پرورش ماهی قزل‌آلا و افزایش تراکم آن در محیط پرورش با استفاده از پساب خروجی در شرایط آزمایشگاهی

*مهسا محمدی‌زاده‌خوشرو[۱]، مهدی شمسایی‌مهرجان[۱]، کاووس نظری[۲]، علی افسر[۳] و مینو پاک‌زاد[۱]

[۱]دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه شیلات، تهران، ایران

[۲]مؤسسه تحقیقات منابع طبیعی استان تهران، ایستگاه تحقیقات منابع طبیعی خجیر، گروه شیلات، تهران، ایران

[۳]دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ورامین، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، ورامین، ایران

تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۱۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۱/۱۶

چکیده

طی پژوهشی ۳۵ روزه اثر افزایش سرعت آب بر پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان به‌وسیله کاربرد مجدد آب خروجی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۳ تکرار بررسی گردید. در این تحقیق تغییرات وزن، طول، نرخ رشد ویژه، افزایش وزن روزانه، ضریب چاقی و نرخ بقاء ماهی‌های پرورشی مورد مطالعه قرار گرفتند. وزن و طول اولیه ماهی‌ها به‌ترتیب ۵/۵ گرم و ۶/۷ سانتی‌متر بود. تیمارها را سرعت‌های مختلف آب (صفر، ۳/۵، ۷ و ۱۰/۵ سانتی‌متر بر ثانیه) تشکیل می‌دادند. نتایج تجزیه واریانس فاکتورهای مورد بررسی در بچه‌ماهی‌ها بیانگر آن بود که طی هفته اول آزمایش، تیمارهای چهارگانه اختلافات بسیار معنی‌داری را در همه فاکتورها سبب شده بودند ($P<۰/۰۱$). این در حالی بود که چنین نتیجه‌ای در سایر هفته‌ها مشاهده نشد. در عین‌حال نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های مورد بررسی طی کل دوره ۳۵ روزه آزمایش نشان داد که تیمارها در مورد تمام فاکتورها به غیر از فاکتور طول و ضریب چاقی اختلافات بسیار معنی‌داری را سبب شده‌اند ($P<۰/۰۱$). نتایج آزمون دانکن شاخص‌های مورد بررسی نیز طی ۳۵ روز آزمایش نشان داد که سرعت آب ۱۰/۵ سانتی‌متر بر ثانیه، بهترین میانگین وزن (۲۴ گرم)، نرخ رشد ویژه (۶ درصد)، افزایش وزن روزانه (۱) و بقا (۹۷ درصد) را سبب شده‌اند، ولی در مورد شاخص طول تمامی تیمارها هم‌سطح بودند.

واژه‌های کلیدی: پساب، تراکم، سرعت آب، قزل‌آلای رنگین‌کمان

مقدمه

براساس سال‌نامه آماری سازمان خواروبار جهانی (FAO) طی ۱۰ سال اخیر، روند میزان تولید ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در ایران پیشرفت بسیار قابل‌توجهی داشته است. به‌طوری‌که میزان تولید سالانه این ماهی از مقدار ۹۰۰۰ تن در سال ۱۳۷۹ به ۶۲۶۳۰ تن در سال ۱۳۸۷ رسیده است (سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۳۸۷). اگرچه این رشد قابل‌توجه است، اما می‌تواند آلودگی آب‌های شیرین کشور را در پی داشته باشد. آب رکن اول پرورش ماهیان سردآبی بوده و آلودگی آن نیز معضل این صنعت است. بنابراین اهمیت فراوان حفاظت منابع آبی ایجاب می‌کند که در آبزی‌پروری حداکثر بازده تولید یعنی امکان افزایش تراکم ماهی‌های پرورشی تا چندین برابر سیستم‌های معمولی با استفاده از مقادیر بسیار اندک آب مصرفی مدنظر قرار گیرد که این امر یکی از امتیازات

