



معرفی، بررسی و مدیریت فاضلاب خروجی مراکز پرورش آبزیان

مظاهر زمانی فرادنبه^۱

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد بوم شناسی آبزیان، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

چکیده

رشد جمعیت انسانی موجب افزایش نیاز برای مواد غذایی به خصوص مواد پروتئینی شده است. تولید گوشت ماهی به عنوان یک منبع پروتئینی با گذشت زمان به خاطر افزایش احداث تاسیسات پرورشی افزایش یافته است؛ در حالی که افزایش تولید ماهی باعث افزایش سهم این ماده غذایی در رژیم غذایی مردم شده است و نیز افزایش تولید پساب و مشکلات زیست محیطی را نیز موجب گردیده است. این موضوع کاربرد روشهای تصفیه مکانیکی، زیستی و یا ترکیبی از دو روش را مورد توجه قرار داده است. این مقاله در نظر دارد روش های مختلف تصفیه پساب آبی پروری را بحث کرده و روش تصفیه با تالاب های مصنوعی را معرفی نماید.

واژگان کلیدی: پرورش ماهی، پساب، تصفیه زیستی، تصفیه مکانیکی.

۱- مقدمه

در کشور ایران نیز همانند سایر کشورهای جهان نیاز به محصولات شیلاتی همزمان با افزایش جمعیت در حال افزایش می باشد (FAO, ۲۰۰۷). بخشی از این نیاز به وسیله صید ماهیان دریایی تأمین می شود. ولی این بخش به دلیل مسایل مربوط به صید مانند صید بی رویه و ممنوعیت صید در مورد برخی گونه ها و محدودیت صید برای بسیاری از گونه ها با مشکلاتی روبرو است. بنابراین می توان برای بخش پرورش ماهی نقش مهمتری را متصور شد. افزایش نیاز به فرآورده های شیلاتی عمدتاً از طریق افزایش تولید ماهیانی چون گونه های آزاد ماهیان مثل قزل آلائی رنگین کمان همراه می باشد. افزایش تولید این گونه ماهی نیازمند آب با کیفیت بالا است که معمولاً از طریق رودخانه و چشمه تأمین می شود (Lukowicz, ۱۹۹۴). احتیاجات و ویژگی های مربوط به کیفیت آب تعداد مناطق مناسب برای پرورش و نیز ظرفیت تولید را محدود کرده است (Lukowicz, ۱۹۹۴). یک روش ساده افزایش تولید، افزایش ظرفیت و تراکم ماهیان در مزارع پرورشی می باشد. مطالعات اثبات کرده است که در صورت استفاده از غذاهای غنی شده تولیدی، میزان آب مصرفی برای تولید یک تن ماهی تا ۸۶۰۰۰ متر مکعب و در صورت استفاده همزمان از هوادهی و تزریق اکسیژن نیاز آبی برای تولید این مقدار ماهی تا ۲۶۰۰۰ متر مکعب کاهش می یابد (Sindilariu و همکاران، ۲۰۰۸).

۲- تصفیه پساب مزارع پرورشی

در بین ماهیان مختلف برای پرورش در کشور ما ماهیان سردآبی دارای نقش مهمی می باشند. برای پرورش این گروه از ماهیان روشهایی چون سیستم های مدار بسته، نیمه باز و باز استفاده می شود (Schulz و همکاران، ۲۰۰۲). سیستم های باز که در کشور ما بسیار رایج می باشد حالتی است که طی آن آب مصرفی بعد از یک بار گذر از استخرهای پرورشی به محیط راه می یابد. این آب که به نوعی پساب مزارع پرورشی قلمداد می شود، در صورتی که بدون اعمال عملیات تصفیه به محیط رهاسازی

