دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی"
دوره دوم، شماره اول، بهار ۹۳
http://jair.gonbad.ac.ir

پاسخ زیستی بچه ماهیان کپورمعمولی (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) به تغذیه کامل پس از گرسنگی کوتاه مدت: تغییرات رشد روزانه، پراشتهایی و شاخص‌های بدنی

بهناز کریمی[۱]، مهرداد فتح اللهی[۲]، امین نعمت الهی[۳]، قاسم عشوری[۴]

[۱] دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه شیلات، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
[۲] استادیار گروه شیلات، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
[۳] دانشیار گروه بهداشت مواد غذایی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
[۴] مربی گروه شیلات، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

تاریخ ارسال: ۹۳/۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۳/۵/۳

چکیده

این آزمایش با هدف مشاهده پاسخ‌های بچه‌ماهیان کپور به گرسنگی اعمال شده محدود و تغذیه مجدد پس از آن انجام شد. در دو هفته نخست، گروه‌های تیماری مختلف با غذادهی به میزان ۷۵٪ (RL75)، ۵۰٪ (RL50)، ۲۵٪ (RL25) حد سیری ظاهری و گروه RL0 بدون غذادهی نگهداری و پس از شش هفته غذادهی در حد سیری کامل با گروه شاهدی که در این هشت هفته دوره آزمایش کاملاً در حد سیری ظاهری غذادهی شده بودند، مقایسه شدند. بروز رشد جبرانی به‌صورت رشد روزانه بالاتر در گروه‌های تحت گرسنگی اجباری اولیه در نتیجه میل به غذاگیری بیشتر در این گروه‌ها بود و ارتباط معنی‌داری میان درصد غذاگیری گروه‌ها و درصد رشد روزانه آنها مشاهده شد (r^2=۰/۹۳، SGR%=۰/۵۵x−۰/۴۵). شاخص کبدی گروه‌های تحت گرسنگی در پایان هفته دوم گرسنگی کمتر از گروه‌های شاهد شد (P<۰/۰۵)، در حالی‌که بعد از دوره غذادهی مجدد این اختلاف میان گروه‌ها معنی‌دار نبود (P> ۰/۰۵). نتایج نشان داد که پاسخ کپورماهیان انگشت قد تحت گرسنگی برای افزایش رشد و جبران وزن از دست داده در مدت گرسنگی با بهبود کارایی تغذیه و مصرف غذا همراه نبوده و این پاسخ با بروز پراشتهایی صورت گرفته است.

واژگان کلیدی **: پاسخ جبرانی رشد، بچه ماهیان کپور، گرسنگی کوتاه مدت، تغییرات رشد روزانه**

---

*نویسنده مسئول: mehrdad.fattollahi@nres.ac.ir

مقدمه

هنگـامی که جانوران در شـــرایط محدودیت غذایی در محیط قرار می‌گیرند، مجبور به اســـتفاده از ذخایر بدنی خود می‌شـــوند و در دوره گرســـنگی نیز بدن چه از نظر رفتاری و چه از نظر فیزیولوژیک، استراتژی لازم را برای حفظ ذخایر به کار می‌گیرند (Fuglei *et al*., 2000; Pottinger *et al*., 2003). در ماهیان نیز در هنگام دوره گرسـنگی متابولیسـم پایه کاهش یافته و فعالیت‌های متابولیکی پایین می‌آید (Hornick *et al*., 2000; Ashouri *et al*., 2013). بروز پدیده جبران رشـــد به دنبال غذادهی مجدد و کافی بعد از دوره کاهش وزن ناشـی از کمبود مقطعی تغذیه در ماهیان مختلف مطالعه شـده اسـت. در خصـوص فیزیولوژی رشـد جبرانی، نظرات متفاوتی ارائه شده است اما جانوران و ماهیان تحت گرسنگی که مجدداً تغذیه می‌شـوند، ممکن اسـت به‌طورکلی غذاگیری را افزایش دهند (پرخور شـوند) یا اینکه راندمان تبدیل غذایی را در مقایســـه با موجوداتی که به صـــورت پیوســـته با رژیم‌های تغذیه‌ای کافی پرورش داده می‌شـوند، بهبود بخشـند (Ali *et al*., 2003; Ji and Friedman, 1999; Turano *et al*., 2007; Hayward *et al*., 1997; Morgan and Metcalfe, 2001; Johansen *et al*., 2001). از سـویی نتایج تحقیقات نشـان داده است که دوره طولانی مدت بیش از حد گرسنگی، باعث عقب ماندگی دائمی رشـد می‌شـود به طوری‌که مدت زمان گرسـنگی بیش از ۴ هفته در بچه ماهی نورس *Oncorhynchus nerka* منجر به عدم جبران این رشـد گردیده است (Zhu *et al*., 2001). بر اساس تحقیقات انجام شده، بروز پدیده جبرانی به شـکل جبران کامل وزن از دسـت داده در زمان گرسـنگی، جبران نسـبی وزن از دسـت رفته در هنگام گرسـنگی و یا حتی در صـورت تحریک مناسب ماهیان در حفظ وضعیت تحریک رشـد جبرانی برای مدت طولانی‌تر، جبران بیش از میزان وزن از دسـت رفته در هنگام گرسنگی نیز رخ داده است (Johnsen *et al*., 2001; Quinton and Blake, 1990; Kim and Lovell, 1995; Turano *et al*., 2007; Gaylard and Gatlin, 2000; Yarmohammadi *et al*., 2012). بر اسـاس نتایج تحقیقات، میزان رشـــد روزانه، درصـــد کلی افزایش نســـبی وزن و میزان غذاگیری در گروه‌های تحریک شـــده در اثرگرسـنگی اولیه نسـبت به گروه شـاهد بیشـتر می‌شـود این تغییرات نشـانه بروز پدیده رشـد جبرانی می‌باشد (Ali *et al*., 2003; Ji and Friedman, 1999; Turano *et al*., 2007; Hayward *et al*., 2000; Morgan and Metcalfe, 2001; Johansen *et al*., 2001).

در این آزمایش توانایی ماهیان کپور معمولی تحت گرسنگی اولیه و غذادهی مجدد، برای جبران کاهش وزن و رشد رخ داده در یک دوران کوتاه گرسنگی مورد بررسی قرار گرفته است. مدت زمان گرسنگی تحمیلی و کاهش میزان غذادهی آزمایش مطابق با الگوهای واقعی مانند زمان‌های کاهش غذای اجباری در هنگام جابجایی، بیماری، شرایط نامناسب محیط پرورشی انتخاب شده است. نتیجه حاصله از

تغییرات رشد روزانه این ماهیان برای سنجش توانایی و تلاش ماهیان همزمان با شاخص‌های احشایی بدنی مرتبط با گرسنگی در این مقاله آورده شده است.

