



φορέας διαχείρισης
**ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑ
ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ**



Η ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΥΔΡΟΒΙΑ ΖΩΗ ΣΤΙΣ ΥΠΕΡΑΛΜΥΡΕΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΤΩΝ ΑΛΥΚΩΝ ΤΟΥ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ

Γεώργιος Ν. Χώτος

Βιολόγος-Ιχθυολόγος MSc, PhD

Καθηγητής Τμ. Τεχνολογίας Αλιείας-Υδατοκαλλιέργειών,
Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας Εργαστήριο Καλλιέργειας Πλαγκτού



με την χορηγία των Ελληνικών Αλυκών Α.Ε

«...αυτός ο κόσμος ο μικρός, ο μέγας...»

Οδυσσέας Ελύτης

Όποιος ασχολείται με τον έμβιο κόσμο και τον παρατηρεί προσεκτικά διαπιστώνει χωρίς καμία αμφιβολία ότι αντικρίζει ένα θαύμα που ξετυλίγεται ολοφάνερα μπροστά στα μάτια του, όπως για παράδειγμα όταν παρατηρεί ένα άγριο άλογο που καλπάζει ή έναν αετό που γυροπετά ή μια μέδουσα που πάλλεται διάφανη μέσα στο γαλάζιο ή ένα μπουμπούκι που ξεδιπλώνει τα πέταλά του ή ... αυτά τα υπέροχα μικροσκοπικά όντα που περιγράφει αυτό το βιβλίο και που τα συναντάμε στα αλμυρά και κυρίως στα υπεράλμυρα υδάτινα περιβάλλοντα.

Οποιοσδήποτε έχει την ευκαιρία να παρατηρήσει μέσα από ένα απλό μικροσκόπιο αυτόν τον μικρόκοσμο και μάλιστα σε ζωντανά δείγματα είναι βέβαιο ότι θα ξεχαστεί να τον κοιτάζει για πολλές ώρες. Γιατί η παρατήρηση ζωντανού δείγματος τέτοιων οργανισμών φανερώνει με άμεσο οπτικό τρόπο δεκάδες βασικές λειτουργίες της ζωής που δεν μπορούν να παρατηρηθούν και να κατανοηθούν τόσο εύκολα και τόσο άμεσα στους ανώτερους οργανισμούς.

Η παρούσα και από πολλές απόψεις πρωτότυπη εργασία του Δρα Γεώργιου Χώτου (Καθηγητή στο Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας-Υδατοκαλλιεργειών του ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας) αναδεικνύει αυτόν τον μικρόκοσμο με ένα τρόπο προσιτό και φιλικό στον μη ειδικό αναγνώστη χωρίς να υποβιβάζει καθόλου την επιστημονική ορθότητα και πληρότητα των περιγραφών που δίνονται. Είναι αξιοσημείωτο το ότι ο συγγραφέας δεν διστάζει να πρωτοπαρουσιάσει και εκθέσει, με αυτόν τον αρκετά εκλαϊκευμένο τρόπο, σημαντικές ανακαλύψεις και ευρήματά του, κάτι που πιστεύω ότι οφείλεται στο ιδιαίτερο μεράκι και ενθουσιασμό του στο να «μοιραστεί» φιλικά αυτά τα «μυστικά θαύματα της ζωής» με πολλούς άλλους συμπολίτες του.

Ο Φορέας Διαχείρισης Λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου αναγνώρισε αμέσως την μεγάλη επιστημονική, εκπαιδευτική αλλά και πολιτισμική αξία αυτού του πονήματος. Επίσης το ότι δαπανήθηκαν γι αυτό αμέτρητες ώρες εργασίας στο πεδίο αλλά και σπουδής στο υπερσύγχρονο οικείο εργαστήριο του συγγραφέα – καθηγητή καθώς και το ότι περιγράφει άριστα μία κατηγορία οργανισμών που αποτελούν βασικό τροφικό υπόβαθρο μιας πλειάδας άλλων ειδών μέσα στον τροφικό ιστό του «αλυκού» οικοσυστήματος. Έτσι, αποδέχθηκε με ιδιαίτερη χαρά την πρόταση του συγγραφέα να προωθήσει την πραγματοποίηση της παρούσας σχετικής έκδοσης.

Ελπίζουμε να την βρείτε πολύ ενδιαφέρουσα και να την απολαύσετε

**Ο Πρόεδρος του Φορέα Διαχείρισης
Φώτης Περγαντής
(Βιολόγος, Οικολόγος Μ.Σc., Ορνιθολόγος)**



Γεώργιος Ν. Χώτος

Βιολόγος-Ιχθυολόγος, MSc, PhD,
Καθηγητής Τμ. Τεχν. Αλιείας-
Υδατοκαλλιεργειών,
Εργαστήριο Καλλιέργειας Πλαγκτού,
Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας
ghotos@teimes.gr

Ως τεχνητός βιότοπος η αλυκή Μεσολογγίου και ως ακραίο περιβάλλον, διαφέρει από γεωλογική σκοπιά από άλλα ακραία περιβάλλοντα τα οποία είναι φυσικοί σχηματισμοί που εξελίχθηκαν με την πάροδο εκατομμυρίων ετών, τέτοια όπως, η Νεκρά Θάλασσα (Dead Sea) και η Μεγάλη Αλμυρή Λίμνη (Great Salt Lake). Όμως και οι τρεις αυτοί ακραίοι βιότοποι μοιράζονται πέρα από την πολύ υψηλή αλατότητα και παρόμοιους υδρόβιους οργανισμούς. Και αν δεχθούμε (και είναι σωστό), ότι οι οργανισμοί στην Νεκρά Θάλασσα



Η αλυκές του Μεσολογγίου (η «Ασπρη» και η της Τουρλίδας) αποτελούν ακραίους βιότοπους για τους υδρόβιους οργανισμούς των. Ακραίους υπό την έννοια κυρίως των υψηλότερων αλατοτήτων του νερού κατά ορισμένες τουλάχιστον εποχές και σε ορισμένες από τις λεκάνες των. Οι αλυκές και ιδίως η αλυκή της Ασπρης (η οποία έδωσε και τα έμβια δείγματα του παρόντος) δεν αποτελούν φυσική διαμόρφωση ενός υδροβιότοπου αλλά αντιθέτως προέκυψαν από την επέμβαση του ανθρώπου σε τμήματα της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου και στην πέριξ αυτής χέρσο. Δεν μπορεί λοιπόν να θεωρηθεί ως «μεταβατικό» σύστημα μεταξύ κάποιου άλλου και της λιμνοθάλασσας για πολλούς λόγους, με πιο κύριο αυτόν της απουσίας σταθερής διαβάθμισης παραγόντων (όπως η αλατότητα) μεταξύ αυτού του συστήματος και του κυρίως υδαταποδέκτη που στην προκειμένη περίπτωση είναι η λιμνοθάλασσα, η οποία μάλιστα είναι και υδατοτροφοδότης των αλυκών. Μεταβατικό υδρόβιο σύστημα είναι οι εκβολές των ποταμών σε σχέση με τη θάλασσα ή η λιμνοθάλασσα σε σχέση πάλι με τη θάλασσα. Όλα καταλήγουν στη θάλασσα και προέρχονται απ' αυτήν.

και στην Great Salt Lake εξελίχθηκαν εκεί με μια λογική διαδικασία ειδογένεσης διά μέσου των εκατομμυρίων ετών που παρήλθαν, οι οργανισμοί της αλυκής Μεσολογγίου πως προέκυψαν; Δεν είναι δυνατόν να έχουν εξελιχθεί ως τέτοιοι μέσα στους περίπου 2 αιώνες που πέρασαν από την όποια χρήση του τόπου αυτού ως αλυκή. Άρα η μόνη λογική απάντηση είναι πως προήλθαν από τη θάλασσα. Όμως πως είναι δυνατόν να υπάρχουν τόσα είδη στην αλυκή που να αντέχουν τις «προμερές» της αλατότητες και να μην βρίσκονται ή να

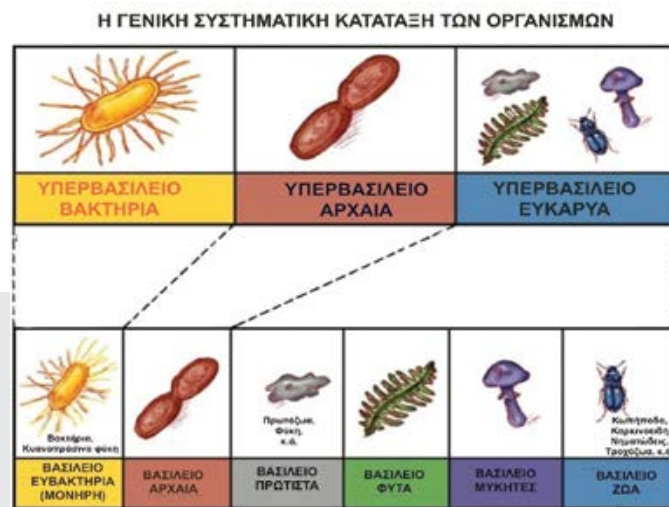


Εικόνα 1.
Αριστερά: Συνάθροιση φυτοπλαγκτονικών κυττάρων (μικροφύκη: διάφορα είδη διατόμων με καφε-λαδί χρώμα και κυανοπράσινων φυκών *Synechococcus* sp με το πράσινο χρώμα).
Δεξιά: Σχηματοποιημένη γενική κατάταξη των έμβιων όντων. Φωτ.: Γ. Χώτος, 2015.

σπανίζουν στη θάλασσα; Μήπως τελικά η θάλασσα είναι πολύ πιο πλούσια απ' ό τι νομίζαμε σε είδη τα οποία είναι ανθεκτικότερα στην αλατότητα; Μήπως στη θάλασσα απλώς «λαθροβιούν» και στην αλυκή βρίσκονται σαν «στο σπίτι τους»; Ερωτήματα πολλά τα οποία για να απαντηθούν απαιτείται μακροχρόνια και μεγάλης εμβέλειας έρευνα για να γνωρίσει η επιστήμη τον «βίο και την πολιτεία» των ακραίων περιβαλλόντων. Στο παρόν δεν είναι δυνατόν να θιγεί ένα τέτοιο θέμα σε βάθος αλλά απλώς να γίνει η αρχή διά της προκλήσεως ενδιαφέροντος με βάση τα δείγματα των οργανισμών που συλλέχθηκαν και παρουσιάζονται.

Το **φυτοπλαγκτόν** (εικ. 1) του οποίου τα χιλιάδες είδη **μικροφυκών** ανήκουν κυρίως στο **Βασίλειο Πρώτιστα** (και όχι στο Βα-

σίλειο Φυτά - εικ. 1), αποτελεί τον αποκλειστικό **φωτοσυνθετικό** κάτοικο των πολύ αλμυρών νερών των αλυκών. Στο σημείο αυτό πρέπει να γίνει μια διευκρίνιση για να ξεχωρίσουμε τα μακρόφυτα από τα **μικροφύκη** (φυτοπλαγκτόν). Μιλώντας για αλμυρούς βιότοπους και πιο συγκεκριμένα για τη λεγόμενη αλοφυτική βλάστηση, εννοούμε τα μακρόφυτα, δηλαδή φυτά «κανονικά» με ρίζες, κορμούς, φύλλα, φυτά χαμηλά σε ύψος στην πλειονότητά τους, τα οποία καλύπτουν τους λειμώνες γύρω από τις αλμυρές λίμνες. Όλα αυτά έχουν αναφερθεί επαρκώς σε αρκετές μελέτες, υπάρχουν πολύ ωραίες φωτογραφικές αποτυπώσεις σε διάφορες εκδόσεις και γενικά μπορεί εύκολα να τα απολαύσει κάποιος που αγαπά τη φύση περιδιαβαίνοντας τη χέρσο γύρω από τις



λιμνοθάλασσες στα λεγόμενα «σάλτσινα» (γη πέριξ των αλμυρότερων μερών των λιμνοθαλασσών).

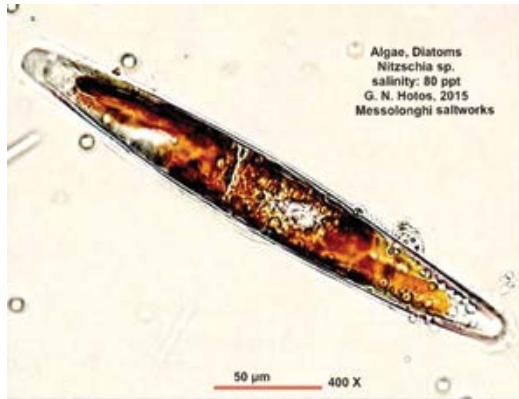
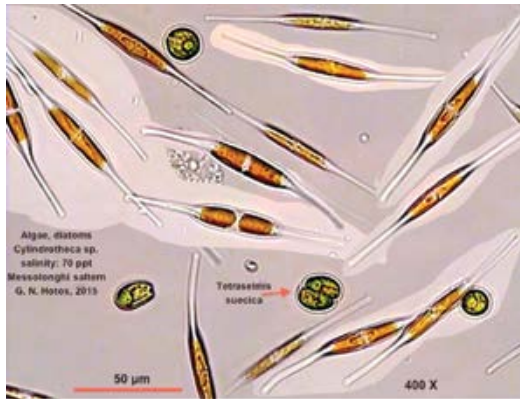
Τα μικροφύκη σε αντιδιαστολή με τα **πολυκύτταρα μακροφύκη** (π.χ. *Ulva*, το λεγόμενο «μαρούλι» της θάλασσας), είναι **μονοκύτταρα** και αποτελούν από μόνα τους το φυτοπλαγκτόν των θαλασσών (και των λιμνών). Μαζί με τα φωτοσυνθετικά βακτήρια (**κυανοβακτήρια**) και τα μονοκύτταρα ή πολυκύτταρα μικροσκοπικά ζώα τα οποία συνιστούν την κατηγορία **ζωοπλαγκτόν**, αποτελούν το **πλαγκτόν** εν γένει.

Το φυτοπλαγκτόν αποτελεί για τον πλανήτη μας τον κυριότερο και μεγαλύτερο μετατροπέα της ηλιακής ενέργειας σε ζώσα ύλη. Η **φωτοσύνθεση** που πραγματοποιείται από τις ασύλληπτες σε ποσότητα φυτοπλαγκτονικές μάζες των ωκεανών, ξεπερνά σε ένταση παραγωγής την αντίστοιχη όλων των φυτών της χέρσου. Δεν είναι υπερβολή να πούμε ότι το **οξυγόνο** της γης προέρχεται κατά το μεγαλύτερο μέρος από το φυτοπλαγκτόν. Η φωτοσύνθεση ως γνωστόν είναι εκείνη η βιοχημική διεργασία κατά την οποία οι οργανισμοί μέσω των χλωροπλαστών των κυττάρων, τους δεσμεύοντας την ηλιακή ακτινοβολία μετατρέπουν το διοξείδιο του άνθρακα σε σάκχαρα, δηλαδή σε πρώτη ύλη για να πάρουν ενέργεια και να κατασκευάσουν κυτταρόπλασμα. Ενα πολύτιμο παραπροϊόν της φωτοσυνθετικής φυκο-φυτικής δραστηριότητας είναι το οξυγόνο το οποίο απελευθερώνεται στο νερό (όπου διαλύεται εύκολα) και τελικά στην ατμόσφαιρα. Ετσι λοιπόν από την εντελώς σχηματική περιγραφή της φωτοσύνθεσης που μόλις δόθηκε, κατανοεί ο καθείς ότι το φυτοπλαγκτόν μας προσφέρει δύο καλά. Απορροφά **διοξείδιο του άνθρακα** από την ατμόσφαιρα (αφού πρώτα αυτό έχει διαλυθεί στο νερό) και απελευθεώνει οξυγόνο (το οποίο από διαλυμένο στο νερό θα διαχυθεί στην ατμόσφαιρα). Το φαινόμενο το σχετικό με την ανθρωπογενή υπερβολική παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα, για το οποίο τόσος λόγος γίνεται σήμερα (το επιλεγόμενο **φαινόμενο του θερμοκηπίου**) και το οποίο απειλεί μέσω της υπερθέρμανσης να επιφέρει την δυσμενή κλιματική αλλαγή, θα ήταν πολύ εντονότερο και χειρότερο αν δεν υπήρχαν οι τεράστιες φυτοπλαγκτονικές μάζες

για να αφαιρούν συνεχώς από την ατμόσφαιρα διοξείδιο και να μετριάζουν έτσι τις επιπτώσεις που προκαλεί η συνεχής απελευθέρωσή του (του διοξειδίου του άνθρακα) από τις βιομηχανικές δραστηριότητες του ανθρώπου. Άρα λοιπόν ο χρήσιμος **ρυθμιστής** της **κλιματικής αλλαγής**, την οποία όλοι ευχόμαστε η ανθρωπότητα τελικά να αποτρέψει, είναι το φυτοπλαγκτόν.

Το φυτοπλαγκτόν είναι το «φυσικό εργοστάσιο» **πρωτογενούς** παραγωγής τροφής από διαλυμένα ανόργανα συστατικά του νερού. Ανήκει στη βάση της **τροφικής πυραμίδας**, είναι ο πρώτος κρίκος της **τροφικής αλυσίδας** και στην ατελείωτη παραγωγή του βασίζονται όλοι οι υδρόβιοι καταναλωτές για να τραφούν και πολλαπλασιαστούν. Καταναλωτές που το μέγεθός τους ποικίλλει από τα μικροσκοπικά **πρωτόζωα** έως τις φάλαινες φυσητήρες. Όλα εξαρτώνται από το φυτοπλαγκτόν άμεσα ή έμμεσα. Αμεσα εκείνα που το καταναλώνουν ως έχει (π.χ. μικροσκοπικό ζωοπλαγκτόν - θα αναφερθεί παρακάτω) και έμμεσα εκείνα που καταναλώνουν ζωοπλαγκτόν για να γίνουν κατόπιν με τη σειρά τους και αυτά θηράματα άλλων μεγαλύτερων θηρευτών (π.χ. ψαριών).

