تاثیر نحوه ورودی آب بر برخی خصوصیات هیدرولیک مخازن هشت ضلعی و دایره ای

رضا ناصریان[۱]،محمد هرسیج*[۱]، حجت الله جعفریان[۱]، سید مرتضی سیدیان[۱]
[۱] دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس

چکیده

مطالعه‌ای به منظور بررسی اثر سه نوع ورودی مختلف آب (یک ورودی عمودی (تک)، دو ورودی عمودی (ترکیبی) و یک ورودی عمودی و افقی (ترکیبی)) بر میزان تعویض آب و حذف فضولات در مخازن هشت ضلعی و دایره ای (حجم ۳۱۳ لیتر و بدون حضور ماهی) انجام شد. میزان آب ورودی در تمام ورودی ها ۰/۰۸۶ لیتر در ثانیه (یکبار تعویض آب در ساعت) بود. برای شبیه سازی میزان تعویض آب و حذف فضولات به ترتیب از نمک صنعتی و گرانول‌های پلیمری از جنس پلی استایرن استفاده شد. در مخزن هشت ضلعی با دو ورودی عمودی پس از یک ساعت، مقدار شوری از ۲۰ به ۰/۲۰±۶/۴۰ گرم در لیتر و با یک ورودی عمودی و افقی، مقدار شوری از ۲۰ به ۰/۰۵±۶/۶۷ گرم در لیتر و در مخزن دایره ای با یک ورودی عمودی و افقی مقدار شوری از ۲۰ به ۰/۰۵±۹/۳۰ گرم در لیتر رسید که نسبت به ورودی های دیگر تعویض آب مناسب تری داشتند. در دو مخزن، میزان دفع گرانول های پلیمر (فضولات) با گذشت زمان، ابتدا افزایش و سپس کاهش نشان داد. بیشترین مقدار دفع فضولات در مخزن هشت ضلعی با یک ورودی عمودی (۰/۰۸±۴۴/۲۰ گرم) و در مخزن دایره ای با یک ورودی عمودی و افقی (۳/۹۷±۳۸/۰۵ گرم) مشاهده شد. نتایج حاصل از اثر متقابل نحوه ورودی و نوع مخازن نشان داد که مناسب ترین ورودی برای میزان تعویض آب در دو مخزن به ترتیب متعلق به یک ورودی عمودی و افقی، دو ورودی عمودی، یک ورودی عمودی بود در حالیکه مناسب ترین دفع فضولات به ترتیب در یک ورودی عمودی، یک ورودی عمودی و افقی، دو ورودی عمودی، در دو مخزن مشاهده شد.

کلمات کلیدی: مخازن هشت ضلعی، مخازن دایره ای، ورودی آب، دفع فضولات، تعویض آب

* نویسنده مسئول: m_harsij80@yahoo.com

مقدمه

با توجه به محدودیت‌های منابع آبی از مهمترین اهداف آبزی پروری، افزایش تراکم ماهی در واحد سطح و کمتر نمودن میزان استفاده از آب تازه است (روستا و عرب پور ،۱۳۹۲). طی سال‌های اخیر، درک بهینه از طراحی مخزن و نقش آنها بر عملکرد و رفتار آبزیان، افزایش یافته است. بر همین اساس، مخازنی که طراحی نامناسبی داشته‌اند، به سبب عدم امکان افزایش تراکم و کاهش رشد آبزی، باعث کاهش تولید از حد مطلوب می‌گردند (Rasmussen and Mc Lean, 2004). لذا برای اینکه آبزی‌پروری، سازگار با محدودیت‌های زیست‌محیطی و دارای توجیه اقتصادی باشد باید مخازن پرورش به شکلی طراحی شوند که آبزیان در یک حجم محدود، در بهترین شرایط، رشد و پرورش یابند و همچنین هزینه کارگری کاهش یافته و حداقل اثرات زیست محیطی را به وجود آورد. تطبیق طرح مخزن به رفتار و شنای آبزی مورد نظر می‌تواند باعث کاهش استرس و بهبود رفاه آبزی (فاکتورهای زیستی آبزی) و در نتیجه، افزایش رشد آبزی گردد (Tvinnereim, 1988; Cripps and Poxton, 1992; Timmons *et al*., 1998).

به منظور دست‌یابی به طرح بهینه مخازن، طیف گسترده‌ای از پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی باید در نظر گرفته شود (Rasmussen and Mc Lean, 2004). اصول طراحی اولیه مخازن آبزی پروری شامل بهینه ساختن اختلاط آب، به حداقل رساندن مناطق راکد و دارای سرعت آب کم، توزیع مناسب اکسیژن، حذف مواد جامد، متابولیت‌ها و مواد غذایی باقی مانده در مخزن می‌باشد (Cripps and Poxton, 1992). پارامترهایی که طراحی هیدرودینامیکی مخزن را تحت تاثیر قرار می‌دهند از جمله الگوی جریان، سرعت متوسط، هندسه مخزن، آب ورودی و ویژگی‌های خروجی است (Oca *et al*., 2004; Masalo, 2008).

طراحی مخازن پرورش ماهی مرحله‌ای بحرانی (اساسی) در توسعه سیستم‌های مناسب آبزی‌پروری به‌ویژه در سیستم‌های بازگردشی است. از طرفی، هیدرودینامیک مخازن عامل مهمی در طراحی مخزن محسوب می‌شود (Rasmussen *et al*., 2005). طراحی مناسب مخازن آبزی‌پروری با توجه به نیازمندی گونه‌های آبزی و دفع فضولات تولیدی تعیین می‌گردد (Oca and Masalo, 2013). لذا هیدرودینامیک ضعیف در مخازن، می‌تواند موجب به خطر افتادن کیفیت آب، ضعف مدیریت پساب و مشکلات فیزیولوژیکی و رفتاری در ماهیان و در نتیجه باعث کاهش سود تولید گردد (Rasmussen *et al*., 2005). بنابراین، در طراحی مخزن باید شرایط مناسبی را برای حذف سریع مواد جامد (غذای خورده نشده و مدفوع)، تعویض بیشتر آب و توزیع یکنواخت ماهی در کل حجم مخزن فراهم نمود (Rasmussen *et al*., 2005; Lunger *et al*., 2006). در یک مخزن، اگر ورودی و خروجی آب به درستی طراحی شود دو الگوی جریان، تحت عناوین جریان اولیه و جریان ثانویه، بوجود خواهد آمد. جریان اولیه باعث توزیع آب در سطح افقی مخزن می‌شود در حالی که جریان ثانویه سبب ایجاد یک جریان شعاعی در دیواره و کف مخزن می‌شود. مواد جامدی که در پایین مخزن راکد شده‌اند را شستشو داده و از خروجی مرکز مخزن خارج می‌کند. این فرآیند هیدرولیکی به عنوان خود تمیز کردن[1](کننده) شناخته شده است. این امر با طراحی درست آب ورودی و خروجی مخزن امکان پذیر است (Lekang, 2013).

