مهندسی آب و فاضلاب

T.me/mohandesifazelab

جلوتر از دیگران حرکت کنید

اطلاعات آموزشی

اطلاعات فنی و مهندسی

اخبار روز آب و فاضلاب

اخبار استخدامی کارفرمایان

T.me/mohandesifazelab

Instagram.com/abfaeng

شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

معاونت نظارت بر بهره‌برداری

راهنمای شناسایی جلبک‌ها و نماتدها در آب شیرین

دفتر نظارت بر بهداشت آب و فاضلاب

شورای سیاست‌گزاری کیفیت آب

ویراست نخست- اردیبهشت ۹۱

بسمه تعالی

در راستای بهره گیری از تجربه‌های مدیران کنترل کیفیت آب شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی برای سیاست گزاری‌های کلی و همچنین پشتیبانی نرم‌افزاری در قالب تهیه‌ی دستورالعمل‌ها، استانداردها، شیوه‌های کاری که باعث ایجاد تسهیل در امور مرتبط با کنترل کیفیت آب می‌شود، شورای سیاست گزاری کنترل کیفیت آب تحت نظارت معاونت نظارت بر بهره‌برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور فعالیت می‌نماید.

با توجه به فقدان راهنمای جامع بیولوژی، در این نوشتار سعی بر آن است تا با نگرشی بر روی طبقه بندی و نقش جلبک‌ها در منابع آب شرب و نحوه مقابله و اندازه گیری میزان آن ها در منابع آب مطالب کلی و مفیدی برای مهندسین آب و فاضلاب و کارشناسان کنترل کیفیت آب و دیگر علاقمندان ارائه شود.

امید است با بکارگیری این راهنما توسط واحدهای ذیربط، به اهداف تضمین کیفیت آبی که به دست مصرف کننده می‌رسد دست یابیم.

حمیدرضا تشیعی

معاون نظارت بر بهره‌برداری

خرداد ماه ۱۳۹۱

تهیه کنندگان:

سهراب طالبی	عضو شورای سیاستگزاری بهداشت آب ومدیر دفترکنترل کیفی آب و فاضلاب شهری آذربایجان غربی
محمد حسن ربیعی راد	عضوشورای سیاستگزاری بهداشت آب ومدیر دفترکنترل کیفی آب و فاضلاب شهری اصفهان
محمد احمدی جبلی	عضو شورای سیاستگزاری بهداشت آب و رئیس اداره کنترل کیفی استان قم
فاطمه حاجیلاری	مسئول آزمایشگاه های استان آذربایجان غربی
سکینه معادی	کارشناس میکروبیولوژی
سمیه پارسا نیا	کارشناس ارشد میکروبیولوژی
زهرا قوی پنجه	کارشناس بهداشت محیط

تایید کنندگان، اعضای شورای سیاست گزاری کیفیت آب:

رییس شورای سیاستگزاری

۱. کوشیار اعظم واقفی	مدیر دفتر نظارت بر بهداشت آب شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

اعضای شورای سیاستگزاری

۲. محمد احمدی جبلی	رییس اداره آبفار شهرستان قم
۳. غلامرضا احمری	مدیر کنترل کیفی آبفای استان مرکزی
۴. غلامرضا ترابی	کارشناس مدیریت آبفار استان تهران
۵. محمد حسن ربیعی راد	مدیر کنترل کیفی آبفا استان اصفهان
۶. اسماعیل روحبخش	رئیس اداره کنترل کیفی آبفار استان گیلان
۷. سید محمد سید خادمی	مدیر کنترل کیفی آبفا استان گلستان

۸. فریبرز موسس	مدیر کنترل کیفی آبفا استان کردستان
۹. مریم فقیهی	کارشناس کنترل کیفی استان تهران
۱۰. سهراب طالبی	مدیر کنترل کیفی آبفا استان آذربایجان غربی
۱۱. علی رحیمی زاد	مدیر کنترل کیفی آبفار استان اردبیل
۱۲. مهر شاد سلیمان نژاد	مدیر کنترل کیفی آبفار استان ایلام

<u>دبیر شورای سیاستگزاری</u>

۱۳ . شراره لبافی	کارشناس دفتر نظارت بر بهداشت آب شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

فهرست	صفحه

مقدمه	۲
رده‌بندی و شناسایی جلبک‌ها	۲
نقش جلبک‌ها در منابع آب شرب	۳۰
رشد جلبک های سبز، آبی سمی در منابع آب شرب ـ عوامل ایجاد طعم و بو	۳۱
علل سرایت و آلودگی منابع آب شرب توسط جلبک سبز ـ آبی	۳۱
چرا رشد و تکثیر جلبک سبز ـ آبی مورد توجه تأمین کنندگان آب مشروب می‌باشند	۳۱
چگونه پی به وجود مسئله ببریم	۳۲
مسمومیت انسان‌ها	۳۲
جلبک‌های سمی	۳۸
گونه‌های جلبکی سمی آب شیرین و شور	٤۰
شناخت برخی از گونه‌های مهم جلبکی مضر	٤۲
سندرم ها ی انسانی ناشی از جلبکهای دریایی سمی	٤٤
کنترل و حذف	٤٦
نحوه‌ی مقابله با خطر بالقوه وجود سیانوباکتریای سمی در سیستم تأمین آب	٤٦
روش‌های مختلف تصفیه برای حذف سلول‌های سیانوباکتریا	٤۷
روش‌های تصفیه	٤۷
برنامه‌ی اجرایی تصفیه	٤۹
مقابله با گونه‌های دیگر جلبک	٤۹
اندازه‌گیری کلروفیل a	۵۱
اندازه‌گیری کلروفیل با روش اسپکتروفتومتری	۵۳
روش آزمایش نماتدها	۵۵
روش آزمایش فیتوپلانکتون‌ها	۵٦
شمارش کلی با تمام لام Complet	۵٦
تکنیک رنگ آمیزی	۵۷
استانداردها	۵۸
منابع	۵۹

مقدمه

بخش وسیعی از جلبک‌های آبزی را انواع تک سلولی تشکیل می‌دهند و فقط درصد معدودی از آنها را جلبک‌های پر سلولی که گاهی طول آنها تا ۵۰ متر یا بیشتر می‌رسد به وجود می‌آورند به جلبک‌ها به طور کلی فیتوپلانکتون (phytoplankton) یا گیاهان معلق در آب می‌گویند. عوامل اصلی رشد و نمو این جلبک‌ها، نور، گاز کربنیک و مواد معدنی موجود در آب می‌باشند بنابر این رشد و نمو آنها منحصراً محدود به منطقه‌ای است که نور خورشید در آن نفوذ می نماید.

در زنجیره‌ی غذایی ابتدا جلبک‌ها تولیدات اولیه را از طریق فتوسنتز به وجود می‌آورند و حد اکثر میزان در این چرخه، مربوط به آنها می‌باشد. جانوران ریز معلق در آب زئوپلانکتون ها(zooplanktons) که درواقع قدرت شنا در جهت عکس جریان آب را ندارند، تولیدات ثانویه یا تولیدات مرحله‌ی دوم را بوجود می‌آورند، در آب شیرین دافنی‌ها که سابقاً در حوض‌ها و آب انبارها به طور فراوان یافت می‌شد، معروف‌ترین نوع زئوپلانکتون یا جانوران معلق در آب را تشکیل می‌دهند. زئو پلانکتون‌ها از جلبک‌ها تغذیه می‌نمایند.

رده‌بندی و شناسایی جلبک‌ها

جلبک‌های سبز(کلروفیسه) **Chlorophyceae**

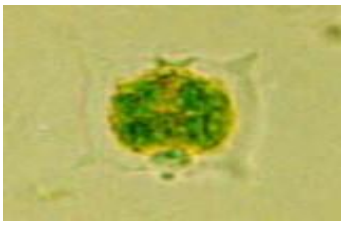
به صورت مجتمع و سلول‌هایی که شنا می‌کنند

۱- کلامیدو موناس Chlamydomonas

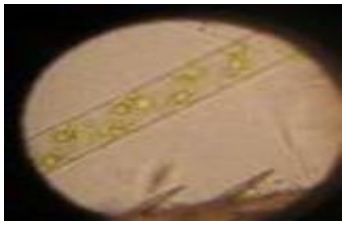
۲- کلرو گونیوم Chlorogonhum

۳- براکیوموناس Brachiomonas

۴- پتروموناس Pteromonas

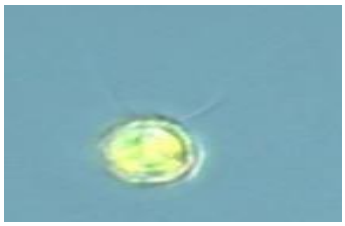


۵- هماتوکوکوس Hematococcus



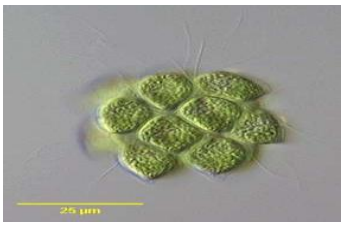
۶- لوبوموناس Lobomonas

۷- فاکو توس Phcotus

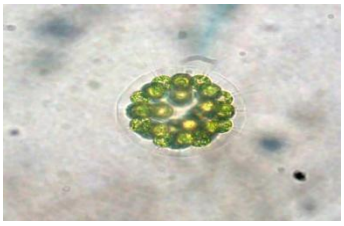


۸- پیرامی‌موناس (Pyramimonas):

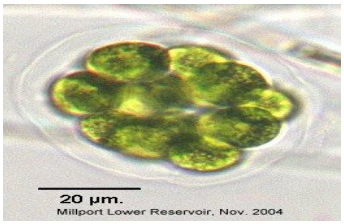
۹ -پیروبوتریس (Pyrobotrys):



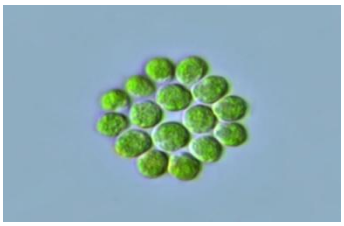
۱۰ - یودورنیا (Euodorina):



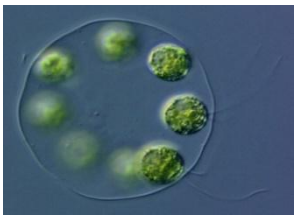
۱۱ - پاندورینا (Pandorina):



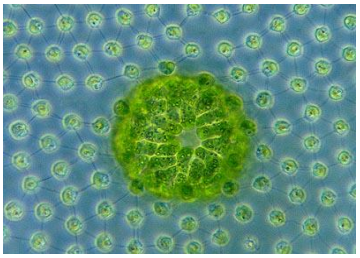
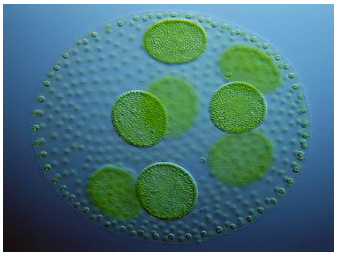
۱۲ - گونیوم (Gonium):



۱۳ - استفانوسفرا (Stephanosphaera):

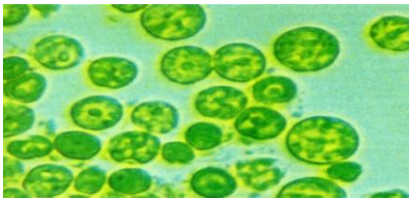


۱۴ ولوکس (Volvox):

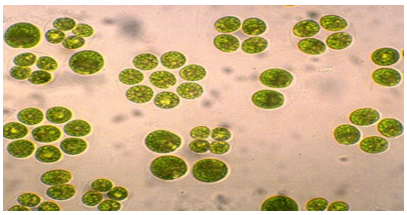



جلبک‌های سبز تک سلولی بدون حرکت و به صورت کلنی:

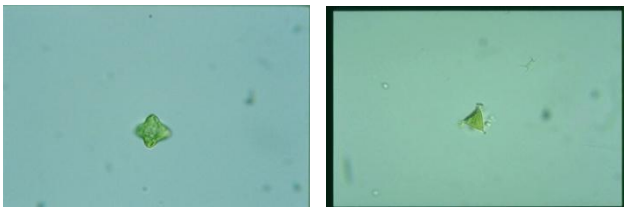
۱ - کلورلا(Chlorella):



۲ - اُاُسیس‌تس(Oocystis):



۳- تترائوران (Tetraedron):



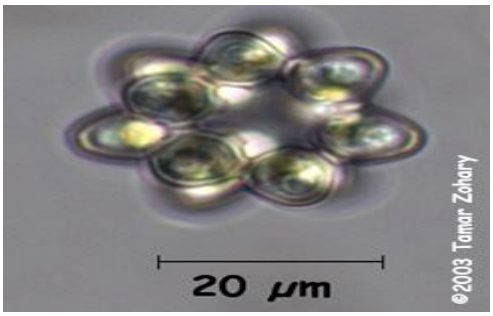
۴- آنکیسترودسموس (Ankistrodesmus):

۵- کاراسیوم (Characium):

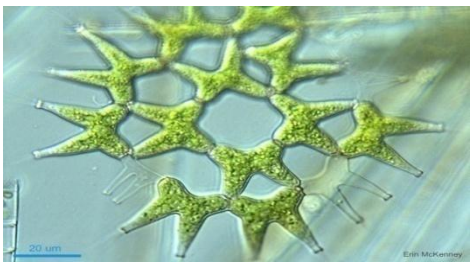
۶- آکتیناسترووم(Aktinastrum):

۷- میکراکتینیوم (Miractinium):

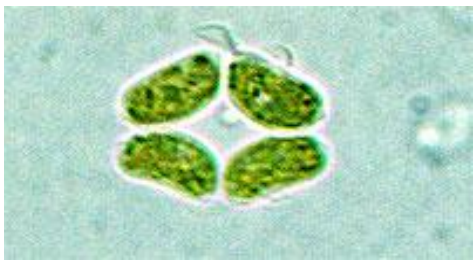
۸- کولاستروم (Coelastrum):



۹- پدیاستروم (Pediastrum):



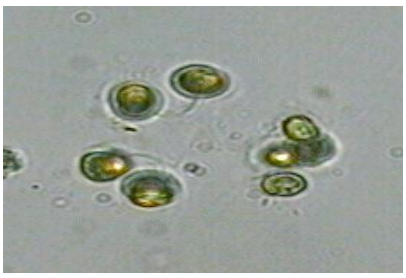
۱۰- کروسیجینیا (Crucigenia):



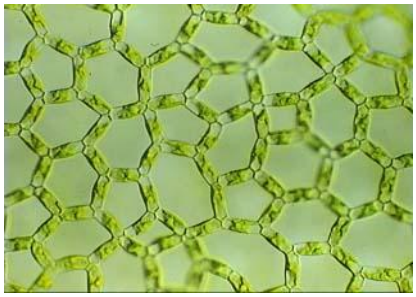
۱۱- سندسموس (Scendesmus):

۱۲- تتراستروم (Tetrastrum):

۱۳ -دیکتیوس فاریوم(Dictyosphaerium):

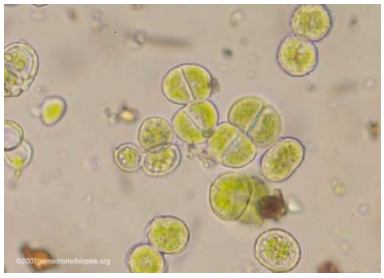


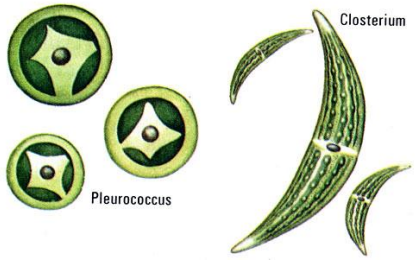
۱۴- هیدرودیکتیون (Hydrodictyon):



