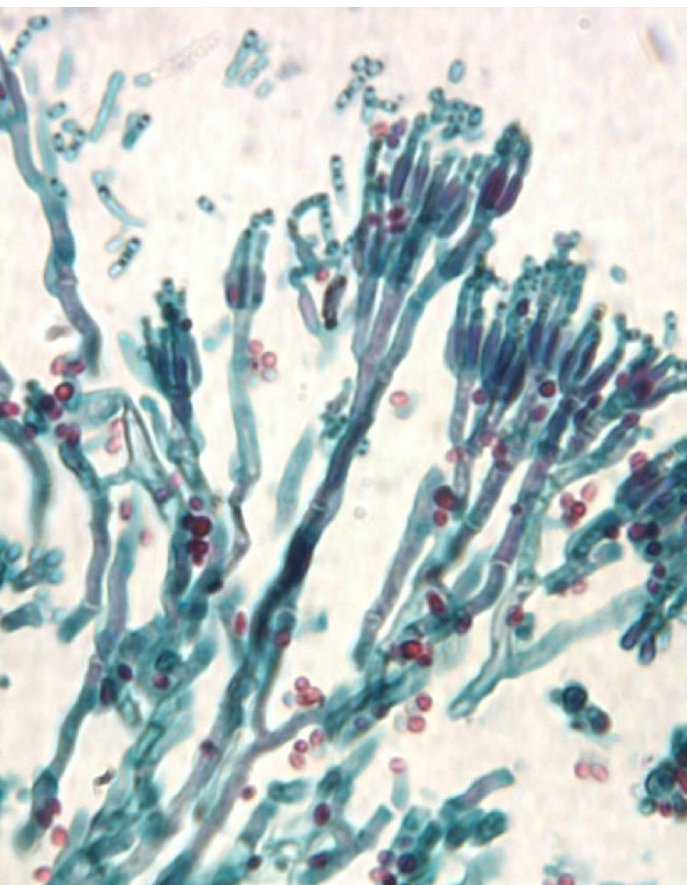
- Σε ευνοϊκές συνθήκες, το ζυγοσπόριο βλασταίνει, υφίσταται μείωση, και απελευθερώνει νέα απλοειδή σπόρια.



Ο κύκλος ζωής του *Rhizopus*

- Μη φυλετική αναπαραγωγή





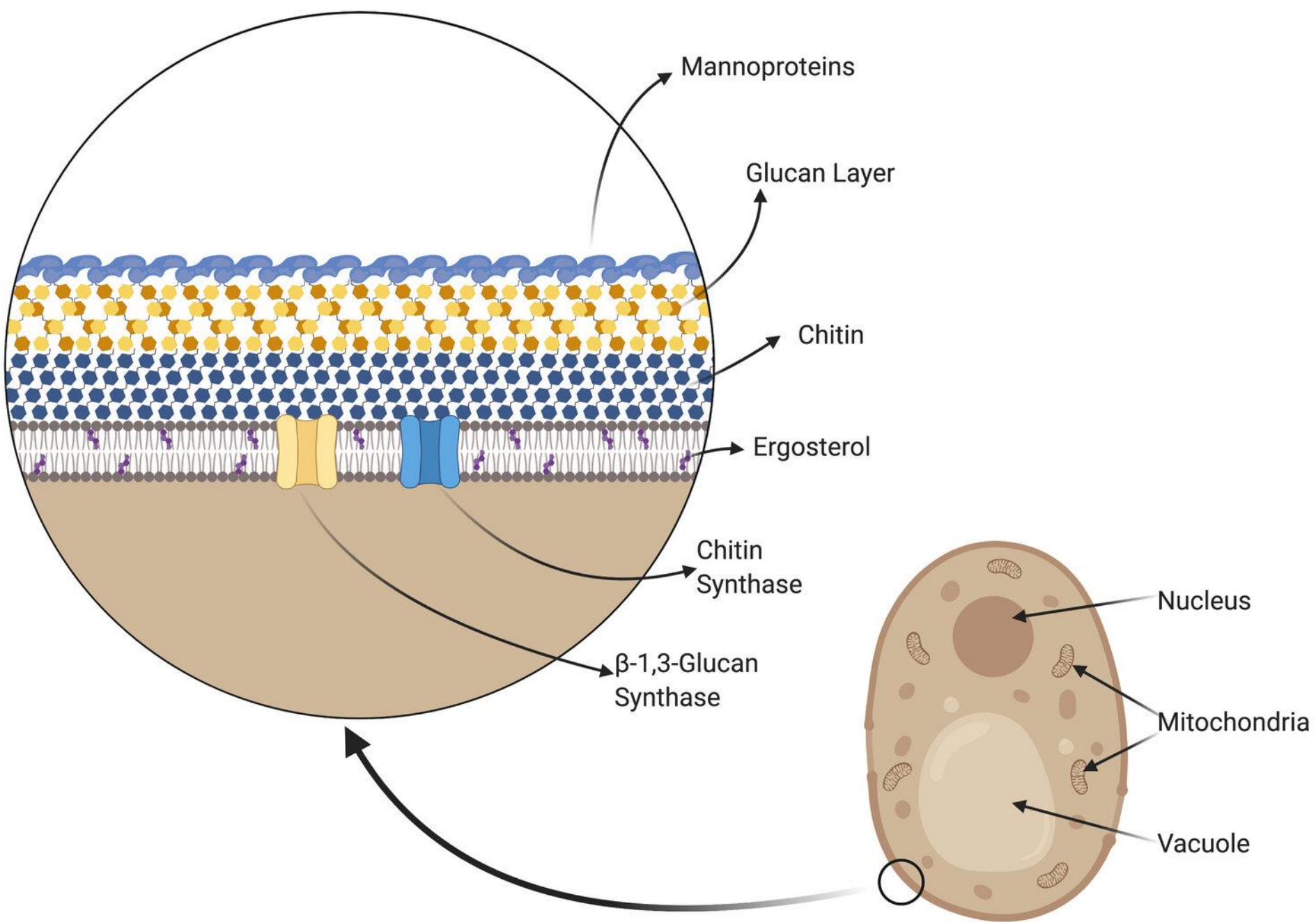
Τοίχωμα μυκητών

Τοίχωμα μυκητών

- Εξωτερικά της κυτταρικής μεμβράνης
- Καθορίζει τη μορφή του μύκητα
- Παρέχει προστασία από ωσμωτική λύση και τα λυτικά ένζυμα άλλων οργανισμών
- Παρουσία μελανίνης προστατεύει το κύτταρο από υπεριώδεις ακτινοβολίες
- Μπορεί να έχει αντιγονικές ιδιότητες

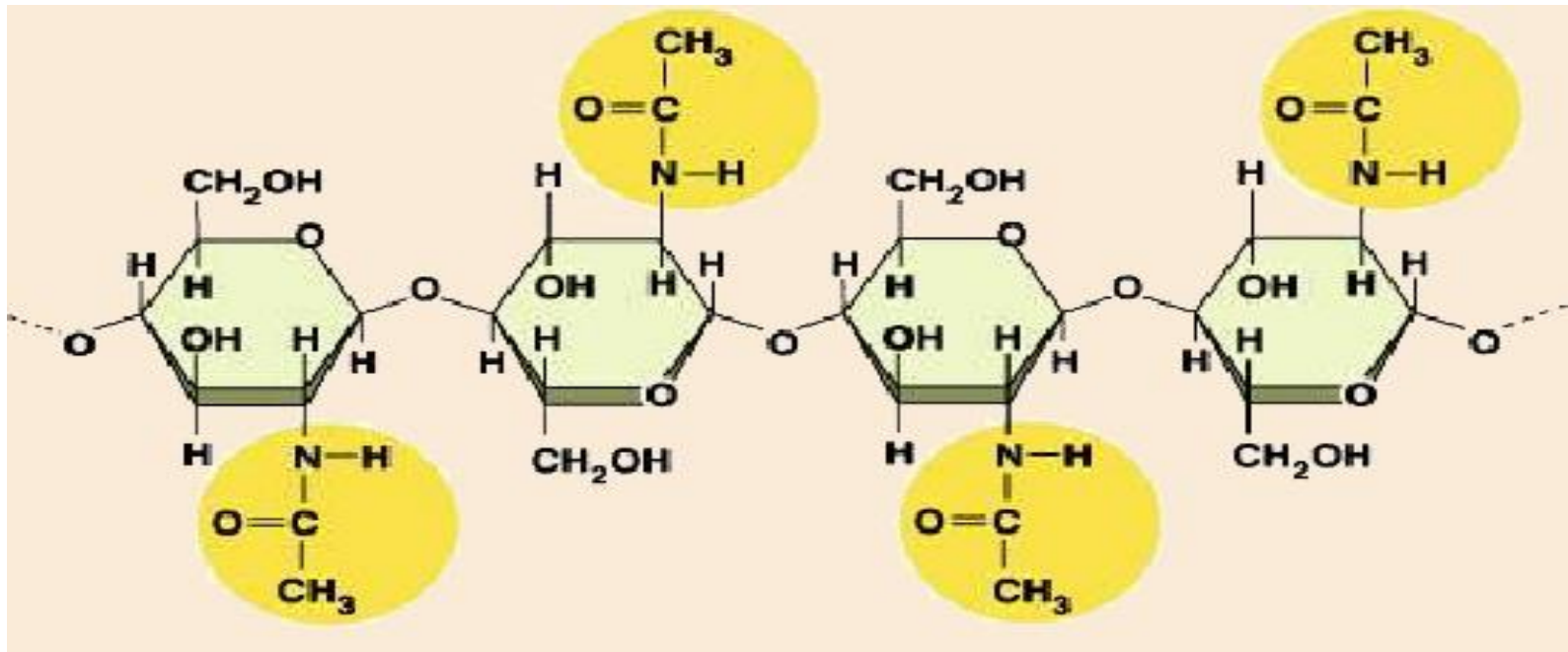
Συστατικά κυτταρικού τοιχώματος

- Κυρίως πολυσακχαρίτες,
μικρότερα ποσά πρωτεϊνών και λιπιδίων



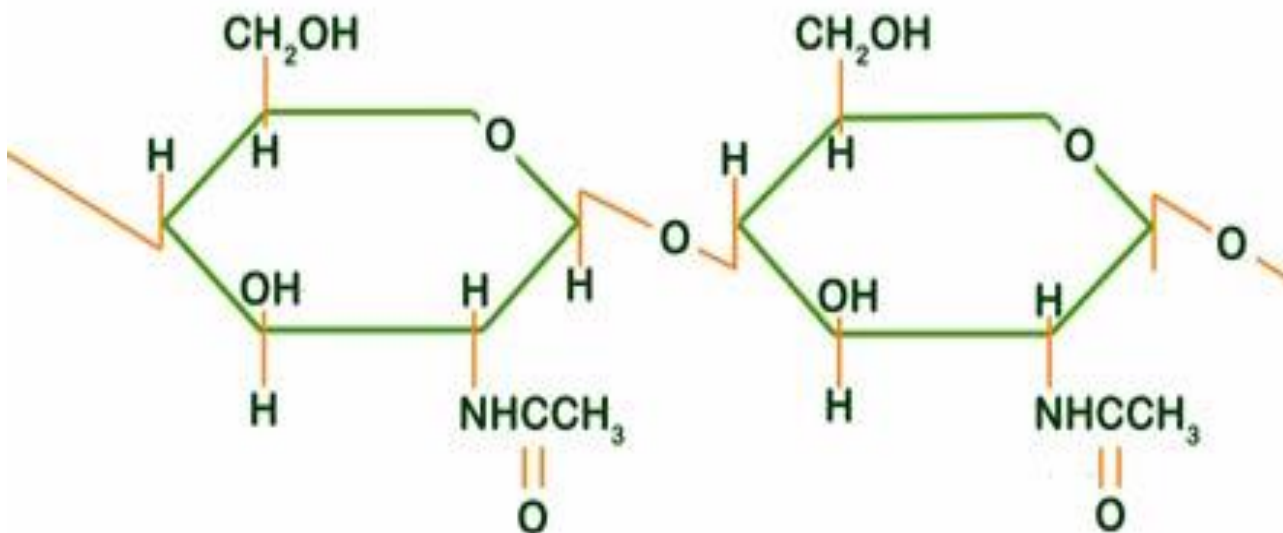
Συστατικά κυτταρικού τοιχώματος

1. Αποτελείται κυρίως από μικροϊνίδια **χιτίνης** ενσωματωμένα σε ένα πλέγμα από μικρούς πολυσακχαρίτες, λιπίδια, πρωτεΐνες, ένζυμα (όξινη φωσφατάση, αμυλάση, πρωτεάσες), χιτοζάνη, ανόργανα άλατα (φωσφόρου, ασβεστίου και μαγνησίου) και μελανίνη.
 - Η χιτίνη είναι ένα πολυμερές της *N*-ακετυλο-D-γλυκοζαμίνης συνδεδεμένης με (β1-4) δεσμούς
 - Παράγεται στο κυτταρόπλασμα από UDP GlcNAc και δίνει αλυσίδες χιτίνης με το ένζυμο συνθετάση της χιτίνης
 - Τα ινίδια χιτίνης μεταφέρονται στο **πλασμαλήμμα** και στη συνέχεια ενσωματώνονται στο νέο κυτταρικό τοίχωμα.



Χιτίνη

Πολυμερές *N*-ακετυλο-D-γλυκοζαμίνης συνδεδεμένης με $(\beta$ 1-4) δεσμούς



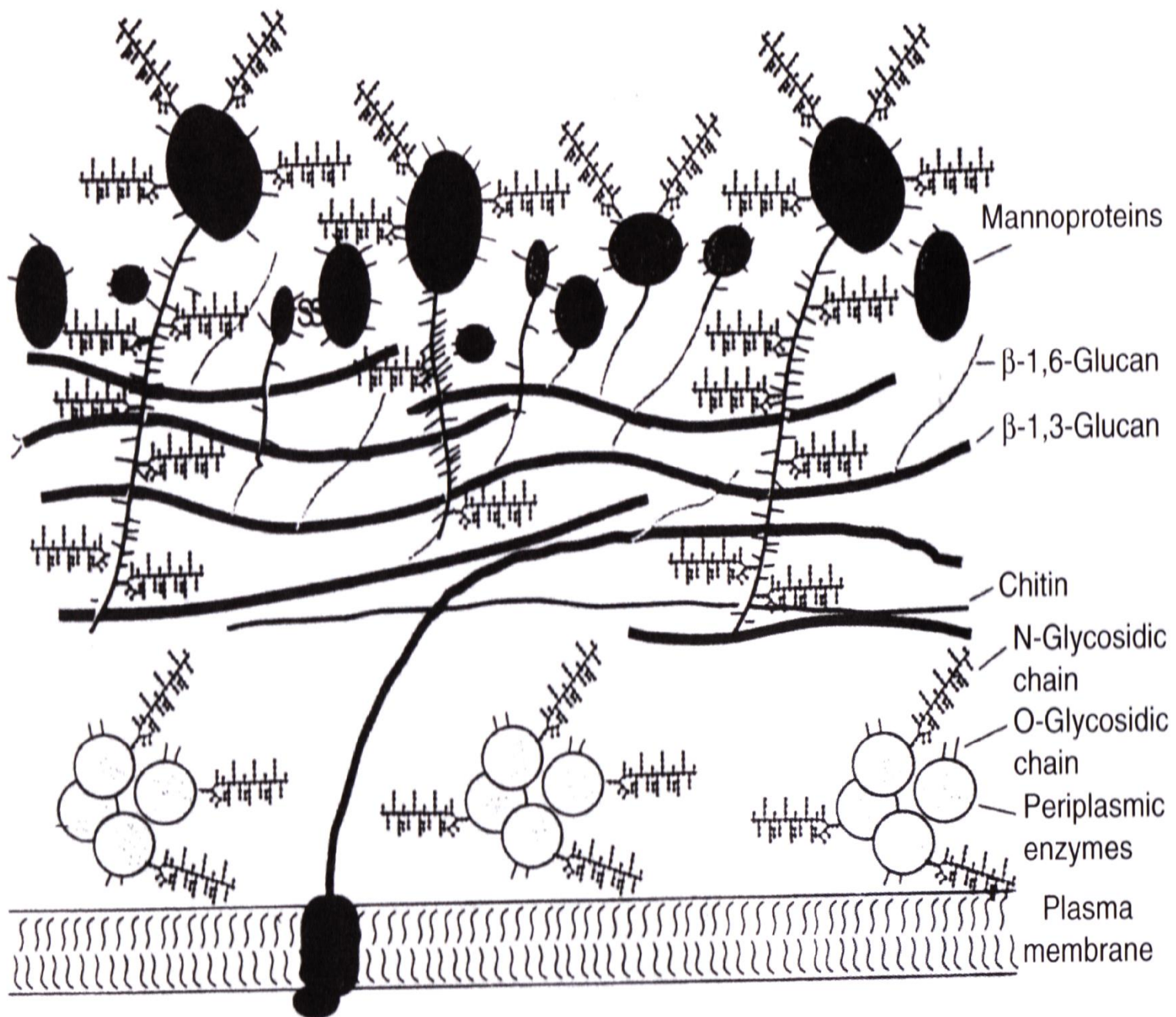
Χιτίνη: N-Acetyl-1-4- β -D-γλυκοζαμίνη

Συστατικά κυτταρικού τοιχώματος

2. Οι κύριοι **πολυσακχαρίτες** του κυτταρικού τοιχώματος αποτελούνται από **γλυκάνες** όπως οι **μανάνες** (πολυμερή μανόζης), η **χιτοζάνη** (πολυμερές γλυκοζαμίνης), και οι **γαλακτάνες** (πολυμερή γαλακτόζης).
- Γλυκάνες: ομάδα πολυμερών D-γλυκόζης που σχηματίζουν γλυκοζιτικούς δεσμούς.
 - Οι αδιάλυτες β-γλυκάνες δεν έχουν συγκεκριμένη μορφολογία στο κυτταρικό τοίχωμα (άμορφες).
 - Οι μανάνες, γαλακτομανάνες και ραμνομανάνες είναι υπεύθυνες για τις αντιγονικές ιδιότητες των ιατρικά σημαντικών ζυμών και τις «μούχλες» (**molds**).

Συστατικά κυτταρικού τοιχώματος

- Το εξωτερικό κυτταρικό τοίχωμα των δερματοφύτων (**dermatophytes**) περιέχει γλυκοπεπτίδια που μπορεί να προκαλέσουν άμεση και μεταγενέστερη ευαισθησία του δέρματος.



Δομή κυτταρικού τοιχώματος μυκητών

surface coat

glycoproteins

amorphous
matrix

structural
polysaccharides

glucans

chitosan

cell membrane



Μονοσακχαρίτες και η ταξινομική συσχέτισή τους

- D-galactose (Ascomycota)
- D-galactosamine (Ascomycota)
- L-fucose (Mucorales & Basidiomycota)
- D-glucosamine (Mucorales)
- D-xylose (Basidiomycota)
- Uronic acids (Mucorales)
- D-rhamnose (Ascomycota)*

*σχετικά σπάνιο

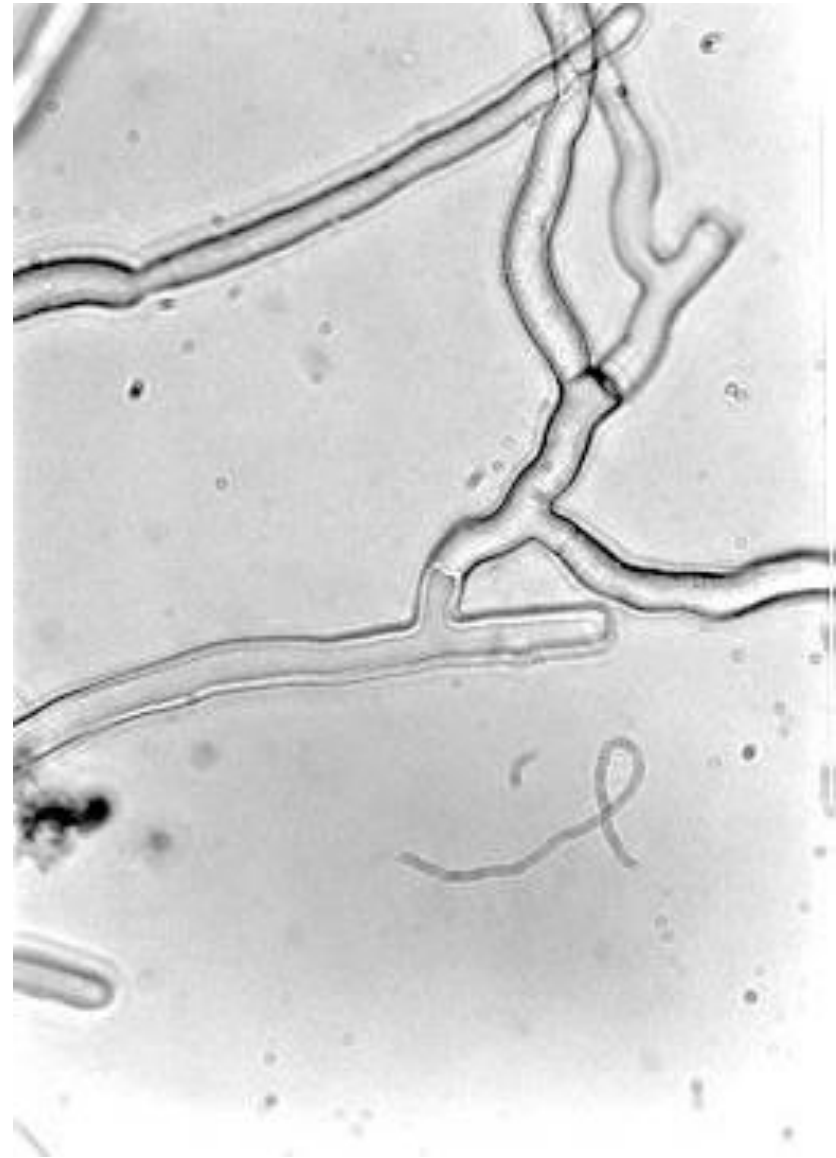
Κύριοι πολυσακχαρίτες του κυτατρικού τοιχώματος

Συνομοταξία	Συστατικά ινιδίων	Συστατικά πλέγματος
Chytridiomycota	Χιτίνη, γλυκάνες	Γλυκάνες
Zygomycota	Χιτίνη, χιτοζάνη	Πολυγλυκουρονικό οξύ, γλυκουρομανοπρωτεΐνες
Ascomycota/ Deuteromycota	Χιτίνη, $\beta(1,3)$ - $\beta(1,6)$ -γλυκάνες	α -(1,3)-Γλυκάνες, γαλακτομανοπρωτεΐνες
Basidiomycota	Χιτίνη, $\beta(1,3)$ - $\beta(1,6)$ -γλυκάνες	

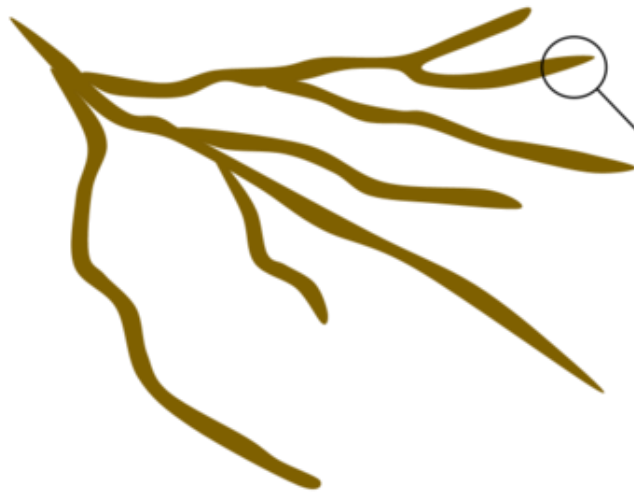
Υφές

Υφές

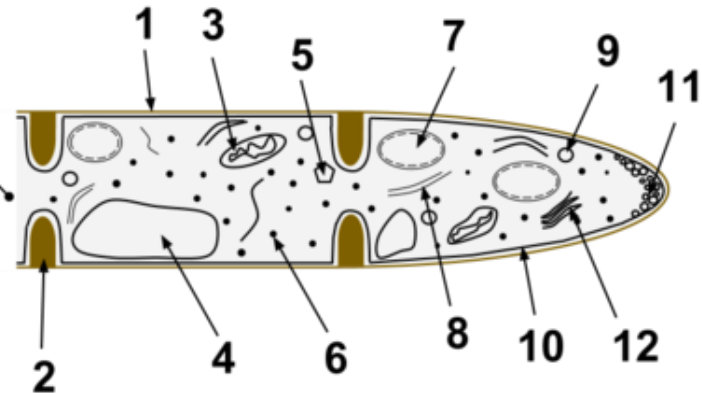
- Σωληνοειδείς
- Σκληρό τοίχωμα από χιτίνη
- Διαμερισματοποιούνται από διαφράγματα
- Πολυπύρηνες
- Μεγαλώνουν από τα άκρα



Τμήμα μυκηλίου



Τμήμα υφής



Κύτταρα υφών μυκητών

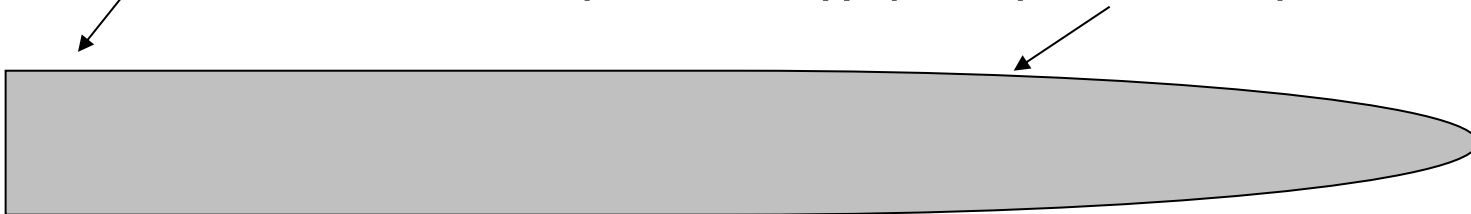
- 1- Τοίχωμα υφής 2- Διάφραγμα (Σέπτο) 3- Μιτοχόνδριο 4- Χυμοτόπιο
5- Κρύσταλος εργοστερόλης 6- Ριβόσωμα 7- Πυρήνας
8- Ενδοπλασματικό δίκτυο 9- Σώμα λιπιδίων 10- Κυτταρική μεμβράνη
11- Σωμάτιο κορυφής (Spitzenkörper) 12- Σύστημα Golgi.

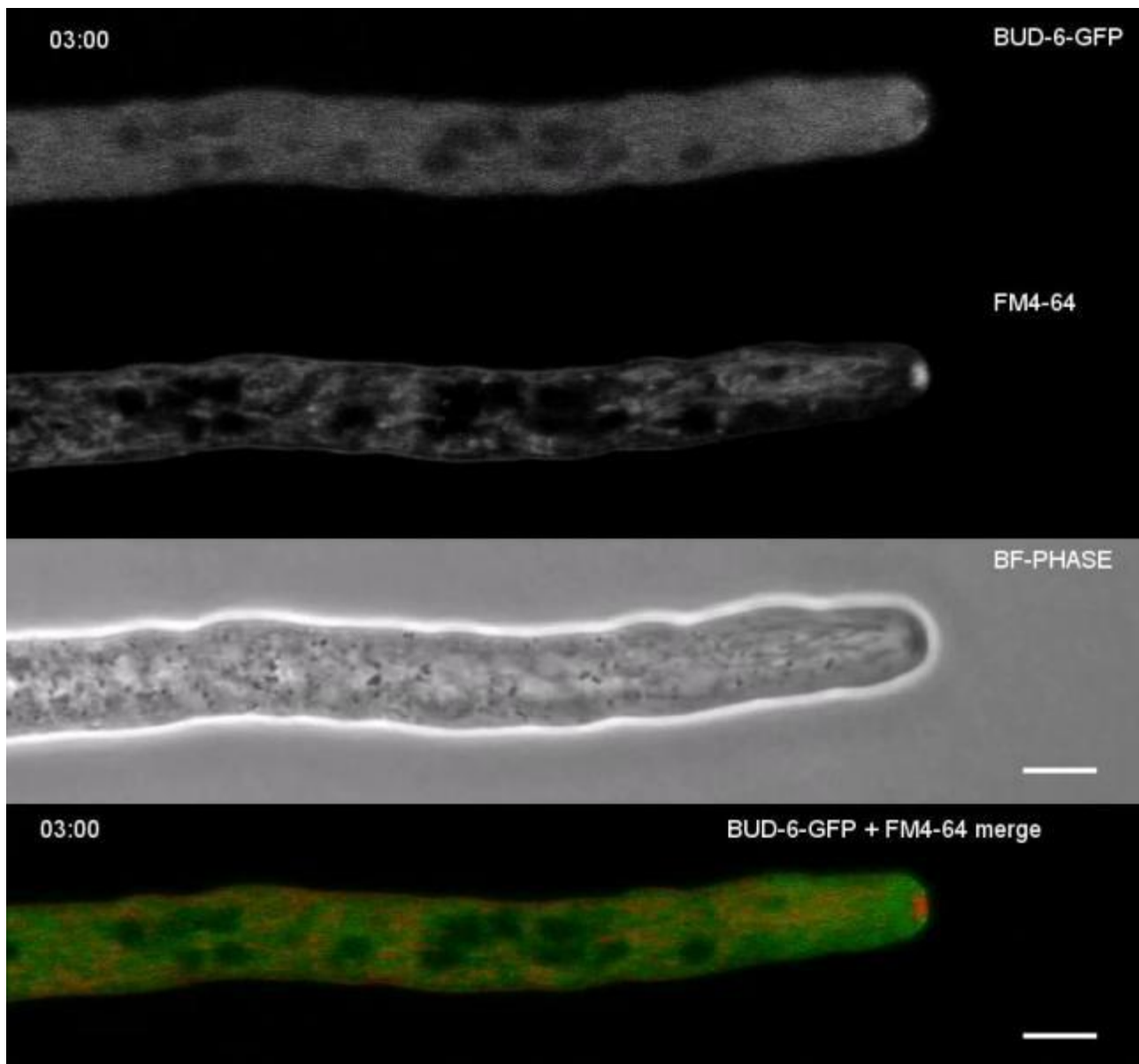
Ανάπτυξη των υφών

- Οι υφές μεγαλώνουν από τα άκρα τους.
- **Μυκήλιο:** εκτεταμένο δίκτυο από υφές.
- Τα μυκήλια είναι το ορατό σώμα των μυκήτων.

