فصلنامه علوم تکثیر و آبزی‌پروری/ سال دوم/ شماره پنجم/ زمستان ۹۳/ صفحات۲۴-۱۷

آثار دوره های گرسنگی کوتاه مدت و غذادهی مجدد بر شاخص های تغذیه‌ای و رشد قزل-آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

صالح بنام[۱*]، عیسی ابراهیمی[۲]، مجید عابدی[۱]، داوود گرجی[۳]

چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی آثار دوره‌های گرسنگی کوتاه مدت و غذادهی مجدد بر شاخص‌های مختلفی نظیر ضریب تبدیل غذایی (FCR)، نسبت کارائی غذا (FER)، نسبت کارایی پروتئین (PER)، درصد رشد خالص (SGR)، درصد افزایش وزن (WG)، شاخص رشد (CF) و بررسی مکانیسم احتمالی جبران عقب‌ماندگی رشد در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با وزن متوسط (۰/۵ ± ۱۷/۵ گرم) و در شرایط آزمایشگاهی کنترل شده انجام گرفت. این مطالعه مدت ۸ هفته و در قالب یک طرح کاملا تصادفی با سه تیمار که هر تیمار شامل سه تکرار بود انجام گرفت. در تمام طول آزمایش تیمار شاهد بدون محرومیت غذایی و تا حد سیر تغذیه شد و تیمار اول و دوم به ترتیب ۲ روز تغذیه، یک روز گرسنگی و ۴ روز تغذیه، یک روز گرسنگی را تحمل کردند. ماهیان در طول دوره مطالعه هر دو هفته یک بار زیست‌سنجی شدند. بر اساس نتایج به دست آمده در پایان دوره آزمایش در هیچ کدام از فاکتورها بین گروه‌های با محرومیت غذایی و گروه شاهد و همچنین بین خود گروه‌های با محرومیت غذایی تفاوت معنا داری مشاهده نشد. ($P > ۰/۰۵$)

کلید واژه: قزل آلای رنگین کمان، رشد جبرانی، ،تغذیه مجدد، شاخص های رشد، دوره های گرسنگی.

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران saleh.benam@ut.ac.ir

۲- استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

۳- گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

۱- مقدمه

با توجه به روند افزایش جمعیت جهان بدون شک صنایع غذایی فعلی جهان پاسخگوی نیازها نخواهد بود و انسان باید به فکر منابع غذایی ویژه و منابع پروتئینی جدید باشد. یکی از راه های تأمین نیاز روز افزون به پروتئین تولید آبزیان، از جمله آبزیان جانوری مثل ماهی قزل آلا است. قزل آلای رنگین‌کمان از خانواده آزاد ماهیان[1] با نام علمی *Onchorhynchus mykiss* و با نام انگلیسی Rainbow trout معروف است. در میان آزاد ماهیان این گونه تنها گونه‌ای است که برای پرورش بسیار مناسب تشخیص داده شده است، چرا که در برابر تغییرات محیطی نظیر تغییر مقدار O_2 و CO_2 محلول در آب، آلودگی‌های کم و درجه حرارت مقاوم بوده و از سرعت رشد مناسبی برخوردار است. به علاوه این که به راحتی از غذاهای دستی استفاده می‌کند (Hardy et al., 2000; Maitland, 2000).

