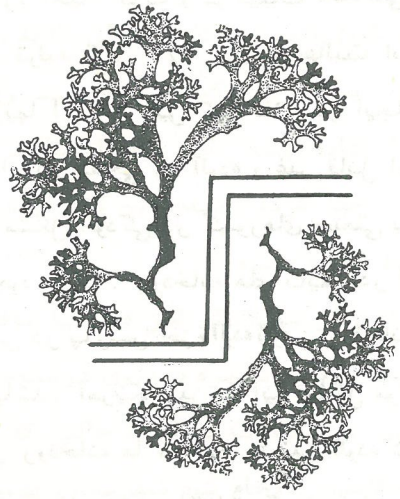


تصفیه فاضلاب بروش کشت گیاهان آبزی و جلبکها

سخنرانی خانم دکتر الهه انسانی

در اولین کنفرانس تصفیه فاضلاب بروش کشت گیاهان آبزی و جلبکها در ایران

اولین کنفرانس تصفیه فاضلاب بروش گیاهان آبزی و جلبکها روز ششم خرداد ماه ۱۳۷۰ توسط کمیته تحقیقات آب وفاضلاب اصفهان برگزار گردید. سخنران این کنفرانس خانم دکتر الهه انسانی استاد دانشگاه برکلی کالیفرنیا بود. قسمت اول سخنرانی ایشان جهت اطلاع علاقمندان ذیلا" درج میگردد.

ضمن عرض سلام و تشکر از حضار محترم و کمیته تحقیقات آب و فاضلاب اصفهان که چنین فرصتی را به من دادند تا بتوانم در حضور دوستان از تجربیات خودم در دانشگاه برکلی در رشته آب و فاضلاب سخن بگویم .

در ابتدا باید به نقش فاضلاب و اهمیت تصفیه آن توجه کرد.چرا باید فاضلاب را تصفیه کنیم ؟ چرا نمیتوانیم فاضلاب را بروش پیشینیان به رودخانه ها و دریاچه ها تخلیه کنیم ؟

تخلیه اشتباه فاضلاب در کشورهای صنعتی باعث بروز مشکلات گسترده ای شده است و در اواخر قرن نوزدهم آنها را ناچار به ایجاد تصفیه خانه های فاضلاب نمود.

پارامترهای موجود در فاضلاب به سه دسته تقسیم میشوند :

الف : مواد آلی محلول و معلق در آب .

ب : مواد جامد معلق در فاضلاب .

ج : باکتریها، مواد کلوئیدی و تخم انگلها .

در گذشته فاضلاب بصورت سنتی به منابعی همچون رودخانه ، دریا،و خلیج تخلیه میشده و اگر چنین امکانی در دسترس نبود آن را بر روی زمین تخلیه می کردند . مواد سه گانه فوق الذکر وقتی به آبهای سطحی وارد میشوند نقش غذای باکتریهای موجود در آب را ایفا می کنند. باکتریها با توجه به غذای سرشار موجود و با کمك اکسیژنی که در آب وجود دارد شروع به تجزیه مواد آلی می نمایند . اکسیژن محلول آبهای سطحی حدود ۹ تا ۱۰ میلیگرم در۲۰درجه سانتیگراد میباشد . چون غذای در دسترس باکتریها زیاد است آنها اکسیژن آب را مصرف کرده و مواد آلی را به مصرف غذائی خود میرسانند. این امر باعث میشود موجودات ، حیوانات و گیاهان آبزی که درون اکوسیستم بصورت همزیستی بسر میبرند بدلیل

