**زنجيره‌ و شبكه‌هاي غذايي**

فيتوپلانكتون‌ها در طي عمل فتوسنتز با استفاده از انرژي خورشيد مواد آلي مي‌سازند. آنها جهت رشد به مواد مغذي نظير نيترات، فسفات، يون‌هاي غيرآلي و دي‌اكسيدكربن نياز دارند. رشد گياهي با توليد اوليه مواد آلي تازه (پروتئين‌، چربي‌ها و كربوهيدرات‌ها) اولين اتصال در تمام زنجيره‌هاي غذايي در اكوسيستم‌هاي آبي مي‌باشد. زئوپلانكتون‌هاي گياهخوار فيتوپلانكتون‌ها را خورده و گياهان را به بافت حيواني تبديل مي‌كنند (توليد ثانويه). در عوض آنها به‌وسيله زئوپلانكتون‌ها و ماهيان گوشتخوار خورده مي شوند (توليد ثالث). در عين حال اين جانوران به ترتيب وارد سطوح مختلف زنجيره غذايي مي‌گردند. در هر سطح مواد آلي يا بوسيله فضله‌سازي حيوانات و يا مرگ‌و‌مير طبيعي حيواناتي كه توسط حيوانات سطوح شبكه غذايي خورده‌نشده‌اند، نقصان مي‌يابد. باكتري‌ها داراي نقش حياتي در چرخه غذايي هستند آنها مواد آلي را براي استفاده دوباره گياهان تجزيه مي‌كنند (بازتوليد). كارايي هر مرحله از زنجيره غذايي به‌طور بسيار تخميني 10 درصد در نظر گرفته مي‌شود. به عبارت ديگر با خورده شن 100 گرم غذا 10 گرم بافت حيواني تازه حاصل مي گردد. اين فرآيندها را مي‌توان چرخه كربن آلي در آب تلقي نمود. در اين چرخه كربن بين زنجيره‌هاي غذايي و مواد زائد آلي كه به بستر سقوط كرده و وارد فرايند تجزيه باكتريايي مي‌گردند، در گردش است. تفكيك اين چرخه از چرخه‌هاي نيترات، فسفات و CO2 كاذب است زيرا همگي آنها به‌طور تنگاتنگ در ارتباط با يكديگر مي‌باشند.