*m.zamanif@yahoo.com



شود می‌تواند نتایج خطرناکی را به دنبال داشته باشد (نادری جلودار و همکاران، ۱۳۸۵).
این روش افزایش تولید و افزایش تعداد واحدهای پرورشی منجر به افزایش تولید پساب می‌شود. پساب کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلا به طور عمده حاوی سه دسته مواد آلاینده می‌باشد (نادری جلودار و همکاران، ۱۳۸۵):
۱_ مواد جامد معلق که شامل بقایای غذا و مدفوع ماهیان پرورشی می‌باشند.
۲_ مواد محلولی که توسط ماهی به محیط آزاد می‌شود که بیشتر این مواد شامل کربن آلی و ترکیبات ازته محلول (از جمله آمونیم و نیترات و نیتريت) می‌باشد.
۳_ مواد شیمیایی باقیمانده از درمان‌های دارویی انجام شده مثل سولفات مس و فرمالین، قارچ‌کش‌هایی مثل مالاشیت گرین و انواع مختلف آنتی‌بیوتیک‌ها مثل سولفانامیدها حتی در مقادیر نسبتاً کم خود از عوامل تشدیدکننده اختلالات شیمیایی در آب می‌باشند.
در اثر فرآیندهای تجزیه مواد، دو دسته مواد زائد ذکر شده اول باعث اختلالات شیمیایی آب می‌گردند، که مهمترین این اختلالات شامل تغییرات BOD^۱، COD^۲، تغییرات pH، نیتروژن آمونیاکی، نیترات و تعادل اکسیژن می‌باشد. مواد و ترکیبات موجود در پساب به صورت ذره‌ای^۳ و یا محلول در محیط پراکنده می‌شوند (Lukowicz, ۱۹۹۴). در پساب تازه تولید شده در حدود ۳۲-۷٪ نیتروژن کل^۴ (TN)، ۳۰-۸۴٪ فسفر کل^۵ (TP) و بیش از ۲۷٪ کربن کل^۶ به صورت پیوسته به ذرات جامدی می‌باشند که به صورت محلول یا معلق در آب وجود دارند (Schulz و همکاران، ۲۰۰۲). با توجه به عواقب رهاشدن این پساب به محیط، اغلب مناطق دنیا به تصفیه پساب مزارع پرورش ماهی توجه خاصی نموده اند. تاکنون بخش عمده تصفیه پساب بر روش تصفیه مکانیکی استوار بوده است (Boyd و Schwartz, ۱۹۹۵).

۲-۱- تصفیه مکانیکی

روش معمول تصفیه مکانیکی شامل عبور پساب از یک صفحه مشبک به نام Microscreen ثابت^۷ یا دوار^۸ می‌باشد. این روش بر اندازه ذرات توجه دارد و ذرات با اندازه بزرگتر از اندازه چشمه‌های شبکه را جداسازی می‌کند. راندمان این روش طی مطالعات بررسی شده است و ثابت شده است که این روش قادر به جداسازی دامنه وسیعی از مواد می‌باشد. این روش دارای راندمانی در حدود ۷۴-۵۰٪ برای فسفر کل و ۴۲.۷-۱۰٪ برای نیتروژن کل می‌باشد (Schulz, ۲۰۰۲).
روش دیگر تصفیه مکانیکی متشکل از حوضچه‌های ته‌نشینی و رسوب‌گیری متوالی می‌باشد. این روش بر اساس چگالی ذرات عمل می‌کند، به طوری که قادر به جداسازی ذرات دارای چگالی بالاتر از آب می‌باشد. نتایج بررسی‌ها نشان داده‌اند که این گونه مخازن رسوب‌گیری قادر به جداسازی ۹۷٪ از این گونه ذرات و نیز ۳۴٪ از فسفر دقیقه می‌باشند. مسلماً این راندمان به سرعت عبور آب بستگی دارد، ولی این روش برای حذف مواد مغذی محلول ولی با چگالی کم دیگری چون آمونیموم (بیش از ۹۰٪ نیتروژن دفعی)، اوره، فسفر محلول و سایر ترکیبات کربن‌دار بسیار ناکارآمد می‌باشد (Lukowicz, ۱۹۹۴).

