فصلنامه علوم تکثیر و آبزی‌پروری/ سال دوم/ شماره دوم/ بهار۹۳/ صفحات ۸۰-۷۱

تأثیر سرعت جریان و میزان آب بازگردشی بر روی رشد ویژه و نرخ بازماندگی بچه ماهی قزل‌آلا

مهسا محمدی‌زاده خوشرو*[۱]، مهدی شمسایی مهرجان[۲]، یاسر عبدالله تبار[۳]

چکیده

با توجه به عدم وجود منابع آب کافی برای آبزی‌پروری و آلوده‌شدن بسیاری از آب‌های پاک در فرآیند پرورش آبزیان، طی پژوهشی ۱۵ روزه اثر افزایش سرعت آب بر پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان به وسیله کاربرد مجدد آب خروجی و در قالب یک طرح کاملا تصادفی با ۴ تیمار و ۳ تکرار بررسی گردید که در آن فاکتورهای کیفی آب شامل: NO_2^-، NO_3^-، NH_4^+، O_2، CO_2، pH ، قلیائیت(Alk)، سختی کربناته(KH) و سختی عمومی(GH) مورد مطالعه قرار گرفتند. میانگین وزن و طول اولیه ماهی ها به ترتیب ۰/۹±۵/۵ گرم و ۰/۷±۶/۷ سانتی‌متر بود. تیمارها شامل سرعت‌های ۳/۵، ۷ و ۱۰/۵ سانتی‌متر بر ثانیه و آب ساکن بود. نتایج همبستگی ساده فاکتورهای شیمیایی آب نشان داد که تیمارهای آزمایشی در سطح ۰/۰۱ همبستگی داشتند. با افزایش سرعت آب شدت همبستگی بین زمان و فاکتورهای NO_2، O_2 و pH افزایش یافت. همبستگی در مورد NO_2^- منفی بود. اما در مورد فاکتورهای NO_3^-، NH_4^+ و CO_2 با افزایش سرعت آب همبستگی کاهش یافت. در تیمار چهارم همبستگی NO_3^- که سریعترین جریان آب را داشت، منفی بود. میزان O_2 و CO_2 با افزایش سرعت آب به ترتیب افزایش و کاهش و میزان NO_2 و NO_3 نیز با افزایش سرعت آب در طول زمان به تدریج کاهش یافت. در مورد فاکتورهای NH_4^+ و pH علیرغم ثبت تغییرات بسیار جزیی در ضریب همبستگی(R) به طور کلی تغییرات آنها با افزایش سرعت آب قابل اغماض بود. نتایج در پایان آزمایش نشان داد که تیمار چهارم(سرعت ۱۰/۵ سانتی‌متر بر ثانیه) با کمترین نرخ افزایش آلودگی نسبت به سایر تیمارها بهترین عملکرد را داشت($P>0/05$).

کلید واژه‌ها: پساب، تراکم، سرعت آب، قزل‌آلای رنگین‌کمان.

۱- گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران(نویسنده مسؤول) m.z.khoshroo@gmail.com