اساس زنجيره‌ي غذايي بر اين مبنا استوار است كه موجودات زنده‌ي مختلف در يك اكوسيستم را مي‌توان در سطوح غذايي مختلفي طبقه‌بندي نمود گونه‌هاي موجوات زنده اغلب براساس نحوه‌ي تغذيه‌ي خود در يك سري سطوح غذايي از قيبل شكارچيان، علفخواران، پوده‌خواران و توليدكنندگان اوليه گروه‌بندي شده و سپس اين سطوح غذايي مختلف به صورت زنجيره‌هاي غذايي به هم پيوند داده شده و اثرات مستقيم و غيرمستقيم تداخلات غذايي در بين موجودات زنده‌ي متعلق به سطوح مختلف غذايي مورد بررسي قرار مي‌گيرند. به‌طوري‌كه موجوداتي كه در يك سطح غذايي وجود دارند از موجودات سطح پائين‌تر تغذيه نموده و در عين حال، خودشان به‌وسيله‌ي سطح غذايي بالاتر مورد تغذيه قرار مي‌گيرند؛ بدين ترتيب سطوح غذايي مختلف در يك زنجيره‌ي غذايي به طور خطي به‌دنبال هم قرار مي‌گيرند. با اين حال در عمل و در اكوسيستم‌هاي واقعي، وضيت به اين سادگي نبوده و سطوح غذايي به اين وضوح از هم تفكيك نمي‌شوند. اگر بخواهيم روابط غذايي‌اي را كه در بين موجودات زنده‌ي يك آبگير ساده وجود دارند را روي كاغذ نشان دهيم شكل بسيار پيچيده‌اي به دست خواهد آمد كه تعداد بسيار زيادي از اين روابط در آن ديده مي‌شوند. به طور قطع موجودات زنده به‌طور منظم و مرتب در يك جا جمع نمي‌شوند تا سطوح غذايي مشخص و ثابتي را تشكيل دهند؛ به علاوه سطوح غذايي يك زنجيره‌‌‌‌‌‌‌‌‌‌‌‌‌‌‌‌‌‌‌‌‌‌‌‌‌‌‌‌ي خطي را تشكيل نداده بلكه روابط غذايي در بين موجودات زنده به صورت شبكه‌اي بوده كه در آن يك مصرف كننده ممكن است موجودات مختلفي از سطوح مختلف (ازتوليدكنندگان اوليه تا شكارچيان) را مورد تغذيه قرار دهد و يك طعمه‌ي غذايي نيز ممكن است به وسيله‌ي مصرف‌كنندگان متعددي از سطوح مختلف غذايي مورد مصرف قرار گيرد. به علت وجود همين پيچيدگي‌ها حتي در يك شبكه‌ي غذايي ساده يك آبگير كوچك تعميم مسئله مربوط به ساختار جامعه و نيروهاي مؤثر در آن ممكن است مشكل به نظر رسد. در شكل تمام روابط غذايي در يك شبكه غذايي به يك صورت نشان داده شده و اين روابط اطلاعاتي در مورد ميزان اهميت آنها در شبكه‌ي غذايي نمي‌دهند؛ به عنوان مثال ممكن است بتوان يك كرم قرمز را به طور اتفاقي در معده‌ي يك شته‌ي آبي پيدا نمود در حالي‌كه غذاي عمده‌ي شته‌هاي آبي را جلبك‌ها و پوده‌ها تشكيل مي‌دهند. بنابراين اهميت تمام روابط غذايي در شبكه‌ي غذايي به يك اندازه نبوده بلكه تفاوت‌هاي بسيار قابل توجهي در ميزان اهميت اين روابط وجود دارند. از طرف ديگر بسياري از گونه‌‌هارا مي‌توان در گروه‌هاي كاركردي يا هم‌آشيانه ازيك نوع منبع غذايي استفاده نمود و به تغييرات زيست محيطي به طور مشابه پاسخ مي دهند. با محدود كردن روابط غذايي درشبكه هاي غذايي به روابطي كه بين گروه هاي با اهميت برقرار است تجزيه و تحليل اكوسيستم و پيش‌بيني دستكاري روي گروه‌هاي ويژه‌اي در اكوسيستم‌ها آسان‌تر خواهد شد.

**شبكه‌ها و زنجيره‌هاي غذايي در استخرهاي آبي**

براساس راه هاي مختلف تأمين غذاي آبزيان در استخر و افزايش توليد در استخر، استخرها به سه دسته تقسيم مي‌شوند:

1. استخرهايي كه با كود شيميايي باور مي‌شوند.
2. استخرهايي كه با كودهاي آلي بارور مي‌شوند.
3. استخرهايي كه در آنها از غذاي مصنوعي يا جيره دستي براي افزايش توليد استفاده مي شود.

استخرهايي كه با كودهاي شيميايي بارور مي‌شوند از نظر روابط اكولوژي و توليد مورد بررسي قرار مي‌گيرند. در اين روش از مواد شيميايي و غير آلي براي تأمين مواد مغذي يا Nutrient مورد نياز براي رشد فيتوپلانكتون‌ها استفاده مي‌گردد. فيتوپلانكتون‌ها با استفاده از مواد مغذي رشد مي كنند كه به رشد فيتوها توليد اوليه يا Primary production گفته مي‌شود. بر اساس نوع رژيم غذايي موجود پرورشي دو نوع زنجيره‌ي غذايي به وجود مي‌آيد گاهي شبكه غذايي به‌وجود آمده در استخر كوتاه است. گاهي نيز شبكه غذايي به وجود آمده طولاني و پيچيده‌تر است. يك مثال مشخص در اين زمينه پرورش گونه‌اي گياه‌خوار مانند پرورش تيلاپياي نيل (Oreochromis niloticus) كه گونه‌اي گياه‌خوار بوده و از فيتوها تغذيه مي‌كند. اين بدان معني نيست كه فقط از يك مورد تغذيه كند بلكه از عوامل ديگر نيز تغذيه صورت مي‌گيرد.

تيلاپيا حشرات زئوپلانكتون فيتوپلانكتون

دتريتوس

مواد غير آلي

نوع دوم يك شبكه‌ي غذايي در استخر وقتي به‌وجود مي‌آيد كه گونه پرورشي گوشتخوار باشد. به عنوان مثال در جنوب شرقي آمريكا استخرهايي وجود دارد كه جنبه پرورشي نداشته بلكه از اين استخرها به منظور صيد ورزشي گونه‌اي ماهي به نام (Micropterus salmonids) يا Large mouth bass استفاده مي گردد. در اين استخرها از كود شيميايي براي باروري استفاده مي‌گردد. هدف از كاربرد اين كود شيميايي افزايش توليدات اوليه و در نهايت افزايش ماهي باس است.