Υπάρχουν άνω των 3000 ειδών θαλάσσιου φυτοπλαγκτού σε μια εντυπωσιακή ποικιλία μεγεθών, σχημάτων και τρόπων κίνησης. Υπάρχουν είδη πάρα πολύ μικρά με διάμετρο 2-3 μm (2-3 χιλιοστά του χιλιοστού) και άλλα πολύ μεγαλύτερα 20-30 μm. Όλα όμως είναι μονοκύτταρα και τα μεγέθη που αναφέρθηκαν αφορούν ακριβώς τη διάμετρο του κυττάρου τους (τα περισσότερα είδη είναι σφαιρικού ή αποστρογγυλεμένου σχήματος, και πάρα πολλά με επιμήκη ή γωνιώδη κύτταρα). Η παρουσία τους διατρέχει την ασύλληπτη σε χρονική έκταση ιστορία της γης και τα ίχνη τους (για να αναφέρουμε μόνο τα **διάτομα** μικροφύκη – εικ. 2 & 3) βρίσκονται παντού. Από τα πυριτικά μικροσκοπικά κελύφη νεκρών διατόμων δημιουργήθηκαν μέσα στους ωκεάνιους βυθούς στη διάρκεια εκατομμυρίων ετών εναποθέσεις, που σταδιακά σχημάτισαν πετρώματα, τα οποία σταδιακά τεκτονικώς ανυψώθηκαν κατόπιν στη γη. Από τέτοιες πέτρες διατομίτη που είναι πορώδεις και πολύ ελαφρές, κατασκευάστηκαν τα δομικά στοιχεία του θόλου (διάμετρος 30 m) της Αγίας Σοφίας στην Κωνσταντι-



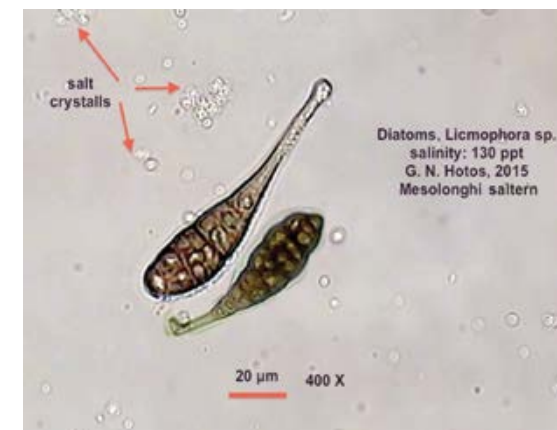
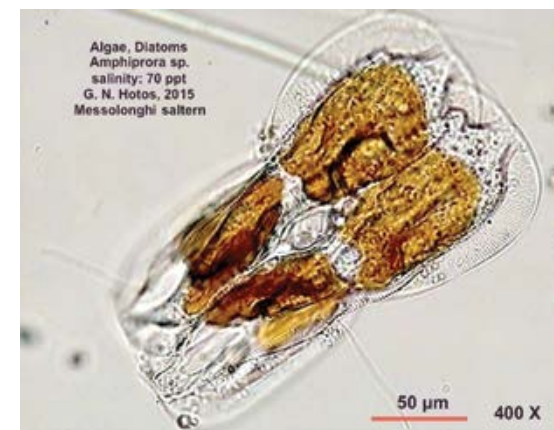
Εικόνα 2. Φυτοπλαγκτόν.
Διάτομα από τις υπεράλμυρες
λεκάνες των αλυκών του
Μεσολογγίου.
Αριστερά: Cylindrotheca sp.
Δεξιά: Nitzschia sp.

νούπολη, ακριβώς για να ελαφρύνει το βάρος της μεγαλειώδους αυτής κατασκευής. Ένα παράδειγμα του τι προσφέρει το φυτοπλαγκτόν στον άνθρωπο.

Επίσης τα είδη του φυτοπλαγκτού χαρακτηρίζονται και από την αλατότητα στην οποία ζουν. Άλλα ανήκουν αποκλειστικώς στα γλυκά νερά και άλλα στα αλμυρά, με τα τελευταία να αντέχουν και σε αλατότητες χαμηλότερες αυτών της θάλασσας [περί τα 35 ppt - (1 ppt = 1 g αλάτι/L)], δηλαδή σε υφάλμυρα νερά. Αυτή τους η προτίμηση (ως προς την αλατότητα) καθώς και άλλες συναφείς, (θερμοκρασιακή προτίμηση, αντοχή σε οξέα και βάσεις, αντοχή σε διάφορα τοξικά μόρια), κατέστησαν τα φυτοπλαγκτονικά μικροφύκη χρήσιμους πειραματικούς δείκτες για περιβαλλοντικούς ελέγχους της ποιότητας των νερών. Και δεν είναι μόνο η χρήση τους ως δείκτες υγείας του συστήματος η μόνη άμεσα επωφελής για τον άνθρωπο. Σήμερα τα μικροφύκη κυρίως αλλά και τα μακροφύκη, χρησιμοποιούνται ολόένα και εντονότερα για επιστημονικούς, βιοτεχνολογικούς και βιομηχανικούς σκοπούς. Η **γενωμική** (χειρισμοί στο γονιδίωμα), η **πρωτεομική** (χειρισμοί στις κυτταρικές πρωτεΐνες) έχουν επικεντρώσει το ενδιαφέρον τους στο γενετικό υλικό των μικροφυκών. Η παραγωγή

πολύτιμων για τον άνθρωπο ουσιών, β-καροτίνης, ασταξανθίνες, αντιοξειδωτικά, βιταμίνες, πρωτεΐνες, πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, κ.ά. αποτελεί ήδη βιομηχανική πρακτική συνεχώς εξελισσόμενη. Η πολλά υποσχόμενη για την απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, παραγωγή υδρογόνου (H₂) από τα φύκη, κάνει ήδη τα πρώτα της βήματα. Βήματα που είναι πιο στέρεα στην παραγωγή άλλων, κοινού τύπου **βιοκαυσίμων**, από μικροφύκη τα οποία παρουσιάζουν ως προς την μαζική τους παραγωγή και τα χαρακτηριστικά των τελικών προϊόντων που αποδίδουν για την εστεροποιητική διαδικασία παραγωγής καυσίμων, πολύ μεγαλύτερα πλεονεκτήματα από χερσαία φυτά καλλιεργούμενα για τον ίδιο σκοπό (καλαμπόκι, τεύτλα, κ.ά.).

Τα μικροφύκη χρησιμοποιούνται ήδη από το 1980 ως απαραίτητα συστατικά στις **υδατοκαλλιέργειες**. Χρησιμοποιούνται επίσης στην **απορρύπανση** των αστικών και βιομηχανικών λυμάτων. Ακόμα και η **εξωβιολογία** που απασχολεί και θα απασχολήσει τον άνθρωπο στην προσπάθεια εποικισμού του διαστήματος, χρησιμοποιεί τα φύκη ως “εργαλεία” επιβίωσης και γαιοποίησης της ατμόσφαιρας στις ακραίες συνθήκες του πλανήτη Αρη (που είναι και ο πρώτος στόχος εποικισμού). Ατελείωτη θα γίνεται η



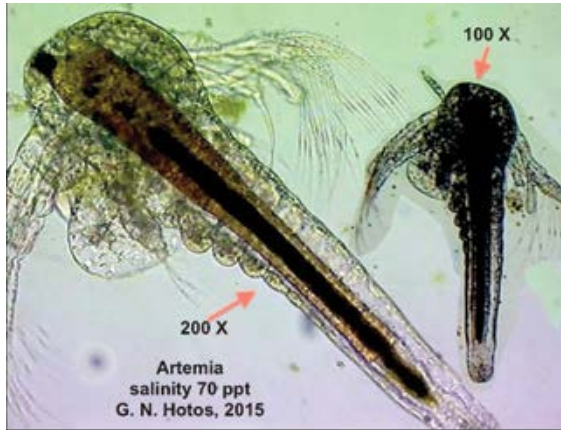
Εικόνα 3. Διάτομα από τις
υπεράλμυρες λεκάνες της
αλυκής του Μεσολογγίου.
Αριστερά: Amphiprora sp.
Δεξιά: Licmophora sp.

χρήση των μικροφυκών όσο τα γνωρίζουμε. Και μάλιστα θα είναι τόσο μεγαλύτερες οι ευκαιρίες αξιοποίησης, όσο ανακαλύπτουμε ιδιότητές τους πολύ λίγο μελετημένες εξαιτίας ειδών που επειδή διαβιούν σε **ακραία** περιβάλλοντα (extremophiles) δεν είχαν προσελκύσει μέχρι τώρα το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας. Και τέτοια είδη είναι ακριβώς εκείνα που έχουν προσαρμοστεί, μόνο αυτά, να αντέχουν στις εξαιρετικά υψηλές αλατότητες των υπεράλμυρων νερών.

Λίγα είναι τα είδη φυτοπλαγκτού που μπορούν να αντέξουν τις εξαιρετικά υψηλές αλατότητες που επικρατούν στις υπεράλμυρες λίμνες των αλυκών. Σε αυτά τα ακραία περιβάλλοντα η αλατότητα βαίνει αυξανόμενη, από αυτή της θάλασσας (~35 ppt) έως και 10 φορές αυτή της θάλασσας (350 ppt). Η ποικιλότητα των οργανισμών (φυτικών και ζωικών) που μπορούν να αντέξουν στις υψηλές αλατότητες ολόένα και μειώνεται όσο η αλατότητα αυξάνεται. Έτσι, ως είναι φυσικό, στις λεκάνες υψηλής αλατότητας των αλυκών (π.χ. σε αλατότητα άνω των 180 ppt) δεν υπάρχουν ψάρια, δεν υπάρχουν μύδια, δεν υπάρχουν στρείδια, σαλιγκάρια, αχινοί, αστερίες κτλ. Θα μπορούσαμε να πούμε το ίδιο και για τις γαρίδες δηλαδή τα λεγόμενα καρκινοειδή ζώα και δεν θα ήμασταν

ανακριβείς, όμως σε αυτή την περίπτωση έχουμε μια θαυμαστή εξαίρεση και αυτή ονομάζεται **Artemia salina** δηλαδή η μικρή **αλμυρογαρίδα** ή αλλιώς γαρίδα της άλμης (εικ. 4) η οποία έχει τον ικανότερο φυσιολογικό μηχανισμό **ωσμωρύθμισης** σε όλο το ζωϊκό βασίλειο.

Η *Artemia* μπορεί να αντέξει αλατότητες σε ένα ευρύτατο φάσμα. Από αυτή της θάλασσας (~35 ppt) έως επιπέδου άλμης (~300 ppt). Στις λεκάνες υψηλής αλατότητας των αλυκών σχηματίζει μόνη αυτή, χωρίς την παρουσία άλλου ζώου, πυκνούς πληθυσμούς που κυριεύουν τον χώρο. Εκεί δεν υπάρχει θηρευτής (π.χ. ψάρια, καβούρια, άλλες μεγαλύτερες γαρίδες) για να την καταναλώνει. Συνεπώς ανεμπόδιστη η *Artemia* αυξάνει τον πληθυσμό της «οργιαστικά». Πολλοί έχουν την απορία γιατί η *Artemia* αφού μπορεί κάλλιστα να ζήσει και στο θαλασσινό νερό δεν απαντάται στη θάλασσα ή στη λιμνοθάλασσα. Η απάντηση είναι η εξής: Στη λιμνοθάλασσα και στη θάλασσα υπάρχουν πλήθος ψαριών, γαριδών και άλλων θηρευτών. Εάν στο νερό με όλους αυτούς τους θηρευτές υπήρχε και η *Artemia* θα γινόταν αμέσως θήραμα, δηλαδή θα καταβροχθίζονταν με βουλιμία επειδή αποτελεί εξαιρετική ζωντανή τροφή. Τρόπους να αμυνθεί δεν έχει, είναι



Εικόνα 4.
Η αλμυρογαρίδα Artemia.
Αριστερά: Νεαρά άτομα (στάδιο μύσιδος με τον πεπτικό τους σωλήνα γεμάτο από μικροφύκη Asteromonas gracilis).
Δεξιά: Αρσενικό και θηλυκό ενήλικα άτομα σε φάση ζευγαρώματος.

μικρό σε μέγεθος πλάσμα (1-8 mm), χωρίς σκληρό εξωσκελετό, με αργή κολυμβητική ικανότητα, ζει στη στήλη του νερού και όχι στον πυθμένα όπου θα μπορούσε να κρυφτεί κάτω από πέτρες, στα φύκια κτλ. Συνεπώς τι της μένει για να αμυνθεί; Αυτό ακριβώς που είναι ο τρόπος ζωής της. Να μπορεί να αντέχει (και να «καταφεύγει») εκεί που όλα τα άλλα ζώα δεν αντέχουν. Δηλαδή στις υπεράλμυρες λίμνες.

Έχοντας εξασφαλίσει ασφάλεια από θηρευτές η *Artemia* πρέπει να τραφεί (ως είναι φυσικό) για να φθάσει να πολλαπλασιαστεί σε τέτοιο μεγάλο βαθμό. Όμως τι είδους τροφή μπορεί να βρεθεί σε αυτό το ακραίο περιβάλλον αλατότητας; Και μάλιστα τροφή που να μπορεί να αιωρείται στο νερό, να είναι μικρο-



Εικόνα 5.
Λήψη δείγματος νερού από κρυσταλλωήγιο των αλυκών.
Είναι εμφανές το πορτοκαλοκόκκινο χρώμα των νερών λόγω της κατακλυσμιαίας παρουσίας της Dunaliella salina.

σκοπική και να είναι εύκολα κατακρατούμενη από την *Artemia*; (η *Artemia* δεν είναι αρπακτικό είδος, **φιλτράρει** την τροφή της από τα αιωρήματα στο νερό). Εδώ έρχεται να διαφανεί ο ιδιαίτερος πλούτος της ζωής στις αλυκές. Καθώς λίγα μόνο είδη φυκών και ζώων μπορούν να αντέξουν τις μεγάλες αλατότητες, ακριβώς αυτά τα είδη θα αποτελέσουν τροφή για την *Artemia*, είδη τα οποία με τη σειρά τους αναπτύσσονται σε πυκνούς πληθυσμούς. Βέβαια το όλο τροφικό πλέγμα των αλυκών είναι πολύπλοκο αλλά εδώ αναδεικνύουμε ένα παράδειγμα από τα χαρακτηριστικότερα που μπορούν να δοθούν.

Έτσι λοιπόν στις υπεράλμυρες λίμνες των αλυκών (εικ. 5) αναπτύσσεται το φυτοπλακτονικό μονοκύτταρο μικροφύκος ***Dunaliella salina***, (εικ. 6, 10 & 11), ένα είδος με μοναδική και εκπληκτική αντοχή στην υψηλή αλατότητα, το οποίο όταν φθάσει στο μέγιστο της πληθυσμιακής του αύξησης χρωματίζει το νερό κόκκινο. Και το χρωματίζει κόκκινο επειδή λόγω της υψηλής αλατότητας, στο κύτταρό του παράγονται και συσσωρεύονται μόρια κόκκινης χρωστικής **β-καροτίνης**. Η β-καροτίνη αποτελεί το πρώτο στάδιο για την δημιουργία της βιταμίνης Α την τόσο πολύτιμη για τον άνθρωπο (εικ. 6).

Η β-καροτίνη αποτελεί βιομηχανικό προϊόν υψηλής αξίας για την ανθρωπότητα καθώς χρησιμοποιείται για πλήθος φαρμακευτικών και διατροφικών σκοπών. Η εξαγωγή της από αυτό το «βιολογικό εργοστάσιο παραγωγής» που ονομάζεται *Dunaliella salina*, αποτελεί μια δελεαστική διαδικασία. Και δεν



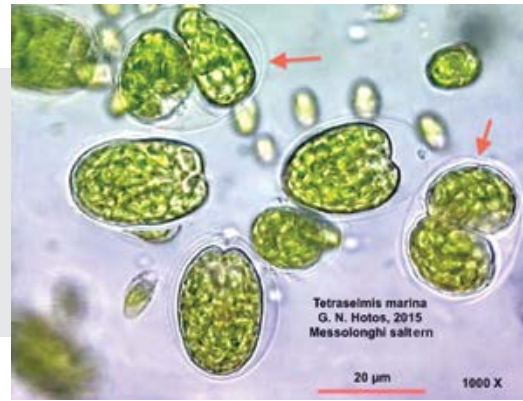
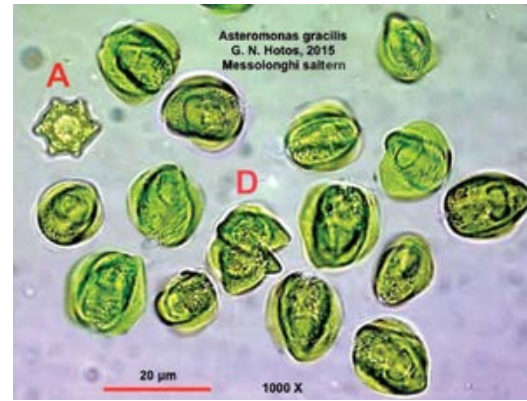
Εικόνα 5 (συνέχεια).
Μια άλλη άποψη των χρωματισμένων νερών. Και στις δύο φωτογραφίες φαίνεται η άσπρη μάζα του σχηματιζομένου αλατιού.

Εικόνα 6.
Αριστερά: «Κόκκινα κύτταρα» Dunaliella salina σε αλατότητα 260 ppt ανάμεσα σε κρυστάλλους αλατιού.
Δεξιά: Τα οφέλη από την β-καροτίνη (η οποία μετατρέπεται στον οργανισμό σε βιταμίνη Α) για τον άνθρωπο.

