

بررسی میزان رشد، شاخص‌های تغذیه‌ای و پاسخ به استرس در ماهی پیرانا (*Piaractus brachypomus*) با هدف تولید ماهیان خوراکی

- ❖ مجید ناصری زاده: دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ محمدعلی نعمت‌اللهی*: دانشیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ سیدولی حسینی: استادیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

چکیده

سالانه میلیون‌ها قطعه ماهی پیرانا (*Piaractus brachypomus*) در حکم ماهی زینتی و آکواریومی به کشور وارد می‌شود. در کشورهای امریکای جنوبی گونه‌هایی از جنس *Piaractus* از جمله گونه مورد مطالعه را با هدف پرورش گوشتی نگهداری می‌کنند. هدف از این تحقیق بررسی رشد، بقا و پاسخ به استرس در تراکم‌های مختلف این ماهی با هدف تولید ماهی خوراکی در سیستم مداربسته است. برای این منظور سه سیستم مداربسته طراحی شد که هر کدام شامل سه مخزن ۲۵۰ لیتری بود که ۲۰۰ لیتر از حجم آن‌ها از آب پر شده بود. همچنین، یک مخزن ۱۰۰ لیتری به منزله فیلتر بیولوژیکی تهیه شد. تیمارها با تراکم ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ قطعه بچه ماهی در هر متر مکعب با میانگین وزن $3/52 \pm 0/11$ گرم ذخیره‌سازی شدند و بچه ماهیان سه ماه پرورش یافتند. طی مدت آزمایش روزانه ۱۰ درصد از آب مخازن پرورش تعویض شد. در این مدت ماهیان هر ماه برای بررسی تغییرات شاخص‌های رشد در تیمارهای مختلف بیومتری شدند. به منظور بررسی شاخص‌های استرسی همزمان با انجام عملیات بیومتری از ماهیان خونگیری شد تا پاسخ‌های کورتیزول و گلوکز تعیین شوند. نتایج نشان داد که در چنین شرایطی تراکم ۱۰۰ قطعه ماهی در متر مکعب در برخی فاکتورهای رشد شامل میانگین وزن بدن، نرخ رشد مطلق و وزن کسب‌شده روزانه تأثیر منفی دارد ($P < 0/05$)، اما فاکتورهای نرخ رشد ویژه، نرخ رشد نسبی و شاخص وضعیت تحت تأثیر تراکم نیستند ($P > 0/05$). همچنین، این تراکم در فاکتورهای تغذیه‌ای شامل ضریب تبدیل غذایی، ارزش تولید پروتئین و چربی تأثیر منفی داشت ($P < 0/05$). تراکم ۱۰۰ قطعه ماهی در متر مکعب در پایان سومین ماه آزمایش سبب افزایش فاکتورهای استرسی ماهیان شامل کورتیزول و گلوکز شد ($P < 0/05$). در مجموع با توجه به کاهش میانگین وزن ماهیان و افزایش فاکتورهای استرسی در تیمار ۱۰۰ قطعه ماهی در متر مکعب نسبت به تیمارهای با تراکم کمتر، در این آزمایش بهترین میزان تراکم برای پرورش ماهی پیرانا (*P. brachypomus*) ۷۵ قطعه ماهی در متر مکعب تعیین شد.

واژگان کلیدی: استرس، تراکم، سیستم مداربسته، شاخص‌های رشد، ماهی پیرانا.

۱. مقدمه

در دنیا ۳۰ گونه پیرانا وجود دارد که از خانواده Characidae محسوب می‌شوند. زیستگاه اصلی همه آن‌ها امریکای جنوبی است و در میان دیگر گونه‌های پیرانا زیستگاه اصلی گونه *Piaractus brachypomus* رودخانه‌های اریونکو و آمازون است (Goulding and Carvalho, 1982).

