قسم الطحالب الخضر المزرقة Division: Cyanophyta

تعد هذه الطحالب من أقدم المجاميع الطحلبية التي وجدت على سطح الكرة الأرضية، تعرف قسم الطحالب الخضر المزرقة ايضاً باسم الطحالب الهلامية Myxophyta وذلك لكونها محاطة بغمد جيلاتيني وتسمى ايضاً السيانوفايت Cyanophyta وهو يتكون من مقطعين Phyta (نبات) و Cyano مصدرها (Phycocyanin) أي الصبغة الزرقاء والاسم الشائع لها Blue-green algae ، وكما انها تصنف على انها بكتريا الخضر المزرقة Cyanobacteria وذلك لوجود تشابه بينها وبين البكتريا من عدة أوجه:

- تكون افرادها بدائية النواة Prokaryote
- تكون فاقدة للأسواط
- لا يحدث فيها تكاثر جنسي ولا تحوي اعضاء تكاثرية جنسية

لذلك وضعت هذه الطحالب مع البكتريا في مملكة بدائية النواة Moneraوفقاً للتصنيف الحديث.

الصفات العامة لقسم الطحالب الخضر المزرقة:-

اولاً: البيئة والتواجد

- تنتشر هذه الطحالب في مختلف البيئات المائية (عذبة اومالحة او مويلحة) بصورة هائمة او ملتصقة وبيئة اليابسة.

- يتواجد البعض منها في المياه الملوثة بالمواد العضوية وبذلك تعتبر دلائل على تلوث المياه بالمواد العضوية منها أنواع الطحالب *Oscillatoria*و *Spirulina* و *Merismopedia* .

- البعض منها تعد سبب لظاهرة ازدهار الماء Water bloom وتتمثل هذه الظاهرة بالزيادة السريعة والمفاجئة في أعداد نوع أو أكثر من هذه الطحالب في المياه وقد تحدث هذه الظاهرة فصلياً أو في فترات متقطعة . ومن مسببات حدوث هذه الظاهرة هو توفر المغذيات النباتية وعوامل بيئية أخرى ومن الانواع المسببة لهذه الظاهرة *Microcystis, Anabaena*

- تتواجد بعض افرادها في الينابيع الكبريتية الساخنة التي تتراوح درجة حرارتها مابين50-73 م°.

-بينما يلاحظ تواجد بعض انواعها في المناطق القطبية على الثلوج كما في طحلب *Phormidium* , كما تتواجد بعض الانواع في حقول النفط والبرك النفطية.

-كما تنمو بعض الانواع داخل اجسام بعض النباتات وبصورة تعايشية كما في طحلب *Nostoc* الذي ينمو داخل جسم الحزاز *Anthoceros* وتعايش طحلب *Scytonema* مع بعض انواع الفطريات مكونة الاشنات Lichens.

ثانياً : التركيب الخلوي

ان شعبة الطحالب الخضر المزرقة تعتبر كائنات بدائية النواة Prokaryotic اي ان المادة النووية تكون فاقدة للغشاء النووي المحيط بها اذ تكون منتشرة في السايتوبلازم. كما تفتقد افراد هذه الشعبة الى وجود العضيات الخلوية الموجودة في الطحالب و الكائنات الحقيقية النواة كأجسام كولجي والمايتوكوندريا والشبكة الاندوبلازمية وقد تحتوي بعض الانواع على الفجوات الغازية Gas vacuole.

وتحاط خلية الطحلب الاخضر المزرق عادة بجدار خلوي وطبقة خارجية من مادة جيلاتينية تكون شفافة رقيقة او سميكة متعددة الطبقات اما البروتوبلاست فيتميز الى منطقتين:-

- منطقة خارجية ملونة تدعى Chromoplast
- منطقة داخلية مركزية حبيبية غير ملونة تدعى Centroplasm

ويحتوي الجزء الجزء المحيطي من البروتوبلاست على صفائح البناء الضوئيThylakoidsالمفردة و المؤلفة من غشائين سميكين وتكون غير محاطة بغشاء وتتركز على هذه الصفائح الحبيبات الصبغية phycobilisomes وهي عبارة عن صبغات البيلوبروتينات والتي تتألف من بروتينات متعددة مع صبغات phycocyaninالخضراء المزرقة وصبغة ال phycoerythrin الحمراء.