۲- گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاداسلامی، تهران، ایران

۳- گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

۱- مقدمه

تولید سالانه قزل آلای رنگین کمان در ایران از ۹۰۰۰ تن در سال ۱۳۷۹ به ۶۲۶۳۰ تن در سال ۱۳۸۷ رسیده است(دفتر برنامه و بودجه سازمان شیلات ایران، ۱۳۸۷). اگرچه این رشد قابل توجه است، اما می تواند آلودگی آب های شیرین کشور را در پی داشته باشد.آب رکن اول پرورش ماهیان سردابی بوده و آلودگی آن نیز معضل این صنعت است. لذا اهمیت فراوان حفاظت منابع آبی ایجاب می کند که در آبزی‌پروری بیشترین تولید در کمترین مقدار آب مد نظر قرار گیرد. در عین حال افزایش تراکم ماهی در سیستم های معمولی رابطه مستقیم با مقدار و سرعت آب دارد(فرزانفر، ۱۳۸۴) که این موضوع می تواند هزینه تولید را افزایش دهد. استفاده از تکنولوژی های نوین درآبزی پروری به همراه تولید غذای استاندارد می تواند تولید سیستم های پرورش ماهی را افزایش دهد.این هدفی است که سیستم‌های مدار بسته تولید ماهی آن را دنبال می کنند. طی سال های ۱۳۸۵-۱۳۷۵ این سیستم ها در ایران گسترش زیادی پیدا کردند(فراهانی، ۱۳۸۷) زیراامکان تصفیه آب در گردش و کنترل فاکتورهایی نظیر pH، دما و عوامل بیماری زای میکروبی را میسر می سازند. ولی سرمایه زیاد لازم برای نصب این سیستم ها می تواند کاربرد گسترده آنها را محدود و توجیه اقتصادی آنها را زیر سوال می برد(Willoughby, 1999). در نتیجه برخی بهره برداران به طور تجربی تغییرات ساده و ارزانی در سیستم های سنتی پرورش ماهی ایجاد کرده اند تا کارایی آنها را بدون افزایش آب ورودی افزایش دهد(فراهانی، ۱۳۸۷). به این ترتیب که آب خروجی به صافی فیزیکی منتقل و با پمپاژ، به آب ورودی اضافه شد و بدون اندازه گیری و تنظیم فاکتورهای مختلف، دوباره مورد استفاده قرار می گیرد. در این حالت سرعت جریان آب و دبی آن نه در مبدا کارگاه بلکه در کانال های پرورشی افزایش یافته و پرورش‌دهنده با استفاده از این ویژگی تراکم پرورش را افزایش می دهد. جریان آب در فراهم نمودن اکسیژن مورد نیاز و خارج ساختن مواد دفعی و بازمانده های مواد غذایی نقش بسیار مهمی دارد. سرعت جریان آب مورد نیاز کارگاه به میزان دمای آب و سن ماهی بستگی دارد(Sedgwick, 1990). همچنین هرچه ماهی بزرگتر باشد به همان نسبت سرعت جریان آب بیشتری را تحمل می نماید(فرزانفر،۱۳۸۴). لذا برای بررسی عملکرد این تغییرات، پژوهشی تعریف گردید تا در خلال آن روش مذکور در شرایط آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار گرفته و اثرات آن بر فاکتورهای مختلف فیزیکی، شیمیایی و فیزیکوشیمیایی آب محیط پرورش و همچنین میزان تولید بررسی گردد. در این روش که بازگردش آب را برای پرورش میسر می کند، نیازی به مهارت و تخصص های فنی پیشرفته، ندارد. این موضوع از امتیاز ویژه آن است(فرزانفر، ۱۳۸۰).

۲- مواد و روش ها

این آزمایش طی ۱۵ روز(۲ هفته) در ایستگاه تحقیقاتی خجیر واقع در شرق تهران و

در قالب یک طرح تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار به اجرا در آمد. کرت های آزمایشی را آکواریوم هایی با ابعاد ۱۵×۴۰×۲۰۰ سانتی متر بود. به هر کدام ۶۰ لیتر آب وارد شد. تیمارهای آزمایش دارای سرعت های متفاوت آب، به ترتیب برابر صفر، ۳/۵ ،۷ و ۱۰/۵ سانتی متر بر ثانیه بودند. ملاک تعیین این سرعت ها، استاندارد سرعت آب در کانال های پرورشی بود(۵-۲ سانتی متر بر ثانیه)(IDEQ, 1998). میزان آب تازه ورودی به هر کرت ۰/۰۱ لیتر بر ثانیه و میزان استفاده از آب بازگشتی پس از عبور از صافی در تیمارهای مختلف به ترتیب برابر صفر، ۱، ۲ و ۳ لیتر در ثانیه بود. آب جریان دار پس از رسیدن به انتهای آکواریوم ها به وسیله پمپ‌های Renault خارج آکواریومی با دبی متغیر به ابتدای آکواریوم منتقل و پس از عبور از صافی ۳۰ میکرونی دوباره به محیط پرورش وارد گردید. آب خروجی از صافی‌ها به صورت آبشاری از ارتفاع ۳۰ سانتی متری به ابتدای کرت ها وارد شد. هدف از این کار هوادهی لازم به آب بود. به هر کرت ۱۲ عدد بچه ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با میانگین وزن اولیه۰/۹±۵/۵ گرم و میانگین طول اولیه ۰/۷±۶/۷ سانتی متر معرفی گردید که این کار پس از انجام هم دمایی انجام شد. بچه ماهی ها از یک کارگاه خصوصی در استان سمنان تهیه شدند. طی ۴۸ ساعت اول پس از رها سازی بچه ماهی ها به کرت ها، از غذا دهی به آنها خودداری به عمل آمد تا استرس ناشی از حمل و نقل در آنها برطرف شود. سپس غذا دهی ۵ بار در روز بین ساعات ۱۹-۷ با غذای آغازین بچه ماهی قزل آلا ساخت شرکت بیومار فرانسه انجام گرفت. اجزای آن شامل ۵۴ درصد پروتئین خام، ۱۸ درصد چربی خام، ۰/۵ درصد فیبر، ۱۰ درصد خاکستر و ۱/۴ درصد فسفر بود. مقدار غذای روزانه با توجه به میانگین دمای آب معادل ۴٪ وزن توده ماهی های هر کرت بود(Jeffrey, 1999). میانگین دمای آب موجود در کرت‌ها ۱/۱۹±۱۸ بود.برای تعیین شاخص های رشد در بچه ماهیان از روابط زیر استفاده شد(EIFAC and ICES, 1980).

