

ΕΙΔΙΚΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

## ΔΙΑΛΕΞΗ 9

# ΠΡΩΤΟΖΩΑ

---

Ο ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΣ ΤΟΥΣ ΡΟΛΟΣ ΚΑΙ ΟΙ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ  
ΜΕ ΑΛΛΟΥΣ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ ΣΤΗΝ ΤΡΟΦΙΚΗ  
ΑΛΥΣΙΔΑ

ΔΙΔΑΣΚΟΥΣΑ: ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ

# Πρωτόζωα

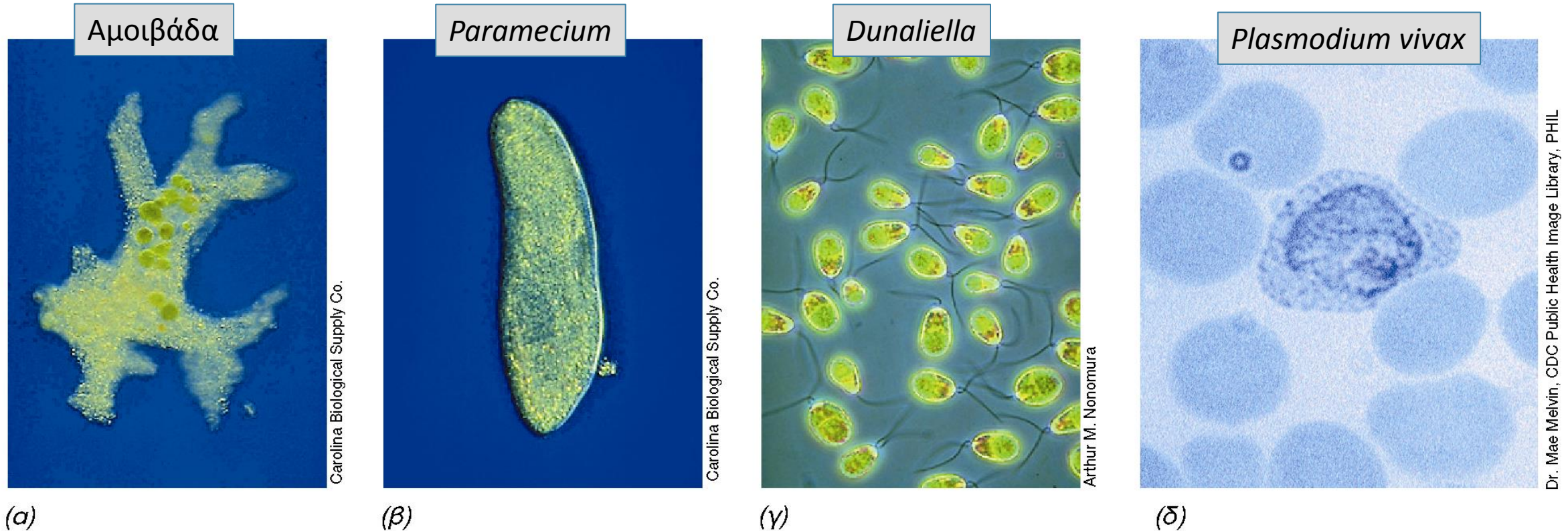
---

## □ Με μια ματιά.....

- Μονοκύτταροι, ευκαρυωτικοί οργανισμοί, ορισμένοι αποικιακοί
- Ως επί το πλείστον μικροσκοπικά (λίγα ορατά δια γυμνού οφθαλμού)
- Ποικιλία ως προς το σχήμα
- Αναπαραγωγή: αγενής ή εγγενής
- Αυτόβουλη κίνηση
- Μετακινούνται με ψευδοπόδια, μαστίγια ή βλεφαρίδες - κυτταροπλασματικές διαφοροποιήσεις για επιτέλεση διαφόρων λειτουργιών
- Ζουν ελεύθερα ή σε αμοιβαιότητα, συμβίωση/συσσιτισμό ή παρασιτισμό
- Υδρόβια ή χερσόβια
- Όλα τα είδη διατροφής (αυτότροφα, ετερότροφα, μιξότροφα)

# Πρωτόζωα

- Μονοκύτταροι ευκαρυωτικοί οργανισμοί που στερούνται κυτταρικού τοιχώματος και παρουσιάζουν ένα τουλάχιστον κινητό στάδιο κατά τη διάρκεια της ζωής τους



**Εικόνα 14.12** Τυπικά πρωτόζωα. (α) Αμοιβάδα. (β) Ένα τυπικό βλεφαριδοφόρο, το *Paramecium*. (γ) Ένα μαστιγοφόρο, το *Dunaliella* (το μαστιγοφόρο αυτό διαθέτει χλωροπλάστες, συνεπώς μπορεί να θεωρηθεί και φύκος). (δ) *Plasmodium vivax*, ένα ακροσυμπλεγματοειδές σπορόζωο που αναπτύσσεται στα ερυθρά αιμοσφαίρια του ανθρώπου.

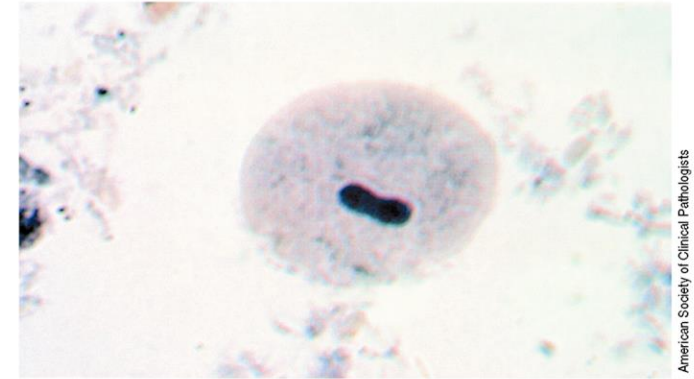
# Πρωτόζωα

## □ Συστηματική κατάταξη

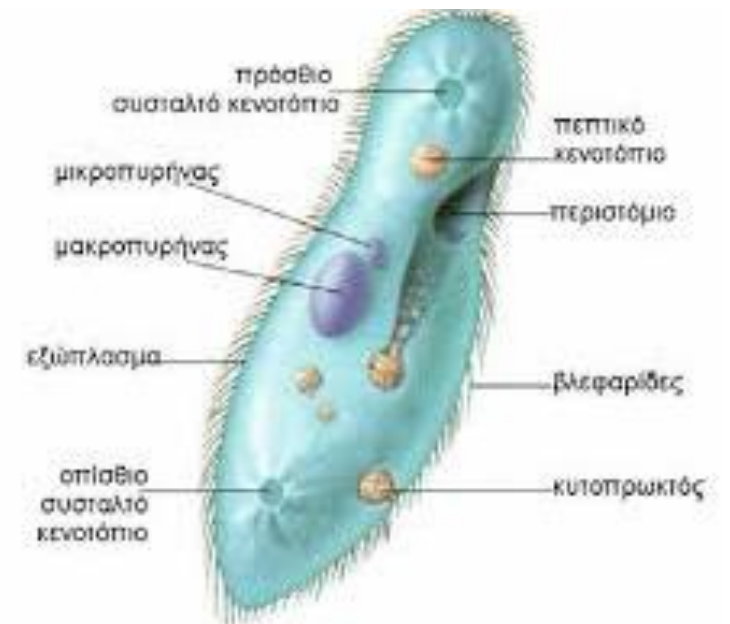
- Βασίλειο: Πρώτιστα
- Φύλο: Πρωτόζωα
- Φυλογενετικά ανομοιογενή

□ Η διάκριση των φύλων των Πρωτοζώων βασίζεται κυρίως στο είδος των πυρήνων, το μηχανισμό της μετακίνησης τους και το είδος της αναπαραγωγής τους

- Ο πυρήνας είναι απλός ή πολλαπλός - κυτταρόπλασμα με 1 ή περισσότερους ισότιμους πυρήνες
- Εξαίρεση: Βλεφαριδοφόρα: μακροπυρήνας (ρύθμιση θρέψης κ.α. λειτουργιών) - μικροπυρήνας (ρύθμιση αναπαραγωγής)



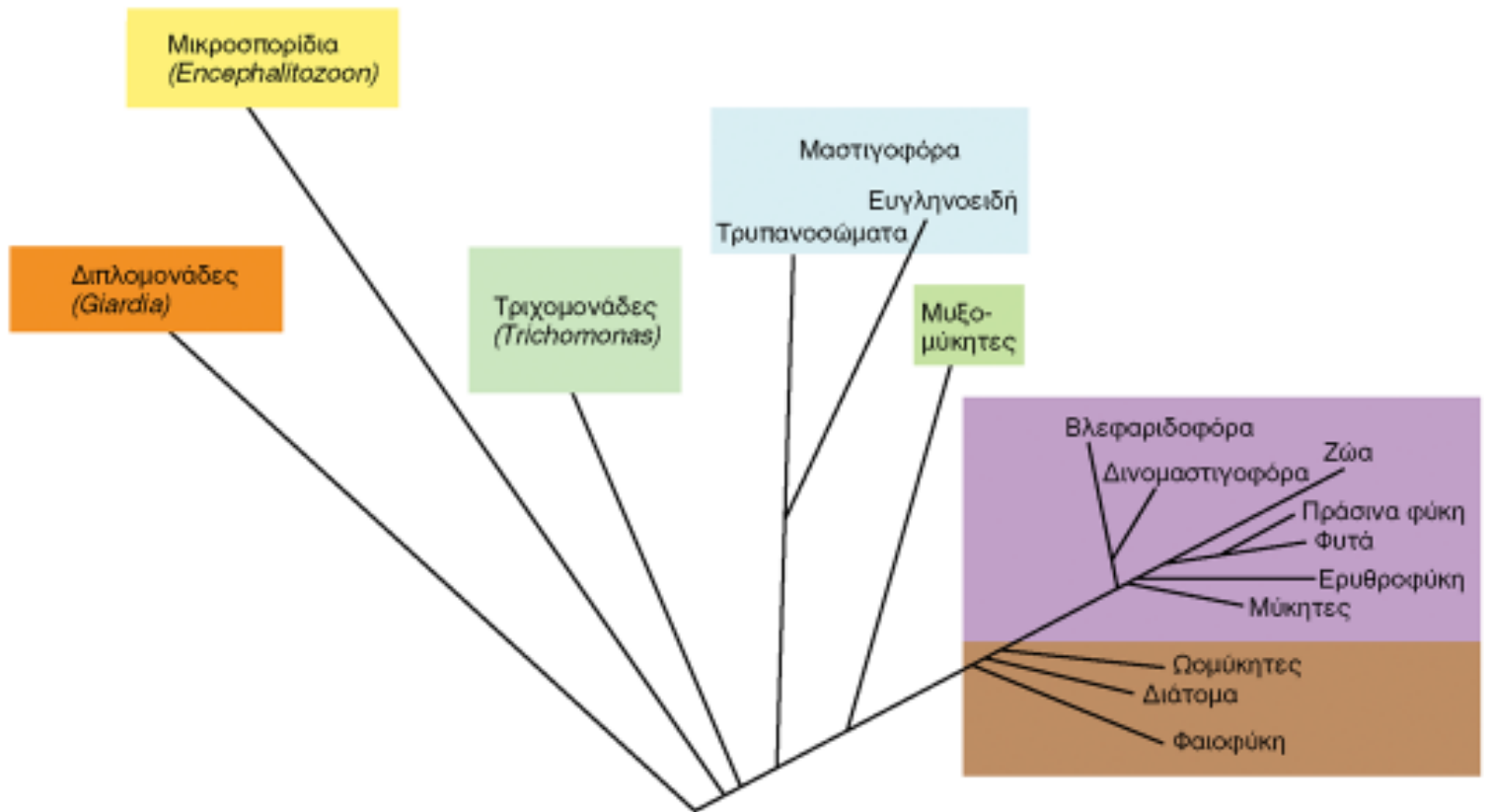
Εικόνα 14.17 *Balantidium coli*, βλεφαριδοφόρο πρωτόζωο που προκαλεί δυσεντερία στον άνθρωπο. Η δομή με το σκούρο χρώμα είναι ο μακροπυρήνας.



# Πρωτόζωα

## □ Συστηματική κατάταξη

- Φυλογενετικά ανομοιογενή
- Εμφανίζονται σε αρκετές γενεαλογικές γραμμές στο δέντρο των Ευκαρυωτών



Εικόνα 14.11 Φυλογενετικό δέντρο των Ευκαρυώτων με βάση τη συγκριτική αλληλούχιση βάσεων του ριβοσωματικού RNA 18S. Η Εικόνα 11.13 τοποθετεί το δέντρο αυτό στο πλαίσιο του οικουμενικού δέντρου. Η φυλογενετική θέση των Μικροσποριδίων, π.χ. του *Encyhalitozoon*, είναι αβέβαιη (βλ. κείμενο).

# Πρωτόζωα

---

## ❑ Ταξινομικές ομάδες με βάση το μηχανισμό κίνησης

### ❑ Σαρκώδη:

- Αμοιβαδοειδής κίνηση

### ❑ Μαστιγοφόρα

- Κίνηση με μαστίγια

### ❑ Βλεφαριδοφόρα

- Κίνηση με βλεφαρίδες

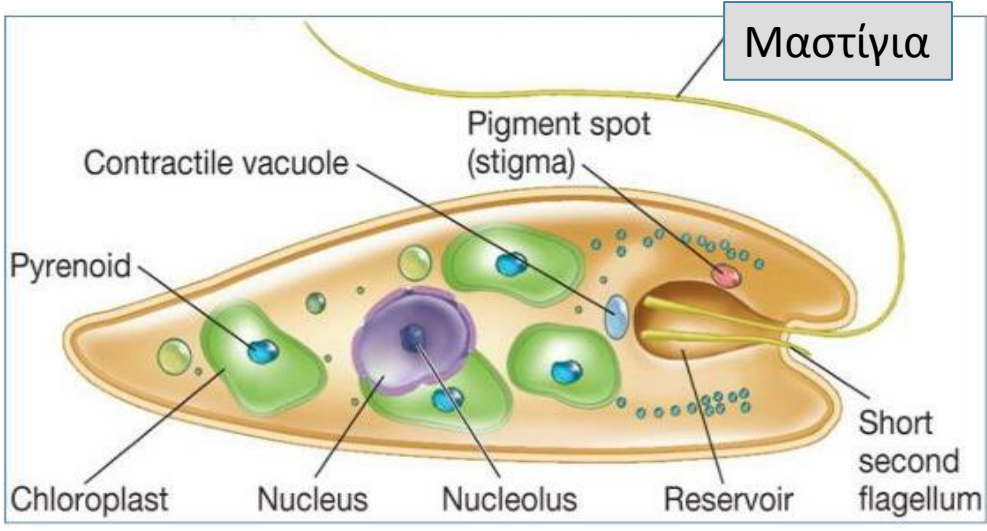
### ❑ Ακροσυμπλεγματικά

- Χωρίς την ιδιότητα της αυτοκινησίας
- Παράσιτα των ανώτερων ζώων

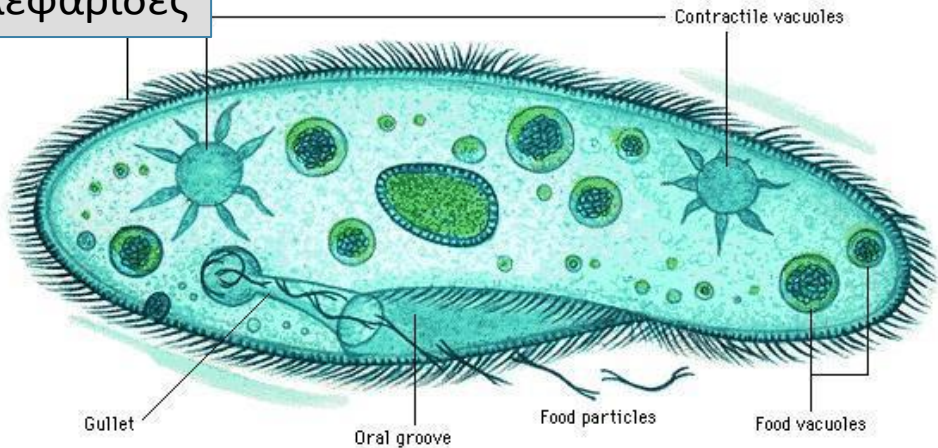


# Πρωτόζωα

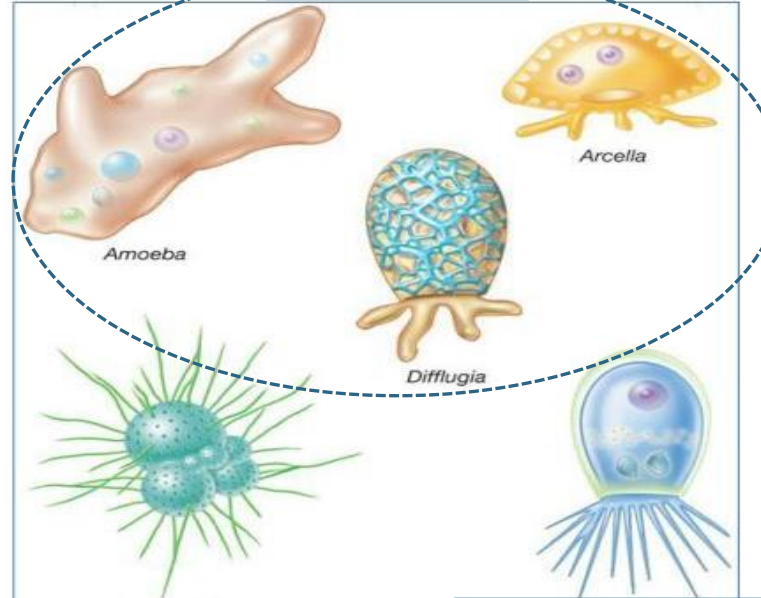
## □ Μηχανισμοί μετακίνησης – Οργανίδια μετακίνησης



