اثر تراکم بر شاخص‌های رشد، کارایی غذا و کیفیت آب در دورگه حاصل از تلاقی ماهی ماش ماده (♀ *Aspius aspius*) × سفید نر (♂ *Rutilus frisii*)

محدثه باقری[۱]، بهرام فلاحتکار*[۱و۲]، ایرج عفت‌پناه[۳]

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، گیلان، ایران، صندوق پستی: ۱۱۴۴

۲- گروه علوم دریایی، پژوهشکده حوضه آبی دریای خزر، دانشگاه گیلان، رشت، گیلان، ایران

۳- مرکز تکثیر و بازسازی ذخایر ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف‌پور سیاهکل، سیاهکل، گیلان، ایران

تاریخ دریافت: ۶ دی ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: ۹ اردیبهشت ۱۳۹۴

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی اثر تراکم بر عملکرد رشد، تغذیه و پارامترهای کیفی آب و تعیین یک تراکم بهینه به منظور پرورش دورگه ماش (♀ *Aspius aspius*) و سفید (♂ *Rutilus frisii*) انجام شد. ماهیان با وزن متوسط اولیه ۰/۰۴ ± ۶۰/۴۱ گرم (میانگین ± خطای استاندارد) در پنج تراکم ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب (۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ عدد ماهی در هر مخزن) به مدت ۸ هفته پرورش یافتند. در انتهای دوره پرورش، بیشترین میانگین وزن بدن در تراکم ۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب و کمترین در تراکم ۲ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد ($P<0/05$). شاخص‌های رشد از قبیل میانگین وزن، میزان افزایش وزن، درصد رشد روزانه، نرخ رشد ویژه و شاخص وضعیت با افزایش تراکم به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<0/05$). همچنین افزایش تراکم باعث افزایش معنی‌داری در مقدار غذای خورده شده گردید ($P<0/05$)، در حالی‌که کارایی غذا، نرخ بازده پروتئین و نرخ بازده چربی تفاوت قابل ملاحظه‌ای را بین تیمارهای مختلف نشان ندادند ($P>0/05$). پارامترهای کیفی آب شامل اکسیژن محلول، pH، آمونیاک کل، نیترات کل و نیتریت کل نیز در بین تراکم‌های مختلف تقریباً مشابه بودند و اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند ($P>0/05$). با توجه به نتایج به‌دست آمده به نظر می‌رسد که پرورش این دورگه در تراکم ۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب و یا بیشتر بدون هیچگونه اثر منفی بر روی عملکرد رشد و تغذیه امکان‌پذیر می‌باشد.

کلمات کلیدی: ماهی سفید، ماهی ماش، تراکم، رشد، کارایی غذا، کیفیت آب.

*عهده‌دار مکاتبات (✉)، falahatkar@guilan.ac.ir

مقدمه

ماهیان دارای یکسری نیازمندی‌های فیزیکی و شیمیایی خاص در ارتباط با محیط آبی هستند و درصورتیکه این نیازها برآورده نشوند سریعاً دچار استرس شده و سلامت و بقای آنها به خطر می‌افتد (Conte, 2004). تراکم بهینه یکی از نیازمندی‌های ضروری ماهیان در سیستم‌های مختلف پرورشی تلقی می‌گردد که می‌تواند تاثیر مهمی در موفقیت آبزی‌پروری داشته باشد (Barton, 2000; Ellis *et al*., 2002; Fréchette, 2005)، خصوصاً در مواردی که تراکم‌های بالا در فضای پرورشی محدود برای دستیابی به تولید بیشتر اعمال می‌شود (Ashley, 2007). غالباً تراکم بالا در نتیجه تلاش برای به حداکثر رساندن سود و به حداقل رساندن هزینه‌های نگهداری ماهی از طریق استفاده حداکثری از سیستم‌های پرورشی اعمال می‌گردد که تا حد زیادی به کیفیت آب پرورش بستگی دارد، به‌طوری‌که اگر تراکم پرورش از حد بهینه بیشتر باشد، با کاهش کیفیت آب اثرات مخربی بر روی سلامت ماهیان برجای می‌گذارد (Portz *et al*., 2006; Rafatnezhad *et al*., 2008). از آنجایی‌که امروزه توجه خاصی به سلامت ماهیان پرورشی می شود، تراکم به عنوان یک نگرانی عمومی مورد توجه قرار گرفته است، تا جایی که مطالعات بسیاری در زمینه اثر تراکم بر رشد، تغذیه و رفتار در بسیاری از ماهیان از جمله قزل‌آلا و آزادماهیان (Papoutsoglou *et al*., 1987; Brown *et al*., 1992)، باس دریایی (Papoutsoglou *et al*., 1998)، کفشک ماهیان (Duan *et al*., 2011)، تیلاپیا (Ridha, 2006)، گربه‌ماهیان (Rahman *et al*., 2006)، کپورماهیان (Zarski *et al*., 2008) و ماهیان خاویاری (Rafatnezhad *et al*., 2008; Li *et al*., 2012) انجام شده است.