Bass خورشيد ماهي حشرات زئوپلانكتون فيتوپلانكتون

مواد غيرآلي

دتريتوس

باس‌هاي كوچك

باس گوشتخوار به طور مستقيم از خورشيد ماهي تغذيه مي‌كند شبكه ي غذايي پيچيده تر از انواع مختلف مواد اكوسيستم استفاده مي‌شود. ماهي باس از حشرات و باس كوچك از زئوپلانكتون‌ها نيز تغذيه مي كند. بنابراين هرچه ماهي هرز بيشتر باشد مقدار باس نيز بيشتر و در نتيجه صيادان ماهي بيشتري صيد مي‌كنند. با افزايش تعداد حلقه‌ها در يك شبكه‌ي غذايي راندمان كاهش خواهد يافت. تبديل غذايي از يك سطح به سطح ديگر كاهش پيدا مي‌كند. بنابراين براي افزايش راندمان در استخرهايي كه از كود شيميايي براي پرورش آبزيان استفاده مي‌شود بهتر است از گونه گياهخوار استفاده گردد.

**استخرهاي بارور شده با كودهاي آلي**

مواد مختلفي براي باروري استخرهاي پرورش آبزيان استفاده مي‌شود كه از آن جمله مي‌توان به كودهاي مرغي گاوي و ضايعات كشاورزي اشاره كرد. مواد آلي به اشكال مختلف مورد استفاده موجودات آبزي درون استخر قرار مي‌گيرند.

1. استفاده مستقيم از مواد آلي
2. مواد آلي به عنوان منبعي از مواد پوسيده (دتريت) مورد استفاده موجودات دتريت‌خوار
3. مواد آلي منبعي از مواد معدني نوترينت‌ها براي استفاده فيتوپلانكتون‌ها

استخر نوع دوم در مقايسه با استخر نوع اول شرايط متنوع‌تري براي طيف گسترده‌تري از موجودات را در استخر فراهم مي‌سازد. بنابراين بهتر است كه در اين استخرها از روش كشت چند گونه‌اي استفاده شود در اين روش از چند گونه‌ي ماهي با عادات تغذيه‌اي مختلف كه با هم رقابت غذايي نداشته باشند استفاده مي گردد. به عنوان مثال يك تركيب مناسب از نظر كشت چند گونه‌اي استفاده از كپور نقره‌اي (فيتوفاگ)، كپور معمولي و تيلاپيا مي‌باشد. فيتوفاگ يك گونه‌ي فيلتر فيدر كننده است. كه از فيتوپلانكتون‌ها تغذيه مي‌كند. كپور معمولي يك گونه‌ي همه چيزخوار كه از مواد آلي پوسيده و ماكروبنتوزهاي موجود در كف استخر تغذيه مي كند. تيلاپيا يك گونه‌ي پلانكتون‌خوار – همه‌چيزخوار مي‌باشد كه اصطلاحاً به آن Omnivorous plantvorous گويند كه مي‌تواند از فيتوپلانكتون‌ها، زئوپلانكتون‌ها و مواد دتريتي تغذيه كند. از لحاظ تئوري پيش‌بيني مي‌شود كه ميزان توليد در استخرهاي نوع دوم بيشتر از نوع اول مي‌باشد. چرا كه منابع غذايي مختلفي براي تغذيه موجودات آبزي وجود دارد. اما در عمل مشاهده مي‌شود كه ميزان توليد در استخرهاي اول با كوددهي شيميايي ميزان توليد به ميزان بسيار جرئي از استخرهاي نوع دوم كمتر است. مي توان گفت اهميت در تغذيه از توليدات اوليه يا فيتوپلانكتون‌ها مي‌باشد. ساير عوامل تغذيه‌اي مانند مواد آلي پوسيده يا دتريت در تغذيه نقش ندار ند.