مخازن دایره‌ای با یک ورودی مماسی و خروجی در قسمت مرکز، یکی از مخازن رایج مورد استفاده در آبزی‌پروری می‌باشند. این مخازن دارای هندسه مناسب، الگوی جریان با ثبات‌تر و سرعت بالاتر نسبت به مخازن مستطیل شکل هستند. این ویژگی سبب توزیع بیشتر اکسیژن محلول، حذف متابولیت‌ها و تسهیل مواد جامد از مخزن می‌گردد (Oca and Masalo, 2013). از نظر هیدرولیکی، میزان سرعت و مخلوط کردن آب در داخل مخازن دایره‌ای بر اثر نیرو و ضربه مستقیم بر حجم آب مخزن به وجود می‌آید. نیروی این ضربه بستگی به مقدار جریان آب ورودی (سرعت پاشیده شدن آب)، ابعاد مخزن و قابلیت‌های تزریق آب دارد (Venegas *et al*., 2014). به منظور

[1]self-cleaning

بهبود کیفیت آب، توزیع بیشتر جریان، کاهش دستکاری ماهی، اکسیژن رسانی مناسب، بهبود خود تمیز کردن و ارزانی ساخت (کاهش هزینه های احداث مزرعه)، مطالعاتی روی این نوع استخرها و اثر قطر مخزن بر جریان آب انجام شده است (Cripps and Poxton, 1992; Ross *et al*., 1995). Timmons و همکاران (۱۹۹۸) با مطالعه مدیریت فناوری مخازن دایره‌ای مشخص کردند که استفاده از این مخازن باعث کاهش استفاده از نیروی کار، دستکاری ماهی، از بین بردن فضای مرده مخزن و حذف مواد جامد می شود.

Venegas و همکاران (۲۰۱۴)، با بررسی اثرات هیدرودینامیک استفاده از Eductor برای ورودی آب مخازن پرورش ماهی نشان دادند که استفاده از این دستگاه بر شرایط هیدرولیک مخزن مانند سرعت مماسی، یکنواختی، زمان اختلاط و حذف مواد جامد از مخزن نسبت به دستگاه‌های اسپری عمودی کنونی عملکرد قابل توجه‌ای دارد. همچنین با استفاده از این دستگاه در میزان آب ورودی به مخزن به میزان ۳ تا ۵ بار صرفه جویی شد.

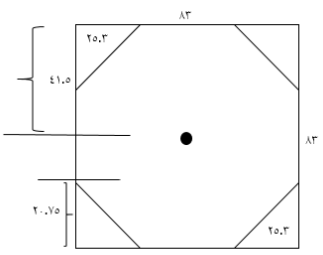
در مطالعه Masalo و Oca (۲۰۱۴)، روی اثر موانع و ویژگی‌های ورودی آب بر هیدرودینامیک یک مخزن آبزی‌پروری چند گرداب، مشخص شد که قرار دادن دیواره مانع از برخورد دو ورودی متوالی و سبب تولید جریان چرخشی با تقارن بهتر، سرعت بالاتر و یکنواخت‌تر نسبت به سلول‌های بدون موانع شده و همچنین سبب ایجاد شرایط هیدرودینامیکی یکنواخت‌تر در طول مخزن پرورش گردید. در مطالعه دیگر Masalo (۲۰۰۸)، الگوی جریان در مخازن دایره‌ای در آبزی‌پروری، اثرات سرعت جریان، عمق، ورودی آب و ویژگی‌های خروجی را مورد بررسی قرار دادند. مطابق تحقیقات آنها، مدل بستگی به جریان آب و نرخ خروج، سرعت ورودی آب، شعاع مخزن، عمق آب و سه پارامتر خاص مخزن دارد که باید به طور تجربی تعیین شود که شامل اثر زبری دیواره دستگاه‌های ورودی آب و حضور عناصر منحصر به فرد در اصطکاک پایین مخزن می‌باشد.

در مطالعه‌ای Labatut و همکاران (۲۰۰۷) اثرات ورودی و ویژگی‌های خروجی در هیدرولیک مخازن Mixed-Cell Raceway را بررسی کردند و نشان دادند که طراحی قطر نازل تاثیر قابل توجه‌ای بر میزان سرعت آب و ایجاد اختلاط آب در هر سلول دارد.

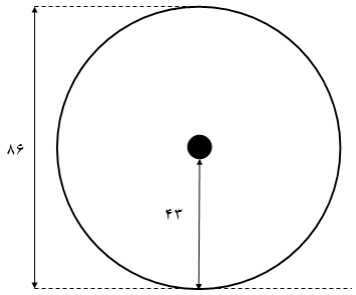
در سال‌های اخیر استفاده از مخازن هشت ضلعی همانند مخازن مستطیلی و دایره‌ای در آبزی پروری بسیار رایج شده است. اما مطالعه قابل توجهی بر هیدرولیک این مخزن صورت نگرفته است. با توجه به اینکه نوع ورودی در هیدرولیک، تعویض آب و خودتمیزی استخر نقش دارد، در این مطالعه مقایسه و تاثیر چند نوع ورودی رایج در بهینه کردن شرایط هیدرولیک، خودتمیزی و تعویض آب در مخازن هشت ضلعی و دایره‌ای مورد بررسی قرار گرفت. هدف از این تحقیق، تعیین بهترین نوع و عملکرد نحوه ورودی آب برای مخازن هشت ضلعی و دایره‌ای می باشد.

مواد و روشها

این مطالعه روی یک مخزن هشت ضلعی با قطر ۸۳ سانتی‌متر و عمق ۶۰ سانتی‌متر (با عمق آبگیری مخزن ۵۲ سانتی‌متر) و یک مخزن دایره‌ای با قطر ۸۶ سانتی‌متر و عمق ۶۰ سانتی‌متر (با عمق آبگیری مخزن ۵۴ سانتی‌متر)، هریک به حجم ۳۱۳ لیتر، در آزمایشگاه مهندسی آبزیان دانشگاه گنبد کاووس انجام شد.



