

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 -N₂). Δεν σχηματίζει κύτταρα-ακινήτες. Τα νημάτια αποτελούνται από κυλινδρικού σχήματος κύτταρα με μήκος λίγο μεγαλύτερο από το πάχος τους [2,37 ± 0,2 (sd) μm]. 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

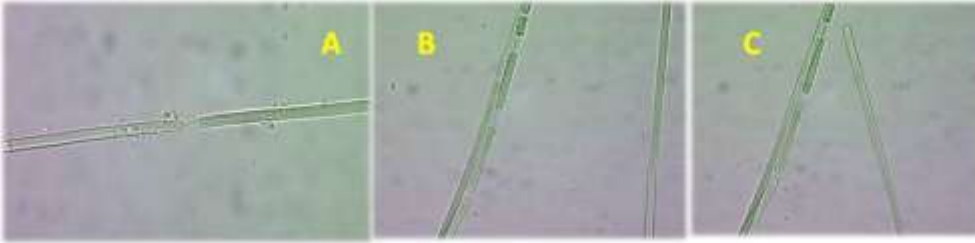
αμυδρώς εμφανή στο δείγμα που απομονώθηκε από τη λιμνοθάλασσα Κοτυχίου.



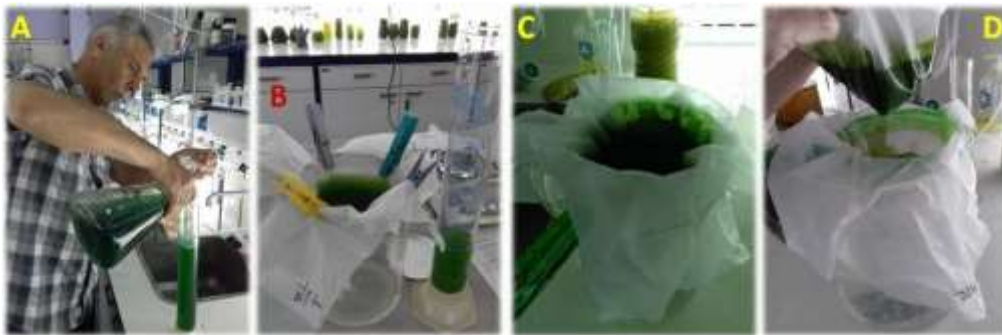
Εικόνα 33. Πυκνές μάζες μακρών νηματίων του κυανοβακτηρίου *Phormidium* sp. απομονωθέντος από τη λιμνοθάλασσα Τουρλίδα Μεσολογίου. Στα νημάτια δεν υπάρχουν ετερόκυτα ούτε ακινήτες. Γραμμή κλίμακας: 100 μm, μεγέθυνση 100X.

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.



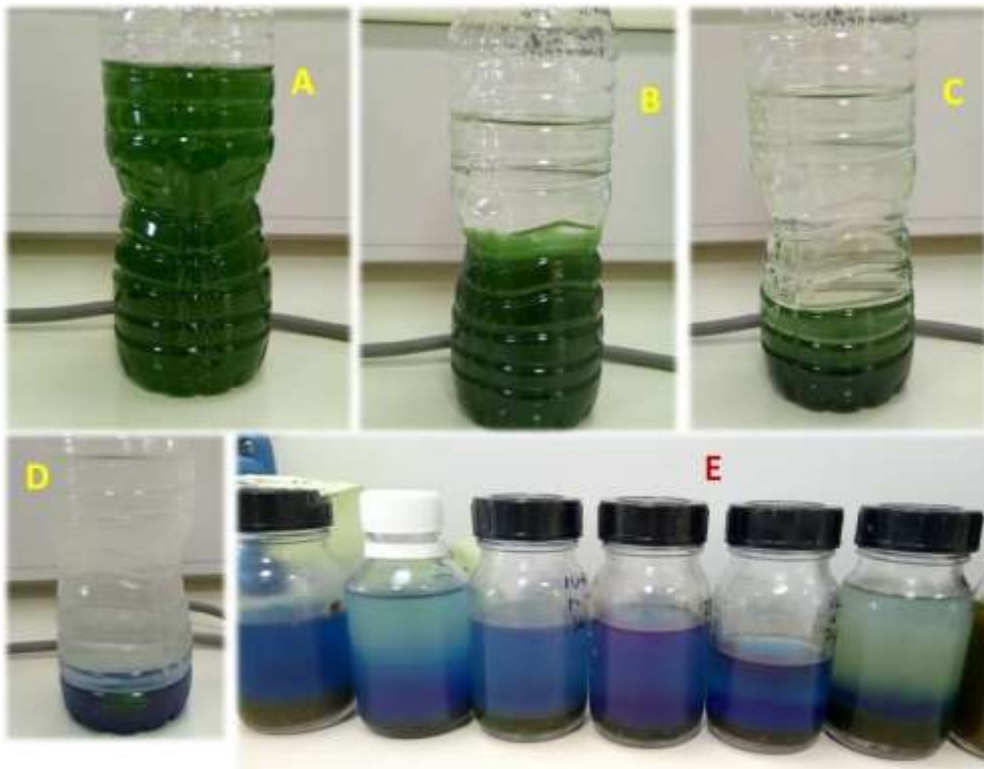
Εικόνα 35. Διαδικασία συμπύκνωσης της καλλιέργειας *Phormidium* (A) με χύσιμο της σε πλαγκτονικό δίκτυο ματιών 100 µm (B) και στράγγιση της καλλιέργειας (C) ώστε τελικά στο δίκτυο να μείνει μόνο πυκνή μάζα των νηματίων του *Phormidium* (D).