**پرورش با استفاده از جيره ي غذاي دستي**

در اين گونه استخرها تراكم آبزيان بسيار بالا بوده و تنها از تغذيه دستي براي افزايش توليد استفاده مي‌شود. اين گونه استخرها در طيف مقابل استخرهايي هستند كه در آنها از كودهاي شيميايي براي پرورش آبزيان استفاده مي‌شود مواد غذايي موجود در استخرهاي نوع اول در خود استخر توليد مي‌شود اما در استخرهاي نوع سوم از موادي كه در خارج از استخر توليد شده‌است براي پرورش و تغذيه آبزيان استفاده مي‌شود. به عنوان مثال مواد گياهي موجود در اين گونه غذاها از گونه‌هايي كه در خشكي مي‌رويند نظير دانه‌هاي روغني و غلات براي ساخت غذا استفاده مي‌شود. اما بايد به اين نكته نيز اشاره كرد كه آبزيان پرورشي غير از غذاهاي دستي از مواد غذايي ديگر كه در استخر توليد شده‌است نيز استفاده مي‌كنند. نظير زئوپلانكتون‌ها و حشرات آبزي اين مواد اگرچه نقش كمرنگ در تغذيه و افزايش توليد دارند اما در تأمين برخي از ويتامين‌ها، اسيدهاي چرب ضروري و ميكروالمانت‌ها نقش مهمي دارند.

***رابطه ميان توليدات اوليه و توليد آبزيان در استخرهاي كوددهي شده***

در استخرهاي پرورش ماهي و سخت‌پوستان نظير ميگو كه تغذيه آنها به طور كامل و يا تا حد زيادي به توليدات اوليه غذاهاي طبيعي توليد شده در استخر بستگي دارد رابطه مثبتي ميان فراواني متوسط فيتوپلانكتون‌ها و توليد آبزيان وجوود دارد. البته برخي از مواقع نيز افزايش توليد آبزيان متناسب با افزايش متوسط بيوماس فيتوپلانكتون‌ها نخواهد بود. با افزايش متوسط بيوماس فيتوها توليد ماهي تا حدي ثابت مي‌شود و پس از آن روز كاهش به خود مي‌گيرد. اگر چه تاكنون آزمايش‌هاي بسيار زيادي انجام شده‌است اما ميزان بيوماس مطلوب براي توليد آبزيان پرورشي شناخته نشده‌است. اما اين را مي دانيم كه از ايجاد بيوماس بالاي فيتوپلانكتون‌ها در آب بايد خودداري نمود. چرا كه اين مسئله منجر به تخريب كيفيت آب خواهد شد. توليدات اوليه‌ي آبزيان هنگامي بالاتر و حداكثر خواهد بود كه غذاي موردنياز آنها نيز حداكثر و به‌صورت مداوم در اختيار آنها باشد. اين شرايط هنگامي برقرار است كه توليد اوليه‌ي خالص حداكثر باشد. اين لزوماً به اين معنا نيست كه بيوماس فيتوپلانكتون‌ها نيز حداكثر باشد در حقيقت مي‌توان گفت ويژگي رشد فيتوپلانكتون‌ها در استخرها و درياچه‌هاي غني از مواد مغذي اين است كه توليدات اوليه خالص هنگامي حداكثر خواهد بود كه بايوماس فيتوپلانكتون‌ها كاملاً پائين‌تر از ميزان حداكثر باشد. كربن تثبيت شده در جريان فتوسنتز ناخالص – كربن مصرف شده در فرآيند تنفس= توليد اوليه خالص