در بیشتر کشورهای دنیا پیرانا به منزله ماهی زینتی و آکواریومی شناخته شده، اما در کشورهای امریکای جنوبی سه گونه *P. macropomus* و *P. brachypomus* و *P. metrei* از گونه‌های اصلی پرورشی محسوب می‌شوند. پرورش پیرانا به علت سرعت رشد زیاد، توقع غذایی کم و مقاومت زیاد پس از پرورش تیلاپیا جایگاه دوم را به خود اختصاص داده است (Supliey, 2007). این ماهی از منابع مهم غذایی کشورهای حوضه رودخانه آمازون محسوب می‌شود، اما اطلاعات و مقالات چاپ‌شده در خصوص فناوری تولید آن ناچیز است. در تحقیقات اشاره شده که سرعت رشد این ماهی بیشتر از تیلاپیاست (Peralta and Teichert, 1989) و با گربه‌ماهی آفریقایی برابری می‌کند (Hogendoorn and Van Hees, 1983; Verreth and Den Bieman, 1987).

یکی از راه‌های افزایش سوددهی در آبی‌پروری افزایش تراکم ذخیره‌سازی است. در بسیاری از گونه‌های پرورشی به علت برهم کنش‌های اجتماعی، رشد نسبت به تراکم ذخیره‌سازی نسبت عکس داشته است (Ebrahimi et al., 2010). مطالعات متعدد روی ماهیان اقتصادی مانند تیلاپیای نیل (Abdel Tawwab et al., 2000) نشان داده است که تراکم ذخیره‌سازی در ماهیان پرورشی با افزایش تراکم در فاکتورهای استرسی (Wedemeyer, 1996) افزایش می‌یابد.

(2005)، قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (Trzebionowski et al., 1981)، گربه‌ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*) (Kaiser et al., 1995) و توربوت (*Scophthalmus maximus*) (Magalhaes Goncalves et al., 2010) مؤید این مطلب‌اند. از آنجا که تراکم بهینه ماهیان در استخرهای پرورشی با توجه به سن، اندازه و عوامل خارجی نظیر میزان تعویض آب، درجه حرارت و نرخ غذایی از گونه‌ای به گونه دیگر متفاوت است باید در پرورش هر ماهی این تراکم به صورت جداگانه تعریف شود (Wang et al., 2000; Bascinar et al., 2001; Boujard et al., 2002).

همچنین، افزایش تراکم در فاکتورهای استرسی ماهیان نظیر کورتیزول و گلوکز تأثیرگذار است و سبب افزایش میزان این فاکتورها می‌شود (Abdel Tawwab et al., 2005)، زیرا با افزایش تراکم، ماهیان با آزادکردن کورتیزول و متعاقب آن گلوکز مقدار انرژی درخواستی را برای کارایی بیشتر مغز، آبشش‌ها و اندام‌ها بهبود می‌بخشند تا بهتر بتوانند با شرایط سخت موجود مقابله کنند (Vijayan and Moon, 1994). در سیستم‌های مداربسته پرورش آبزیان به علت میزان کم تعویض آب و میانگین تراکم بالاتر نسبت به دیگر سیستم‌های پرورش ماهی فاکتورهای رشد و استرس متحمل تأثیرات بیشتری از تراکم ذخیره‌سازی می‌شوند (Wedemeyer, 1996).

هدف این تحقیق با توجه به مزیت‌های این گونه و توان بالقوه آن برای پرورش در ایران، همچنین خلأ مطالعات برای پرورش این ماهی در سیستم مداربسته، بررسی آثار تراکم‌های مختلف در رشد، بازماندگی و فاکتورهای استرسی ماهی پیرانای خوراکی است.

۲. مواد و روش‌ها

ماهی: برای انجام این آزمایش ۱۳۵ قطعه بچه‌ماهی پیرانا با میانگین وزنی $3/52 \pm 0/11$ از یکی از فروشگاه‌های ماهی زینتی خریداری شدند و به بخش پژوهشی مرکز پرورش قزل‌آلای تنگه تیزآب شهرستان سپیدان استان فارس انتقال یافتند.

ساخت و راه‌اندازی سیستم مداربسته:

برای ساخت سیستم‌های مداربسته از تانک‌های فایبرگلاس ۲۵۰ لیتری به منزله مخازن پرورش ماهی و از بشکه‌های پلاستیکی ۱۰۰ لیتری به منزله مخازن بیوفیلتر استفاده شد. داخل مخازن بیوفیلتر تکه‌های ۵ سانتی‌متری لوله‌های پلاستیکی با قطر ۲/۵ سانتی‌متر به‌منزله مدیا قرار گرفتند.