Το *Phormidium* αναπτύσσεται γρήγορα σε κανονικές συνθήκες (20-22 °C, ~4000 lux) και είναι πολύ αλοανθεκτικό 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

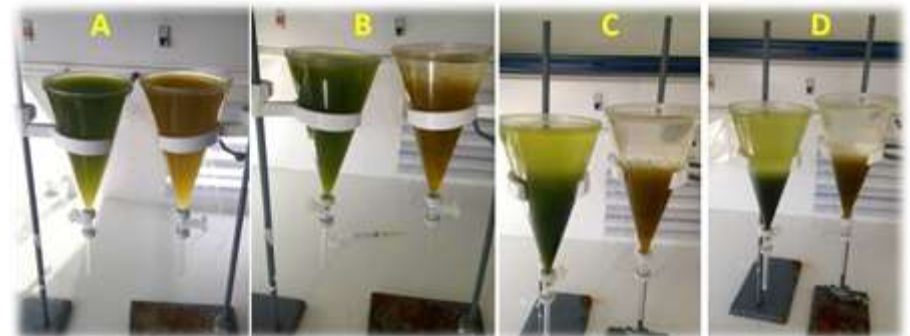
(Εικόνες 39-41) δημιουργεί μάζα νηματίων που είναι ορατά και με γυμνό οφθαλμό καθώς στροβιλίζονται με τον αερισμό στο δοχείο καλλιέργειας. Μετά από λίγες ημέρες η καλλιέργεια αποκτά λαδοπράσινο χρώμα και τελικώς λαδοκίτρινο όταν η ανάπτυξη καταλήξει σε μεγάλη βιομάζα. Το νερό με το *Phormidium* αφηρόμενο 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:

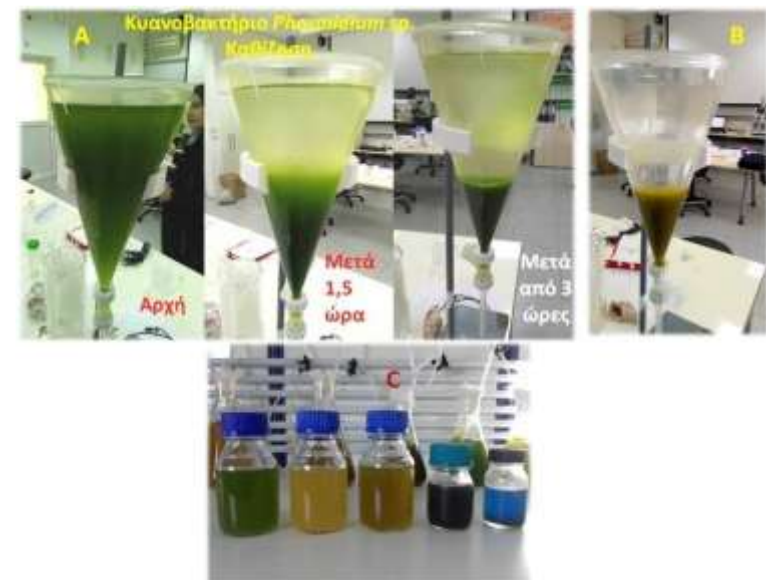
1. Αναπτύσσεται γρήγορα και φθάνει σε πυκνές συγκεντρώσεις.
2. Συλλέγεται εύκολα καθώς σχηματίζει σύντομα με αδιατάρακτη καθίζηση πυκνό ίζημα.
3. Παράγει πολλή φυκοκυανίνη.
4. Η καλλιέργειά του διευκολύνεται πολύ ως προς την επίτευξη της μονοειδικότητας καθώς τα νηματίά του διατηρούνται μόνα αυτά μέσω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



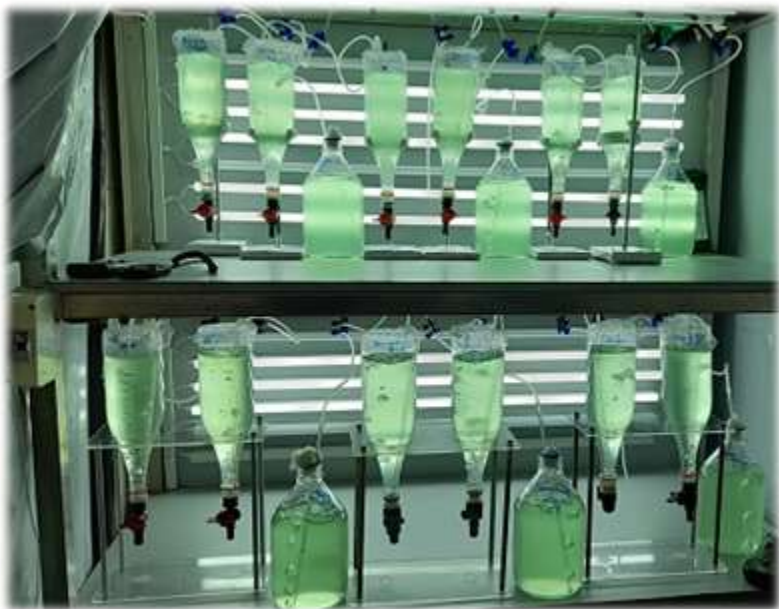
Εικόνα 36. Στα A, B, C & D καλλιέργεια *Phormidium* στην πράσινη φάση και η προϊόντος του χρόνου καθίζηση της μάζας των νηματίων του σχηματίζοντας παχύ πράσινο ίζημα (σε 3 περίπου ώρες). Στο D μετά από παραμονή 24 ωρών σε ψυγείο (~4 °C) το ίζημα απελευθέρωσε την υδατοδιαλυτή φυκοκυανίνη. Στο E δείγματα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