این ماهی که گوشت آن طعم بسیار مطلوبی دارد می‌تواند به خوبی یکی از منابع پروتئین حیوانی جمعیت کشور ما باشد. در پرورش این ماهی تغذیه بیش از ۵۰ درصد هزینه‌های جاری را به خود اختصاص می‌دهد (Higgs *et al*., 1995)، بنابراین هرچه یک پرورش دهنده بتواند هزینه تولید غذا را کاهش دهد، به همان نسبت از سود بیشتری برخوردار خواهد شد. یکی از روش‌های قابل قبول درکنترل رشد آبزیان می تواند استفاده از یک یا چند دوره گرسنگی و به دنبال آن غذادهی مجدد باشد که منجر به بروز پدیده رشد جبرانی[2] می شود (Dobson and Holmes, 1984; Nikki *et al*, 2004). رشد جبرانی، رشدی است که بعد از یک دوره گرسنگی و محدودیت رشد به علت کاهش تغذیه (کاهش قابلیت دسترسی به غذا) یا شرایط نامناسب محیطی، سریع و بیش از حد معمول انجام می گیرد (Eroldogan *et al*., 2008; Quinton and Blake., 1990). امکان بهبود میزان رشد ماهی با برنامه دقیق تغذیه‌ای در طول دوره‌ی محرومیت غذایی و به دنبال آن تغذیه ماهی تا حد سیری (Helrich., 1990) رویدادی است که در بین بسیاری از ماهیان مختلف دیده شده است. در طی این رویداد بعد از یک دوره محدودیت غذایی موقت، میزان رشد سریع گردیده تا هر گونه کاهش رشد یا کاهش وزن جبران شود. در ماهیان وحشی، رشد جبرانی بعد از تخم‌ریزی صورت می‌گیرد، به طوری که منابع انرژی تحلیل رفته دوباره جبران گردد (Sahin *et al*., 2000). رشد سریع و عملکرد بالای تبدیل غذا از شاخص‌های پدیده رشد جبرانی است. این شاخص‌ها ممکن است ناشی از پر شدن سلول‌هایی از بدن موجود باشد، که در طول دوره محدودیت تغذیه‌ای تخلیه شده اند (Keide *et al*., 2006). با توجه به اینکه تغذیه نقش اساسی را در پرورش ماهیان

1 .Salmonidae

2 .Compensatory growth

و همچنین بخش عمده‌ای از هزینه‌های آبزی‌پروری را شامل می‌شود تحقیق حاضر به منظور بررسی تاثیر دوره‌های گرسنگی بر شاخص‌های تغذیه‌ای ماهیان در کارگاه پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- شرایط انجام آزمایش

مهم‌ترین فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب محیط پرورش به طور مختصر در جدول یک آمده است.

جدول۱. شرایط انجام آزمایش

دما	اکسیژن محلول (ppm)	pH	آمونیاک (ppm)
۱۶-۱۴	۶/۸-۸/۵	۷/۲-۷/۶	۰/۰۱ >

۳- روش انجام آزمایش

ماهیان قزل‌آلای مورد استفاده در این مطالعه از مزرعه پرورشی چشمه دیمه واقع در استان چهار محال و بختیاری تهیه و به کارگاه پژوهشی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان انتقال داده شد دوران تطبیق‌پذیری ماهیان با شرایط محیطی آزمایش حدود یک هفته به طول انجامید و سپس آزمایش با بچه ماهیان با میانگین وزنی۰۵/ ± ۱۷گرم و ۱۸ عدد در هر تانک آغاز گردید، دوره آزمایش۶۰ روز به طول انجامید، آزمایش در یک سیستم نیمه بسته با آب جاری انجام شد. این سیستم شامل سه بخش اصلی بود:

(۱) منبع تامین آب یک حلقه چاه سطحی موجود در مزرعه و آب شهر بود.

(۲) مخزن آب با حجم دو متر مکعب که آب ورودی به سیستم پس از ریختن روی یک برج هواده وارد آن شده و توسط پمپ هواده نیز هوادهی شده تا بدین‌وسیله تبادلات گازی به شکل مناسب صورت پذیرد.

(۳) مخزن‌های پرورشی هر یک با حجم ۱۰۰ لیتر (با ورودی و خروجی مجزا).

آب مخزن نگهداری آب پس از هوادهی کامل با استفاده از سیستم لوله‌کشی پلی‌اتیلن به قطر دو اینچ به‌صورت ثقلی در مخزن‌های پرورشی توزیع می‌گردید. آب خروجی همه مخزن‌های پرورشی توسط یک کانال جمع‌آوری و پس از عبور از فیلترهای شنی و زئولیتی مجددا به مخازن ذخیره آب وارد می‌شد. رژیم نوری مورد استفاده ۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت روشنایی بود که ساعت

روشنایی از ۸ صبح تا ۸ شب بود در این تحقیق هر دو هفته یک بار زیست سنجی انجام می‌شد. برای این کار ماهی ها با عصاره گل میخک بی‌هوش شدند و طول و وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد .

