بررسی میزان جامدات معلق، اکسیژن، دی‌اکسیدکربن، EC و pH در استخرهای پرورشی مدار بسته ماهی قزل‌آلا

- **محمد رضا فرزانه***: دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر
- **سید عبدالمجید موسوی**: دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین
- **نرگس امینی شیرازی**: دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۸۸ تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۸۸

چکیده

در این تحقیق میزان بالای جامدات معلق در آب بعنوان یکی از اساسی‌ترین مشکلات مزارع پرورش مدار بسته قزل‌آلا مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین در کنار اندازه‌گیری جامدات معلق، پارامترهایی مانند اکسیژن، دی‌اکسید کربن، pH و EC نیز اندازه‌گیری شده است. برای این کار ۵ مزرعه مدار بسته تیپ در نظر گرفته شد و جامدات معلق از نظرکمیت و کیفیت مور مطالعه قرار گرفتند. مزارع از نظر طراحی و ساخت، روش تولید و غذای مصرفی با هم یکسان بودند با بررسی تمام پارامترهای موثر در تولید و کارآیی این مزارع، در سه مرحله و در طول ٦ ماه (هر ۲ ماه یکبار) پارامترهای آب این مزارع اندازه‌گیری شد. همچنین با اندازه‌گیری مقدار چربی در جامدات معلق پساب مزارع و مقایسه آن با مقدار چربی ورودی به این سیستمها (میزان چربی موجود در غذا) میزان حذف چربی‌ها در سیستم تصفیه این مزارع مورد بررسی قرار گرفت. بررسی‌ها نشان می‌دهد که میانگین میزان مواد جامد در این سه مرحله ۱۰۳ میلی‌گرم در لیتر است که این میزان بسیار بالاتر از حد مجاز می‌باشد. میانگین حذف چربیها از مزرعه نیز کمتر از ۲۵ درصد است. در آنالیز واریانس یکطرفه انجام شده بین ۵ مزرعه در دوره‌های مختلف، اختلافات تماماً معنی‌دار بوده است ($P<0/05$). نتایج این بررسی نشان داده است که در مزارع مدار بسته ایران بازده صافی‌های فیزیکی و زیستی در حد قابل قبولی نمی‌باشد که این خود ریشه در یکسری مشکلات و ایرادات در نحوهٔ ساخت و بهره‌برداری از مزارع دارد.

کلمات کلیدی: استخر، مداربسته، EC، pH، جامدات معلق، اکسیژن

مقدمه

در برخی از نقاط دنیا، از دیرباز آبزیان جزء غذاهای اصلی انسانها بوده و در بقیه مناطق نیز بعنوان غذاهای اشرافی مصرف می‌شدند. کاهش برداشت از منابع دریایی به علت مسایل زیست محیطی، باعث افزایش توجه روز افزون به آبزی‌پروری گردیده است (۴). در سالهای اخیر با ازدیاد جمعیت و در نتیجه افزایش تقاضا برای مصرف آبزیان و مواجهه با مسئله کمبود آب و زمین از یک سو و تحول و نوآوری در صنایع تصفیه آب از سوی دیگر، آبزی‌پروری به شیوه‌های متراکم در سیستمهایی با آب برگشتی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفت.

اولین سیستم پرورش ماهی مدار بسته بخش خصوصی با تجهیزات برگشت و تصفیه آب و به شکل امروزی در سال ۱۳۷۲ در فیروزکوه تاسیس شد. این مزرعه مدار بسته با تکنولوژی شرکت مگافیش آلمان ساخته شد. سپس در سال ۱۳۷۵ مزرعه دیگری در فیروزکوه راه‌اندازی شد که این مزرعه با تکنولوژی داخلی ولی با کپی‌برداری از روی سیستم شرکت مگافیش

* پست الکترونیکی نویسندهٔ مسئول: m.r.farzaneh۸۰@gmail.com

ساخته شد. سپس صاحب این مزرعه اقدام به تاسیس شرکت ساخت و راه‌اندازی مزارع مدار بسته نمود و در این زمان از سیستم یک شرکت دانمارکی استفاده کرد (البته با اینکه شرکت ایرانی تحت لیسانس شرکت دانمارکی بود ولی شرکت دانمارکی ساخت و راه‌اندازی مزارع بوسیله شرکت ایرانی را تایید نکرد). دو مزرعه‌ای که با تکنولوژی شرکت مگافیش راه‌اندازی شدند با مشکل خاصی مواجه نبودند. ولی مزرعه ساخت شرکت داخلی دارای مشکلات فراوانی بود. بعد از آن نیز تعداد زیادی مزرعه به همان صورت و با همان مشکلات ساخته شد. تا اینکه در سال ۱۳۷۹ با ورود شرکتهای دیگر به بازار عرضه این سیستمها، رقابت بر سر ارائه خدمات بهتر و تولید بیشتر، افزایش یافت (۳). اما باز هم مشکلات اساسی در این سیستمها وجود دارد.