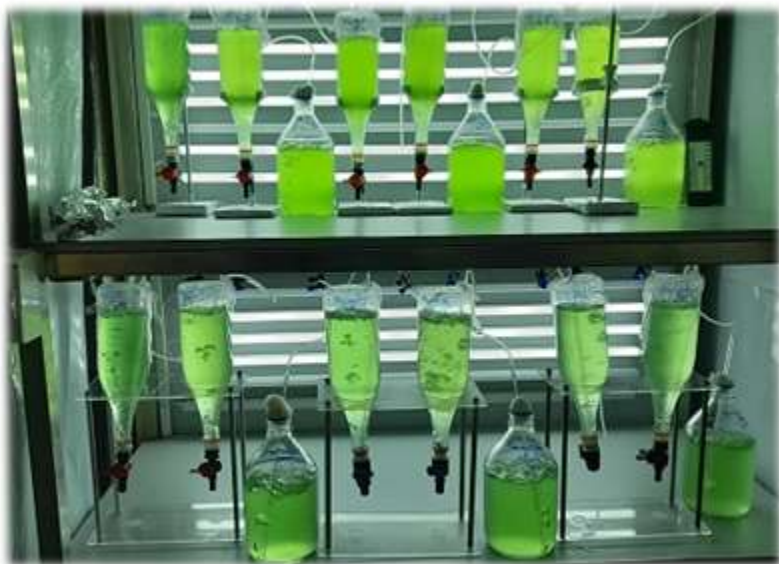
Εικόνα 37. Καλλιέργειες *Phormidium* στην πράσινη και στη λαδί φάση τοποθετημένες σε φιάλες διαχωρισμού για να φανεί η εξελισσόμενη καθίζηση και στο D το τελικό σχηματισθέν ίζημα, πράσινο για την πράσινη φάση, λαδί για τη λαδί.



Εικόνα 38. Κοντινό πλάνο από καλλιέργεια *Phormidium* στην πράσινη φάση τοποθετημένη σε φιάλη διαχωρισμού (A) στο οποίο φαίνεται η σε 3 περίπου ώρες κατακάθιση 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 καλλιεργείων *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^η ημέρα.



Εικόνα 40. Καλλιέργεια *Phormidium* 4^η ημέρα.



Εικόνα 41. Καλλιέργεια *Phormidium* 8^η 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.

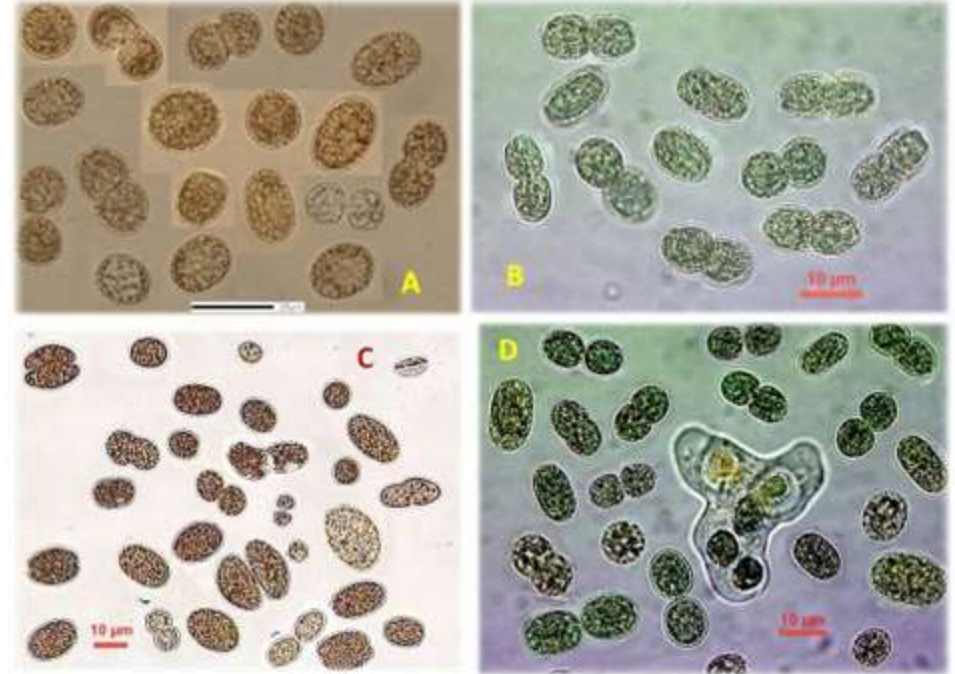


Συστηματική κατάταξη

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.



