نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان
جلد دوم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۲
http://japu.gau.ac.ir

بررسی اثرات متقابل تراکم پرورش، دما و دبی آب بر میزان غذاگیری، ضریب تبدیل غذایی و رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

***سیدابراهیم مرادی[۱]، سعید کاظمی‌نیا[۱]، علی شعبانی[۲] و پرویز منصوری[۳]**

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۲]دانشیار گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه شیلات، دانشگاه شهرکرد

تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۱۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۹/۱۲

چکیده

موفقیت در آبزی‌پروری تا حد زیادی وابسته به وضعیت شرایط محیطی و پرورشی آبزی می‌باشد. تراکم، دما و دبی آب به‌طور اساسی کیفیت محیط آبی و شرایط پرورشی آبزی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند. این پژوهش به‌منظور بررسی اثر فاکتورهای بیان شده بر میزان غذاگیری، ضریب تبدیل غذایی و رشد ماهی قزل‌آلا صورت گرفته است. در یک دوره ۶۰ روزه، تعداد ۱۴۰۰ عدد بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با متوسط وزن اولیه ۱/۵±۱۰ گرم براساس طرح روش سطح پاسخ در ۳ تراکم ۵۰، ۷۰ و ۹۰ عددی و در ۳ دمای آب ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد و میزان دبی آب به‌ترتیب ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ لیتر بر ثانیه مورد آزمایش قرار گرفته و با جیره تجاری تغذیه شدند. در پایان دوره مقادیر فاکتورهای موردنظر با توجه به‌میزان غذاگیری، ضریب تبدیل غذایی و افزایش وزن بهینه‌سازی گردیدند. پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها مشخص شد که تراکم‌های مورد استفاده اثر قابل ملاحظه‌ای بر میزان غذاگیری ماهیان داشته است ($P<0/05$) ولی دما و دبی‌های مورد آزمایش اثر معناداری نداشته است ($P>0/05$). همچنین اثر تراکم و دبی‌های استفاده شده در این آزمایش بر ضریب تبدیل غذایی و میزان رشد معنادار بوده است ($P<0/05$) ولی تیمارهای دمایی مورد استفاده اثر معناداری بر این فاکتورها نداشته است ($P>0/05$). با توجه به این شرایط آزمایشی، تعداد ۱۷۰ قطعه ماهی به‌ازای هر مترمکعب، دبی ۰/۹ لیتر بر ثانیه و دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، بهترین مقادیر مصرف غذا، ضریب تبدیل غذایی و رشد به‌دست می‌آورد.