Άκαμπτο τοίχωμα

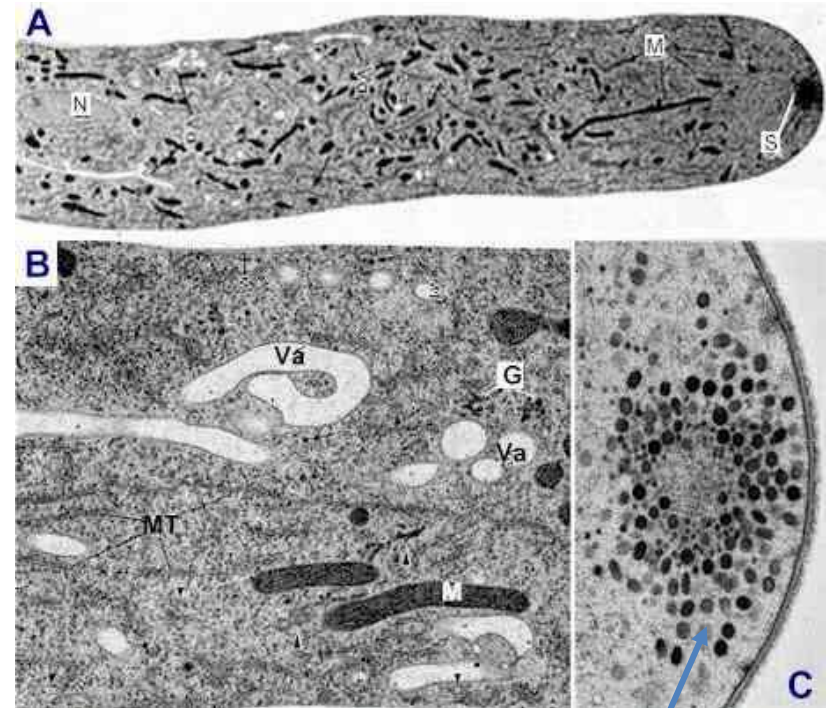
Το άκρο του τοιχώματος είναι εύκαμπτο και τεντώνεται



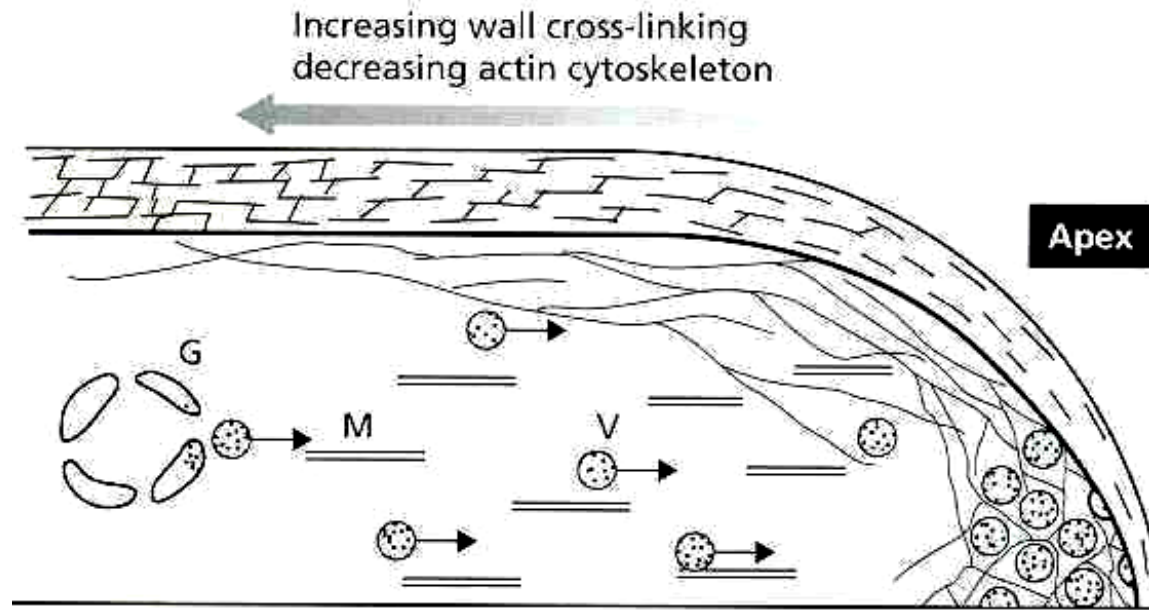


Ανάπτυξη των υφών

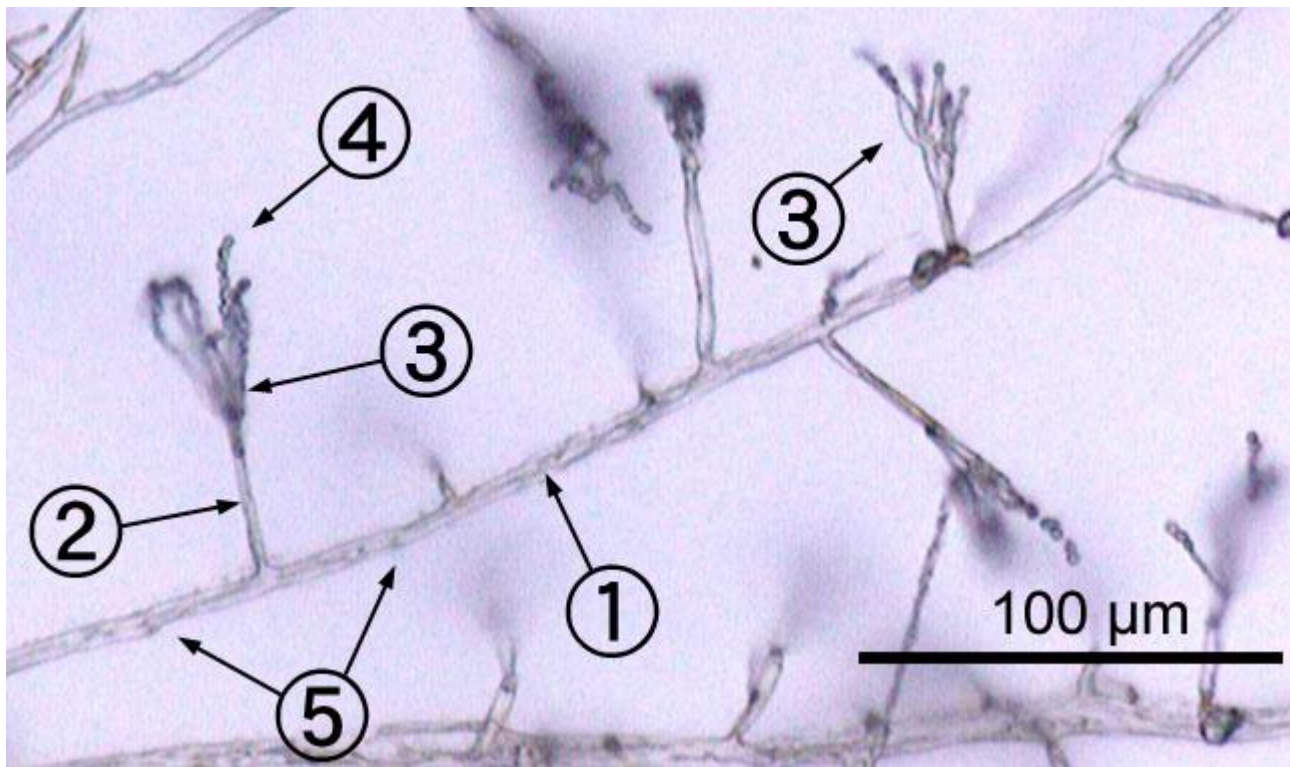
- Μεγαλώνουν από τα άκρα.
- Υπάρχει δυναμική ισορροπία λύσης και σύνθεσης του κυτταρικού τοιχώματος.
- Τα κυστίδια στα άκρα παράγονται στο Golgi και κατόπιν μεταφέρονται στο άκρο της υφής.



Spitzenkörper
(σωμάτιο κορυφής)



- Τα κυστίδια ενώνονται με την πλασματική μεμβράνη στο άκρο και απελευθερώνουν το περιεχόμενό τους:
 - Ένζυμα που μπορούν να συνθέσουν το κυτταρικό τοίχωμα (συνθετάση της χιτίνης, γλυκανών).
 - Ένζυμα που λύουν το κυτταρικό τοίχωμα.
 - Ενεργοποιητές ενζύμων.
 - Πολυμερή του κυτταρικού τοιχώματος (π.χ. μαννοπρωτεΐνες).



Από απομονωμένο στέλεχος *Penicillium*

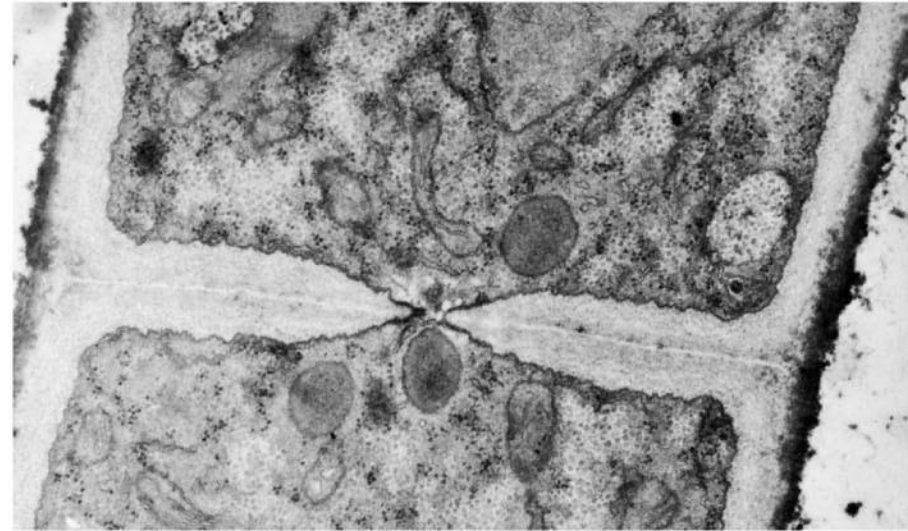
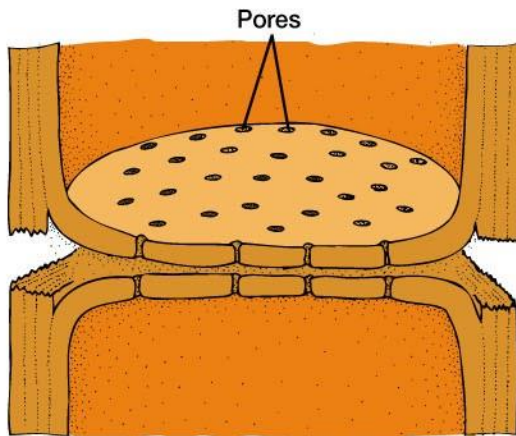
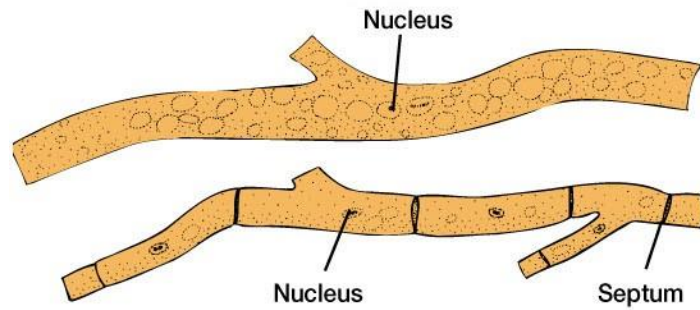
1. υφή
2. κονιδιοφόρος
3. φιαλίσ [phialide](#)
4. κονίδια-σπόρια
5. διάφραγμα (σέπτο)

Οι υφές και η διατροφή των μυκήτων

- Οι υφές αυξάνουν την επιφάνεια του μύκητα και έτσι διευκολύνουν την απορρόφηση θρεπτικών συστατικών.

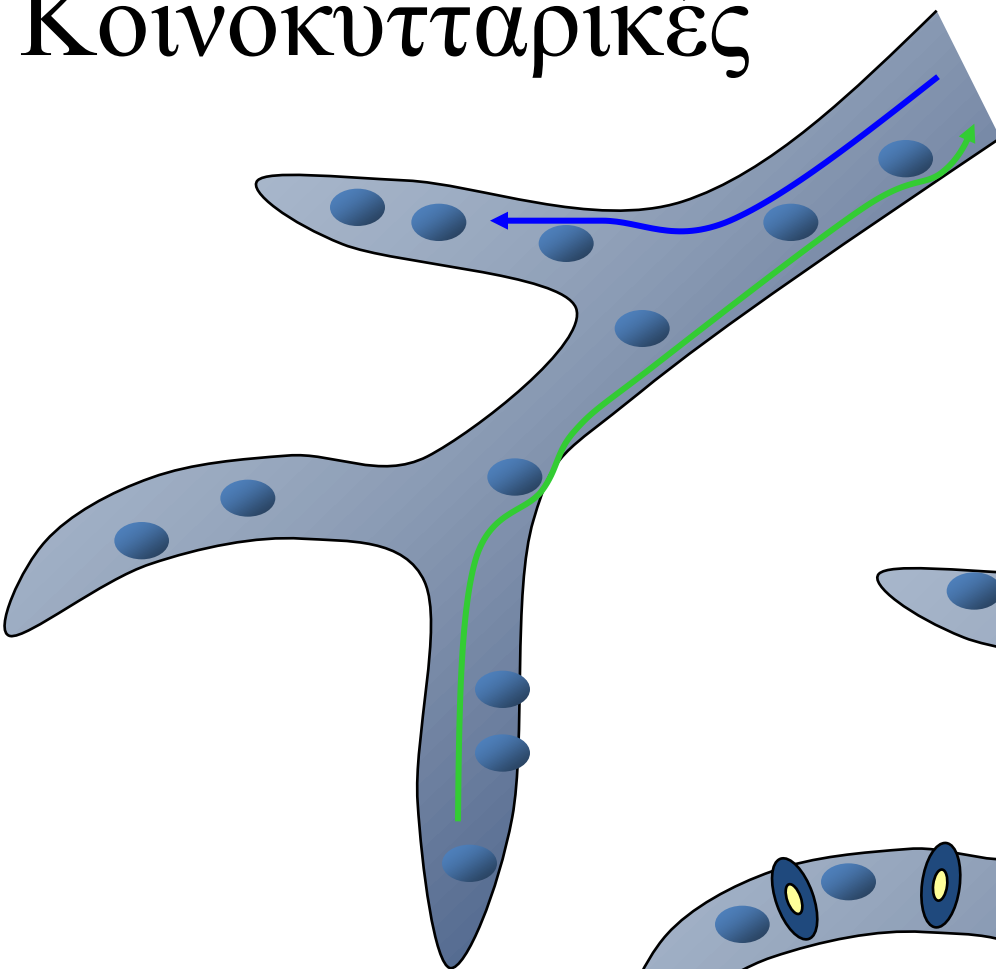
Δέκα κυβικά εκατοστά από πλούσιο οργανικό χώμα μπορεί να έχει μυκητιακές υφές, με επιφάνεια πάνω από 300 cm².
- Μεγαλώνουν γρήγορα.
- Μπορεί να είναι **κοινοκυτταρικές**, χωρίς διαφράγματα ανάμεσα στα κύτταρα, ή να έχουν **διαφράγματα με πόρους** μέσα από τους οποίους τροφικές ουσίες μπορούν να μετακινούνται.
- Οι παρασιτικοί μύκητες έχουν τροποποιημένες υφές γνωστές ως **haustoria**, οι οποίες διαπερνούν τον ιστό που προσβάλλουν, χωρίς ωστόσο να διαπερνούν την κυτταρική του μεμβράνη.

Υφές

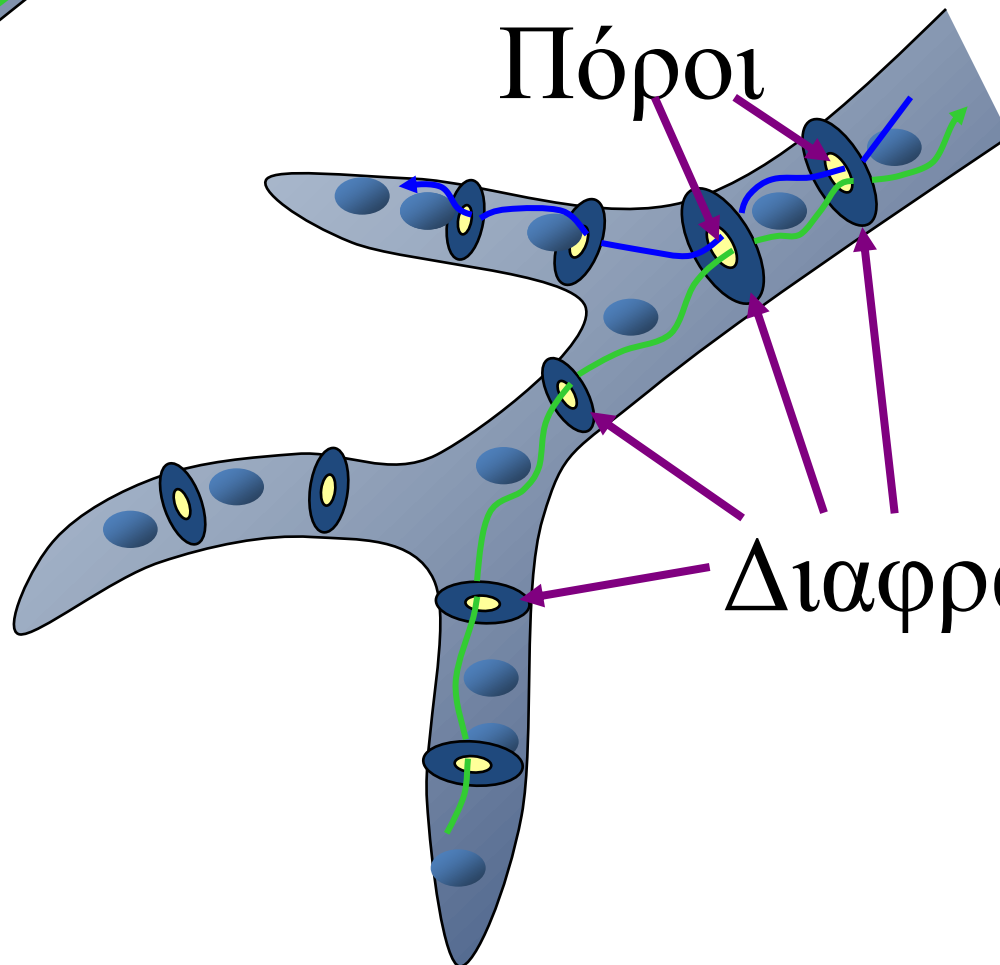


Κοινοκυτταρικές

Υφές



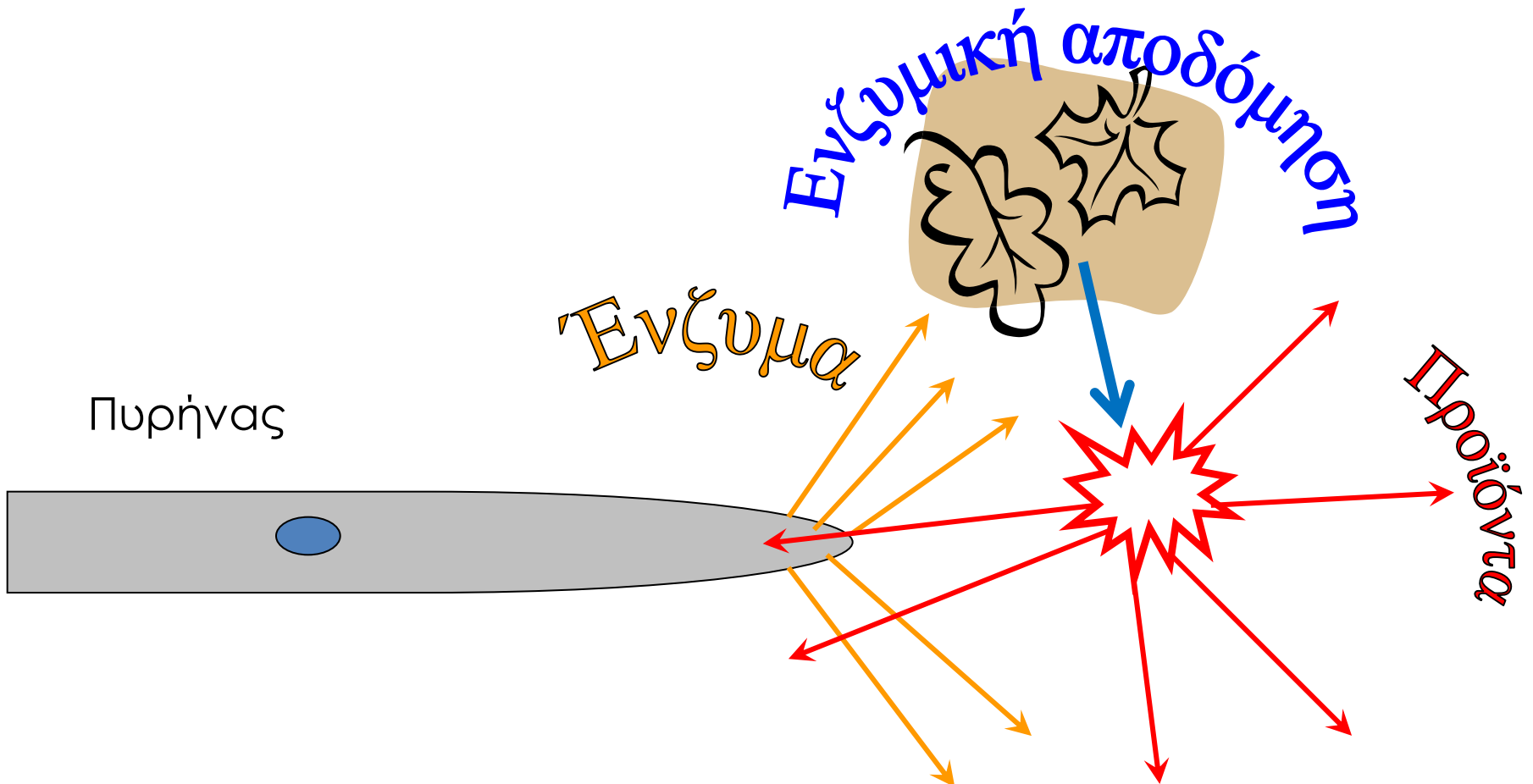
Πόροι



Διαφράγματα

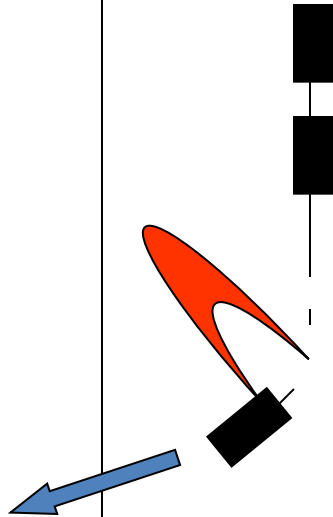
Οι υφές και η διατροφή των μυκήτων

- Τα άκρα των υφών απελευθερώνουν ένζυμα.
- Τα ένζυμα αποδομούν σχετικά υποστρώματα.
- Τα προϊόντα διαχέονται πίσω στις υφές.



Απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων από τους μύκητες

ΜΕΜΒΡΑΝΗ



Οι μύκητες εκκρίνουν ένζυμα (κόκκινο σύμβολο), τα οποία διασπούν πολύπλοκα μόρια σε μικρότερα δομικά στοιχεία, όπως απλά σάκχαρα και αμινοξέα. Τα απλά μόρια απορροφώνται από τον μύκητα.

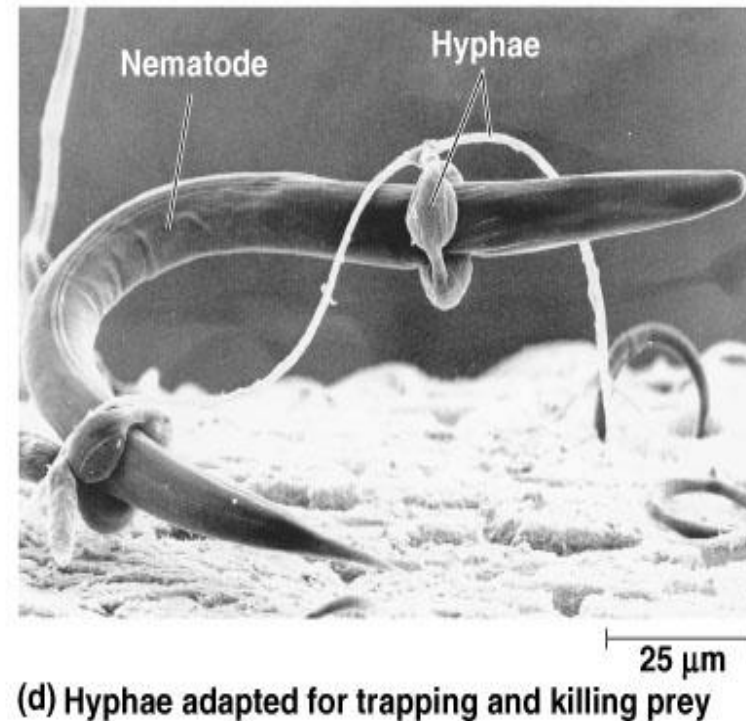
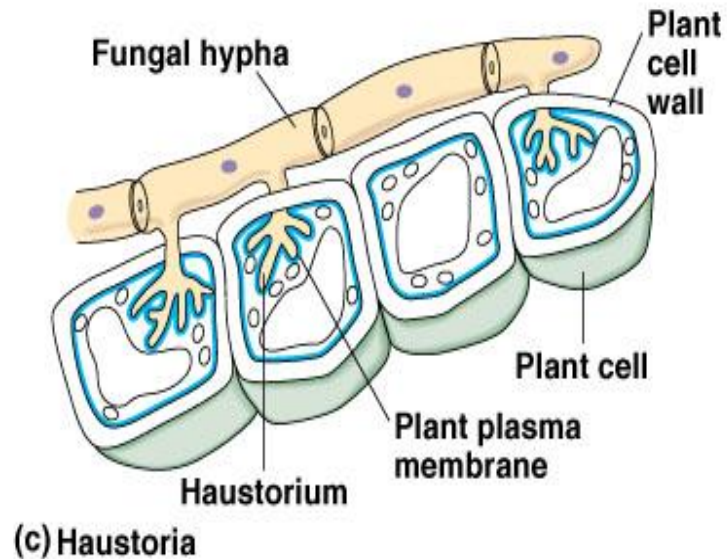
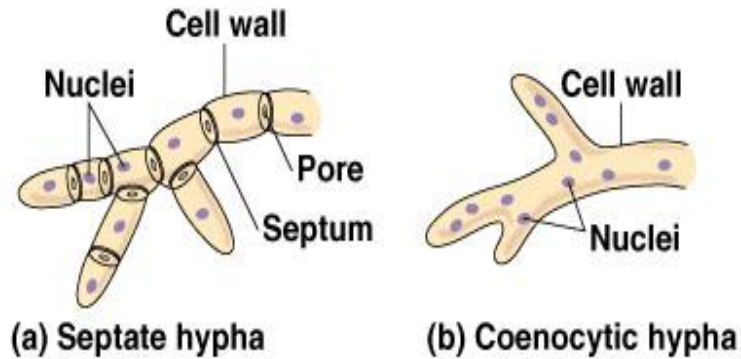
Δευτερογενής ενεργή μεταφορά

Εσωτερικό

Τα θρεπτικά στοιχεία είναι αραιά στο **εξωτερικό** του κυττάρου

Εξωτερικό

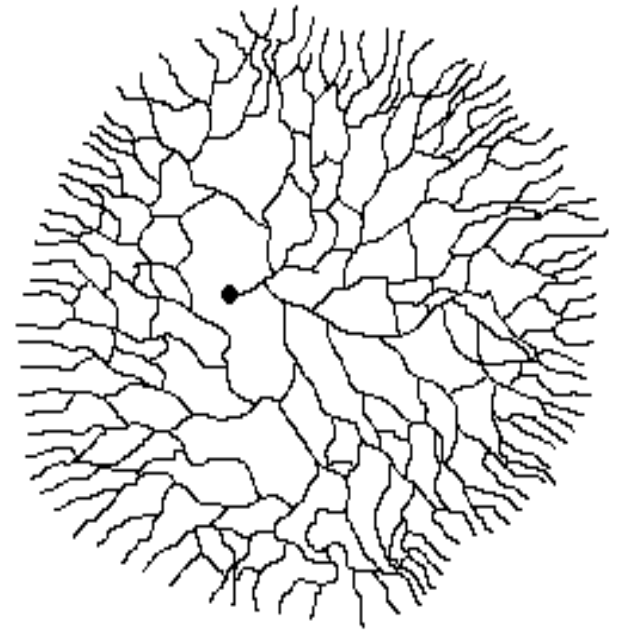
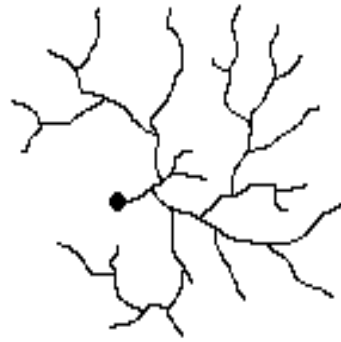
Τροποϊήσεις των υφών



Ανάπτυξη των υφών από σπόρια



Βλαστώνον σπόριο



μυκήλιο

Τα μυκητιακά μυκήλια μπορεί να είναι τεράστια, αλλά συνήθως δεν φαίνονται επειδή είναι υπόγεια.

Ένα γιγαντιαίο άτομο του *Armillaria ostoyae* στο Όρεγκον είναι 5,5 χιλιόμετρα σε διάμετρο και καλύπτει 8.900 στρέμματα δάσους, Έχει ηλικία τουλάχιστον 2.400 χρόνων και ζυγίζει εκατοντάδες τόνους.



Συστηματική ταξινόμηση των μυκητών

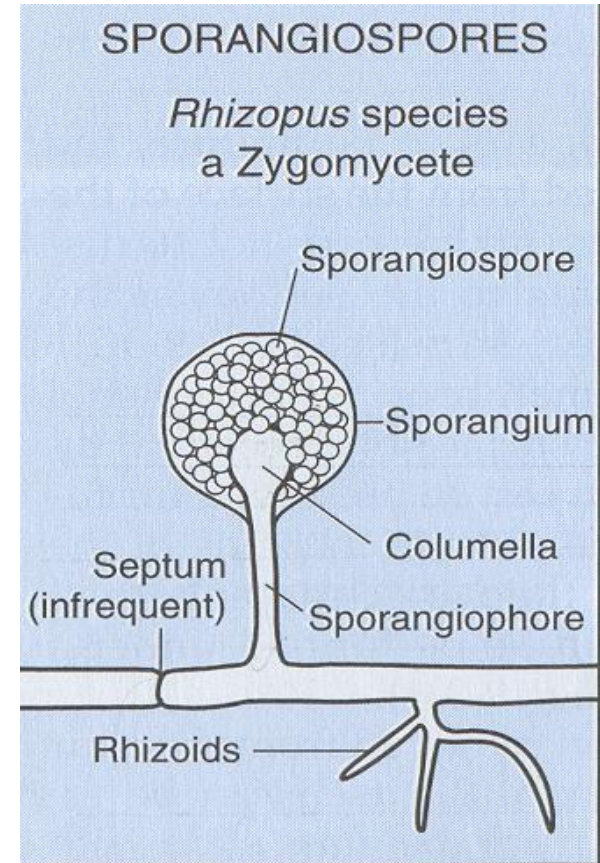
Συστηματική ταξινόμηση των μυκητών

(A) Με βάση το φυλετικό ή αφυλετικό τρόπο παραγωγής σπορίων διακρίνονται 4 τάξεις:

- | | | |
|-------------------------------------|--|------------------------|
| 1. Zygomycetes | | αναπαράγονται φυλετικά |
| 2. Ascomycetes | | |
| 3. Basidiomycetes | | |
| 4. Deuteromycetes (ατελείς μύκητες) | | |

1. Ζυγομύκητες

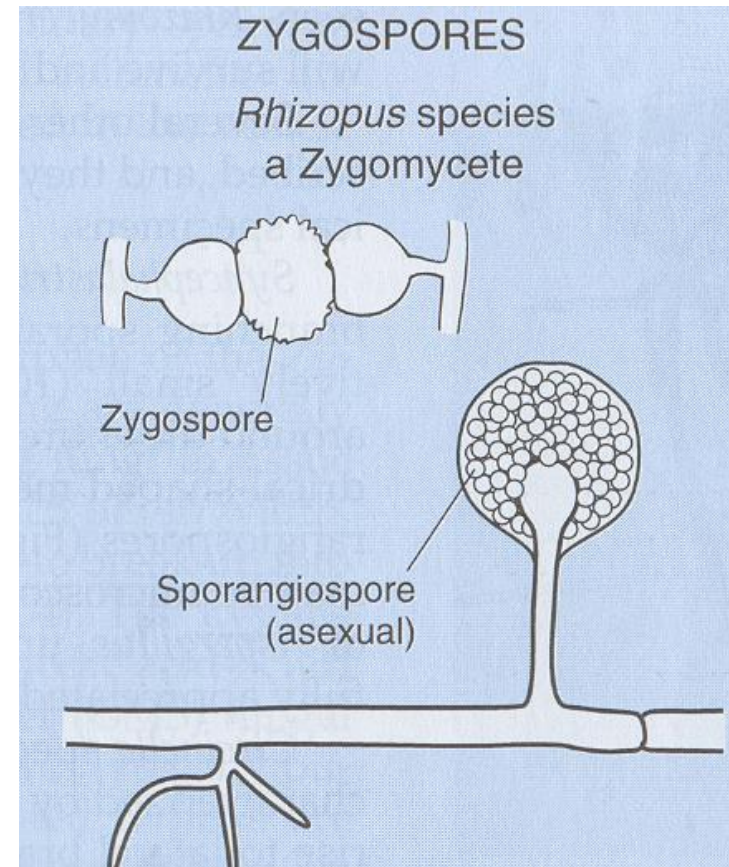
- Κατώτεροι μύκητες
- Φαρδιές υφές χωρίς σέπτα,
- Μη φυλετικά σπόρια-
Σποραγγειοσπόρια:
τοποθετημένα σε δομή
αγγείου, το **σποράγγειο**