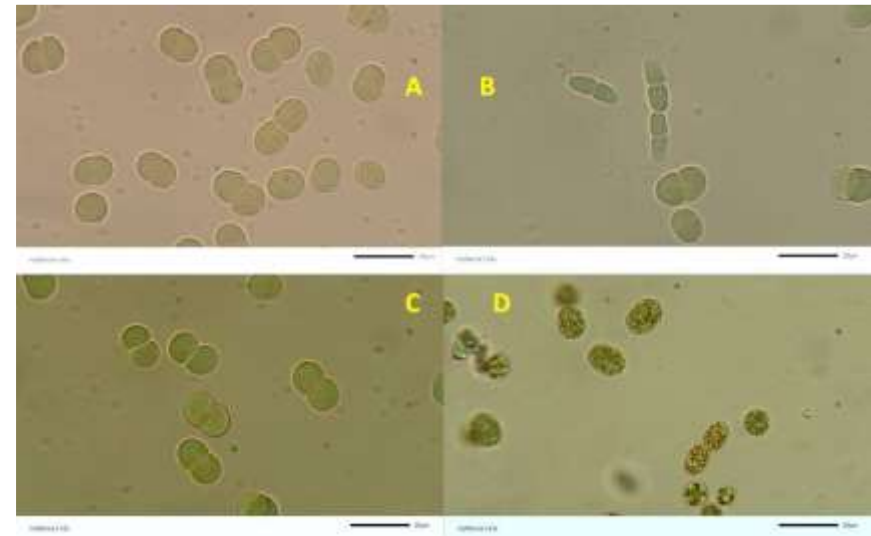
Εικόνα 43. Εντονη ποικιλομορφία των κυττάρων του απομονωθέντος από τις αλυκές Μεσολογίου κοκκοειδούς κυανοβακτηρίου *Cyanothece* sp. Στο A κολάζ κυττάρων με καφετί χρώμα, συμμετρικός οβάλ και εμφανές κυτταρικό τοίχωμα, γραμμή κλίμακας 20 μm, 630X. Στο C καφετί χρώματος με μεγάλη ποικιλία μεγεθών και μορφών. Στα B και D κύτταρα κυανοπράσινα προφανώς λόγω μεγάλης ποσότητας της χρωστικής φυκοκυανίνης. Στο D μια αμοιβάδα έχει περικλείσει ορισμένα κύτταρα και πέψει 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 ανάλογα 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

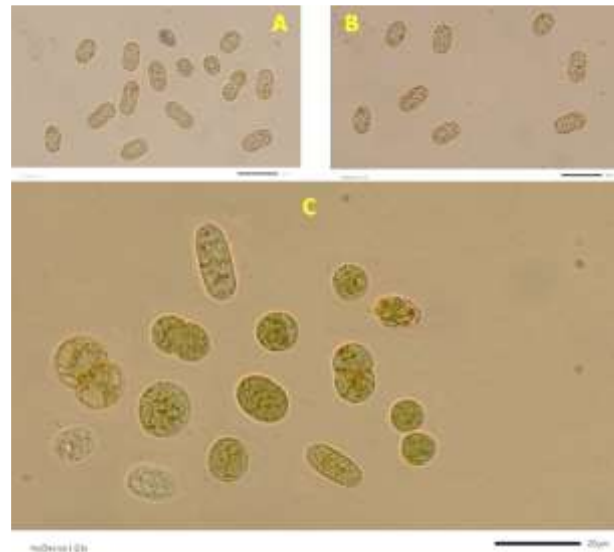
πολύαριθμα ομοιόμορφα κατανεμημένα κοκκώδη έγκλειστα. Ο χρωματισμός του κυττάρου ποικίλλει ανάλογα με τις φυσικοχημικές συνθήκες του νερού, την ηλικία της καλλιέργειας και το χρώμα των προαναφερθέντων εγκλείστων. Ετσι παρουσιάζεται χρωματικός πολυμορφισμός με κύτταρα ανοιχτό μπλε-πράσινα (κυανοπράσινα), 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.



