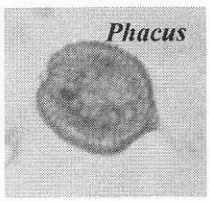
اوگلنوئیدها

اوگلنوئیدها عموماً مختص آبهایی هستند که بار مواد آلی در آنها بالاست؛ به این معنی که اغلب یا در دریاچه‌های هومیکی و یا نزدیک به سطح رسوبات یافت می شوند. این موجودات نیز دو عدد تاژک دارند ولی فقط یکی از آنها دیده می‌شود؛ این تاژک‌ها از جیب تاژک که در بخش جلویی جاندار قرار دارد، خارج شده و باعث حرکت آن می‌شوند. بسیاری از اوگلنوئیدها، هتروتروف اختیاری بوده و بنابراین از یک اندام جذب نیز برخوردارند (به این معنی که برای تأمین انرژی موردنیاز خود متکی به فتوسنتز نیستند). اوگلنوئیدها گاهی از باکتری‌ها و پوده‌ها نیز تغذیه می کنند. از نماینده‌های شناخته و معروف این موجودات می‌توان *Phacus* sp. و *Euglena* sp. را نام برد که دومی اغلب، مختص آب‌های آلوده است.



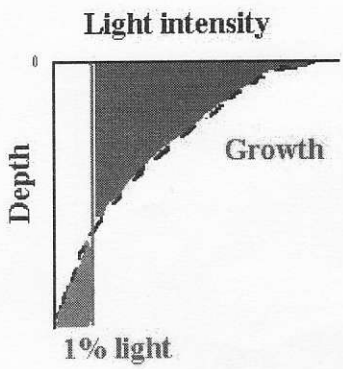
عوامل مؤثر در رشد فیتوپلانکتون‌ها:

استقرار در مکان مناسب:

برای این که فیتوپلانکتون ها بتوانند رشد کنند باید در مکان مناسبی استقرار پیداکنند. در آبگیرهایی که منبع آبی آنها از منبع خارج حوضه است فیتوپلانکتون‌ها توسط جریانات آبی منتقل می‌شود. اگر منبع آبی آب‌های زیرزمینی باشد فیتوپلانکتون‌ها توسط باد انتقال پیدا می کنند. در برخی از آب‌گیرهایی که در یک دوره از سال خشک می شوند برخی از فیتوپلانکتون‌ها قادرند با تولید کیست و اسپور در گل‌ولای مرطوب بستر زنده بمانند و پس از آبگیری مجدد دوباره رشد کند. پس از استقرار فیتوپلانکتون‌ها در اکوسیستم‌های آبی در حقیقت رقابت بین گونه‌ها ترکیب اجتماعات را تعیین می کند.

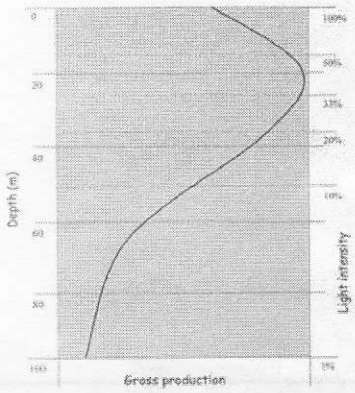
نور:

محدوده‌ی نوری مناسب برای فتوسنتز ۷۰۰-۴۰۰ نانومتر است که این دامنه (PAR) Photocyntethically active radiation انرژی تابشی فعال جهت فتوسنتز گویند. نور در هنگام عبور از لایه‌های مختلف آب جذب می‌شود در نتیجه درلایه‌های پائین‌تر نور کمتری جهت فتوسنتز در اختیار فیتوپلانکتون‌ها قرار می گیرد. کیفیت نور با عبور از لایه‌های آب تغییر می کند، امواج قرمز و مادون قرمز در لایه‌های سطحی آب جذب شده و امواج زرد، سبز، آبی به اعماق بیشتری نفوذ می کنند. فیتوپلانکتون‌هایی که در لایه های زیرین آب زیست می کند به جزء کلروفیل رنگدانه‌های کمکی فرعی مانند گزانتوفیل، فیکوبیلین، فیکواریترین نیز دارند. لایه‌ای که ۱٪ انرژی نورانی موجود در سطح آب به آن می رسد عمق جبران (Compensation depth) و لایه‌ی نورانی بالای عمق جبران Euphotic zone نامیده می شود. عمق جبران تحت تأثیر کدورت و رنگ آب است. هر چه کدروت آب بیشتر باشد رشد فیتوپلانکتون‌ها کمتر شده و فتوسنتز به لایه‌ی بالایی آب محدود می‌شود.