هر سیستم از سه تانک پرورش ماهی و یک مخزن بیوفیلتر تشکیل شده بود که به یکدیگر متصل بودند و آب مخازن پس از چرخش در سیستم از طریق یک عدد پمپ از مخزن آخری به مخزن بیوفیلتر هدایت می‌شد.

در بالای مخازن بیوفیلتر یک عدد اسفنج قرار گرفته بود تا از ورود فضولات ماهیان و باقیمانده مواد غذایی به داخل مخزن جلوگیری شود.

شرایط آزمایش

برای انجام این آزمایش سه تیمار تراکم در نظر گرفته شد که تیمار یک شامل ۱۰ قطعه، تیمار دو شامل ۱۵ قطعه و تیمار سه شامل ۲۰ قطعه ماهی در تانک‌های با ۲۰۰ لیتر آب (به ترتیب ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ قطعه ماهی در متر مکعب) بود. برای هر تیمار آزمایش سه تکرار در نظر گرفته شد که آب موجود در مخازن تکرارهای هر تیمار به صورت مداربسته با یکدیگر در ارتباط بودند و روزانه ۱۰ درصد از آب آن‌ها تعویض می‌شد.

دمای آب مخازن از طریق یک عدد هیتر که دمای هوای اتاق محل آزمایش را گرم می‌کرد در تمام دوره آزمایش به میزان ۲۷ درجه سانتی‌گراد ثابت نگاه داشته شد و رژیم نوری اتاق محل آزمایش ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در نظر گرفته شد.

پس از سپری شدن یک دوره سازگاری یک‌هفته‌ای، ماهیان به مدت سه ماه در چنین شرایطی پرورش یافتند. طی این مدت با غذای قزل‌آلای شرکت فرادانه روزانه به میزان ۳ تا ۵ درصد از وزنشان تغذیه شدند. برای این منظور در ماه اول آزمایش از خوراک SFT3 و در ماه دوم از خوراک GFT1 و در ماه سوم از خوراک GFT2 استفاده شد.

جدول ۱. آنالیز غذاهای استفاده شده در ماه‌های مختلف آزمایش

نوع خوراک			آنالیز (%)
GFT2	GFT1	SFT3	
۳۶	۳۸	۴۶	پروتئین خام
۱۴	۱۴	۱۳	چربی خام
۱۰	۱۰	۱۳	خاکستر
۱	۱,۱	۱,۵	فسفر
۴	۴	۲,۵	فیبر
۱۱	۱۱	۱۱	رطوبت

اندازه‌گیری فاکتورهای رشد و بازماندگی:

طی سه ماه آزمایش هر ۳۰ روز یک دفعه ماهیان بیومتری شدند. بیومتری با استفاده از تخته بیومتری و ترازوی دیجیتال با دقت دو رقم اعشار صورت گرفت که در هر مرحله ۱۰ قطعه ماهی از هر مخزن به وسیله پودر گل میخک با دوز ۱/۱۰۰۰ بیهوش (مخیر، ۱۳۸۵) و پس از انجام عملیات بیومتری به مخازن بازگردانده شدند. فاکتورهای رشد طبق روش استاندارد (Biswas, 1993) با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شدند.

گرم / (متوسط وزن اولیه - متوسط وزن نهایی) = نرخ رشد مطلق؛

۱۰۰ * تعداد روزها / (لگاریتم طبیعی وزن اولیه - لگاریتم طبیعی وزن نهایی) = نرخ رشد ویژه؛

۱۰۰ * (وزن اولیه / (وزن اولیه - وزن نهایی)) = وزن نسبی؛

تعداد روزها / (وزن اولیه - وزن نهایی) = وزن روزانه کسب‌شده؛

۱۰۰ * (میانگین طول انتهای دوره به سانتی‌متر / میانگین وزن انتهای دوره به گرم) = شاخص وضعیت؛

(بیومس ابتدایی - بیومس نهایی) / غذای مصرف‌شده = ضریب تبدیل غذایی؛

پروتئین مصرف‌شده / افزایش وزن بدن = ارزش تولید پروتئین؛

چربی مصرف‌شده / افزایش وزن بدن = ارزش تولید چربی.