شکل ۱: مخزن هشت ضلعی (اعداد به سانتی‌متر است)



شکل ۲: مخزن دایره‌ای (اعداد به سانتی‌متر است)

مساحت مربع بزرگ (سانتی‌مترمربع) $۸۳ \times ۸۳ = ۶۸۸۹$

طول ضلع مثلثهای قائم‌الزاویه کناری $\frac{۴۱/۵}{۲} = ۲۰/۷۵ \sim \frac{۸۳}{۲} = ۴۱/۵$

مساحت هر مثلث کناری (سانتی‌مترمربع) $\frac{۲۰/۷۵ \times ۲۰/۷۵}{۲} = ۲۱۵/۳$

مساحت چهار مثلث کناری (سطح حذف شده) $۲۱۵/۳ \times ۴ = ۸۶۱$

مساحت مفید مخزن (سانتی‌مترمربع) $۶۸۸۹ - ۸۶۱ = ۶۰۲۸$

حجم آبگیری مخزن (سطح مفید×ارتفاع آب) (لیتر) $۶۰۲۸ \times ۵۲ = ۳۱۳$

مساحت دایره $۴۳ \times ۴۳ \times ۳/۱۴ = ۵۸۰۵/۸۶$

حجم آبگیری مخزن $۵۸۰۵/۸۶ \times ۵۴ = ۳۱۳$

طراحی ورودی و خروجی مخزن و قطر لوله ورودی و خروجی بر اساس حجم مخزن طبق رابطه‌های زیر مورد محاسبه قرار گرفت.

$$Q = A \times V$$

$V = ۲۰ \text{ cm}$ سرعت جریان آب

$A =$ سطح لوله

$A = \frac{۰/۰۰۰۰۸}{۰/۲} = ۰/۰۰۰۴ \text{ m}^۲$ سطح لوله خروجی

$۶۰۲۸ \times ۵۲ = ۳۱۳$ لیتر

$\frac{۳۶۰۰}{۱} = \frac{۳۱۳}{X}$

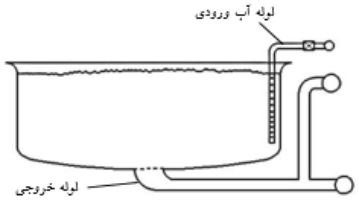
$\frac{۳۱۳}{۳۶۰۰} = ۰/۰۸ \, l/s$ آب ورودی

$\frac{۰/۰۸}{۱۰۰۰} = ۰/۰۰۰۰۸ \, \text{m}^۳/\text{s}$ آب ورودی

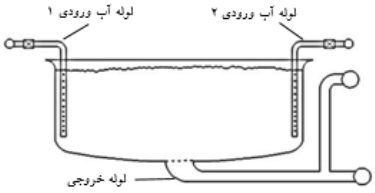
$A = \pi \times R^۲ \gg R^۲ = \frac{۰/۰۰۰۴}{۳/۱۴} = ۰/۰۰۰۱۲۷۴ \gg R = ۰/۰۱۱۳$

قطر لوله خروجی $= ۰/۰۱۳ \times ۲ = ۰/۰۲۲۵ \, m = ۲/۲۵ \text{ cm}$

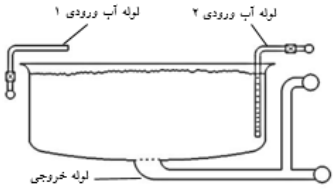
مطابق منابع موجود، شیب ۵٪ به سمت خروجی مخزن در نظر گرفته شد (Lekang, 2013). میزان ورودی آب مخزن بر اساس هر ورودی به صورت جداگانه سنجیده و در تمام ورودی‌ها برای پاشیدن آب ۱۱ عدد سوراخ با قطر برابر ایجاد شد. میزان ورودی برای تمام ورودی‌ها ۰/۰۸۶ لیتر در ثانیه و زمان پر شدن و تعویض آب مخزن یک ساعت برآورد گردید که کاملاً مشابه مخازن تجاری پرورش ماهی بوده است. سه نوع ورودی آب بصورت زیر برای انجام آزمایش در نظر گرفته شد (شکل ۳ ، ۴ و ۵).



شکل ۳: یک ورودی عمودی



شکل ۴: دو ورودی عمودی



شکل ۵: یک ورودی عمودی و افقی

در این آزمایش جهت تعیین بهترین نحوه ورودی آب بر تعویض آب از نمک صنعتی به عنوان ردیاب استفاده شد. ابتدا مخازن هشت ضلعی و دایره‌ای، با آب با شوری ۲۰ گرم در لیتر آبگیری شد (Venegas *et al.*, 2014; Watten *et al.*, 2000). برای سنجش شوری از دستگاه EC سنج مدل LF 92، ساخت کشور ایتالیا استفاده شد.

از طریق ورودهای مختلف آب (شکل‌های ۳، ۴ و ۵) آب شیرین وارد مخزن گردید و میزان EC آب خروجی مخزن هر ۳ دقیقه نمونه برداری شد و اینکار به مدت ۶۰ دقیقه انجام شد و بدین ترتیب تعداد ۲۰ نمونه تهیه شد. پس از اتمام آزمایش، جریان آب ورودی متوقف و آب مخزن هم زده شد و یک نمونه از آب مخزن گرفته شد که میزان EC باقی‌مانده در مخزن را مشخص کرد. لازم به ذکر است که کلیه آزمایشات بدون حضور ماهی انجام شد و هر یک از این آزمایشات ۳ بار تکرار گردید.

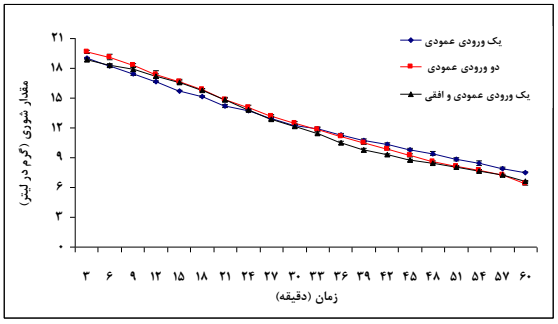
برای شبیه‌سازی دفع فضولات و جهت محاسبه پدیده خود تمیزی (self-cleaning) از گرانول‌های پلیمری از جنس پلی استایرن با چگالی ۱/۰۶ تا ۰/۹۶ گرم بر سانتی متر مکعب (مشابه چگالی فضولات ماهی) برای سه نحوه ورودی در استخرهای هشت ضلعی و دایره‌ای استفاده شد. در این آزمایش برای هر نحوه ورودی آب، مقدار ۵۰ گرم پلیمر با شرایط کاملاً یکسان و در یک نقطه مشخص به فاصله ۳ سانتی‌متر پایین‌تر از سطح آب به وسیله قیف به مخزن اضافه گردید (Merino *et al*., 2007; Venegas *et al*., 2014). به محض ورود پلیمر به مخزن، زمان سنج شروع به کار کرده و ۶۰ دقیقه زمان برای خروج پلیمر از مخزن تعیین شد. از ثانیه اول تا پایان ۵ دقیقه، ذرات پلیمر خارج شده از مخزن به صورت پیوسته در هر ۵ دقیقه جمع آوری گردید که در مجموع، ۱۲ نمونه از هر مخزن گرفته شد. پس از انجام سه تکرار، نمونه‌ها در فضای بسته آزمایشگاه به مدت دو روز خشک و سپس مقدار پلیمر در هر زمان (هر ۵ دقیقه) به صورت جداگانه توزین شد.