### Βλεφαρίδες



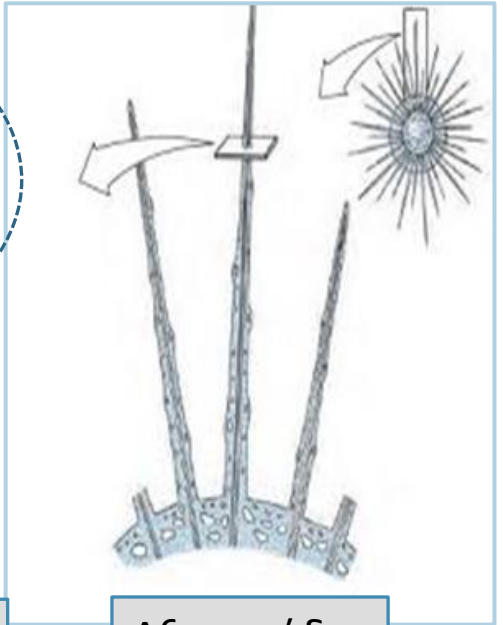
### Λοβοπόδια



### Δικτυοπόδια

### Νηματοπόδια

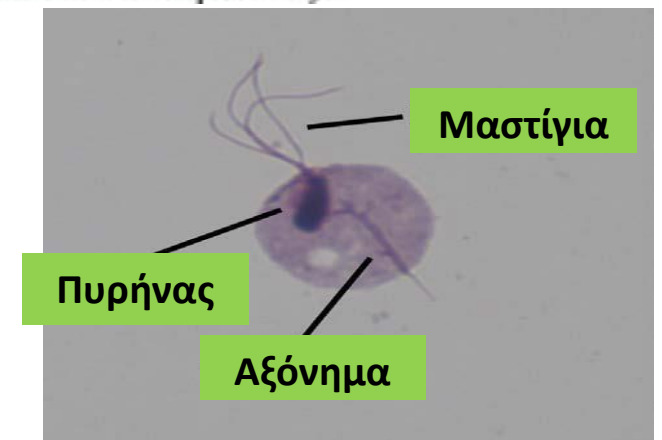
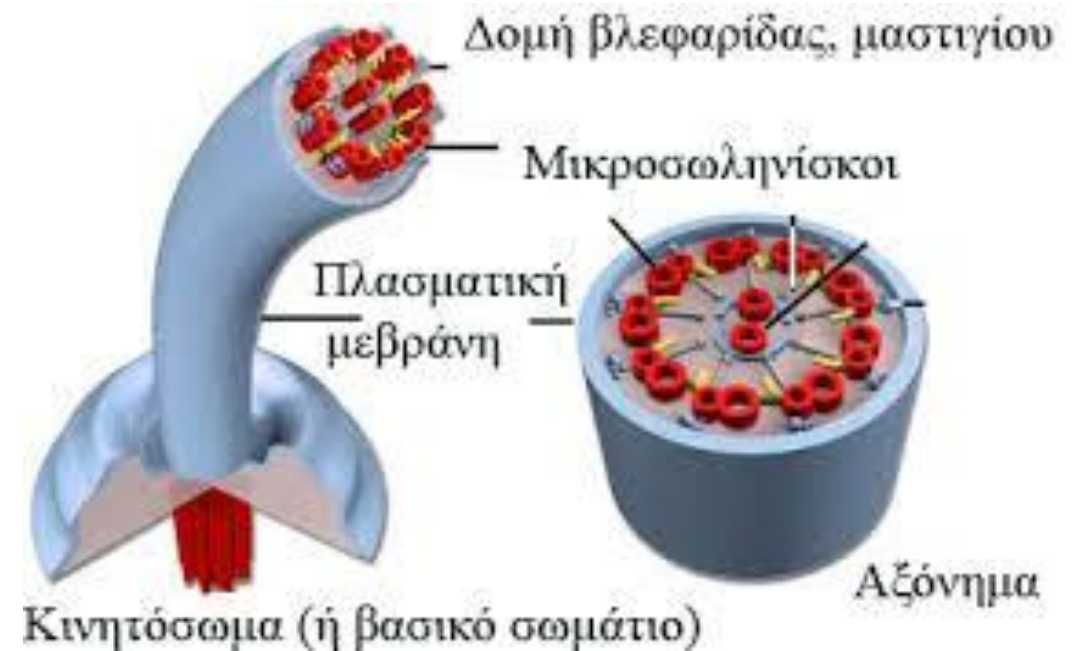
### Αξονοπόδια



# Πρωτόζωα

## □ Μηχανισμοί μετακίνησης – Οργανίδια μετακίνησης

- Οι βλεφαρίδες και τα μαστίγια φέρουν μια κατασκευή που αποτελείται από 9 ζεύγη μικροσωληνίσκων περιφερειακά και 2 μικροσωληνίσκους στο κέντρο, γνωστή ως αξόνημα – μικροσωληνισκοί από τομπουλίνη
- Όταν το αξόνημα εισέρχεται στο κυτταρικό σώμα συνδέεται με μια κατασκευή από 9 τριπλέτες μικροσωληνίσκων που ονομάζεται κινητόσωμα
- Σε κάθε ζεύγος μικροσωληνίσκου υπάρχουν βραχίονες (εντοπίζονται 2 σε κάθετη τομή) που φέρουν την πρωτεΐνη δυνεΐνη και μια ATPάση
- Η κίνηση απαιτεί ενέργεια από ATP ενώ η κάμψη του αξονήματος γίνεται από σχηματισμούς που μοιάζουν με “ακτίνες τροχού” και συνδέουν τους περιφερειακούς μικροσωληνίσκους με τους κεντρικούς





# Πρωτόζωα

## ❑ Μηχανισμοί μετακίνησης – Οργανίδια μετακίνησης

- ❑ Στην κίνηση με ψευδοπόδια διακρίνουμε την ύπαρξη εξωπλάσματος (άκαμπτο, κολλοειδές πήκτωμα, υαλώδους υφής) και ενδοπλάσματος (ρευστό, κοκκιώδους σύστασης σαν λύμα)
- ❑ Διακρίνονται διαφόρων ειδών ψευδοπόδια:
  - Τα **λοβοπόδια** είναι ευμεγέθεις προεκτάσεις του κυτταρικού σώματος που περιέχουν εξώπλασμα και ενδόπλασμα (A)
  - Τα **νηματοπόδια** είναι λεπτές και διακλαδισμένες προεκτάσεις που περιέχουν μόνο εξώπλασμα (B)
  - Τα **δικτυοπόδια** είναι λεπτά αλλά δημιουργούν δικτυοειδείς σχηματισμούς = νηματοπόδια που ενώνονται και δημιουργούν δίκτυα (C)
  - Τα **αξονοπόδια** είναι μακριά, λεπτά ψευδοπόδια που υποστηρίζονται από αξονικά ραβδία μικροσωληνίσκων
  - Τα αξονοπόδια χαρακτηρίζουν τα Ακτινόποδα και μπορούν να εκτείνονται-συστέλλονται και ο οργανισμός να περιστρέφεται (D)

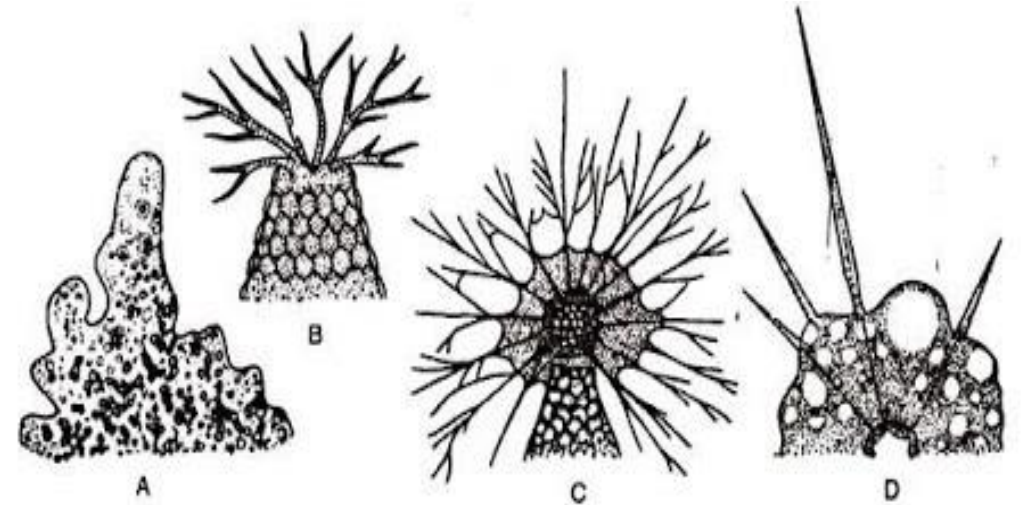


Fig. 10.59: Different types of pseudopodia. A. Lobopodia of *Amoeba*. B. Filopodia of *Euglypha*. C. Rhizopodia of *Chlamydomorphys*. D. Axopodia of *Actinophrys*.

# Πρωτόζωα

## □ Διατροφή

ΑΥΤΟΤΡΟΦΑ	ΕΤΕΡΟΤΡΟΦΑ	ΜΙΞΟΤΡΟΦΙΚΑ
Περιέχουν χλωροπλάστες και μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε χημική (Φωτοτροφικά Μαστιγοφόρα)	<b>Ολοζωικά ή φαγοτροφικά:</b> Πρόσληψη στερεών ουσιών- ορατά κομμάτια τροφής <b>Ωσμοτροφικά ή Σαπροζωικά:</b> Πρόσληψη διαλυμένων ανόργανων αλάτων και οργανικών ουσιών	Λειτουργούν άλλοτε ως αυτότροφα και άλλοτε ως ετερότροφα πρωτόζωα

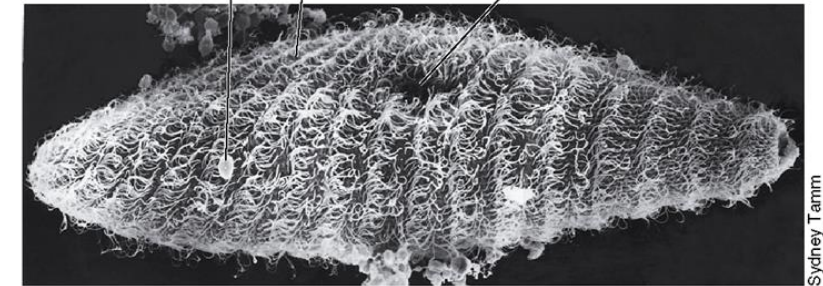
# Πρωτόζωα

## □ Διατροφή

- Τα ολοζωικά πρωτόζωα τρέφονται με **φαγοκυττάρωση**: Εγκόλπωση και αφομοίωση στερεών άλλων κυττάρων
- Ορισμένα πρωτόζωα μπορούν να καταπιούν βακτήρια ή μικρά ευκαρυωτικά κύτταρα μέσω του οισοφάγου
- **Αυτοκινησία και σύλληψη της τροφής**
  - Κατά την ολοζωική διατροφή η πρόσληψη των στερεών ουσιών γίνεται με την βοήθεια των ψευδοποδίων, των μαστιγίων ή των βλεφαρίδων και οδηγείται στον οισοφάγο
  - Τα ψευδοπόδια περιβάλλουν τη στερεή τροφή και την εισάγουν σε ειδικούς χώρους του κυτταροπλάσματος, τα πεπτικά κενοτόπια όπου επιτελείται η πέψη, ενώ δύο συσταλτά (σφυγμώδη) κενοτόπια χρησιμεύουν για την αποβολή νερού



(α)  
Κύτταρο ζυμομύκητα (για σύγκριση) — Βλεφαρίδες — Στοματικό άνοιγμα (οισοφάγος)



(β)

**Εικόνα 14.16** Το βλεφαριδοφόρο πρωτόζωο *Paramecium*. (α) Μικροφωτογραφία αντίθεσης φάσεων. (β) Ηλεκτρονικό μικρογράφημα σάρωσης. Παρατηρήστε τις φλεβαρίδες, και στις δύο φωτογραφίες. Διάμετρος κυττάρου: περί τα 60  $\mu\text{m}$ .

# Πρωτόζωα

---

## □ Αναπαραγωγή

### Διαίρεση



#### Αγενής ή Μονογονική αναπαραγωγή

Τα περισσότερα Πρωτόζωα αναπαράγονται αγενώς (διχοτόμηση, εκβλάστηση, πολλαπλή διαίρεση ή σχιζογονία)

#### Εγγενής ή Αμφιγονική αναπαραγωγή

Σε δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες: Διατήρηση της γενετικής ποικιλομορφίας εντός του πληθυσμού και ενίσχυση της ικανότητας για επιβίωση (μόνιμη σύντηξη, παροδική σύζευξη)



# Πρωτόζωα

## □ Αγενής ή Μονογονική Αναπαραγωγή

### ▪ Διχοτόμηση:

Αρχικά διαιρείται ο πυρήνας και στη συνέχεια το κυτταρόπλασμα με περίσφυξη

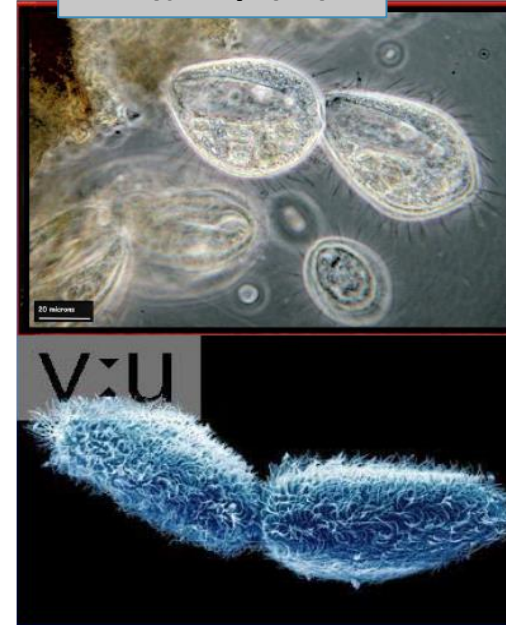
### ▪ Εκβλάστηση:

Σε τμήμα της επιφάνειας του σώματος του πρωτοζώου προεκβάλλει το κυτταρόπλασμα, μέσα στο οποίο περικλείεται ένας θυγατρικός πυρήνας

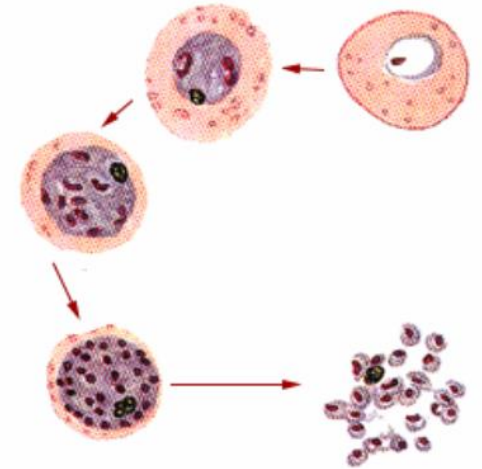
### ▪ Σχιζογονία ή πολλαπλή κατάτμηση:

Το πρωτόζωο γίνεται πολυπύρηνο με συνεχείς πυρηνικές διαιρέσεις. Κάθε θυγατρικός πυρήνας μαζί με μικρή μάζα κυτταροπλάσματος αποτελεί ένα νέο άτομο