در ایران سرمایه‌گذاری هنگفتی برای پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در سیستم مدار بسته انجام شده است. اما تقریباً همه مزارع مدار بسته کشور، با مشکلات عدیده‌ای در تولید مواجه بوده و هیچکدام به ظرفیت اسمی خود نرسیده‌اند (۳). از نظر اقتصادی، عدم بازگشت سرمایه مزرعه‌داران و عدم بازپرداخت وامهای بانکی؛ از نظر فنی نیز نیاز اکثریت قریب به اتفاق مزارع مدار بسته، به اصلاح سیستم‌های بکار رفته در مزرعه دارد و از سوی دیگر از نظر بازارپسندی، طعم نه چندان مطلوب ماهیان پرورش یافته در این مزارع نیز از دیگر مشکلات می‌باشد. بدیهی است افزایش تقاضا برای تاسیس مزارع جدید نیز به نابسامانی اوضاع می‌افزاید.

این عوامل، سبب ابهام در مورد اقتصادی بودن این مزارع گردیده است. یکی از بخش‌های کلیدی و مهم در سیستمهای مدار بسته، فیلترهای مکانیکی و زیستی هستند که معمولاً بازده آنها تحت تاثیر وجود مقادیر بالایی از جامدات معلق (TSS) قرار دارد (۷ و ۱۰). جامدات معلق در سیستم از طریق فضولات ماهیان، پسمانده غذای ماهیان و ترکیبات غیر آلی ناشی از منبع آبی یا استهلاک ادوات بوجود می‌آید. پس وجود بیش از اندازه جامدات معلق (و عدم کنترل آن) یکی از معضلات این مزارع محسوب می‌شود (۶). تاثیر TSS بر روی کیفیت آب، عملکرد بیوفیلترها و تاثیر بیولوژیک آن بر روی رشد ماهیان بصورت مستقیم و غیرمستقیم و همچنین ایجاد آلودگی ثانویه (بیماریها) مشهود می‌باشد. در این میان از صافی‌های مختلف فیزیکی و زیستی استفاده می‌شود. تقریباً در اکثر مزارع بزرگ و صنعتی، از روش حذف شیمیایی نیز استفاده می‌گردد (۸).

با اندازه‌گیری مقدار چربی در جامدات معلق پساب مزارع و مقایسه آن با مقدار چربی ورودی به این سیستم‌ها (میزان چربی موجود در غذا)، میزان حذف چربی‌ها در سیستم تصفیه این مزارع مورد بررسی قرار گرفته است. زیرا وجود چربی در آب این سیستم‌ها می‌تواند باعث بوجود آمدن لخته و توده‌های مواد جامد در داخل لوله‌های انتقال و گردش آب گردد. همچنین وجود چربی باعث انسداد بیشتر چشمه توری در صافی‌های فیزیکی می‌گردد (۱۰).

مواد و روشها

محدودهٔ جغرافیایی این مطالعه استان تهران و زنجان می‌باشد. نزدیکی به آزمایشگاه معتبر بدلیل دقت در انجام آزمایشات، تاثیر زیادی در انتخاب محل مزارع داشته است. بدلیل محدودیت امکانات سعی شده که تمام مزارع در محدودهٔ استان تهران باشند. تنها یک مزرعه بدلیل شرایط خاصی که در جای خود عنوان خواهد شد؛ از استان زنجان انتخاب شده است. سعی شده مزارع انتخابی همگی از یک نوع غذا استفاده نمایند، دارای منبع آبی مشابه و نیز صافی فیزیکی و صافی زیستی مشابه داشته باشند.

این مزارع از سه تیپ مختلف ساخت (شرکتهای سازنده) انتخاب شده‌اند تا ضرورت بکارگیری روش حذف شیمیایی در تیپهای اصلی مزارع مدار بسته ایران سنجیده شود. این تفاوت در ساخت باعث تفاوت در اصول کلی و روش کار مزارع نشده و تغییر در طراحی صافی‌ها به نسبت مساوی بر روی ظرفیت مزرعه تاثیر داشته است. در کل، مشخصات عمومی هر پنج مزرعه یکسان می‌باشد.

براساس معیارهای مذکور مزارعی به نامهای مزرعه آقای ذبیحیان (۱)، مزرعه آقای غفاری (۲)، مزرعه آقای مبینی (۳)، مزرعه جاجرود (۴) و مزرعه قزل آبتاب (۵) مورد بررسی قرار گرفتند.

مزرعه شماره ۱ تنها مزرعه در خارج از استان تهران بود که در این طرح مورد بررسی قرار گرفت. این مزرعه در کیلومتر۲ جاده زنجان به تبریز قرار دارد. منبع آب مزرعه چاه می‌باشد که در مقدار استفاده از آب ورودی محدودیتی وجود ندارد. لیکن مقدار ورودی آب این مزرعه ۸/۳ لیتر در ثانیه است. دبی در گردش این مزرعه ۱۸۰ لیتر در ثانیه می‌باشد. در هنگام انجام آزمایشات، این مزرعه دارای توده زنده بین ۹-۷ تن بود. در زمانی که توده زنده مزرعه در حدود ۷ تن بود؛ ۱۱ تانک از تعداد

۱۸ تانک مزرعه اشغال شده بود. طراحی و ساخت این مزرعه یکی از سه روش ساخت در کشور است. دو تیپ دیگر، طراحی و ساخت بوسیله دو شرکت بزرگ سازنده این سیستم‌ها در ایران می‌باشد. از تفاوت‌های این مزرعه با بقیه مزارع می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود: بکارگیری راکتورهای مجزای اکسیژن بر سر هر استخر، بکارگیری سیستم مطمئن و پیشرفته برقی (ساخت مالک مزرعه)، بکارگیری سیستم آنلاین اکسیژن در هر استخر، لیکن صافی‌های زیستی و صافی فیزیکی مزرعه مانند دیگر مزارع می‌باشد.