این آزمایش در قالب یک طرح کاملا تصادفی شامل سه تیمار که هر تیمار شامل سه تکرار بود انجام گرفت. تیمارهای مختلف محرومیت‌های غذایی و غذادهی مجدد به صورت زیر بود:

تیمار A: بچه ماهیان در این تیمار ۲ روز تغذیه شدند و ۱ روز گرسنگی را تحمل کردند.

تیمار B : بچه ماهیان در این تیمار ۴ روز تغذیه شدند و ۱ روز گرسنگی را تحمل کردند.

تیمار شاهد: هر روز در حد سیری غذا دهی می‌شد.

غذا دهی ماهیان با استفاده از غذای تجاری در دو وعده غذایی در ساعات ۸:۳۰ تا ۹:۳۰ و ۱۶:۳۰ تا ۱۷:۳۰ انجام می‌گرفت، غذا دهی در هر وعده تا حد اشتها انجام شد.

بعد از پایان آزمایش، داده‌های جمع آوری شده وارد نرم افزار excel شدند. رسم نمودارها به‌وسیله این نرم افزار صورت گرفت، تحلیل آماری داده‌های خام با روش ANOVA یک طرفه با استفاده از نرم افزار SPSS صورت گرفت، مقایسه میانگین تیمارها به کمک آزمون توکی و دانکن انجام شد و وجود یا عدم وجود اختلاف معنا دار در سطح ۵ درصد ($P<0.05$) مشخص شد.

شرایط نگهداری و مشخصات فنی سیستم طراحی شده به شرح جدول ۲ می‌باشد.

جدول ۲. شرایط نگهداری و مشخصات فنی سیستم طراحی شده

منبع تامین آب	آب چاه-آب شهر
مخزن ذخیره‌آب	یک مخزن با حجم ۲ متر مکعب
تعویض آب	به‌طور دائم
آب ورودی	آب توسط لوله پلی‌اتیلن دو اینچی انتقال و برای هر مخزن یک انشعابات ۱/۴ اینچی از آن گرفته می‌شد.
آب خروجی	آب از هر وان به کانال آبی با عرض ۲۰ سانتی‌متر انتقال یافته و وارد فیلترهای شنی و زئولیتی می‌شد.
هوادهی مخزن ذخیره آب	Mahiran ACO-006 مداوم توسط پمپ هوا مدل
دمای آب	۱± ۱۷ درجه سانتی‌گراد
نظافت (سیفون‌کردن) وان‌های پرورشی	هر دو روز یک بار
دبی آب ورودی به مخزن‌های پرورشی	۷۰۰ میلی‌لیتر بر دقیقه
ثبت شرایط فیزیکوشیمیایی آب	دما به صورت روزانه
	WTW اکسیژن محلول هر سه روز یک‌بار توسط یک دستگاه اکسیژن‌متر پرتابل مدل OXI 196
	Jenway آمونیاک و نیترات به صورت هفتگی توسط یک دستگاه یون آنالایزر مدل 3040
	CIBA-CORNING متر پرتابل مدل pH هفتگی توسط یک دستگاه pH
شرایط نوری	۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت روشنایی

۴- شاخص‌های زیستی

شاخص‌های رشد و کارایی تغذیه طبق روابط زیر محاسبه شد (Espe *et al.*, and Carter 2008; Farhangi *et al.*, 2001):

شاخص رشد (CF)

$$CF(\%) = \frac{\text{وزن (g)}}{\text{(طول)}^3\text{(cm)}} \times 10$$

درصد افزایش وزن (WG%[1])

$$WG(\%) = \frac{\text{وزن متوسط اولیه} - \text{وزن متوسط نهایی}}{\text{وزن متوسط اولیه}} \times 100$$