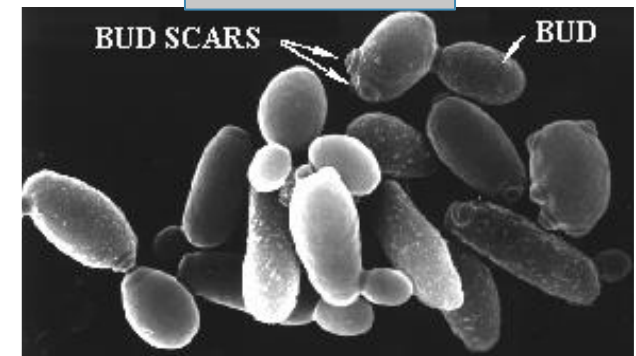
Διχοτόμηση



Σχιζογονία



Εκβλάστηση





# Πρωτόζωα

## □ Εγγενής ή Αμφιγονική Αναπαραγωγή

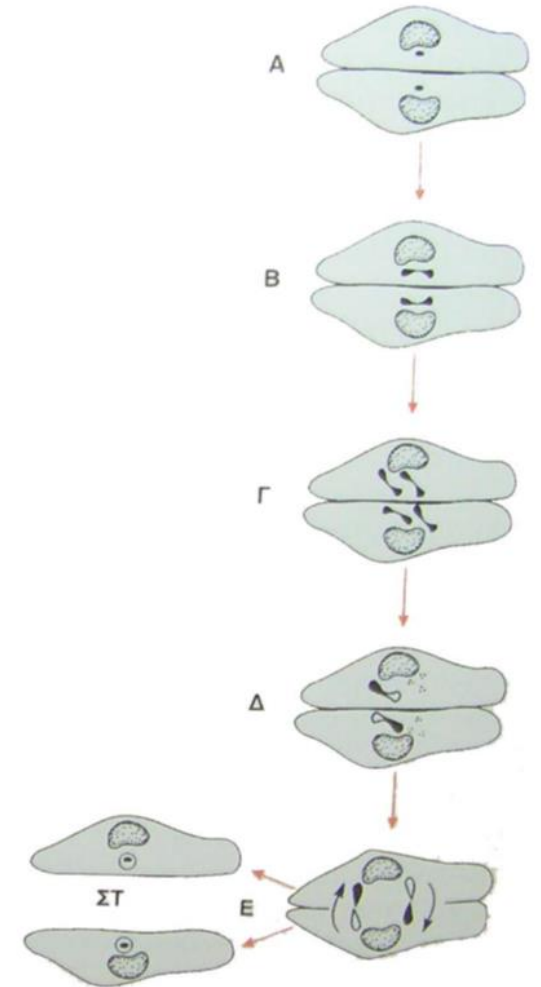
### ▪ Μόνιμη σύντηξη:

Δύο κύτταρα συντήκονται και σχηματίζουν ένα νέο άτομο

### ▪ Παροδική σύζευξη:

Δύο κύτταρα συζεύγνυνται, ανταλλάσσουν πυρηνικά συστατικά και κατόπιν αποχωριζόμενα σχηματίζουν δύο ανεξάρτητα άτομα

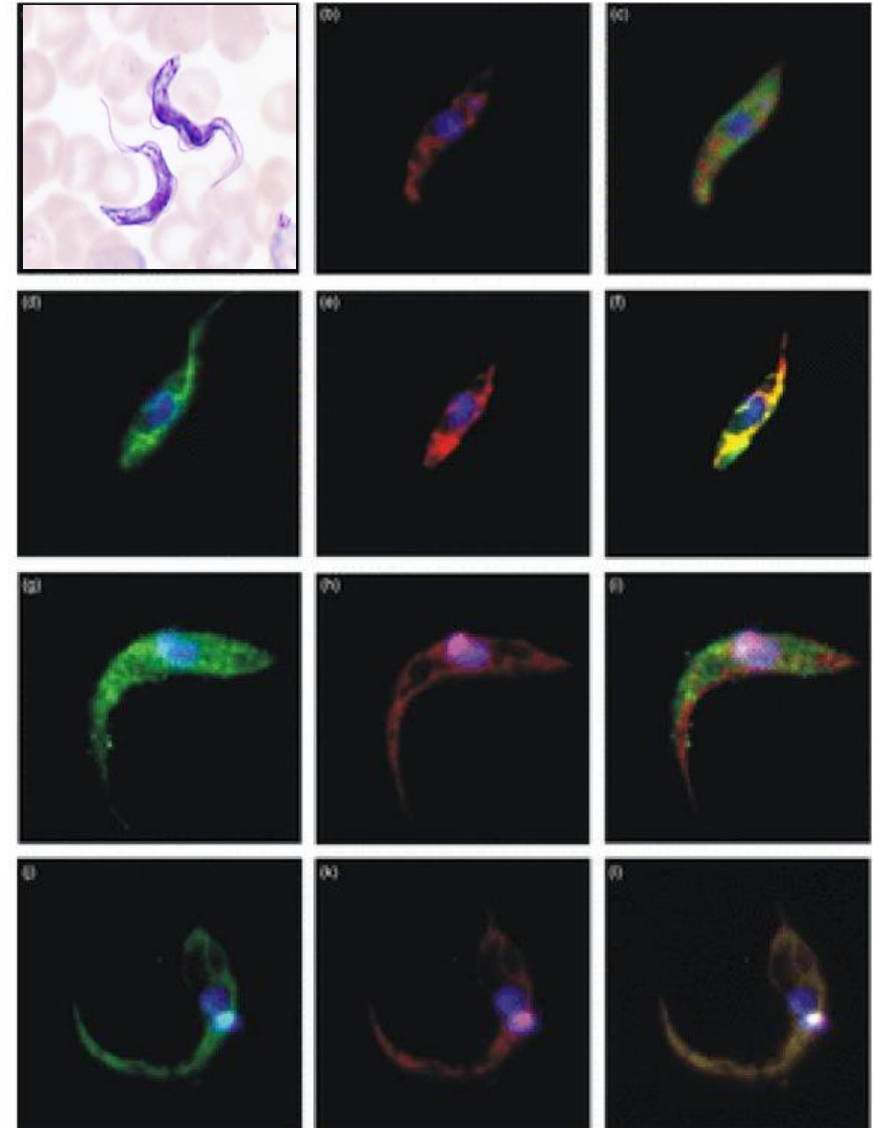
### Παροδική Σύζευξη



# Πρωτόζωα

## □ Μαστιγοφόρα

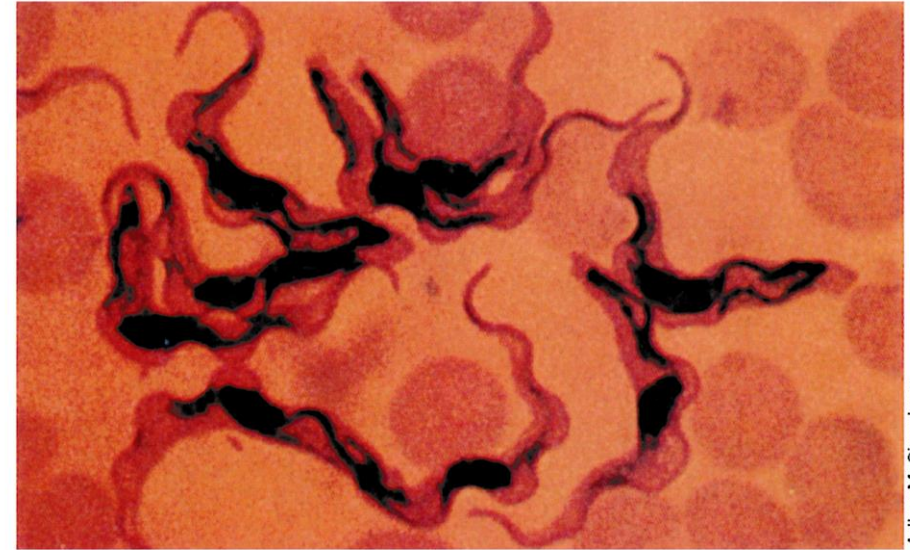
- Ζούν ελεύθερα ή αποτελούν παράσιτα ή παθογόνα του ανθρώπου των ζώων
- Τα σημαντικότερα παθογόνα αυτής της ομάδας περιλαμβάνουν τα τρυπανοσώματα – *Trypanosoma*
- Προσβάλλουν τον άνθρωπο
- Μικρό μέγεθος (μήκος ~20 μm) – Ημισεληνοειδές σχήμα
- Διαθέτουν ένα μόνο μαστίγιο που περικλείεται σε μια πτυχή της κυτταρικής μεμβράνης και με τον τρόπο αυτό προωθείται η κίνηση του κυττάρου



# Πρωτόζωα

## ❑ Μαστιγοφόρα

- ❑ Παράδειγμα: *Trypanosoma gambiense* (Αφρικανική ασθένεια του ύπνου)
  - Ζει και αναπτύσσεται στο αίμα και στα τελευταία στάδια της νόσου προσβάλλει το κεντρικό νευρικό σύστημα
  - Μετάδοση με *Glossina* sp. (μύγα τσετσε)
  - Πολλαπλασιασμός στον πεπτικό σωλήνα της μύγας – προσβολή σιελογόνων αδένων και στοματικών μορίων
  - Μετάδοση μέσω τσιμπήματος



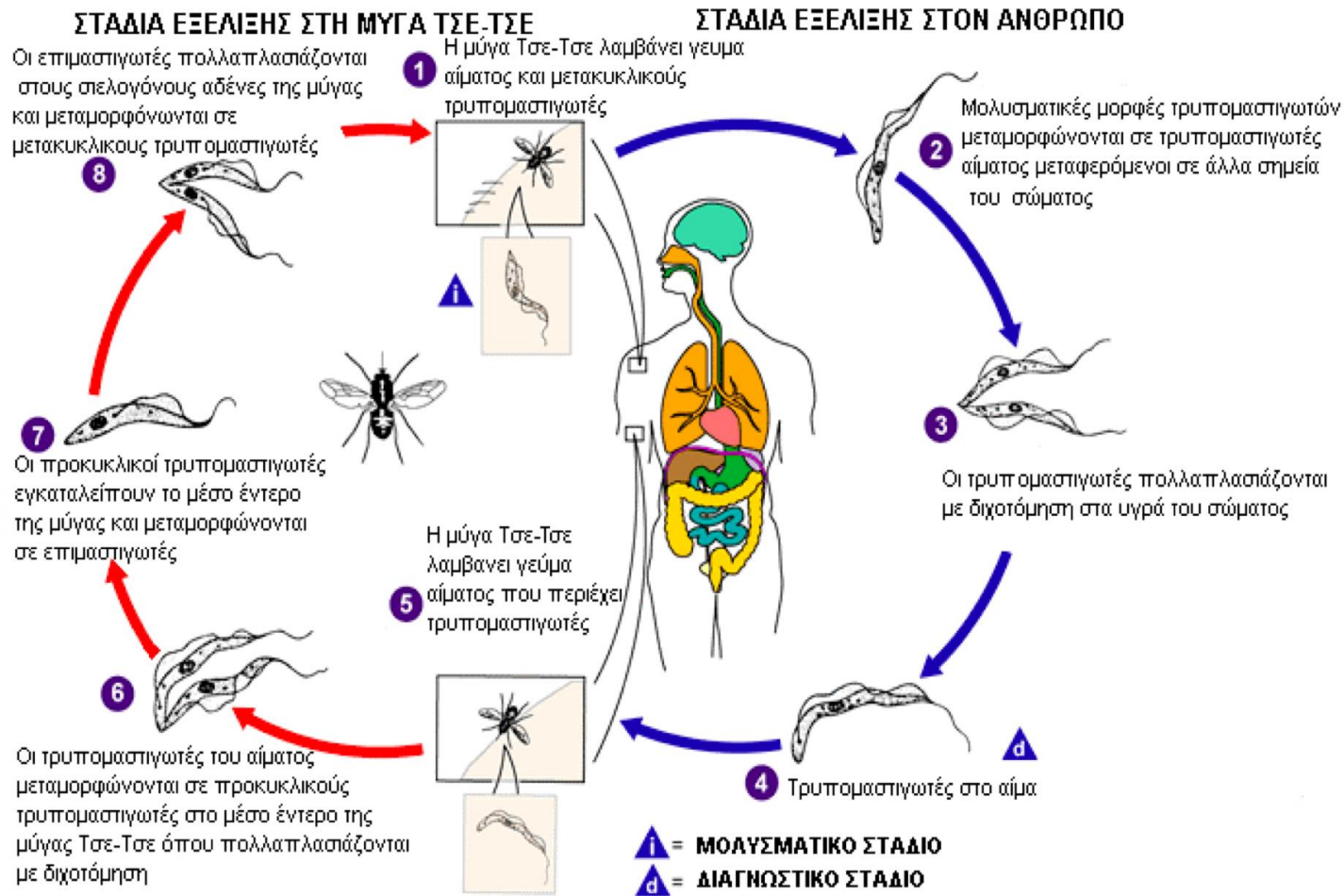
Arthur M. Siegelman

**Εικόνα 14.13** Μικροφωτογραφία του μαστιγοφόρου *Trypanosoma gambiense*, αιτιολογικού παράγοντα της αφρικανικής ασθένειας του ύπνου, από παρασκεύασμα αίματος.



# Πρωτόζωα

## ☐ *Trypanosoma gambiense* (Αφρικανική ασθένεια του ύπνου) – Βιολογικός κύκλος παρασίτου

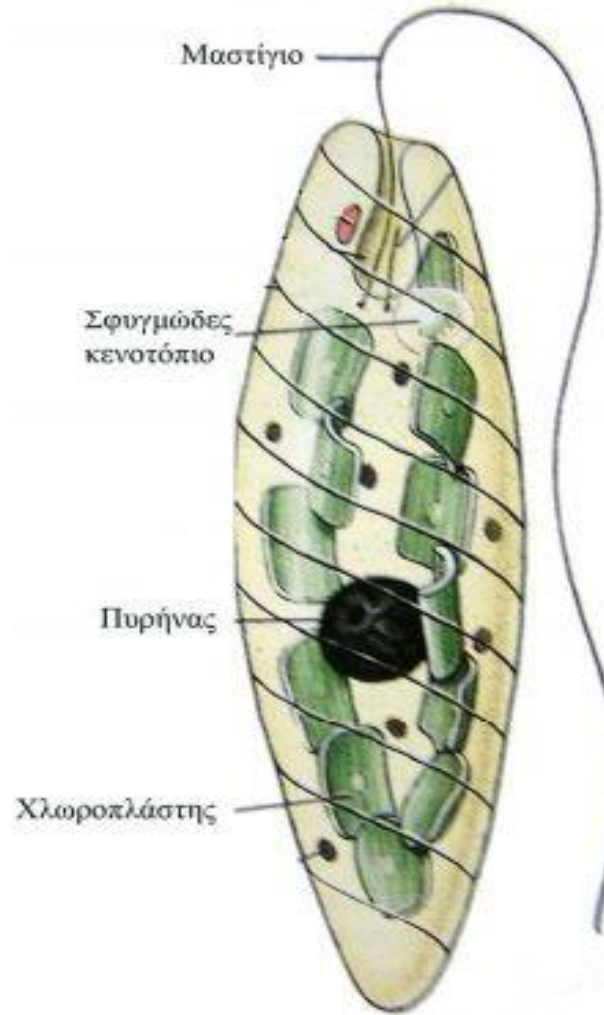




# Πρωτόζωα

## □ Ευγληνοειδή

- Φωτοτροφικά μαστιγοφόρα
- Υδρόβια
- Μη παθογόνα
- Διαθέτουν χλωροπλάστες και αναπτύσσονται φωτοσυνθετικά
- Στο σκοτάδι αναπτύσσονται χημειοργανότροφα
- Διαθέτουν ένα μαστίγιο
- **Συχνά κατατάσσονται στα φύκη**
- Χρησιμοποιούνται στη μελέτη φυκών και πρωτοζώων



*Euglena*





# Πρωτόζωα

## □ Σαρκώδη

### □ Αμοιβάδες

- *Amoeba* – κύτταρα γυμνά κατά τη βλαστική φάση
- Μεγάλος αριθμός γυμνών αμοιβάδων παράσιτα των ανθρώπων και άλλων σπονδυλωτών και απαντώνται στη στοματική κοιλότητα ή στον πεπτικό σωλήνα

Π.χ. *Entamoeba histolytica* - έλκος πεπτικού σωλήνα και αμοιβάδωση



### □ Τρηματοφόρα

- Έκκριση κελύφους (από  $\text{CaCO}_3$ ) κατά τη βλαστική φάση
- Θαλάσσιοι οργανισμοί
- Θεωρείται ότι τρέφονται με σωματιδιακά αποθέματα των ιζημάτων, κυρίως βακτήρια και άλλα τροφικά κατάλοιπα