فقدان اکسیژن حیاتشان را از دست بدهند. از طرف دیگر از بین رفتن اکسیژن در سیستم باعث غلبه باکتریهای بیهوازی میباشد. این گروه ازباکتریها مواد آلی را احیاء کرده و ترکیبات سمی ایجاد میکنند. تولید گاز H_2S نتیجه فعالیت این گروه از باکتریها است. این گاز علاوه بر ایجاد بوی نامطبوع آبهای سطحی را آلوده و غیر قابل استفاده میسازد. مشکل آلودگی در کشورهای صنعتی بطور بارزی وجود دارد. رودخانه های تایمز در لندن، راین و سن در پاریس جزء آلوده‌ترین رودخانه های جهان میباشد. آمریکا نیز با این مشکل مواجه بوده و علاوه بر رودخانه ها، خلیج ها نیز آلوده شده است. از حدود ۵۰ سال پیش مطالعات گسترده ای درباره حیات جانداران در خلیج سانفرانسیسکو آغازگردید. آلاینده های مختلف موجود در خلیج باعث ایجاد آلودگی در بدن جانوران آبزی شده و مصرف خوراکی آنها در انسان ایجاد مسمومیت می نماید. مجموعهٔ عوامل فوق الذکر هر روز بیش از پیش اهمیت تصفیه فاضلاب و جلوگیری از ورود آنها را به اکوسیستمهای آبی جلوه‌گر میساخت. مدیران و مسئولین محیط زیست بر آن شدند از آلوده شدن آبهای سالم جلوگیری کنند تا بعد مجبور نباشند هزینه هنگفتی علاوه بر مسائل مختلف سرمایه گذاری و بهره‌برداری متحمل شوند.

امروز قصد دارم دربارهٔ تکنولوژی کشت گیاهان آبزی صحبت کنم. اینکه آنرا تکنولوژی می گویم مهم جلوه دادن آن نیست بلکه در پرتو عمل صحیح و کنترل، مسئله تصفیه فاضلاب خیلی بهتر انجام خواهد شد. در بحث تصفیه فاضلاب با استفاده از کشت گیاهان آبزی به شناسائی، اهمیت و کاربرد اینگونه گیاهان پرداخته و مراحل پنجگانه تصفیه را بررسی خواهیم نمود. در ابتدا پنج مرحله تصفیه را توضیح میدهم.

۱ ـ مرحله اول: از بین بردن مواد شناور قابل ته نشینی است که دارای بار آلی زیاد بوده وسیستمهای مکانیکی در این روش با توجه به سرعت سطحی و سرعت ته نشینی مواد جامد طراحی میشود.

۲ ـ مرحله دوم: نابود کردن مواد آلی محلول بدست آمده از مرحله اول است. این کار را میتوان به روش فیزیکی ـ شیمیائی و یا بیولوژیکی انجام داد. بطور کلی برای انجام مرحلهٔ دوم سه روش وجود دارد.

الف : لجن فعال :

مواد آلی که در مرحله اول از بین نرفته و وارد مرحله دوم میشوند به مصرف غذائی باکتریها میرسند. مشابه این فرآیند در رودخانه ها نیز صورت می پذیرد. باکتریها برای رشد نیاز به ازته، فسفر و مقدار کمی اسید داشته و بر روی سطوح می چسبند.

کنترل سیستم لجن فعال مشکل است زیرا دائما" باید عمل هوادهی تحت کنترل انجام پذیرد. ازطرف دیگر در صورت اعمال مدیریت صحیح و شرایط بهره برداری مطلوب بازدهی آنها خوب است. لجن موجود در استخرهای ته نشینی حاوی جمعیت باکتریائی به شدت گرسنه است که پس از بازگرداندن آنها به حوضچه های هوادهی سریعا" شروع به تجزیه مواد آلی نموده و در نتیجه بازدهی تصفیه را افزایش میدهند.

ب : صافی های چکنده :

در این روش فاضلاب روی بستر مناسبی از جنس سنگ یا از جنس مواد سنتز شده پخش میشود باکتریها که لایه ای چسبنده را روی سطوح مذکور بوجود آورده اند شروع به تجزیه مواد آلی موجود در فاضلاب می کنند. باید به باکتریها فرصت کافی برای تجزیه مواد آلی داده شود. ضخامت لایه باکتریها بتدریج افزایش یافته و به حدی میرسد که ازسطوح

کنده شده و از سیستم خارج میگردد. این باکتریها را برای سهولت در عمل جدا شدن بایستی مجددا" به سیستم برگردانید تا همیشه بتوانیم لایهٔ تازه ای از باکتریهای چسبنده داشته باشیم.