ماهی سفید (*Rutilus frisii* Kamansky, 1901) از خانواده کپورماهیان (Cyprinidae)، محبوب‌ترین ماهی خوراکی در سواحل جنوبی دریای خزر می‌باشد و یکی از ماهیان با ارزش اقتصادی در صنعت ماهیگیری ایران است (عبدلی، ۱۳۷۸). با این وجود، این ماهی در ایران با موفقیت تا اندازه بازاری پرورش داده نمی‌شود و تنها با هدف حفاظت و بازسازی ذخایر سالانه تکثیر و به رودخانه‌های منتهی به دریای خزر رهاسازی می‌شود (Amini *et al*., 2007). ماهی ماش (*Aspius aspius* Linnaeus, 1758) نیز از خانواده کپورماهیان است که در لیست قرمز IUCN در طبقه دارای کمترین نگرانی (Least Concern) قرار گرفته است (Kottelat and Freyhof, 2008)، اما در برخی نقاط از جمله ایران، شرایط این گونه در حد مطلوبی ارزیابی نمی‌گردد (Falahatkar and Tolouei Gilani, 2013).

دورگه‌گیری یک تکنیک تولیدمثلی است که با هدف تولید یک گونه آبزی با صفات مطلوب و یا بهبود در عملکرد آن، توسط آبزی‌پروران مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌طورکلی هدف از این کار تولید فرزندانی است که عملکرد بهتری نسبت به هر دو گونه والدین خود داشته باشند (Hulata, 2001). دورگه‌گیری در تعداد بیشماری از ماهیان برای افزایش نرخ رشد، دستکاری نسبت جنسی، تولید حیوانات عقیم، بهبود کیفیت گوشت، افزایش مقاومت در برابر بیماری و افزایش تحمل شرایط زیست محیطی استفاده می‌شود (Bartley *et al*., 2001).

از آنجایی‌که تولید هیبریدهای درون‌گونه‌ای تامین‌کننده بخشی از نیازهای منابع پروتئینی دریایی هستند، دورگه ماش ماده × سفید نر (*Aspius aspius* ♀ × *Rutilus frisii* ♂) می‌تواند در این راستا سهم بسزایی داشته باشد. بررسی‌های اولیه حاکی از رشد مطلوب، عادت‌پذیری سریع با غذای دستی، تغذیه مناسب، درصد بقای بالا و سازگاری مطلوب با محیط پرورشی در این دورگه می‌باشد (Falahatkar *et al.*, 2013) که تفاوت‌های قابل توجهی را در مقایسه با والدین نشان می‌دهد، از این رو می‌تواند شرایط رشد ضعیف ماهی سفید و عدم پرورش ماهی ماش در سیستم‌های پرورشی را جبران نماید و به عنوان یک دورگه مناسب برای آبزی‌پروری مطرح گردد. با وجود این، معرفی آن نیازمند یکسری مطالعات در جهت تعیین نیازمندی‌های اولیه برای پرورش بازاری می‌باشد. بنابراین تعیین تراکم بهینه به منظور پرورش این دورگه می‌تواند در اولویت بررسی اینگونه نیازمندی‌ها قرار گیرد. بدین منظور این مطالعه با هدف تاثیر تراکم‌های پرورشی مختلف بر عملکرد رشد، میزان تغذیه و کارایی غذا در دورگه ماش ماده × سفید نر انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در مرکز تکثیر و بازسازی ذخایر ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف‌پور (سیاهکل، گیلان، ایران) از مهر تا آذر ۱۳۹۲ انجام شد. در فروردین ۱۳۹۱، دورگه‌های آزمایشی از یک مولد ماده ماش (با دو مرحله تزریق) و سه مولد نر سفید (بدون تزریق) تولید شدند و لاروهای حاصله به منظور تغذیه و پرورش به استخرهای خاکی منتقل گردیدند (Falahatkar *et al.*, 2013). در شهریور ۱۳۹۲، دورگه‌ها از استخر خاکی به ۳ مخزن فایبرگلاس ۲۰۰۰ لیتری انتقال یافتند. پس از اطمینان از عدم تلفات ناشی از حمل و نقل، همه ماهیان از لحاظ سلامت و وضع ظاهری بررسی شده و با تراکم اولیه ۲ کیلوگرم بر مترمکعب جهت عادت‌دهی آنها با غذای دستی و تطابق با شرایط آزمایش به مدت ۲۰ روز در مخازن بتونی مدور با ظرفیت تقریبی ۶۰۰ لیتر توزیع شدند. فتوپریود طبیعی و جریان مداوم آب (با دبی ۰/۴۳ ± ۸/۸۷ لیتر بر دقیقه) برای همه مخازن آزمایشی برقرار بود.