مواد و روش‌ها

حدود ۳۰۰ قطعه بچه ماهی کپور تولیدی مرکز تکثیر وپرورش آبزیان استان اصفهان برای انجام کار به آزمایشگاه شیلات دانشکده منابع طبیعی دانشگاه شهرکرد منتقل و بعد از دوره سازگاری یک ماهه، تعداد ۱۶۵ قطعه از آنها (۰/۹۶±۲۵/۱ گرم و ۱۰ تا ۱۴/۵ سانتی‌متر) در ۴ تیمار آزمایشی و سه تکرار به مدت دو هفته تحت محدودیت غذادهی اولیه قرار گرفتند. تیمارها عبارت بودند از گروه تحت گرسنگی کامل RL0، گروه‌های غذادهی شده درحد ۲۵ درصد سیری ظاهری RL25، گروه غذادهی شده در حد ۵۰ درصد سیری ظاهری RL50 و گروه غذادهی شده در حد ۷۵ درصد سیری ظاهری RL75، این گروه‌های تیماری سپس به مدت شش هفته متوالی بعدی تا حد سیری ظاهری و میل به غذای خود مورد تغذیه قرار گرفتند و نتایج حاصل از رشد این گروه‌ها با گروه شاهد مورد نظر که به مدت هشت هفته کامل بدون محدودیت غذایی تا حد سیری غذادهی شدند، مورد مقایسه قرار گرفت. شرایط رشد یکسان تحت کنترل برای تمام گروه‌ها عبارت بود از یک سالن آکواریوم با تعداد تانک به اندازه تکرارهای آزمایشی گروه‌ها (۵×۳) با حجم ۱۰۰ لیتر که با غذای پلت طبق طرح آزمایش به‌مدت ذکر شده یعنی هشت هفته به‌صورت دستی تغذیه شدند (دمای ۲۳ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد، pH ۷/۲ تا ۷/۸، اکسیژن در حد اشباع هوادهی با یک پمپ مرکزی). متابولیت‌های مضر شامل نیترات و آمونیاک ضمن سنجش با دستگاه (HACH, USA, instrument model HQ40d) با تعویض آب به مدت ۵۰ درصد در روز در حد مطلوب نگه داشته می‌شد. غذای در نظر گرفته شده برای آزمایش عبارت بود از پلت بازاری رشد دو کپور، تولید کارخانه بیضاء فارس (پروتئین ۳۵ درصد؛ چربی ۸ درصد؛ فیبر ۳ درصد؛ خاکستر کل ۱۱ درصد و انرژی ۳۷۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم) که به مقدار در نظر گرفته شده در پلان آزمایش سه بار در روز در ساعت‌های ۹:۰۰، ۱۳:۰۰ و ۱۷:۰۰ با قطع هوادهی به گروه‌های آزمایشی داده می‌شد. بیومتری‌های لازم جهت سنجش رشد گروه‌های آزمایشی به صورت سنجش وزن و طول کل در ابتدا و قبل از شروع آزمایش، در پایان دوره محدودیت غذایی، سنجش‌های دو هفته‌ای و در نهایت پس از اتمام آزمایش بعد از ۸ هفته انجام شد. پارامترهای سنجش شده از گروه‌ها عبارت بودند از متوسط وزن گروه‌ها، رشد نسبی گروه‌ها ($(Wf-Wi)/Wi\times100$)، میزان رشد روزانه SGR ($\ln Wf - \ln Wi)/\Delta t\times100$)، میزان غذای مصرفی روزانه ($100.fed,gr.n^{-1}.day^{-1}.((Wi+Wf)/2)^{-1}$)، کارایی رشد FE ($\Delta W/fed,gr.$) و همچنین شاخص‌های مرفولوژیک کبدی HSI (درصد نسبت وزن کبد به کل بدن) و شاخص احشایی VSI (درصد نسبت وزن احشاء ماهی به وزن کل بدن). در این سنجش‌ها Wi به‌عنوان

وزن اولیه، Wf وزن نهایی، Δt طول مدت برای سنجش، fed,gr. میزان غذادهی به گرم و n تعداد نمونه (ماهی) در نظر گرفته شدند. برای آنالیزهای آماری بسته به مورد محاسبه، میانگین با خطای متوسط آماری اعلام و مقایسه میانگین گروه‌ها با تست‌های t و F به همراه تست‌های مقایسه متوسط گروه‌ها در سطح معنی‌داری لازم (P<۰/۰۵) و نیز برای تست‌های درستی مدل‌های برازش تست‌های لازم برای همبستگی، معنی‌داری رابطه و ضرایب آن و نیز رسم نمودار از نرم افزارهای آماری و محاسباتی SPSS 17 و Excel 2013 استفاده شد.

نتایج

اعمال محدودیت غذادهی در دو هفته اولیه روی گروه‌های بچه ماهیان کپور معمولی به تناسب کاهش میزان غذادهی، موجب کاهش رشد و کاهش میانگین وزنی گروه‌ها نسبت به گروه شاهد شد (P<۰/۰۵). نتایج نشان داد علاوه بر پایان هشت هفته آزمایش، به صورت متوسط‌های دو هفته‌ای و نیز از نقطه پایان گرسنگی تا پایان غذادهی کامل یعنی از هفته دوم تا هشتم، سنجش و نتایج کلی حاصل از غذادهی بر مبنای وزن متوسط گروه‌ها، ضریب کارایی رشد، رشد کلی گروه‌ها، رشد روزانه ماهیان و ضریب غذایی گروه‌های تغذیه شده به صورت جدول ۱ و ۲ آورده شده است.

جدول ۱- وزن متوسط گروه‌های تیماری (Mean±SE) درهفته‌های مختلف آزمایش

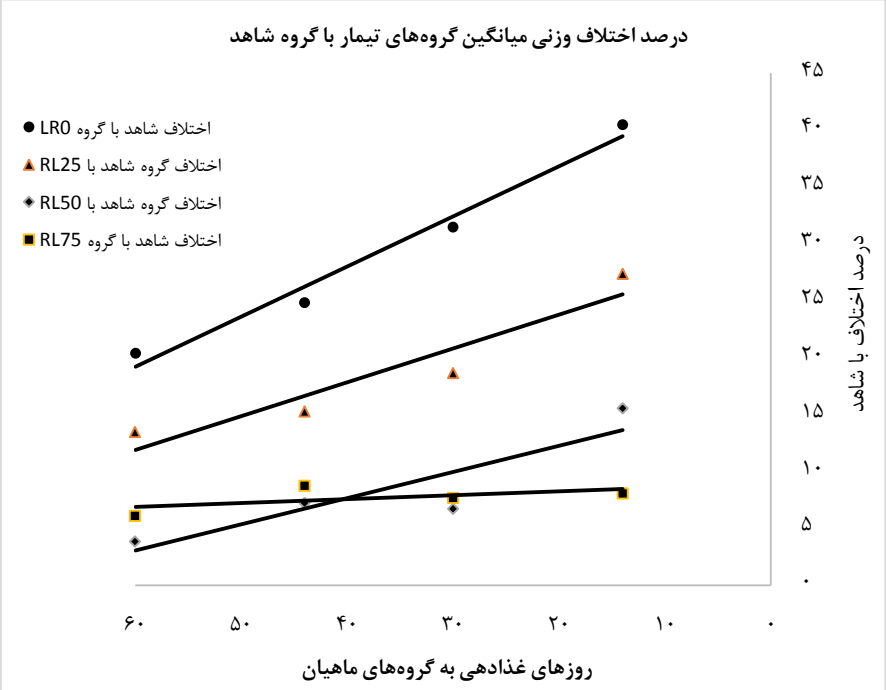
گروه‌های آزمایشی	خطای معیار± وزن متوسط				
	شروع	هفته دوم	هفته چهارم	هفته ششم	هفته‌هشتم
شاهد	۲۵/۶±۲/۰	۳۱/۱±۲/۴	۴۰/۵۲±۲/۹	۵۲/۲±۳/۶	۶۴/۵±۴/۷
RL0	۲۵/۳±۲/۱	۲۲/۱±۱/۹۲	۳۰/۸±۲/۸	۴۱/۸±۳/۷	۵۳/۶±۴/۶
RL25	۲۴/۳±۲/۰	۲۴/۴±۲/۰	۳۴/۱±۲/۶	۴۵/۳±۳/۴	۵۶/۹±۴/۳
RL50	۲۴/۶±۲/۲	۲۶/۹±۲/۳	۳۸/۰±۳/۲	۴۸/۷±۴/۱	۶۲/۱±۵/۴
RL75	۲۵/۴±۲/۴	۲۸/۸±۲/۸	۳۷/۶±۳/۵	۴۸/۰±۴/۵	۶۰/۸±۵/۵

تغییرات میانگین وزن گروه‌ها: ترتیب ایجاد شده ناشی از عقب‌ماندگی رشد در گروه‌ها در دو هفته اعمال گرسنگی نسبت به شاهد با وجود انجام غذادهی کامل بعدی به گروه‌ها تا پایان آزمایش تقریباً بدون تغییر باقی ماند. پس از شروع غذادهی کامل به همه گروه‌ها از پایان هفته چهارم تا آخر دوره، میانگین وزنی ماهیان گروه RL50 به‌طور غیر معنی‌دار (NS, F_{64}=0.58) از گروه RL75 بیشتر شد (جدول ۱). محاسبه اختلاف میانگین‌های وزنی تیمارها با میانگین وزنی شاهد بر مبنای درصد اختلاف از ابتدای دوره پرورش نشان داد که گروه‌های تحت گرسنگی اولیه RL0، RL25 و RL50 با کاستن از

درصد اختلاف میانگین وزنی خود با شاهد در دوران غذادهی کامل، یک همگرایی به سوی صفر کردن این اختلاف با میانگین شاهد را نشان داده‌اند (شکل ۱). با توجه به میزان رشد گروه‌ها و تغییرات عوامل مؤثر در بروز میزان رشد در گروه‌ها بعد از دوره گرسنگی، تنها در گروه تحت گرسنگی کمتر یعنی RL75 این همگرایی ضعیف‌تر بوده است و به نظر می‌رسد رشد جبرانی در این گروه به شدت سایر گروه‌ها القا نگردیده است.

