

## Γ. ΠΡΩΤΟΖΩΑ

### *Fabrea salina*



#### Συστηματική κατάταξη

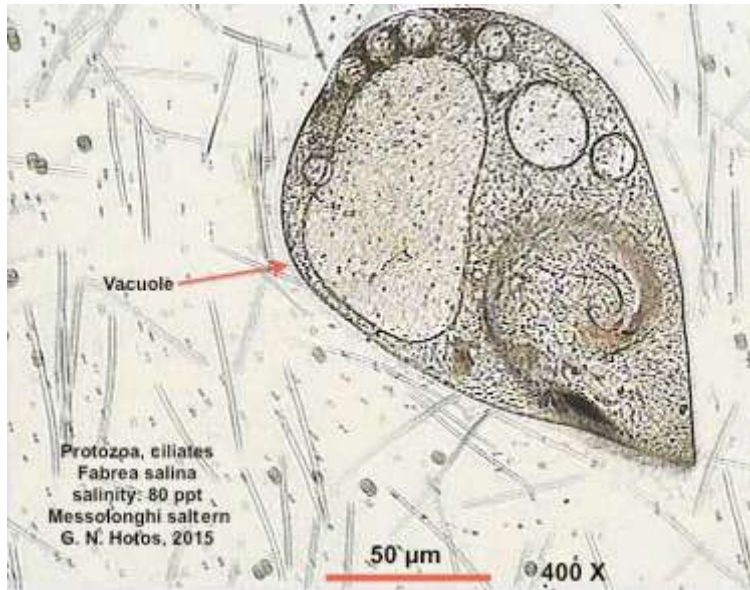
Βασίλειο:	ΠΡΩΤΙΣΤΑ (Protista)
Φύλο:	ΒΛΕΦΑΡΙΔΟΦΟΡΑ (Ciliophora)
Υποφύλο:	ΟΠΙΣΘΟΒΛΕΦΑΡΙΔΕΣΜΑΤΟΦΟΡΑ (Postciliodesmatophora)
Ομοταξία:	ΕΤΕΡΟΤΡΙΧΑ (Heterotrichea)
Τάξη:	ΕΤΕΡΟΤΡΙΧΙΔΙΑ (Heterotrichida)
Οικογένεια:	Climacostomidae
Γένος:	<i>Fabrea</i>
Είδος:	<i>Fabrea salina</i> Henneguy 1890

Το κύτταρο του *Fabrea salina* είναι αρκετά μεγάλο παρουσιάζοντας μεγάλη ποικιλία μεγεθών (150-350 μm κατά τον μεγάλο άξονα) και σε γενικές γραμμές μεγαλύτερο από άλλα βλεφαριδωτά πρωτόζωα. Το σχήμα του κυττάρου παρουσιάζει ποικιλομορφία (Εικόνα 60) καθώς αποτελείται από ένα ογκώδες σφαιρικό κατά κάποιο τρόπο κυρίως "σώμα" και μια προεξέχουσα δομή σαν ρύγχος το οποίο συμβάλλει πολύ στην ποικιλομορφία καθώς το μήκος του ποικίλλει. Η ρυγχοειδής περιοχή (snout) αποτελεί το 25 με 35% του κυτταρικού μήκους. Το ρύγχος λεπταίνει προοδευτικά και θυμίζει προβοσκίδα. Ο χρωματισμός του κυττάρου είναι καφετί αλλά μπορεί να γίνεται πολύ σκούρος ενίοτε πλησιάζοντας το μαύρο ιδιαίτερα όταν το πρωτόζωο έχει τραφεί μέχρι κορεσμού, κατάσταση που εμφανίζεται ως κυτταρόπλασμα γεμάτο με πλήρη κυττάρων τροφής κενοτόπια (Εικόνες 70-73). Ενίοτε αν τα κενοτόπια είναι γεμάτα με χλωροφύκη η εμφάνιση του κυττάρου γίνεται πρασινωπή. Ενίοτε επίσης η εμφάνιση (προφανώς λόγω της θρέψης) γίνεται κιτρινο-γκρίζα. Αν το κύτταρο έχει στερηθεί για καιρό της τροφής η εμφάνιση του πρωτοπλάσματος είναι ημιδιαφανής και τότε μπορούν να διακριθούν διάφορα ποικίλου μεγέθους κοκκία τα οποία σε μεγάλη μεγέθυνση μικροσκοπίου παρουσιάζουν κινητικότητα "ανακατέματος" εντός του κυττάρου. Ο μακροπυρήνας με προσεκτική παρατήρηση διακρίνεται ως μια ζωνώδης περιοχή συνεστραμμένη σε σχήμα "S" (Εικόνα 63). Συχνά όμως ο μακροπυρήνας είναι δύσκολο να διακριθεί καθώς το κυτταρόπλασμα είναι γεμάτο από κενοτόπια. Οι μικροπυρήνες είναι πολλοί και