روش دیگری که عینا" مانند صافیهای چکنده عمل میکند دیسکتهای بیولوژیکی دوار است. در این روش بجای پخش فاضلاب روی بستر وقوع واکنش، سطوحی را که لایه های باکتریائی بر روی آن می چسبند درون فاضلاب به چرخش در میآورند.

ج : روش سوم ازبین بردن مواد آلی محلول درفاضلاب استفاده از گیاهان آبزی است. نمونه ای از این گیاهان سنبل آبی، عدسك آبی، و انواع مختلف جلبکها میباشد. در حقیقت جلبکها همان نقش عمل هوادهی مکانیکی را در سایر سیستمها انجام میدهند. با این تفاوت که دیگر برای آنها فرقی نمیکند که درون استخرهای بتنی و یا خاکی باشند. تنها ما شرائط زیست آنها را در محیط فراهم میکنیم (بهینه کردن سیستم).

۳ ـ مرحله سوم : کاهش مواد غذائی مانندازت، فسفر و مواد دیگری است که برای رشد گیاهان مفید میباشد. انجام اصولی این مرحله دارای اهمیت خاصی است زیرا بازده مرحلهٔ دوم که کاهش BOD و مواد آلی و کربنی بوده تجزیه ازت بصورت نیترات و یا ازت غیر آلی است که بصورت NH_4^+ وسولفات میباشند.

چنانچه این مواد با توجه به مقدار زیاد آن به آبهای سطحی تخلیه شوند رشد گیاهان را تسریع کرده و میتوانند باعث بر هم زدن تعادل طبیعی اکوسیستم موجود گردند. در صورتیکه این آب به مصرف آشامیدنی برسد نباید حاوی ازت و فسفر باشد. اگرچه مقدار مواد مذکور در فاضلاب زیاد نیست ولی‌آنها به‌مرحله سوم منتقل شده و به طریق شیمیائی ـ فیزیکی و یا بیولوژیکی از بین میروند.

در فرآیند شیمیائی ـ فیزیکی آمونیوم را بروش تبدیل یونی و در فرآیند بیولوژیکی توسط میکربها به نیترات و No_3^- تبدیل میکنند.

از این مرحله میتوان فراتر رفته و توسط باکتریهای بیهوازی‌این عمل را انجام داد. منبع اکسیژن باکتریهای بیهوازی شیمیائی مانند نیترات اکسیژن دار بوده و از اکسیژن محلول در آب نمیتوانند استفاده کنند. این دسته از باکتریها نیترات را احیا کرده و تبدیل به گاز ازت میکنند که از محیط خارج میشود.

در بسیاری از سیستمهای لجن فعال یا صافیهای چکنده بدلیل عدم وجود بهره برداری درست، نیتروژن حذف نمیشود، به عبارت دیگر به حالتی که عمل دی نیتریفیکاسیون انجام شود نمیرسند و بهمین علت، اغلب در پساب این سیستمها مشکل نیترات وجود دارد. در این مرحله میتوان با کشت گیاهان آبزی مواد مذکور را که غذای این قبیل گیاهان را تشکیل میدهند حذف نمود.