جدول ۲- پارامترهای اندازه‌گیری شده در دوره‌های زمانی هفته‌های مختلف آزمایش

پارامتر	تیمارها	متوسط سنجش شده در هفته‌های مختلف آزمایش					
		هفته دوم	هفته چهارم	هفته ششم	هفته هشتم	کل هشت هفته	شش هفته بعدگرسنگی
FE	شاهد	۰/۳۶±۰/۰۲	۰/۴۴±۰/۰۳	۰/۵۳± ۰/۰۲	۰/۵۳±۰/۰۰۶	۰/۴۸±۰/۰۳	۰/۵۰±۰/۰۳
	RL0	-	۰/۴۱±۰/۰۳	۰/۵۱±۰/۰۶	۰/۵۰±۰/۰۴	۰/۴۳±۰/۰۴	۰/۴۵±۰/۰۵
	RL25	-	۰/۴۵±۰/۰۲	۰/۵۳±۰/۰۸	۰/۵۵±۰/۰۹	۰/۴۸±۰/۰۶	۰/۵۱±۰/۰۶
	RL50	۰/۳۱±۰/۰۲	۰/۵۰±۰/۰۳	۰/۴۷± ۰/۰۳	۰/۵۸±۰/۰۳	۰/۵۰±۰/۰۲	۰/۵۲±۰/۰۳
	RL75	۰/۲۹±۰/۰۳	۰/۴۲±۰/۰۳	۰/۴۷± ۰/۰۳	۰/۵۴±۰/۰۲	۰/۴۵±۰/۰۱	۰/۴۸± ۰/۰۲
افزایش نسبی وزن ٪	شاهد	۲۱/۴±۱/۶	۳۰/۳±۲/۸	۲۸/۸±۱/۷	۲۳/۷±۲/۷	۱۵۱/۸±۱۴/۷	۱۰۷/۵±۹/۷
	RL0	- ۱۲/۶±۱/۸	۳۹/۳±۲/۷	۳۵/۶±۳/۵	۲۸/۲±۰/۷۲	۱۱۱/۸±۹/۲	۱۴۲/۲±۹/۵
	RL25	۰/۴۴±۰/۴	۳۹/۹±۱/۵	۳۲/۶±۳/۳	۲۵/۶±۱/۳	۱۳۴/۰±۷/۲	۱۳۳/۰±۷/۴
	RL50	۹/۵±۰/۷	۴۱/۱±۱/۷	۲۸/۲±۱/۶	۲۷/۷±۱/۷	۱۵۲/۸±۵/۱	۱۳۰/۹±۵/۶
	RL75	۱۳/۱±۱/۵	۳۰/۸±۱/۳	۲۷/۵±۲/۲	۲۶/۸±۲/۲	۱۳۹/۱±۳/۱	۱۱۱/۵±۵/۲
رشد روزانه ٪ SGR	شاهد	۱/۲۱±۰/۳۳	۱/۸۹±۰/۱۵	۱/۸۱±۰/۱۰	۱/۳۳±۰/۱۴	۱/۵۴±۰/۱۰	۱/۶۹±۰/۴۲
	RL0	-۰/۸۴±۰/۳۰	۲/۳۶±۰/۱۴	۲/۱۸±۰/۱۹	۱/۵۵±۰/۰۴	۱/۲۵±۰/۰۷	۲/۰۱±۰/۱۱
	RL25	۰/۰۳±۰/۰۱	۲/۴۰±۰/۰۸	۲/۰۱±۰/۱۶	۱/۴۳±۰/۰۳	۱/۴۲±۰/۵۲	۱/۹۲±۰/۱۳
	RL50	۰/۵۷±۰/۰۹	۲/۴۶±۰/۰۹	۱/۷۷±۰/۸	۱/۵۳±۰/۰۸	۱/۵۵±۰/۳	۱/۹۰±۰/۰۵
	RL75	۰/۷۷±۰/۰۶	۱/۹۲±۰/۰۷	۱/۷۴±۰/۱۲	۱/۴۸±۰/۱۱	۱/۴۵± ۰/۰۲	۱/۷۰±۰/۰۵
میزان غذاگیری درصد وزن	شاهد	۳/۴۰±۰/۰۸	۴/۲۳±۰/۱۰	۳/۳۸±۰/۰۷	۲/۴۸±۰/۰۴	۳/۰۲±۰/۰۶	۳/۱۵±۰/۰۸
	RL0	۰	۵/۷۴±۰/۲۶	۴/۲۵±۰/۱۷	۳/۱۳±۰/۲۱	۲/۸۰±۰/۱۳	۳/۸۳±۰/۲۳
	RL25	۰/۴۲±۰/۰۱	۵/۶۰±۰/۰۸	۴/۱۹±۰/۲۵	۳/۴۶±۰/۴۹	۲/۸۰±۰/۳۹	۳/۵۸±۰/۲۸
	RL50	۱/۸۵±۰/۰۱	۴/۹۰±۰/۱۳	۳/۷۶±۰/۱۰	۲/۶۲±۰/۰۶	۲/۹۲±۰/۰۶	۳/۴۸±۰/۰۹
	RL75	۲/۶۸± ۰/۰۲	۴/۵۴±۰/۲۳	۳/۶۸±۰/۱۳	۲/۷۲±۰/۱۳	۳/۰۲±۰/۰۵	۳/۳۸±۰/۱۲



شکل ۱- اختلاف میان متوسط وزن گروه‌های تیماری با شاهد بر حسب درصد از ابتدای دوره محدودیت غذادهی تا پایان دوره غذادهی کامل

تغییرات رشد نسبی گروه‌ها: با در نظر گرفتن کل دوره ۸ هفته‌ای، گروه محروم از غذا با میزان ۵۰ درصد (RL50) و ۷۵ درصد سیری (RL75) اختلاف معنی‌داری با گروه شاهد نداشتند و گروه ۵۰ درصد (RL50) حتی در نهایت افزایش وزن نسبی بیشتری از گروه ۷۵ درصد (RL75) نشان داد (P< ۰/۰۵). رشد گروه‌ها به صورت تغییرات متوسط در دو هفته‌های متوالی نشان می‌دهد که در مدت دو هفته از شروع تغذیه مجدد (پایان هفته چهارم)، همه گروه‌های تحت گرسنگی اولیه بجز گروه غذادهی در حد ۷۵ درصد حد سیری (RL75)، افزایش رشد نسبی نهایی معنی‌داری نسبت به گروه شاهد داشته‌اند (P <۰/۰۵). با ادامه دوره رشد در هفته‌ی چهارم تا ششم، رشد نسبی گروه RL50 نیز مانند گروه RL75، با گروه شاهد از نظر آماری غیر معنی‌دار شد (P>۰/۰۵). تغذیه کامل در هفته‌ی ششم تا هشتم، باعث شد تا رشد نسبی نهایی همه گروه‌ها کاملا به هم نزدیک و اختلافی معنی‌دار میان گروه‌ها مشاهده نشود، هرچند گروه با بیشترین تحمل گرسنگی یعنی RL0 بیشترین افزایش نسبی وزن را نسبت به وزن متوسط دو هفته قبل خود در میان همه گروه‌ها نشان داد (جدول ۱). با درنظر گرفتن دوره شش

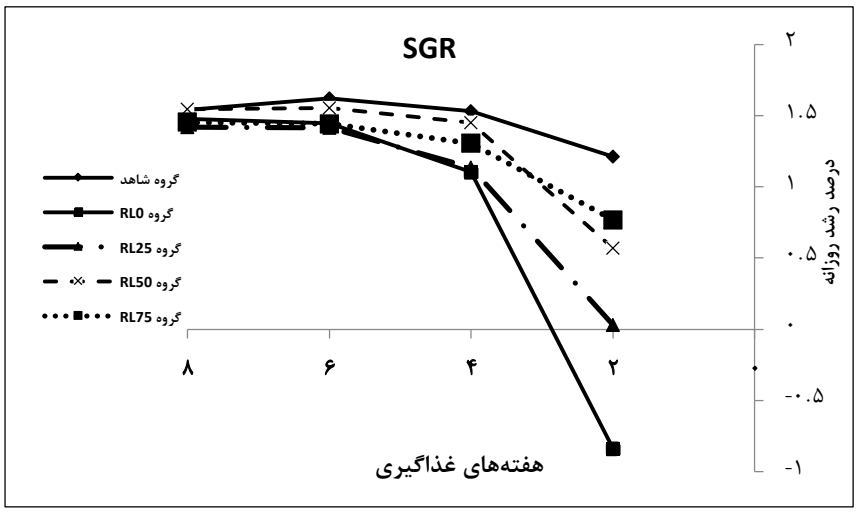
هفته غذاگیری کامل گروه‌ها در حد سیری، محاسبه نتایج افزایش وزن نسبی گروه‌ها نشان داد که متوسط این پارامتر رشد در گروه‌های با محرومیت از تغذیه بیشتر، در مجموع بیشتر و به ترتیب متعلق به RL0، RL25، RL50، RL75 و سپس گروه شاهد بوده است.