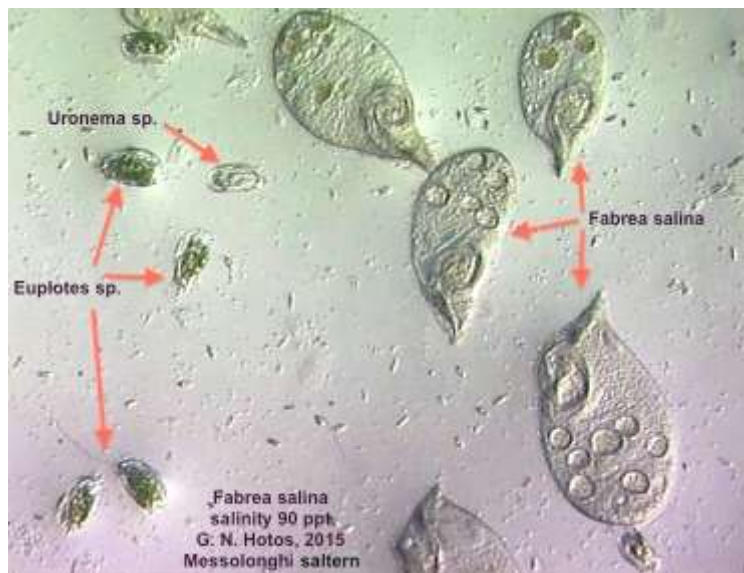
διασκορπισμένοι στο κυτταρόπλασμα και πολύ δύσκολα διακρίνονται. Κατά μήκος του κυττάρου υπάρχουν δυσδιάκριτες έως αφανείς περί τις 150 συνωστισμένες γραμμές μικροκινετιδίων. Στη βάση "έκφυσης" του ρύγχους σχηματίζεται μια μεγάλη χοανοειδής κοιλότητα σαν στόμα που οδηγεί στο εσωτερικό του κυττάρου μέσω του κυτταροφάρυγγα. Η χοανοειδής περιοχή έχει καθ' όλη την περιφέρειά της μακριές βλεφαρίδες τις μεμβρανέλλες (περί τις 200) οι οποίες παλλόμενες συνεχώς δημιουργούν στροβιλισμό που παρασύρει στη χοάνη μικροσωματίδια τροφής (Εικόνες 61, 62 & 63). Σε όλη την επιφάνεια του κυττάρου υπάρχουν βλεφαρίδες που πάλλονται. Η κίνηση των βλεφαρίδων δίδει στο κύτταρο κίνηση η οποία συνήθως είναι γραμμική ομαλή, ράθυμη ή κατά διαστήματα λίγο γρήγορη χωρίς όμως τινάγματα ή αστραπιαίες μετατοπίσεις. Ενίοτε το κύτταρο στροβιλίζεται χαλαρά ενώ κινείται και κατά διαστήματα σταματά και δίδει την εντύπωση αιώρησης στο νερό. Σύμφωνα με μελέτες, οι βλεφαρίδες χρησιμοποιούνται επίσης για να σέρνονται κατά το μήκος των επιφανειών, καθώς και για την προσκόλληση και την αίσθηση. Επομένως, εκτός από το να βοηθήσουν τον οργανισμό να μετακινηθεί από μια περιοχή στην άλλη, επιτρέπουν στο *F. salina* να αισθανθεί οποιεσδήποτε αλλαγές στο περιβάλλον του και ως εκ τούτου να είναι σε θέση να ανταποκριθεί αποτελεσματικά. Σε σύγκριση με τα μαστίγια που υπάρχουν σε άλλους μονοκύτταρους οργανισμούς, οι βλεφαρίδες είναι πιο πολυάριθμες και μικρές και μπορεί να καλύπτουν ολόκληρη την επιφάνεια του οργανισμού. Μέσω της συντονισμένης κίνησης τους είναι σε θέση να μετακινείται ταχύτερα.



Εικόνα 60. Κύτταρα *F. salina* με χαρακτηριστικό τη μεγάλη ευπλαστικότητα στη μορφή.



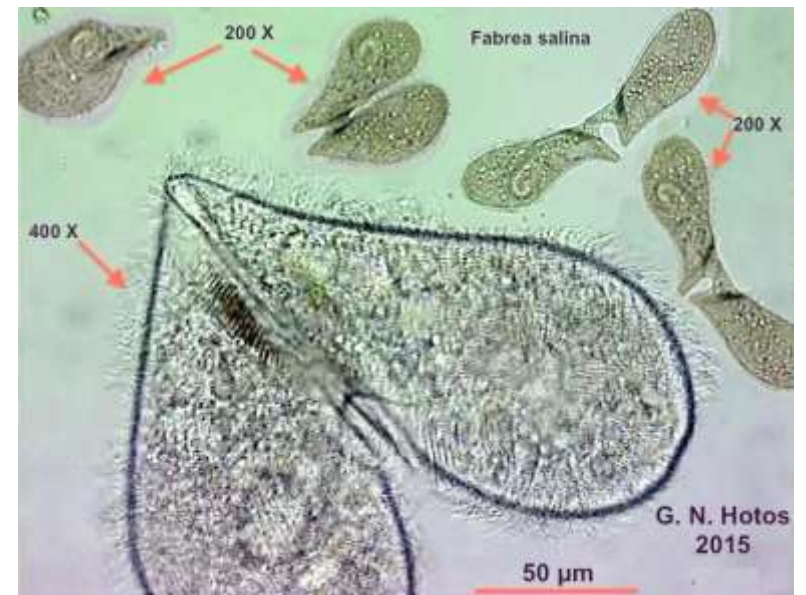
Εικόνα 61. Τυπικό κύτταρο του *F. salina* με ένα μεγάλο και πολλά μικρά κενά κενοτόπια.



Εικόνα 62. Κύτταρα του *F. salina* σε σύγκριση με άλλα μικρότερα βλεφαριδωτά πρωτόζωα (*Euplotes*, *Uronema*).

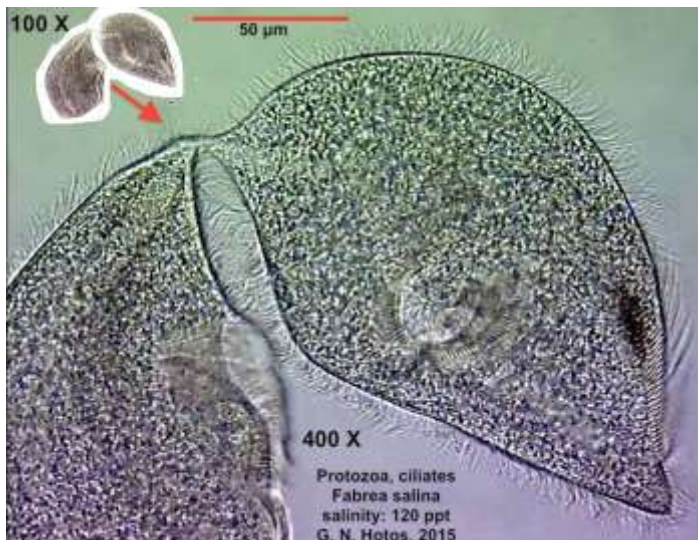


Εικόνα 63. Ο σιγμοειδούς σχήματος μακροπυρήνας του *F. salina*



Εικόνα 64. Κολάζ διάφορων φάσεων κατά τη σύζευξη (conjugation) του *F. salina*.