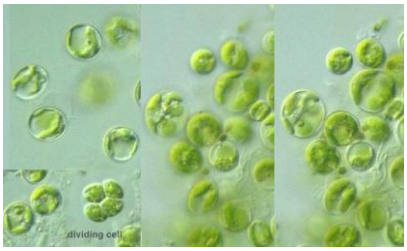
جلبک‌های سبز تک سلولی بدون حرکت

پلوروکوکوس (Pleurococcus)

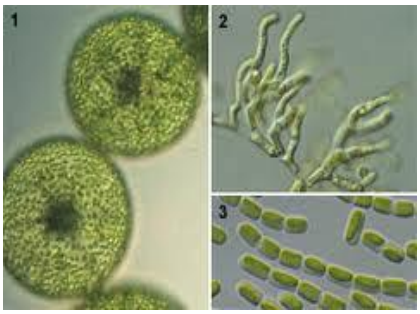




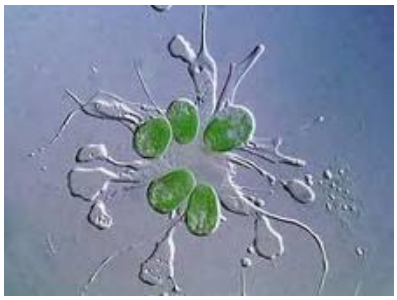
۲- تربوکسیا(Trebouxia)



۳- استیکوکوکوس(Stichococcus)

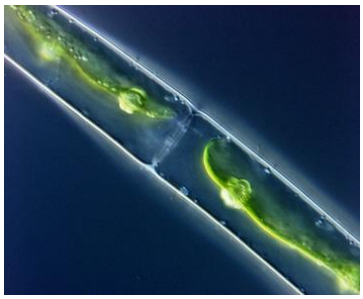


۴- باتریو کوکوس(Botryococcus)

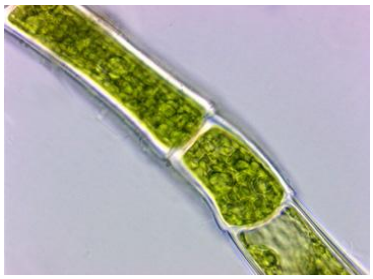


جلبک های رشته ای

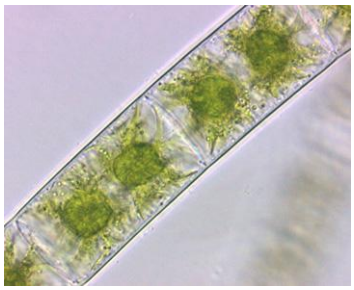
۱- موگیوتیا(Mougeotia)



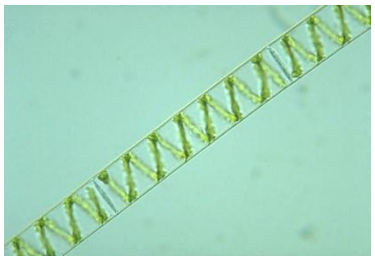
۲- اودوگونیوم(Oedogonium)



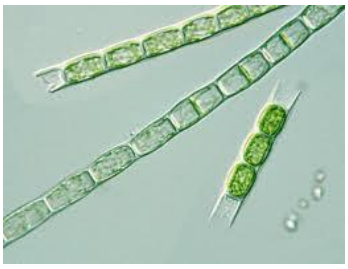
۳- زیگنما(Zygnema)

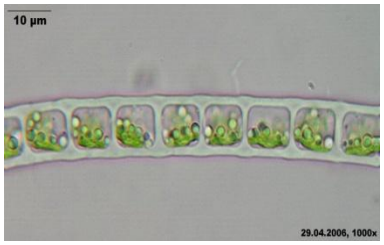


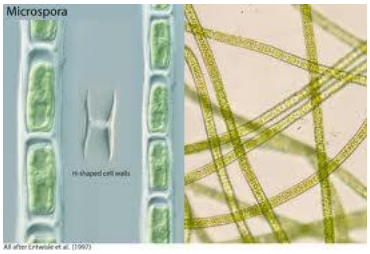
۴- اسپیروجیرا(Spirogyra)



۵- میکروسپورا(Microspora)

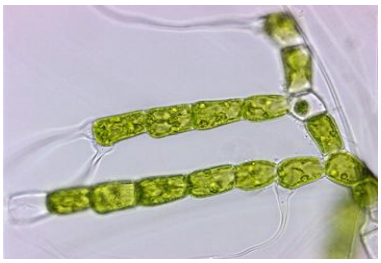






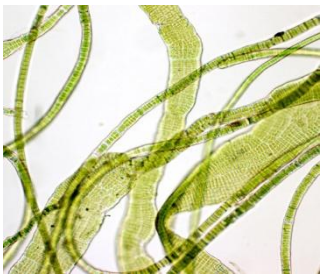
۶- دراپانالدیا (Draparnaldia)

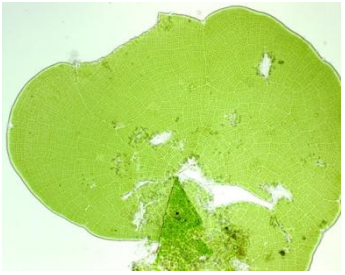
۷- بالبوکیت (bulbochaete)



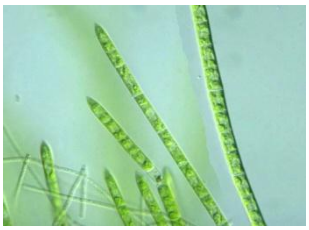
۸- کلادوفرا (chladophora):

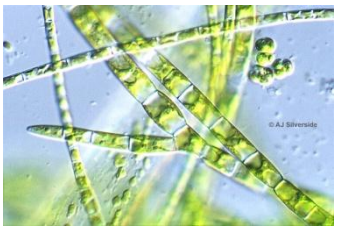
۹- پراسیولا (prasiola):



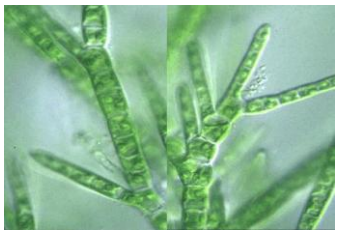


۱۰-استی گیوکلونیوم (stigeoclonium):

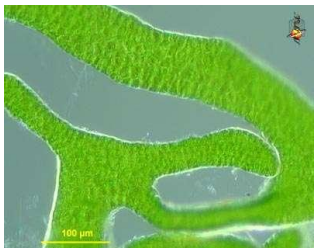




۱۱-کیتو فورا (Chaetophora)



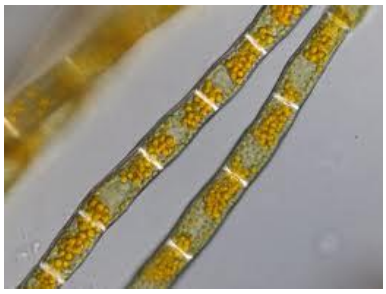
۱۲-انترومورفا (Enteromorpha)



۱۳- تتراسپورا (Tetraspora)

۱۴-آفانوکیت (Aphanocha ete)

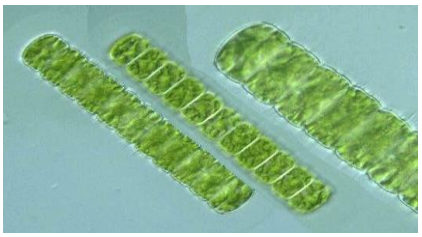
۱۵-ترنت پوهلیا (Trentpohlia)



۱۶-کولئوکیت (Coleochate)

دسمیدها یا سلول‌های زنجیره‌ای:

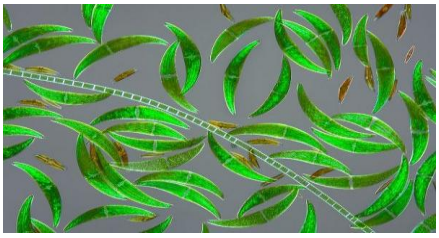
۱ -هیالوتیکا(Hyalotheca):



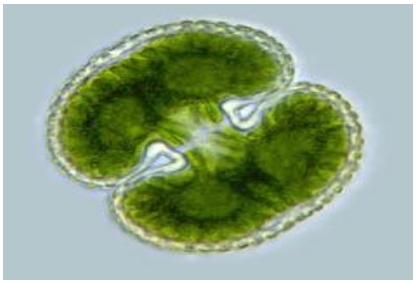
۲- مزوتی نیوم(Mesotauium):

۳- پلوروتینیوم (Pleurotaenium):

۴- کلاستریوم(closterium):

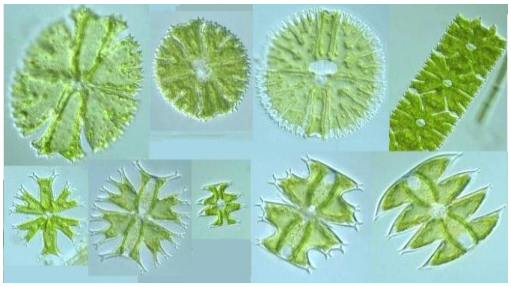


۵- کازمریوم(casmarium):

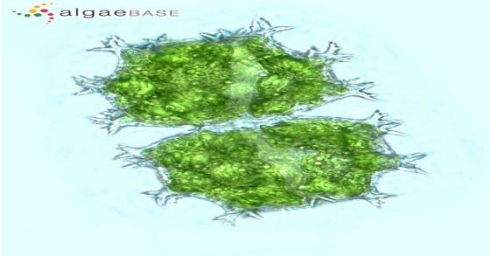


۶- استارآستروم(staurastrum):

۷- میکرواستریاس(micrasterias):



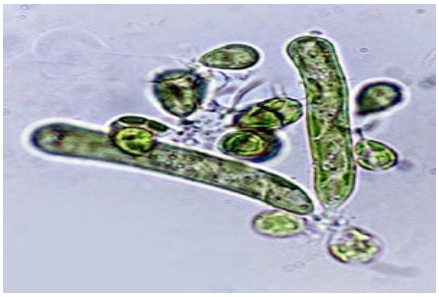
۸- زانتی‌دیوم(xanthidium):



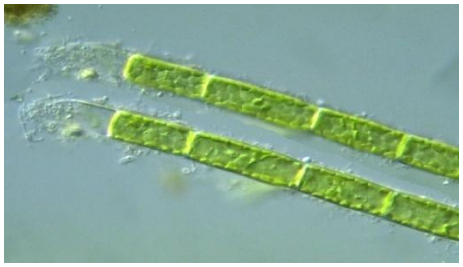
۹- یوآستروم(euastrum):

جلبک‌های سبز متمایل به زرد یا گزانتوفیسه‌ها:

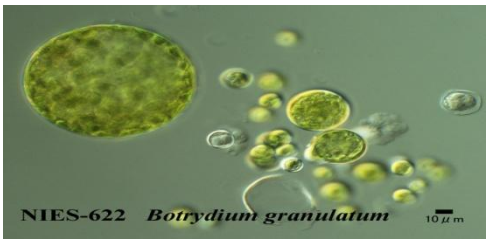
۱ -افیوسی‌تیوم(ophicytium):



۲ -تریبونما(tribonema):



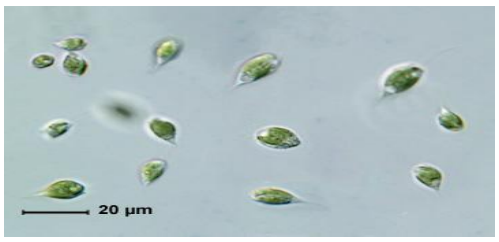
۳ -بوتریدیوم(botrydium):



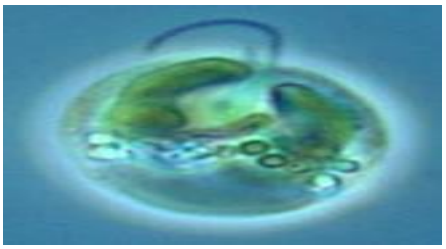
۴ -ووشریا(vaucheria):

جلبک‌های زرد طلایی یا کریسوفیسه‌ها:

۱ -اکروموناس (ochromonas):

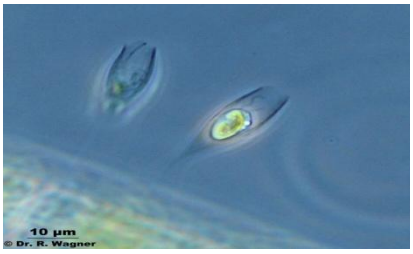


۲ - کرومولینا (chromulina):



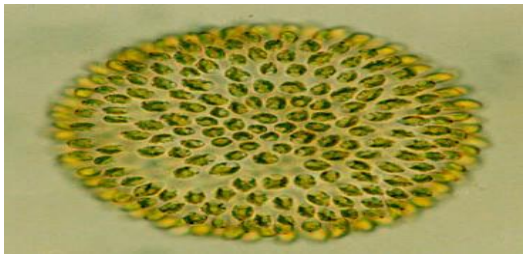
۳ -مالوموناس(mallomounas):

۴ - دینوبریون(dinobryon):



۵- سینورا(synora):

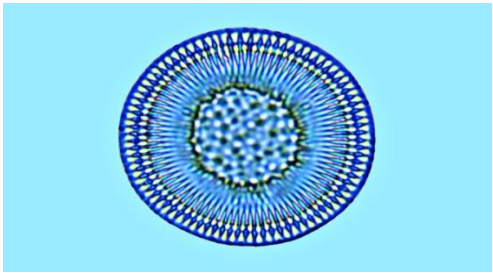
۶- یورگلنا(uroglena):



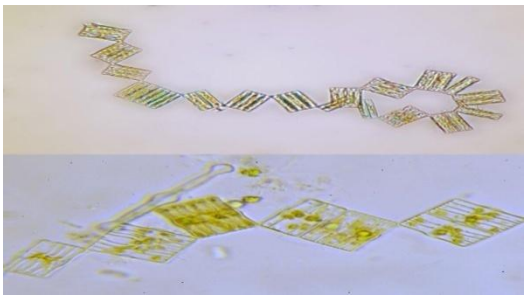
دیاتومه‌ها یا باسیلاریو فیسه‌ها

۱ -ملوسیرا (melosira) :

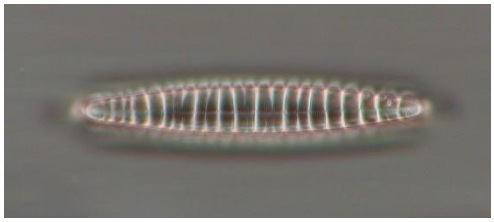
۲ -سیکلوتلا(cyclotella):



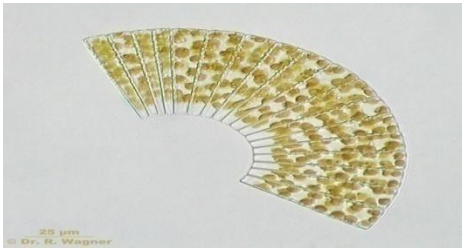
۳- تابلاریا(tabellaria):



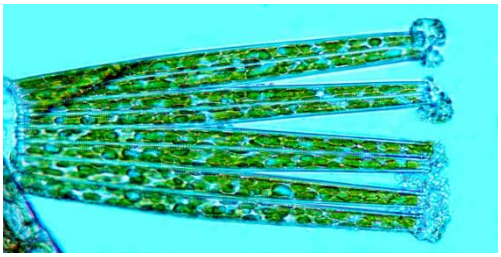
۴- دیاتومه(diatoma):



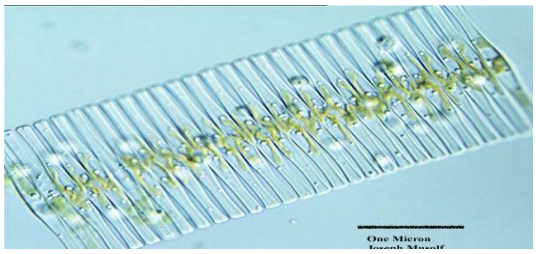
۵- مریدیون (meridion):