* مسئول مکاتبه: m.z.khoshroo@gmaoi.com

سیستم‌های مداربسته (RAS)[1] نیز می‌باشد. در حالی‌که افزایش تراکم ماهی در سیستم‌های معمولی رابطه مستقیم با مقدار و سرعت آب دارد و با توجه به محدودیت منابع آب قابل استفاده در پرورش ماهیان سردآبی، هزینه تولید بسیار زیاد خواهد شد. استفاده از تکنولوژی‌های مدرن در کاربرد آب به همراه تولید غذای استاندارد می‌تواند بازده سیستم‌های پرورش ماهی را افزایش دهد. اگرچه سیستم‌های مداربسته تولید ماهی همین هدف را دنبال، و طی سال‌های ۸۵-۱۳۷۵ این سیستم‌ها در ایران گسترش زیادی پیدا کرد، ولی بسیاری از کاربران آن‌ها را بدون کارایی قابل‌توجه می‌دانند (فراهانی، ۱۳۸۷). اگرچه این سیستم‌ها امکان تصفیه آب و کنترل عواملی مانند pH، دما و عوامل بیماری‌زای میکروبی را میسر می‌سازند (Willoughby، ۱۹۹۹)، اما حجم سرمایه‌گذاری لازم برای نصب این سیستم‌ها بسیار زیاد بوده و امکان استفاده عمومی از این سیستم‌ها را زیر سوال می‌برد. در نتیجه بیش‌تر بهره‌برداران به‌طور تجربی نسبت به ایجاد تغییراتی در آن‌ها برای افزایش کارایی اقدام کرده‌اند. به این شکل که ضمن حذف فیلترهای زیستی و اشعه UV، به‌وسیله افزایش گردش آب در آن‌ها، اقدام به تولید بچه‌ماهی با تراکم زیاد در آن‌ها نموده‌اند. بنابراین با توجه به این که هرچه ماهی بزرگ‌تر باشد، سرعت جریان آب بیش‌تری را تحمل می‌نماید (فرزانفر، ۱۳۸۴)، بنابراین برای بررسی عملکرد این تغییرات، آزمایشی تعریف گردید که در خلال آن معمول‌ترین روش تجربی کاربردی توسط بهره‌برداران این سیستم‌ها در شرایط آزمایشگاهی و از طریق معرفی بچه‌ماهی‌های بزرگ‌تر از بچه‌ماهیان پرورشی در مقیاس تجاری مورد ارزیابی قرار گرفت. این روش که گرداندن آب در سیستم، پس از عبور از فیلتر فیزیکی است در حال حاضر در بسیاری از سیستم‌های مداربسته استفاده می‌شود و بی‌نیازی به مهارت و تخصص‌های فنی پیشرفته، از امتیازات ویژه استفاده از این روش است (فرزانفر، ۱۳۸۰). در این حالت امکان افزایش تراکم ماهی‌ها در محیط پرورش و جلوگیری از تصادم و زخمی شدن آن‌ها مدنظر بود که این امر به‌وسیله افزایش سرعت آب در محیط، با کمک استفاده مجدد از آب خروجی کارگاه و پس از تصفیه فیزیکی و هوادهی آن انجام می‌گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی ۳۵ روز (۵ هفته) در ایستگاه تحقیقاتی خجیر واقع در شرق تهران و در قالب یک طرح تصادفی با ۴ تیمار و ۳ تکرار به اجرا در آمد. کرت‌های آزمایشی را آکواریوم‌هایی با ابعاد ۱۵×۴۰×۲۰۰ سانتی‌متر تشکیل می‌دادند که به هر کدام ۶۰ لیتر آب وارد شد. تیمارهای آزمایش را سرعت‌های متفاوت آب تشکیل می‌دادند که به‌ترتیب صفر، ۳/۵، ۷ و ۱۰/۵ سانتی‌متر بر ثانیه بودند. برای تعیین دوره زمانی امکان استفاده مجدد از آب، گردش آب در کرت‌ها تا زمانی‌که ماهی‌ها دچار بی‌اشتهایی می‌شدند ادامه پیدا می‌کرد و سپس تعویض آب انجام، و عملیات پرورش هم‌چنان به‌طور ممتد صورت می‌گرفت. و طی این مدت رشد، تغذیه و بقای بچه‌ماهیان ادامه داشت. برای جلوگیری از انباشت آلاینده‌های محلول به‌دست آمده از متابولیسم ماهی‌ها، به هر کرت ۰/۰۱ لیتر در ثانیه آب تازه اضافه و مازاد آب نیز خارج می‌شد. به این صورت که با توجه به این‌که حجم هر کرت ۶۰ لیتر بود، برای تعویض آب و به‌دست آوردن اطمینان از جایگزینی آب جدید، ۹۰ لیتر آب تازه هم‌دما با محیط پرورش که از منبع اصلی در ظروف ذخیره نگهداری می‌شد، طی مدت ۵ دقیقه به‌تدریج وارد هر کرت شده و مازاد آن نیز از سرریزهای انتهای هر کرت خارج می‌گردید. آب جریان‌دار پس از رسیدن به انتهای آکواریوم‌ها به‌وسیله پمپ‌های Renault