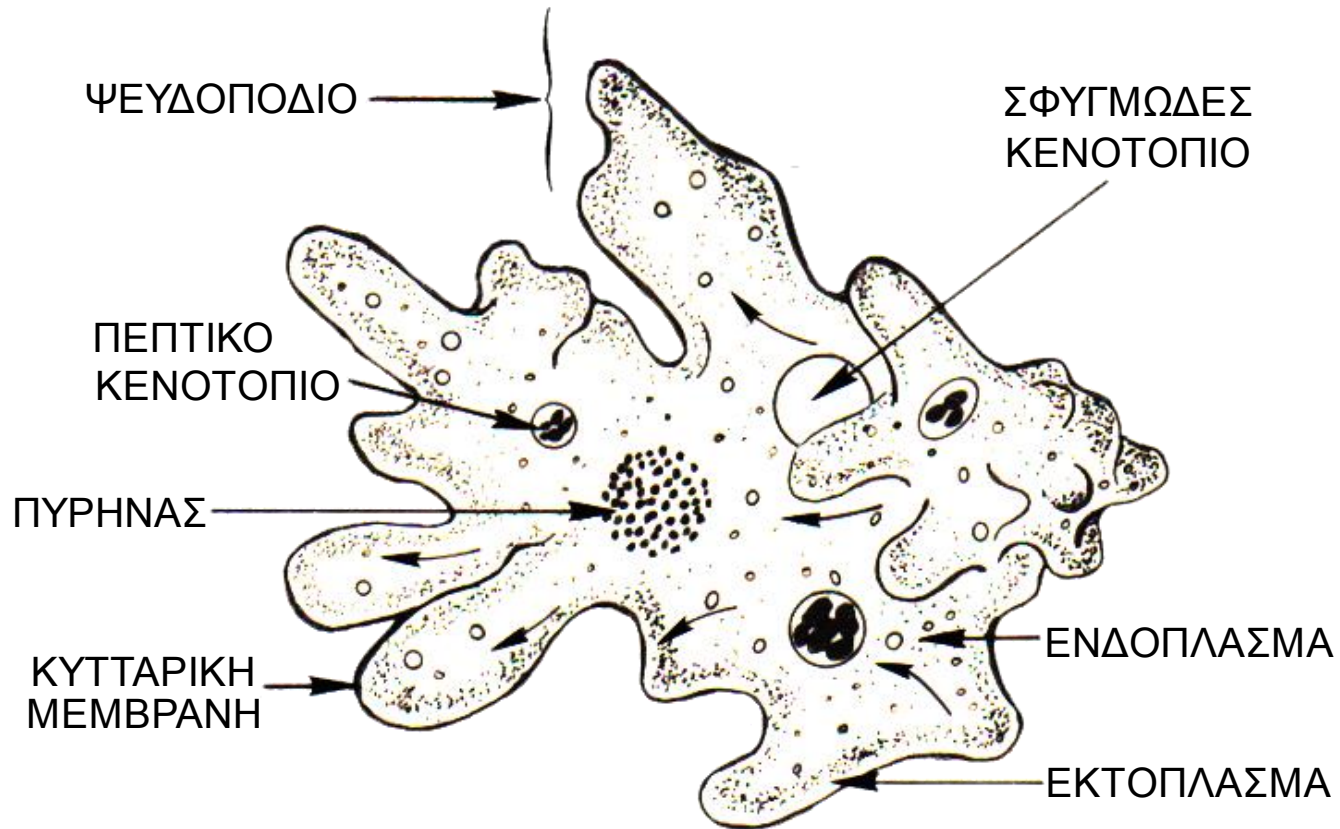


Εικόνα 14.14 Κελυφοφόρες αμοιβάδες; τρηματοφόρα. Παρατηρήστε το περίτεχνο όστρακο με τους πολλούς λοβούς.

# Πρωτόζωα

## □ Σαρκώδη

### ▪ *Amoeba*

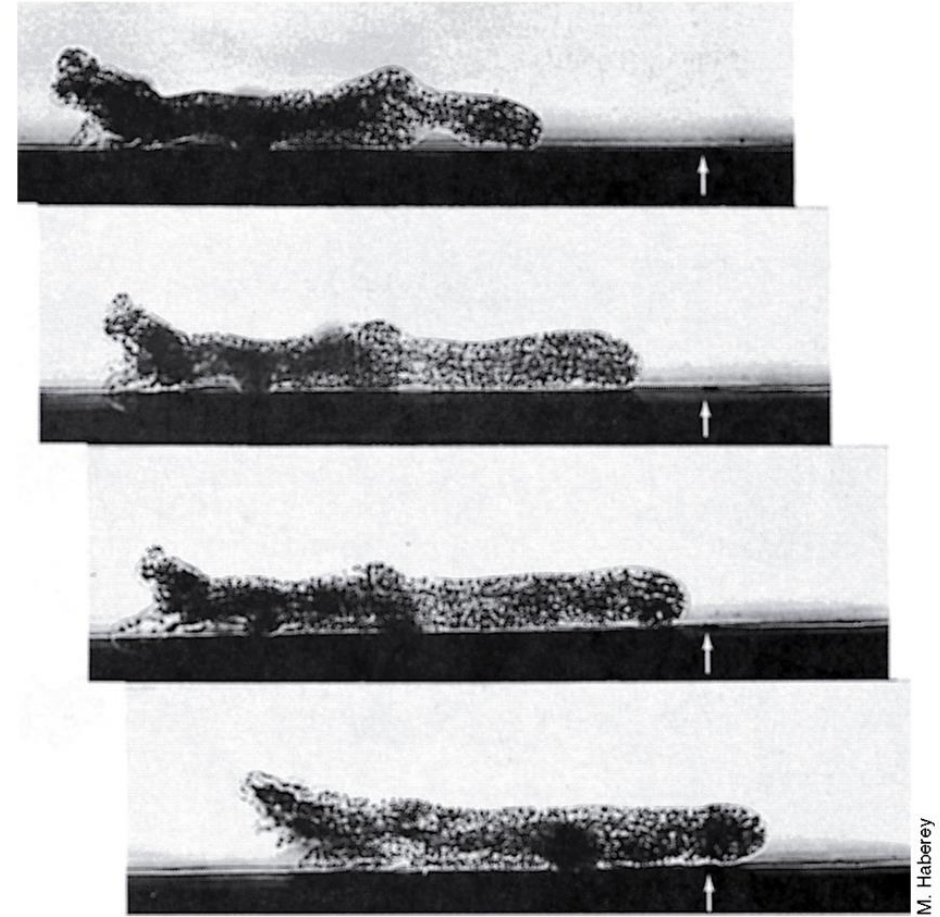


# Πρωτόζωα

## □ Σαρκώδη

### □ Αμοιβάδες

- Χαρακτηριστική αμοιβαδοειδής κίνηση



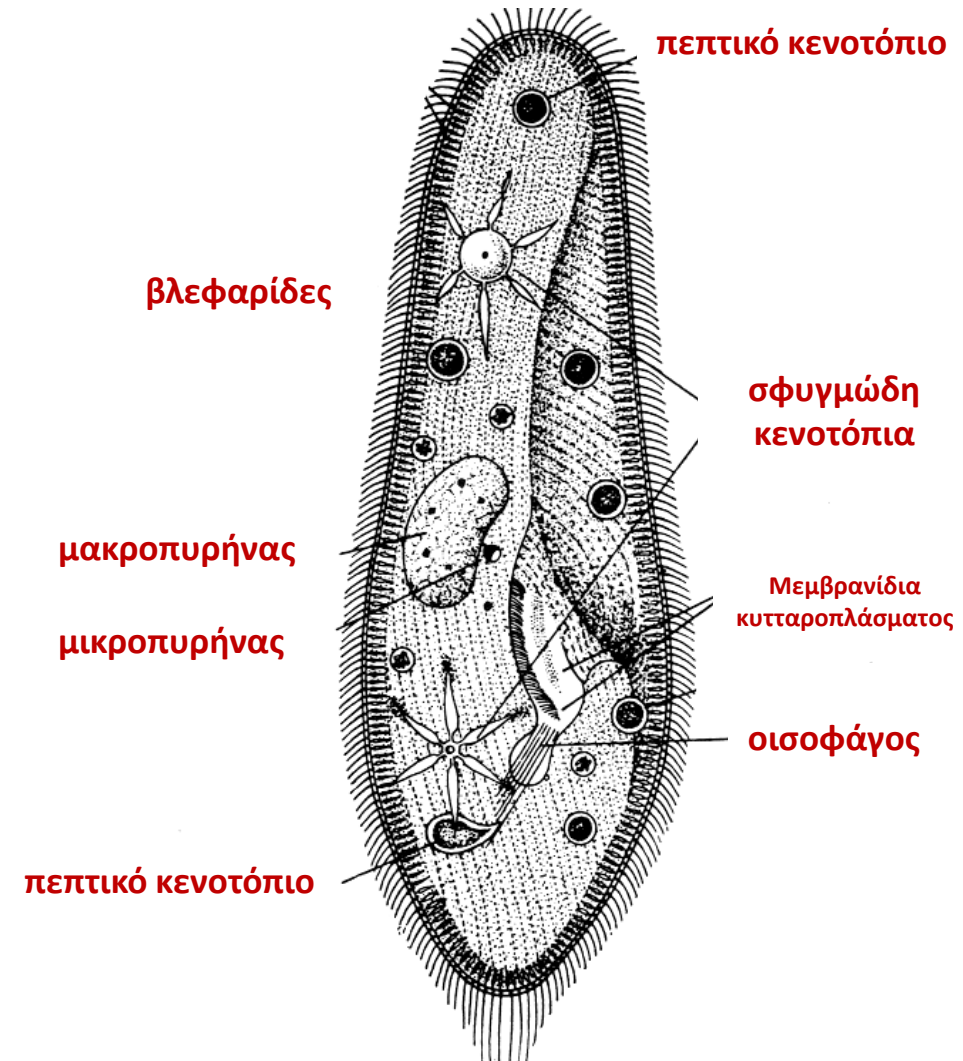
M. Haberey

**Εικόνα 14.15** Πλευρική όψη κινούμενης αμοιβάδας (*Amoeba proteus*)· καταγράφηκε σε φωτογραφικό φιλμ, σε διαδοχικές λήψεις ανά 2". Τα βέλη υποδεικνύουν ένα σταθερό σημείο της επιφάνειας. Διάμετρος κυττάρου: περί τα 80  $\mu\text{m}$ .

# Πρωτόζωα

## □ Βλεφαριδοφόρα

- Διαθέτουν βλεφαρίδες σε κάποιο στάδιο του βιολογικού τους κύκλου
- Διαθέτουν δύο είδη πυρήνων: μικροπυρήνας και μακροπυρήνας
- **Μικροπυρήνας:** Φυλετική αναπαραγωγή και κληρονόμηση
- **Μακροπυρήνας:** Παραγωγή mRNA
- Χαρακτηριστικό γένος *Paramecium*
- Τρέφονται με φαγοκυττάρωση: οισοφάγος (κυτταροφάρυγγας)-κυτταρόπλασμα-πεπτικό κενοτόπιο



*Paramecium*



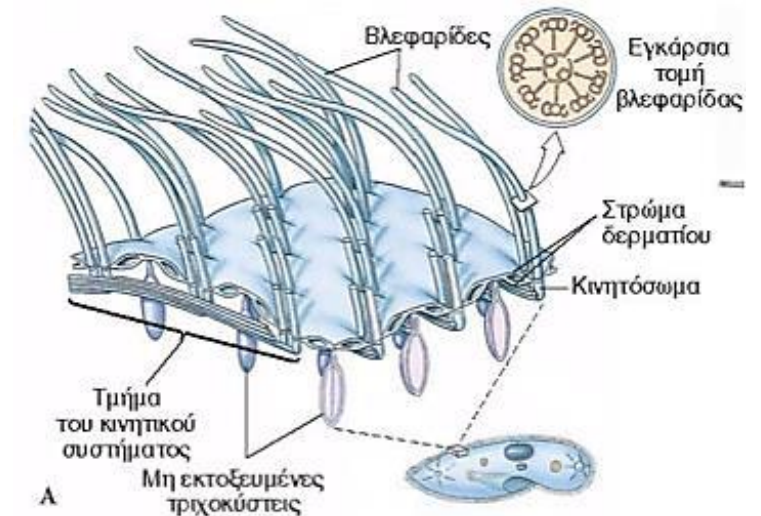
# Πρωτόζωα

## □ Βλεφαριδοφόρα

- Πολλά βλεφαριδοφόρα φέρουν **τριχοκύστεις** που φύονται κάτω από την επιφάνεια της εξωτερικής στοιβάδας του κυττάρου
- Πρόκειται για μακριά και λεπτά ινίδια με ικανότητα συστολής που βοηθούν στην προσκόλληση στις επιφάνειες και ενεργοποιούν αμυντικούς μηχανισμούς έναντι της θήρευσης
- Αρπακτικά πρωτόζωα *Didinium* κρατούν και παραλύουν το θήραμα πριν την κατάποση διαμέσου των τριχοκυστεων



Το βλεφαριδοφόρο πρωτόζωο *Paramecium*. Οι βλεφαρίδες λειτουργούν όπως τα κουπιά της βάρκας, προσδίδοντας αυτοκινησία στο κύτταρο

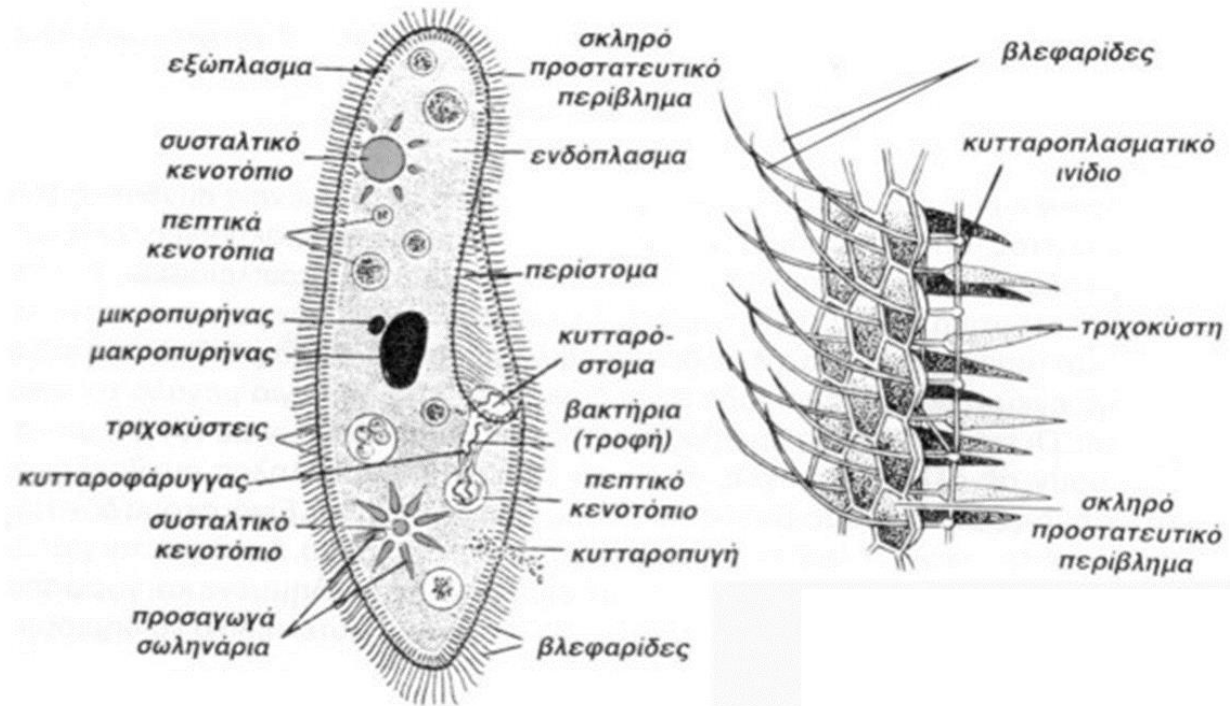




# Πρωτόζωα

## □ Βλεφαριδοφόρα

- Σε αρπακτικά πρωτόζωα *Didinium* οι τριχοκύστεις κρατούν και παραλύουν το θήραμα πριν την κατάποση



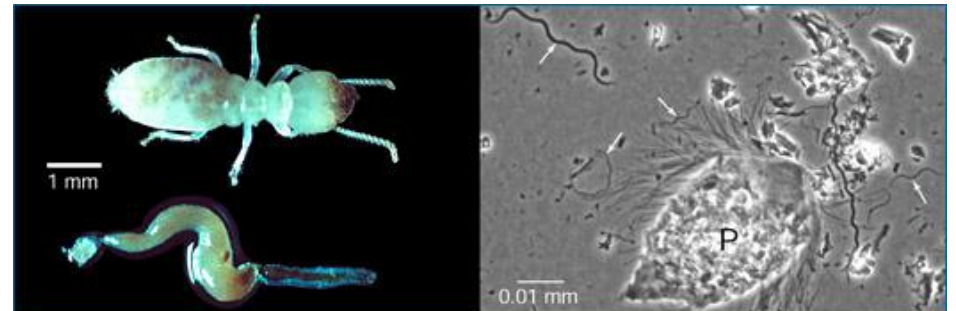
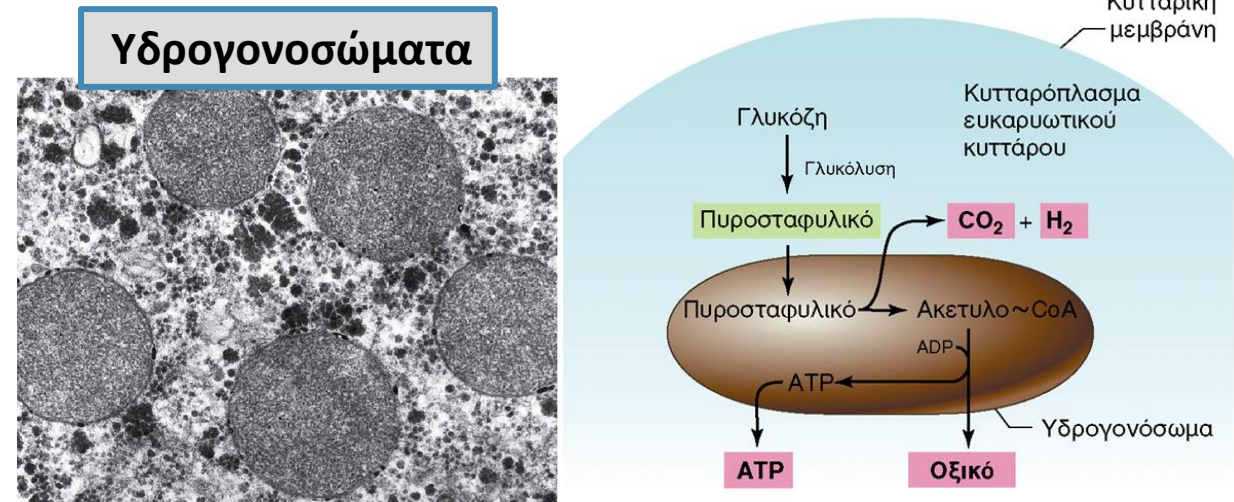
Πέψη *Paramecium* από *Didinium*