تنفس

توليد اوليه خالص

فتوسنتز ناخالص

اگر بخواهيم رابطه ميان بيوماس فيتوپلانكتون ها و ميزان فتوسنتز ناخالص و تنفس را به صورت يك نمودار نشان دهيم. با افزايش بيوماس فيتوپلانكتون‌ها فتوسنتز ناخالص تا يك نقطه معين افزايش خواهد يافت چرا كه گياهان بيشتري در آب وجود خواهد داشت. امابعد از آن فتوسنتز ناخالص با افزايش بايوماس فيتوپلانكتون‌ها به صورت مداوم كاهش خواهد يافت. كاهش فتوسنتز ناخالص در اين حالت عمدتاً بدليل كدورت ناشي از وجود خود جلبك‌ها است. كه دسترسي به نور مورد نياز براي فتوسنتز آنها را كاهش داده و در درجه دوم نيز بدليل افزايش رقابت جهت جذب عناصر مغذي و ساير منابع مورد نياز مي‌باشد. ميزان تنفس با افزايش بايوماس افزايش مي‌يابد. تنفس به صورت خطي با افزايش بيوماس افزايش مي‌يابد و تحت‌تأثير شدت نور قرار نمي‌گيرد. حتي اگر فتوسنتز تحت كمبود شدت نور كاهش يابد تنفس به طور مداوم افزايش مي يابد. كربني كه در جريان فتوسنتز ناخالص تثبيت مي‌شود به جايي مي‌رسد كه با كربن مصرف شده در جريان تنفس برابر مي‌شود. توليد اوليه خالص صفر خواهد شد (تنفس – توليد اولیه ناخالص = توليد اوليه خالص). اين نقطه به عنوان حداكثر بيوماس پايدار يا Maximum sustainable standing crop of phytoplankton ناميده مي‌شود. به نظر مي‌رسد كه حداكثر بيوماس پايدار فيتوپلانكتون‌ها در آب‌هاي طبيعي كه داراي عمق متوسط 5/1-1 متر مي‌باشند؛ در حدود 300 الي 600 ماكروگرم بر ليتر كلروفيل a باشد اما بايد توجه كرد كه اين نقطه تحت‌تأثير عواملي نظير تركيب گونه‌اي جوامع فيتوپلانكتوني وضعيت فيزيولوژيكي آنها وضعيت هيدروديناميك اكوسيستم ميزان كدورت غير جلبكي و سايرعوامل متغير است. بنابراين همانطور كه بحث شد روند افزايش توليدات اوليه خالص همراه با افزايش بايوماس فيتوپلانكتون‌ها خطي نبوده و افزايش بايوماس فيتوپلانكتون‌ها در استخر به نقطه‌اي خواهد رسيد كه افزايش بيوماس بيشتر از آن نقطه غذاي بيشتري براي آبزيان توليد نخواهد كرد. در نتيجه توليد آبزيان پرورشي نيز بيشتر از آن امكان‌پذيرنخواهد بود مطالعات تجربي نشان داده‌است كه چنان‌چه غلظت كلروفيل a در حدود 250- 50 ميكروگرم بر ليتر باشد حد مناسبي از بيوماس فيتوپلانكتون‌ها در آب وجود دارد كه در توليد ماهي نيز حداكثر خواهد بود.

بنابراين در كوددهي استخرها دو مسئله مهم از ديدگاه اقتصادي و زيستي بايد مورد توجه قرار گيرد. اول اين‌كه ويژگي واكنش يك گياه در برابر افزايش كود اين است كه هر چه ميزان كود بيشتري به استخر اضافه شود كارايي كود نيز كاهش خواهد يافت. اين مسئله در كشاورزي و محيط‌هاي خشكي به خوبي شناخته شده‌است. پس نتيجه مي‌گيريم كه كوددهي استخرها بايد همراه با برنامه‌ريزي و احتياط انجام شود. چرا كه دست‌يابي به بيوماس بالاي فيتوپلانكتون‌ها از طريق كوددهي از نظر اقتصادي غير قابل توجيه خواهد بود.

نكته دوم: ايجاد بيوماس فيتوپلانكتوني بالا در استخر موجب تخريب كيفيت آب خواهد شد و بهبود شرايط مستلزم صرف وقت، انرژي و هزينه خواهد بود. بنابراين به‌طور كلي مي‌توان گفت شرايط زيست محيطي مطلوب و ميزان غذاي مناسب براي آبزيان وقتي مفيد خواهد بود كه ميزان بايوماس جلبكي در استخر متوسط باشد و افزايش بايوماس فيتوپلانكتون‌ها بيش از حد متوسط موجب كاهش توليد آبزيان خواهد شد.