1- Recirculating Aquaculture System

خارج آکواریوم با دبی متغیر به ابتدای آکواریوم منتقل و پس از عبور از فیلتر ۳۰ میکرونی دوباره به محیط پرورش وارد می‌گردید. آب به‌صورت آبشاری و با شدت از ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری به ابتدای کرت‌ها وارد می‌شد که این عمل هوادهی آب را به‌دنبال داشت. از آغاز آزمایش تغییرات دمای آب برای بررسی اثر گردش آب بر دما کنترل و ثبت گردید. در حال حاضر تراکم ذخیره‌سازی متعارف بچه‌ماهیان ۵/۵ گرمی در مزارع پرورش ماهی کشور براساس تولید نهایی ۲۰ کیلوگرم ماهی پرواری در مترمربع در پایان دوره پرورش محاسبه می‌شود. اما در این آزمایش تراکم ماهی‌ها ۳ برابر حالت متعارف در نظر گرفته شد تا اثر سرعت آب بر افزایش تراکم ماهی در محیط پرورش توأم با کاهش اثرات سوء ناشی از تصادم ماهی‌ها بررسی گردد. بنابراین به هر کرت تعداد ۱۲ بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با وزن اولیه ۵/۵ گرم و طول اولیه ۶/۷ سانتی‌متر معرفی گردید که این کار پس از عمل هم‌دمایی انجام شد. بچه‌ماهی‌ها از یک کارگاه خصوصی در استان سمنان تهیه شدند. طی ۲۴ ساعت اول پس از رهاسازی، از غذادهی به ماهی‌ها خودداری شد تا استرس آن‌ها برطرف شود. سپس غذادهی ۵ بار در روز بین ساعات ۱۹-۷ با غذای آغازین بچه‌ماهی قزل‌آلا ساخت شرکت بیومار فرانسه انجام گرفت که اجزای آن شامل ۵۴ درصد پروتئین ناخالص، ۱۸ درصد چربی خام، ۰/۵ درصد فیبر، ۱۰ درصد خاکستر و ۱/۴ درصد فسفر بود. مقدار غذای روزانه با توجه به دمای آب معادل ۴ درصد (فرزانفر، ۱۳۸۰) وزن توده ماهی‌های هر کرت بود. برای تعیین شاخص‌ها از معادله‌های ۱ تا ۴ استفاده شد (EIFAC و ICES، ۱۹۸۰).

معادله ۱:

$$\text{نرخ رشد روزانه (DGR)}^{1} = \frac{\text{وزن اولیه (گرم)} - \text{وزن نهایی (گرم)}}{\text{تعداد روزهای آزمایش}} \times ۱۰۰$$

معادله ۲:

$$\text{نرخ رشد ویژه (SGR)}^{2} = \frac{\text{Ln وزن اولیه} - \text{Ln وزن نهایی}}{\text{روزهای آزمایش}} \times ۱۰۰$$

معادله ۳:

$$\text{ضریب چاقی (CF)}^{3} = \frac{\text{وزن (گرم)}}{\text{طول}^{3}} \times ۱۰۰$$

معادله ۴:

$$\text{نرخ بقا (SR)}^{4} = \frac{\text{تعداد ماهیان زنده}}{\text{تعداد کل ماهیان موجود در کرت}} \times ۱۰۰$$

در خلال آزمایش، عملیات زیست‌سنجی به‌صورت هفتگی و طی ۵ هفته انجام شد که در هر دوره نیمی از ماهیان هر کرت به‌طور کاملاً تصادفی صید و بلافاصله عملیات زیست‌سنجی صورت گرفت. برای به حداقل رساندن استرس ماهیان در روند بیومتری، از حمام ۲/۵ گرم در لیتر گرد گل میخک استفاده می‌شد. به این نحو که ماهی‌ها بلافاصله پس از صید به این حمام معرفی شده و پس از یک دقیقه غوطه‌وری در آن و آرام شدن، به سرعت مورد سنجش‌های وزنی و طولی قرار می‌گرفتند. سپس ماهی‌ها به ظروف آب ۱۰ لیتری همراه هواده برای بازگشت به حالت اولیه منتقل و پس از رفع اثر پودر گل میخک، دوباره به محیط پرورش معرفی می‌شدند. طول ماهی‌ها با خط‌کش معمولی و وزن آن‌ها نیز با ترازوی دیجیتال مدل EK-120 A با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری می‌شد. میزان pH آب نیز به‌وسیله کیت waterproof pen مدل YTH 10 ساخت کشور آمریکا تخمین زده شد. تلفات کرت‌ها نیز هر روز جمع‌آوری شده و تعداد آن‌ها ثبت می‌شد. در این آزمایش برای تجزیه و تحلیل داده‌های خام از آنالیز واریانس یک‌طرفه داده‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS استفاده شد. برای مقایسه میانگین شاخص‌های مورد مطالعه در ماهی‌های تیمارهای مختلف نیز از آزمون

1- Daily Growth Rate

2- Specific Growth Rate
3- Condition Factor
4- Survival Rate

مقایسه میانگین‌های دانکن استفاده گردید. در ضمن برای ترسیم نمودار از نرم‌افزار EXCEL استفاده شد.

نتایج

میانگین دمای آب و هوا در محیط پرورش طی اجرای پروژه به‌ترتیب ۱/۱۹±۱۸ و ۱/۸۳±۲۲ درجه سانتی‌گراد بود. میزان اکسیژن محلول در تیمار بدون گردش آب (تیمار ۰ سانتی‌متر بر ثانیه) با توجه به هوادهی دائم در آن به‌طور متوسط، حدود ۷ میلی‌گرم بر لیتر بود، ولی در تیمارهای ۲، ۳ و ۴، به‌ترتیب و به‌طور متوسط ۷/۵، ۸/۵ و ۱۰/۵ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری گردید.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس فاکتورهای مورد بررسی و آزمون دانکن میانگین آن‌ها در تیمارهای چهارگانه طی هفته اول آزمایش

