

# 1 ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Το εργαστήριο δημιουργήθηκε το **1992** με αποστολή την καλλιέργεια μικροφυκών, τροχοζώνων και *Artemia* για την εκμάθηση από τους φοιτητές των τεχνικών παραγωγής ζωντανής τροφής για τις λάρβες των ευρύαλων ψαριών που παράγονται στους ιχθυογεννητικούς σταθμούς.

# 2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Καλύπτει έκταση **80 m<sup>2</sup>** χωρισμένο σε δύο αίθουσες. Μία αίθουσα 30 m<sup>2</sup> με τις εγκαταστάσεις και τις συσκευές για καλλιέργειες και μία 50 m<sup>2</sup> με μικροσκοπία, όργανα και εκπαιδευτικά βοηθήματα για έρευνα και διδασκαλία.

# 3 ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Το εργαστήριο δραστηριοποιείται στην **ανεύρεση, καλλιέργεια και διατήρηση** τοπικών στελεχών ειδών μικροφυκών από τις **λιμνοθάλασσες** της Δυτικής Ελλάδας και από τα **υπεράλμυρα** νερά των αλυκών Μεσολογίου. Παράλληλα αναζητά, απομονώνει και διατηρεί ζωοπλαγκτονικούς οργανισμούς από τις περιοχές αυτές. Καλλιεργούνται κατόπιν δοκιμών μόνο τα είδη που μπορούν να διατηρηθούν σε ακμαίες καλλιέργειες υπό τη λογική της εύκολης καλλιέργειάς των σε κανονικές περιβαλλοντικές συνθήκες όταν επιχειρηθεί η μαζική παραγωγή τους.

Προς επίτευξη των παραπάνω πραγματοποιούνται συνεχείς εξορμήσεις στο πεδίο και λήψη δειγμάτων νερού. Κατόπιν τα δείγματα του νερού υφίστανται στο εργαστήριο τις κατάλληλες διαδικασίες για να καταλήξουν μετά από πολύ χρόνο, συνεχείς ανανεώσεις και διάφορες δοκιμασίες

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΠΛΑΓΚΤΟΥ

## Τμήμα Ζωικής Παραγωγής, Αλιείας & Υδατοκαλλιεργειών, Μεσολόγγι Πανεπιστήμιο Πατρών



οι οποίες αποδεικνύονται σφριγηλές και διατηρήσιμες.

Μέχρι σήμερα έχουν απομονωθεί 10 είδη μικροφυκών (6 ευκαρυωτικά, 4 κυανοβακτηριακά), 3 είδη πρωτοζώων, 2 είδη κωπηπόδων και 1 είδος τροχοζώνων.

Η δημιουργία μονοειδικών καλλιεργειών δεν είναι εξασφαλισμένη για κάθε είδος είτε φυτοπλαγκτονικό, είτε ζωοπλαγκτονικό από αυτά που υπάρχουν στα δείγματα του νερού που υφίστανται τις διαδικασίες απομόνωσης και ανακαλλιέργειας στο εργαστήριο. Η πλειονότητα των ειδών μετά την αρχική φάση της απομόνωσης δεν διατηρείται επί πολύ ούτε τα φύκη διατηρούνται σε μονοειδικότητα. Συνεπώς η προσπάθεια που καταβάλλεται στο εργαστήριο έχει αξία για αυτόν ακριβώς το λόγο, δηλαδή της διατήρησης μόνο δυναμικών και σφριγηλών ειδών που εύκολα καλλιεργούνται.

Τα είδη που διατηρούνται συνεχώς στο εργαστήριο είναι διαθέσιμα σε πανεπιστήμια, ερευνητικούς φορείς και εταιρείες που ενδιαφέρονται για την εκμετάλλευσή τους.

**Υπεύθυνος Εργαστηρίου**  
**Γεώργιος Ν. Χώτος, καθηγητής**  
**[gphotos@upatras.gr](mailto:gphotos@upatras.gr)**  
**[http://asfa.upatras.gr/?page\\_id=1871](http://asfa.upatras.gr/?page_id=1871)**

**Τηλ. 26310-58252**





# ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ

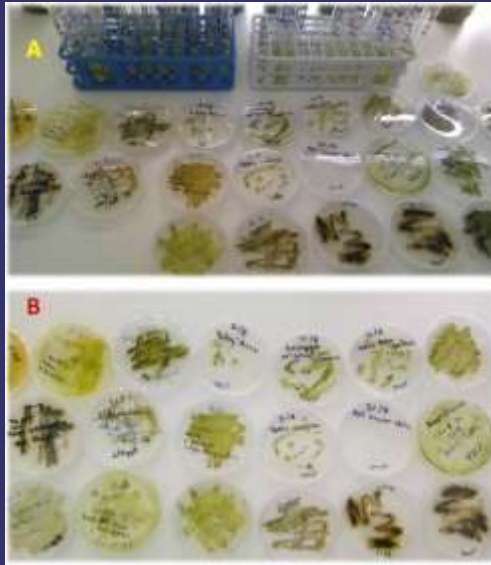
## 1 ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΕΣ



## 2 ΑΛΥΚΕΣ



# ΑΠΟΜΟΝΩΣΗ



# ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ



## ΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΠΟΥ ΔΙΑΤΗΡΟΥΝΤΑΙ ΚΑΙ ΔΙΑΤΙΘΕΝΤΑΙ ΣΕ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΜΕΝΟΥΣ

# A. ΕΥΚΑΡΥΩΤΙΚΑ ΜΙΚΡΟΦΥΚΗ

## *Amphidinium carterae*



### Συστηματική κατάταξη

Υπερβασίλειο:	Ευκαρυωτικά
Βασίλειο:	Πρώτιστα
Φύλο:	Δινομαστιγωτά (Dinoflagellata)
Ομοταξία:	Dinophyceae
Τάξη:	Gymnodiniales
Οικογένεια:	Gymnodiniaceae
Γένος:	<i>Amphidinium</i>
Είδος:	<i>Amphidinium carterae</i>

Πλαγκτονικό είδος με μονήρη κύτταρα με ποικιλία μεγεθών που κυμαίνεται στα  $11,93 \pm 1,3$  (sd)  $\mu\text{m}$  κατά τον επιμήκη άξονα και  $8,64 \pm 0,92$  (sd)  $\mu\text{m}$  κατά το πλάτος. Κινητικό με χαρακτηριστική κίνηση ευθύγραμμου τύπου και συχνή απότομη αλλαγή κατεύθυνσης. Δεν στροβιλίζονται. Χωρίς "πανοπλία"-κέλυφος κυτταρίνης. Μερικές φορές τα κύτταρα παρουσιάζονται εντελώς ακίνητα μέσα σε υαλώδη κύστη. Η μορφή των κυττάρων (Εικόνες 1 & 2) ποικίλει μεταξύ σφαιροειδούς και ατρακτοειδούς και κατά τον μεγάλο άξονα συμπιεσμένα. Το χρώμα τους κυμαίνεται μεταξύ των αποχρώσεων του λαδοκίτρινου και κιτρινοπορτοκαλί με μια ελαφρά πρασινωπή απόχρωση ενίοτε. Η επιθήκη (epicone) πολύ μικρότερη από την υποθήκη και μοναδική στο σχήμα της μεταξύ των δινομαστιγωτών καθώς μοιάζει με καμπυλωτή "προβοσίδα". Μεταξύ των κυττάρων παρουσιάζεται ποικιλία στο μέγεθος της επιθήκης, σε άλλα είναι ογκώδης και σε άλλα μικρότερη. Η εγκάρσια αύλακα (cingulum) δεν είναι τόσο εμφανής όσο σε άλλες κατηγορίες δινομαστιγωτών καθώς η επιθήκη μικρή όπως είναι σε σχέση με την υποθήκη (που καταλαμβάνει το

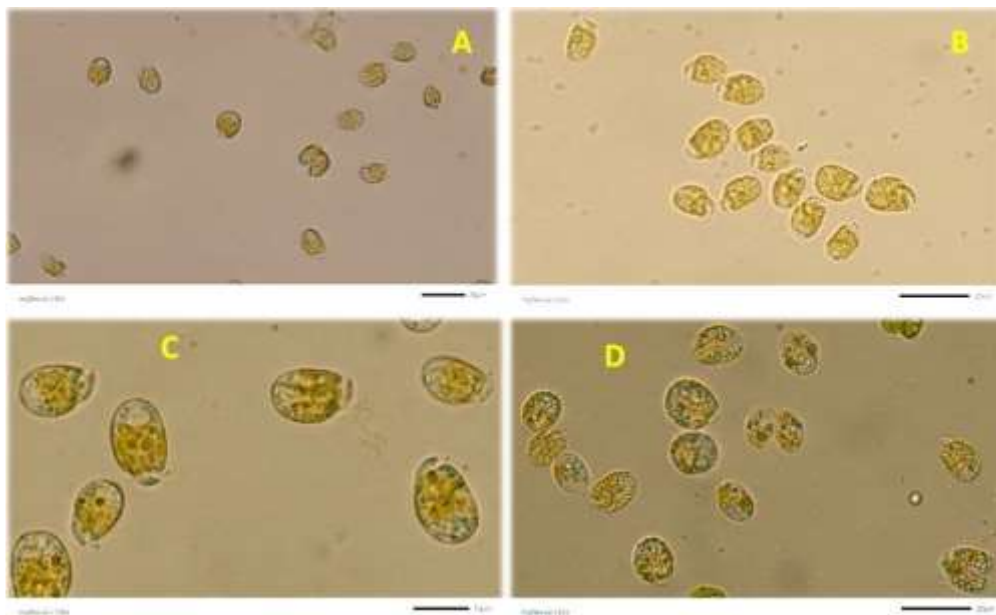
μεγαλύτερο μέρος του κυττάρου), δεν χωρίζεται απ' αυτή με μια μεγάλη σε διάμετρο αύλακα. Η κάθετη αύλακα (sulcus) εμφανής διατρέχοντας κάθετα στην εγκάρσια αύλακα όλο το μήκος της υποθήκης. Τόσο το εγκάρσιο όσο και το κάθετο μαστίγιο εμφανή με το εγκάρσιο να βρίσκεται εν μέρει μέσα στην εγκάρσια αύλακα και ένα μέρος του να προεξέχει με χαρακτηριστική κυματοειδή κίνηση και το επίμηκες να προβάλλει αρκετά από την κάθετη αύλακα και να κινείται λιγότερο κυματοειδώς σε σχέση με το εγκάρσιο. Ο πυρήνας βρίσκεται στο κάτω μέρος της υποθήκης. Ο χλωροπλάστης χρώματος λαδοπράσινου καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του πρωτοπλάσματος και είναι λοβοειδούς μορφής. Το κυτταρόπλασμα είναι υαλώδες με ποικιλία εγκλείστων σωματιδίων και ποικίλων αποχρώσεων ανάλογα με τη φάση ανάπτυξης των καλλιεργούμενων κυττάρων.

Ο πολλαπλασιασμός γίνεται με απλή κυτταρική διαίρεση και παρόλο που στη βιβλιογραφία αναφέρεται και αμφιγονική αναπαραγωγή και παραγωγή κύστεων κάτι τέτοιο δεν παρατηρήθηκε στο συγκεκριμένο είδος. Αναπτύσσεται καλά σε αλατότητες 35-55 ppt και το τυπικό χρώμα των καλλιεργειών του είναι πορτοκαλο-κίτρινο στην αρχή έως φαιοπορτοκαλί στην ώριμη φάση (Εικόνες 3 & 4).

Η καλλιέργειά του αναδίδει χαρακτηριστική οξεία μυρωδιά η οποία μοιάζει με σαπίζουσα θαλασσινής προέλευσης οργανική ύλη. Χαρακτηριστικό των ώριμων καλλιεργειών του είναι το φαιοκίτρινο χρώμα τους και το έντονο άφρισμά τους με τον αφρό να συσσωρεύεται στην επιφάνεια του νερού. Εικάζεται ότι παράγει πολύ οργανική ύλη την οποία εκκρίνει στο νερό. Ένα άλλο αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό των καλλιεργειών του είναι ότι δεν παρατηρείται παρουσία διατόμων τα οποία πολύ εύκολα παρεισφρέουν και στις προσεκτικότερα διατηρημένες καλλιέργειες άλλων ειδών μικροφυκών. Ενδεχομένως να υφίσταται το φαινόμενο της αλληλοπάθειας και το *Amphidinium* να παράγει ουσίες τοξικές για τα διάτομα.

Ένα αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό του *Amphidinium* είναι το συμπαγές του ιζήματος που προκύπτει όταν φυγοκεντρηθεί μια ποσότητα από την καλλιέργειά του. Το ιζήμα είναι τόσο πυκνό και σφιχτό στο βυθό του σωλήνα μετά τη φυγοκέντρηση, που δεν επανα-αιωρείται όσο δυνατή ανάδευση και αν γίνει. Μόνο με την ανάμιξη με κάποια ράβδο διαλύεται. Προφανώς, εξωκυτταρικές ουσίες που προέκυψαν από την καταπόνηση των κυττάρων λόγω της φυγοκέντρησης δρουν συγκολλητικά στη μάζα των κυττάρων.

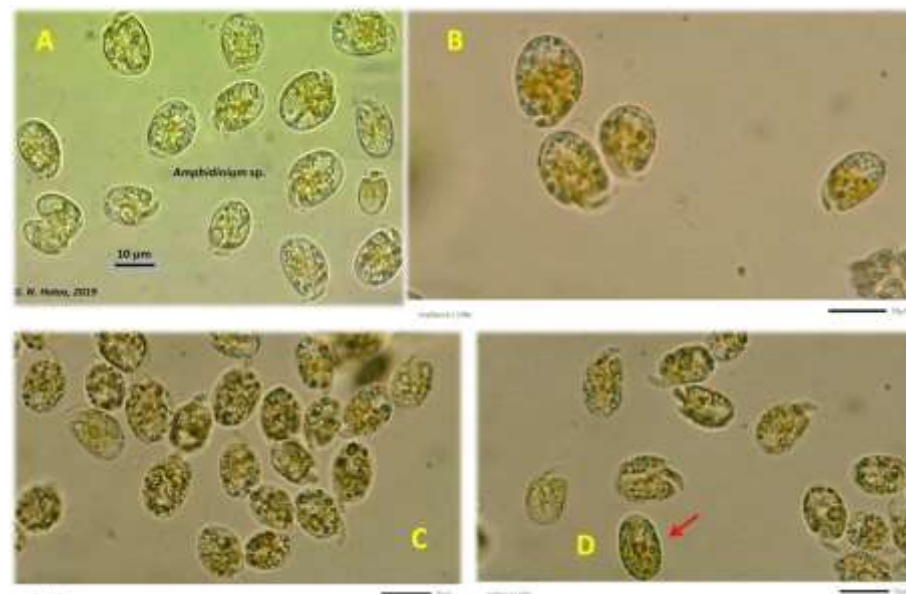




Εικόνα 1. Μικροσκοπικές φωτογραφίες κυττάρων *Amphidinium* από καλλιέργειες στην εκθετική φάση αύξησης. Χαρακτηριστική η μορφή της επιθήκης που μοιάζει με προβοσκίδα και το λαδοκίτρινο χρώμα των κυττάρων. Η κλίμακα δείχνεται με τη γραμμή στο κάτω δεξιά της κάθε φωτογραφίας. A: 20  $\mu\text{m}$ -400X, B & D: 20  $\mu\text{m}$ -630x, C: 10  $\mu\text{m}$ -1000X.



Εικόνα 3. Καλλιέργεια του *Amphidinium carterae* στην αρχική φάση.



Εικόνα 2. Μικροσκοπικές φωτογραφίες κυττάρων *Amphidinium* από καλλιέργειες στην εκθετική φάση αύξησης. Χαρακτηριστικό το σχήμα της επιθήκης που μοιάζει με προβοσκίδα και το λαδοκίτρινο χρώμα των κυττάρων. Στη D με βέλος για σύγκριση δείχνεται ένα κύτταρο *Tetraselmis*. Η κλίμακα δείχνεται με τη γραμμή στο κάτω δεξιά της κάθε φωτογραφίας. A, B, C & D: 10  $\mu\text{m}$ -1000X.



Εικόνα 4. Καλλιέργεια του *Amphidinium carterae* στην ώριμη φάση.

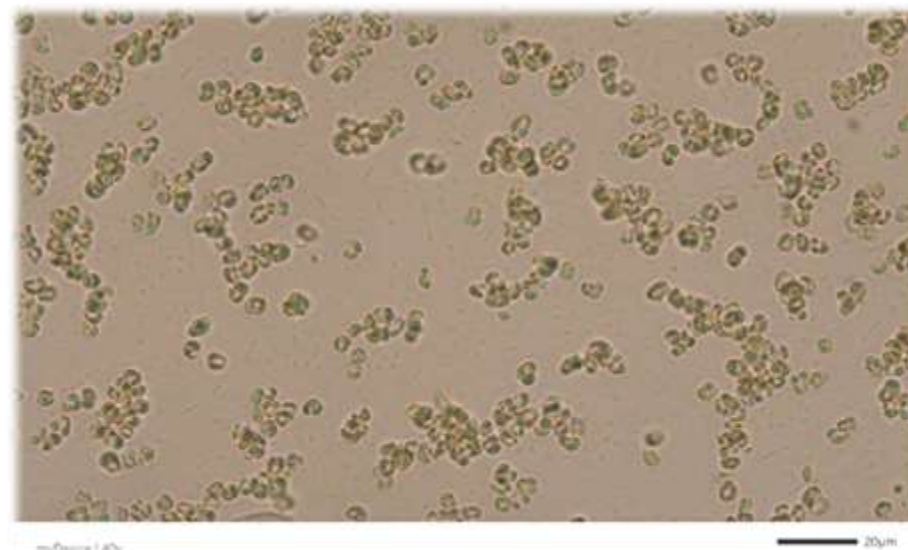
## *Nephroselmis* sp.



### Συστηματική κατάταξη

Βασίλειο: Πρώτιστα  
 Φύλο: Χλωρόφυτα (Chlorophyta)  
 Ομοταξία: Nephrophyceae  
 Τάξη: Nephroselmidales  
 Οικογένεια: Nephroselmidaceae  
 Γένος: *Nephroselmis*  
 Είδος: *Nephroselmis* sp.

Μονοκύτταρο πλαγκτονικό χλωροφύκος (Εικόνες 5 & 6) με κύτταρα μονήρη μορφής φασολίου πεπλατυσμένου κατά μήκος που το καθένα φέρει δύο άνισα μαστίγια τα οποία εκφύονται από το μεσαίο τμήμα του κοίλου τμήματος του κυττάρου. Τα κύτταρα δεν διαθέτουν κυτταρικό τοίχωμα και οι διαστάσεις τους κυμαίνονται σε  $5,28 \pm 0,35$  (sd)  $\mu\text{m}$  κατά τον επιμήκη άξονα και  $3,81 \pm 0,5$  (sd)  $\mu\text{m}$  κατά το πλάτος. Η κίνηση των μαστιγίων προσφέρει έντονη κινητικότητα στο κύτταρο με χαρακτηριστική ευθύγραμμη κίνηση ελαφρά στροβιλιστική και ελαφρά τρομώδη. Το κοντύτερο μαστίγιο κινείται κατά την εμπρόσθια κατεύθυνση και το μακρύτερο πάλλεται στο οπίσθιο μέρος. Το κάθε κύτταρο περιέχει ένα μεγάλο χλωροπλάστη σε πλευρική θέση μέσα στον οποίο βρίσκεται ένα πυρηνοειδές. Ο χλωροπλάστης καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του όγκου του κυττάρου και διαθέτει και μια φωτοευαίσθητη κηλίδα σε θέση που αντιστοιχεί στο κάτω μέρος του τόπου έκφυσης του κοντού μαστιγίου. Το χρώμα των κυττάρων στο μικροσκόπιο είναι άτονο πράσινο ενώ στο δοχείο καλλιέργειας ανοικτό - θαμπό πράσινο (Εικόνες 7-9). Η αναπαραγωγή γίνεται είτε με κυτταρική διαίρεση (συνήθως), είτε αμφιγονικώς κατά των ολογαμικό τρόπο δηλαδή με σύντηξη δύο πανομοιότυπων βλαστητικών κυττάρων προς δημιουργία ζυγώτη, χωρίς όμως σχηματισμό κύστεων. Αναπτύσσεται καλά σε αλατότητες 35-65 ppt.



Εικόνα 5. Φωτογραφία μικροσκοπίου των κυττάρων του *Nephroselmis*. Τα κύτταρα έχουν πράσινη απόχρωση και τείνουν να σωρεύονται. Η κλίμακα δείχνεται με τη γραμμή στο κάτω δεξιά της φωτογραφίας. 20  $\mu\text{m}$ -400X.



Εικόνα 6. Φωτογραφία μικροσκοπίου των κυττάρων του *Nephroselmis*. Κλίμακα 10  $\mu\text{m}$ -1000X.

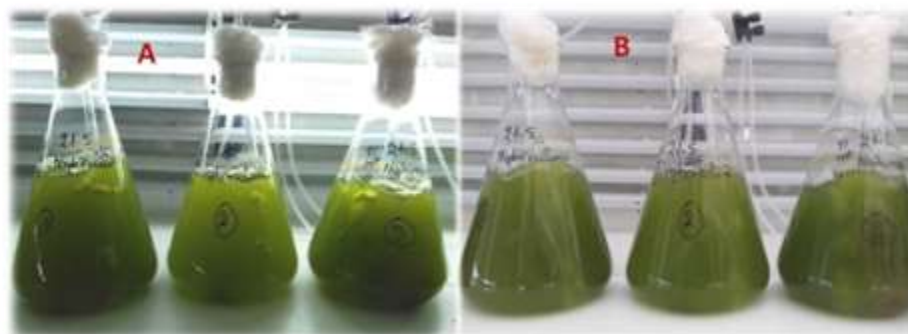




Εικόνα 7. Καλλιέργειες *Nephroselmis* σε αρχική φάση (2<sup>η</sup> ημέρα).

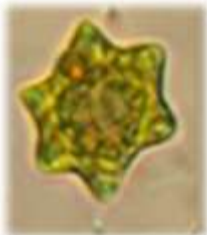


Εικόνα 8. Καλλιέργειες *Nephroselmis* σε εκθετική φάση (6<sup>η</sup> ημέρα).



Εικόνα 9. Χρώμα καλλιεργειών *Nephroselmis*, πράσινο λαμπερό στην εκθετική φάση (A) και θαμπό πράσινο στην ώριμη στατική φάση (B).

## *Asteromonas gracilis*



### Συστηματική κατάταξη

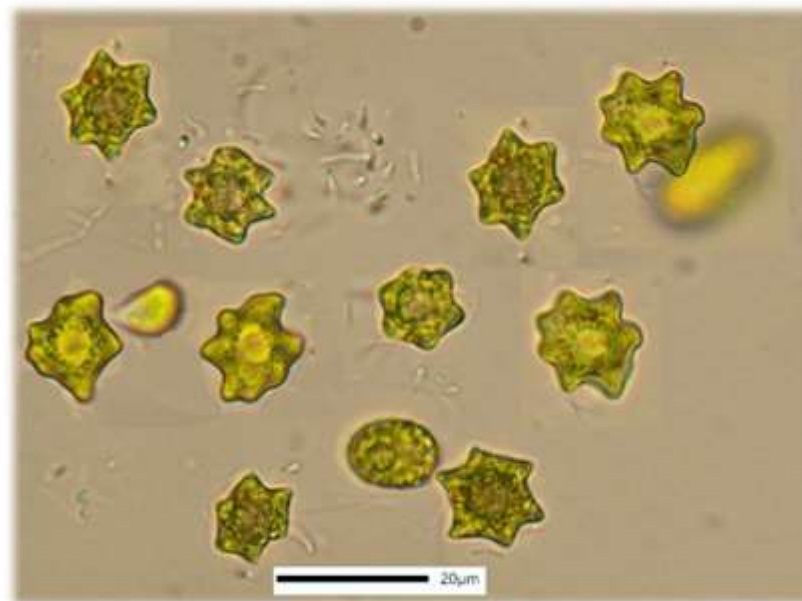
Υπερβασιλείο:	Ευκαρυωτικά
Βασιλείο:	Πρώτιστα
Φύλο:	Chlorophyta
Ομοταξία:	Chlorophyceae
Τάξη:	Chlamydomonadales
Οικογένεια:	Asteromonadaceae
Γένος:	<i>Asteromonas</i>
Είδος:	<i>Asteromonas gracilis</i>

Μονοκύτταρο πλαγκτονικό χλωροφύκος (Εικόνες 10-14) χωρίς κυτταρικό τοίχωμα (γυμνό). Τα πιο σημαντικά μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυσιολογικών, ώριμων κυττάρων (βλαστητικών) του είδους *Asteromonas gracilis*, με το οπτικό μικροσκόπιο είναι:

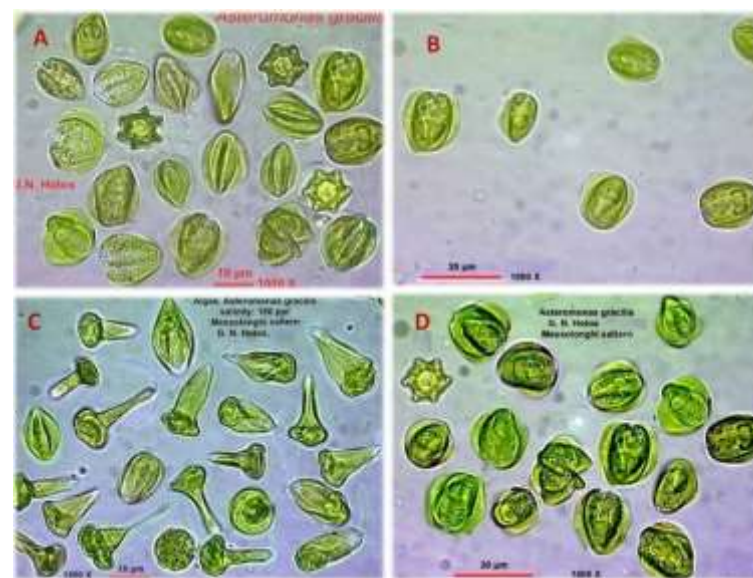
- ατρακτοειδές σχήμα, που είναι άλλοτε στενό και άλλοτε όχι (Εικόνες 10, 11 & 13),
- ενίοτε λόγω της χαρακτηριστικής τρομώδους κίνησης του κυττάρου αυτό τοποθετείται έτσι στο χώρο που φαίνεται αστεροειδές (Εικόνες 10, 11 & 13),
- 2 μαστίγια προσαρτημένα στο ανώτερο τμήμα τους.
- απουσία κυτταρικού τοιχώματος,
- 3 έως 6 (το πιο χαρακτηριστικό 6) «εγκοπές» (σαν καρίνα), που διατρέχουν κατά μήκος πλευρικά όλο το κύτταρο,
- μέσο μήκος  $18,84 \pm 2,88$  (sd)  $\mu\text{m}$  κατά τον επιμήκη άξονα και  $13,09 \pm 2,4$  (sd)  $\mu\text{m}$  κατά το πλάτος και με ακραία μεγέθη 12-22  $\mu\text{m}$  κατά τον επιμήκη άξονα και 8,7 - 16,36  $\mu\text{m}$  κατά το πλάτος,
- μήκος μαστιγίων ίσο με 1½ έως 2 φορές το μήκος του θαλλού,

- εξωτερική επιφάνεια χωρίς φολίδες, παρ' όλα αυτά στην επιφάνεια του κυττάρου και των μαστιγίων συχνά διακρίνονται λεπτές ινώδεις αποθέσεις (χαρακτηριστικά ορατά με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο).
- Σε ένα ζωντανό κύτταρο του είδους *Asteromonas gracilis* διακρίνεται ένα σύνολο κυτταρικών οργανιδίων και σχηματισμών στο εσωτερικό του κυτταροπλάσματος. Ένα από τα βασικότερα είναι ο χλωροπλάστης με σχεδόν λεκανοειδή μορφή. Είναι λεπτός και ωχρός (χωρίς έντονο πράσινο χρώμα) στην μεγαλύτερή του επιφάνεια. Εκτείνεται μέχρι το πάνω τμήμα του κυττάρου, σχεδόν μέχρι τη βάση των μαστιγίων. Διαθέτει ένα ασύμμετρο πυρηνοειδές (pyrenoid, πρωτεϊνικό σώμα στο εσωτερικό του χλωροπλάστη, που είναι το κέντρο σχηματισμού του αμύλου), που συνδέεται άμεσα με το οπίσθιο τμήμα του ευμεγέθους πυρήνα. Στο ανώτερο τμήμα του κυττάρου και μέσα στον χλωροπλάστη διακρίνεται ένα πορτοκαλί στίγμα, η οφθαλμική κηλίδα (tigma). Ο πυρήνας είναι μεγάλος και περιέχει έναν ευδιάκριτο πυρηνίσκο. Είναι τοποθετημένος σχεδόν στο κέντρο του κυττάρου και το μπροστινό του τμήμα εκτείνεται σχεδόν μέχρι τη βάση των μαστιγίων
- Επιπλέον στην εσωτερική πλευρά του κυττάρου, στην επιφάνεια του κυτταροπλάσματος, διακρίνονται πολλά μικρά μιτοχόνδρια. Στο μπροστινό τμήμα του κυττάρου είναι κατανεμημένα περισσότερο ή λιγότερο συμμετρικά γύρω από τον πυρήνα αρκετά δικτυοσώματα 4-6 στον αριθμό, που όλα μαζί αποτελούν το σύστημα Golgi. Ο μεγάλος αριθμός μικροκυστιδίων, που διακρίνονται στο μπροστινό τμήμα του κυττάρου, μεταξύ των δικτυοσωμάτων, πιθανόν εξέρχονται από αυτά.
- Πολλές κύστεις (Εικόνα 12) με λεπτό τοίχωμα συχνά συσσωρεύονται στον πυθμένα μιας παλιάς καλλιέργειας. Δεν έχει βρεθεί κάποιο στοιχείο, που να συνδέει το σχηματισμό των κύστεων με την αναπαραγωγική διαδικασία. Τα κύτταρα που πρόκειται να σχηματίσουν κύστεις μεγεθύνονται σημαντικά, διατηρώντας σχετικά μικρό το πυρηνοειδές. Το τοίχωμα της κύστης μοιάζει αρχικά να επικάθεται, σαν ένα ασυνεχές στρώμα περιφερειακά του κυτταροπλάσματος, που στη συνέχεια λεπταίνει, ξεκινώντας από το εσωτερικό. Οι απόλυτα ώριμες κύστεις έχουν διάμετρο, που κυμαίνεται από 13 έως 18  $\mu\text{m}$  και πάχος τοιχώματος από 2 έως 3  $\mu\text{m}$ .
- Αναπαράγεται με κυτταρική διαίρεση (Εικόνα 14) με διαχωρισμό των θυγατρικών κυττάρων κατά τον επιμήκη άξονα, δηλαδή τη νοητή γραμμή που συνδέει την ακραία περιοχή έκφυσης των μαστιγίων με το οπίσθιο εξόγκωμα του κυττάρου. Δεν παρατηρήθηκε σεξουαλική αναπαραγωγή συνεπώς ούτε ζυγώτης κάποιας μορφής (διογκωμένο κύτταρο, κύστη ή παλμέλλα) και φυσικά ούτε σπόρια (απλανοσπόρια ή πολλαπλές διαιρέσεις ζυγώτη).

Το *Asteromonas gracilis* είναι από τα πιο αλοανθεκτικά ευκαρυωτικά φύκη και ενδεχομένως μαζί με το *Dunaliella* από τα χλωροφύκη, τα πιο ανθεκτικά στις πολύ υψηλές αλατότητες. Αλλωστε και τα δύο συλλέχθηκαν και απομονώθηκαν από τις αλυκές Μεσολογγίου. Η καλλιέργειά του προχωρά καλά σε αλατότητες άνω των 90 ppt και "υποφέρει" σε αλατότητες του τυπικού θαλασσινού νερού (30-40 ppt) ενώ παρουσιάζει ασταθή ανάπτυξη στο εύρος 40-80 ppt. Το χρώμα των καλλιεργειών κυμαίνεται από ανοιχτό πράσινο (αρχική φάση) έως σκούρο πράσινο στην ώριμη φάση. Αν τα κύτταρα μεταφερθούν απότομα σε πολύ υψηλή αλατότητα τότε το σχήμα τους παραμορφώνεται χωρίς κάποιο πρότυπο (Εικόνες 11C & 13D) αλλά παραμένουν ζωντανά με χαμηλή κινητικότητα. Προϊόντος όμως του χρόνου προσαρμόζονται στη νέα αλατότητα και ανακτούν το σύνηθες ατρακτοειδές-αστεροειδές σχήμα τους και την έντονη ευθύγραμμη τρομώδη κίνησή τους. Στις υψηλές αλατότητες το *Asteromonas* (όπως και το *Dunaliella*) για να αντεπεξέλθει το ωσμωτικό στρες συσσωρεύει ενδοκυτταρικά γλυκερόλη. Αντίθετα όμως με το *Dunaliella* δεν φαίνεται να συσσωρεύει β-καρωτίνη. Αν αντιθέτως από υψηλή αλατότητα μεταφερθούν σε πολύ χαμηλότερη (π.χ. από 90 ppt σε 35 ppt) τότε τα κύτταρα διογκώνονται λόγω απορρόφησης νερού και γίνονται σφαιρικά και αργούν πολύ να ξαναπάρουν το κανονικό τους σχήμα .