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، از نرم‌افزار SPSS-17 استفاده شد. قبل از انجام آزمونهای آماری، نرمال بودن پراکنش داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف-اسمیرونوف و شاپرو-ویلک بررسی شد (Zar, 1999). برای تحلیل داده‌های نحوه ورودی مختلف آب در هر مخزن، از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (One-way ANOVA) و از مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن و برای تعیین اثر متقابل نحوه ورودی آب و نوع مخازن از آزمون آنالیز واریانس دو طرفه و مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ($p<۰/۰۵$) تعیین گردید. رسم نمودار با استفاده از نرم افزار EXCEL صورت گرفت.

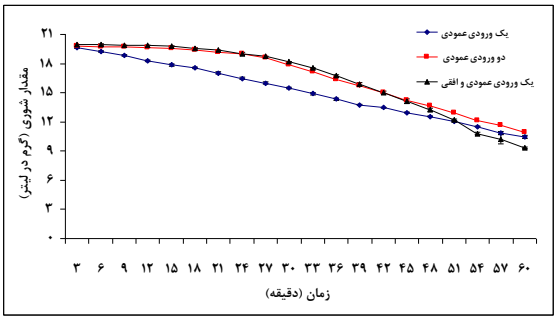
نتایج

اثر نحوه ورودی‌های آب بر میزان تعویض آب در مخازن هشت ضلعی و دایره‌ای از طریق شبیه‌سازی با استفاده از نمک صنعتی انجام شد و روند کاهش شوری در مخزن به عنوان شاخص در جهت تعیین بهترین نوع ورودی آب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده از تاثیر ورودی‌های مختلف آب بر روند شوری در مخزن هشت ضلعی و دایره‌ای در شکل ۶ و ۷ نمایش داده شده است. میزان شوری آب در دو مخزن با گذشت زمان کاهش یافت که نشان دهنده میزان تعویض آب مخزن بود. یعنی هر چه مقدار شوری در مخزن کمتر گردد مشخص کننده بهتر بودن ورودی آب در تعویض آب مخزن می‌باشد. داده-های حاصل از شوری در تمام زمان‌های نمونه‌برداری که هر سه دقیقه انجام شد نشان داد که بین ورودی‌های مختلف آب در مخزن هشت ضلعی و دایره‌ای اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($p<۰/۰۵$). در مخزن هشت ضلعی و دایره‌ای تا اواسط زمان آزمایش (طی ۳۰ تا ۵۰ دقیقه اول) نحوه یک ورودی عمودی بهتر از نحوه‌های دو ورودی عمودی و یک ورودی عمودی و افقی توانست مقدار شوری مخزن را کاهش دهد. ولی از اواسط زمان آزمایش تا پایان آزمایش (۶۰ دقیقه) روند کاهش شوری در نحوه‌های یک ورودی عمودی و افقی بهتر از دو ورودی عمودی و یک ورودی عمودی بود. در مخزن هشت ضلعی با دو ورودی عمودی مقدار شوری از ۲۰ به ۰/۲۰±۶/۴۰ گرم در لیتر و با یک ورودی عمودی و افقی، مقدار شوری از ۲۰ به ۰/۰۵±۶/۶۷ گرم در لیتر رسید که اختلاف معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). در مخزن دایره‌ای با یک ورودی عمودی و افقی مقدار شوری از ۲۰ به ۰/۰۵±۹/۳۰

گرم در لیتر رسید که با ورودی های دیگر در این مخزن اختلاف معنی‌دار داشت ($p<۰/۰۵$).



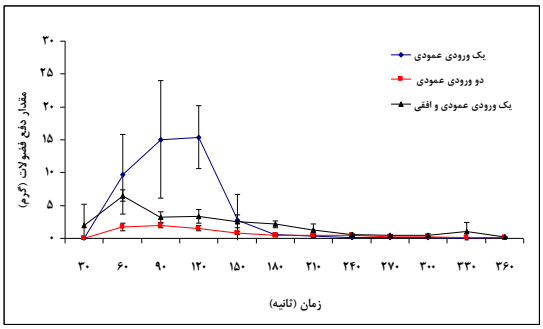
شکل ۶: تاثیر نحوه‌های مختلف ورودی آب بر مقدار شوری (گرم در لیتر) طی زمان آزمایش در استخر هشت ضلعی



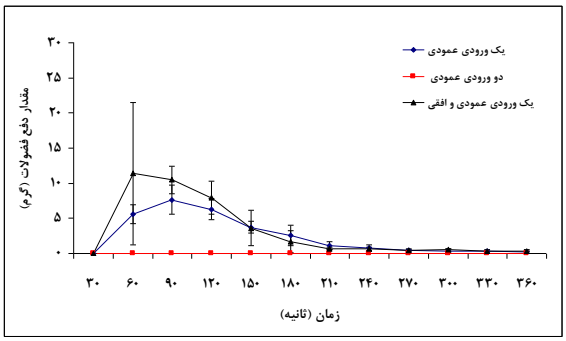
شکل ۷: تاثیر نحوه‌های مختلف ورودی آب بر مقدار شوری (گرم در لیتر) طی زمان آزمایش در استخر دایره‌ای

شبیه‌سازی تاثیر نحوه‌های مختلف ورودی آب بر دفع فضولات و پدیده خود تمیزی در مخازن هشت ضلعی و دایره‌ای از طریق گرانول‌های پلیمری انجام گرفت. مقدار ۵۰ گرم پلیمر به داخل مخزن ریخته شد و هر ۵ دقیقه اقدام به جمع آوری پلیمر در آب خروجی شد. نتایج بدست آمده از تاثیر ورودی‌های مختلف آب بر روند دفع فضولات طی زمان در مخزن هشت ضلعی و دایره‌ای به ترتیب در شکل ۸ و ۹ نمایش داده شده است. نتایج بدست آمده از مخزن هشت ضلعی نشان داد که میزان دفع گرانول‌های پلیمر با گذشت زمان، ابتدا افزایش و سپس کاهش داشت. در مخزن هشت ضلعی، بهترین ورودی در دفع پلیمر، یک ورودی عمودی بود که اختلاف معنی‌داری را طی گذشت ۱۲۰۰ ثانیه از شروع آزمایش (۲۰ دقیقه اول- چهار نمونه اول) نسبت به دیگر ورودی‌های آب نشان داد ($p<۰/۰۵$). بیشترین مقدار دفع پلیمر برای مخزن هشت ضلعی در نحوه یک ورودی عمودی در زمان ۱۲۰۰ ثانیه برابر با ۱/۵۱±۱۵/۳۹ گرم برآورد شد.