είναι μόνο η β-καροτίνη το ιδιαίτερο συστατικό που αναγκάζεται να παράγει το κύτταρο της *Dunaliella* όταν ανεβαίνει η αλατότητα, υπάρχει και άλλο ένα που βοηθά το κύτταρο να μην υποστεί ωσμωτικό σοκ και συρρικνωθεί λόγω της αφυδάτωσης που θα του προκαλέσει η υψηλότερη αλατότητα. Αυτό το συστατικό είναι η γνωστή ουσία **γλυκερίνη** που όσο αυξάνεται η αλατότητα άλλο τόσο αυξάνεται και η συγκέντρωση της γλυκερίνης στο κυτταρόπλασμα της *Dunaliella*.

Η *Dunaliella salina* δεν είναι το μόνο μικροφύκος που αντέχει και πληθαίνει στην υψηλή αλατότητα. Υπάρχουν και άλλα δύο είδη η *Asteromonas gracilis* και η *Tetraselmis marina* (εικ. 7 & 8). Και τα τρία έχουν απομονωθεί και καλλιεργούνται στο εργαστήριο καλλιέργειας πλαγκτού του Τμήματος Τεχνολογίας Αλιείας-Υδατοκαλλιεργειών στο ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας στο Μεσολόγγι.

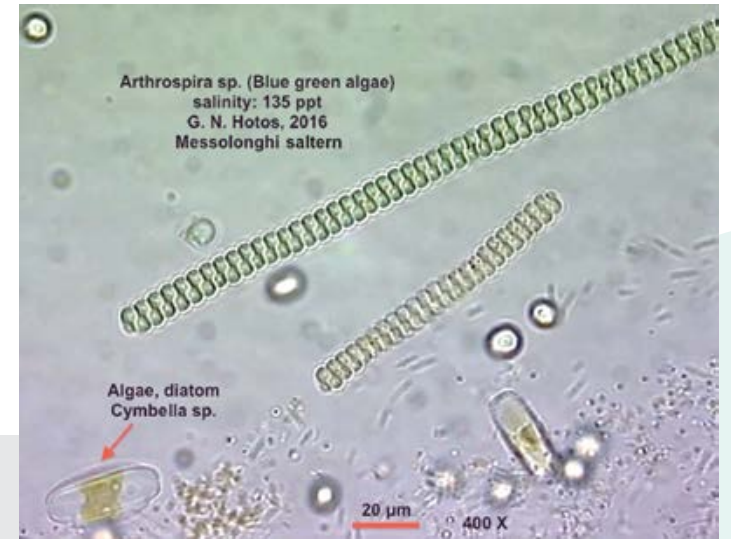
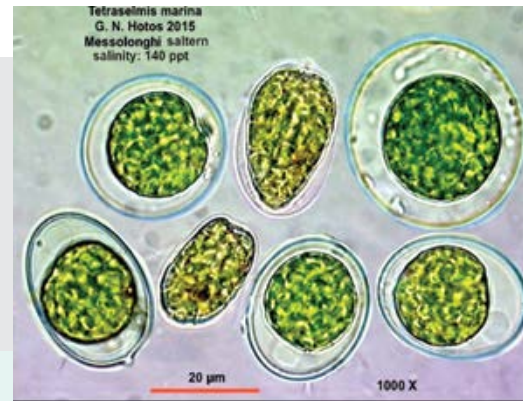
Τα τρία αυτά μικροφύκη παρουσιάζουν, μόνο αυτά, εκπληκτική αντοχή στην αλατότητα και παρόλο που μπορούν να ζήσουν



Εικόνα 7.
Αριστερά: *Asteromonas gracilis*.
Διακρίνεται και ένα κύτταρο σε
αστεροειδή μορφή (Α) και ένα
άλλο σε διαίρεση (D).
Δεξιά: *Tetraselmis marina*.
Τα βέλη δείχνουν κυτταρική
διαίρεση μέσα στην κύστη-
φούσκα.



Εικόνα 8.
Αριστερά: *Asteromonas gracilis*
με ιδιόμορφα «καρφοειδούς»
τύπου κύτταρα.
Δεξιά: *Tetraselmis marina* με
κύτταρα αδρανούντα σε διάφανες
κύστεις – «φούσκες». Αμφότερα
τα μικροφύκη σε νερό πολύ υψη-
λής αλατότητας (~180 ppt).



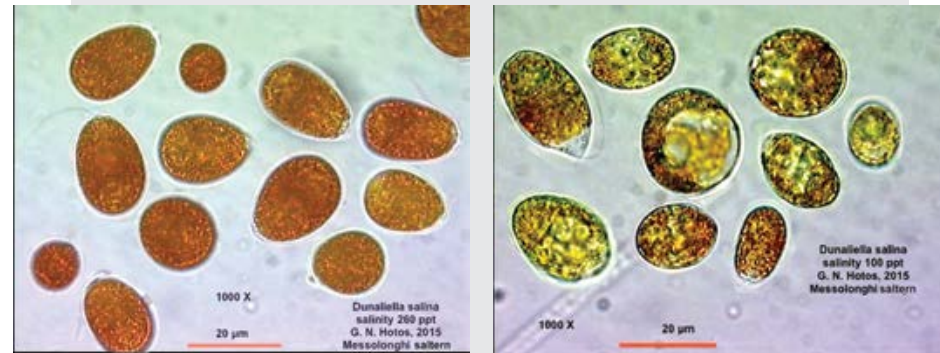
Εικόνα 9. Κυανοπράσινα φύκη (Blue-green algae) *Aphanothece halophytica* (αριστερή φωτ.) και *Arthrospira* sp. (δεξιά φωτ.) από τις υπεράλμυρες λεκάνες των αλυκών του Μεσολογγίου.

και να πολλαπλασιαστούν και σε αλατότητα της θάλασσας, ξεδιπλώνουν τις μοναδικές τους ιδιότητες (π.χ. παραγωγή β-καροτίνης, γλυκερίνης κ.ά.) στις πολύ υψηλές αλατότητες, εκεί που γίνονται κυρίαρχα είδη στο νερό και κανένα ζώο πέρα από την *Artemia* δεν υπάρχει για να τα καταναλώσει.

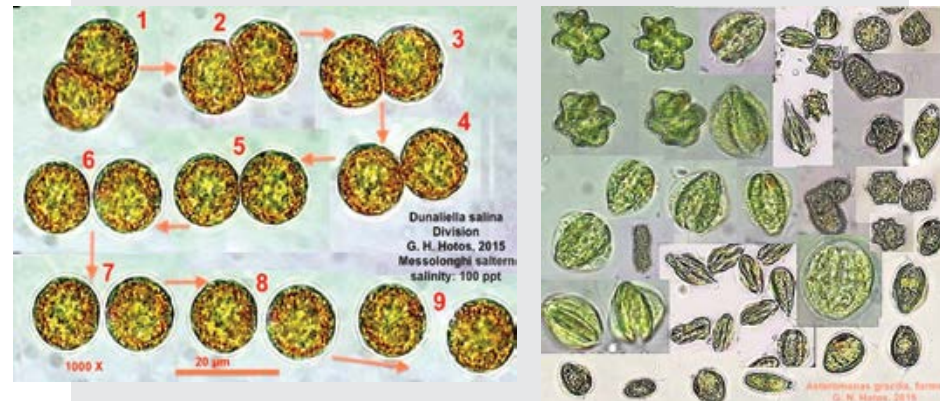
Εκτός από αυτά τα είδη μικροφυκών που ανήκουν στους **αυτότροφους** (φωτοσυνθετικούς) **ευκαρυωτικούς** (έχουν κυτταρικό πυρήνα) οργανισμούς, στα υπεράλμυρα νερά των αλυκών του Μεσολογγίου βρέθηκαν και αρκετά αυτότροφα **προκαρυωτικά** (άνευ πυρήνα) μικροφύκη (εικ. 9) που ανήκουν στην κατηγορία των **κυανοπράσινων φυκών (blue-green algae)**. Το είδος τους βάσει των οπτικών χαρακτηριστικών τους δεν ήταν δυνατόν να προσδιοριστεί (πλην του *Aphanothece halophytica*) με τις διαθέσιμες κλειδες αναγνώρισης και ενδέχεται να πρόκειται για

νέα είδη ή ποικιλίες ειδών. Ως προς το γένος αναγνωρίστηκαν ως *Synechococcus* sp., *Leptocylindrus* sp., *Cyanothece* sp., *Arthrospira* sp. Μερικά από αυτά παράγουν βλέννα (slime) η οποία περιβάλλει συσσωματώματα από τα κύτταρά τους. Παράδοξως και ιδιαίτερα στην Ελλάδα, η επιστημονική βιβλιογραφία σχετικά με τα «αλόφιλα» μικροφύκη (ίσως ο όρος **αλοανθεκτικά** να είναι αντιπροσωπευτικότερος της αλήθειας) είναι ελάχιστη, παρόλο που οι εφαρμογές τους σε ποικίλους επιστημονικούς και παραγωγικούς τομείς θα μπορούσαν να είναι τουλάχιστον ικανοποιητικές.

Στο εργαστήριο καλλιέργειας πλαγκτού έχουν γίνει αρκετές επιστημονικές εργασίες σχετικές με τη χρήση της *Asteromonas* ως θρεπτικό υπόστρωμα για παραγωγή ζωοπλαγκτού (**τροχοζώων**) και τις απαιτήσεις της σε αλατότητα, φως, και θρεπτικά για την βέλ-



Εικόνα 10. Αριστερά: Κύτταρα της *Dunaliella salina* σε αλατότητα 260 ppt. Δεξιά: Κύτταρα *D. salina* που μεταφέρθηκαν από αλατότητα 260 ppt σε χαμηλότερη (100 ppt).



Εικόνα 11. Αριστερά: *Dunaliella salina*, κυτταρική διαίρεση σε αλατότητα 100 ppt. Δεξιά: Η εκπληκτική πολυμορφία των κυττάρων της *Asteromonas gracilis* (κολάζ).

τιστη ανάπτυξή της, αλλά τόσο για αυτή όσο και για τα άλλα δύο είδη *Dunaliella* και *Tetraselmis*, το πεδίο είναι σχετικά παρ-
θέν. Ειδικά για την *Tetraselmis marina* ο γράφων δεν γνωρίζει να έχει υπάρξει καν αναφορά στον Ελληνικό επιστημονικό κόσμο.

Αν και τα τρία αυτά είδη μικροφυκών μοιράζονται την κοινή τους ικανότητα να αντέχουν τις πολύ υψηλές αλατότητες, αν και ανήκουν και τα τρία στην κατηγορία των **χλωροφυκών**, αν και είναι όλα τους **μαστιγιοφόρα** (φέρουν δηλαδή επιμήκη κινητικά εξαρτήματα που μοιάζουν με μα-
στήγια), αν και είναι πράσινα σε ορισμένες αλατότητες, αν και είναι όλα μεγάλα σε μέγεθος συγκριτικά με την πλειονότητα των περισσότερων άλλων μικροφυκών, έχουν και χαρακτηριστικές διαφορές τέ-
τοιες που όταν τις κατανοήσει ο ερευνη-
τής του δίδουν την ιδιαίτερη εκείνη ικανο-
ποίηση που νιώθει ο φυσιοδίφης όταν γνωρίζει σταδιακά το αντικείμενο της έρευνάς του.

Η *Tetraselmis* έχει 4 μαστίγια ενώ οι *Dunaliella* και *Asteromonas* από 2. Η κί-
νησή τους διαφέρει. Η *Tetraselmis* κινείται πολύ γρήγορα «χαστικά θα λέγαμε, με ευθύγραμμη κίνηση και ενίοτε παραμέ-
νει εντελώς στάσιμη ή διαγράφει ακανό-
νιστο κύκλο γύρω από τον άξονά της. Η *Dunaliella* κινείται και αυτή γρήγορα με σύντομες στάσεις ενώ ενίοτε χάνει τα μαστίγια της και παραμένει ακίνητη. Η *Asteromonas* παρουσιάζει την πιο «γοη-

τευτική» κίνηση από όλα. Κινείται αργά ευθύγραμμα αλλά συγ-
χρόνως παρουσιάζει ένα τρέμουλο και στροβίλισμα γύρω από τον εαυτό της και αυτό συμβάλλει λόγω της κατασκευής του κυτ-
τάρου της να φαίνεται άλλοτε οβάλ, άλλοτε στρογγυλή και άλλο-
τε ως αστέρι (εικ. 7, 8 & 11).

Η *Asteromonas* και η *Dunaliella* σε κάποια στάδια της ζωής των, ιδιαίτερα όταν εξαντληθούν τα θρεπτικά διαλυμένα στο νερό λιπάσματα, δηλαδή οι πηγές αζώτου, φωσφόρου και άλλων συ-
στατικών που χρειάζονται, εκτός από τον άνθρακα τον οποίο δεσμεύουν με τη φωτοσύνθεση, μετατρέπονται σε ακίνητες σφαι-
ρικές **κύστες**. Η *Tetraselmis* μεταμορφώνεται και αυτή σε κύστες αλλά περικλεισμένη σε μια «ιδιάφανε φούσκα» σαν έκθεμα σε «γυάλινη σφαίρα». Το ίδιο συμβαίνει και όταν διαιρείται, η διαίρεση του κυττάρου της γίνεται μέσα σε αυτή τη φούσκα. Η καλλιέργειά τους σε ελεγχόμενες συνθήκες είναι δυνατή, όμως συγκριτικά με τα άλλα δύο είδη, η *Asteromonas* είναι πολύ ευκολότερη. Παρου-
σιάζει πολύ μικρή φάση καθυστέρησης – προσαρμογής σε όλο το φάσμα αλατοτήτων (35 – 250 ppt), γρήγορη επακολουθούσα αύξηση του πληθυσμού της, χωρίς απαίτηση για έντονο φωτι-
σμό και διατηρείται “σφριγηλή” για πάρα πολύ καιρό, έτοιμη για να συλλεχθεί και χρησιμοποιηθεί για ό,τι απαιτηθεί (π.χ. θρέψη ζωοπλαγκτού). Τα άλλα δύο είδη (*Dunaliella*, *Tetraselmis*) είναι πιο αργά στον πολλαπλασιασμό, δεν προσαρμόζονται εύκολα στις χαμηλές αλατότητες, έχουν ανάγκη έντονου φωτός και γενι-
κά υπάρχουν ακόμα στοιχεία της καλλιέργειάς των που απαιτούν περαιτέρω έρευνα.

Παρόλο που και τα τρία είδη αντέχουν τις πολύ υψηλές αλατό-
τητες (με ένα ερωτηματικό προς διερεύνηση σχετικά με την αντο-
χή ανωτάτου σημείου της *Tetraselmis marina*), προκαλεί απορία το πως το επικρατούν είδος στις λεκάνες των κρυσταλλοπηγίων των αλυκών είναι πάντοτε η *Dunaliella* (η οποία δίδει και το πορ-
τοκαλο-κόκκινο χρώμα στο νερό) και δεν ανιχνεύεται και η, π.χ. *Asteromonas*, η οποία χωρίς πρόβλημα μπορεί να ζει στην ίδια υψηλή αλατότητα. Κάποιοι βιολογικοί παράγοντες ανταγωνι-
σμού προφανώς υπάρχουν και το πεδίο αυτό αναμένει έρευνα η

οποία θα δώσει ενδιαφέροντα συμπεράσματα.

Εδώ αξίζει να αναφερθεί και η αντίληψη που έχει ο μη επιστη-
μονικός κόσμος για το κόκκινωπό χρώμα των υπεράλμυρων λε-
κανών των κρυσταλλοπηγίων, η οποία είναι ευρέως εδραιωμένη και η οποία φυσικά είναι λανθασμένη. Πιστεύουν λοιπόν ότι το κόκκινο χρώμα προέρχεται από το πολύ ιώδιο (γι' αυτό και θεω-
ρούν τα λουτρά στις αλυκές ιαματικά), από «μόλυνση» από κά-
ποια βακτήρια, από οξείδια του σιδήρου, ή από κόκκινη λάσπη. Η αλήθεια βέβαια είναι ότι τα πορτοκαλο-κόκκινα κύτταρα της *Dunaliella salina* λόγω των κόκκινων χρωστικών της β-καροτίνης που κατακλύζουν το κυτταρόπλασμά τους, με τα δισεκατομμύρια κύτταρα που κατακλύζουν τις λεκάνες αυτές (πυκνότητα της τάξε-
ως των 100.000 κυττάρων / cm³) είναι η αιτία αυτού του χρωμα-
τισμού των νερών.

Αξίζει επίσης να αναφερθεί και κάτι άλλο που έχει διαπιστωθεί στο εργαστήριο, ότι αν δηλαδή ένα δείγμα νερού από τα κρυ-
σταλλοπήγια που περιέχει «κόκκινη» *Dunaliella* (αλατότητα 260 ppt) μεταφερθεί σε χαμηλότερη αλατότητα (π.χ. 100 ppt), τότε τα κύτταρα της *Dunaliella* σταδιακά χάνουν κατά 90 % περίπου το κοκκινωπό χρώμα τους, αποκτούν σκούρο πράσινο χρωματισμό και ζουν και διαιρούνται κανονικά (εικ. 10 & 11) εφόσον τους πα-
ρέχονται καλές συνθήκες (φως, αερισμός, θρεπτικά).