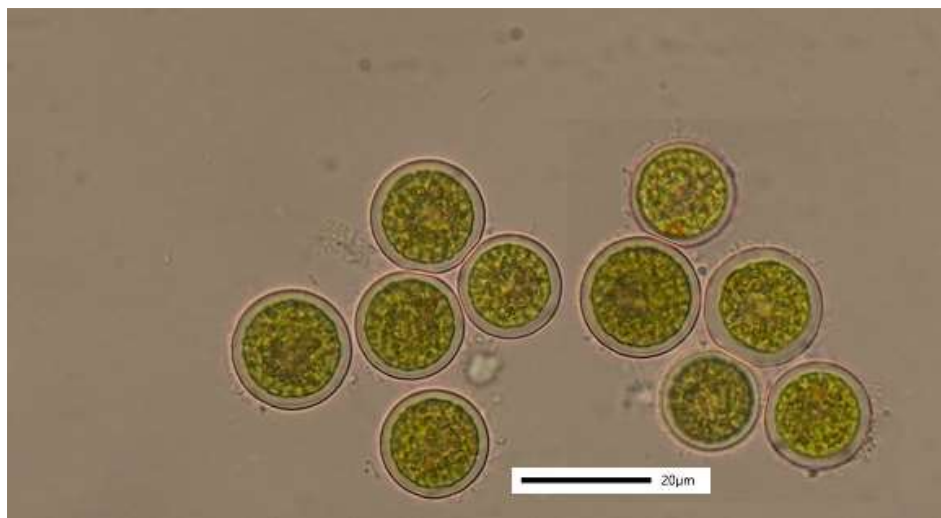


Εικόνα 10. Η αστεροειδής εμφάνιση των κυττάρων του *Asteromonas gracilis*.

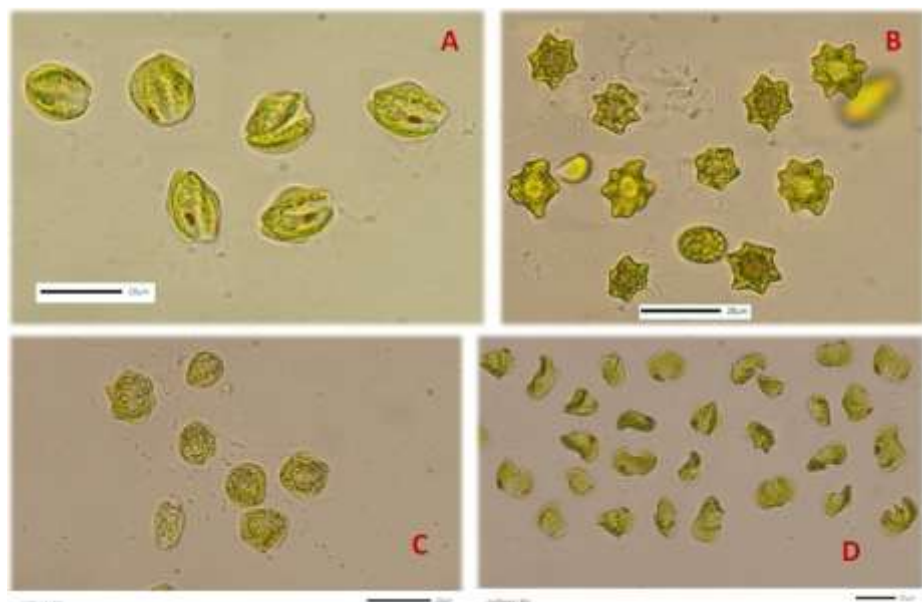


Εικόνα 11. Πολυμορφισμός των κυττάρων του *Asteromonas gracilis*.

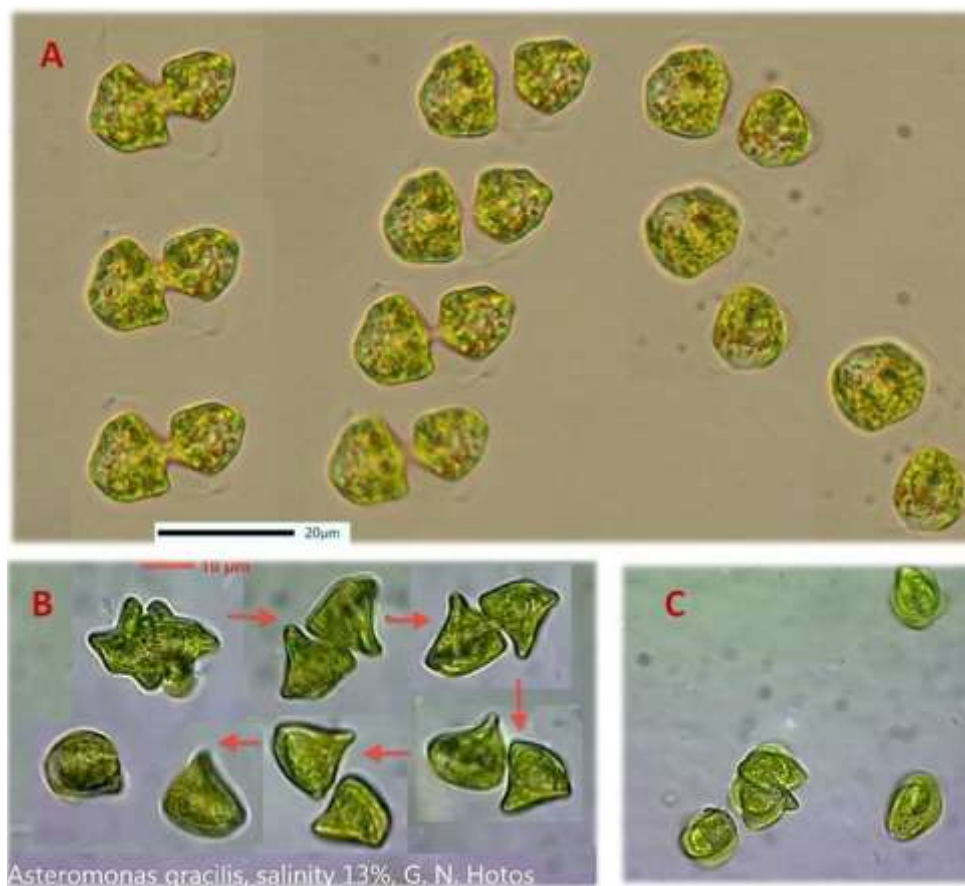




Εικόνα 12. Κύστεις του *Asteromonas gracilis*.



Εικόνα 13. Στα A, B & C βλασθητικά κύτταρα *Asteromonas gracilis*, με πολλά αστεροειδή στο B και έντονα παραμορφωμένα (όμως ζωντανά) λόγω ωσμωτικού στρες στα C & D, 20 μm, 630X.



Εικόνα 14. Κολάζ φωτογραφιών φάσεων κυτταρικής διαίρεσης στο *Asteromonas gracilis*.

## *Dunaliella salina*



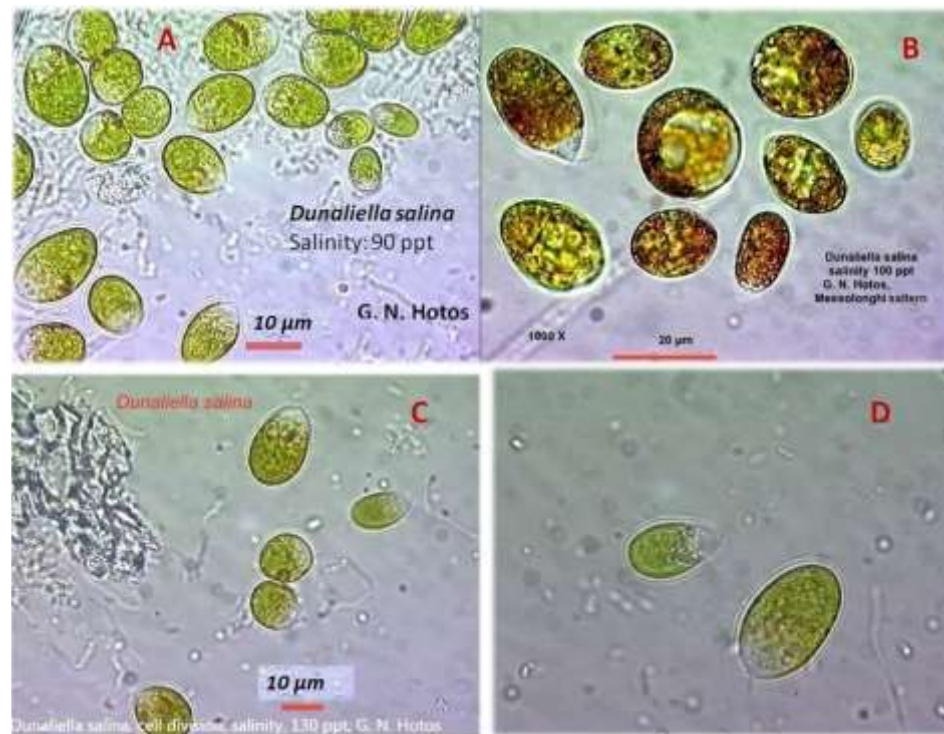
### Συστηματική κατάταξη

Υπερβασίλειο:	Ευκαρυωτικά
Βασίλειο:	Πρώτιστα
Φύλο:	Chlorophyta
Ομοταξία:	Chlorophyceae
Τάξη:	Chlamydomonadales
Οικογένεια:	Dunaliellaceae
Γένος:	<i>Dunaliella</i>
Είδος:	<i>Dunaliella salina</i>

Είδος μονοκύτταρο πλαγκτονικό χωρίς κυτταρικό τοίχωμα (γυμνό) και έντονου πράσινου χρώματος (Εικόνα 15 A, C & D) στη βλαστική φάση των κυττάρων (όχι κύστες, όχι ακραίες αλατότητες). Το πιο χαρακτηριστικό γνώρισμα όλων των ειδών του γένους *Dunaliella* και ιδιαίτερα του *Dunaliella salina* που απομονώσαμε από τις αλυκές Μεσολογίου είναι η εξαιρετική αντοχή του στα υπεράλμυρα νερά.

Όλα τα είδη του γένους *Dunaliella* είναι μονοκύτταρα, χωρίς κυτταρικό τοίχωμα (γυμνά) και διαθέτουν 2 ισομεγέθη μαστίγια μήκους μεγαλύτερου (1,5-2 φορές) από αυτό του θαλλού τους. Ο πυρήνας είναι ευμεγέθης βρίσκεται σε κεντρική θέση στο εμπρόσθιο μέρος (το μέρος όπου εκφύονται τα μαστίγια) του αχλαδοειδούς τυπικού σχήματος κυττάρου και ως εμπρόσθιο ονομάζουμε το στενό τμήμα ενώ ως οπίσθιο το αποστρογγυλεμένο στην απέναντι άκρη. Ο πυρήνας περιβάλλεται κατά το μεγαλύτερο μέρος του από τον μεγάλο χλωροπλάστη που γεμίζει σχεδόν το πρωτόπλασμα και από διάφορα μικρά κενοτόπια. Η ανυπαρξία κυτταρικού τοιχώματος δεν επιτρέπει την ακαμψότητα (σταθερότητα) του κυτταρικού σχήματος το οποίο λόγω του ότι είναι πολύ εύπλαστο εύκολα επηρεάζεται από την ωσμωτική κατάσταση του περιβάλλοντος νερού και ανάλογα διογκώνεται ή συρρικνώνεται (μέχρι εκεί που πρέπει βέβαια διότι το κύτταρο έχει μηχανισμό ωσμωρύθμισης) ανάλογα με το αν το νερό είναι πολύ αραιότερο ή πυκνότερο σε σχέση με το κυτταρόπλασμα. Το μέγεθος του κυττάρου ποικίλλει πάρα πολύ τόσο ανάμεσα

στα διάφορα είδη όσο και στο ίδιο το είδος ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν. Ένα τυπικό μέγεθος είναι αυτό των 7-12  $\mu\text{m}$  κατά τον επιμήκη άξονά του αλλά πολύ συχνά απαντάται και σε μεγέθη 16-20  $\mu\text{m}$ . Είναι πολύ κινητικό είδος και τα πολύ γρήγορα χτυπήματα των μαστιγίων του το προωθούν προς τα εμπρός σε μια χαρακτηριστική πορεία με απότομες και στριφογυριστές κινήσεις κατά τον οριζόντιο άξονα του κυττάρου. Το μέσου (τυπικού) μεγέθους κύτταρο του *Dunaliella* πάντως είναι αρκετά μικρότερο συγκριτικά με άλλα είδη μαστιγιοφόρων χλωροφυκών που απαντώνται στην υπεραλατότητα όπως αυτό της *Asteromonas gracilis* (18-25  $\mu\text{m}$ ) ή του *Tetraselmis marina* (20 - 30  $\mu\text{m}$ ) ή σε κανονική αλατότητα του *Rhodomonas salina*, (10-15  $\mu\text{m}$ ).

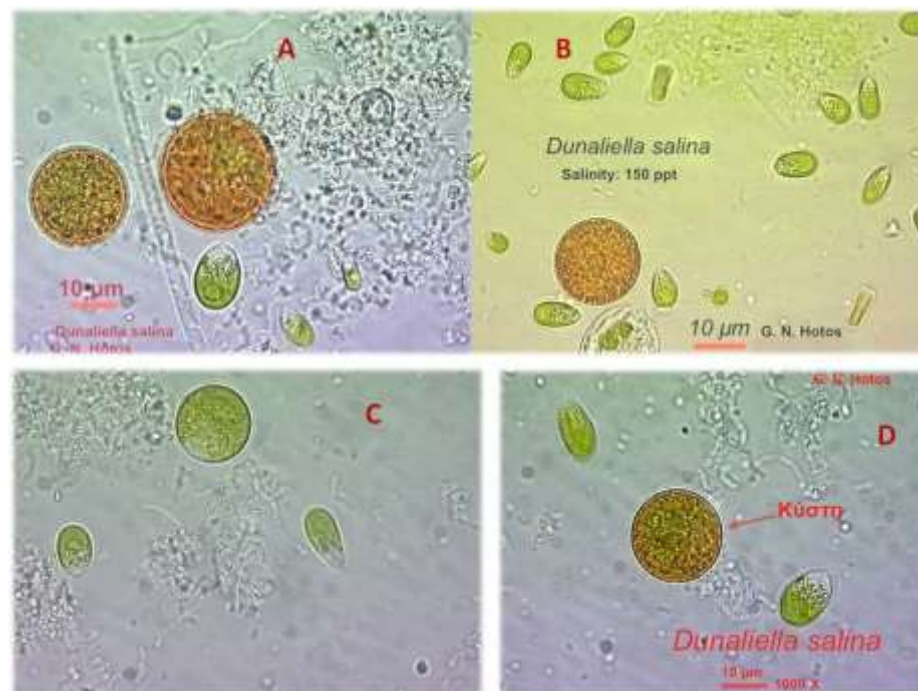


Εικόνα 15. *Dunaliella salina* με ποικιλία στα μεγέθη κυττάρων και έντονο πράσινο χρώμα σε αλατότητες κάτω των 100 ppt (A, C & D) και διόγκωση με κοκκίνισμα λόγω συσσώρευσης β-καρωτίνης σε αλατότητες άνω των 100 ppt στο B.



Το σχήμα του κυττάρου του *Dunaliella* παρουσιάζει μεγάλη ποικιλότητα και ενώ η τυπική του μορφή είναι αχλαδοειδής μπορεί να γίνεται κυλινδρικό, οβάλ, ελλειψοειδές, ατρακτοειδές ή σφαιρικό ανάλογα (Εικόνα 16) με τις μεταβολές των συνθηκών, δηλαδή θερμοκρασία, φως, θρεπτικά και πάνω απ' όλα αλατότητα. Ως γενικό κανόνα πάντως μπορούμε να πούμε ότι σε δυσμενείς συνθήκες (κυρίως εξάντληση των θρεπτικών) μεταπίπτει στη σφαιρική μορφή. Το μέγεθος του κυττάρου ποικίλλει επίσης πάρα πολύ και σε μια ακμάζουσα καλλιέργεια με κύτταρα στην εκθετική φάση αύξησης του πληθυσμού, παρατηρούνται ποικίλα μεγέθη (Εικόνα 15 A, C & D) με την πλειονότητα σε ένα τυπικό μέγεθος 8-10  $\mu\text{m}$  (κατά τον επιμήκη άξονα) και 4-5  $\mu\text{m}$  (κατά πλάτος), και ένα μικρότερο ποσοστό μικρότερων κυττάρων της τάξεως των 5-8  $\mu\text{m}$  προφανώς προερχομένων από πρόσφατο πολλαπλασιασμό μέσω ζυγώτη ή απλανοσπορίων. Σε συνθήκες πολύ υψηλής αλατότητας όπου ο πολλαπλασιασμός των κυττάρων μειώνεται δραματικά τα κύτταρα μεγαλώνουν σε μέγεθος και μπορούν να φθάσουν και 15  $\mu\text{m}$  ενώ συνάμα αρχίζουν να αποκτούν πορτοκαλί χροιά λόγω συσσώρευσης καρωτενοειδών (Εικόνα 15B).

Υπάρχουν πολλές αναφορές ότι το *Dunaliella* σχηματίζει κύστεις (Εικόνα 16) είτε σε παλμελλοειδή μορφή (εγκλεισμός σε βλεννώδη κάψα, δεν το παρατηρήσαμε όμως) είτε από μεταμόρφωση του βλαστητικού κυττάρου, είτε από το σχηματισμό ζυγώτη. Εκτός από την περίπτωση του ζυγώτη οι άλλες δύο περιπτώσεις εγκύστωσης φαίνεται ότι προκαλούνται από έντονες αλλαγές στα χαρακτηριστικά του νερού και μάλιστα ως προς τα δύο άκρα της αλατότητας δηλαδή είτε έντονη πτώση της αλατότητας είτε δραματική αύξησή της που ενίοτε καταλήγει στην πλήρη εξάτμιση της υδατινής μάζας. Όμως και η παγωνιά μπορεί να προκαλέσει εγκύστωση όπως επίσης και η έλλειψη θρεπτικών. Οι κύστεις αυτές βυθίζονται και εναποτίθενται στον πυθμένα όπου μπορούν να παραμείνουν για πολύ καιρό (άγνωστο πόσο) σε αδράνεια και να μεταμορφωθούν σε κινητικά (με μαστίγια) βλαστητικά κύτταρα όταν οι συνθήκες καλυτερέψουν. Στην κίνηση και στην κυτταρική εμφάνιση το *Dunaliella* αναφέρεται συχνά σε επιστημονικά κείμενα ότι μοιάζει με το πολυερευνημένο χλωρο-μικροφύκος *Chlamydomonas* όμως πέραν του ό,τι το *Chlamydomonas* διαθέτει κυτταρικό τοίχωμα, το σχήμα των κυττάρων τους διαφέρει δεδομένου ότι το μεν *Chlamydomonas* είναι σχεδόν σφαιρικού σχήματος ενώ το *Dunaliella* αχλαδοειδούς. Αντί για άκαμπτο κυτταρικό τοίχωμα το *Dunaliella* διαθέτει ένα αξιοπρόσεκτο βλεννώδες κάλυμμα αποτελούμενο κυρίως από γλυκοπρωτεΐνες.

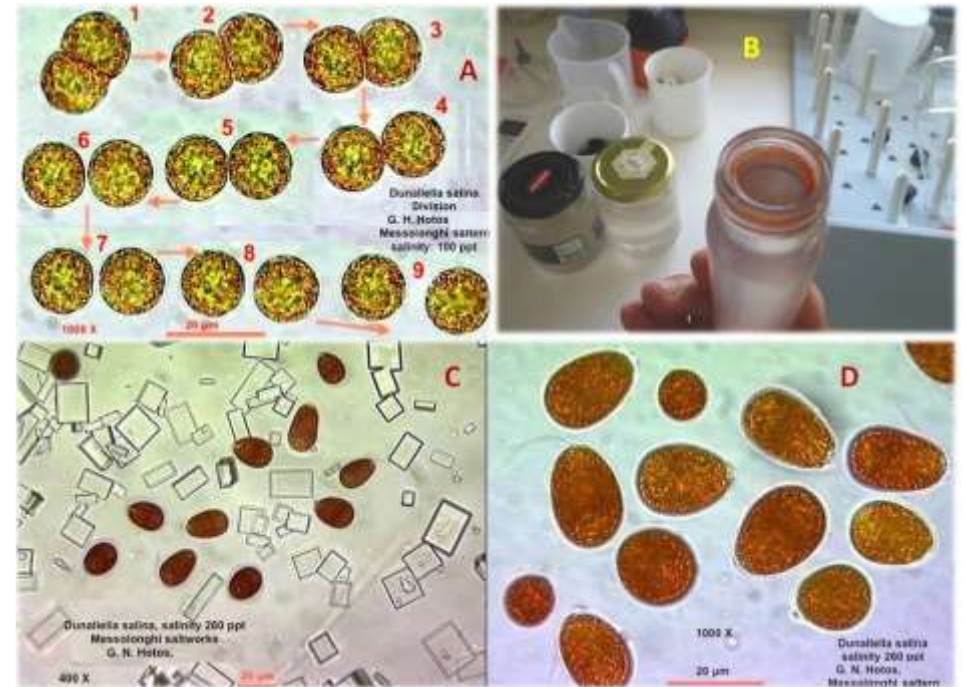


Εικόνα 16. *Dunaliella salina*. Κύστεις σφαιρικού σχήματος ανάμεσα σε πράσινα βλαστητικά κύτταρα και με έντονη συσσώρευση β-καρωτίνιου (A, B & D). Στο C η κύστη είναι πράσινη και εικάζεται ότι είναι ζυγωτικό κύτταρο στη φάση να υποστεί μειωτική και μιτωτικές διαιρέσεις.

Δεν διαθέτει σφυγμώδες κενοτόπιο (συνήθως στο εμπρόσθιο μέρος του κυττάρου) που βοηθά άλλα φύκη στην ωσμωρύθμιση διότι το *Dunaliella* έχει άλλη "στρατηγική" αντιμετώπισης των ωσμωτικών πιέσεων με το να παράγει και συσσωρεύει γλυκερόλη ενδοκυτταρικώς. Μοιάζει όμως με το *Chlamydomonas* στο ό,τι διαθέτουν και τα δύο ένα μεγάλο κυπελλοειδή χλωροπλάστη και διαφέρουν συνάμα στο ότι το *Dunaliella* που απαντάται στα αλμυρά και υπεράλμυρα νερά διαθέτει σε κεντρική θέση του χλωροπλάστη του και ένα πυρηνοειδές το οποίο περιβάλλεται από συσσωματώματα αμύλου (προϊόντα της φωτοσύνθεσης). Στο εμπρόσθιο άκρο του κυττάρου και ανάλογα με τη φυσιολογική κατάσταση διακρίνεται ποικίλος αριθμός κοκκίων

(σταγονιδίων) ελαίου (λιπιδίων). Η γλυκερόλη (γλυκερίνη) που όπως προαναφέρθηκε παράγει το *Dunaliella* στις υψηλές αλατότητες, είναι ενίοτε τόσο μεγάλη σε ποσότητα που η περίσσειά της εκκρίνεται από το κύτταρο και το νερό της καλλιέργειας συσσωρεύει επιφανειακά πυκνό λευκό αφρό κρεμώδους υφής (Εικόνα 18D). Το άλλο αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό των πολύ αλοανθεκτικών ειδών *Dunaliella salina* και *D. parva* είναι η σε υψηλές αλατότητες συσσώρευση εντός του χλωροπλάστη τους μεγάλων ποσοτήτων της χρωστικής β-καρωτίνιο η οποία υπό μορφή σταγονιδίων καταλαμβάνει την περιφέρεια του χλωροπλάστη και χρωματίζει το κύτταρο πορτοκαλο-κόκκινο (Εικόνα 17 C & D). Η αλλαγή του χρωματισμού του κυττάρου από πράσινο (όταν έχει λίγο β-καρωτίνιο) σε πορτοκαλο-κόκκινο (πολύ β-καρωτίνιο) οφείλεται στο ότι τα καρωτίνια σκεπάζουν την πράσινη χλωροφύλλη και επειδή ο χλωροπλάστης αποτελεί τη μεγαλύτερη μάζα του κυττάρου το χρώμα του κυττάρου καθορίζεται από τα καρωτίνια που καλύπτουν το χλωροπλάστη.

Το φαινόμενο του πορτοκαλο-κόκκινου χρωματισμού βρίσκει την κλασική του και πλέον έντονη έκφραση στο είδος *D. salina* που ακμάζει στις λεκάνες με την πολύ υψηλή αλατότητα (αντέχει και 300 ppt), συνήθως στις αλυκές (Εικόνα 18 A, B & C) όπου επικρατεί βαθμιαία (με την ύψωση της αλατότητας) ως το μοναδικό μικροφύκος εκεί. Ο ρόλος του β-καρωτίνιου πέραν του ότι δρα ως επικουρική χρωστική για τη χλωροφύλλη (μεταφέρει στη χλωροφύλλη-α του φωτοσυνθετικού κέντρου φωτόνια), είναι και η προστασία της χλωροφύλλης καθώς και του κυτταρικού DNA από την υπερβολική έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία (και από το μέρος του φάσματος της UV) στις συνθήκες που επικρατούν στις λουσμένες στον ήλιο αβαθείς υπεράλμυρες λεκάνες. Δρα με άλλα λόγια ως μια ασπίδα ηλιοπροστασίας. Επιπλέον τα πολλά β-καρωτίνια δρουν και ως "αποθήκη" του πλεονάζοντος άνθρακα που δεσμεύεται από τα εντόνως φωτοσυνθέτοντα κύτταρα τα οποία όμως σε αυτές τις συνθήκες δεν πολλαπλασιάζονται έντονα. Δηλαδή με άλλα λόγια ο υπάρχον πληθυσμός του *Dunaliella salina* σε υπεραλατότητα και έντονο φως δεν αυξάνεται αλλά τα κύτταρά του φωτοσυνθέτουν και "παχαίνουν".

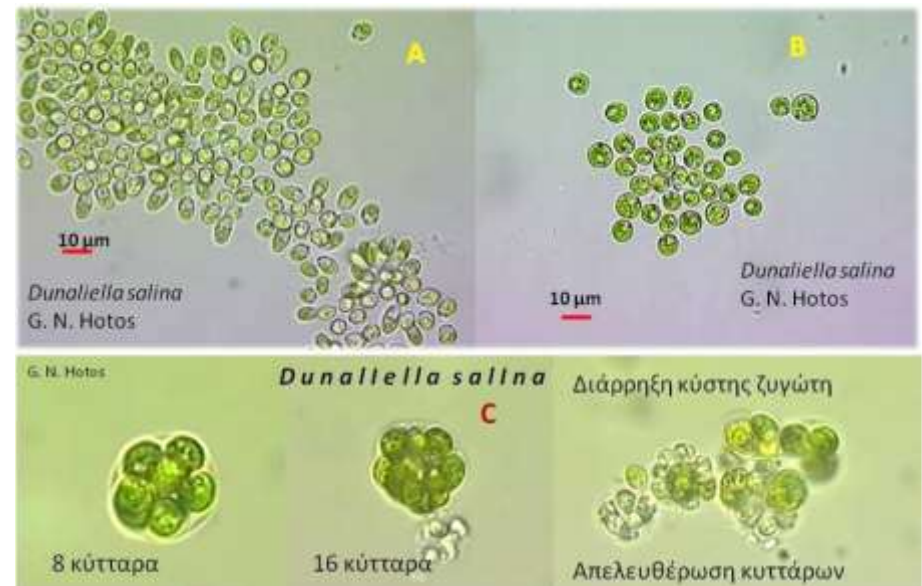


Εικόνα 17. *Dunaliella salina*. Στο A κολάζ από φωτογραφίες διαδοχικών φάσεων κατά τη διάρκεια της μιτωτικής διαίρεσης ενός σφαιρικού κυττάρου με μεγάλη ποσότητα β-καρωτίνιου. Στο C αχλαδοειδούς σχήματος έντονα χρωματισμένα από πολύ β-καρωτίνιο κύτταρα σε υψηλότερη αλατότητα >250 ppt ανάμεσα σε σχηματισθέντες ήδη κρυστάλλους αλατιού. Στο D μεγάλα αχλαδοειδή κύτταρα από υψηλή αλατότητα, σφύζοντα σε β-καρωτίνιο που κατακλύζει το κύτταρο. Στο B μια χαρακτηριστική φωτογραφία από φυγοκέντρηση καλλιέργειας *Dunaliella* σε νερό αλατότητας > 200 ppt, όπου το πολύ υψηλό ιξώδες του νερού δεν επιτρέπει την καθίζηση των κυττάρων οπότε συμπυκνώνονται στην επιφάνεια του δοχείου ως κόκκινη στρώση.





Εικόνα 18. *Dunaliella salina*. A: Συλλογή δείγματος από λεκάνη υψηλής αλατότητας των αλυκών Μεσολογίου με κοκκινωπό χρώμα λόγω ανάπτυξης αρχαίων βακτηριδίων *Halobacterium salinarum* και του χλωροφύκου *Dunaliella salina*. Στα B & C καλλιέργεια *Dunaliella salina* σε πολύ υψηλή αλατότητα με κόκκινο χρώμα λόγω μεγάλων ποσοτήτων β-καρωτινίου ενδοκυτταρικός. Στο D καλλιέργεια *Dunaliella salina* σε χαμηλότερη αλατότητα με το τυπικό πράσινο χρώμα που όμως έχουν αρχίσει να υφίστανται τεχνητή ανύψωση της αλατότητας (πρόσθεση αλατιού) και παράγουν πολύ γλυκερόλη που συσσωρεύεται στην επιφάνεια ως λευκός αφρός.



Εικόνα 19 *Dunaliella salina*. Στα A & B συσσωματώματα κυττάρων σε κανονικές αλατότητες (~40 ppt) με το χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα και σε αχλαδοειδή (A) και σφαιρική μορφή (B). Στο C αποτυπώνονται 3 φάσεις της δημιουργίας θυγατρικών κυττάρων από μια πράσινη κύστη ζυγώτη (σαν κι αυτή του σχήματος 16C)

Το *Dunaliella* πολλαπλασιάζεται με κυτταρική κατά το μακρύ άξονα διαίρεση όταν ιδίως βρίσκεται στην κινητική του φάση (υπάρχει και φάση που στρογγυλεύει και δεν κινείται). Όταν η καλλιέργεια παρατηρείται μικροσκοπικώς και βρίσκεται σε ακμαία φάση τα κύτταρα είναι πολύ κινητικά, τα μαστίγια πάλλονται και η κίνηση είναι γρήγορη με κινήσεις μάλλον ακανόνιστες και διαστήματα "ανάπαυσης" με τρεμούλιασμα. Ενίοτε τα κύτταρα συγκεντρώνονται κατά μεγάλους αριθμούς σε συσσωματώματα που μοιάζουν με "τσαμπιά" σταφυλιού τα οποία είναι ακανόνιστου σχήματος και μεγέθους (Εικόνα 19 A & B). Αλλά αποτελούνται από λίγα κύτταρα και άλλα από εκατοντάδες. Στα «τσαμπιά» αυτά τα κύτταρα είναι διατεταγμένα με κάποιο τρόπο που φαίνεται να εξυπηρετεί κάποιο σκοπό. Οι οξύληκτες μεριές των κυττάρων εκεί δηλαδή όπου εκφύονται τα μαστίγια βρίσκονται προς το εσωτερικό του τσαμπιού ενώ η αντίθετη πλευρά τους (η διογκωμένη, μην ξεχνάμε ότι το κύτταρο είναι αχλαδοειδές) "βλέπει" προς τα έξω. Τα μαστίγια σε αυτά τα συσσωματώματα όσο και αν είναι πυκνά στριμωγμένα φαίνεται να διατηρούν κάποια κινητικότητα. Με προσεκτική παρατήρηση

βλέπουμε ότι περιοδικώς νέα κύτταρα έρχονται να προστεθούν στο εκάστοτε τσαμπί, ενώ άλλες φορές κάποια κύτταρα αποσπώνται από αυτό απομακρύνονται και αποκτούν τη συνήθη μεγάλη κινητικότητά τους. Ενίοτε πάλι η απομάκρυνση πολλών κυττάρων σε μικρό χρονικό διάστημα διαλύει το συσσωμάτωμα. Η σημασία αυτού του φαινομένου για την επιβίωση του είδους παραμένει ανεξήγητη στη βιβλιογραφία (δεν έχει αναφερθεί καν εξ' όσων μελετήσαμε), αλλά αυτό που παρατηρήθηκε είναι ότι συμβαίνει σε σφριγηλές καλλιέργειες. Αναφέρθηκε το φαινόμενο της συσσωμάτωσης (Εικόνα 19 A & B) για να περιγραφούν και οι ενώσεις των κυττάρων και πιο συγκεκριμένα αυτή που παρατηρείται κατά τη σύζευξη γαμετών (ισογαμία), δηλαδή της ένωσης δύο κυττάρων με το εμπρόσθιο οξύληκτο μέρος τους με σκοπό τη σύντηξη των απλοειδών πυρήνων τους και τη δημιουργία του διπλοειδούς ζυγώτη. Πρόκειται για τον άλλο τρόπο αναπαραγωγής, τον αμφιγονικό, όπου το κάθε συζευγνυόμενο κύτταρο παίζει το ρόλο του "θηλυκού" ή "αρσενικού" γαμέτη. Κατά τη σύζευξη εκτός από τους πυρήνες δημιουργείται και κοινό μεγαλύτερο κυτταρόπλασμα και ο ζυγώτης που σχηματίζεται είναι στρογγυλός, έχει χάσει τα μαστίγια, είναι πράσινος ή κόκκινος και περιβάλλεται από ένα λείο και παχύ κυτταρικό τοίχωμα με κυρίαρχο συστατικό τη σποροπολενίνη. Ο ζυγώτης περιπίπτει αρχικά σε φάση αδράνειας (άγνωστη η ακριβής διάρκειά του) και κατόπιν αρχικώς με μία μειωτική διαίρεση και στη συνέχεια με μιτωτικές σχηματίζει μέχρι 32 απλοειδή μικροσκοπικά κύτταρα (Εικόνα 19C) τα οποία απελευθερώνονται μετά από διάρρηξη του μητρικού τοιχώματος και ελεύθερα πλέον κινούνται με τα μαστίγια τους και αυξάνονται μέχρι το κανονικό μέγεθος του είδους.