SGR (نرخ رشد ویژه) = [Ln وزن اولیه (گرم) – Ln وزن نهایی(گرم) / روزهای آزمایش] × ۱۰۰

SR (نرخ بقا) = [تعداد ماهیان زنده / تعداد کل ماهیان موجود در کرت] × ۱۰۰

در خلال آزمایش، سنجش غلظت فاکتورهایی همچون NO_2 و NO_3، NH_4^+ و CO_2 به ترتیب با کیت های Lamotte مدل های LM3352 ، LM3304 و LM7297 انجام می شد. مقدار O_2 محلول آب با کیت مدل YSI 550I متعلق به کیف آزمایش‌های صحرایی Waterproof case 1500

و pH نیز با کیت Waterproof pen مدل YTH 10 ساخت شرکت Eutech آمریکا اندازه گیری گردید. تغییرات غلظت قلیائیت (Alk)، سختی کربناته(KH) و سختی کل(GH) نیز به ترتیب به وسیله کاغذهای مدل H27448 و H27542 ساخت شرکت Hach روزانه طی ۲ هفته اندازه گیری و ثبت گردید. برای این منظور از آب خروجی فیلتر فیزیکی قبل از ورود مجدد آن به محیط پرورش نمونه برداری به عمل می آمد. ضمنا دمای آب نیز به طور روزانه ثبت می گردید. در این مطالعه برای آنالیز داده ها و تعیین همبستگی غلظت فاکتورهای آب با زمان آزمایش و همبستگی سرعت آب با رشد طولی و وزنی ماهی‌ها از نرم افزار SPSS و روش همبستگی پیرسون استفاده شد. همچنین برای تجزیه و تحلیل داده‌های خام(F_S) نیز از آنالیز واریانس یک طرف داده ها(One-Way ANOVA) به کمک نرم افزار SPSS استفاده شد تا سطوح معنی دار اختلاف بین تیمار های مختلف و یا عدم وجود اختلاف معنی دار بین آنها مشخص شود. سپس برای مقایسه میانگین شاخص‌های مورد مطالعه در نمونه های تیمار های مختلف و شناسایی مناسب ترین تیمار موثر سرعت آب از آزمون مقایسه میانگین های دانکن استفاده گردید.برای ترسیم نمودار ها نیز از نرم افزار EXCEL استفاده گردید.

۳- نتایج

دمای آب در محیط پرورش و هوا طی اجرای پروژه به ترتیب ۱/۱۹±۱۸ و ۱/۸۳±۲۲ درجه سانتی گراد بود. همچنین میزان اکسیژن محلول در خلال آزمایش در تیمار فاقد گردش آب(تیمار ۰ cm/s) با توجه به هوادهی دائم در آن به طور متوسط، برابر حدود ۷ میلی گرم بر لیتر بود. در تیمار های ۲و ۳ و ۴، این میزان به ترتیب و به طور متوسط برابر ۷/۵، ۸/۵و ۱۰/۵ میلی گرم در لیتر اندازه گیری گردید.