شاخص‌های مورد بررسی	F_s	تیمار T_1	T_2	T_3	T_4
وزن (گرم)	۱۶/۸۲۳**	۷/۸۷۳۱^{c}±۰/۳۰	۸/۳۸۶۷^{bc}± ۰/۳۸	۹/۰۱۹۱^{b}±۰/۲۳	۹/۸۹۳۸^{a}±۰/۴۲
طول (سانتی‌متر)	۱۱/۱۷۳**	۷/۴۹۶۱^{c}±۰/۱۷	۸/۰۲۳۱^{bc}±۰/۴۸	۸/۳۰۴۶^{ab}±۰/۱۸	۸/۸۲۷۶^{a}±۰/۱۸
SGR (درصد)	۱۶/۸۹۲**	۵/۱۱۷۲^{c}± ۰/۵۵	۶/۰۱۷۳^{bc}±۰/۶۵	۷/۰۵۹۰^{b}±۰/۵۳	۸/۳۷۹۱^{a}±۰/۶۲
DGR (درصد)	۱۶/۸۱۴**	۰/۳۳۸۹^{c}±۰/۰۴	۰/۴۱۲۳^{bc}±۰/۰۵	۰/۵۰۲۶^{b}±۰/۰۴	۰/۶۲۷۶^{a}±۰/۰۶
CF (درصد)	۶/۶۰۸**	۱/۸۶۶۶^{a}±۰/۱۰	۱/۶۳۸۱^{b}±۰/۲۱	۱/۵۷۵۱^{b}±۰/۰۴	۱/۴۳۸۱^{b}±۰/۰۲
SR (درصد)	۳/۲۷^{ns}	۱۰۰/۰۰۰^{a} ±۰	۱۰۰/۰۰۰^{a} ±۰	۱۰۰/۰۰۰^{a} ±۰	۱۰۰/۰۰۰^{a} ±۰

** تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۱، ^{ns} نبود تفاوت معنی‌دار.

جدول ۱ نشان می‌دهد که تیمارهای چهارگانه طی زیست‌سنجی اول به‌جز فاکتور بقا اختلافات بسیار معنی‌داری را در فاکتورهای مورد بررسی سبب شده‌اند ($P<0/01$). نتایج آزمون دانکن فاکتور وزن در هفته اول آزمایش بیانگر آن است که تیمار چهارم واجد بهترین عملکرد بوده در عین حال در همین هفته تیمار ۱ ضعیف‌ترین عملکرد را داشته است.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس فاکتورهای مورد بررسی و آزمون دانکن میانگین آن‌ها در تیمارهایی چهارگانه طی هفته دوم آزمایش

شاخص‌های مورد بررسی	F_s	تیمار T_1	T_2	T_3	T_4
وزن (گرم)	۹/۱۶۲**	۱۰/۷۵۹۸^{c}±۰/۶۷	۱۲/۵۳۹۶^{bc}±۰/۳۲	۱۳/۴۶۰۰^{ab} ±۰/۷۰	۱۴/۷۵۸۴^{a}±۰/۹۸
طول (سانتی‌متر)	۱/۵۳۱^{ns}	۹/۰۱۸۶^{a}±۰/۷۵	۹/۳۶۶۴^{a}±۰/۴۶	۹/۵۳۰۵^{a}±۰/۲۸	۹/۸۱۰۷^{a}±۰/۱۷
SGR (درصد)	۳/۸۸۴*	۴/۴۵۰۲^{b}±۰/۵۵	۵/۷۰۰۵^{a}±۰/۸۶	۵/۷۰۲۷^{a}±۰/۲۲	۵/۷۱۳۱^{a}±۰/۳۳
DGR (درصد)	۵/۶۰۰*	۰/۴۰۹۵^{b}±۰/۰۷	۰/۵۹۳۲^{a}±۰/۱۳	۰/۶۳۴۱^{a}±۰/۰۵	۰/۶۹۴۹^{a}±۰/۰۷
CF (درصد)	۰/۱۱۵^{ns}	۱/۴۹۴۳^{a}±۰/۲۹	۱/۵۲۴۲^{a}±۰/۰۶	۱/۵۵۵۸^{a}±۰/۰۶	۱/۵۶۱۶^{a}±۰/۰۵
SR (درصد)	۸/۲۹۶**	۸۳/۳۰۰^{b}±۸/۳	۹۷/۲۰۰^{a}±۴/۸۴	۱۰۰/۰۰۰^{a}±۰	۱۰۰/۰۰۰^{a}±۰

** تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۱، * تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، ^{ns} نبود تفاوت معنی‌دار.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس فاکتورهای مورد بررسی و آزمون دانکن میانگین آن‌ها در تیمارهای چهارگانه طی هفته سوم آزمایش