## *Tetraselmis* sp. (marina var. messolonghi)



### Συστηματική κατάταξη

Υπερβασιλείο:	Ευκαρυωτικά
Βασίλειο:	Πρώτιστα
Φύλο:	Χλωρόφυτα (Chlorophyta)
Ομοταξία:	Chlorophyceae
Τάξη:	Volvocales
Οικογένεια:	Chlamydomonadaceae
Γένος:	<i>Tetraselmis</i>
Είδος:	<i>Tetraselmis</i> sp. (marina var. messolonghi)

Μονοκύτταρο πλαγκτονικό φύκος με έντονο πράσινο χρώμα (στα κύτταρα και στο μέσο καλλιέργειας-Εικόνα 20). Το κύτταρό του επίμηκες, κυλινδρικού σχήματος αλλά ελαφρά συμπιεσμένο και ελαφρά ελλειψοειδές (Εικόνες 21-24). Το εμπρόσθιο μέρος του κυττάρου με χαρακτηριστική εγκόλπωση από την οποία εκφύονται 4 ισομήκη μαστίγια διακρινόμενα σε 2 ζεύγη αντικριστά τοποθετημένα (Εικόνα 22C). Τα μαστίγια προσδίδουν έντονη κινητικότητα στο κύτταρο το οποίο ακολουθεί ευθύγραμμη πορεία με στροβιλισμό κατά διαστήματα και συχνές αλλαγές κατεύθυνσης.

Μερικές φορές τα κύτταρα αποκτούν σφαιρική μορφή αποβάλλουν τα μαστίγια και ακινητοποιούνται. Πολύ συχνά επίσης τα κύτταρα περικλείονται σε μια μεμβρανώδη, διάφανη σα φούσκα δομή με περιεχόμενο υδαρές και ενίοτε ελαφρώς κοκκώδες. Σε αυτή τη μορφή ονομάζονται παλμελλοειδή κύτταρα (Εικόνες 23B & 24B) και ενώ διατηρούν το έντονο πράσινο χρώμα τους είναι ακίνητα χωρίς μαστίγια και τις περισσότερες φορές γεμάτα με διακριτά σφαιρικά έγκλειστα προφανώς αποθηκευτικό υλικό (άμυλο ή έλαια). Ο μεταβολισμός τους κατά το παλμελλοειδές στάδιο φαίνεται να παραμένει ενεργός καθώς σε αρκετά από αυτά παρατηρούνται κυτταρικές διαιρέσεις.



Εικόνα 20. Φιάλες Erlenmeyer των 500 ml με *Tetraselmis* sp. (marina var. messolonghi) σε διάφορες φάσεις ανάπτυξης για να δειχθεί το λαμπερό πράσινο χρώμα της καλλιέργειας.



Εικόνα 21. Κύτταρα *Tetraselmis* sp. (marina var. messolonghi) από νεαρή καλλιέργεια (A) με έντονο πράσινο χρώμα και από ώριμη καλλιέργεια (B) με κύτταρα με άτονο πράσινο χρώμα και 2 κύστες κοκκινωπές λόγω συσσώρευσης καροτενοειδών. Γραμμή 20 μm, 630X.

Σε "γηρασμένες" καλλιέργειες τα κύτταρα παλμέλλα χάνουν εν μέρει ή ολοκληρωτικά το πράσινο χρώμα τους και φαίνονται γεμάτα με σφαιροειδή άχρωα έγκλειστα (Εικόνα 23Α). Στο κύτταρο υπάρχει ένας μεγάλος κυπελλοειδούς σχήματος χλωροπλάστης με ένα πυρηνοειδές σε κεντρική θέση. Μια μεγάλη οφθαλμική κηλίδα πορτοκαλί χρώματος είναι εμφανής σε θέση προς το άνω μέσο του κυττάρου (κατά τον επιμήκη άξονα) και σε πλευρική θέση. Στο κέντρο του κυττάρου βρίσκεται ο πυρήνας που γειτνιάζει με την οφθαλμική κηλίδα.

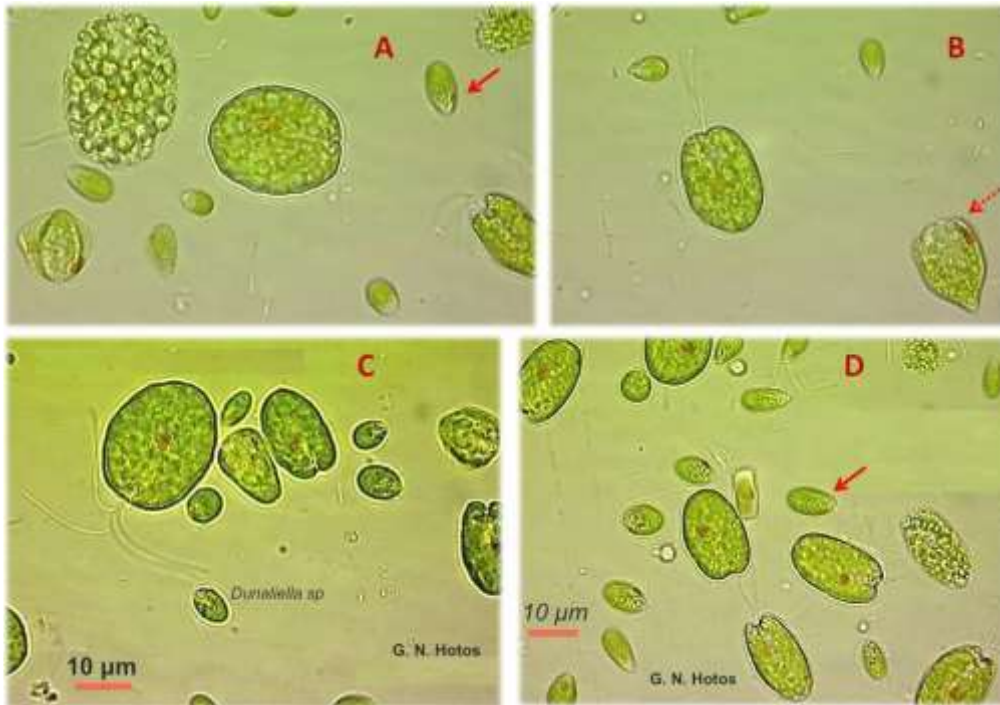
Η αναπαραγωγή γίνεται με απλή κυτταρική διαίρεση στο βλαστητικό κινητικό στάδιο καθώς και στο στάδιο της παλμέλλας. Δεν έχει παρατηρηθεί σεξουαλική αναπαραγωγή που να συνίσταται σε σύντηξη οιονεί γαμετών. Ομως συχνά σχηματίζονται σφαιροειδείς κύστες με παχιά τοιχώματα, το κύτταρο διαιρείται σε 4 θυγατρικά κύτταρα (Εικόνα 24C) τα οποία κατόπιν απελευθερώνονται και αυξάνουν σε μέγεθος ως κινητικά βλαστητικά κύτταρα.

Το συγκεκριμένο είδος που ονομάζεται από εμάς *Tetraselmis* sp. (*marina* var. *Messolonghi*) είναι πολύ μεγάλων διαστάσεων συγκριτικά με τα γνωστά είδη του γένους *Tetraselmis* (*T. suecica*, *T. chui*, *T. tetrathele* κ.ά.) και παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία στο σχήμα, στα μέγεθός του, στην παρουσία του πυρηνοειδούς, στο σχήμα του χλωροπλάστη και στα διάφορα έγκλειστα του κυττάρου, γνωρίσματα που λίγο-πολύ χαρακτηρίζουν το συγκεκριμένο γένος και δυσκολεύουν την ταξινομική διευθέτηση των ειδών του. Πάντως το μέγεθος του *Tetraselmis* sp. (*marina* var. *Messolonghi*) που κυμαίνεται σε  $17,62 \pm 1,79$  (sd)  $\mu\text{m}$  κατά τον επιμήκη άξονα και  $10,02 \pm 0,62$  (sd)  $\mu\text{m}$  κατά το πλάτος είναι πολύ μεγαλύτερο (ίσως το μεγαλύτερο από όλα τα είδη του γένους) καθώς και η μεγάλη του αντοχή σε πολύ υψηλές αλατότητες της τάξεως των 150 ppt το διαφοροποιούν εμφανώς από τα υπόλοιπα.



Εικόνα 22. Κύτταρα *Tetraselmis* sp. (*marina* var. *messolonghi*). A: Μεγάλα έντονου πράσινου χρώματος. B: σε φάση παλμέλλα σφαιρικά. C: τα 4 μαστίγια. D: τα βέλη δείχνουν κυτταρική διαίρεση σε φάση παλμέλλα, κύτταρα επίσης που μεταπίπτουν σε παλμέλλα, διακρίνονται επίσης μικρότερα κύτταρα που προέκυψαν μιτωτικώς.





Εικόνα 23. Κύτταρα *Tetraselmis* sp. (marina var. messolonghi). Στα A & D χάρη συγκρίσεως με βέλος δείχνεται κύτταρο *Dunaliella*, στο B με βέλος δείχνεται κύτταρο *Asteromonas*.



Εικόνα 24. Κύτταρα *Tetraselmis* sp. (marina var. messolonghi). A: βλαστητικά, B: παλμέλλα, C: κυτταρική διαίρεση σε παλμέλλα. D: βλαστητικό με τα 4 μαστίγια.

## *Tetraselmis* sp. (red var. pappas)



### Συστηματική κατάταξη

Υπερβασιλείο:	Ευκαρυωτικά
Βασιλείο:	Πρώτιστα
Φύλο:	Χλωρόφυτα (Chlorophyta)
Ομοταξία:	Chlorophyceae
Τάξη:	Volvocales
Οικογένεια:	Chlamydomonadaceae
Γένος:	<i>Tetraselmis</i>
Είδος:	<i>Tetraselmis</i> sp. (red var. red pappas)

Μονοκύτταρο πλαγκτονικό χλωροφύκος παρόμοιας μορφολογίας με το *Tetraselmis* sp. (marina var. messolonghi) που περιγράφηκε παραπάνω αλλά με εμφανώς μικρότερες διαστάσεις κυττάρου  $10,52 \pm 1,2$  (sd)  $\mu\text{m}$  κατά τον επιμήκη άξονα και  $8,11 \pm 1,08$  (sd)  $\mu\text{m}$  κατά το πλάτος για το είδος που απομονώθηκε από τη λιμνοθάλασσα Κοτυχίου και  $11,32 \pm 0,78$  (sd)  $\mu\text{m}$  κατά τον επιμήκη άξονα και  $7,95 \pm 1,06$  (sd)  $\mu\text{m}$  κατά το πλάτος για το είδος που απομονώθηκε από τη λιμνοθάλασσα Πάππας Αχαΐας. Το εξαιρετικά ενδιαφέρον χαρακτηριστικό όμως αυτού του μικροφύκου είναι ο σκουρο-κόκκινος χρωματισμός που αποκτά το νερό στο δοχείο καλλιέργειάς του όταν η καλλιέργεια ωριμάσει. Έτσι ενώ στην αρχική της φάση (χαμηλή συγκέντρωση κυττάρων) η καλλιέργεια είναι χρώματος σκουρο-πράσινου (Εικόνα 25) προϊόντος του χρόνου αποκτά φαιο-κόκκινο χρώμα (Εικόνα 27<sup>A</sup>, Εικόνα 28 A, B, C & F). Το κοκκινωπό χρώμα της καλλιέργειας οφείλεται φυσικά στο αντίστοιχο κοκκινωπό χρώμα των κυττάρων του (Εικόνα 26, Εικόνες 29-32) το οποίο παρατηρείται στο μικροσκόπιο ως κοκκώδη ποικίλων διαμέτρων έγκλειστα σε όλη τη μάζα του κυττάρου ανάμικτο με αντίστοιχα πράσινης απόχρωσης.

Προφανώς πρόκειται για ποικίλα καρωτενοειδή τα οποία δεν απαντώνται σε τόση ένταση σε κανένα άλλο από τα γνωστά είδη *Tetraselmis*. Μάλιστα απομονώθηκαν δύο ποικιλίες αυτού του μικροφύκου, μία από τη λιμνοθάλασσα Κοτυχίου που παρουσιάζει πράσινο συνήθη χρωματισμό των κυττάρων όταν βρίσκονται στην αρχική εκθετική φάση αύξησης και κατόπιν

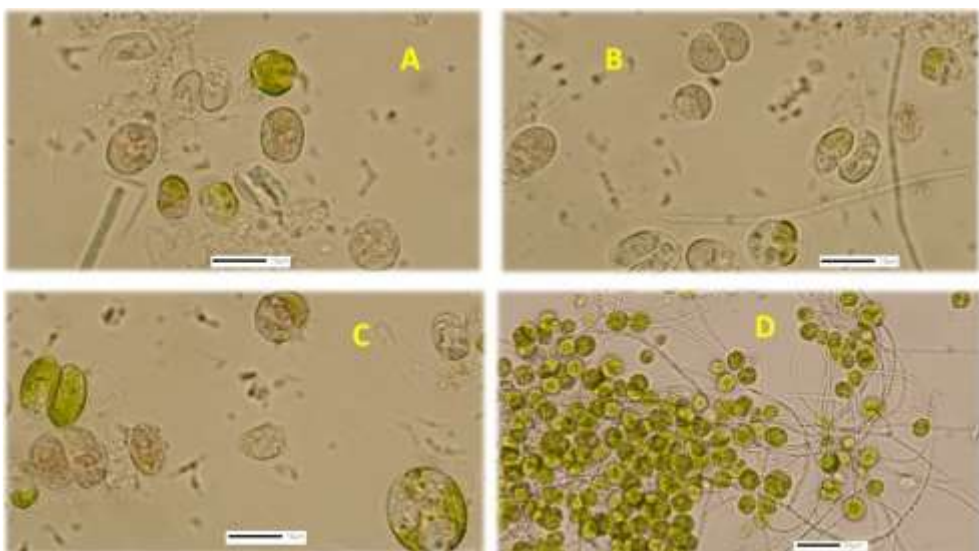
όταν η καλλιέργεια ωριμάσει πολύ (στατική φάση) κοκκινίζουν ελαφρά και κατόπιν αποκτούν σκούρο μπορντό χρώμα και μία άλλη από τη λιμνοθάλασσα Πάππας Αχαΐας στην οποία τα κύτταρα εξ' αρχής είναι κοκκινωπά. Την μεν πρώτη ποικιλία την ονομάζουμε *Tetraselmis* sp. (red var. kotyhi) την δε δεύτερη *Tetraselmis* sp. (red var. pappas).

Αμφότερες οι ποικιλίες όταν υποστούν φυγοκέντρηση σε δείγμα που λαμβάνεται από τις καλλιέργειές τους, παρουσιάζουν το μοναδικό φαινόμενο το υπερκείμενο νερό στο δοχείο φυγοκέντρησης να είναι κόκκινο το δε ίζημα (τα κύτταρα) να είναι πράσινο στο *Tetraselmis* red var. kotyhi και σκουρο-κόκκινο στο *Tetraselmis* red var. pappas (Εικόνα 27B). Στη βιβλιογραφία δεν απαντήσαμε παρόμοια περίπτωση. Προφανώς το κόκκινο χρώμα του νερού στο υπερκείμενο οφείλεται σε απροσδιόριστες ουσίες που παράγουν τα κύτταρα και αποβάλλουν στο νερό με ποικίλη ένταση.



Εικόνα 25. Καλλιέργειες *Tetraselmis* sp. (red) σε δοχεία Erlenmeyer των 500 ml όπου φαίνεται το φαιοπράσινο χρώμα της καλλιέργειας με τη φιάλη αριστερά να έχει ήδη αποκτήσει φαιο-κόκκινο χρώμα.





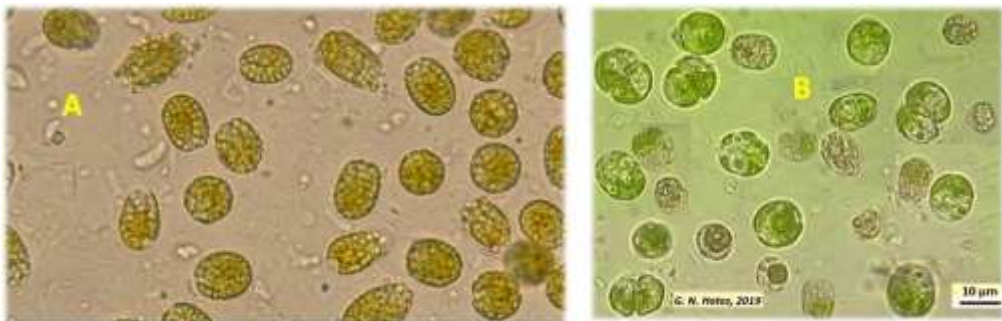
Εικόνα 26. Μικροφωτογραφίες *Tetraselmis* sp. (red) από τη λιμνοθάλασσα Πάππας με κύτταρα πράσινα και φαιο-κόκκινα. Στα A, B & C γραμμή κλίμακας 10 µm, 1000X, στο D 20 µm, 400X.



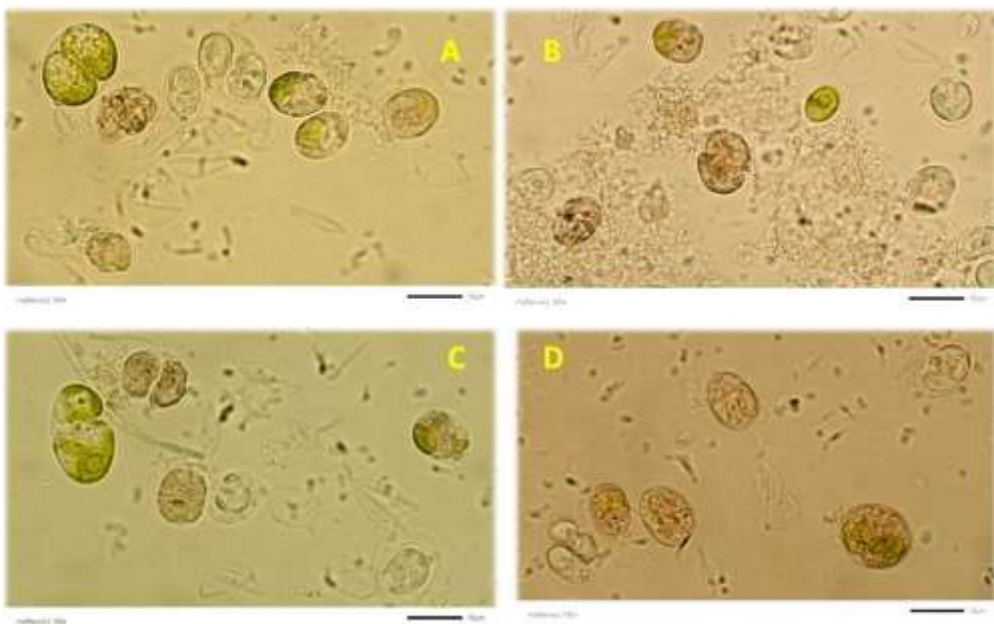
Εικόνα 27. Στο A υπερκείμενο κόκκινο νερό από φυγοκεντρημένη ποσότητα με την κυβέτα δίπλα που θα φωτομετρηθεί. Στο B οι σωλήνες με το φυγοκεντρημένο δείγμα όπου το υπερκείμενο είναι κοκκινωπό και το ίζημα που περιέχει τα κύτταρα είναι πρασινωπό.



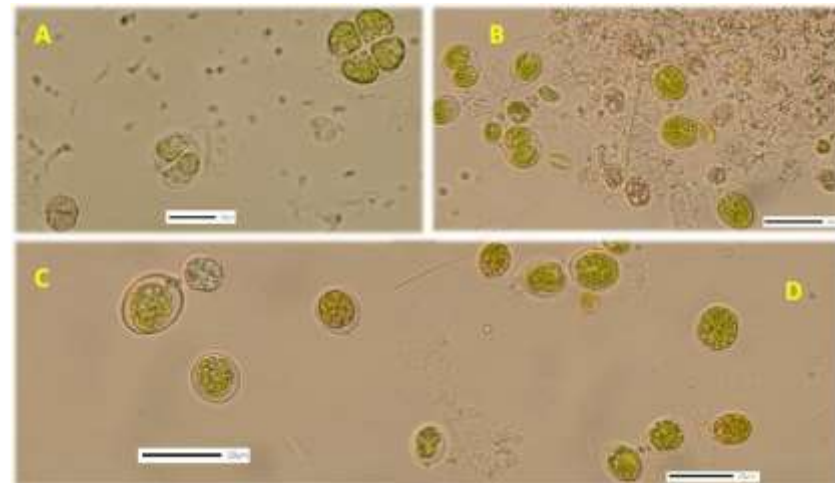
Εικόνα 28. Καλλιέργειες *Tetraselmis* sp. (red) που έχουν αποκτήσει έντονο κοκκινωπό χρώμα. Στα A, F και στο B (μπουκάλι δεξιά) το υγρό δεν περιέχει κύτταρα παρά μόνο το υπερκείμενο υγρό της φυγοκεντρημένης ποσότητας. Στο C φαίνονται καλλιέργειες σε διαφορετικές φάσεις ωρίμανσης για να φανεί η χρωματική μετάβαση από το καφετί αριστερά στο φαιοκόκκινο και στο κόκκινο (δεξιά). Στο D κύτταρα *Tetraselmis* (marina var messolonghi) για σύγκριση με την *Tetraselmis* (red) στο E, γραμμή κλίμακας 20 µm, 630X.



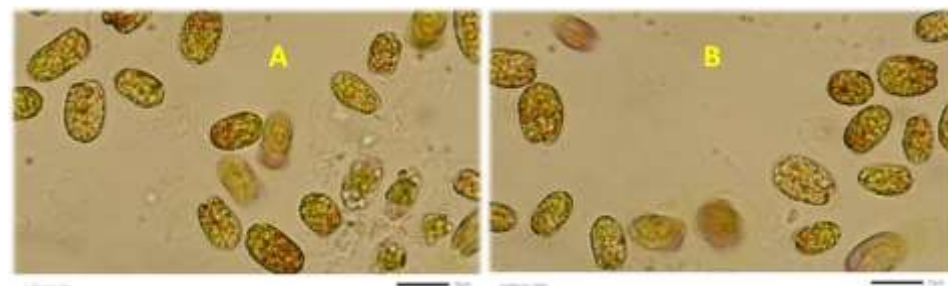
Εικόνα 29. Μικροφωτογραφίες *Tetraselmis* sp. (red) από τη λιμνοθάλασσα Πάππας (A), γραμμή κλίμακας 20 µm, 630X και Κοτυχίου (B). Στο A όλα τα κύτταρα ελαφρώς κοκκινίζοντα στο B πράσινα και κοκκινίζοντα.



Εικόνα 30. Μικροφωτογραφίες *Tetraselmis* sp. (red) από τη λιμνοθάλασσα Πάππας, γραμμή κλίμακας 10 µm, 1000X. Εμφανής η ποικιλία στα μεγέθη. Στα A και C πράσινα και κόκκινα κύτταρα σε διαίρεση.



Εικόνα 31. Μικροφωτογραφίες *Tetraselmis* sp. (red) από τη λιμνοθάλασσα Κοτυχίου. Στο A κυτταρική διαίρεση με 4 θυγατρικά κύτταρα, γραμμή κλίμακας 10 µm, 1000X, στο B μεγάλη ποικιλία μεγεθών και κυτταρική διαίρεση σε παλμέλλα, 20 µm, 630X, στο C ποικιλία μεγεθών παλμελλοειδών κυττάρων, 20 µm, 630X, στο D ποικιλία μεγεθών, 20 µm, 630X.



Εικόνα 32. Μικροφωτογραφίες *Tetraselmis* sp. (red) από τη λιμνοθάλασσα Πάππας με εμφανώς κοκκινισμένα κύτταρα, 10 µm, 1000X.



## B. ΚΥΑΝΟΒΑΚΤΗΡΙΑ

### *Phormidium* sp.



#### Συστηματική κατάταξη

Υπερβασίλειο:	Προκαρυωτικά
Βασίλειο:	Ευβακτήρια
Φύλο:	Κυανοβακτήρια
Ομοταξία:	Cyanophyceae
Τάξη:	Oscillatoriales
Οικογένεια:	Oscillatoriaceae
Γένος:	<i>Phormidium</i>
Είδος:	<i>Phormidium</i> sp.

Κυανοβακτήριο νηματοειδούς τύπου (Εικόνα 33). Νημάτια (τριχώματα) αδιακλάδωτα, γενικώς ευθύγραμμα, πολύ μεγάλου μήκους, ενίοτε συνεστραμμένα, καμπτόμενα ελαφρώς όταν βρίσκονται σε μεγάλες μάζες. Ενίοτε ορισμένα νήματα βρίσκονται περιελιγμένα σε σπείρα. Τα νημάτια παρουσιάζουν λεία εμφάνιση και έχουν ικανότητα αργής ολισθητικής κίνησης. Το χρώμα τους ποικίλλει ανάλογα με τη φάση της καλλιέργειας από ανοιχτό πράσινο, σε πρασινο-λαδί έως λαδί-κίτρινο (Εικόνες 37, 38C & 42B). Τα τελικά μέρη των νηματίων (άκρες) όχι οξύληκτα αλλά ελαφρώς κυρτά. Η θήκη βλέννας που καλύπτει τα νημάτια είναι συμπαγής, πολύ μικρού πάχους και απουσιάζει στα κύτταρα των άκρων (τελικά κύτταρα).

Το είδος δεν είναι αζωτοδεσμευτικό καθώς δεν παρουσιάζει ετερόκυτα (ειδικά κύτταρα δέσμευσης του ατμοσφαιρικού αζώτου -N<sub>2</sub>). Δεν σχηματίζει κύτταρα-ακινήτες. Τα νημάτια αποτελούνται από κυλινδρικού σχήματος κύτταρα με μήκος λίγο μεγαλύτερο από το πάχος τους [ $2,37 \pm 0,2$  (sd)  $\mu\text{m}$ ]. Τα γειτονικά κυτταρικά τοιχώματα στις θέσεις επαφής των κυττάρων δεν σχηματίζουν εμφανή χωρίσματα στη μικροσκοπική τους παρατήρηση στο δείγμα που απομονώθηκε από τις αλυκές της Τουρλίδας του Μεσολογίου, ενώ είναι

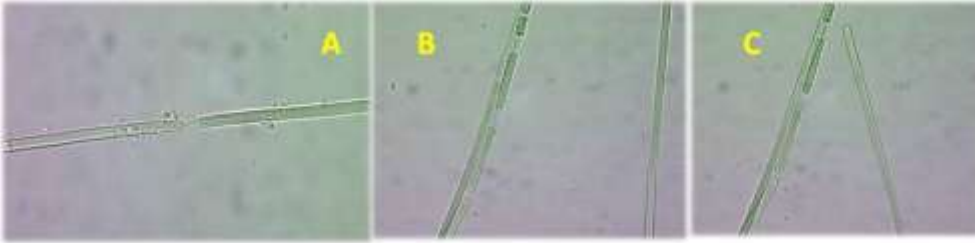
αμυδρώς εμφανή στο δείγμα που απομονώθηκε από τη λιμνοθάλασσα Κοτυχίου.



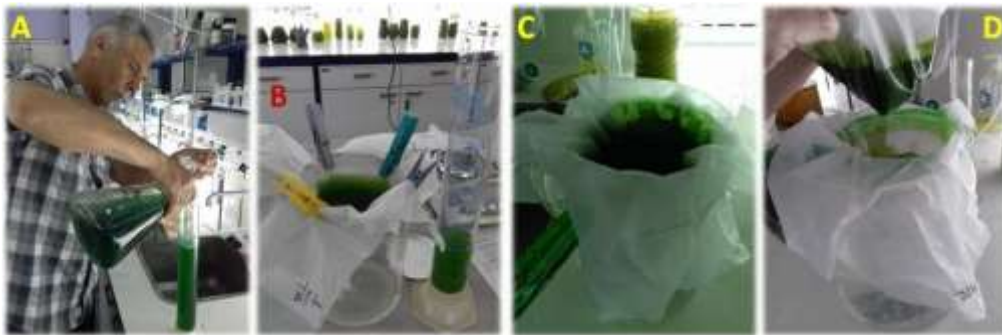
Εικόνα 33. Πυκνές μάζες μακρών νηματίων του κυανοβακτηρίου *Phormidium* sp. απομονωθέντος από τη λιμνοθάλασσα Τουρλίδα Μεσολογίου. Στα νημάτια δεν υπάρχουν ετερόκυτα ούτε ακινήτες. Γραμμή κλίμακας: 100  $\mu\text{m}$ , μεγέθυνση 100X.

Στα κύτταρα δεν παρατηρούνται συνήθως αεροτόπια όμως ενίοτε λίγα τον αριθμό μικρά αεροτόπια εμφανίζονται σε κάποια κύτταρα. Το περιεχόμενο του κυτταροπλάσματος σε μεγάλη μεγέθυνση εμφανίζεται κοκκώδες με πολύ μικρά κοκκία πράσινης-κυανοπράσινης απόχρωσης.

Ο πολλαπλασιασμός γίνεται με θραυσματοποίηση των νηματίων (Εικόνα 34) σε κομμάτια ποικίλου μήκους τα οποία κατόπιν με κυτταρικές διχοτομήσεις επιμηκύνονται. Οι κυτταρικές διαίρεσεις (διχοτομήσεις) των κυττάρων γίνονται εγκάρσιως δηλαδή κάθετα στον άξονα του νηματίου. Το κύτταρο αυξάνεται πρώτα στο κατάλληλο διπλάσιο μέγεθος και κατόπιν διαιρείται. Μόνο τα τελικά κύτταρα του νηματίου δεν έχουν τέτοια ικανότητα. Τα σημεία του νήματος όπου πρόκειται να πραγματοποιηθεί η θραύση αναπτύσσουν νεκρίδια δηλαδή κύτταρα που θα διαλυθούν για να επέλθει η θραύση και ο διαχωρισμός του νηματίου.



Εικόνα 34. Σημεία θραύσης του νήματος του κυανοβακτηρίου *Phormidium* από τα οποία με πολλαπλασιασμό των κυττάρων θα προκύψουν νέα μακρά νήματα.



Εικόνα 35. Διαδικασία συμπύκνωσης της καλλιέργειας *Phormidium* (A) με χύσιμο της σε πλαγκτονικό δίκτυο ματιών 100 µm (B) και στράγγιση της καλλιέργειας (C) ώστε τελικά στο δίκτυο να μείνει μόνο πυκνή μάζα των νηματίων του *Phormidium* (D).

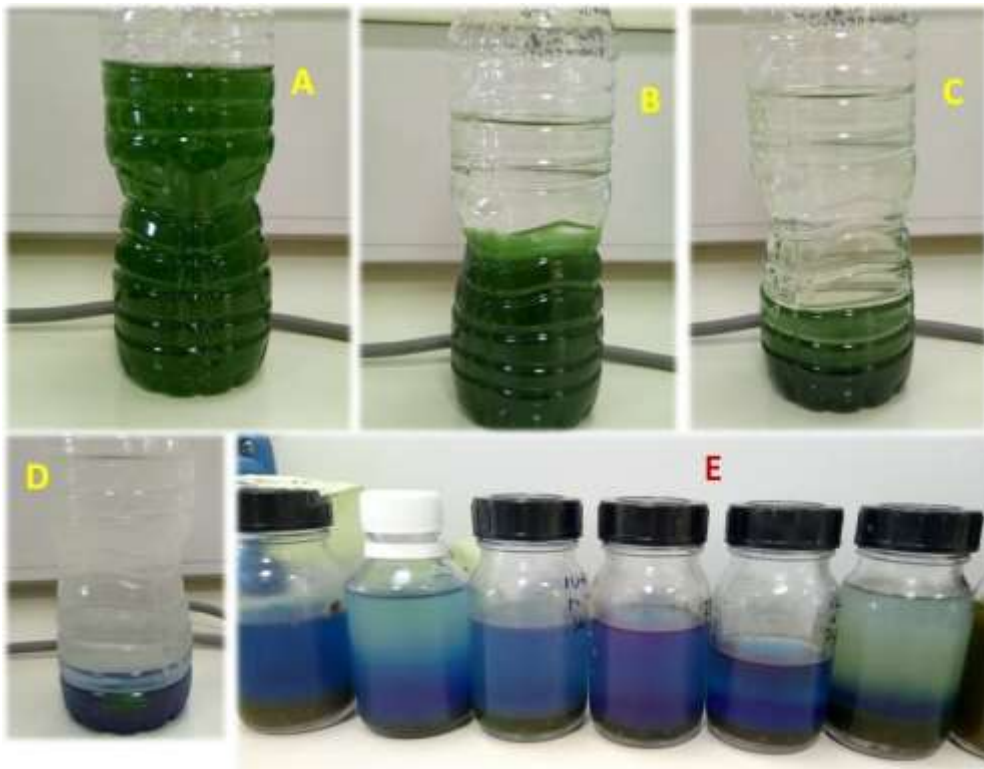
Το *Phormidium* αναπτύσσεται γρήγορα σε κανονικές συνθήκες (20-22 °C, ~4000 lux) και είναι πολύ αλοαυθεκτικό αντέχοντας σε ένα ευρύ εύρος αλατότητας 15-60 ppt με καλύτερη ανάπτυξη γύρω στα 40 ppt. Πολύ γρήγορα η αρχική του καλλιέργεια που έχει πράσινο χρώμα

(Εικόνες 39-41) δημιουργεί μάζα νηματίων που είναι ορατά και με γυμνό οφθαλμό καθώς στροβιλίζονται με τον αερισμό στο δοχείο καλλιέργειας. Μετά από λίγες ημέρες η καλλιέργεια αποκτά λαδοπράσινο χρώμα και τελικώς λαδοκίτρινο όταν η ανάπτυξη καταλήξει σε μεγάλη βιομάζα. Το νερό με το *Phormidium* αφηρόμενο αδιατάρακτο για αρκετό διάστημα θα παρουσιάσει εντυπωσιακή καθίζηση των νηματίων δημιουργώντας συμπαγές ίζημα με σχεδόν διαφανές το υπερκείμενο υγρό (Εικόνες 36, 37 & 38). Η καθίζηση ολοκληρώνεται σε 3 περίπου ώρες και συμβαίνει με τον ίδιο ρυθμό ανεξαρτήτως της χρωματικής φάσης της καλλιέργειας.