Το *F. salina* αναπαράγεται αγενώς με απλή κυτταρική διαίρεση (Εικόνα 65) και με τον ιδιόμορφο τρόπο της σύζευξης (conjugation) δύο ατόμων που ανταλλάσσουν γενετικό υλικό (Εικόνα 64). Κατά την διάρκεια της σύζευξης, δύο άτομα *F. salina* έρχονται σε επαφή μεταξύ τους σχηματίζοντας κυτταροπλασματική γέφυρα. Αυτό ακολουθείται από μια διαδικασία γνωστή ως μείωση των μικροπυρήνων των κυττάρων για την παραγωγή απλοειδών μικροπυρήνων. Μερικοί από τους απλοειδείς πυρήνες υφίστανται διάλυση ενώ οι υπόλοιποι διαιρούνται σε δύο μέσω μίτωσης και στα δύο κύτταρα. Ένας από τους δύο πυρήνες τότε μετακινείται προς το άλλο κύτταρο μέσω της κυτταροπλασματικής γέφυρας όπου έρχεται σε επαφή με τους μικροπυρήνες του άλλου κυττάρου για να σχηματίσει ένα διπλοειδή πυρήνα που τελικά σχηματίζει έναν μακροπυρήνα μόλις τα κύτταρα διαχωριστούν. Αυτό ακολουθείται από τη διαίρεση του πρωτοπλάσματος (ενώ ο μακροπυρήνας διαιρείται σε δύο) για να σχηματίσει δύο θυγατρικά κύτταρα. Κάθε ένα από τα θυγατρικά κύτταρα θα έχει έναν μακροπυρήνα και έναν μικροπυρήνα. Κατά τη φάση της επαφής της αναπαραγωγής, ο μικροπυρήνας του κυττάρου περνάει από τη μίτωση (δύο διπλοειδείς μικροπυρήνες) ενώ ο μακροπυρήνας διαιρείται σε δύο. Το κύτταρο στη συνέχεια χωρίζεται σε δύο με ένα από κάθε μακροπυρήνα και μικροπυρήνα σε κάθε ένα από τα νέα κύτταρα. Ενίοτε (αν και σπανίως για λόγους που δεν είναι κατανοητοί) και παρόλο που δεν αναφέρεται στη βιβλιογραφία, παρατηρήσαμε αναπαραγωγή με εκβλάστηση (budding – Εικόνα 66) .

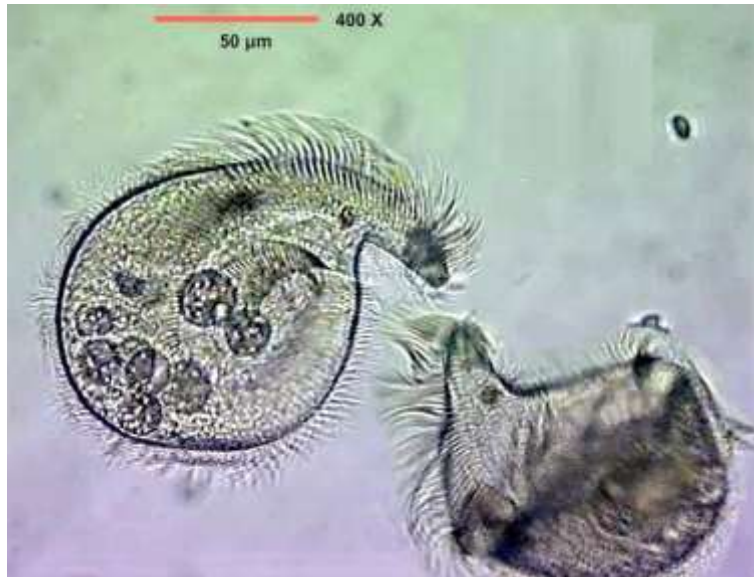


Εικόνα 65. Τελικό στάδιο διαχωρισμού των θυγατρικών κυττάρων κατά την αγενή αναπαραγωγή του *F. Salina*.



Εικόνα 66. Λεπτομέρεια της εκβλάστησης σε ένα κύτταρο *F. salina*.