جدول ۱: ترکیبات غذای تجاری مورد استفاده در تغذیه ماهیان دورگه حاصل از تلاقی ماش ماده × سفید نر (*Aspius aspius* ♀ × *Rutilus frisii* ♂)

ترکیبات غذا[1]	مقدار
رطوبت (حداکثر) (٪)	۱۰
پروتئین خام (٪)	۴۰
چربی خام (٪)	۱۸
فیبر خام (٪)	۲/۵
خاکستر خام (٪)	۹
عصاره عاری از ازت (٪)	۱۴
کلسیم (٪)	۲/۲
فسفر (٪)	۰/۷
ویتامین A (IU)	۳۵۰۰
ویتامین D_3 (IU)	۲۰۰۰
ویتامین E (IU)	۱۸۵
انرژی قابل هضم (کیلوکالری بر مگاژول)	۴۶۰۰

[1] غذای اکسترود قزل‌آلا (اصفهان مکمل، اصفهان، ایران)، با قطر تقریبی ۵/۵ میلی‌متر، ساخته شده برای مرحله رشد ۲ (G2)

این مطالعه در قالب یک طرح کاملاً تصادفی در ۵ تیمار به مدت ۸ هفته انجام شد. تراکم‌های آزمایشی برای ماهیانی با وزن متوسط اولیه ۰/۰۴ ± ۶۰/۴۱ گرم،

در مقادیر ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب (۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ عدد ماهی در هر مخزن) لحاظ و برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد. تغذیه ماهیان به صورت دستی و بر اساس اشتها سه وعده در روز (ساعات ۱۰، ۱۵ و ۲۰) و با استفاده از غذای اکسترود تجاری قزل‌آلا (جدول ۱) انجام شد. سیفون مخازن روزانه یک ساعت قبل از غذادهی به منظور حذف غذای خورده نشده احتمالی و فضولات ماهی از سیستم پرورشی انجام گرفت و پس از آن عمق هر مخزن برای حفظ تراکم‌های آزمایشی بررسی و تنظیم شد.

برای بررسی عملکرد رشد، ماهیان هر ۲ هفته یکبار ۲۴ ساعت پس از قطع غذادهی در ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پودر گل میخک بیهوش شدند و به صورت انفرادی با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت یک گرم [توزین توان سنجش (محک)، کرج، ایران] مورد زیست‌سنجی قرار گرفتند و سپس شاخص‌های رشد برای هر تراکم آزمایشی طبق معادلات زیر محاسبه شد (Abdullah et al., 1987; Rafatnezhad *et al.*, 2008):

$$WG\ (g) = W_f - W_i$$

WG: افزایش وزن (گرم)، W_i: وزن اولیه (گرم)، W_f: وزن نهایی (گرم)

$$ADG\ (\%) = 100 \times (W_f - W_i) / W_i \times T$$

ADG: درصد رشد روزانه (درصد)، T: تعداد روزهای آزمایش

$$SGR\ (\%.Day^{-1}) = 100 \times (Ln\ W_f - Ln\ W_i) / T$$

SGR: نرخ رشد ویژه (درصد / روز)، $Ln\ W_i$ و $Ln\ W_f$: لگاریتم طبیعی میانگین وزن های اولیه و نهایی

$$CF = 100 \times W_f / (L_f)^3$$

CF: شاخص وضعیت، L_f: طول کل نهایی (سانتی‌متر)

$$SR\ (\%) = 100 \times (N_f / N_i)$$

SR: درصد بقا، Ni: تعداد ماهیان در ابتدای دوره، N_f: تعداد ماهیان در انتهای دوره

برای بررسی عملکرد تغذیه، مقدار غذای مصرفی ماهیان به صورت روزانه با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم مدل 5.0.9 (A&D, LTD., Japan) توزین و ثبت شد و در انتها شاخص‌های تغذیه برای هر تیمار آزمایشی با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید (Papoutsoglou *et al.*, 1998; Trenzado *et al.*, 2006):

$$FI\ (g.Fish^{-1}) = FC / N_f$$

FI: مقدار غذای خورده شده هر ماهی (گرم / ماهی)، FC: مقدار کل غذای مصرف شده در طول دوره (گرم)

$$FE\ (\%) = WG / FI$$

FE: کارایی غذا (درصد)

$$PER = WG / FI \times P$$

PER: نرخ بازده پروتئین، P: مقدار پروتئین مصرف شده برای هر ماهی

$$LER = WG / FI \times L$$

LER: نرخ بازده چربی، L: مقدار چربی مصرف شده برای هر ماهی

در طول دوره آزمایش، پارامترهای آب از قبیل دما، اکسیژن محلول و pH به صورت روزانه و با استفاده از اکسی‌متر مدل YK-2001DO (Lutron, Taipei, Taiwan) و آمونیاک، نیترات و نیتریت به صورت هفتگی به روش استاندارد با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر و به ترتیب در طول موج‌های ۴۲۵، ۴۱۰ و ۵۲۰ نانومتر اندازه‌گیری و ثبت شدند.

برای تجزیه و تحلیل آماری، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov و همگن بودن واریانس‌ها با استفاده از آزمون Levene مورد بررسی قرار گرفتند. داده‌های غیر نرمال به روش لگاریتم ۱۰ نرمال شدند. تجزیه و تحلیل داده‌های

حاصل از آزمایش به روش آنالیز واریانس یکطرفه (One-Way ANOVA) و با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای Tukey انجام شد. اختلافات بین میانگین داده‌ها در تیمارهای مختلف با سطح اطمینان ۹۵ ٪ تعیین شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها به وسیله نرم‌افزار (version 16, SPSS (Chicago, IL, USA انجام شد. همه مقادیر به صورت میانگین ± خطای استاندارد (SE) بیان شده‌اند.