ومن المركبات الخلوية الاخرى انتشار الرايبوسومات بصورة حرة في السايتوبلازم بالإضافة الى وجود مركبات فوسفاتية متعددة مرتبطة مع البروتين وتظهر بشكل تراكيب عصوية وتعرف ب Polyphosphate bodies، كما يلاحظ وجود اجسام متعددة الاضلاع يعتقد انها تحوي انزيمات البناء الضوئي وتعرف بـ Polyhederal bodies .

ثانياً : البلاستيدات و الصبغات التمثيلية

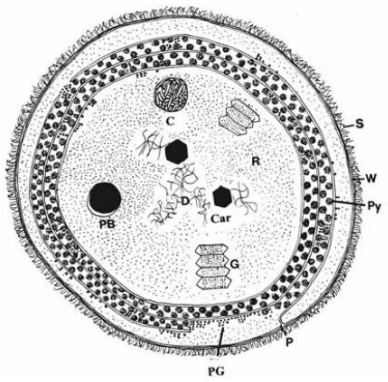
ينعدم وجود البلاستيدات وتحل الصبغات على صفائح البناء الضوئي المنتشرة في البروتوبلاست المحيطي . وتتمثل الصبغات بصبغات كلوروفيل a , وصبغة β- carotene وصبغات زانثوفيلية منها Myxoxanthophyll و Zeaxanthin و Canthaxanthin و Synechoxanthin بالإضافة الى صبغات Biliproteins وهي صبغات مرتبطة مع البروتين ذائبة في الماء و المتمثلة بالصبغة الخضراء المزرقة Phycocyanin و الصبغة الحمراء Phycoerythrin الصبغة الخضراء المزرقة المساعدة Allophycoerythrin وAllophycocyanin .

-: Carotenoids

هي الحبيبات التي تعطي اللون الاحمر او البرتقالي او الاصفر ولاتذوب في الماء وتذوب في الكحول و الايثر و البنزين والاسيتون وتتواجد عادة داخل البلاستيدات وتقسم الى مجموعتين :-

1- الكاروتين Carotene (البرتقالية)
2- الزانثوفيلات (الصفراء)

وتتواجد هذه الصبغات بانواع مختلفة حسب المجاميع الطحلبية التي تتواجد فيها .



(C) Cyanophycin body (structure granule); (Car) carboxysome (polyhedral body); (D) DNAfibrils; (G) gas vesicles; (P) plasmalemma; (PB) polyphosphatebody; (PG) polyglucan granules; (Py) phycobilisomes; (R)ribosomes; (S) sheath; (W) wall.

رابعاً :- الغذاء المخزون

الغذاء المخزون في الطحالب الخضر المزرقة يكون بشكل نشا من نوع Cyanophycean starch وهي عبارة عن مركبات كاربوهيدراتية شبيهة بالكلايكوجين الحيواني .

خامساً :- الجدار الخلوي Cell Wall

يحاط الجدار الخلوي في غالبية الاجناس بغمد او غلاف جيلاتيني mucilage sheath ويتكون من اربع طبقات مؤلفة من مركبات Mucopeptide components التي تعتبر المكون الرئيسي للجدار في الطحالب الخضر المزرقة وقد يكون شفاف ورقيق او مون وسميك.

سادساً :- الاسواط Flagella

تفتقر الطحالب الخضر المزرقة الى وجود الاسواط او الاهداب في الاشكال الخضرية و التكاثرية .