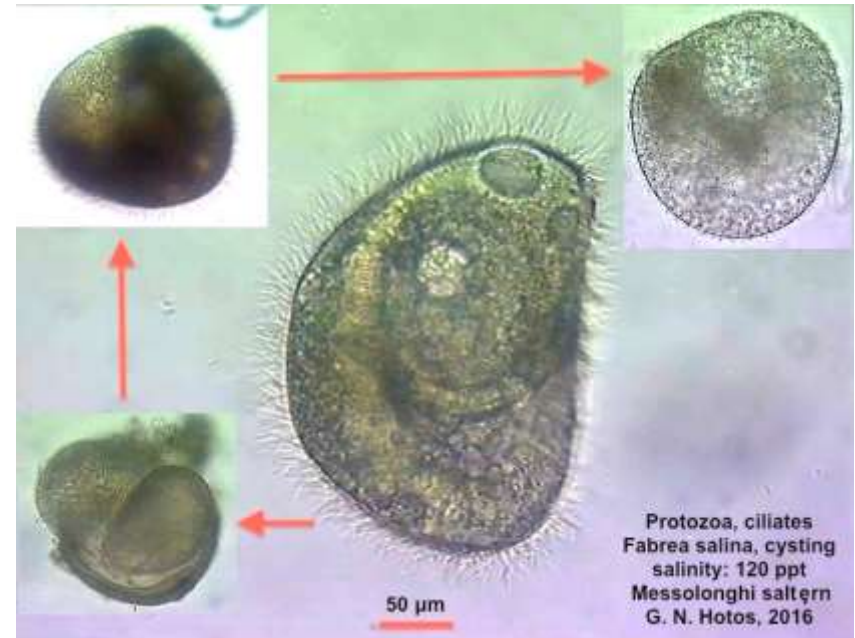
Το *Fabrea salina* είναι πρωτόζωο αποκλειστικώς των αλμυρών νερών, μονήρες, πελαγικό-πλαγκτονικό, δεν σχηματίζει αποικίες και ακμάζει σε λεκάνες υψηλής αλατότητας. Η αντοχή του στην αλατότητα είναι εκπληκτική προφανώς λόγω ιδιαίτερης ωσμωρυθμιστικής ικανότητας και παρόλο που το ανώτατο όριο αντοχής του δεν έχει επαρκώς μελετηθεί, υπάρχουν ευρήματα τόσο στη φύση όσο και στο εργαστήριο που δείχνουν ότι αντέχει και σε 200 ppt. Αντίθετα η αντοχή του σε νερό χαμηλής αλατότητας δεν είναι το ίδιο μεγάλη και παρόλο που και το όριο της ελάχιστης αλατότητας δεν έχει και αυτό επαρκώς μελετηθεί, φαίνεται ότι είναι κάπου μεταξύ 25 και 30 ppt. Άλλες αξιοσημείωτες ιδιότητές του είναι (σύμφωνα με παρατηρήσεις του εργαστηρίου μας) η σταδιακή μείωση του μεγέθους των κυττάρων σε παλιές καλλιέργειες και η τελική επικράτηση αποκλειστικά ατόμων πολύ μικρού μεγέθους (συρρίκνωση) με χαρακτηριστικό σχήμα (Εικόνα 67). Αν αφεθούν κι άλλο οι καλλιέργειες τελικά τα άτομα διαλύονται ή ενकुστώνονται (Εικόνα 69). Όμως εγκύστωση μπορεί να παρατηρηθεί και στα μεγάλα μεγέθους άτομα για λόγους που δεν είναι απόλυτα κατανοητοί. Ενδέχεται να προκαλείται (η εγκύστωση) από πτώση της θερμοκρασίας ή της αλατότητας, αλλά σίγουρα ένας άγνωστος συνδυασμός παραγόντων την προκαλεί. Από τις κύστεις αυτές (Εικόνα 68) που αντέχουν για πολύ καιρό στην αφυδάτωση, μπορεί να προκύψουν κατόπιν υγιή κανονικά κύτταρα.



Εικόνα 67. Χαρακτηριστικής μορφής «νανισμένα» άτομα *F. salina*.



Εικόνα 68. Κύστη *F. salina*.

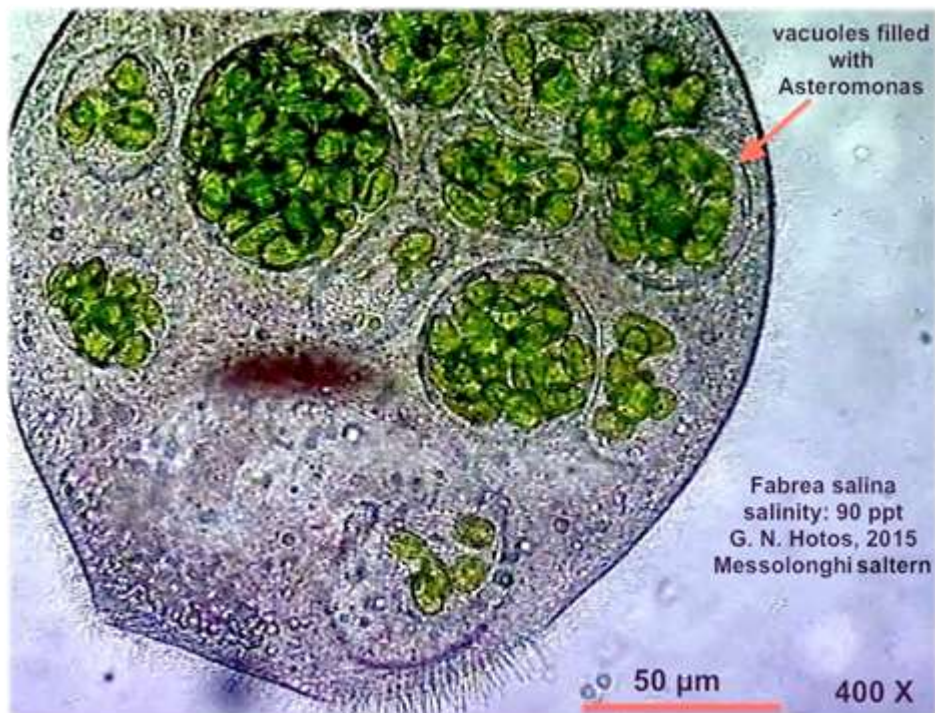


Εικόνα 69. Κολάζ φάσεων διαδικασίας εγκύστωσης του *F. salina*.