# Πρωτόζωα

## □ Βλεφαριδοφόρα

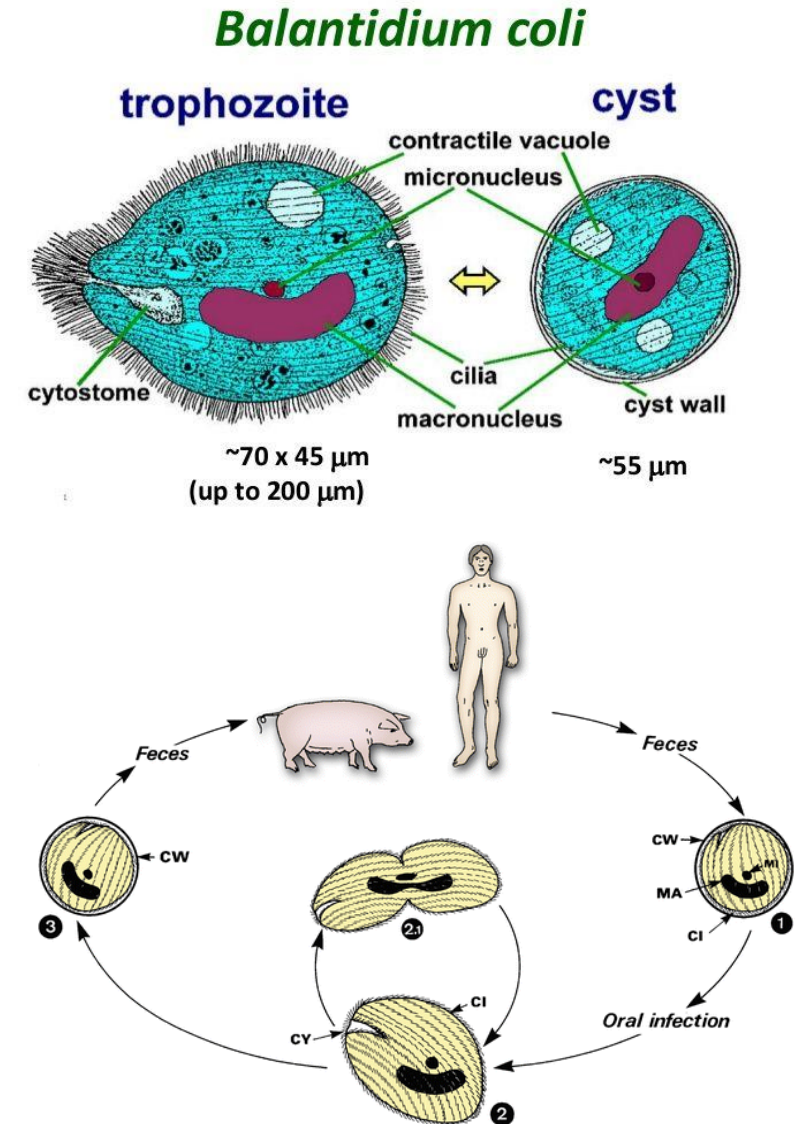
- Πολλά είδη του γένους *Paramecium* είναι ξενιστές ενδοσυμβιωτικών βακτηρίων που ζούν στο κυτταρόπλασμα ή στο μακροπυρήνα
- Ρόλο στη θρέψη των πρωτοζώων – σύνθεση βιταμινών και άλλων ουσιών που συμβάλλουν στην ανάπτυξη
- Πρωτόζωα στον πεπτικό σωλήνα των τερμιτών – ενδοσυμβίωση πρωτοζώων με μεθανιογόνα Αρχαία (στο κυτταρόπλασμα) και αφυδρογόνωση πυροσταφυλικού οξέος και παραγωγή μεθανίου που εκλύεται στην ατμόσφαιρα



# Πρωτόζωα

## ❑ Βλεφαριδοφόρα

- Λίγα βλεφαριδοφόρα παρασιτούν σε ζώα
- *Balantidium coli*: παράσιτο οικόσιτων ζώων – πεπτικό σύστημα στον άνθρωπο και πρόκληση δυσεντερίας
- Προστόμαχος μυρμηκαστικών ζώων και υποχρεωτικά αναερόβια βλεφαριδοφόρα – Συμμετοχή σε πέψη και ζύμωση

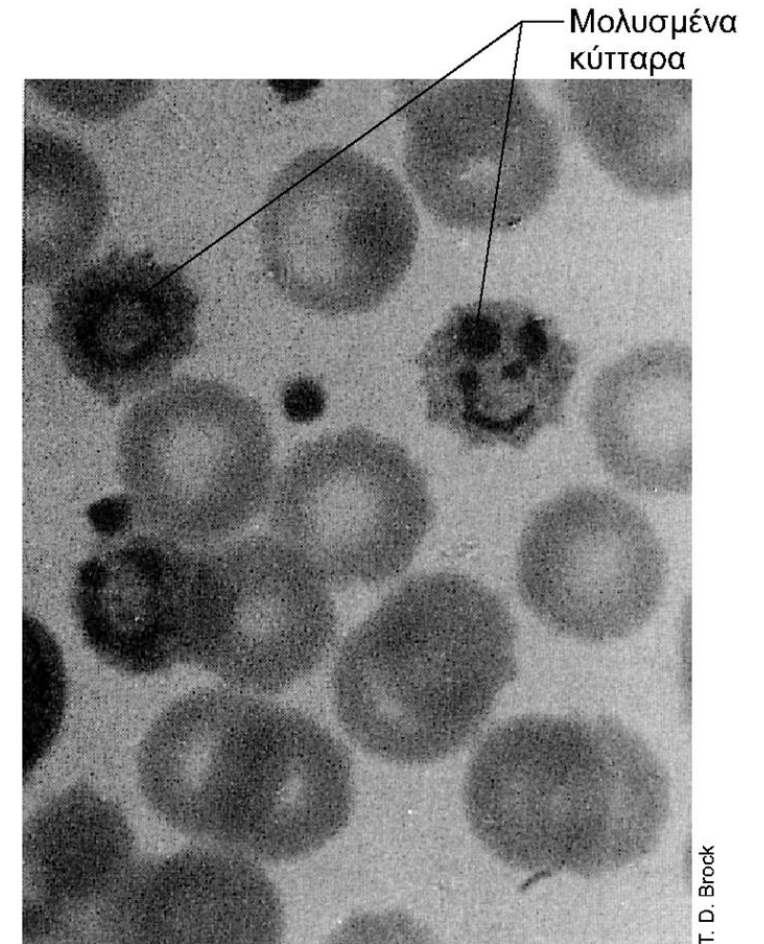




# Πρωτόζωα

## □ Σπορόζωα (Ακροσυμπλεγματικά)

- Παράσιτα σπονδυλωτών και ασπόνδυλων ζώων - Εναλλαγή ξενιστών
- Κοκκίδια – παράσιτα των πτηνών
- Πλασμώδια (παράσιτα ελονοσίας) –παράσιτα πτηνών και θηλαστικών (και άνθρωπος)
- Έλλειψη αυτοκινησίας στα ώριμα στάδια
- Λήψη υγρής τροφής μέσω εξωκυτταρικού τοιχώματος
- Σχηματισμός σπορίων – σποροζωΐδια- μετάδοση σε νέο ξενιστή



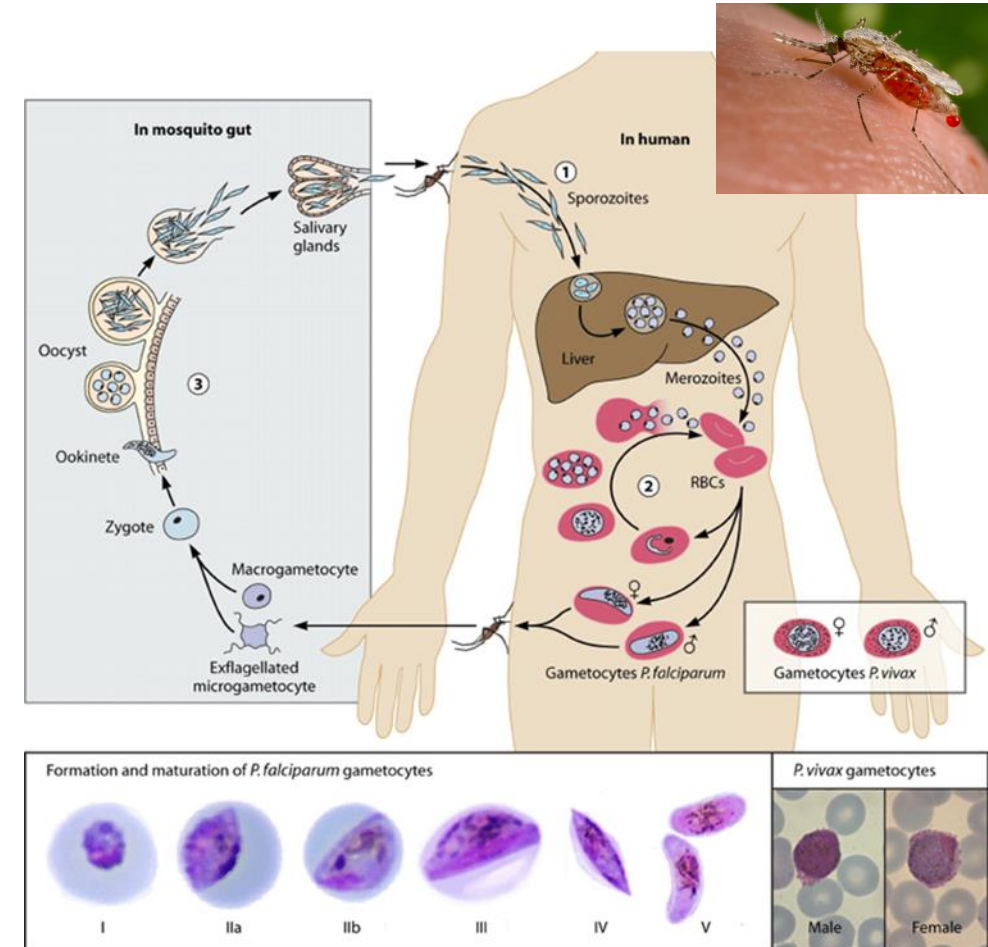
**Εικόνα 27.10** Το *Plasmodium vivax*, ο αιτιολογικός παράγοντας της ελονοσίας, αναπτύσσεται μέσα στα ερυθρά αιμοσφαίρια του ανθρώπου.



# Πρωτόζωα

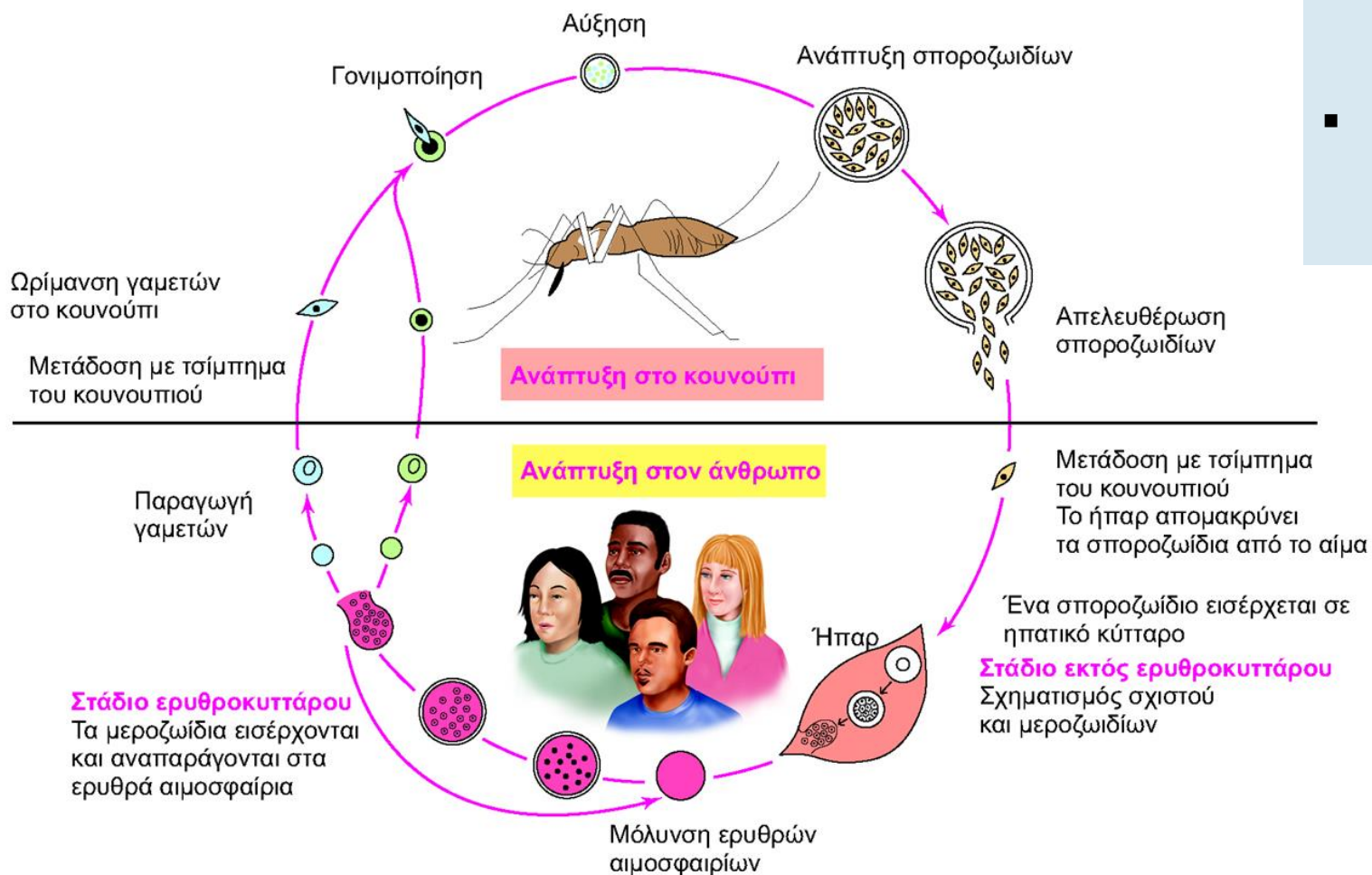
## □ Σπορόζωα και Ελονοσία

- 4 είδη σποροζώων – πιο διαδεδομένο *Plasmodium vivax*, πιο θανατηφόρο *Plasmodium falciparum*
- Δύο ξενιστές: άνθρωπος και κουνούπι φορέας
- Μόνο θηλυκά κουνούπια του γένους *Anopheles* (τροπικές και υποτροπικές περιοχές) μεταδίδουν την ελονοσία
- Σύνθετος βιολογικός κύκλος του παρασίτου
  - **Άνθρωπος:** σποροζωίδια από σιελό κουνουπιού μεταφορά σε ήπαρ-σχιζογονία και σχιστά (πλασμώδια) - μεροζωίδια και ερυθρά αιμοσφαίρια – γαμετοκύτταρα
  - **Κουνούπι:** πρόσληψη γαμετοκυττάρων με τη διατροφή – σχηματισμός γαμετών-δημιουργία ζυγωτού – σποροζωίδια στην κοιλία του εντόμου και μεταφορά στη σιελό



# Πρωτόζωα

## □ Σπορόζωα και Ελονοσία



- **Χλωροκίνη:** εξόντωση των παρασίτων μέσα στα ερυθρά αιμοσφαίρια- δεν θανατώνει τα παράσιτα έξω από αυτά
- **Πριμακίνη:** εξαλείφει τα σποροζωίδια, τα μεροζωίδια και τους γαμέτες έξω από τα κύτταρα

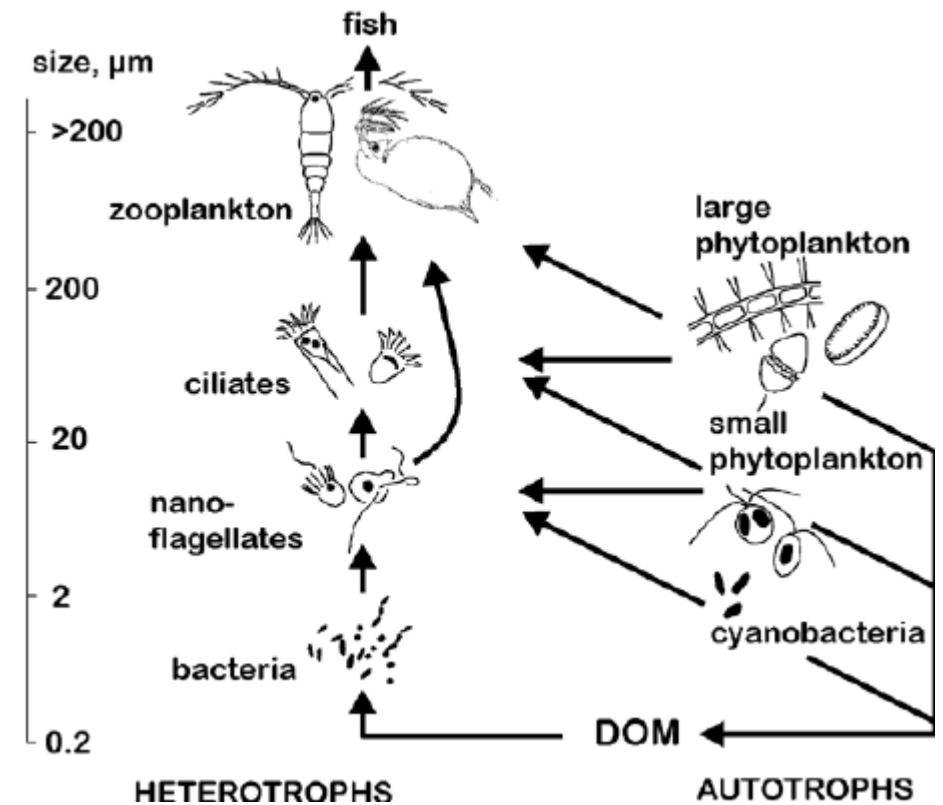
Εικόνα 27.9 Ο κύκλος ζωής του παράσιτου της ελονοσίας, *Plasmodium vivax*.