رابطه بین فتوسنتز و عمق:

با افزایش عمق میزان فتوسنتز کاهش می یابد چون نور موردنیاز برای فتوسنتز کاهش می‌یابد در ابتدای نمودار مقابل فتوسنتز به علت شدت بالای نور در سطح آب، متوقف می‌شود. فیتوپلانکتون‌ها نسبت به گیاهان خشکی‌زی به نور کمتری برای فتوسنتز نیاز دارند. و خودشان را با شرایط نوری آب سازگار کردند. با افزایش تعداد بیوماس فیتوپلانکتون، فیتوپلانکتون‌های لایه‌های بالایی با جذب انرژی نور از رسیدن نور به لایه‌های پائین‌تر ممانعت می کنند نور به عنوان یک عامل محدودکننده رشد و فتوسنتز محسوب می‌شود در حقیقت به



این پدیده Selfshading می‌گویند. برخی از فیتوپلانکتون‌ها با تغییر چگالی به لایه‌های بالاتر آب آمده و در شرایط مطلوب از نظر انرژی نورانی قرار می‌گیرند. بعضی هم به کمک رنگدانه‌های کمکی و فرعی امواجی را که توسط سایرین قابل جذب نیستند را جذب می‌کنند.

درجه حرارت آب:

در اثر درجه حرارت فیتوپلانکتون‌ها در گروه‌های متفاوتی قرار می گیرند. درجه حرارت مطلوب بستگی به گونه دارد. در خصوص گونه که وابسته به شدت نور و ماده غذایی و سایر عوامل می باشد.

مواد مغذی:

۲۰ عنصر معدنی برای رشد طبیعی و فتوسنتز فیتوپلانکتون‌ها لازم و ضروری‌اند که ۱۱ تای آنها به مقدار بیشتر مورد نیازند؛ موسوم به Macronutrient شامل عنصر کربن، هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم، کلر و گوگرد می‌باشد. ۸ عنصر باقی مانده به مقدار کمتری مورد نیازند Microelement که شامل عنصر آهن، مس، روی، ید، منگنز، وانادیم، کبالت و مولیبدیم می باشد. مقدار این عناصر در اکسیستم‌های آبی متفاوت است.

عامل محدود کننده:

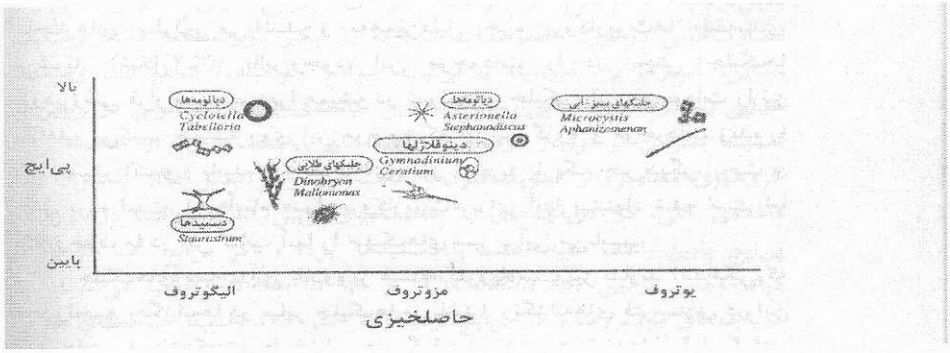
در صورت وجود عناصر مورد نیاز برای فتوسنتز اگر تنها میزان یک عنصر کمتر از میزان مورد نیاز جهت فتوسنتز باشد آن عنصر رشد گیاه را تحت‌تأثیر خودش قرار می‌دهد و آن عنصر به عنوان عامل محدودکننده شناخته می‌شود. قانون عامل محدودکننده (Leibig low of minimum): قانون دامنه تحمل (Shel ford low of tolerance): در آبهای طبیعی عامل محدودکننده را فسفر معرفی کردند. در اکثر آب‌های طبیعی فسفر مهمترین عنصر محدودکننده شناخته شد و بعد از آن نیتروژن در اولویت دوم قرار داد . در بررسی ۴۹ دریاچه در آمریکا مشاهده شد که در ۳۵ دریاچه فسفر مهمترین عامل محدودکننده رشد بوده و نیتروژن تنها در ۸ دریاچه عامل محدودکننده بود. برای تخمین حاصلخیزی دریاچه‌ها میزان فسفر مورد محاسبه قرار می گیرد. مجموع فسفرآلی و معدنی را در یک اکوسیستم آبی فسفر کل گویند. چنانچه میزان کل فسفر در یک دریاچه کمتر از ۵ µg/L باشد دریاچه، دریاچه‌ی اولترااولیگوتروف نامیده می‌شود. اگر میزان فسفر کل در یک دریاچه ۱۰-۵ µg/L باشد دریاچه در بخش اولیگوتروف قرار می گیرد. در صورتی که میزان فسفر کل ۳۰-۱۰ µg/L باشد دریاچه مزوتروف بوده و در صورتی که میزان فسفر کل در دریاچه‌ای ۱۰۰-۳۰ µg/L محاسبه گردد دریاچه یوتروف محسوب می‌شود. دریاچه‌های با میزان فسفر بیش از ۱۰۰ µg/L دریاچه‌های هایپرتروف محسوب می گردند.