درصد رشد روزانه (SGR[2]) :

$$SGR(\%) = \frac{\text{(لگاریتم میانگین وزن اولیه} - \text{لگاریتم میانگین وزن نهایی)}}{\text{تعداد روز های آزمایش}} \times 100$$

نسبت کارایی پروتئین (PER [3])

$$PER(\%) = \frac{\text{افزایش وزن ماهی(گرم)}}{\text{پروتئین مصرف شده(گرم)}} \times 100$$

نسبت کارایی غذا (FER[4])

$$\text{PER (درصد در روز)} = \frac{\text{میزان افزایش وزن بدن(گرم)}}{\text{مقدار غذای مصرفی (گرم)}} \times 100$$

ضریب تبدیل غذایی(FCR[5])

$$FCR(\%) = \frac{\text{میزان غذای مصرف شده در طول دوره}}{\text{میزان افزایش وزن}} \times 100$$

1 .Percentage of Weight gain
2 .Specific Growth Rate
3 .Protein Efficiency Ratio
4 .Feed Efficiency Ratio
5 .Feed Conversion Ratio

۵- نتایج

نتایج زیست‌سنجی اولیه و زیست‌سنجی ثانویه در جدول ۳ ارائه شده است در این زیست-سنجی‌ها میزان وزن و طول کل در آغاز و پایان آزمایش اندازه‌گیری شد.

جدول۳. نتایج زیست سنجی در آغار و پایان آزمایش (میانگین ± خطای استاندارد)

زیست‌سنجی		شاهد	تیمار۱	تیمار۲
آغاز	طول کل(cm)	۱۱/۹۴±۰/۰۴	۱۱/۸۹±۰/۱۱	۱۱/۸۶±۰/۱۴
	وزن (g)	۱۷/۷۶± ۰/۱۴	۱۷/۵۵± ۰/۱۲	۱۷/۴±۰/۱۳
پایان	طول کل(cm)	۱۸/۲۰± ۰/۳۰	۱۷/۷۷±۰/۳۲	۱۷/۷۸± ۰/۳۴
	وزن (g)	۶۰/۲۳±۲/۴۴	۶۰/۰۷± ۳/۳۷	۵۹/۲۵± ۳/۱۴

همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود هیچ گونه تفاوت معناداری بین هیچ کدام از تیمار ها در طول و وزن مشاهده نشد ($P>0/05$).

نتایج مربوط به محاسبه پارامترهای ضریب تبدیل غذایی (FCR)، نسبت بازده غذا (FER) نسبت بازده پروتئین(PER) نرخ رشد ویژه (SGR)، افزایش وزن (WG) و شاخص وضعیت (CF) در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول۴. میانگین شاخص‌های رشد و تغذیه در پایان آزمایش (میانگین±خطای استاندارد)

	تبدیل ضریب غذایی	نسبت بازده غذا	بازده نسبت پروتئین	افزایش وزن بد=گن (g)	نرخ رشد ویژه (درصد در روز)	شاخص وضعیت
شاهد	۰/۰۵±۱/۱۹	۴/۱۲±۸۴/۱۲	۰/۱±۲/۱	۱۰/۹±۲۷۲/۷	۰/۰۴±۲/۱۹	۰/۰۰±۱/۰۷
تیمار ۱	۰/۰۲±۱/۱۴	۱/۵۸±۸۷/۶۴	۰/۰۳±۲/۱۹	۱۷/۴۹±۲۴۲/۰۱	۰/۰۸±۲/۰۴	۰/۰۱±۱/۰۶
تیمار ۲	۰/۰۱±۱/۲۴	۰/۸۲±۸۰/۵۹	۰/۰۲±۲/۰۱	۱۵/۶۴±۲۴۰/۱۷	۰/۰۷±۲/۰۳	۰/۰۰±۱/۰۵

نتایج به دست آمده در جدول ۴ برای شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای، هیچ‌گونه اختلاف معناداری بین هیچ کدام از تیمارها نشان نداد ($P>0/05$).