1. Ζυγομύκητες

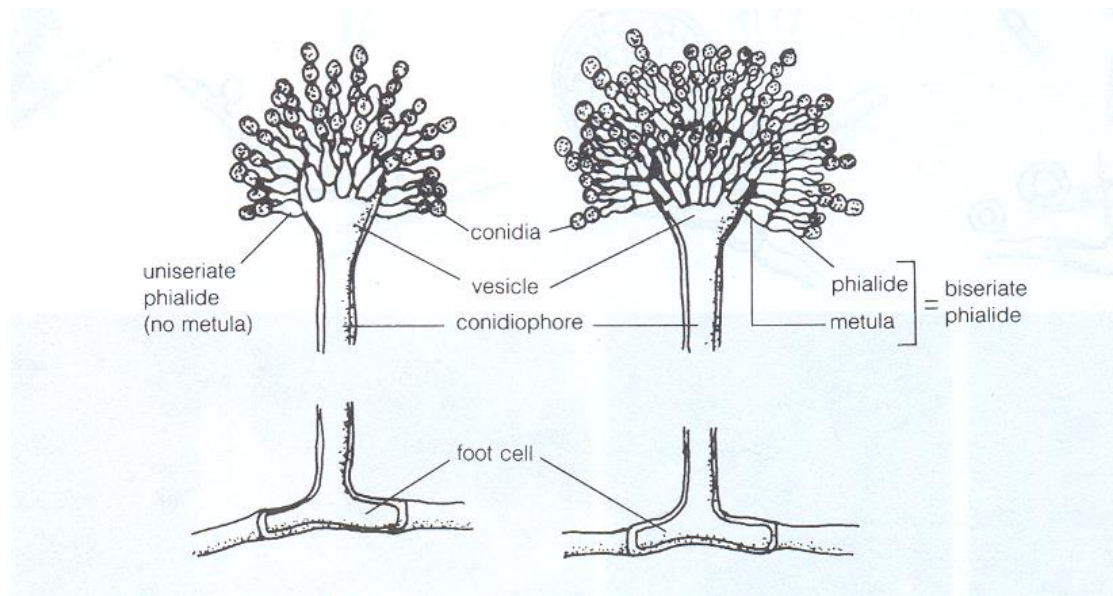
- Φυλετικά σπόρια-Ζυγοσπόρια: ένα κύτταρο, μη μεταβολικά ενεργό, με παχειά τοιχώματα μεταξύ των υφών

π.χ. *Rhizopus*, *Mucor*



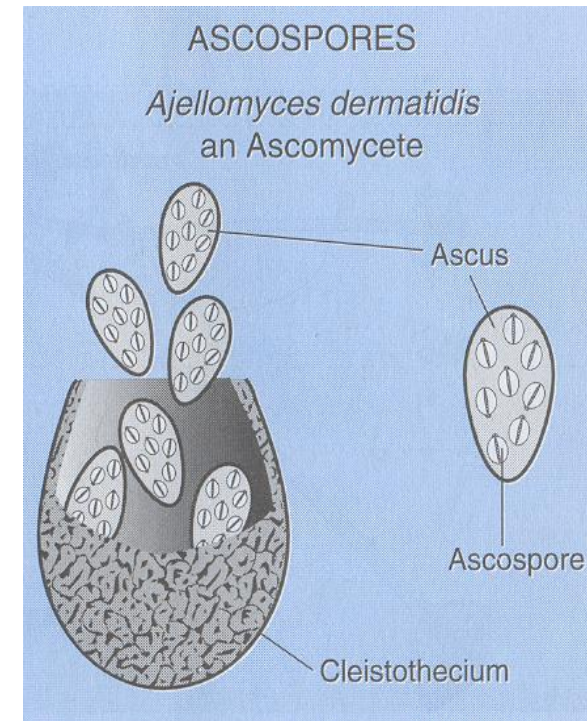
2. Ασκομύκητες

- Περιλαμβάνει ζύμες και ινώδεις μύκητες
- Λεπτές υφές με σέπτα
- Μη φυλετικά σπόρια (**κονίδια**) πάνω σε **κονιδιοφόρους**



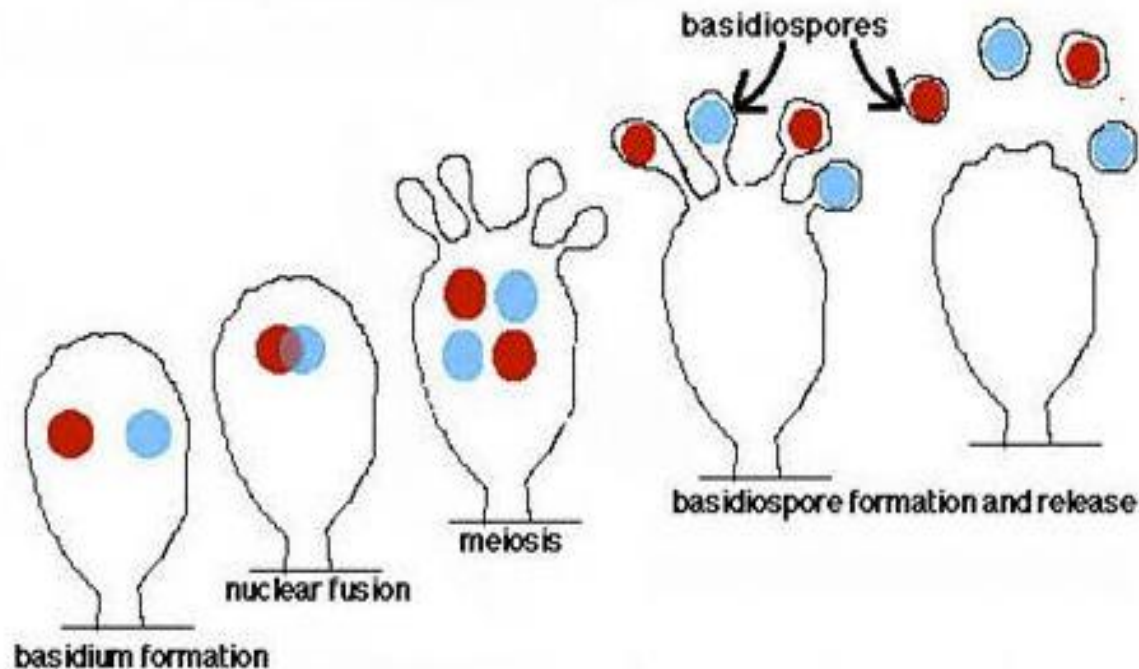
2. Ασκομύκητες

- Τα φυλετικά σπόρια (**ασκοσπόρια**) είναι παρόντα σε μια δομή που μοιάζει με σάκο και η οποία καλείται **ασκός**.
- Κάθε ασκός έχει από 4 έως 8 ασκοσπόρια
- Πολλοί ασκοί μπορεί να παρατηρηθούν σε ένα σώμα (**κλειστοθήκιο**), όπως στους μύκητες *Penicillium*, *Aspergillus*, *Saccharomyces*.



3. Βασιδιομύκητες

- Φυλετική σύντηξη έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός ροπαλοειδούς οργάνου που ονομάζεται **βάση** ή **βασίδιο** το οποίο φέρει σπόρια με την ονομασία **βασιδιοσπόρια**.



4. Δευτερομύκητες ή ατελείς μύκητες

- Ομάδα μυκητών των οποίων οι φυλετικές φάσεις δεν διακρίνονται.
- Μεγαλώνουν ως μούχλες και ως ζύμες.
- Μη φυλετική φάση – κονίδια.

π.χ. *Candida*, *Cryptococcus*.

4 συνομοταξίες:

1. **Ascomycota**—Φυλετική αναπαραγωγή σε σάκο που ονομάζεται **ασκός** με παραγωγή **ασκοσπορίων** (*Aspergillus*, *Blastomyces dermatidis*, *Histoplasma capsulatus*, *Saccharomyces cerevisiae*).
2. **Basidiomycota** - Φυλετική αναπαραγωγή σε σάκο που ονομάζεται **βασίδιο** με παραγωγή **βασιδιοσπορίων** (*Cryptococcus neoformans*, *Agaricus campestris*).
3. **Zygomycota** - Φυλετική αναπαραγωγή με **γαμέτες** και μη φυλετική αναπαραγωγή με παραγωγή **ζυγοσπορίων** (*Rhizopus*, *Mucor*).
4. **Deuteromycota (ατελείς μύκητες/μιτοσπορικοί μύκητες)** – Δεν έχουν φυλετική αναπαραγωγή. Περιλαμβάνει τους περισσότερους παθογόνους μύκητες (*Porothrix*, *Coccidioides immitis*, *Candida*, *Pneumocystis*).

Συστηματική ταξινόμηση των μυκητών

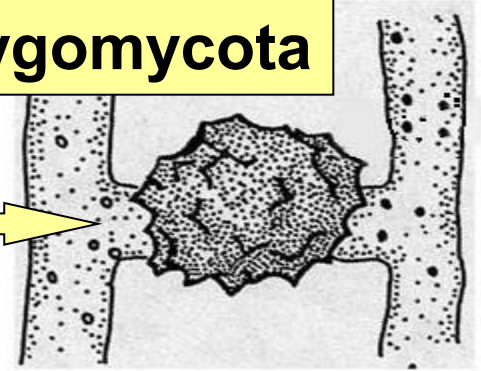
(B) με βάση τη φυλετική αναπαραγωγή

Ταξινόμηση

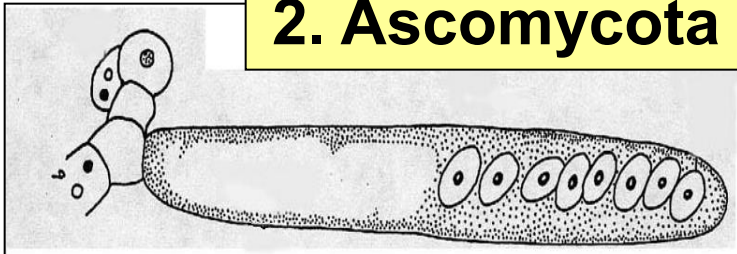
με βάση τη φυλετική αναπαραγωγή

- * Σχηματισμός σπορίων στο ζυγοσποριάγγειο
- * Χωρίς διαφράγματα

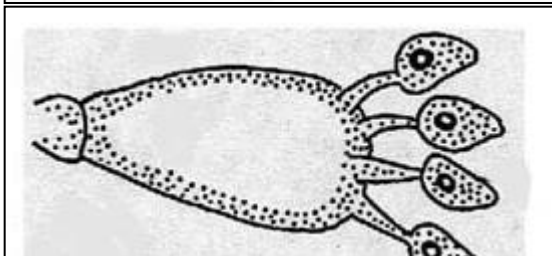
1. Zygomycota



2. Ascomycota



Δημιουργία σπορίων
εντός των **ασκών**



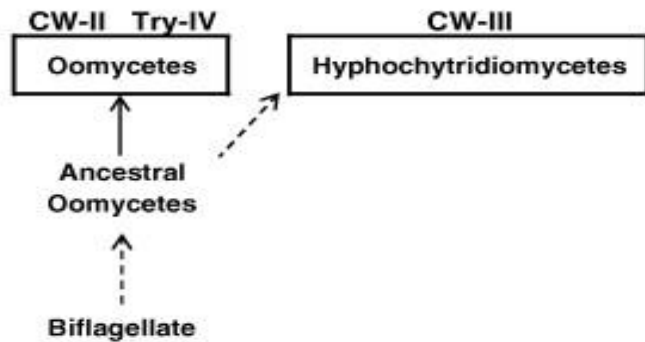
Δημιουργία σπορίων επί
του **βασιδίου**

3. Basidiomycota

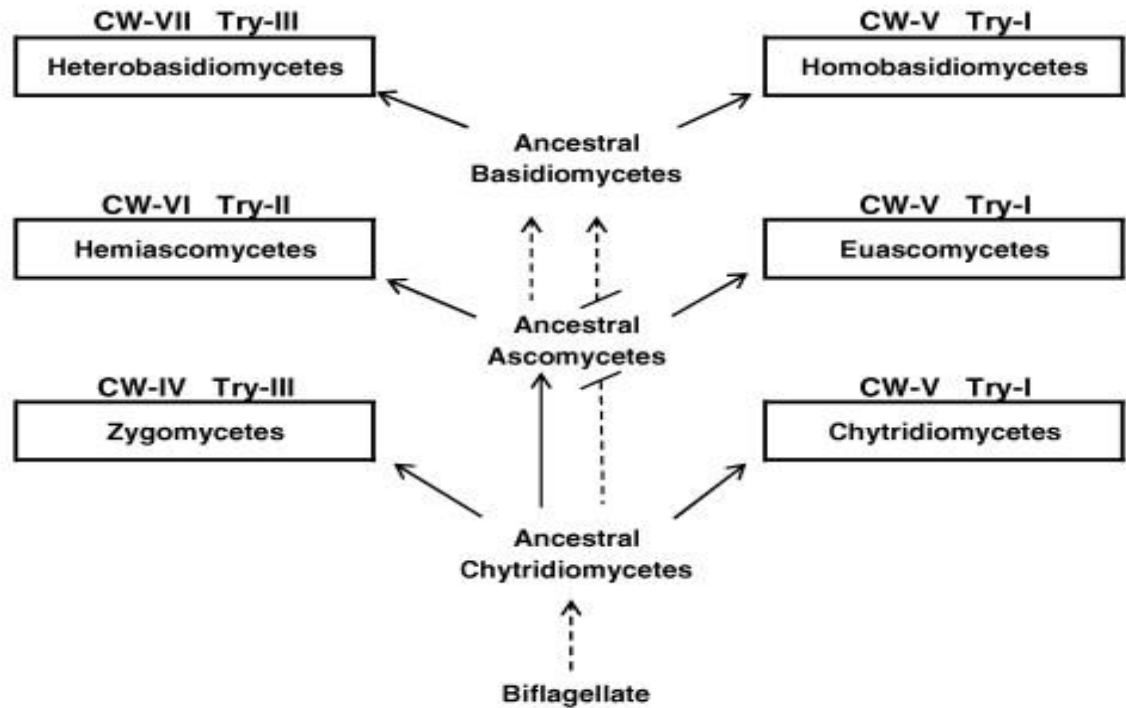
Συστηματική ταξινόμηση των μυκητών

**(Γ) Εξελικτικές σχέσεις των μυκητών με βάση τη
σύνθεση του κυτταρικού τους τοιχώματος και
τα σχετικά βιοσυνθετικά μονοπάτια**

Lys-DAP



Lys-AAA



TRENDS in Microbiology

Εξελικτικές σχέσεις των μυκητών με βάση τη σύνθεση του κυτταρικού τους τοιχώματος και τα σχετικά βιοσυνθετικά μονοπάτια (1969). **Η σύνθεση της Lys** μπορεί να γίνει μέσω των μεταβολικών δρόμων του διαμινοπτεμικού οξέως (DAP) ή του αμινοαδιπτικού οξέως (AAA). Οι **τύποι των κυτταρικών τοιχωμάτων (CW)**: II, κυτταρίνη-β-γλυκάνη; III, κυτταρίνη-χιτίνη; IV, χιτίνη-χιτοζάνη; V, χιτίνη-β-γλυκάνη; VI, μανάνη-β-γλυκάνη; VII, χιτίνη-μανάνη. Υπάρχουν επίσης 4 τύποι σχετικοί με τα **ένζυμα βιοσύνθεσης της τρυπτοφάνης (TryI-IV)**.

Συστηματική ταξινόμηση των μυκητών

(Δ) Σύγχρονη ταξινόμηση

Ταξινομική ιεραρχία

- | | | |
|---------------|-----------|----------|
| • Επικράτεια | • Domain | |
| • Βασίλειο | • Kingdom | |
| • Συνομοταξία | • Phylum | -mycota |
| • Ομοταξία | • Class | -mycetes |
| • Τάξη | • Order | -ales |
| • Οικογένεια | • Family | -aceae |
| • Γένος | • Genus | |
| • Είδος | • Species | |

- **Επικράτεια: Ευκαρυωτικοί οργανισμοί**
- **Βασίλειο: Μύκητες**

- | | |
|----------------|---------------------------|
| 1. Συνομοταξία | Ascomycota |
| 2. Συνομοταξία | Basidiomycota |
| 3. Συνομοταξία | Chytridiomycota |
| 4. Συνομοταξία | Glomeromycota |
| 5. Συνομοταξία | Zygomycota |
| 6. Συνομοταξία | Blastocladiomycota |

Chytridiomycota



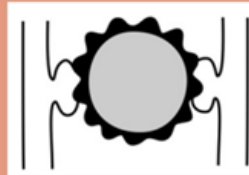
flagellate cell

Blastocladiomycota



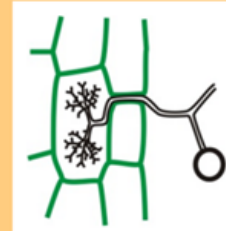
flagellate cell

„Zygomycota“



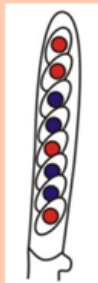
zygospore with suspensors

Glomeromycota



endomycorrhizal fungi

Ascomycota



ascus with
ascospores

Basidiomycota



basidium with
basidiospores

1. Συνομοταξία Ascomycota

- 1.1 Ομοταξία Neoelectomycetes
- 1.2 Ομοταξία Pneumocystidomycetes
- 1.3 Ομοταξία Schizosaccharomycetes
- 1.4 Ομοταξία Taphrinomycetes

1.5 Υποσυνομοταξία Pezizomycotina

- 1.5.1 Ομοταξία Arthoniomycetes
- 1.5.2 Ομοταξία Dothideomycetes
- 1.5.3 Ομοταξία Geoglossomycetes
- 1.5.4 Ομοταξία Eurotiomycetes
- 1.5.5 Ομοταξία Laboulbeniomycetes
- 1.5.6 Ομοταξία Lecanoromycetes
 - 1.5.6.1 Υποομοταξία Acarosporomycetidae
 - 1.5.6.2 Υποομοταξία Lecanoromycetidae
 - 1.5.6.3 Υποομοταξία Ostropomycetidae

1. Συνομοταξία Ascomycota

1.5 Υποσυνομοταξία Pezizomycotina

1.5.7 Ομοταξία Leotiomyces

1.5.8 Ομοταξία Lichinomycetes

1.5.9 Ομοταξία Orbiliomyces

1.5.10 Ομοταξία Pezizomyces

1.5.11 Ομοταξία Sordariomyces

1.5.11.1 Υποομοταξία Hypocreomycetidae

1.5.11.2 Υποομοταξία Sordariomycetidae

1.5.11.3 Υποομοταξία Xylariomycetidae

1.6 Υποσυνομοταξία Saccharomycotina

1.6.1 Ομοταξία Saccharomyces

2. Συνομοταξία Basidiomycota

2.1 Υποσυνομοταξία Agaricomycotina

2.2 Ομοταξία Agaricomycetes

2.3 Ομοταξία Dacrymycetes

2.4 Ομοταξία Tremellomycetes

2.5 Υποσυνομοταξία Pucciniomycotina

2.6 Ομοταξία Agaricostilbomycetes

2.7 Ομοταξία Attractiellomycetes

2.8 Ομοταξία Classiculomycetes

2.9 Ομοταξία Cryptomycocolacomycetes

2.10 Ομοταξία Cystobasidiomycetes

2.11 Ομοταξία Microbotryomycetes

2.12 Ομοταξία Mixiomycetes

2.13 Ομοταξία Pucciniomycetes

2.14 Υποσυνομοταξία Ustilaginiomycotina

2.15 Ομοταξία Ustilaginomycetes

2.16 Ομοταξία Exobasidiomycetes

3 **Συνομοταξία** Chytridiomycota

4 **Συνομοταξία** Glomeromycota

4.1 Ομοταξία Glomeromycetes

5 **Συνομοταξία** Zygomycota

5.1 Ομοταξία Trichomycetes

5.2 Ομοταξία Zygomycetes

Συνοπτική παρουσίαση των πέντε συνομοταξιών:

1. **Ascomycota**
2. **Basidiomycota**
3. **Chytridiomycota**
4. **Glomeromycota**
5. **Zygomycota**
6. **Blastocladiomycota**

1. Συνομοταξία *Ascomycota*

60,000 είδη.

Τεράστια ποικιλία στις δομές.

Παράσιτα φυτών και σαπρόβια.

Έχουν διαφράγματα.

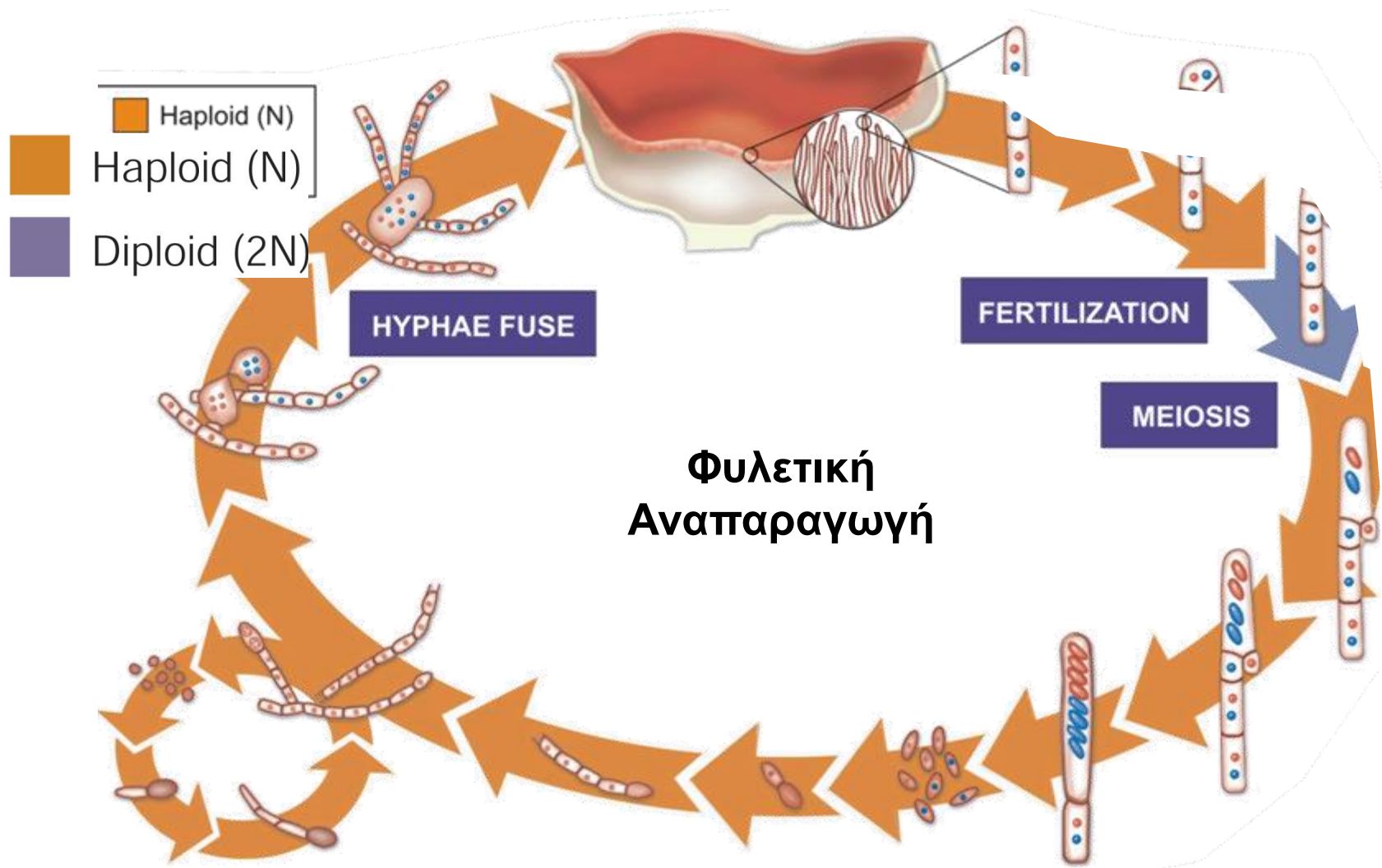
Τα μισά σχηματίζουν λειχήνες (8 τάξεις), όμως δεν έχουν όλες οι λειχήνες *Ascomycota*.

Περιλαμβάνουν τον *Saccharomyces*.

1. Συνομοταξία *Ascomycota*

- Τα *Ascomycota* ονομάζονται από τον ασκό, ένα αναπαραγωγικό όργανο που περιέχει τα σπόρια.
- Ο κύκλος ζωής των ασκομυκήτων περιλαμβάνει συνήθως φυλετική και αφυλετική αναπαραγωγή.

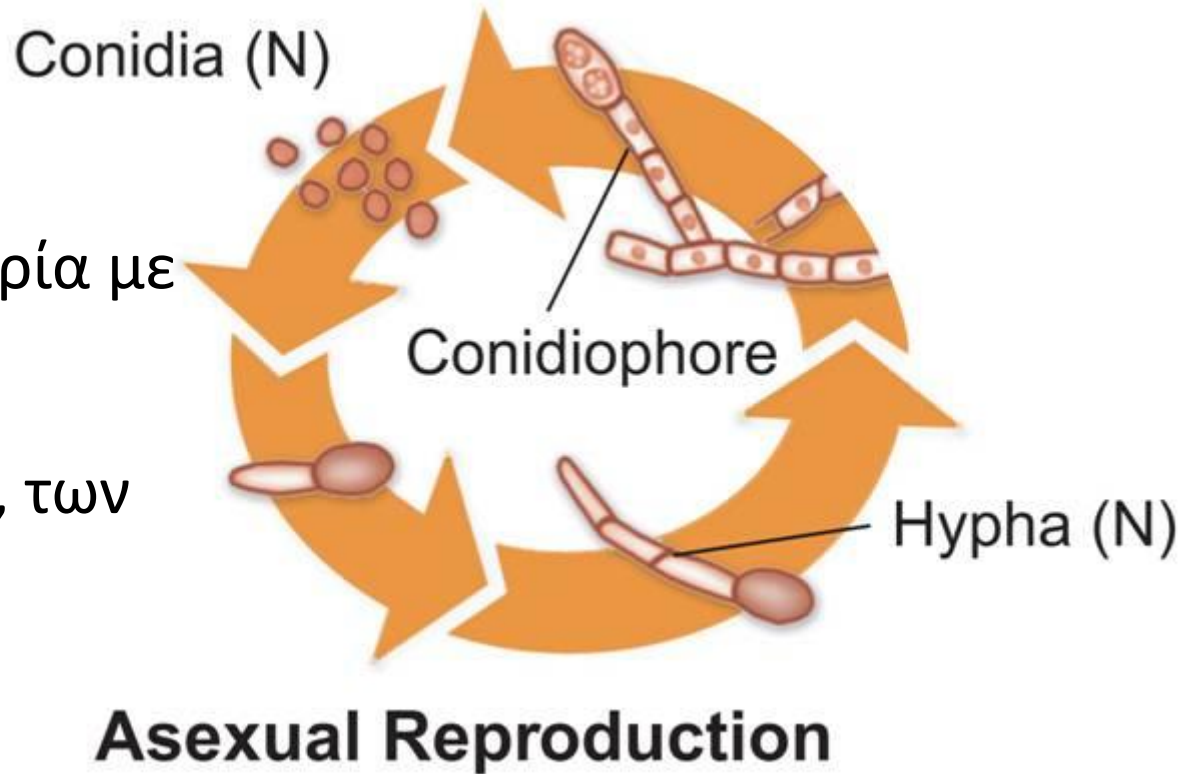
Κύκλος ζωής των Ascomycota



Μη Φυλετική Αναπαραγωγή

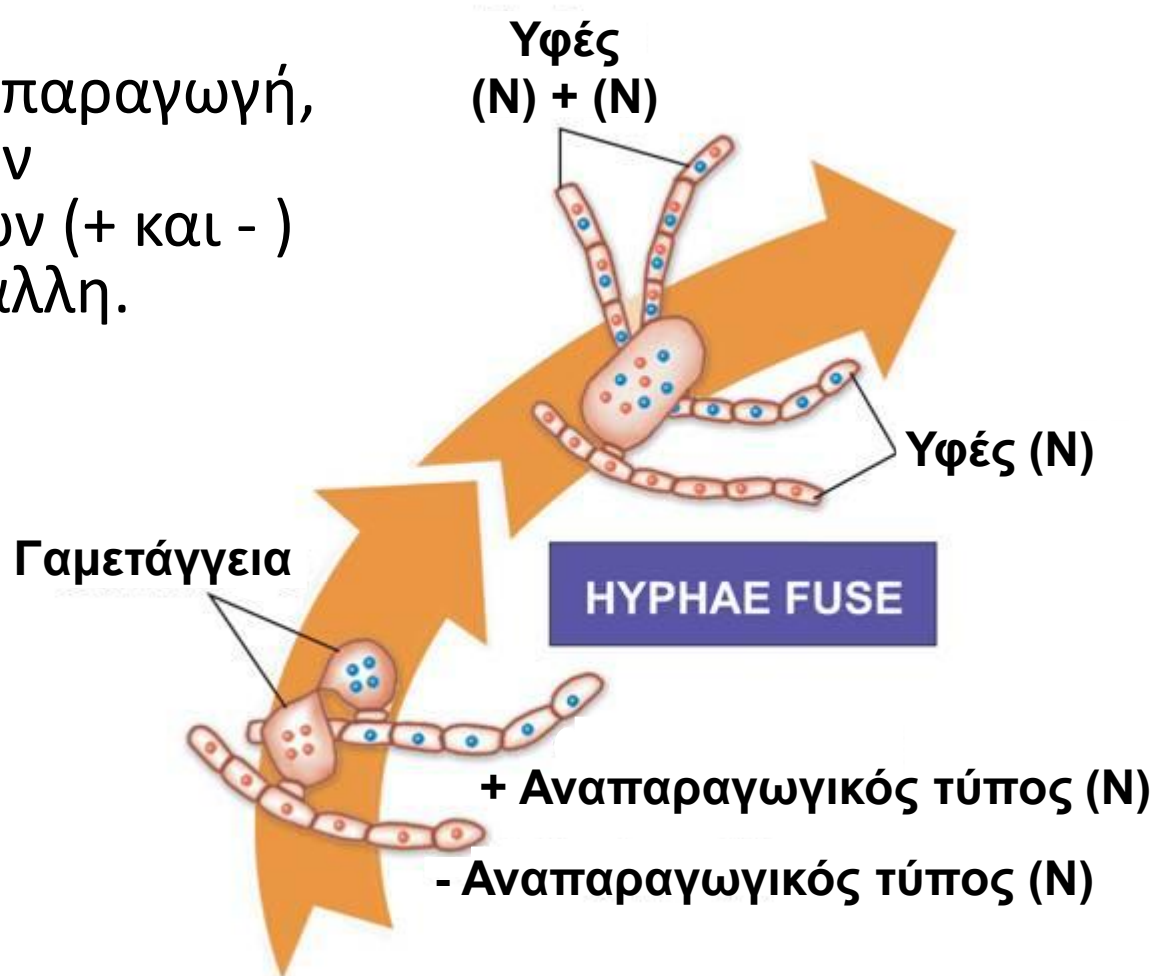
Κύκλος ζωής των Ascomycota

- Στη μη φυλετική αναπαραγωγή, τα σπορία με το όνομα κονίδια, δημιουργούνται στην κορυφή ειδικών υφών, των κονιδιοφόρων.



Κύκλος ζωής των Ascomycota

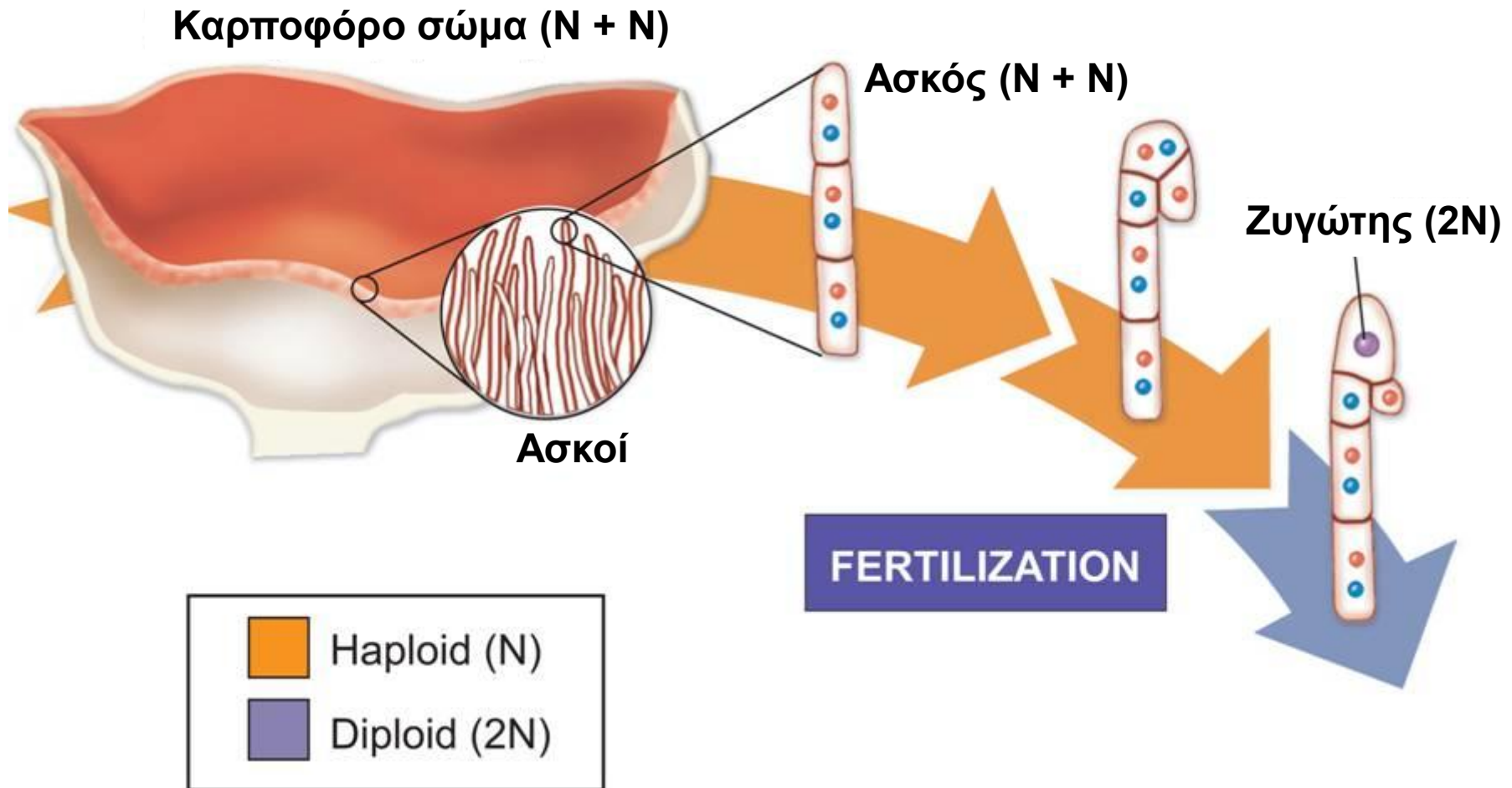
- Κατά την φυλετική αναπαραγωγή, υφές δύο διαφορετικών αναπαραγωγικών τύπων (+ και -) πλησιάζουν η μία την άλλη.