دسترسی به مواد مغذی بر ترکیب اجتماعات فیتوپلانکتون‌ها مؤثر است. برای تعیین توانایی نسبی یک گونه در جذب ماده مغذی از محیط هنگامی که مقدار عنصر در محیط کم باشد از شاخصی به نام غلظت اشباعی نیم ماکزیمم Half maximum saturation consentration استفاده می‌شود. غلظتی از یک ماده مغذی است که در آن غلظت میزان جذب عنصر توسط فیتوپلانکتون‌ها نصف مقدار ماکزیمم باشد. اگر فیتوپلانکتونی در مورد یک عنصر دارای KS پائین‌تری باشد در صورت پائین بودن غلظت آن عنصر در محیط آبی به راحتی آن عنصر را جذب کرده و در جامعه غالب می‌شود. به عنوان مثال برخی از گونه‌های جلبک سبز-آبی در مورد CO_2 دارای KS پائین‌تری بوده و در صورت کاهش CO_2 به راحتی آن را جذب نموده و نسبت به سایر گونه‌ها برتری پیدا می کنند. تأثیر میزان مواد مغذی در ساختار جامعه فیتوپلانکتونی مورد مطالعه بسیاری از محققین است. اکوسیستم‌های آبی که از نظر مواد مغذی کم تا متوسط باشند تنوع بیشتری از فیتوپلانکتون‌ها ازجمله جلبک‌های سبز، اوگلنا و دیاتومه را دارا می باشند. اگر میزان مواد مغذی بالا رود، تنوع کاهش و جلبک‌های سبز-آبی رشته‌ای و کلونی‌ساز غالب می‌شود. عواملی که ساختار نهایی اجتماعات پلانکتونی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد؛ میزان دسترسی به مواد غذایی و فشار چرای

شکارچی (Grazing pressure of predation) است. مهمترین چراکننده و شکارچیان فیتوپلانکتون‌ها دراکوسیستم‌های آبی را زئوپلانکتون‌ها تشکیل می‌دهند. میزان چرای زئوپلانکتون‌ها تابعی از نرخ تغذیه آنها، سرعت رشد فیتوپلانکتون‌ها و اندازه ذرات قابل بلع می‌باشد.

بررسی تأثیر مواد مغذی و pH بر اجتماع فیتوپلانکتونی

داشتن این سازوکارها در زمان‌ها و مکان های مختلف سودمند بوده و بنابراین شکوفایی گونه‌های مختلف جلبکی در زمان‌ها و مکان‌های مختلفی روی می‌دهد. بدین ترتیب با اطلاع از ترکیب گونه‌ای جوامع فیتوپلانکتونی، می‌توان قضاوت‌هایی در مورد خصوصیات دریاچه یا آبگیر مورد مطالعه مانند وضعیت غذایی، آب‌وهوایی، اسیدیته و ترکیب جوامع چراکننده انجام داد. وضعیت غذایی (حاصلخیزی) و pH برای تعیین جامعه‌ی غالب پلانکتونی در این بین از اهمیت بسزایی برخوردار بوده و در دامنه‌های مختلف pH و حاصلخیزی، گروه‌های متفاوتی از فیتوپلانکتون‌ها غالب می‌شوند. به عنوان یک قاعده‌ی کلی، در دریاچه‌های با حاصلخیزی پائین (الیگوتروف) در صورتی که pH پائین باشد غلبه با دسمیدها بوده و اگر pH آب بالا باشد، دیاتومه‌هایی از قبیل *Cyclotella* sp. و *Tabellaria* sp. غالب می‌شوند. در دریاچه‌های مزوتروف و در pH نزدیک ۷ خنثی، اغلب جلبک‌های طلایی و دینوفلاژله‌ها غالب شده در حالیکه در pH بالای آب دیاتومه‌هایی نظیر *Stephanodiscus* sp. و *Asterionella* sp. ممکن است غلبه یابند. در حاصلخیزی بالا (دریاچه‌های یوتروف) و pH بالا، غلبه با جلبک‌های سبز-آبی خواهد بود.



بایست توجه داشت که شکوفایی‌های فیتوپلانکتونی ناگهان به انتها ختم می‌شوند. دلائل کاهش جمعیت‌های پلانکتونی شامل شرایط فیزیکی (غیر از نور)، شیمیایی (کمبود و یا فقدان مواد مغذی) و یا بیولوژیکی (فشار چرا) می‌باشند.