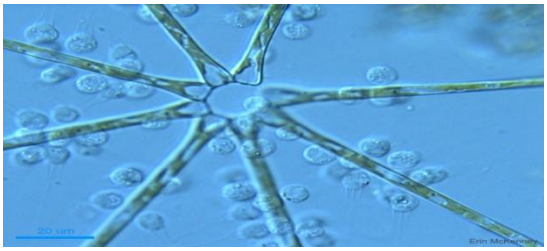
۶- سیندرا(sinedra):



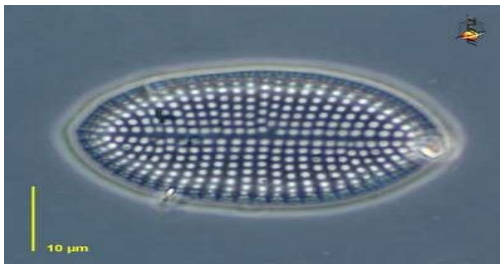
۷- فراجیلاریا (fragilaria):



۸- استریونلا(asterionella):



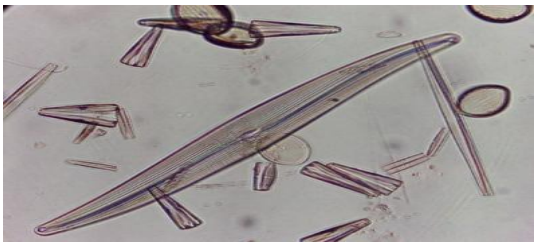
۹- کوکونیز(cocconeis):



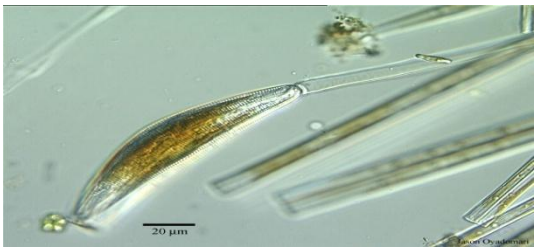
۱۰- ناویکولا(navicula):

۱۱- پینولاریا(pinnularia) :

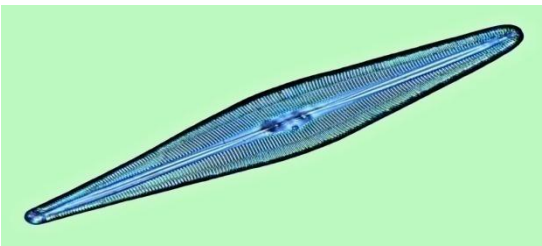
۱۲- جیروسیگما(gyrosigma):



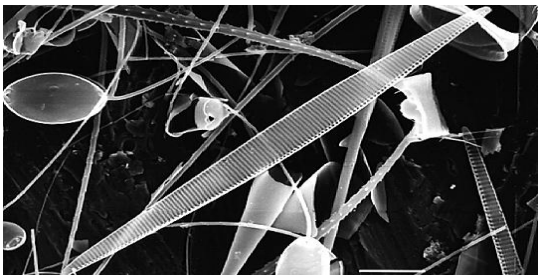
۱۳- سیمبلا(cymbella):



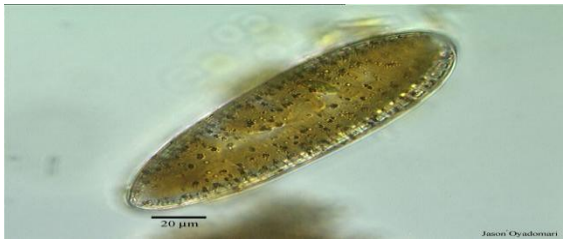
۱۴- گومفونما(gomphonema):



۱۵- نیتچیا(nitzchia):



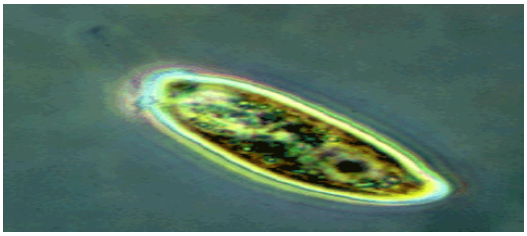
۱۶- سوری رلا(surirella) :



۱۷- سیماتوپلورا (cymatopleura):

کریپتوفیسه‌ها

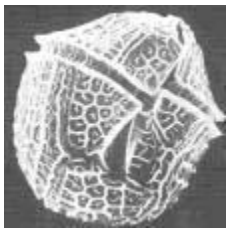
کریپتوموناس(cryptomonas) :



جلبک‌های دو تاژه‌ای یا داینوفیسه‌ها

۱- سرایتوم (ceratium) :

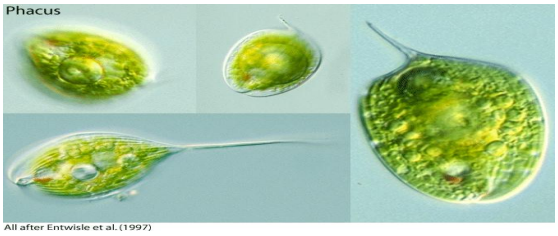
۲- پری‌دینیوم(peridinium)



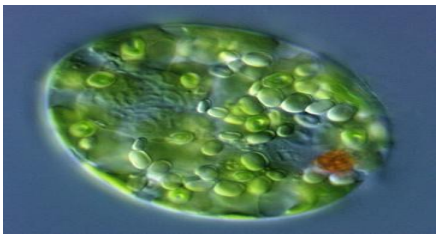
یوگلنوفیسه‌ها(Euglenophyceae)

۱- اوگلنا – (Euglena)

۲- فاکوس-(Phacus)

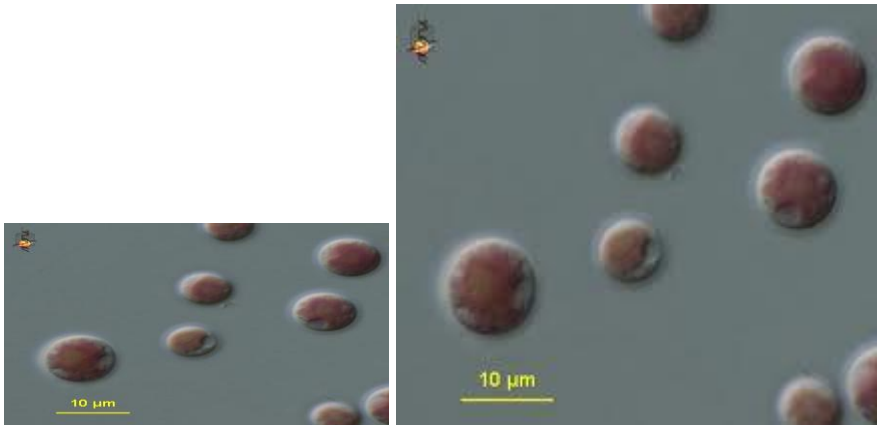


۳-تراکلوموناس- (Trachelomonas)

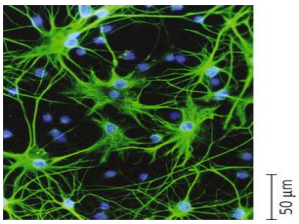


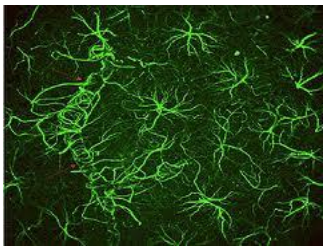
جلبک‌های قرمز – رودوفیسه‌ها(Rhodophyceae)

۱-پروفیرید یوم-(Porphyridium)



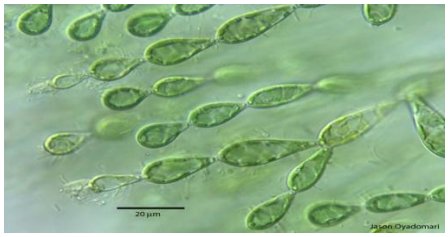
۲- آستروسی‌تس – (Asterocytis)





۳- لمنهآ – (Lemnea)

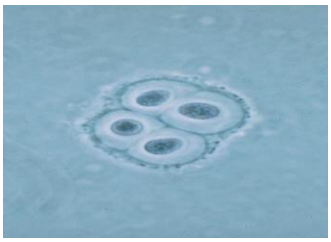
۴- باتراکوسپرموم – (Batracchospermum)



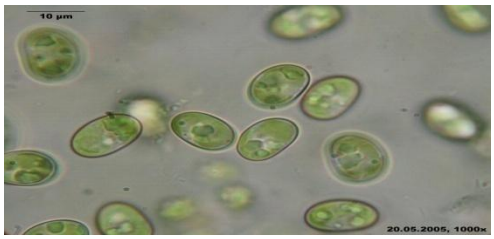
جلبک‌های سبز – آبی – سیانوفیسه‌ها(Cyanophicea)

۱-کروئوکوکوس-(Chroococcus)

۲- گلیوکاپسا – (Gloeocapsa)

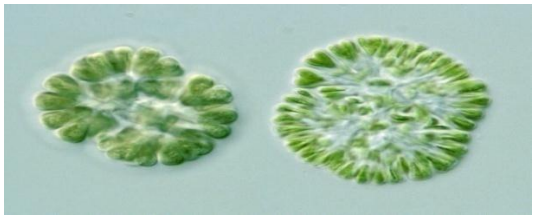


۳- آفانوتیس – (Aphanothece)

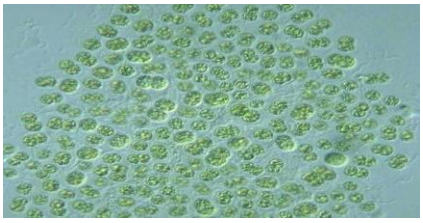


۴- مریسموپیدیا – (Merismopedia)

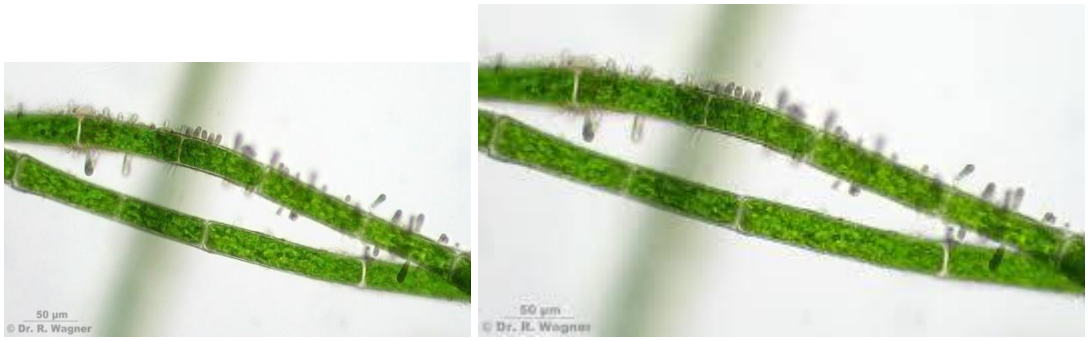
۵-گام فسفریا – (Gomphophaeria)



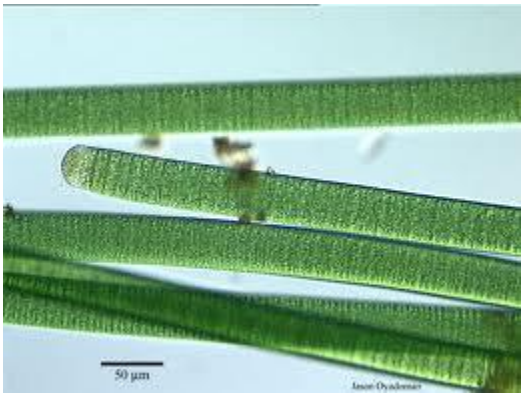
۶- میکروسیس‌تس – (Microcystis)

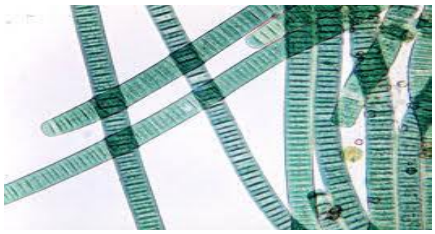


۷–کامی‌سیفون(Chamaesiphon)

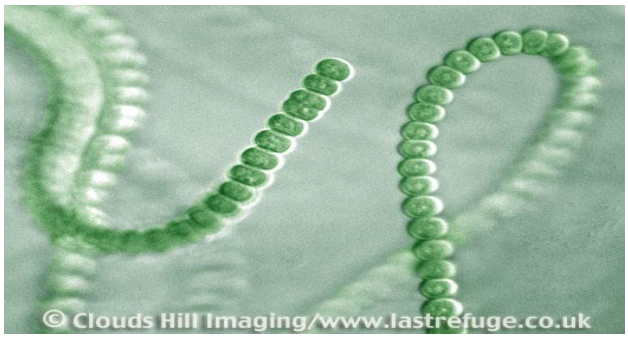


۸– اسیلاتوریا – (Osillatoria)



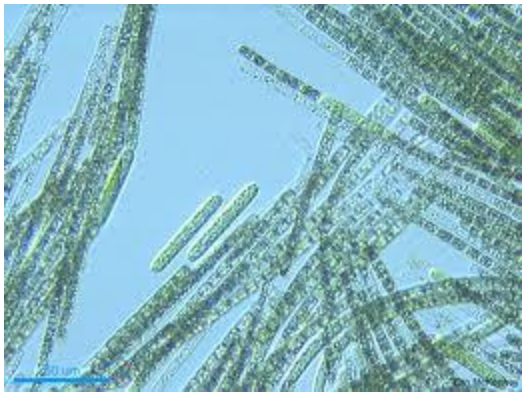


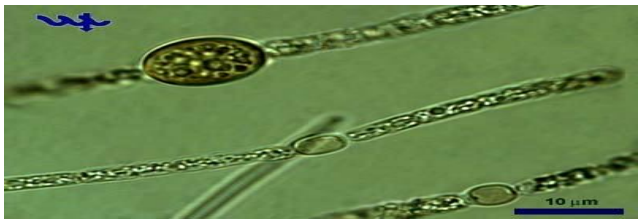
۹–آنا به نا – (Anabaena)



۱۰- نوستوک –(Nostoc)

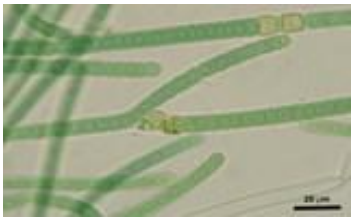
۱۱–آفانی‌زومنون – (Aphanizomenon)



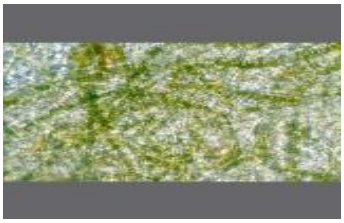


۱۲- گلوئوتریکیا –(Gloeotrichia)

۱۳- تولیپو تریکس (Tolypothrix)



۱۴- ریوولاریا (Rivularia)



۱۵- استیگونه‌ما (Stigonema)

نقش جلبک‌ها در منابع آب شرب

جلبک‌ها به طور طبیعی در منابع آب قابل شرب رشد نموده و گاه به سرعت تکثیر می‌نمایند، حضور آنها علاوه بر آن که ممکن است باعث بد بو شدن آب شود، منجر به ایجاد مزه و افزایش مواد آلی محلول و تجزیه‌پذیر و همچنین ممکن است منبع تری‌هالومتان‌ها بعد از کلرزنی باشد، فیلتراسیون آب را نیز مشکل می‌کند، منجر به گرفتگی فیلترها شده و عملکرد عادی فیلتر شنی را تا یک ششم کارکرد معمولی کاهش می‌دهد گاهی کنترل نمودن رشد جلبک‌ها در منابع آب‌های شرب امر مشکلی می‌باشد که بایستی با اضافه نمودن مواد شیمیایی به آب از افزایش آن‌ها جلوگیری نمود، بسیاری از دیاتومه‌ها نظیر Fragillaria,Asterionella,Melosiera,Synedra,cyclotella و برخی از جلبک‌های سبز نظیر Chlomydomonas,volvox می‌توانند مسائل و مشکلاتی را در منابع آب شرب ایجاد نمایند.