جدول ۱- میانگین فاکتورهای مختلف آب در زمان آغاز آزمایش (قبل از رهاسازی ماهی)

دما (درجه سانتی‌گراد)	NO_2^- (میلی‌گرم بر لیتر)	NO_3^- (میلی‌گرم بر لیتر)	NH_4^+ (میلی‌گرم بر لیتر)	O_2 (میلی‌گرم بر لیتر)
۱۸±۱/۱۹	۰	۰	۰	۸
CO_2 (میلی‌گرم بر لیتر)	pH	قلیائیت (Alk)	سختی کربناته (KH) (قسمت در میلیون)	GH سختی کل (قسمت در میلیون)
۰/۲	۸±۰/۵	۱۰۰ ±۲/۴	۵۴±۱/۷	۹۰ ±۱/۱

روند تغییرات آلاینده های شیمیایی آب در تیمارهای چهارگانه، طی ۱۵ روز آزمایش در برخی موارد اختلافات معنی داری مشاهده نشده است اما روند تغییر برخی فاکتورها در نمودارها روندی افزایشی است. این افزایش بسیار کم ولی در مقایسه میانگین‌ها با یکدیگر در تیمارهای مختلف قابل

مشاهده است. روند افزایشی فوق در بعضی موارد به حدی اندک است که مـی تـوان از آن اغمـاض نمود. بر اساس مشاهدات ظاهری و بالینی در تیمار چهارم،شرایط تا روز یازدهم برای بچه ماهی هـا قابل تحمل بوده و پس از آن بی اشتهایی و بی حالی در آن ها مشاهده شد. در تیمار های سوم، دوم و اول این روند به ترتیـب پـس از ۹ ،۶ و ۴ روز رخ داد. همچنـین نتـایج همبسـتگی ساده(پیرسـون) فاکتورهای اندازه گیری شده و سرعت آب در جدول(۲) دیده می شود.

جدول ۲- نتایج همبستگی فاکتورهای اندازه گیری شده با سرعت های مختلف آب طی ۱۵ روز مطالعه

فاکتورهای	تیمارهای سرعت (cm/s)			
مورد بررسی	تیمار۱(۰cm/s)	تیمار۲(۳/۵cm/s)	تیمار۳(۷cm/s)	تیمار۴(۱۰/۵cm/s)
NO_2	-۰/۴۷۰**	-۰/۵۶۸**	-۰/۶۳۰**	-۰/۶۳۰**
NO_3	۰/۹۷۶**	۰/۹۷۶**	۰/۹۶۲**	-۰/۳۰۱**
NH_4^+	۰/۹۳۲**	۰/۹۳۲**	۰/۹۱۸**	۰/۹۱۲**
O_2	-۰/۴۷۰**	۰/۵۶۸**	۰/۶۳۰**	۰/۶۳۰**
CO_2	-۰/۸۱۷**	-۰/۶۴۶**	-۰/۵۶۱*	-۰/۴۹۰*
pH	-۰/۳۰۷**	۰/۹۶۰**	-۰/۹۱۸**	۰/۹۳۷**

**وجود رابطه خطی در سطح ۰/۰۱ * وجود رابطه خطی در سطح ۰/۰۵

همان طور که در جدول(۲) مشاهده می شود در تیمارهای ۱(شاهد) و ۲ تمامی فاکتورهای مورد بررسی در سرعت های مختلف آب(تیمارهای سرعت) همبستگی بسیار معنـی داری در سـطح ۰/۰۱ داشتند. در تیمار ۳ و۴ این وضعیت در همه موارد به جز میـزان CO_2 مشـابه بـود. در مـورد CO_2 تیمارهای ۳ و ۴ همبستگی معنی داری در سطح ۰/۰۵ مشاهده گردید. با افزایش سرعت آب از میزان غلظت NO_2^-و NO_3^- آب کاسته گردید به نحوی که در تیمار ۱(شاهد) میـزان NO_3^- حـدود ۲۸ میلی گرم بر لیتر و در تیمار ۴ که بیشترین سرعت را داشت میزان NO_3^- به ۲۱ میلی گـرم در لیتـر کاهش پیدا کرد.