مزرعه شماره ۲ در ابتدای شهر فیروزکوه است و با جاده آسفالت حدوداً ۲ کیلومتر فاصله دارد که توسط یک جاده شوسه به آن ارتباط می‌یابد. این مزرعه از تیپ مزارع ۵۵ تنی است. مزرعه دارای ۲۰ استخر بتنی تیپ (قبلاً توضیح داده شده) می‌باشد. تمامی تجهیزات این مزرعه مشابه طرح تیپ مزارع ۵۵ تنی است. دبی آب ورودی این مزرعه۱۰ لیتر در ثانیه و منبع آن آب چاه است. دبی آب در گردش این مزرعه در حدود ۱۵۰ لیتر در ثانیه می‌باشد. در هنگام نمونه‌برداری‌ها، توده زنده این مزرعه در حدود ۳ تن بود و غذای روزانه‌ای که برای این مقدار ماهی مصرف شده در حدود ۷۰ کیلوگرم است.

مزرعه شماره ۳ دقیقاً در کنار مزرعه ۲ است و تمامی مشخصات آن مشابه مزرعه غفاری می‌باشد. لیکن این مزرعه در تیر ماه (مرحله آخر نمونه‌برداری) تلفات زیادی متحمل شد. بصورتی که در هنگام نمونه‌برداری کمتر از یک تن توده زنده داشت.

مزرعه شماره ۴ مانند مزرعه ۱، دارای شرایط خاص خود بوده و دلیل انتخاب این مزرعه نیز به سبب همین شرایط خاص است. این مزرعه دارای دو سیستم مدار بسته در کنار هم می‌باشد که هر یک از این سیستم‌ها دقیقاً مانند مزارع تیپ ۱۰۰ تنی می‌باشند. ولی هر دوی این سیستمها در یک سوله قرار دارند. آب در گردش این مزرعه ۲۵۰ لیتر در ثانیه است. آب ورودی این مزرعه از چند منبع آبی تامین می‌گردد و در هر حال بیشتر از ۱۰ لیتر در ثانیه است. در هنگام نمونه‌برداری‌ها، توده زنده این مزرعه در حدود ۷ تن بود. لازم بذکر است که مدیریت این مزرعه ترجیح داده است که به تولید ماهیان پرواری نپردازد. در عوض در این مزرعه ماهیان تا وزن ۹۰ گرم (بچه ماهی) رسانده شده و سپس به استخرهای سنتی همان مجموعه منتقل می‌شوند و در یک سیستم باز به وزن بازاری رسانده می‌شوند.

مزرعه شماره ۵ در غرب استان تهران و در منطقه طالقان قرار دارد. این مزرعه از تیپ مزارع ۵۵ تنی است که به گفته مدیر مزرعه و با توجه به بررسیهای انجام شده؛ دارای مشکلات فراوانی است و صاحبان آن بدنبال طرحهای اصلاحی برای مزرعه خود هستند (به مانند بقیه مزارع) که البته تاکنون در این رابطه اقدام عملی انجام نداده و در حال بررسی گزینه‌های مختلف برای اصلاح سیستم خود می‌باشند. این مزرعه دارای ۲۰ استخر بتنی است. آب ورودی این مزرعه بیشتر از ۱۰ لیتر است که از طریق چاه تامین می‌شود. آب در گردش این مزرعه نیز ۱۵۰ لیتر است. این مزرعه در هنگام نمونه‌برداری‌ها در حدود یک تن توده زنده داشت.

شرایط آب ورودی به استخرها از نظر فاکتورهای اندازه‌گیری شده بدلیل اینکه همگی از آب چاه بودند تفاوت چندانی با یکدیگر نداشتند حتی استخر شماره ۴ نیز بیش از ۹۰ درصد آب ورودی خود را از چاه تأمین می‌کند.

روشهای نمونه‌برداری

روش نمونه‌برداری‌ها و آزمایشات تماماً مطابق با روش‌های استاندارد و متعارف بوده که از رفرنس‌های معتبر انتخاب شده است (Standard methods-۲۵۴۰ Solids). در انجام آزمایشات میدانی نیز از ادوات و تجهیزات دقیق که ساخت شرکتهای معتبر سازنده لوازم آزمایشگاهی می‌باشند، استفاده شده است. پارامترهای ذیل در محل سایت و بوسیله دستگاههای معرفی شده اندازه‌گیری شدند:

۱. جامدات معلق، شرکت سازنده WTW، پروب VisoTurb, ۷۰۰ IQ، ساخت آلمان؛
۲. دی‌اکسید کربن، شرکت سازنده WTW، ساخت آلمان؛
۳. اکسیژن محلول، شرکت سازنده WTW، ساخت آلمان؛
۴. pH، شرکت سازندهWTW، ساخت آلمان؛
۵. EC، شرکت سازنده WTW، ساخت آلمان.