الحركة Motility

بالرغم من عدم احتواء الطحالب الخضر المزرقة على اي وسيلة للحركة كالاسواط والاهداب الا انه لوحظ انواع من الحركة لبعض الانواع الخيطية وخصوصاً مجموعة Oscillatoriaceae و Nostocaceae سميت هذه الحركة بـ الحركة التزحلقيةgliding او الزاحفة Creeping او الانحنائية فيلاحظ ان الطحلب يثني جسمه ويلتوي لكي يتحرك حركة انزلاقية او يحدث الحركة اما بحركة نهاية الخيط حركة دورانية او حركة شبيهة بحركة بندول الساعة وفي كلا الحالتين يتحرك الطحلب الى الامام او الخلف وتسمى هذه الحركة بالحركة التذبذبية وقد فسرت هذه الحركة على اساس عدة افتراضات منها:

- ان جدار الخلية يحتوي على ثقوب تفرز عن طريق هذه الثقوب مواد جيلاتينية من داخل الخلية الى الخارج تساعد في انزلاق الطحلب .

-الافتراض الآخر هو ان جدار الجسم يحتوي لييفات بتقلص و انبساط هذه اللييفات تتم حركة الطحلب .

ان هذه الانواع تزداد سرعتها بالحركة بازدياد الاضاءة وارتفاع درجة الحرارة 10 م° اي انها تتاثر بالعوامل البيئية.

ظاهرة التكيف اللوني (ظاهرة جايدكوف)(Giadkoff phenomenon) Pigment adaptation

ان افراد شعبة الطحالب الخضر المزرقة لها القابلية على الظهور باكثر من لون كاللون الاخضر المزرق او الاحمر او البني او الاسود وهذا قد يعود الى لون الغلاف الجيلاتيني المحيط بجسم الطحلب والى وجود الصبغات البيلوبروتينية الخضراء المزرقة او الحمراء بكميات كبيرة داخل الخلايا . لاحظ العالم جايدكوف:

- ان لعامل الاضاءة اثر كبير في ظهور او اختفاء الصبغات اذ لاحظ ان الصبغة الحمراء تزداد كميتها وتختفي الصبغة الخضراء المزرقة كلما كانت الاضاءة قليلة ويحدث العكس تحت الاضاءة الشديدة .

-ويعتقد البعض ان ظهور و اختفاء هذه الصبغات يعود الى عوامل اخرى مثل العوامل الغذائية في البيئات التي يعيش فيها الطحلب او قلة او نفاذ النتروجين من اماكن تواجد الطحلب او يعود الى عوامل بيئية اخرى . ومن الامثلة على ذلك وجود طحلب *Trichodesmium* الاخضر المزرق بكميات كبيرة وعلى عمق كبير تحت سطح الماء في مياه البحر الاحمر يعطي اللون الاحمر لمياه السواحل في هذا البحر.

سابعاً : - التكاثر : ينعدم التكاثر الجنسي في الطحالب الخضر المزرقة لذلك فهي تتكاثر تكاثراً خضرياً ولا جنسياً فقط

1-التكاثر الخضري Vegetative Reproduction ويحدث بطريقتين الانقسام الخلوي البسيط Binary fissionو التجزؤ Fragmentation

التكاثر اللاجنسي Asexual Reproduction ويحدث بتكوين الخلايا او الابواغ التالية :-

1- **الخلية الساكنة Akinete** / وهي عبارة عن خلية خضرية تكبر بالحجم وتمتلئ بحبيبات الغذاء المخزون Cyanophycean granules وتحيط نفسها بجدار سميك وتبقى هذه الخلية بفترة سكون لفترة ثم تنمو الى طحلب جديد او قد تنقسم محتوياتها الى ابواغ ينمو كل منها بعد تحرره الى طحلب جديد . وتتواجد هذه الخلية في الانواع الخيطية كما في طحلب *Anabaena*.