Κύκλος ζωής των Ascomycota

- Οι υφές $N + N$ παράγουν ένα καρποφόρο σώμα στο οποίο η φυλετική αναπαραγωγή συνεχίζει.
- Ο ασκός δημιουργείται μέσα στο καρποφόρο σώμα.
 - Στον ασκό, δύο πυρήνες από διαφορετικούς αναπαραγωγικούς τύπους συντήκονται και σχηματίζουν έναν διπλοειδή ζυγώτη ($2N$).

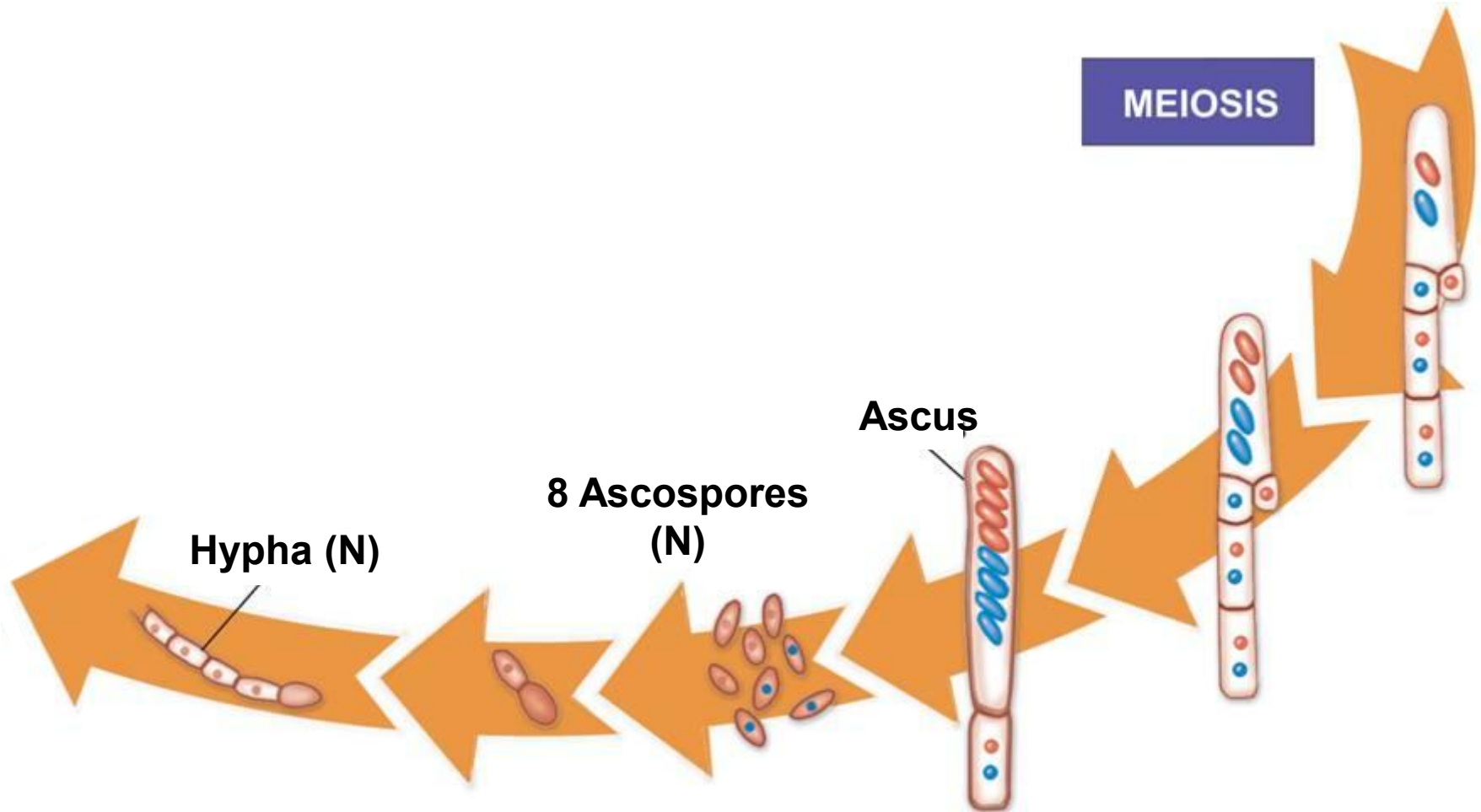
Κύκλος ζωής των Ascomycota



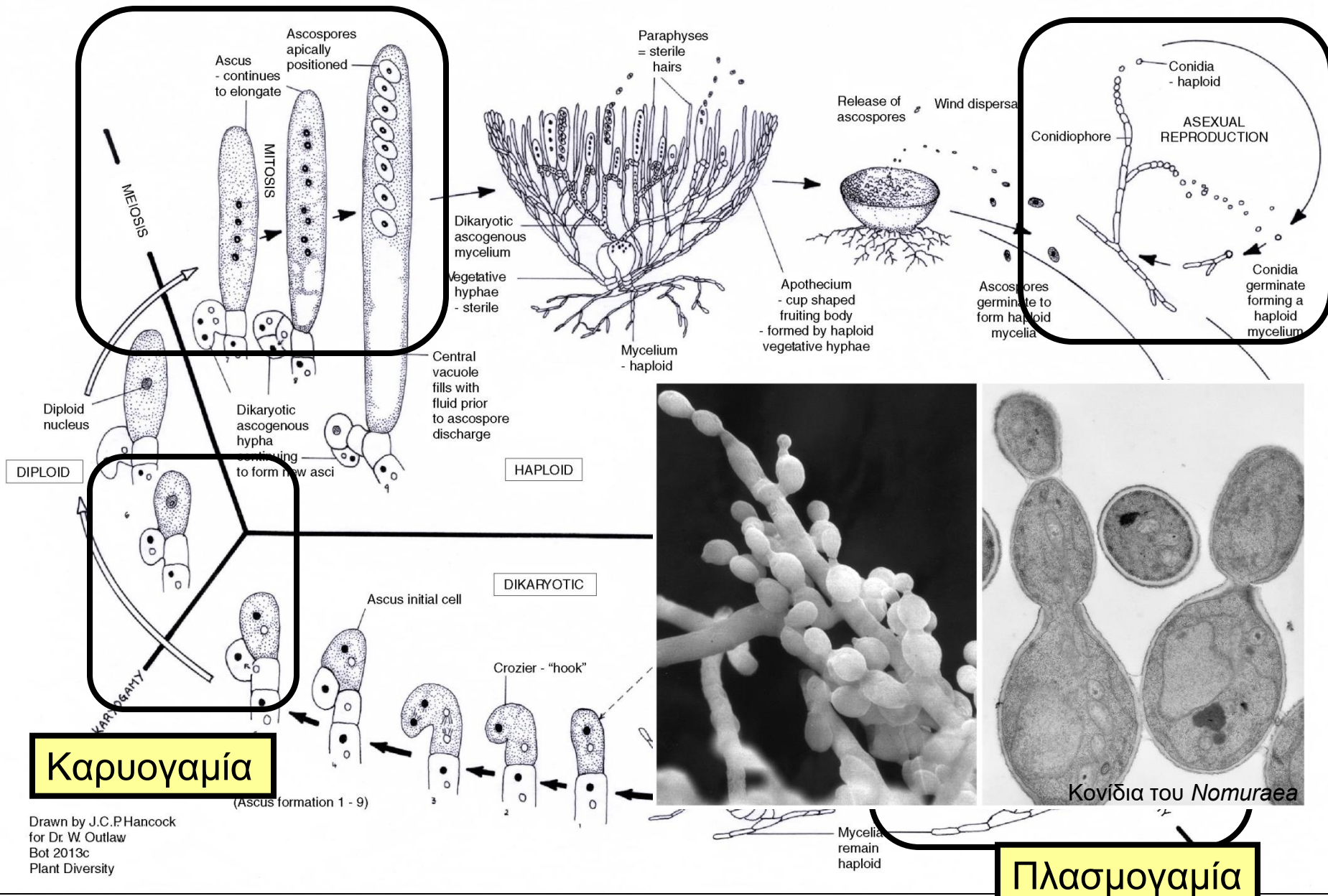
Κύκλος ζωής των Ascomycota

- Ο ζυγώτης ($2N$) διαιρείται με μείωση και δίνει 4 απλοειδή κύτταρα (N).
 - Στους περισσότερους ασκομύκητες, η μείωση ακολουθείται από μίτωση, ούτως ώστε 8 κύτταρα με την ονομασία ασκοσπόρια παράγονται.
 - Τα ασκοσπόρια μπορούν να βλαστήσουν και να δώσουν ένα απλοειδές μυκήλιο.

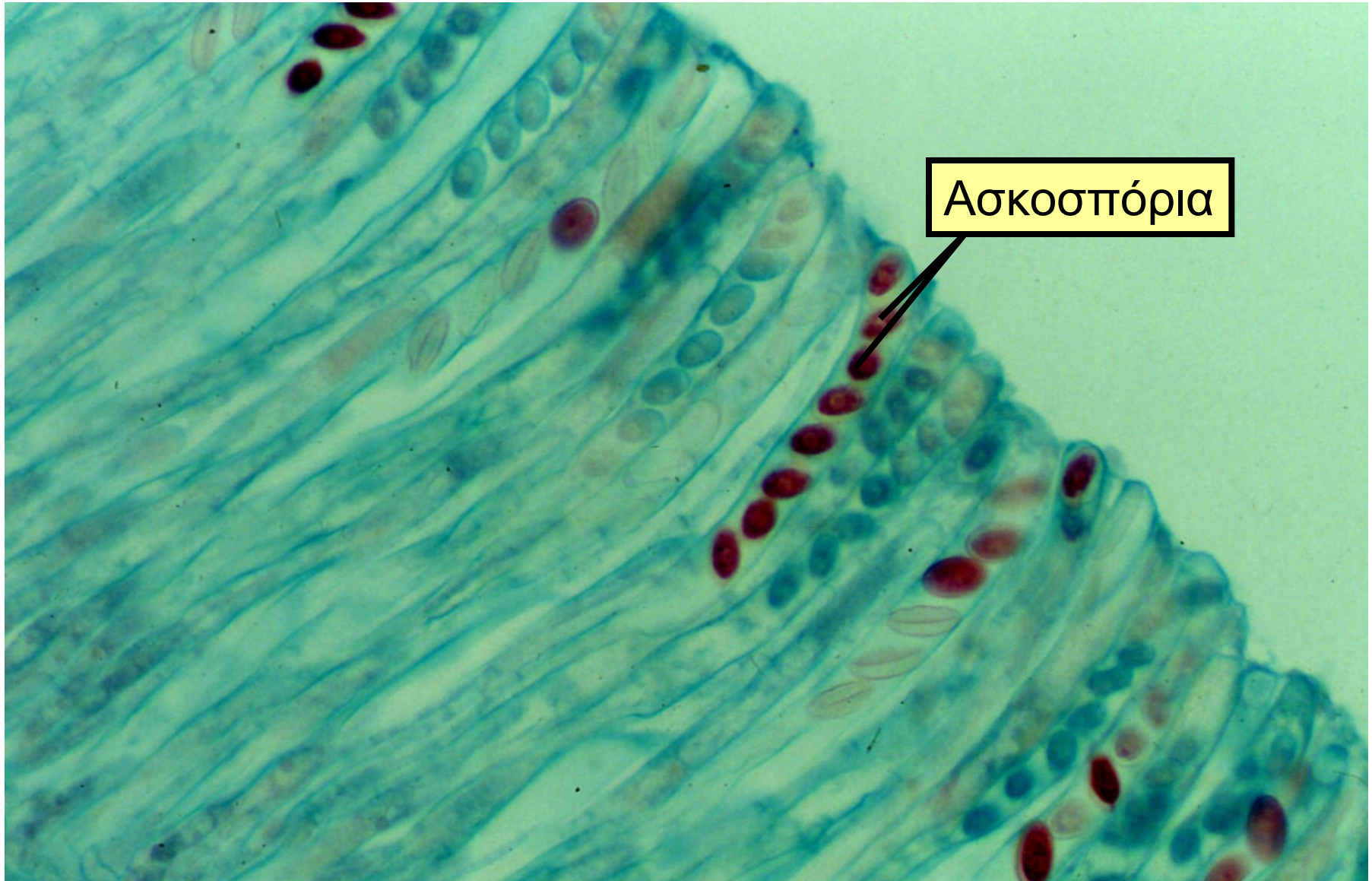
Κύκλος ζωής των Ascomycota



Κύκλος ζωής των Ascomycota



Ασκοί στο καρποφόρο σώμα της *Peziza*



Appearance of prototypical ascomycete



Xylaria sp.



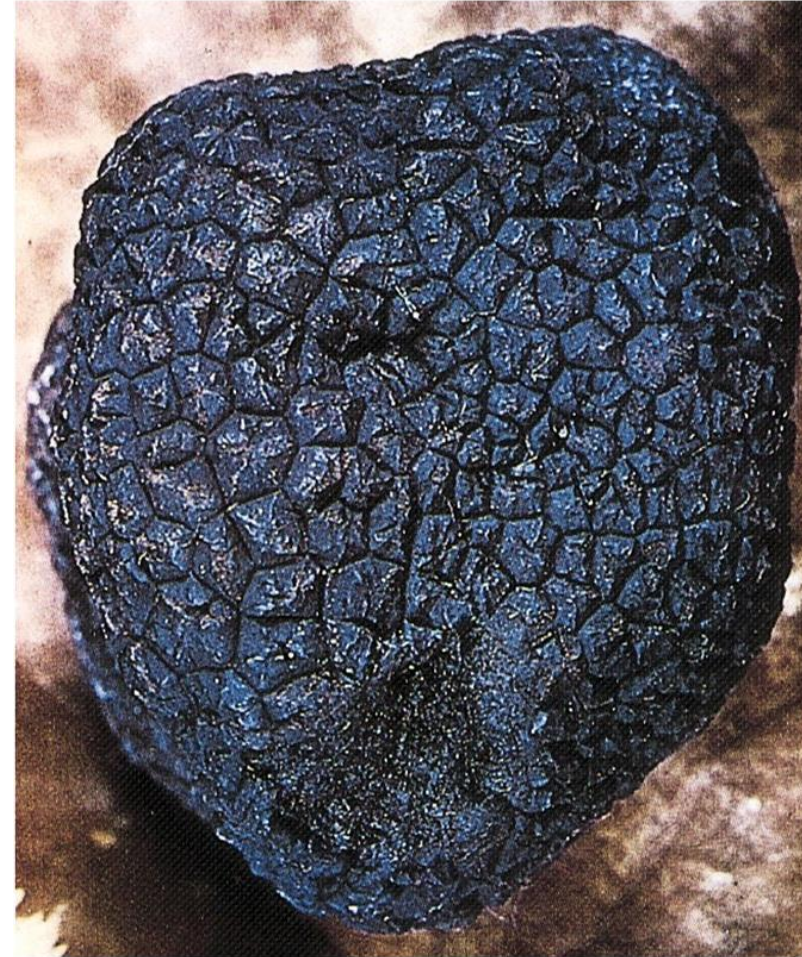


Η εδώδιμη *Morchella esculenta*

Τρούφες



World's most expensive truffle
White Alba
1,6 Kg
\$112, 000



Μαύρη τρούφα
(*Tuber melanosporum*)

Υπόγειο ασκοκάρπιο (καρποφόρο σώμα ή σποροκάρπιο).

Botryosphaeria dothidea σε μήλο



- **Ζύμες-γενικά χαρακτηριστικά**
 - Μονοκύτταρη **βλαστική μορφή** *διαφορετικών* *συνομοταξιών* μυκητών.
 - Συνήθης μορφή για υδρόβια διαβίωση.
 - Αναπαράγονται μη φυλετικά με εκβλάστηση.
 - Στερεοί κόκκοι ζυμών περιέχουν ασκοσπόρια τα οποία ενεργοποιούνται σε υγρά περιβάλλοντα.

Οι μορφές των ζυμών υπάρχουν στα
Ascomycota, Zygomycota και Basidiomycota

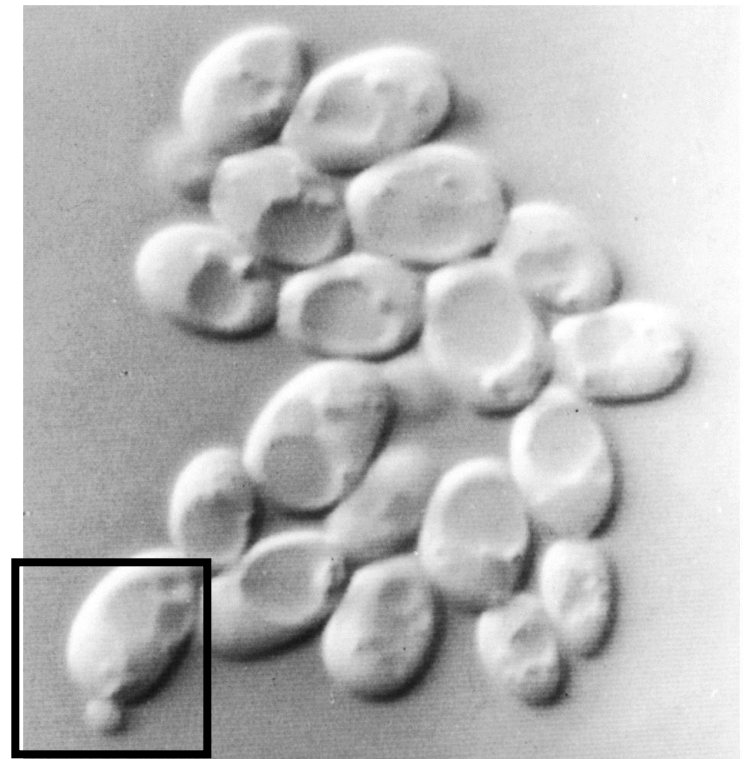
Saccharomyces cerevisiae (ασκομύκητας)

Ινώδης μορφή (ψευδομυκήλιο)



~25μm

Μονοκυτταρική μορφή



~2.5μm

Εκβλάστηση, τύπος μη φυλετικής αναπαραγωγής

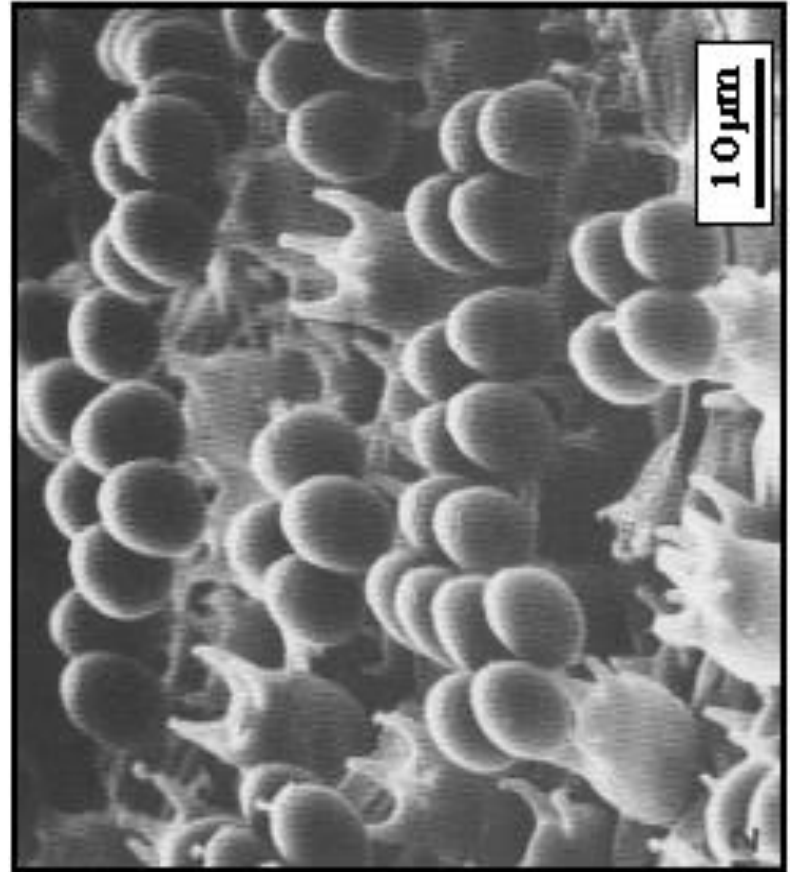
Ταξινόμηση και ονομασία

Saccharomyces cerevisiae (ασκομύκητας, *Ascomycota*)

Επικράτεια: <i>Eukarya</i>	Domain	
Βασίλειο: <i>Fungi</i>	Kingdom	
Συνομοταξία: <i>Ascomycota</i>	Phylum	-mycota
Υποσυνομοταξία: <i>Saccharomycotina</i>	Subphylum	-mycotina
Ομοταξία: <i>Saccharomycetes</i>	Class	-mycetes
Τάξη: <i>Saccharomycetales</i>	Order	-ales
Οικογένεια: <i>Saccharomycetaceae</i>	Family	-aceae
Γένος: <i>Saccharomyces</i>	Genus	
Είδος: <i>S. cerevisiae</i>	Species	

2. Συνομοταξία Basidiomycota

Συμμετέχουν στην αποσύνθεση του ξύλου, πρωτόγονα παράσιτα φυτών.
Έχουν διαφράγματα Δικαρυωτικά μυκήλια, Οι μισοί σχηματίζουν μυκόρριζες.

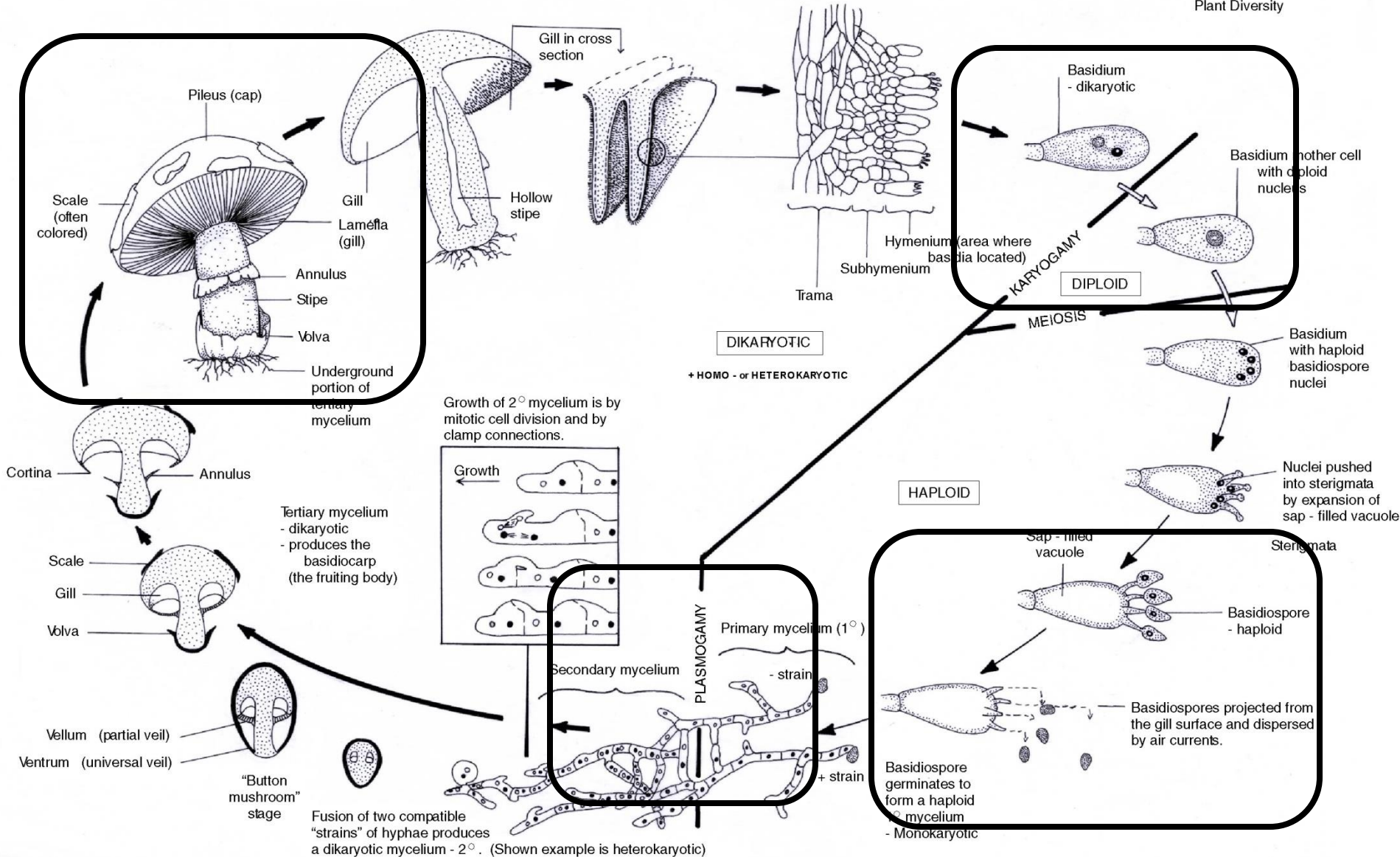


SEM βασιδίων και σπορίων

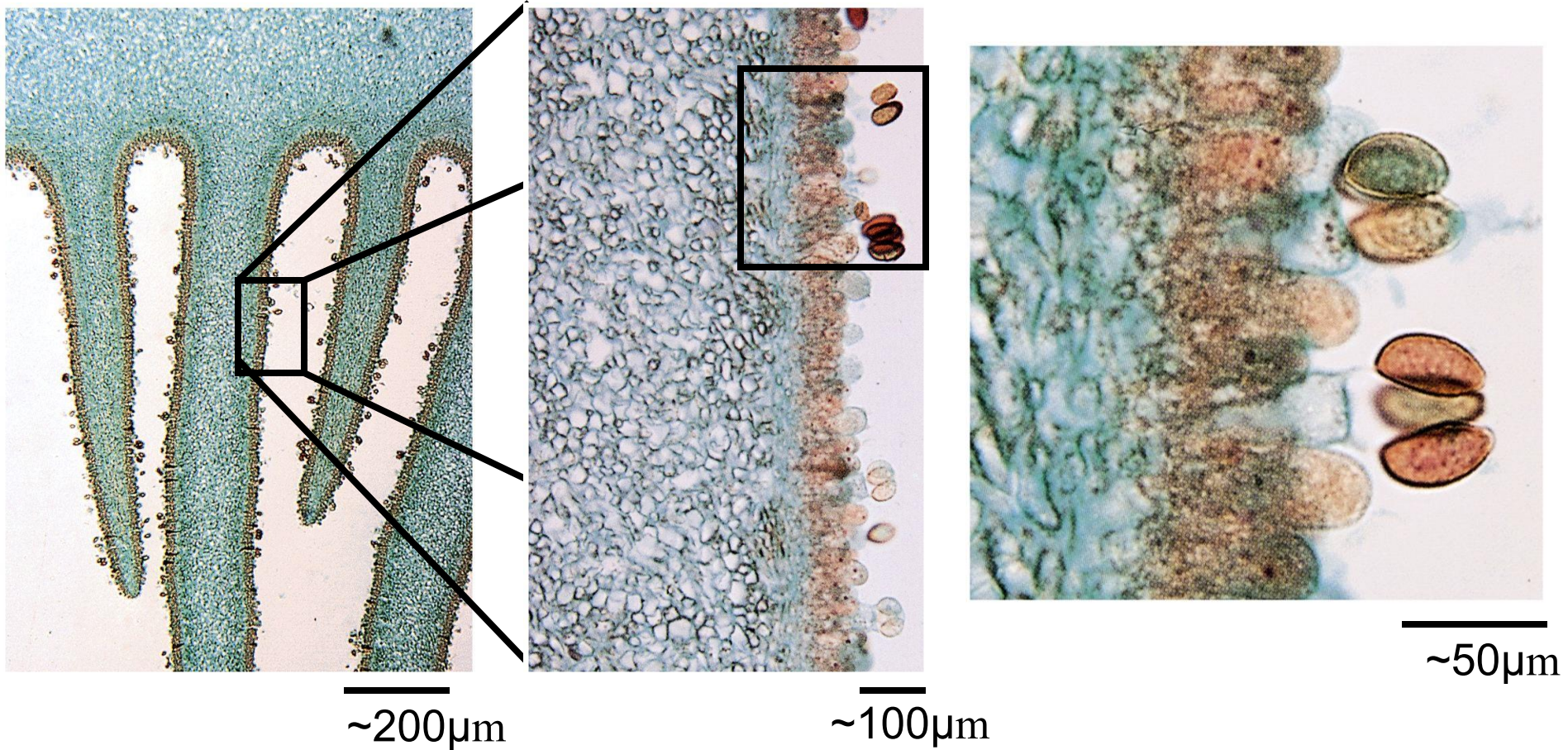
Κύκλος ζωής των Basidiomycota

LIFE CYCLE OF A BASIDIOMYCETE, *Agaricus*

Drawn by J.C.P Hancock
for Dr. W. Outlaw Bot 2013c
Plant Diversity



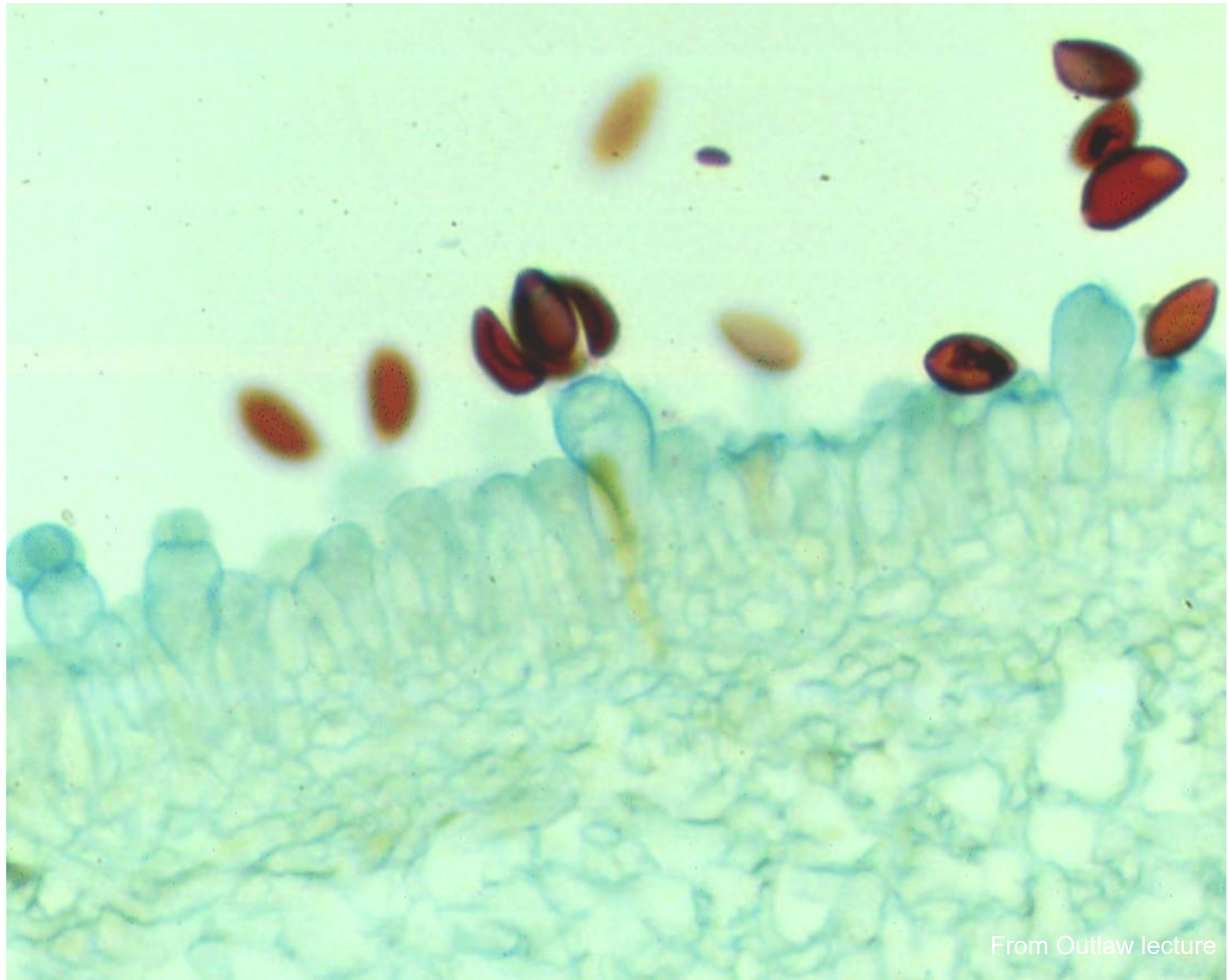
Βασίδια και βασιδιοσπόρια



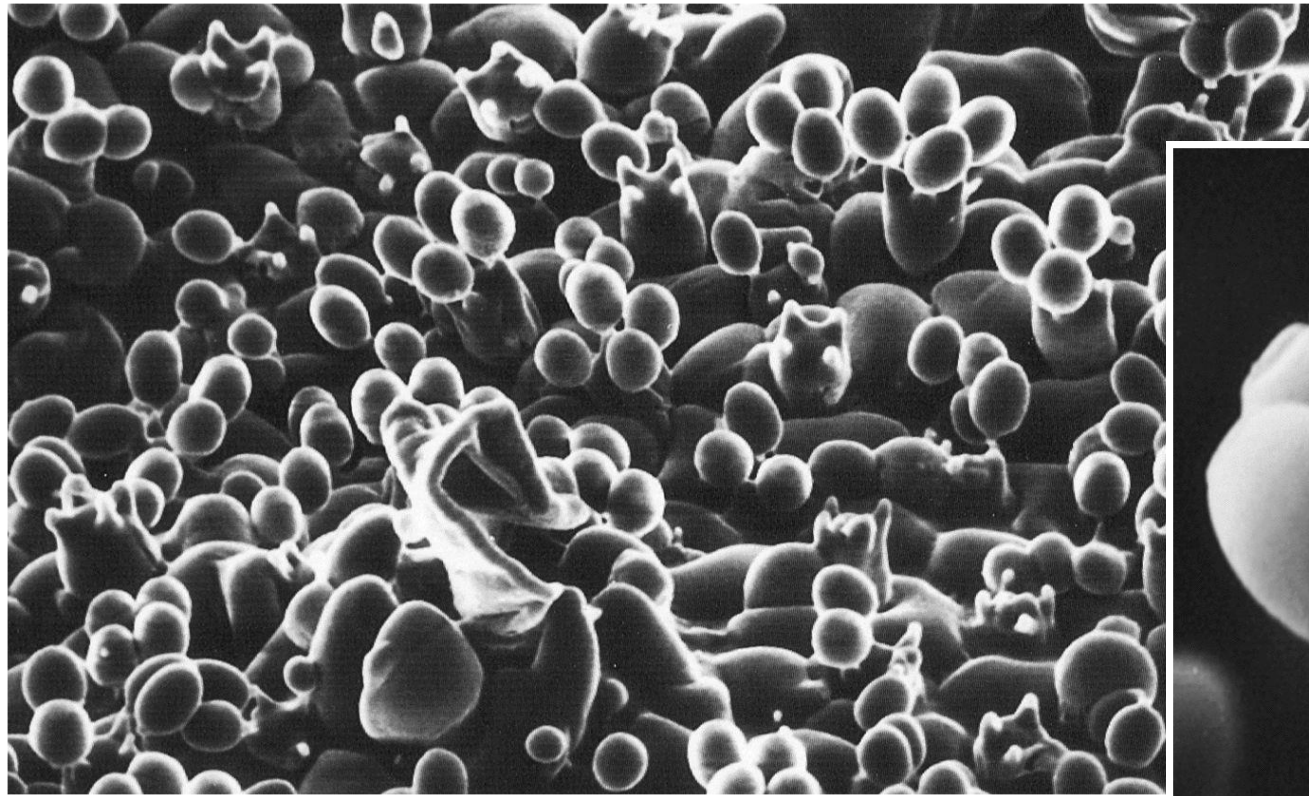
Τομή βασιδιοκαρπίου.