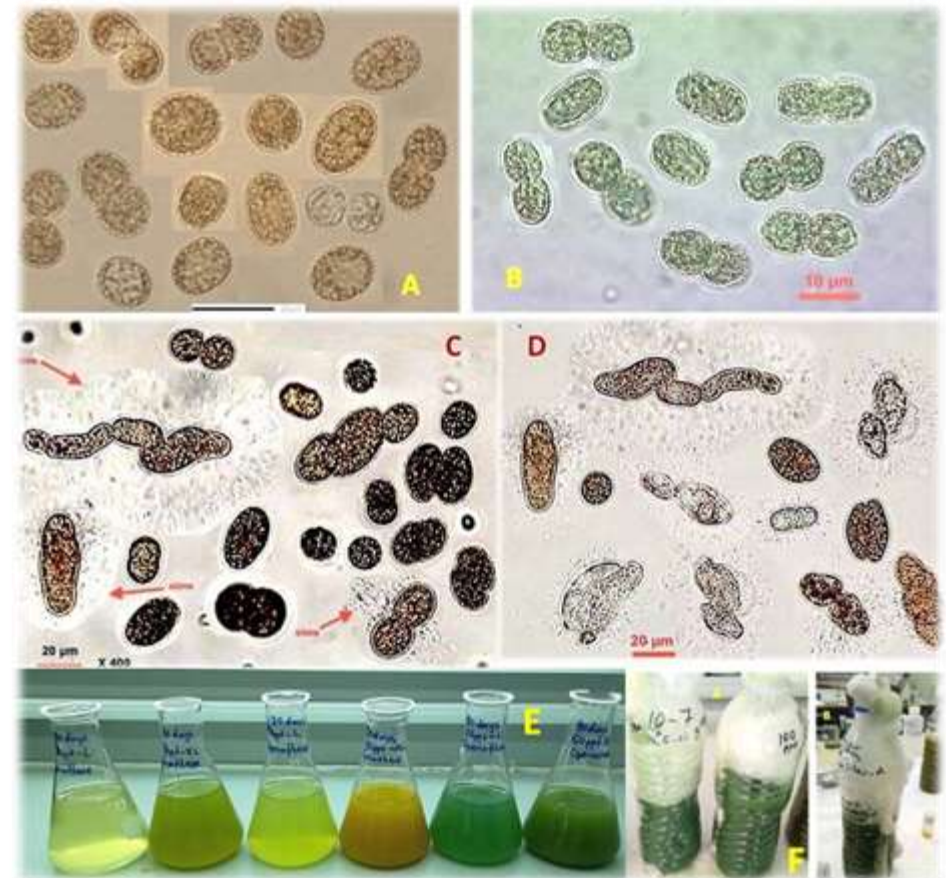
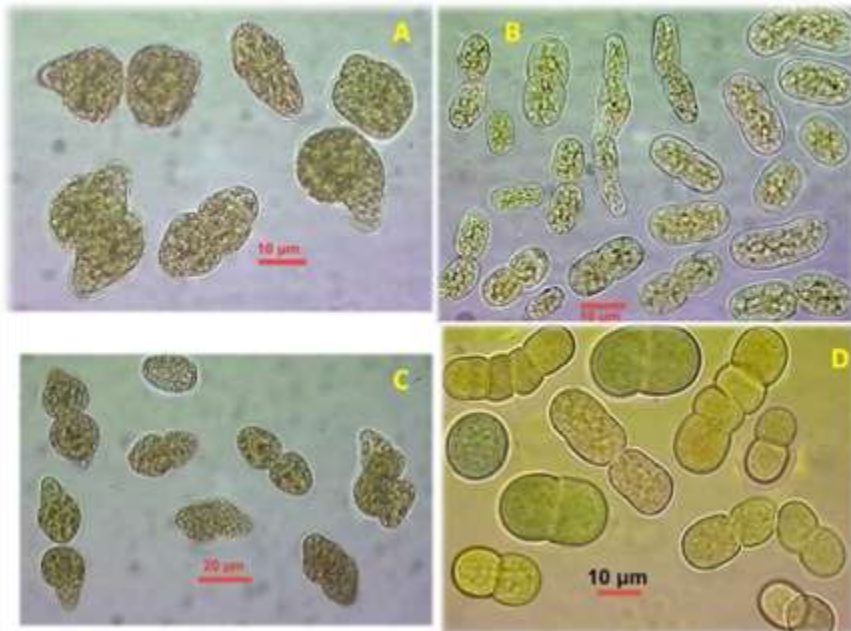
Εικόνα 44. Κοκκοειδή κυανοβακτήρια *Cyanothecce* sp. με ποικιλία μεγεθών κυττάρων και πολλές κυτταρικές διαιρέσεις. Στα A, B & C το κοκκώδες του κυτταροπλάσματος έχει αντικατασταθεί από ομοιόμορφο περιεχόμενο μετά από φυγοκέντρηση για άγνωστο λόγο. Στο D τα κύτταρα δεν έχουν υποστεί φυγοκέντρηση και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



Εικόνα 45. Κύτταρα του κοκκοειδούς κυανοβακτηρίου *Cyanothecce* 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



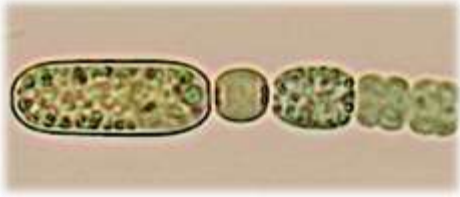
Εικόνα 46. Έντονος αφρισμός καλλιέργειών κυανοβακτηρίου *Cyanotheca* sp.



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.

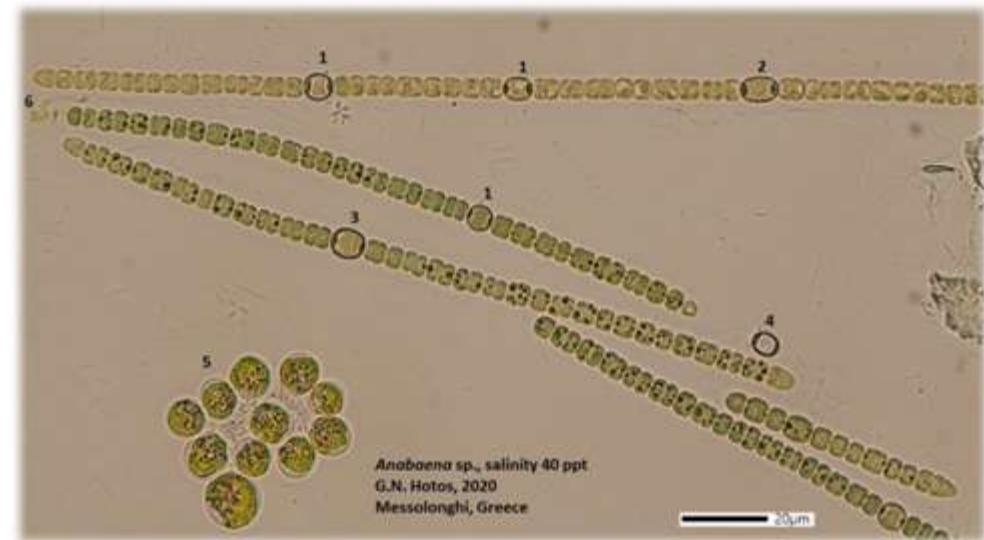


Συστηματική κατάταξη

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 απύσχα 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.