Στις υπεράλμυρες λεκάνες των αλυκών, το *Fabrea* ενίοτε αποτελεί το κυρίαρχο πρωτόζωο προφανώς λόγω της υπεροχής του σε αντοχή της υπεραλατότητας έναντι των άλλων ειδών. Τρέφεται διηθώντας το νερό και κατακρατά μεγάλες ποσότητες από το κυρίαρχο μικροφύκος *Dunaliella salina* που επίσης αναπτύσσεται μαζικά στην υπεραλατότητα. Όμως έχει αποδειχθεί πειραματικώς ότι το *Fabrea* μπορεί να τραφεί και με ποικίλα άλλα πλαγκτονικά μικροφύκη όπως το αλοανθεκτικό χλωροφύκος *Asteromonas gracilis* καθώς και ποικίλα κυανοβακτήρια ή άλλα βακτήρια. Στα καλώς διατραφέντα άτομα υπάρχουν πολλά κενοτόπια γεμάτα με τα καταποθέντα φύκη και ενώ σε άλλα κενοτόπια η πέψη φαίνεται να έχει προχωρήσει, σε άλλα τα μικροφυκικά κύτταρα φαίνονται ανέπαφα (Εικόνα 71). Ενδέχεται να είναι μια μορφή συμβίωσης κατά την οποία το μεν *Fabrea* ωφελείται από την πλεονάζουσα φωτοσυνθετική παραγωγή των μικροφυκών ενώ το φύκος είναι άγνωστο τι είδους ωφέλεια αποκομίζει. Ενίοτε επίσης τα κενοτόπια αυτά αδειάζουν το περιεχόμενό τους στο νερό και τότε παρατηρείται ότι τα ελευθερωμένα μικροφύκη επανακτούν την κινητικότητά τους. Η σημασία αυτού του φαινομένου παραμένει άγνωστη. Πάντως δεν έχει παρατηρηθεί να καταναλώνει το *Fabrea* άλλα πρωτόζωα μικρότερου μεγέθους.



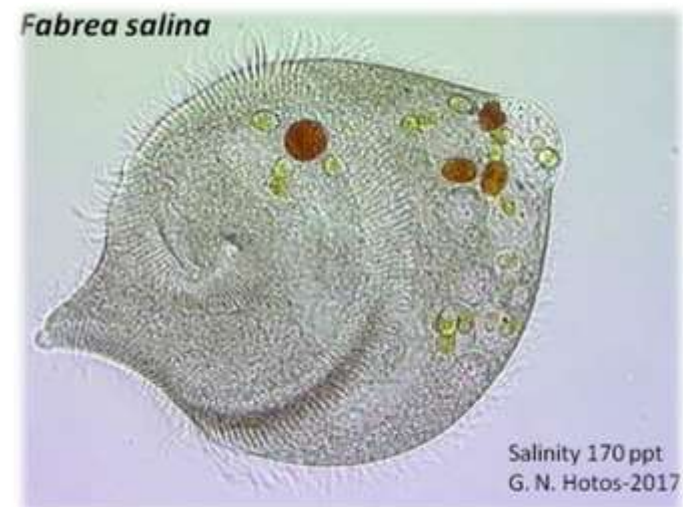
Εικόνα 70. Α: Κύτταρο *F. salina* μη τραφέν. Β: Κενοτόπια γεμάτα με χλωροφύκη.



Εικόνα 71. Κύτταρο *F. salina* με κενοτόπια γεμάτα με κύτταρα του χλωροφύκου *Asteromonas gracilis*. Ενδέχεται να μην υφίστανται πέψη αλλά να συμβιώνουν επωφελώς για το πρωτόζωο.



Εικόνα 72. Κύτταρο *F. salina* τραφέν με το κρυπτοφύκος *Rhodomonas salina* τα κύτταρα του οποίου υφίστανται πέψη βάζοντας ροζέ τα κενοτόπια με το περιεχόμενό τους.



Εικόνα 73. Κύτταρο *F. salina* τραφέν με το χλωροφύκος *Dunaliella salina* με το χαρακτηριστικό κόκκινο χρώμα τους (λόγω καρωτενοειδών χρωστικών) στις λεκάνες υψηλής αλατότητας των αλυκών Μεσολογίου.

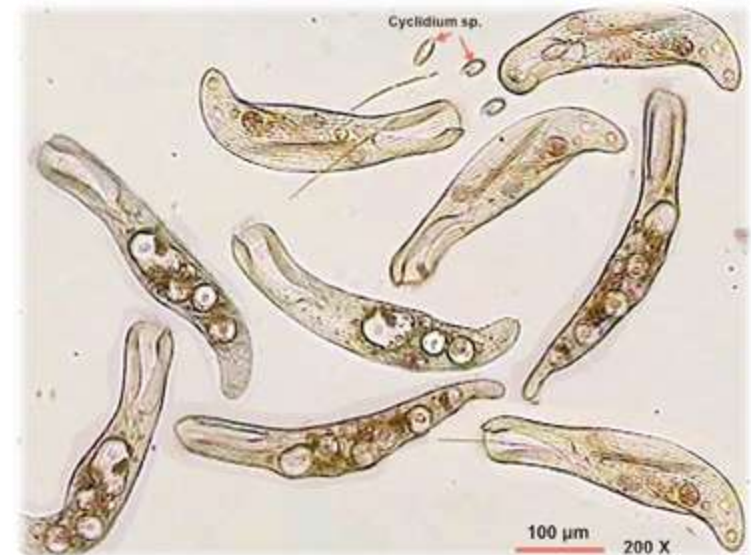
## *Condylostoma* sp.