Coprinus (βασιδιομύκητας) με ζωτική χρωστική.

Βασίδια του *Coprinus pileus*

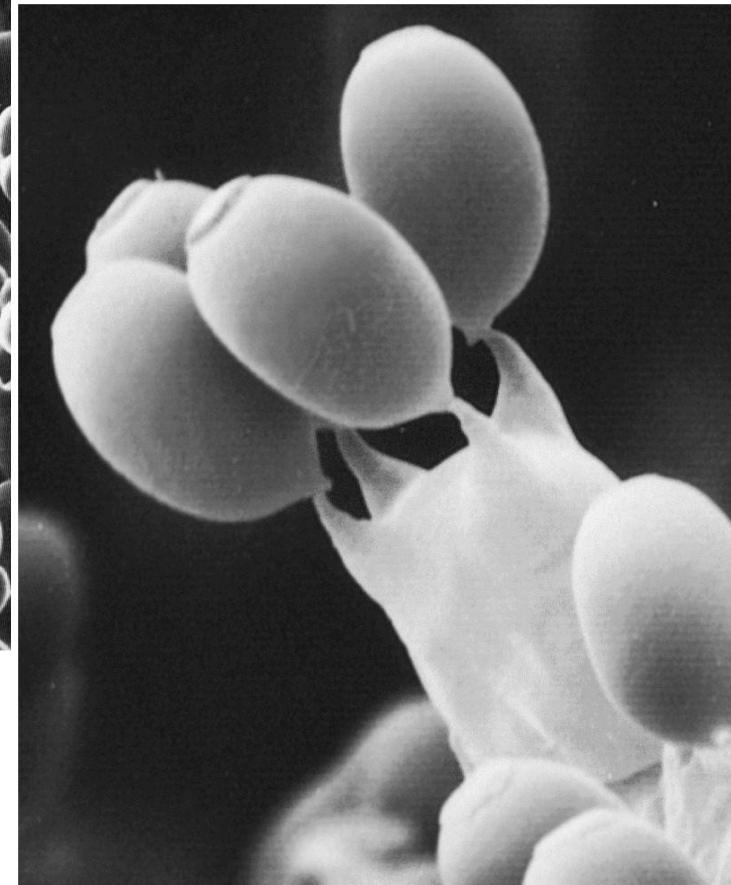


Basidia and basidiospores



Βασίδια στη φάση
απελευθέρωσης
βασιδιοσπορίων

~25μm



4 βασιδιοσπόρια στην
κορυφή βασιδίου

~10μm

SEM, *Coprinus cinereus*

Polyporus arcularius



Ganoderma applanatum



Calostoma cinnabarina



Dictyophora duplicata



Crucibulum laeve



Geastrum saccatum



Basidiomycota

- Τροφή (μανιτάρια)
- Καταστροφή σοδειών (σκωριάσεις)

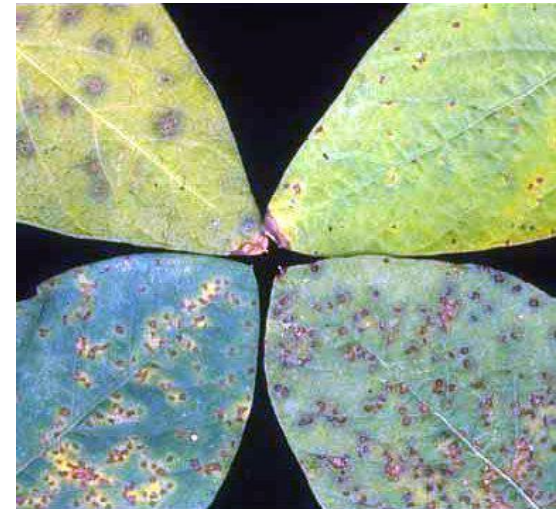


Μανιτάρια Portobello

*Ustilago
maydis*



*Phakopsora
pachyrhizi* και
Phakopsora meibomiaae



Ταξινόμηση και ονομασία

Παράδειγμα

Επικράτεια: Eukarya

Βασίλειο: Fungi

Συνομοταξία: Basidiomycota

Ομοταξία: Urediniomycetes

Τάξη: Uredinales

Οικογένεια: Phakopsoraceae

Γένος: *Phakopsora*

Είδος: *Phakopsora pachyrhizi*

Ustilago maydis



Ταξινόμηση και ονομασία

Βασιδιομύκητας *Agaricus campestris*

Παράδειγμα

Επικράτεια: Eukarya

Βασίλειο: Fungi

Συνομοταξία: Basidiomycota

Ομοταξία: Basidiomycetes

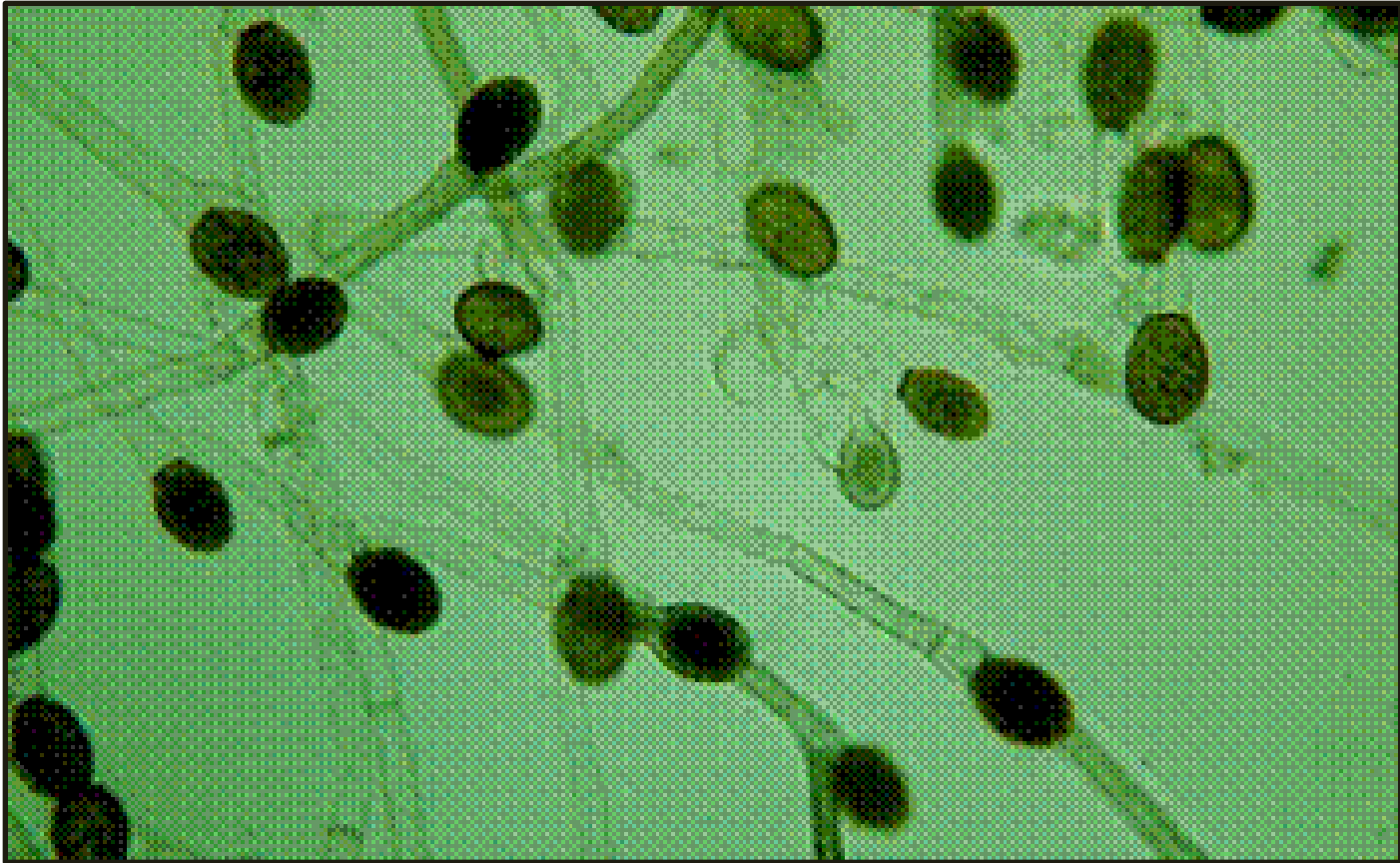
Τάξη: Agaricales

Οικογένεια: Agaricaceae

Γένος: *Agaricus*

Είδος: *Agaricus campestris* L.

3. Συνομοταξία Chytridiomycota



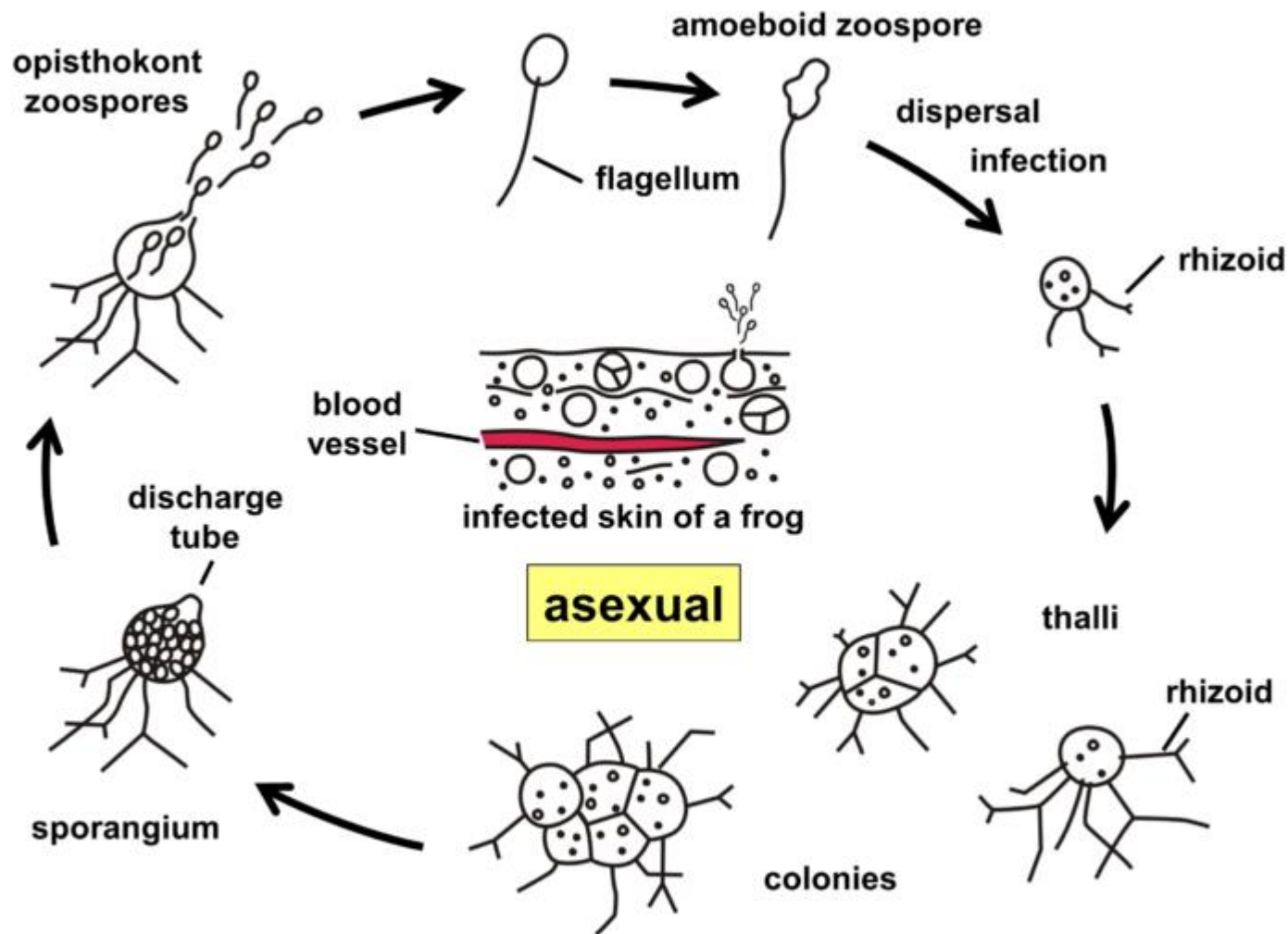
Οι πλέον πρωτόγονοι εξελικτικά μύκητες. Δεν σχηματίζουν μυκήλιο, αλλά θαλλό

Chytridiomycota

- Χυτρίδια
- Έχουν **κινούμενα σπόρια, ζωοσπόρια**
- Είναι κυρίως σαπρόβια και παρασιτικά σε υδάτινα περιβάλλοντα.

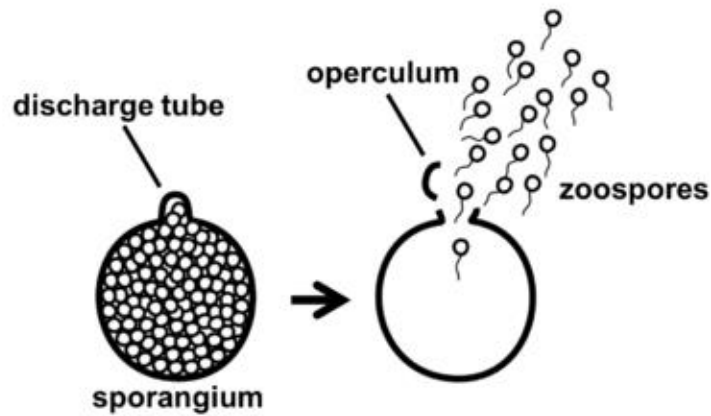


Ένα χυτρίδιο που προσβάλλει τις πατάτες

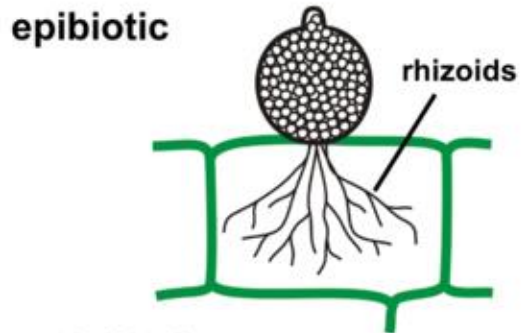


© M. Piepenbring, CC BY-SA

Κύκλος ζωής του *Batrachochytrium dendrobatidis* (παράσιτο βατράχων).



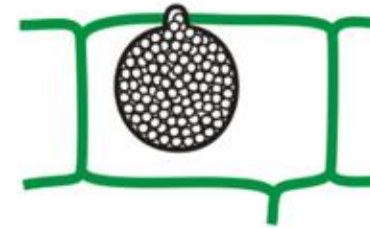
eucarpic monocentric



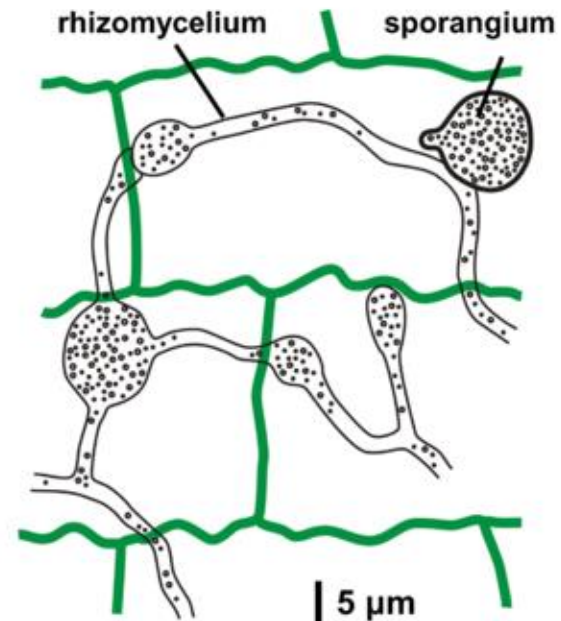
endobiotic



holocarpic



eucarpic polycentric



© M. Piepenbring, CC BY-SA

Θαλλοί χυτρίδιων

4. Συνομοταξία **Glomeromycota**



Συμβιωτικοί οργανισμοί με ρίζες φυτών.
Σχηματίζουν ενδομυκόρριζες (αρτηριακές μυκόρριζες).

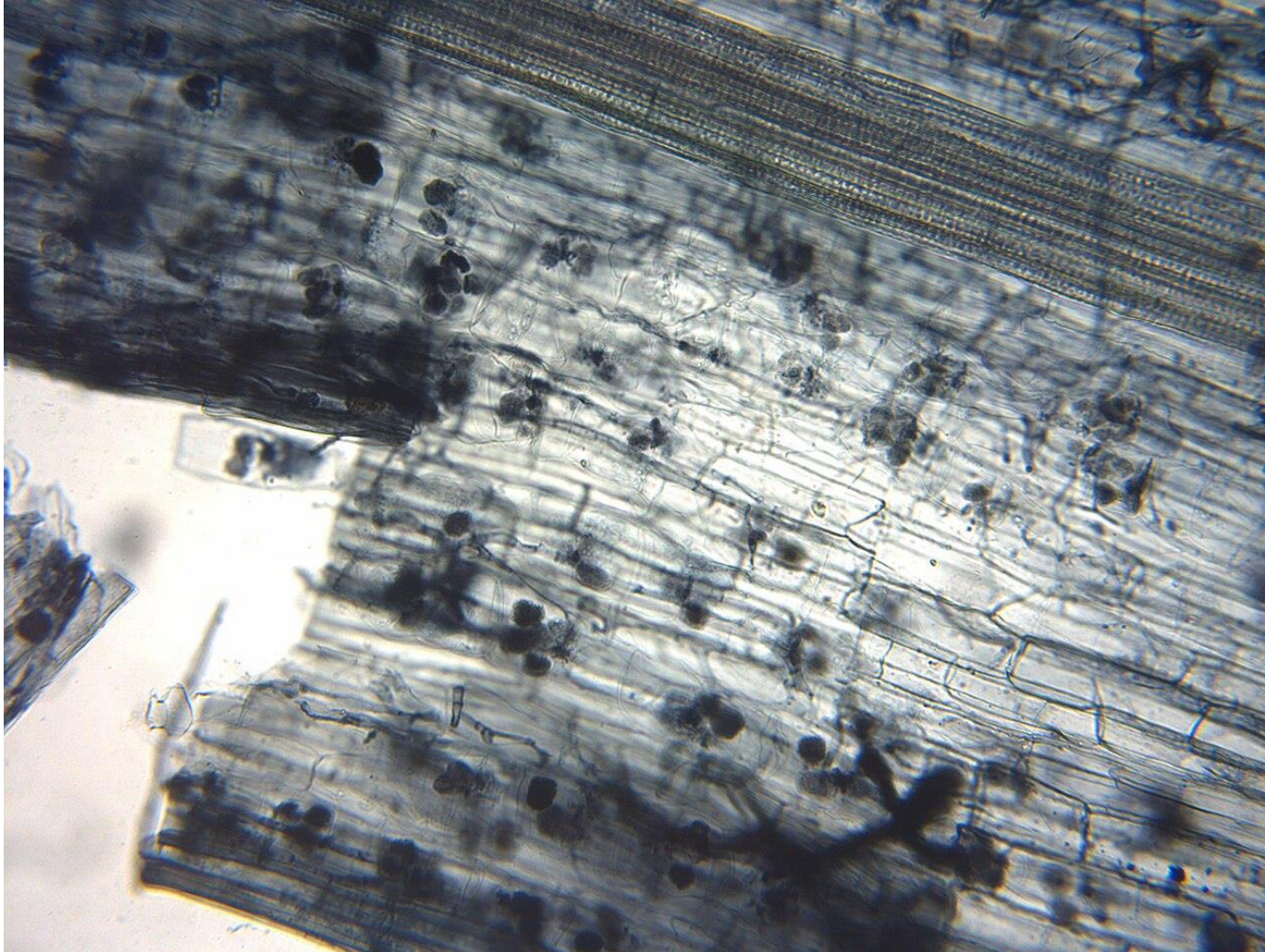
Αρτηριακή μυκόρριζα

Η συμβιωτική ανάπτυξη της **αρτηριακής μυκόρριζας** είχε καθοριστικό ρόλο στον αρχικό αποικισμό της γης από τα φυτά και στην εξέλιξη των αγγειακών φυτών.

Λίγα φυτά δεν σχηματίζουν ενδομυκόρριζες

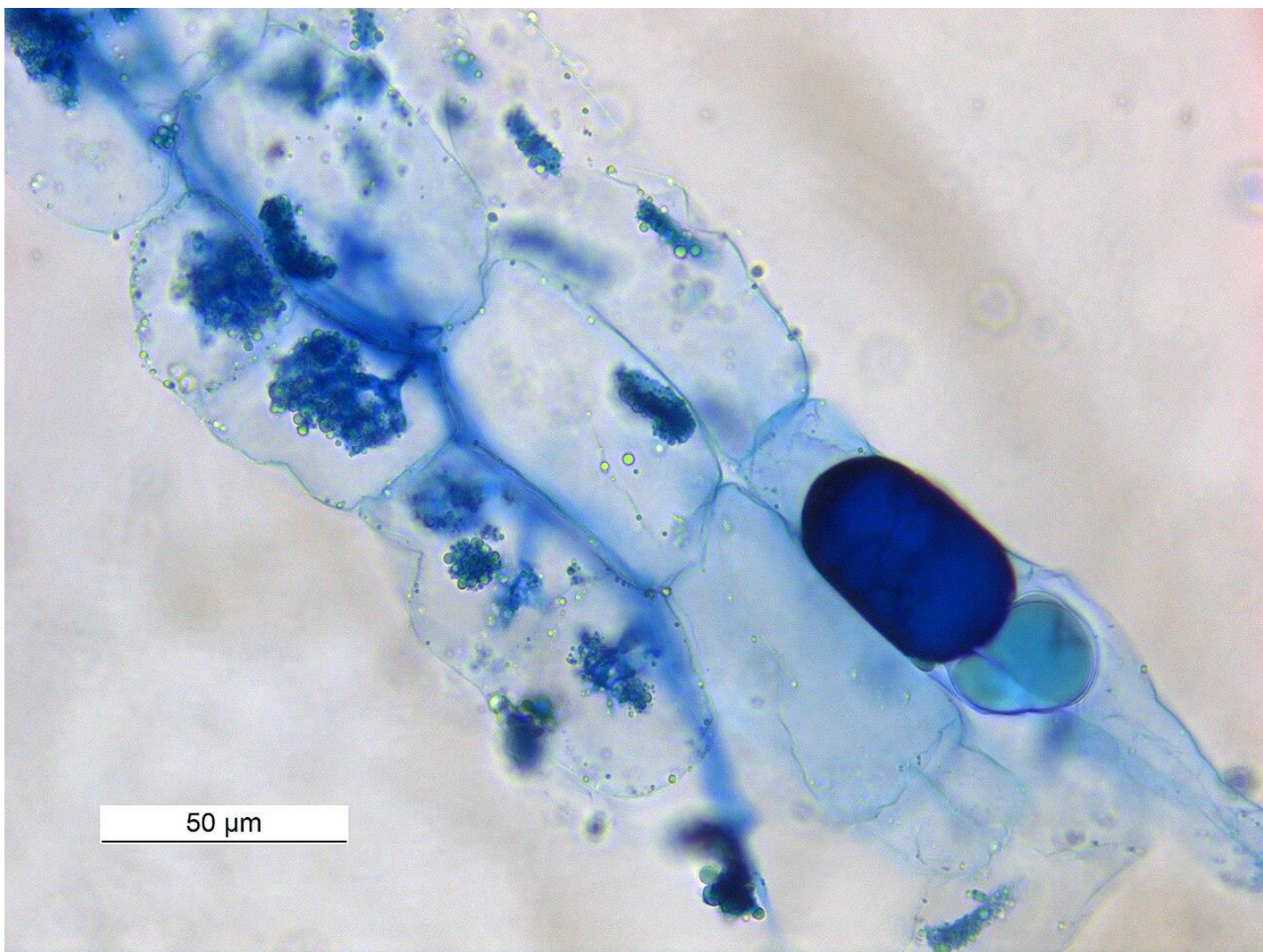
Η συμβίωση μεταξύ μυκήτων και φυτών είναι μια πολύ εξελιγμένη αμοιβαία σχέση και πολύ διαδεδομένη: οι αρτηριακές μυκόρριζες βρίσκονται στο 80 % των οικογενειών των αγγειακών φυτών.