# Πρωτόζωα

## □ Μέγεθος κυττάρου

□ Το μέγεθός τους παρουσιάζει μεγάλο εύρος και κυμαίνεται από λίγα μικρόμετρα (2  $\mu\text{m}$ ) έως 2 χιλιοστόμετρα

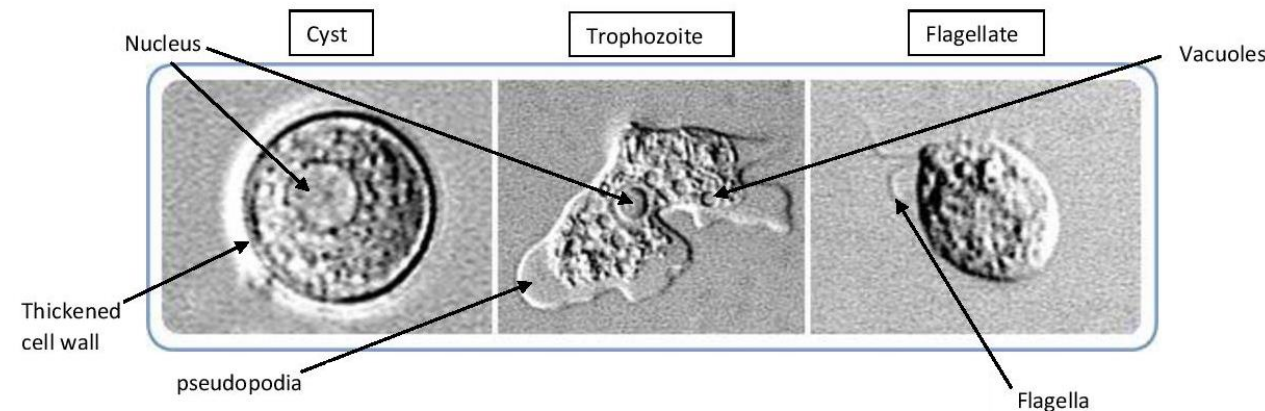
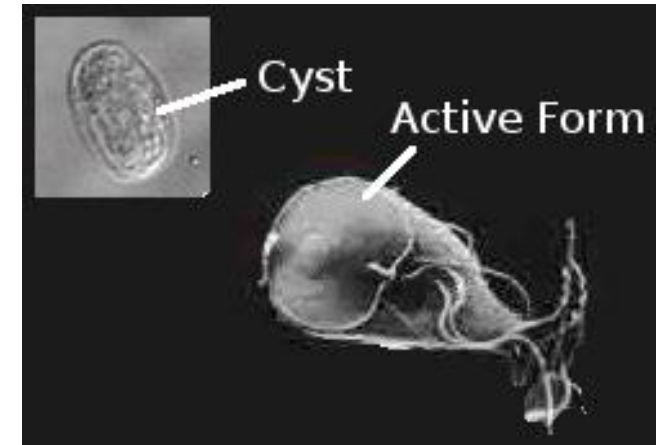
- Τα περισσότερα μαστιγοφόρα < 20  $\mu\text{m}$
- Αμοιβάδες < 50  $\mu\text{m}$
- Βλεφαριδοφόρα < 200  $\mu\text{m}$
- Κατ' εξαίρεση οι αμοιβάδες και τα βλεφαριδοφόρα μπορούν να φτάσουν τα 2 mm (π.χ. *Pelomyxa*, *Actinosphaerium*, *Stentor*)



# Πρωτόζωα

## □ Εγκύστωση και Αποκύστωση

- Σε αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες, κάποια πρωτόζωα σχηματίζουν κύστες μέσω της διαδικασίας της **εγκύστωσης**
- **Συνθήκες που ευνοούν την εγκύστωση:** έλλειψη τροφής, αφυδάτωση, αυξημένη ωσμωτική πίεση, ελάττωση συγκέντρωσης οξυγόνου, αλλαγή pH και/ή θερμοκρασίας, επίδραση ισχυρών οξέων
- Κατά την εγκύστωση εξαφανίζονται μορφολογικά χαρακτηριστικά όπως οι βλεφαρίδες ή τα μαστίγια, το κύτταρο «στρογγυλεύει», πραγματοποιείται απώλεια νερού, εκκρίνεται παχύ κυτταρικό τοίχωμα και παρατηρούνται διαμορφώσεις με πολλές μεμβράνες
- Οι κύστες φέρουν ανθεκτικό εξωτερικό περίβλημα
- Παρατηρείται μείωση του μεταβολισμού
- Δεν παρατηρείται σε θαλάσσια Πρωτόζωα
- Ο όρος **αποκύστωση** περιγράφει την επαναφορά στην ενεργή μορφή του οργανισμού με την επικράτηση ευνοϊκών περιβαλλοντικών συνθηκών

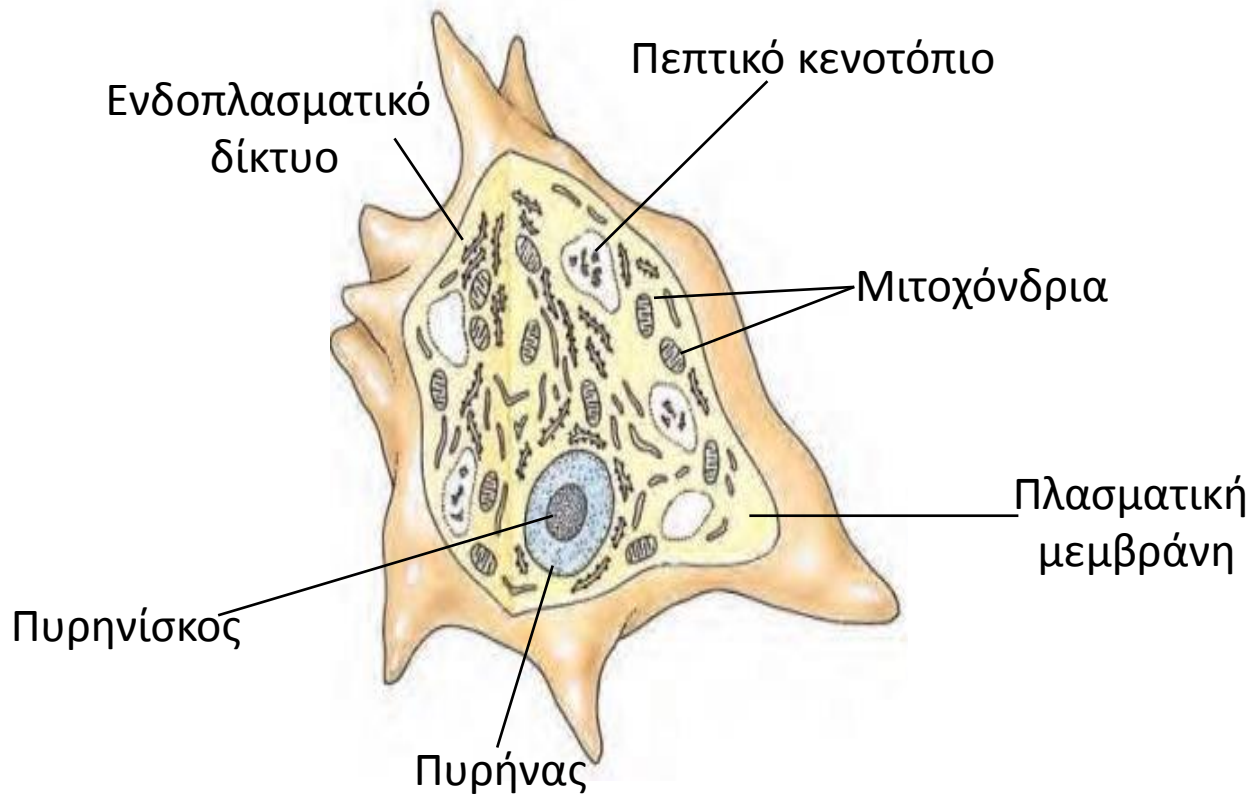




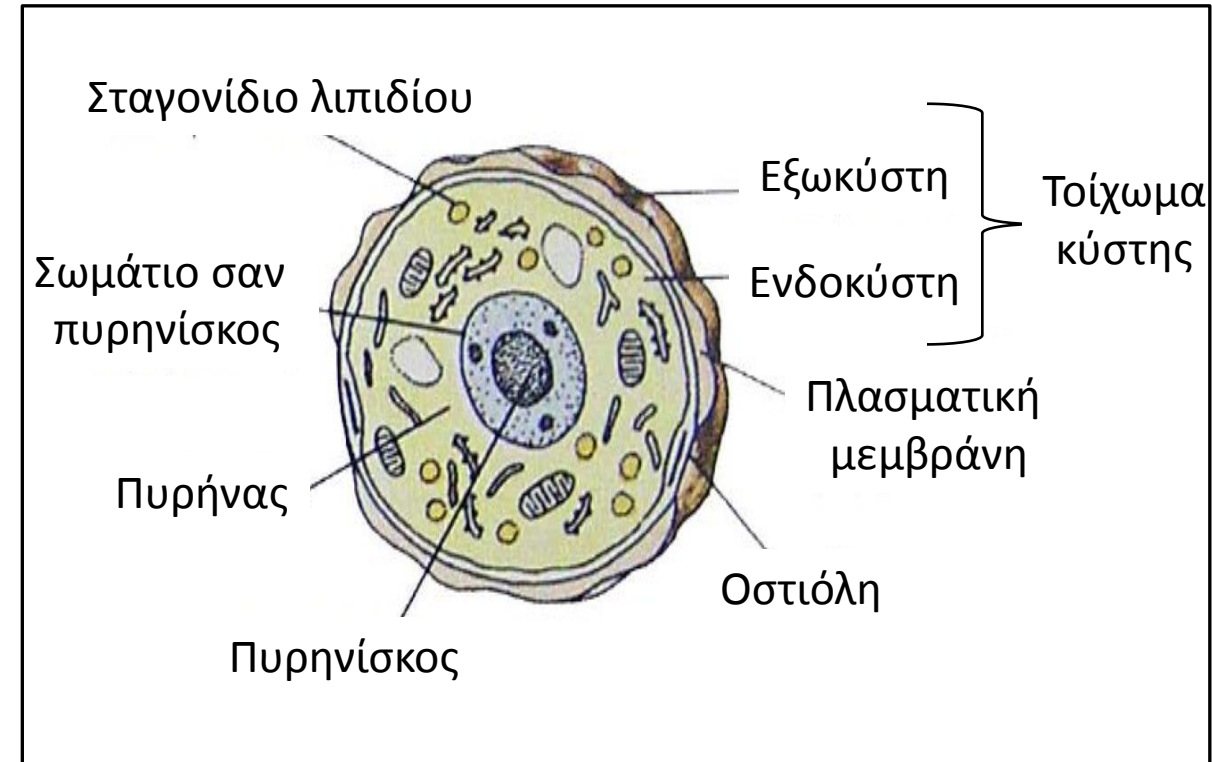
# Πρωτόζωα

## □ Εγκύστωση και Αποκύστωση

### ▪ Ενεργή μορφή



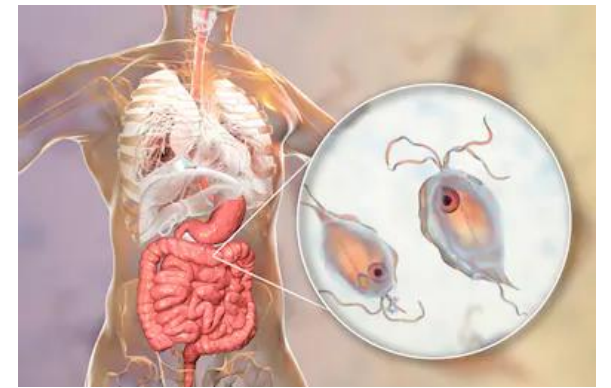
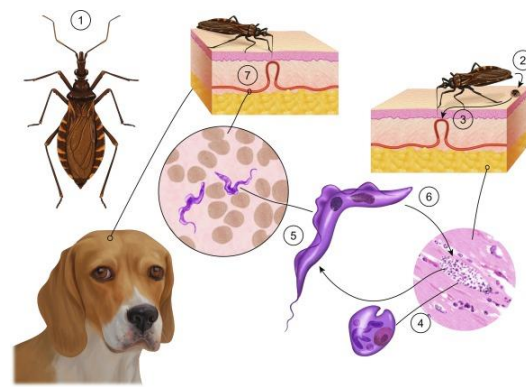
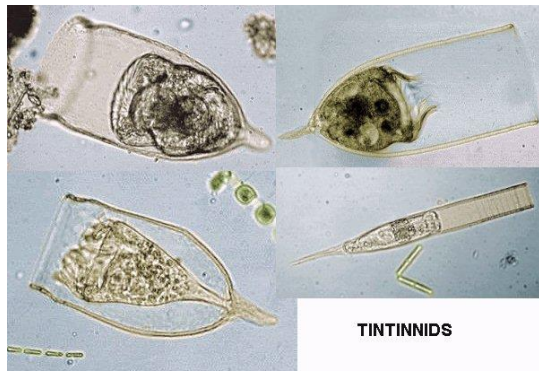
### ▪ Κύστη



# Πρωτόζωα

## □ Ενδισιτήματα

- Ποικίλα ενδισιτήματα
- Υδάτινα ενδισιτήματα γλυκού και θαλασσινού νερού
- Ορισμένα αναπτύσσονται στο έδαφος
- Σε εναέρια ενδισιτήματα όπως στην επιφάνεια διαφόρων δέντρων
- Παράσιτα ανθρώπου και ζώων



# Πρωτόζωα

---

## □ Πρωτόζωα στο έδαφος

- 23000 σωζόμενα είδη ελεύθερα διαβιούντων πρωτοζώων
- ~1600 είδη ζουν σε εδαφικά ενδιαιτήματα
- $10^5 - 10^6$  άτομα πρωτόζωων (κύστεις και ενεργές μορφές) υπολογίζονται ανά γραμμάριο εδάφους (κύστεις >> ενεργές μορφές)
- Σύντομος βιολογικός κύκλος – Πολλές γενεές ετησίως (8-90 γενεές / έτος)
- Μορφολογικές και φυσιολογικές προσαρμογές για την επιβίωση τους στα εδαφικά ενδιαιτήματα: μικρό μέγεθος του σώματος, ο σύντομος βιολογικός κύκλος και δημιουργία κύστεων
- Πολλά τρέφονται με βακτήρια, ορισμένα είναι παμφάγα, ενώ άλλα επιδεικνύουν εξειδικευμένη διατροφή με μύκητες (κυρίως βλεφαριδοφόρα)
- Ορισμένες αμοιβάδες μεγάλου μεγέθους τρέφονται με νηματώδεις (είδη της οικογένειας *Vampyrellidae*, *Theratromyxa weberi*)