شاخص‌های مورد بررسی	F_s	تیمار			
		T_1	T_2	T_3	T_4
وزن (گرم)	۶/۷۸۳**	۱۴/۳۲۸۷^{c}±۱/۷۱	۱۷/۷۳۵۱^{bc}±۲/۸۰	۱۹/۸۹۶۶^{ab}±۱/۸۷	۲۲/۲۴۳۴^{a}±۲/۳۹
طول (سانتی‌متر)	۸/۰۳۳**	۱۰/۰۸۹۷^{c}±۰/۴۰	۱۰/۵۴۴۵^{bc}±۰/۲۱	۱۰/۹۰۱۰^{ab}±۰/۲۰	۱۱/۰۹۲۷^{a}±۰/۲۰
SGR (درصد)	۱/۸۵۲ns	۴/۰۴۱۶^{a}±۰/۸۲	۴/۸۸۳۸^{a}±۰/۸۳	۵/۴۹۲۶^{a}±۰/۵۹	۵/۵۵۴۸^{a}±۱/۲۰
DGR (درصد)	۵/۰۵۷*	۰/۵۰۹۷^{b}±۰/۱۴	۰/۷۴۲۱^{ab}±۰/۲۱	۰/۹۱۹۴^{a}±۰/۱۶	۱/۰۶۹۲^{a}±۰/۲۰
CF (درصد)	۳/۲۸۶ns	۱/۳۹۰۳^{b}±۰/۰۰۹	۱/۵۰۵۴^{ab}±۰/۱۴	۱/۵۳۲۹^{ab}±۰/۰۶	۱/۶۲۵۲^{a}±۰/۰۸
SR (درصد)	۵/۷۳۵*	۷۴/۹۶۷^{b}±۸/۳۵	۸۶/۰۶۷^{ab}±۹/۵۸	۹۴/۴۰۰^{a}±۴/۸۴	۹۷/۲۰۰^{a}±۴/۸۴

** تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۱، * تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، ns نبود تفاوت معنی‌دار.

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس فاکتورهای مورد بررسی و آزمون دانکن میانگین آن‌ها در تیمارهای چهارگانه طی هفته چهارم آزمایش

شاخص‌های مورد بررسی	F_s	تیمار			
		T_1	T_2	T_3	T_4
وزن (گرم)	۶/۸۵۰**	۱۶/۷۳۸۷^{c}±۲/۷۸	۲۱/۸۱۳۷^{bc}±۴/۹۱	۲۵/۴۲۱۷^{ab}±۳/۲۷	۲۹/۹۹۹۹^{a}±۴/۳۶
طول (سانتی‌متر)	۶/۶۳۶**	۱۰/۷۶۶۹^{b}±۰/۳۳	۱۱/۳۱۹۵^{b}±۰/۴۸	۱۱/۳۶۹۸^{b}±۰/۳۲	۱۲/۲۴۰۰^{a}±۰/۴۶
SGR (درصد)	۶/۹۲۲**	۲/۱۵۶۸^{c}±۰/۶۷	۲/۸۹۷۳^{bc}±۰/۵۱	۳/۴۶۴۱^{ab}±۰/۴۹	۴/۲۲۴۶^{a}±۰/۶۰
DGR (درصد)	۶/۸۰۸**	۰/۳۴۴۲^{c}±۰/۱۵	۰/۵۸۲۶^{bc}±۰/۱۹	۰/۷۸۹۲^{ab}±۰/۲۰	۱/۱۰۸۰^{a}±۰/۲۸
CF (درصد)	۹/۷۹۰**	۱/۳۳۲۳^{c}±۰/۱۰	۱/۴۷۲۴^{bc}±۰/۱۳	۱/۶۲۷۰^{ab}±۰/۰۸	۱/۷۴۶۰^{a}±۰/۰۵
SR (درصد)	۶/۰۱۶**	۶۱/۱۰۰^{c}±۱۲/۷۳	۷۴/۹۶۷^{bc}±۸/۳۵	۸۳/۳۰۰^{ab}±۸/۳	۹۴/۴۳۳^{a}±۹/۶۴

** تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۱.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس فاکتورهای مورد بررسی و آزمون دانکن میانگین آن‌ها در تیمارهای چهارگانه طی هفته پنجم آزمایش

شاخص‌های مورد بررسی	F_s	تیمار			
		T_1	T_2	T_3	T_4
وزن (گرم)	۷/۶۰۴**	۱۸/۷۵۷۱^{c}±۳/۶۶	۲۵/۸۰۵۲^{bc}±۵/۷۵	۳۲/۲۳۳۱^{ab}±۵/۷۵	۴۰/۲۵۵۸^{a}±۷/۲۶
طول (سانتی‌متر)	۲/۶۱۷ns	۱۲/۱۲۸۱^{b}±۰/۴۳	۱۲/۲۳۱۵^{ab}±۰/۴۸	۱۲/۴۰۴۴^{ab}±۰/۵۴	۱۳/۰۲۱۴^{a}±۰/۳۸
SGR (درصد)	۱۲/۶۹۶**	۱/۵۷۵۳^{b}±۰/۴۲	۲/۳۸۲۶^{ab}±۰/۵۲	۳/۴۵۶۱^{a}±۰/۶۹	۴/۱۴۴۰^{a}±۰/۵۲
DGR (درصد)	۸/۵۹۴**	۰/۲۸۸۳^{c}±۰/۱۲	۰/۵۷۰۱^{bc}±۰/۲۲	۰/۹۷۳۰^{ab}±۰/۳۵	۱/۴۶۵۱^{a}±۰/۴۱
CF (درصد)	۱۳/۸۱۱**	۱/۰۴۴۹^{c}±۰/۱۴	۱/۳۹۶۴^{b}±۰/۱۷	۱/۶۷۷۳^{ab}±۰/۱۱	۱/۸۱۰۳^{a}±۰/۱۸
SR (درصد)	۱۵/۵۶۸**	۴۱/۶۳۳^{b}±۸/۳۵	۵۸/۳۰۰^{b}±۸/۳	۷۷/۷۷۳^{a}±۱۲/۷۲	۹۱/۶۳۳^{a}±۸/۳۵

** تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۱، ns نبود تفاوت معنی‌دار.

جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس و آزمون دانکن فاکتورهای مورد بررسی در تیمارهای چهارگانه طی کل دوره آزمایش

شاخص‌های مورد بررسی	F_s	تیمار			
		T_1	T_2	T_3	T_4
وزن (گرم)	۷/۶۱۷**	۱۳/۶۹۱۵^{c}±۱/۸۲	۱۷/۲۵۶۱^{bc}±۲/۸۹	۲۰/۰۰۶۱^{ab}±۲/۳۸	۲۳/۴۳۰۲^{a}±۳/۰۸
طول (سانتی‌متر)	۴/۸۱۵*	۹/۹۲۳۹^{b}±۰/۴۱	۱۰/۳۲۵۰^{ab}±۰/۳۹	۱۰/۴۹۲۰^{ab}±۰/۲۹	۱۰/۹۹۸۵^{a}±۰/۲۸
SGR (درصد)	۷/۰۵۹**	۳/۴۶۸۲^{c}±۰/۵۶	۴/۳۷۶۷^{b}±۰/۶۶	۵/۰۴۹۴^{a}±۰/۴۹	۵/۵۸۸۱^{a}±۰/۶۴
DGR (درصد)	۷/۶۰۵**	۰/۳۷۸۱^{c}±۰/۱۰	۰/۵۸۰۰^{bc}±۰/۱۶	۰/۷۶۳۷^{ab}±۰/۱۶	۰/۹۹۲۹^{a}±۰/۲۰
CF (درصد)	۱۱/۳۳۶*	۱/۴۲۵۷^{b}±۰/۰۳	۱/۵۰۷۳^{ab}±۰/۰۴	۱/۶۱۲۴^{a}±۰/۰۲	۱/۶۱۷۴^{a}±۰/۰۶
SR (درصد)	۱۰/۶۱۵**	۷۲/۲۰۰^{c}±۶/۷۳	۸۳/۳۰۶۶^{bc}±۶/۰۰۷	۹۱/۰۸۶۶^{ab}±۵/۰۹	۹۶/۶۵۳۳^{a}±۴/۴۲

** تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۱، * تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵.

همان‌گونه که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، هیچ شباهتی بین نتایج مجموع ۳۵ روز آزمایش با نتایج دوره‌های ۷ روزه وجود ندارد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این آزمایش با توجه به تراکم زیاد ماهی‌های آزمایش، سرعت آب در کرت‌ها با استفاده دوباره از آب بازگشتی افزایش داده شد که در نتیجه در زمان ریزش آب، میزان O_2 و CO_2 آن به‌ترتیب افزایش و کاهش یافت که این موضوع با مطالعات Clark (۲۰۰۳) مطابقت داشت. وی تزریق اکسیژن را عاملی مؤثر در کاهش تراکم جامدات معلق و افزایش ظرفیت تراکم کانال‌های پرورشی معرفی نمود. اگرچه Summerfelt و همکاران (۲۰۰۰) و Good و همکاران (۲۰۰۹) نیز اکسیژن دهی و دفع CO_2 را از مؤلفه‌های ضروری در سیستم‌های با استفاده مجدد از آب دانسته‌اند، اما نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که ایجاد جریان سریع در محیط پرورش با استفاده از گردش پساب خروجی نیز می‌تواند میزان O_2 و CO_2 آب را متعادل نماید. در عین‌حال Good و همکاران (۲۰۱۰) چنین بیان کرده‌اند که غلظت CO_2 در آب محیط پرورش تا ۲۴ میلی‌گرم بر لیتر مشکلی برای ماهی قزل‌آلا ایجاد نمی‌نماید. این در حالی است که در این آزمایش، در هیچ‌یک از تیمارهای واجد آب جاری، چنین غلظتی از CO_2 مشاهده نگردید. بنابر مطالعات Martins و همکاران (۲۰۰۹) تجمع مواد محلول و جامدات معلق در سیستم‌های مداربسته به‌عنوان عامل مختل‌کننده رشد ماهیان بوده و تجمع زیاد این مواد منجر به مرگ و میر (هم در تخم‌ها و هم در مراحل لاروی) آن‌ها می‌گردد. این پژوهش نشان داد که کارایی استفاده مجدد از آب به حدی است که معضلات انباشت مواد دفعی محلول ماهی‌ها را به‌مدت چند روز به تأخیر می‌اندازد و در عین‌حال مشاهده شد که با افزایش سرعت آب در سیستم بازچرخ، تراکم ذخیره‌سازی نیز می‌تواند افزایش یابد. نتایج تأثیر سرعت‌های مختلف آب بر بار آلودگی آن و تراکم ذخیره‌سازی در این پژوهش با نتایج مطالعات Colt و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد. به‌طوری‌که آن‌ها نیز جریان و سرعت آب را عامل مؤثر بر کاهش بار آلودگی آب اعلام نموده‌اند.