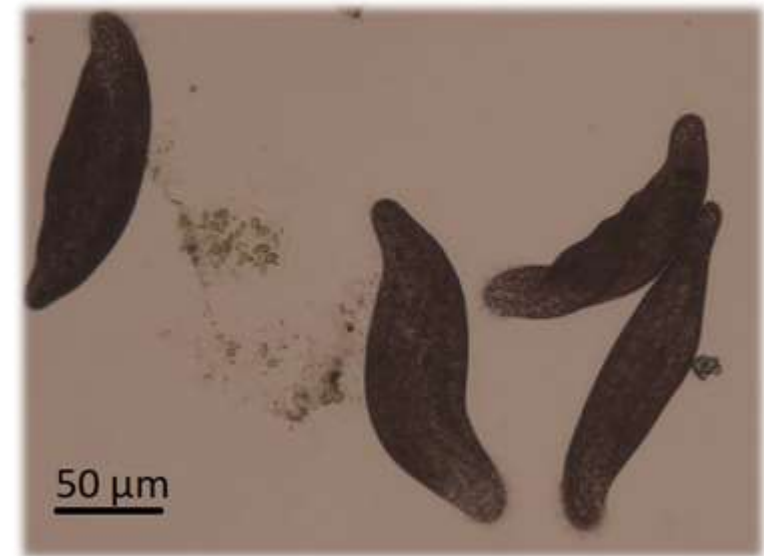
### Συστηματική κατάταξη

Βασίλειο:	ΠΡΩΤΙΣΤΑ (Protista)
Φύλο:	ΒΛΕΦΑΡΙΔΟΦΟΡΑ (Ciliophora)
Υποφύλο:	ΟΠΙΣΘΟΒΛΕΦΑΡΙΔΕΣΜΑΤΟΦΟΡΑ (Postciliodesmatophora)
Ομοταξία:	ΕΤΕΡΟΤΡΙΧΑ (Heterotrichea)
Τάξη:	ΕΤΕΡΟΤΡΙΧΙΔΙΑ (Heterotrichida)
Οικογένεια:	Condylostomatidae
Γένος:	<i>Condylostoma</i>
Είδος:	<i>Condylostoma</i> sp.

Το απομονωθέν είδος *Condylostoma* sp. αποδείχθηκε πολύ ανθεκτικό σε συνθήκες εργαστηρίου, αναπαραγόμενο γρήγορα, τρεφόμενο με κάθε σχεδόν είδος μικροφυκών, φτάνοντας σε υψηλές πυκνότητες. Αντίθετα με τη συνήθη εμφάνιση των κυττάρων των ειδών του γένους αυτού (Εικόνα 74), το συγκεκριμένο στέλεχος που καλλιεργούμε είναι σκουρο-κόκκινου έως μαύρου χρωματισμού με αποτέλεσμα να μη διακρίνεται τίποτα από την εσωτερική του δομή (Εικόνες 75-77). Το μέγεθός του κυμαίνεται σε 260-330 μm κατά τον επιμήκη άξονα και 66-72 μm κατά τον εγκάρσιο. Η επιφάνεια του κυττάρου καλύπτει περί τα 13.000 μm<sup>2</sup>. Είναι βενθικό είδος, αλλά συχνά αιωρείται και στη στήλη του νερού. Η κίνησή του είναι πολύ αργή με συστροφικές συσπάσεις κατά τον εγγελυδοειδή τρόπο. Η δομή του κυττάρου είναι πολύ ντελικάτη και σχεδόν διαλύονται τα περισσότερα κύτταρα όταν συλλεχθούν με πλαγκτονικό δίχτυ. Αναπαράγεται με απλή κυτταρική διαίρεση (Εικόνες 76 & 77). Δέχεται ως τροφή όλα σχεδόν τα μικροφύκη που καλλιεργούμε στο εργαστήριο. Αντέχει σε ένα μεγάλο εύρος αλατότητας αλλά υποφέρει σε λιγότερο από 15 ppt. Όταν η καλλιέργειά του φθάσει μεγάλη πυκνότητα (Εικόνα 78) και παραμένει επί πολύ, το νερό αποκτά καφε-κόκκινη χροιά και ακολουθεί μαζικός θάνατος των κυττάρων. Πρόκειται για εξαιρετικά χρήσιμο πρωτόζωο σε βιοδοκιμές.



Εικόνα 74. Τυπική εμφάνιση κυττάρων *Condylostoma* από άλλες δειγματοληψίες μας που όμως δεν διατηρήθηκε επί πολύ σε καλλιέργεια.



Εικόνα 75. Τυπική εμφάνιση κυττάρων του συγκεκριμένου στελέχους *Condylostoma* sp. από τις καλλιέργειες του εργαστηρίου.



Εικόνα 76. Διαίρεση του κυττάρου του *Condyllostoma* sp. κατά το μέσον της διαδικασίας.



Εικόνα 77. Διαίρεση του κυττάρου του *Condyllostoma* sp. κατά το τέλος της διαδικασίας λίγο πριν το διαχωρισμό των θυγατρικών.



Εικόνα 78. Πυκνός πληθυσμός του *Condyllostoma* sp. σε 2 μεγεθύνσεις στο βυθό του δοχείου καλλιέργειας.

## *Euplotes* sp.



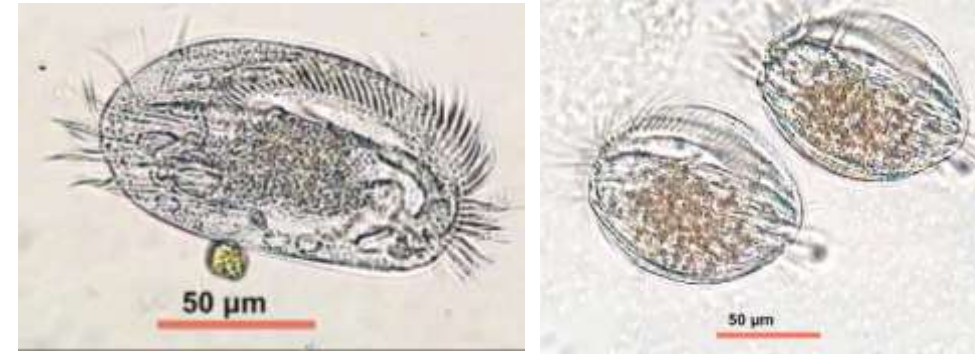
### Συστηματική κατάταξη

Βασίλειο:	ΠΡΩΤΙΣΤΑ (Protista)
Φύλο:	ΒΛΕΦΑΡΙΔΟΦΟΡΑ (Ciliophora)
Ομοταξία:	Spirotrichea
Υφομοταξία:	Euplotia
Τάξη:	Euplotida
Οικογένεια:	Euplotidae
Γένος:	<i>Euplotes</i>
Είδος:	<i>Euplotes</i> sp.