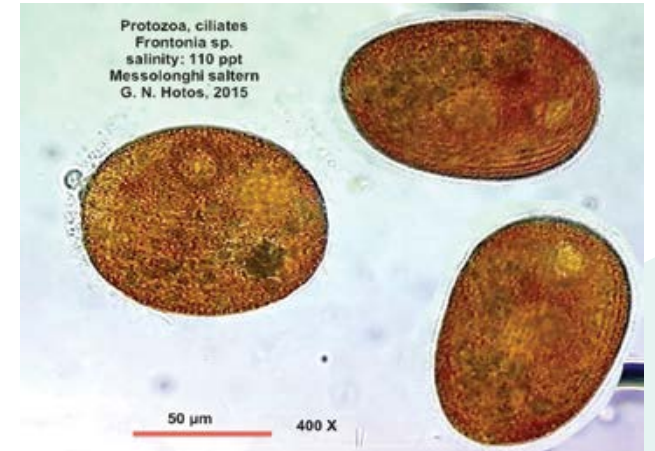
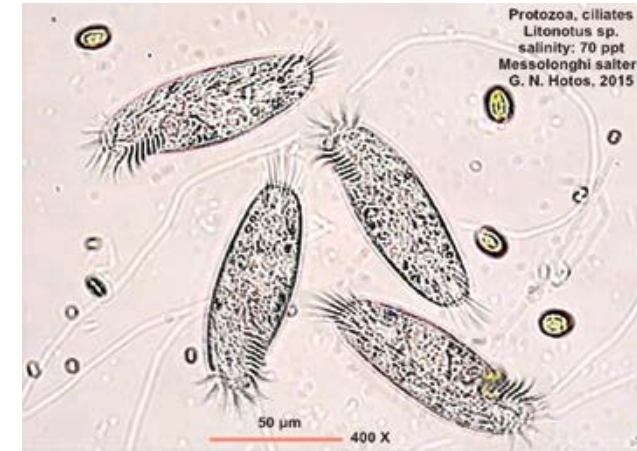
Τα τρία αυτά αλοανθεκτικά φυτοπλαγκτονικά είδη μικροφυ-
κών προσφέρονται λόγω του μεγάλου μεγέθους των κυττάρων τους (γενικώς από 18 έως 25 μm κατά τον μεγαλύτερο άξονα) και για εκπαιδευτικούς σκοπούς σε εργαστηριακά μαθήματα. Η πολυετής πείρα διδασκαλίας κατέδειξε ότι η μελέτη αυτών των ει-
δών στο μικροσκόπιο προκαλεί στους φοιτητές πολύ μεγαλύτερο ενδιαφέρον απ' ό,τι όταν εξετάζουν μικροσκοπικά και ακίνητα άλλα είδη φυτοπλαγκτού (π.χ. *Chlorella*, *Isochrysis* κ.ά.). Από τα τρία αλοανθεκτικά είδη η *Asteromonas* είναι η πιο ενδιαφέρουσα καθώς κινείται αργά, τρεμωδώς, στροβιλιζόμενη και αλλάζοντας μορφή από σφαίρα, σε οβάλ, σε αστεροειδή, με το έντονο πράσι-
νο χρώμα της, τον χλωροπλάστη να διαγράφεται έντονα (σε με-
γάλη μεγέθυνση), την φωτοευαίσθητη πορτοκαλί «κηλίδα» της και

τα δύο της μακριά μαστίγια να πάλλονται και να την κινούν. Είναι ιδανική για βιολογικές παρατηρήσεις και πειραματισμούς επειδή:

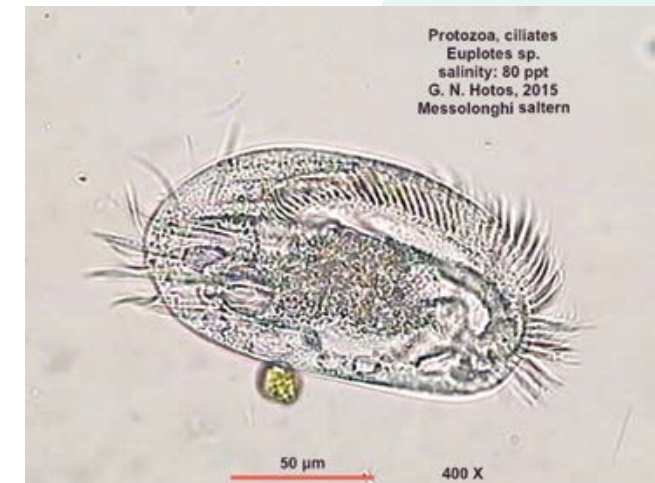
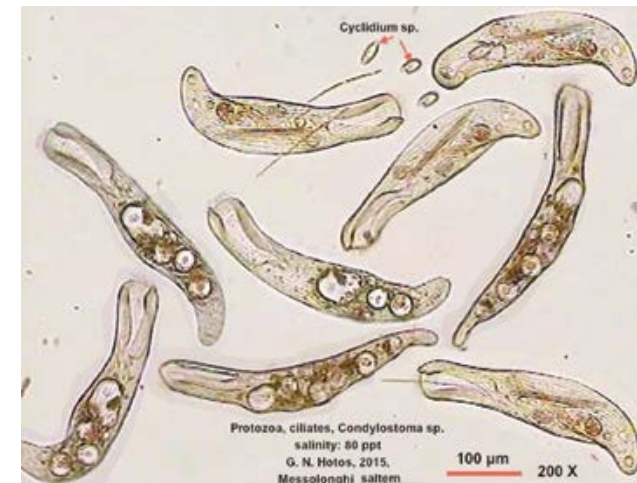
1. Το κύτταρό της είναι μεγάλο (18-25 μm) και συνεπώς εύκολα παρατηρήσιμο στο μικροσκόπιο ήδη από μεγέθυνση 100X.
2. Κινείται με αργή, ευθύγραμμη, στροβιλοτρεμώδη κίνηση.
3. Παρουσιάζει πολυμορφία εμφανιζόμενη ως οβάλ, αστεροειδής, ατρακτοειδής, σφαιρική, «καρφόμορφη», κτλ.
4. Αποτελεί αποδεδειγμένα ιδανική τροφή για τα τροχόζωα, τα **βλεφαριδοφόρα** πρωτόζωα, την αλμυρογαρίδα *Artemia* και τα **κωπήποδα**.
5. Αυξάνεται γρήγορα ακόμα και χωρίς βιταμίνες ή πολύ φως. Μπορεί να καλλιεργηθεί το ίδιο αποτελεσματικά σε θαλασσινό νερό και σε υπεράλμυρο νερό.
6. Αν εξαντληθούν τα θρεπτικά στοιχεία στο νερό, σχηματίζει κύστεις ανθεκτικές για χρόνια, οι οποίες ξαναδίνουν κινητικά κύτταρα όταν οι συνθήκες ξαναγίνουν καλές.
7. Αναπτύσσεται εύκολα σε μονοκαλλιέργεια καθώς με τεχνητή αύξηση της αλατότητας απαλλασσόμαστε πλήρως από άλλα φύκη που άθελά μας μπορεί να εμφανιστούν στην ίδια καλλιέργεια.
8. Είναι ιδανική για διδασκαλία καθώς λόγω μεγέθους παρακολουθείται εύκολα μικροσκοπικώς και καταμετράται εύκολα με το αιματοκυττόμετρο.
9. Είναι σημαντικό μικροφύκος για παραγωγή ειδικών βιομηχανικών και διατροφικών προϊόντων, χαρακτηριστικά αναφέρθηκε ήδη η υπερβολική παραγωγή γλυκερίνης και β-καροτίνης στα κύτταρά της όταν αυξάνεται η αλατότητα.

Τα αλοανθεκτικά αυτά μικροφύκη (*Asteromonas*, *Dunaliella*, *Tetraselmis*) ανήκουν στην κατηγορία των **αυτότροφων ευκαρυωτικών** οργανισμών και στο Βασίλειο **Πρώτιστα**. Αποτελούν τροφή για ένα πλήθος άλλων οργανισμών που είναι και αυτοί ευκαρυωτικοί (δηλαδή έχουν πυρήνα στο κύτταρό τους) οι οποίοι όμως είναι **ετερότροφοι**, δηλαδή δεν φωτοσυνθέτουν όπως οι αυτότροφοι (και ακριβέστερα φωτοαυτότροφοι, σαν τα παραπάνω αναφερόμενα μικροφύκη), αλλά αντιθέτως, προσλαμβάνουν την τροφή τους από διαθέσιμες οργανικές μορφές όπως π.χ. τα παραπάνω μικροφύκη, ή τα βακτήρια του νερού. Στους ετερότροφους οργανισμούς ανήκουν όλα τα ζώα και τα περισσότερα πρωτόζωα. Και διακρίνουμε την κατηγορία αυτή των μονοκύτταρων, ευκαρυωτικών, ετερότροφων οργανισμών που είναι τα λεγόμενα πρωτόζωα από την κατηγορία ζώα, επειδή η **ταξινομική** τους κατάσταση έχει ταλαιπωρήσει παλαιόθεν τον επιστημονικό κόσμο και ακόμα γίνονται αναθεωρήσεις. Έτσι λοιπόν ανάλογα με τον ερευνητή ή τη Σχολή στην οποία ανήκει, απαντάμε τα πρωτόζωα άλλοτε ως Βασίλειο, άλλοτε ως Υποβασίλειο, άλλοτε ως Συνομοταξία, Φύλο κ.ο.κ. Η κατάσταση αυτή έχει επιφέρει σύγχυση στην σπουδάζουσα βιολογικές επιστήμες νεολαία, αλλά δυστυχώς ή ευτυχώς έτσι είναι η επιστήμη, η αλήθεια της, ακριβώς για να είναι επιστήμη, πρέπει να αποδεικνύεται και μάλιστα να μπορεί να διαψευστεί αν μια ισχυρότερη εκδοχή της αλήθειας προκύψει μέσω της έρευνας. Ο γράφων κλίνει προς την κατάταξη των πρωτοζώων σε: Αυτοκρατορία: Ευκάρυα, Βασίλειο: Πρώτιστα, Φύλο: Πρωτόζωα (εικ. 1).

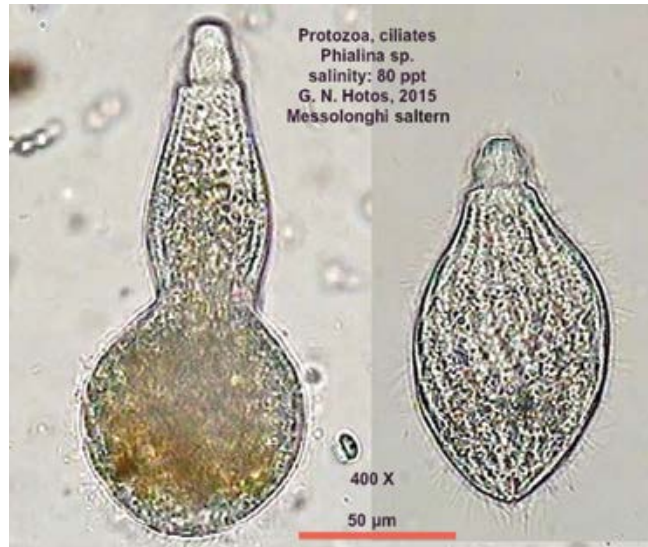
Στα πρωτόζωα ανήκουν διάφορες κατηγορίες, όλες με είδη μονοκύτταρα και με εκπληκτική μορφολογική ποικιλία, ενδιαφέροντα, κίνηση, αναπαραγωγή, θρέψη και γενικά βιολογικά χαρακτηριστικά. Υπάρχουν περί τα 50.000 είδη πρωτοζώων κατεστημένα σε κάθε είδους νερά (γλυκά, υφάλμυρα, αλμυρά, υπεράλμυρα) ή και ως ξενιστές (παράσιτα) σε ζώα. Το μέγεθός τους ποικίλλει πάρα πολύ καθώς μπορεί να είναι πολύ μικρά σαν και τα παραπάνω μικροφύκη (~10 - 25 μm), ή αρκετά μεγάλα διακρινόμενα και με γυμνό οφθαλμό (~1 - 3 mm).



Εικόνα 12. Βλεφαριδοφόρα πρωτόζωα (ciliates) από δειγματοληψίες στις υπεράλμυρες λεκάνες των αλυκών Μεσολογγίου. Αριστερά: *Litonotus* sp. Δεξιά: *Frontonia* sp.



Εικόνα 13. Βλεφαριδοφόρα πρωτόζωα των αλυκών. Αριστερά: *Condyllostoma* sp. Δεξιά: *Euplotes* sp



Εικόνα 14. Βλεφαριδοφόρα πρωτόζωα των αλυκών. Αριστερά: *Phialina* sp. Δεξιά: *Pleuronema* sp.

Στις υπεράλμυρες λεκάνες που μας ενδιαφέρουν στο παρόν, πολύ λίγο έχουν μελετηθεί τα αλοανθεκτικά ή και ενδεχομένως καθαρά αλόφιλα πρωτόζωα. Στην πραγματικότητα δεν είμαστε βέβαιοι αν υπάρχουν καθαρώς αλόφιλα πρωτόζωα (δηλαδή που να ζουν αποκλειστικά και μόνο σε υπεράλμυρο νερό, το πόσο υπεράλμυρο, και αυτό είναι άγνωστο). Στον Ελληνικό χώρο είναι σχεδόν μηδενική η μελέτη των πρωτοζώων στις υψηλές αλατότητες. Δεν θα ήταν υπερβολή να πιθανολογήσουμε ότι μπορεί να υπάρχουν και είδη άγνωστα ή έστω υποείδη από τα γνωστά πρωτόζωα που απαντώνται στη διεθνή βιβλιογραφία.

Στις φωτογραφίες των πρωτοζώων που παρατίθενται στο

παρόν (εικ. 12, 13, 14, 15, 16 κ.ά.) και οι οποίες ελήφθησαν από δείγματα νερού των αλυκών του Μεσολογγίου, δεν ήταν δυνατόν στην πλειονότητά τους να ταυτοποιηθεί το **είδος** στο οποίο ανήκουν επειδή πολύ απλά δεν υπάρχει ταξινομικός οδηγός ή φωτογραφικός άτλας με τα πρωτόζωα των Ελληνικών βιοτόπων. Η διάκριση έγινε στο επίπεδο του **Γένους** και αυτή πολλές φορές υπό την πιθανότητα της αναθεώρησης καθώς η “πανίδα” των υπεράλμυρων πρωτοζώων πολύ απέχει από το να έχει διασαφηνιστεί και διεθνώς.

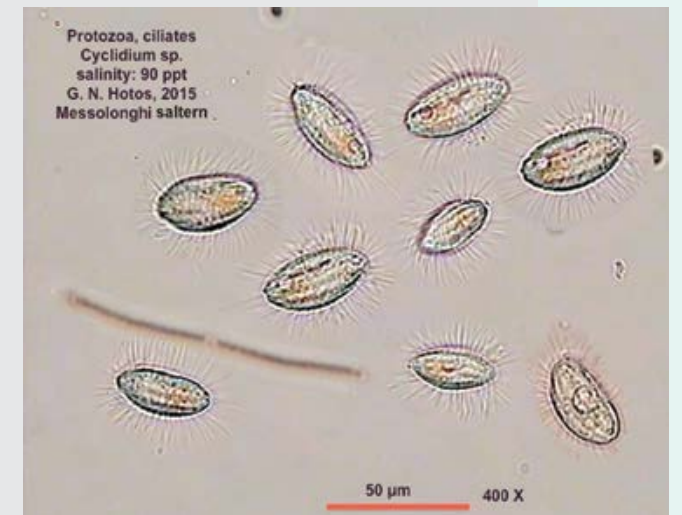
Τα πρωτόζωα αποτελούν μέρος του ζωοπλαγκτού και ιδιαίτερα της υποκατηγορίας “**μικροζωοπλαγκτόν**”. Η οικολογική

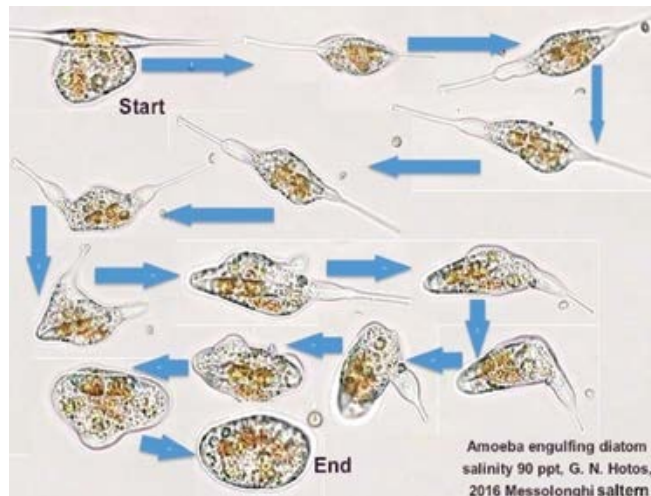
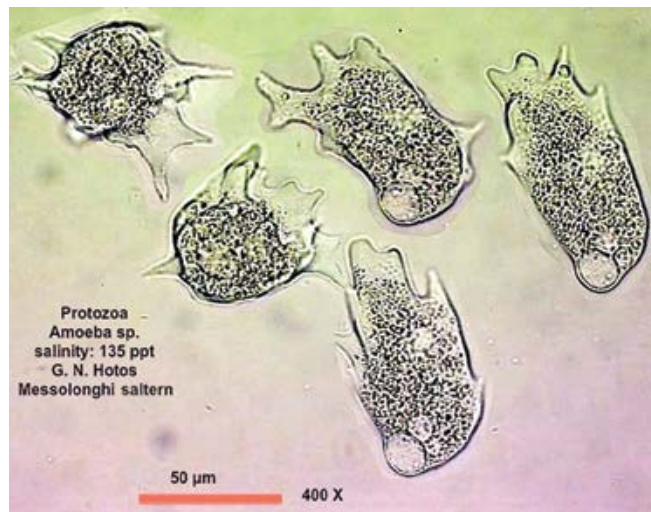
τους σημασία στα αλμυρά νερά ήταν μέχρι σήμερα υποτιμημένη θεωρούμενα ότι διαδραμάτιζαν περιφερειακό μόνο ρόλο στη δυναμική του θαλάσσιου οικοσυστήματος (για το υπεράλμυρο οικοσύστημα δεν θα ήταν υπερβολή να λέγαμε ότι η έρευνα για τον ρόλο τους τώρα αρχίζει). Σήμερα η επιστημονική κοινότητα έχει αποκαλύψει ότι τα πρωτόζωα έχουν «ρόλο κλειδί» στη διαμόρφωση του τροφικού πλέγματος στα αλμυρά οικοσυστήματα, τόσο ως οι πρώτοι καταναλωτές του παραγόμενου φυτοπλαγκτού, όσο και ως οι κύριοι μέτοχοι στη **δευτερογενή παραγωγή**. Δηλαδή πιο απλά και σχηματικά, τα πρωτόζωα αποτελούν τον ενδιάμεσο τροφικό κρίκο μεταξύ της πρωτογενούς παραγωγής (φυτοπλαγκτόν και φωτοσυνθετικά βακτήρια) και των μεγαλύτε-

ρων ζωοπλαγκτονικών καταναλωτών που στη συντριπτική τους πλειονότητα αποτελείται από τα **κωπήποδα**. Τα κωπήποδα ιδιαίτερα, (ανήκουν στα καρκινοειδή ζώα και όχι στα πρωτόζωα), είναι υψίστης σημασίας για την ιχθυοπαραγωγή διότι αποτελούν την πρώτη και βασική τροφή που καταναλώνουν οι νύμφες των ψαριών. Όπως θα αναφερθεί παρακάτω, υπάρχει και ένα τουλάχιστον είδος κωπηπόδου που ζει στα υπεράλμυρα νερά των αλυκών Μεσολογγίου.