در هر مرحله از نمونه‌برداری، پس از انجام اندازه‌گیری‌های میدانی، نمونه‌های آب در ظروف پلاستیکی ۲۰ لیتری تمیز، ذخیره و بوسیله محلول فرمالین ۲ درصد فیکس شده و طی کوتاه‌ترین مدت (حداکثر ۱۲ ساعت) و در دمای ۴ درجه سانتیگراد به آزمایشگاه انتقال داده شده است. در آزمایشگاه، از هر نمونه، سه زیر نمونه برداشت شد و مقدار مواد آلی (پلانکتونهای گیاهی و جانوری و غیره) و مواد معدنی (ذرات شن و ماسه و...) آن بصورت تقریبی در زیر میکروسکوپ نوری با بزرگ نمایی ۱۰ و ۴۰ و با استفاده از لام سدویک‌رفتر تعیین

شده است. همچنین بعد از انجام تمامی آزمایشات، جامدات بدست آمده در آون در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد سوزانده شده و مقدار مواد آلی و معدنی آنها بدست آمده است (۲). جامدات معلق نمونه‌ها با استفاده از صافی ۴۵ میکرون و به کمک پمپ خلاء، جداسازی شده است. به دلیل اینکه برای انجام هر یک از آزمایشات در حدود ۵ گرم وزن خشک از مواد معلق مورد نیاز بود؛ لذا برای بدست آوردن این مقدار ماده خشک، مقدار زیادی نمونه آب تهیه شد (۲ عدد ظرف۲۰ لیتر). سپس نمونه آب در آزمایشگاه با استفاده از صافی ۴۵ میکرون و با استفاده از پمپ خلاء صاف شده و مواد بدست آمده در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد در داخل آون خشک می‌شوند. همچنین از هر مزرعه برای اندازه‌گیری قطر ذرات نیز یک نمونه برداشت شده است. سپس چربی به روش سوکسله Soxhlet اندازه‌گیری شد.

تعداد و زمان نمونه‌برداری

در این تحقیق ۵ مزرعه مدار بسته پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان انتخاب شد. انتخاب این مزارع بصورتی بود تا نمونه‌ای از اکثریت مزارع کشور از نظر طراحی، ساخت (شرکت سازنده)، ظرفیت تولید، ادوات بکار رفته، غذای مصرفی و غیره باشند. سپس مشخصات کامل هر مزرعه، بویژه منبع آبی مورد استفاده، ظرفیت تولید، نوع و مقدار غذای مصرفی، مواد شیمیایی- معدنی مورد استفاده، نوع و تعداد فیلترهای بکار رفته بررسی و تعیین شده است.

در مرحله بعد، نمونه‌برداری از آب تازه ورودی مزرعه، آب خروجی از فیلترها و آب خروجی از سیستم، به تعداد سه بار برای هر مزرعه انجام شده است. در هنگام نمونه‌برداری، مقادیر اکسیژن محلول، دی‌اکسیدکربن، pH، EC و TSS بوسیله دستگاههای دقیق قابل حمل، اندازه‌گیری شد. نمونه‌برداری در ماههای اسفند ماه ۱۳۸۴، اردیبهشت ماه ۱۳۸۵و تیر ماه ۱۳۸۵ انجام گردید.

در این تحقیق پس از جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات بدست آمده از اندازه‌گیری‌ها، با استفاده از روش‌های آماری نسبت به تجزیه و تحلیل داده‌ها، اقدام شد. بدین منظور برای بررسی بهتر و راحت‌تر، آمار هر یک از مزارع بصورت جدول درآمده است. در این جداول مقادیر میانگین داده‌ها که بوسیله نرم‌افزار Excel محاسبه شده است و همچنین حدود مجاز هر یک از پارامترهای اندازه‌گیری شده نشان داده شده است. در مرحله بعد به کمک همین نرم‌افزار، نمودارهای مقایسه‌ای میان پارامترهای مختلف در تمامی مزارع رسم شده (نمودارهای ۱ تا ۴) که از روی این نمودارها می‌توان میزان هر پارامتر را در مزارع مختلف با حد مجاز، میانگین یا مزارع دیگر مقایسه نمود. در نهایت نیز برای بررسی اختلاف بین تیمارها از جهت معنی‌دار بودن یا نبودن؛ از آنالیز واریانس یکطرفه ANOVA در نرم‌افزار MINITAB تا مقطع ۹۵ درصد استفاده شده است.

نتایج

بررسی نتایج ارائه شده در فصل قبل نوسان‌هایی را در مقادیر اندازه‌گیری شده در بین دوره‌های مختلف نمونه‌برداری در هر یک از مزارع نشان می‌دهد. در بعضی از دوره‌ها نیز مقدار پارامترها در حد مجاز و مطلوب می‌باشد. در مورد نتایج می‌توان عنوان نمود که: اندازه‌گیری پارامترهای آب در مزرعه شماره ۱ نشان داده است که این مزرعه نسبت به بقیه مزارع، در وضعیت بهتری بسر می‌برد. بالا بودن اکسیژن، پایین بودن نسبی TSS و دی‌اکسیدکربن؛ نشان از وضعیت بهتر این مزرعه دارد. در مزرعه شماره ۲ مقادیر TSS و نیز اکسیژن محلول در حد نسبتاً مناسبی است (نسبت به بقیه مزارع). ولی میزان همچنین میزان جامدات معلق در آب ورودی این مزرعه نسبتاً بالاست. با اندازه-گیری پارامترهای آب در مزرعه شماره ۳ مشاهده شده که با وجود تلفات و توده زنده پایین، باز هم مقدار چربی در جامدات معلق بالاست (در همین نمونه‌ها، پروتئین بدلیل مصرف کم غذا در حد پایین است). میزان TSS و اکسیژن نسبتاً مناسب است. در مرحله سوم میزان پارامترهای آب در حد مناسبتری قرار داشتند. لازم بذکر است که این مزرعه مانند مزرعه شماره ۲، دارای مقدار زیادی جامدات معلق در آب ورودی خود می‌باشد. جامدات معلق این مزرعه که توده زنده کمی دارد بیشتر از ۵۰ درصد متشکل از مواد معدنی و غیرآلی است.