۲-۲- تصفیه زیستی

برای جبران کارایی کم روش تصفیه مکانیکی روش تصفیه زیستی^۹ به صورت تالاب‌های مصنوعی^۱ (دست ساز، ساختگی)

¹ Biological Oxygen Demand

² Chemical Oxygen Demand

³ Particulate

⁴ Total Nitrogen

⁵ Total Phosphorus

⁶ Total Carbon

⁷ Static

⁸ Rotating

⁹ Biological Treatment



مورد توجه قرار گرفت. این گونه سازه‌ها روشی مبتنی بر همزیستی^۲ بین ماکروفیت‌ها^۳ (*Typha*, *Phragmites*) و غیره) و میکرواورگانسیم‌ها (باکتریها، قارچ‌ها و غیره) و نیز تعامل این دو بخش با شیمی و فیزیک خاک می‌باشند. امروزه این سیستم‌ها در اصل به عنوان مکمل روش‌های تصفیه مکانیکی و یا به همراه این روشها مورد استفاده قرار می‌گیرند به طوری که پساب خروجی از تصفیه مکانیکی وارد این تالاب‌های مصنوعی می‌شود. این سیستم‌ها در حال حاضر برای تصفیه انواع پساب‌های شهری، صنعتی و زه‌آب کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

این سیستم‌ها براساس طراحی به سه گروه عمده تقسیم می‌شوند (Schulz و همکاران، ۲۰۰۲):

۱_ سیستم‌های متشکل از گیاهان شناور آزاد^۴ یا مستغرق^۵ بدون خروجی مشخص ولی با امکان نشت آب در بستر
۲_ سیستم‌های دارای گیاهان بن در آب^۶ در خاک با بستر زیرین نفوذ ناپذیر و دارای خروجی مشخص
۳_ سیستم حد واسط دو روش قبلی
البته این سیستم‌ها بر اساس جهت حرکت آب (عمودی یا افقی)، نوع گیاهان کشت شده یا براساس ویژگی‌های خاک به زیر گروه‌هایی تقسیم می‌شوند.

مراحل اصلی تصفیه در یک تالاب مصنوعی به شرح زیر می‌باشد (Schulz و همکاران، ۲۰۰۲؛ Sindilariu و همکاران،

۲۰۰۸):

۱_ عبور پساب از استخرهای رسوب‌گیری و رسوب‌دهی مواد معلق

۲_ تجزیه میکروبی مواد

۳_ حذف بیولوژیکی مواد از طریق گیاهان کشت شده

۴_ حذف و جذب مواد از طریق سطح تبادل

۵_ تثبیت شیمیایی مواد مغذی از طریق عبور پساب از ستون خاک

طی مطالعه Sindilariu و همکاران (۲۰۰۸) راندمان روش تالاب مصنوعی از نوع جریان زیر سطحی^۷ (SSF) در مورد کاهش نیتروژن کل ۵/۵٪ و برای TSS^۸ در حدود ۹۰/۱٪ بدست آمد. این گونه تالاب‌ها همچنین دارای یک اثر تصفیه بالایی در مورد نیتروژن آمونیاکی کل^۹ (TAN) با راندمانی در حدود ۶۱/۲-۸۷/۸٪ می‌باشد. همچنین راندمان تصفیه و حذف ذرات معلق^{۱۰} و TAN با کاهش مقدار آب ورودی افزایش می‌باشد.

در این بین باید اشاره‌ای نیز به روش تصفیه با جریان سطحی آزاد^{۱۱} (FSF) نیز اشاره کرد. در این روش آب یا همان پساب بیش از ظرفیت خاک وارد سیستم شده و باعث غرق آب شدن خاک و گیاهان می‌شود. در این روش در صورت کم عمق بودن لایه پساب روی بستر نفوذپذیر، از گیاهان بن در آب استفاده می‌شود ولی در صورتی که عمق آب به حدی برسد که به طور مثال بیشتر از ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر باشد می‌توان از گیاهان مستغرق، گیاهان برگ شناور^{۱۲} نیز همراه با گیاهان بن در آب استفاده کرد. در هر دوی این سیستم‌ها می‌توان از گیاهان شناور آزاد هم استفاده کرد. برای افزایش بازدهی تصفیه پساب بهتر است که تنوع پوشش گیاهی این سیستم‌ها را تا حد امکان بالا برد. در این بین می‌توان از گیاهانی استفاده کرد که دارای قدرت جذب مواد مغذی با سرعت بالا می‌باشند. به طوری که همزمان با افزایش نرخ جذب مواد مغذی نرخ تصفیه در واحد زمان نیز