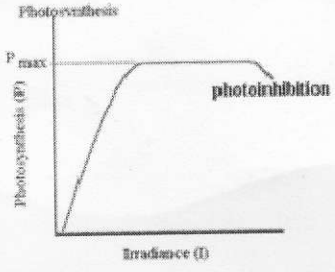
موفقیت نسبی گروه‌های اصلی فیتوپلانکتونی در آبها

تسلط وغلبه یک گروه خاص از فیتوپلانکتون‌ها در محیط‌های آبی نتیجه دخالت چندین عامل می‌باشد. عواملی مانند شرایط رقابتی بین گونه‌ها، اندازه، شکل، نوع حرکت، استفاده از منابع غذایی و در نهایت مقاومت در برابر سقوط از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. کلیه این ویژگی‌ها با توجه به شرایط فصلی و یا نوع محیط تغییر می‌نمایند. در مناطق معتدله، معمولاً فیتوپلانکتون‌ها در یک‌سری از نوسانات (Pulse) خاصی به نام شکوفایی (Bloom) وارد شده و رشد می‌نمایند. میزان رشد آنها بر اساس تولیدمثل غیر جنسی آنها انجام گرفته در حالی که تکثیر جنسی به آهستگی و فقط در شرایط محیطی نامطلوب صورت می‌گیرد. لذا زمانی که کلیه شرایط مورد نیاز برای رشد فراهم باشد، فیتوپلانکتون‌ها تولیدمثل غیرجنسی خود را با سرعت بالا انجام می‌دهند. در موفقیت جوامع فیتوپلانکتونی در منابع آبی چند پارامتر مهم زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد:

۱- **دیواره سلولی**: دیواره سلولی در بسیاری از فیتوپلانکتون‌ها ۵۰ درصد از توده سلولی را تشکیل می‌دهد. دیواره سلولی در آلگ‌های سبز و دینوفلاژله‌ها از جنس سلولز بوده در حالی که در جلبک‌های سبز-آبی دیواره سلولی از جنس پپتیدوگلیکان است. که سنتز این مواد نیازمند به انرژی خیلی بیشتری نسبت به سنتز سلولز است. دیواره سلولی در دیاتومه‌ها از Frustule تشکیل شده که خود از پلیمریزاسیون SiO_2 محلول بدست می‌آید. جهت ذخیره و سنتز SiO_2 انرژی خیلی کمی نیاز است. لذا دیواره سلولی در فیتوپلانکتون‌ها مثل یک ساختمان بزرگ محسوب می‌شود که کارایی انرژی در سنتز آن و همچنین در بین گروه‌های مختلف از اهمیت بالایی برخوردار است. به طوری که دیاتومه‌ها برای ساخت دیواره سلولی خود به ۱۲ برابر انرژی کمتر نسبت به سایرین احتیاج دارند. دیاتومه‌ها در صورت فراهم بودن سیلیس (SiO_2)، قادرند با استفاده از یک انرژی پایه در رقابت با سایر فیتوپلانکتون‌ها موفق باشند. لذا منطقی است که دیاتومه‌ها، فراوان‌ترین و رایج‌ترین گروه جلبکی موجود در منابع آب شیرین و شور به حساب آیند. زیرا حدود ۲۵ درصد از تولیدات اولیه خالص کل از دیاتومه‌های آب‌های دریایی حاصل شده که با مقدار تولید جنگل‌های کاج و علفزارها در اکوسیستم‌های خشکی برابری می‌کند.

۲- **شنا و شناوری**: دیاتومه‌ها و جلبک‌های سبز-آبی و دینوفلاژله‌ها جهت حرکت در درون توده‌های آبی، رقابت شدیدی را بر حسب میزان انرژی احتیاجی خود با یکدیگر دارند. شنای فعال فیتوپلانکتون‌های بزرگی مانند *Dinoflagellata* به مقادیر بالایی از انرژی نیاز دارد. دینوفلاژله‌ها قادرند که در عرض چند ساعت چندین متر را در ستون آب شنا کنند. لذا آنها به شدت به سمت نور جذب شده و در طول روز به طرف نواحی سطحی و کم عمق حرکت می‌کنند. اگر چه، این فیتوپلانکتون‌ها ممکن است که انرژی زیادی را در هر روز جهت حرکت خود مصرف نمایند، ولی رقابت کمی از طرف سایر گروه‌های جلبکی در اواخر تابستان و اوائل پائیز صورت می‌گیرد. لذا آنها با این استراتژی می‌توانند به طور موفقیت‌آمیزی رشد وتکثیر نمایند. برعکس، انرژی مورد نیاز جهت حرکت عمودی جلبک‌های سبز-آبی ناچیز و کم است. دیاتومه‌ها قادر به شنا کردن نبوده ولی قادرند که تغییرات نسبی ناچیزی را در وزن مخصوص خود ایجاد نمایند.