میزان مصرف غذا و رفتار پرخوری (Hyperphgia) **گروه‌ها:** متوسط درصد وزنی مصرف غذای روزانه گروه‌ها در پایان ۸ هفته با هم اختلاف معنی‌داری نداشته است. سنجش میزان تمایل ایجاد شده به غذاگیری ناشی از اعمال دوره کوتاه گرسنگی (پراشتهایی) در گروه‌های مختلف به تفکیک دوره‌های دو هفته‌ای (متوسط دو هفتگی) آزمایش (جدول ۲) نشان داد که بعد از اتمام دوره گرسنگی در گروه‌ها، میزان مطالبه غذا در گروه‌هایی که در دو هفته اول از سیری کامل محروم مانده‌اند، نسبت به گروه شاهد بیشتر بوده است. میزان تمایل به غذاگیری ماهیان در گروه‌های مختلف در هفته‌های سوم تا هشتم آزمایش به‌ترتیب متعلق به گروه‌های RL0، RL25، RL50، RL75 و سپس شاهد بود. نتایج نشان داد که گرسنگی ایجاد شده در شرایط پرورشی باعث افزایش تمایل گروه‌های مختلف تحت گرسنگی به غذاخوری یا پرخوری (hyperphagia) شده است و شدت این تمایل با گذشت زمان غذاگیری عادی رو به کاهش بوده است.

ضریب کارایی رشد: ضریب کارایی در تبدیل غذا (EF) به ازای هر دو هفته از دوره رشد گروه‌ها نشان داد که همه گروه‌های تیماری و شاهد کارایی غذاگیری خود را با گذشت زمان و رفتن به سمت انتهای آزمایش نسبت به ابتدای آزمایش بهبود بخشیده‌اند ولی اختلاف نوسانات میان گروه‌ها معنی‌دار نبوده است ($P>0/05$). گرسنگی اعمال شده در گروه‌ها در دوره شش هفته غذاگیری کامل نیز علی‌رغم افزایش رشد روزانه و تحریک غذاگیری، موجب بهبود کارایی رشد بدن نشده است.

میزان رشد روزانه SGR: در این آزمایش متوسط هشت هفته‌ای رشد روزانه در گروه شاهد از گروه‌های تیماری بالاتر باقی ماند ولی فاصله این رشد روزانه هفته به هفته رو به کاهش گذاشت (شکل ۲). سنجش متوسط میزان رشد روزانه گروه‌ها به ازای هر دو هفته غذاگیری نشان داد که با گذشت زمان از شروع آزمایش همه گروه‌های تیماری و شاهد در هفته‌های ابتدایی با سازش بیشتر با محیط، افزایش رشد روزانه را نشان می‌دهند و با گذشت دوره رشد به سمت انتهای آزمایش (هفته هشتم) به‌طور کلی روند فزاینده رشد روزانه به سوی یک کاهش و ثبات عددی یکسان و نزدیک به هم میل می‌کند (جدول ۱ و شکل ۲ و ۳). در شکل‌های ۲ و ۳، این روند کاهش اختلاف و همسان شدن میزان عددی رشد روزانه در گروه‌ها، با گذشت زمان آزمایش در دوران شرایط تغذیه کامل گروه‌ها به روشنی مشخص شده است. نتایج محاسبه رشد روزانه برای هر دو هفته (متوسط دو هفتگی) و نیز میانگین رشد روزانه‌ی گروه‌ها در کل شش هفته غذاگیری کامل در حد سیری بعد از دوره گرسنگی نشان می‌دهد که میزان رشد روزانه در هریک از گروه‌های تیماری بیشتر از گروه شاهد شده است و گروه‌های

RL0، RL25، RL50، RL75 و سپس شاهد به‌ترتیب بیشترین رشد روزانه را در همه دوره‌های غذادهی شش هفته‌ای بعد از پایان دوره گرسنگی داشته‌اند (جدول ۱).



شکل۲- تغییرات متوسط رشد روزانه گروه‌های آزمایشی از ابتدای شروع آزمایش تا پایان دوره غذاگیری

شکل۳- متوسط رشد روزانه گروه‌های آزمایشی به ازای هر دو هفته از دوره کامل غذادهی

شـاخص اندام‌های داخلی و ترکیبات بدن: نتایج حاصـل از سنجش شاخص‌های کبدی در پایان دو هفته گرسـنگی نشـان می‌دهد که دو گروه با گرسـنگی بیشـتر یعنی RL0، RL25 از دو گروه تیماری RL50 و RL75 و شـاهد، کبدهای کم وزن‌تری داشـتند (P<۰/۰۵). گروه تغذیه شده در حد ۷۵ درصد سـیری و شاهد بیشترین شباهت را در اندازه کبد بعد از دو هفته رژیم غذایی نشان دادند. شاخص وزنی دسـتگاه گوارش از نظر آماری میان گروه‌ها اختلافی معنی‌دار نشـان ندادند ولی ترتیب صـعودی این شـاخص در میان گروه‌های تحت رژیم گرسـنگی به‌ترتیب متعلق به گروه‌های بیشـتر تحت گرسنگی تا شـاهد بدون گرسـنگی مشـاهده شـد (به ترتیب RL0، RL25، RL50، RL75 و گروه شـاهد). در پایان آزمایش نتایج سـنجش شـاخص‌های اندام داخلی نشـان داد که بعد از شش هفته غذادهی مجدد تا حد سـیری، شـاخص‌های تغییر کرده کبدی و احشـایی به سوی یک یکنواختی عددی میل کرده و اختلاف هر دو شاخص در گروه‌های تیماری و شاهد معنی‌دار نبوده است (P>۰/۰۵).

در سـه گروه RL0، RL25 و RL50 بعد از دوره گرسـنگی، درصـد چربی به سایر ترکیبات نسبت به گروه شـاهد کمتر بوده اسـت. افزایش بسـیار محسوس این ترکیبات در دوره غذادهی جبرانی نسبت به دوره تحمل گرسنگی در گروه‌های گفته شده باعث شده است تا نسبت ترکیبات چربی بدن به ترکیبات غیر چربی بدن به ترتیب به میزان قابل توجه ۱۰۲، ۴۱ و ۴۸ درصـد افزایش یابد و درصـد مطلق چربی آنها در بدن به گروه شـاهد نزدیک و مشـابه گردد. در گروه RL75 گرسـنگی باعث کاهش چربی بدن نسـبت به شـاهد در پایان گرسـنگی نسـبی شـد ولی افزایش آتی رشد بدن و فزونی چربی به اندازه سه گروه دیگر تیماری نبود. تغییرات سـایر ترکیبات سـنجش شـده در میان گروه‌ها معنی‌دار نبود و میزان رطوبت، پروتئین و خاکسـتر بدن نوسـانات زیادی را در زمان اعمال گرسـنگی و بعد از غذادهی جبرانی نشان نداده‌اند.