2- **الحويصلة المغايرة Heterocyst**

وهي خلية خضرية محورة محاطة بجدار ثلاثي الطبقات وخالية من حبيبات Cyanophycean granules وتحتوي على كلوروفيل a وتفتقر الى وجود صبغات البيلوبروتين ولها عقدة او عقدتين قطبية تمثل مناطق اتصالها بالخلايا الخضرية المجاورة ان لهذه الخلية القدرة على تثبيت النتروجين الجوي لاحتوائها على انزيم Nitrogenase ، وتكون موقعها اما طرفي Terminal او بيني Intercalary.

وظائف الحويصلة المغايرة

1-تمثل هذه الخلية وسيلة للتكاثر حيث تمثل مناطق أنفصال للخلايا الخضرية (الهورموكونات) والتي تنفصل عن الطحلب الام لتكون طحلب جديد.

2-يعتقد البعض أنها أعضاء تكاثرية مختزلة حيث أثبتت الدراسات أن لهذه الخلية القدرة على الانبات وتكوين طحلب جديد (تحت ظروف مختبرية).

3-أن أحتواء الحويصلة المغايرة على أنزيم Nitrogenaseيثبت أن لهذه الخلية القدرة على تثبيت النتروجين الجوي.

4-وجود الخلايا الساكنة قرب هذه الخلية يجعل البعض يعتقد أن الحويصلة المغايرة تحث على تكوين الخلايا الساكنةAkinete .

5-وجود هذه الخلية في منطقة التفرعات الكاذبة في بعض الاجناس يجعل البعض يعتقد أن للحويصلة المغايرة علاقة بحدوث هذا النوع من التفرع.

3- **الابواغ الخارجية Exospores :** يحدث في بعض الاجناس اذ تنشأ هذه الابواغ بتخصر قمة الجدار الخلوي للخلية وانفصاله بشكل تركيب كروي مع جزء من محتويات الخلية الام وقد تبقى هذه الابواغ متصلة بالخلية الام لتكون سلسلة متلاصقة تسقط بعدها وينمو كل منها الى طحلب جديد ويمكن ملاحظتها في طحلب *Chamaesiphon*.

4- **الابواغ الداخلية Endospores**

تتكون هذه الابواغ بانقسام بروتوبلاست الخلية مع المادة النووية الى جزئين او اكثر تتحررمن الخلية الام لتنمو الى طحالب جديدة كما في طحلب *Dermocarpa*.

5-الابواغ او الاكياس الصغيرة Nannospores or Nannocysts

وتتكون بانقسام الخلية البسيط بشكل متكرر وسريع فتتكون خلايا اصغر من الخلايا الام وتكبربعدها بالحجم مكونة طحلب يشابه الطحلب الام كما في طحلب *Gloeocapsa*

6- ابواغ او اكياس Hormospores or Hormocysts

يحدث في بعض الاجناس عندما تكون الظروف البيئية غير ملائمة، ان تحيط مجموعة من الخلايا الخضرية الطرفية نفسها بجدارسميك وتبقى محتفظة بحيويتها لحين توفر الظروف الملائمة لتنمو الى طحلب جديد .

تصنيف الطحالب الخضر المزرقة

صنفت أفراد قسم Cyanophyta الى صف واحد Class : Cyanophyceae ويضم هذا الصف خمسة رتب Orders صنفت على أساس التركيب والشكل الخضري والبيئة والتواجد وطرق التكاثر وهذا التصنيف متبع من قبل كثير من العلماء.

Order : Chamaesiphonales

وتضم هذه الرتبة أجناس تتصف بما يأتي:

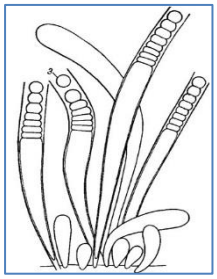
1-معظمها بحرية المعيشة وتنمو عادةً ملتصقة على الصخور أو النباتات الاخرى.

2-أفرادها وحيدة الخلية مثل *Chamaesiphon* أو بشكل تجمعات خلوية مثل *Dermocarpa* .

3-تتكاثر بتكوين الابواغ الخارجيةExospores .