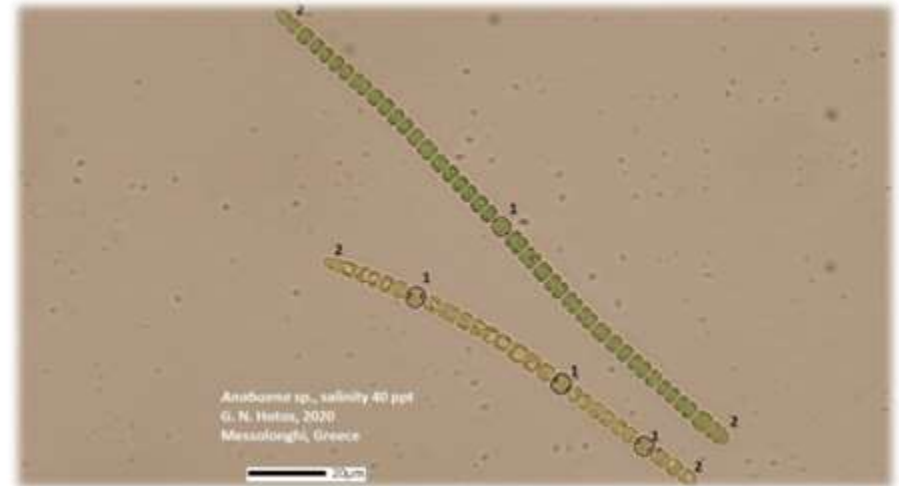


Εικόνα 49. Χαρακτηριστικά νημάτια του κυανοβακτηρίου *Anabaena* sp. Αξιοσημείωτη η ποικιλία του χρώματος των κυττάρων από λαδί έως λαδοπράσινο-πράσινο. 1= μικρά σφαιρικά ετερόκυτα, 2= οβάλ ετερόκυτο, 3= μεγάλο σφαιρικό ετερόκυτο, 4=αποσπασμένο ετερόκυτο, 5= κύτταρα-κύστες *Tetraselmis*, 6=αποσύνθεση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

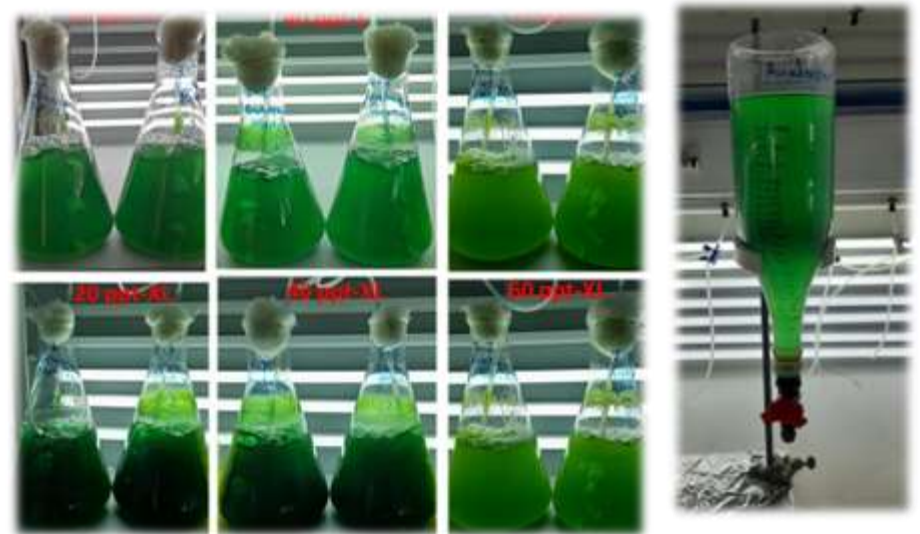
Τα ετερόκυτα είναι ευκρινώς διακριτά από τα βλαστητικά κύτταρα, έχουν σφαιρικό σχήμα προς το οβάλ και ενίοτε ελαφρώς κυλινδρικό, σπάνια εμφανώς κυλινδρικό (Εικόνες 49, 50, 53 & 54). Πάντως σε κάθε περίπτωση είναι μεγαλύτερα από τα βλαστητικά (~5,6 μm τα σφαιρικά, ~6,3 x 5,7 μm τα κυλινδρικά). Χαρακτηρίζονται 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 παρεμβαλλόμενα 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 προσορισμός τους) και υπάρχουν ως μονήρη κύτταρα στο νερό (Εικόνες 52C, 53A&B & 54).