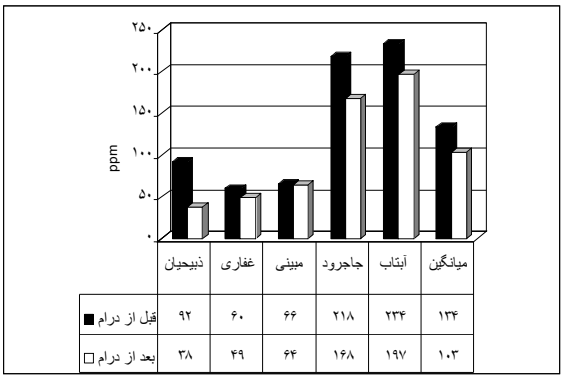
در مزرعه شماره ۴ تمامی پارامترها از قبیل TSS و دی-اکسیدکربن بالاتر از حد مجاز می‌باشند؛ و میزان اکسیژن محلول آب پایین است. توجه به مقدار پایین اکسیژن بسیار ضروریست. در آخرین مزرعه یعنی مزرعه شماره ۵ مانند دیگر مزارع، پارامترهای آب در وضع نامطلوبی قرار داشت. در این مزرعه حتی EC آب نیز بسیار بالاتر از حد مجاز بود. تنها اکسیژن محلول آب این مزرعه در وضعیت مناسب قرار دارد.

در این مقایسه، اطلاعات و داده‌های حاصل از هر یک از مزارع در کنار هم بر روی نمودار نشان داده شده است. به جهت سهولت بررسی داده‌ها، برای هر مزرعه و در مورد هر یک از

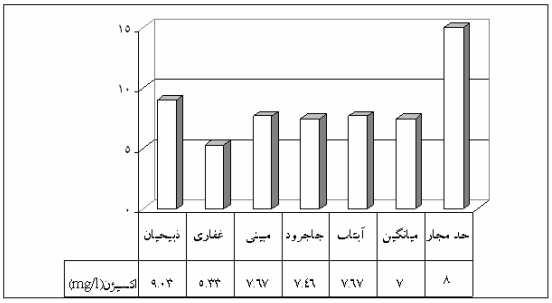
پارامترهای مورد بحث، بین سه مرحله نمونه‌برداری، میانگین گرفته شده و سپس میانگین پارامترهای هر مزرعه در کنار هم نشان داده شده است. به کمک این نمودارها می‌توان گفت که هر کدام از مزارع در چه وضعیتی قرار دارند. در نمودارهای ۱ تا ۴، مقادیر میانگین TSS، اکسیژن، دی‌اکسیدکربن و EC در سه مرحله نمونه‌برداری در ۵ مزرعه نشان داده شده است.

در این پژوهش، تمرکز بر روی جامدات معلق آب و حذف آنها بوده که به همین دلیل برای برآورد بازده تصفیه آب در سیستم، از تعیین مقدار ترکیبات ازته جامدات معلق استفاده شده است. در مزارع مداربسته، حذف مواد ازته بر عهده صافی زیستی است.

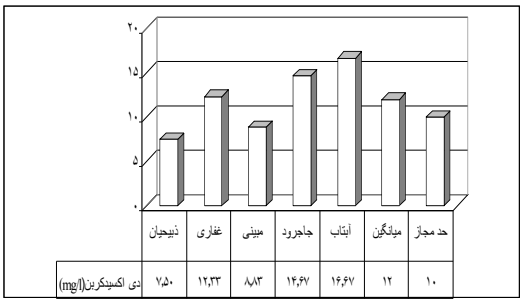
در چربیها تنها محل ورود به سیستم، از طریق غذای ماهیان می‌باشد. پس می‌توان بازده و میزان حذف چربی را نیز از مقایسه چربی غذای مصرفی با مقدار چربی جامدات معلق آب محاسبه نمود. نمودار ۵ بازده حذف چربیها را نشان داده است. همچنین با مقایسه میزان TSS ورودی و خروجی از صافیهای بشکه‌ای هر مزرعه، بازده این صافیهای فیزیکی بدست می‌آید. این مقایسه در ۵ مزرعه مورد بررسی قرار گرفته و در نمودار ۶ نشان داده شده است.