بلوم‌های جلبکی بزرگ و سیانو باکترها می‌توانند خطوط لوله را مسدود کنند.

بقایا و مواد زائد و محصولات ناشی از مرگ و میر جلبک‌ها برای انواع ماهی‌ها و دیگر حیوانات مسموم‌کننده می‌باشد. برخی از جلبک‌ها مواد سمی تولید می‌کنند. این مواد در آب رها شده و محیط را برای حیات موجودات آبزی ناخوشایند و خطرناک می‌نمایند. یک گونه از جلبک‌های سبز آبی به نام Microcystis aeraginosa یک ماده‌ی سمی تولید می کند که برای جانوران که از آن تغذیه می‌نمایند بسیار مسموم‌کننده می‌باشند. طبق گزارش برخی از متخصصان که در مورد سمیت جلبک‌ها تحقیق نموده‌اند یک گونه از جلبک‌های سبز – آبی به نام Microcystis toxica دارای یکی از خطرناک‌ترین مواد سمی است که منهدم‌کننده‌ی کبد می‌باشد. علاوه بر Microcystis برخی دیگر از جلبک‌های سبز – آبی نظیر Anabaena,Gleotrichia,Nadularia,Aphanizomenon ممکن است باعث مرگ و میر حیوانات

بشوند، گزارش‌هایی مبنی بر مرگ گوسفندان، اسب‌ها، چهارپایان و پرندگان به علت نوشیدن آب آلوده‌ی مسموم جلبک‌ها موجود می‌باشد. جلبک Prymnesiumparrum یکی از جلبک‌های بسیار سمی استخرها می‌باشد.

رشد جلبک‌های سبز، آبی سمی در منابع آب شرب ـ عوامل ایجاد طعم و بو

جلبک‌های سبز آبی از اشکال دیرینه‌ی حیات بر روی کره‌ی زمین می‌باشند. در حقیقت این میکروارگانیسم‌ها جلبک نبوده بلکه نوعی از باکتری فتوسنتزی یا سیانوباکتریا می‌باشند که انرژی خود را از نور آفتاب تأمین می‌نمایند. با شروع گرمای تابستان، افزایش درجه حرارت و کاهش سرعت و عمق جریان آب، سیانوباکتریا به شدت رشد و تکثیر نموده و به همین جهت مورد توجه شرکت‌های تأمین آب قرار گرفته‌اند.

علل سرایت و آلودگی منابع آب شرب توسط جلبک سبز ـ آبی

آب‌های گرم محتوی مواد مغذی، محیط مناسبی برای رشد و تکثیر سیانوباکتریا می‌باشند. چنانچه این شرایط با هوای پایدار یعنی نبودن باد و تلاطم در منابع آب همزمان شود، محیطی ایده‌آل برای رشد سیانوباکتریا فراهم خواهد گردید. مخازن سدها، مخازن ذخیره‌ی کوچک و رودخانه‌های دارای سرعت جریان اندک محل رشد و نمو جلبک سبز ـ آبی می باشند، با این وجود برخی از گونه‌های سیانوباکتریا در شرایط آب و هوایی سرد به زندگی ادامه داده و در زیر لایه‌های یخ بر روی دریاچه‌های قطب جنوب یافت شده‌اند، بنابراین شرکت‌های تأمین آب نبایستی در آب و هوای سرد از این خطر آسوده خاطر باشند.

برخی از انواع جلبک‌های سبز آبی دارای حباب‌های کوچک هوا یا واکوئل‌های گازی بوده که به آن‌ها امکان بالا و پایین رفتن در داخل ستون آب را داده تا در جای مناسب از نظر مواد غذایی و نور آفتاب قرار گیرند. هنگامی که نور آفتاب به سطح آب برخورد می‌نماید، سیانوباکتریا فعالیت فتوسنتزی خود را آغاز نموده و کربوهیدرات تولید می‌نمایند که سلول را سنگین‌تر نموده و در نتیجه به آهستگی به طرف لایه‌های زیرین آب که محتوی مواد غذایی بیشتری هستند ته‌نشین می شوند. سلول‌ها با استفاده از مواد غذایی کربوهیدرات تولید شده را به ماده‌ی سلولی تبدیل نموده و در نتیجه با سبک شدن وزن، مجدداً به سطح آب منتقل می‌شوند.

چرا رشد و تکثیر جلبک سبز ـ آبی مورد توجه تأمین کنندگان آب مشروب می‌باشند؟

بیش از یکصد و پنجاه نوع سیانوباکتریا و در واقع هزاران گونه از این نوع میکروارگانیسم وجود دارند، که برخی از آن‌ها سمی می‌باشند(جدول ـ ۱) جلبک‌های تولیدکننده‌ی زهرابه در حدود پنجاه درصد از اوقات در حال ترشح سم می‌باشند. بنابراین چنانچه سیانوباکتریا در سیستم تأمین آب یافت شود امکان وجود زهرابه‌های جلبک نیز وجود دارد و لازم است ورود زهرابه به سیستم توزیع آب به عنوان یک مسئله‌ی جدی از طرف شرکت‌های توزیع آب مورد توجه قرار گیرد.

چگونه پی به وجود مسئله بریم

سیانوباکتریا بصورت طبیعی در اکثر منابع آبی موجود بوده و در شرایط مساعد بصورت توده‌های قابل توجهی رشد و تکثیر نموده و در محدوده‌های کم‌عمق منابع آبی به صورت لایه‌های کف مانند ضخیم سبز یا قهوه‌ای تجمع می‌یابند. با تشکیل چنین لایه‌ای در منبع تأمین آب امکان به وجود آمدن مشکل سیانوباکتریا فراهم می‌گردد. با این حال تمامی اشکال سیانوباکتریای سمی چنین توده‌های قابل توجهی را تشکیل نمی‌دهند. از این رو آسان‌ترین و سریع‌ترین روش تشخیص مسئله انجام آزمایش‌های منظم به منظور شمارش و تعیین نوع سلول‌های جلبک می‌باشد. این آزمایش‌ها را حداقل به مدت یکسال ادامه دهید تا به نتایجی در رابطه با وجود زهرابه‌های جلبک در سیستم تأمین آب دست یابید.

مسمومیت انسان‌ها

گاهی جلبک‌ها علت اصلی مرگ انسان‌ها می‌باشند یکی از جلبک‌های دینوفلاژلات به نام Gonyaulax catanella که مواد سمی درونی تولید می‌نماید برای ماهی‌هایی که از آن‌ها تغذیه می‌نمایند مسموم‌کننده نمی‌باشد لیکن انسان‌هایی که از این ماهی‌ها استفاده می‌نمایند. در نتیجه تراکم این مواد سمی در بدن می‌میرند آب‌هایی که آلوده به جلبک‌هایی نظیر Microcystis,Anabena می‌شوند، در اثر نوشیدن ناراحتی‌های دستگاه گوارشی ایجاد می‌کنند. ناراحتی‌های تنفسی نیز در نتیجه‌ی آشامیدن آب آلوده به Gymnodinuim ایجاد می‌شود. جلبک سبز – آبی Lyngbya و سبز Chlorella عوارض پوستی ایجاد می‌نمایند. همچنین جلبک‌ها ممکن است آلرژی ایجاد نمایند.

جدول شماره‌ی ۱: سیانوتوکسین‌ها و تأثیر آن‌ها در آب تازه

تاثیر در آب تازه	نوع سم	نام علمی
متعاوف نیست	نروتوکسین	ساکسی توکسین / نئو ساکسی توکسین
متعاوف نیست	نروتوکسین	آناتوکسین a / آنا توکسین a(s)
متعاوف	هپتاتوکسین	میکروسیستیس
متعاوف نیست	هپتاتوکسین	نودولارین

توضیح : نروتوکسین‌ها بر روی سیستم عصبی و هپتاتوکسینها بر روی کبد تأثیر می‌گذارند

جدول شماره‌ی ۲: سیانوتوکسین‌های تولید شده توسط سیانوباکترها

سیانوتوکسین	گونه سمی
آناتوکسین a (s) آناتوکسین a ، میکروسیستین‌ها، ساکسیتوکسین	گونه آنابنا
میکروسیستیس	Anzbaenopsis millenii
آناتوکسینa ، ساکسی توکسین، سیلندروسپرموپسین	Aphanizomenon spp
آناتوکسینa ، ساکسی توکسین، سیلندروسپرموپسین	Cylindrospermum spp
ساکسی توکسین ، لینگبایاتوکسین	Lyngbya spp
میکروسیستیس، آناتوکسینa (درمقدارکم)	Microcystis spp
نودولارین	Nadularia spp
میکروسیستین ها	Nostoc spp
آناتوکسین a ، میکروسیستین	Dscillatoria spp
آناتوکسینa ، هموآناتوکسینa ، میکروسیستین	Planktothrix spp
سیلندروسپرموپسین	Raphidiopsis curvata
سیلندروسپرموپسین	Umezakia natans

جدول شماره‌ی ۳: مزه و بوهای حاصل از جلبک‌ها

نوع جلبک	نوع بو		نوع مزه	از نظر لمس
	مقادیر متوسط جلبک	مقادیر زیاد جلبک		
سیانوفیه				
آنابنا	بوی نا (کبک) ـ چمنی ـ گل لادن	تعفن ـ پوسیدگی ـ دارویی		
Anabeanopsis	–	چمنی		
آفانیزومتون	بوی نا ـ چمنی ـ گل لادن	تعفن ـ پوسیدگی ـ دارویی	شیرین	خشک
	چمنی	تعفن		
گلئوتریچیا	–	چمنی		
گامفوسفوبا	چمنی	چمنی	شیرین	
میکروستیس یا آناستیس	بوی نا	تعفن ـ پوسیدگی ـ دارویی	شیرین	
نوستوک	بوی نا	تعفن ـ پوسیدگی ـ دارویی		
آسیلاتوریا	چمنی	بوی نا ـ تند (ادویه)		
ژیولاریا	چمنی	بوی نا		
کلروفیه				
اکتیناستروم	–	چمنی ـ بوی نا		
آنکستیرودسموس	–	چمنی ـ بوی نا		
Chara	بوی سیر ـ بوی راسو	بوی سیر ـ بوی نا		
گلامیورموناس	بوی نا ـ چمنی	ماهی ـ تعفن ـ دارویی	شیرین	ملیح (نرم) ـ روغنی
کلُرلا	–	بوی نا		
کلادوفورا	–	تعفن		
کلستریوم		چمنی		

ادامه‌ی جدول (۳)

نوع جلبک	نوع بو		نوع مزه	از نظر لمس
	مقادیر متوسط جلبک	مقادیر زیاد جلبک		
کاسماریوم	–	چمنی		
داتپریوسفوم	چمنی ـ گل لادن	ماهی (باطلاق)		
Eudorina		ماهی		
گلئوسیس		پوسیدگی ـ دارویی		
گونیوم		ماهی		
هیدروداپتون		تعفن ـ پوسیدگی		
انتیا	چمنی	چمنی ـ پوسیدگی	تلخ	
پانتورینا	–	ماهی		
پویاستروم	–	چمنی		
سندسموس	–	چمنی		
اسپیروژیرا	–	چمنی		
استراستوم	–	چمنی		
توبیونما	–	ماهی		
اولوتریکس	–	چمنی		
ولوکس	ماهی	ماهی		
دیاتومه ها				
استریونلا	تند ـ شمدانی معطر	ماهی		
استریونلا	تند ـ شمدانی معطر	ماهی		
سیکلونلا	چمنی ـ تند ـ شمدانی معطر	بوی ماهی		
دیاتومه	–	آروماتیک		
فراژیلاریا	چمنی ـ تند ـ شمدانی معطر	بوی نا		

ادامه‌ی جدول (۳)

نوع جلبک	نوع بو		نوع مزه	از نظر لمس
	مقادیر متوسط جلبک	مقادیر زیاد جلبک		
ملوزیرا	چمنی ـ تند ـ شمدانی معطر	بوی نا		ملیح (نرم) ـ روغنی
موریون	–	تند		
Pleurosigma	–	ماهی		
استفانودسیکوس	چمنی ـ تند ـ شمدانی معطر	ماهی		ملیح (نرم) ـ روغنی
ستیدوا	چمنی	بوی نا		ملیح (نرم) ـ روغنی
تبلاریا	چمنی ـ تند ـ شمدانی	ماهی		
کریژوفیر				
دینوپریون	بنفشه ـ ماهی	ماهی		ملیح (نرم) ـ روغنی
مالاموناس	بنفشه	ماهی		
سنیورا	خیار ـ پوسیدگی ـ دارویی ـ طالبی	ماهی	تلخ	خشک ـ فلزی ـ نرم ـ روغنی
Uroglempsis	خیار	ماهی		ملیح (نرم) ـ روغنی
اوگلئوفیه				
اوگلنا		ماهی	شیرین	
دابنوفیه				
سراتیوم	ماهی	پوسیدگی ـ تعفن ـ دارویی	تلخ	
گلئودینیوم		ماهی		ملیح (نرم) ـ روغنی
پری دینیوم	خیار	ماهی		
کریتیوفه				
کریتیوموناس	بنفشه	بنفشه ـ ماهی	شیرین	

جدول شماره‌ی ٤: ترکیبات تولید شده و ارگانیسم های مرتبط

ترکیب	ارگانیسم‌های مرتبط
منیل ایزوبرونوئل (MIB)	اکتیتومیست‌ها ـ اوسیلاتوریاتنیوس ـ Oscillastoria Curriceps
Geosmin	اکتیومیست‌ها ـ Sympioca Muscoum ـ اوسیلاتوریاتینوس ـ Oscillastoria Anabeana Scheremetim ـ Simpilcissima
Mocidone	اکتیومیست‌ها
ایزوبوتیل مرکاپتان	میکروستیس فلوز ـ آکوآ
ایزوبوتیل مرکاپتان	میکروستیس فلوز ـ آکوآ
ایزوپروپیل مرکاپتان	میکروستیس فلوز ـ آکوآ
دی متیل دی سولفید	Microcystis-Flot-aquae Oscillastoria Chabea
دی متیل سولفید	آنابنا Oscillastoria Chalybea
متیل مرکاپتان	میکروسیتیس فلوز ـ آکوآ Oscillastoria Chalybea