نتایج حاصل از دفع پلیمر در مخزن دایره ای نشان داد که با گذشت زمان طی ۶۰۰ الی ۹۰۰ ثانیه اول آزمایش، بیشترین مقدار دفع در نحوه‌های یک ورودی عمودی و یک ورودی عمودی و افقی مشاهده شد و در ادامه آزمایش روند دفع پلیمر کاهش یافت که اختلاف معنی‌داری در بین این دو ورودی طی زمان آزمایش مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). مقدار دفع پلیمر در نحوه دو ورودی عمودی آب در مخزن دایره‌ای طی دوره آزمایش صفر بود که نشان دهنده تاثیر منفی این نحوه ورودی در دفع فضولات در مخزن دایره‌ای می‌باشد.



شکل ۸: تاثیر نحوه‌های مخت لف ورودی آب بر مقدار دفع فضولات (گرم) طی زمان آزمایش در استخر هشت ضلعی- زمان (۱۰× ثانیه)



شکل ۹- تاثیر نحوه‌های مختلف ورودی آب بر مقدار دفع فضولات (گرم) طی زمان آزمایش در استخر دایره‌ای- زمان (۱۰× ثانیه)

نتایج کلی حاصل از تاثیر ورودی های مختلف آب بر میزان شوری و دفع فضولات در مخازن هشت ضلعی و دایره ای در جدول ۱ آورده شده است. نتایج نشان داد که مقدار شوری باقیمانده نهایی در مخزن هشت ضلعی به مراتب کمتر از مخزن دایره‌ای است که این مشخص کننده تعویض بهتر آب در این نوع مخازن می باشد. مقایسه ورودی‌های مختلف آب در مخزن هشت ضلعی نشان داد که بهترین تعویض آب مربوط به دو نحوه ورودی، دو ورودی عمودی (۶/۴۰±۰/۰۵ گرم در لیتر) و یک ورودی عمودی و افقی (۶/۶۶±۰/۰۵ گرم در لیتر) بود که اختلاف معنی‌داری بین این دو ورودی مشاهده نشد ($p>0/05$). مقایسه ورودی های مختلف آب در مخزن دایره‌ای نشان داد که بهترین تعویض آب مربوط به نحوه ورودی یک ورودی عمودی و افقی (۹/۳۳±۰/۰۵ گرم در لیتر) بود که اختلاف معنی‌داری با دیگر ورودی‌ها در این مخزن داشت ($p<0/05$).

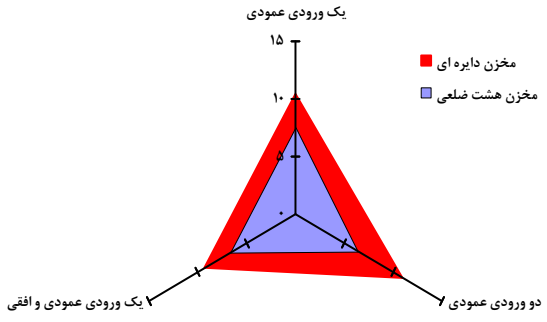
بیشترین مقدار دفع فضولات (مجموع وزن پلیمرهای خارج شده از مخزن طی دوره آزمایش) در مخزن هشت ضلعی در نحوه یک ورودی عمودی (۴۴/۲۰±۰/۰۸ گرم) مشاهده شد که اختلاف معنی داری با دو ورودی آب دیگر داشت ($p<0/05$). بالاترین مقدار دفع فضولات (پلیمر) در دو نحوه ورودی، یک ورودی عمودی و افقی(۳۸/۰۵±۳/۹۷ گرم) و یک ورودی عمودی (۲۹/۲۱±۱/۶۳ گرم) مشاهده شد که اختلاف معنی داری بین این دو ورودی وجود نداشت ($p>0/05$).

جدول ۱- تاثیر ورودی های مختلف آب بر مقدار دفع فضولات (پلیمر) در مخازن هشت ضلعی و دایره ای

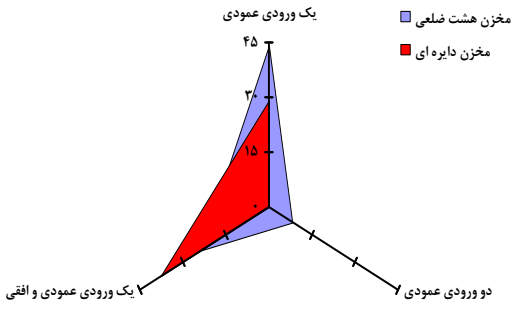
	مخزن هشت ضلعی			مخزن دایره ای		
	یک ورودی عمودی	دو ورودی عمودی	یک ورودی عمودی و افقی	یک ورودی عمودی	دو ورودی عمودی	یک ورودی عمودی و افقی
تعویض آب (شوری)	۷/۵۳±۰/۱۱^{d}	۶/۴۰±۰/۰۵^{e}	۶/۶۶±۰/۰۵^{e}	/۴۳±۰/۱۵^{b} ۱۰	۱۰/۹۳±۰/۱۵^{a}	۹/۳۰±۰/۰۵^{c}
دفع فضولات (پلیمر)	۴۴/۲۰±۰/۰۸^{a}	۸/۱۴±۰/۰۸^{c}	۲۳/۷۲±۰/۰۸^{b}	۲۹/۲۰±۱/۶۲^{b}	۰/۰۰±۰/۰۰^{d}	۳۸/۰۵±۳/۹۷^{ab}

حروف انگلیسی متفاوت در یک سطر نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد ($p<0/05$)

بررسی اثر متقابل نحوه ورودی و نوع مخازن بر میزان تعویض آب (شوری) نشان داد که استفاده از یک ورودی عمودی و افقی نسبت به دو ورودی دیگر تاثیر معنی داری بر تعویض آب مخازن داشت ($p<0/05$). اما اثر متقابل آنها بر دفع فضولات (پلیمر) در نحوه یک ورودی عمودی بهتر بود و تفاوت معنی‌داری با دیگر ورودی‌ها نشان داد ($p<0/05$). بطور کلی، با توجه به نتایج اثرات متقابل نحوه ورودی و نوع مخازن می‌توان نتیجه گرفت که بهترین ورودی‌ها برای تعویض آب در دو مخزن به ترتیب متعلق به یک ورودی عمودی و افقی< دو ورودی عمودی< یک ورودی عمودی بود در حالی‌که مناسب ترین دفع فضولات به ترتیب در یک ورودی عمودی< یک ورودی عمودی و افقی< دو ورودی عمودی مشاهده شد (شکل ۱۰ و ۱۱).



شکل ۱۰: تاثیر نحوه ورودی آب بر مقدار شوری (گرم در لیتر) مخازن (تعویض آب)



شکل ۱۱: تاثیر نحوه ورودی آب بر ذفع فضولات (پلیمر) (گرم) مخازن

بحث

میزان تعویض آب مخازن هشت ضلعی و دایره‌ای

شکل مخزن و نحوه ورودی آب تاثیر قابل توجه ای بر کیفیت آب در واحد پرورش ماهی دارد (Schei and Skybakmoen, 1998). طراحی صحیح نحوه ورودی آب برای اطمینان از توزیع و اختلاط آب و همچنین پدیده خود تمیز کردن در مخزن بسیار پر اهمیت است. علاوه بر نحوه ورودی آب، سرعت ورود آب به مخزن نیز تاثیر قابل ملاحظه‌ای در وضعیت هیدرولیک آب استخر دارد (Lekang, 2013).