¹ Constructed Wetlands

² Symbiosis

³ Macrophyte

⁴ Free-Floating

⁵ Submerged

⁶ Emergent

⁷ Sub-Surface Flow

⁸ Total Suspended Solid

⁹ Total Ammonia Nitrogen

¹⁰ suspended solids

¹¹ Free-Surface Flow

¹² Floating-leaved plants



بالا می‌رود و این مواد مغذی تبدیل به توده های گیاهی می شوند. برای بررسی امکان استفاده از این توده گیاهی باید به ترکیب پساب توجه کرد. چون این پساب فاقد عناصر مضر بوده و در صورت انباشت در پیکره گیاهان و مصرف این توده گیاهی توسط جانوران و موجودات گیاهخواری صدمه‌ای به آنها وارد نمی‌شود؛ پس به نوعی تصفیه همراه با زراعت مطرح می‌باشد. البته به طور قطع در این مورد نمی‌توان قضاوت کرد که این پساب فاقد مواد مضر می‌باشد و باید مسائل زیادی در مورد سیستم پرورشی ماهی یعنی نوع جیره غذایی مورد مصرف، نوع ادوات مورد استفاده، نوع مواد و ترکیبات مورد استفاده برای ضدعفونی سیستم و ادوات، نوع مواد مصرفی برای مبارزه با بیماری‌ها و غیره را نیز در نظر گرفت.

این نکته را باید حتماً در نظر داشت که حذف یا به بیان دیگر جذب مواد مغذی تنها بر عهده پوشش گیاهی نمی‌باشد، بلکه باید نقش میکروارگانیسم‌های درون خاک را نیز در این امر مهم در نظر گرفت و به نوعی بخشی از تصفیه و حذف مواد مغذی را بر عهده این میکروارگانیسم‌ها گذاشت. برای این منظور، برای تقویت نقش و افزایش سهم میکروارگانیسم‌ها در تصفیه می‌توان اقدام به تزریق و اضافه کردن مصنوعی این موجودات به خاک کرد. در این بین باید از میکروارگانیسم‌هایی استفاده کرد که دارای قدرت مصرف بالای مواد مغذی می‌باشند. با همه این اوصاف باید این نکته را نیز در نظر داشت که این میکروارگانیسم‌ها بعد از مرگ مواد مغذی جذب شده را چگونه و چه زمانی از دست می‌دهند. شاید بتوان برای جلوگیری از آزاد شدن مواد مغذی جذب شده توسط این موجودات مکان خاصی از بستر را به این گروه اختصاص داد و با زمان‌بندی مشخص اقدام به تخلیه و تعویض این نواحی کرد.

برای مزارع پرورش قزل‌آلا، تالاب‌های نوع جریان زیر سطحی (SSF) یک روش موثر تصفیه می‌باشد. برای این منظور تالاب‌هایی با حداقل مساحت ۱۳/۳ متر مربع و جریان آبی حداکثر ۱ لیتر در ثانیه به نظر بسیار مناسب باشند (Schwartz و Boyd، ۱۹۹۵). در سیستم SSF راندمان تصفیه و حذف مواد به شدت تحت تاثیر میکروارگانیسم‌های ساکن در ذرات خاک و ریزوم‌های گیاهان می‌باشند (نادری جلودار و همکاران، ۱۳۸۵). در این بین اهمیت گیاهان را می‌توان این گونه بیان کرد که گیاهان دارای سیستم ریشه‌ای آئرانسیم^۱ باعث هوادهی خاک شده و این عمل به رشد میکروارگانیسم‌های هوازی مثل نیتروزوموناس و نیتروباکتر کمک می‌کند (Schulz و همکاران، ۲۰۰۲).