۳- **نور**: به طور کلی فیتوپلانکتونها در یک دنیای با روشنایی کم زندگی کرده و تنها اشعه‌های موقتی از نور قوی به آنها برخورد می‌کند. این وضعیت در صورتی است که آنها در یک روز آفتابی به طرف نواحی سطحی آب حرکت می‌کنند. میانگین نور دریافت شده توسط جلبک های پلانکتونیک از صفر تا تقریباً ۲۰۰ میکروانیشتین بر متر مربع بر ثانیه بوده که رقم ناچیزی را در مقایسه با گیاهان خشک زی (۱۸۰۰ میکرونشتین بر متر مربع بر ثانیه) به خود اختصاص می‌دهد. در این بین آن چیزی که نهایت اهمیت را داشته این‌است که گروه‌های مختلف جلبکی پاسخ‌های متفاوتی را نسبت به نور دارند. لذا رقابت برای دستیابی به نور و همچنین توانایی در استفاده کردن از تغییرات منبع نوری (شدت نور)، می‌تواند یک نقش اساسی در برتری و غلبه یک گروه از فیتوپلانکتون‌ها بر سایر گروه‌ها داشته باشد. میزان انرژی لازم برای رشد در بسیاری از گروه‌های فیتوپلانکتونی در دامنه حدود ۵-۷ $\mu E/m^2/s$ روی می‌دهد. در حالی که، جلبک‌های سبز-آبی و دینوفلاژله‌ها عمل فتوسنتز خود را در مقادیر بالاتر شدت نوری (۳۹-۴۷ $\mu E/m^2/s$) انجام می‌دهند. دامنه تغییرات نوری جهت استفاده دیاتومه‌ها برای پیشرفت تولیدات فتوسنتزی، در محدوده شدت نوری بین ۶-۸۴ $\mu E/m^2/s$ انجام می‌گیرد. آلگهای سبز می‌توانند مقدار نور تا ۲۱۱ $\mu E/m^2/s$ را استفاده نمایند.



فیتوپلانکتون‌ها، در خارج از آب‌های منطقه معتدله اغلب در معرض تابش‌های شدید خورشید قرار دارند. مثلاً در مناطق تروپیکال و گرمسیری شدت تابش نور خیلی شدید بوده و در این مناطق نیز لایه‌بندی‌های حرارتی نیز حاکم می‌باشد. تابش شدید نور خورشید همچنین در

تابستان‌های مناطق قطبی(دارای تابستان‌های بلند) نیز رخ می‌دهد. در این مناطق فرآیند Photoinhibition (که شبیه به آفتاب سوختگی در انسان است) باعث کاهش شدید فرآیند فتوسنتز می‌شود. نکته مهم این‌است که از این نظر در بین گروه‌های مختلف جلبکی در رقابت تفاوت دیده می‌شود. مثلاً دیاتومه‌ها اولین گروهی هستند که در شدت نور حدود ۸۶ $\mu E/m^2/s$ از بین رفته در حالی‌که، جلبک‌های سبز-آبی، سبز و دینوفلاژله‌ها قادرند تا ۲۰۰ $\mu E/m^2/s$ را تحمل نموده و تا این مرحله فتوسنتز خود را متوقف نمی‌کنند.

۴ - **مقاومت در برابر چرای زئوپلانکتون‌ها:** فیتوپلانکتون‌ها به عنوان غذای اصلی و ترجیحی زئوپلانکتون‌های علفخوار به‌شمار می‌روند. کلادوسرهای بزرگتر مثل دافنی دارای اندامک‌های ویژه‌ای جهت فیلتر کردن مواد غذایی هستند. به‌طور کلی، فیتوپلانکتون‌ها خیلی نمی‌توانند خود را از چراکنندگان خود دور نگه‌دارند. از طرف دیگر ساختارهای محافظت‌کننده خیلی قوی را در برابر فشار چرا و کاهش آن ندارند. لذا وضعیت آنها در مقایسه با گیاهان خشکزی بسیار متفاوت است. در خشکی بعضی از گیاهان و بوته‌های گیاهی، آلکالوئیدهای تلخی را سنتز کرده که برای حیواناتی مثل گوزن‌ها نامطلوب بوده و مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. همچنین علفزارها نیز به واسطه رشد بسیار سریع خود در محیط تکیه داشته و از این طریق در برابر فشار چرا مقاومت می‌کنند. یکی از روش‌های مقاومت فیتوپلانکتون‌ها در برابر فشار چرای زئوپلانکتون‌ها، دفاع و مقابله شیمیایی است. به‌طوری‌که جلبک‌های سبز-آبی از جنس‌های *Microcystis*، *Anabaena* و *Aphanizomenon* و احتمالاً دینوفلاژله‌ها مواد و ترکیباتی را سنتز می‌کنند که این مواد نامطبوع بوده و حتی می‌تواند برای زئوپلانکتون‌های علفخوار سمی باشد. در دیاتومه‌ها سرعت تکثیر و رشد بالا در برابر فشار چرای زئوپلانکتون‌ها اتخاذ شده‌است. گاهاً کلنی‌های کوچک جلبکی در محفظه دهانی حیوان قرار گرفته و خورده می‌شوند و در صورتی‌که از نظر طعم نامطلوب باشند (مانند جلبک‌های سبز- آبی)، بیرون انداخته می‌شوند. وجود جلبک های سبز-آبی سبب کاهش میزان فیلتراسیون زئوپلانکتون‌هایی مانند دافنی می‌شود. از طرف دیگر، بسیاری از این جلبک‌ها دامنه وسیعی از مواد سمی را تولید کرده که برای زئوپلانکتون‌ها سمی بوده و یا سبب طعم و مزه نامطلوب و حتی مواد معطره در آب می‌شوند. علی‌رغم سمی بودن جلبک‌های سبز-آبی برای بسیاری از گونه‌های زئوپلانکتونی، بعضی از کوپه‌پودها مانند *Thermocyclops hyalinis* و کلادوسر *Moina* همراه با شکوفایی‌های متراکم و شدید جلبک *Microcystis* نوعی جلبک سبز-آبی تغذیه کرده و رشد می‌نماید. بنابراین داشتن اندازه بزرگ و قابلیت تولیدمثل و تکثیر بیشتر از زئوپلانکتون‌ها از روش‌های دیگر جهت بقاء جامعه فیتوپلانکتونی در منابع آبی است.