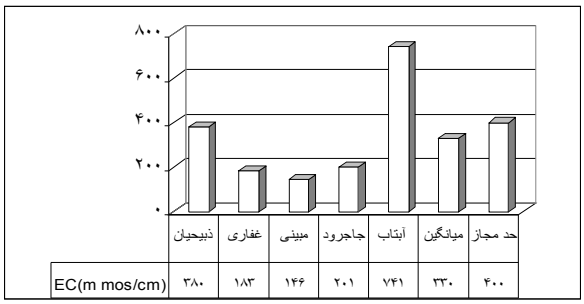
نمودار ۱: میانگین میزان TSS در پنج مزرعه مداربسته پرورش ماهی قزل‌آلا



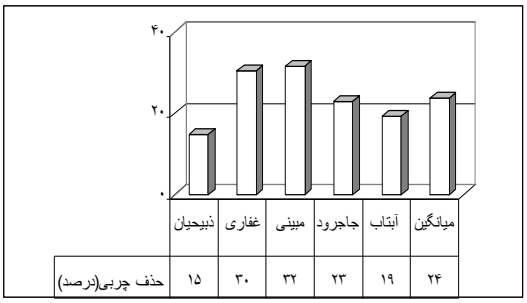
نمودار ۲: میانگین میزان اکسیژن در پنج مزرعه مداربسته پرورش ماهی قزل‌آلا



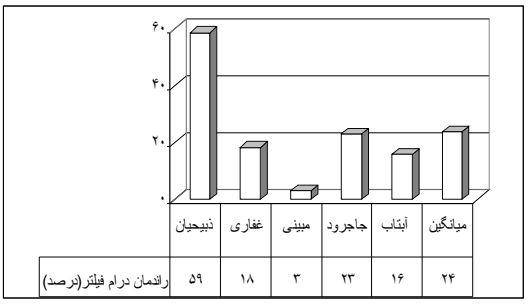
نمودار ۳: میانگین میزان دی‌اکسیدکربن در پنج مزرعه مداربسته پرورش ماهی قزل‌آلا



نمودار ۴: میانگین میزان EC در پنج مزرعه مداربسته پرورش ماهی قزل‌آلا



نمودار ۵: مقایسه بازده حذف چربی در ۵ مزرعه مداربسته پرورش ماهی قزل‌آلا



نمودار ۶: مقایسه بازده صافی فیزیکی در ۵ مزرعه مداربسته پرورش ماهی قزل‌آلا

پس از جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات بدست آمده از اندازه‌گیری‌ها، با استفاده از روش‌های آماری نسبت به تجزیه و تحلیل داده‌ها، اقدام شد. برای بررسی اختلاف بین تیمارها از جهت معنی‌دار بودن یا نبودن؛ از آنالیز واریانس یک طرفه ANOVA در نرم‌افزار MINITAB با سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شده است.

پس از انجام این روشهای آنالیز مشخص گردید که در تمامی موارد اختلاف بین تیمارهای مزارع با یکدیگر معنی‌دار بوده ($P<۰/۰۵$) و نشانگر وجود اختلاف میان تیمارها می‌باشد.

جداول ۱ و ۲ آنالیز واریانس انجام شده را بترتیب روی میزان مواد چربی و میزان جامدات معلق در ۳ مرحله نمونه‌برداری بین ۵ مزرعه را نشان می‌دهد. همانطور که دیده می‌شود در تمامی موارد، اختلافات معنی‌دار بوده و نشان از تفاوتهای قابل بررسی میان مزارع می‌باشد. البته در یک نمونه بین دو مرحله نمونه‌برداری از یک مزرعه، اختلاف معنی‌داری وجود نداشته است.

جدول ۱: آنالیز واریانس یکطرفه در سه مرحله بین ۵ مزرعه برای چربی

پارامتر	مرحله	وضعیت	منبع	درجه آزادی (DF)	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	F	P
چربی	اول	معنی‌دار	Factor	۴	۱۰۹۶/۵۳۷	۲۷۴/۱۳۴	۸۶۵۸/۶۹	۰/۰۰۰
			Error	۱۰	۰/۳۱۷	۰/۰۳۲	--	--
			Total	۱۴	۱۰۹۶/۸۵۳	--	--	--
	دوم	معنی‌دار	Factor	۴	۱۱۴۹/۰۴۳	۲۸۷/۲۶۱	۵۴۰۹/۸۱	۰/۰۰۰
			Error	۱۰	۰/۵۳۱	۰/۰۵۳	--	--
			Total	۱۴	۱۱۴۹/۵۷۴	--	--	--
	سوم	معنی‌دار	Factor	۴	۱۲۱۰/۶۳۵	۳۰۲/۶۵۹	۱/۴E+۰۴	۰/۰۰۰
			Error	۱۰	۰/۲۱۸	۰/۰۲۲	--	--
			Total	۱۴	۱۲۱۰/۸۵۳	--	--	--

جدول ۲ : آنالیز واریانس یکطرفه در سه مرحله بین ۵ مزرعه برای جامدات معلق

پارامتر	مرحله	وضعیت	منبع	درجه آزادی (DF)	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	F	P
جامدات معلق	اول	معنی‌دار	Factor	۴	۶۵۴۹۹/۶	۱۶۳۷۴/۹	۳۲۷۴/۹۸	۰/۰۰۰
			Error	۱۰	۵۰	۵	--	--
			Total	۱۴	۶۵۵۴۹/۶	--	--	--
	دوم	معنی‌دار	Factor	۴	۶۱۲۰۲/۴	۱۵۳۰۰/۶	۹۵۶۲/۸۸	۰/۰۰۰
			Error	۱۰	۱۶	۱/۶	--	--
			Total	۱۴	۶۱۲۱۸/۴	--	--	--
	سوم	معنی‌دار	Factor	۴	۶۹۵۷۸/۴	۱۷۳۹۴/۶	۶۶۹۰/۲۳	۰/۰۰۰
			Error	۱۰	۲۶	۲/۶	--	--
			Total	۱۴	۶۹۶۰۴/۴	--	--	--

بحث

در مورد مزارع بررسی شده نیز می‌توان عنوان داشت که شرایط بهتر مزرعه شماره ۱ نسبت به بقیه مزارع و بازده بالاتر صافی‌های این مزرعه است (**۱۱**).