جدول۳- نتایج تجزیه واریانس و آزمون دانکن فاکتورهای مورد بررسی در تیمارهای چهارگانه طی کل دوره آزمایش

شاخص‌های	F_s	تیمار			
مورد بررسی		تیمار۱(۰cm/s)	تیمار۲(۳/۵cm/s)	تیمار۳(۷cm/s)	تیمار۴(۱۰/۵cm/s)
وزن	۳/۵۶۰*	۱۳/۶۹۱۵^{b}	۱۷/۲۵۶۱^{ab}	۲۰/۰۰۶۱^{ab}	۲۳/۴۳۰۲^{a}
طول	۱/۲۳۲ ns	۹/۸۹۹۹^{a}	۱۰/۳۰۷۰^{a}	۱۰/۴۹۲۰^{a}	۱۰/۹۹۸۵^{a}
SGR	۴/۹۴۷**	۳/۴۶۸۲^{b}	۴/۳۷۶۷^{ab}	۵/۰۴۹۴^{a}	۵/۵۸۸۱^{a}
SR	۷/۳۰۱**	۷۲/۲۰۰^{c}	۸۳/۳۰۷^{bc}	۹۱/۰۸۷^{ab}	۹۶/۶۵۳^{a}

** تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۱ * تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۵ ns عدم وجود تفاوت معنی دار

F_s نشان‌دهنده سطح معنی‌داری اختلافات منسوب به fisher بنیانگذار این جدول

نتایج آزمون دانکن فاکتور نرخ رشد ویژه(SGR) تیمارهای چهارم و سوم هر دو به طور هم سطح بهترین عملکرد را داشته(P >۰/۰۵) و مابقی تیمارها پس از آنها قرار گرفتند(P>۰/۰۵). در فاکتور نرخ بقا(SR) نیز تیمار چهارم و اول به ترتیب واجد رتبه a و c یعنی بالاترین و پایین ترین نرخ بقا گردیده(P>۰/۰۵) و تیمار سوم و دوم در بین دو تیمار مذکور قرار گرفتند(P <۰/۰۵).

به طور کلی طی۲ هفته آزمایش تیمار چهارم به عنوان بهترین تیمار از جهت داشتن بهترین کارایی و عملکرد نسبت به سایر تیمارها شناخته شد در حالی که تیمار اول(شاهد) ضعیف ترین عملکرد را داشت و دو تیمار دیگر در بین دو تیمار مذکور(۴ و۱) قرار گرفتند. تایید این وضعیت را می توان در جدول نتایج آنالیز واریانس تیمارها مشاهده نمود. این جدول مبین وجود اختلافات بسیار معنی دار در سطح ۰/۰۱ بین تیمارهای ۱ و ۴ است.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

جدول (۱) مبین این نکته اند که با افزایش سرعت در کرت ها، دفعات استفاده از آب بیشتر می شود که این موضوع می تواند مصرف آب تازه را کاهش دهد. سرعت جریان آب با توجه به دمای آب و سن ماهی تعیین می گردد. هرچه ماهی بزرگتر باشد، سرعت جریان آب بیشتری را تحمل می نماید(فرزانفر، ۱۳۸۴). اطلاعات جدول(۲) مبین همبستگی خطی فاکتورهای NO_2^-، NO_3^- ، NH_4^+ ، O_2، CO_2 و pH در سطح ۱ درصد با سرعت آب است. این همبستگی در مورد NO_2^- و CO_2در تمام تیمارها منفی بود ولی همبستگی فاکتورهای NO_3^- ، NH_4^+، با افزایش سرعت آب کاهش یافت تا جایی که در مورد NO_3^- در تیمار ۴ با سرعت ۱۰/۵ سانتی متر بر ثانیه منفی گردید(جدول ۲). این بدان معنی است که میزان O_2و CO_2با افزایش سرعت آب به ترتیب افزایش و کاهش می یابد که علت آن را می توان اختلاط اکسیژن با آب و خروج گاز CO_2 از آن به هنگام ریزش آب برگشتی به سیستم دانست. این یافته با نتایج مطالعات (Clark, 2003) مطابقت دارد. وی افزایش اکسیژن را عاملی موثر در کاهش تراکم جامدات معلق و افزایش ظرفیت تراکم کانال های پرورشی معرفی نمود. اگرچه (Summerfelt *et al.*, 2000) و (Good *et al.*, 2009) نیز اکسیژن‌دهی و دفع CO_2 را از مولفه های ضروری در سیستم‌های مدار بسته پرورش ماهی دانسته اند، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که گردش پساب خروجی در محیط پرورش پس از فیلتراسیون فیزیکی، باعث تعادل میزان O_2و CO_2آب گردید(به ترتیب ۹ و ۰/۲ میلی گرم بر لیتر). همچنین بر اساس نتایج جدول(۲)، میزان NO_2^- و NO_3^- به نسبت افزایش میزان سرعت آب در طول زمان به تدریج کاهش یافت(به ترتیب ۰/۲ و ۱۰ میلی گرم بر لیتر). تغییرات مقدار فاکتورهای NH_4^+و pH نیز با سرعت آب به حدی اندک بود که قابل اغماض می باشد. این نتایج می تواند تائیدی بر کارایی خوب فیلتراسیون فیزیکی و تاثیر