زئوپلانکتون‌ها:

زئوپلانکتون‌ها اشکال جانوری شناور در آب بوده و شامل روتیفرا، پرتوزوآ، کوپه‌پود، استراکودا و کلادوسرا می‌باشند. زئوپلانکتون علی‌رغم احتمال داشتن ساختار حرکتی، قادر به حرکت در خلاف جریان آب نمی‌باشند. طبقه‌بندی فیتوپلانکتون که براساس اندازه‌ی آنها انجام می‌شود برای زئوپلانکتون نیز معتبر است. موجودات گیاه‌خوار و گوشتخواری که از فیتوپلانکتون‌ها و سایر زئوپلانکتون‌ها تغذیه می‌کنند. بر خلاف فیتوپلانکتون ها که موجودات نسبتاً متنوع کوچک فتوسنتز کننده هستند، زئوپلانکتون‌ها بسیار پراکنده، حاوی فرم های لاروی و بالغ می‌باشند که از مشخصه بسیاری از حیوانات و شاخه آغازیان است. برخی مانند پاروپایان ۹۰-۷۰٪ صید زئوپلانکتون‌ها را به خود اختصاص می‌دهند. عمدتاً توسط سه گروه بزرگ زئوپلانکتونی شامل Rotatoria، Cladocera و Copepoda معرفی می‌گردند.

روتیفرها:

روتیفرها اغلب به کوچکی پروتوزوآهای مژه‌دار بزرگ بوده و نیز پهنهٔ بزرگی از مناطق آبی را اشغال می‌نمایند. بسیاری از آنها در تمام مناطق دنیا یافت شده و بیشتر در آبهای شیرین وجود دارند. اکثریت آنها چسبنده بوده و لیکن روتیفرها بخش مهمی از

زئوپلانکتون‌های اجتماع دریاچه‌ها هستند، اگرچه خیلی از آنها از تورهای پلانکتونی درشت عبور می‌نمایند، معمولاً غالب زئوپلانکتون‌های رودخانه‌ها را تشکیل می‌دهند. بیشتر روتیفرها تجمعی از مژکها را در ابتدای بدنه خود داشته که هم برای حرکت آنها و هم برای غوطه‌وری ذرات معلق استفاده می‌گردد. غذا بوسیله اندامی موسوم به تروفی (Trophi) بدام انداخته می‌شود. بدن روتیفر بوسیلهٔ لایه کوتیکولی که ممکن است انتهای آن موجب تولید یک آرایش زره شکل گردد، حمایت می‌شود. روتیفرها معمولاً براساس شکل مشخص تروفی و لوریکا (Lorica) طبقه‌بندی می‌گردند.