مناسب ترین کارایی نحوه ورودی آب بر میزان تعویض آب در مخزن هشت ضلعی متعلق به دو ورودی عمودی و یک ورودی عمودی و افقی بود که اختلاف معنی داری بین این دو ورودی وجود نداشت که علت این امر را می توان وجود دو ورودی عمودی که با فاصله چند سانتی متر از دیواره مخزن (Timmons *et al.*, 1998) اما در مقابل یکدیگر قرار دارند دانست. شدت تبادل آب را می‌توان در مکان‌های مختلف مخزن با استفاده از ترتیب ورودی‌های مناسب بهینه ساخت (Tvinnerein and Skybakmoen, 1989). در این آزمایش، قرارگرفتن ورودی‌ها در مقابل یکدیگر موجب بهبود و کمک زیاد به گردش آب در استخر شده است. بدین صورت که کاهش سرعت آب که با دور شدن از یک لوله ورودی آب بوجود می‌آید با جریان آب لوله دیگر در همان جهت تشدید می‌گردد. لذا ایجاد دو ورودی مجزا در یک مخزن (روبروی هم) باعث ایجاد جریان دورانی آب در مخزن می گردد که آب تازه را در تمام مخزن توزیع می کند. اما دلیل دیگر بهتر بودن دو ورودی عمودی، زاویه دار بودن دیواره مخزن هشت ضلعی است. دو ورودی عمودی در هنگام جای گذاری طوری طراحی شدند که آب پس از پاشیده شدن به زاویه مقابل برخورد کند و کمی به سمت خروجی وسط استخر متمایل شود. Timmons و همکاران (1998) اشاره نموده اند که نحوه تزریق جریان آب به مخزن بستگی به طراحی ساختار جریان ورودی دارد این امر سبب می گردد آب به زاویه دیگر منعکس شود این انعکاس در مخزن سبب کوتاه شدن مسیر گردش در مخزن می شود که خود تاثیر قابل توجه‌ای در تعویض آب مخزن دارد. اما ضعف این ورودی در دقایق اول می‌تواند به دلیل مدت زمان لازم برای به گردش در آوردن آب مخزن باشد. در مخزن هشت ضلعی با یک ورودی عمودی و افقی به دلیل وجود یک لوله افقی در سطح، سبب توزیع مناسب آب (جریان افقی تحت عنوان جریان اولیه) در سطح مخزن شده است. یک ورودی عمودی نیز جریان عمودی (جریان ثانویه) ایجاد کرده که سبب به حرکت در آمدن جریان در زیر سطح آب شده است (Lekang, 2013). استفاده از یک ورودی مماسی افقی و عمودی (ترکیبی) سبب دستیابی به سرعت بالاتر و یکنواخت‌تر در مخزن می‌گردد (Oca and Masalo, 2004). اما ضعف در دقایق اولیه همانند دو ورودی عمودی به مدت زمان لازم در به حرکت در آوردن آب مخزن بوده است. این دو ورودی در مجموع سبب اختلاط خوب در سطح و زیر سطح آب شده که سبب تعویض زودتر و بهتر آب مخزن شده است. بنابراین، هم جریان یکنواخت‌تری در مخزن ایجاد شده و هم فضاهای مرده کمتری در مخزن ایجاد می شود (Tvinnerein and Skybakmoen, 1989). در مخزن دایره‌ای با یک ورودی عمودی و افقی نیز عملکرد بهتری در تعویض آب مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با دیگر ورودی‌ها در این مخزن داشت که علت این امر نیز ایجاد جریان اولیه و ثانویه مناسب در این مخزن می باشد.

در مخزن هشت ضلعی با یک ورودی عمودی، یک لوله ورودی با تعدادی سوراخ برابر نسبت به بقیه ورودی ها و در یک مکان با فاصله چند سانتی‌متر از دیواره مخزن قرار داده شد. آب با فشار بیشتری نسبت به سایر ورودی ها به دلیل تک بودن این ورودی وارد مخزن می‌شد. اما آب با سرعت به دیواره مخزن برخورد می کند که این برخورد سبب اتلاف سریع انرژی و همچنین شکل‌گیری مناطقی با سرعت آب بالا در حاشیه مخزن می شود. همین امر سبب می گردد که اتصال آب با مناطق مدار کوتاه (مناطق مرده) قطع و سبب جلوگیری از همگن شدن آب در کل حجم مخزن گردد (Venegas *et al*., 2014). همچنین با استفاده از یک ورودی عمودی منطقه‌ای چنبره‌ای شکل در وسط مخزن بالای خروجی تشکیل می‌شود. در این رابطه Timmons و همکاران (۱۹۹۸) بیان کردند که تشکیل این منطقه باعث اختلال در اختلاط آب در مخزن می شود. بنابراین دیده می‌شود که این ورودی، عملکرد خوبی در تعویض آب مخزن نشان نداده است. در مخزن دایره‌ای با یک و دو ورودی عمودی نیز مقدار تعویض آب کمی پایین بود که می‌توان دلیل آن را سرعت نسبتاً بالای آب در حاشیه مخزن دانست.

میزان دفع فضولات مخازن هشت ضلعی و دایره‌ای

یکی از محدودیت‌های اصلی برای کنترل کیفیت آب در سیستم های بازگردشی آب، کنترل مواد جامد و جلوگیری از تجمع ذرات در داخل مخازن پرورشی است (Schei and Skybakmoen, 1998). باقیماندن مواد غذایی در آب باعث متلاشی شدن آن و تراوش نوترونیت‌ها می‌شود. الگوی جریان آب در مخزن، برای مدیریت مواد زائد بسیار مهم است. یک جریان صحیح مانع تکه تکه شدن مدفوع ماهی می‌شود. سرعت بالا و گردش سریع آب در استخر باعث می‌گردد این اتفاق سریع‌تر رخ دهد. حذف سریع مواد باقیمانده و جامد قابل رسوب در مخزن، از بوجود آمدن این مشکلات در استخر جلوگیری می‌نماید (Mathieu and Timmons, 1993). طراحی صحیح مخزن و ورودی و خروجی مناسب می‌تواند ابزار مقرون به صرفه‌ای در کنترل و خارج کردن مواد زائد در عملیات پرورش ماهی باشد. با کنترل جریان آب از طریق سیستم-های ورودی، بیشتر مواد جامد را می‌توان قبل از تکه تکه شدن جمع آوری کرد (Summerfelt and Timmons, 2000). در مخازن دایره‌ای اگر ورودی به درستی طراحی شود می توان اکثر مواد جامد را با حداقل نیروی کار از مخزن خارج نمود (Burrows and Chenoweth, 1970).