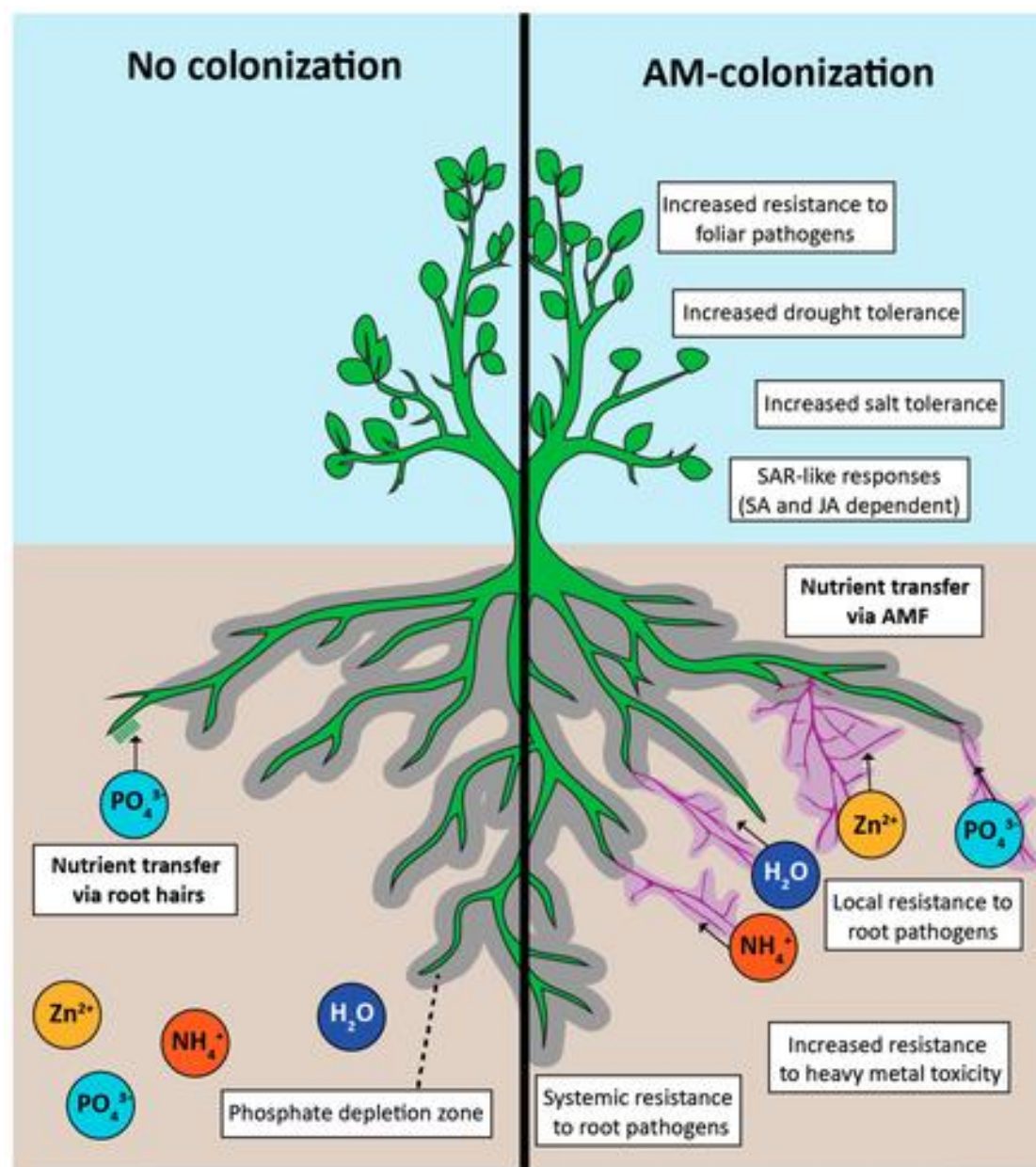
αρτηριακές μυκόρριζες στη ρίζα λιναριού

https://en.wikipedia.org/wiki/Arbuscular_mycorrhiza

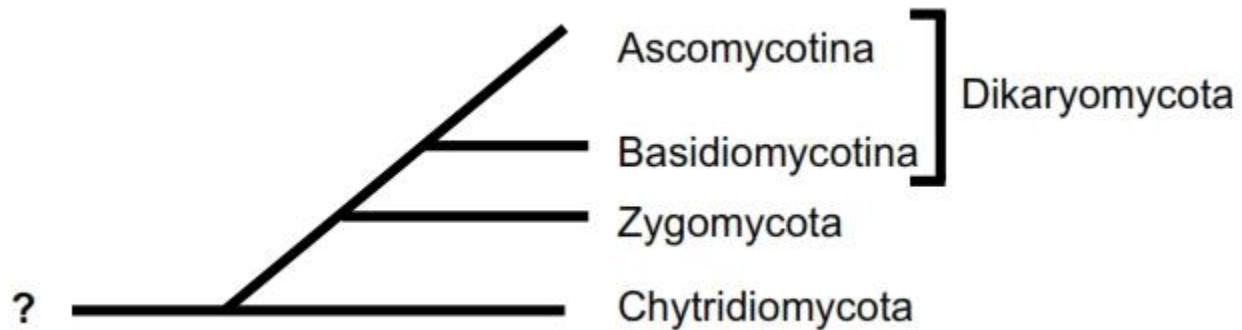


αρτηριακές μυκόρριζες στη ρίζα του φυτού *Macrotyloma uniflorum*

https://en.wikipedia.org/wiki/Arbuscular_mycorrhiza



5. Συνομοταξία Zygomycota



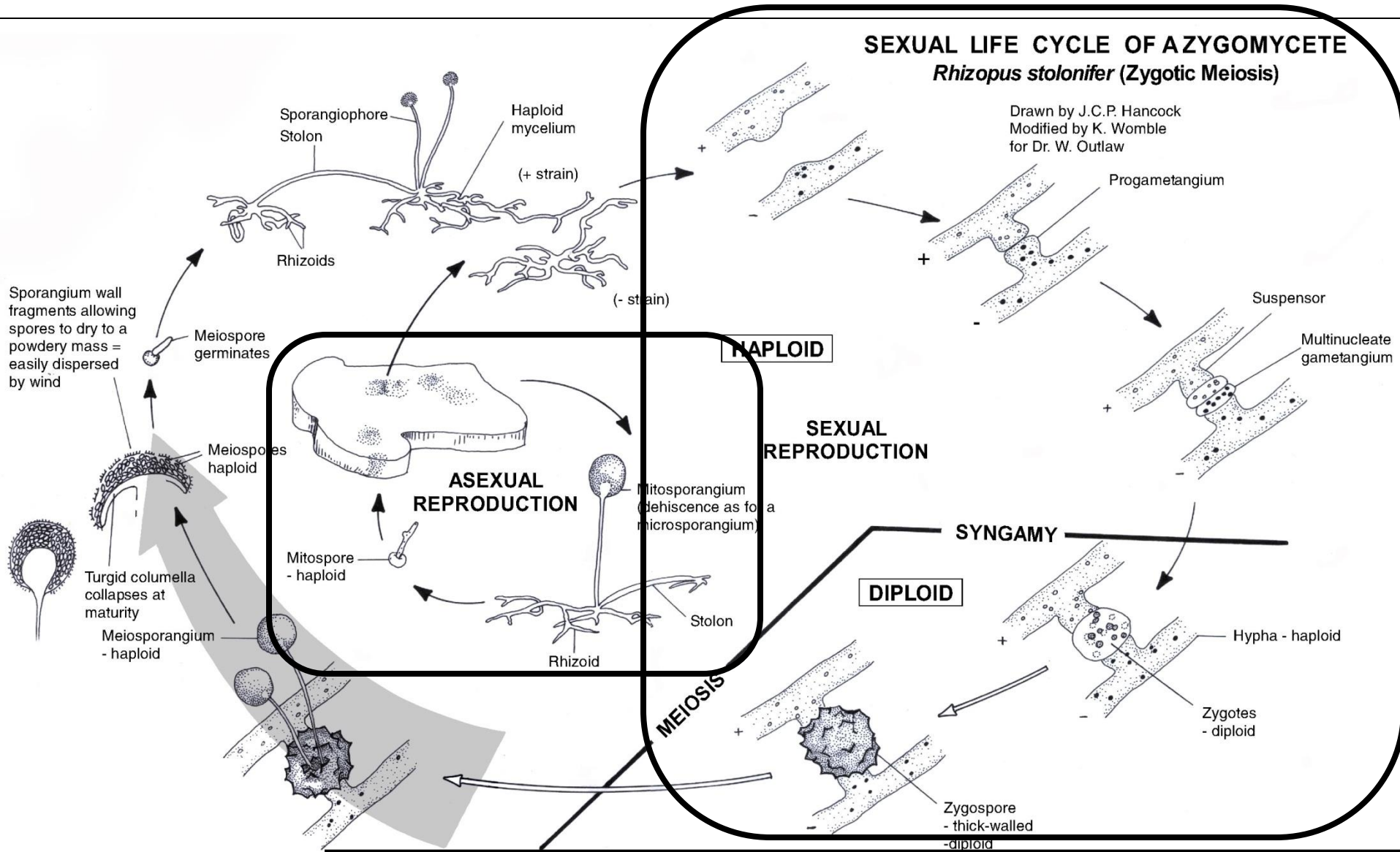
Zygomycota

- Γύρω στα 600 είδη
- Μύκητες σύζευξης
- Κοινοκυτικά κύτταρα, χωρίς διαφράγματα
- Μεγαλώνουν γρήγορα
- Φυλετικός κύκλος με ζυγοσποράγγεια
- Αφυλετικός κύκλος (συνήθης) με σποράγγεια
- Παράγουν σποραγγειοσπόρια και ζυγοσπόρια
- *Rhizopus*, *Mucor*
ευκαιριακές και συστηματικές μυκώσεις
Ζούν στο έδαφος, σε αποσυντιθέμενα φυτά ή ζώα.
Μια ομάδα δίνει μυκόρριζες



Rhizopus σε φράουλες

Κύκλος ζωής των Zygomycota



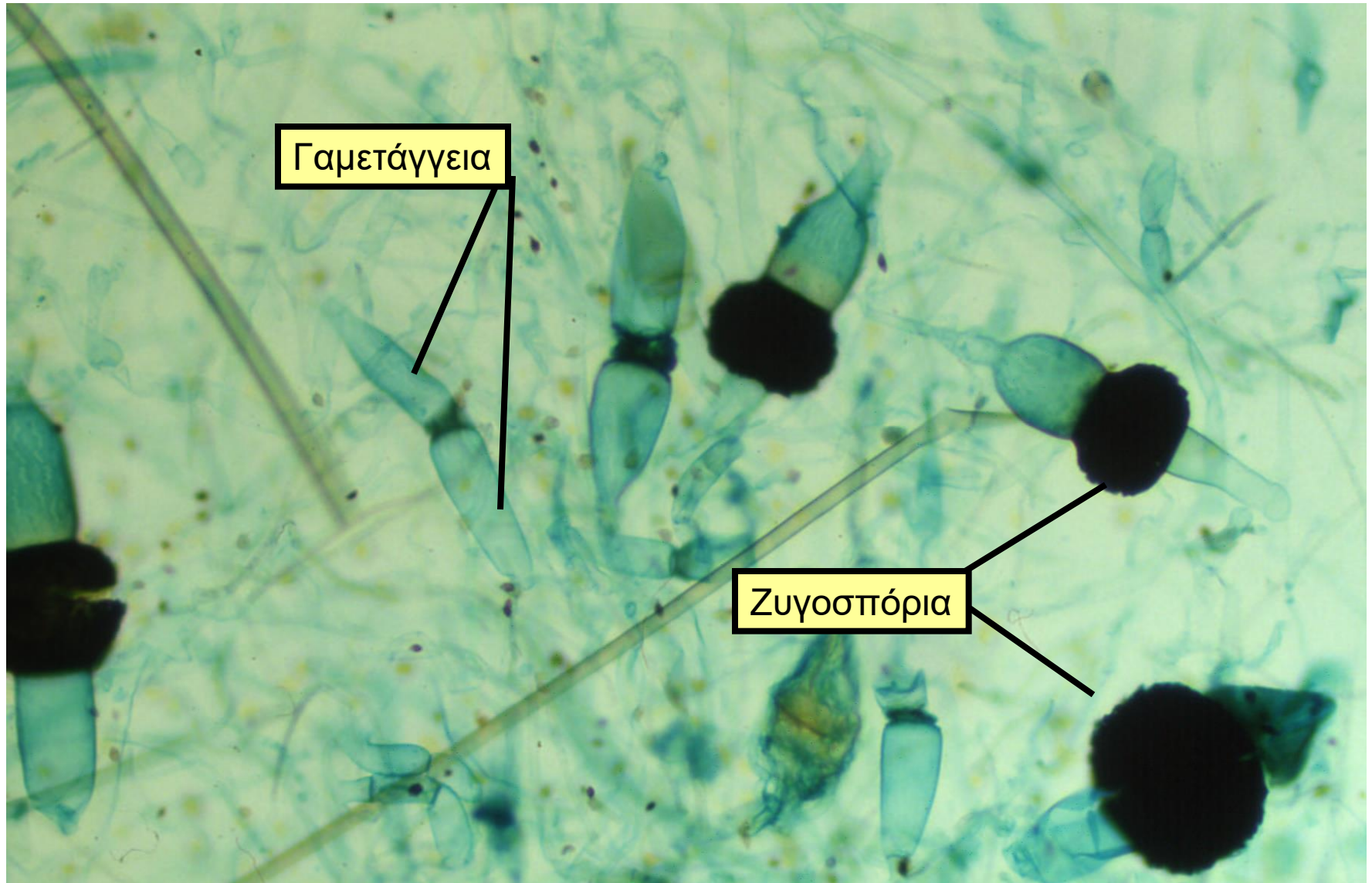
Το ζυγοσπόριο είναι το μόνο διπλοειδές κύτταρο

Μη φυλετικός σποραγγειοφόρος



Pilobolus (zygomycete)

Ζυγοσπόρια του *Rhizopus nigricans*



6. Συνομοταξία Blastocladiomycota

Είναι μια νέα συνομοταξία που πριν κατετάσето με τα **Chytridiomycota**

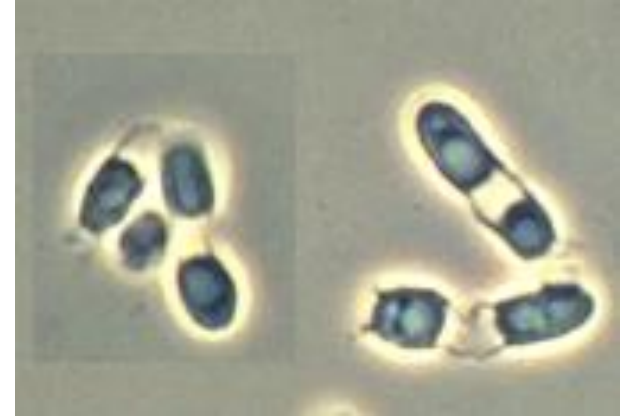


Φύλο φυτού με *Physoderma menyanthis*

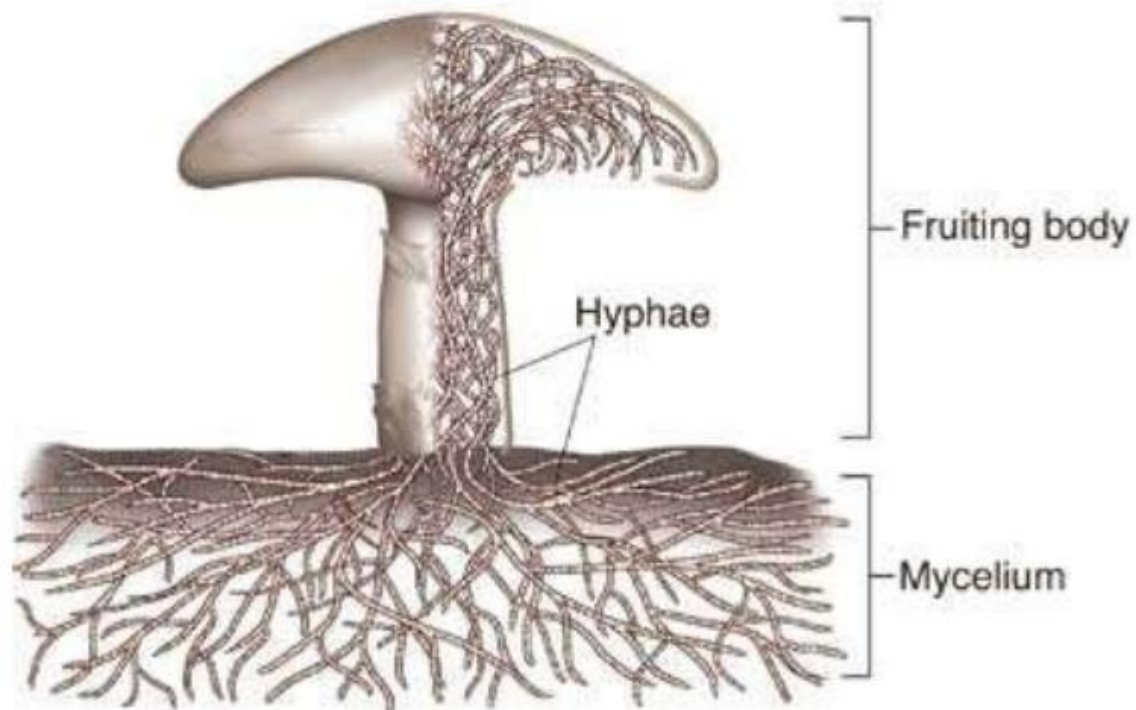
ΤΕΛΟΣ

Vegetative Structures of Fungi

- **Αρθροσπόρια:**
σχηματίζονται από τη διαμερισματοποίηση και συμπύκνωση των υφών
- **Chlamydospores** –
σπόρια με παχύ τοίχωμα, μη μεταβολικά ενεργά
π.χ. *C.albicans*



Fungus Structure



Γενική ασκομύκητα κύκλου ζωής. Σε πολλές ασκομυκήτων, απλοειδή gametangia («αρσενικό» αμφίγυνο, anth?.. "Γυναίκα" ασκογόνιο, asc) Ασφάλεια (plasmogamy), απλοειδή πυρήνες Μεταφορά και ασκογόνος (ascog.) υφές σχηματίζονται που παράγουν dikaryotic "άγκιστρα πατερίτσα» και διπλοειδή "Ascal μητρικό κύτταρο» μετά καρυογαμία. Για να παράγουν τα χαρακτηριστικά οκτώ ascospores ανά ασκού, μίτωση πρέπει να συμβεί μετά τη μείωση. Αυτά τα μικροσκοπικά αναπτυξιακές διαδικασίες πιο ματαιώσει συμβεί εντός κλειστοθεσία, περιθήκια ή apothecia που καταλαμβάνουν εξελιχθεί για να διαλύσει τους ασκοσπόρια ή / και να χρησιμεύσει ως overseasoning δομών (δεν φαίνεται). Τα απλοειδή (n), dikaryotic ($n + n$) και διπλοειδή ($2n$) φάσεις του κύκλου ζωής συμβολίζεται με λεπτό, διπλό, και παχιές γραμμές, αντίστοιχα. (Εικόνα από τον C. R. λίγο).

Figure 18. General ascomycete life cycle. In many ascomycetes, haploid gametangia ("male" antheridium, anth.; "female" ascogonium, asc.) fuse (plasmogamy), haploid nuclei are transferred, and ascogenous (ascog.) hyphae are formed that produce dikaryotic "crozier hooks" and diploid "ascal mother cells" after karyogamy. In order to produce the typical eight ascospores per ascus, mitosis must occur after meiosis. These microscopic developmental processes most often occur within cleistothecia, perithecia, or apothecia, which have evolved to disperse the ascospores and/or serve as overseasoning structures (*not shown*). Haploid (n), dikaryotic ($n+n$), and diploid ($2n$) phases of the life cycle are denoted by thin, double, and thick lines, respectively. (image by C. R. Little).

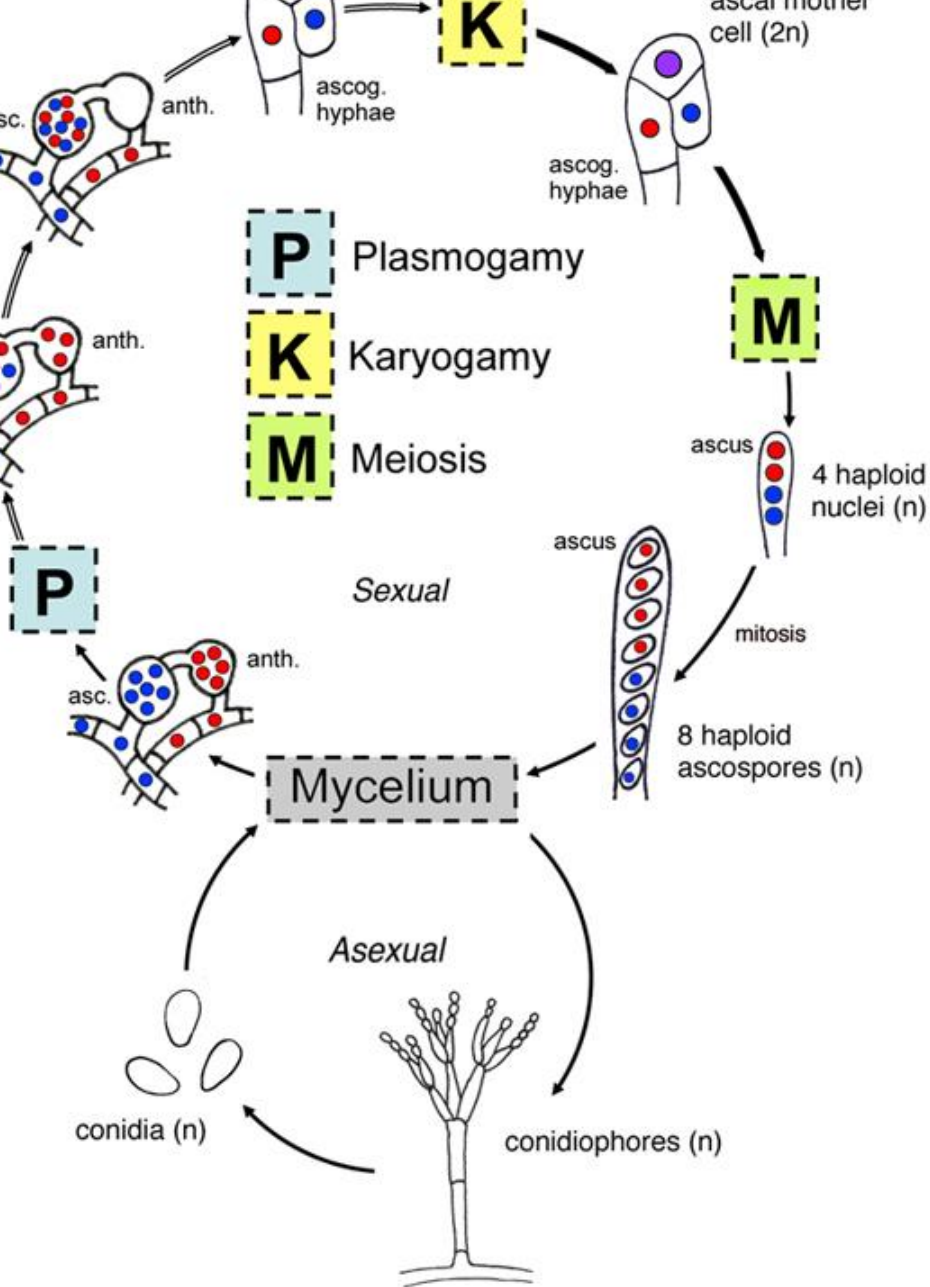
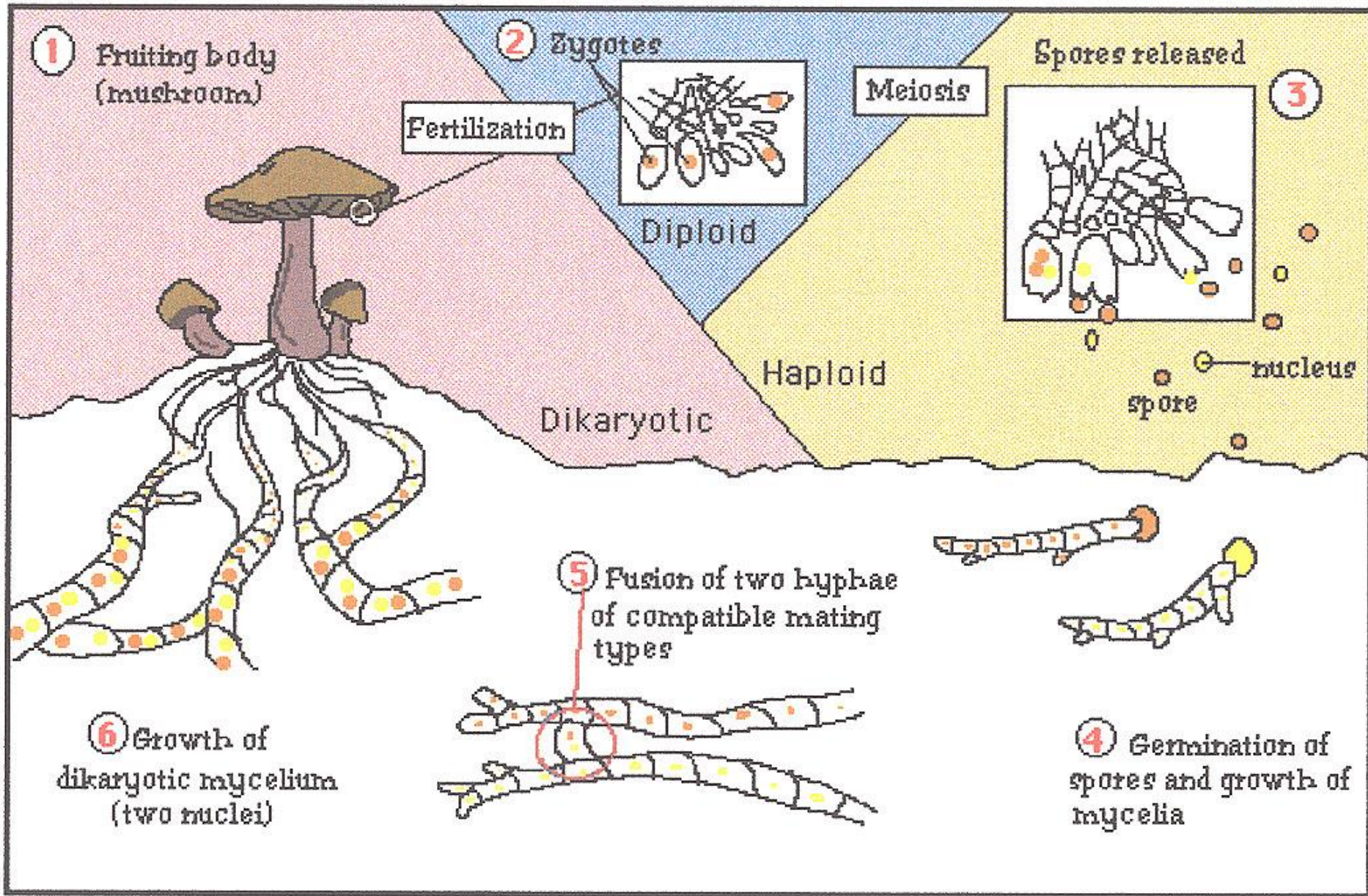
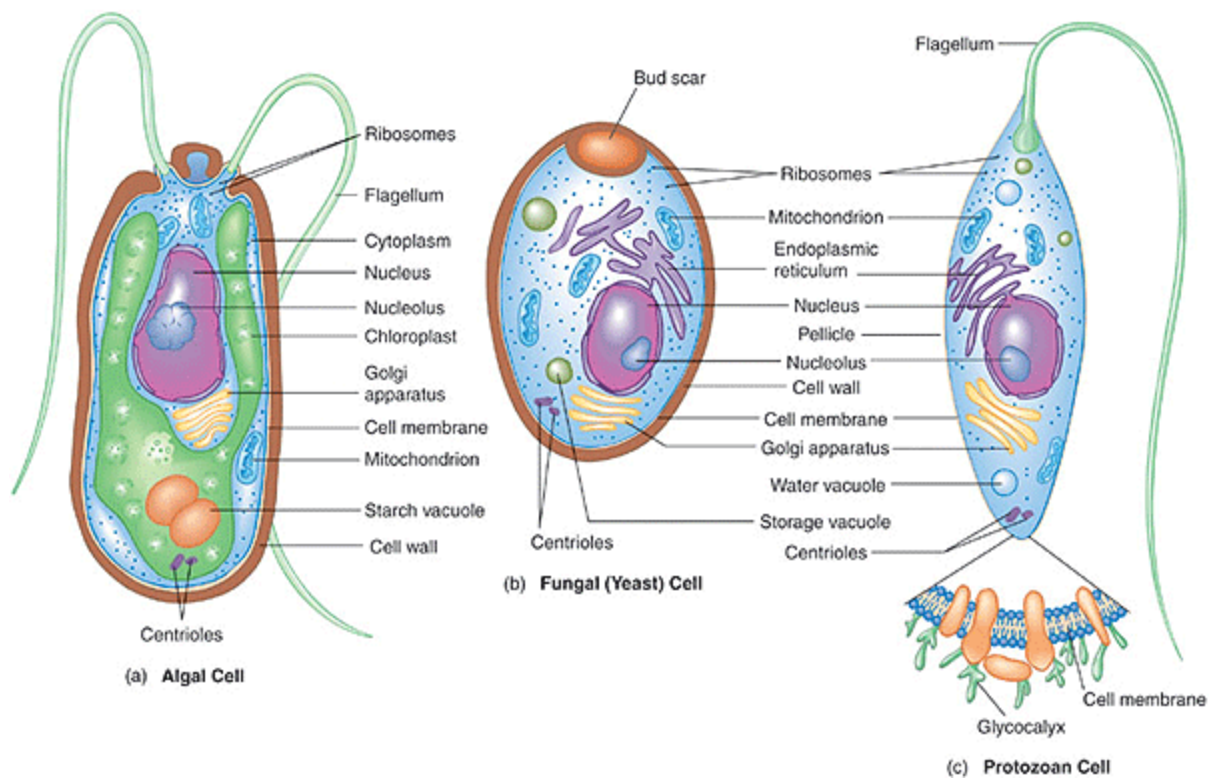
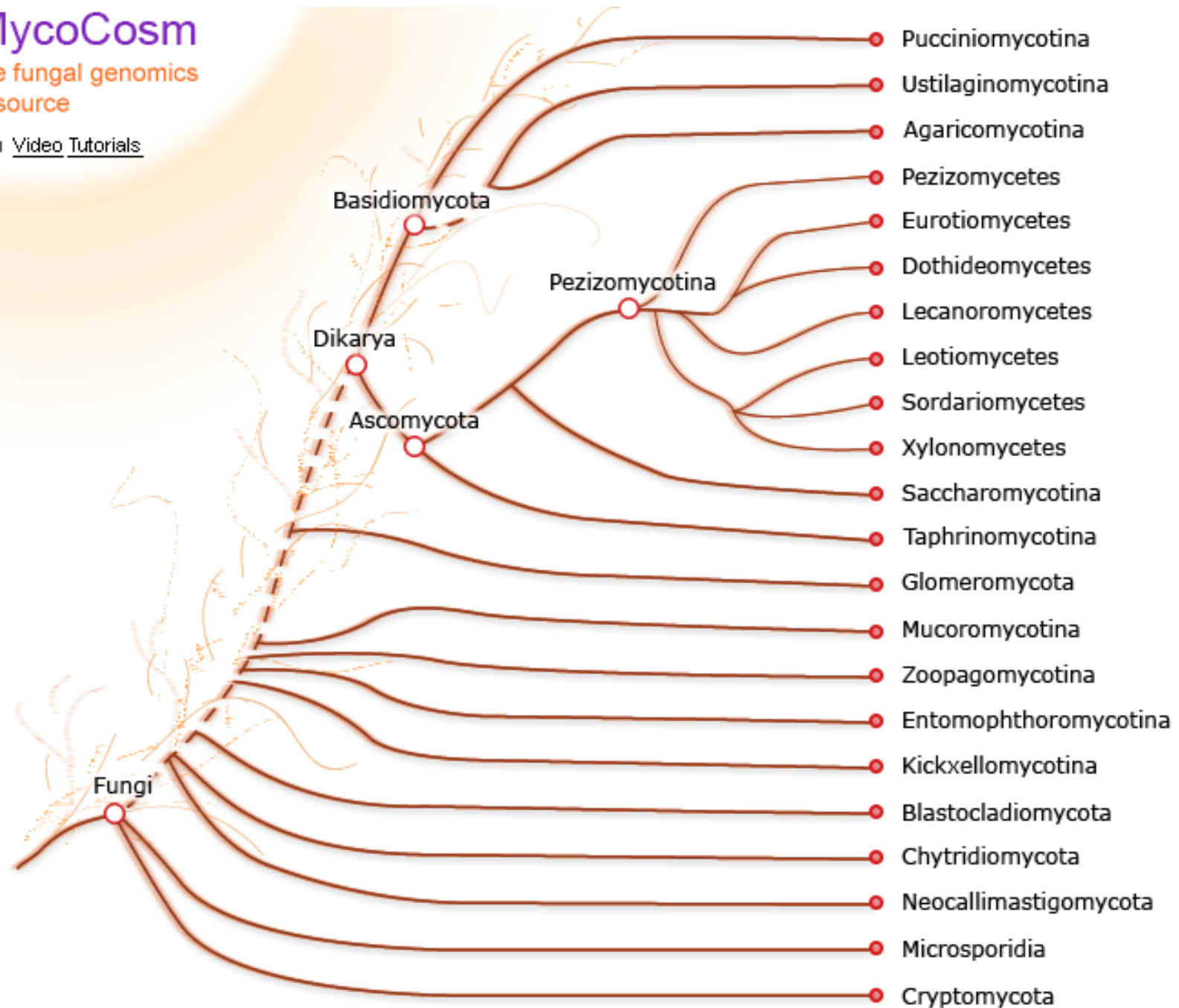


Figure 18. General ascomycete life cycle. In many ascomycetes, haploid gametangia ("male" antheridium, anth.; "female" ascogonium, asc.) fuse (plasmogamy), haploid nuclei are transferred, and ascogenous (ascog.) hyphae are formed that produce dikaryotic "crozier hooks" and diploid "ascal mother cells" after karyogamy. In order to produce the typical eight ascospores per ascus, mitosis must occur after meiosis. These microscopic developmental processes most often occur within cleistothecia, perithecia, or apothecia, which have evolved to disperse the ascospores and/or serve as overseasoning structures (*not shown*). Haploid (n), dikaryotic ($n+n$), and diploid ($2n$) phases of the life cycle are denoted by thin, double, and thick lines, respectively. (image by C. R. Little).

Fungal Life Cycle







Importance of fungi

Kingdom Fungi

Classification

Characteristics

Zygomycetes

Ascomycetes

Basidiomycetes

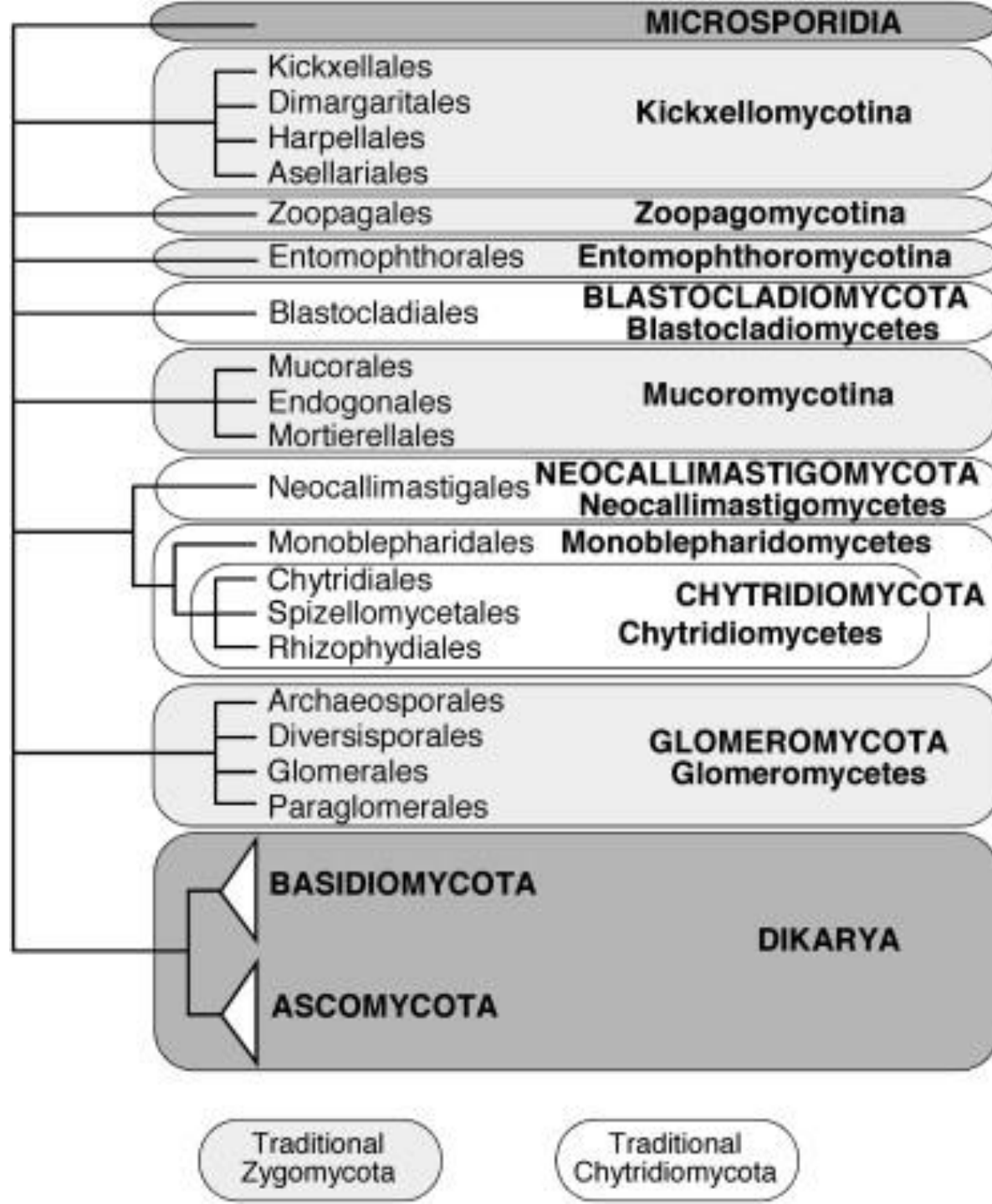


Fig 1. Φυλογένεση και ταξινόμηση των μυκητών. **Basal Fungi and Dikarya.** Τα μήκη των διακλαδώσεων δεν σχετίζονται με γενετικές αποστάσεις.