زئوپلانکتون‌های سخت‌پوستان

سخت‌پوستان عبارتند از یک گروه بزرگ با بزرگترین راستهٔ جانوری بندپایان و ارگانیزم‌های با اندامهای بندبند. همهٔ سخت‌پوستان در یک پوشش خارجی حمایت کننده‌ای که از کتین ساخته شده که یک پلی‌ساکاریدی از بقایای استیل گلوکزآمین (Acetyl glucose amine) است، احاطه می‌گردد. اسکلت مزبور ممکن است بوسیله کربنات‌کلسیم سخت و سفت شده، اما انعطاف آن بوسیلهٔ مراحل مشابهی همانند دباغی چرم امکان‌پذیر است. طبقه‌بندی آنها براساس شکل اسکلت خارجی و تعداد بخشها و بندهای آنها انجام می‌گیرد. دو گروه عمده از زئوپلانکتون‌های سخت‌پوست عبارتند از: کلادوسرها و پاروپایان. هر دوی این گروه‌ها در بیشتر دریاچه‌ها و آبگیرهای جهان هم به‌صورت پلاژیک و هم به صورت کفزی یافت می‌شوند. یکی از گروه‌های بزرگ آبی از آنتن منشعب‌هایی (کلادوسرها) که به طریق فیلتراسیون تغذیه می‌کنند تشکیل شده‌است که معمولی‌ترین آنها کک آبی یا همان دافنی *Daphnia* است که نمایندهٔ بسیار مشهوری از این دسته است. گروه بزرگتر دیگر پاروپایان بیشتر به کالانوئیدهای Calanoids فیلترکننده و سیکلوپوئیدهای Cyclopoids که بوسیلهٔ شکار و گه گاه بوسیلهٔ فیلتراسیون تغذیه می‌نمایند تقسیم می‌گردد. آنتن‌منشعب‌ها و پاروپایان با هم همراه با روتیفرها و پروتوزوآها، اکثریت غالب زئوپلانکتونهای آب شیرین را تشکیل می‌دهند. در مصب‌ها و آبهای دریایی تنوع بزرگتری از پاروپایان با هم و با سایر گروه‌هایی چون ژله‌ماهی Jelly fish و کرمهای پیکانی Chaetognaths زئوپلانکتونهای آنجا را تشکیل می‌دهند. خیلی از زئوپلانکتونهای بزرگتر مربوط به رده سخت‌پوستانی که شامل گونه‌های بنتیکی پست هستند، همانند میگوها، خرچنگ‌ها و کری‌فیش‌ها کنار دریاچه، نهرها و مصب‌ها می‌باشند.

بررسی ساختار جامعه زئوپلانکتونی و عوامل مؤثر بر آن در دریاچه‌ها

پویایی جمعیت زئوپلانکتون‌ها یکی از مهمترین مباحث هیدروبیولوژی اکوسیستم‌های آبی است. فاکتورهایی مانند اکسیژن، نور، درجه حرارت، جریانات آبی، غذا، بیماری‌ها، رقابت و شکار تأثیر فراوانی بر تعداد گونه‌ها و فراوانی آنها در آبها دارند. مثلاً pH پایین می‌تواند تنوع گونه‌ای و تعداد زئوپلانکتون‌ها را کاهش دهد. همچنین مهاجرت‌های عمودی شبانه روزی پاسخ واضحی علیه پدیده شکار محسوب می‌شود. شکار انتخابی از یک گونه خاص، فرصت رشد را برای سایر گونه‌ها فراهم می‌کند. عموماً زئوپلانکتون‌های بزرگ در زمانی به شکل غالب وجود دارند که ماهیان علفخوار وجود نداشته باشند. در صورت وجود ماهیان زئوپلانکتون‌خوار، به‌زودی از جمعیت آنها کاسته خواهد شد. ماهیان به آسانی قادرند که لکه چشمی پیگماندار و یا محتویات تیره مری زئوپلانکتون‌ها را ببینند ولی ممکن است قادر به دیدن بدن وکاراپاس آنها که اغلب به رنگ شفاف هستند؛ نباشند. بنابراین فراوانی نسبی زئوپلانکتون‌ها (Relative abundance)، تابعی از شکار انتخابی آنها توسط ماهی و یا زئوپلانکتون‌های گوشتخوار می‌باشد. لذا تغذیه براساس انتخاب در اندازه (Size selective feeding) می‌گوید که ماهیان بیشتر از زئوپلانکتون‌های بزرگ و قابل رؤیتی مثل Daphnia rosa تغذیه کرده و لذا فرصت رشد برای افزایش نسبی جمعیت زئوپلانکتون‌های کوچکتر فراهم خواهد شد. در زمانی که ماهی در اکوسیستم وجود نداشته باشد، زئوپلانکتون‌های بزرگ بیشتر غلبه دارند. علت آن این‌است که افراد بزرگ در مقایسه با کوچکترها متابولیسم پایه کمتری دارند. از طرف دیگر

زئوپلانکتون‌های بزرگ قادرند از محدوده وسیعی از جلبک‌ها از نظر اندازه تغذیه نموده و اندازه بزرگ زئوپلانکتون‌ها سبب شده که کمتر تحت تأثیر فشار چرای بی‌مهرگانی مانند *Chaoborus* و یا کوپه‌پودهای *Cyclopoid* باشند. لذا شکار براساس انتخاب در اندازه توسط ماهی و یا زئوپلانکتون‌هایی که از جلبک‌ها تغذیه می‌کنند برای مفهوم Trophic cascade اهمیت دارد. این تئوری عنوان می‌کند که ماهیان، زئوپلانکتون‌ها و فیتوپلانکتون‌ها دارای یک ارتباط تنگاتنگی در اکوسیستم بوده که هر گونه تغییر در جمعیت ماهیان می‌تواند بر سطوح پائین‌تر تروفیک مثل آلگها و حتی مواد غذایی موجود در محیط تأثیرگذار باشد.