# Πρωτόζωα

## □ Πρωτόζωα στο έδαφος – Μορφολογικές και φυσιολογικές προσαρμογές

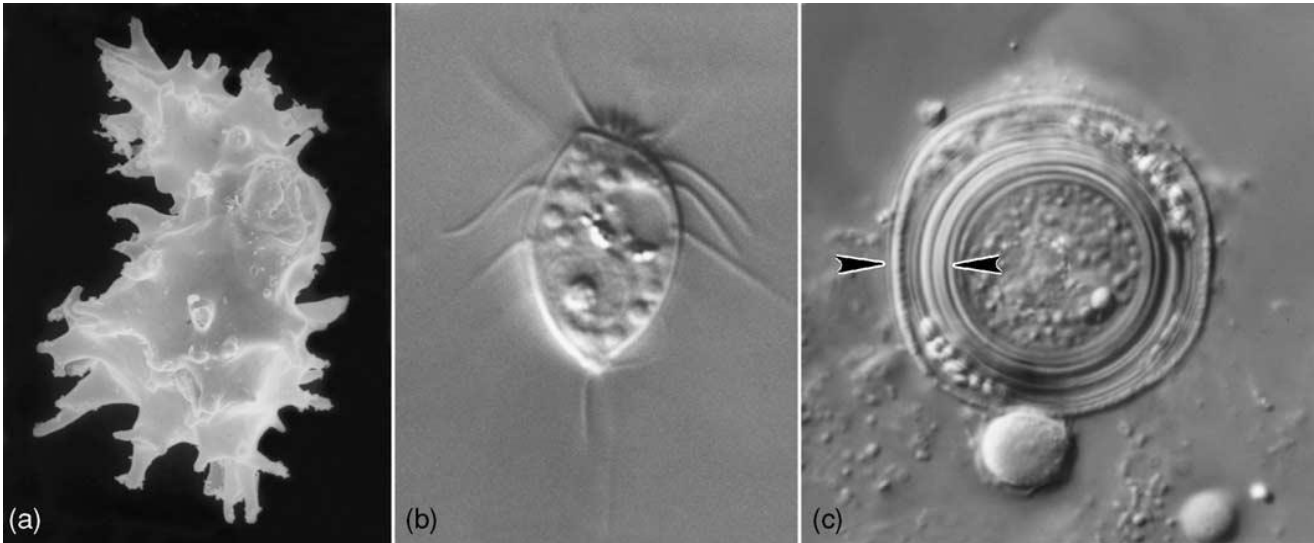
□ Εδαφικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη και τη δραστηριότητα των πρωτοζώων:

(1) Πορώδης δομή

(2) Μεταβλητή – ασταθής παροχή νερού

(3) Ενδοειδικές και διαειδικές αλληλεπιδράσεις

□ Οι παράγοντες αυτοί οδήγησαν σε δύο βασικές προσαρμογές: το μικρό μέγεθος του σώματος και την παραγωγή των προστατευτικών κύστεων



### ▪ Ενεργές μορφές και κύστεις εδαφικών πρωτοζώων

(a) Γυμνό κύτταρο αμοιβάδας μήκους 30μm με πολλά μικροσκοπικά ψευδοπόδια που μπορούν να εκμεταλευτούν ακόμα και υπέρμικρους πόρους του εδάφους για εύρεση τροφής

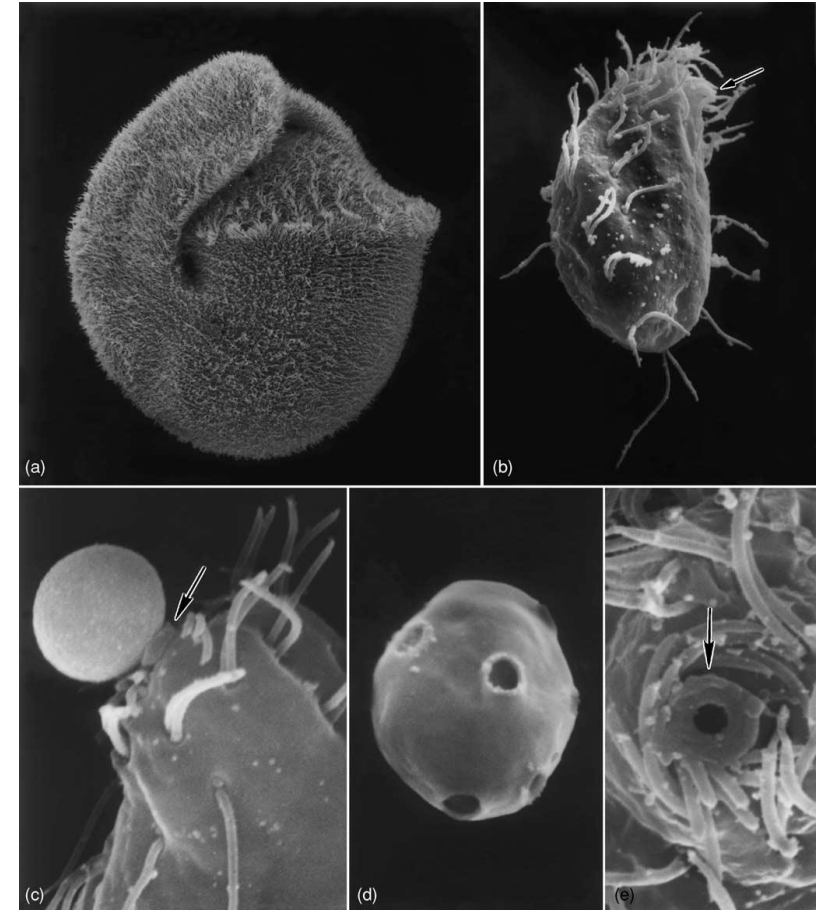
(b) Μαστιγοφόρο μήκους 15 μm *Hemimastix amphikineta*

(c) Κύστη (διαμέτρου ~ 35 μm) του βλεφαριδοφόρου *Exocolpoda augustini*, το οποίο απαντάται σε ξηρά και θερμά εδάφη (π.χ. Έρημος Namib) και για το λόγο αυτό διαθέτει κύστη με πολύ παχύ τοίχωμα που αποτελείται από πολλές μεμβράνες. Μπορεί να επιβιώσει σε αυτή τη μορφή για χρόνια



# Πρωτόζωα

- ❑ **Πρωτόζωα στο έδαφος – Μορφολογικές και φυσιολογικές προσαρμογές**
- ❑ Σε ορισμένα βλεφαριδοφόρα που τρέφονται με μύκητες έχει παρατηρηθεί μείωση στο ελάχιστο του μεγέθους του στόματος και ανάπτυξη ενός μικροσκοπικού διατροφικού σωληνίσκου με τη βοήθεια του οποίου δημιουργούν οπές στις υφές και τα σπόρια των μυκήτων και των ζυμών, με τα οποία διατρέφονται
- ❑ Το είδος αυτό της διατροφής ορίστηκε ως διατρητική λύση (perforation lysis) και απαντάται σε ορισμένα γυμνά κύτταρα αμοιβάδων
- ❑ **Διατροφή πρωτοζώων με μύκητες και μείωση των πληθυσμών των φυτοπαθογόνων μυκητων στο έδαφος και προστασία των φυτών**



a) Το ευμεγέθες βλεφαριδοφόρο *Bresslauides discoideus* (έως 600  $\mu\text{m}$ ) διαθέτει μεγάλο στόμα και είναι ένα από τα μεγαλύτερα εδαφογενή βλεφαριδοφόρα. (b–e) Αντίθετα, το *Pseudoplatyophrya nana* είναι ένα μικροσκοπικό είδος (μήκους  $\sim 25 \mu\text{m}$ ) που τρέφεται αποκλειστικά με μύκητες και ζύμες. Τρέφεται με διατρητική λύση καθώς διαθέτει ένα μικροσκοπικό στοματικό σωληνίσκο (βέλη) που δημιουργεί ενζυματικά μικροσκοπικές οπές στο κυτταρικό τοίχωμα της λείας του(c, d).

# Πρωτόζωα

---

## ❑ Πρωτόζωα στο έδαφος – Οικολογικός ρόλος

- ❑ Αύξηση της ροής των θρεπτικών στο έδαφος προς όφελος των φυτών και των μικροοργανισμών
- ❑ Αύξηση του ρυθμού αποσύνθεσης της οργανικής ύλης => αύξηση της γονιμότητας του εδάφους
- ❑ Σημαντική ενίσχυση της αύξησης των φυτών
- ❑ Άμεσα αυξάνοντας τη διαθεσιμότητα του αζώτου και του φωσφόρου στο έδαφος και/ή έμμεσα ως αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων με άλλους οργανισμούς:
  - Θήρευση μικροβιακών πληθυσμών
  - Μείωση των πληθυσμών των παθογόνων βακτηρίων
  - Επίδραση στις παραγόμενες συγκεντρώσεις των φυτοορμονών στη ριζόσφαιρα
  - Ενίσχυση της αύξησης του ριζικού συστήματος των φυτών => καλύτερη πρόσληψη των θρεπτικών

# Πρωτόζωα

## ❑ Πρωτόζωα στο έδαφος – Οικολογικός ρόλος

### ❑ Ανάπτυξη γεωσκωλήκων

❑ Τα πρωτόζωα αποτελούν σημαντικό στοιχείο της διατροφής των γεωσκωλήκων προκειμένου οι τελευταίοι να φτάσουν στο στάδιο της αναπαραγωγικής ωριμότητας

- Το είδος *Eisenia fetida* (κόκκινοι σκώληκες) που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία στερεών αποβλήτων με γεοσκώληκες και την παραγωγή εδαφοβελτιωτικής κομπόστας

❑ Άλλα είδη γεωσκωλήκων όπως το *Aporrectodea caliginosa* βρέθηκαν να αναζητούν ενεργά μέρη με υψηλούς πληθυσμούς πρωτοζώων τα οποία χρησιμοποίησαν για τη διατροφή τους

- Τα νεαρά άτομα του *A. caliginosa* σε έδαφος με γυμνά κύτταρα αμοιβάδων διπλασίασαν το βάρος τους συγκριτικά με εδάφη όπου τα αμοιβαδοκύτταρα απουσίαζαν



*Aporrectodea caliginosa*



# Πρωτόζωα

---

## □ Πρωτόζωα ως βιοδείκτες στα εδαφικά οικοσυστήματα

□ Χαρακτηριστικά που καθιστούν τα πρωτόζωα κατάλληλους βιοδείκτες στα εδαφικά οικοσυστήματα:

1. Οι αλλαγές στην αφθονία και την ποικιλότητα τους επηρεάζουν τη δομή και τη γονιμότητα του εδάφους
2. Ανταποκρίνονται ταχύτατα στις περιβαλλοντικές αλλαγές (ταχύτατη ανάπτυξη - σύντομος βιολογικός κύκλος –εγκύστωση)
3. Άριστο εργαλείο στις βιοδοκιμές, παρέχοντας αποτελέσματα μέσα σε λίγες μόνο μέρες σε αντίθεση με άλλα συστήματα ευκαρυωτικών οργανισμών
4. Παρόμοιο γονιδίωμα με τα Μετάζωα – συσχετισμός των ανταποκρίσεων τους στις περιβαλλοντικές αλλαγές με ανώτερους οργανισμούς
5. Περιορισμένη διαφοροποίησης ως προς τα μορφολογικά και γενετικά χαρακτηριστικά ειδών με ευρεία γεωγραφική κατανομή – παγκόσμιοι βιοδείκτες



# Πρωτόζωα

---

## ❑ Ο ρόλος των Πρωτοζώων στα Συστήματα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων

- ❑ Συμβολή στην ενίσχυση της ανοργανοποίησης του άνθρακα των οργανικών ενώσεων από άλλους μικροοργανισμούς
- Άμεση επίδραση: η θήρευση των βακτηρίων και διατροφή με αιωρούμενα σωματίδια=> ενεργή συμμετοχή στον καθαρισμό των εκρεόντων επεξεργασμένων αποβλήτων
- Έμμεση επίδραση: έκκριση θρεπτικών συστατικών ή άλλων ουσιών που ευνοούν την αύξηση και ανάπτυξη των βακτηρίων –Περιορισμένη σημασία σε περιπτώσεις αποβλήτων με χαμηλό οργανικό φορτίο
- ❑ Συμμετοχή σε συστήματα απομάκρυνσης του N: αύξηση του ρυθμού της νιτροποίησης ανα κύτταρο πιθανότατα εξαιτίας της ικανότητας τους να επηρεάζουν την αύξηση των βακτηρίων
- ❑ Δείκτες της καλής λειτουργίας των συστημάτων ενεργοποιημένης λάσπης – Διαφορετική απόκριση των διαφορετικών ειδών και των διαφορετικών λειτουργικών ομάδων στις επικρατούσες συνθήκες => διαφορετικές αποκρίσεις στις συγκεντρώσεις οργανικού άνθρακα, διαλυτού οξυγόνου, στην παρουσία τοξικών ουσιών, διαφορετική ευαισθησία σε βαρέα μέταλλα

# Πρωτόζωα

---

## ❑ Διασπορά πρωτοζώων από Φυτά και Ζώα

### ❑ Διασπορά από τα φυτά

- Τα φυτά μεταφέρουν τους πληθυσμούς των εδαφικών πρωτοζώων με το ριζικό τους σύστημα, καθώς αυτό αναπτύσσεται, διαμέσου του εδάφους στη ριζόσφαιρα
- Τα φυτά συναντούν και μεταφέρουν τα πρωτόζωα σε τμήματα της οργανικής ύλης με τα οποία οι ρίζες τους έρχονται σε επαφή

### ❑ Διασπορά από τα ζώα

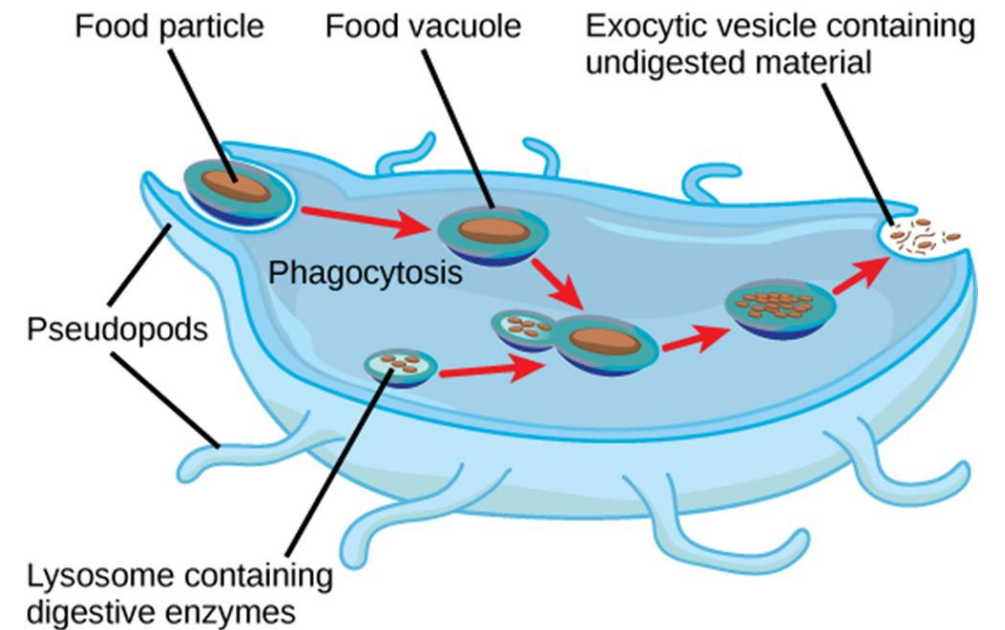
- Η μεταφορά πρωτοζώων από τα ζώα μπορεί να πραγματοποιηθεί με κινήσεις των ζώων όπως το σκάψιμο που μπορεί να οδηγήσει σε εκτοπισμό των πρωτοζώων και την εγκατάστασή τους σε νέα περιοχή
- Μέσω προσκόλλησης στην επιφάνεια του σώματος των ζώων και μεταφορά τους σε μεγαλύτερη απόσταση
- Μέσω της σίτισης. Οι ενεργές μορφές πέπτονται, αλλά οι κύστες μπορούν να περάσουν από το έντερο και να αποβληθούν με τα αποχωρήματα σε μεγαλύτερες αποστάσεις από το γύρω έδαφος

# Πρωτόζωα

## □ Πρωτόζωα και σίτιση με βακτήρια

- Τα πρωτόζωα προσλαμβάνουν τα βακτήρια με **φαγοκυττάρωση**: Εγκόλπωση της κυτταρικής μεμβράνης ενζυματική διάσπαση και αφομοίωση των βακτηριακών κυττάρων
- Η σύλληψη και η συγκέντρωση της τροφής από το περιβάλλον γίνεται με διαφορετικούς μηχανισμούς
  - Άμεση σύλληψη (Direct interception)
  - Σίτιση με διήθηση (Filter-feeding)
  - Σίτιση με διάχυση (Diffusion feeding)
  - Αρπακτική σίτιση (Raptorial feeding)
  - Σύλληψη (Grasping)

### Phagocytosis



# Πρωτόζωα

---

## □ Πρωτόζωα και σίτιση με βακτήρια

- **Άμεση σύλληψη (Direct interception):** Τα πρωτόζωα συλαμβάνουν και περικλείουν τη λεία τους
- **Σίτιση με διήθηση (Filter-feeding):** Δημιουργία ρεύματος νερού με την ενεργή συμμετοχή των πρωτοζώων και συλλογή και συγκεντρωση των σωματιδίων της τροφής μέσω ενός φίλτρου και μετέπειτα μεταφορά του στην επιφάνεια του κυττάρου (κοινός μηχανισμός σε βλεφαριδοφόρα, απαντάται και σε εδαφικά είδη με μικρότερη ωστόσο σημασία)
- **Σίτιση με διάχυση (Diffusion feeding):** Βασίζεται στην κινητικότητα της λείας και όχι του θηρευτή. Τα σωματίδια της λείας παγιδεύονται στο δίκτυο από τα ψευδοπόδια ή σε βλενώδεις εκκρίσεις (απαντάται σε τρηματοφόρα, όχι συχνά στο έδαφος)



# Πρωτόζωα

---

## ❑ Πρωτόζωα και σίτιση με βακτήρια

- ❑ **Αρπακτική σίτιση (Raptorial feeding):** Αναφέρεται σε κινητά πρωτόζωα που ψάχνουν ενεργά για τροφή συχνά κατά μήκος επιφανειών
- ❑ **Σύλληψη (Grasping)** (σίτιση σε προσκολλημένα βακτήρια, π.χ. σε βιοφίλμ): Στο έδαφος τα περισσότερα βακτήρια βρίσκονται προσκολλημένα στα σωματίδια του εδάφους ή σε υλικό που αποσυντίθεται => συνηθισμένος μηχανισμός διατροφής σε εδαφικά είδη (γυμνά κύτταρα αμοιβάδας, βλεφαριδοφόρα κ.α.)