۴ ـ مرحله چهارم: نابودکردن مواد خطرناك بیماریزای فاضلاب میباشد. در فاضلابهای صنعتی‌مواد شیمیائی خطرناك و سمی وجود دارد که حذف نکردن آن میتواند اثرات زیانبار محیطی شدیدی ایجاد کند. بعنوان مثال مواد شیمیائی آلی مانند کلروفرم، مواد شیمیائی غیر آلی مانند سیانور و دیگر فلزات سمی و مواد بیماریزا مانند تخم انگلها وباکتریها درون فاضلاب وجود دارند که در مراحل دیگر ازبین نمیروند. در این مرحله ریزاندامگان بیماریزا را بروش کلرزنی و در صورت خطرناك بودن با روشهای ازن زنی، اشعه ماوراءبنفش و غیره از بین میبرند، همچنین فلزات سمی را مبادله یونی کرده و با تغییر pH آب ته نشین میکنند. در این مرحله نیز میتوان از گیاهان آبزی استفاده کرد. زیرا گیاهان در سطح خودشان دارای بار الکتریکی هستند و در نتیجه جذب سطحی (جذب سطحی نه

درونی) این قبیل مواد میگردند.

۵ ـ مرحله پنجم از بین بردن نمکهای محلول در پسآب است . در صورتیکه قرار باشد پسآب به آبهای سطحی تخلیه و به مصرف آشامیدن برسدانجام دقیق این مرحله لازم است . در این مرحله نمکهائی از قبیل سدیم، کلر، منیزیم و کلسیم محلول و مواد سمی و قلیائی را قبل از تخلیه پسآب بایستی جدا نمود.

بعنوان مثال آب آشامیدنی یکی از شهرهای ایالت کالیفرنیای آمریکا از رودخانه ای بنام " تراکی " تأمین میشود . آب این رودخانه از ایالت نوادا سرچشمه میگیرد و بسیار تمیز وزلال بوده و در کالیفرنیا از آن بسیار محافظت میکنند. ازطرف دیگر سیستم تصفیه فاضلاب این شهر بصورت مکانیکی و بسیار پیچیده‌بوده و تا مرحله پنجم نیز عمل میکند. اخیرا" توجه مسئولین روی این نکته معطوف شده است که آیا وجود چنین سیستم پیچیده وانجام عمل تصفیه تا مرحله پنجم لازم است یا نه و آیا نمیتوان از روشهای ساده تر و ارزانتر با همین کارآئی استفاده کرد؟ آیا واقعا" امکان استفاده از روشها و سیستمهای ساده بررسی شده است ؟ پس از ذکر این مقدمه وارد بحث اصلی خود میشوم :

گیاهان آبزی بدو دسته تقسیم میشوند . گیاهان تك سلولی و گیاهان چند سلولی ، گیاهان چند سلولی مانند سنبل آبی و عدسك آبی که برای رشد احتیاجی به داشتن ریشه در خاك ندارند و میتوانند از طریق ایجاد یك رابطه مسالمت آمیز با باکتریهای موجود در آب به تغذیه خود ادامه دهند. غذای این گیاهان از تجزیه موادی که در آب وجود دارد تأمین میشود که این عمل با کمك باکتریها انجام میشود. اگسیژنی که این گیاهان تولید میکنند مورد نیاز باکتریها بوده و باکتریها نیز مواد آلی را تجزیه کرده و مواد غذائی مورد نیاز گیاه را تولید میکنند. بهمین دلیل به این چرخه همزیستی مسالمت آمیز میگوئیم .

گیاهان تك سلولی یا جلبك ها که بصورت گسترده ای وجود دارند و دارای قدمتی دیرینه میباشند ، هر کجا نور آفتاب و مواد غذائی نظیر ازت و فسفر باشد به راحتی رشد کرده‌وسبزمیشوند. چند هزار گونه آنها تاکنون شناسائی شده و انواع بیشماری نیز ناشناخته مانده اند. امروزه در دانشگاههای معتبر دنیا رشتهٔ مهمی بنام جلبك شناسی تدریس میشود. جلبکها از نقاط مختلف دنیا گرد ـ آوری شده و پس از تجزیه خانوادهٔ جلبك مشخص میشود. جلبکها خود نیز یك خانوادهٔ چند سلولی بنام علف دریائی دارند ، آنها دراز و بلند ودارای رنگ قهوه ای هستند . رنگ قهوه ای آنها نباید ما را به خطا بیندازد، زیرا همانطور که میدانیم تمام این گیاهان دارای کلروفیل بوده ، لیکن مکانیزمهای داخلی اندام آنها بخاطر تطبیق با شرایط محیطی ، مواد دیگری تولید میکند که درنتیجه باعث تغییر رنگ جلبك میشود. علت تنوع رنگ در جلبکها نیز همین امر است . رنگ جلبکها بسیار مهم است و از این نظر به چند گونهٔ مختلف تقسیم میشوند . این مبحث بسیار مهم و گسترده است.