جدول۱- تغییرات شاخص‌های اندام‌های داخلی هپاتوسوماتیک (HSI) و احشایی (VSI) گروه‌های آزمایشی

گروه‌های آزمایشی	بعد از دوره گرسنگی		بعد از دوره غذادهی	
	HIS	VSI	HIS	VSI
شاهد	۲/۹۷±۰/۲۹^{b}	۱۰/۷۵±۰/۵۹^{a}	۲/۳۳±۰/۲۴^{a}	۱۰/۶۵±۰/۸۹^{a}
RL0	۱/۶۰±۰/۳۲^{a}	۹/۲۹±۱/۷۵^{a}	۲,۶۱±۰/۲۰^{a}	۱۰/۲۷±۱/۱۱^{a}
RL25	۲/۴۷±۰/۳۸^{ab}	۹/۳۱±۰/۵۸^{a}	۲,۵۷ ±۰/۵۵^{a}	۱۱/۱۰±۰/۶۸^{a}
RL50	۲/۹۴±۰/۳۱^{b}	۱۰/۲۲±۰/۸۷^{a}	۲,۶۷ ±۰/۳۰^{a}	۱۰/۷۷±۰/۶۶^{a}
RL75	۲/۹۸±۰/۳۷^{b}	۱۰/۳۸±۰/۸۹^{a}	۲,۶۵ ±۰/۲۶^{a}	۱۰/۷۰±۰/۶۵^{a}

جدول۲- تغییرات ترکیبات بدن (لاشه) گروه‌های آزمایشی در دوره گرسنگی و غذاگیری کامل

گروه آزمایشی	درصد ترکیبات چربی به غیر چربی		پروتئین (درصد)		رطوبت (درصد)		خاکستر (درصد)		چربی (درصد)		نسبت چربی بدن در دوره غذادهی مجدد نسبت به دوران گرسنگی
	بعد از تغذیه مجدد	بعد از گرسنگی	بعد از تغذیه مجدد	بعد از گرسنگی	بعد از تغذیه مجدد	بعد از گرسنگی	بعد از تغذیه مجدد	بعد از گرسنگی	بعد از تغذیه مجدد	بعد از گرسنگی	
شاهد	۱۳	۱۳	۱۹/۳۲	۱۹/۶۳	۷۶/۷۷	۷۶/۲۰	۱/۲۵	۱/۴۹	۲/۶۶	۲/۶۹	-٪۲
RL0	۱۴	۷	۱۸/۱۳	۱۹/۲۳	۷۸/۰۱	۷۸/۱۱	۱/۱۹	۱/۳۴	۲/۶۷	۱/۴۱	٪۱۰۲
RL25	۱۲	۸	۲۰/۱۰	۱۹/۱۱	۷۶/۰۵	۷۸/۰۱	۱/۳۸	۱/۲۶	۲/۴۹	۱/ ۶۸	٪۴۱
RL50	۱۰	۷	۲۰/۵۹	۱۹/۵۴	۷۵/۶۱	۷۷/۵۶	۱/۵۳	۱/۴۳	۲/۲۹	۱/۴۷	٪۴۸
RL75	۱۱	۱۰	۱۹/۲۳	۱۹/۴۱	۷۷/۳۲	۷۷/۱۷	۱/۲۸	۱/۳۴	۲/۲۴	۲/۱۰	٪۸

بحث و نتیجه‌گیری

تغییرات وزن گروه‌های تیماری و شاهد در دو هفته اعمال گرسنگی و محدودیت غذایی طبق پیش بینی و انتظار اولیه با میزان غذای گرفته شده از سوی گروه‌ها متناسب بوده است. محدودیت غذایی برای گروه تیماری تغذیه شده با ۲۵ درصد حد سیری (RL25) در دو هفته باعث شد وزن متوسط این گروه تقریباً بدون تغییر (نزدیک صفر) و سایر گروه‌های تیماری متناسب با همین گروه کاهش یا افزایش وزن داشته باشند. اگر چه تغذیه کامل بعد از دوره گرسنگی نشان داد که بعد از وقوع گرسنگی دو هفته‌ای، هیچ یک از گروه‌های گرسنگی کشیده و محروم شده از غذا در فرصت شش هفته‌ای بعدی نتوانستند به میانگین وزن گروه شاهد برسند. مطابق با گزارش محققین (Ali *et al*., 2003; Ji and Friedman, 1999; Turano *et al*., 2007; Hayward *et al*., 1997; Morgan and Metcalfe, 2001; Johansen *et al*., 2001) نتایج بروز کرده از پارمترهای افزایش یافته رشد کلی، رشد روزانه، پرخوری و پراشتهایی (hyperphgia) حاکی از بروز رشد جبرانی بارز در میان سه گروه از چهار گروه تیماری تحت گرسنگی اولیه یعنی RL0، RL25 و RL50 بوده است و به نظر می‌رسد که محدود کردن غذادهی در حد ۷۵ درصد حد سیری به علت ناکافی بودن میزان محرومیت برای بروز تحریک پاسخ جبرانی (Ali *et al*., 2003) در تحریک گروه RL75 کافی نبوده و تغییرات زیستی رشد در دوران غذادهی بعد از گرسنگی نسبت به گروه شاهد افزایش معنی‌داری نیافته است. با توجه نبود تفاوت بین میانگین‌های گروه‌ها با هم ($t_{2,63}$, P=۰/۰۵) و یا نبود تفاوت معنی‌دار بین گروه گرسنگی کامل کشیده RL0 (وزن متوسط ۵۳/۶ گرم) با گروه کامل تغذیه شده شاهد (وزن متوسط ۶۴/۶ گرم)، براساس تحلیل واریانس جامعه مورد آزمایش (P> ۰/۰۵) بچه ماهیان کپور معمولی تحت آزمایش ابتدا از یک سو ضمن مقابله با کاهش وزن در دوران گرسنگی، در فرصت به وجود آمده در هنگام غذاگیری کامل، پارامترهای جبران

کننده رشد از دست داده را افزایش داده و برآیند دوره گرسنگی و افزایش غذاگیری به صورت نتایج رشد جبرانی در این آزمایش بروز کرده است. براساس گزارش محققان تغییرات در ذخایر مصرفی انرژی، کاهش متابولیسم پایه و فرآیندهای پرخوری در این رویدادها نتایج رشد جبرانی پس از کاهش وزن را در پایان دوره برای ارگانسیم به وجود خواهند آورد (Yameyamba *et al*., 1996).

پارامترهای محاسبه شده رشد به ازای دوره‌های دو هفتگی غذاگیری کامل و نیز متوسط به دست آمده به ازای کل شش هفته غذاگیری کامل گروه‌ها حاکی از این است که با شروع رژیم تغذیه‌ای تا حد سیری بعد از اتمام دوره گرسنگی، نشانه‌های تلاش از سوی گروه‌های گرسنگی کشیده برای رشد، متناسب با میزان شدت گرسنگی اعمال شده آغازین بسیار شدت یافته و سپس با گذشت زمان و حاکم شدن وضعیت یکنواخت در تغذیه گروه‌ها، در پایان دوره یعنی هفته ششم به بعد، به سوی مقادیر نزدیک به گروه شاهد میل کرده است. بر اساس نتایج آزمایش، میزان رشد روزانه، درصد افزایش کلی رشد و میزان بیشتر مطالبه غذا و درصد وزنی غذاگیری روزانه گروه‌های مختلف ماهیانی که بیشتر تحت تنش گرسنگی بوده‌اند و با گرسنگی اولیه نسبت به گروه شاهد تحریک شده‌اند مطابق با تحقیقات بسیاری از محققین این تغییرات نشانه بروز پدیده رشد جبرانی می‌باشد (Ali *et al*., 2003; Ji and Friedman, 1999; Turano *et al*., 2007; Hayward *et al*., 1997; Morgan and Metcalfe, 2001; Johansen *et al*., 2001). این بروز پدیده رشد جبرانی در نهایت بسته به گونه باعث جبران کامل وزن متوسط (Johnsen *et al*., 2001; Quinton and Blake, 1990)، رشد متوسط بیش از گروه شاهد یا رشد جبرانی نسبی (Kim and Lovell, 1995; Turano *et al*., 2007; Gaylard and Gatlin, 2000) در گروه ماهیان تحت گرسنگی اولیه نسبت به گروه‌های شاهد می‌شود. در آزمایش انجام شده روی *Oncorhynchus nerka* نیز بروز رشد جبرانی مشاهده نشده است (Zhu *et al*., 2001).