۶- بحث

کنترل رشد به شیوه امن یک نیاز اساسی برای سیستم‌های پرورش آبزیان محسوب می‌شود. یکی از روش‌های کنترل و دستکاری رشد استفاده از مکانیسم رشد جبرانی است. با استفاده از پدیده جبران علاوه بر مدیریت رشد می‌توان در مدیریت و کنترل پساب‌های تولیدی هم دست یافت

(Imani *et al*., 2009). با توجه به عدم اختلاف وزنی معنا دار بین ماهیان با محرومیت غذایی بعد از دوره گرسنگی در این مطالعه می‌توان چنین استنباط کرد که ماهیان توانایی سازگاری با شرایط گرسنگی را داشتند (Keide *et al*., 2006). در مطالعه حاضر جبران وزن نهایی ماهیان در گروه‌های مختلف آزمایشی اختلاف معناداری را با تیمار شاهد نشان نداد که هم‌سو با مطالعات سایر محققین می‌باشد(Zhu *et al*., 2004; Zhu *et al*., 2005; Gaylord, 2001). در مطالعه حاضر اختلاف معنا داری در ضریب رشد ویژه مشاهده نشد، که این نبود اختلاف در ضریب رشد ویژه را شاید بتوان به‌وسیله مراتب تغذیه در ماهیان درون مخازن پرورش نسبت داد. زیرا ماهیان بعد از اتمام دوره گرسنگی رفتارهای مخاطره آمیزی را از خود نشان می‌دهند و افراد غالب تلاش بیشتری برای مصرف غذا انجام می‌دهند (Helrich, 1990; Ali *et al*., 2003). در مطالعه مشابه، خورشید ماهی دورگه نگهداری شده به صورت گروهی در زمان رشد جبرانی در مقایسه با ماهیان نگهداری شده به صورت انفرادی، دارای ضریب رشد ویژه یکسانی با گروه شاهد بودند (Hayward, 2000). همچنین در مطالعه (Imani *et al*., 2009) بر روی قزل‌آلای رنگین‌کمان، مطابق با یافته‌های تحقیق حاضر اختلاف قابل توجهی را در ضریب رشد ویژه نشان نداد. شرایط رقابتی و نبود چیدمان غالبیت در دسته حاکم بر جمعیت علاوه بر هزینه‌های متابولیکی می‌تواند عامل ایجاد اختلاف در پاسخ به رشد جبرانی در افراد باشد (Fraser *et al*., 2007). همچنین عواملی که در کنار خطاهای آزمایش منجر به عدم نمایش واضح اختلاف در شاخص‌های مورد مطالعه می‌شود را می‌توان به نامناسب بودن جیره غذایی و ناکارامدی رژیم غذایی اعمال شده نسبت داد .(Gurney and Nisbet, 2004) آزمون توکی بعد از گرسنگی به عنوان متغیر نتوانست اختلاف معناداری از نظر شاخص‌های مذکور بین گروه‌های آزمایشی نشان دهد که مشابه نتایج به دست آمده برای ماهی*Hippoglossus hippoglossous* و ارزش تولیدی انرژی در ماهی تیلاپیای دو رگه می باشد (Jobling.,1994; Wang *et al*., 2000). همچنین ضریب تبدیل غذایی اختلاف معنی داری بین گروه های آزمایشی نداشت که مشابه نتایج به‌دست آمده توسط دیگر محققین بود(Jobling *et al*., 1994).

منابع

1. **Ali, M., Nicieza, A., Wootton, R.J. (2003).** Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. Fish and Fisheries. 4: 147–190.
2. **Dobson, S.H., Holmes, R.M. (1984).** Compensatory growth in the rainbow trout (*Salmo gairdneri Richardson*). Journal of Fish Biology. 25: 649-656.
3. **Eroldogan, O.T., Tasbozan, O., Tabakoglu, S. (2008)**. Effects of restricted feeding regimes on growth and feed utilization of juvenile Gilthead Sea bream (*Sparus aurats*). Journal of the World Aquaculture Society. 39: 267-274.
4. **Espe, M., Hevrøy, E.H., Liaset, B. Lemme, A., El-Mowafi, A. (2008**). Methionine intake affect hepatic sulphur metabolism in Atlantic salmon, *Salmo salar*. Aquaculture. 274: 132–141.