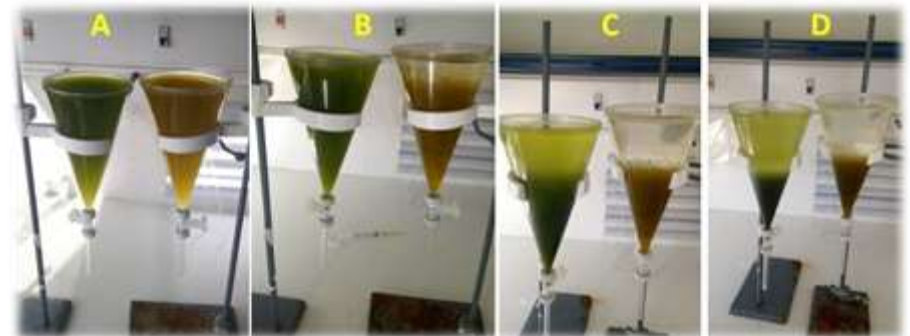
Αν το ίζημα από την πράσινη φάση αφεθεί για πολύ καιρό και ιδιαίτερα στην ψύξη (~4 °C) θα εμφανιστεί στο υπερκείμενο νερό έντονο μπλε χρώμα (Εικόνα 36D & E) λόγω απελευθέρωσης από τα κύτταρα της υδατοδιαλυτής χρωστικής φυκοκυανίνης η οποία χρησιμοποιείται από τη βιομηχανία ως ισχυρό αντιοξειδωτικό. Συνεπώς το *Phormidium* προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα για τη μαζική καλλιέργειά του καθώς:

1. Αναπτύσσεται γρήγορα και φθάνει σε πυκνές συγκεντρώσεις.
2. Συλλέγεται εύκολα καθώς σχηματίζει σύντομα με αδιατάρακτη καθίζηση πυκνό ίζημα.
3. Παράγει πολλή φυκοκυανίνη.
4. Η καλλιέργειά του διευκολύνεται πολύ ως προς την επίτευξη της μονοειδικότητας καθώς τα νηματίά του διατηρούνται μόνα αυτά μέσω περάσματος του μέσου καλλιέργειας από πλαγκτονικό δίκτυο πόρων ~100 µm (Εικόνα 35).

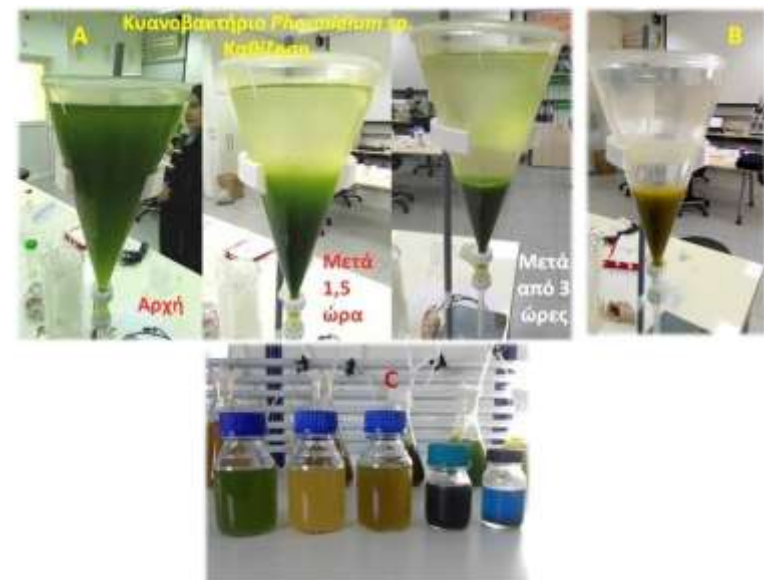




Εικόνα 36. Στα A, B, C & D καλλιέργεια *Phormidium* στην πράσινη φάση και η προϊόντος του χρόνου καθίζηση της μάζας των νηματίων του σχηματίζοντας παχύ πράσινο ίζημα (σε 3 περίπου ώρες). Στο D μετά από παραμονή 24 ωρών σε ψυγείο (~4 °C) το ίζημα απελευθέρωσε την υδατοδιαλυτή φυκοκυανίνη. Στο E δείγματα ιζημάτων με εντυπωσιακή απελευθέρωση ποσοτήτων φυκοκυανίνης που χρωματίζουν το νερό μπλε. Μόνο η πράσινη φάση απελευθερώνει αβίαστα φυκοκυανίνη όταν παραμένει στο ψυγείο.



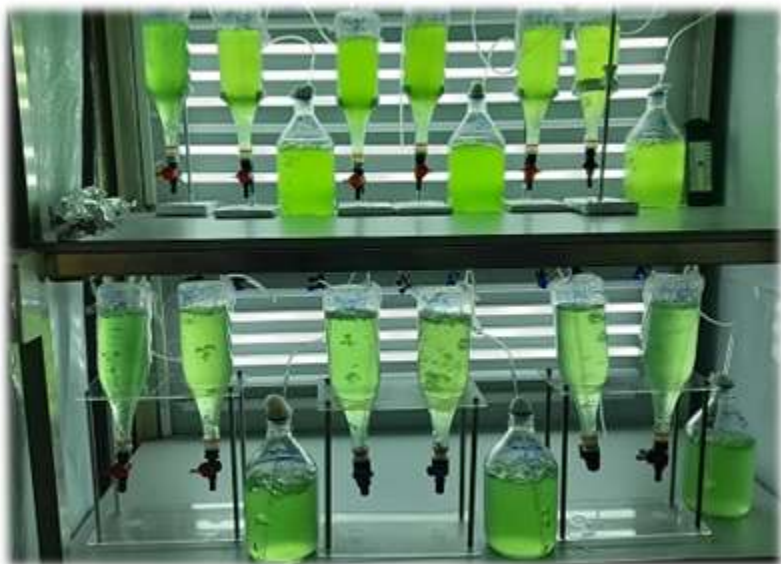
Εικόνα 37. Καλλιέργειες *Phormidium* στην πράσινη και στη λαδί φάση τοποθετημένες σε φιάλες διαχωρισμού για να φανεί η εξελισσόμενη καθίζηση και στο D το τελικό σχηματισθέν ίζημα, πράσινο για την πράσινη φάση, λαδί για τη λαδί.



Εικόνα 38. Κοντινό πλάνο από καλλιέργεια *Phormidium* στην πράσινη φάση τοποθετημένη σε φιάλη διαχωρισμού (A) στο οποίο φαίνεται η σε 3 περίπου ώρες κατακάλυψη του πράσινου ιζήματος ενώ το υπερκείμενο νερό είναι σχεδόν διαυγές (χωρίς κυανοβακτηριακά νήματα δηλαδή) και στο B το αντίστοιχο λαδί ίζημα από παρόμοια καθίζηση καλλιέργειας *Phormidium* στη λαδί φάση. Στο C δείγματα καλλιερειών *Phormidium* σε πράσινη, κιτρινο-λαδί, λαδί και λαδοπράσινη φάση με το δοχείο άκρη δεξιά να έχει απελευθερώσει φυκοκυανίνη μετά από 24ωρη ψύξη του.



Εικόνα 39. Καλλιέργεια *Phormidium* 1<sup>η</sup> ημέρα.



Εικόνα 40. Καλλιέργεια *Phormidium* 4<sup>η</sup> ημέρα.



Εικόνα 41. Καλλιέργεια *Phormidium* 8<sup>η</sup> ημέρα.



Εικόνα 42. Στο Α καλλιέργειες *Phormidium* σε διάφορα στάδια (αρχή-μέση-ώριμη) με τις χαρακτηριστικές διαβαθμίσεις του πράσινου και στο Β ώριμες καλλιέργειες με σκούρο πράσινο χρώμα και μία που έχει γίνει λαδοκίτρινη.



## *Cyanothece* sp.

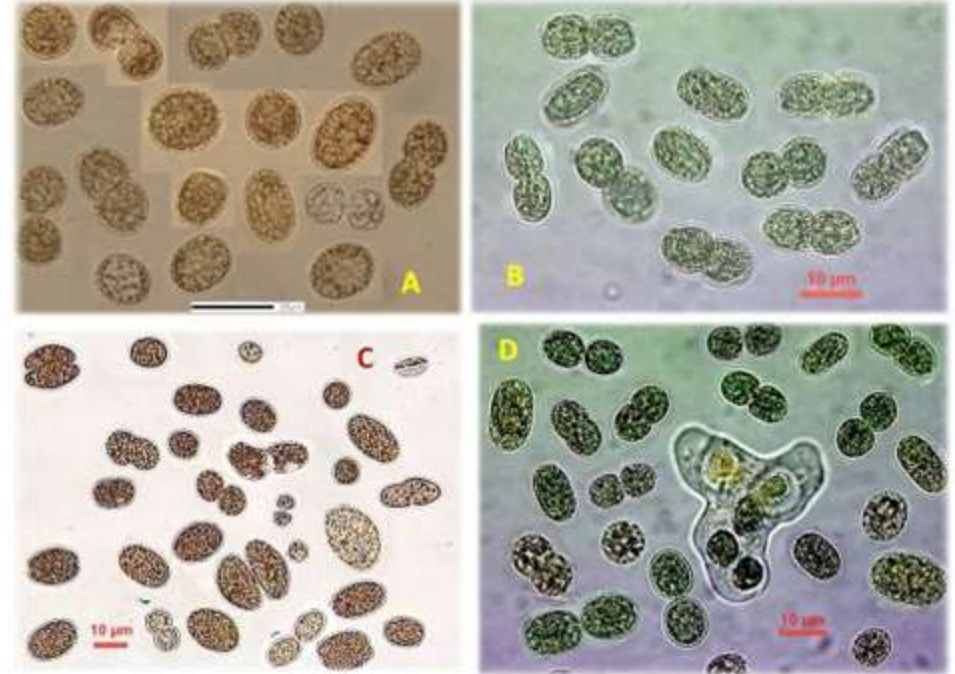


### Συστηματική κατάταξη

Υπερβασιλείο:	Προκαρυωτικά
Βασίλειο:	Ευβακτήρια
Φύλο:	Κυανοβακτήρια
Ομοταξία:	Cyanophyceae
Τάξη:	Oscillatoriales
Οικογένεια:	Cyanothecaceae
Γένος:	<i>Cyanothece</i>
Είδος:	<i>Cyanothece</i> sp.

Πλαγκτονικό αζωτοδεσμευτικό κυανοβακτήριο με κύτταρα μονήρη (Εικόνες 43, 44, 45, 47 & 48) και ποτέ αποικιακά. Ενίοτε όμως τα κύτταρα ενωμένα δημιουργούν αλυσίδες-σειρές μικρού μήκους και ενίοτε καμπυλωμένες (Εικόνα 44B) όμως σε καμία περίπτωση παρόμοιες με αυτές που χαρακτηρίζουν το *Anabaena* ή το *Nostoc*. Δεν παρατηρούνται επίσης σε αυτές τις περιστασιακές ως φαίνεται αλυσίδες κυττάρων ούτε ετερόκυτα, ούτε κύτταρα ακινήτες, παρόλο που το συγκεκριμένο είδος χαρακτηρίζεται ως αζωτοδεσμευτικό. Κίνηση των κυττάρων δεν παρατηρήθηκε και μάλλον η κίνηση δεν αποτελεί χαρακτηριστικό τους.

Όμως μία φορά παρατηρήσαμε και καταγράψαμε σε βίντεο (<https://www.youtube.com/watch?v=gR8yxSM9Yt4>) εμφανή αργή έστω κίνησή τους κάτι που μας οδηγεί στο να μην αποκλείσουμε εντελώς μια τέτοια δυνατότητά τους την οποία για λόγους άγνωστους εκφράζουν σπανίως και περιστασιακώς.



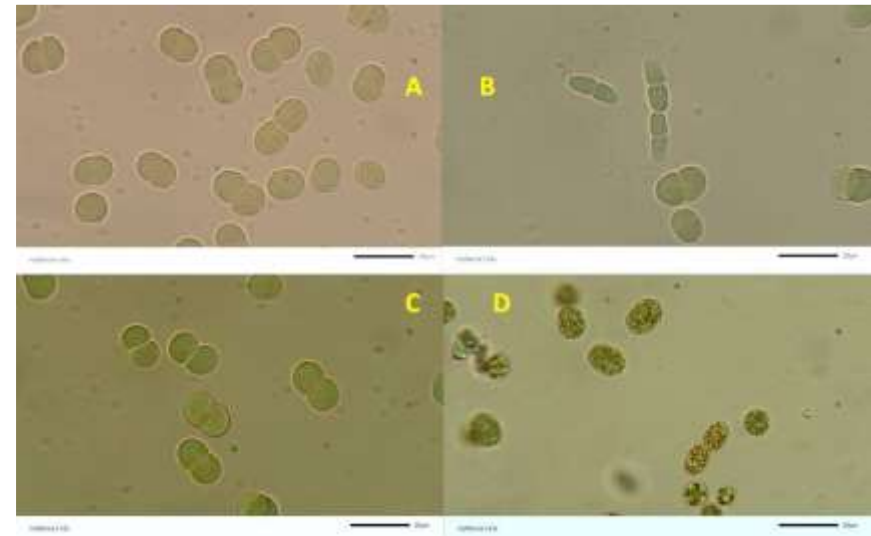
Εικόνα 43. Εντονη ποικιλομορφία των κυττάρων του απομονωθέντος από τις αλυκές Μεσολογίου κοκκοειδούς κυανοβακτηρίου *Cyanothece* sp. Στο A κολάζ κυττάρων με καφετί χρώμα, συμμετρικός οβάλ και εμφανές κυτταρικό τοίχωμα, γραμμή κλίμακας 20 μm, 630X. Στο C καφετί χρώματος με μεγάλη ποικιλία μεγεθών και μορφών. Στα B και D κύτταρα κυανοπράσινα προφανώς λόγω μεγάλης ποσότητας της χρωστικής φυκοκυανίνης. Στο D μια αμοιβάδα έχει περικλείσει ορισμένα κύτταρα και πέσει κάποια απ' αυτά. Σε όλες τις φωτογραφίες εμφανές το κοκκώδες του κυτταροπλάσματος, το κυτταρικό τοίχωμα και διάφορα στάδια κυτταρικών σχέσεων.

Το σχήμα των κυττάρων είναι άλλοτε σχεδόν σφαιρικό, άλλοτε οβάλ, άλλοτε ραβδόμορφο και μερικές φορές διογκωμένο ελαφρά καμπυλωτό ή ελαφρά σιγμοειδές, πάντοτε όμως αποστρογγυλεμένο στα άκρα. Το μέγεθος ποικίλλει πολύ για κάθε δείγμα που εξετάσαμε και ανάλογο με τη φάση ωρίμανσης της καλλιέργειας. Σε γενικές γραμμές τα κύτταρα όταν είναι μονήρη και σφαιρικά έχουν διάμετρο 8-12 μm και όταν βρίσκονται ως θυγατρικά της διαίρεσης ενωμένα ~ 15 μm. Το περιεχόμενο του κυτοπλάσματος είναι ομοιογενές ή με

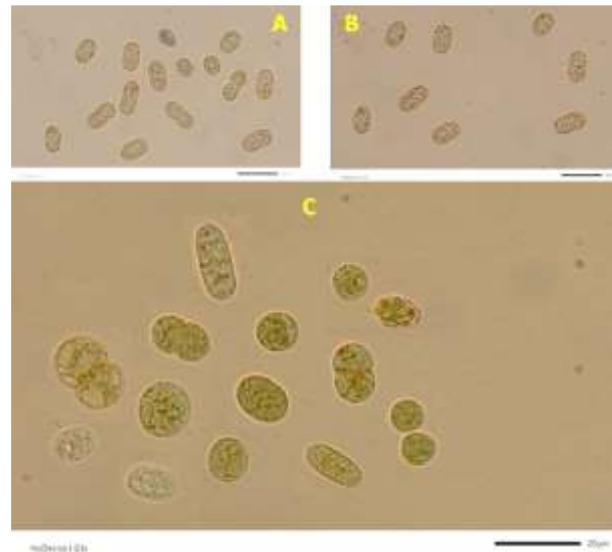
πολύαριθμα ομοιόμορφα καταμεμημένα κοκκώδη έγκλειστα. Ο χρωματισμός του κυττάρου ποικίλλει ανάλογα με τις φυσικοχημικές συνθήκες του νερού, την ηλικία της καλλιέργειας και το χρώμα των προαναφερθέντων εγκλείστων. Ετσι παρουσιάζεται χρωματικός πολυμορφισμός με κύτταρα ανοιχτό μπλε-πράσινα (κυανοπράσινα), λαμπερό κυανοπράσινο, λαδοπράσινα, καφε-κόκκινο έως ελαφρά ροζέ. Σε μακροσκοπικό επίπεδο, δηλαδή ως προς το χρώμα που παρουσιάζουν οι καλλιέργειες αυτού του κυανοβακτηρίου, μπορούμε να παρατηρήσουμε καλλιέργειες άλλοτε κυανοπράσινου χρώματος, άλλοτε λαδοπράσινου και άλλοτε πορτοκαλόχρους. Δεν είναι ξεκάθαρο αν αυτή η ποικιλία του χρωματισμού του οφείλεται στη γνωστή χρωματική προσαρμογή που παρουσιάζεται στα κυανοβακτήρια ή είναι άλλου τύπου μεταβολική διεργασία. Δεν παρατηρήθηκαν εμφανή αεροτόπια.

Το κύτταρο καλύπτεται από μια ευδιάκριτη στοιβάδα κυτταρικού τοιχώματος. Εσωτερικώς, τα αμυδρά διακρινόμενα θυλακοειδή διατάσσονται ομόκεντρα ακολουθώντας το περίγραμμα του τοιχώματος. Τα κύτταρα έχουν τη δυνατότητα παραγωγής βλέννας (Εικόνα 47C & D) την οποία ενίοτε (ιδιαίτερα σε ώριμες καλλιέργειες) παράγουν και εκκρίνουν σε μεγάλες ποσότητες με αποτέλεσμα υπερβολική παραγωγή αφρού στην επιφάνεια (Εικόνα 46) και κρεμώδη υφή του νερού που περιέχει τα κύτταρα.

Αναπαράγεται με κυτταρική σχάση (πάντοτε 2 θυγατρικά κύτταρα) με κατεύθυνση κάθετη στον μακρύτερο άξονα του κυττάρου (Εικόνες 43, 44, 45 & 47). Τα απόλυτα συμμετρικά θυγατρικά κύτταρα αυξάνονται στο αρχικό μητρικό μέγεθος για να ξανα-διαιρεθούν. Με την ολοκλήρωση της κυτταρικής διαίρεσης τα προκύπτοντα κύτταρα είτε αποχωρίζονται πλήρως, είτε παραμένουν ενωμένα για αρκετό διάστημα σε κοντές αλυσίδες εν είδη νήματος (ψευδονημάτια). Όταν οι συνθήκες καλλιέργειας χειροτερέψουν (π.χ. εξάντληση θρεπτικών) τα κύτταρα παραμορφώνονται ελαφρώς (Εικόνα 48) χάνοντας τη συμμετρία τους (ασυμμετρικά) και διαιρούνται ασυμμετρικά.



Εικόνα 44. Κοκκοειδή κυανοβακτήρια *Cyanotheca* sp. με ποικιλία μεγεθών κυττάρων και πολλές κυτταρικές διαιρέσεις. Στα A, B & C το κοκκώδες του κυτταροπλάσματος έχει αντικατασταθεί από ομοιόμορφο περιεχόμενο μετά από φυγοκέντρηση για άγνωστο λόγο. Στο D τα κύτταρα δεν έχουν υποστεί φυγοκέντρηση και είναι κανονικά κοκκώδη. Στο B μια αλυσίδα κυττάρων κυλινδρικού σχήματος. Γραμμή κλίμακας 20 μm, 630X.

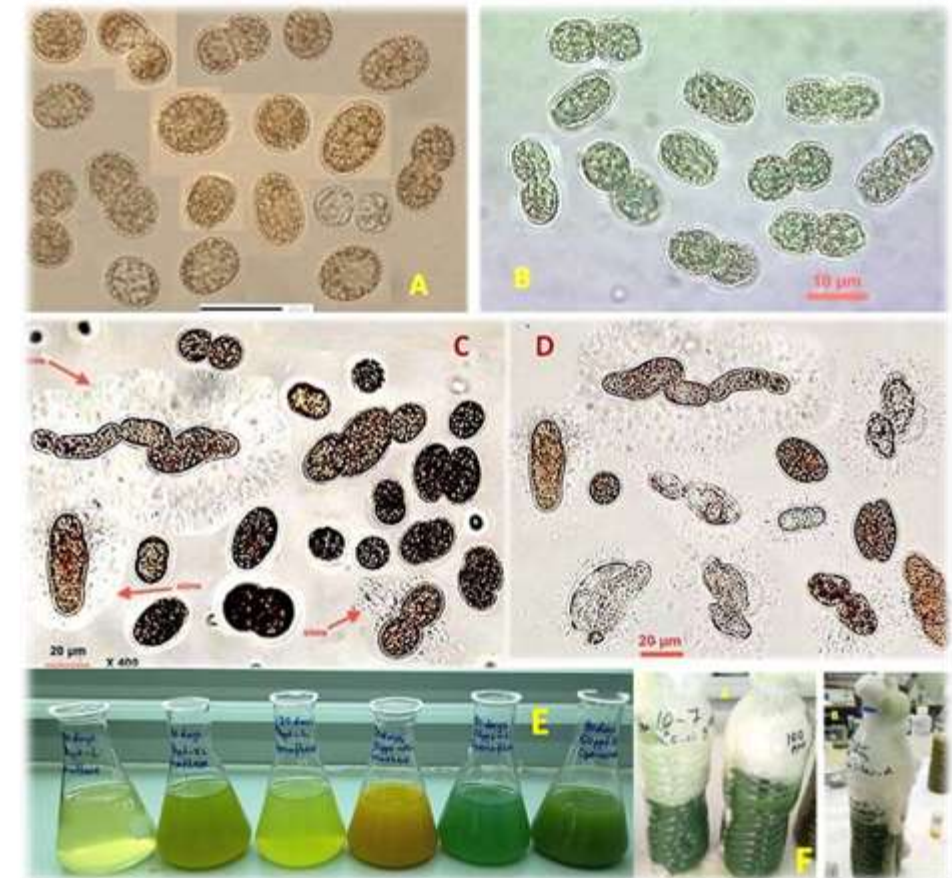
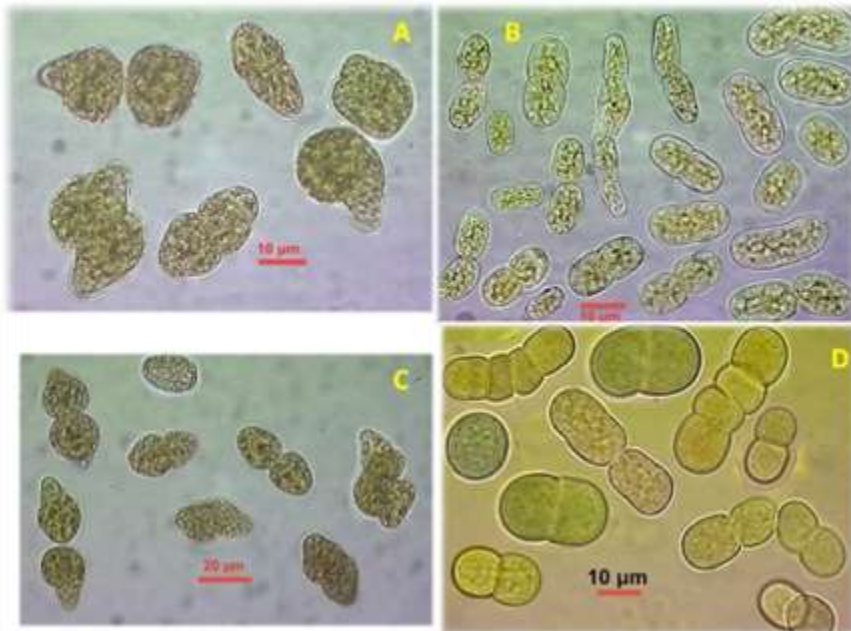


Εικόνα 45. Κύτταρα του κοκκοειδούς κυανοβακτηρίου *Cyanotheca* sp. σε έντονη κυτταρική διαίρεση. Το κύτταρο πριν διαιρεθεί επιμηκύνεται και από σφαιρικό γίνεται κυλινδρικό και ακολουθεί σύσφιγξη περί το μέσον και κατόπιν διαχωρισμός των θυγατρικών κυττάρων. Τα θυγατρικά κύτταρα μπορεί να παραμείνουν επί μακρόν ενωμένα στο σημείο σύσφιγξης





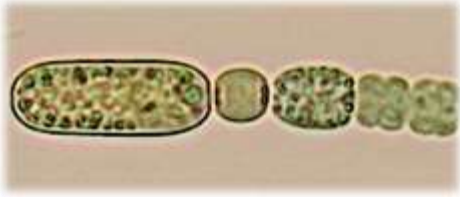
Εικόνα 46. Έντονος αφρισμός καλλιέργειών κυανοβακτηρίου *Cyanotheca* sp.



Εικόνα 47. Έντονη ποικιλομορφία κυττάρων του κοκκοειδούς κυανοβακτηρίου *Cyanotheca* sp. με μάζες βλέννας να καλύπτουν αρκετά από αυτά (βέλη στο C, όλα τα κύτταρα στο D). Ασύμμετρα κύτταρα και αλυσίδες κυττάρων στα B, C & D. Στο E δείγματα έντονης χρωματικής προσαρμογής ανάλογα με την ένταση φωτισμού και το στάδιο της καλλιέργειας. Στο F έντονη παραγωγή αφρού.

Εικόνα 48. Εντυπωσιακή ποικιλία μορφών ασυμμετρικών κυττάρων του κοκκοειδούς κυανοβακτηρίου *Cyanotheca* sp.

## *Anabaena* sp.

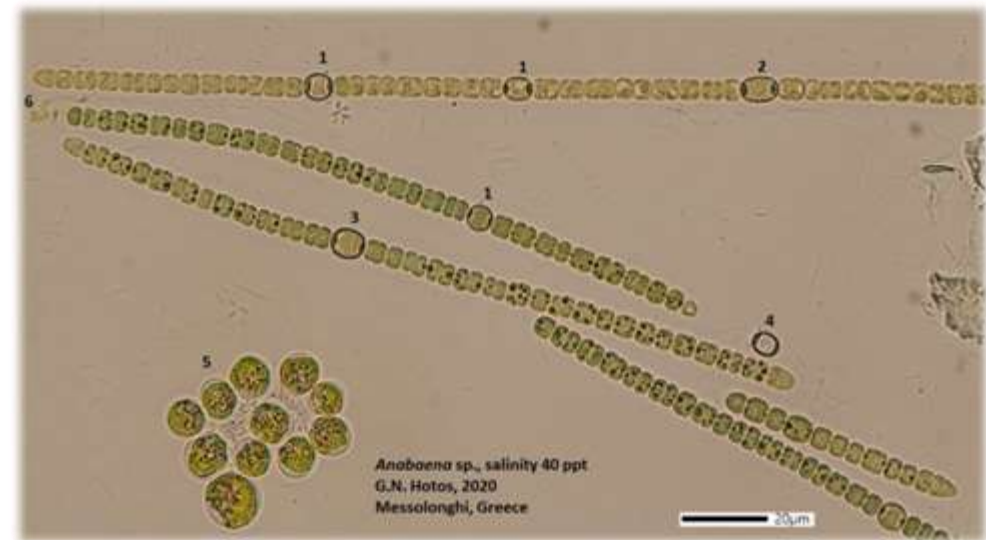


### Συστηματική κατάταξη

Υπερβασιλείο:	Προκαρυωτικά
Βασιλείο:	Ευβακτήρια
Φύλο:	Κυανοβακτήρια
Ομοταξία:	Cyanophyceae
Τάξη:	Nostocales
Οικογένεια:	Nostocaceae
Γένος:	<i>Anabaena</i>
Είδος:	<i>Anabaena</i> sp.

Κυανοβακτήριο νηματοειδούς τύπου, αζωτοδεσμευτικό, με ευδιάκριτα τα κύτταρα που αποτελούν το νήμα. Τα νήματα είναι αδιακλάδωτα ευθύγραμμα ως επί το πλείστον, ποικίλου μήκους, από πολύ κοντά της τάξεως λίγων κυττάρων (5-10 μήκους ~20-30 μm), έως πολύ μακρά (> 250 μm) της τάξεως των εκατοντάδων κυττάρων (Εικόνα 49). Τα μακρά νημάτια αναδιπλώνονται σχηματίζοντας μεγάλες καμπύλες (Εικόνα 53B). Δεν παρουσιάζονται συστροφές ή περιπλέξεις νημάτων. Τα νήματα σε πυκνές καλλιέργειες διατάσσονται κατά κάποιο τρόπο σε παράλληλες γραμμές. Η ολισθητική κατάσταση των νημάτων είναι σχεδόν απύση και μόνο περιστασιακώς εμφανίζεται πολύ αργή ολισθητική κίνηση. Δεν παρουσιάζει εμφανή θήκη-κολεό που να καλύπτει το νημάτιο, αλλά μερικές φορές υπάρχει ένα λεπτό υαλώδες και άχρωμο κάλυμμα βλέννας. Τα κύτταρα που αποτελούν το νημάτιο είναι εμφανώς διακριτά μεταξύ των με εμφανή σύσφιξη στα γειτονικά κυτταρικά τοιχώματα. Διακρίνονται 3 ειδών κύτταρα. Τα **βλαστητικά** που είναι τα περισσότερα και αποτελούν τον "θαλλό" του φύκου, τα **ετερόκυτα** που είναι τα αζωτοδεσμευτικά και απαντώνται σποραδικώς κατά μήκος του νήματος και οι **ακινήτες** που είναι εμφανώς τα μεγαλύτερα κύτταρα και απαντώνται σε διάφορες θέσεις του νήματος. Τα βλαστητικά κύτταρα είναι ομοιόμορφου μεγέθους κατά μήκος του νήματος και το σχήμα τους είναι κυλινδρικό σαν βαρέλι τείνοντας προς το σφαιροειδές με μήκος ελαφρά

μεγαλύτερο από το πλάτος τους (~4,2 x 3,8 - 4,7 x 4,5 μm). Σε άλλα νημάτια τα κύτταρα είναι ομοιόμορφα και σε άλλα λόγω της κυτταρικής διαίρεσης διακρίνονται σε κανονικού μεγέθους και σε κύτταρα που έχουν το μισό μέγεθος του κανονικού λόγω της διαίρεσης που είναι εμφανής από τη σύσφιξη στο μέσον. Τα θυγατρικά κύτταρα με αύξηση θα μεγαλώσουν μέχρι το κανονικό μέγεθος του τυπικού βλαστητικού κυττάρου. Το χρώμα τους κυμαίνεται ανάλογα με τη φυσιολογική κατάσταση του νήματος από ανοιχτό πράσινο, έως κυανοπράσινο ή λαδοπράσινο και λαδί (Εικόνες 49 & 50). Ο,τι χρώμα όμως και αν έχουν αυτό χαρακτηρίζει ολόκληρο το νημάτιο, δηλαδή δεν διακρίνονται ετερογενείς χρωματικές περιοχές στο ίδιο νημάτιο. Στο κυτταρόπλασμα των βλαστητικών κυττάρων υπάρχουν κοκκώδη συσσωματώματα και ενίοτε αεροτόπια. Τα τελικά κύτταρα των νημάτων (τα ακρινά) είναι κωνικά (Εικόνες 49, 50 & 52C), πιο ανοικτού χρώματος και ελαφρώς μεγαλύτερα από τα άλλα και δεν παρουσιάζουν κοκκώδες περιεχόμενο ούτε αεροτόπια.