رشد روزانه متوسط (SGR) حاصل از گرسنگی تا هفته دوم آزمایش به تناسب محرومیت گروه‌ها از غذا یعنی گروه RL0، RL25، RL50، RL75 و گروه شاهد به‌ترتیب ۰/۸۴-، ۰/۰۳، ۰/۵۷، ۰/۷۷ و ۱/۲۱ درصد، و بعد از دوره تغذیه‌ی کامل تحریک شده درگروه‌های آزمایشی به‌ترتیب شدت گرسنگی آغازین آنها یعنی RL0، RL25، RL50 بیش از دو گروه دیگر یعنی گروه شاهد و گروه RL75 بوده است (شکل ۳ و جدول ۲). روند کلی تغییرات دامنه کمترین و بیشترین رشد روزانه گروه‌های تیماری نیز از ۰/۵۷ درصد (میان گروه شاهد و RL50) در دوره هفته دوم تا چهارم به ۰/۴۴ درصد (میان گروه RL75 و RL0) در دوره هفته ششم تا چهارم و به ۰/۲۲ درصد (میان گروه شاهد و RL0) در دوره تغذیه‌ای هفته ششم به هشتم رسید که این کاهش اختلاف میان بیشترین و کمترین رشد روزانه، نشانه کاهش تلاش مضاعف گروه‌های تحریک شده برای رشد جبرانی از ابتدای پایان یافتن گرسنگی تا دوره پایان غذاگیری مطلوب است. این روند کاهش و یکنواخت شدن درصد رشد روزانه گروه‌ها، درگروه‌های با گرسنگی

شـدیدتر، کندتر بوده و گروه RL25 و سـپس RL0 با تاخیری بیشتر از سایر گروه‌ها رشد روزانه خود را کاهش داده و بعد از سـایر گروه‌ها به مقدار رشد روزانه گروه شاهد نزدیک شدند (شکل ۲ و ۳). در روند کلی تلاش مشـاهده شده طی شش هفته غذاگیری کامل جبرانی نیز، در سه گروه تیماری تحریک شده برای رشـد جبرانی یعنی RL0، RL25 و RL50، گروه تحت بیشترین تحمل گرسنگی یعنی گروه RL0 به طور متوسـط به متوسط رشد روزانه‌ای برابر ۲/۰۱ درصد و گروه‌های RL25 و RL50 به ترتیب میزان متوسـط رشد روزانه‌ای برابر ۱/۹۲، ۱/۹۰ در مقابل، ۱/۷۰ درصد گروه شاهد داشته‌اند. روند فزونی شدید رشـــد در گروه‌ها در هفته‌های ابتدایی شـــروع تغذیه جبرانی یعنی از هفته دوم پرورش تا هفته چهارم، مطابق با نتایج بسیاری از گونه‌های مورد بررسی محققین بوده است (Turano *et al*., 2007; Stefansn *et al*., 2009; Ali *et al*., 2001; Saether and Jobling, 1999; Morgan and Mactalfe, 2001; Johansen *et al*., 2001). همچنین میل کردن مقدار افزایش ابتدایی بروز کرده در رشد روزانه گروه‌های تیماری، با گذشت زمان آزمایش، به سوی مقدار عددی معادل رشد روزانه گروه شاهد، یعنی گروه بدون تحریـک رشـــد جبرانی، نیز در تحقیقات مشـــابه ســـایر گونه‌های ماهیان نیز گزارش شـــده اســـت (Stefanson *et al*., 2009; Johanson *et al*., 2001; Ali *et al*., 2001; Saether and jobling, 1999; Turano *et al*., 2007).

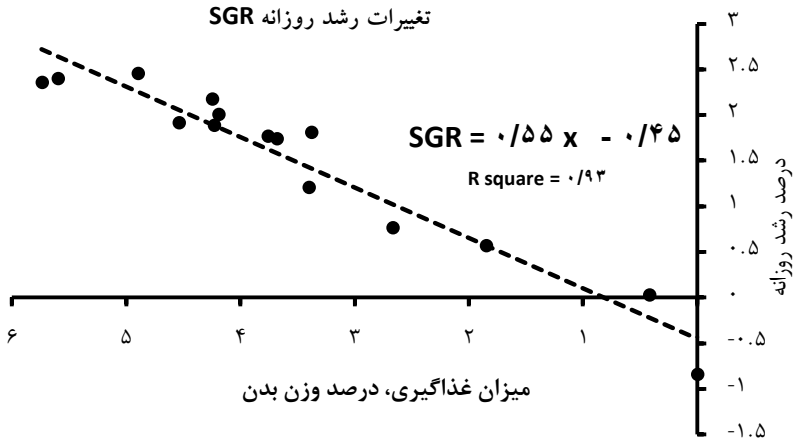
محققین در خصـــوص علت بروز پدیده رشـــد جبرانی توجه ویژه‌ای به تغییرات ترکیبات چربی بدن ماهیان گرسنه مانده و استراتژی ماهیان برای جبران تغییرات و نتایج آزمایشهای مربوط به گروه هایوارد و همکاران (Hayward *et al*., 2000) و جوبلینگ و جانسون (Jobling and Johnson, 1999) داشته‌اند (Morgan and Metcalfe., 2001; Perez-Jimenez *et al*., 2007; Cho *et al*., 2006; Liu *et al*., 2011). نتایج منتشـر شـده نشـان می‌دهد که شـکل بروز این تغییرات در همه گونه‌ها یکسان نیست و برخی از ماهیان مانند مارماهی *Anguila anguila*، ماهی طلایی، قزل‌آلای رنگین‌کمان، کفشـک *Pleuronectes platessa*، در هنگام گرسنگی گلیکوژن کبد را حفظ و از ذخایر بافتی چربی و پروتئین برای تامین منبع اولیه انرژی اسـتفاده می‌کنند، در حالیکه در اردک ماهی *Esox lucius*، کلمه *Rutilus rutilus* و سـوف طلایی *Macquaria ambigua* گلیکوژن کبد، مورد مصرف اولیه بوده است. اما به هرحال نخستین منبع برای تـأمین و جبران کمبود انرژی در بـدن ماهیان منابع چربی بوده‌اســـت و این پارامتر در ســـنجش محققین مورد توجه ویژه بوده اســـت (Baanante *et al*., 1991; Sheridan and Mommsen, 1991; Navarro and Gutierrez, 1995; Czesny *et al*., 2003; Turano *et al*., 2007; Falahatkar, 2012).

تغییرات وزن کبد به‌عنوان اندام فعال در تأمین انرژی در هنگام گرسـنگی و نیز تغییر ترکیبات بدن به عنوان شـاخص نشـان‌دهنده تغییرات در بدن گروه‌های تحت تنش گرسنگی آزمایش نشان داد که با انجام تغذیه جبرانی، ترکیبات تغییر یافته بدن در هنگام گرسـنگی به سـوی حالت اولیه، بازیابی شـده

است. در این آزمایش اعمال گرسنگی به اندازه‌ای بوده است که علاوه بر اثر بر وزن کبد ماهیان به ویژه در گروه‌های آزمایشی RL0 و RL25، باعث کاهش چربی ترکیبات بدن گردید و میزان چربی بدن در گروه‌های تحت غذادهی کمتر از حد سیری RL0، RL25، RL50 و RL75 به میزان ۵۲، ۶۲، ۵۴ و ۷۸ درصد گروه شاهد رسید. انجام غذادهی در حد سیری باعث شد تا در پایان هفته هشتم اختلاف میان شاخص کبدی بروز کرده در گروه‌های تیماری تحت گرسنگی و شاهد در هفته دوم جبران و نتایج میزان جبران وزن با افزایش قابل توجه ترکیبات چربی بدن ماهیان در گروه‌های تیماری همراه باشد. گروه‌های RL0، RL25، RL50 و RL75 در دوران رشد جبرانی به‌ترتیب ۱۰۲، ۴۱، ۴۸ و ۸ درصد میزان نسبت چربی بدن به ترکیبات غیر چربی خود را افزایش دادند (ستون آخر جدول ۴) و ماهیان گروه شاهد در همین دوره غذاگیری با وجود متوسط وزن بیشتر افزایش چربی نداشته‌اند (جدول ۴). این واکنش ماهیان به کاهش میزان چربی بدن مطابق با گزارش محققین به‌عنوان عامل اصلی واکنش بدن برای جبران کمبود ناشی از گرسنگی بوده است (Morgan and Metcalfe., 2001; Perez-Jimenez *et al*., 2007; Cho *et al*., 2006; Liu *et al*., 2011; Tian and Qin, 2004; jobling and Johnson, 1999). به نظر می‌رسد در گروه RL0 شدت رفتار غذایی رخ داده باعث شده است تا ترکیبات چربی بدن از گروه شاهد نیز فراتر رفته باشد.