Genus : *Chamaesiphon sp*

طحلب خيطي يتكون جسمها من خلايا اسطوانية تحاط بغلاف جيلاتيني رقيق او سميك وملون ويكون طولها اكثرمن عرضها. وتتصل على الاسطح بواسطة قاعدتها. وتتميز بتكوين ابواغ خارجية exospores وقد تكون بشكل سلسلة من الابواغ والتي وتنطلق بسهولة عند تمزق غلاف خلية الام. وتتواجد بشكل ملتصق على اسطح او على نباتات أو طحالب اخرى.



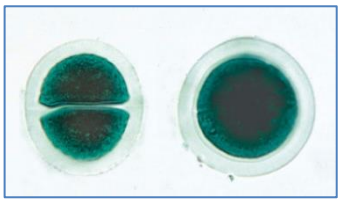
Order: Chroococcales

وتتصف بما يلي:

1-تتواجد في المياه العذبة والمويلحة والمالحة.
2-تنمو بصورة هائمة أو ملتصقة على الصخور.
3-تضم أجناس أحادية الخلية أو مستعمرات منتظمة أو تجمعات للخلايا ويحاط جسمها بغلاف جيلاتيني شفاف أو سميك وملون.
4-تتكاثر بالانقسام الخلوي البسيط أو بالتجزؤ أو بتكوين الابواغ.

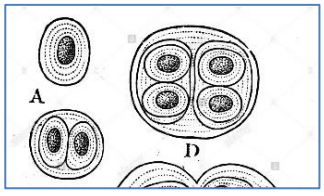
Genus *Chroococcus*

طحلب أحادي الخلية كروية الشكل وقد يتجمع بشكل مستعمرات تظهر خلاياه عند الانقسام نصف كروية ، تحاط الخلية بغلاف جيلاتيني هلامي رقيق عديم اللون أما محتويات الخلية فتتميز بلونها الاخضر والأخضر المزرق .



Genus *Gloeocapsa*

طحلب أحادي الخلية قد يتجمع بشكل مستعمرات ويشبه ال*Chroococcus* في صفاته على أنه يمكن تمييزه عند الانقسام تكون خلاياه كروية وتحيط الخلايا بغلاف جيلاتيني سميك وملون والذي يكون لونه بني أو أحمر بنفسجي.

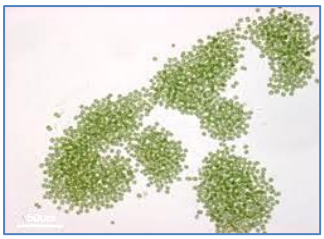


Genus Merismopedia

طحلب تتواجد بشكل مستعمرات ذات لون ازرق فاتح او اخضر، خلاياه ذات شكل قرصي أو نصف كروي ويكون شكل مستعمرات منتظمة مربعة أو مستطيلة وتتكون المستعمرة الواحدة من (4 – 512) خلية مرتبة بشكل أزواج الخلايا وتكون المسافة بين كل زوج من الخلايا متناسقة، ولذا يمكن تميز نوعين من المسافات البينية في المستعمرة الواحدة، وهي المسافات البينية الصغيرة والمسافات الكبيرة بين كل صف من الخلايا.

Genus Microcystis

طحلب يعيش بشكل مستعمرات دائرية أو اهليجية او ذات شكل غير منتظم غالباً ، محاطةً بغلاف جيلاتيني وغير ملون. وقد يكون عدد أفرادها غير محدد، الخلايا كروية الشكل وغالباً ما تحتوي على فجوات غازية gas vacuoles . بعض انواعه تسبب ظاهرة Water Bloom أو تفرز مواد سامة تؤدي الى موت الاحياء المائية.



Order : Nostocales

1-تتواجد في المياه العذبة والمويلحة والمالحة أما بصورة هائمة وقد تسبب بعض انواعها ظاهرة ازدهار الماء Water bloom أو تنمو ملتصقة على الطين أو الصخور أو الرمال ، كما يتواجد البعض منها على اليابسة في المناطق الرطبة.