در این مطالعه طبق جدول ۱، در مخزن هشت ضلعی با یک ورودی عمودی به طورمعنی‌داری خروجی فضولات نسبت به بقیه ورودی‌ها برتری داشت. حال اینکه این ورودی در تعویض آب مخزن عملکرد نسبتاً ضعیفی داشت اما در دفع فضولات بسیار موفق بود. به شکلی که توانسته از ۵۰ گرم پلیمر (شبیه سازی فضولات ماهی) ۴۴/۲۰ گرم را خارج کند. Schei و Skybakmoen (۱۹۹۸) بیان کردند که بهترین خود تمیز کردن با یک سیستم ورودی آب از یک لوله عمودی که با داشتن شکاف (سوراخ) با زاویه خاصی به دیواره مخزن بدست آمد. دلیل اینکه این ورودی در دفع فضولات بهتر از تعویض آب عمل کرده، سرعت گردش بالای آب در مخزن بوده که سبب ایجاد نیروی گرایش به مرکز در مخزن شده که همین امر سبب تسریع در دفع فضولات شده است. درباره سرعت بالای آب در مخزن، Timmons و همکاران (۱۹۹۸) بیان کردند که سرعت به گردش در آوردن آب مخزن، به سرعت خروج آب از طریق سوراخ های ورودی، در ساختار آب ورودی به خصوص در نزدیکی دیواره مخزن بستگی دارد. سرعت بالای آب، تلاطم را در مخزن افزایش می‌دهد که در دفع فضولات بسیار کارآمد می باشد (Labatut *et al*., 2007; Lekang, 2013). اما این عمل با متلاشی شدن فضولات همراه است که نهایتاً حذف آنها به وسیله فیلترهای میکرونی را مشکل می‌کند و تراوش نوترونیت‌ها از آن، میزان مواد محلول در آب را زیاد می‌نماید. این عمل نهایتاً باعث بالارفتن EC و BOD آب و افزایش بار باکتریایی آب می‌شود (Summerfelt and Timmons, 2000).

استفاده از دو ورودی عمودی در مخزن هشت ضلعی با توجه به اینکه در تعویض آب به دلیل وارد کردن آب تازه در دو طرف مخزن بسیار خوب عمل کرده، در دفع فضولات بسیار ضعیف عمل نمود که علت این امر می‌تواند سرعت گردش پایین آب مخزن باشد. دلیل این امر تقسیم آب ورودی به دو قسمت در دو لوله عمودی بوده که قدرت کافی برای به حرکت درآوردن فضولات و خروج آن از مخزن را نداشته است. برای تولید نیروی گرایش به مرکز و خروج مواد جامد از مرکز مخزن، سرعت آب باید بیشتر از ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر در ثانیه باشد (McRobbie and Shinn, 2011). دو ورودی عمودی در مخزن دایره‌ای علاوه بر اینکه پایین‌ترین تعویض آب را داشت کمترین میزان دفع فضولات را در این نوع مخزن نشان داد که علت آن را نیز می‌توان سرعت گردش پایین آب مخزن دانست. مخزن هشت ضلعی با یک ورودی عمودی و افقی بر خلاف این‌که در تعویض آب مخزن همانند دو ورودی عمودی بسیار خوب عمل کرده است اما در دفع فضولات کمی ضعیف تر از یک ورودی عمودی عمل نمود. دلیل ضعف یک ورودی عمودی و افقی نسبت به یک ورودی عمودی را می‌توان سرعت نسبتاً پایین آب در مخزن دانست. دلیل سرعت پایین، استفاده از دو ورودی ترکیبی در مخزن بوده که دبی آب مخزن بین این دو ورودی تقسیم شده و برای رسیدن به سرعت مطلوب به میزان بیشتری آب نسبت به یک ورودی عمودی لازم است که این امر سبب افزایش مصرف آب در مخزن پرورش می گردد (Venegas *et al.*, 2014). با توجه به این شرایط، این نوع از ورودی، مقدار قابل توجه‌ای (۰/۰۸±۲۳/۷۲ گرم) از فضولات شبیه‌سازی ماهی را توانسته از مخزن خارج کند که این نشان دهنده سرعت نسبتاً مطلوب، در مقایسه با سایر ورودی‌ها بوده است. البته با افزایش میزان آب ورودی یا کاهش سطح مقطع سوراخ‌های لوله‌های ورودی، می‌توان سرعت گردش آب در مخزن را تا حدودی افزایش داد (Labatut *et al.*, 2007; Lekang, 2013). اما در مخزن دایره‌ای با یک ورودی عمودی و افقی بهترین عملکرد دفع فضولات را نسبت به ورودی‌های دیگر نشان داد. البته در این مخزن یک ورودی عمودی نیز ورودی مناسبی بود و توانست در نیم ساعت (۱۸۰۰ ثانیه یا ۶ نمونه اول پلیمر) مقدار مناسبی فضولات را از مخزن خارج نماید.

نتیجه‌گیری کلی

بطور کلی نتایج نشان داد که استفاده از یک ورودی عمودی و افقی در دو نوع مخزن هشت ضلعی و دایره‌ای می‌تواند تاثیر مثبت و مناسبی بر تعویض آب و دفع فضولات مخازن داشته باشد. البته برای دفع فضولات یک ورودی عمودی نیز تاثیر مثبتی در این مطالعه داشت. اما باتوجه به میزان آب مصرفی، انرژی لازم برای به جریان انداختن آب در استخر، استفاده از دو ورودی (یک ورودی عمودی و افقی) برای استخرهای گرد و هشت ضلعی پیشنهاد می گردد. لازم به ذکراست که نتایج بدست آمده در این تحقیق، صرفاً مربوط به شرایط موجود در این تحقیق است (که در بخش مواد و روش آمده است) اما با توجه به تجربیات و مشاهدات نگارنده و سایر مطالعات انجام شده توسط محققین از جنبه‌های مختلف هیدرولیکی و رفتارشناسی ماهیان، بهتر است که حدود دوسوم از آب ورودی هر استخر از ورودی عمودی و یک سوم باقیمانده از طریق ورودی افقی باشد. تنظیم میزان آب ورودی از طریق تعبیه شیرآلات و تعداد و قطر سوراخهای نازل امکان پذیر خواهد بود.

منابع

روستا، ح.ر.، عرب پور، س. ۱۳۹۲. منابع مقایسه رشد، غلظت عناصر غذایی و میزان اسانس دو رقم ریحان بومی (*basilicum ocimum*) ایران در دو سیستم کشت هیدروپونیک و آکواپونیک، نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۷ (۲): صفحه ۲۴۶-۲۳۵.