در این آزمایش مشاهده شد که آلوده شدن آب تدریجی بوده و می‌توان نسبت به استفاده مجدد آن پس از حذف جامدات معلق و هوادهی اقدام نمود که این موضوع با نتایج مطالعات Summerfelt و همکاران (۲۰۰۴)، Summerfelt و همکاران (۲۰۰۵) و Stewart و همکاران (۲۰۰۶) در ضرورت به‌کارگیری بسترها و

حوضچه‌های رسوب‌گیر جهت حذف TSS پساب مطابقت دارد. تراکم ذخیره‌سازی در این آزمایش به اندازه کیفیت آب عامل محدودکننده نبود که این نتیجه با مطالعات North و همکاران (۲۰۰۶) و Person و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد، به‌طوری‌که آن‌ها عنوان نمودند که حفظ کیفیت آب در حد مطلوب می‌تواند معضل تراکم را تحت‌الشعاع قرار دهد. به همین جهت به‌نظر می‌رسد که با ایجاد سرعت‌های مختلف آب در این آزمایش، نقش منفی افزایش تراکم ذخیره‌سازی بر رشد و بقاء ماهیان کم‌رنگ شده است. مطالعات Lefrançois و همکاران (۲۰۰۱) و North و همکاران (۲۰۰۶) در خصوص رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نیز بیانگر این نکته است که تراکم به تنهایی تأثیر قابل‌توجهی بر رشد و بقاء ماهی‌ها ندارد. Roque d´orbcastel و همکاران (۲۰۰۹) طی مطالعات خود چنین بیان داشته‌اند که گردش آب در تانک پرورش ماهی بدون تعویض آب، می‌تواند بقاء قزل‌آلای پرورشی را در حد سیستم‌های مداربسته پرورشی حفظ نماید. در مطالعه پیش رو نیز تیمارهای واجد جریان آب (تیمارهای ۳/۵، ۷ و ۱۰/۵ سانتی‌متر بر ثانیه) از بقاء خوبی برخوردار بودند، اما این وضعیت در تیمار بدون جریان آب (تیمار ۰ سانتی‌متر بر ثانیه) صدق نمی‌کرد. تفکیک داده‌های زیست‌سنجی به ۵ دوره یک هفته‌ای و یک دوره کلی ۳۵ روزه و مقایسه نتایج تجزیه واریانس آن‌ها، نشان‌دهنده افزایش دقت مطالعه در مقاطع زمانی کوچک‌تر در مقایسه با یک دوره زمانی بلند است. نتایج آزمون دانکن فاکتورهای مختلف مورد بررسی طی هفته اول آزمایش (جدول ۱) نشان‌دهنده کسب بهترین میانگین‌ها به‌جز فاکتور ضریب چاقی (CF) توسط تیمار چهارم و ضعیف‌ترین میانگین‌ها توسط تیمار اول است. شاید بتوان یکی از دلایل دخیل در کاهش ضریب چاقی (CF) طی هفته اول آزمایش در تیمارهای واجد جریان آب را نسبت به تیمار بدون جریان (تیمار اول)، استرس ناشی از رهایی بچه‌ماهی‌ها و معرفی آن‌ها به یک محیط جدید دانست. گواه این مطلب را می‌توان افزایش میانگین فاکتور یاد شده طی هفته دوم آزمایش دانست که مانند سایر فاکتورها از میانگینی بالاتر از تیمار اول برخوردار شده است.

با توجه به نتایج موجود در جدول‌های ۱ تا ۵ مشاهده می‌شود که طی ۳۵ روز گردش آب در سیستم، تیمار چهارم با بیش‌ترین نرخ گردش و سرعت آب در سیستم، نسبت به سایر تیمارها، بهترین عملکرد را داشته است. لازم به ذکر است که این پژوهش در مقیاس آزمایشگاهی نتایج مطلوبی را سبب شده است، اما جهت تعمیم آن به مقیاس تجاری نیاز به مطالعات بیش‌تری دارد.

منابع

۱- دفتر برنامه و بودجه- گروه آمار و مطالعات توسعه شیلاتی، ۱۳۸۷. سالنامه آماری شیلات ایران. ۵۶ صفحه.

۲- فراهانی، ر.، ۱۳۸۷. تاریخچه سیستم پرورش ماهی کشور و راه‌کارهای پیشنهادی برای حل مشکلات آن .Available:http://www.fisheries.ir[18 march 2010] .Fisheries.[Online]

۳- فرزانفر، ع.، ۱۳۸۰. روش‌های نوین در پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان. مؤسسه تحقیقات شیلات ایران، ۱۰۶ صفحه.

۴- فرزانفر، ع.، ۱۳۸۴. تکثیر و پرورش آزاد ماهیان. وزارت جهاد کشاورزی مؤسسه تحیقات شیلات ایران، ۱۸۲ صفحه.