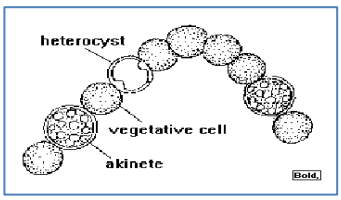
2-تضم هذه الرتبة أكبر عدد من الاجناس العائدة لهذه الشعبة وتكون ذات أشكال خيطية أو حلزونية أو ذات تفرع كاذب، وقد تتجمع الخيوط داخل غلاف جيلاتيني فتكون مستعمرات منتظمة أو غير منتظمة.

3-تتكاثر بتكوين الهورموكونيا Hormogonia او بالحويصلات المغايرةHeterocysts أو بالخلايا الساكنة Akinetes.

Family : Nostocaceae

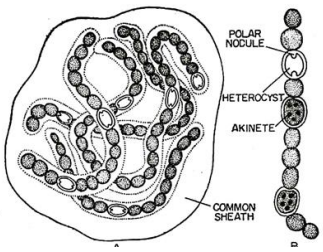
Genus : *Anabaena*

طحلب خيطي غير متفرع يتألف من سلسلة من الخلايا الخضرية الكروية أو البرميلية الشكل , وهي أكبر حجماً من خلايا طحلب *Nostoc* ويتخلل تلك الخلايا الحويصلات المغايرة كما توجد الخلايا الساكنة Akinetes ضمن الخلايا او في نهاية الخيط ولها اشكال مختلفة حسب النوع. وبعض انواعه مهمة من الناحية الزراعية تضاف للتربة كونها تثبت النايتروجين الجوي كما في حقول الرز والبقوليات.



Genus : *Nostoc*

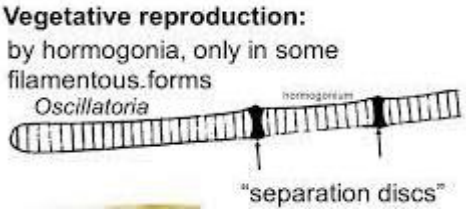
طحلب خيطي تعيش بشكل مستعمرات، تتألف من سلسلة من الخلايا الخضرية الكروية أو القرصية الشكل تشبه المسبحة تتخللها خلايا اكبر حجماً وكروية الشكل ذات عقدتين قطبيتين أذا كانت موقعها في الوسط وعقدة واحدة أذا كانت طرفية وهي الحويصلات المغايرة heterocyst's , كما تلاحظ الخلايا الساكنة Akinetes ,ويتواجد في المياه وعلى التربة بعضها يتواجد بشكل تعايشي مع نبات *Anthoceros* (حزازيات) وبعض انواعه مهمة من الناحية الزراعية كونها تثبت النايتروجين الجوي تحافظ على رطوبة التربة وبعضها سامة وأخرى تنتج مضادات حيوية.



Family : Oscillatoriaceae

Genus : *Oscillatoria*

طحلب خيطي يتألف من خلايا خضرية اسطوانية الشكل ، وأن طول الخلية أقصر من عرضها وتكون الخلايا الخضري متراصة ويمكن تمييز الخلية القمية التي عادةً ما تكون مدورة أو كروية او مستدقة أو قبعية Capitate أما الخلية القاعدية فتكون مستوية وهناك خلايا مقعرة الوجهين هي الخلايا الميتة Dead Cells وتسمى المنطقة المحصورة بين خليتين ميتتين بالHormogonium جمعها Hormogonia والتي عند انفصالها تنمو لتعطي خيط طحلبي.



Genus : *Lyngbya*

طحلب خيطي يشبه طحلب ال *Oscillatoria* ولكن يمتلك غلاف جيلاتيني سميك بارز بشكل واضح جداً الذي يكون في الغالب ملون ويمتد الى مقدمة الخيط، الخيوط ملتفة بكثافة حول نفسها اغلب أنواعه سامة.