مثبت افزایش سرعت آب بر کاهش غلظت آلودگی آن باشد. در عین حال (Good *et al.*, 2010) چنین بیان نمودند که غلظت CO_2 در آب محیط پرورش تا ۲۴ میلی گرم بر لیتر مشکلی برای ماهی قزل آلا ایجاد نمی نماید. این در حالی است که در آزمایش حاضر، در هیچ یک از تیمارهای واجد آب جاری، چنین غلظتی از CO_2 ثبت نگردید. بنابر نتایج مطالعات (Martins *et al.*, 2009) تجمع مواد محلول و جامدات معلق در سیستم های مداربسته به عنوان عامل مختل کننده رشد ماهیان بوده و تجمع زیاد این مواد منجر به مرگ و میر بچه ماهیان در این سیستم ها می گردد. پژوهش حاضر نشان داد که کارائی استفاده مجدد از آب در سرعت های ۷ تا ۱۰/۵ سانتی متر بر ثانیه به حدی است که معضلات انباشت مواد دفعی محلول ماهی ها را به مدت چند روز به تاخیر می اندازد و در عین حال مشاهده شد که با افزایش سرعت آب در سیستم باز چرخ، تراکم ذخیره سازی نیز می تواند افزایش یابد. نتایج تاثیر سرعت های مختلف آب بر کاهش میزان بار آلودگی و تراکم ذخیره سازی در این پژوهش با نتایج مطالعات (Colt *et al.*, 2005) مطابقت دارد به طوری که آنها نیز جریان و سرعت آب را عامل موثر بر بار آلودگی آب اعلام نموده اند. در این پژوهش مشاهده شد که آلوده شدن آب تدریجی بوده و می توان نسبت به استفاده مجدد از آن پس از حذف جامدات معلق و هوادهی اقدام نمود، که این یافته با نتایج مطالعات (Summerfelt *et al.*, 2004)، (Summerfelt *et al.*, 2005) و (Stewart *et al.*, 2006) در به کارگیری بسترهایی جهت حذف TSS پساب مطابقت دارد. تراکم بچه ماهی های معرفی شده در کرت های این پژوهش(۱۲ عدد بچه ماهی به ازای ۶۰ لیتر آب موجود در هر کرت) سه برابر مقدار اظهار شده در منابع (برای سیستم‌های فوق متراکم- مدار بسته) بود(Jeffrey, 1999). نتایج نشان داد که افزایش سرعت آب می تواند معضل پرورش بچه ماهی ها در شرایط متراکم را مرتفع کرده و امکان افزایش تراکم را فراهم نماید. زیرا در این پژوهش در تیمار اول(شاهد) که فاقد گردش مجدد آب و به تبع آن افزایش سرعت آب بود، میزان بقا نسبت به تیمار ۴(۱۰/۵ سانت متر بر ثانیه) که بیشترین سرعت جریان آب را داشت بسیار بیشتر بود. بنابراین تراکم ذخیره سازی عاملی محدود کننده در مقایسه با فاکتور کیفیت آب نبود. این نتیجه با مطالعات (North *et al.*, 2006) و (Person *et al.*, 2008) مطابقت دارد، به طوری که آنها عنوان نمودند که حفظ کیفیت آب در حد مطلوب می تواند معضل تراکم بالا را کاهش دهد، به همین جهت به نظر می‌رسد که با ایجاد سرعت های مختلف آب در این آزمایش، نقش منفی افزایش تراکم ذخیره سازی بر رشد و بقاء ماهیان کاهش می یابد. مطالعات (Lefrançois *et al.*, 2001) و (North *et al.*, 2006) در خصوص رشد ماهی قزل آلای رنگین کمان نیز موید این نکته است که تراکم به تنهایی تاثیر قابل توجهی بر رشد و بقاء ماهی‌ها ندارد. و همکاران (Roque d´orbcastel *et al.*, 2009) طی مطالعات خود چنین بیان داشته اند که گردش آب در تانک پرورش ماهی بدون تعویض آب، می