جدول شماره‌ی ۵: تأثیر انواع جلبک

جلبک‌های مولد طعم و بو	جلبک‌های مسدود کننده فیلتر	جلبک‌های آلوده‌کننده آب شیرین	جلبک‌های موجود در آب پاک	پلانکتون‌ها و سایر جلبک‌های آب‌های سطحی	جلبک‌های رشدکننده بر روی سطح	جلبک‌های برکه ی تثبیت	جلبک‌های آلوده‌کننده‌ی خور و خلیج
آسترونلا	داینوبریان	کارتریا	ریزوکلونیوم	نودولاریا	فورمی دیوم	پولیدروریوپسیس	اسپیرونیلا
آنابنا	آناسیس تیس	مریس موپدیا	پینولاریا	فرازیلاریا	اولوتریکس	آلاکاتوتریکس	آسترونلا
اورگ‌لئوپیس	سیمبلا	نیتس چیا	کلادوفورا	کولاستروم	کلادوفورا	پلانکتوس فاریا	استفانوپترا
هیدرودیکتون	تریبونما	فورمیدیوم	سوری رلا	اگلنا	آکنانتس	اورکوکوس	پورفیرا
آناسیس تیس	کلستریوم	پیروبوتریس	سیکوتلا	گومفوس فاریا	واشریا	اسپیرولینا	اوترپتیا
سیندرا	کلولا	لیپتوسین‌کلیس	رودوموناس	میکراستینیوم	تتراسپورا	بیاکانتوس	سیتوسینون
پرادنیوم	سیندرا	آنابنا	آنکیس‌رودسموس	موژنوتیا	استیژنوکلونیوم	کلستریوم	کودیوم
مالوه وناس	ریولاریو	اوگلنا	نویکولا	استروم	آدونینلا	واکولوریا	آمفیدیمیوم
سراتیوم	تابلاریا	تترادرون	کریزوکوکوس	بوتریوکوکوس	تولیپوتریکس	دیکتواسفاریوم	تریکودسمیوم
آفانیزومنون	سیکوتلا	اسپیروژیرا	آفانوتکا	اوسیس تیس	شارا	کوداتلا	پلوتیا
استراستروم	ناویکولا	اوسیلاتوریا	مکیسراس‌تریاس	فاکوس	بولبوشات	کروموناس	ملوسیرا
نیزلا	اوسیلاتوریا	فاکولوس	میرس موپدیا	آکتیناستروم	لینگ بیا	آنکیسترودسموس	شاتوسروس
دائوبریون	تراکولوموناس	کلراکوکوم	میریدون	سیلندرواسپراموم	میکروسپورا	ماسارتیا	ماناکلریس
گابریا	آسترونلا	گوم فونوما	کلوتریکس	گونیوم	کومپسوپوگنون	پتروموناس	شاتومورفا
گم فسفریا	پالاما	گلولاکاپسا	کلرومولینا	سندسموس	باتراچوسپرمیوم	کریپتوسموناس	پریدیمویوم
پرازوریا	دیاتوما	استیگوکلونیوم	چمسیفون	استفانودیسکوس	سیمبلا	کلستریوسیس	نیتچیا
سیونیدرا	آنابنا	کلامیدوموناس	هیلدن براندیا	دسمیدیوم	دراپارنادلیا	سندسموس	اولوا
ولتوس	فراژیلاریا		فاکوتوس	اسفروسیس‌تیس	فیتوکونیس	کوسماریوم	اسکلتونما
			استراستروم	استرونیس	ددوگونیوم	کلستریوم	فودوگلوسوم
			لمانا	زریگنما	شاتوفورا	شیزوتریکس	پرودوسرتروم
			کوکونیز	اودورینا		اولنکینا	استیروکوکوس
			میکروکولوس	پدیاستروم		کلامیدوموناس	پراسیولا
						شرودریا	آکاردهیلا
							آنترومورفیا

جلبک‌های سمی

جلبک‌ها اغلب به شکل تک سلولی‌های کوچک یا ارگانیسم‌های کلونی شکل هستند، مانند کلپ‌ها که خیلی بزرگ هستند. با توجه به مطالعات انجام شده ۳ گروه عمده از جلبک‌های سمی مشخص شده‌اند که عبارتند از:

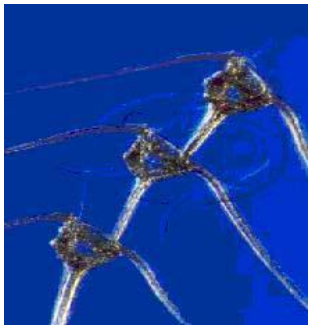
۱- Dinoflagellate

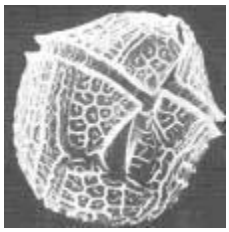
۲- Diatom

۳ - Cyanophyceae

۱) Dinoflagellate

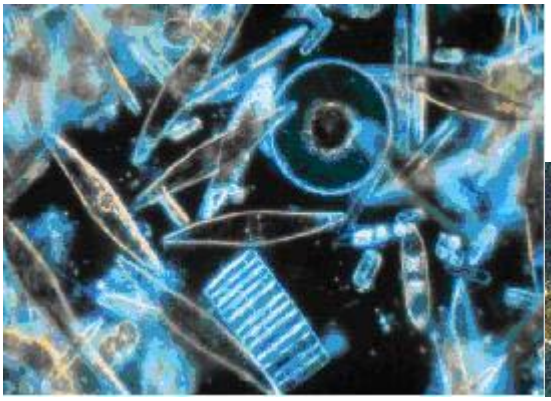
گونه‌هایی تک سلولی و میکروسکوپی، دارای تاژک یا فلاژل می‌باشند. حدود ۷۵٪ از مجموع گونه‌های سمی موجود را به خود اختصاص داده‌اند. بعضی از گونه‌های آن اتوتروف و بعضی هتروتروف هستند و انواعی هم هر دو مکانیسم را دارند. حدود ۲۰۰۰ گونه از آن‌ها شناسایی شده‌اند که اکثر گونه‌های آن مضر بوده ولی حدود ۳۰ گونه از آن‌ها تو لید توکسین می کنند. بعضی در سطح دریا تجمع وتغییر رنگ آب دریا را سبب می‌شوند که به آن Red tide گفته می‌شود.

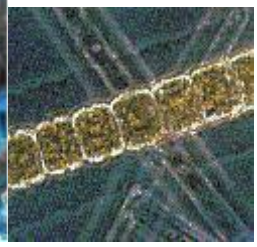




۲) Diatom

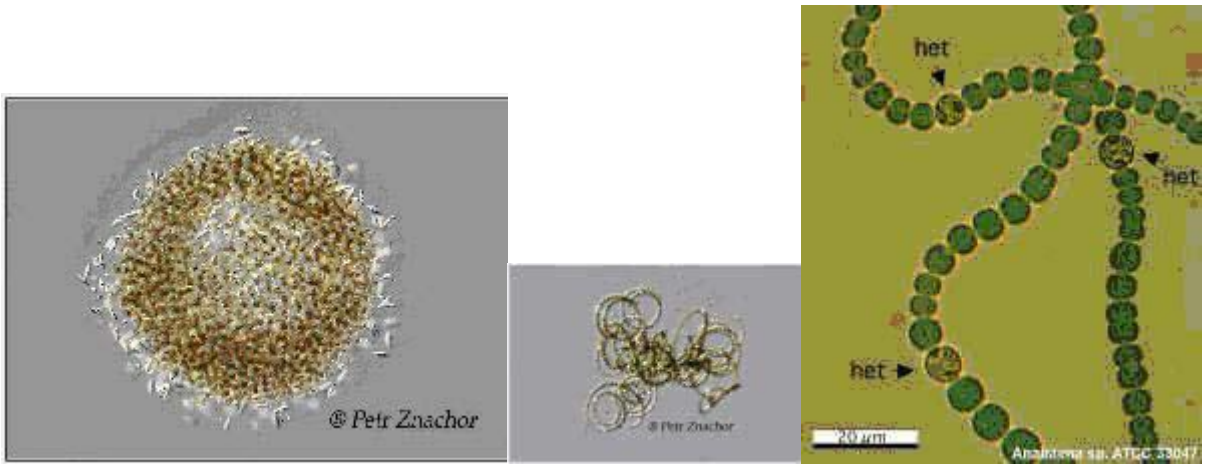
جلبک‌هایی میکروسکوپی و تک سلولی‌اند که به وسیله‌ی دیواره‌هایی احاطه شده‌اند. دیواره‌ی سلولی آن‌ها حاوی مواد سلولزی است که در ابتدا با مواد سیلیسی کمپلکس تشکیل می‌دهند.تولید مثل جنسی و غیر جنسی دارند. بیش از۸۰۰۰ گونه دیاتومه شناخته شده‌اند. در آب‌های شور و شیرین رودخانه‌ای، در خاک‌های نمناک، سطوح نمناک گیاهی یا فت می شوند. نوع مهم سمی برای آبزیان و پستانداران دریایی Pseudonitzchia نام دارد.





۳) Cyanophyceae

رشد سیانوباکترها باعث می‌گردد که هپاتوتوکسینی به نام Microcystin در آب زیاد شود. فاضلاب‌ها بـه خصـوص فاضلاب‌های خانگی که دارای غلظت بالایی از نیتروژن و فسفات هستند در افزایش سیانوباکترها مؤثر می‌باشـند. مصـرف این آب‌ها توسط حیوانات باعث مرگ و میـر آن‌هـا مـی‌شـود. دو نـوع سـیانوباکتر مهمـی کـه باعـث آلـودگی مـی‌شـوند Anabaena Floseaquae – Microcystis aeroginosa نام دارند.



جلبک‌های سمی در آب شیرین و شور

۱ -آب شیرین

تقریباً همه‌ی بلوم‌های آب شیرین به وسیله‌ی سیانوباکترها یا جلبک‌های سبز آبی ایجاد می‌شوند. بلوم‌ها باعث برگشت پذیری و تغییر رنگ رودخانه‌ها و یا کمبود موادی مثل اکسیژن می‌شود. عوامل محیطی مؤثر در بلوم: نور – دما– آب و هوا و فعالیت‌های بشری است.

فعالیت‌های بشری مؤثر در بلوم:

تغییرات فیزیکی: ساخت سازه‌هایی مثل سدها، دکل‌ها و....

آلودگی نوترینتی: فاضلاب‌های شهری، روآناب‌های شهری، زهکشی آب‌های حاصل از آبیاری که باعث افزایش N ,P می شود.

جنس‌های جلبکی سمی آب شیرین Chrysochromulina و Pseudonitzchia نام دارد.

۲- آب‌های شور

بیشترین و فراوان‌ترین بلوم‌های جلبک‌های جهان در اقیانوس‌های گرم و غنی از نوتریت اتفاق می‌افتد. سموم جلبکی حاصل از آن‌ها ماهیان و نرم‌تنان و سخت‌پوستان را تحت تأثیر قرار می‌دهدودر شناوری و تنفس و تغذیه‌ی آن‌ها و حتی روی تغذیه‌ی حیوانات و موجودات اهلی و و حشی اختلال ایجاد می‌کند. توکسین تولید شده توسط ارگانیسم‌های دریایی نسبت به سم و توکسین تولید شده در ارگانیسم آب شیرین شدیدتر است.

به طور کلی دو نوع ترکیب سمی وجود دارد:

۱- نوع پپتیدی(هپاتوتوکسین):

یک توکسین ضعیف بوده که اثر کشندگی ضعیف دارد و ممکن است آسیب‌هایی را در کبد به صورت مزمن ایجاد کند.

۲- نوع آلکالوئیدی(نوروتوکسین):

نسبت به نوع قبلی قوی‌تر بوده و عموماً دوره‌ی ناتوانی ایجاد شده توسط آن طولانی است. این سم در زمان کم اثر کشندگی خود را حفظ می‌کند. این سم بیشتر عصب و تنفس را درگیر می‌کند.

خطرات اثر توکسین‌ها

۱- اثر بر روی سلامتی موجودات زنده: مثلاً سمومی مثل BSP باعث ایجاد بیماری و مرگ در وال‌ها، دولفین‌ها و دیگر پستانداران دریایی و ماهی‌ها می‌شود.

۲- اثر روی اکولوژی (ایجاد تغییر دراکو سیستم‌ها)

گونه‌های جلبکی سمی آب شور

دینوفلاژله‌ها Dinoflagelata :

Alexandrium acatenela
Alexandrium excavatum
Alexandrium fundyense

Alexandrium minutum
Gambierdiscus toxicus
breve Gymnodinium
Gymnodiniumnagasakkiense

دیاتومه‌ها Diatom:

Pseudonitzichiaausteralis
Pseudonitzichia pseudodelicatissima
Chaetoceros convolute
Chaetoceros concavicorni

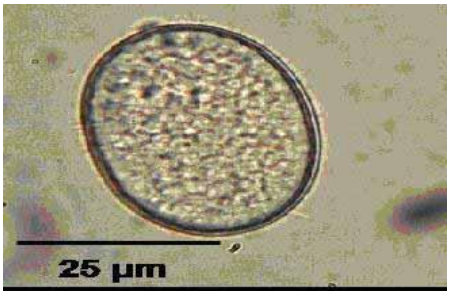
انواع دیگر Others:

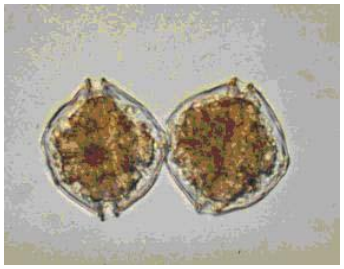
Amphidinium cartera
Chatonella marina
Chatonella antigua
Chrysochromulina polylepis
Pfiesteria piscicida
Prorocentrum minimum

شناخت برخی از گونه‌های مهم جلبکی مضر

۱) Alexandrium

بلوم گونه‌های این جنس حالت مسمویت و سندرمی به نام psp را ایجاد می کند(paralytic shellfish poisoning) که این سندرم برای انسان خطرناک می‌باشد. این سم در ماهیان و shellfish ایجاد فلج عضله‌ای و گاهی باعث مرگ ماهیان و پرندگان و پستانداران دریایی می‌شود. وقوع این پدیده با دور شدن از ساحل و پیشروی به قسمت‌های دور از ساحل بیشتر می‌شود. محققین اعتقاد دارند که نوترینت‌های حاصل از منابع انسانی و بشری عامل اصلی ایجادکننده‌ی بلوم است. psp برای اولین بار در طول خط ساحلی در ایالت متحده‌ی آمریکا قبل از هر جای دیگر روی داد.

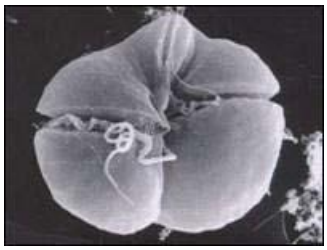




۲) Chrysochromulina : (Chrysochromulina polylepis)

این جلبک از انواع بسیار مضر محسوب می‌شود و بیشترین آسیب را در سواحل نروژ دارد به طوری که باعث از بین رفتن تمام زیست و زندگی لایه‌های زیرین آب در شمال نروژ در سال ۱۹۹۸ شده بود. بر خلاف گونه‌های جلبکی دیگر که به نسبت N/P در دریا حساس می‌باشند، به طوری که با افزایش این نسبت به مقدار کمی آهسته یا کاهش می‌یابند، ولی این گونه به تغییر این نسبت حساس نیست. این گونه می‌تواند بلوم‌های بسیار بزرگی را ایجاد کند که بیشتر در بهار و تابستان روی می‌دهد.

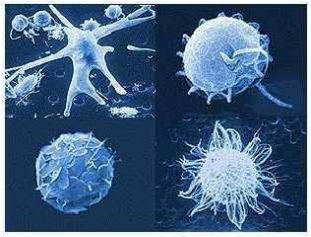
۳) Gymnodinium : (breve Gymnodinium)



این‌گونه جزء قدیمی‌ترین گونه‌های سمی شناخته شده است که موجب مسمویت در shellfishها می‌شود سندرم نوروتوکسینی به نام NSP(Neurotoxin shellfish poisoning) ایجاد شده که توکسین آزاد شده باعث مرگ ماهیان و بی‌مهره‌گان و پرنده‌گان و پستاندارن دریایی می‌شود. در سال ۱۸۸۰ مسمویت shellfishها در طول سواحل فلوریدا گزارش شد و در سال ۱۹۱۶ اولین بیماری و مشکل تنفسی با شناخت این سندرم کشف شد. بلوم‌های آن به مدت طولانی ادامه می‌یابد به خصوص اگر این بلوم با افزایش نوترینت‌های منابع انسانی ایجاد شده باشد. توکسین‌های حاصل

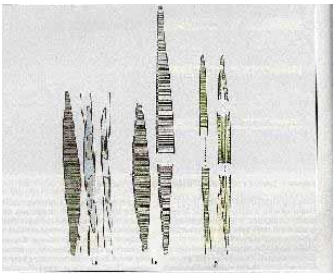
ازآن به وسیله‌ی امواج پراکنده شده و مشکل تنفسی را در موجوداتی کـه درآن منطقـه زنـدگی مـی‌کننـد ایجـاد مـی‌کنـد.