واژه‌های کلیدی: قزل‌آلای رنگین‌کمان، تراکم پرورش، ضریب تبدیل غذایی، بهینه‌سازی

* مسئول مکاتبه: ebrahim_moradi2012@yahoo.com

مقدمه

تولیدات آبزی‌پروری در سطح جهان با رشد چشم‌گیری در حال افزایش است و کشور ما نیز از این قاعده مستثنی نبوده است، به‌نحوی‌که میزان تولید ماهی قزل‌آلا در کشور از ۴۴۰ تن در سال ۱۹۹۰ به حدود ۷۳۶۲۴ تن در سال ۲۰۱۰ رسیده است. این ارقام نشان‌دهنده افزایش میزان مصرف این ماهی در طول ۲۰ سال اخیر می‌باشد (فائو، ۲۰۱۲). با توجه به افزایش روزافزون جمعیت انسان‌ها و در نتیجه افزایش نیاز غذایی آن‌ها امروزه آبزی‌پروری و تولید و مصرف ماهی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است (سوباسینگ، ۲۰۰۵). میزان تولید موجودات آبزی وابسته به شرایط محیطی اطراف آن‌ها می‌باشد و یکی از مهم‌ترین شرایط محیطی که رشد تمامی موجودات آبزی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد کیفیت آب می‌باشد. کاهش کیفیت آب باعث افزایش استرس، رشد ضعیف، شیوع بیش‌تر بیماری‌ها و افزایش تلفات و کاهش تولید در آبزی‌پروری می‌شود. بنابراین موفقیت در آبزی‌پروری تنها با انتخاب گونه مناسب و تغذیه مناسب به‌دست نمی‌آید و این مهم تا حد بسیار زیادی به شرایط پرورشی ماهی مانند تراکم پرورش، درجه حرارت و میزان آب قابل استفاده برای ماهی نیز بستگی دارد که تمامی این موارد به‌طور مستقیم و غیرمستقیم کیفیت آب را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند و در طول دوره پرورش باید مدیریت شوند. افزایش میزان آب باعث می‌شود روند تغییرات کیفی آب کاهش یابد و کاهش آن اثر معکوس بر کیفیت آب دارد. تراکم در شرایط پرورش بر سلامتی، میزان رشد و بقای ماهی (اسوفرو و همکاران، ۲۰۰۷) و همچنین ضریب تبدیل غذایی (چاکرابورتی و بانرجی، ۲۰۰۵) تأثیر دارد. درجه حرارت آب رشد ماهیان را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد و واکنش‌های فیزیولوژیکی تمامی موجودات زنده را کنترل می‌کند (اجانکورن و همکاران، ۱۹۹۹) و امروزه مشخص شده است که نرخ رشد بیش‌تر گونه‌های ماهی تحت‌تأثیر درجه حرارت آب پیرامون آن‌ها می‌باشد (بونتلو و همکاران، ۲۰۰۰). با توسعه روش‌ها و تکنولوژی‌های جدید در پرورش گونه‌های مختلف ماهی، کنترل عوامل تأثیرگذار در کیفیت آب مانند تراکم پرورش، دما و میزان آب در این شیوه‌ها به‌عنوان عوامل دخیل در میزان تولید باید مدنظر باشند (نارجو، ۲۰۱۰). در بیش‌تر موارد پرورش‌دهنده به‌علت نداشتن دانش کافی در این ارتباط دچار ضرر و زیان می‌شود (چاکرابورتی و بانرجی، ۲۰۰۵). ماهی قزل‌آلا یکی از ماهیان باارزش پرورشی است که در کشور ما به‌طور گسترده در بیش‌تر نقاط مستعد مورد پرورش قرار می‌گیرد. بهینه‌سازی شرایط پرورش ماهی قزل‌آلا و سایر ماهیان پرورشی با اثری که در افزایش رشد ماهی و کاهش هزینه‌های تولید دارد لازم و ضروری به‌نظر می‌رسد. این پژوهش به‌منظور

بررسی اثرات ۳ عامل تراکم پرورش، دما و دبی آب بر میزان غذاگیری، رشد و ضریب تبدیل غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و بهینه‌سازی این عوامل با توجه به نتایج به‌دست آمده به کمک روش سطح پاسخ می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تأمین بچه‌ماهی‌ها و شرایط پرورشی: این پژوهش از اول تیرماه ۱۳۹۰ به‌مدت ۲ ماه در یکی از مزارع تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلا، واقع در استان چهارمحال و بختیاری به انجام رسید. تعداد ۱۴۰۰ عدد بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با متوسط وزن اولیه ۱/۵± ۱۰ گرم به‌صورت کاملا تصادفی از گروه ماهیان واقع در مزرعه پرورش ماهی انتخاب شد و براساس طرح روش سطح پاسخ در ۳ تراکم ۵۰، ۷۰ و ۹۰ عددی و در ۳ دمای آب ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد و میزان دبی آب به‌ترتیب ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ لیتر بر ثانیه مورد آزمایش قرار گرفتند (جدول ۲). آب ۱۰ درجه از آب چشمه واقع در محل آزمایش تأمین گردید، آب ۲۰ درجه از آب رودخانه سبزکوه و آب ۱۵ درجه از مخلوط این دو آب به‌دست آمد. میزان pH برای آب رودخانه و آب چشمه به‌ترتیب برابر با ۷/۹ و ۷/۲ و میزان اکسیژن محلول به‌ترتیب برابر ۸/۱ و ۹/۶ میلی‌گرم بر لیتر بوده است. ۱۰ عدد حوضچه بتنی به ابعاد ۱×۱ و با گنجایش ۰/۶ مترمکعب آب برای این پژوهش تدارک دیده شد. هر کدام از حوضچه‌ها با ورقه‌های مشبک آلومینیومی به ۲ قسمت مساوی تقسیم شد. براساس طرح روش سطح پاسخ ماهیان در ۲۰ تیمار و در شرایط ذکر شده در داخل حوضچه‌ها رهاسازی شدند. هر هفته یک بار عملیات شستشوی حوضچه‌ها انجام می‌شد و ضدعفونی حوضچه‌ها ۳ بار در طول دوره با فرمالین انجام شد. عملیات زیست‌سنجی به‌صورت ماهانه انجام شد. برای این منظور از ترازوی با دقت ۱ گرم استفاده گردید و برای بی‌هوش کردن ماهی‌ها از پودر گل میخک استفاده شد.