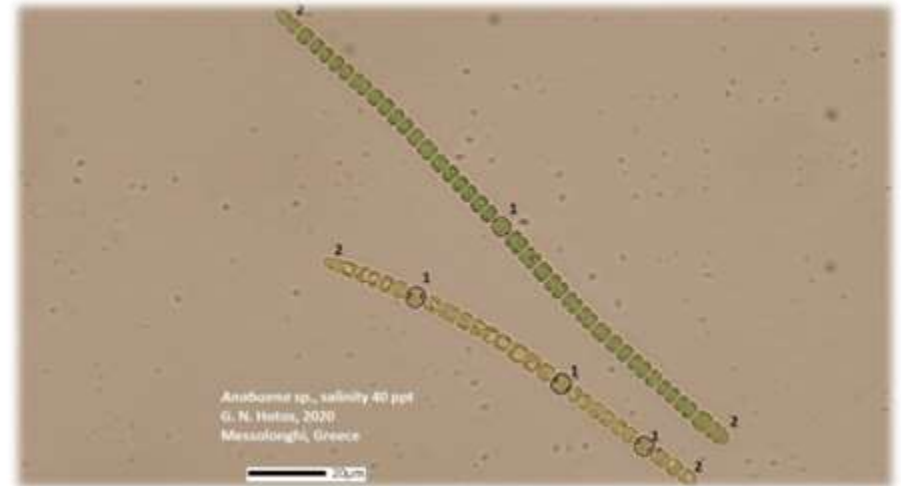
Εικόνα 49. Χαρακτηριστικά νημάτια του κυανοβακτηρίου *Anabaena* sp. Αξιοσημείωτη η ποικιλία του χρώματος των κυττάρων από λαδί έως λαδοπράσινο-πράσινο. 1= μικρά σφαιρικά ετερόκυτα, 2= οβάλ ετερόκυτο, 3= μεγάλο σφαιρικό ετερόκυτο, 4=αποσπασμένο ετερόκυτο, 5= κύτταρα-κύστες *Tetraselmis*, 6=αποσύνθεση του ακрайού κυττάρου (άγνωστο γιατί). Με προσεκτική παρατήρηση κατά μήκος των κυττάρων αχνοφαίνεται μια λεπτή διάφανη θήκη.



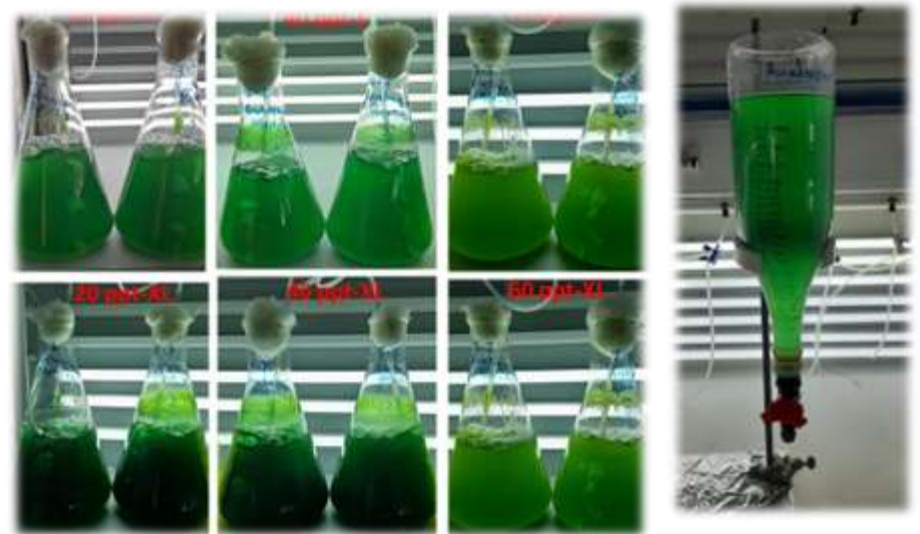
Τα ετερόκυτα είναι ευκρινώς διακριτά από τα βλαστητικά κύτταρα, έχουν σφαιρικό σχήμα προς το οβάλ και ενίοτε ελαφρώς κυλινδρικό, σπάνια εμφανώς κυλινδρικό (Εικόνες 49, 50, 53 & 54). Πάντως σε κάθε περίπτωση είναι μεγαλύτερα από τα βλαστητικά (~5,6 μm τα σφαιρικά, ~6,3 x 5,7 μm τα κυλινδρικά). Χαρακτηρίζονται από ενισχυμένο πάχος του μέρους εκείνου του κυτταρικού τοιχώματος που εφάπτεται στα γειτονικά βλαστητικά. Ετερόκυτα εμφανίζονται σε ποικίλο αριθμό από 1, 3 έως 9 σε κάθε νημάτιο και ποτέ δύο ετερόκυτα δεν συνορεύουν μεταξύ τους, πάντοτε παρεμβάλλονται αρκετά βλαστητικά κύτταρα. Μερικές φορές γειτονικά κύτταρα των ετερόκυτων είναι οι ακινήτες (Εικόνες 52A & 54) προφανώς επειδή κάποιο γειτονικό τους βλαστητικό κύτταρο μετατράπηκε σε ακινήτη. Ενίοτε κάποιος γειτονικός τους ακινήτης μπορεί να αποκτήσει και γειτονικό ακινήτη.

Οι ακινήτες (Εικόνες 52, 53 & 54) είναι μεγάλα κύτταρα κυλινδρικού σχήματος πολύ μεγαλύτερα από τα βλαστητικά ή τα ετερόκυτα (~14,4 x 6,4 ή ~19,7 x 7 μm, δύο χαρακτηριστικά μεγέθη). Διαθέτουν παχύ κυτταρικό τοίχωμα και έντονα κοκκώδες κυτταρόπλασμα. Παρατηρούνται ως μονά κύτταρα παρεμβλλόμενα στη σειρά των βλαστητικών ή και 2 (σπάνιως 3) μαζί στη σειρά. Αρκετά νημάτια διαθέτουν ετερόκυτα που γειτονεύουν και από τις 2 μεριές τους με ακινήτες (Εικόνα 52C). Πολύ συχνά οι ακινήτες ελευθερώνονται από τα νήματα (αυτός άλλωστε είναι ο προορισμός τους) και υπάρχουν ως μονήρη κύτταρα στο νερό (Εικόνες 52C, 53A&B & 54).

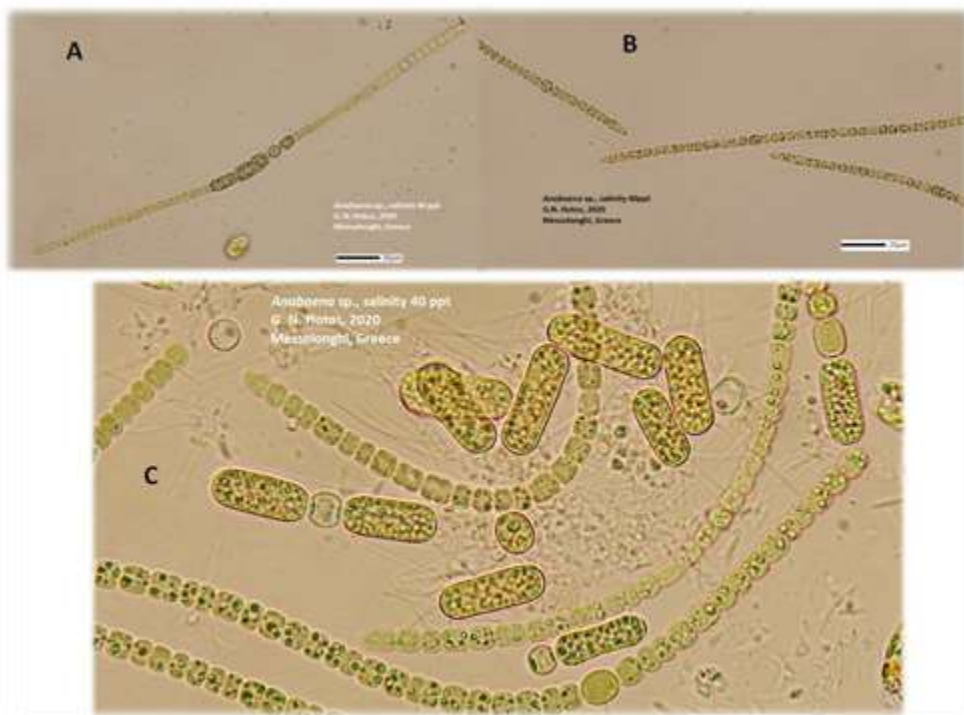
Τα νημάτια του *Anabaena* επιμηκύνονται με πολλές διαιρέσεις των βλαστητικών τους κυττάρων. Επιπρόσθετα τα νήματα σε ορισμένες θέσεις υφίστανται θραύση καθώς ορισμένα βλαστητικά κύτταρα μετατρέπονται σε νεκρίδια και αποσυντίθενται. Έτσι το νημάτιο σπάζει σε κομμάτια και αυτά τα θραύσματα επιμηκύνονται με πολλαπλασιασμούς των βλαστητικών τους κυττάρων. Στις καλλιέργειες του εργαστηρίου (Εικόνα 51) το *Anabaena* παρουσίασε μεγάλη ευαισθησία στο αντιβιοτικό ερυθρομυκίνη και μικρότερη στην οξυτετρακυκλίνη. Μετά από λίγες ημέρες από την εισαγωγή του αντιβιοτικού στο δοχείο καλλιέργειας (~100 mg/L), τόσο τα νημάτια όσο και όποιοι μονήρεις ακινήτες άρχισαν να αποσυντίθενται (Εικόνα 53D) και μετά 10 περίπου ημέρες εξαφανίστηκαν. Αξιοσημείωτη είναι επίσης και η ευαισθησία της στην ουρία καθώς έδειξε σαφή σημάδια αποσύνθεσης σε δόσεις ~0,5 g/L.



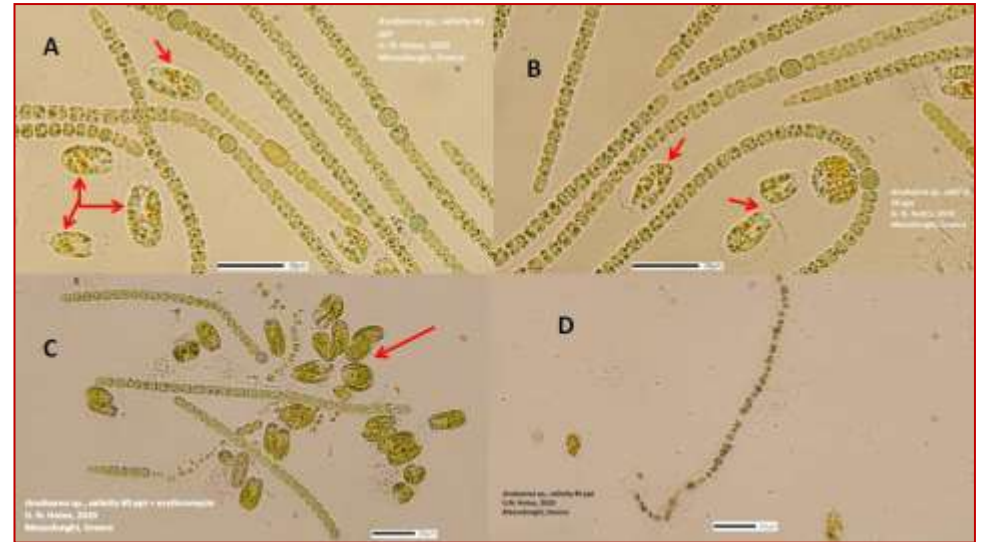
Εικόνα 50. Δύο σχετικά κοντά νημάτια του κυανοβακτηρίου *Anabaena* με έντονα διαφορετικό χρώμα. Το ένα κιτρινολαδί το άλλο πράσινο. 1=σφαιρικά ετερόκυτα, 2= ακραία κύτταρα κωνικού σχήματος. Δεν υπάρχουν ακινήτες. Αξιοσημείωτη η απόσταση μεταξύ των ετερόκυτων.



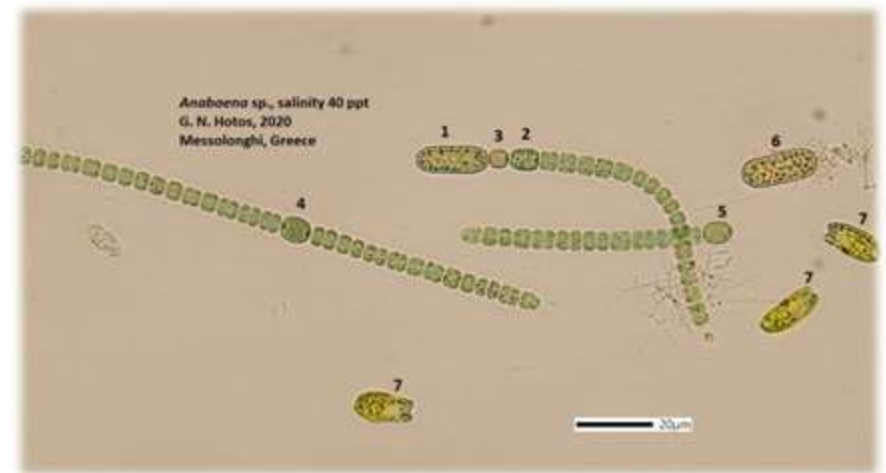
Εικόνα 51. Καλλιέργειες *Anabaena* σε διάφορες φάσεις.



Εικόνα 52. A: Ένα νημάτιο *Anabaena* που σε κεντρική θέση έχει ένα σφαιρικό ετερόκυτο το οποίο γειτονεύει στο αριστερό του άκρο με δύο συνεχόμενους ακινήτες (μεγάλο και μικρό) και στο δεξί του με ένα βλαστητικό κύτταρο που μεταμορφώνεται σε ακινήτη. B: Νημάτια με εμφανή τα κωνικού σχήματος ακραία κύτταρα. C: Νημάτια *Anabaena* με κοκκώδη βλαστητικά κύτταρα ανάμεσα σε ελευθερωμένους έντονα κοκκώδεις ακινήτες μερικοί εκ των οποίων είναι ενωμένοι με ετερόκυτα ως κομμάτια αποσπασμένα από το νημάτιο



Εικόνα 53. A, B & C: Νημάτια *Anabaena* ανάμεσα σε κύτταρα του μικροφύκου *Tetraselmis* τα οποία υποδεικνύονται με τα βέλη. D: Νημάτιο *Anabaena* σε φάση προχωρημένης αποσύνθεσης μετά από έκθεση λίγων ημερών σε αντιβιοτικά.



Εικόνα 54. Ένα μακρύ και δύο κοντά νημάτια του κυανοβακτηρίου *Anabaena*. 1= ακρινός μεγάλος επιμήκης ακινήτης. 2=βλαστητικό κύτταρο που μετατρέπεται σε ακινήτη, 3=σφαιρικό ετερόκυτο μεταξύ δύο ακινήτων, 4= μεγάλο σφαιρικό ετερόκυτο, 5= ακρινό σφαιρικό ετερόκυτο, 6= αποσπασμένος από το νημάτιο ακινήτης, 7= κύτταρα *Tetraselmis*. Πολύ χαρακτηριστικό το έντονα κοκκώδες κυτταρόπλασμα των ακινήτων.



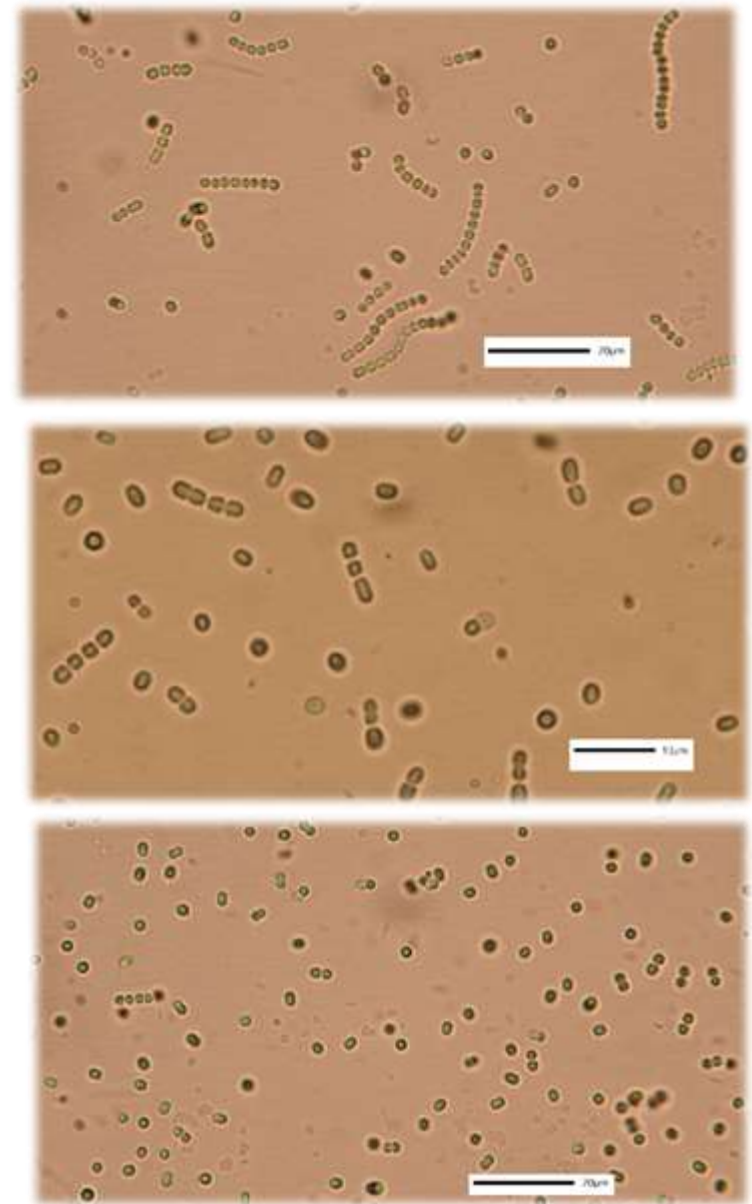
## *Synechococcus* sp.



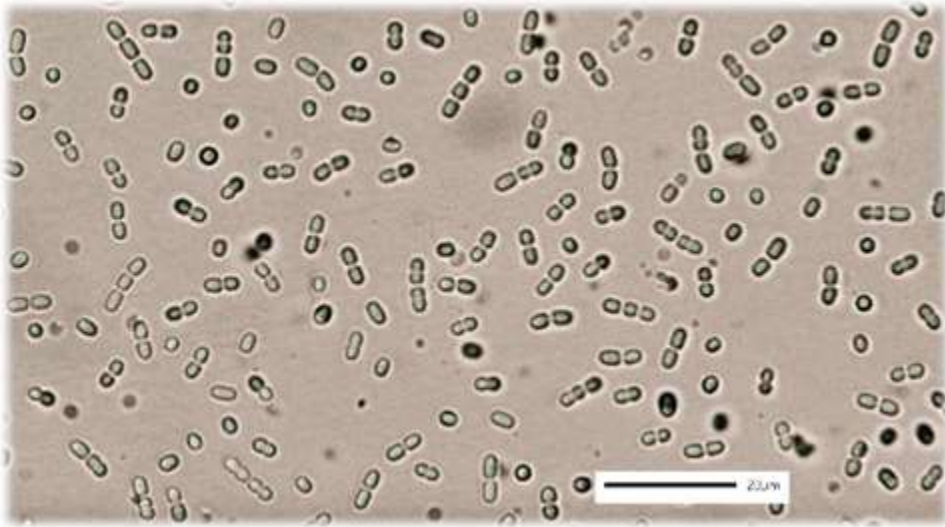
### Συστηματική κατάταξη

Υπερβασιλείο:	Προκαρυωτικά
Βασιλείο:	Ευβακτήρια
Φύλο:	Κυανοβακτήρια
Ομοταξία:	Cyanophyceae
Τάξη:	Synechococcales
Οικογένεια:	Synechococcaceae
Γένος:	<i>Synechococcus</i>
Είδος:	<i>Synechococcus</i> sp.

Κοκκοειδές πλαγκτονικό μη αζωτοδεσμευτικό κυανοβακτήριο με κύτταρα σφαιρικά όταν είναι μονήρη ή ελαφρώς κυλινδρικά όταν βρίσκονται ενωμένα σε κοντές αλυσίδες (3-6 κυττάρων). Το μέγεθος των κυττάρων ποικίλλει σε 1,9 μm έως 2,8 μm. Ο πληθυσμός αυτού του κυανοβακτηρίου παρουσιάζει το χαρακτηριστικό να αποτελείται ως προς την πλειονότητά τους από αλυσίδες κυττάρων με πολλά κύτταρα στις αρχικές πυκνότητες των καλλιεργειών και συν τω χρόνω να επικρατούν πρώτα κοντές αλυσίδες (2-4 κύτταρα) και τελικά στις πολύ ώριμες καλλιέργειες σχεδόν μόνο μονήρη σφαιρικά κύτταρα (Εικόνες 55 & 56). Προφανώς το φαινόμενο αυτό οφείλεται στην ένταση του ρυθμού πολλαπλασιασμού που είναι εντονότερος στις αρχές της καλλιέργειας. Το στέλεχος αυτό του *Synechococcus* που απομονώσαμε, σύμφωνα με τα πρώτα μας πειράματα, παρουσιάζει πολύ γρήγορο ρυθμό ανάπτυξης και αυξάνεται εξίσου καλά σε ένα ευρύ φάσμα αλατοτήτων 10-40 ppt. Χαρακτηριστικό του επίσης είναι η έντονη χρωματική προσαρμογή ανάλογα με την ένταση του φωτός, κιτρινωπό σε άνω των 20.000 lux, πράσινο σε 2000 – 8000 lux (Εικόνες 57, 58 & 59).



Εικόνα 55. Μικροφωτογραφίες κυττάρων *Synechococcus* sp. από αρχική καλλιέργεια (άνω), προχωρημένη (μέσον), και ώριμη (κάτω).



Εικόνα 56. Μικροφωτογραφία κυττάρων *Synechococcus* sp. από αρχική καλλιέργεια με παρουσία αλυσίδων και μονήρων κυττάρων.



Εικόνα 57. Χαρακτηριστικό πράσινο λαμπερό χρώμα καλλιέργειας *Synechococcus* sp. στο μέσο της περιόδου καλλιέργειας (4<sup>η</sup> – 5<sup>η</sup> ημέρα), φωτισμός 6000 lux.



Εικόνα 58. Χαρακτηριστική χρωματική προσαρμογή καλλιέργειας *Synechococcus* sp. στην ώριμη φάση της περιόδου καλλιέργειας (8<sup>η</sup> – 10<sup>η</sup> ημέρα), φωτισμός 22.000 lux στην πίσω κίτρινη φιάλη, ανοικτό πράσινο στη μεσαία (8500 lux), σκούρο πράσινο στην εμπρόσθια (4000 lux).



Εικόνα 59. Χαρακτηριστική χρωματική προσαρμογή του *Synechococcus* στα δείγματα από διάφορες καλλιέργειες διαφορετικών εντάσεων φωτός.



## Γ. ΠΡΩΤΟΖΩΑ

### *Fabrea salina*



#### Συστηματική κατάταξη

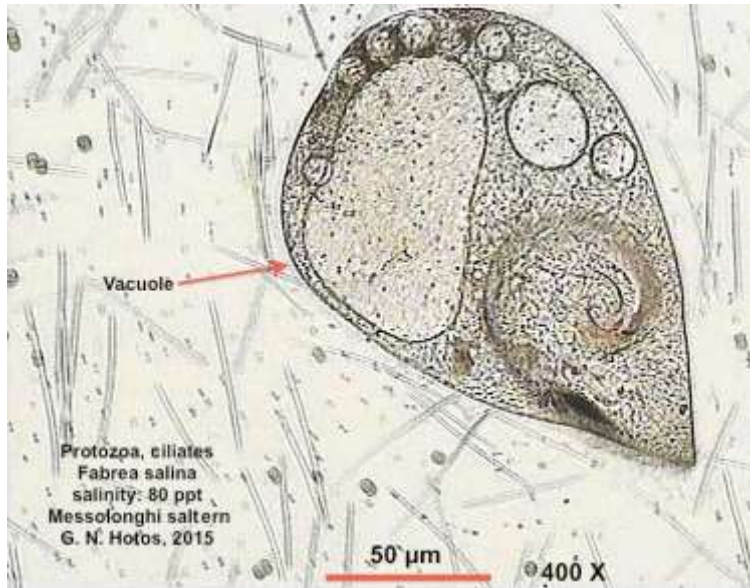
Βασίλειο:	ΠΡΩΤΙΣΤΑ (Protista)
Φύλο:	ΒΛΕΦΑΡΙΔΟΦΟΡΑ (Ciliophora)
Υποφύλο:	ΟΠΙΣΘΟΒΛΕΦΑΡΙΔΕΣΜΑΤΟΦΟΡΑ (Postciliodesmatophora)
Ομοταξία:	ΕΤΕΡΟΤΡΙΧΑ (Heterotrichea)
Τάξη:	ΕΤΕΡΟΤΡΙΧΙΔΙΑ (Heterotrichida)
Οικογένεια:	Climacostomidae
Γένος:	<i>Fabrea</i>
Είδος:	<i>Fabrea salina</i> Henneguy 1890

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

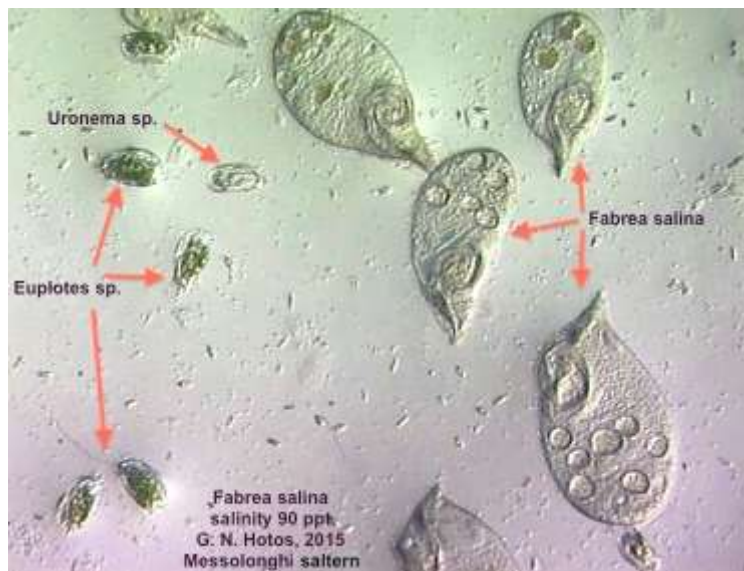
διασκορπισμένοι στο κυτταρόπλασμα και πολύ δύσκολα διακρίνονται. Κατά μήκος του κυττάρου υπάρχουν δυσδιάκριτες έως αφανείς περί τις 150 συνωστισμένες γραμμές μικροκινετιδίων. Στη βάση "έκφυσης" του ρύγχους σχηματίζεται μια μεγάλη χοανοειδής κοιλότητα σαν στόμα που οδηγεί στο εσωτερικό του κυττάρου μέσω 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 οποιοσδήποτε 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.



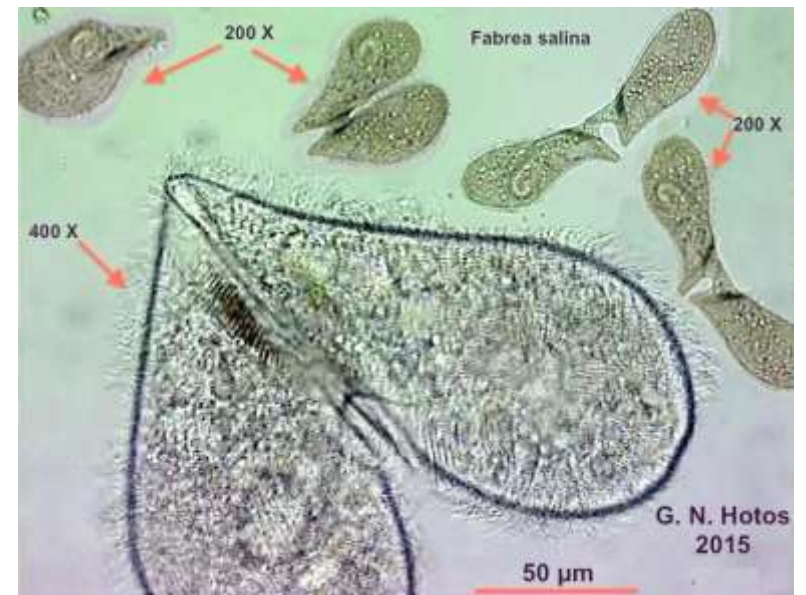
Εικόνα 61. Τυπικό κύτταρο του *F. salina* με ένα μεγάλο και πολλά μικρά κενά κενοτόπια.



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



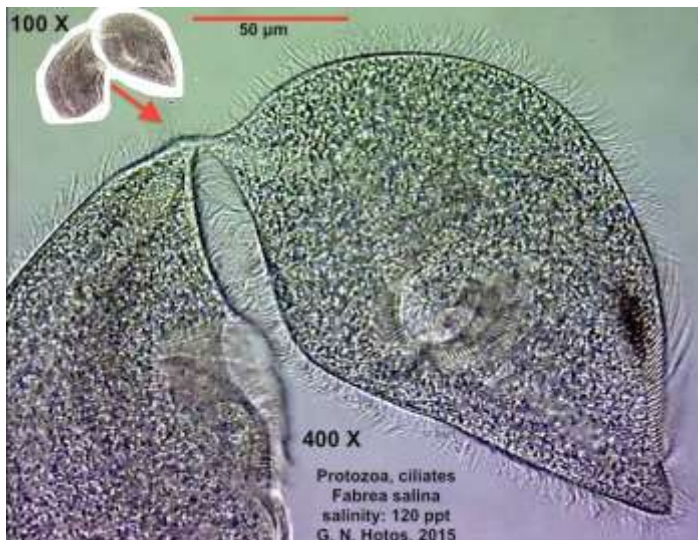
Εικόνα 63. Ο σιγμοειδούς σχήματος μακροκυρήνας του *F. salina*



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) .

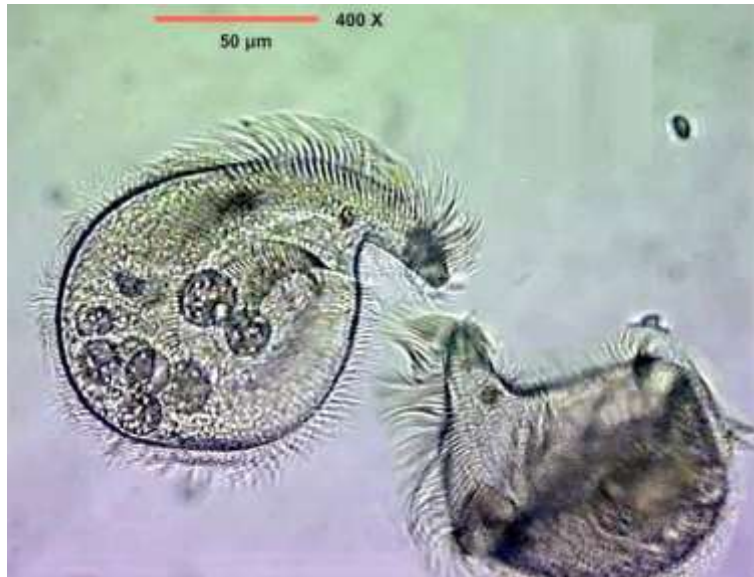


Εικόνα 65. Τελικό στάδιο διαχωρισμού των θυγατρικών κυττάρων κατά την αγενή αναπαραγωγή του *F. Salina*.



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

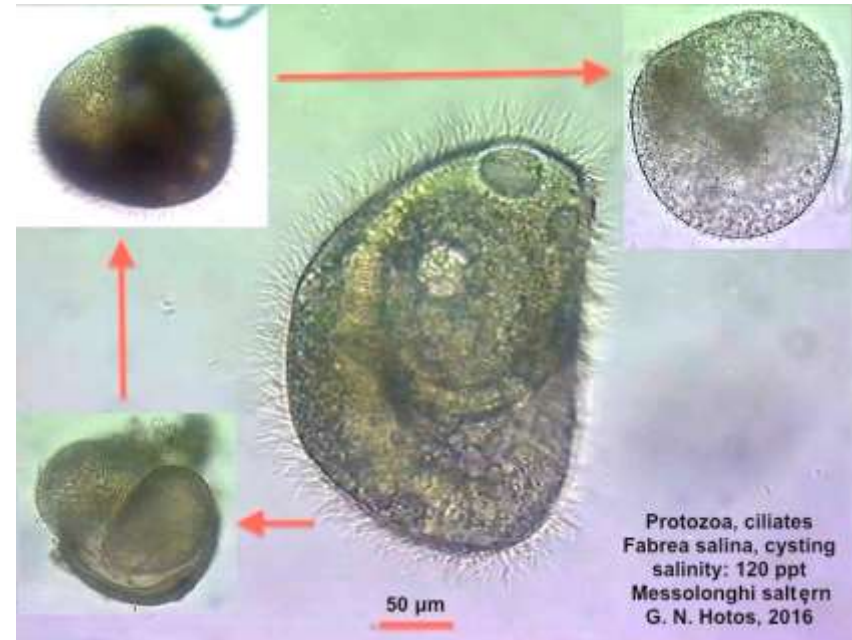
Το *Fabrea salina* είναι πρωτόζωο αποκλειστικώς των αλμυρών νερών, μονήρες, πελαγικό-πλαγκτονικό, δεν σχηματίζει αποικίες και ακμάζει σε λεκάνες υψηλής αλατότητας. Η αντοχή του στην αλατότητα είναι εκπληκτική προφανώς λόγω ιδιαίτερης ωσμωρυθμιστικής ικανότητας και παρόλο που το ανώτατο όριο αντοχής του 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*.