اندازه‌گیری فاکتورهای استرسی:

طی مدت آزمایش در پایان هر ماه همزمان با انجام عملیات بیومتری، از هر تیمار سه قطعه ماهی به صورت تصادفی انتخاب و به وسیله سرنگ ۲

میلی‌لیتری هپارینه از ناحیه ساقه دمی خونگیری شدند. سپس، از طریق ساتتریفیوژ (PPM ۳۰۰۰، ۷ دقیقه) پلاسمای خون از سلول‌های خونی جدا شد. پس از آن میزان هورمون کورتیزول به روش الایزای رقابتی در طول موج ۴۵۰ نانومتر و میزان گلوکز به روش آنزیمی فتومتری و در طول موج ۵۴۶ نانومتر با استفاده از کیت‌های شرکت پارس آزمون سنجیده شد.

تجزیه و تحلیل آماری

با استفاده از نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل داده‌ها به روش آنالیز واریانس یک‌طرفه و مقایسه بین تیمارها به کمک آزمون دانکن انجام و در انتها وجود یا نبود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ محاسبه شد.

۳. نتایج

در پایان مدت آزمایش نتایج این مطالعه نشان داد که افزایش تراکم ماهی پیرانا به میزان ۱۰۰ قطعه ماهی در متر مکعب در سیستم مداربسته در فاکتورهای رشد شامل میانگین وزن بدن، نرخ رشد مطلق و وزن کسب‌شده روزانه تأثیر منفی دارد ($P < 0/05$). تأثیر منفی تراکم ذخیره‌سازی روی این فاکتورها در خصوص میانگین وزن بدن از ماه دوم و در خصوص فاکتورهای نرخ رشد مطلق و وزن کسب‌شده روزانه از ماه سوم نمایان شد. اما تراکم ذخیره‌سازی در فاکتورهای نرخ رشد ویژه، نرخ رشد نسبی و شاخص وضعیت تأثیری نداشت ($P > 0/05$) و در انتهای آزمایش بازماندگی در تمامی تیمارها ۱۰۰ درصد بود. همچنین، این تراکم از ماه دوم به بعد در فاکتورهای تغذیه‌ای شامل ضریب تبدیل غذایی، ارزش تولید پروتئین و چربی تأثیر منفی داشت ($P < 0/05$).

میزان کورتیزول و گلوکز خون ماهیان تیمار ۳ (تراکم ۱۰۰ قطعه ماهی در متر مکعب) به طور معنی‌داری نسبت به تیمارهای با تراکم کمتر افزایش یافت ($P < 0/05$).

نتایج اندازه‌گیری فاکتورهای استرسی شامل کورتیزول و گلوکز نیز نشان داد که تراکم ذخیره‌سازی تا میزان ۱۰۰ قطعه ماهی در متر مکعب تا پایان ماه دوم پرورشی تأثیری در میزان این فاکتورها ندارد ($P > 0/05$)، اما در ماه سوم پرورشی

جدول ۲. تغییرات فاکتورهای استرسی ماهی پیرانا در تراکم‌های مختلف در سیستم مدار بسته

تیمار			زمان	فاکتور
C (تراکم ۱۰۰ قطعه ماهی)	B (تراکم ۷۵ قطعه ماهی)	A (تراکم ۵۰ قطعه ماهی)		
۲۷,۳۰۰±۲,۸۵۱a	۲۶,۳۰۰±۲,۲۶۵a	۲۵,۴۰۰±۲,۰۰۷a	ماه اول	کورتیزول
۳۲,۷۰۰±۱,۷۰۶a	۳۱,۴۳۳±۰,۷۵۷a	۲۹,۶۰۰±۲,۳۵۲a	ماه دوم	نانوگرم بر
۴۳,۰۰۰±۲,۱۵۲b	۳۶,۶۰۰±۱,۱۵۳a	۳۴,۹۰۰±۱,۳۲۳a	ماه سوم	دسی‌لیتر
۹۸,۶۰۰±۵,۳۷۸a	۹۶,۵۰۰±۱,۳۷۵a	۹۷,۱۶۷±۶,۰۵۸a	ماه اول	گلوکز
۱۲۲,۷۰۰±۴,۲۵۸a	۱۲۰,۸۰۰±۴,۵۱۳a	۱۱۵,۳۰۰±۳,۳۶۵a	ماه دوم	میلی‌گرم بر
۱۴۷,۲۰۰±۳,۸۷۴b	۱۳۴,۶۰۰±۲,۷۱۸a	۱۳۱,۵۰۰±۳,۲۴۲a	ماه سوم	دسی‌لیتر