جیره غذایی مصرفی: پس از ۱ هفته آداپته‌سازی به شرایط جدید در طول دوره ۲ ماهه پرورش با غذای تجاری تولیدی توسط کارخانه تولید خوراک دام و آبزیان فرادانه غذادهی شدند. میزان غذادهی براساس وزن بدن و در ۳ نوبت در روز انجام گردید. نوع و ترکیب غذایی جیره مصرفی در این آزمایش در جدول ۱ مشاهده می‌شود.

جدول ۱- نوع و ترکیب جیره تجاری مصرفی (تولیدی کارخانه تولید خوراک دام و آبزیان فرادانه)

	پروتیین	چربی	خاکستر	فیبر	فسفر	رطوبت
$SFT_۳$	۴۸ درصد	۱۲ درصد	۱۴ درصد	۲/۵ درصد	۱/۵ درصد	۱۱ درصد
$FFT_۱$	۴۰ درصد	۴۰ درصد	۱۰ درصد	۳/۵ درصد	۱/۲ درصد	۱۱ درصد
$FFT_۲$	۴۰ درصد	۴۰ درصد	۱۰ درصد	۳/۵ درصد	۱/۲ درصد	۱۱ درصد
$G_۱$	۳۸ درصد	۱۴ درصد	۱۰ درصد	۴ درصد	۱/۱ درصد	۱۱ درصد

بهینه‌سازی با استفاده از روش سطح پاسخ: در این طرح میزان تراکم ($X_۱$)، دبی آب ($X_۲$) و دمای آب ($X_۳$) به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند و وزن ($Y_۱$)، ضریب تبدیل غذایی ($Y_۲$) و میزان غذاگیری ($Y_۳$) به‌عنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته شدند (جدول ۱). برای بهینه‌سازی از یک طرح با ساختار مرکزی و با استفاده از ۶ نقطه مرکزی استفاده شد. همچنین میزان آلفا در این طرح ۱ در نظر گرفته شد تا مقادیر درون محدوده مورد ارزیابی قرار گیرند. در این آزمون از نرم‌افزار Design Expert Trial 8.0 برای انجام محاسبه‌های مربوطه استفاده شد.

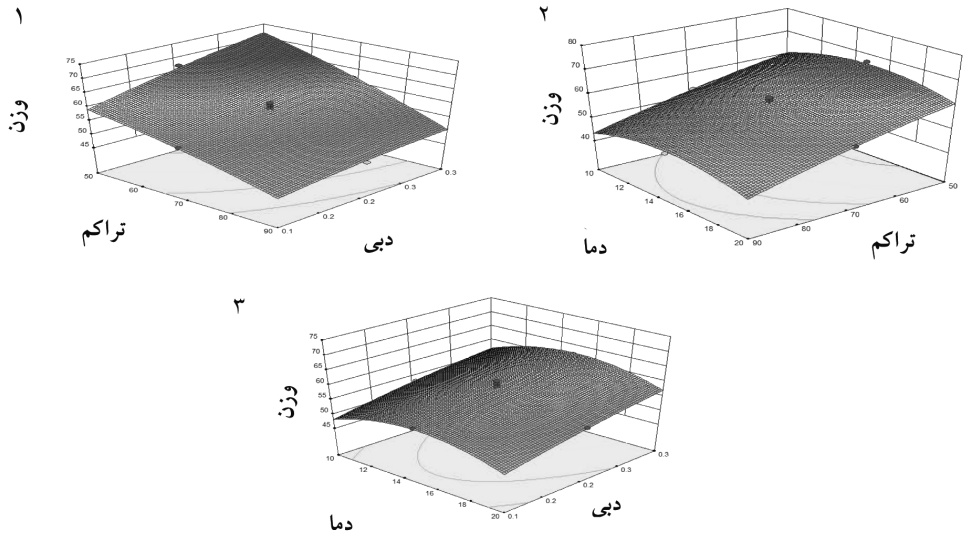
جدول ۲- متغیرهای مستقل و وابسته در فاکتورهای مورد مطالعه