**بيوماس فيتوپلانكتون‌ها در استخرهاي همراه با غذادهي**

غذاي مصنوعي با هدف افزايش غذاي آبزيان به استخر اضافه مي‌گردد. در چنين شرايطي كه توليد آبزيان به شبكه‌ي غذايي فيتوپلانكتون‌ها وابسته نمي‌باشد فيتوپلانكتون‌ها بخشي از جامعه‌ي ميكروبي آب به حساب مي آيند كه نقش آنها در حفظ شرايط محيطي مناسب براي رشد آبزیان ضروري است در صورت عدم وجود جامعه ميكروبي براي تصفيه‌ي آب و حفظ شرايط مناسب آب نيازبه فن‌آوري و تجهيزات گران قيمت مي‌باشد . به طور كلي بايد پرورش آبزيان در استخروقتي سود آور خواهد بود كه تا حد امكان از فرآيندهاي طبيعي در تأمين غذا حفظ شرايط محيطي مناسب تأمين اكسيژن محلول و دفع نيتروژن آلي استفاده شود علي‌رغم وجود مزيت فراوان فيتوپلانكتون‌ها در چنين استخرهايي بايد گفت اكثر مشكلاتي كه در اين گونه استخرها با آن مواجه مي‌شويم ناشي از رشد غير طبيعي فيتوپلانكتون‌ها مي‌باشد مشكلاتي نظير كمبود اكسيژن و تجمع مواد نيتروژنه كه بالقوه سمي مي‌باشند در نهايت باعث كاهش توليد آبزيان مي‌گردد. اين مشكلات ويژگي جوامع فيتوپلانكتوني موجود در اكوسيستم‌هاي غني از عناصر مغذي مي باشد. كه متأسفانه مديريت آن در استخرهايي كه نرخ غذادهي بالا مي‌باشد بسيار مشكل است بر خلاف استخرهاي كوددهي شده كه براي ايجاد بايوماس متوسط فيتوپلانكتوني در آب مديريت مي‌شوند در استخرهايي كه غذاي مصنوعي وارد مي‌شود ممكن است بايوماس فيتوپلانكتون‌ها به طور فوق‌العاده‌اي افزايش پيدا كند. زيرا در چنين شرايطي ورود عناصر مغذي به محيط بسيار بيشتر از مقدار اشباعي آن خواهد بود. بيشتر مواد مغذي موجود در اين استخرها از مواد غذايي كه وارد محيط مي‌شود منشأ گرفته و به شكل تركيبات دفعي مختلف جانوران وارد محيط مي‌گردد. در حقيقت عناصر مغذي همراه با غذاي آبرزيان به طور ناخواسته وارد محيط مي‌گردد. از آنجا كه به منظور اصول رشد سريع آبزيان نرخ غذادهي به آنها بالا باشد. ورود عناصر مغذي به استخر نيز زياد بوده و موجب فراواني فيتوپلانكتون‌ها مي‌گردد. در چنين شرايطي مديريت جوامع فيتوپلانكتوني بسيار مشكل بوده و به جاي پرداختن به دليل اصلي بروز مشكل بر روي كاهش مشكلات كيفي آب متمركز شده‌است. از جمله اقداماتي كه در جهت رفع مشكلات ناشي از بيوماس زياد فيتوپلانكتون‌ها انجام مي‌شود هوادهي ميكانيكي آب براي جبران كمبود اكسيژن محلول قابل ذكر است. در حقيقت ثابت شده مديريت خود مشكل (كمبود اكسيژن محلول) از نظر اقتصادي معقول‌تر خواهد بود تا اين‌كه دليل بروز اين مشكل مورد مديرت قرار گيرد.

**پديده‌ي خودپالايي بيولوژيك آبها:**

اين پديده شامل يك سري فرآيندهاي پيچيده‌ي بيولوژيك و فيزيك‌وشيميايي است كه در طي آن عناصر در اثر اكسيداسيون ته‌نشين شده و رسوب مي‌كنند. اين پديده به خصوص به هنگام بروز آلودگي ديده مي شود و بسياري از گروه‌هاي آبزيان به خصوص ساپروفيت‌ها و تك ياختگان يا پروتوزوآ در آن شركت مي‌كنند. براي انجام خودپالايي ابتدا تخريب مواد آلي به كمك ميكروارگانيزم‌هاي ساپروفيت صورت گرفته و سپس اين گروه‌ها جاي خود را به گروه‌هاي تصفيه كننده‌اي نظير گياهان و بي‌مهرگان مختلف به خصوص سخت‌پوستان پست مي‌دهند. در جريان تغذيه‌ي اين موجودات مواد موجود در آب از رود‌ه‌ي اين ارگانسيم‌ها عبور كرده و تصفيه مي‌شوند.