Burrows, R. and Chenoweth, H. 1970. Evaluation of three types of rearing ponds. Research Report 39, U.S. Dept. of Interior,

Merino, G.E., Piedrahita, R.H. and Conklin, D.E., 2007. Settling characteristics of solids settled in a recirculating system for California halibut (*Paralichthys californicus*) culture. Aquacultural Engineering, 37: 79-88.

Oca, j. and Masalo, I. 2004. Comparative analysis of flow patterns in aquaculture rectangular tanks with different water inlet characteristics. Aquacultural Engineering, 31: 221-236.

Oca, J. and Masalo, I. 2007. Design criteria for rotating flow cells in rectangular aquaculture tanks. Aquacultural Engineering, 36: 36-44.

Oca, J. and Masalo, I. 2013. Flow pattern in aquaculture circular tanks: Influence of flow rate, water depth, and water inlet and outlet features. Aquacultural Engineering. 52: 65-72.

Rasmussen, M.R., Laursen, J., Craig, S.R. and McLean, E., 2005. Do fish enhance tank mixing? Aquaculture. 250:162-174.

Rasmussen, M.R. and McLean, E. 2004. Comparison of two different methods for evaluating the hydrodynamic performance of an industrial-scale fish-rearing unit. Aquaculture, 242: 397-416.

Ross, R.M., Watten, B.J., Krise, W.F. and DiLauro, M.N., 1995. Influence of tank design and hydraulic loading on the behavior, growth, and metabolism of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquacultural Engineering, 14: 29-47.

Schei, I. and Skybakmoen, S. 1998. Control of Water Quality and Growth Performance by Solids Removal and Hydraulic Control in Rearing Tanks. The Proceedings of the First International Symposium on Fisheries and Ecology. 2: 4-18

Summerfelt, S.T. and Timmons, M.B. 2000. Hydrodynamics in the "Cornell-Type" Fish and Wildlife Service, Washington, D.C.

Cripps, S.J. and Poxton, M.G. 1992. A review of the design and performance of tanks relevant to flatfish culture. Aquacultural Engineering. 11: 71-91.

Labatut, R. A., Ebeling, J. M., Bhaskaran, R. and Timmons, M.B. 2007. Hydrodynamics of a Large-Scale Mixed-Cell Raceway (MCR): Experimental Studies. Aquacultural Engineering, 37: 132-143.

Labatut, R.A., Ebeling, J. M., Bhaskaran, R. and Timmons, M.B. 2007. Effects of inlet and outlet flow characteristics on mixed-cellraceway (MCR) hydrodynamics .Aquacultural Engineering. 37: 158-170.

Lekang O.I. 2013. Aquaculture Engineering. Blackwell Publishing Ltd. Press. pp: 224-237.

Lunger, A., Rasmussen, M.R., Laursen, J. and McLean, E., 2006. Fish stocking density impacts tank hydrodynamics. Aquaculture, 254: 370-375.

Masaló, I. and Oca, J. 2014. Hydrodynamics in a multivortex aquaculture tank: Effect of baffle and water inlet characteristics. Aquacultural Engineering. 58: 69-76.

Masaló, I. 2008. Hydrodynamic characterization of aquaculture tanks and design criteria for improving self-cleaning properties. Ph.D. Thesis. Universitat Politècnica de Cataluntya BARCELON-ATECH, Spain.

Mathieu, F. and Timmons, M.B. 1995. Techniques for Modern Aquaculture. J. K. Wang (ed.), American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.

McRobbie, A.S. and Shinn, A.P. 2011. A modular, mechanical rotary device for the cleaning of commercial-scale, circular tanks used in aquaculture. Aquaculture .317: 16–19 .

Dual-Drain Tank. Third International Conference of Recirculating Aquaculture. PP: 19-21.

Timmons, M.B., Stunmerfelt, S.T. and Vinci, B.J., 1998. Review of circular tank technology and management. Aquacultural Engineering, 18: 51-69.

Tvinnereim, K., 1988. Design of water inlets for closed fish farms. In: Proceedings of the Conference: Aquaculture Engineering: Technologies for the Future. Sterling, Scotland. IchemE Symposium Series 111, EFCE Publication Series 66, Rugby, UK, pp: 241-249.

Tvinnereim, K. and Skybakmoen, S. 1989. Water exchange and self-cleaning in fish rearing tanks. In: De Pauw, N., Jaspers, E., Ackefors, H., Wilkens, N. (Eds.), Aquaculture: A Biotechnology in Progress. European Aquaculture Society, Bredena, Belgium, pp. 1041-1047.

Venegas, P.A., Narváeza, A.L., Arriagada, A.E and Llancaleo, K.A. 2014. Hydrodynamic effects of use of eductors (Jet-Mixing Eductor) for water inlet on circular tank fish culture. Aquacultural Engineering, 59: 13-22.

Watten, B.J., Honeyfield D.C. and Schwartz, M.F. 2000. Hydraulic characteristics of a rectangular mixed-cell rearing unit. Aquacultural Engineering, 24: 59-73.

Zar, J.H. 1999. Biostatistical Analysis. 4th edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

Effect of different inlet on some Hydraulic characteristic of octagonal and circular reservoirs

Naserian R[1]; Harsij M[1]*; Jafariyan H[1]; Seyedian S.M[1]

[1] Faculty of Agriculture and Natural Resource, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous

Abstract

This research aims to investigate the effect of three types of water inlets (one vertical input; two vertical inputs; one vertical & horizontal input) on the rate of water exchange and solid removal in octagonal reservoir (313 liter, without fish). Entering water in all entrances was 0.086 liter per second (water exchange: once per each hour). Salt was used as the tracer in measuring water exchange of reservoirs and the polystyrene was used as the simulator of fish waste. After one hour, in octagonal reservoir with two vertical inputs, salinity was reduced from 20 to 6.40±0.20 ppt and with one vertical & horizontal input from 20 to 6.67±0.05 ppt that had effective in water exchange. And in circular reservoir with vertical & horizontal inputs, salinity was reduced from 20 to 9.30±0.20 ppt that had effective in water exchange. In two reservoirs, discharge rate of polymer granules (waste) over time increased and then decreased. Maximum polymer granules discharge rate was observed in octagonal reservoir with one vertical input (44.20 ± 0.88 g) and in the circular reservoir with one vertical & horizontal input (38.5 ± 3.97 g).

The results of the interaction between the input method and the type of reservoirs showed that the most effective input for the water change rate belonged to: one vertical & horizontal input > two vertical inputs > one vertical input, respectively. While the most effective solid removal were: one vertical input> one vertical & horizontal input > two vertical inputs, respectively.

Keywords: Octagonal reservoir, Circular reservoir, Water inlet, Solid removal, Water exchange

*Corresponding author: m_harsij80@yahoo.com