5.Clark, M.L., 2003. Comparison of water quality, rainbow trout production, and economics in oxygenated and aerated raceways. Fisheries and wildlife sciences department. Etd 12172003-113917.

6.Colt, J., 2005. Water quality requirements for reuse systems. *Aquaculture Engineering* 34 (3), 143-158.

7.EIFAC, IUNS. And ICES, 1980. Report of working group on standardization of methodology in fish nutrition research. Hamburg, Federal Republic of Germany, 21–23 March, 1979. EIFAC Tech. Pap. (36):24 p.
8.F.A.O., 2005. Annual Report of World Fishing and Aquaculture.
9.Good, C., Davidson, J., Welsh, C., Snekvik, K., Summerfelt, S., 2010. The effects of carbon dioxide on performance and histopathology of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* in water recirculation aquaculture systems. *Aquaculture Engineering* 42 (2), 51-56.
10.Lefrançois, C., Claireaux, G., Mercier, C., Aubin, J., 2001. Effect of density on the routine metabolic expenditure of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 195(3-4), 269-277.
11.Martins, C.I.M., Pistrin, M.G., Ende, S.S.W., Eding, E.H., Verreth, J.A.J., 2009. The accumulation of substances in Recirculating Aquaculture Systems (RAS) affects embryonic and larval development in common carp *Cyprinus carpio*. *Aquaculture* 291(1-2), 65-73.
12.North, B.P., Ellis, T., Turnbull, J.F., Davis, J., Bromage, N.R., 2006. Stocking density practices of commercial UK rainbow trout farms. The centre for environment, fisheries and aquaculture science, Weymouth laboratory, the nothe, Weymouth, dorset, UK, Elsevier, 10(3), 141-142.
13.North, B.P., Turnbull, J.F., Ellis, T., Porter, M.J., Migaud, H., Bron, J., Bromage, N.R., 2006. The impact of stocking density on the welfare of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 255 (1-4), 466-479.
14.Person, J., Labbe, L., Le Bayon, N., 2008. Combined effects of water quality and stocking density on welfare and growth of rainbow trour (*Oncorhynchus mykiss*). Ifremer, Archimer, Aquatic living resources (EDP siences), 2008/04, 21 (2), 185-195.
15.Roque d´orbcastel, E., Blancheton, J.P., Belaud, A., 2009. Water quality and rainbow trout performance in a Danish Model Farm recirculating system: Comparison with a flow through system. *Aquacultural Engineering* 40(3), 135-143.
16.Stewart, N.T., Boardman, G.D., Helfrich, L.A., 2006. Treatment of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) raceway effluent using baffled sedimentation and artificial substrates. *Aquacultural Engineering* 35(2), 166-178.
17.Summerfelt, S.T., Vinci, B.J., Piedrahita, R.H., 2000. Oxygenation and carbone dioxide control in water reuse systems. *Aquacultural Engineering* 22, 87-108.
18.Summerfelt, S.T., Davidson, J.W., Waidrop, T.B., Tsukuda, S.M., Williams, J.B., 2004. A partial-reuse system for cold water aquaculture. *Aquacultural Engineering* 31(3-4), 157-181.
19.Summerfelt, R.C., Chris, R.P., 2005. Solids removal in a recirculating aquaculture system where the majority of flow bypasses the microscreen filter. *Aquacultural Engineering* 33 (3), 214-224.
20.Whiloghby, S., 1999. Salmonid farming. Fishing news books, 329pp.

Journal of Fisheries, Islamic Azad University, Azadshahr Branch
Vol. 5, No. 3, September 2011

Trout Culture and its Density Increment in Culture Unit Applying Effluent Water in Invitro Condition

***M. M. Khoshroo[1], M. Sh. Mehrgan[1], K. Nazari[2], A. Afsar[3] and M. Pakzad[1]**

[1]Dept. of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran, Iran, [2]Dept. of Fisheries, Khojir Research Station, Natural Resources Research Organization, Tehran, Iran, [3]Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Varamin Branch

Abstract

During a project, carried out within 35 days, the effect of water flow increment on rainbow trout culture was surveyed by reusing the outlet effluent under a Complete Random Design with 4 treatments and 3 repeats. The factors studied were Weight, Length, Specific Growth Rate (SGR), Daily Growth Rate (DGR), Condition Factor (CF) and the Survival Rate (SR) in culture fishes. Fry initial weight and body length were 5.5 gr and 6.7 cm respectively. The treatments consisted of various water velocities including 0, 3.5, 7 and 10.5 cm/s. The results of variance analysis of surveyed fry factors showed very significant differences among all treatments during the first week ($P<0.01$). However, these results were not observed in other weeks. On the other hand, the results of data variance Analysis of the factors through all 35 days period experiment showed significant differences among all treatments regarding all the fry factors except for Length and Condition factor. The results of Duncan's test of surveyed factors among a 35 days period showed that the best average Weight (24gr), SGR (6%), Daily growth rate (1) and Survival Rate (97%) were achieved in 10 cm/s treatment but about fry Length factor, all treatments were equal.

Keywords: Density; Effluent; Rainbow trout; Water velocity

*- Corresponding Authors; Email: m.z.khoshroo@gmail.com