Τα πρωτόζωα, τα οποία για να τραφούν καταναλώνουν βακτήρια και μικροφύκη, διαδραματίζουν σπουδαιότατο ρόλο (τον οποίο η επιστήμη αρχίζει να αντιλαμβάνεται ολοένα και εντονότερα) στην ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών στα νερά.

Εικόνα 15. Πρωτόζωα βλεφαριδοφόρα των αλυκών. Αριστερά: *Loxodes* sp. Δεξιά: *Cyclidium* sp.





Εικόνα 16. Σαρκώδη πρωτόζωα των αλυκών
Αριστερά: *Amoeba* sp. (αμοιβάδα).

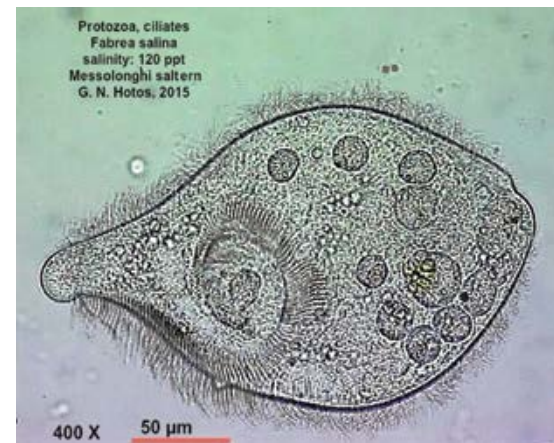
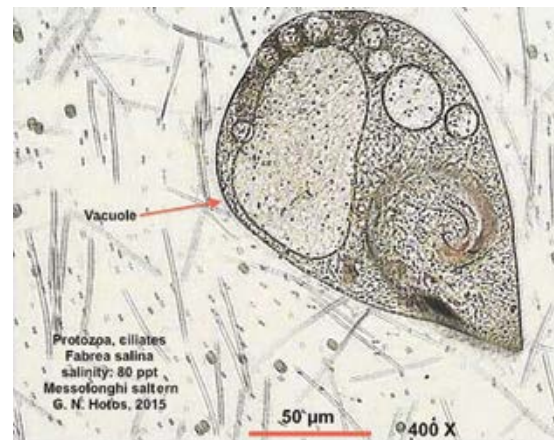
Δεξιά: Στάδια σύλληψης και ενσωμάτωσης για πέψη (φαγοκυττάρωση), ενός διατόμου (μικροφύκος) από μια αμοιβάδα.

Διότι το **άζωτο** (N), ο **φώσφορος** (P), το **κάλιο** (K) και πλήθος άλλων στοιχείων θα πρέπει να είναι διαθέσιμα σε μοριακή μορφή διαλυμένα στο νερό για να προσληφθούν από τους αυτότροφους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς (π.χ. μικροφύκη) και να μεταμορφωθούν σε ζώντα κύτταρα, τα οποία μετά θα μεταμορφωθούν αφού καταναλωθούν σε ζωικό ιστό. Οι εκκρίσεις των πρωτοζώων στο νερό μετά από την πέψη και τον καταβολισμό των οργανισμών που κατανάλωσαν, επαναφέρουν στο σύστημα τα βασικά θρεπτικά στοιχεία (άζωτο, φώσφορο, κ.τ.λ.) τα οποία στηρίζουν εκ νέου την πρωτογενή παραγωγή. Ο κύκλος της ζωής σε όλο του το μεγαλείο.

Στα δείγματα νερού των υπεράλμυρων λεκανών των αλυκών βρέθηκε ένα πλήθος πρωτοζώων. Αρχής γενομένης από την αλατότητα των 60 ppt όπου και παρατηρούνται τα περισσότερα

είδη, έως την αλατότητα των 100-150 ppt όπου τα είδη περιορίζονται μεν αλλά το πλήθος των ατόμων των λίγων ειδών που επικρατούν είναι πολύ μεγάλο, παρατηρήθηκαν και φωτογραφήθηκαν **διαιρέσεις** κυττάρων, **εκβλαστήσεις**, **εγκυστώσεις**, **φαγοκυττάρωση** (εικ. 16), **διήθηση**, **απέκκριση** και γενικά όλες οι εκφάνσεις των λειτουργιών της ζωής, απόδειξη ότι στο υπεράλμυρο περιβάλλον οι οργανισμοί αυτοί είναι προσαρμοσμένοι πλήρως.

Από όλους τους οργανισμούς που καταγράφηκαν, τα είδη που ήταν σε όλες τις αλατότητες παρόντα ανήκαν στα γένη, *Euplotes*, *Uronema*, *Fabrea*, *Condyllostoma* και *Frontonia*, όλα μέλη της κατηγορίας **βλεφαριδοφόρα**. Την πιο εντυπωσιακή ομάδα τόσο πληθυσμιακά όσο και ευκολοδιάκριτα λόγω του μεγάλου μεγέθους των κυττάρων του (>350 μm), αποτέλεσε το είδος ***Fabrea salina*** (εικ. 17, 31, 37, 39) το οποίο έδειχνε να μην επηρεά-



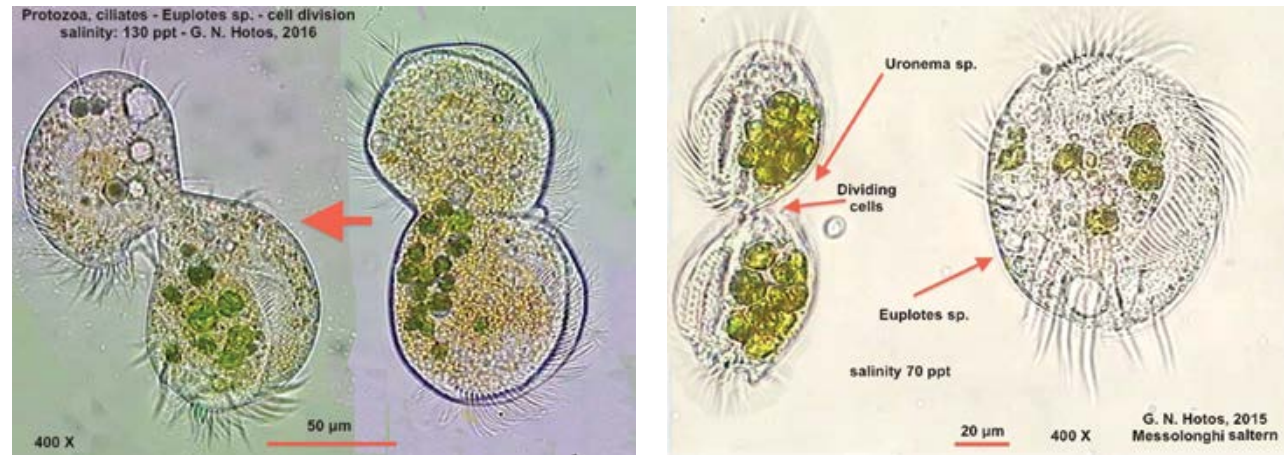
Εικόνα 17. Το βλεφαριδοφόρο πρωτόζωο *Fabrea salina* σε δύο χαρακτηριστικές μορφές του (έντονα πολυμορφικό είδος). Εμφανή τα κενοτόπια (vacuoles) ποικίλου μεγέθους στο κύτταρό του (μην λησμονείται ότι τα πρωτόζωα είναι μονοκύτταρα).

ζεται αρνητικά και από τις πολύ υψηλές αλατότητες των 100-130 ppt. Ήταν κινητικότατο, διαιρείτο συνεχώς και φιλτράριζε φυτοπλαγκτονικά κύτταρα *Asteromonas* που είχαν εισαχθεί στο δοχείο πειραματικής καλλιέργειας όπου τοποθετήθηκε. Χαρακτηριστικό αυτού του πρωτοζώου είναι η πολυμορφία του, δηλαδή η ποικιλία των μορφών-σχημάτων με τις οποίες εμφανίζεται (άγνωστο γιατί), κάτι που μπορεί να επιφέρει σύγχυση στην αναγνώρισή του. Η *Fabrea salina* δείχνει να έχει όλα τα χαρακτηριστικά εκείνα που θα μπορούσαν να την καταστήσουν και υποψήφια ζωντανή τροφή σε νύμφες ψαριών στους ιχθυογεννητικούς σταθμούς. Μέγεθος, αργή κίνηση, κατάλληλο χρώμα, ευκολία αναπαραγωγής, θρέψη με φυτοπλαγκτόν, όλα είναι παρόμοια με τα τροχόζωα του είδους *Brachionus plicatilis* το οποίο είναι η μοναδική ζωντανή τροφή που διατίθεται σήμερα στις νύμφες των θαλασσινών ψαριών (κυρίως τσιπούρα και λαβράκι) που παράγονται στους ιχθυογεννητικούς σταθμούς. Επειδή η γκάμα των παραγόμενων θαλασσινών ψαριών ολοένα και διευρύνεται, για τα είδη εκείνα που ενδεχομένως θα βρεθεί ότι οι νύμφες των δεν διαθέτουν τόσο μεγάλο

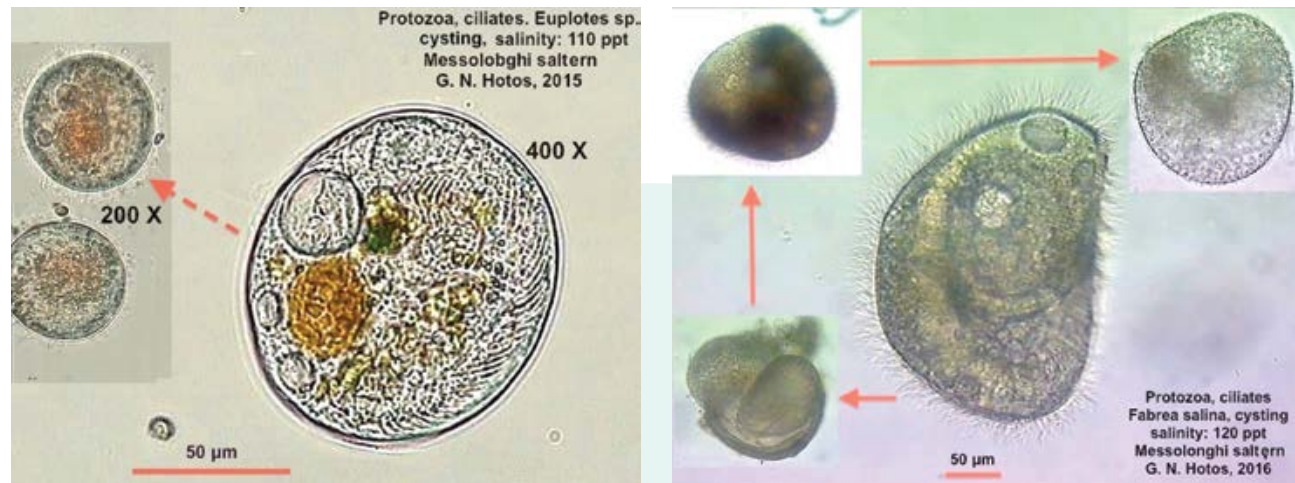
στόμα ώστε να χωρούν να καταπιούν τροχόζωα, θα απαιτηθεί να βρεθεί μια εναλλακτική ζωντανή τροφή. Τέτοια μπορεί να είναι η *Fabrea salina* εφόσον βέβαια αποδειχθεί (και οι πρώτες ενδείξεις είναι ενθαρρυντικές) ότι αναπτύσσεται το ίδιο καλά και στην συνήθη αλατότητα του θαλασσινού νερού (~35 ppt).

Τα βλεφαριδοφόρα πρωτόζωα αναπαράγονται διά απλής **κυτταρικής διαιρέσεως** (εικ. 18, 39 & 40) όμως ενίοτε και διά **εκβλαστήσεως (budding)** (εικ. 20 & 21), δηλαδή, και σε απλή περιγραφή, διά εξογκώσεως ενός μέρους του κυττάρου τους το οποίο κατόπιν αποκόπτεται και αναπτύσσεται σε νέο άτομο. Πολύς φορές η εκβλάστηση είναι διπλή (εικ. 20). Σε δείγμα νερού που εξετάστηκε (αλατότητας 100 ppt) διαπιστώθηκε εκβλάστηση και στο γένος των βλεφαριδοφόρων πρωτοζώων *Euplotes* (εικ. 20) κάτι που δεν έχει αναφερθεί στη βιβλιογραφία.

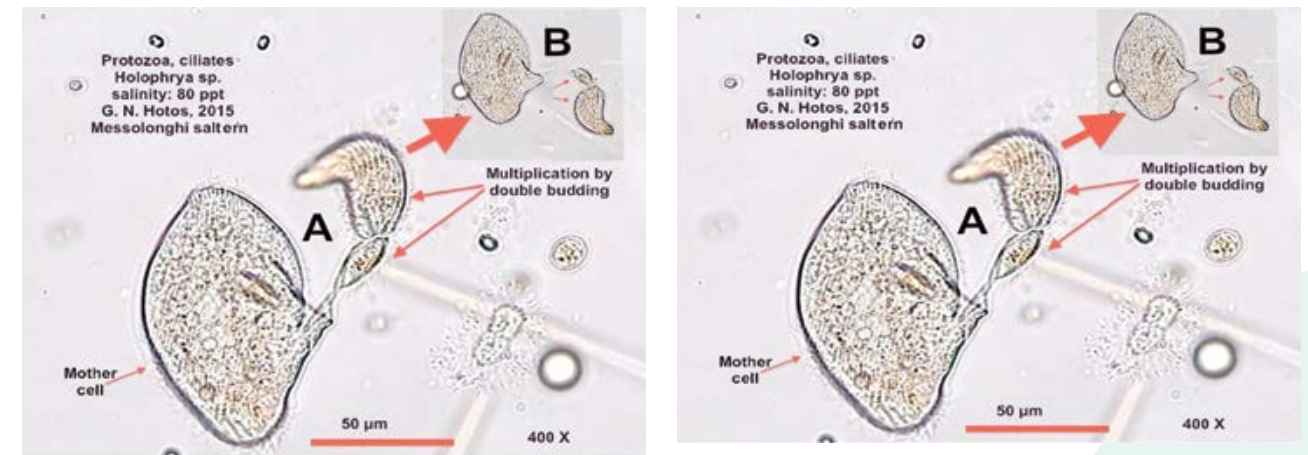
Τα πρωτόζωα επίσης όταν ανιχνεύουν ότι οι συνθήκες περιβάλλοντος χειροτερεύουν για αυτά, μεταμορφώνονται διά της διαδικασίας της **εγκύστωσης** (εικ. 19) σε κύστες οι οποίες παραμένουν σε **λαθροβίωση** για πολύ καιρό και ξαναγίνονται κινητικά



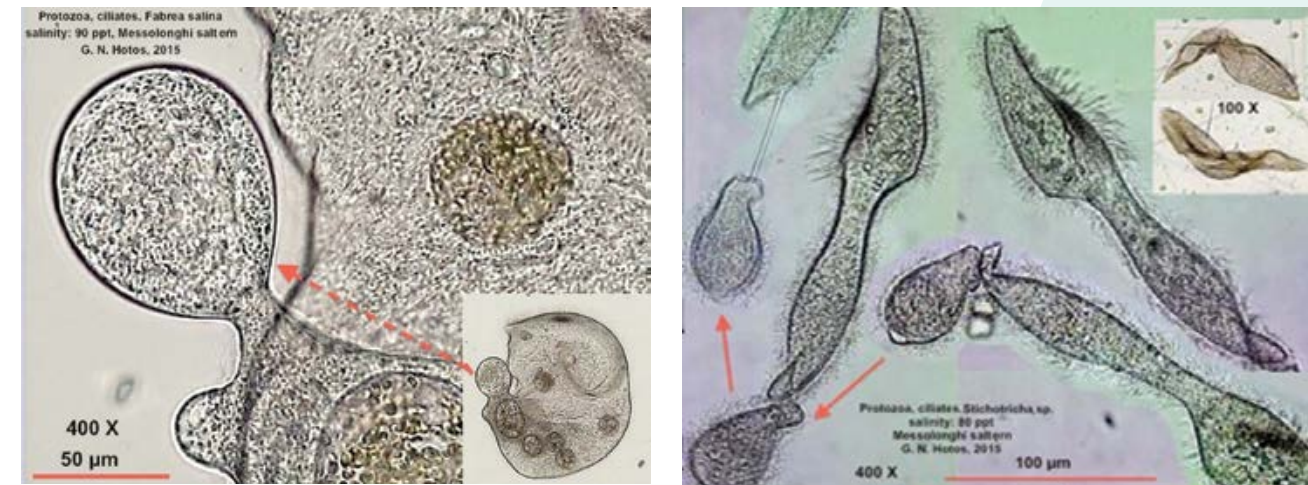
Εικόνα 18. Πρωτόζωα, βλεφαριδοφόρα, κυτταρική διαίρεση. Αριστερά: Φάσεις διαίρεσης *Euplotes* sp. Δεξιά: *Uronema* sp. σε διαίρεση και *Euplotes* sp. Αξιοσημείωτη η κατάσταση των θυγατρικών κυττάρων της *Uronema*, που ενώ ακόμα δεν έχουν διαχωριστεί, έχουν καταναλώσει πολλά κύτταρα *Asteromonas*.