جدول ۳. تغییرات فاکتورهای رشد و تغذیه‌ای ماهی پیرانا در تراکم‌های مختلف در سیستم مدار بسته

تیمار			زمان	فاکتور
C (تراکم ۱۰۰ ماهی)	B (تراکم ۷۵ ماهی)	A (تراکم ۵۰ ماهی)		
۲۸,۳۹±۲,۳۱a	۳۰,۴۲±۳,۶۹a	۳۱,۳۰±۲,۹۰a	ماه اول	میانگین وزن ماهیان (گرم)
۷۳,۹۵±۲,۲۶a	۷۹,۵۷±۴,۴۱ab	۸۴,۵۱±۳,۷۲a	ماه دوم	
۱۷۰,۷۱±۴,۹۹a	۱۹۹,۱۱±۵,۸۷b	۲۰۲,۴۱±۵,۲۰b	ماه سوم	
۲۴,۸۷±۲,۳۱a	۲۶,۹۰±۳,۶۹a	۲۷,۷۸±۲,۹۰a	ماه اول	نرخ رشد مطلق گرم (AGR)
۴۵,۵۶±۴,۳۵a	۴۹,۱۵±۱,۵۲a	۵۳,۲۱±۴,۶۶a	ماه دوم	
۹۶,۷۷±۶,۶۸a	۱۱۹,۵۴±۵,۳۲b	۱۱۷,۹±۳,۹۷b	ماه سوم	
۲,۰۹±۰,۰۸۰a	۲,۱۵±۰,۱۲۵a	۲,۱۸±۰,۰۹۲a	ماه اول	نرخ رشد ویژه (درصد در روز) (SGR)
۰,۹۵۹±۰,۱۰۶a	۰,۹۹۶±۰,۰۷۵a	۰,۹۹۶±۰,۱۰۰a	ماه دوم	
۰,۸۳۷±۰,۰۵۴a	۰,۹۱۸±۰,۰۴۸a	۰,۸۷۴±۰,۰۳۳a	ماه سوم	
۷,۰۶±۰,۶۶a	۷,۶۴±۱,۰۵a	۷,۸۹±۰,۸۲a	ماه اول	نرخ رشد نسبی (درصد) (WG)
۱,۶۲±۰,۲۷۴a	۱,۶۳±۰,۲۰۲a	۱,۷۲±۰,۲۶۲a	ماه دوم	
۱,۳۱±۰,۱۲۳a	۱,۵۱±۰,۱۱۷a	۱,۴۰±۰,۰۷۹a	ماه سوم	

ادامه جدول ۳. تغییرات فاکتورهای رشد و تغذیه‌ای ماهی پیرانا در تراکم‌های مختلف در سیستم مداربسته