# Πρωτόζωα

---

## ❑ Πρωτόζωα και σίτιση με βακτήρια

### ❑ Επιλεκτική σίτιση

❑ Ορισμένα πρωτόζωα εμφανίζουν επιλεκτική σίτιση με βάση το **μέγεθος** των βακτηρίων

Π.χ. βλεφαριδοφόρα και μαστιγοφόρα που τρέφονται με διήθηση προτιμούν μετρίου μεγέθους βακτήρια, σε αντίθεση οι αμοιβάδες και τα μαστιγοφόρα που προσλαμβάνουν την λεία τους με απλή φαγοκυττάρωση δεν περιορίζονται από το μέγεθος της λείας

❑ Η υψηλή **κινητικότητα** των βακτηρίων μπορεί να επηρεάσει την αποδοτικότητα των πρωτοζώων θηρευτών

❑ Η ικανότητα των βακτηρίων να **σχηματίζουν μικροαποικίες ή βιοστρώματα** διαμέσου της έκκρισης πολυσακχαριτών μειώνει τις πιθανότητες για θήρευση τους



**Παθητικοί μηχανισμοί επιλογής – Φυσικές αλληλεπιδράσεις**

# Πρωτόζωα

---

## ❑ Πρωτόζωα και σίτιση με βακτήρια

### ❑ Επιλεκτική σίτιση

- ❑ Υπάρχουν ενδείξεις για **ενεργή επιλογή** μεταξύ ισομεγεθών βακτηρίων που πιθανόν να οφείλεται στις ιδιότητες της επιφάνειας των βακτηριακών κυττάρων με το οποίο έρχεται σε επαφή το κύτταρο του πρωτοζώου κατά τη φαγοκυττάρωση

π.χ. μαστιγοφόρα εμφάνισαν τη δυνατότητα να απεκκρίνουν κύτταρα κυανοβακτηρίων λίγα λεπτά μετά την πρόσληψη

- ❑ Τα διάφορα είδη βακτηρίων ποικίλουν ως προς τη θρεπτική τους αξία με αποτέλεσμα να επηρεάζεται ο ρυθμός αύξησης των πρωτοζώων από τον τύπο της βακτηριακής τροφής που καταναλώνουν, ωστόσο δεν είναι πλήρως γνωστό σε τι βαθμό τα πρωτόζωα μπορούν να επιλέξουν τη βακτηριακή λεία τους με βάση την θρεπτική της αξία
- ❑ Οι ρυθμοί αύξησης των πρωτοζώων αυξάνουν με την πυκνότητα των βακτηρίων

# Πρωτόζωα

---

## ❑ Οικολογικές συνεπειες των αλληλεπιδράσεων

### ❑ Αύξηση βακτηριακής δραστηριότητας

- ❑ Η θήρευση επηρεάζει τους πληθυσμούς των βακτηρίων - Τα πρωτόζωα μειώνουν την αφθονία των βακτηρίων σε συστήματα με υψηλή μικροβιακή δραστηριότητα
- ❑ Μείωση της αφθονίας των βακτηρίων λόγω θήρευσης συνοδεύεται από αύξηση της βακτηριακής δραστηριότητας και της μικροβιακής διεργασίας της νιτροποίησης
- ❑ Η αυξημένη δραστηριότητα των βακτηρίων πληθυσμών που θηρεύονται μπορεί να οφείλεται:
  - Παροχή περίσσειας αζώτου στα βακτήρια από τους θηρευτές τους
  - Οι πληθυσμοί των βακτηρίων που θηρεύονται είναι πιο ενεργοί μεταβολικά καθώς αποβάλλονται τα γηρασμένα κύτταρα από τον πληθυσμό
  - Πιθανή παραγωγή από τα πρωτόζωα μεταβολιτών που προωθούν την ανάπτυξη των βακτηρίων



# Πρωτόζωα

---

- ❑ **Οικολογικές συνεπειες των αλληλεπιδράσεων**
- ❑ **Αλλαγές στη σύσταση των βακτηριακών κοινοτήτων**
- ❑ Η θήρευση μεταβάλλει τη σύσταση των μικροβιακών κοινοτήτων
  - Μέσω επιλεκτικής σίτισης ορισμένων τύπων βακτηρίων
  - Μέσω αλλαγών στη συγκριτική ισορροπία μεταξύ των διαφορετικών πληθυσμών των βακτηρίων ως αποτέλεσμα της γενικότερης επίδρασης της θήρευσης στις περιβαλλοντικές συνθήκες (π.χ. αυξημένη διαθεσιμότητα αζώτου και φωσφόρου)

# Πρωτόζωα

---

## ❑ Οικολογικές συνεπειες των αλληλεπιδράσεων

### ❑ Προώθηση της αύξησης των φυτών

- ❑ Η αλληλεπίδραση των πρωτοζώων με τα βακτήρια συνήθως αυξάνει την ανοργανοποίηση του αζώτου και την πρόσληψή του από τα φυτά και προωθεί την αύξηση των φυτών
- ❑ Μεταβολή της δομής της βακτηριακής κοινότητας
- ❑ Η επιλεκτική θήρευση πιθανότατα ευνοεί την επιβίωση βακτηρίων που προάγουν την παραγωγή αυξητικών φυτοορμονών (π.χ. ινδολ-3-οξικό οξύ) – παρουσία πρωτοζώων περισσότερο διακλαδισμένο ριζικό σύστημα

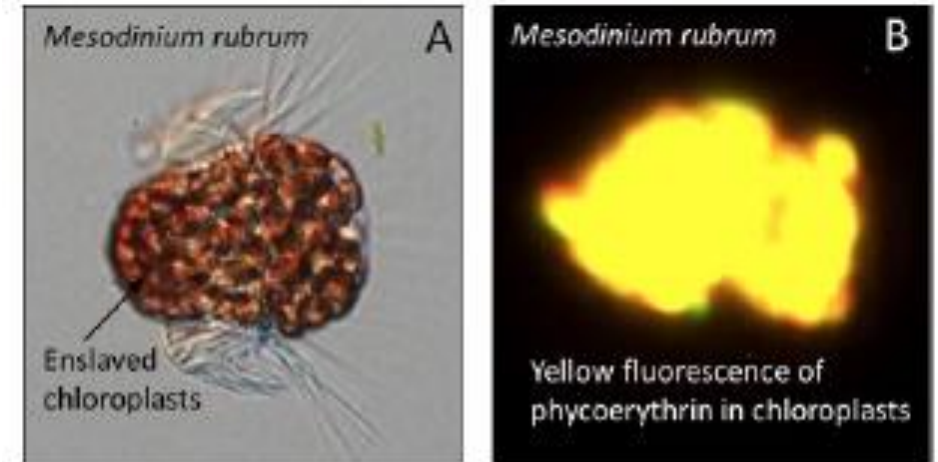
# Πρωτόζωα

## ❑ Πρωτόζωα και συμβιωτικές σχέσεις με φύκη

- ❑ Ορισμένα φύκη συμβιώνουν με πρωτόζωα στα οποία παρέχουν μέρος των προϊόντων της φωτοσύνθεσης
- ❑ Τα πρωτόζωα από την άλλη πλευρά παρέχουν καταφύγιο και άνθρακα και απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για την αύξηση των φυκών

**Παράδειγμα:** Βλεφαριδοφόρο *Mesodinium rubrum* και ενδοσυμβίωση με ροδόχρωο φύκος => έχει χάσει την ικανότητα να τρέφεται και βασίζεται εξ ολοκλήρου στον ενδοσυμβιώτη για την επιβίωση του- Είναι το μόνο εντελώς φωτοσυνθετικό είδος

- ❑ Άλλα πρωτόζωα καταναλώνουν φωτοτροφικά μαστιγοφόρα



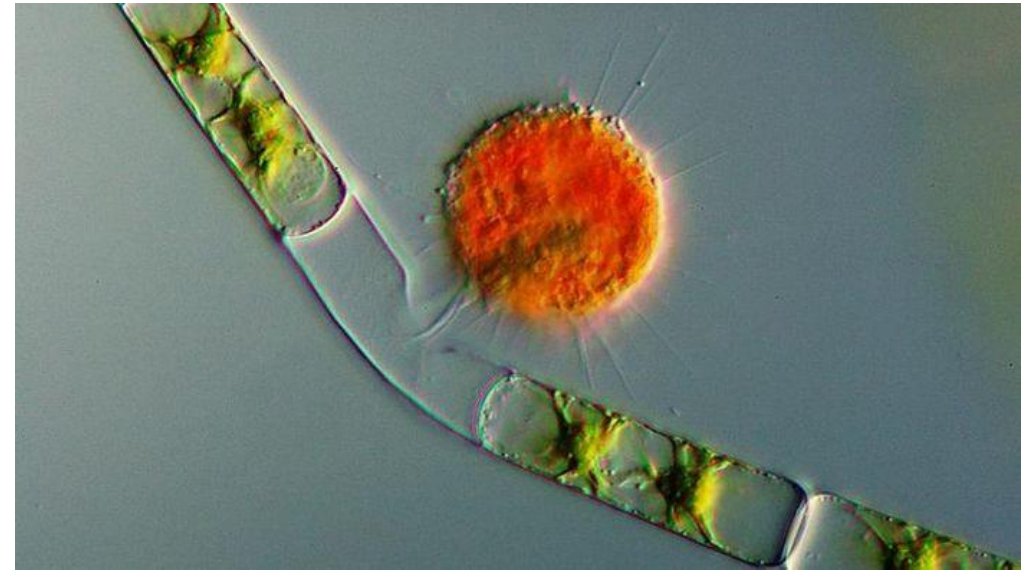
**Figure 1. A)** Micrograph of the ciliate *Mesodinium rubrum* with enslaved cryptophyte chloroplasts (courtesy of NOAA Phytoplankton Monitoring Network); **B)** Fluorescent microscopy shows characteristic yellow fluorescence (565-570 nm) of *Mesodinium rubrum* due to high amounts of phycoerythrin pigment. Figure modified from (8).

# Πρωτόζωα

## □ Υδρόβια πρωτόζωα και θήρευση

### □ Θήρευση του φυτοπλαγκτόν από τα πρωτόζωα

- Εκτιμάται ότι τουλάχιστον το ήμισυ της παραγωγής φυτοπλαγκτόν στα θαλάσσια ύδατα καταναλώνεται από πρωτόζωα
- Τα πλαγκτονικά πρωτόζωα εκκρίνουν άζωτο και φώσφορο σε υψηλούς ρυθμούς και συμμετέχουν ενεργά στην ανακύκλωση των βασικών θρεπτικών συστατικών και στα υδάτινα συστήματα

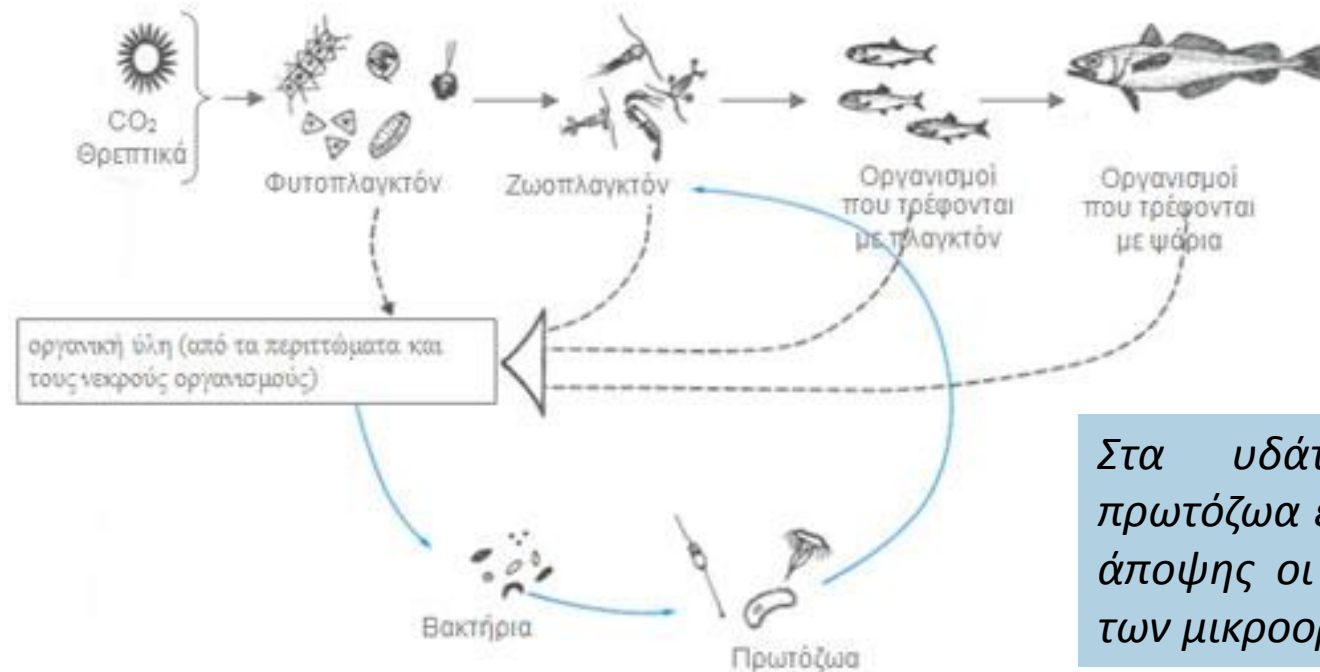




# Πρωτόζωα

## □ Υδρόβια πρωτόζωα και θήρευση

- Εκτός από το φυτοπλαγκτόν τα πρωτόζωα που διαβιούν σε υδάτινα οικοσυστήματα αποτελούν καταναλωτές βακτηρίων και κυανοβακτηρίων
- Τα πρωτόζωα συνεισφέρουν επίσης στη συνολική παραγωγή ζωοπλαγκτόν σε λήμνια ύδατα μεταφέροντας βιομάζα από το πλανκτονικό μικροβιακό τροφικό δίκτυο στο μεταζωικό ζωοπλαγκτόν



Στα υδάτινα περιβάλλοντα τα πρωτόζωα είναι από περιβαλλοντικής άποψης οι πιο σημαντικοί θηρευτές των μικροοργανισμών

# Πρωτόζωα

---

## ❑ Υδρόβια πρωτόζωα και συμβιωτικές σχέσεις

- ❑ Τα περισσότερα ελεύθερα διαβιούντα αναερόβια μαστιγοφόρα που ζούν σε υδατοσυλλογές γλυκού νερού φέρουν ως ενδοσυμβιώτες μεθανιογόνα και ορισμένα αναπτύσσουν σχέσεις εκτόσυμβίωσης με θειοαναγωγικά βακτήρια
- ❑ Πολλά πρωτόζωα είναι μικροαερόβια και προτιμούν περιβάλλοντα με περιορισμένο οξυγόνο. Το γεγονός αυτό τα φέρνει σε επαφή με συγκεκριμένες ομάδες μικροοργανισμών και διευκολύνει τη διατήρηση σχέσεων με συμβιωτικούς οργανισμούς που ενισχύουν τη θρέψη τους όπως τα θειο-αναγωγικά βακτήρια και ενδοσυμβιωτικά φύκη

# Πρωτόζωα