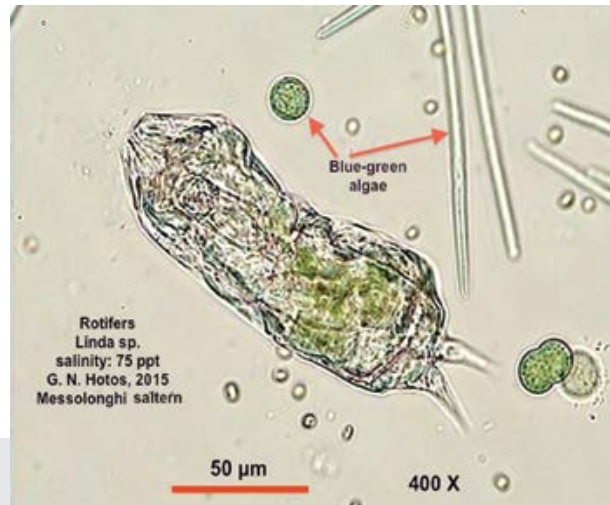
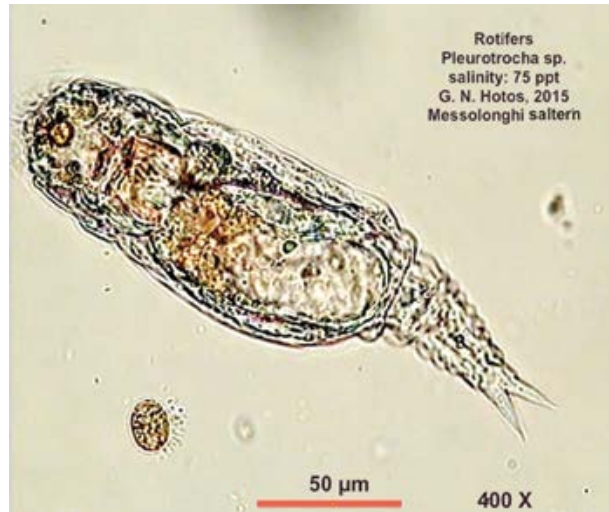
Εικόνα 19. Πρωτόζωα, βλεφαριδοφόρα, εγκύστωση (cysting). Αριστερά: Εγκύστωση *Euplotes* sp. Δεξιά: εγκύστωση *Fabrea salina*.



Εικόνα 20. Πρωτόζωα, βλεφαριδοφόρα, εκβλάστηση (budding). Αριστερά: Εκβλάστηση διηλού μίσχου της *Holophrya* sp. Δεξιά: Εκβλάστηση του *Euplotes* sp.

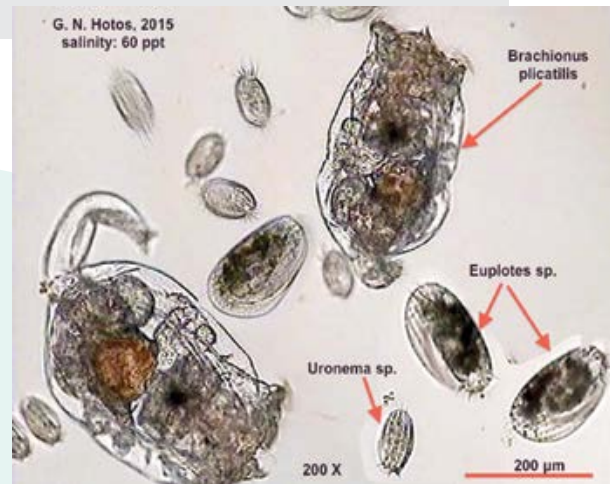
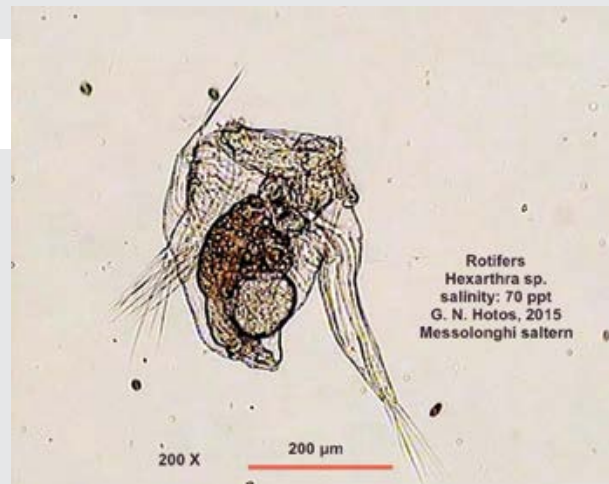


Εικόνα 21. Πρωτόζωα, βλεφαριδοφόρα, εκβλάστηση. Αριστερά: Εκβλάστηση *Fabrea salina*. Δεξιά: Εκβλάστηση *Stichotricha* sp.



Εικόνα 22. Τροχόζωα. Αριστερά: *Pleurotrocha* sp. Δεξιά: *Linda* sp.

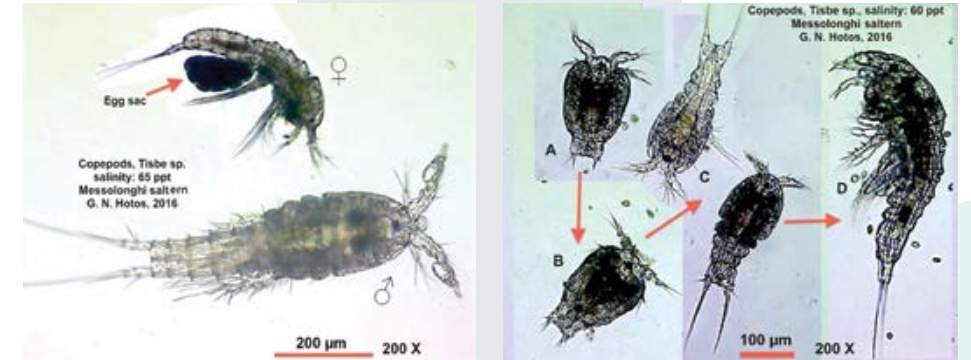
Εικόνα 23.
Τροχόζωα.
Αριστερά:
Hexarthra
sp. Δεξιά:
Brachionus
plicatilis.



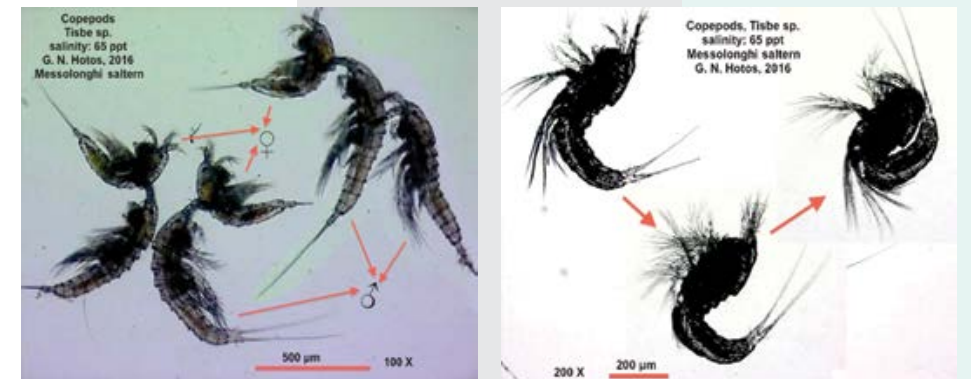
άτομα όταν οι συνθήκες ξαναβελτιωθούν. Αν και από διάφορες επιστημονικές εργασίες δεν είναι σαφές αν η εγκύστωση συμβαίνει και στα θαλάσσια πρωτόζωα, η εξέταση των «υπεράλμυρων» δειγμάτων έδειξε καθαρά ότι συμβαίνει και στο αλμυρό νερό και μάλιστα και στα βλεφαριδοφόρα *Euplotes* τα οποία αποτελούν τον συνηθέστερο «κάτοικο» των νερών μέχρι την αλατότητα των 100 ppt (Εικ. 19).

Στα υπεράλμυρα νερά των αλυκών και μέχρι την αλατότητα των 80 ppt έχουν βρεθεί και 3 απροσδιόριστου είδους **τροχόζωα** (rotifers) των γενών *Pleurotrocha*, *Linda* και *Hexarthra* (εικ. 22 & 23) τα οποία εξ' όσων μπορούν να υποτεθούν από το νερό στο οποίο βρίσκονταν, πρέπει να τρέφονταν φιλτράροντας κυανοπράσινα φύκη (προκαρυωτικοί οργανισμοί) και προφανώς βακτήρια. Από τον τρόπο κίνησής των στο νερό έδειχναν μάλλον προτίμηση για βενθικού τύπου διαβίωση. Το μέγεθός τους (~ 150 μm) ήταν μικρότερο του τροχόζωου *Brachionus plicatilis* (~ 250 μm) το οποίο είναι η καθιερωμένη και καλώς μελετημένη ζωντανή τροφή για τις νύμφες των θαλασσινών ψαριών. Και το *B. plicatilis* (εικ. 23) βρέθηκε στα δείγματα υπεράλμυρου νερού που συλλέχθηκαν, μέχρι όμως του ανώτατου ορίου αλατότητας 70 ppt.

Το συγκεκριμένο *B. plicatilis* (προς διερεύνηση για το αν πρόκειται για ξεχωριστή τοπική ποικιλία) προσαρμόστηκε πολύ καλά και σε κανονικές θαλασσινές



Εικόνα 24. Αρπακτικοειδή κωπήποδα. *Tisbe* sp. Αριστερά: Ενήλικο άτομο, το θηλυκό φέρει ωά στον ωοσάκο (egg sac). Δεξιά: Στάδια ανάπτυξης κωπηπόδου *Tisbe* sp. Α-ναύπλιος, Β-μεταναύπλιος, C-νεαροί κωπηποδίτες, D-ενήλικο.



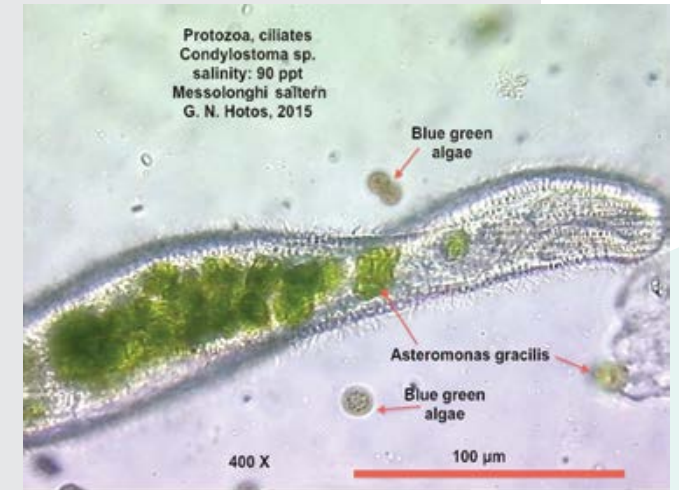
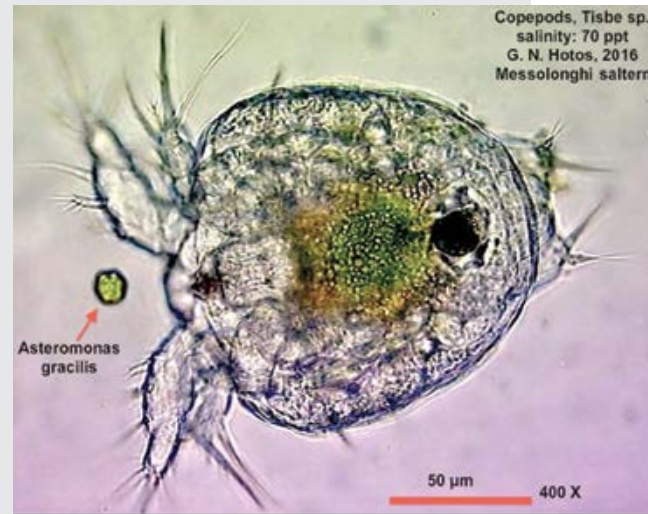
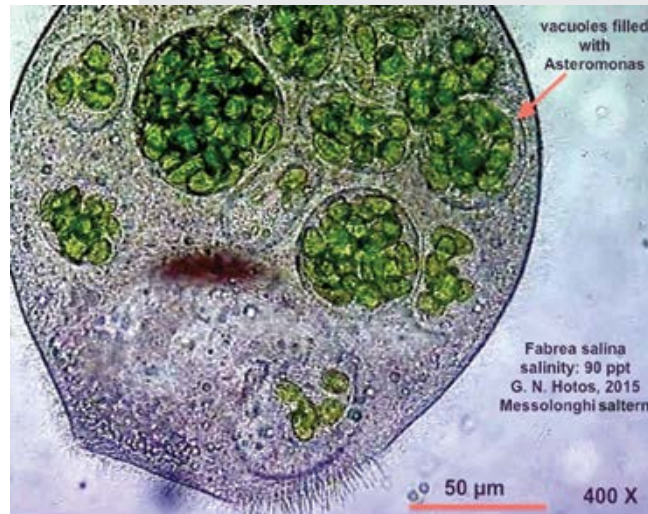
Εικόνα 25. Αρπακτικοειδή κωπήποδα. *Tisbe* sp. Αριστερά: Η διαδικασία της γονιμοποίησης του θηλυκού με το αρσενικό σε έφιππη στάση συγκρατώντας το με τις κεφαλικές του κεραίες (φαίνονται δύο ζεύγη). Στα δεξιά της ίδιας φωτογραφίας ένα εκπληκτικό στιγμιότυπο με ένα επιπλέον αρσενικό, άγνωστη η αιτία του. Δεξιά: Η χαρακτηριστική αναδίπλωση του κορμού σε 3 φάσεις.

αλατότητες και σε υφάλμυρο νερό και μάλιστα με το χαμηλόωμα της αλατότητας προκαλούνταν η έντονη παραγωγή αρσενικών μικροσκοπικών ατόμων τα οποία διά **μικτικής** αναπαραγωγής πλέον έδιναν μέσω των γονιμοποιημένων θηλυκών, παραγωγή μεγάλου αριθμού **αυγών διάπαυσης (resting eggs)**. Πολύ σύντομα αναφέρουμε εδώ ότι τα τροχόζωα σε καλές (για αυτά) συνθήκες αναπαράγονται κατά βάση **παρθενογενετικώς** χωρίς να υπάρχουν αρσενικά (η λεγόμενη **αμικτική** φάση). Όταν οι συνθήκες μεταβληθούν επί τα χείρω (π.χ. μείωση της αλατότητας για τα θαλάσσια είδη), προκαλείται η παραγωγή αρσενικών και ακολουθεί η γονιμοποίηση (μικτική φάση), με τελικό αποτέλεσμα τα αυγά διάπαυσης ή αυγά διάρκειας (εικ. 41), τα οποία μπορούν να παραμείνουν σε λαθροβίωση για χρόνια, ακόμα και σε αφυδατωμένη κατάσταση και να εκκολαφθούν δίδοντας εκ νέου θηλυκά

άτομα όταν οι συνθήκες γίνουν ξανά καλές. Τα αυγά διάρκειας των τροχοζών αποτελούν εμπορικό προϊόν και η τυποποίηση της διαδικασίας παραγωγής των απέχει ακόμα από το να είναι πλήρης.

Από τα **καρκινοειδή** πλαγκτονικά είδη, εκτός της αλμυρογαρίδας *Artemia* για την οποία υπάρχει πλήθος αλλοδαπής και ικανοποιητική Ελληνική βιβλιογραφία και δεν θα επεκταθούμε στο παρόν, το καινούργιο εύρημα στα δείγματα που εξετάστηκαν ήταν το **αρπακτικοειδές κωπήποδο** του γένους *Tisbe* (εικ. 24 & 25) και ανευρέθη σε αλατότητες μεταξύ 50 και 80 ppt. Αυτό το απροσδιόριστου είδους κωπήποδο *Tisbe* sp., από τις προκαταρκτικές καλλιέργειες στο εργαστήριο, παρουσίασε μεγάλη αναπαραγωγική ικανότητα σε αλατότητες 30 – 60 ppt, αντοχή σε συνεχή χρήση του ίδιου νερού, γρήγορη αύξηση και ευκολία στην κατανάλω-

Εικόνα 26. Αριστερά: *Fabrea salina* που έχει καταναλώσει μεγάλη ποσότητα κυττάρων *Asteromonas*.
Δεξιά: Ναύπλιος του κωπηπόδου *Tisbe* sp. που έχει καταναλώσει *Asteromonas*.

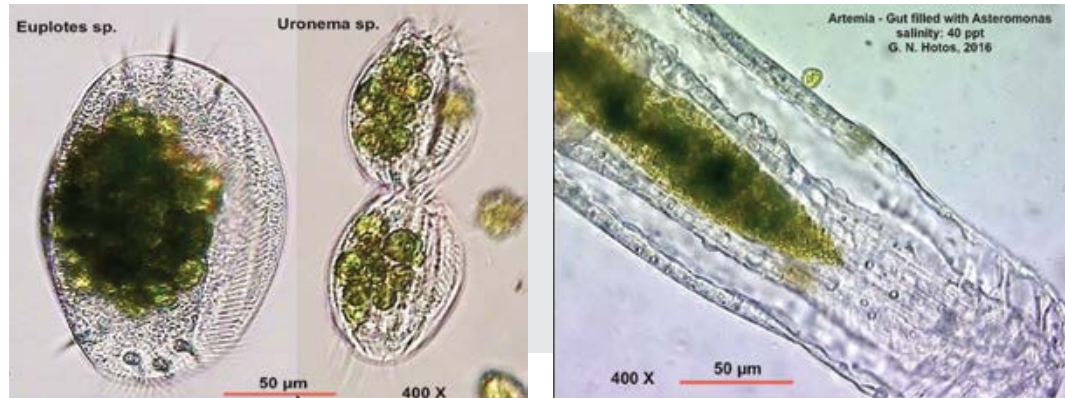


Εικόνα 27. Αριστερά: Μαστιγοτώ πρωτίστο *Colpodella* sp. καταναλώνοντας κύτταρα *Asteromonas* (παρόλο το μικρό του μέγεθος).
Δεξιά: Πρωτόζωο μαστιγοφόρο *Condyllostoma* sp. γεμάτο με καταναλωθέντα κύτταρα *Asteromonas*.