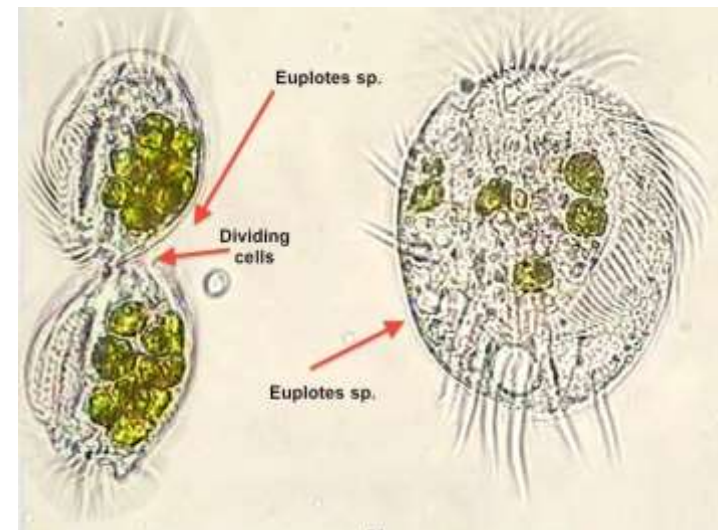
Τα κύτταρα του βλεφαριδοφόρου *Euplotes* είναι άκαμπτα, πεπλατυσμένα ραχιαίως και γενικώς ωσειδούς σχήματος (Εικόνες 79-81 & 84), με μια πολύ μεγάλη στοματική περιοχή (περιστόμιο) που οριοθετείται από μια μακριά "απαλίδα ζώνη μεμβρανών" (AZM). Τα *Euplotes* κινούνται και τρέφονται με τη βοήθεια σύνθετων βλεφαριδωτών οργανιδίων που ονομάζονται "cirri", που αποτελούνται από παχιές τούφες βλεφαρίδων που είναι αραιά κατανεμημένες στο κύτταρο. Τα στιβαρά «κιρριπόδια» στην κοιλιακή επιφάνεια του κυττάρου επιτρέπουν στα *Euplotes* να βαδίζουν ή να έρπουν πάνω σε στερεές επιφάνειες. Όλα τα είδη *Euplotes* έχουν μια ομάδα από άκαμπτες τρίχες (ουραία κιρριπόδια), που προεξέχουν από το πίσω μέρος του κυττάρου. Ο αριθμός των ουραίων κιρριποδίων ποικίλλει ακόμη και μέσα σε ένα είδος, αλλά ο συνήθης αριθμός τους είναι 4 ή 5. Ο μακροπυρήνας είναι τυπικά μακρύς και στενός και έχει περίπου πεταλοειδές σχήμα ή μοιάζει με τον αριθμό 3.

Τα *Euplotes* πέραν του γεγονότος ότι απαντώνται ως ποικίλα είδη, συχνά σε κάθε φυκική καλλιέργεια αν δεν ληφθούν αυστηρά μέτρα καθαρότητας, θεωρούνται «μάστιγα» των καλλιεργειών. Αυξανόμενα γρήγορα σε σχεδόν κάθε εύρος περιβαλλοντικών συνθηκών μπορούν να προκαλέσουν κατάρρευση των καλλιεργειών ή να επικρατήσουν σε βάρος καλλιεργειών άλλων πρωτοζώων ή και τροχοζώων. Το μέγεθός τους (~50-110 μm κατά τον επιμήκη

άξονα και ~30-70 μm κατά τον εγκάρσιο) παρόλα αυτά επιτρέπει τη συγκράτησή τους με πλαγκτονικό δίχτυ των 20 μm καθώς η ακαμψότητα του κυττάρου δεν επιτρέπει τη διέλευσή τους (τουλάχιστον των ευμεγεθεστέρων ειδών) διά μέσου των πόρων του. Τα *Euplotes* παρά το σχετικά μικρό τους μέγεθος μπορούν και διηθούν για να τα χρησιμοποιήσουν ως τροφή ή συμβιωτικούς οργανισμούς ακόμα και μεγάλα κύτταρα μικροφυκών (Εικόνες 80 & 81) όπως αυτά του *Asteromonas* (~> 20 μm). Αναπαράγονται με απλή κυτταρική διαίρεση (Εικόνες 80 & 81), ενίοτε μάλιστα (αν και σπανίως) με εκβλάστηση (Εικόνα 83). Αντέχουν από πολύ υφάλμυρο νερό (~ 3 ppt) έως άνω των 100 ppt. Πολύ συχνά ενκυστώνονται (Εικόνα 82). Λόγω των παραπάνω είναι είδος ιδανικό για βιοδοκιμές.

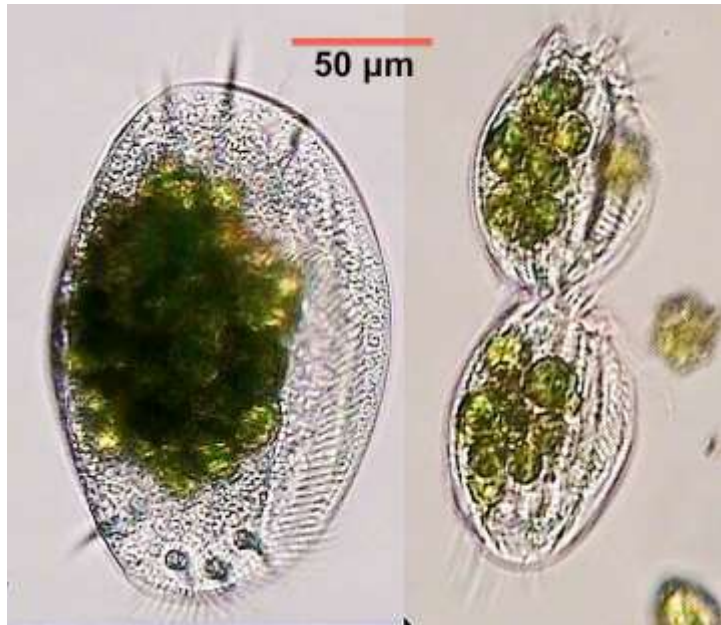


Εικόνα 79. Τυπική μορφή 2 ειδών *Euplotes* sp.