۴) Pfiesteria : (piscicidia Pfiesteria)



این گونه هم یک داینوفلاژله سمی است که با خسارت‌هایی که روی ماهیان گذاشته است بررسی و شناسایی شده است. این گونه برای اولین بار در سال ۱۹۸۸ در آمریکا شناخته شد. در خوریات هم بلوم سمی زودگذر و موقتی را ایجاد می‌کنـد، در سال ۱۹۹۰ در خوریات جنوب‌شرقی آمریکا باعث مرگ حد اقل ۳۰٪ از ماهیان در یک سال شده است. این سم بی‌حسی را در ماهیان باعث می‌شود و برای تغذیه در روی بافت ماهی یا درون جریان خون ماهیان جای می‌گیرد. شیوع سمی گونه خیلی کوتاه مدت است و بیشتر از چند ساعت ادامه پیدا نمی‌کند. تماس با انسـان اثراتـی مثـل درد در ناحیـه‌ی احشـایی و شکمی و مشکلاتی از قبیل تنفس یا آلرژی و حساسیت پو ستی را ایجاد می‌کند ولی هرگز خطر مرگ را به همراه ندارند.

۵) Pseudonitzchia : (Australia Pseudonitzchia)



Nitzschia

دیاتومه فوق تولید سـمی مثـل اسـید دومـو ئیـک و نروتوکسـین مـی‌کنـد. سـندرم ASP(Amnesic shellfish poisoning) را ایجاد می‌کند. در چندین مورد علائم نرولوژیکی یـا عصـبی حـدود ۴۸ سـا عـت پـس از خـورده شـدن shellfishهای سمی در انسان بروز می‌کند. ببیشتر بلوم‌های آن وابسته به آلودگی نوترینت‌ها است ولی پدیده‌های طبیعی مثل تغییر درجه‌ی حرارت و حتی شوری می‌تواند در تولید این بلوم مؤثر باشد.

سندرم‌های انسانی ناشی از جلبک‌های دریایی سمی

(ASP) Amnesic shellfish poisoning

(CFP) Ciguatera fish poisoning

(NSP) Neurotoxic shell fish poisoning
(DSP) Diarrhetic shellfish poisoning
(PSP) poisoning Paralytic shellfish

۱- (ASP) poisoning Amnesic shellfish

در اثر شکوفایی بلوم Pseudonitzschia sp که سم دوموئیک اسید را ترشح می‌کند ایجاد می‌شود. از کشنده‌ترین سندرم‌های ناشی از جلبک می‌باشدکه در آن بیمار به اختلالات گوارشی و عصبی مبتلا می‌گردد. ۲۴ ساعت پس از مصرف نرم تن آلوده، اختلالات گوارشی به صورت تهوع، استفراغ، گرفتگی عضلات پشت و اسهال ظاهر می‌شود. ۴۸ ساعت بعد اختلالات عصبی مثل گیجی، سردرد، مشکلات تنفسی و بی‌هوشی رخ می‌دهد.

۲- (CFP) Ciguatera fish poisoning

سندرمی که غالباً در اثر خوردن ماهیان نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری آلوده به سموم داینوفلاژله‌هایی ایجاد می‌شود مثل:

Amphidinium carterae
Gambierdiscus toxicus
Prorocentrum sp

سموم مترشحه از این جلبک‌ها Cigutoxin و Maitotoxin نام دارد. بیشتر در ایالات متحده‌ی آمریکا دیده می شود. علائم این سندرم به صورت ناراحتی‌های گواررشی، عصبی و قلبی و عروقی ظاهر می‌شود. مدت درمان بیماری ممکن است هفته‌ها، ماه‌ها و سال‌ها به طول انجامد. با توجه به اینکه هیچ پاد زهری و یا دارویی برای در مان این سندرم وجود ندارد، فقط در مان‌های حمایتی برای بیمار در نظر گرفته می‌شود.

۳- (DSP) Diarrhetic shellfish poisoning

عامل بروز این سندرم جلبک جنس Dinophysis می‌باشد که سم okadaic acid را ترشح می‌کند. علائم این سندرم به صورت نارسایی‌های گوارشی می‌باشد که ۳۰ دقیقه بعد از خوردن نرم تن آلوده ظاهر می‌شود. این نوع مسمویت منجر به مرگ نمی‌شود و بیمار بعد از چند روز سلامتی خود را به دست می‌آورد

۴- (PSP) Paralytic shellfish poisoning

این مسمویت غالباً در شمال غرب اقیانوس آرام و آلاسکا یافت می‌شود و از سندرم‌های کشنده و خطر ناک محسوب می شود. این مسمویت در اثر بلوم گونه‌های داینوفلاژله زیر ایجاد می‌شود:

Gymnodinium catenatum
Alexanderium sp
Pyrodinium bahamense

سم کشنده‌ی این جلبک‌ها Saxitoxin می‌باشد. تا سال ۱۹۷۷ علت مرگ ۳۰۰ نفر و مسمویت ۱۷۵۰ نفر در سراسر جهان گزارش شده است.

علائم این بیماری صرفاً عصبی بوده و در طی مدت ۳۰ دقیقه تا ۲ ساعت پس از مصرف نرم تن ظاهر می‌گردد. نشانه های بالینی آن خارش، سوزش اطراف دهان، عدم تعادل، گیجی، خواب آلودگی و تب می‌باشد.

کنترل و حذف :

بهترین زمان برای کنترل بلوم، قبل از زمان تو سعه‌ی بلوم است. جلوگیری از ورود فاضلاب‌ها و پسماندهای حیوانی و رواناب‌های شهری، جلو گیری از تغییر دمای بسیار خطرناک در آب و کنترل میزان نسبت N/p باعث کنترل بلوم جلبک های سمی می‌شود. گاهی یک بلوم در مدت زمان کم باعث بالارفتن کدورت ، نوررسانی کم شده که به دنبال آن چرخه‌ی فتوسنتزی و دیگر چرخه‌های زیستی در آب به هم خورده و زندگی موجودات به خطر می‌افتد.

DE filtration ،(Diatomaceous Earth Filtration) : این تکنیک بسیار ساده بوده و در حذف کیست‌ها و جلبک و آزبست از آب مؤثر است، DE filtration دارای ساختار شبیه به فسیل است که گیاهان میکروسکوپی و دیاتومه ها را در سایزهای کمتر از ۵ میکرون تا بیش از ۱۰۰ میکرون را حذف می‌کند.

روش‌های انعقاد(Coagulation) و ته‌نشینی (Sedimentation) در حذف جلبک‌ها مؤثرند اگر چه باید دقت کافی به عمل آید تا این کار بدون تخریب ساختمان سلولی جلبک‌ها صورت پذیرد، چون تخریب باعث آزاد شدن توکسین یا سم‌های مؤثر بر کبد یا اعصاب خواهد شد.

نحوه‌ی مقابله با خطر بالقوه وجود سیانوباکتریای سمی در سیستم تأمین آب

– استراتژی مدیریت منابع آب

استراتژی‌های متعددی برای برخورد با این مشکل قابل اجرا می‌باشد. از سولفات مس به صورت گسترده‌ای برای کنترل رشد توده‌های جلبک استفاده می‌شود. این روش مؤثر، اقتصادی و به صرفه می‌باشند. سایر جلبک‌کش‌ها شامل انواع ژلات های مسی می‌باشند. نتیجه‌ی تأثیرات استفاده از جلبک‌کش‌های محتوی مس با استفاده از شاخص‌های کیفیت آب مانند PH، قلیائیت و کربن آلی محلول کنترل می‌شود. عوامل فیزیکی خصوصاً لایه‌بندی حرارتی در مخزن، بر توزیع مس و نحوه‌ی تماس آن با جلبک تأثیر می‌گذارد.

مس یک عامل آفت‌کش وسیع‌الطیف بوده که میتواند تأثیرات منفی بر محیط زیست باقی بگذارد. مقررات زیست محیطی موجود می‌تواند نحوه‌ی استفاده از جلبک‌کش‌ها را تعیین نماید. جلبک‌کش‌ها بایستی در مرحله اول رشد، هنگامی که تعداد سلول‌ها کم می‌باشد تزریق شوند. جلبک‌کش‌ها سلول‌های سالم را متلاشی نموده و موجب رها شدن زهرابه و مواد ایجاد کننده طعم و بو می‌شوند. ممکن است منابع آبی برای مدت کوتاهی پس از تزریق جلبک‌کش به منظور رقیق شدن و توزیع و تجزیه‌ی زهرابه از سرویس خارج شود.

روش دیگر بر هم زدن لایه‌بندی آب در منبع تأمین آب می‌باشد. روش‌های به هم زدن در برخی موارد نتیجه بخش بوده است، موفقیت این روش بستگی به نوع به هم زن یا هواده و توان الکتریکی وارد شده به آب همراه با عمق و شفافیت (میزان نفوذ نور) در آب دریاچه می‌باشد. به طور کلی اختلاط کمکی به کاهش رشد سیانوباکتریای شناور در دریاچه‌های کم عمق(عمق کمتر از ۲۰- ۱۵ متر برای دریاچه‌های با آب شفاف) ننموده اما در دریاچه‌های عمیق‌تر که سلول‌های جلبک برای دوره‌های طولانی به اعماق پایین‌تر و دور از نفوذ نور آفتاب منتقل می‌شوند بهترین تأثیر را دارد. حتی در این حالت جلبک کاملاً از بین نرفته اما رشد آن‌ها کاهش یافته و یا به میزان قابل کنترلی محدود می‌گردد.

چگونگی ایجاد شرایط مناسب برای دست یافتن به نتایج موفقیت آمیز مورد مطالعه قرار نگرفته است، اما می‌دانیم که بر هم زدن لایه‌بندی نتایج مؤثری بر روی کنترل MICROSISTIS گذاشته، ولی به همین میزان بر روی انواع جلبک‌ها مانند CYLINDROSPERMOPSIS که خاصیت شناوری کمتری دارند تأثیر نمی‌گذارد.

روش‌های مختلف تصفیه برای حذف سلول‌های سیانوباکتریا

هدف اصلی تصفیه در تأسیسات آلوده به جلبک حذف سیانوباکتریا می‌باشد، بصورتی که حداقل آسیب به جلبک وارد و از متلاشی شدن آن جلوگیری شود. زیرا وارد شدن آسیب به سلول‌ها موجب آزاد شدن و تخلیه‌ی زهرابه به داخل آب می‌گردد. در صورت وجود میکروسیستیس انعقاد و فیلتراسیون متعارف بخش عمده‌ی زهرابه را که تا ۹۵٪ آن در داخل سلول باقی می‌ماند حذف خواهد نمود. لازم است از کاربرد کلیه‌ی روش‌های تصفیه از قبیل اکسیداسیون اولیه که می‌تواند به ساختمان سلول جلبک آسیب وارد نماید جلوگیری شود. در واقع کلیه‌ی سلول‌های سیانوباکتریا بایستی از طریق انعقاد، فلوکولاسیون و فیلتراسیون مؤثر حذف شوند. چنانچه امکان خطر زهرابه محتوی سلولها زیاد باشد، پساب لجن و شست و شوی فیلترها به مدت چند هفته تا زمانی که سلولها مرده و زهرابه‌ها به صورت طبیعی تجزیه شوند از سیستم مجزا می‌شوند.

روش‌های تصفیه

مهمترین سؤال در رابطه با تصفیه‌ی آب محتوی جلبک‌های سمی، تعیین حد مطمئن زهرابه در داخل آب و یا غلظت مورد نظر زهرابه در داخل آب تصفیه شده می‌باشد. در ایالات متحده تاکنون مقررات و یا حدود راهنمای غلظت زهرابه در آب شرب تعیین نشده است اما سازمان بهداشت جهانی(WHO) حد راهنمای ۱ mg/L را فقط برای یک نوع جلبک MICROSYSTIN.LR (MLR) اعلام نموده است. در استرالیا حد راهنمای ۱/۳ mg/L برای مجموع میکروسیستن‌ها، که بر حسب معادل سمیت MLR بیان گردیده و توسط کروماتوگرافی مایع با راندمان بالا اندازه‌گیری می شود مورد استفاده می‌باشد.

میکروسیستین (MICROSYSTINS)

بیش از ۶۰ نوع شناخته شده میکروسیستین سمی وجود دارند نوع MLR دارای دو اسید آمینه لوسین (L) و آرژینین (R) با آرایش‌های متفاوت می‌باشد با وجود تفاوت‌های ما بین ۶۰ گونه میکروسیستین سمی تفاوت اندکی در خواص شیمیایی آن‌ها و در نتیجه استفاده از روش‌های مؤثر و پروسه مورد نیاز حذف مواد سمی از قبیل پروسه جذب سطحی می باشد.

چنانچه حذف مقادیر اپتیمم سلول‌ها به عنوان اولین هدف تصفیه مورد نظر باشد، حذف مقادیر کافی از میکروسیستین با استفاده از PAC دارای غلظت mg/L ۲۰ و زمان ماند ۴۵ دقیقه یا بیشتر(مطابق جدول شماره‌ی ۲) و کلرزنی مؤثر در پایان پروسه‌ی تصفیه ممکن خواهد بود. با این حال چنانچه میکروسیستین LA که به اندازه‌ی MLR سمی می‌باشد در آب موجود باشد در اینصورت PAC به تنهایی قادر به حذف زهرابه نبوده و خطر بروز طعم و بو بر اثر تزریق کلر که تنها مانع بازدارنده در یک روش تصفیه ی متعارف می‌باشد افزایش می‌یابد.

ایجاد موانع دوگانه برای حذف زهرابه دارای اولویت می‌باشد. مشاهده و کنترل میکروسیستین‌ها هنگامی که غلظت سیانوباکتریا زیاد باشد منجر به اطلاعات با ارزش می‌گردد.

روش‌های تصفیه‌ی پیشرفته‌تر، مانند استفاده‌ی همزمان از ازن و GAC یا نانوفیلتراسیون، خطر ایجاد مسمومیت توسط میکروسیستین‌ها در شبکه‌ی توزیع را به حداقل می‌رساند.

ساکسی‌توکسین (SAXITOXINS)

سمی‌ترین انواع ساکسی‌توکسین‌ها با استفاده از دوز PAC 20 mg/L دارای کیفیت خوب به صورت مؤثر حذف می شوند. استفاده از کلر در شرایط معمولی به طور نسبی در غیر فعال نمودن ساکسی‌توکسین‌ها غیر مؤثر می‌باشد. بنابر این در یک روش تصفیه‌ی متعارف فقط یک عامل بازدارنده جلبک یعنی PAC وجود دارد. شاید مؤثرترین راه کاهش این زهرابه ها استفاده از ترکیبی از ازن و GAC می‌باشد.

سیلندروسپرموپسین (Cylindrospermopsin)

بخش عمده‌ای زهرابه سیلندروسپرموپسین خارج سلولی بوده، بنابر این حذف سلول‌های سالم فقط اولین گام تصفیه می باشد. خوشبختانه سیلندروسپرموپسین مانند اکثر میکروسیستین‌ها فقط با استفاده از موانع دوگانه یعنی PAC به میزان mg/L ۲۰–۱۵ و برای حداقل مدت زمان تماس ۴۵ دقیقه و همراه با کلر قابل کنترل می‌باشد. ترکیبی از موانع دو گانه‌ی ازن و GAC نیز یک عامل بسیار خوب برای جلوگیری از این زهرابه می‌باشد.

آناتوکسین (Anatoxin)

آناتوکسین نیز در مقابل کلر حساس نبوده، بنابراین در یک تصفیه خانه متعارف استفاده از PAC راه اصلی تصفیه می باشد. اطلاعات محدودی که در این زمینه بدست آمده است حاکی از مؤثر بودن PAC میباشد، اما هیچگونه اطلاعاتی در خصوص بهترین نوع و دوز PAC موجود نمی باشد. مجدداً یادآوری می نماید ازن و GAC بهترین مانع در مقابله با این

زهرابه میباشند، زیرا استفاده از مقادیر متوسط ازن نشان میدهد که برای حذف زهرابه در آبهای دارای کیفیت های متفاوت مؤثر بوده است.