زئوپلانکتون‌ها به‌صورتی تطابق یافته‌اند تا بتوانند بیشترین استفاده و بهره‌وری را از شکوفایی‌های کم عمر و زودگذر فیتوپلانکتون‌ها به‌عمل آورند. تحت شرایط مناسب، روتیفرها و کلادوسرها چرخه زندگی ویژه‌ای داشته که فقط چند روز طول کشیده و نسل‌های زیادی را در عرض هر سال تولید می‌کنند. آن دسته از زوپلانکتون‌هایی که قادرند در عرض یک‌سال چندین نسل را تولید و به‌عبارت دیگر چند بار تکثیر کنند را اصطلاحاً Multivoltine گویند که در بعضی از روتیفرها و کوپه‌پودهای خاص دیده می‌شود. بیشتر غذایی که توسط افراد این گروه در طول زندگی خورده می‌شود، صرف تولید تخم شده و انرژی کمتری به طرف رشد می‌رود. لذا زمانی‌که غذا در دسترس باشد، روتیفرها و کلادوسرها به‌سرعت رشد کرده وبزرگ می‌شوند. در حالی‌که گروه Univoltine فقط یک‌بار درطول سال تولیدمثل می‌کنند. مثلاً بیشتر کوپه‌پودها و Mysids و حشرات دریاچه‌ای به این دسته تعلق دارند. روتیفرها و کلادوسرها این توانایی را داشته که از فرآیندها و پروسه های زمان‌بر برای یافتن جفت خودداری نمایند. در این حالت آنها به‌سرعت از طریق بکرزایی تکثیر می‌یابند. در این حالت فقط ماده‌ها تولید شده و افراد نر در جمعیت وجود ندارند. با نامساعد شدن شرایط محیط (مثلاً کاهش درجه حرارت، تغییرات رژیم نوری و تراکم بیش ار حد موجود) فرآیند تولیدمثل به شیوه بکرزایی متوقف شده و نرهایی در جمعیت تولید شده و تولیدمثل جنسی شکل می‌گیرد. تخم‌های حاصل از این روش تولیدمثلی دارای دیواره ضخیم (Thick- walled) بوده و نسبت به سرما و خشکی مقاوم هستند. این وضعیت سبب شده که این گونه تخم‌ها حتی در استخرهای موقت، شرایط سخت را در دوره‌های طولانی بدون آب تحمل نموده و جمعیت نسل‌های بعدی را با مساعد شدن شرایط تشکیل دهند. بسیاری از روتیفرها، تخم‌های خود را با خودشان حمل کرده ولی بعضی از آنها مثل *Asplanchna* تخم‌های خود را به سرعت آزاد می‌نمایند. کلادوسرهای ماده معمولاً تخم‌های خود را به‌درون کاراپاس خود برده و آن‌را حمل می‌کنند. کوپه‌پودها همواره به‌صورت جنسی تولیدمثل می‌کنند. کوپه‌پودهای Cyclopoid ماده تخم‌های خود را به‌صورت یک جفت کیسه چسبیده به شکم با خود حمل می‌کنند.

عوامل دیگری نیز در رابطه با جمعیت و بیوماس زئوپلانکتون‌ها دخالت داشته که کیفیت و کمیت غذا از آن دسته می‌باشد. زئوپلانکتون‌ها در انتخاب غذا از قوه تشخیص خود استفاده می‌کنند. تحقیقات وسیع نشان داده زمانی‌که جمعیت دیاتومه‌ها و فلاژله‌های ریز جای خود را به جلبک‌های سبز بزرگ و جلبک‌های سبز-آبی رشته‌ای و کلنی شکل و یا دینوفلاژله‌ها می‌دهند، شدت و فراوانی زئوپلانکتون‌ها کاهش می‌یابد. لذا علاوه بر کیفیت، کمیت غذا (مقدار غذای قابل دسترس)، ارزش غذایی (میزان کربوهیدرات، پروتئین، چربی و به‌خصوص پروفیل اسیدهای چرب ضروری مثل EPA و DHA، ویتامین‌ها و میزان عناصر کمیاب) می‌توانند در ترکیب گونه‌ای و ساختار جوامع فیتوپلانکتونی و نهایتاً جوامع زئوپلانکتونی (تولیدات ثانویه) تأثیرگذار باشند. همچنین سن سلول‌های فیتوپلانکتونی نیز در تعیین ارزش غذایی آنها اهمیت داشته، به‌طوری‌که سلول‌های مسن‌تر ممکن است به‌خوبی خورده و هضم نشده و حتی در بعضی از مواقع سمی نیز باشند.