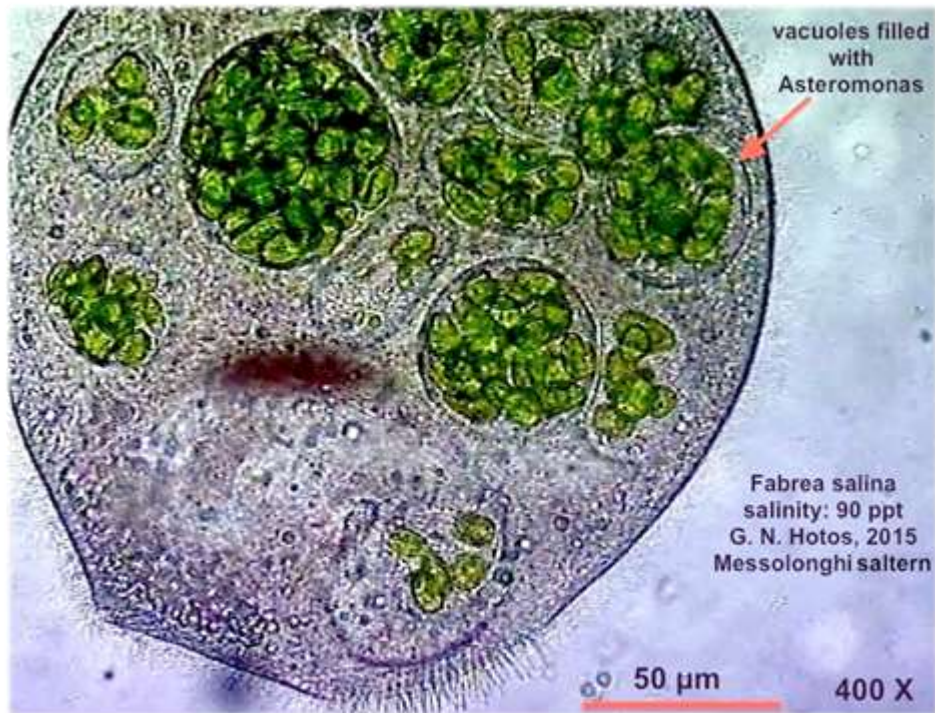
Εικόνα 69. Κολάζ φάσεων διαδικασίας εγκύστωσης του *F. salina*.

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 μαζί 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.

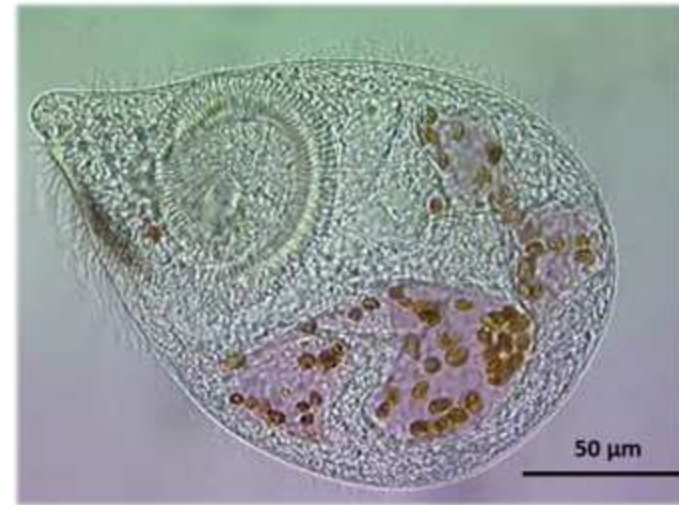




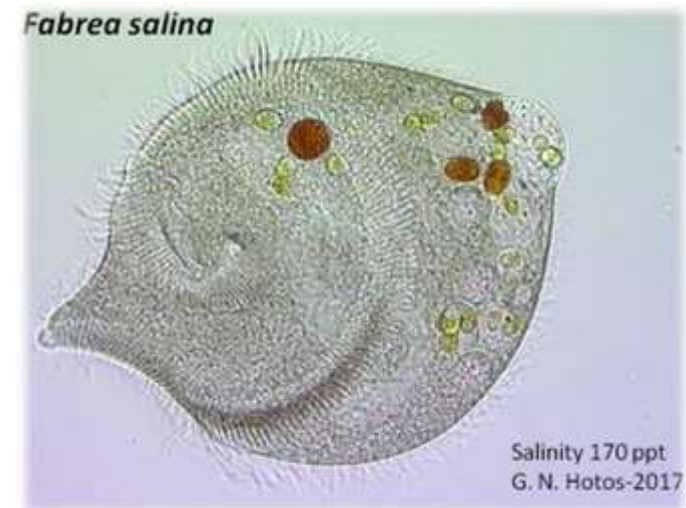
Εικόνα 70. Α: Κύτταρο *F. salina* μη τραφέν. Β: Κενοτόπια γεμάτα με χλωροφύκη.



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 *Dunajella salina* με το χαρακτηριστικό κόκκινο χρώμα τους (λόγω καρωτενοειδών χρωστικών) στις λεκάνες υψηλής αλατότητας των αλυκών Μεσολογίου.

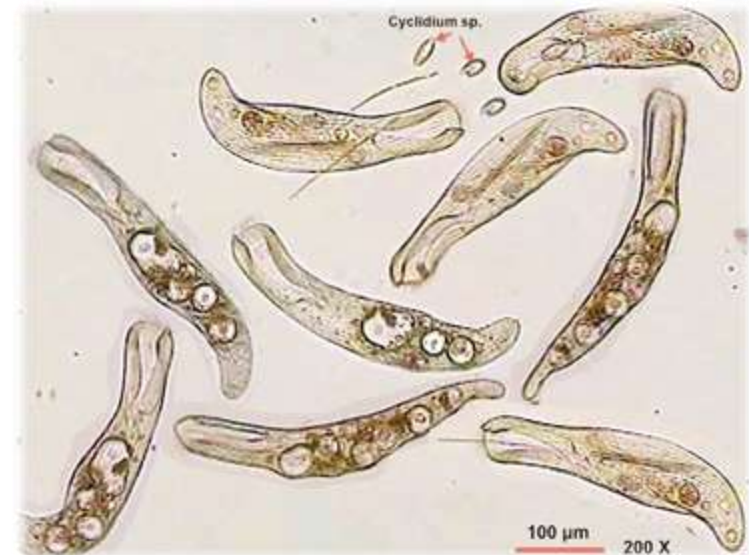
## *Condylostoma* sp.



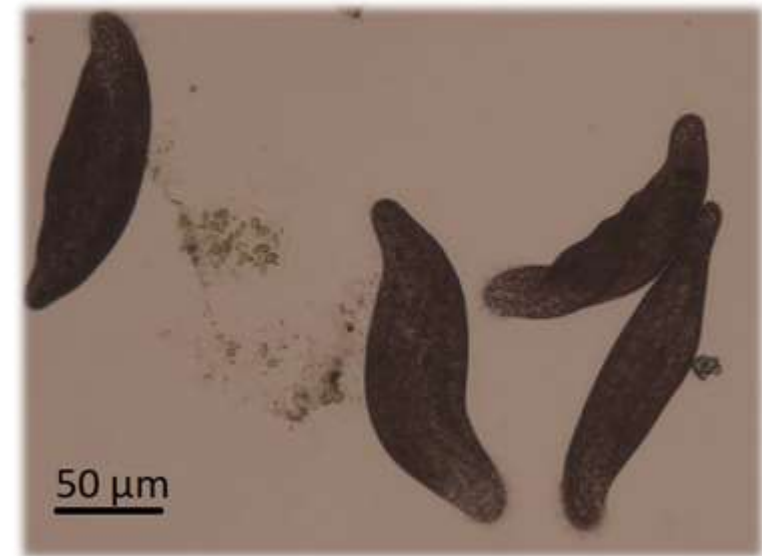
### Συστηματική κατάταξη

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  $\mu\text{m}$  κατά τον επιμήκη άξονα και 66-72  $\mu\text{m}$  κατά τον εγκάρσιο. Η επιφάνεια του κυττάρου καλύπτει περί τα 13.000  $\mu\text{m}^2$ . 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.

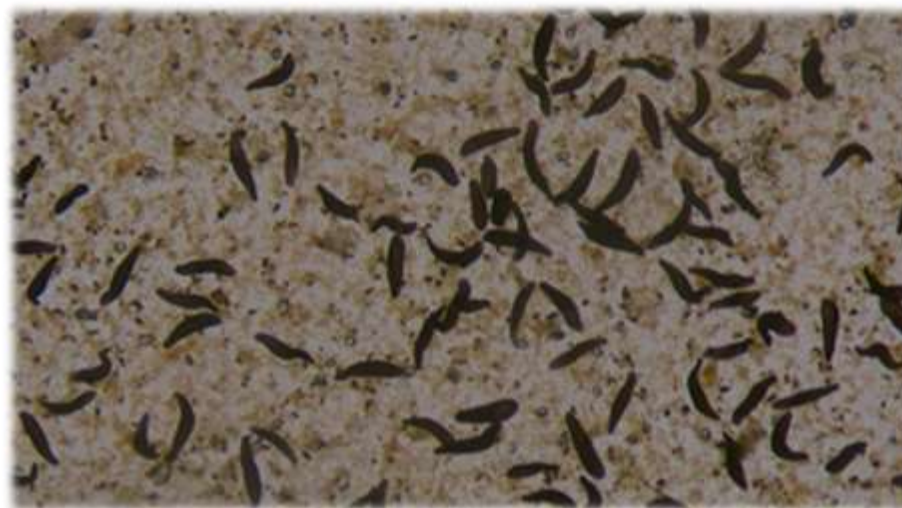




Εικόνα 76. Διαίρεση του κυττάρου του *Condyllostoma* sp. κατά το μέσον της διαδικασίας.



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.



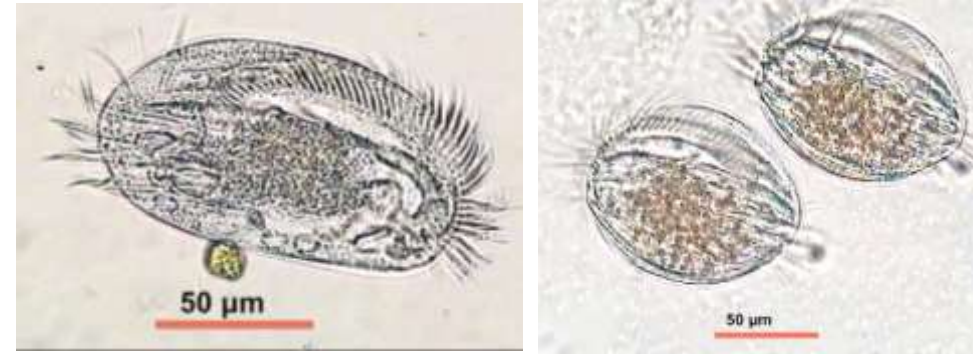
### Συστηματική κατάταξη

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

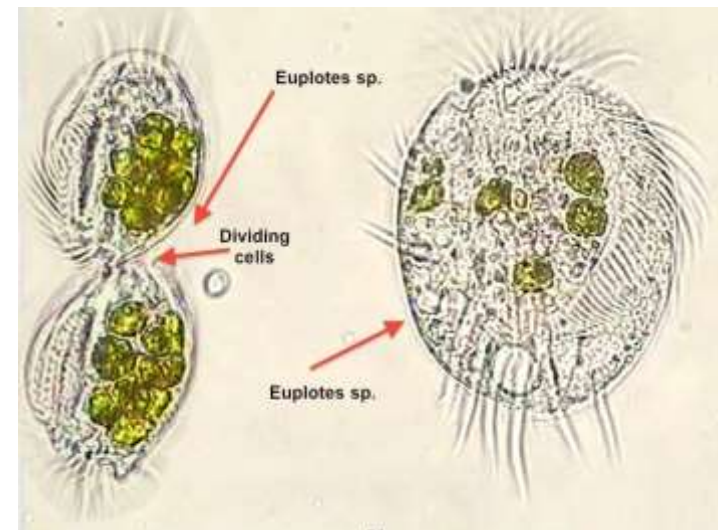
Τα κύτταρα του βλεφαριδοφόρου *Euplotes* είναι άκαμπτα, πεπλατυσμένα ραχιαίως και γενικώς ωσειδούς σχήματος (Εικόνες 79-81 & 84), με μια πολύ μεγάλη στοματική περιοχή (περιστόμιο) που οριοθετείται από μια μακριά "απαλίδα ζώνη μεμβρανών" (AZM). Τα *Euplotes* κινούνται και τρέφονται με τη βοήθεια σύνθετων βλεφαριδωτών οργανιδίων που ονομάζονται "cirri", που αποτελούνται από παχιές τούφες βλεφαρίδων που είναι αραιά κατανεμημένες στο κύτταρο. Τα στιβαρά «κιρριόδια» 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 κιρριόδια), 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 δίκτυο 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.

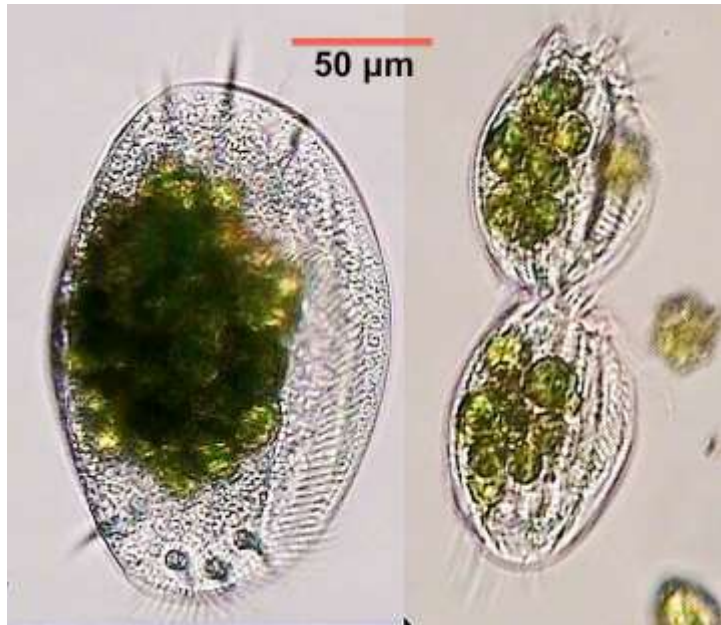


Εικόνα 79. Τυπική μορφή 2 ειδών *Euplotes* sp.

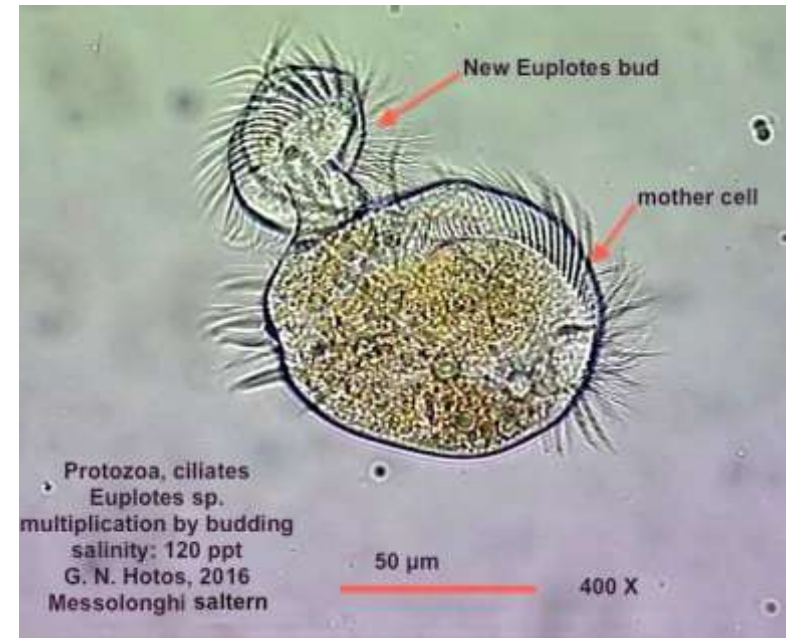


Εικόνα 80. *Euplotes* sp. σε διαίρεση με αξιοσημείωτη την ικανότητα να τρέφονται με μικροφύκη ενώ ακόμα δεν έχουν πλήρως διαχωριστεί τα θυγατρικά κύτταρα.

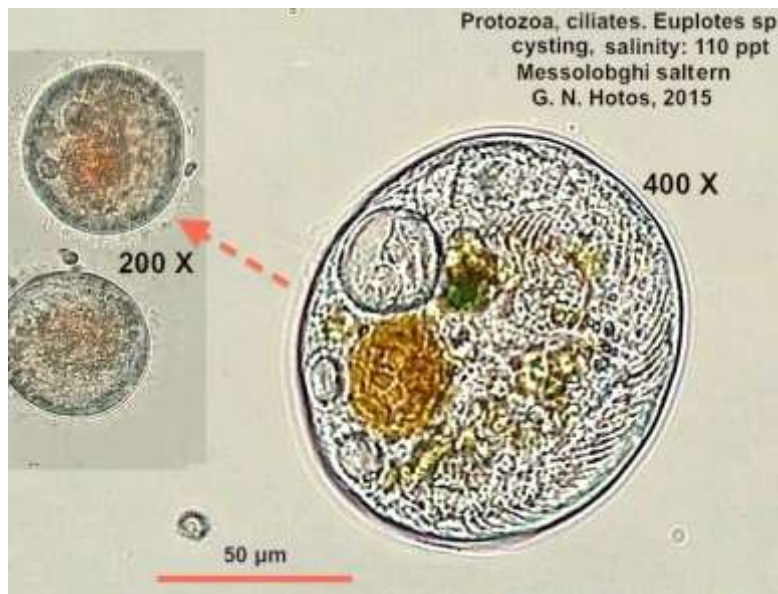




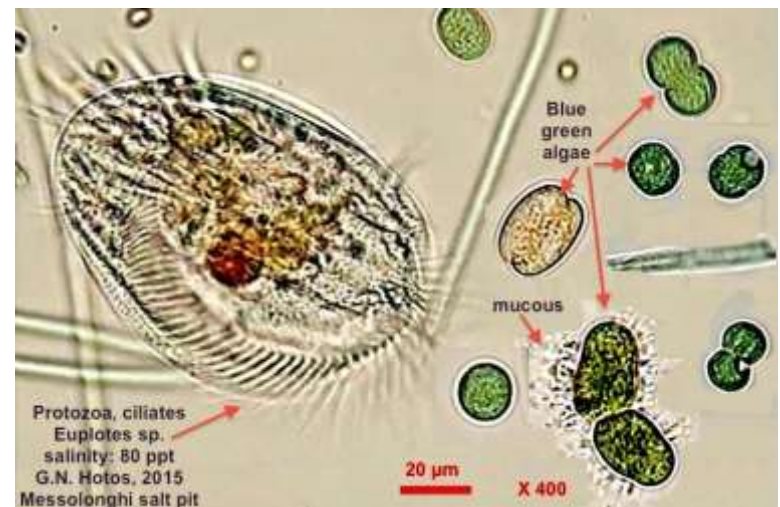
Εικόνα 81. Δύο είδη *Euplotes* sp. Αριστερά γεμάτο με κύτταρα *Asteromonas gracilis*. Δεξιά σε διαίρεση με τα θυγατρικά κύτταρα ήδη τρεφόμενα επίσης με αυτό το χλωροφύκος.



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.

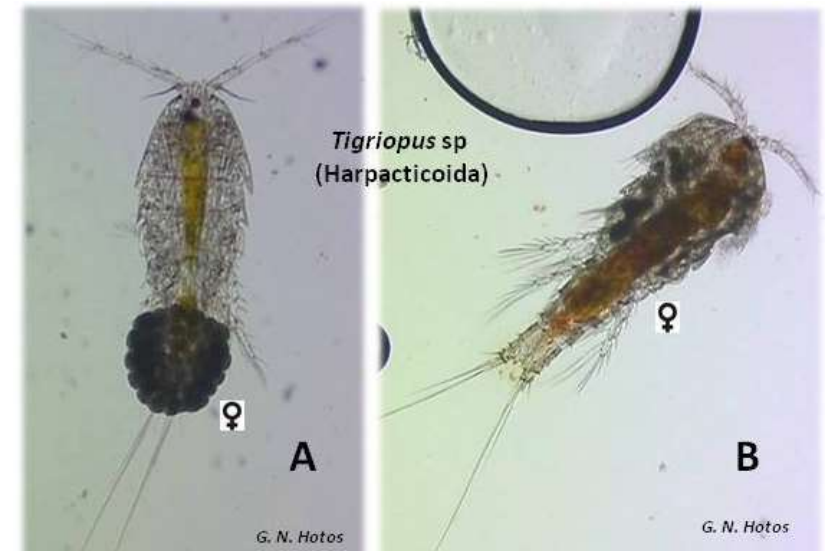
## Δ. ΚΩΠΗΠΟΔΑ

Από τη λιμνοθάλασσα Μεσολογίου από το 2017 έχουμε απομονώσει, εγκλιματίσει και αδιαλείπτως διατηρήσει στο εργαστήριο καλλιέργειας πλαγκτού 2 είδη αρπακτικοειδών κωπηπόδων. Το ένα είναι ένα είδος του γένους *Tigriopus* (πιθανώς *T. fulvus*) και το άλλο το είδος *Tisbe holothuriae*. Τελευταίως απομονώσαμε και ένα άλλο είδος του γένους *Tisbe* πιθανώς *T. furcata*. Τα αρπακτικοειδή κωπήποδα καλλιεργούνται πολύ ευκολότερα από άλλες τάξεις κωπηπόδων όπως τα καλανοειδή ή κυκλωποειδή, επειδή παρουσιάζουν πιο ήρεμη κολυμβητική δραστηριότητα, χωρίς απότομα τινάγματα, γεγονός που διευκολύνει τους χειρισμούς σύλληψής των (με το *Tisbe* πιο αργό από το *Tigriopus*). Στο εργαστήριο τα είδη αυτά αναπτύσσονται πληθυσμιακά γρήγορα και απρόσκοπτα τρεφόμενα με τα μικροφύκη που καλλιεργούμε. Παρόλο που τα αρπακτικοειδή κωπήποδα χαρακτηρίζονται ως βενθικά στη βιβλιογραφία, στην πράξη καταλαμβάνουν όλη τη στήλη του νερού στο δοχείο καλλιέργειας καθιστάμενα έτσι ιδανικά για μαζική παραγωγή

### *Tigriopus* sp.

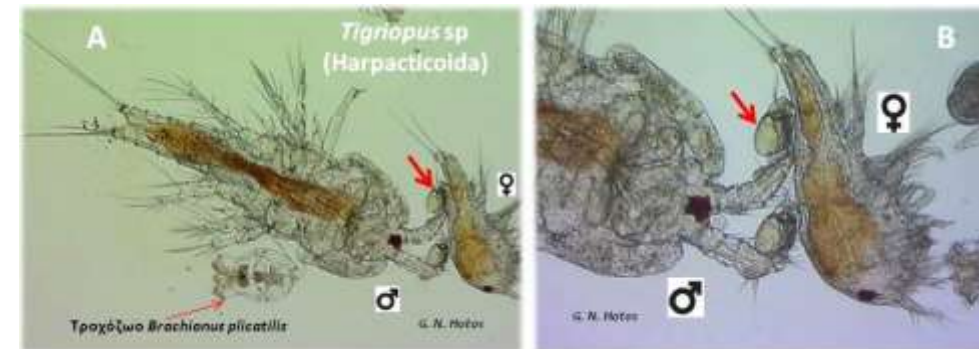
#### Συστηματική κατάταξη

Υπερβασιλείο:	Eucaryota
Βασιλείο:	Animalia
Υποβασιλείο:	Bilateria
Ανθυποβασιλείο:	Protostomia
Υπερσυνομοταξία:	Ecdysozoa
Φύλο:	Arthropoda
Υποφύλο:	Crustacea
Υπερομοταξία:	Multicrustacea
Ομοταξία:	Hexanauplia
Ανθυφομοταξία:	Neocopepoda
Υφομοταξία:	Copepoda
Υπερτάξη:	Podoplea
Τάξη:	Harpacticoida
Οικογένεια:	Harpacticidae
Γένος:	<i>Tigriopus</i>



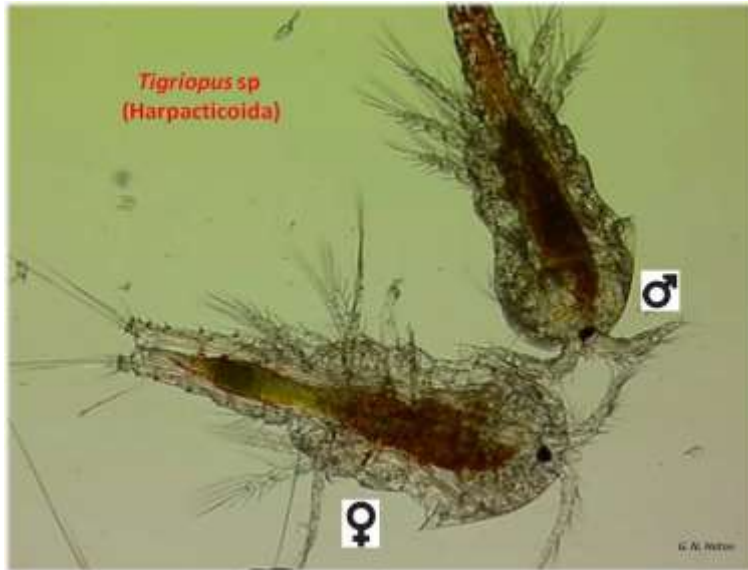
Εικόνα 85. A: θηλυκό με ωοσάκο και B: αρσενικό άτομο ενήλικων *Tigriopus* sp.

Όλα τα είδη του γένους *Tigriopus* είναι γονοχωριστικά (Εικόνες 85-87). Πριν τη γονιμοποίηση, γίνεται σύλληψη του θηλυκού ατόμου από το αρσενικό με τη βοήθεια των κεραιών του 1<sup>ου</sup> ζεύγους του (Εικόνα 86). Μετά από ένα μόνο ζευγάριμα το θηλυκό παράγει διαδοχικούς ωοσακούς (Εικόνες 88 & 90) με γονιμοποιημένα αυγά από τα οποία προκύπτουν με εκκόλαψη ναύπλιοι (Εικόνες 89 & 91), ενώ ακόμη ο σάκος είναι προσαρτημένος στο σώμα του θηλυκού.

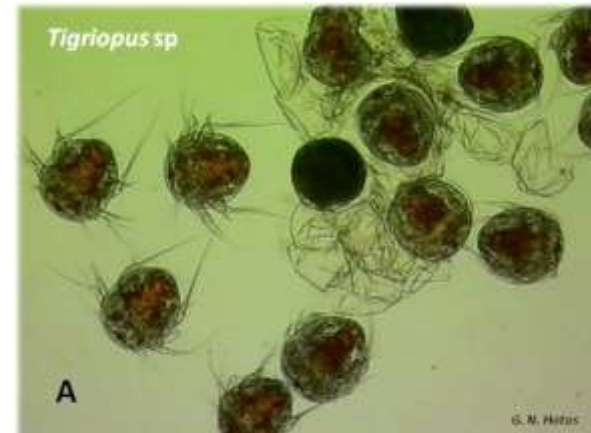


Εικόνα 86. A & B: Η σύλληψη ενός μικρού θηλυκού ατόμου σε στάδιο προχωρημένου κωπηποδίτη, από ένα ενήλικο αρσενικό *Tigriopus* sp. με σκοπό τη γονιμοποίηση η οποία θα γίνει αφού επί ώρες ή και ημέρες κολυμπούν ως ζεύγη. Στο B: διακρίνονται οι χαρακτηριστικές διογκώσεις στις αρσενικές κεραιές.





Εικόνα 87.  
Αρσενικό και  
θηλυκό ενήλικα  
*Tigriopus* sp.



Εικόνα 89. Εκκόλαψη των  
αβγών *Tigriopus* με  
ναύπλιους που έχουν  
απελευθερωθεί.

Το *Tigriopus* στο ενήλικο στάδιο είναι μήκους πλέον των 1000 μm (συμπεριλαμβανομένων των ουραίων απολήξεων) με τα δύο φύλα σχεδόν ισομεγέθη. Οι νεοεκκολαφθέντες ναύπλιοι (Εικόνα 91) είναι μήκους ~120 μm και αναπτυσσόμενοι (σε μέγεθος και οντογενετικά) περνούν από 6 ναυπλιακά στάδια και 5 κωπηποδιτικά πριν εξελιχθούν στο ενήλικο στάδιο, διαδικασία που διαρκεί συνολικά 10-20 ημέρες ανάλογα με τη θερμοκρασία.



Εικόνα 90. Θηλυκό  
*Tigriopus* με τον  
προσκολλημένο στο σώμα  
ώσακο.



Εικόνα 88. Κοντινό πλάνο ώσακου θηλυκού  
*Tigriopus* με τα έμβρυα μέσα στα πολλά  
αβγά (~30) σε προχωρημένο στάδιο  
ανάπτυξης.



Εικόνα 91. Ναύπλιος  
*Tigriopus* μόλις  
εκκολαφθείς.

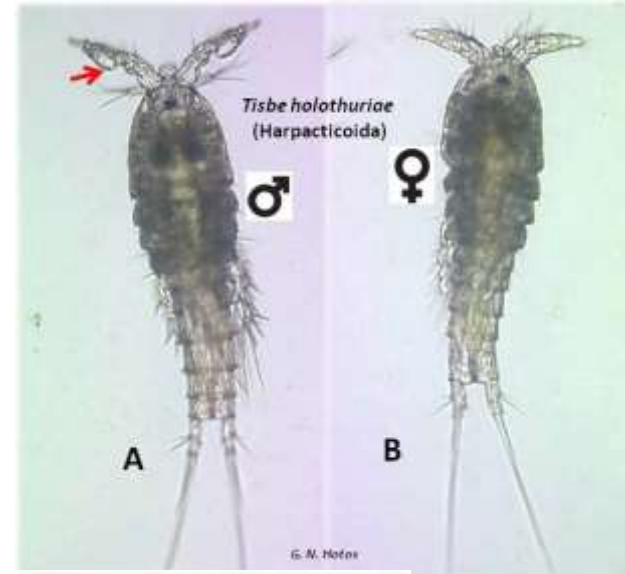
## *Tisbe holothuriae*

### Συστηματική κατάταξη

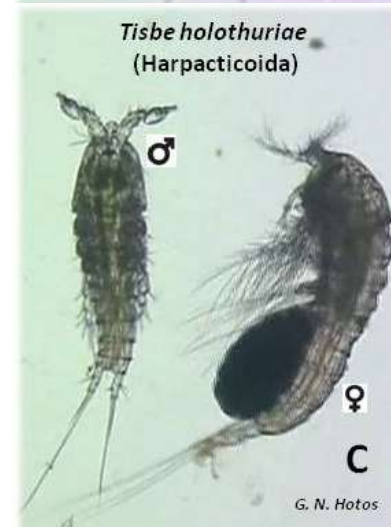
Υπερβασιλείο:	Eucaryota
Βασιλείο:	Animalia
Υποβασιλείο:	Bilateria
Ανθυποβασιλείο:	Protostomia
Υπερσυνομοταξία:	Ecdysozoa
Φύλο:	Arthropoda
Υποφύλο:	Crustacea
Υπερομοταξία:	Multicrustacea
Ομοταξία:	Hexanauplia
Ανθυφομοταξία:	Neocopepoda
Υφομοταξία:	Copepoda
Υπερτάξη:	Podoplea
Τάξη:	Harpacticoida
Οικογένεια:	Tisbidae
Γένος:	<i>Tisbe</i>
Είδος:	<i>Tisbe holothuriae</i>

Το αρπακτικοειδές κωπήποδο *Tisbe holothuriae* (Εικόνες 92, 93 & 94) είναι εμφανώς μικρότερο (~700 μm) σε μέγεθος από το *Tigriopus* και πολύ πιο αργό στην κολυμβητική του κίνηση, ενώ τείνει περισσότερο να συγκεντρώνεται στον πυθμένα του δοχείου χωρίς όμως να αποφεύγει να κολυμπά και στη στήλη του νερού. Παρόλη την ονομασία τους «αρπακτικοειδή» δεν είναι θηρευτές άλλων ζωπλαγκτονικών οργανισμών αλλά μάλλον διηθητές φυτοπλαγκτονικών κυττάρων τα οποία καταναλώνουν αφειδώς αυξανόμενα απρόσκλητα. Και τα δύο είδη αντέχουν σε ένα εξαιρετικά μεγάλο εύρος αλατοτήτων από πολύ υφάλμυρο (~2 ppt το *Tigriopus*, ~10 ppt το *Tisbe*) έως πολύ υπεράλυμο (~100 ppt το *Tisbe*, ~120 ppt το *Tigriopus*). Αξιοσημείωτη επίσης είναι η ικανότητά τους να μην επηρεάζονται από την υποβαθμισμένη ποιότητα του νερού και από τη χαμηλή περιεκτικότητά του σε διαλυμένο οξυγόνο, καθώς παρατηρήσεις μας σε δοχεία με ακμαίους πληθυσμούς των με νερό χωρίς ανανέωση ή αερισμό δεν έδειξαν ούτε να υποφέρουν ούτε να καταρρέουν οι πληθυσμοί τους. Ως εκ τούτου θεωρούνται ιδανικοί οργανισμοί για βιοδοκιμές και φυσικά ως καλλιεργούμενα είδη ζωντανής τροφής για λάρβες ψαριών. Παρόμοια με το *Tigriopus* και το *Tisbe* είναι γονοχωριστικό με σύλληψη του

θηλυκού από το αρσενικό (Εικόνα 96), μακρά περίοδο κολύμβησης του ζεύγους, γονιμοποίηση μία φορά, πολλαπλή δημιουργία ωσάκων, 6 ναυπλιακά και 5 κωπηποδιτικά στάδια με ναύπλιους όμως ελαφρώς μικρότερους από του *Tigriopus* (Εικόνες 97 & 98). Ένα άλλο χαρακτηριστικό του *Tisbe* είναι το χαρακτηριστικό δίπλωμα του σώματός των και η ανεξήγητη ενίοτε προσκόλληση ενός δεύτερου αρσενικού στο κολυμβητικό αναπαραγωγικό ζεύγος (Εικόνες 95 και 96 αντίστοιχα).