5. **Farhangi, M., Carter, C.G. (2001**). Growth, physiological and immunological response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to different diettary inclusion levels of dehulled lupin (*Lupinus angustifolius*). Aquaculture research. 32(1): 329-340.
6.**Fraser, D.J., Weir, L.K., Darwish, T.L., Eddington, J.D., Hutchings, J.A. (2007**). Divergent compensatory growth responses within species: linked to contrasting migrations in salmon? Oecologia. 153(3): 543-553.
7.**Gaylord, G.T., Gatlin, D.M. (2001).** Dietary protein and energy modification to maximize compensatory growth of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. Aquaculture. 194, 337-348.
8.**Gurney, W.S., Nisbet, R.M. (2004)**. Resource allocation, hyperphagia and compensatory growth. Bulletin of mathematical biology. 66(6): 1731-1753.
9.**Hardy, R.W., Sugiura, S.H., Babbitt, J.K., Dong, F.M. (2000**). Utilization of fish and animal byproduct meals in low-pollution feeds for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture Research. 31: 585-593.
10.**Hayward, R.S., Wang, N., Noltie, D.B. (2000)**. Group holding impedes compensatory growth of hybrid sunfish. Aquaculture. 183(3): 299-305.
11.**Helrich, K.C. (199 0**). Official methods of Analysis of the AOAC. Volume 2 (No. Ed. 15). Association of Official Analytical Chemists Inc.
12.**Higgs, D.A., Dosanj, B.S., Prendergast, A.F., Beams, R.M., Hardy, R.W., Riley, W., Deacon, G. (1995)**. Use of rapeseed/canola protein products in finfish diets. Nutrition and Utilization technology in Aquaculture, AOAC Press, PP. 130-156.
13.**Imani A., Farhangi M., Yazdanparast R., Bakhtiari M., Shokoh-Saljoghi Z., Majazi-Amiri B. (2009)**. Growth and feeding performance in rainbow trout, (Oncorhynchus mykiss) during different periods of food deprivation and refeeding. Iranian Scientific Fisheries Journal. 2: 1-11 (in Persian).
14.**Jobling, M. (1994).** Fish Bioenergetics, Chapman and Hall, London.
Keide, A., Foss, A., Stefansson, S.O., Mayer, I., Norbery, B., Roth, B., jenssen, M.D., Nortvedt, R., Imsland, A.K.2006. Compensatory growth and fillet crude composition in juvenile Atlantic halibut: Effects of short term starvation periods and subsequent feeding. Aquaculture. 261:109-117.
15.**Maitland. P.S. 2000.** Guide to freshwater fish of britain and europe. Publishing group limited octopus, Essex. 256.
16.**Nikki, J., Pirhonen, J., Jobling, M., Karjalainen, J. (2004)**. Compensatory growth in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss (walbaum*), held individually. Aquaculture. 235: 285-296.
17.**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.
18.**Sahin, T., Akbulut, B., Akungur, M. (2000)**. Compensatory Growth in sea bass (*Dicentrarchus labrax*), sea bream (*Sparus aurata*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*).Turkish Journal Zoology. 24: 81-86.
19.**Wang, Y., Cui, Y., Yang, Y., Cai, F. (2000)**. Compensatory growth in hybrid tilapia, (*Oreochromis mossabicus*) O.niloticus, reared in seawater. Aquaculture. 189: 101-108.
20.**Zhu, X., Xie, Sh., Lei, W., Cui, Y., Yang, Y., wootton, R.J. (2004).** Compensatory growth and food consumption in gibel carp, *Carassius auratus* gibelio, and Chinese longsniut catfish, *Leiocassis longirostris*, experiencing cycles of feed deprivation and re-feeding. Aquaculture. 241: 235-247.