فاکتور	نام	واحد	کمینه	بیشینه	کد	Values	میانگین	پاسخ	نام
A	تراکم	کیلوگرم بر مترمکعب	۵۰	۹۰	-۱=۵۰	۱=۹۰	۷۰	$Y_۱$	وزن
B	دبی	لیتر بر ثانیه	۰/۱	۰/۳	-۱=۰/۱	۱=۰/۳	/۲	$Y_۲$	ضریب تبدیل غذایی
C	درجه حرارت	درجه سانتی‌گراد	۱۰	۲۰	-۱=۱۰	۱=۲۰	۱۵	$Y_۳$	غذاگیری

نتایج و بحث

تغییرات وزن: همان‌طورکه مشاهده می‌شود اثر تغییرات تراکم پرورش و تغییرات میزان آب به‌کار گرفته شده در این آزمایش بر تغییرات وزن معنادار بوده است ($P<۰/۰۵$) اما تغییرات دما اثر قابل ملاحظه‌ای بر تغییرات وزن بین تیمارها ایجاد نکرده است (شکل ۱). ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در آب‌های با دمای بین ۲۰-۸ درجه سانتی‌گراد توانایی رشد دارد (آرین‌نژاد، ۱۹۹۳) و دامنه اکسیژن

محلول مورد نیاز آن بین ۹-۵ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد (سودربرگ و فلین، ۱۹۸۳). همان‌گونه که در شکل‌ها مشاهده می‌شود اگرچه اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای دمایی مورد استفاده در این آزمایش بر فاکتور رشد مشاهده نمی‌شود ولی بیش‌ترین میزان رشد در آب با دمای ۱۵ درجه صورت گرفته است و با دور شدن از این محدوده دمایی رشد کاهش یافته است. عنوان شده است که با افزایش وزن ماهی نرخ مصرف اکسیژن بالا رفته و میزان آمونیاک ناشی از تنفس افزایش یافته که افزایش آمونیاک آب اثر معکوس بر میزان رشد دارد و این اثر در تراکم‌های بالا و دبی‌های کم آب به‌دلیل کاهش میزان اکسیژن محلول نمود بیش‌تری پیدا می‌کند (کای و سومرفلت، ۱۹۹۲) همچنین گزارش شده است که در اثر افزایش تراکم تنش‌های ناشی از برخورد ماهیان با هم افزایش یافته و باعث ایجاد استرس بین آن‌ها می‌باشد و این امر بر میزان رشد ماهیان می‌گذارد (قلی‌پور و همکاران، ۲۰۰۶).