نتایج

نتایج حاصل از مطالعه عملکرد رشد ماهیان طی ۸ هفته پرورش در تراکم‌های مختلف آزمایشی در جدول ۲ آمده است. کمترین و بیشترین میانگین وزن بدن ماهیان به ترتیب در تراکم‌های ۲ و ۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد (P<۰/۰۵). شاخص‌های رشد از قبیل میزان افزایش وزن، درصد رشد روزانه و نرخ رشد ویژه با بالا رفتن تراکم افزایش یافت و اختلاف معنی‌داری را بین تراکم‌های ۲ و ۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب نشان داد (P<۰/۰۵). بیشترین مقدار شاخص وضعیت در تراکم‌های ۸ و ۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد که به طور معنی‌داری با تراکم ۲ کیلوگرم بر مترمکعب متفاوت بود (P<۰/۰۵). درصد بقا در همه گروه‌های آزمایشی ۱۰۰ ٪ بود.

جدول ۲: شاخص‌های رشد در تراکم‌های مختلف آزمایشی ماهیان دورگه حاصل از تلاقی ماش ماده × سفید نر (*Aspius aspius* ♀ × *Rutilus frisii* ♂) طی ۵۶ روز دوره پرورش (میانگین ± خطای استاندارد)

شاخص‌های رشد	تراکم‌های آزمایشی (کیلوگرم بر مترمکعب)				
	۲	۴	۶	۸	۱۰
وزن نهایی (گرم)	۶۷/۵۸ ± ۱/۳۳^{b}	۶۸/۶۱ ± ۱/۲۷^{ab}	۶۹/۴۳ ± ۱/۰۳^{ab}	۷۰/۱۸ ± ۱/۰۰^{ab}	۷۲/۵۵ ± ۰/۸۱^{a}
طول کل (سانتی‌متر)	۲۰/۷۴ ± ۰/۱۳	۲۰/۷۷ ± ۰/۱۳	۲۰/۸۰ ± ۰/۰۹	۲۰/۸۴ ± ۰/۱۰	۲۱/۰۷ ± ۰/۰۷
افزایش وزن (گرم)	۷/۰۵ ± ۱/۲۸^{b}	۸/۲ ± ۱/۰۳^{ab}	۸/۹۹ ± ۰/۲۴^{ab}	۹/۹۸ ± ۰/۶۳^{ab}	۱۲/۰۶ ± ۰/۹۱^{a}
درصد رشد روزانه (٪)	۰/۲۱ ± ۰/۰۴^{b}	۰/۲۴ ± ۰/۳۰^{ab}	۰/۲۶ ± ۰/۰۱^{ab}	۰/۳۰ ± ۰/۰۲^{ab}	۰/۳۵ ± ۰/۰۳^{a}
نرخ رشد ویژه (٪/ روز)	۰/۱۹ ± ۰/۰۳^{b}	۰/۲۳ ± ۰/۰۳^{ab}	۰/۲۵ ± ۰/۰۱^{ab}	۰/۲۷ ± ۰/۰۲^{ab}	۰/۳۲ ± ۰/۰۲^{a}
شاخص وضعیت	۰/۷۶ ± ۰/۰۰^{b}	۰/۷۷ ± ۰/۰۰^{ab}	۰/۷۷ ± ۰/۰۰^{ab}	۰/۷۸ ± ۰/۰۰^{a}	۰/۷۸ ± ۰/۰۰^{a}
بقا (٪)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

وضعیت تغذیه و کارایی غذا در ماهیان قرار گرفته در تراکم‌های مختلف آزمایشی در جدول ۳ نشان داده شده است. کمترین میزان مصرف غذا در تراکم ۲ کیلوگرم بر مترمکعب و بیشترین میزان در تراکم ۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد و اختلاف معنی‌داری را بین تیمارهای مختلف نشان داد (P<۰/۰۵). کارایی غذا، نرخ بازده پروتئین و نرخ بازده چربی در بین تراکم‌های مختلف تقریباً مشابه بودند و هیچ اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند (P>۰/۰۵).

نتایج حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای آب (جدول ۴) نشان داد که هیچ اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود ندارد (P>۰/۰۵).

جدول ۳: مقدار مصرف و کارایی غذا در تراکم‌های مختلف آزمایشی ماهیان دورگه حاصل از تلاقی ماش ماده × سفید نر (♀ *Aspius aspius* × ♂ *Rutilus frisii*) طی ۵۶ روز دوره پرورش (میانگین ± خطای استاندارد)