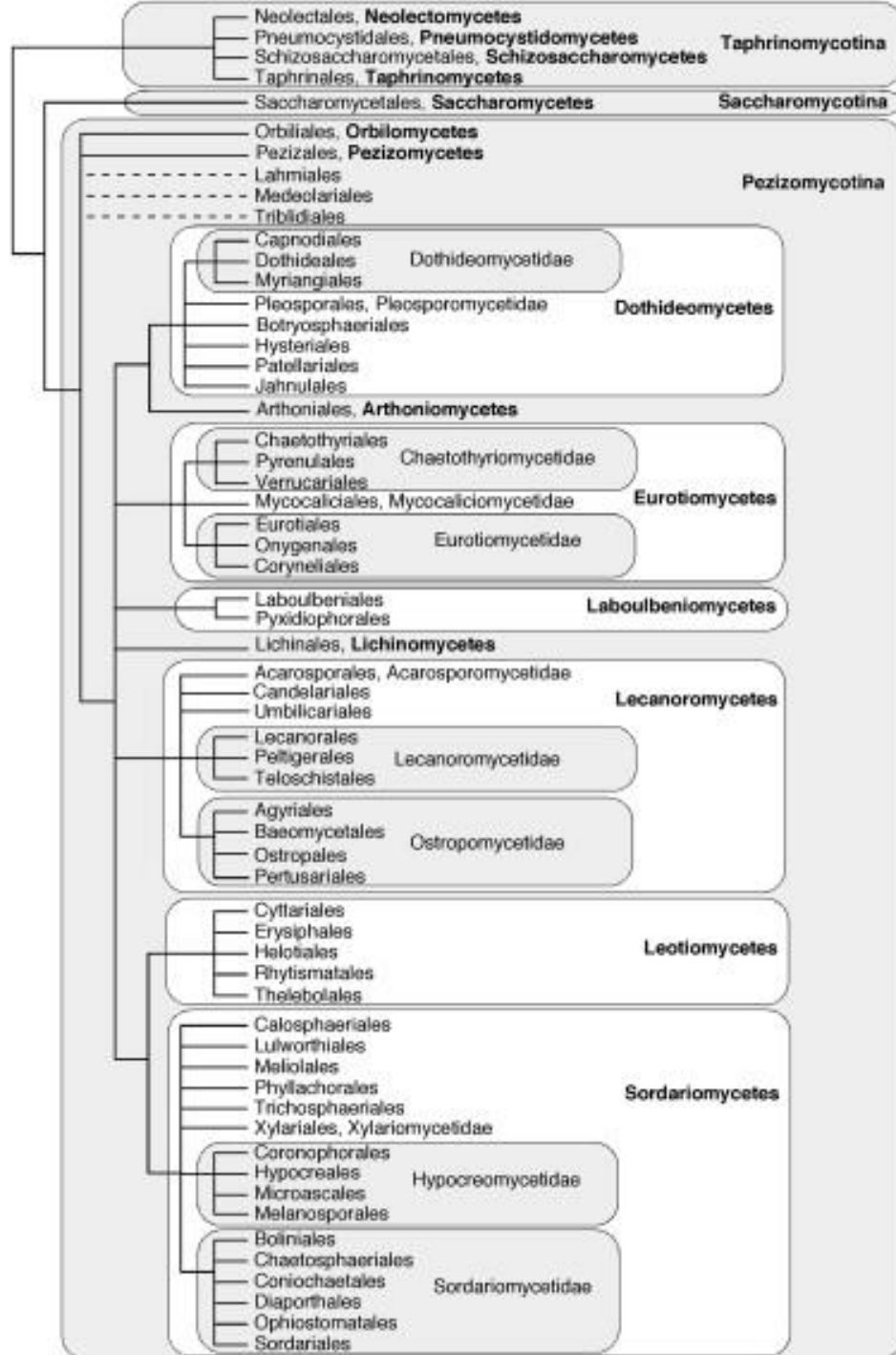


Fig 2. Φυλογένεση και ταξινόμηση. *Ascomycota*. Οι διακεκομμένες γραμμές δείχνουν ομάδες με αβέβαιη τοποθέτηση

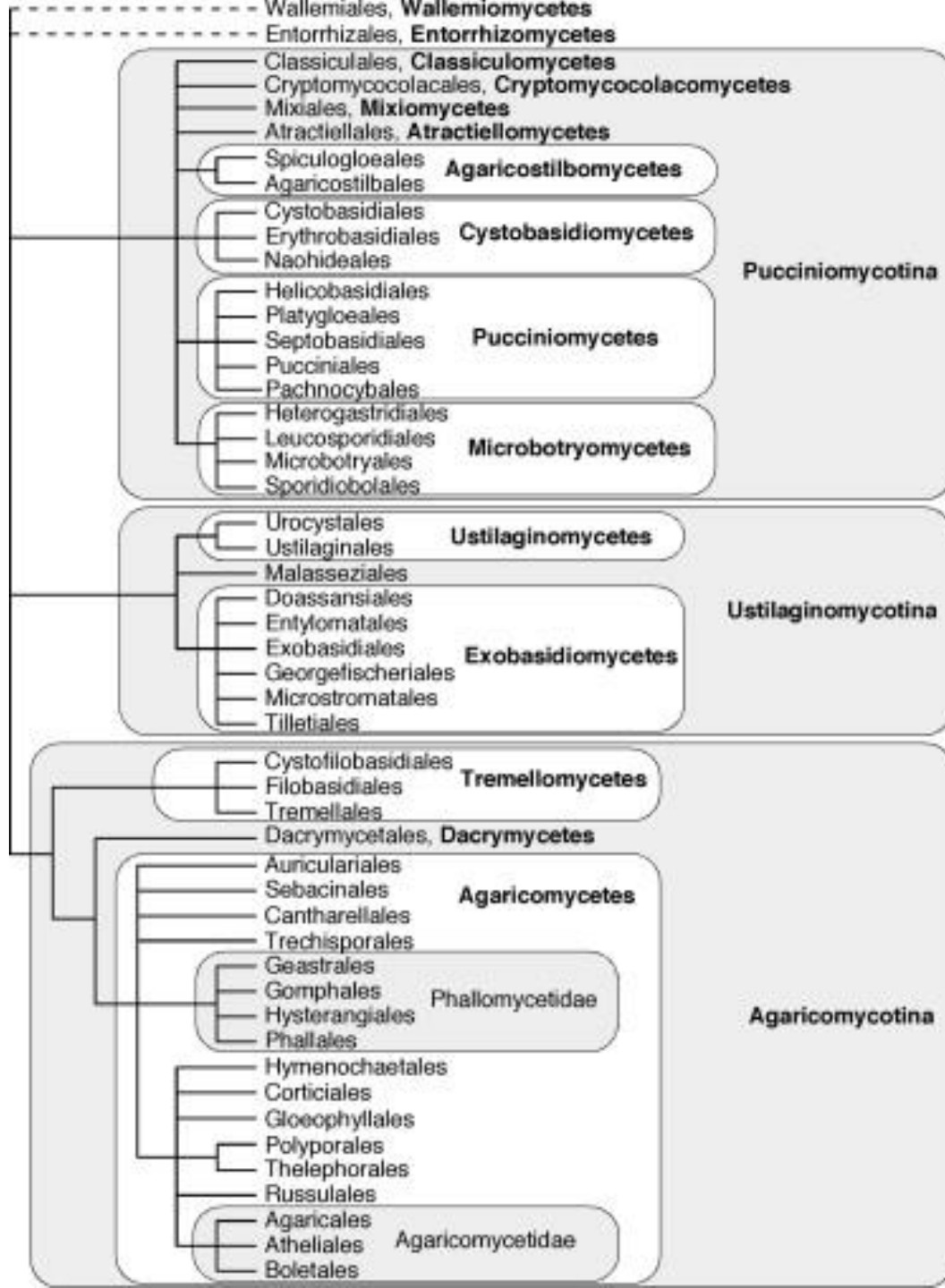


Fig 3. 1.Φυλογένεση και ταξινόμηση. *Basidiomycota*. Οι διακεκομμένες γραμμές δείχνουν ομάδες με αβέβαιη τοποθέτηση

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0953756207000615#>

Peronosporaeae

-

Saprolegnieae

-

Mucorinii or Zygomycetes

-

Entomophthoreae

-

*Chytrideae

-

*Protomyces and Ustilagineae

-

Ascomycetes

-

Uredineae

-

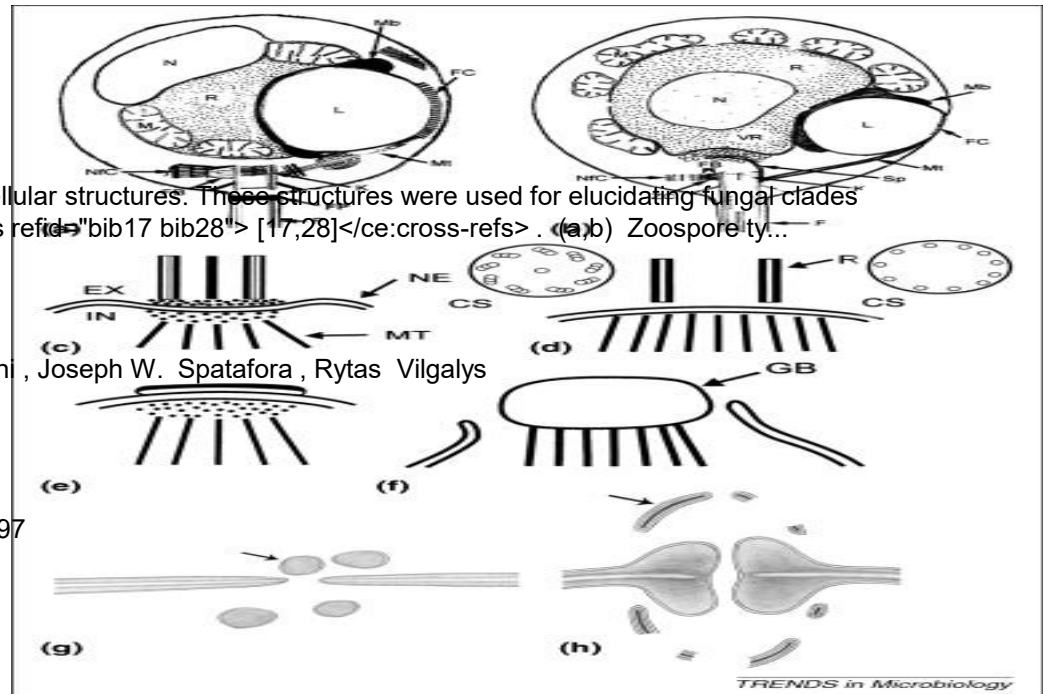
*Basidiomycetes

Mycetozoa

-

librillar bridge; FC, fenestrated cisterna; FP, flagellar plug; K, kinetosome; L, lipid globule; mitochondrion; Mb, microbody; Mt, microtubular root; N, nucleus; NfC, nonflagellated cent ribosomes; Sp, spur; VR, vesiculated region; ZC, zone of convergence. **(c–f)** Spindle pole forms at metaphase–anaphase and their relationship to the nuclear envelope in **(c)** Blastocladiomycota, **(d)** zygomycetous fungi, **(e)** Ascomycota, and **(f)** Basidiomycota. Abbreviations: CS, cross section of the kinetosome; EX, extranuclear area; GB, globoid spindle pole body; IN, intranuclear area; MT, spindle microtubules; NE, nuclear envelope; R, ring of microtubules but lacking nine-fold symmetry. **(g,h)** Septa and septal pore organization in hyphae of **(g)** Ascomycota with Woronin bodies (arrow) and **(h)** Basidiomycota with septal pore caps and pore swelling. Reproduced from Refs. [17](a,b) and [28](c–h) with permission.

Figure 3 Examples of phylogenetically informative subcellular structures. These structures were used for elucidating fungal clades at the ordinal to subphylum or phylum level [17,28]. (a,b) Zoospore type...



David J. McLaughlin , David S. Hibbett , François Lutzoni , Joseph W. Spatafora , Rytas Vilgalys

The search for the fungal tree of life

Trends in Microbiology Volume 17, Issue 11 2009 488 - 497

<http://dx.doi.org/10.1016/j.tim.2009.08.001>

d) Chytridiomycota, *Polyphagus euglenae*: **(a)** zoosporangium with discharge vesicle, **(b)** uniflagellate zoospore, **(c)** conjugating thalli (double arrowheads) initiating a resting spore (arrow) and attached to parasitized *Euglena* cysts (arrowheads), **(d)** maturing resting sporangium. **(e,f)** Zygomycetous fungi, *Mucor mucedo*: **(e)** sporangium and **(f)** germinating zygosporangium (arrow) between suspensors with germ sporangium (arrowhead). **(g–i)** Ascomycota: **(g)** *Macrospora scirpi* and **(h,i)** *Pyronema confluens* with **(g)** bitunicate asci before, during and after ascospore discharge and **(i)** unitunicate asci forming and **(h)** mature. **(j–l)** Basidiomycota: **(j,k)** *Aleurodiscus amorphus* and **(l)** *Puccinia graminis* with basidia with **(k)** asymmetrically forming and **(j)** mature basidiospores (arrows) or **(l)** arising from the overwintered teliospore (arrow).

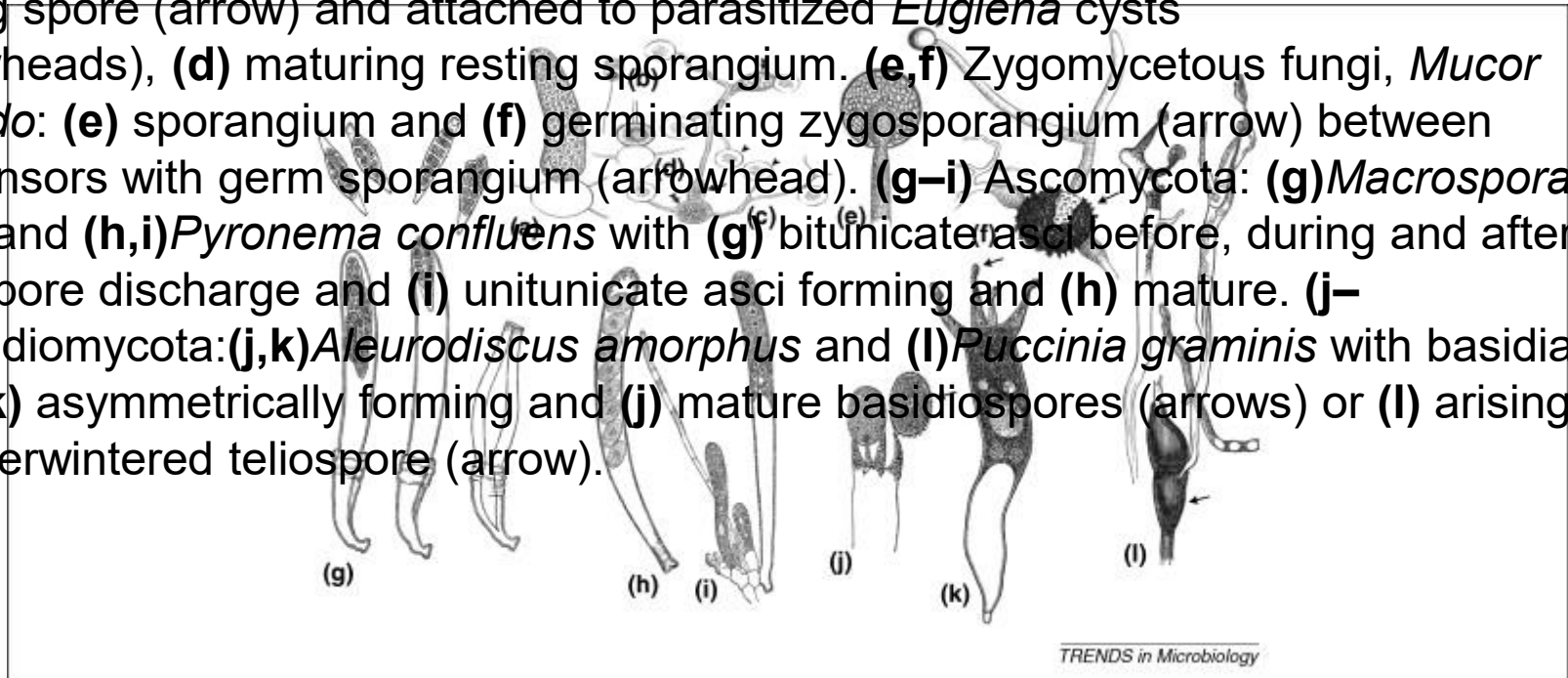


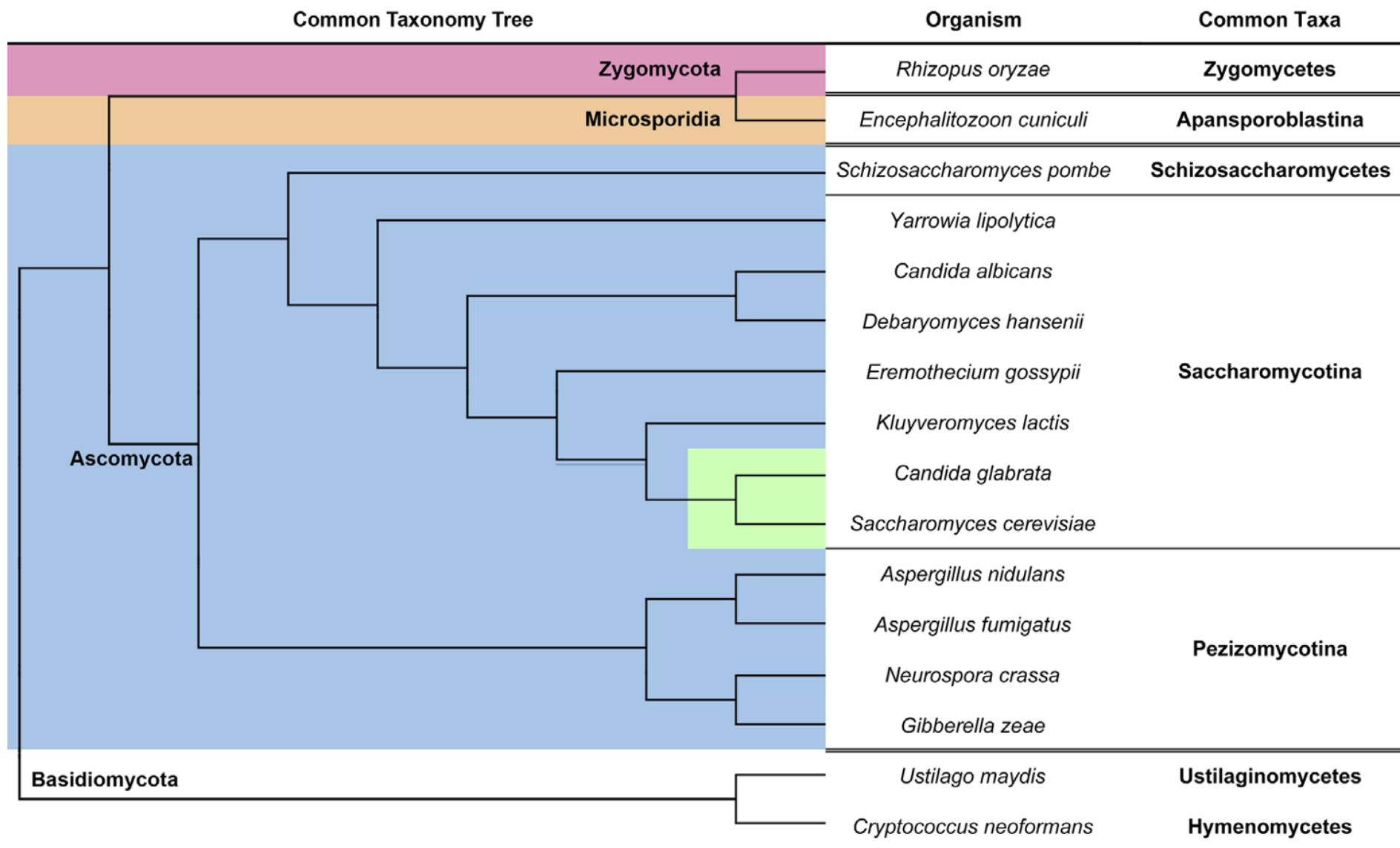
Figure 1 The defining features of the major groups of Fungi. These illustrations from the 1880s by de Bary and his students [72] are fully informative for characterizing taxa today. (a–d) Chytridiomycota, P...

David J. McLaughlin , David S. Hibbett , François Lutzoni , Joseph W. Spatafora , Rytas Vilgalys

The search for the fungal tree of life

Trends in Microbiology Volume 17, Issue 11 2009 488 - 497

<http://dx.doi.org/10.1016/j.tim.2009.08.001>



Ταξινομικό δένδρο που δείχνει τις εξελικτικές σχέσεις των μυκητών. Τα κλαδιά σε πράσινο φόντο δείχνουν τα γονιδιώματα που έχουν υποστεί διπλασιασμό. Τα μήκη των κλάδων δεν ανταποκρίνονται σε εξελικτικές αποστάσεις

Phylogeny and classification of *Fungi*. The tree on the left represents the AFTOL classification. Only nodes corresponding to formally named taxa are resolved. Phyla (suffix -mycota), subphyla (-mycotina) and subkingdom-level taxa (Dikarya) are labeled. Names in quotation marks are informal, non-monophyletic groups. The tree on the right reflects taxon sampling and tree topology from James *et al.* [26] (the AFTOL classification was developed with reference to many additional studies). Positions of *Rozella allomycis*, *Hyaloraphidium curvatum*, and *Olpidium brassicae* estimated by James and coworkers are indicated by R.a, H.c, and O.b., respectively.

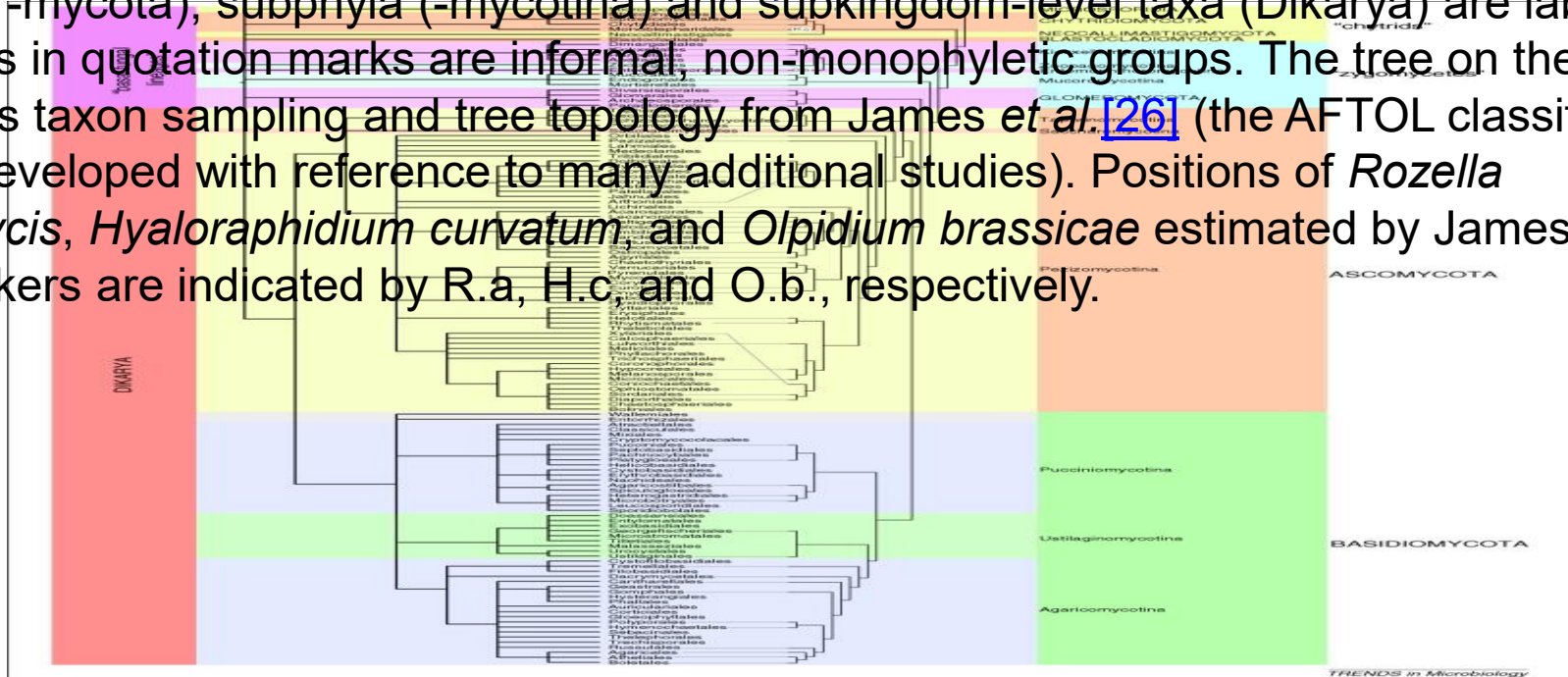


Figure 4 Phylogeny and classification of *Fungi* . The tree on the left represents the AFTOL classification. Only nodes corresponding to formally named taxa are resolved. Phyla (suffix -mycota), subphyla (-mycotina) and subkingdom-level taxa (Dikarya) are l...

David J. McLaughlin , David S. Hibbett , François Lutzoni , Joseph W. Spatafora , Rytas Vilgalys

The search for the fungal tree of life

Trends in Microbiology Volume 17, Issue 11 2009 488 - 497

KINGDOM MYCOTA

SEXUAL REPRODUCTION
NOT IDENTIFIED

SEXUAL REPRODUCTION
IDENTIFIED

Fungi Imperfecti or
DUETEROMYCETES
e.g. *Cercospora* *Fusarium*

Primitive Fungi
OOMYCOTA
(Mycelium Aseptate)

Advanced Fungi
EUMYCOTA
(Mycelium Septate)

PHYCOMYCETES

(Algal Fungi)

e.g.: *Phytophthora*
albugo

ZYGOMYCETES

(Conjugation
Fungi)

e.g.: *Mucor*
rhizopus

ASCOMYCETES

(Sac Fungi)

e.g.: *Yeast*
candida

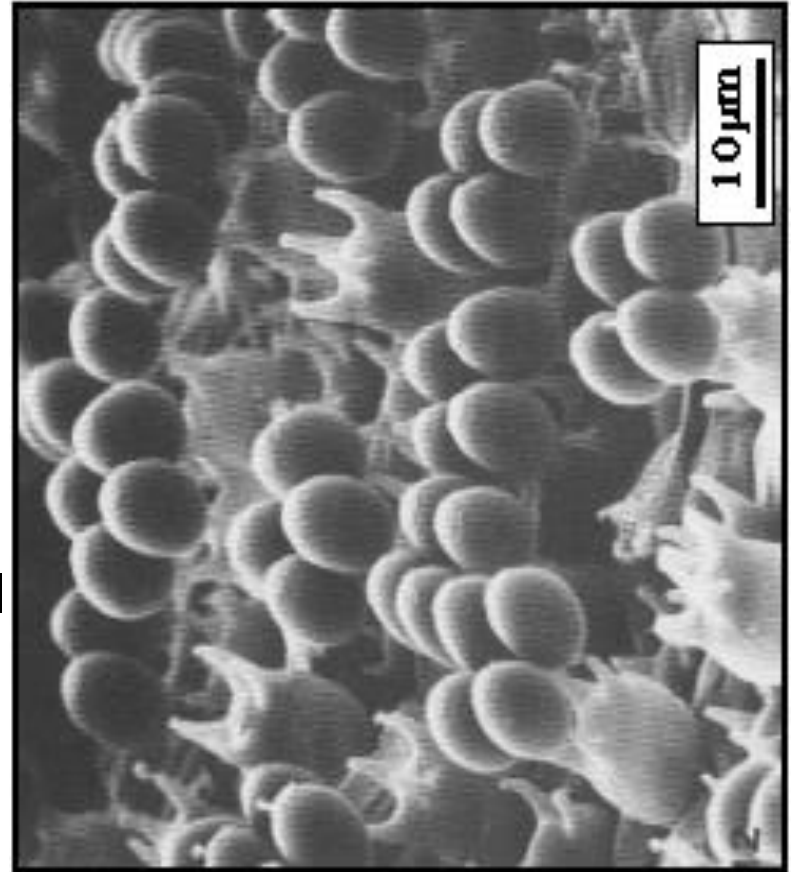
BASIDIOMYCETES

(Club Fungi)

e.g.: *Puccinia*
agaricus

Basidiomycota – “club fungi”

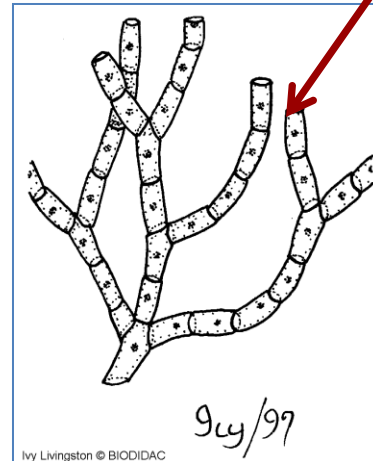
- Produce basidiospores and sometimes conidiospores
- Sex – basidia
- Asex – not so common
- Long-lived **dikaryotic** mycelia
- Rusts & smuts – primitive plant parasites
- Septate
- Mushrooms, polypores, puffballs
- Enzymes decompose wood
- Mycorrhizas