تواند بقاء قزل آلای پرورشی را در حد سیستم های مداربسته پرورشی حفظ نماید. در مطالعه انجام شده نیز تیمارهای واجد جریان آب(تیمارهای ۳/۵، ۷و ۱۰/۵ سانتی متر بر ثانیه) از بقاء خوبی برخوردار بودند اما این وضعیت در تیمار شاهد (تیمار فاقد جریان آب، صفر سانتی‌متر بر ثانیه) صادق نبود.

با توجه به نتایج موجود در جدول ۲ و اشکال ۱ تا ۸، مشاهده گردید که طی ۱۵ روز گردش مداوم آب در سیستم، تیمار چهارم با بیشترین نرخ گردش و سرعت آب(۱۰/۵ سانتی متر بر ثانیه)، نسبت به سایر تیمارها، بهترین عملکرد را داشت(شکل‌های ۸-۵)، که می‌توان علت آن را تبادلات گازی بهتر در آب دانست، پژوهش حاضر در مقیاس آزمایشگاهی نتایج فوق را سبب شد. لذا تعمیم این نتایج به مقیاس های بزرگ و تجاری نیاز به مطالعات بیشتری دارد.

فهرست منابع

۱. **دفتر برنامه و بودجه، گروه آمار و مطالعات توسعه شیلاتی. (۱۳۷۸).** سالنامه آماری شیلات ایران. تهران، ایران.

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

۳. **فرزانفر، علی. (۱۳۸۰).** روش های نوین در پرورش ماهی قزل آلایرنگین کمان. موسسه تحقیقات شیلات ایران. تهران، ایران.

۴. **فرزانفر، علی. (۱۳۸۴).** تکثیر و پرورش آزاد ماهیان.وزارت جهاد کشاورزی موسسه تحقیقات شیلات ایران. تهران، ایران.

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. Formerly the scholarly communications project. Virginia Tech home Contact dla University Libraries

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

7. **EIFAC, IUNS. And ICES. 1980**. Report of working group on standardization of methodology in fish nutrition research. FAO Corporate Document Repository. Fisheries and Aquaculture Department.

8. **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. Aquacultural Engineering. 42, Issue 2: 51-56.

9. **Good, C.; Davidson, J.; Welsh, C.; Brazil, B. ; Snekvik, K. & Summerfelt, S. 2009.** The impact of water exchange rate on the performance of rainbow trout(*Oncorhynchus mykiss*) in water recirculation aquaculture systems. Aquaculture. 294:80-85.

10. **Idaho Department of Environmental Quality(IDEQ), 1998**. Idahi waste management guidelines for aquaculture operations. Idaho Department of Health and Welfare, Division of Environmental Quality, Twin Falls, ID.

11.**Jeffrey, M. H., (1999).** Trout production feed and feeding methods. Departmentof Zoology, North Carolina. Southern Regional Aquaculture Center. SRAC Publication. No. 223.

12. **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, Issue3-4: 269- 277.

13.**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, Issue1-2: 65-73.

14. **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 invironment , fisheries and aquaculture science, Weymouth laboratory , the nothe,Weymouth,dorset, UK , Elsevier.10(3):141-142.

15.**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, Issue 1-4: 466-479.

16.**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).

17.**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, Issue 3: 135-143.

18.**Sedgwick, S. D. 1990.** Trout farming handbook 5th edition. Fishing News Books (Blackwell Science), Oxford, England. 192 pp.

19.**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, Issue 2: 166-178.

20.**Summerfelt, S. T.; Vinci, B. J. & Piedrahita, R. H. 2000**. Oxygenation and carbone dioxide control in water reuse systems. Aquacultural Engineering. 22, Issue: 87-108.

21.**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, Issue 3-4: 157-181.

22.**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, Issue 3: 214-224.

23.**Whiloghby, S. 1**999. Salmonid farming. Fishing News Books, Surrey, UK. 329 p.