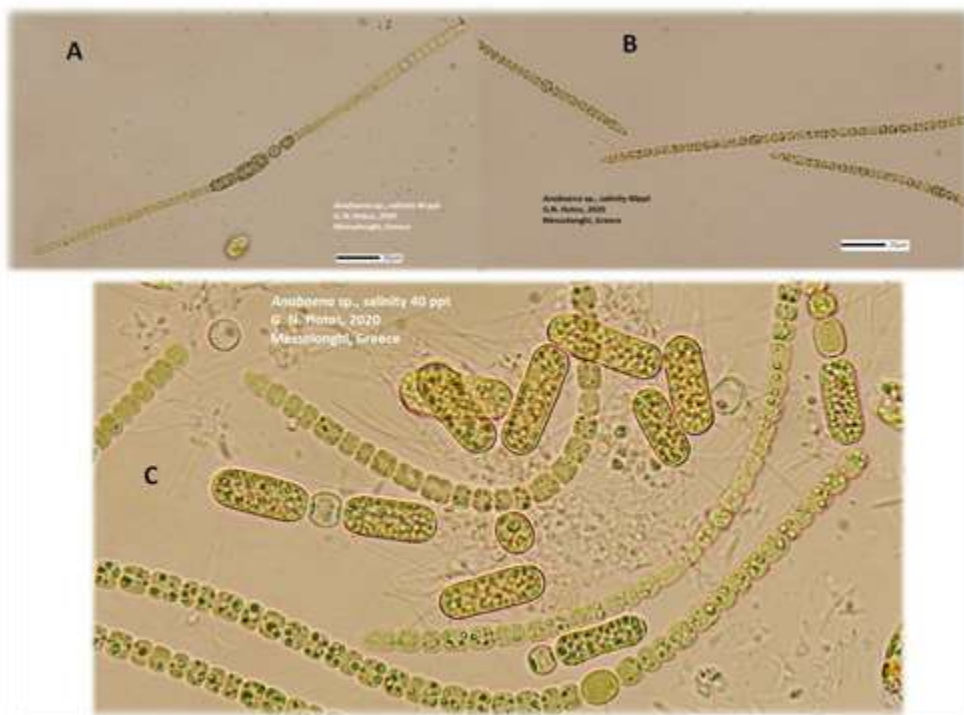
Τα νημάτια του *Anabaena* επιμηκύνονται με πολλές διαιρέσεις των βλαστητικών τους κυττάρων. Επιπρόσθετα τα νήματα σε ορισμένες θέσεις υφίστανται θραύση καθώς ορισμένα βλαστητικά κύτταρα μετατρέπονται σε νεκρίδια και αποσυντίθενται. Έτσι το νημάτιο σπάζει σε κομμάτια και αυτά τα θραύσματα επιμηκύνονται 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.



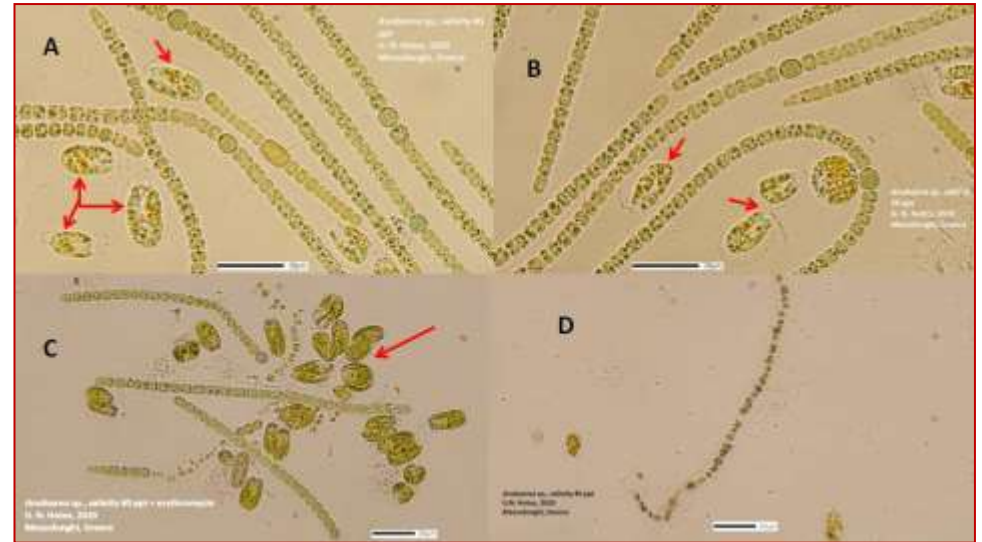
Εικόνα 50. Δύο σχετικά κοντά νημάτια του κυανοβακτηρίου *Anabaena* με έντονα διαφορετικό χρώμα. Το ένα κιτρινολαδί το άλλο πράσινο. 1=σφαιρικά ετερόκυτα, 2= ακραία κύτταρα κωνικού σχήματος. Δεν υπάρχουν ακινήτες. Αξιοσημείωτη η απόσταση μεταξύ των ετερόκυτων.



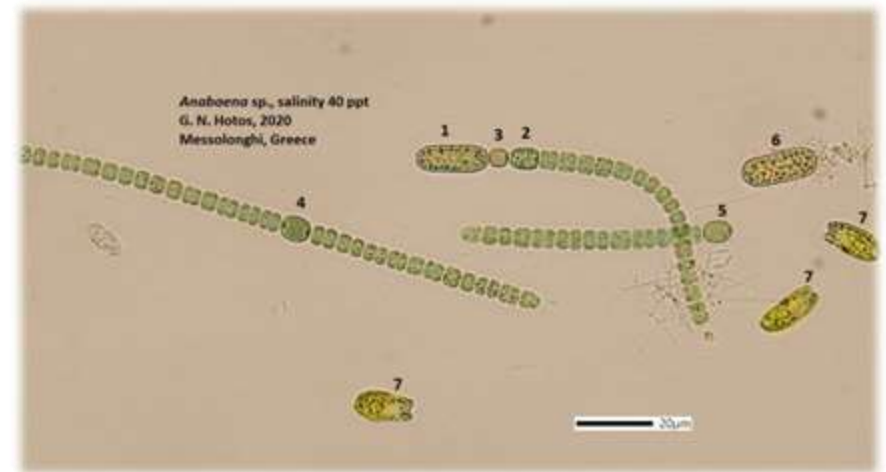
Εικόνα 51. Καλλιέργειες *Anabaena* σε διάφορες φάσεις.