SEM of basidia and spores

Τα χαρακτηριστικά των μυκήτων

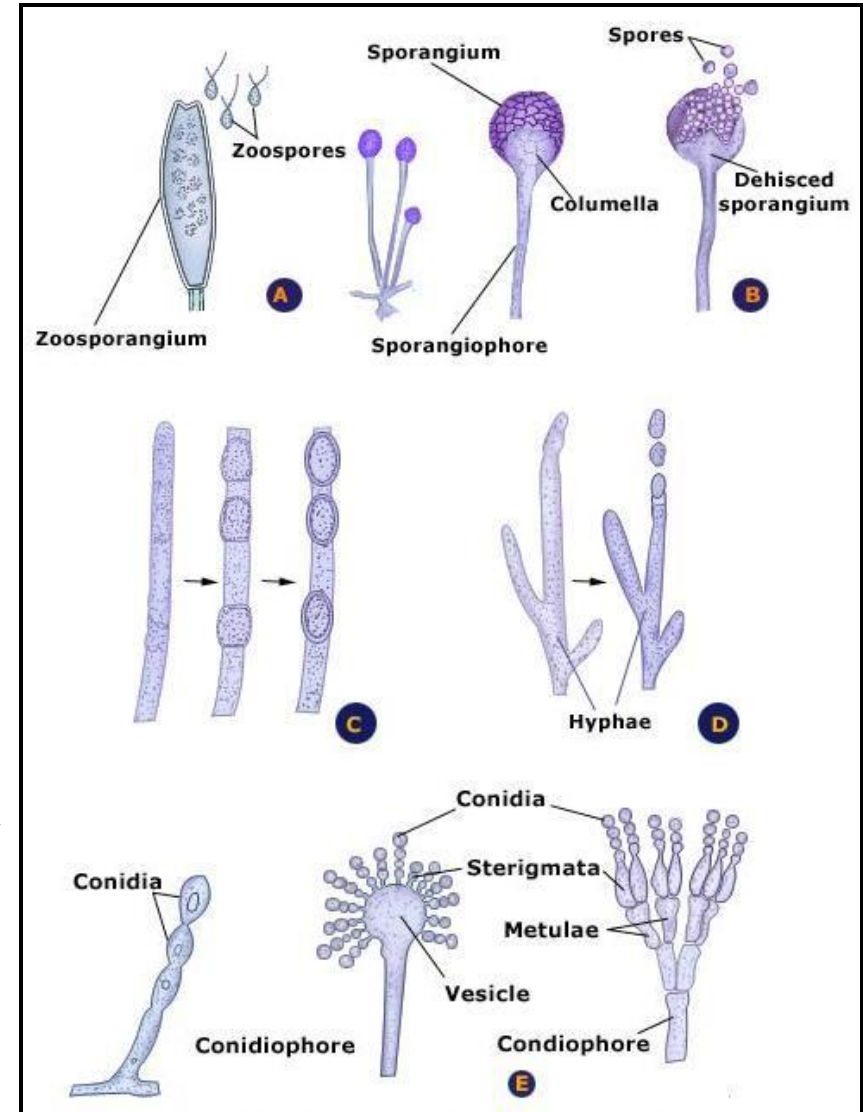
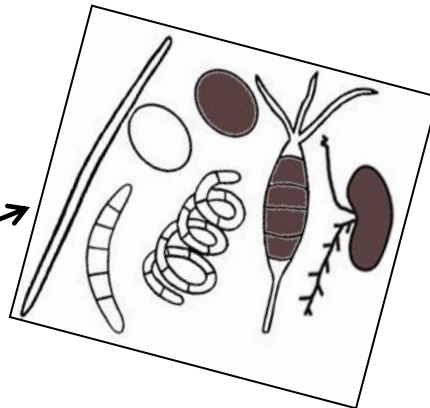
- Φέρουν κυτταρικό τοίχωμα αποτελούμενο από **χιτίνη** (complex polysaccharide)
- Το σώμα ονομάζεται θαλλός
- Μεγαλώνουν ως μικροσκοπικά σωληνάκια ή ινίδια που ονομάζονται υφές



Τα χαρακτηριστικά των μυκήτων

- Παράγουν **φυλετικά** και μη φυλετικά σπόρια
- Ταξινομούνται ανάλογα με τις φυλετικές αναπαραγωγικές δομές τους

Τα σπορία
μπορούν να έχουν
διαφορετικές
μορφές



Χαρακτηριστικά των συνομοταξιών των μυκητών

Ταξινομούνται ανάλογα με τις φυλετικές αναπαραγωγικές δομές τους

Συνομοταξία	Τύποι φυλετικών σπορίων	Αντιπρόσωποι	Αρρώστιες φυτών
Zygomycota	Ζυγοσπόριο σε συγοσποράγγειο	Bread mold, endomycorrhizal fungi	Soft rot
Ascomycota	Ασκοσπόριο σε ασκό, μέρος του ασκοκαρπίου	Powdery mildews, morels, truffles	Powdery mildew, chestnut blight, Dutch elm disease
Basidiomycota	Βασιδιοσπόριο σε βασίδιο, μέρος του βασιδιοκαρπίου	Mushrooms, stinkhorns, puffballs, shelf fungi, rusts, smuts	Black stem rust of cereals, corn smut, root rot

Ταξινόμηση

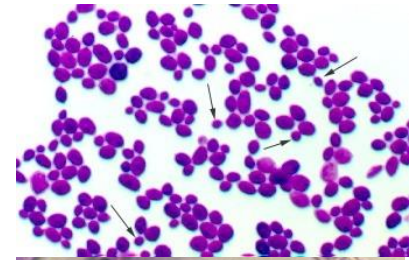
- Σύμφωνα με την κυτταρική μορφολογία
 1. Ζύμες
 2. Ζύμες που μοιάζουν με μύκητες
 3. Μούχλες
 4. Διμορφικοί μύκητες

Εισαγωγή

- Οι μύκητες είναι **ευκαρυωτικά πρώτιστα**. Διαφέρουν από τα βακτήρια και τους άλλους προκαρυωτικούς οργανισμούς.
 1. Το κυτταρικό τοίχωμα περιέχει **χιτίνη** (ακαμψία & υποστήριξη), μαννάνη και άλλους πολυσακχαρίτες
 2. Η κυτταροπλασματική μεμβράνη περιέχει εργοστερόλη
 3. Έχουν κανονικό πυρήνα με πυρηνική μεμβράνη και διπλά χρωμοσώματα.
 4. Διαρούνται αφυλετικά, φυλετικά ή και τα δύο
 5. Είναι μονοκυτταρικοί ή πολυκυτταρικοί

Εισαγωγή

- **Οι απλούστεροι μύκητες**:- Μονοκυτταρικές εκβλαστάνουσες ζύμες
- **Υφές** :- Elongation of apical cell produces a tubular, thread like structure called hypha
- **Μυκήλιο**:- Tangled mass of hyphae is called mycelium. Fungi producing mycelia are called molds or filamentous fungi.
- Οι υφές μπορούν ή όχι να έχουν σέπτα

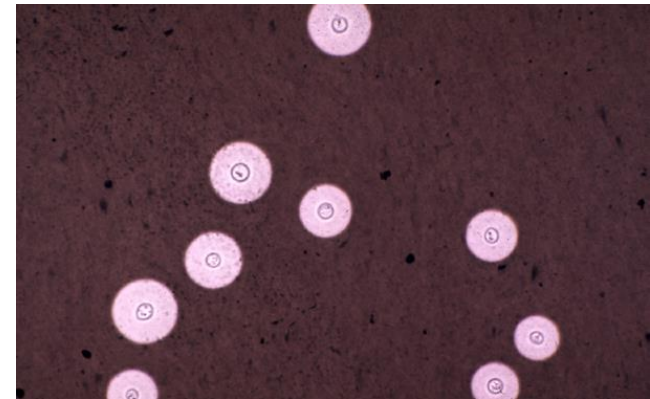
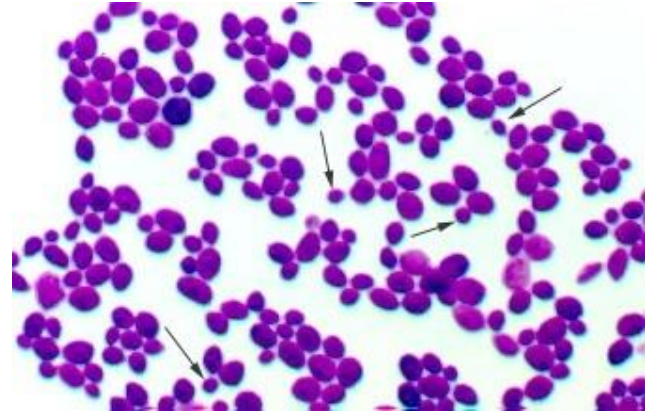


Ταξινόμηση

- Σύμφωνα με την κυτταρική μορφολογία
 1. Ζύμες
 2. Ζύμες που μοιάζουν με μύκητες
 3. Μούχλες
 4. Διμορφικοί μύκητες

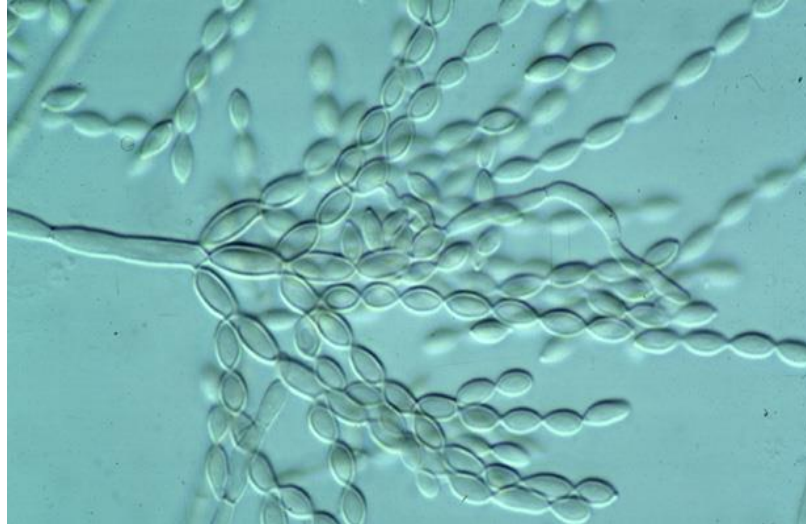
1. Ζύμες

- Μονοκύτταροι μύκητες που αναπαράγονται με εκβλάστηση
- Σε καλλιέργειες- λείες, κρεμώδεις αποικίες
π.χ. *Cryptococcus neoformans* (έγκλειστες ζύμες)



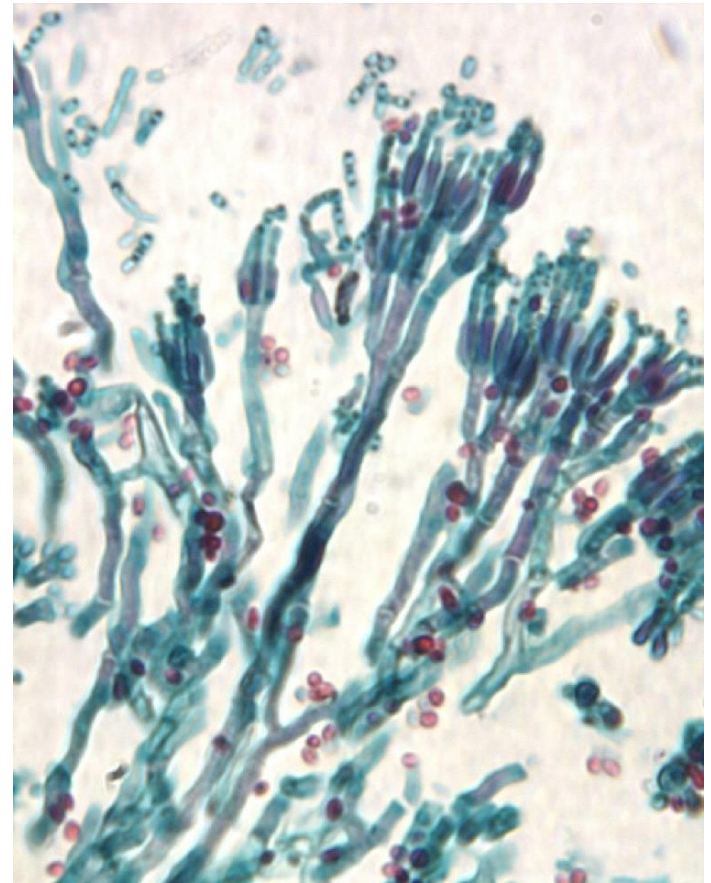
2. Ζύμες που μοιάζουν με μύκητες

- Grow partly as yeasts and partly as elongated cells resembling hyphae which are called pseudohyphae. e.g. *Candida albicans*



3. Μούχλες/Ινώδεις μύκητες

- Δημιουργούν κανονικά μυκήλια και αναπαράγονται με σχηματισμό διαφορετικών τύπων σπορίων.
- μη μεταβολικά ενεργές/ αέριες υφές
π.χ. *Rhizopus*, *mucor*



4. Διμορφικοί μύκητες

- Απαντώνται σε 2 μορφές
Μούχλες (ινίδια), 25°C (έδαφος)
Ζύμες, 37°C (στους ιστούς του ξενιστή)

Οι περισσότεροι μύκητες που προκαλούν **συστηματικές λοιμώξεις** είναι διμορφικοί:

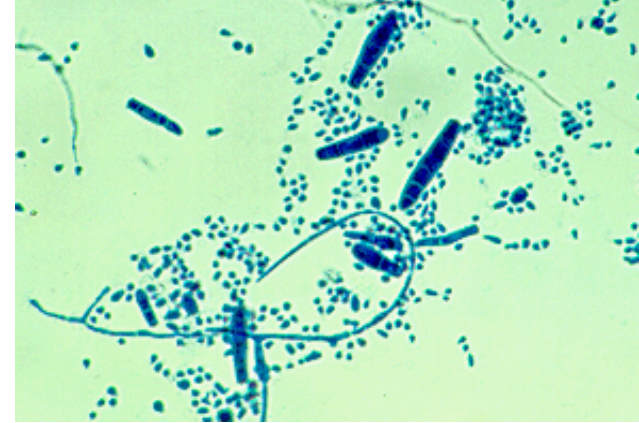
- *Histoplasma capsulatum*
- *Blastomyces dermatidis*
- *Paracoccidioides brasiliensis*
- *Coccidioides immitis*
- *Penicillium marneffe*
- *Sporothrix schenkii*

Αναπαραγωγή των μυκήτων

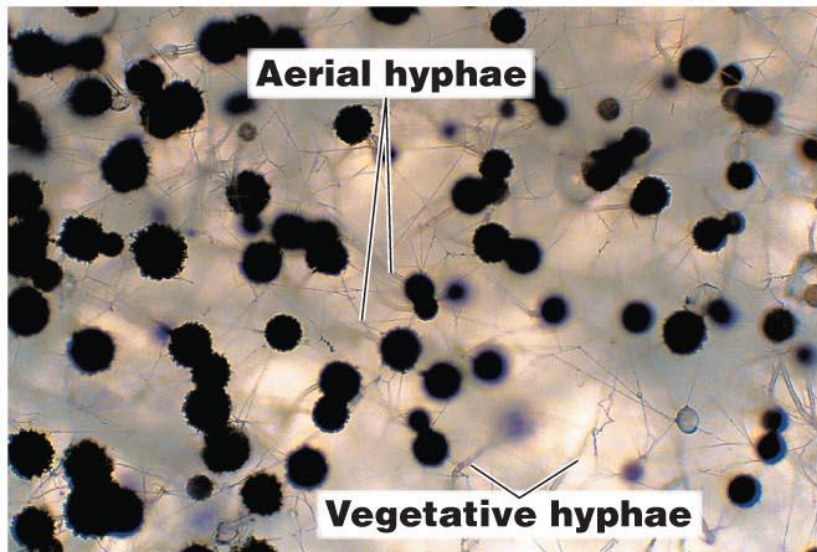
- **Φυλετική:** δημιουργία ζυγοσπορίων, ασκοσπορίων ή βασιδιοσπορίων
- **Μη φυλετική αναπαραγωγή:** εκβλάστηση ή σχάση (fission).
- Οι μη φυλετικοί σπόροι δημιουργούνται μέσα ή επί ειδικών επιφανειών.
- Ποικίλουν στο μέγεθος, μορφή και χρώμα. Τα χαρακτηριστικά αυτά χαρακτηρίζουν διαφορετικά είδη.

Αναπαραγωγή στους μύκητες

- **Μικρο κονίδια** -
Μικρά,
μονοκύτταρα
- **Μακρο κονίδια** –
Μεγάλα, μόνο ή
πολυ κύτταρα

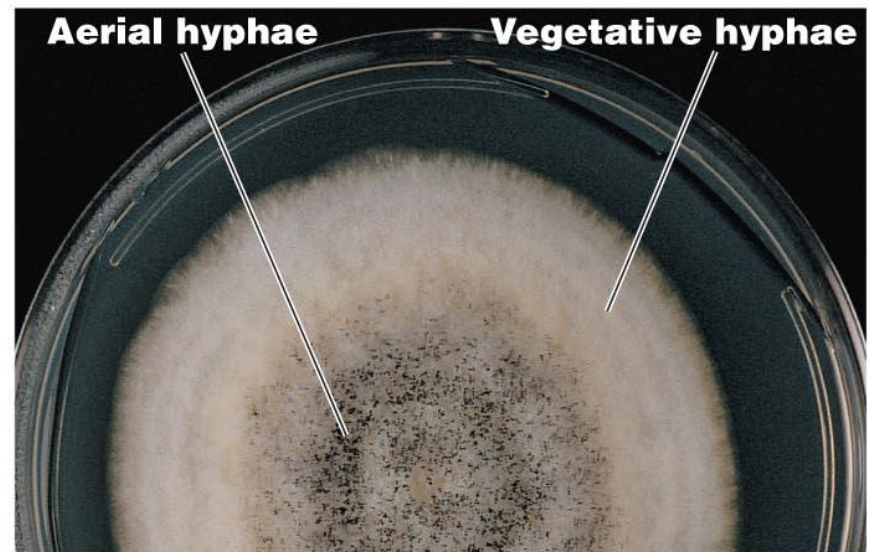


✴ Ο θαλός των μυκητών αποτελείται από υφές. Πολλές υφές μαζί δημιουργούν το μυκήλιο.



(a) *Aspergillus niger*

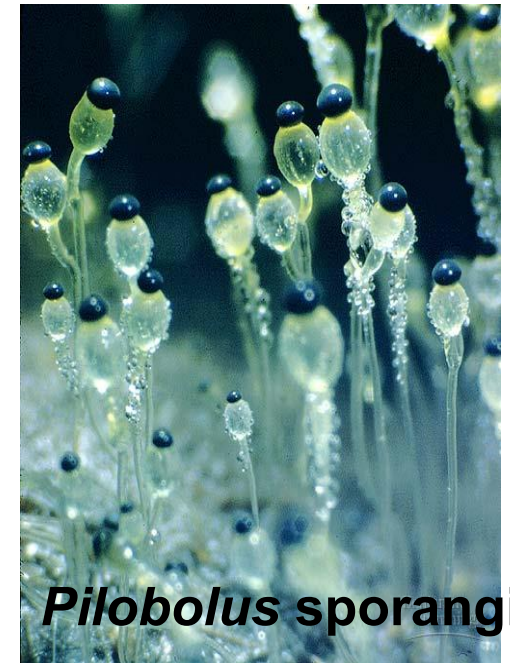
LM 20 μ m



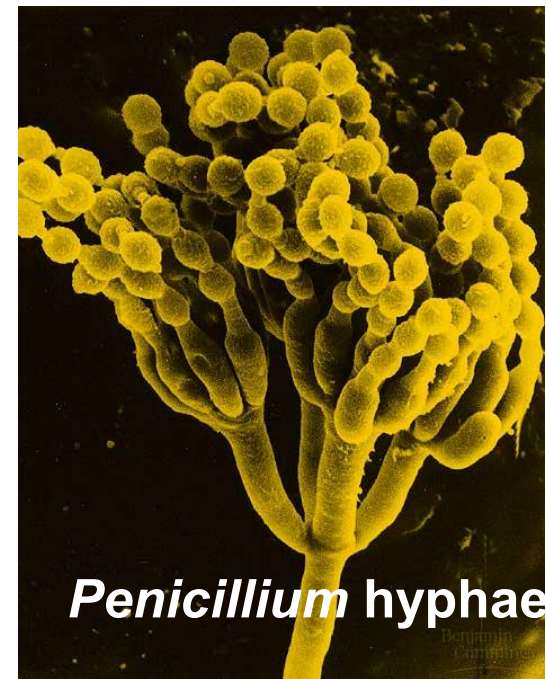
(b) *A. niger* on agar

Reproduce by spores

- Spores are reproductive cells
 - Sexual
 - Asexual
- Formed:
 - Directly on hyphae
 - Inside sporangia
 - Fruiting bodies



***Pilobolus* sporangia**



***Penicillium* hyphae**

KINGDOM	CHARACTERISTIC	EXAMPLE
Monera	Prokaryocyte	Bacteria Actinomyces
Protista	Eukaryocyte	Protozoa
Fungi	Eukaryocyte *	Fungi
Plants	Eukaryocyte	Plants Moss
Animals	Eukaryocyte *	Arthropods Mammals Man

How are fungi named?

- To determine the correct name for a taxon, certain steps must be followed, including:
 - Effective publication
 - Valid publication
 - Description or diagnosis in Latin
 - Clear indication of rank
 - Designated type

Nomenclature

- **Nomenclature:** the “allocation (pemberian bahagian) of scientific names to the units a systematist considers to merit formal recognition.” (Hawksworth et al., 1995. ***The Dictionary of the Fungi***).
- The nomenclature of fungi is governed by the International Code for Botanical Nomenclature, as adopted by the International Botanical Congress.

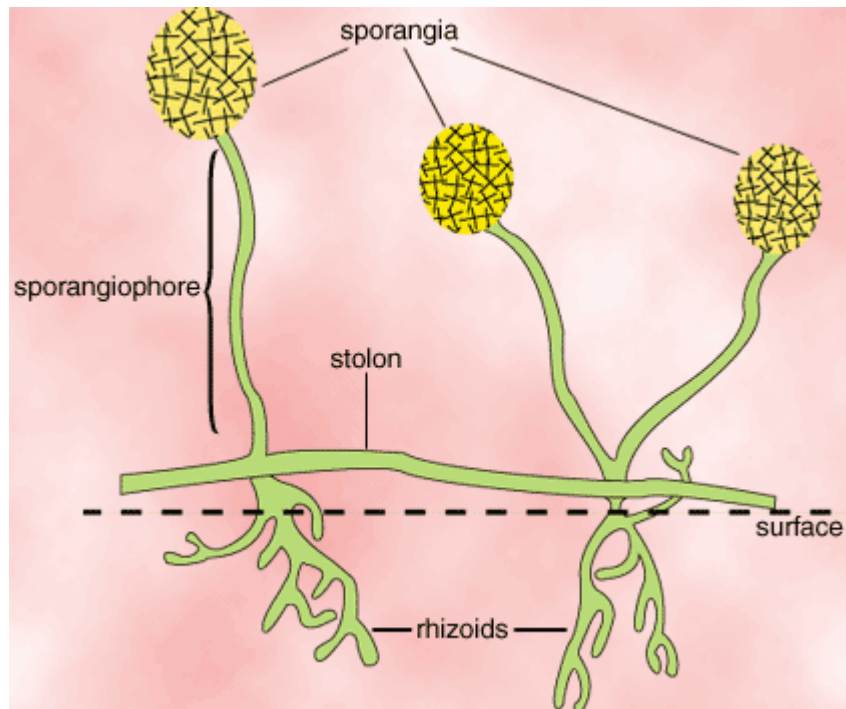
How many species of fungi exist?

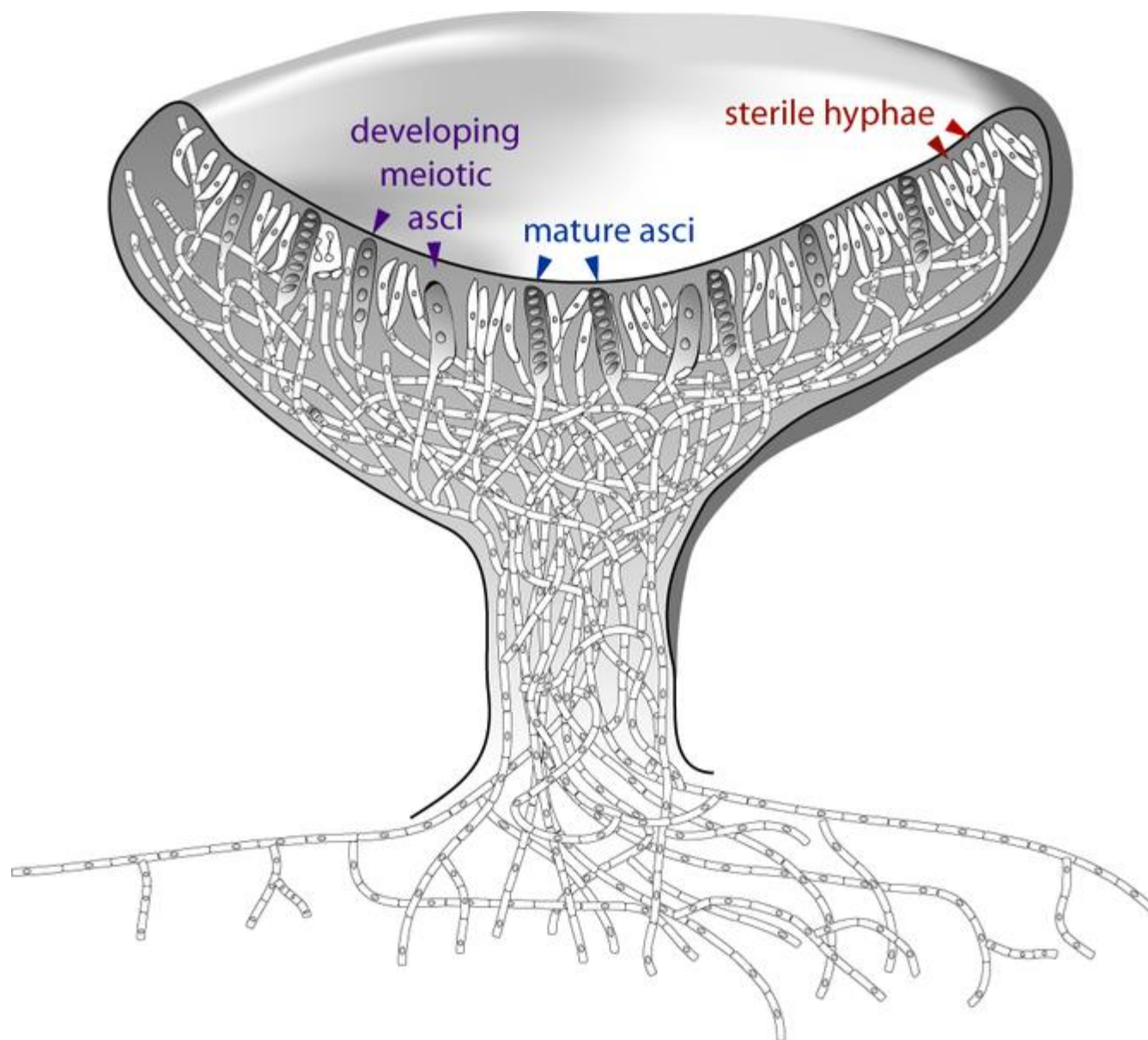
- 80,000 species of fungi described
- 1,700 new species described each year



Γιατί είναι δύσκολο να ταξινομηθούν οι μύκητες

- Ο όρος μύκητες περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό οργανισμών.
- Οι μύκητες έχουν διαφορετικές μορφές που εξαρτώνται από το περιβάλλον και τις συνθήκες στις οποίες μεγαλώνουν.
- Πολλοί διαφορετικοί όροι χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τις μορφολογικές δομές των μυκήτων.





Uses of Ascomycetes

- ✗ **Truffles** and **morels** are good examples of edible ascomycetes
- ✗ **Penicillium mold** makes the antibiotic penicillin.
- ✗ Some ascomycetes also gives **flavor to** certain **cheeses**.
- ✗ ***Saccharomyces cerevesiae*** (yeast) is used to make bread rise and to ferment beer & wine.



Ascomycota – “sac fungi”

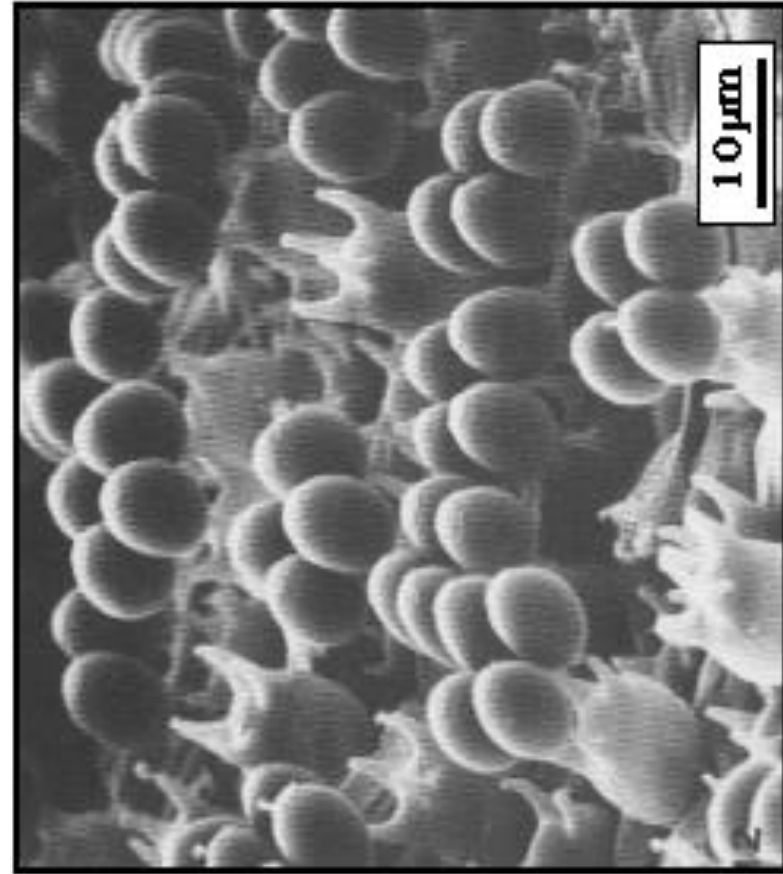
- Teleomorphic fungi
 - Produce sexual and asexual spores
- Sex. – asci
- Asex. – common
- Cup fungi, morels, truffles
- Important plant parasites & saprobes
- Yeast - *Saccharomyces*
- Septate
- Most lichens



A cluster of asci with spores inside

Basidiomycota – “club fungi”

- Produce basidiospores and sometimes conidiospores
- Sex – basidia
- Asex – not so common
- Long-lived **dikaryotic** mycelia
- Rusts & smuts – primitive plant parasites
- Septate
- Mushrooms, polypores, puffballs
- Enzymes decompose wood
- Mycorrhizas



SEM of basidia and spores

Zygomycota – “zygote fungi”

- Conjugation fungi
- Coenocytic
- Sex - zygosporangia
- Asex - common
- Produce sporangiospores and zygospores
- Hyphae have no cross walls
- Grow rapidly
- *Rhizopus*, *Mucor* (opportunistic, systemic mycoses)
- Mycorrhizas



Fig 31.6 *Rhizopus* on strawberries

True Fungi

- Chytridiomycota – “chytrids”- Classified in CMR as true fungi (because of their molecular relationships)
- Simple fungi
- Produce motile spores
- Mostly saprobies and parasites in aquatic habitats
- Could just as well be Protists



Fig 31.5 *Chytridium* growing on spores

True Fungi versus Slime Moulds

True fungi:

- those that are hyphal
- possess cell walls throughout most of their life cycle
- are exclusively absorptive in their nutrition.

Slime moulds:

- those that do not form hyphae
- lack cell walls during the phase that they obtain nutrients and grow
- are capable of ingesting nutrients by phagocytosis. So they are more common to *Protista* although they produce fruiting bodies like fungi.
- The most studied of them are the cellular slime moulds and the plasmodial slime moulds or *Myxomycetes*.

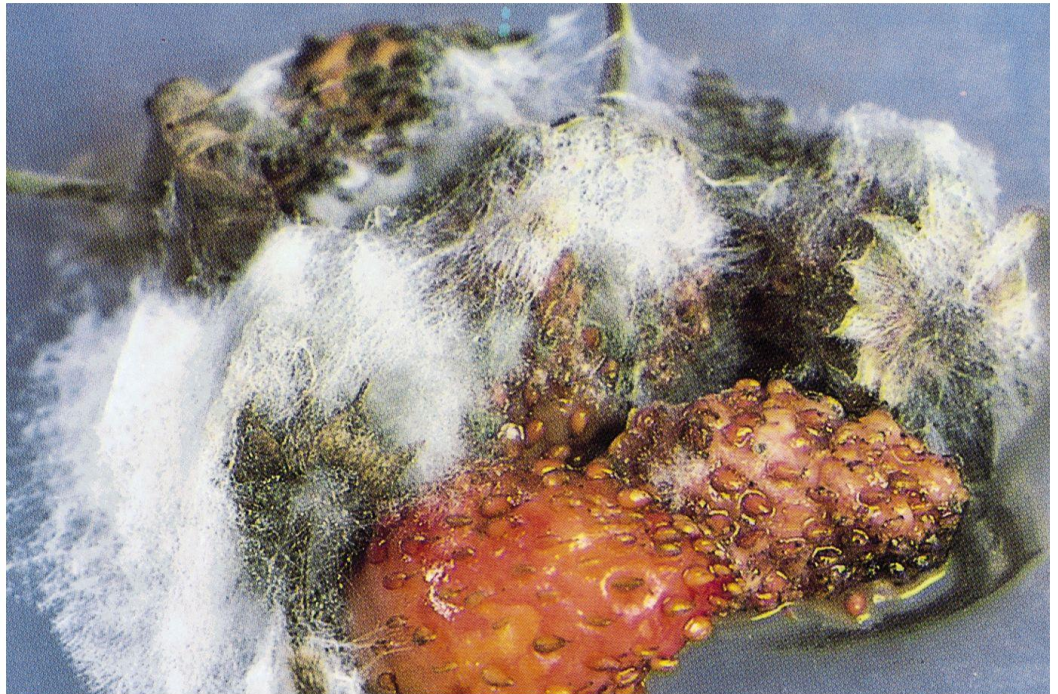
Filamentous hyphae

Mycelium - mass of hyphae

Growth occurs at tips of hyphae

Some have partitions called septa

May be specialized
e.g. rhizoids anchor to substrate
and haustoria absorb from living
cells



Rhizopus (zygomycete) on strawberries

ΤΕΛΟΣ