کاهش ضریب غذایی یا بهبود کارایی غذادهی EF می‌تواند در دوره های گرسنگی و تغذیه مجدد نشان دهنده رخداد رشد جبرانی در ماهیان باشد (Turano *et al*., 2007). در آزمایش جاری تحریک در مطالبه بیشتر غذا برای جبران رشد با راندمان بالاتر غذاگیری یعنی ضریب کارایی غذادهی (FE) از سوی دسته‌های تیماری همراه نبود، به طوریکه می‌توان عنوان کرد کارایی غذادهی در همه گروه‌های با میل زیادتر به غذاگیری، نسبت به گروه شاهد کمتر شده یا تقریبا برابر با آن بوده است (جدول ۱). با توجه به نتایج سایر تحقیقات انجام شده انتظار بالاتر بودن کارایی تغذیه در هنگام تغذیه مجدد برای ایجاد رشد جبرانی قابل انتظار برای همه گونه‌ها نیست (Wang *et al*., 2000; Turano *et al*., 2007; Tian and Qin, 2004; Stefanson *et al*., 2009) و به خصوصیات گونه و رفتار غذایی آنها در هدر دادن غذا و منابع انرژی حاصل از غذا وابستگی زیادی دارد. در گزارش محققین حتی به این نکته اشاره شده است که گونه‌های شکارچی و گوشتخوار به‌دلیل بروز گرسنگی‌های متعدد چند روزه و شکارگری غیر دائم در زندگی طبیعی لزوما باید از نظر بالا رفتن کارایی غذایی در زندگی نسبت به گروه‌های غیر شکارچی بالاتر و تکامل یافته‌تر باشند (Wang *et al*., 2005). در این خصوص در میان گونه‌هایی که آزمایش‌ها در آنها رشد کامل و حتی رشد بیش از حد را نشان داده است برای نمونه گونه‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان (Dobson and Holmes, 1984)، ماهی آزاد آتلانتیک (Morgan and Metcalfe., 2001)، گوشتخوار و از سوی دیگر کاراس طلایی (گیبل)، هیبرید تیلاپیای نیل و موزامبیک (Wang *et al*.,

2000) و گربه ماهی کانالی (Kim and Lovell, 1995)، یا به‌طورکلی گوشـتخوار نبوده و یا از نظر رفتار غذایی شکارگر نبوده‌اند.



شکل ۴- متوسط رشد روزانه گروه‌های آزمایشی به ازای میزان غذاگیری گروه‌ها در دوره غذاگیری آزمایشی

در این آزمایش با توجه بالا ماندن متوسـط پارامترهای رشد، متوسط روزانه گروه‌ها و پراشتهایی آنها بعد از شـش هفته غذادهی هنوز می‌توان اذعان کرد که رشـد بیشـتر گروه‌های تحریک شده برای رشد جبرانی، در صـورت ادامه آزمایش می توانست ادامه یابد. اما جهش رشد روزانه افراد در هفته‌های آرامش غذایی از هفته چهارم نمونه‌برداری به بعد کاهنده شده و مانند گروه شاهد، احتمالاً میزان رشد به‌تدریج تحت تأثیر عوامل دیگر مورد نظر محققین غیر از رشـد تحریک شده جبرانی مانند رفتارهای اجتماعی و خصوصیات اجتماعی ماهیان و بروز کنش‌های پرخاشگرانه در میان اعضای غالب و مغلوب، کیفیت جیره در نظر گرفته شده و شرایط محیطی پرورش (Johansen *et al*., 2001; Perez-Jimenez *et al*., 2007; Turano *et al*., 2007) قرار گرفته اسـت. با وجود صـلح‌جو بودن گروه‌های کپورماهیان تلاش آنها برای غذاگیری بیشـتر، در نتایج کاملاً هویداسـت. اگرچه در آزمایش‌های انجام شـده بسیار بر این نکته تاکید شـده اسـت که ترکیبات تغییر یافته بدن در ماهیان تحت دوره گرسـنگی عامل مؤثری در بروز و دوام پدیده رشد جبرانی در آنهاست (Jobling and Johnson, 1999; Morgan and Metcalfe, 2001; Perez-Jimenez *et al*., 2012; Liu *et al*., 2011)، ولی در آزمایش‌های انجام شـده توسـط برخی محققین با

دادن گرسنگی‌های کوتاه مدت دو روزه به گروه‌ها معلوم شد که ماهیان سه خاره (Wu *et al*., 2003; Ali and wotten, 1999) و ماهیان آزاد آتلانتیک (Stefanson *et al*., 2009) که توانسته‌اند برای مدت طولانی از خود رفتار پراشتهایی نشان دهند، این رفتار در حقیقت عامل توفیق گروه‌ها برای رشد جبرانی کامل بوده است.

با برازش نتایج حاصل از میزان غذاگیری گروه‌های بچه ماهیان کپور و رشد روزانه آنها می‌توان با اطمینان بالایی عنوان کرد که میزان غذاگیری و پرخوری ایجاد شده در کپورها عامل اصلی افزایش رشد در گروه‌ها بوده است (شکل ۴) و توجه به این تحریک می‌تواند برای رسیدن به رشد بیشتر نتیجه بخش باشد. در ادامه این آزمایش و سایر آزمایش‌های مشابه با طولانی شدن زمان غذاگیری جبرانی، تأثیر تحریک رفتارهای غذایی جبران رشد (مانند پرخوری) به‌عنوان بزرگترین عامل بروز رشد جبرانی، کاهش می‌یابد و وابستگی رشد در افراد همه گروه‌ها به تبعیت از شرایط محیطی نزدیک می‌گردد و فرصت رشد بیشتر گروه‌های تحریک شده به رشد جبرانی نسبت به گروه شاهد اتمام می‌پذیرد. به این ترتیب برآیند تحقیقات و گزارش‌های ارائه شده نشان می‌دهد که با وجود محتمل بودن بروز رشد جبرانی در بسیاری از گونه‌هایی که تاکنون تحت این آزمایش قرار گرفته اند، فرصت استفاده از رفتار پرخوری بروز کرده، نمی‌تواند نامحدود باشد (Gaylord and Gatlin, 2001; Turano *et al*., 2007; Kim and Lovell, 1995; Johansen *et al*., 2001). در نتیجه، برای رسیدن به متوسط رشد مورد نظر در تحقیق باید تنها در مدت بروز کرده از رفتار مطلوب برای غذاگیری بیشتر، به هدف مورد نظر یعنی رشد بیشتر گروه‌ها رسید. بنابراین برای رسیدن به رشد جبرانی مطلوب علاوه بر روش‌هایی که در آن با دادن گرسنگی کوتاه مدت، ماهیان در شرایط طولانی از پرخوری نگه داشته می‌شوند، باید در مدت کوتاه از جیره‌هایی استفاده گردد که ترکیبات آن سطح انرژی جیره را بالا نگه دارند تا گروه‌های تحریک شده به پرخوری با رشد بیشتری مواجه گردند. توجه به این ملاحظه، در گزارش‌های محققین مورد اشاره قرار نگرفته است و در آزمایش انجام شده فعلی نیز این نکته از تحلیل اولیه در پلان آزمایش از نظر دور ماند و از یک جیره معمول پرورش کپورماهیان موجود در بازار برای دوره رشد جبرانی استفاده شد. در صورت استفاده از یک جیره با سطح انرژی افزایش یافته و با ترکیبات مهیا شده برای حفاظت پروتئینی (Fattollahi, 2012) این نتیجه که اشتهای فزاینده سه گروه RL0، RL25 و RL50 می‌توانست در همین مدت فاصله وزن متوسط گروه‌ها را باز هم به گروه شاهد نزدیک‌تر کند، احتمالاً میسر می‌شد. به نظر می‌رسد در صورت به‌کارگیری این فرض و انجام آزمایش‌های بعدی با بچه ماهیان کپور که در آن گروه‌های شاهد و تیماری موازی در کنار هم که با سطوح زیادتر و سطوح کمتر انرژی تغذیه و رشد داده شوند، نتایج حاصله در گروه‌های با سطوح بیشتر انرژی جبران بیشتر و افزایش وزن نزدیک‌تر به گروه شاهد را نشان دهد.

منابع

Ali M., Cui Y., Zu X., Wooten R.J. 2001. Dynamic of appetite in three fish species (*Gasterosteus aculeatus, Phoxinus phoxinus* and *Carassius auratus gibelio*) after feed deprivation. Aquaculture Research, 32:443-450.