به‌طور كلي خودپالايي در 4 مرحله متوالي انجام مي‌گيرد:1- مرحله‌ي پلي‌ساپرو يا آلودگي شديد 2- مرحله‌ي آلفا مزوساپرو كه در آن خودپالايي آغاز مي‌شود. 3- مرحله‌ي بتا مزوساپرو كه در اين مرحله خودپالايي به اتمام مي‌رسد. 4- مرحله ي اوليگوساپرو كه در اين مرحله آب تميز شده و عاري از هرگونه آلودگي مي‌گردد. هر كدام از مراحل ساپروفي فوق داراي خواص فيزيك‌وشيميايي و بيولوژيك ويژه‌اي است كه به شرح زير معرفي مي گردد.

**خصوصيات آب‌هاي پلي‌ساپرو:**

به آب‌هايي گفته مي‌شود كه از زمان ورود فاضلاب به آنها زمان زيادي نگذشته باشد. در اين آب‌ها تركيبات پيچيده‌ي آلي به مقدار زياد وجود دارند كه در اين مرحله شروع به تجزيه شدن مي‌كنند و در جريان تجزيه گاهي به مقدار قابل توجهي گازهاي متان، گاز كربنيك و گازهاي سولفوره توليد مي‌شوند. آب اين مرحله از نظراكسيژن بسيار ضعيف است و تنها توليدكننده‌ي اكسيژن در آن جريانات ناشي از به‌هم خوردگي آب بوده كه از طريق آن اكسيژن اتمسفر وارد اين آب‌ها مي‌شود. به علت كمبود اكسيژن كليه‌ي جريانات بيوشيميايي آب از نوع احياء مي‌باشند به دليل شرايط نامساعد زيستي تنوع بسيار كمي دارند و تنها باكتري‌هاي ساپروفيت به تعداد زيادي بيش از 100 ميليون در يك ميلي‌ليتر آب به چشم مي‌خورند. همچنين در اين منطقه قارچ‌ها نيز تقريباً فراوانند.

**خصوصيات آب‌هاي آلفامزوساپرو**:

از خصوصيات شيميايي اين آب‌ها شباهت آن با آب‌ هاي منطقه‌ي پلي‌ساپروپ است اما به موازات واكنش‌هاي احياء اكسيداسيون نيز صورت مي‌گيرد. در اين آب‌ها آمونياك و اسيدهاي آن در صورت آلودگي با مواد آلي به مقدار زياد توليد مي‌شود. تنوع موجودات در اين منطقه نيز اندك است و تعداد باكتري‌هاي ساپروفيت به اندازه‌ي ناحيه قبلي است. اما ارگانيسم‌هاي ديگري نيز در اين منطقه ديده مي‌شوند كه مهمترين آنها عبارتند از تك ياختگان پروتوزوآ، تاژكداران، آميبي‌ها، جلبك‌هاي سبز، جلبك هاي سبز-آبي و كم تاران

**خصوصيات آب‌هاي بتا مزوساپرو**

در اين منطقه علاوه بر واكنش‌هاي احياء واكنش‌هاي اكسيداسيون نيز به شدت انجام مي‌شود. در اين مرحله پديده‌ي خودپالايي عملاً خاتمه مي‌يابد. مواد آلي مانند نيترات‌ها و نيتريت‌ها و آمونياك تبديل مي‌شود. به دليل تعداد زياد و نقش مهم گياهان پلانكتوني آب اين نواحي به خصوص در تابستان از اكسيژن اشباع مي‌شود و گياهان مختلفي قادر به زيست در اين منطقه مي‌باشند. تنوع گونه‌اي در اين آبها قابل توجه است و انواع سخت‌پوستان، حشرات و لارو آنها در اين منطقه ديده مي‌شوند هچنين تعداد باكتر‌هاي ساپروفيت به دليل كمبود مواد آلي به شدت كاهش مي‌يابد و از 30-20 ميليون قطعه در يك ميلي‌ليتر آب تجاوز نمي‌كند.

**خصوصيات آب‌هاي اوليگوساپرو**:

در اين مرحله آب‌ها به طور كامل از آلاينده‌ها پاك مي‌شود و مقدار مواد آلي محلول در آب از g/l 1 تجاوز نمي‌كند. آب اين مرحله از اكسيژن اشباع است و تنوع گونه‌اي اين منطقه چشم‌گير مي‌باشد. انواع گياهان گلدار و دياتومه‌ها از گونه‌هاي غالب منطقه مي‌باشند. اسفنج‌ها و سخت‌پوستان نيز فراوانند. تعداد باكتري‌هاي ساپروفيت در ml 1 آب به چند صد هزار مي‌رسد.