تیمار			زمان	فاکتور
C (تراکم ۱۰۰ ماهی)	B (تراکم ۷۵ ماهی)	A (تراکم ۵۰ ماهی)		
۰,۸۲۹±۰,۰۷۷a	۰,۸۹۷±۰,۱۲۳a	۰,۹۲۶±۰,۰۹۷a	ماه اول	وزن کسب‌شده روزانه (DWG) (گرم)
۱,۵۲±۰,۱۴۵a	۱,۶۴±۰,۰۵۱a	۱,۷۷±۰,۱۵۵a	ماه دوم	
۳,۲۳±۰,۲۲۳a	۳,۹۸±۰,۱۷۷b	۳,۹۳±۰,۱۳۲b	ماه سوم	
۲,۷۵±۰,۲۴۱a	۲,۸۹±۰,۲۷۴a	۲,۹۸±۰,۱۳۱a	ماه اول	شاخص وضعیت (CF)
۶,۰۸±۰,۲۶۳a	۶,۳۱±۰,۲۷۷a	۶,۶۰±۰,۲۴۲a	ماه دوم	
۱۲,۱۱±۱,۰۹a	۱۲,۶۹±۱,۲۸a	۱۲,۴۹±۱,۲۰a	ماه سوم	
۰,۷۴۵±۰,۰۳۷a	۰,۷۲۱±۰,۰۱۲a	۰,۷۱۴±۰,۰۱۱a	ماه اول	ضریب تبدیل غذایی (FCR) (کیلوگرم)
۰,۹۸±۰,۰۳۶b	۰,۹۳۱±۰,۰۳۶ab	۰,۸۸۸±۰,۰۳۲a	ماه دوم	
۱,۳۶±۰,۰۴۳b	۱,۲۷±۰,۰۷۰b	۱,۱۶±۰,۰۰۸a	ماه سوم	
۲,۹۲±۰,۱۴۱a	۳,۰۲±۰,۰۵۰a	۳,۰۵±۰,۰۴۷a	ماه اول	ارزش تولید پروتئین (PPV)
۲,۶۹±۰,۱۰۱a	۲,۸۳±۰,۱۱۰ab	۲,۹۷±۰,۱۰۸b	ماه دوم	
۲,۰۶±۰,۰۶۶a	۲,۱۹±۰,۱۱۷a	۲,۴۰±۰,۰۱۶b	ماه سوم	
۱۰,۳۴±۰,۵۰۰a	۱۰,۶۷±۰,۱۷۹a	۱۰,۷۸±۰,۱۶۶a	ماه اول	ارزش تولید چربی (LPV)
۷,۳۰±۰,۲۷۲a	۷,۶۸±۰,۲۹۷ab	۸,۰۵±۰,۲۹۴b	ماه دوم	
۵,۳۰±۰,۱۷۰a	۵,۶۲±۰,۳۰۲a	۶,۱۷±۰,۰۴۲b	ماه سوم	

۴. بحث و نتیجه‌گیری

با مطالعات زیادی که روی اثر تراکم در شاخص‌های رشد ماهیان انجام شده است، به دلیل کاربردی بودن و سودبخشی زیاد این‌گونه آزمایش‌ها در صنعت آبزی‌پروری، پژوهشگران مراکز مطالعاتی علاقه زیادی به انجام چنین تحقیقاتی از خود نشان می‌دهند و هر ساله مقالات زیادی در این زمینه روی گونه‌های آبزی جدید که احتمال سودآوردن آن‌ها در بخش آبزی‌پروری می‌رود منتشر می‌شود.

این‌گونه مطالعات در گونه‌ها و شرایط مختلف، نتایج متفاوتی را همراه داشته است. برای مثال، تراکم ذخیره‌سازی بالاتر در خصوص ماهیان Arctic charr

و European sea bass موجب افزایش رشد (Papoutsoglou et al., 1998; Wallace et al., 1988) و در خصوص ماهیان *Siganus rivulatus* (Saoud et al., 2008) و *Osfphonemus goramy* (Ebrahimi et al., 2010) بی اثر در میزان رشد و در خصوص ماهیان تیلاپپای نیل (*Oreochromis niloticus*) و توربوت (*Scophthalmus maximus*) موجب کاهش رشد شده است (Abdel Tawwab, et al., 2005; Magalhaes Goncalves, et al., 2010).

این‌گونه مطالعات در خصوص تراکم ذخیره‌سازی درباره گونه‌های مختلف ماهیان خانواده Characidae نیز در استخرهای خاکی، قفس و سیستم مداربسته

می‌توانست موجب افزایش رشد شود صرف مقابله با عوامل استرس‌زا شده است. برخی محققان تراکم را به منزله عامل استرس‌زا در پرورش ماهیان به حساب می‌آورند (Trzebniatowski et al., 1981; Leatherland and Cho, 1985; Wang et al., 2000) به گونه‌ای که هنگام افزایش تراکم، سطوح کورتیزول که به منزله هورمون استرس شناخته شده است با تأثیر روی محور هیپوفیز بین کلیوی در برخی از گونه‌ها بالا می‌رود. این در حالی است که برخی دیگر بر این باورند که تراکم عامل اصلی استرس در ماهی نیست، بلکه رقابت بر سر غذا و مکان در تراکم‌های بالا عامل استرس است که تأثیر منفی در رشد دارد (Boujard et al., 2002).