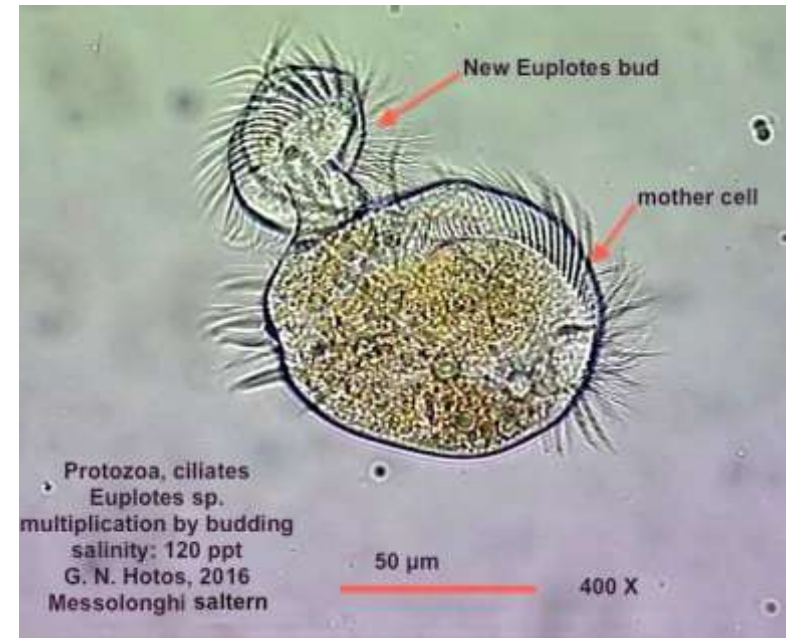


Εικόνα 80. *Euplotes* sp. σε διαίρεση με αξιοσημείωτη την ικανότητα να τρέφονται με μικροφύκη ενώ ακόμα δεν έχουν πλήρως διαχωριστεί τα θυγατρικά κύτταρα.

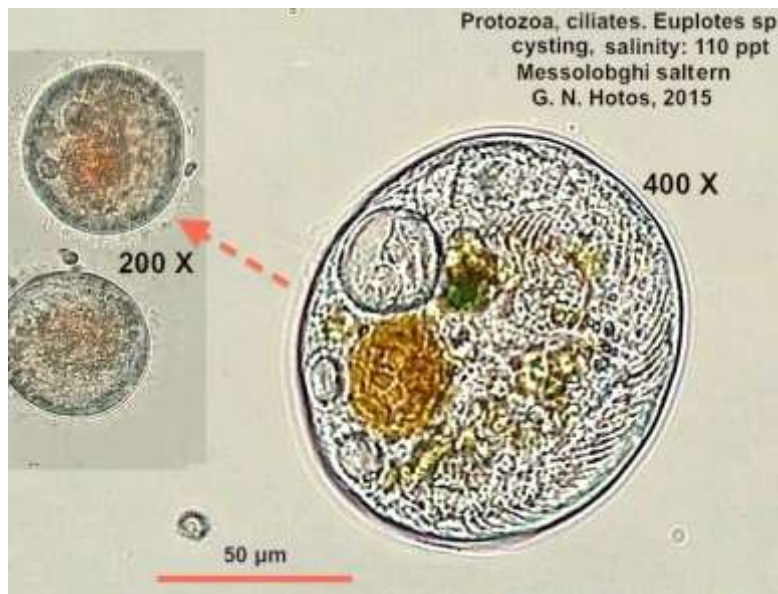




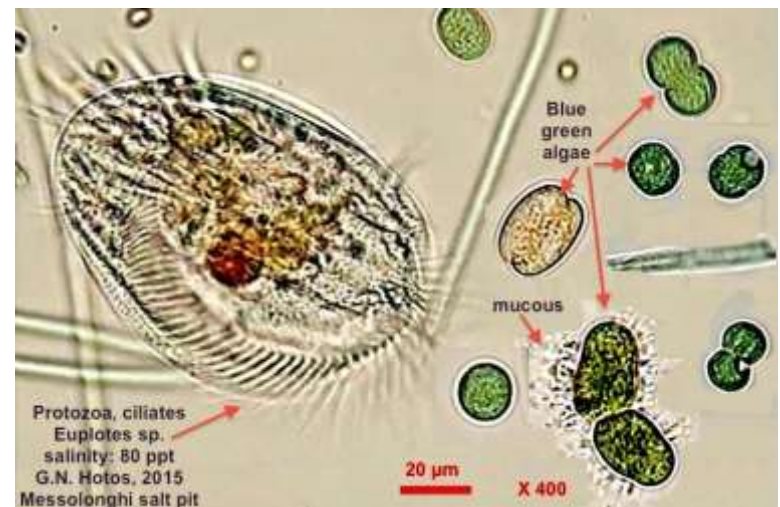
Εικόνα 81. Δύο είδη *Euplotes* sp. Αριστερά γεμάτο με κύτταρα *Asteromonas gracilis*. Δεξιά σε διαίρεση με τα θυγατρικά κύτταρα ήδη τρεφόμενα επίσης με αυτό το χλωροφύκος.



Εικόνα 83. Μια σπάνια αποτύπωση της εκβλάστησης στο *Euplotes* sp.



Εικόνα 82. Η εγκύτωση στο *Euplotes* sp.



Εικόνα 84. *Euplotes* sp. ανάμεσα σε ποικίλα είδη κυανοβακτηρίων.