شاخص‌های تغذیه	تراکم‌های آزمایشی (کیلوگرم بر مترمکعب)				
	۲	۴	۶	۸	۱۰
مصرف غذا (گرم/ ماهی)	۱۶/۸۶ ± ۱/۸۹^{c}	۱۹/۴۴ ± ۱/۰۹^{bc}	۲۴/۴۴ ± ۰/۷۹^{ab}	۲۴/۲۹ ± ۱/۷۷^{ab}	۲۶/۴۱ ± ۱/۵۶^{a}
کارایی غذا (٪)	۴۱/۳۰ ± ۴/۵۲	۴۱/۸۶ ± ۲/۷۹	۳۶/۸۲ ± ۰/۵۳	۴۱/۲۶ ± ۲/۳۱	۴۵/۶۷ ± ۲/۰۶
نرخ بازده پروتئین	۱/۰۳ ± ۰/۱۱	۱/۰۴ ± ۰/۰۷	۰/۹۲ ± ۰/۰۱	۱/۰۳ ± ۰/۰۶	۱/۱۴ ± ۰/۰۵
نرخ بازده چربی	۲/۲۹ ± ۰/۲۵	۲/۳۲ ± ۰/۱۵	۲/۰۴ ± ۰/۰۳	۲/۲۹ ± ۰/۱۳	۲/۵۴ ± ۰/۱۱

جدول ۴: پارامترهای آب در تراکم‌های مختلف آزمایشی ماهیان دورگه حاصل از تلاقی ماش ماده × سفید نر (♀ *Aspius aspius* × ♂ *Rutilus frisii*) طی ۵۶ روز دوره پرورش (میانگین ± خطای استاندارد)

پارامترهای آب	تراکم‌های آزمایشی (کیلوگرم بر مترمکعب)				
	۲	۴	۶	۸	۱۰
دما (درجه سانتی‌گراد)	۱۷/۵۹ ± ۰/۶۶	۱۷/۶۶ ± ۰/۶۶	۱۷/۶۳ ± ۰/۶۶	۱۷/۶۳ ± ۰/۶۶	۱۷/۶۹ ± ۰/۶۸
اکسیژن محلول (میلی‌گرم بر لیتر)	۷/۰۵ ± ۰/۱۸	۷/۰۵ ± ۰/۲۵	۶/۹۸ ± ۰/۲۳	۶/۸۷ ± ۰/۱۸	۶/۸۱ ± ۰/۱۸
pH	۷/۹۲ ± ۰/۱۳	۷/۸۳ ± ۰/۱۳	۷/۷۶ ± ۰/۱۴	۷/۷۷ ± ۰/۱۱	۷/۷۸ ± ۰/۱۲
آمونیاک کل (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۱۸ ± ۰/۰۷	۰/۲۵ ± ۰/۰۸	۰/۳۷ ± ۰/۰۴	۰/۲۸ ± ۰/۰۰	۰/۲۳ ± ۰/۰۲
نیترات کل (میلی‌گرم بر لیتر)	۲/۱۷ ± ۰/۰۸	۱/۹۸ ± ۰/۰۱	۱/۹۶ ± ۰/۰۰	۱/۹۸ ± ۰/۱۷	۱/۹ ± ۰/۰۰
نیتریت کل (میلی‌گرم بر لیتر)	۰	۰	۰	۰	۰

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که یک رابطه خطی مستقیم بین تراکم‌های مختلف آزمایشی و عملکرد رشد ماهیان وجود دارد، به‌طوری‌که کمترین و بیشترین میانگین وزن بدن و به دنبال آن، شاخص‌های رشد به ترتیب در تراکم‌های ۲ و ۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. از آنجایی‌که رابطه پیچیده‌ای بین تراکم، رشد و متابولیسم ماهیان وجود دارد، تفسیر این پاسخ دورگه ماش و سفید به تراکم‌های مختلف می‌تواند مشکل باشد. با وجود این، به نظر می‌رسد که این پاسخ ماهیان خاص هر گونه باشد (Papoutsoglou *et al.*, 1998; Rowland *et al.*, 2006; Merino *et al.*, 2007)، به‌طوری‌که در برخی از ماهیان مانند قزل‌آلای رنگین‌کمان (Papoutsoglou *et al.*, 1987)، توربوت (Irwin, *et al.*, 1999)، تیلاپیای نیل (Ridha, 2006)، سیم دریایی سفید (Karakatsouli *et al.*, 2007)، فیل‌ماهی (Rafatnezhad *et al.*, 2008)، ماهی ماش (Żarski *et al.*, 2008)، کاراس (Tolussi *et al.*, 2010) و کفشک ژاپنی (Duan *et al.*, 2011) تراکم‌های بالا اثرات منفی بر روی نرخ رشد بر جای گذاشته است، در حالی‌که در برخی دیگر از ماهیان از جمله ماهی چار قطب شمال (Jorgensen *et al.*, 1993; Brännäs and Linnér, 2000)، گربه ماهی آب شیرین مناطق گرمسیری (Khan, 1994)، باس دریایی اروپایی (Papoutsoglou *et al.*, 1998)، گربه ماهی آفریقایی (Toko *et al.*, 2007) و هامور (Pirozzi *et al.*, 2009)

مشاهده شده که تراکم به طور فزاینده‌ای نرخ رشد را تحت تاثیر قرار داده است که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. علاوه بر این، پاسخ مذکور می‌تواند بسته به سن، سایز، برخی از فاکتورهای خارجی از قبیل نرخ تغذیه و پارامترهای آب و همچنین بازه‌های مختلف تراکم متفاوت باشد (Khan, 1994; Irwin *et al*., 1999; Portz *et al*., 2006; Wocher *et al*., 2011).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که کارایی غذا، نرخ بازده پروتئین و نرخ بازده چربی تحت تاثیر تراکم‌های مختلف آزمایشی قرار نگرفتند، درحالیکه مقدار غذای خورده شده در تراکم‌های بالا به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از تراکم‌های پایین به دست آمد. شاخص وضعیت در تراکم‌های ۸ و ۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب بیشتر از سایر تراکم‌ها بود که می‌تواند نشان دهنده عملکرد مطلوب‌تر ماهیان در دو تراکم بالاتر باشد.