در مزرعه شماره ۲ مقادیر نسبتاً مجاز TSS و اکسیژن محلول مربوط به مقدار پایین توده زنده موجود در استخرها می‌باشد. این مزرعه در حال حاضر حتی به ۳۰ درصد ظرفیت اسمی خود نیز نرسیده است. در این مزرعه بدلیل اینکه آب ورودی دارای مواد معلق بالایی است؛ لذا بیشتر ترکیب تشکیل دهندهٔ جامدات معلق سیستم، از مواد غیرآلی و معدنی می‌باشد (۱۰). با توجه به بازده پایین صافی‌ها، این بار اضافی ورودی از خارج سیستم، مشکلات فراوانی برای تجهیزات و ادوات بوجود آورده است.

در مزرعه شماره ۳، بالا بودن میزان چربی در جامدات معلق با توجه به تلفات در مرحله سوم نمونه‌برداری‌ها، نشاندهندهٔ آن است که چربیها در هیچ مرحله‌ای از سیستم حذف نشده و تجمع یافته‌اند. همچنین مواد معلق آب ورودی این مزرعه نیز بالاست و مشکلاتی به مانند مزرعه شماره ۲ را بوجود آورده است.

در مزرعه شماره ۴ بدلیل عدم کارآیی سیستمهای حذف کننده، تمامی پارامترها در حد غیر مجاز می‌باشند. یعنی در تمام استخرهای این مزرعه ماهی وجود دارد. اما بدلیل اینکه این مزرعه تحت پوشش بانک بوده و از نظر بودجه و اعتبار مشکل خاصی ندارد؛ لذا عدم بازده این مزرعه از نظر اقتصادی مطرح نبوده و فقط کارشناسان خود مزرعه از عملکرد آن ناراضی هستند.

در مزرعه شماره ۵ تمامی پارامترها در محدودهٔ غیرمجاز می‌باشند و فقط اکسیژن محلول آن نسبتاً مناسب است. توجه به این نکته ضروری است که بالا بودن مقدار اکسیژن در این مزرعه، بدلیل بازده بالای اکسیژن‌ساز و هواده‌ها نمی‌باشد. بلکه بدلیل بلوم پلانکتونی در استخرهای این مزرعه مداربسته است (۵)، همین بلوم پلانکتونی از مشکلات بزرگ این مزرعه می‌باشد. زیرا در حالی که این پلانکتون‌ها در طول روز باعث افزایش اکسیژن آب می‌گردند ولی در طول شب به شدت میزان اکسیژن را کاهش داده و می‌توانند برای مزرعه خطر آفرین باشند (۱). همچنین می‌توانند باعث مشکلات ثانویه و بروز بیماری در ماهیان شوند. با حضور فیتوپلانکتونها، وجود ریزجانوران دیگر نیز بسیار محتمل است. این موجودات می‌توانند با رقابت یا رفتار شکارگری در صافی زیستی ایجاد مشکل نمایند (۵).

مطالعات نشان داد که اختلافات معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) میان داده‌های تمامی مزارع نشاندهندهٔ وجود اختلافات فراوان بین مزارع می‌باشد. در حالیکه تیپ ساخت، ظرفیت، نوع غذا و سایر پارامترها بین مزارع یکسان بوده؛ می‌توان نتیجه گرفت که وجود مشکلات یاد شده در بخشهای قبلی (در مبحث علت تفاوتهای معنی‌دار به تفصیل توضیح داده شده است)، علت این اختلاف معنی‌دار در بین مزارع می‌باشد که برخی مزارع تمام این مشکلات و برخی، تعدادی از این مشکلات را دارا هستند. در حال حاضر و با وضعیت موجود مزارع مدار بسته کشور، استفاده از روش حذف شیمیایی توصیه نمی‌گردد.

می‌توان گفت طراحی نادرست مزارع که می‌بایست برای استفاده از روش حذف شیمیایی، اصلاحات زیادی در طراحی تاسیسات و سازه‌ها صورت پذیرد (این کار هزینه زیادی خواهد داشت)، ناکارآمد بودن سیستمهای تصفیه فعلی: تا زمانیکه سیستم‌های تصفیه فیزیکی و زیستی بدرستی عمل نکنند استفاده از تصفیه شیمیایی عملی غیرکارشناسانه خواهد بود. هزینه بالای روش حذف شیمیایی: بدلیل بازده پایین سیستمهای تصفیه فیزیکی و زیستی، برای استفاده از روش شیمیایی، مقدار زیادی مواد شیمیایی باید مصرف نمود که هزینه زیادی دارد و عدم تخصص مزرعه‌داران و کارگران مزرعه: بدلیل بازده پایین سیستمهای تصفیه فیزیکی و زیستی و استفاده از مقدار زیادی مواد شیمیایی، نیاز به تخصص و مهارت و دقت فراوان در بکارگیری این روش می‌باشد. در غیر اینصورت، مواد شیمیایی بکار رفته خود باعث مرگ و میر ماهیان و نیز صدمه به باکتریهای صافی‌های زیستی می‌شود.