در تحقیق حاضر هرچند بازماندگی در تمامی تیمارها ۱۰۰ درصد بود، اما در تیمار ۱۰۰ قطعه ماهی در متر مکعب میانگین وزن ماهیان از ماه دوم به بعد کاهش و فاکتورهای استرسی (کورتیزول و گلوکز) خون از ماه سوم به بعد افزایش یافت ($P < 0.05$). لذا با توجه به نتایج این مطالعه بهترین تراکم ذخیره‌سازی در سیستم مداربسته برای پرورش پیرانا (*P. brachypomus*) ۷۵ قطعه ماهی در متر مکعب توصیه می‌شود، هرچند افزایش دامنه تراکم‌های تحت بررسی احتمالاً تفاوت‌ها را در خصوص فاکتورهای رشد و استرس با قاطعیت بیشتری نشان می‌دهد.

مطالعه بالا به منزله تنها پژوهش انجام‌شده در خصوص پرورش این ماهی در سیستم مداربسته است و می‌تواند در نقش معیاری برای فاکتورهای رشد و استرس در این گونه استفاده شود.

انجام شده است. Kohler و همکارانش در سال ۱۹۹۷ در مطالعه‌ای عنوان کردند که افزایش تراکم ماهی پیرانا (*P. brachypomus*) در استخرهای خاکی تأثیری در میزان رشد تیمارهای مختلف ندارد. همچنین، نتایج دیگر مطالعات در خصوص یکی دیگر از گونه‌های پیرانا (*P. macropomus*) در شرایط پرورش در قفس نشان داده است که افزایش تراکم ذخیره‌سازی نه تنها در میزان رشد تأثیری ندارد، بلکه موجب کاهش ضریب تبدیل غذایی نیز می‌شود (Gomes et al., 2006). به نظر می‌رسد اختلاف میان نتایج مطالعات ذکرشده و تحقیق حاضر به علت شرایط متفاوت پرورشی و اختلاف میان بیومس انتهایی تیمارهای مختلف باشد.

اما نتایج تحقیقات انجام‌شده روی اثر تراکم ذخیره‌سازی در شاخص‌های رشد ماهی (*P. mesopotamicus*) در سیستم مداربسته نشان‌دهنده کاهش رشد ماهیان تیمارهای با تراکم بالاتر است (Dominguez Castanedo and Martinez Espinosa, 2012) که نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد.

در این تحقیق فاکتورهای استرسی (کورتیزول و گلوکز) خون نیز در تیمار با تراکم ۱۰۰ قطعه ماهی در متر مکعب همراه کاهش میانگین وزن بدن ماهیان افزایش معنی‌داری را نشان دادند. مکانیسم فیزیولوژیکی بدن ماهیان تحت بررسی تراکم را عاملی تنش‌زا تلقی کرده و در راستای تعدیل و رفع این تنش میزان هورمون کورتیزول به منزله پاسخی فیزیولوژیک به این عامل استرس‌زا افزایش یافته است. بدین طریق بخشی از انرژی دریافتی ماهیان که