Ali M., Nicieza A., Wootton R.J. 2003. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. Fish and Fisheries, 4:147–190.

Ali M., Wooten R.J. 1999. Coping with resource radiation: Effect of constant and variable intervals between feeding on reproductive performance at first spawning of female three-spined sticklebacks, *Gasterosteus aculeatus*. Journal of Fish Biology, 55: 211-220.

Ashouri Gh., Yavari V., Bahmani M., Yazdani M.A., Kazemi R., Morshedi V., Fattollahi M. 2013. The effect of short-time starvation on some physiological and morphological parameters in juvenile siberian sturgeons, *Acipenser Baerii*, ACTA Ichthyologica et Piscatoria, 43(2):145–150.

Baanante I.V., Garcia De Frutos P., Bonamusa L., Fernandez F. 1991. Regulation of fish glycolysis gluconeogenesis: role of fructose 2, 6 P2 and PFK-2. Comparative Biochemistry and Physiology, 100(B):11–17.

Cho S.H., Lee S.M., Park B.H., Ji S.Ch., Lee J., Bae J., Oh S.Y. 2006. Compensatory growth of juvenile olive flounder, *Paralichthys plivaceus*, and changes in proximate composition and body condition indexes during fasting and after refeeding in summer season. J. World Aquaculture Society, 37(2):168-174.

Czesny S., Rinchard J., Garcia Abiado M.A., Dabrowski K. 2003. The effect of fasting, prolonged swimming, and predator presence on energy utilization and stress in juvenile walleye (*Stizostedion vitreum*). Physiology and 261 Behavior, 79: 597– 603.

Dobson S.H., Holmes R.M. 1984. Compensatory growth in rainbow trout *Salmo gardineri* Richardson. Journal of Fish Biology, 25:649-656.

Falahatkar B. 2012. The metabolic effects of feeding and fasting in beluga *Huso huso*. Marine Environmental Research, 82:69–75.

Fattollahi M. 2012. Feeding and Biological Resource of Fish Growth. University of Shahr-e-Kord. 170 pp. (In Persian).

Fuglei E., Aanestad M., Berg J.P. 2000. Hormones and metabolites of arctic foxes (*Alopex lagopus*) in response to season, starvation and re-feeding. Comparative Biochemistry and Physiology, Part A: Molecular and Integrative Physiology. 126(2): 287–294.

Gaylord G.T., Gatlin W.D.M. 2001. Dietary protein and energy modification to maximize compensatory growth of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. Aquaculture, 194: 337-348.

Hayward R.S., Noltie D.B., Wang N. 1997. Notes: use of compensatory growth to double hybrid sunfish growth rate. Transections of the American Fisheries Society, 126: 316-322.

Hayward R.S., Wang N., Noltie D.B. 2000. Group holding impedes compensatory growth of hybrid sun fish. Aquaculture, 183:299-305.

Hornick J.L., Van Eenaeme C., Gerard O., Dufrasne I., Istasse L. 2000. Mechanisms of reduced and compensatory growth. Domestic Animal Endocrinology, 19(2): 121–132.

Ji H., Friedman M.I. 1999. Compensatory hyperphagia after fasting tracks recovery of liver energy status. Physiological Behavior, 68: 181-186.

Jobling M., Johanson S.J.S. 1999. Lipostat, hyperphagia and catch-up growth. Aquaculture Research, 30: 473-478.

Johansen S.J.S., Ekli M., Jobling M. 2001. Weight gain and lipid deposition in Atlantic salmon, *Salmo salar*, During compensatory growth: Evidence for lipiostatic regulation? Aquaculture research, 32: 961-974.

Kim M.K., Lovell R.T. 1995. Effect of feeding regimes on compensatory weight gain and body tissue changes in Channel Catfish, *Ictalurus punctatus* in ponds. Aquaculture, 135: 285-293.

Liu W., Wei Q.W., Wen H., Jiang M., Wu F., Jiang M., Wu F., Shi Y. 2011. Compensatory growth in juvenile Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*): effect of starvation and subsequent feeding on growth and body composition. Journal of Applied Ichthyology, 27: 749-754.

Morgan I.J., Metcalfe N.B. 2001. Deferred costs of compensatory growth after autumnal food storage in juvenile salmon. The Royal Society, 268: 295-301.

Navarro I., Gutiérrez J. 1995. Fasting and starvation. In: Hochachka, P.W., Mommsen, T.P. (Eds.), Biochemistry and Molecular Biology of Fishes, Elsevier, New York, p. 393-433.

Perez-Jimenez A., Cardenete G., Hidalgo M.C., Garcia-Alcazar A., Abellan E., Morales A.E. 2012. Metabolic adjustments of *Dentex dentex* to prolonged starvation and re-feeding. Fish Physiology and Biochemistry, 38: 1145–1157.

Perez-Jimenez A., Guedes M.J., Morales A.E., Oliva-Teles A. 2007. Metabolic responses to short starvation and reseeding in *Dicentrarchus labrax*. Effect of dietary composition. Aquaculture, 265: 325-335.

Pottinger T.G., Rand-Weaver M., Sumpter J.P. 2003. Overwinter fasting and re-feeding in rainbow trout: plasma growth hormone and Cortisol levels in relation to energy mobilisation. Comparative Biochemistry and Physiology, Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 136(3): 403–417.

Quinton J.C., Blake R.W. 1990. The effect of feed cycling and ration level on the compensatory growth response in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Journal of Fish Biology, 37: 33-41.

Saether B.S., Jobling M. 1999. The effect of ration level on feed intake and growth, and compensatory growth after restricted feeding, in turbot *Scophthalmus maximus*. Aquaculture Researches, 30: 647-653.

Sheridan M.A., Mommsen T.P. 1991. Effects of nutritional state on in vivo lipid and carbohydrate metabolism of Coho salmon *Oncorhynchus kisutch*. General and Comparative Endocrinology, 81: 473–483.

Stefanson S.O., Imslan A.K., Handeland S.O. 2009. Food-deprivation, compensatory growth and hydro-mineral balance in Atlantic salmon (*Salmo salar*) post-smolt in sea water. Aquaculture, 290: 243-249.

Tian X., Qin J.G. 2004. Effects of previous ration restriction on compensatory growth in barramundi *Lats calcarifer*. Aquaculture, 235: 273-283.

Turano M.J., Borski R.J., Daniel H.V. 2007. Compensatory growth of pond-reared hybrid striped bass, *Morone cherysops*, *Morone saxatilis* fingerlings. J. the world aquaculture society, 38(2): 250-261

Wang Y., Cui Y., Yang Y., Cai F. 2000. Compensatory growth in hybrid tilapia *Oreochromis mossambicu*s, *O. niloticus* reared in sea water. Aquaculture, 189: 101-108.

Wang Y., Cui Y., Yang Y., Cai, F. 2005. Partial compensatory growth in hybrid tilapia *Oreochromis mossambicus* × *O.niloticus* following food deprivation. Journal of Applied Ichthyology, 21: 389-393.

Wu L., Xie S., Cui Y., Wooten R. J. 2003. Effect of cycle of Feed deprivation on growth and food consumption of immature three-spined sticklebacks and European minnows. Journal of Fish Biology, 62: 184-194.

Yameyamba E.S.K., Price M.A., Foxcraft G.A. 1996. Hormonal status, metabolic changes, and resting metabolic rate in beef heifers undergoing compensatory growth. J. Animal Sciences, 74: 57-69.

Yarmohammadi M., Shabani A., Pourkazemi M., Soltanloo H., Imanpour M.R. 2012. Effect of starvation and refeeding on growth performance and content of plasma lipids, glucose and insulin in cultured juvenile Persian sturgeon (*Acipenser persicus*). Journal of Applied Ichthyology, 28: 692-696.

Zhu X., Cui Y., Ali M., Wootton R.J. 2001. Comparison of compensatory growth responses of juvenile three-spined stickleback and minnow following similar food deprivation protocols. Journal of Fish Biology, 58: 1149-1165.

Zhu X., Xie Sh., Zou Zh., Lei W., Cui Y., Yang Y., Wootton R.J. 2004. Compensatory growth and food consumption in gibel carp, *Carassius auratus gibelio*, and Chinese longsnout catfish, *Leiocassis longirostris*, experiencing cycles of feed deprivation and re-feeding. Aquaculture, 241: 235-247.