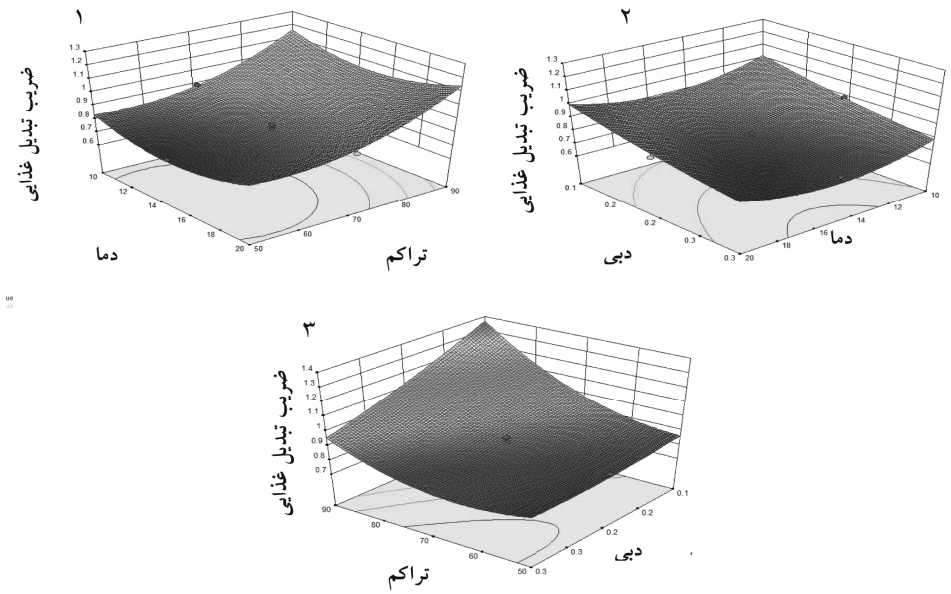


شکل ۱- تغییرات وزن ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در اثر فاکتورهای مورد مطالعه، (۱): تأثیر تراکم‌های مختلف و دبی‌های مختلف بر روند افزایش وزن ماهی قزل‌آلا، (۲): تأثیر تراکم‌های مختلف و دماهای مختلف بر افزایش وزن ماهی قزل‌آلا، (۳): تأثیر دماهای مختلف و دبی‌های مختلف بر افزایش وزن ماهی قزل‌آلا. متغیرهای دیگر در مقادیر متوسط ثابت در نظر گرفته شدند.

معادله درجه دوم با مربع ضریب همبستگی ۹۸/۷۷ بهترین مدل برای پیش‌بینی تغییرات وزن ماهی در اثر فاکتورهای مورد مطالعه بود (رابطه ۱).

$$Weight=۰/۱۸۱۸۱۸+۰/۱۷۸۶۳۶(X_۱)+۱۴۱/۲۷۲۷(X_۲)+۶/۵۲۸۱۸۲(X_۳)-(X_۱)(X_۲)+۱/۹۵E \quad (۱)$$
$$-۱۶(X!)(X_۳)+۳/۵۲E-۱۴(X_۲)(X_۳)-۰/۰۰۲۹۵(X_۱^۲)-۶۸/۱۸۱۸(X_۲^۲)-۰/۲۱۷۲۷(X_۳^۲)$$

ضریب تبدیل غذایی: در این آزمایش اثر تراکم پرورش و دبی آب بر ضریب تبدیل غذایی معنی‌دار بوده است ($P<۰/۰۵$) به‌طوری‌که بهترین ضریب تبدیل غذایی در تراکم ۵۰ به‌دست آمده است و کم‌ترین آن در تراکم ۹۰ به‌دست آمده است و همچنین با افزایش دبی آب ضریب تبدیل غذایی ماهیان افزایش یافته است (شکل ۲). هر چند دمای آب بر ضریب تبدیل غذایی ماهی قزل‌آلا تأثیر گذاشته است و بهترین ضریب تبدیل غذایی در آب با دمای ۱۵ درجه به‌دست آمده است اما اختلاف‌های ضریب تبدیل غذایی در دماهای مختلف این آزمایش اختلاف معنی‌داری را نشان نداد.



شکل ۲- تغییر در ضریب تبدیل غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در اثر فاکتورهای مورد مطالعه، (۱): تأثیر دماهای مختلف و تراکم‌های مختلف در ضریب تبدیل غذایی، (۲): تأثیر دماهای مختلف و دبی‌های مختلف در ضریب تبدیل غذایی، (۳): تأثیر دبی‌های مختلف و تراکم‌های مختلف در ضریب تبدیل غذایی. متغیرهای دیگر در مقادیر متوسط ثابت در نظر گرفته شدند.