ση μικροφυκών (στη συγκεκριμένη περίπτωση *Asteromonas gracilis*–εικ. 26). Επίσης ένα χαρακτηριστικό του που ενδέχεται να το καταστήσει υποψήφια ζωντανή τροφή για τις νύμφες των θαλασσινών ψαριών, είναι η όχι έντονη και απότομη κίνησή του (συγκριτικά με άλλα είδη κωπηπόδων), προϋπόθεση που είναι απαραίτητη για να μπορεί να συλληφθεί εύκολα από τις νωθρές ιχθυονύμφες. Επιπρόσθετα η καλλιέργειά του παρουσιάζει και το χαρακτηριστικό του να κατανέμονται τα άτομα του μέσα στα συσσωματώματα του πυθμένα του δοχείου καλλιέργειας εκμεταλλευόμενα έτσι ένα χώρο που σε άλλες καλλιέργειες θα ήταν άχρηστος και επιβλαβής.

Μιλώντας για εργαστηριακού τύπου καλλιέργειες των πρωτοζών (βλεφαριδοφόρων και αμοιβάδων), άλλων μικροσκοπικών πρωτίστων (π.χ. **μαστιγοφόρων**), ή άλλων πλαγκτονικών ζών (τροχόζωα, κωπήποδα, αλμυρογαρίδες, κ.ά.) που απαντώνται

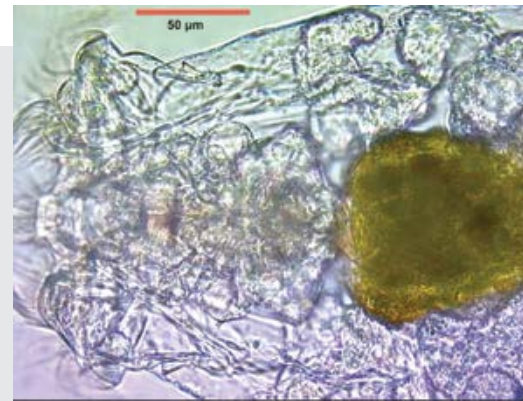
στα υπεράλμυρα νερά, υπονοείται ότι αναλόγως υπεράλμυρο θα είναι (σε κάποια φάση τουλάχιστον) και το νερό που θα δημιουργηθεί στο εργαστήριο για να τα διατηρήσει. Και εκτός από το να τα διατηρήσει ζωντανά και ακμαία, θα πρέπει να τα ευνοεί και στον πολλαπλασιασμό τους. Και για να πολλαπλασιάζονται θα πρέπει να τρέφονται ικανοποιητικά. Όμως η τροφή τους αυτή θα πρέπει να είναι και αυτή ακμαία σε υπεράλμυρο περιβάλλον. Τέτοια τροφή μπορεί να είναι τα μικροφύκη. Όμως μόνο τα μικροφύκη *Dunaliella*, *Asteromonas* και *Tetraselmis* που αναφέρθηκαν μπορούν να ζήσουν αβίαστα σε πολύ υψηλές αλατότητες. Αρα αυτά μπορούν να καλλιεργούνται ξεχωριστά και να τους δίδονται για θρέψη. Και επιπλέον τα μικροφύκη αυτά να μπορούν να ζουν το ίδιο καλά και σε κανονικές αλατότητες, για να μπορούν να υποστηρίξουν και πειράματα προσαρμογής των παραπάνω πρωτίστων και άλλων αλόφιλων (ή αλοανθεκτικών) ζών σε



Εικόνα 28.
Αριστερά: Βλεφαριδοφόρα
πρωτόζωα *Euplores sp.*
και *Uronema sp.* γεμάτα με
καταναλωθέντα κύτταρα
Asteromonas.
Δεξιά: Πεπτικός σωλήνας
της *Artemia* γεμάτος με
καταναλωθέντα κύτταρα
Asteromonas.



Εικόνα 29. Τροχόζωα, *Brachionus plicatilis* καλλιεργημένα με
θρεπτικό μέσο το μικροφύκος
Asteromonas gracilis. Αριστερά:
Κύτταρα της *Asteromonas* τη
στιγμή που διοχετεύονται από τη
«στοματική» χοάνη του τροχόζωου
στο μασητικό όργανο (*mastax*)
για να πολτοποιηθούν και
περάσουν στον στόμαχο. Δεξιά:
Τροχόζωο με γεμάτο το στόμαχό
του με πολτοποιηθέντα κύτταρα
Asteromonas σε χώνεψη.

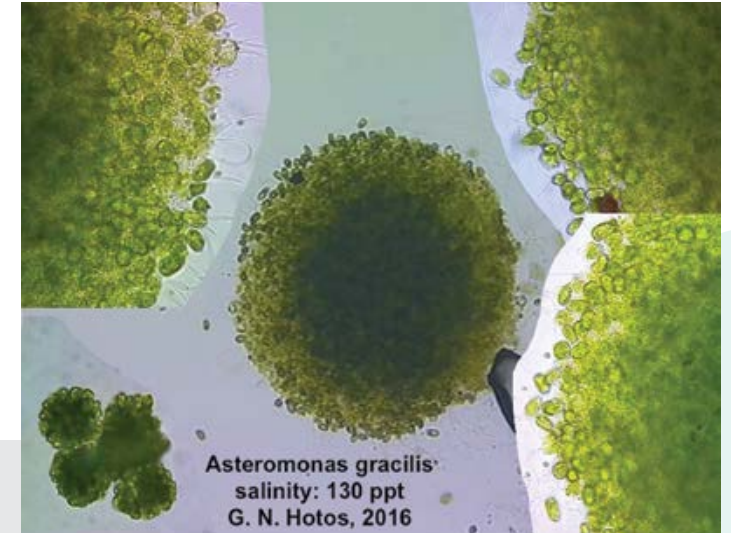


Εικόνα 30. *Asteromonas gracilis* σε αδρανείς μορφές.
Αριστερά: Κύστες σε γενική εικόνα (κέντρο) και σε μεγέθυνση (εικονίδια).
Δεξιά: Αγνώστου αιτίας συσσωματώματα ενεργών
κυττάρων *Asteromonas* (όχι κύστεων), σε ένα κολλάζ ποικίλων μεγεθύνσεων.

κανονικές θαλασσινές αλατότητες. Και τελευταίο αλλά όχι λιγότερο σημαντικό, όλα αυτά τα πρώτιστα και ζώα αν μπορούσαν να τραφούν με ένα συγκεκριμένο μικροφύκος θα μείωναν πολύ τις δυσκολίες των πειραματισμών. Λαμβανομένου δε υπόψη ότι η βιβλιογραφία βρίθκει από αναφορές σε προτιμήσεις ή και επιλεκτικότητα ζωοπλακτονικών ειδών για μια ορισμένου τύπου φυτοπλακτονική τροφή (με ταυτόχρονη απόρριψη άλλων), θα ήταν

πολύ πρακτικό να υπάρξει ένα μικροφυκικό είδος που να «κάνει» για «όλα».

Η *Asteromonas gracilis* έχει δείξει τα καλύτερα χαρακτηριστικά συγκρινόμενη με τα άλλα μικροφύκη. Αντέχει και σε θαλασσινό και σε πολύ υπεράλμυρο νερό, πολλαπλασιάζεται σε κάθε αλατότητα και η καλλιέργειά της παραμένει σφριγηλή για πάρα πολύ καιρό. Ακόμα και αν καταρρεύσει πληθυσμιακά, οι πρότερα δη-



μιουργηθείσες κύστες της (εικ. 30) ξαναδίνουν μετά από πρόσθεση φρέσκου λιπασμένου νερού σφριγηλό πληθυσμό, συλλέγεται εύκολα με φυγοκέντρηση, και γενικά είναι πολύ εύκολη στην απομόνωση και καλλιέργεια. Από τους πειραματισμούς που έχουν γίνει στο εργαστήριο καλλιέργειας πλαγκτού, η *Asteromonas* έχει αποδειχθεί εξαιρετική τροφή για τα τροχόζωα, για την *Artemia*, για τα κωπήποδα, για το βλεφαριδοφόρο *Fabrea salina*, ακόμα και για το πρώτιστο **μαστιγοφόρο** *Colpodella sp.* (εικ. 26, 27, 28, 29 & 37). Συνεπώς για κάθε αλατότητα πειραματισμών η *Asteromonas gracilis* μπορεί να αποτελέσει το βασικό θρεπτικό υπόστρωμα.

Η ζωή στο ακραίο περιβάλλον της υπεραλατότητας συνεχίζεται αδιαλείπτως και αενάως. Οι αλοανθεκτικοί οργανισμοί (εικ.

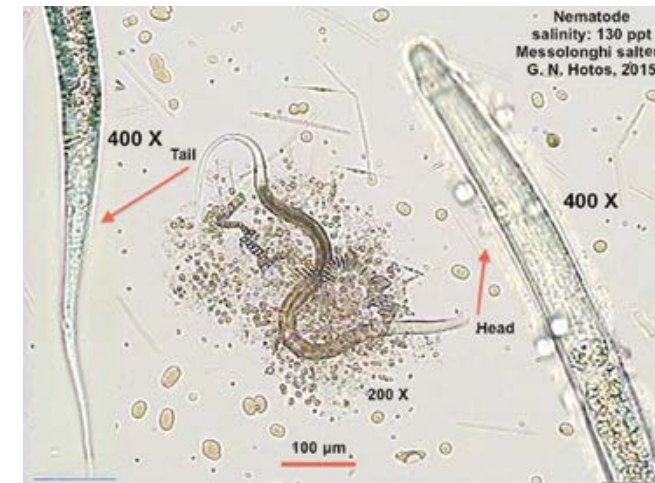
31 – 41) στα νερά των ρηχών λεκανών των αλυκών, αντεπεξέρχονται επιτυχώς τα εμπόδια που θέτουν αφενός η αλατότητα και αφετέρου η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία. Η αλατότητα για την «αναστάτωση» στην εσωτερική ισορροπία των υγρών των κυττάρων (ωσμωτική πίεση) και η υπεριώδης ακτινοβολία για την βλάβη που επιφέρει στο DNA του πυρήνα. Διαφυγή δεν υπάρχει. Οι οργανισμοί περιορισμένοι στις ρηχές αποκλεισμένες υπεράλμυρες λεκάνες, δεν έχουν δυνατότητα ούτε να μετακινηθούν σε πιο αραιά νερά ούτε να βυθιστούν σε μεγαλύτερα βάθη για να αποφύγουν την ακτινοβολία. Αμύνονται με θαυμαστό ωσμωρυθμιστικό μηχανισμό απέναντι στο αλάτι και με παραγωγή χρωστικών – «ασπίδες» όπως η β-καροτίνη απέναντι στις υπεριώδεις

ακτίνες. Και σε όλα αυτά έρχεται να προστεθεί και η ζέστη του καλοκαιριού που εκτινάσσει τη θερμοκρασία στις ρηχές λεκάνες. Στο παρόν δεν επιχειρήθηκε τίποτε άλλο παρά μόνο η συμπύκνωση του μεγάλου μικροσκοπικού υλικού που συλλέχθηκε σε λίγες χαρακτηριστικές εικόνες. Εικόνες που ευελπιστούμε να κινήσουν το ερευνητικό ενδιαφέρον σε νέα «κοιτάσματα» γνώσης. Ο Ελύτης παραφραζόμενος, «αυτός ο κόσμος ο μικρός, ο μέγας» βρίσκει στις αλυκές την έκφραση που του αξίζει.

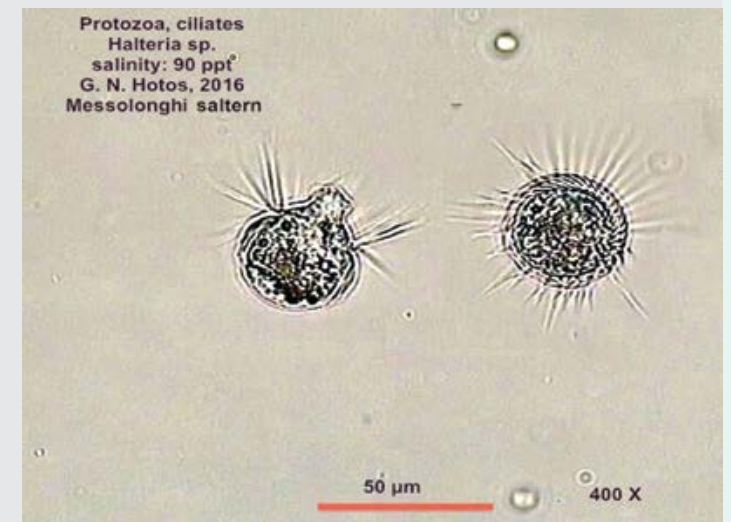
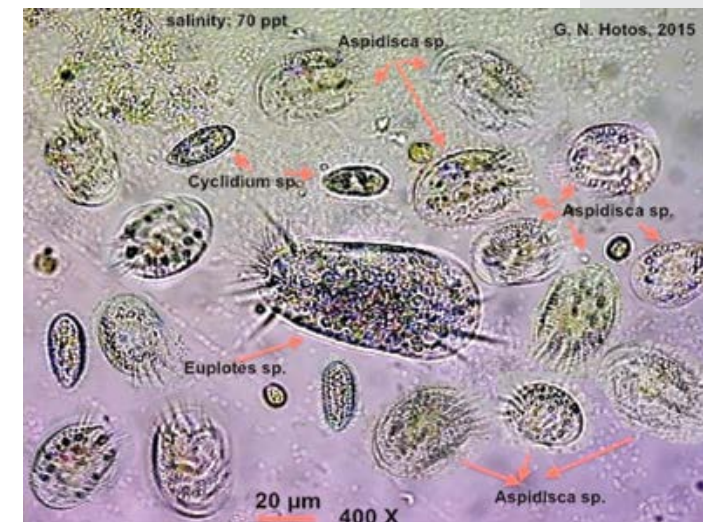
Σημείωση: Όλοι οι οργανισμοί που αποτυπώθηκαν στις φωτογραφίες ήταν ζωντανοί κατά την παρατήρηση και βιντεοσκόπηση-φωτογράφιση. Τα πρωτόζωα δεν μπορούν να συντηρηθούν και να παρατηρηθούν κατόπιν. Τα συνήθη συντηρητικά: οινόπνευμα-φορμόλη-Lugol, διαλύουν το κύτταρό τους. Επιπρόσθετα, καθώς όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί είναι κινητικοί-κινητικότεροι στη σταγόνα νερού στην αντικειμενοφόρο πλάκα η οποία τοποθετήθηκε στο μικροσκόπιο (στο στερεοσκόπιο η ποιότητα φωτογράφισης είναι φτωχή), απαιτείτο χρόνος για να κοπάσει η κίνησή τους και να επιχειρηθεί η φωτογράφιση. Ομως καθώς το δείγμα νερού που τα περιείχε στην αντικειμενοφόρο ήταν ελάχιστο και καθώς με ταχύτατο ρυθμό το νερό εξατμιζόνταν, το αλάτι κάλυπτε τα πάντα. Ως εκ τούτου (και σε αντίθεση με ότι συμβαίνει στα δείγματα των γλυκών νερών), απαιτείτο μεγάλη υπομονή, αυτοσυγκέντρωση, ετοιμότητα και δόση τύχης για να τραβηχτεί κάθε φορά το κατάλληλο στιγμιότυπο (και υπό την προϋπόθεση ότι ο οργανισμός ήταν «συνεργάσιμος»).



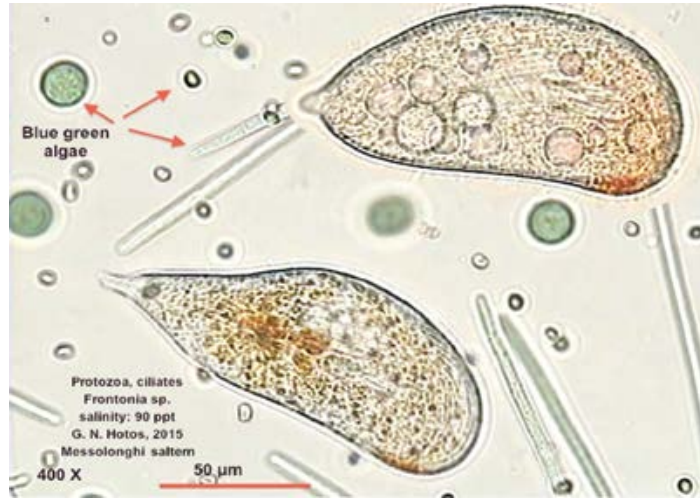
Εικόνα 31. Βλεφαριδοφόρα πρωτόζωα. *F. salina* σε εκπληκτική πολυμορφία (κολάζ).