پارامترهای آب در همه مخازن پرورشی تقریباً مشابه بود و به نظر می‌رسد که میزان اکسیژن محلول (۷/۰۵–۶/۸۱ میلی‌گرم بر لیتر) در همه تیمارها در حد ایده‌آل بوده است. علاوه بر این، ترکیبات نیتروژنی آب تحت تاثیر تراکم قرار نگرفت که این امر می‌تواند ناشی از مصرف غذای کمتر به دلیل دمای پایین آب باشد که خود منجر به کاهش دفع فضولات توسط ماهی شده و تولید ترکیبات نیتروژنی کمتری را در پی خواهد داشت و یا ممکن است به علت نرخ تعویض روزانه مناسب آب مخازن باشد. مطالعات نشان داده‌اند که کاهش اکسیژن محلول و افزایش متابولیت‌های نیتروژنی در تراکم بالای پرورش فیل ماهی می‌تواند دلیلی بر کاهش عملکرد رشد این ماهی باشد (Rafatnezhad and Falahatkar, 2011) درحالیکه این تغییرات در پارامترهای آب هیچ تاثیر منفی بر روی نرخ رشد باس دریایی اروپایی نداشته است (Papoutsoglou *et al*., 1998).

هیچ رفتار تهاجمی و غالبیت در بین ماهیان تراکم‌های مختلف در طول دوره پرورش مشاهده نشد. با وجود این به نظر می‌رسد که عملکرد رشد این دورگه ناشی از تعاملات اجتماعی در بین ماهیان باشد. رفتار شنای گروهی ماهیان یکی از تعاملات اجتماعی در اکوسیستم‌های آبی محسوب می‌شود که از مزیت‌های ویژه آن اجتناب از شکارچی می‌باشد (Martins *et al*., 2012). این رفتار همگام با کاهش رفتار تهاجمی در ماهیان می‌تواند به طور بالقوه استرس فیزیولوژیک را در تراکم‌های بالا کاهش دهد و گزارش شده است که می‌تواند با حفظ انرژی، نرخ رشد را در ماهی چار قطب شمال افزایش دهد (Brown *et al*., 1992; Brännäs and Linnér, 2000). به نظر می‌رسد که این اشکال انسجام اجتماعی می‌تواند با کاهش هوشیاری ماهیان برای تشخیص شکارچی منجر به تغییرات قابل توجهی در تغذیه و رفتار آنها در تراکم بالاتر از یک حد معین شود، به طوری‌که در زیر این حد آستانه ممکن است به علت بالا رفتن هوشیاری نسبت به شکارچیان، افزایش فعالیت عمومی و تغذیه ناکارآمد را سبب گردد (Pirozzi *et al*., 2009). با این وجود، این رفتار در دورگه ماش و سفید یک فرضیه بر اساس مشاهدات مطالعه حاضر تلقی می‌شود و نیازمند بررسی‌های بیشتری می‌باشد.

توجه به این نکته حائز اهمیت است که مولدین این دورگه دو گونه وحشی بوده که یافته‌های اندکی در خصوص پرورش و تغذیه آنها در محیط اسارت موجود می‌باشد. اما اطلاعات موجود حاکی از آن است که این دو گونه در زیستگاه طبیعی خود از رشد مطلوبی

برخـــوردار هســـتند (عبـــدلی، ۱۳۷۸؛ کـــازانچف، ۱۹۸۱؛Kottelat and Freyhof, 2007; Coad, 2014). بررسی‌های اولیه نشان داده‌اند که این دورگه بر خـلاف والدین خود توانسته به خوبی در محیط اسـارت رشـد و از غذای تجاری تغذیه نمایـد. بـا ایـن حـال، نـرخ رشـد پایین دورگه ماش و سفید در مطالعه حاضر ممکن است در ارتبـاط بـا دمـای پـایین آب (۰/۳۷ ± ۱۷/۷۲ درجـه سانتی‌گراد) در طول دوره پرورش و تغذیه با یک جیـره غیر منطبق با نیازمندی‌های غذایی آن باشد.