حذف بیولوژیکی بسیار شدیدتر آمونیوم نسبت به نیترات، در رابطه با ریزوم‌های گیاهان کشت شده در تالاب مصنوعی اثبات شده است (Schwartz و Boyd، ۱۹۹۵). فسفر متصل به ذرات خاک و نیز فسفر جذب شده توسط آهن، آمونیوم، منگنز هیدروکسید/اکسید، کلسیم یا ذرات رس در پتانسیل ردوکس^۲ پایین به کمک میکروارگانیسم‌های هتروترف معدنی می‌می‌شود (Schulz و همکاران، ۲۰۰۲). در صورت استفاده از خاکی با ذرات ریزتر در تالاب‌های مصنوعی افزایش راندمان حذف مواد موجود در پساب مشخص شده است. این نکته را باید ذکر کرد که مهمترین مشکل خاک دارای ذرات با اندازه ریز، لخته یا کلوخه شدن ذرات خاک در صورت وجود مقدار زیاد ذرات معلق در پساب می‌باشد که این کلوخه شدن نفوذپذیری بستر تالاب را کاهش می‌دهد. برای اطمینان از نفوذپذیری خاک در این حالت چند راهکار پیشنهاد می‌شود (Schulz و همکاران، ۲۰۰۲؛ Boyd و Schwartz، ۱۹۹۵؛ Sindilariu و همکاران، ۲۰۰۸):

- ۱_ استفاده از میکروغربال و استخر رسوب‌دهی به طور متوالی
- ۲_ افزایش طول مدت زمان توقف پساب در استخرهای رسوب‌گیری
- ۳_ افزایش مساحت سطح تالاب در متر مکعب حجم پساب
- ۴_ افزایش اندازه ذرات خاک به کار رفته به عنوان نفوذپذیر
- ۵_ استفاده از لایه های خاک با اندازه ذرات متفاوت (ذرات درشت در بالا و با افزایش عمق کاهش اندازه ذرات)

۳- نتیجه گیری

¹ Aerenchym Root Systems

² Redox Potential



با توجه به توسعه آبی‌پروری و ضرورت توجه به اصول توسعه پایدار و حفظ بومسازگان آبی و همچنین کاهش هزینه‌های تولید، به نظر می‌رسد بررسی و توسعه فناوری تالاب‌های مصنوعی، بتواند در حفظ کیفیت آب رودخانه‌ها، کاهش هزینه‌های مرتبط با تأسیسات پالایش مکانیکی و همچنین در کاهش مصرف آب به عنوان یکی از نهاده‌های مهم در تولید آبزیان مفید باشد. بدیهی است که بومی‌سازی این روش و فرمولاسیون آن برای شرایط بومی و اقلیمی نیازمند پژوهش‌های اولیه نیز خواهد بود، که در این زمینه انجام پژوهش‌هایی در رابطه با انواع گیاهان آبی بومی، ایجاد سویه‌های باکتریایی کارآمد برای پالایش زیستی در شرایط پرورش ماهیان سردآبی قابل توصیه است.

منابع

۱. نادری جلودار، م.، اسماعیلی ساری، ع.، احمدی، م.، سیف آبادی، س.ج.، عبدلی، ا. ۱۳۸۵. بررسی آلودگی ناشی از کارگاه‌های قزل-آلای رنگین‌کمان بر روی پارامترهای کیفی آب رودخانه هراز. علوم طبیعی، سال چهارم، شماره دوم، زمستان ۱۳۸۵: ۳۶-۲۱.
2. Ackefors, H., Enell, M., 1994. The release of nutrients and organic matter from aquaculture systems in Nordic countries. J. Appl. Ichthyol. 10, 225–241
3. FAO. 2007. The state of world fisheries and aquaculture 2006. <http://www.fao.org/docrep/009/A0699e/A0699e00.htm>, 180 pp
4. Lukowicz, von M., 1994. Site selection and regulatory issues for trout and carp farming in Germany. J. Appl. Ichthyol. 10, 312–318.
5. Schulz, C., Gelbrech, J., Rennert, B. 2002. Treatment of rainbow farm effluents in constructed wetland with emergent plants and subsurface horizontal water flow. Aquaculture, 217: 207-221.
6. Schwartz, M.F., Boyd, C.E., 1995. Constructed wetlands for treatment of channel catfish pond effluents. Prog. Fish-Cult. 57, 255–266.
7. Sindilariu, P.D., Wolter, C., Reiter, R. 2008. Constructed wetlands as a treatment method for effluents from intensive trout farms. Aquaculture, 217: 179-18.