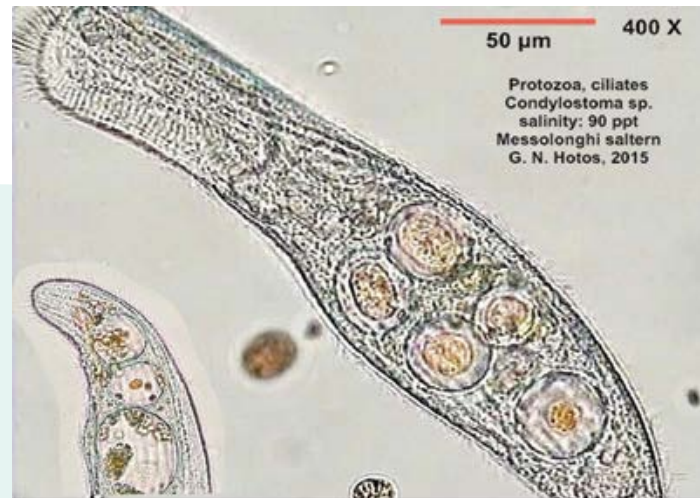
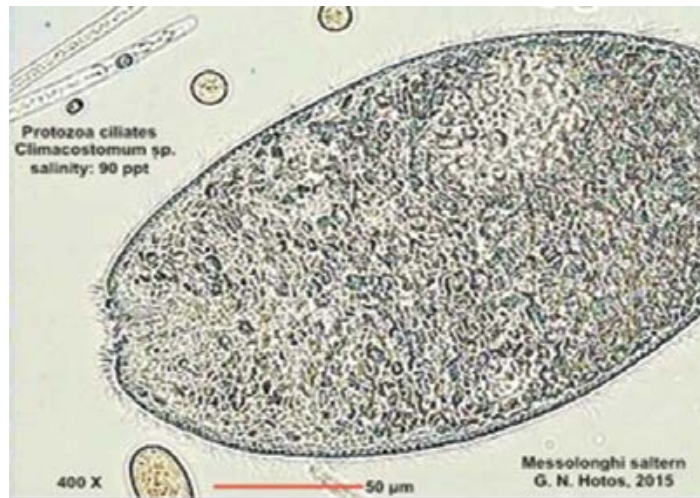
Εικόνα 32. Νηματώδης σκώληκας απροσδιορίστου είδους. Οι σκώληκες αυτοί ήταν ιδιαίτερα πολυπληθείς σε δείγματα νερού με ταυτόχρονη πολύ μεγάλη πυκνότητα κυανοπράσινων φυκών (blue-green algae). Εκινούντο οφιοειδώς και κατανέμονταν στη στήλη του νερού. 180 ppt.



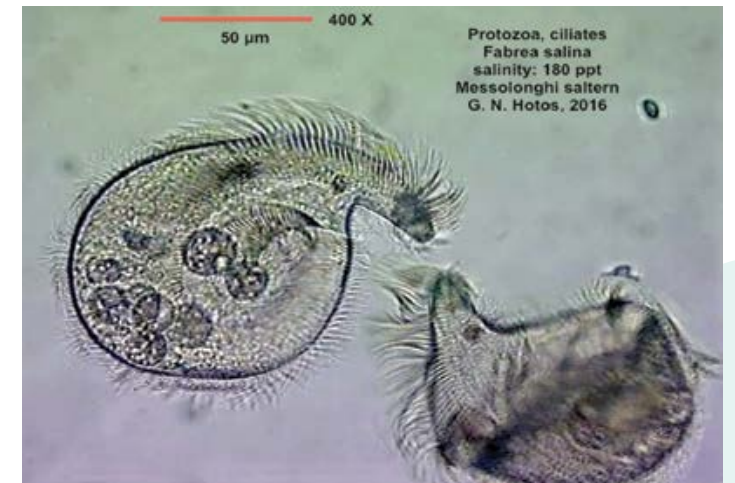
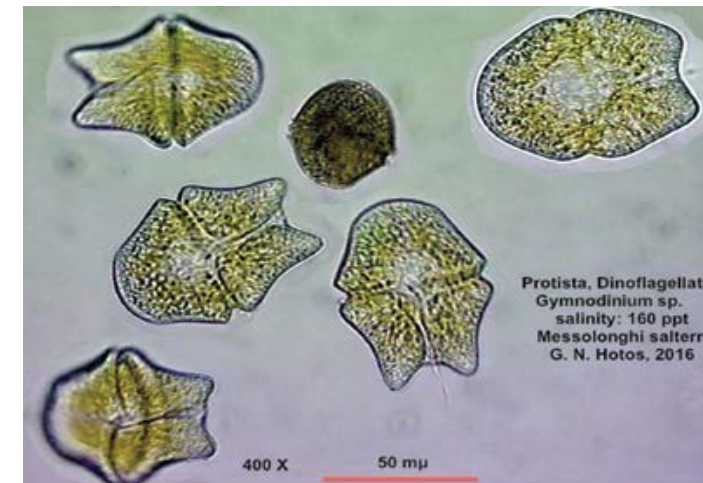
Εικόνα 33. Μερικά από τα μικρότερα σε μέγεθος βλεφαριδοφόρα πρωτόζωα της υπεραλατότητας. Αριστερά: *Aspidisca* sp. σε δείγμα μαζί με το μεγαλύτερο σε μέγεθος *Euplotes* sp. και το μικρότερο σε μέγεθος *Cyclidium* sp. Δεξιά: Ένα άλλο από τα μικροσκοπικότερα βλεφαριδοφόρα, το *Halteria* sp. από διαφορετικές πλευρές θέασης.



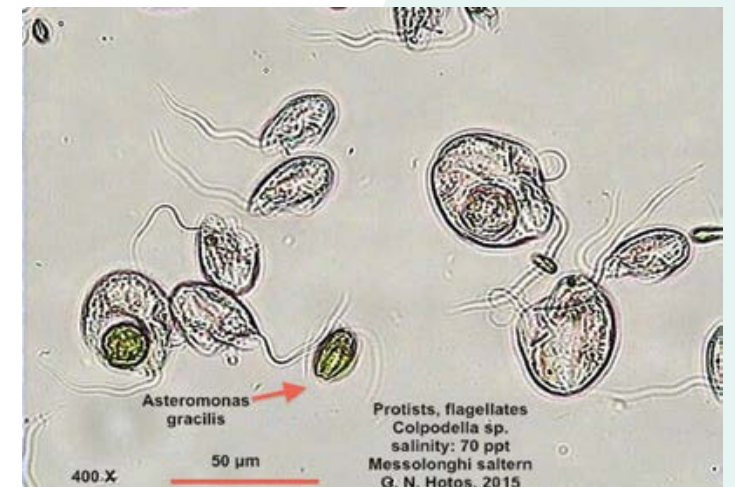
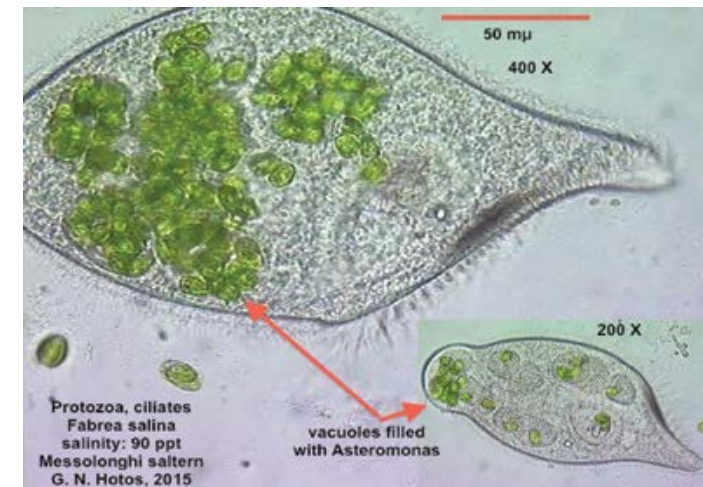
Εικόνα 34. Βλεφαριδοφόρα πρωτόζωα. Αριστερά: *Frontonia* sp. διαφορετική σε μορφή από την της εικόνας 12, ανάμεσα σε κυανοπράσινα φύκη σφαιρικού και επιμήκους σχήματος. Δεξιά: *Vorticella* sp. και αυτή ανάμεσα σε κυανοπράσινα φύκη.



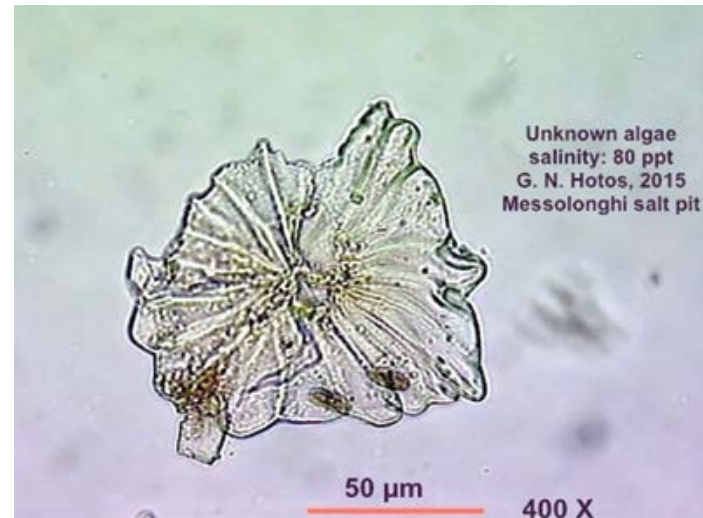
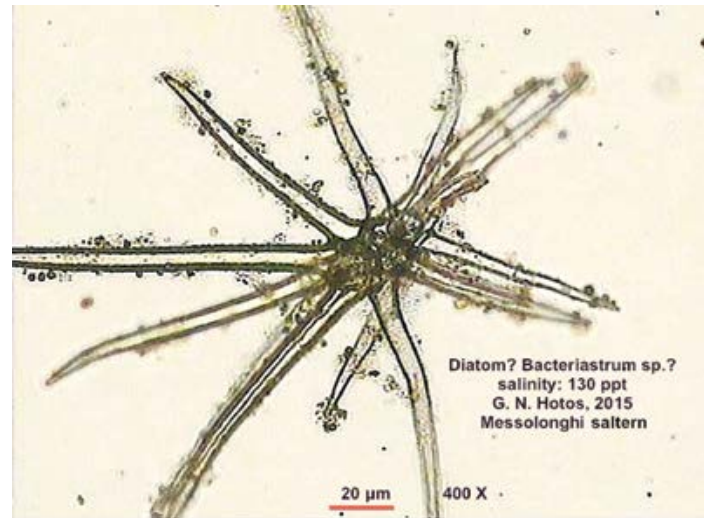
Εικόνα 35. Βλεφ. πρωτόζωα. Αριστερά: *Climacostomum* sp. Δεξιά: *Condyllostoma* sp.



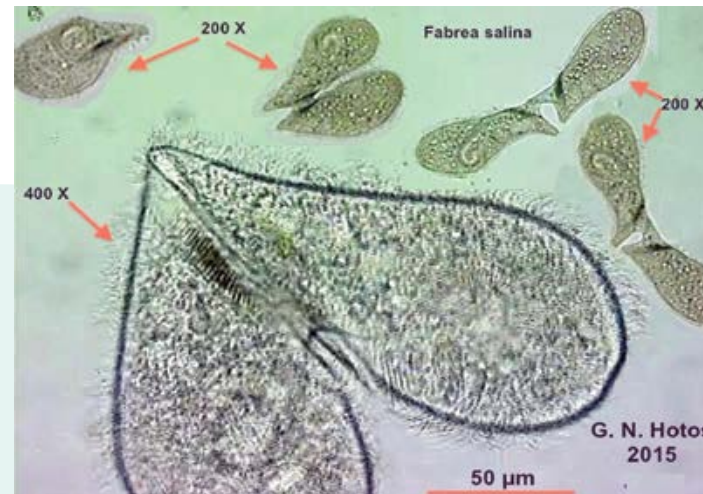
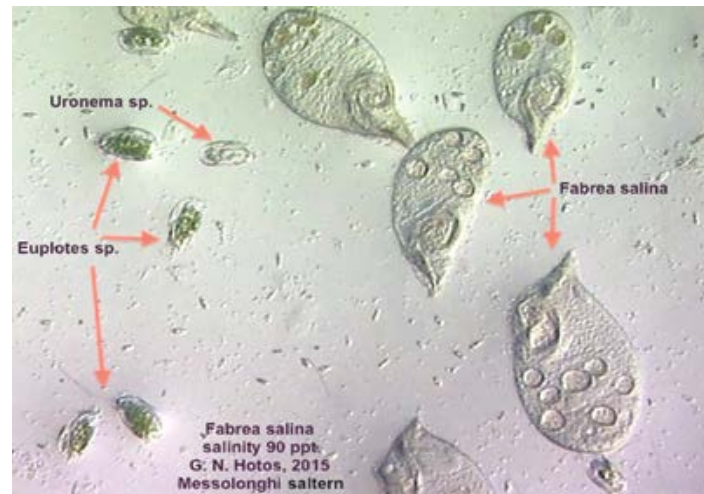
Εικόνα 36. Αριστερά: Πρώτιστο δινομαστιγιωτό, *Gymnodinium* sp. Δεξιά: Το βλεφαριδοφόρο πρωτόζωο *Fabrea salina* σε πολύ υψηλή αλατότητα 180 ppt.



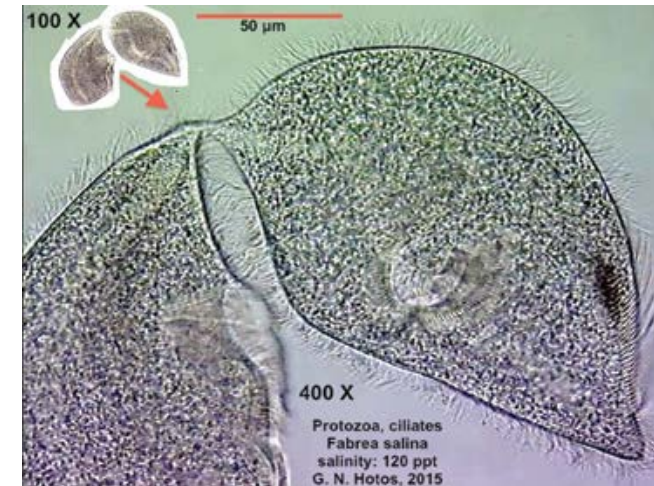
Εικόνα 37. Αριστερά: *Fabrea salina* με πεπτικά κενोटόπια γεμάτα με κύτταρα *Asteromonas*. Δεξιά: Το μαστιγοφόρο πρώτιστο *Colpodella* sp. με εμφανή τα μαστίγιά του και ένα άτομο αριστερά που έχει μόλις εγκολπώσει ένα κύτταρο *Asteromonas*.



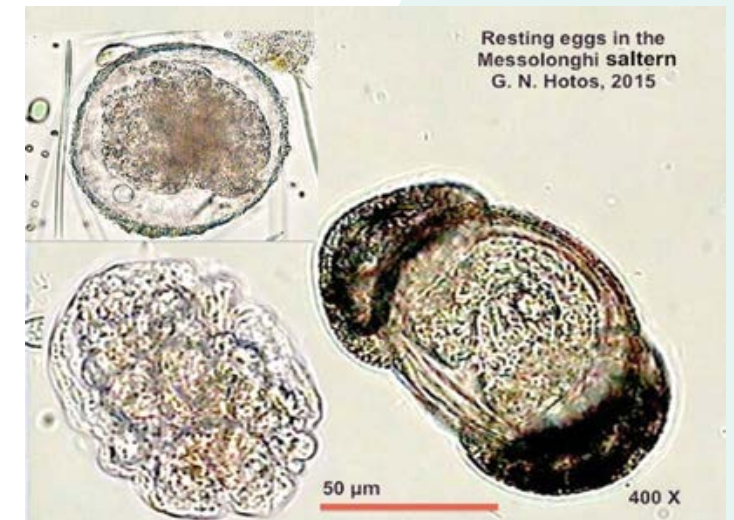
Εικόνα 38. Δύο δύσκολα ταυτοποιούμενα είδη. Αριστερά: *Bacteriastrum* sp. (μάλλον). Δεξιά: Μη αναγνωρισθέν είδος (μάλλον διάτομο).



Εικόνα 39. *Fabrea salina*. Αριστερά: Στερεοσκοπικώς. Δεξιά: Διαίρεση συμμετρικώς.



Εικόνα 40. Αριστ.: *F. salina* διαίρεση «σειριακώς». Δεξιά: *Colpoda* sp., βλεφ. πρωτ.



Εικόνα 41. Αριστερά: Ενα κολλάζ με βλεφαριδοφόρα πρωτόζωα απροσδιορίστου είδους δείγμα της πλούσιας ζωής στην υπεραλατότητα. Δεξιά: Αυγά διάπαυσης (resting eggs) τροχοζών.

Οι παρακάτω επιλεγμένες πηγές είναι πλήρεις για την απόκτηση ουσιαστικών γνώσεων σχετικά με τους οργανισμούς και το περιβάλλον για το οποίο γράφτηκε το παρόν.

1. Aharon Oren, 2005. A hundred years of *Dunaliella* research: 1905-2005. *Saline Systems*, 1:2.
2. Borowitzka, L. J. (eds.), 1988. *Micro-algal Biotechnology*. Cambridge University Press.
3. Ben-Amotz, A. & T. Grunwald, 1981. Osmoregulation in the halotolerant alga *Asteromonas gracilis*. *Plant Physiology*, 67, 613-616.
4. Graham, E. L., Graham, E. J. & L. W. Wilcox, 2009. *Algae*. Pearson Education, Inc. Μεταφρασμένο στα Ελληνικά ως «Φύκη», επιμέλεια: Οικονόμου-Αμίλλη, Α., 2013. Εκδόσεις Κωσταράκη.
5. Ruppert, E. E. & R. D. Barnes, 1994. *Invertebrate Zoology*. Saunders College Publishing.
6. Χώτος, Γ. & Δ., Αβραμίδου, 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.
7. Hotos, N. G., 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.

Για βιντεοσκοπημένη παρακολούθηση της ζωής πολλών από τους αναφερομένους οργανισμούς, μπορεί να βρεθεί πλούσιο υλικό με αναζήτηση του σχετικού διαδικτυακού τόπου (σε google, yahoo κλπ) πληκτρολογώντας: **«Dr G. HOTOS LAB, GREECE»**.



photo: @n.noulas



φορέας διαχείρισης
**ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑ
ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ**

Αιτωλικό ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ, Τ.Κ. 304 00
Τηλ & Fax επικοινωνίας: +30.26320 55094
www.fdlmes.gr • email : info@fdlmes.gr