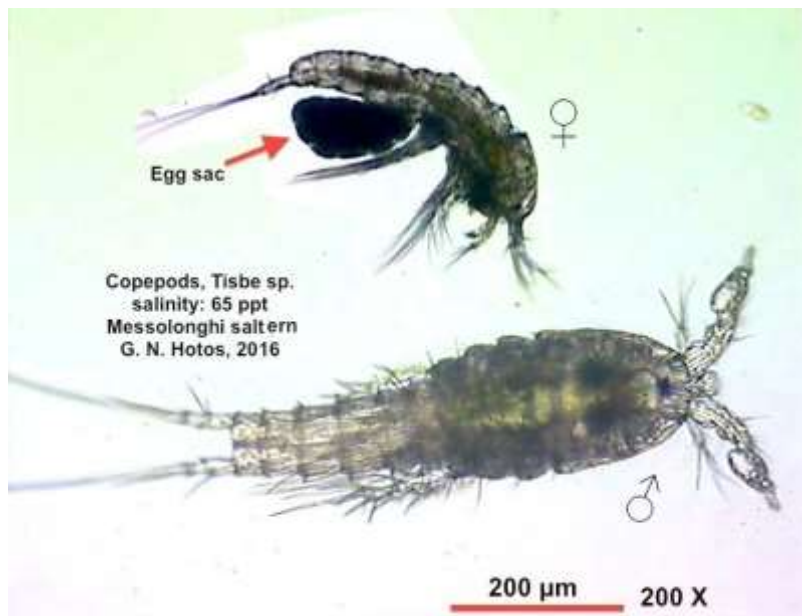


Εικόνα 92. Τυπική εμφάνιση αρσενικού και θηλυκού *Tisbe holothuriae*. Το βέλος δείχνει τα χαρακτηριστικά εξογκώματα του αρσενικού στο πρώτο ζεύγος κεραίων.



Εικόνα 93. Άλλη μια τυπική εμφάνιση αρσενικού και θηλυκού *Tisbe holothuriae*. Το θηλυκό φέρει ένα ευμεγέθη ωσάκο. Χαρακτηριστικό και των δύο ειδών *Tisbe* και *Tigriopus* είναι ο μονός ωσάκος σε αντίθεση με τα καλανοειδή και κυκλωποειδή που φέρουν 2 ωσάκους.

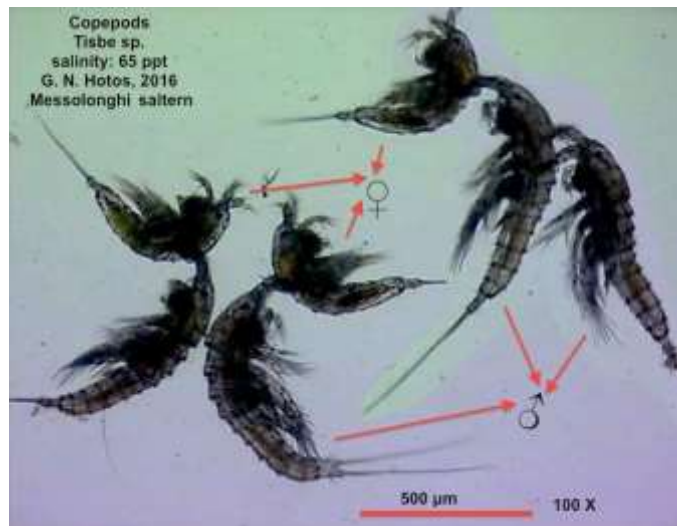




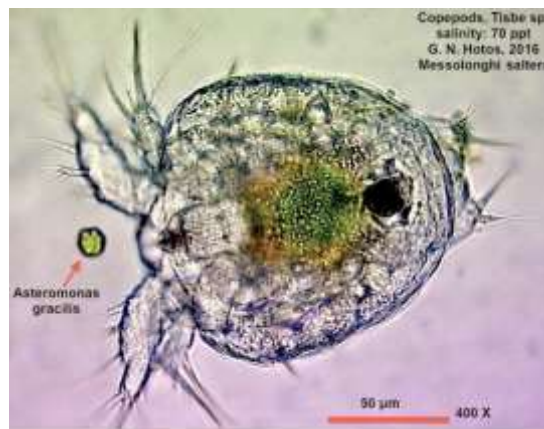
Εικόνα 94. Άλλη μια τυπική εμφάνιση αρσενικού και θηλυκού *Tisbe holothuriae*. Το θηλυκό που φέρει ένα ευμεγέθη ώσασακο σε αυτή την περίπτωση και αντίθετα από τα συνήθη είναι εμφανώς μικρότερο. Πολύ εμφανή σε αυτή τη φωτογραφία τα χαρακτηριστικά εξογκώματα (φουσκίτσες) στις κεραίες του αρσενικού.



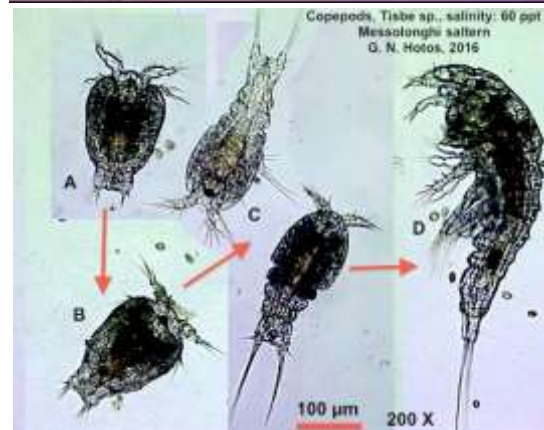
Εικόνα 95. Η μεγάλη πλαστικότητα του σώματος του *Tisbe holothuriae*.



Εικόνα 96. Χαρακτηριστικά αναπαραγωγικά ζεύγη *Tisbe holothuriae* ταυτόχρονα με την ανεξήγητη πρόσθεση ενός ακόμα αρσενικού σε ένα τυπικό ζεύγος.

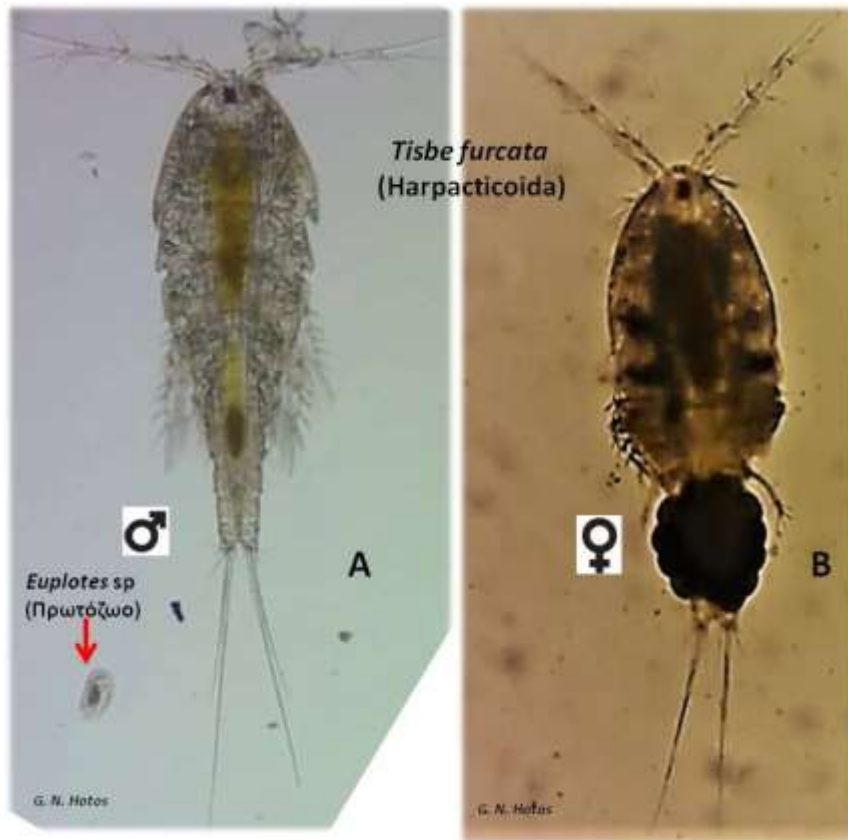


Εικόνα 97. Χαρακτηριστική εμφάνιση ενός ναυπλίου *Tisbe holothuriae* που έχει αρχίσει να τρέφεται με φυτοπλαγκτόν.

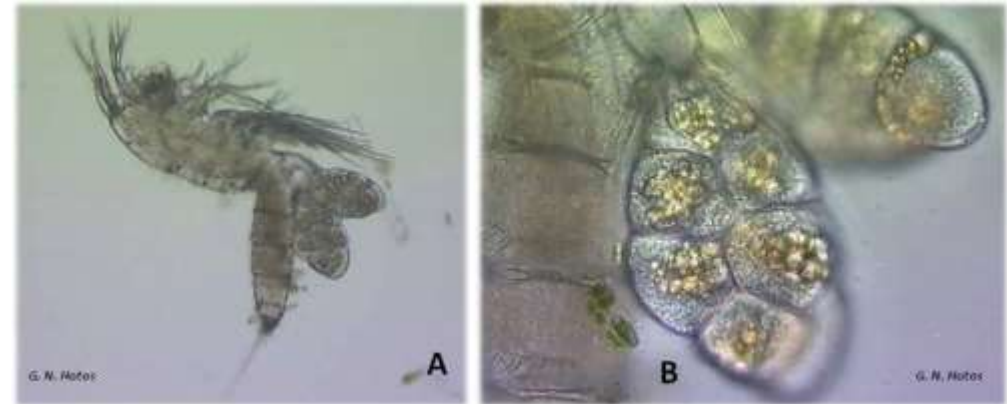


Εικόνα 98. Κολάζ φωτογραφιών ανάπτυξης ναυπλίου *Tisbe holothuriae* σε κωπηποδιτή, σε ενήλικο.

Εκτός των παραπάνω κωπηπόδων *Tigriopus* sp. και *Tisbe holothuriae* τα οποία καλλιεργούνται ιδιαίτερα εύκολα στο εργαστήριο, τελευταίως απομονώθηκαν και 2 άλλα αρπακτικοειδή τα οποία όμως δεν δίδουν απόλυτα ικανοποιητικά αποτελέσματα ως προς την ευκολία διατήρησής των σε ακμαίες καλλιέργειες. Παρόλα αυτά οι προσπάθειες συνεχίζονται και διατηρούνται έστω σε περιορισμένο αριθμό με συνεχείς ανανεώσεις. Το ένα είδος πιθανολογείται να είναι το *Tisbe furcata* (Εικόνα 99) και το άλλο (Εικόνα 100) μη ταυτοποιημένο ακόμα (πιθανώς του γένους *Tisbe*).



Εικόνα 99. Τυπική εμφάνιση αρσενικού και θηλυκού *Tisbe furcata*.



Εικόνα 100. Στο **A** ένα μη ταυτοποιημένο είδος αρπακτικοειδούς κωπηπόδου από τη λιμνοθάλασσα της Κλείσοβας που φέρει 2 ωόσακους. Χαρακτηριστικό το ευρύ ουρόσωμα και τα μακριά θωρακικά πόδια. Στο **B** κοντινή όψη ενός ωόσακου που περιέχει λίγα σχετικάς αβγά (~10).



## E. ΤΡΟΧΟΖΩΑ

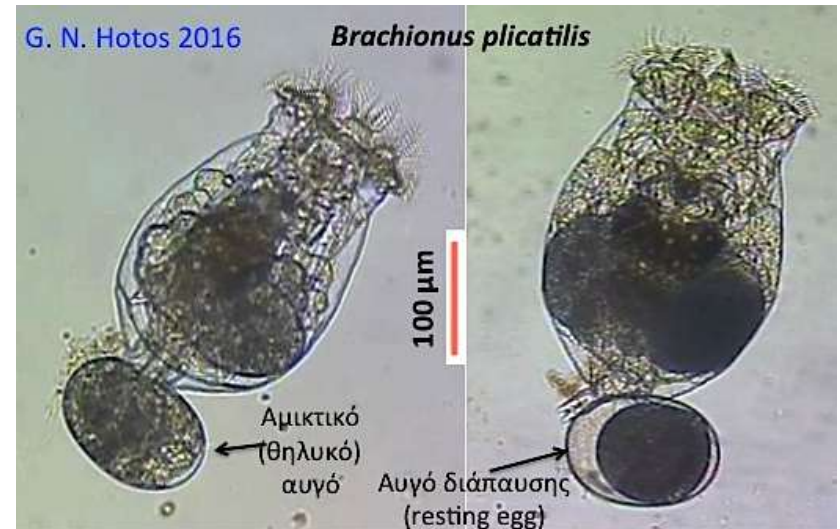
### *Brachionus plicatilis*

#### Συστηματική κατάταξη

Βασίλειο:	Ζώα (Animalia)
Φύλο:	Τροχόζωα (Rotifera)
Ομοταξία:	Monogononta
Τάξη:	Ploimida
Οικογένεια:	Brachionidae
Γένος:	<i>Brachionus</i>
Είδος:	<i>Brachionus plicatilis</i>

Από τη λιμνοθάλασσα Μεσολογίου απομονώσαμε ένα τοπικό στέλεχος του γνωστού είδους τροχοζώου *Brachionus plicatilis* (Εικόνα 101) με χαρακτηριστικά αύξησης σε καλλιέργεια ισοδύναμα με τα γνωστά από τη «θηριώδη» βιβλιογραφία που υπάρχει για αυτό το ζώο, το οποίο αποτελεί τη μόνη και αναντικατάστατη πρώτη ζωντανή τροφή για τις λάρβες των ψαριών στα θαλάσσια ιχθυοεκκολαπτήρια. Εδώ δεν θα παρουσιαστεί μια εκτενής περιγραφή της μορφολογίας και βιολογίας αυτού του είδους μια και είναι χιλιοειπωμένα. Θα δοθούν μόνο κομβικά στοιχεία για την επιτυχή καλλιέργειά του με στιγμιότυπα που παρήχθησαν στο εργαστήριο. Το *Brachionus plicatilis* αναπαράγεται κυρίως παρθενογενετικά (αμικτική αναπαραγωγή) ή μετά από την επίδραση ορισμένων παραγόντων και αμφιγονικώς (μικτική αναπαραγωγή). Κατά την παρθενογένεση το θηλυκό παράγει ακριβή γενετικά αντίγραφα του εαυτού του, δηλαδή κλώνους. Αν όμως υπάρξουν έντονες δραματικές αλλαγές στο περιβάλλον διαβίωσης π.χ. απότομη μεταβολή αλατότητας ή θερμοκρασίας, τότε προκαλείται η μικτική αναπαραγωγή με αποτέλεσμα την εμφάνιση μικροσκοπικών (σε σύγκριση με τα θηλυκά) αρσενικών και μετά τη γονιμοποίηση, παραγωγή ειδικών “αδρανών αυγών διάπαυσης” (Εικόνα 102), βιολογικών οντοτήτων ανάλογων των κύστεων της *Artemia*. Ενα θηλυκό άτομο *B. plicatilis* ανάλογα με τις συνθήκες διατήρησής του μπορεί να παράγει μέχρι και 20 αυγά (απογόνους) κατά τη διάρκεια των 10 περίπου ημερών που διαρκεί η ζωή του. Τα αυγά που παράγει κάθε φορά (1-8) βρίσκονται προσκολλημένα στο οπίσθιο μέρος του σώματός του μέχρι την εκκόλαψή των (Εικόνες 103-106). Η αναπαραγωγική ικανότητα του ζώου αυτού έχει απασχολήσει αρκετούς ερευνητές και έχουν συλλεχθεί αρκετά στοιχεία για εφαρμογή στην

καλλιέργειά του. Για παράδειγμα, ανάλογα με το είδος του φύκου διατροφής η υψηλότερη γονιμότητα παρατηρήθηκε όταν τα ζώα διετράφησαν με το φύκος *Isochrysis galbana* στους 20-22 °C. Παρατηρήθηκε παραγωγή 21 απογόνων/θηλυκό, διάρκεια αναπαραγωγικής περιόδου 6,7 ημερών, διάρκεια ζωής 10,5 ημερών και μέσο μήκος ενήλικου ατόμου (*B. plicatilis*) 234 μm. Μιλώντας για μεγέθη τροχοζώων ακόμη και για ένα και το αυτό είδος που μας ενδιαφέρει περισσότερο (*B. plicatilis*) θα πρέπει να αναφερθούν ορισμένα βασικής σημασίας θέματα.



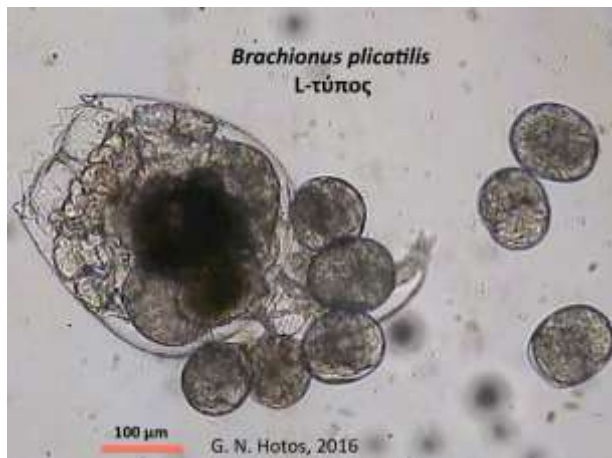
Εικόνα 101. Αριστερά: θηλυκό με αμικτικό αυγό. Δεξιά: με αυγό διάπαυσης (resting egg).

Στα τροχόζωα παρατηρείται το φαινόμενο του πολυμορφισμού στο ίδιο και το αυτό είδος ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος όπου ζει. Ο πολυμορφισμός αντανακλά διαφορές στους διάφορους τύπους ενός είδους τόσο ως προς τη γενική μορφολογία του ατόμου όσο (και κυρίως) στο μέγεθος γενικά. Ο κάθε τύπος έχει τις δικές του ιδιαίτερες απαιτήσεις και ικανότητες προσαρμογής σε διαφορετικές συνθήκες του περιβάλλοντος καλλιέργειας (θερμοκρασία, αλατότητα, είδος τροφής κ.ά.) καθώς και στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της βιολογικής του οντότητας (ρυθμός αναπαραγωγής, αύξησης κ.ά.). Σύμφωνα με

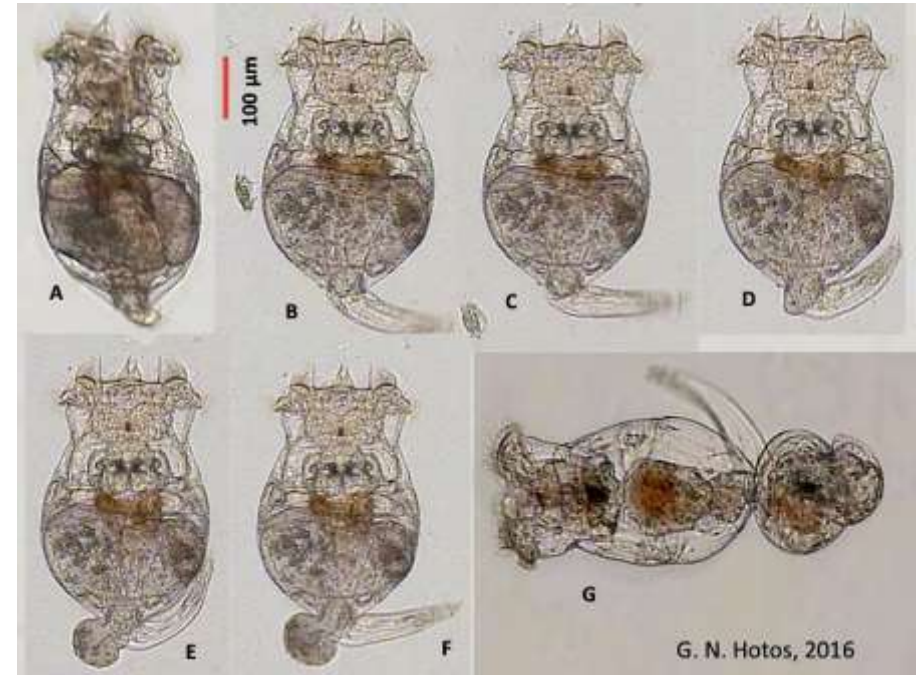
διάφορους ερευνητές, οι ποικιλίες μεγέθους και μορφής των τροχοζών είναι χαρακτηριστικά που αντιστοιχούν σε γενετικά απομονωμένους πληθυσμούς και ως εξ' αυτού ακολουθούνται και από οικολογικές φυσιολογικές προσαρμογές, δηλαδή διαφορετικούς τύπους ζώων.



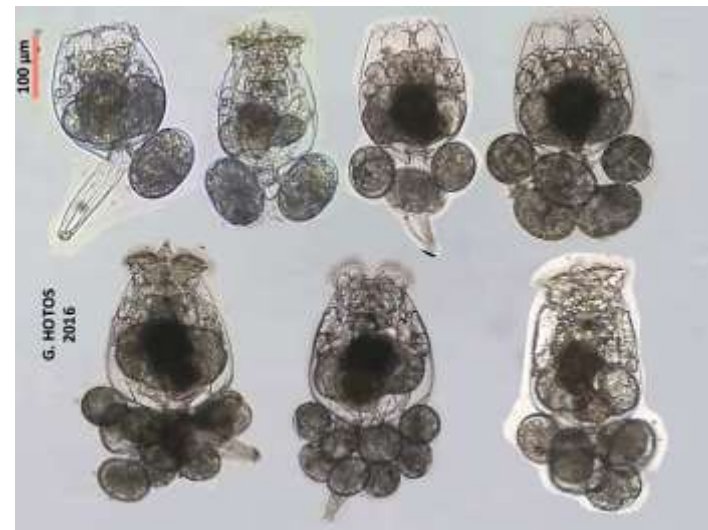
Εικόνα 102. Μικτικό θηλυκό *B. plicatilis* με αυγό διάπαυσης (αριστερά) και σε μεγέθυνση (δεξιά) δύο όψεις του αυγού διάπαυσης (resting egg).



Εικόνα 103. Θηλυκό *B. plicatilis* με πολλά αμικτικά αυγά, άλλα ακόμα προσκολλημένα στο σώμα του και άλλα αποσπασμένα. Με την εκκόλαψή τους θα προκύψουν θηλυκά άτομα.

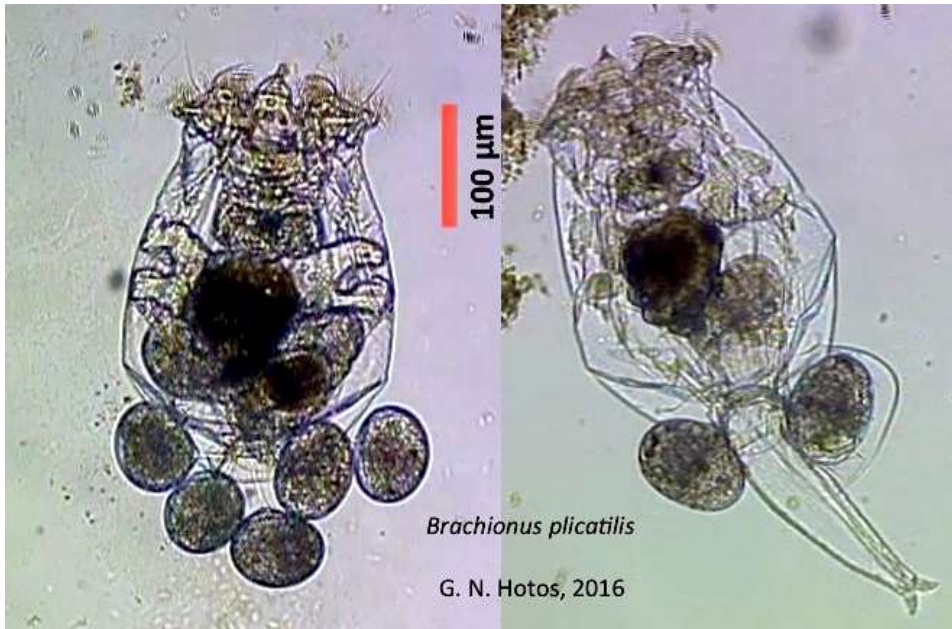


Εικόνα 104. Αποτύπωση των φάσεων εξόδου ενός αυγού από το εσωτερικό του σώματος του θηλυκού *B. plicatilis*.

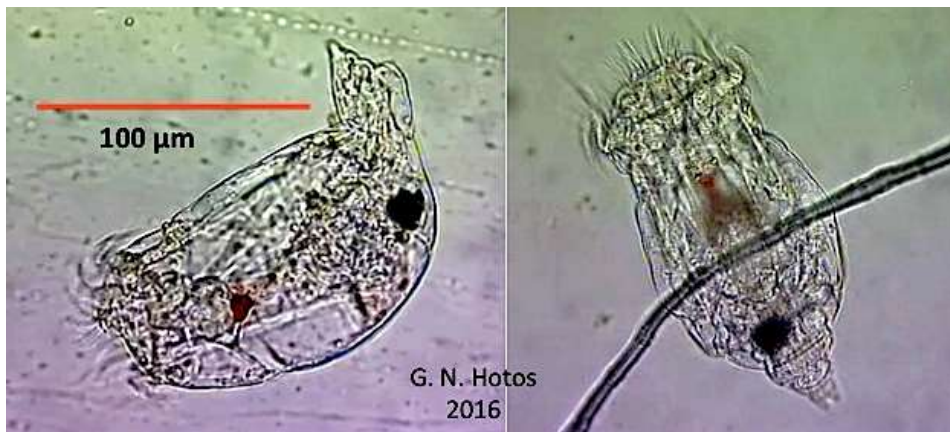


Εικόνα 105. Αμικτικά τροχοζώα *B. plicatilis* με ποικίλο αριθμό αμικτικών αυγών προσκολλημένων στο μητρικό άτομο. Διακρίνονται 1, 2, 3, 5, 6, 8 και 10 αυγά συγκρατημένα στο σπίσθιο μέρος του σώματος.

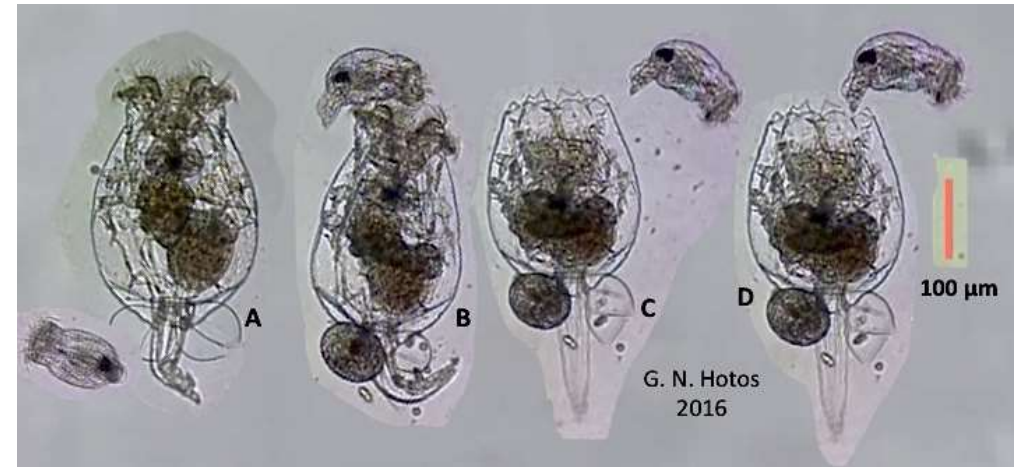




Εικόνα 106. Θηλυκά μικτικά άτομα *B. plicatilis* με 5 και 2 αυγά που θα δώσουν αρσενικά άτομα.



Εικόνα 107. Αρσενικό άτομο *B. plicatilis* σε δύο όψεις.



Εικόνα 108. Φωτογραφικό κολάζ της διαδικασίας της γονιμοποίησης στο *B. plicatilis*. A: προσέγγιση, B: ανίχνευση δεκτικότητας, C: προετοιμασία, D: γονιμοποίηση. Αξιοσημείωτο γεγονός το ότι η γονιμοποίηση γίνεται και σε φέροντα ήδη αρσενικά αυγά μικτικά θηλυκά.

#### Ανακεφαλαίωση της αναπαραγωγής στο *B. plicatilis*:

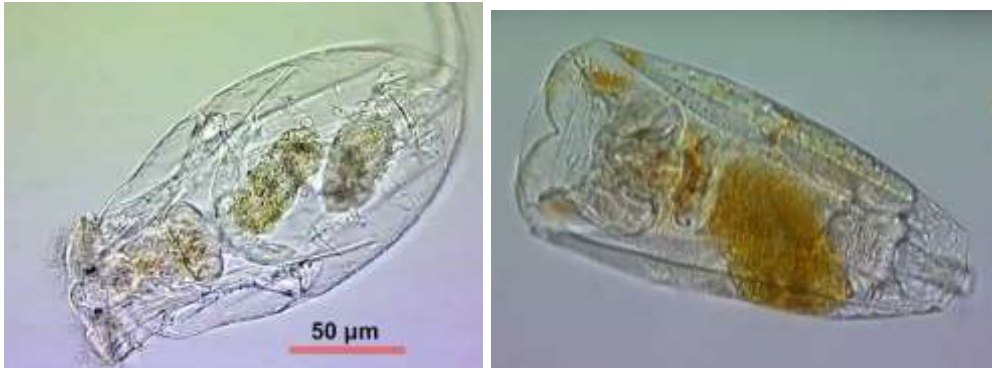
- Η αναπαραγωγή πραγματοποιείται με δύο τρόπους: A. Αμικτικός τρόπος ή παρθενογένεση, B. Μικτικός τρόπος ή αμφιγονικός
- Κατά τον αμικτικό τρόπο δεν υπάρχει γονιμοποίηση. Τα αυγά παράγονται με παρθενογένεση, τα οποία δίνουν αμικτικά θηλυκά.
- Ορισμένα θηλυκά που γίνονται «μικτικά» παράγουν ειδικά μικρά αβγά (Εικόνα 106) από τα οποία θα προκύψουν αρσενικά άτομα (Εικόνα 107).
- Τα μικτικά θηλυκά γονιμοποιούνται από τα προκύψαντα αρσενικά (Εικόνα 108) και παράγουν αδρανή αυγά (ή αυγά διάρκειας). Μετά την εκκόλαψη όλα δίνουν αμικτικά θηλυκά άτομα.
- Η αμικτική αναπαραγωγή είναι πιο γρήγορη άρα και ταχύτερη η αύξηση του πληθυσμού, πράγμα απαραίτητο για την εντατική καλλιέργεια των τροχοζών.
- Όταν οι συνθήκες στις οποίες ζουν τα τροχοζώα είναι ακατάλληλες τότε χρησιμοποιούν τη μικτική αναπαραγωγή. Έτσι καταφέρνουν τα αδρανή αυγά να αντεπεξέλθουν στις δυσμενείς αυτές συνθήκες.
- Η παραγωγή των μικτικών θηλυκών εξαρτάται κυρίως από τρεις παράγοντες που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους: α) αλατότητα, β) πυκνότητα του πληθυσμού, γ) ποιότητα και ποσότητα της τροφής τους.
- Η αμικτική αναπαραγωγή μπορεί να διακοπεί και να αντικατασταθεί από φάσεις αμφιγονικής αναπαραγωγής (μικτική αναπαραγωγή), η οποία προκαλείται είτε από εξωγενείς παράγοντες – σιινάλα (χαμηλή θερμοκρασία και αλατότητα,

ελάττωση της ποιότητας και ποσότητας της τροφή, αύξηση της πυκνότητας του πληθυσμού, κ.α.) που χαρακτηρίζουν χειροτέρευση του περιβάλλοντος, είτε από ενδογενείς (ηλικία).

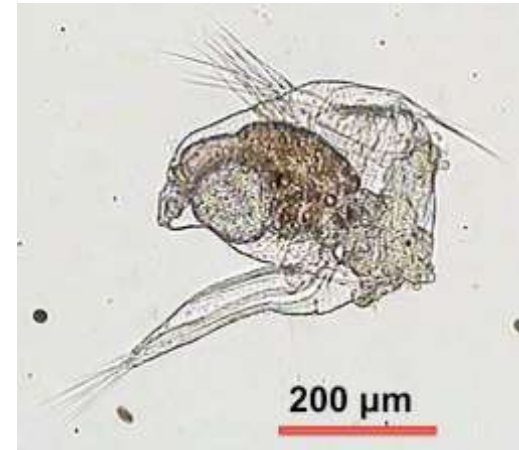
- Κατά το μικτικό τρόπο τα μικτικά θηλυκά γονιμοποιούνται από τα αρσενικά και παράγονται αυγά διάρκειας ή διάπαυσης με υποχρεωτικό λανθάνοντα χρόνο τουλάχιστον ενός μηνός.
- Ο προτιμότερος τρόπος αναπαραγωγής είναι ο αμικτικός για τους εξής λόγους:
- Είναι ταχύτερος
- Ο μικτικός τρόπος προκαλεί κατάρρευση της καλλιέργειας
- Τα αρσενικά που παράγονται κατά το μικτικό τρόπο έχουν χαμηλότερη θρεπτική αξία για τις λάρβες των ψαριών λόγω έλλειψης πεπτικού συστήματος.