برنامه‌ی اجرایی تصفیه: Treatment Action Plan

چنانچه جلبک در آب ورودی به تصفیه‌خانه وجود داشته باشد، چندین اقدام مهم برای کاهش امکان وجود جلبک به شبکه‌ی مصرف بایستی انجام شود.

– تمامی اکسیداسیون‌های اولیه را متوقف نمائید. تزریق کلر و ازن با دوز پایین یا میزان کمتر از حد مورد نیاز می‌تواند منجر به متلاشی شدن سلول جلبک و تخلیه‌ی زهرابه به داخل آب گردد.

اپتیمم نمودن انعقاد

هر اندازه که سلول‌های سالم و دست نخورده با استفاده از انعقاد حذف شوند، امکان ورود زهرابه به سیستم کاهش می یابد.

– پساب‌های حاصله از شست و شوی فیلترها و تخلیه‌ی لجن کلاریفایرها از تصفیه‌خانه‌ی ایزوله(مجزا) نمائید، سلول‌های جلبک مخصوصاً در داخل لجن به سرعت تحت تنش قرار گرفته و زهرابه‌های محلول را گاهی مواقع با غلظت‌های خیلی زیاد رها می‌سازند.

– اپتیمم نمودن تزریق مقدار PAC چنانچه از انواع زهرابه‌های موجود در آب اطلاع دارید، انواع کربن فعال مناسب را از جدول ۲ انتخاب نمائید.

– استفاده از دوز mg/L ۲۰ کربن فعال برای زمان تماس حداقل ۴۵ دقیقه می‌تواند غلظت زهرابه را به میزان قابل توجهی کاهش دهد.

صرفاً متکی به استفاد ه از GAC نباشید. برای برخی زهرابه‌های معمولی GAC نسبتاً عمر کوتاهی در رابطه با حذف زهرابه دارد، زیرا کربن آلی محلول DOC که همواره در آب به صورت محلول موجود می‌باشند، می‌تواند محل‌های جذب واقع بر سطح کربن فعال را اشغال نماید.

اپتیمم نمودن دوز ازن و کلر در شرایطی که رشد و تکثیر ناگهانی جلبک در آب اتفاق بیافتد، غلظت DOC موجود به میزان قابل توجهی تغییر می‌نماید. بنابر این حفظ مقادیر باقیمانده‌ی کلر و ازن در آب به طور اخص از اهمیت برخوردار می باشد، حداقل مدت ۵ دقیقه برای ازن و ۳۰ دقیقه برای کلر با این وجود هرچند که تحقیقات بشری برای یافتن و تعیین مقدار CT فاضلاب برای ازن و کلر آب‌های دارای کیفیت‌های متفاوت مورد نیاز می‌باشد. چنانچه از برنامه‌ی اجرایی تصفیه ی فوق‌الذکر تبعیت شود، احتمال وجود زهرابه در شیرهای آب مصرف‌کنندگان مرتفع خواهد گردید.

مقابله با گونه‌های دیگر جلبک

معمولاً شرکت‌های مسئول تأمین آب در بدو برنامه‌ی پایش جلبک‌های سمی لازم است موارد چندی را مورد توجه قرار دهند.

هنگام درخواست آزمایش جلبک میکروسیستین سمی تا جایی که مقدور می‌باشد انواع مختلف آن را مورد بررسی قرار دهید. چنانچه می‌خواهید از جذب سطحی کربن فعال برای حذف جلبک استفاده کنید، به خاطر داشته باشید که در بین معمولی‌ترین میکروسیستین‌های سمی، انواع RR و YR به آسانی توسط PAC (یا GAC) حذف می‌شوند، نوع LR نیز نسبتاً به خوبی حذف می‌شود، اما نوع LA به طور کلی به سختی حذف می‌شود. آزمایشی که فقط معادل میکروسیستین LR را بررسی نماید بهترین اطلاعات را ارائه نخواهد نمود. هنگام درخواست آزمایش از آزمایشگاه بخواهید که غلظت زهرابه محلول و همچنین زهرابه موجود در داخل بافت سلول را برایتان اندازه‌گیری نماید. به طور کلی چنانچه آزمایش زهرابه درخواست شود غلظت مجموع زهرابه‌ها اندازه‌گیری خواهد شد. این غلظت ممکن است خیلی زیاد بوده و تصویری غیر واقعی از وضعیت کیفیت منبع تأمین آب را به شما ارائه نماید. به خاطر داشته باشید چنانچه بیشترین مقدار زهرابه در داخل بافت سلول باشد با استفاده از روش‌های متعارف انعقاد، لخته‌سازی، ته‌نشینی و فیلتراسیون قابل حذف می‌باشد. این روش همچنین در رابطه با آزمایش طعم و بو چنانچه منشأ آن‌ها سیانوباکتریا باشد صدق می‌نماید.

اندازه‌گیری کلروفیل a

غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی به طور گسترده‌ای برای تخمین و تعیین بیومس فیتوپلانکتونی به کار می‌رود. تمامی گیاهان سبز حاوی کلروفیل a هستند که تقریباً ۱ تا ۲ درصد وزن خشک جلبک پلانگتونی را تشکیل می‌دهد. سایر رنگدانه هایی که در پلانگتون وجود دارند شامل کلروفیل a و b، carotens ، phycobilins، xanthophylls هستند. مهمترین ترکیبات ناشی از تجزیه‌ی کلروفیل که در محیط آبی یافت می‌شود، pheophytins، pheophorobides و chlorophyllids هستند. حضور یا عدم حضور رنگدانه‌های مختلف فتوسنتزی، در کنار سایر ویژگی‌ها، برای جداسازی گروه‌های اصلی جلبکی به کار گرفته می‌شود. سه روش تعیین کلروفیل a در فیتوپلانکتون، اسپکتروفتومتری فلورومتری و روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) می‌باشد. فلورومتری بسیار حساس‌تر از اسپکتروفتومتری است، نیاز به نمونه کمی دارد و می تواند برای اندازه‌گیری‌های in-vivo به کار برده شود. روش‌های نوری به مقدار زیادی غلظت کلروفیل a را تا حدودی کمتر یا بیشتر از مقدار واقعی تخمین می‌زند زیرا هم‌پوشانی باندهای جذب و فلورسانس پیگمان های فرعی همزمان ایجاد شونده و محصولات تجزیه‌ی کلروفیل رخ می‌دهد.

pheophorobide و pheophytin دو محصول متداول تجزیه ی کلروفیل a هستند و در تعیین کلروفیل a تداخل می‌نمایند. زیرا آن‌ها نور را جذب می‌کنند و در همان ناحیه از اسپکتروم همانند کلروفیل بازتاب می‌نمایند. اگر این رنگدانه‌هایpheo وجود داشته باشند،خطای عمده‌ای درمقادیرکلروفیل a ایجاد خواهند نمود. رنگدانه‌های pheo می‌توانند به وسیله‌ی اسپکتروفتومتری و یا فلورومتری اندازه‌گیری شوند اما در محیط‌های حاوی آب تازه یا دریایی، روش فلورومتری هنگامی که کلروفیل نیز وجود دارد، معتبر نیست. به محض اسیدی کردن کلروفیل، انتشار فلوروسانس ایجاد شده از b pheophytin منطبق با pheophytin a است. بنابر این سبب می‌شود کلروفیل کمتر از اندازه‌ی واقعی و رنگدانه‌های pheo بیش از اندازه‌ی واقعی تخمین زده شود. HPLC روش مفید دیگری برای اندازه‌گیری رنگدانه‌های فتوسنتزکننده شامل کلروفیل a و رنگدانه‌های فرعی (به عنوان مثال کلروفیلa و b) و محصولات ناشی از تجزیه‌ی کلروفیل (pheophytins ، pheophorobides و chlorophyllids) است. توزیع رنگدانه برای تخمین کمی جمعیت فیتوپلانکتون‌ها و فعالیت تغذیه ی زئوپلانکتون‌ها مفید است.

استخراج رنگدانه

به منظور جلوگیری از تجزیه، کار با عصاره‌های کلروفیل را در نور کم انجام دهید. از ظروف مات استفاده کنید و یا با ورقه‌ی آلومینیومی بپوشانید. رنگدانه‌ها توسط استون آبدار از عصاره‌ی پلانکتون استخراج می‌شوند. و دانسیته اپتیکی(جذب) ماده‌ی استخراج شده توسط اسپکتروفتومتری تعیین می‌گردد. سهولت خارج کردن کلروفیلaبه طور قابل ملاحظه‌ای در جلبک‌های گوناگون متغیر است. به منظور دستیابی به عصاره‌ی تمامی رنگدانه‌ها، سلول‌ها را به طور مکانیکی با خردکننده

بافت به هم زنید. صافی‌های فایبرگلاس برای جداسازی جلبک از آب مطلوب هستند. فایبرگلاس به شکستن سلول‌ها در طی خردکردن کمک می‌کند. حجم زیادی از آب را می‌توان صاف نمود و بعد از اسیدی‌کردن، رسوبی تشکیل نمی‌شود. زمانی که این موارد مهم نباشد می‌توان از صافی‌های ممبران خنثی مثل فیلترهای پلی‌استر استفاده نمود.

تجهیزات و معرف‌ها

۱ -خردکننده‌ی بافت

صافی‌های فایبرگلاس را در خردکننده‌ی بافت به خوبی حل نمایید. ترجیحاً از لوله‌های خردکننده ته گرد که دارای دسته‌ی منطبق و شیار در سر TFE هستند، استفاده نمایید.

۲ -سانتریفوژ پزشکی و رومیزی(rpm ۷۵۰۰ –۵۰۰۰)

۳ -لوله‌های سانتریفوژ با درجه‌بندی ۱۵ میلی‌لیتر و دارای درب پیچ‌دار

۴ -تجهیزات صاف‌سازی، صافی فایبرگلاس یا ممبران(منافذ mì ۰/۴۵ و قطر mm ۴۷)، پمپ خلا، نگهدارنده‌ی صافی یکبار مصرف مقاوم به حلال(ابزار کاملاً شیشه‌ای برای نگهداشتن صافی که به وسیله‌ی آب یا حلال‌های آلی تمیز می شود)، سرنگ mL ۱۰ مقاوم به حلال

۵ -محلول کربنات منیزیم اشباع

یک گرم پودر ریز MgCO3 را به mm ۱۰۰ آب مقطر اضافه کنید.

۶ -محلول استون آبی

محلول استون آبدار :۹۰ قسمت استون (°C BP ۵۶) را با ۱۰ قسمت آب مقطر مخلوط کنید. در روش آنالیز رنگدانه با HPLC ۹۰ قسمت استون با درجه HPLC را با ۱۰ قسمت آب مقطر مخلوط کنید.

روش استخراج

۱ -سریعاً و به محض جمع‌آوری نمونه، نمونه را با سانتریفوژ کردن و یا فیلترکردن تغلیظ نمایید. اگر عمل اندازه‌گیری باید به تأخیر افتد، نمونه‌ها را در یخ یا ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد نگهداری کنید و از تماس با نور جلوگیری نمایید. از لوله‌های مات و کدر استفاده کنید. زیرا کوچکترین تماس با نور در طی نگهداری مقدار کلروفیل a را تغییر می‌دهد. نمونه‌های صاف شده از آب‌های دارای pH ۷ و بیشتر را می‌توان در کیسه‌های پلاستیکی بدون هوا قرار داد و به حالت یخ زده برای ۲۸ روز نگهداری نمود. به منظور جلوگیری از تجزیه احتمالی کلروفیل در اثر باقیمانده‌ی آب اسیدی در فیلتر، نمونه‌های آب‌های اسیدی طبیعی(آب‌های دارای pH کمتر از ۷ ممکن است ناشی از اسید هیومیک و محتویات سلول‌های پیر باشد ولی ناشی از مواد نگهدارنده نیست) را سریعاً بعد از صاف‌سازی آزمایش کنید. از شیشه‌آلات و کووت‌هایی که بدون اسید و تمیز هستند، استفاده کنید. استخراج کلروفیل از سلول‌های جمع‌آوری شده در روی صافی، با چندین نوع حلال انجام می‌گیرد که

شامل استون، اتانول و متانول می‌باشد. در روش شرح داده شده در اینجا از استون استفاده شده است. به منظور اطمینان از جمع‌آوری کلیه‌ی سلول‌ها، ظرف نگهداری نمونه را با ۲۰mL آب آزمایشگاهی عاری از مواد آلی آبکشی نموده و از همان صافی که نمونه را از آن صاف نموده‌اید، عبور دهید. درست در لحظه قبل از انجام عملیات صاف‌سازی تقریبا ۲mL از سوسپانسیون MgCO3 به نمونه اضافه کنید. سوسپانسیون MgCO3 به مانند بافر pH عمل می‌نماید و از تجزیه‌ی کلروفیل جلوگیری می‌کند.

۲ -نمونه را در خردکننده بافت قرار داده و با ۳-۲ میلی لیتر محلول استون آبدار بپوشانید. و به مدت ۱ دقیقه با ۵۰۰ rpm بچرخانید. از خردکننده نوع TFE /glass برای صافی فایبرگلاس و از خردکننده glass /glass برای صافی ممبران استفاده نمایید.

۳ - نمونه را به سانتریفوژ سرپیچ دار منتقل کنید. و خردکننده را با مقدار کمی استون آبدار٪ ۹۰ آبکشی نمایید. و آب‌ها را به دوغاب عصاره اضافه کنید. حجم نهایی را با استون آبدار ۹۰٪ به ۱۰ میلی‌لیتر برسانید. از محلول با مضایقه و با احتیاط استفاده کنید و از رقیق‌سازی بیش از اندازه‌ی رنگدانه جلوگیری کنید. نمونه‌ها را حداقل ۲ ساعت در ۴ درجه‌ی سانتیگراد در تاریکی نگهداری کنید. صافی‌های فایبرگلاس با قطر ۲۵ و ۴۷ میلی‌متر به ترتیب دارای حجم‌های انتقال ۰/۰۳ و ۰/۱ میلی لیتر هستند و اگر حجم عصاره ۱۰ mL باشد، به ترتیب باعث خطای۰/۳ و ۱ درصد می‌شوند.

۴ -با عبور دادن و صاف‌سازی از طریق صافی یکبار مصرف مقاوم به حلال (به عنوان مثال صافی تزریق PTFE ۰/۴۵ میکرومتر و ۱۳ میلی‌متری) و یا سانتریفوژ کردن در لوله‌های دربسته در ۵۰۰g یا ۳۰۰۰ rpm و ۲۰ دقیقه صاف‌سازی کنید. به منظور کاهش باقی‌مانده عصاره در صافی و نگهدارنده صافی ۱-۲ میلی‌لیتر هوا را بعد از عصاره از صافی عبور دهید. عصاره صاف شده را به لوله سانتریفوژ در پیچ دار، ۱۵ mL، کالیبره شده منتقل نمایید و حجم کلی را اندازه‌گیری کنید.

اندازه‌گیری کلروفیل با روش اسپکتروفتومتری

تجهیزات و معرف‌ها

۱ - اسپکتروفتومتر با باند باریک (۰/۵ nm-۲). زیرا پیک جذب کلروفیل نسبتاً باریک است. در عرض باند طیفی nm ۲۰ ممکن است غلظت کلروفیل a حدود ۴۰٪ کمتر تخمین زده شود.