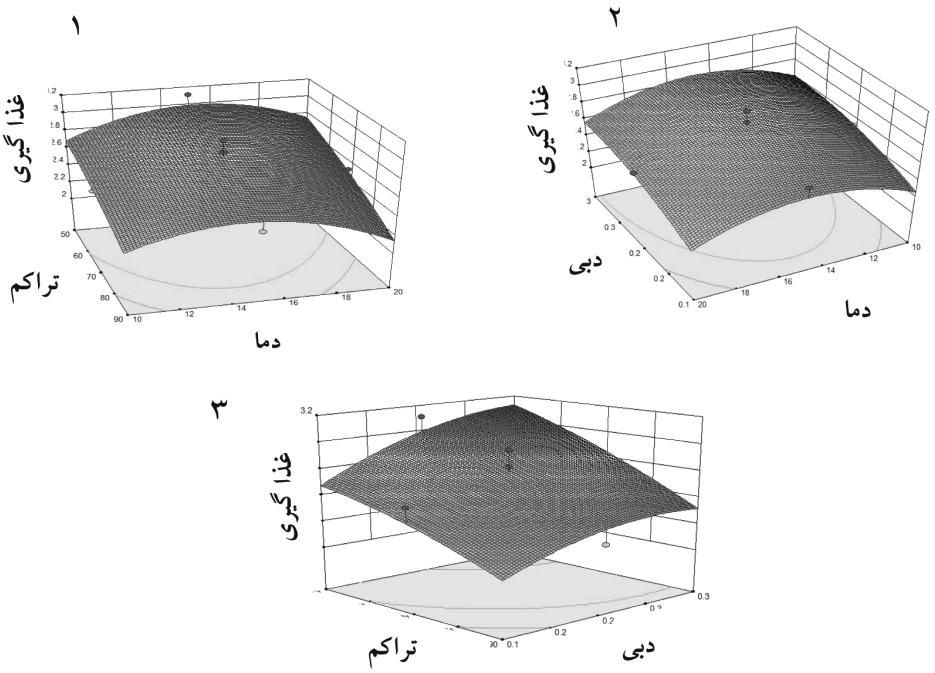
اکسیژن محلول یکی از عوامل محدودکننده اصلی است که پرورش ماهی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (کنتی و همکاران، ۲۰۰۶). با افزایش دبی آب میزان اکسیژن محلول در دسترس ماهی افزایش یافته و از آن‌جایی‌که اکسیژن محلول باعث افزایش ضریب تبدیل غذایی می‌شود (بونتلو و همکاران، ۲۰۰۰؛ کلت و واتن، ۱۹۸۸؛ کنتی و همکاران، ۲۰۰۶) رشد ماهیان را نیز تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. عنوان شده است که دمای آب یکی از عوامل مؤثر بر ضریب تبدیل غذایی می‌باشد (آذری، ۱۹۹۴؛ ضیائی، ۱۹۹۶؛ کانی، ۱۹۸۸) هر چند که اثرات دمای آب بر ضریب تبدیل غذایی در این پژوهش معنی‌دار نبوده است ولی همان‌گونه که در شکل‌ها مشاهده می‌شود بهترین ضریب تبدیل غذایی در دمای ۱۶-۱۵ درجه سانتی‌گراد بوده است و با افزایش و کاهش دما به‌سمت دو تیمار دمایی دیگر ضریب تبدیل غذایی کاهش یافته است. نتایج پژوهش‌های قلی‌پور و همکاران (۲۰۰۶) و زودلارک و زاکس (۲۰۰۷) نیز ثابت کرده است افزایش تراکم باعث کاهش ضریب تبدیل غذایی و کاهش رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان شده است.

معادله درجه دوم با مربع ضریب همبستگی ۹۷/۱۴ تأثیر فاکتورهای مورد مطالعه را بر ضریب تبدیل غذایی توصیف می‌کند (رابطه ۲).

$$FCR=۱/۴۹۰۸۷۵-۰/۰۲۲۸۹(X_۱)+۱/۲۱۶۲۵(X_۲)-۰/۰۱۳۲۳(X_۳)(X_۱)-۰/۰۴۵۶۳(X_۱)(X_۲) \quad (۲)$$
$$-۱/۳E-۰/۰۵(X_۱)(X_۳)+۰/۰۰۲۵(X_۲)(X_۳)+۰/۰۰۰۲۸۸(X_۱^۲)$$

غذاگیری: نمودارها نشان می‌دهند که اثرات تراکم پرورش و دبی آب بر میزان غذاگیری ماهی قزل‌آلا در این شرایط آزمایشی قابل ملاحظه بوده است ($P<۰/۰۵$)، (شکل ۳)، ولی تیمارهای دمایی مورد استفاده اثرات آن‌چنانی بر میزان غذاگیری نداشته است ($P>۰/۰۵$)، هر چند که با فاصله گرفتن از دمای ۱۵ درجه میزان غذاگیری با شیب ملایمی روند کاهشی را به خود دیده است. در مطالعات بونتلو و همکاران (۲۰۰۰) افزایش دمای آب و افزایش اکسیژن محلول باعث افزایش مصرف غذا در گربه‌ماهی روگاهی شده بود ولی بیان شده است در ماهی قزل‌آلا با توجه به سازگاری با زندگی در آب‌های با دمای پایین افزایش دما تا ۲۰ درجه باعث کاهش میزان غذاگیری می‌شود (کانی، ۱۹۸۸). گزارش شده است در شرایطی که ماهی تحت شرایط اکسیژن محلول پایین قرار گیرد، واکنش‌های استرسی در ماهی افزایش می‌یابد و هم‌زمان نیاز اکسیژنی بالا می‌رود و در نتیجه میزان غذاگیری کاهش می‌یابد (کالدول و هین‌شاو،