به طور کلی نتـایج ایـن تحقیـق نشـان مـی‌دهـد کـه همبستگی مثبتی بین عملکرد رشد و تراکم‌های پـرورش وجود دارد و نشان دهنده آن است که تراکم‌های بـالاتر از ۱۰ کیلوگرم بـر مترمکعـب مـی‌توانـد بـرای پـرورش دورگـه مـاش و سـفید مناسـب باشـد. بـا وجـود ایـن، بررسی‌های بیشـتری بـرای درک فاکتورهـای دخیـل در رشـد و متابولیسـم ایـن دورگـه جدیـد در تـراکم‌هـای مختلف نیاز است که می‌توان به مطالعاتی از قبیـل رفتـار گروهی این دورگه در محیط پرورشی، پرورش متراکم در شرایط دمایی بهینه و تغذیه از جیـره‌هـای متناسـب بـا نیازمندی غذایی آنها و همچنین پـرورش در اسـتخرهای خاکی به صورت تک و یا چند گونه‌ای اشاره کـرد. در صورتیکه این دورگـه در مقیـاس تجـاری و در سـنین و اندازه‌های مختلف در شرایط متـراکم بـه رشـد مطلـوبی دست یابد، می‌تواند بـه عنـوان یـک مـاهی پرورشـی در کنار سایر کپورماهیان مطرح گردد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از کارشناسان و کـارگران محتـرم مرکـز تکثیر و بازسازی ذخایر ماهیان دریـایی شـادروان دکتـر یوسف‌پور سـیاهکل و دانشـگاه گـیلان بـه ویـژه آقایـان مهنـدس مکنـت‌خـواه، مهنـدس رحمتـی و مهنـدس موسی‌پور و تمـامی کسـانی کـه در جهـت اجـرای ایـن پروژه از حمایت بی‌دریغشان بهره‌منـد بـوده‌ایـم، کمـال تشـکر را داریـم. همچنـین از صـندوق حمایـت از پژوهشگران و فناوران کشور جهت حمایـت‌هـای مـالی این مطالعه (پروژه شماره ۹۲۰۱۴۱۲۲) سپاسگزاریم.

منابع

۱. عبدلی، ا.، ۱۳۷۸. ماهیان آب‌های داخلی ایـران. مـوزه طبیعی و حیات وحش ایران، ۳۷۸ ص.
۲. کازانچف، آ.ن.، ۱۹۸۱. ماهیان دریـای خـزر و حوضـه آبریـز آن. ترجمـه ابوالقاسـم شـریعتی، ۱۳۷۱، شـرکت سهامی شیلات ایران، ۱۷۱ صفحه.
3. Amini, F., Zamini, A.A., Ahmadi, M.R., 2007. Intergeneric hybridization between Kutum, *Rutilus frisii kutum*, and Bream, *Abramis brama orientalis*, of the Caspian Sea, Journal of the World Aquaculture Society, 38, 497–505.
4. Ashley, P.J., 2007. Fish welfare: Current issues in aquaculture, Applied Animal Behaviour Science, 104, 199–235.
5. Bartley, D.M., Rana, K., Immink, A.J., 2001. The use of inter-specific hybrids in aquaculture and fisheries, Reviews in Fish Biology and Fisheries, 10, 325–337.
6. Barton, B.A., 2000. Stress. In: Stickney, R.R., (Eds), Encyclopedia of Aquaculture. John Wiley & Sons, 892–898.
7. Brännäs, E., Linnér, J., 2000. Growth effects in Arctic charr reared in cold water: Feed frequency, access to bottom feeding and stocking density, Aquaculture International, 8, 381–389.
8. Brown, G.E., Brown, J.A., Srivastava, R.K., 1992. The effect of stocking density on the behaviour of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.), Journal of Fish Biology, 41, 955–963.
9. Coad, B.W., 2014. Freshwater Fishes of Iran. Available at http://www.briancoad.com. Cited 4 June 2014.
10. Conte, F.S., 2004. Stress and the welfare of cultured fish, Applied Animal Behaviour Science, 86, 205–223.