با توجه به دلایلی که قبلاً ذکر شد؛ ابتدا می‌بایست مشکلات حال حاضر مزارع مدار بسته از قبیل مشکلات طراحی، مدیریتی و غیره مرتفع گردد که لازمه این کار تدوین یک برنامه جامع برای مزارع مدار بسته کشور از تمام جهات و ابعاد می‌باشد. همچنین باید با آموزش و توجیه مزرعه‌داران، جو ناامیدی و بی‌اعتمادی بوجود آمده در مورد سیستم‌های مدار بسته را اصلاح نمود. این کار مطمئناً زمانبر بوده و با تدبیر قابل حل می‌باشد. در مرحله بعد، یعنی پس از مرتفع شدن مشکلات مزارع فعلی، برای ساخت مزارع جدید، می‌بایست که با در نظر گرفتن تاسیسات و

فضای مناسب این کار در طراحی، امکان استفاده از روش حذف شیمیایی جامدات معلق فراهم گردد. اصلاح ساختاری مزارع از جمله اصلاح طراحی و ساخت ابنیه و تجهیزات و ادوات و نیز بکارگیری روش‌ها و تکنولوژی نوین جهت تصفیه آب این مزارع ضروری می باشد.

منابع

۱- اسماعیلی ساری،ع. ،۱۳۸۳. هیدروشیمی بنیان آبزی‌پروری. انتشارات اصلاحی. تهران. ۲۳۶ صفحه.

۲- پیکری،م. و کرباسیان، ا. ، ۱۳۸۳. آزمایشهای آب. انتشارات ارکان. اصفهان. ۱۷۸ صفحه.

۳- نوربخش، ع. ، ۱۳۸۴. گزارشات سازمان شیلات ایران. اداره مهندسی آبزیان.

۴-Boehmer, S., Gold, M., Hauser, S., Thomas, B. and Young, A., ۲۰۰۵. Organic aquaculture AFSIC Notes ۵, Compiled by: Alternative Farming Systems Information Center, National Agricultural Library, U.S. Department of Agriculture. ۱۲۵P.

۵-Ebeling, J.M., Philip, L.S., Sarah, R.O. and Summerfelt, S.T., ۲۰۰۳. Evaluation of chemical coagulation-flocculation aids for the removal of suspended solids and phosphorus from intensive recirculating aquaculture effluent discharge. Aquacultural Engineering, Vol. ۲۹, Issues ۱-۲, pp.۲۳-۴۲.

۶-Holmer, M., Black, K., Duarte, C.M., Marbà, N. and Karakassis, I., Editors, ۲۰۰۸. Aquaculture in the Ecosystem. ۳۳۰P.

۷-Jackson, C.J., Preston, N., Burford, M.A. and Thompson, P.J., ۲۰۰۳. Managing the development of sustainable shrimp farming in Australia: The role of sedimentation ponds in treatment of farm discharge water, Aquaculture, Elsevier. Vol. ۲۲۶, Issues ۱-۴, pp.۲۳-۳۴.

۸-Pillay, T.V.R., ۲۰۰۴. Aquaculture and the Environment. ۲nd edition. Former program Director of Aquaculture Development and Coordination Program. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy. ۲۱۰P.

۹-Tilley, D.R., Badrinarayanan, H., Rosati, R. and Jiho Son, ۲۰۰۲. Constructed wetlands as recirculation filters in large-scale shrimp aquaculture, Aquacultural Engineering, Elsevier. Vol. ۲۶, Issue ۲, pp.۸۱-۱۰۹.

۱۰-Timmons, M.B., Holder, J.L. and Ebeling, J.M., ۲۰۰۶. Application of microbead biological filters. Design and selection of biological filters for freshwater and marine applications. Aquacultural Engineering, Vol. ۳۴, Issue ۳, pp.۳۳۲-۳۴۳.

۱۱-Viadero Jr. R.C., Yossi Tal, Ferrier, D., Hankins, J.A. and Summerfelt, S.T., ۲۰۰۲. Membrane filtration for removal of fine solids from aquaculture process water. Aquacultural Engineering, Elsevier. Vol. ۳۶, Issue ۲, pp.۱۵۹-۱۷۶.

Investigation of TSS, oxygen, Carbon Dioxide, EC and pH in Rainbow trout Recirculation Aquaculture System

- **Mohammad Reza Farzaneh*:** Islamic Azad University, Boushehr Branch
- **Seyed Abdolmajid Mousavi:** Islamic Azad University, Varamin Branch
- **Narges Amini Shirazi:** Islamic Azad University, Boushehr Branch

Received: August ۲۰۰۹ Accepted: October ۲۰۰۹

Keywords: Pond, Closed recirculation, EC, pH, $O_۲$, TSS

Abstract

In this research, high level of TSS as one of the most problems in RAS (Recirculation Aquaculture System) of Rainbow trout's culture is investigated. Other physical factors of water such as $CO_۲$, $O_۲$, EC and pH were measured as well. For this reason, ۵ typical farms were selected and they were similar in design and construction, production method and consumed meal. In commercial farms, other those remaining Suspended Solids methods, use from chemical method, but this method is not applicable in these sites. Research carried out in period of ۶ months and ۳ stages (in cycle of two month). Efficiency of removing lipid from system was recognized be investigation of lipid amount of suspended solids. One way ANOVA that carried out between five sites in difference periods, showed that the significant differences ($P<۰,۰۵$). Finally, the results indicated that chemical removing method (with these conditions) is not performed in RAS of Rainbow trout.

* Corresponding author's email: m.r.farzaneh۸۰@gmail.com