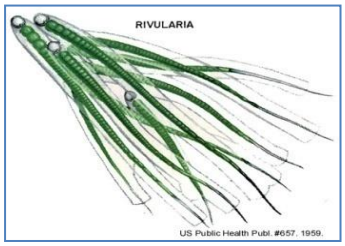
Genus : *Spirulina*

طحلب خيطي بسيط حلزوني غير متفرع تنعدم فيها الحواجز الخلوية ، لون الخيط أزرق فاتح مائل الى الاخضرار ، ويختلف طوله وعدد لفاته وسمكها حسب نوعها. يتواجد في المياه العذبة وكذلك في المياه الملوثة جداً كمياه المجاري والمصانع ومصافي النفط، ويعتبر الطحلب مهم من الناحية الغذائية بسبب ما يحتويه من مواد غذائية ذات طاقة عالية متمثلة بالسكريات والبروتينات والدهون بالاضافة الى المواد الطبية والصيدلانية.

Family : Rivulariaceae

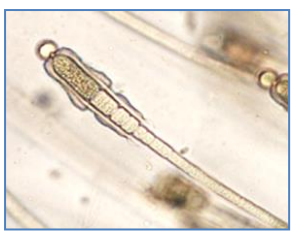
Genus : *Rivularia*

طحلب خيطي تكون الخلايا كروية أو شبه كروية أو ذات شكل منتظم مستدق النهاية ويوجد عند قاعدة كل خيط حويصلة مغايرة Basal Heterocyst ولا تحتوي على خلية ساكنة Akinete، وتكون الخلايا القريبة من القاعدة كبيرة وتضيق أو تستدق كلما ابتعدنا عن القاعدة، ويحاط الخيط بغلاف جيلاتيني واضح الى نهاية الخيط ويصبح اقل وضوحاً عند قاعدة الخيط، تترتب الخيوط بشكل مستعمرة شعاعية أو متوازية .



Genus : *Gloeotrichia*

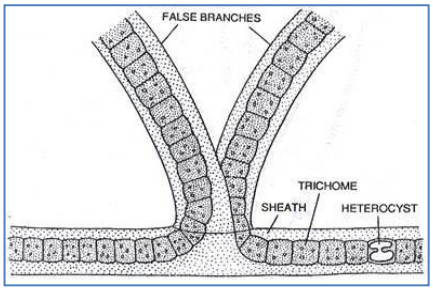
طحلب خيطي يحاط بغلاف جيلاتيني أكثر وضوحاً من طحلب *Rivularia* تمتد الى ما بعد الخلية الساكنة Akinete الملاصقة للحويصلة المغايرة القاعدية الموقع، وتترتب الخيوط بشكل مستعمرة شعاعية أو متوازية.



Family : Scytonemataceae

Genus : *Scytonma*

طحلب خيطي خلاياه تكون اسطوانية او مربعة، متفرع تفرعاً كاذباً ثنائيا pseudobranch حيث ينشأ الفرعان الكاذبان بين كل حويصلتين مغايرتين ، الغلاف الجيلاتيني واضح ، ويمكن ملاحظة أكثر من حويصلة مغايرة في الخيط . ويختلف عن جنس *Tolypothrix* بانه ينشا تفرع كاذب احادي عند كل حويصلة مغايرة.



Order : Stigonematales

1- تتواجد ملتصقة على الصخور أو الرمال.

2-تضم أجناس قليلة ذات شكل خيطي ذو تفرع حقيقي , الخيط مؤلف من أكثر من صف من الخلايا ويحتوي الخيط على الحويصلات المغايرة.

3-تتكاثر بتكوين الـ Hormogoniaمثل طحلب *Stigonema*

Family : Stigonemataceae

Genus *: Stigonema*

طحلب خيطي ذان تفرع حقيقي ، الخلايا تترتب في صف واحد أو اكثر من صف ، الغلاف سميك، ويكون النمو قمي، والتكاثر عن طريق تكوين الهورموكونيات.