جلبکهای سبز در آبهائی که دارای مواد محلول کمی هستند رشد میکنند. این جلبکها که به آنها سبزآبی (Blue Green) نیز گفته میشود ازت را از آب و هوا میگیرند. باتوجه به وجود ازت درفاضلاب این جلبکها نیازی به ازت موجود در هوا ندارند و ازت را از فاضلاب جذب میکنند. جلبکهای سبز آبی دارای مقدار زیادی سیلیکات بوده که از آن شیشه گرفته میشود و به آنهادیاتومه میگویند. جلبکهای زرد نیز دارای سیلیکات میباشند. جلبکهای قرمز در دریای احمر رشد کرده و حاوی مواد سمی میباشند و به میزان اندکی ایجاد مسمومیت میکنند و بهمین دلیل در دریای مذکور گیاه دیگری رشد نمی کند

لذا همهٔ جلبکها لزوما" مفید نیستند.

امتیاز اساسی این گیاهان تولید اکسیژن توسط آنهاست ولی برای دستیابی به این امتیاز بایستی شرایط مناسب را برای رشد آنها فراهم کرد. سنبل آبی جزء گیاهان چند سلولی است که بصورت تصادفی سالها پیش کشف و از جای دیگربه‌آمریکا آورده شد. این گیاه در ایالات فلوریدا، کالیفرنیا و نقاط دیگری که دارای شرایط مناسب بود خیلی سریع رشد کرد. باید توجه داشت شرایط مطلوب همیشه بخودی خود فراهم نمیباشد بلکه بایستی آنها را کشف وایجاد کرد. تشخیص سنبل آبی ساده تر از گیاهان تك سلولی است .

از اکسیژن تولیدی توسط جلبکها تنها برای‌تصفیه فاضلاب و رشد باکتریهای مسئول تجزیه مواد آلی موجود در فاضلاب استفاده نمیشود بلکه با توجه به رشد سریع آنها امکان تولید اکسیژن درسفینه های فضائی توسط جلبکها مطالعات و تحقیقاتی انجام شده است . در آزمایشگاه میتوان با استفاده از نور فلورسنت جلبکها را رشد داد. جلبك ها حاوی پروتئین است و همچنین میتواند مقدار ۳۰ لیتر اکسیژن مورد نیاز انسان در شبانه روز را تولید کند. از اوائل سالهای ۱۹۷۰ که مرکز فضائی ناسا سفینه های سرنشین دار به فضا میفرستد به این مسئله علاقمند شده و تاکنون نیز سلسله تحقیقاتی در این مورد توسط دانشگاه برکلی کالیفرنیا انجام پذیرفته است.

کاربرد دیگر جلبکها تولید مواد غذائی است .در ژاپن و بسیاری از نقاط دیگر دنیا جلبکها از ذخائر غنی مواد غذائی محسوب میشوند. گونه ای جلبك به نام کلرلا وجود دارد که ۵۰ درصد وزن خشك آن پروتئین است و مصرف غذائی دارد. در آمریکا هنوز استفاده از آنها بعنوان منبع غذائی چندان رایج نشده زیرا آنها را در فاضلاب کشت میدهند و برای اثبات عدم وجود مواد مضر یا باکتری بیماری ـ زا در آنها ۷ سال وقت لازم است تا بتوان توافق سازمانهای مربوطه را اخذ نمود.