11. Duan, Y., Dong, X., Zhang, X., Miao, Z., 2011. Effects of dissolved oxygen concentration and stocking density on the growth, energy budget and body composition of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). Aquaculture Research, 42, 407–416.
12. Ellis, T., North, B., Scott, A.P., Bromage, N.R., Porter, M., Gadd, D., 2002. The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout, Journal of Fish Biology, 61, 493–531.
13. Falahatkar, B., Meknatkhah, B., Efatpanah, I., 2013. Hybrid production of Asp (*Aspius aspius* ♀) × Caspian Kutum (*Rutilus frisii* ♂): A preliminary results of fertilization. Aquaculture Europe, Trondheim, Norway, 9–12 August 2013.
14. Fréchette, M., 2005, A comment on the methodology of stocking experiments, Aquaculture, 250, 291–299.
15. Hulata, G., 2001. Genetic manipulations in aquaculture: a review of stock improvement by classical and modern technologies, Genetica, 111, 155–173.
16. Irwin, S., O'Halloran, J., FitzGerald, R.D., 1999. Stocking density, growth and growth variation in juvenile turbot, *Scophthalmus maximus* (Rafinesque), Aquaculture, 178, 77–88.
17. Jorgensen, E.H., Christiansen, J.S., Jobling, M., 1993. Effects of stocking density on food intake, growth performance and oxygen consumption in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*), Aquaculture, 110, 191–204.
18. Karakatsouli, N., Papoutsoglou, S.E., Manolessos, G., 2007. Combined effects of rearing density and tank colour on the growth and welfare of juvenile white sea bream *Diplodus sargus* L. in a recirculating water system. Aquaculture Research, 38, 1152–1160.
19. Khan, M.S., 1994. Effect of population density on the growth, feed and protein conversion efficiency and biochemical composition of a tropical freshwater catfish, *Mystus nemurus* (Cuviei & Valenciennes), Aquaculture Research, 25, 753–760.
20. Kottelat, M., Freyhof, J., 2007. Handbook of European freshwater fishes. Publications Kottelat, Cornol, Switzerland, 646p.
21. Li, D., Liu, Z., Xie, C., 2012. Effect of stocking density on growth and serum concentrations of thyroid hormones and cortisol in Amur sturgeon, *Acipenser schrenckii*. Fish Physiology and biochemistry, 38, 511–520.
22. Martins, C.I.M., Galhardo, L., Noble, C., Damsgård, B., Spedicato, M.T., Zupa, W., Beauchaud, M., Kulczykowsk, E., Massabuau, J.C., Carter, T., Planellas, S.R., Kristiansen, T., 2012. Behavioural indicators of welfare in farmed fish, Fish Physiology and Biochemistry, 38, 17–41.
23. Merino, G.E., Piedrahita, R.H., Conklin, D.E., 2007. The effect of fish stocking density on the growth of California halibut (*Paralichthys californicus*) juveniles, Aquaculture, 265, 176–186.
24. Papoutsoglou, S.E., Papaparaskeva-Papoutsoglou, E., Alexis, M.N., 1987. Effect of density on growth rate and production of rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.) over a full rearing period, Aquaculture, 66, 9–17.
25. 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, 37, 33–39.
26. Pirozzi, I., Booth, M.A., Pankhurst, P.M., 2009. The effect of stocking density and repeated handling on the growth of juvenile mulloway, *Argyrosomus japonicas* (Temminck & Schlegel 1843), Aquaculture International, 17, 199–205.
27. Portz, D.E., Woodley, C.M., Cech, J.J.Jr., 2006. Stress-associated impacts of short-term holding on fishes, Reviews in Fish Biology and Fisheries, 16, 125–170.
28. Rafatnezhad, S., Falahatkar, B., 2011. Nitrogenous compounds and oxygen concentration as the key density dependent factors to optimize growth of beluga, *Huso huso* (Actinopterygii: Acipenseriformes: Acipenseridae), in circular fiberglass tanks, Acta Ichthyologica Et Piscatoria, 41, 285–291.
29. Rafatnezhad, S., Falahatkar, B., Tolouei Gilani, M.H., 2008. Effects of stocking density on haematological parameters, growth and fin erosion of great sturgeon (*Huso huso*) juveniles, Aquaculture Research, 39, 1506–1513.
30. Rahman, M.M., Islam, M.S., Halder, G.C., Tanaka, M., 2006. Cage culture of sutchi catfish, *Pangasius sutchi* (Fowler 1937): effects of stocking density on growth, survival, yield and farm profitability, Aquaculture Research, 37, 33–39.
31. Riche, M., Weirich, C.R., Wills, P.S., Baptiste, R.M., Stocking density effects on production characteristics and body composition of market size cobia, *Rachycentron canadum*, reared in

recirculating aquaculture systems. Journal of the World Aquaculture Society, 44, 259–266.
32. Rowland, S.J., Mifsud, C., Nixon, M., Boyd, P., 2006. Effects of stocking density on the performance of the Australian freshwater silver perch (*Bidyanus bidyanus*) in cages, Aquaculture, 253, 301–308.
33. Ridha, M.T., 2006. Comparative study of growth performance of three strains of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, L. at two stocking densities, Aquaculture Research, 37, 172–179.
34. Toko, I., Fiogbe, E.D., Koukpode, B., Kestemont, P., 2007. Rearing of African catfish (*Clarias gariepinus*) and vundu catfish (*Heterobranchus longifilis*) in traditional fish ponds (whedos): Effect of stocking density on growth, production and body composition, Aquaculture, 262, 65–72.
35. Tolussi, C.E, Hilsdorf, A.W.S., Caneppele, D., Moreira, R.G., 2010. The effects of stocking density in physiological parameters and growth of the endangered teleost species piabanha, *Brycon insignis* (Steindachner, 1877). Aquaculture, 310, 221–228.
36. Trenzado, C.E., Morales, A.E., de la Higuera, M. 2006. Physiological effects of crowding in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, selected for low and high stress responsiveness. Aquaculture, 258: 583–593.
37. Wocher, H., Harsányi, A., Schwarz, F.J., 2011. Husbandry conditions in burbot (*Lota lota* L.): Impact of shelter availability and stocking density on growth and behavior, Aquaculture, 315, 340–347.
38. Żarski, D., Kucharczyk, D., Kwiatkowski, M., Targońska, K., Kupren, K., Krejszeff, S., Jamróz, M., Hakuć-Błażowska, A., Kujawa, R., Mamcarz, A., 2008. The effect of stocking density on the growth and survival of larval Asp, *Aspiusaspius* (L.) and European chub, *Leuciscus cephalus* (L.), during rearing under controlled conditions, Archives of Polish Fisheries, 16, 371–381.