۲ -کووت با طول موج ۱-۴ و ۱۰ cm

۳ -پیپت ۰/۱و۵ mL

۴ -اسید هیدروکلریدریک۰/۱ نرمال

تعیین کلروفیلa در حضور pheophytin a

کلروفیلa ممکن است به علت وجود رنگدانه‌های pheo که طول موج های مشابه با طول موج کلروفیل a را جذب می‌کنند، بیشتر تخمین زده شود. اضافه کردن اسید به کلروفیل a منجر به کاهش اتم منیزیم و تبدیل آن به pheophytin a می‌شود. اسیدی کردن را با دقت و به نحوی انجام دهید که مولاریته نهایی بیشتر از ۳-۱۰*۳ مولار نشود تا از تغییر رنگدانه‌های جانبی به انواعی که دارای طول موج جذبی مشابه با pheophytin a هستند، جلوگیری شود. هنگامی که محلول خالص کلروفیل a توسط اسیدی شدن به pheophytin a تبدیل می‌شود، ضریب پیک جذب۱/۷ (OD ۶۶۴/OD ۶۶۵) برای تصحیح غلظت کلروفیل a موجود به pheophytin a به کار می‌رود. در نمونه های دارای ضریب اسیدی شدن OD ۶۶۴ befor به OD ۶۶۵ after (OD ۶۶۴ b / OD ۶۶۵ a) ۱/۷، فرض می شود که دارای pheophytin a نمی‌باشند و در شرایط فیزیولوژیکی عالی قرار دارند. محلولهای دارای pheophytin خالص به هنگام اسیدی شدن کاهشی در OD ۶۶۵ نشان نمی‌دهند و دارای ضریب ۶۶۴b/۶۶۵a یک می‌باشند. بنابراین مخلوط کلروفیل a و pheophytin a دارای ضریب پیک بین ۱ تا ۱/۷ است. این ضرایب بر پایه استفاده از استون٪ ۹۰ به عنوان محلول است. استفاده از استون ٪۱۰۰ به عنوان محلول منجر به دو برابر شدن میزان اسیدی شدن کلروفیل a نسبت به قبل از اسیدی شدن می‌شود.

روش اسپکتروفتومتری

۳ میلی‌لیتر عصاره صاف شده را به کووت cm ۱ منتقل کنید. و دانسیته اپتیکی(OD) را در ۷۵۰ و ۶۶۴ نانومتر قرائت نمایید. عصاره‌ی موجود در کووت را با mL ۰/۱ HCL ۰/۱ نرمال اسیدی کنید. عصاره‌ی اسیدی شده را به آرامی به هم بزنید و بعد از ۹۰ ثانیه OD را در ۷۵۰ و nm ۶۶۵ قرائت کنید. حجم عصاره و اسید و زمان بعد از اسیدی کردن برای دستیابی به نتایج صحیح و ثابت مهم است.

OD ۶۶۴ قبل از اسیدی کردن باید بین ۰/۱ و ۱ باشد. در مورد عصاره‌های بسیار رقیق از کووتی که دارای طول عبور بیشتری است استفاده کنید. اگر سل بزرگتری استفاده می‌شود، به نسبت از مقدار حجم بیشتری اسید استفاده کنید. OD بدست آمده از کووت‌های بزرگتر از cm ۱ را قبل از محاسبه تصحیح نمایید. مقدار OD nm ۷۵۰ را از قرائت‌های قبل از اسیدی کردن(nm ۶۶۴) و بعد از اسیدی کردن (nm ۶۶۵) کسر کنید. با استفاده از مقادیر تصحیح شده، کلروفیل a را در هر m^3 طبق فرمول محاسبه کنید.

$$\text{Cholorophill a} \qquad mg/\,m^3 = \frac{26.7(664b-665a)\times V_1}{V_2\times L}$$

$$\text{Pheophytin a} \qquad mg/m_3 = \frac{26.7[1.7(665a)-(664b)] \times v_1}{V_2 \times L}$$

V_1=حجم عصاره ،لیتر

V_2=حجم نمونه ،لیتر

L=طول مسیر نوری یا عرض کووت ،سانتیمتر

664b,665a= دانسیته نوری عصاره استون ۹۰ ٪ قبل و بعد از اسیدی کردن

26.7= A*K ضریب جذب و برابر است با

A=۱۱ فاکتور جذب برای کلروفیل در ۶۶۴ نانومتر

K=تصحیح ضریب ویژه برای اسیدی کردن

روش آزمایش نماتدها

نماتدها

نماتدها، جانوران آبزی موجود در آب‌های شیرین، شور وخاک می‌باشند. نماتدهای آب شیرین، در فیلترهای شنی آهسته و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب هوازی تکثیر می‌یابند آن‌ها، منبع غذایی بی‌مهره‌گان، مهره‌داران کوچک (ماهی) و انواع قارچ‌ها هستند. نماتدهای آب شیرین، از باکتری‌هایی مانند پاتوژن‌های رودهای انسانی تغذیه می‌کنند. باکتری‌ها و ویروس‌های روده‌ای، در داخل بدن نماتدها از تأثیر کلر زنی در امان می‌مانند این نماتدها، قادرند از فیلترهای تصفیه عبور کرده و در شیرهای آب خانگی به صورت زنده باقی بمانند. نماتدها تغییرات شدید در میزان نمک و سایر مواد شیمیایی محیطی را تحمل می‌کنند.

نمونه‌برداری

نمونه را می‌توان از آب شیر، چاه، رودخانه و... تهیه نمود. حجم نمونه‌ی مورد نظر برای آب تصفیه شده ۳ لیتر و آب خام ۱ لیتر می‌باشد ظروف نمونه‌برداری نیازی به استرلیزاسیون نداشته و فقط با آبکشی و سپس با شستن با آب مقطر آماده می شوند. در روزهای گرم، نمونه را باید روی یخ حمل کرده و آن را تا حد اکثر ۲۴ ساعت بررسی نمود، زیرا تشخیص آن‌ها در این مدت امکان پذیر است. در غیر این صورت، نمونه را در فرمالین ۴٪ نگهداری کنید برای فیکسه کردن نمونه، یک محلول ۸٪ فرمالین به حجم مساوی با نمونه بکار برید.

روش کار

نمونه را، طبق روش‌های فیلتراسیون، فیلتر کنید. از فیلتر با منافذ ۳ میکرومتر استفاده کنید. صافی را با ۱ میلی‌لیتر آب مقطر بشویید تا نماتدها از آن خارج شوند. سپس ۱ میلی‌لیتر از محتوای شسته شده‌ی کرم‌ها را روی لام مخصوص شمارش Sedjwick-Rafter قراردهید و با دقت نماتدها (لارو و کرم‌های بالغ) را با استفاده از عدسی ۱۰ برابر شمارش کنید اگر تعداد نماتدهای شمارش شده در هر میلی‌لیتر از نمونه ی تغلیظ شده بیش از ۱۰ عدد باشد ، تعداد را در حجم اولیه‌ی نمونه ی تغلیظ شده ضرب کنید.

اگر تعداد نماتدها بین ۵ تا ۱۰ باشد، تعداد نماتدها را در ۱ میلی‌لیتر دیگر از نمونه شمارش کنید.

روش آزمایش فیتوپلانکتون‌ها

نمونه‌برداری

حجم نمونه‌ی مورد نظر برای آب تصفیه شده ۳ لیتر و آب خام ۱ لیتر می‌باشد ظروف نمونه‌برداری نیازی به استرلیزاسیون نداشته و فقط با آبکشی و سپس با شستن با آب مقطر آماده می‌شوند. در روزهای گرم، نمونه را باید روی یخ حمل کرده و آن را تا حد اکثر ۲۴ ساعت بررسی نمود، زیرا تشخیص آن‌ها در این مدت امکان‌پذیر است. در غیر این صورت، نمونه را در فرمالین ۴٪ نگهداری کنید برای فیکسه کردن نمونه، یک محلول ۸٪ فرمالین به حجم مساوی با نمونه بکار برید.

روش کار

نمونه‌ها را با استفاده از کاغذ صافی ۰٫۸ میکرون صاف کنید ، صافی را با ۱ میلی لیتر آب مقطر بشویید، سپس محتوای شسته شده را روی لام مخصوص شمارش Sedjwick-Rafter قراردهید و با دقت با استفاده از عدسی ۱۰ برابر و با استفاده از یکی از روش‌های شمارش موجودات را شمارش کنید.

شمارش کلی یا تمام لام Complet

وقتی که تعداد گستردگی پلانکتون‌هاکمتر باشد(حدوداً کمتر از ۲۰ تا) از روش شمارش کلی استفاده می‌کنیم و تعداد در ۱۰۰ میلی‌لیتر گزارش می‌شود.

شمارش خطی

اگر تعداد گستردگی پلانکتون‌ها به صورت متوسط باشد (بین۲۰ تا ۵۰ عدد) به طوری که شمارش کمی سخت شود از روش شمارش خطی استفاده می‌کنیم، یعنی در یک خط طولی لام تعداد را شمارش می‌کنیم. از قبل مساحت لام سدویک را محاسبه کرده بدین صورت که

تعداد میدان های مشاهده شده در طول لام (فیلد)× تعداد میدان های مشاهده شده در عرض لام (فیلد) = مساحت لام

تعداد میدانهای مشاهده شده در یک ردیف از طول لام / مساحت لام = ضریب

۱۰/(تعداد میکرو ارگانیسم های شمارش شده در یک ردیف از طول لام× ضریب) = تعداد میکرو ارگانیسم در ۱۰۰ میلی لیتر

شمارش ۱۰ نقطه

اگر تعداد پلانکتون‌ها زیاد و شمارش مشکل باشد(حدوداً از ۵۰ بیشتر) ۱۰ نقطه را روی لام به صورت تصادفی انتخاب کرده و تعداد را شمارش می‌کنیم سپس تعداد را در ضریب ، ضرب می‌کنیم. که طریقه‌ی محاسبه‌ی آن بدین صورت است.

تعداد میدان های مشاهده شده در طول لام (فیلد)× تعداد میدان های مشاهده شده در عرض لام (فیلد) = مساحت لام

۱۰/ مساحت لام = ضریب

۱۰/(تعداد میکرو ارگانیسم های شمارش شده در ۱۰ فیلد(میدان مشاهده شده)× ضریب) = تعداد میکرو ارگانیسم در ۱۰۰ میلی لیتر

تکنیک رنگ آمیزی فیتوپلانکتونها

رنگ آمیزی جلبک باعث تشخیص بین دیاتومه‌های مرده و زنده می‌شود. این رنگ آمیزی منجر به تخمین و برآورد کل فیتوپلانکتونها در یک نمونه بدون طبقه‌بندی جزئی می‌شود و اسلایدهای مرجع دائمی تهیه می‌شود. روش کار کاربردی است و چون دیاتومه‌ها ترکیب اصلی فیتوپلانکتونها هستند پس مهم است تا اینکه ما بین دیاتومه‌های مرده و زنده تفاوت قائل شویم. بهتر است نمونه‌ها را در محلول لو گل و یا متناوباً در فرمالین تثبیت کنید. برای آنالیز نمونه را مخلوط کنید و یک بخش را از میان یک ممبران فیلتر به قطر ۱۷mm (قطر سوراخ ۰/۴۵یا۰/۶۵ mμ) و با استفاده از یک پمپ خلا ۱۶ تا ۲۰ کیلو پاسکال عبور دهید و هرگز نگذارید تا نمونه خشک شود. ۲تا ۵میلی‌لیتر محلول فوشین اسیدی آبی را به فیلتر اضافه کنید (۱g فوشین اسیدی را در ۱۰۰ میلی لیتر مقطری که ۲ میلی لیتر اسید استیک گلاسیال به آن اضافه شده حل کنید و صاف کرده و اجازه دهید تا ۲۰ دقیقه باقی بماند. بعد از رنگ‌آمیزی، نمونه را صاف کنید، مختصرا با آب مقطر بشویید و دوباره صاف کنید آبکشی های پی در پی نمونه فیلتر شده را با پرو پانل ۵۰٪ ، ۹۰٪و ۱۰۰٪انجام دهید. برای ۲ دقیقه در ۱- پرو پانل ۱۰۰٪ بعدی شستشو داده و سپس صاف کنید و بعدا گزیلن را اضافه کنید. دوباره حداقل شستشو مورد لزوم است. قبل از صاف کردن یک خیساندن نهایی ۱۰ دقیقه‌ای انجام دهید. فیلتر خیس خورده با گزیلن را درست کنید و روی یک اسلاید با لام میکروسکوپی در جائیکه چندین قطره محیط تثبیت کننده وجود دارد قرار دهید. چند قطره بیشتر از محیط تثبیت کننده در بالای فیلتر بکار ببرید و یک پوشش شیشه‌ای قرار دهید. به دقت اضافی محیط را به بیرون فشار دهید. اقدام نهایی تثبیت کردن را با احاطه کردن با جلا یا لاک کنار لام انجام دهید.

ارگانیسمها را با استفاده از بزرگنمایی مناسب شمارش کنید. دیاتومه‌های زنده نوعا به رنگ قرمز و دیاتومه‌های مرده آنهایی هستند که رنگ نشده‌اند. روغن ایمرسیون برای تشخیص نوع دیاتومه‌ها و خیلی از جلبک های دیگر ضروری است.

خطها یا میدانهای انتخابی را شمارش کرده و غلظت و تراکم پلانکتونها را در هر میلی لیتر محاسبه کنید

استانداردها

غلظت جلبکی یا شمارش جلبکی توده‌ای جلبک در آب خام در حد کمتر از ۱۰۰۰ واحد در میلی‌لیتر به عنوان حد قابل قبول برای تصفیه با فیلتراسیون مستقیم پیشنهاد می‌شود.

غلظت‌های کمتر از ۵ میلی‌گرم بر مترمکعب از کلروفیل a به عنوان بالاترین حد برای فیلتراسیون شنی کند پیشنهاد می شود.

در صورتی که کدورت آب خام بالای NTU ۵ و کلروفیل a از mg/m^3 ۵ و رنگ حقیقی از ۱۰- ۵ واحد پلاتین کبالت تجاوز کند مراحل پیش تصفیه قبل از فیلتراسیون ضروری است.

جدول شماره‌ی ٦: استاندارد WHO برای سم میکروسیستیس و کلروفیل a در آب

نام ماده	استاندارد	حد مجاز ppb	
		شرب	تفریحی
Microcystin Toxin سم میکروسیستیس	WHO	۱	۲۰
کلروفیل a	WHO	۱۰	-

منابع

۱- راهنمای جلبک‌های آب شیرین، هیلاری بلچرواریکاسوئل، ترجمه‌ی دکتر هادی محمدی

۲- میکروبیولوژی کاربردی آب و فاضلاب، دکتر گاگیک بدلیانس قلی‌کندی

۳- جلبک‌ها تألیف مرضیه بیگم فقیر، انتشارات دانشگاه گیلان

۴- مبانی جلبک‌شناسی، تألیف شیرین قربانی

۵- بیولوژی جلبک‌ها، تألیف دکتر هرمز دیارکیان مهر، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

۶- شناسایی موجودات شاخص بی‌مهره آب‌های جاری تألیف دکتر محمدرضا احمدی، مهندس محمود نفیسی

۷- اطلس رنگی پلانگتون‌شناسی، تألیف سندهال وبرگرن، ترجمه‌ی عباس اسماعیلی ساری، انتشارات مؤسسه‌ی تحقیقات شیلات ایران

۸- پلانکتون‌های دریایی نوشته‌ی میترا آبهی جیت و همکاران، ترجمه و تألیف دکتر سید محمدرضا فاطمی، دکتر محمد کاظمیان، دکتر منصوره غلامی

10-Guidelines for Drinking Water Quality ,Third Edition, 2004

11- algae. (2011). In Encyclopædia Britannica. Retrieved from

12- algae." Encyclopædia Britannica. Encyclopædia Britannica Online. Encyclopædia Britannica, 2011. Web. 12 Feb. 2011.

13- Eloranta, P.; Kwandrans, J. (2004). "Indicator value of freshwater red algae in running waters for water quality assessment". I nt e r na t i o n al J o ur n al of O c ea n og r ap h y a n d H y dr o b i ol o g y XXXIII (1): 47–54

14- Lewis, L. A & R. M. McCourt (2004). "Green algae and the origin of land plants". American Journal of Botany 91 (10): 1535–1556.

15- Algae. 2nd Edition**.** (2008).James Graham, Lee W. Wilcox, & Linda E. Graham.

16-www.health.gov.au/nhmrc/publication/pdf/eh 19.pdf