## ΑΛΛΑ ΕΙΔΗ ΤΡΟΧΟΖΩΩΝ ΠΟΥ ΚΑΤΑ ΚΑΙΡΟΥΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΝΤΑΙ

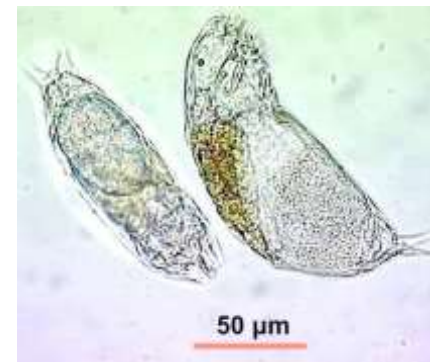
Από τη λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου και από τις παρακείμενες αλυκές κατά καιρούς από τις δειγματοληψίες προκύπτουν και άλλα είδη τροχοζώων (Εικόνες 109-114) πέραν του *B. plicatilis*. Όμως αυτά τα είδη (δείγμα των οποίων παρατίθεται στις παρακάτω εικόνες) δεν είναι τόσο εύκολα στην καλλιέργεια όσο το *B. plicatilis*. Παρόλα αυτά συνεχίζονται οι προσπάθειες για την εύρεση των κατάλληλων συνθηκών προκειμένου να καταστούν και αυτά διατηρήσιμα στη ρουτίνα του εργαστηρίου.



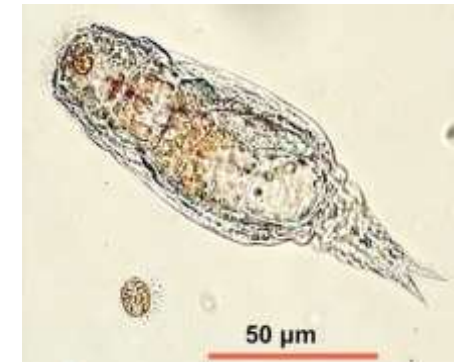
Εικόνα 109. Δύο όψεις του *Testudinella* sp.



Εικόνα 110. *Hexarthra* sp.



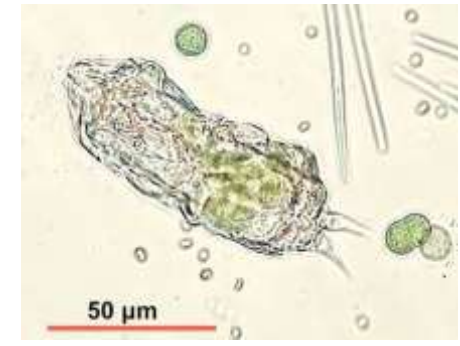
Εικόνα 111. *Trichocerca* sp.



Εικόνα 112. *Epiphanes* sp.



Εικόνα 113. Unknown.



Εικόνα 114. *Lindia* sp.



## ΟΙΚΕΙΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **ΧΩΤΟΣ, Γ. & Δ.**, ΑΒΡΑΜΙΔΟΥ, 1995. Μελέτη της αύξησης του μονοκύτταρου αλόφιλου φύκου *Asteromonas gracilis* (Chlorophyta) σε συνθήκες μαζικής καλλιέργειας με τη χρήση διαφορετικών αλατοτήτων, φωτοπεριόδου και έλλειψης πρόσθετων βιταμινών. *Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα (Geotechnical Scientific Issues)*. 6(2): 37-45.
- **ΧΩΤΟΣ, Γ.**, ΑΒΡΑΜΙΔΟΥ, Δ., ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ, Η. & ΑΡΒΑΝΙΤΑΚΗΣ, Γ., 2000. Ρυθμός αύξησης, διήθησης και πέψης του τροχόζωου *Brachionus plicatilis* σε πειραματικές συνθήκες με χρήση του αλοανθεκτικού χλωρόφυτου μικροφύκου *Asteromonas gracilis* Artari. *6<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας*. Χίος, 23-26 Μαΐου 2000, τ. II: 268 - 273.
- **ΧΩΤΟΣ, Γ.**, ΑΒΡΑΜΙΔΟΥ, Δ., ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ, Η. και ΑΡΒΑΝΙΤΑΚΗΣ, Γ., 2000. Επιλεκτικότητα για κατανάλωση από το τροχόζωο *Brachionus plicatilis* μεταξύ δύο μικροφυκών, μεγάλου (*Asteromonas gracilis*) και μικρού (*Chlorella* sp.). *9<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων Υπ. Γεωργίας*. Μεσολόγγι, 20-23 Ιανουαρίου 2000.
- **ΧΩΤΟΣ, Γ.**, ΑΒΡΑΜΙΔΟΥ, Δ., ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ, Η. και ΑΡΒΑΝΙΤΑΚΗΣ, Γ., 2000. Αποτελεσματικότητα της διατροφής του τροχόζωου *Brachionus plicatilis* με συνδυασμούς 4 ειδών μικροφυκών το καθένα με *Chlorella*. *9<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων*. Μεσολόγγι, 20-23 Ιανουαρίου 2000.
- **HOTOS, G.N.**, 2002. Selectivity of the rotifer *Brachionus plicatilis* fed mixtures of algal species with various cell volumes and cell densities. *Aquaculture Research*, 33 (12), 949-957. DOI: 10.1046/j.1365-2109.2002.00746.x
- **ΧΩΤΟΣ, Γ.**, ΑΝΑΣΤΟΠΟΥΛΟΣ, Π. & ΠΕΤΖΑ, Δ., 2003. Επίδραση της θερμοκρασίας στο ρυθμό αύξησης δύο ειδών μικροφυκών *Asteromonas gracilis* Artari και *Tetraselmis* sp. *11<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων*, Πρέβεζα 10-14 Απριλίου 2003.
- **ΧΩΤΟΣ, Γ.**, ΑΝΑΣΤΟΠΟΥΛΟΣ, Π. & ΠΕΤΖΑ, Δ., 2003. Επίδραση του περιβαλλοντικού φωτισμού και της φυγοκέντρωσης των φυτοπλαγκτονικών κυττάρων των ειδών *Asteromonas gracilis*, *Tetraselmis* sp. και *Dunaliella* sp., στη διατροφή του τροχόζωου *Brachionus plicatilis*. *11<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων*, Πρέβεζα 10-14 Απριλίου 2003.
- **HOTOS, G. N.**, 2003. Growth, filtration and ingestion rate of the rotifer *Brachionus plicatilis* fed with large (*Asteromonas gracilis*) and small (*Chlorella* sp.) celled algal species. *Aquaculture Research*, 34 (10), 793-802. DOI: 10.1046/j.1365-2109.2003.00868.x
- **HOTOS G.**, 2016. The halotolerant green alga *Asteromonas gracilis*, an ideal tool for research, education and mass culture. A preliminary report. *2<sup>nd</sup> Intern. Congress on Appl. Ichthyology & Aquatic Environment*. 10-12 Nov. 2016. Messolonghi Greece.
- **HOTOS, G.**, 2018. Protists, Cyanobacteria, Rotifers and Crustacea from the hypersaline lakes of Messolonghi saltworks (W. Greece). *10<sup>th</sup> World Salt Symposium, 2018, Park city, Utah, U.S.A.*.
- KOROVISSIS, A. K., **HOTOS, G.** & G. ZALIDIS, 2018. The role of the ciliate protozoan *Fabrea salina* in solar salt production. *10<sup>th</sup> World Salt Symposium, 2018, Park city, Utah, U.S.A.*
- **HOTOS, G.**, 2019. Feeding with various microalgae the salt “loving” ciliate *Fabrea salina* in normal salinity 35 ppt. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 3(3):150-152. DOI: 10.26855/ijfsa.2019.07.001.
- **HOTOS, G.**, 2019. A short review on the halotolerant green microalga *Asteromonas gracilis* Artari with emphasis on its uses. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 4(3): 1-8. DOI: 10.9734/ajfar/2019/v4i330054..
- **HOTOS, G.**, AVRAMIDOU, D. & V., BEKIARI, 2020. Calibration curves of culture density assessed by spectrophotometer for three microalgae (*Nephroselmis* sp., *Amphidinium carterae* and *Phormidium* sp.). *European Journal of Biology and Biotechnology*, 1(6): 1-7. <https://doi.org/10.24018/ejbio.2020.1.6.132>

- **HOTOS, G.**, 2021. A preliminary survey on the planktonic biota of a hypersaline pond of Messolonghi saltworks (W. Greece). *Diversity*, 13, 270: 1-12. <https://doi.org/10.3390/d13060270>
- **HOTOS, G.**, 2021. "Culture Growth of the Cyanobacterium *Phormidium* sp. in Various Salinity and Light Regimes and Their Influence on Its Phycocyanin and Other Pigments Content" *Journal of Marine Science and Engineering* 9, no. 8: 798. <https://doi.org/10.3390/jmse9080798>
- **HOTOS, G.** and Despoina Avramidou, 2021. The Effect of Various Salinities and Light Intensities on the Growth Performance of Five Locally Isolated Microalgae [*Amphidinium carterae*, *Nephroselmis* sp., *Tetraselmis* sp. (var. red pappas), *Asteromonas gracilis* and *Dunaliella* sp.] in Laboratory Batch Cultures. *Journal of Marine Science and Engineering* 9, no. 11: 1275. <https://doi.org/10.3390/jmse9111275>
- **HOTOS, George N.**, and Theodoros I. Antoniadis. 2022. The Effect of Colored and White Light on Growth and Phycobiliproteins, Chlorophyll and Carotenoids Content of the Marine Cyanobacteria *Phormidium* sp. and *Cyanothece* sp. in Batch Cultures. *Life* 12, no. 6: 837. <https://doi.org/10.3390/life12060837>
- **HOTOS, George N.** and Ioanna Touloupi. 2022. Response of the Ciliates *Fabrea salina* and *Condylostoma* sp. to Different Salinities and Microalgal Feeds. *Ecologies* 3, 2, 225-234. <https://doi.org/10.3390/ecologies3020017>
- **HOTOS, G.N.**, Avramidou, D., & Samara, A., 2022. The Effect of Salinity and Light Intensity on the Batch Cultured Cyanobacteria *Anabaena* sp. and *Cyanothece* sp. *Hydrobiology*, 1, 278–287. <https://doi.org/10.3390/hydrobiology1030020>
- **HOTOS, G.N.**, Avramidou, D., & Samara, A., 2022. The effect of salinity and light intensity on the batch cultured cyanobacteria *Anabaena* sp. and *Cyanothece* sp. *Marine and Inland Waters Research Symposium*, Porto-Heli, Greece, 16-19 Sept. 2022.
- Χώτος, Γ. & Ι. Φωτοδήμας, 2022. Η επίδραση της αλατότητας και διαφόρων μικροφυκών ως τροφή, στην επιβίωση και γονιμότητα των αρπακτικοειδών κωπηπόδων *Tisbe* sp. και *Tigriopus* sp. 18<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων, Μεσολόγγι, 3-6 Νοεμ. 2022.
- Χώτος, Γ. & Σ. Κολυροπούλου, 2022. Η επίδραση της έντασης φωτισμού και της αλατότητας στην καλλιέργεια δύο μικροφυκών *Dunaliella* sp. και *Tetraselmis* sp. από τις αλυκές Μεσολογγίου. 18<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων, Μεσολόγγι, 3-6 Νοεμ. 2022.
- Χώτος, Γ., Αβραμίδου, Δ. & Βλ. Μπεκιάρη, 2022. Χρήση της Φασματοφωτομετρίας και της φθορισμομετρίας για τον υπολογισμό της πυκνότητας φυτοπλαγκτονικών καλλιεργειών. 18<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων, Μεσολόγγι, 3-6 Νοεμ. 2022.

#### **ΕΙΔΙΚΗ ΟΙΚΕΙΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Hotos, G. & Th. Antoniadis, 2022. An illustrated procedure of phycocyanin, allophycocyanin and phycoerythrin measurement in cyanobacterial cultures. ResearchGate, DOI: 10.13140/RG.2.2.29018.62404
- Hotos, G., 2020. Βιολογικές χρωστικές και φωτοσύνθεση. ResearchGate, DOI: 10.13140/RG.2.2.13148.54406/1
- Hotos, G., 2019. Κωπήποδα (Βασικά βιολογικά στοιχεία). ResearchGate, DOI: 10.13140/RG.2.2.25424.46081
- Hotos, G., 2019. COCCOID CYANOBACTERIA IN THE HYPERSALINE PONDS OF MESSOLONGHI (SALTERNS). ResearchGate, DOI:10.13140/RG.2.2.36501.27363
- Hotos, G., 2019. *Fabrea salina* Henneguy, 1890. A heterotrichous ciliate thriving in hypersalinity ResearchGate, DOI: 10.13140/RG.2.2.33424.87041
- Hotos, G., 2019. *Dunaliella*, το θαυμαστό φύκος των αλυκών ResearchGate. DOI: 10.13140/RG.2.2.36763.41763
- Hotos, G., 2018. Τοξικά Μικροφύκη. ResearchGate, DOI: 10.13140/RG.2.2.21109.32486



- Hotos, G., 1995. Περιβαλλοντική μελέτη λιμνοθάλασσας Κλείσοβας Μεσολογγίου με μέτρηση επιλεγμένων φυσικοχημικών παραμέτρων κατά τα έτη 1993-94 ResearchGate, DOI: 10.13140/RG.2.2.20322.89280
- Hotos, G., 2016. Η μικροσκοπική υδρόβια ζωή στις υπεράλμυρες λεκάνες των αλυκών Μεσολογγίου. Έκδοση Φορέα Διαχείρισης Λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου-Αιτωλικού. Στο ResearchGate:  
[https://www.researchgate.net/publication/308326410\\_E\\_MIKROSKOPIKE\\_YDROBIA\\_ZOE\\_STIS\\_YPERALMYRES\\_LEKANES\\_TON\\_ALYKON\\_TOU\\_MESOLONGIOU](https://www.researchgate.net/publication/308326410_E_MIKROSKOPIKE_YDROBIA_ZOE_STIS_YPERALMYRES_LEKANES_TON_ALYKON_TOU_MESOLONGIOU) *The microscopic water life in the hypersaline saltern ponds of Messolonghi-W Greece*

## ΣΧΕΤΙΚΑ ΒΙΝΤΕΟ ΣΤΟ YouTube ΑΠΟ ΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Για το χλωροφύκος *Dunaliella*:

[https://youtu.be/a7X\\_0walwRQ](https://youtu.be/a7X_0walwRQ) Χαρακτηριστική συγκέντρωση εν είδη αποικίας των κυττάρων του *Dunaliella*.

<https://youtu.be/HqWxnhv-Ka0> Το *Dunaliella* μεταξύ των μικροφυκών που χρησιμοποιούνται στους ιχθυογεννητικούς σταθμούς.

<https://youtu.be/kQJOdTnFLcc> Μοναδικό στο είδος του βίντεο με time-lapse της κυτταρικής διαίρεσης του *Dunaliella*.

<https://youtu.be/ky85Piwy6EQ> Άλλο ένα μοναδικό στο είδος του βίντεο με time-lapse της κυτταρικής διαίρεσης του *Dunaliella*. και μάλιστα με κύτταρα σφαιροειδή και κόκκινα λόγω συσσώρευσης β-καρωτινίου.

<https://youtu.be/acGUObR2ibQ> Ένα πολύ διαφωτιστικό βίντεο για τα χλωροφύκη που απαντώνται στην υπεραλατότητα μεταξύ των οποίων και το *Dunaliella*.

Για το χλωροφύκος *Asteromonas*:

<https://youtu.be/x-hjmBv8QI8> Το πρώτο μου βίντεο για το *Asteromonas* με το «ταξίδι» ενός μοναχικού κυττάρου.

<https://youtu.be/h2MxCBngUN4> Η χαρακτηριστική τρομώδης κίνηση του *Asteromonas* σε όλο της το μεγαλείο.

<https://youtu.be/n2KbrHprsKc> Ένα μοναδικό και σπάνιο να απαντηθεί αλλού βίντεο με time-lapse της κυτταρικής διαίρεσης του *Asteromonas*.

<https://youtu.be/W393jYY1MJM> Η χαρακτηριστική εμφάνιση και κίνηση του *Asteromonas* σε νερό πολύ υψηλής αλατότητας (>150 ppt).

<https://youtu.be/Uk8uudd6mP8> Άλλο ένα μοναδικό βίντεο με time-lapse της κυτταρικής διαίρεσης του *Asteromonas*.

<https://youtu.be/TYgiSGC9rYU> Άλλο ένα βίντεο με το *Asteromonas* σε νερό υπεράλμυρο όπου μάλιστα έχουν δημιουργηθεί κρύσταλλοι άλατος.

<https://youtu.be/t8HNZ457XQ> Άλλο ένα βίντεο με το *Asteromonas* σε νερό υπεράλμυρο όπου τα κύτταρα παρουσιάζουν ιδιαίτερο σχήμα και χρωματισμό.

Για το χλωροφύκος *Tetraselmis*:

<https://youtu.be/3Vew3G9IRUE> Ένα βίντεο που δείχνει καθαρά την κίνηση των κυττάρων και το κοκκινωπό χρώμα αυτού του πρωτοαναφερόμενου στελέχους *Tetraselmis* (var. red parras) που απομονώσαμε από τη γειτονική λιμνοθάλασσα Πάππας Αχαΐας.

<https://youtu.be/HqWxnhv-Ka0> Στο βίντεο αυτό όπου εμφανίζονται μικροφύκη που χρησιμοποιούνται στους ιχθυογεννητικούς σταθμούς, παρουσιάζονται και τα τρία μικροφύκη τα οποία καλλιεργούμε συνεχώς αλλά δεν απομονώσαμε από τις πέριξ λιμνοθάλασσες. Πρόκειται για τα *Tetraselmis suecica*, *Isochrysis galbana* και *Rhodomonas salina*.

<https://youtu.be/acGUObR2ibQ> Σε αυτό το βίντεο για τα χλωροφύκη που απαντώνται στην υπεραλατότητα δεσπόζουσα θέση κατέχει το ευμεγέθες *Tetraselmis* sp. (marina var. messolonghi).

Για το δινομαστιγωτό *Amphidinium carterae*:

<https://youtu.be/R8ue4H6zuYQ> Χαρακτηριστική μορφή, χρώμα και κίνηση αυτού του δινομαστιγωτού.

Για το χλωροφύκος *Nephroselmis* sp.:

<https://youtu.be/giZ430t15Sc> Η ζωηρή και στροβιλιστική μοναδική κίνηση αυτού του δυναμικού χλωροφύκους.

Για το κυανοβακτήριο *Phormidium* sp.:

<https://youtu.be/QNFw4LQb9Tc> Ένα από τα ελάχιστα βίντεο στο διαδίκτυο όπου φαίνεται η αργή ολισθητική κίνηση αυτού του νηματοειδούς κυανοβακτηρίου.

Για το κυανοβακτήριο *Cyanothece* sp.:

<https://youtu.be/gR8yxSM9Yt4> Μοναδικό στο διαδίκτυο βίντεο που δείχνει ότι και τα κοκκοειδή μονοκύτταρα κυανοβακτήρια μπορούν να παρουσιάζουν κάποιο βαθμό κίνησης.

Για το βλεφαριδοφόρο πρωτόζωο *Condylostoma* sp.:

<https://youtu.be/gqI9goQGmb8> Η μεγάλη πυκνότητα, ο μαύρος χρωματισμός και η αργή κίνηση του πρωτοζώου *Condylostoma* sp.

Για το βλεφαριδοφόρο πρωτόζωο *Fabrea salina*:

<https://youtu.be/nUykguv8eMg> Η αργή γεμάτη χάρη κίνηση του *Fabrea salina* σε ένα στιγμιότυπο υψηλής πληθυσμιακής πυκνότητας και ποικιλίας μεγεθών.

<https://youtu.be/RfvxkqCMhmw> Ένα κοντινό πλάνο ενός κυττάρου *F. salina* το οποίο μετά από επιμονή παρατηρήσεων κατάφερα να το πετύχω ακίνητο, να φιλτράρει και να «καταπίνει» κύτταρα του κρυπτοφύκου *Rhodomonas salina*.

<https://youtu.be/zbMe-bGWtX4> Ένα διογκωμένο κύτταρο *F. salina* με γεμάτα τα κενοτόπιά του με το χλωροφύκος *Asteromonas gracilis* που σε κάποια φάση κενώνει κάποια απ' αυτά ελευθερώνοντας άθικτα τα κύτταρα του μικροφύκου. Μοναδικό στο είδος του βίντεο στο διαδίκτυο.

<https://youtu.be/1BEbvQAV7Ng> Μοναδικό στο διαδίκτυο βίντεο με τη διαδικασία της εκβλάστησης στο *F. salina*.

<https://youtu.be/ftmktGpurRY> Κοπιώδες να αποτυπωθεί βίντεο με φάσεις κυτταρικού διαχωρισμού θυγατρικών κυττάρων κατά τη διαίρεση του *F. salina*.

<https://youtu.be/QGQSKP2ZGxw> Ένα βίντεο με καλλιτεχνική υφή που δείχνει την αργή και μεγαλοπρεπή κίνηση των κυττάρων μιας πυκνής καλλιέργειας του *F. Salina*



εν μέσω ταυτόχρονης παρουσίας πολλών μικρότερων κυττάρων του επίσης βλεφαριδοφόρου *Euplotes* sp.

Για το βλεφαριδοφόρο πρωτόζωο *Euplotes* sp.:

<https://youtu.be/EIcFWBVft8w> Ένα εκπληκτικό βίντεο που δείχνει ένα κύτταρο του βλεφαριδοφόρου *Euplotes* να φιλτράρει και καταναλώνει ένα άλλο μικρότερο βλεφαριδοφόρο *Cyclidium* sp. Το βίντεο αυτό αποδεικνύει την ικανότητα των *Euplotes* να καταναλώνουν με διήθηση όχι μόνο μεγάλου μεγέθους μικροφύκη αλλά και μεγαλύτερα αυτών πρώτιστα.

<https://youtu.be/W2nWoCTAJxA> Κυτταρική διαίρεση των *Euplotes* sp.

<https://youtu.be/bJjQ7JAn5do> Άλλο ένα βίντεο με κυτταρική διαίρεση των *Euplotes* sp. αλλά και με στιγμιότυπο εκβλάστησης για πρώτη φορά στο διαδίκτυο.

[https://youtu.be/94-0w\\_J19WI](https://youtu.be/94-0w_J19WI) Ένα κατά κάποιο τρόπο παράδοξο βίντεο με ένα κύτταρο *Euplotes* παγιδευμένο από ένα μεγάλο διάτομο που έχει καταναλώσει.

Για τα κωπήποδα:

<https://youtu.be/mKWNr5dhJGY> Ξεκάθαρη διαφορά στην κίνηση μεταξύ αρπακτικοειδών και καλανοειδών κωπήποδων.

<https://youtu.be/zmwXeoN1wTM> Στιγμιότυπα από την εκκόλαψη των αυγών και τη μορφή των ναυπλίων του *Tigriopus* sp.

Για το τροχόζωο *Brachionus plicatilis*:

<https://youtu.be/F61cHnGih54> Ένα αρσενικό άτομο *B. plicatilis* ακινητοποιημένο σε μεγάλη μεγέθυνση με πλήρη επίδειξη της ανατομίας του.

<https://youtu.be/NFVNFpkxa2w> Ένα χορταστικό βίντεο με την εκκόλαψη ενός αμικτικού αυγού ακόμα προσκολλημένου στο μητρικό σώμα και την απελευθέρωση ενός μικρού θηλυκού.

<https://youtu.be/6bgyUuwHjDk> Βίντεο με πολλά ξεχωριστά στιγμιότυπα από τη διαδικασία της αφόδευσης στα τροχόζωα.

<https://youtu.be/gPPvSRzoXrQ> Ένα από τα πιο παράξενα βίντεο που έχω τραβήξει όπου παρουσιάζονται ανεξήγητες σύντομες επαφές μεταξύ ατόμων *B. plicatilis* σαν να ανταλλάσσουν κάποιο είδος πληροφορίας.

[https://youtu.be/nr9-gCuZ\\_tM](https://youtu.be/nr9-gCuZ_tM) Άλλο ένα βίντεο με εκκόλαψη αυγού και απελευθέρωση νεαρού ατόμου μόνο που αυτή τη φορά πρόκειται για αρσενικό.

<https://youtu.be/X0zPJT9CiGM> Η φρενιτώδης και οργιαστική διαδικασία πολιορκίας και γονιμοποίησης των μικτικών θηλυκών από τα μικροσκοπικά αρσενικά του *B. plicatilis*.

[https://youtu.be/q\\_tfEO6Caqk](https://youtu.be/q_tfEO6Caqk) Άλλο ένα βίντεο με στιγμιότυπα από τη μακρά διαδικασία πολιορκίας θηλυκού από αρσενικό *B. plicatilis*.

<https://youtu.be/fe7aGS67XuE> Άλλο ένα βίντεο με στιγμιότυπα από τη μακρά διαδικασία πολιορκίας και συνουσίας ενός θηλυκού με αρσενικό *B. plicatilis*.

<https://youtu.be/xqjIPIMx72Q> Μοναδικό βίντεο με την εκκόλαψη αυγού και απελευθέρωση του νεογέννητου *B. plicatilis*.

[https://youtu.be/ibtQeq\\_U\\_6U](https://youtu.be/ibtQeq_U_6U) Ένα μοναδικό βίντεο με κοντινό πλάνο της διαδικασίας φιλτραρίσματος, παγίδευσης και μάσησης μικροφυκών στο *B. plicatilis*.

<https://youtu.be/ajz5JgvlYCA> Ακόμη πιο εντυπωσιακό βίντεο φιλτραρίσματος, παγίδευσης και μάζησης μεγάλου μεγέθους μικροφυκών στο *B. plicatilis*.

<https://youtu.be/ciK91Wluxm8> Η μοναδική (μέχρι τώρα) παγκοσμίως βιντεοσκοπημένη αστραπιαία διαδικασία της εξόδου ενός αυγού από το μητρικό σώμα. Ατελείωτες ώρες και προσπάθειες χρειάστηκαν για να γίνει κατορθωτή αυτή η καταγραφή.

<https://youtu.be/co8z9KWKaoA> Άλλη μια εκπληκτική καταγραφή εξόδου του αυγού από το μητρικό σώμα.

[https://youtu.be/j0W\\_xrupOyc](https://youtu.be/j0W_xrupOyc) Ένα βίντεο «σταθμός» στη βιολογία του *B. plicatilis* καθότι καταγράφει την άμεση επιτέλεση του σκοπού της ζωής ενός αρσενικού, το οποίο μόλις εξήλθε από το αυγό του ψάχνει αμέσως να ζευγαρώσει.

<https://youtu.be/kQC3PVDhcVg> Άλλο ένα βίντεο με πολλά ξεχωριστά στιγμιότυπα από τη διαδικασία της αφόδευσης στο *B. plicatilis*.

<https://youtu.be/3MnlEgw8Zbs> Εκπληκτικό και μοναδικό βίντεο με πολύ κοντινή λήψη και καθαρή παρουσίαση με τον οποίο το *B. plicatilis* φιλτράρει, καταπίνει και μασά τα μεγάλα κύτταρα του *Asteromonas gracilis*.

<https://youtu.be/GgPwwJar8il> Ένα δύσκολο να τραβηχτεί βίντεο που παρουσιάζει σε κοντινό πλάνο τη γονιμοποίηση ενός θηλυκού από ένα αρσενικό άτομο.

<https://youtu.be/63kS5ISMicK> Στο βίντεο αυτό παρουσιάζονται θηλυκά να φέρουν μικρά αυγά που θα δώσουν αρσενικά άτομα καθώς και τα αυγά διάπαυσης (resting eggs) τα οποία προκύπτουν από τη γονιμοποίηση των μικτικών θηλυκών από τα αρσενικά.

<https://youtu.be/LSJAXMcqtvs> Ένα ποτ-πουρί από πολύ γόνιμα αμικτικά θηλυκά με ποικίλο αριθμό αυγών κατά περίπτωση.

### Παρεμφερή βίντεο:

Στον ιστότοπο του καναλιού:

[https://www.youtube.com/channel/UCoams0\\_M5zKLtcv0LsRCIyQ](https://www.youtube.com/channel/UCoams0_M5zKLtcv0LsRCIyQ)

υπάρχουν πολλά άλλα σχετικά βίντεο με βλεφαριδοφόρα πρωτόζωα, διάτομα, πολύχαιτους, *Artemia*, κ.ά.

Μερικά από αυτά έχουν παγκοσμίως πρωτότυπο θέμα όπως π.χ. η σύλληψη ενός επιμήκους πτεροειδούς διατόμου από μια θαλάσσια αμοιβάδα

[https://www.youtube.com/watch?v=isN\\_L58hhbc&t=4s](https://www.youtube.com/watch?v=isN_L58hhbc&t=4s)

Ο πολλαπλασιασμός διά εκβλαστήσεως στο βλεφαριδοφόρο *Holophrya* sp.

<https://www.youtube.com/watch?v=GkAJ2X6q33c>

Η εκπληκτική πλαστικότητα του κυττάρου του βλεφαριδοφόρου *Phialina* sp.

<https://www.youtube.com/watch?v=23pEzi7KQJ4>

Τα εκπληκτικά τινάγματα του βλεφαριδοφόρου *Uronychia* sp.

<https://www.youtube.com/watch?v=2gfE1m1fASM>

Και άλλα πολλά.



## ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

- Όλα τα αναφερόμενα στο παρόν είδη μπορούν να δοθούν σε ενδιαφερόμενους για τη χρησιμοποίησή τους μετά από προηγούμενη συνεννόηση με τον γράφοντα.
- Από το πλήθος των πρωτοζώων που μπορεί να απαντηθεί σε κάποιο δείγμα φυσικών νερών, μόνο ελάχιστα είδη καταφέρνουν να διατηρηθούν κατόπιν σε βιώσιμες καλλιέργειες. Τέτοια είναι τα είδη του παρόντος φυλλαδίου. Η κατάσταση στα αλμυρά νερά διαφέρει από την αντίστοιχη των γλυκών όπου π.χ. το *Paramecium* αναφέρεται ως ευκολο-καλλιεργήσιμος οργανισμός.
- Παρόμοια κατά κάποιο τρόπο είναι και η κατάσταση των μικροφυκών. Δεν ανταποκρίνονται το ίδιο καλά όλα τα είδη ενός δείγματος στις προσπάθειες καλλιέργειάς των. Μόνο τα «στιβαρά» είδη θα τα καταφέρουν.
- Στις καλλιέργειες των μικροφυκών καταλήγουν σε μονοκαλλιέργεια είδη που μπορούν να επικρατήσουν έναντι άλλων ταυτόχρονα παρόντων. Η κατάσταση αυτή πιθανώς οφείλεται όχι μόνο στον ανταγωνισμό για τα διαθέσιμα θρεπτικά αλλά και στο πολύ λίγο μελετημένο φαινόμενο της αλληλοπάθειας.
- Όλα τα φύκη που διατηρούνται στο εργαστήριο έχουν με τα χρόνια αποδειχθεί ότι μπορούν να συντηρούνται σε σχεδόν απόλυτη μονοειδικότητα.
- Μόνο τα κυανοβακτήρια μπορούν να «μολύνουν» καταλυτικά μια καλλιέργεια ευκαρυωτικού φύκου και τελικά να επικρατήσουν. Η απαλλαγή από τα κυανοβακτήρια απαιτεί επανειλημμένες δόσεις κοκτέιλ αντιβιοτικών.
- Εάν αντιθέτως σε μονοκαλλιέργεια κυανοβακτηρίων εμφανιστούν (έστω και χωρίς να επικρατήσουν) άλλα ευκαρυωτικά φύκη, τότε η εξάλειψή τους μπορεί να γίνει εύκολα με τις κατάλληλες δόσεις κυκλοεξαμιδίου. Αν και το κυκλοεξαμίδιο δρα ως αναστολέας της μίτωσης, η δράση του και στα πιθανώς υπάρχοντα πρωτόζωα είναι πιο αδύναμη και απαιτείται συνεχής εμβολιασμός με αυτό και πολύς χρόνος για να εξαλειφθούν.
- Τα διάτομα που μπορούν εύκολα να κατακλύσουν μια μονοκαλλιέργεια φυκών εξαλείφονται πλήρως με τις κατάλληλες δόσεις διοξειδίου του γερμανίου.
- Το νηματοειδές κυανοβακτήριο *Phormidium* sp. απαιτεί τη λιγότερη φροντίδα για να καλλιεργείται ανελλιπώς μονοειδικώς.
- Το κοκκοειδές κυανοβακτήριο *Synechococcus* sp. αποδείχθηκε εξαιρετική τροφή για πρωτόζωα, τροχόζωα, κωπήποδα και *Artemia*.
- Στο παρόν δεν αναφέρονται παρά μόνο βασικά στοιχεία γνωριμίας με τους οργανισμούς που διατηρούνται στο εργαστήριο. Ειδικότερα στοιχεία από την έρευνα στις καλλιέργειές τους υπάρχουν στη σχετική βιβλιογραφία.
- Εκτός από τα περιγραφόμενα είδη, στο εργαστήριο επί 25 χρόνια διατηρούνται και τα γνωστά μικροφύκη, *Tetraselmis suecica*, *Rhodomonas salina* και *Isochrysis galbana*.
- Η επί χρόνια διατήρηση αυτών των οργανισμών στο εργαστήριο καλλιέργειας πλαγκτού απαιτεί συνεχή εγρήγορση και ασχολία για τις απαιτούμενες ανανεώσεις. Με άλλα λόγια «Τα άφησες; Σε άφησαν».
- Στο εργαστήριο καλλιέργειας πλαγκτού μπορούν να εκπονηθούν πλήθος αξιόλογων διπλωματικών εργασιών και διδακτορικών διατριβών αν οι υποψήφιοι αποφασίσουν ότι είναι διατεθειμένοι να αφιερωθούν απόλυτα στους επιλεγόμενους οργανισμούς.

Για τη συγγραφή του παρόντος: Γεώργιος Ν. Χώτος, καθηγητής

Διατηρούνται όλα τα πνευματικά δικαιώματα. Χρήση κειμένου και εικόνων του παρόντος μπορεί να γίνει μόνο κατόπιν σχετικής σύμφωνης γνώμης του συγγραφέα μετά από επικοινωνία μαζί του στο e-mail: [gphotos@upatras.gr](mailto:gphotos@upatras.gr)