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.

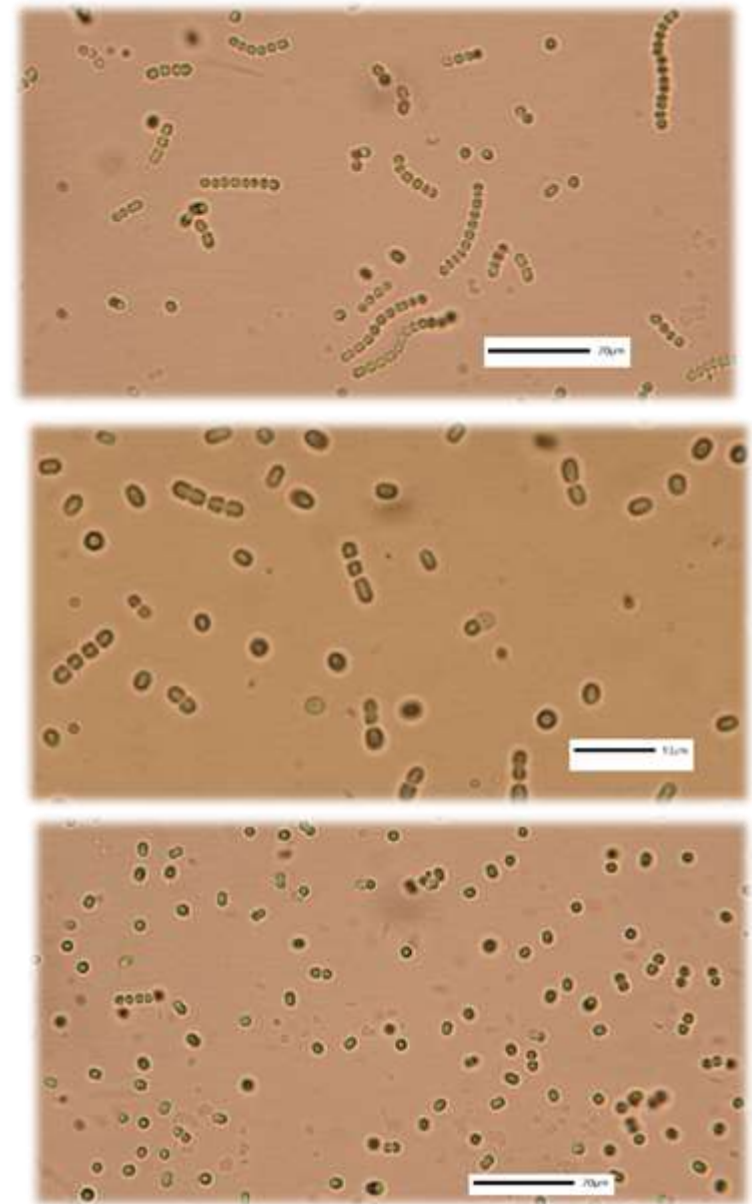
Synechococcus sp.



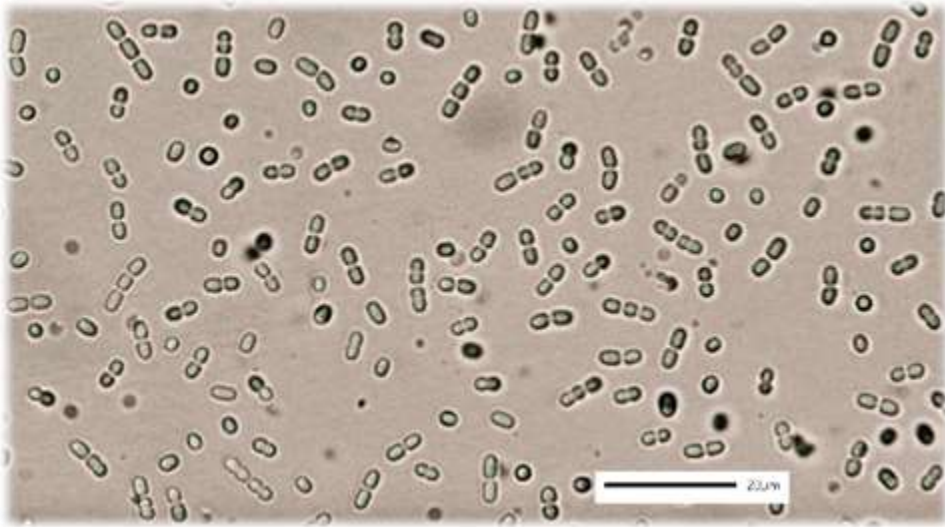
Συστηματική κατάταξη

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^η – 5^η ημέρα), φωτισμός 6000 lux.



Εικόνα 58. Χαρακτηριστική χρωματική προσαρμογή καλλιέργειας *Synechococcus* sp. στην ώριμη φάση της περιόδου καλλιέργειας (8^η – 10^η 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.