امتیاز دیگر جلبکها بازدهی خیلی زیاد آنها در تبدیل نور خورشید به انرژی شیمیائی است . به عنوان مثال اگر آنرا با یونجه که مقدار بازده تبدیل نور خورشید به انرژی شیمیائی در آن خیلی زیاد است مقایسه کنیم جلبك ۶۲/۵ تن تودهٔ زنده در هر هکتار تولید میکند و یونجه ۱۲/۵ تن . ازمورد مذکور میتوان برای احیای زمین ، تولید پروتئین و کلا" تولید مواد غذائی برای حیوانات استفاده کرد.

در یکی از گاوداریهای شمال کالیفرنیا فاضلاب دامها به حوضچه های کم عمقی هدایت میشود که درآنجا آنها را بهم میزنند. این مواد تجزیه شده و جلبکها روی آنها رشد میکنند سپس جلبکها را جدا کرده و بعنوان خوراك به دام میدهند. پس از آزمایشهای بعمل آمده دریافتند بدلیل کم بودن مقدار باکتریها نیازی به جدا کردن جلبکها از پسآب نبوده ومیتوان آب غلیظ سبز رنگی را که حاوی جلبك است مستقیما" به دام داد.

همچنین مواد جامد در قسمت بیهوازی تجزیه شده و گاز متان تولید میکند که از انرژی حاصل برای قسمت هم زنی سیستم استفاده میگردد. این فرآیند را چرخهٔ مواد غذائی Nutrient Recycling می نامند.

میزان گاز متان تولیدی توسط یك کیلو گرم جلبك برابر یك کیلو وات در ساعت بوده و همیشه گاز CO_2 نیز تولید میشود. این گاز را میتوان مجددا" برای استفاده جلبکها به سیستم باز گردانید.

استفاده از جلبکها بعنوان کود نیز امتیاز دیگر جلبکها بوده و گاهی آنها را برای استفاده بعنوان کود پرورش میدهند. در سیستمهای طبیعی نوعی باکتری روی جلبك رشد میکند . در شالیزارها دیده شده که این جلبك نیتروژن تثبیت شده و ازت هوا

را در خودش ذخیره میکند و با باکتری مذکور همزیستی داشته و روی ساقه های برنج رشد میکند. طبق شواهد موجود بازده این مزارع خیلی بیشتر از مزارع دیگر بوده است زیرا وقتی این جلبکها از بین میروند ازت آن قابل استفاده بوده و بصورت کود برای گیاه عمل میکند. لازم به ذکر است که از سنبل آبی هم بعنوان کود استفاده میشود، درصورتی که کودهای شیمیائی بدلیل استفادهٔ انرژی زیاد هنگام تولید گران هستند. جلبك ها دارای ازت و فسفر بوده و هنگام استفاده بعنوان کود به آرامی از آنها خارج میشود.

بسیاری از جلبکها دارای مواد داروئی و عناصر مفید هستند. بعنوان مثال جلبك دونا دلا که بسیار ریز و به رنگ نارنجی است در صحرای سینا کشف شد. پس از آزمایش در شرایط کنترل‌شدهٔ آزمایشگاه دریافتند رشد آن بسیار خوب است و رنگ آن در اثر تابش نور خورشید نارنجی میشود. پس از تجزیه آن متوجه شدند نه تنها دارای گلیسیرین بوده بلکه مقدار زیادی بتاکاروتن دارد.

بتاکاروتن پیش نیازتولید ویتامین A در بدن انسان است. هم اکنون شرکتی در جنوب کالیفرنیا جلبك مذکور را همراه با خیلی از جلبکهای دیگر برای مصرف غذای انسان رشد میدهد.

نوع دیگری جلبك ۵ یا ۶ سال پیش در استرالیا کشف شد. این جلبك حدود ۳ سال متوالی در مخازن آب آن کشور رشد کرده و روی سطح آنرا می پوشاند، چون شرایط رشد را نمیدانستند به هیچ راهی نمیتوانستند آنها را از بین ببرند. پس از آزمایشهای مختلف دریافتند که این جلبك حاوی مقداری چربی شبیه به مواد نفتی است. این ماده از هیدروکربنهائی تشکیل شده که (N) از ۲۳شروع میشود ($C_nH_{2n}^{--}$) و غیر اشباعی است.