References

- [1]. Abdel Tawwab, M., Mousa, M.A.A., Sharaf, S.M., Ahmad, M.H., 2005. Effect of crowding stress on some physiological function of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) Fed Different Dietary Protein Levels. International Journal of Zoological Research 1: 41-47.
- [2]. Bascinar, N., Okumus, I., Bascinar, N., Saglam, H., 2001. The influence of daily feeding frequency on growth and feed consumption of rainbow trout fingerlings (*Oncorhynchus mykiss*) reared at 18.5-22.5 °C. The Israeli Journal of Aquaculture Bamidge 53 (2):80-83.
- [3]. Biswas, S.P., 1993. *Manuel of methods in fish biology*. Fish biology and ecology laboratory, Dibrugarh University, Dibrugarh. 157 p.
- [4]. Boujard, T., Labbe, L., Benoit, B., 2002. Feeding behaviour, energy expenditure and growth of rainbow trout in relation to stocking density and food accessibility. Aquaculture Research 33:1233-1242.
- [5]. Dominguez Castanedo, O., Martinez Espinosa, D.A., 2012. Performance of recirculating aquaculture systems in the intensive farming of Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Tropical Biology 60:381-391.
- [6]. Ebrahimi, M. H., Imanpoor, M.R., Adloo, M.N., 2010. Effect of density on growth, survival, blood and muscle parameters in giant goramy, *Osphronemus goramy* Lacepede, 1801. Journal of Fisheries 4 (2):97-105.
- [7]. Gomes, L., Chagas C.E., Heitor, C.M., Roubach, J.R., Ono, E., Nestor, A.J., Lourenco, P., 2006. Cage culture of tambaqui (*Piaractus macropomum*) in a central Amazon flood plain lake. Journal of Aquaculture 253:374-384.
- [8]. Goulding, M., Carvalho, M.L., 1982. Life history and management of the Tambaqui (*Colossoma macropomum*): an important Amazonian food fish. Revista Brasileira de Zoologia 1 (2):107-133.
- [9]. Hogendoorn, H., Van Hees, J.P., 1983. Growth and production of the African catfish, *Clarias lazera*. Effects of body weight, temperature and feeding level in intensive tank culture. Aquaculture 34:265-285.
- [10]. Kaiser, H., Weyl, O., Hecht, T., 1995. The effect of stocking density on growth, survival and agonistic behaviour of African catfish. Aquaculture International 3:217-225.
- [11]. Leatherland, J.F., Cho, C.Y., 1985. Effect of rearing density of thyroid and interrenal gland activity and plasma and hepatic metabolite levels in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Fish Biology 27:583-592.
- [12]. Magalhaes Goncalves, J.F., Silva Turini, B.G., Almeida Ozorio, R.O., 2010. Performance of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*) fed varying dietary L-carnitine levels at different stocking densities. Science Agriculture 67:151-157.
- [13]. Papoutsoglou, S.E., Tziha, G., Vrettos, X., Athanasiou, A., 1998. Effects of stocking density on behavior and growth rate of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles reared in a closed circulated system. Aquaculture Engineering 18:135-144.

- [14]. Peralta, M., Teichert-Coddington, D.R., 1989. Comparative production of *Colossoma macropomum* and *Tilapia nilotica* in Panama. World Aquaculture Society 20:236-239.
- [15]. Saoud, I.P., Ghanawi, J., Lebbos, N., 2008. Effects of stocking density on the survival, growth, size variation and condition index of juvenile rabbit fish *Siganus rivulatus*. Aquaculture International 16:109-116.
- [16]. Supliey, F. M. 2007. Freshwater fish seed resources in Brazil. Assessment of freshwater fish seed resources for sustainable aquaculture, In: Bondad Reantaso, M.G (Ed), 2007. Rome: Fisheries and aquaculture department. 129-143.
- [17]. Trzebionowski, R., Filipiak, J., Jakubowski, R., 1981. Effect of stocking density on growth and survival of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 22:289-295.
- [18]. Verreth, J., Den Bieman, H., 1987. Quantitative feed requirements of African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell) larvae fed with decapsulated cysts of Artemia . I. The effect of temperate and feeding level. Aquaculture 65:251-267.
- [19]. Vijayan, M.M., Moon, T.W., 1992. Acute handling stress alters hepatic glycogen metabolism in food deprived rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 49:2260-2266.
- [20]. Vijayan, M.M., Moon, T.W., 1994. The stress response and the plasma disappearance of corticosteroid and glucose in a marine teleost, the sea raven. Canadian Journal of Zoology 72: 379-386.
- [21]. Wallace, J.C., Kolbeinshaven, A., Reinsnes, T.G., 1988. The effects of stocking density on early growth in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). Aquaculture 73:101-110.
- [22]. Wang, N., Hayward, R.S., Noltie, D.B., 2000. Effects of social interaction on growth of juvenile hybrid sunfish held at two densities. North American Journal of Aquaculture 62:161-167.
- [23]. Wedemeyer, G.A., 1996. Physiology of fish in intensive culture systems. New York: Chapman and Hall. 302p.