چون قبلا" شبیه این چربیها را نداشتند شروع به تجزیه، مطالعات میکروسکوپی و انعقاد آنها کرده و آنها را نامگذاری کردند. یکی از عناوین این چربیها باکتر یوکاسین است. اخیرا" به رنگ نارنجی این جلبکها پی برده و در آنها بتاکاروتن یافته اند.

از جلبکهای سبز آبی برای رنگ آبی استفاده میشود و جلبکهای کلرلا و اسپرولینا داری ویتامین C هستند، که نوع آخر در فاضلاب رشد داده میشود. اگرچه جلبکها منبع غذائی گیاهی مفیدی هستند و دارای پروتئین خیلی زیاد لیکن فاقدسولفور آمینواسیدها یا پروتئین های گوگرد دار هستند.

این سولفورها برای مفاصل و استخوانها مورد نیاز میباشد. اکنون در بخش مواد غذائی دانشگاه برکلی کالیفرنیا تلاش میکنند تا ژنی را به جلبکها، خصوصا" اسپرولینا وارد کنند تا بتواند اسید آمینهٔ گوگرددار تولید نماید. در صورت موفقیت میتوان جلبکها را بعنوان منبع کامل پروتئین معرفی کرد.

توان دیگر جلبکها دفع سموم و فلزات سنگین یا ترکیبات کلرداری مانند کلروفرم است. جلبك مواد هالوژنه ای مانند کلروفرم را که در شرایط بیهوازی ایجاد میشود احیاء کرده و کلر آنرا میگیرد. کلروفرم ماده ایست سرطانزا، کلرزنی پساب فاضلاب موادی تولید میکند که منجر به تشکیل کلروفرم میگردد و برای آبهای آشامیدنی مشکل عمده ای به شمار میآید.

بعنوان مثال، آب شهرسانفرانسیسکو از یك منبع آب سطحی تأمین میشود که بعلت ورود برگ و مواد دیگر به آن دارای بار آلی زیادی میباشد. از این رو آنرا طی دو مرحله کلرزنی میکردند که در ابتدا تری هالومتان ایجاد میشد و سپس کلروفرم، وجود کلروفرم بعلت سرطان زا بودن باعث اعتراض مردم شد. مشکل دیگری که یکی از منابع آب سطحی شهر سانفرانسیسکو داشت وجود زلینیوم بود.

این ماده بسیار سمی است و باعث هلاکت پرندگانی میشد که از این آبها استفاده میکردند. حدود ۶ سال قبل تحقیقات و آزمایشهائی برای مبارزه با این مشکلات شروع شد و در نهایت برای از بین بردن زلینیوم از جلبك استفاده گردید. زلینیوم خیلی شبیه گوگرد بوده و جلبك محیط احیاء کننده ای بوجود میآورد. زلینیوم را به H_2Se درست شبیه به H_2S تبدیل کرده تا بعدا" بتوان آنرا از محیط خارج‌کرد.

از طرف دیگر جلبك کلر را نیز جذب کرده و میتواند مواد کلرها لوژنه را احیاء کند. مشکل دیگری که در مورد جلبکها وجود داشته و مانع کشت آنها میگردد جدا کردن آنها از استخرهای پرورش جلبك است. زیرا آنها بسیار ریز هستند و دانسیته آنها خیلی به آب نزدیك است و درنتیجه به راحتی ته نشین نمیشوند. البته تاکنون تحقیقات زیادی در این مورد انجام شده و بسیاری از مشکلات مربوط به جدا کردن جلبکها از استخرهای پرورش از پیش پا برداشته شده است.

مشکل دیگری که سر راه استفاده از جلبك به عنوان غذای انسان میباشد، آنست که برای تولید جلبك به لایه های پوششی روی سطح استخر نیاز میباشد و قیمت این لایه ها بسیار گران است. گرچه مشکل مذکور بیشتر برای حوضچه های مخصوص کشت جلبك جهت غذای مورد مصرف انسان صدق میکند و در استخرهای تصفیه فاضلاب لجن نقش این لایه ها را ایفا میکند و مشکل چندان جدی وجود ندارد....

« ادامه دارد »

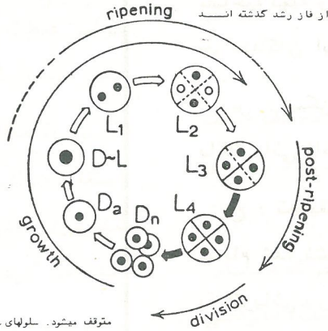
چرخهٔ زندگی و تولید مثل جلبك کلرلا

تولید مثل کلرلا از طریق اندام متحرك ، سلولهای غیر جنسی ، و جنسی انجام نمیشود بلکه صرفا" از طریق تشکیل چهار سلول ماده صورت میپذیرد.

با قراردادن جلبك در چرخه متناوب روش ـ تاریك میتوان تولید مثل جلبك را دنبال کرد. در چرخهٔ زندگی کلرلا چهار مرحله قابل تشخیص است :

۱) : فاز رشد : که در خلال آن سلولهای ماده به حدی از رشد میرسند که قادر به انجام عمل فتوسنتز میشوند.

۲) : مرحله اولیه بلوغ : در این مرحله سلولهائی که از فاز رشد گذشته اند برای تقسیم آماده میشوند.



۲) : مرحله پس از بلوغ : که در آن سلولها در روشنائی و تاریکی بدو قسمت تقسیم میشوند.

۴) : فاز تقسیم که در آن دیوارهٔ سلولهای اصلی ژلاتینه میشود و سلولهای مادر آزاد میکند که در مراحل اولیه جوانی به آنها سلولهای نوزاد تاریکی (D_n) میگویند.

فاز رشد و بلوغ بستگی به دما و نور دارد در حالیکه فاز پس از بلوغ وفاز آزاد شدن سلولهای ماده تنها به دما بستگی دارد.

چنانچه در شکل می بینیم فاز رشد و بلوغ براساس فعالیت فتوسنتزی ، محتویات DNA و انجام تقسیم در تاریکی به چهار مرحله مشخص تقسیم شده است.

سلولهای D_a (فعال درتاریکی) تك هسته ای هستند و از نظر فتوسنتزی بسیار فعال هستند و از سلولهای D_n موجود آمده اند.

سلولهای D~L(متحرك بین تاریکی تا روشنائی) نیز تك هسته ای هستند ولی اندازهٔ آنها بزرگتر است و عمل فتوسنتز نسبت به سلولهای a در آنها کمتر انجام میشود.

سلولهای L_1 بزرگتر هستند و نسبت به DNA D~L بیشتری دارند. تمام این سلولها یعنی D_a ، D~L و L_1 وقتی در تاریکی قرار بگیرند تقسیم آنها متوقف میشود. سلولهای L_2 دو هسته ای هستند و قادرند در تاریکی نیز به عمل تقسیم خود ادامه دهند.

سلولهای L_3 چه در تاریکی قرار بگیرند و چه در روشنائی همیشه چهار هسته ای هستند و چهار سلول ماده تولید میکنند. سلولهای L_4 سلولهای مادر چهار هسته ای هستند که سلولهای ماده و یا سلولهای D_n آزاد میکنند و به نور نیازی ندارند. (L_4 ، L_3 ، L_2 ، L_1) سلولهای تابع نور هستند) تقسیم سلولی کلرلا نیاز مخصوصی به سولفوردارد و نمیتواند در شرائط فقدان آن عمل نماید. در شرایط فتوسنتزی علاوه بر سولفور به نیتروژن نیز نیاز است حال آنکه در تاریکی تقسیم سلولی میتواند به تنهائی با سولفور نیز انجام شود.