۱۹۹۴). بنابراین با افزایش تراکم ماهی و در نتیجه افزایش سرعت مصرف اکسیژن میزان غذاگیری و رشد ماهی تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد (نارجو، ۲۰۰۰؛ اسوفرو، ۲۰۰۷) همچنین کاهش میزان ورودی آب باعث کاهش سرعت تجدید اکسیژن مصرفی می‌شود و ماهی در شرایط کمبود اکسیژن قرار می‌گیرد. عنوان شده است که با افزایش تراکم ماهی و یا میزان کم اکسیژن محلول در اثر دمای بالای آب و یا کاهش میزان آب، آمونیاک در محیط افزایش یافته و در نتیجه میزان غذاگیری، ضریب تبدیل غذایی و رشد ماهی کاهش می‌یابد (گومز و همکاران، ۲۰۰۰؛ کالبرسون و پیدرایتا، ۱۹۹۶؛ کونکو، ۱۹۸۵).



شکل ۳- میزان غذاگیری ماهیان قزل‌آلا در اثر فاکتورهای مورد مطالعه، (۱): تأثیر دماهای مختلف و تراکم‌های مختلف در میزان غذاگیری، (۲): اثر دماهای مختلف و دبی آب در میزان غذاگیری، (۳): اثر دبی‌های مختلف آب و تراکم‌های مختلف در میزان غذاگیری. متغیرهای دیگر در مقادیر متوسط ثابت در نظر گرفته شدند.

آلانارا (۱۹۹۴) در مطالعه‌ای دیگر بر روی ماهی قزل‌آلا اثر دمای آب را بر میزان غذاگیری این ماهی مورد بررسی قرار داد. این پژوهش‌گر به این نتیجه رسید که بهترین نرخ غذاگیری و افزایش وزن قزل‌آلا در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد اتفاق افتاده است و در دمای زیر ۱۰ درجه غذاگیری کاهش یافت. همچنین در مطالعات دوو و همکاران (۲۰۰۵) و پترسون و مارتین (۱۹۸۹) دمای آب تأثیر معنی‌داری بر میزان غذاگیری لارو ماهی قزل‌آلا نداشته است. نتایج این پژوهش‌ها با نتایج این پژوهش مشابهت داشته است. افزایش دمای آب باعث افزایش نرخ متابولیسم ماهی می‌شود و بنابراین نیاز اکسیژنی ماهی افزایش می‌یابد در صورتی‌که ظرفیت نگهداری اکسیژن آب کاهش می‌یابد و تمامی این عوامل در کاهش میزان غذاگیری و رشد ماهی اثر می‌گذارند (فوس و همکاران، ۲۰۰۳؛ کالبرسون و پیدرایتا، ۱۹۹۶).

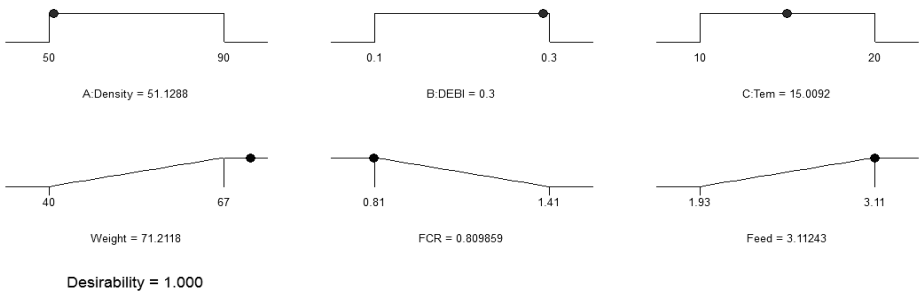
معادله درجه دوم با ضریب همبستگی (۹۲/۵۳) توصیف‌کننده تأثیر پارامترها بر غذاگیری ماهیان بود (رابطه ۳).

$$Feed=-۰/۹۴۵۱۹+۰/۰۱۵۹۵۱(X_۱)+۷/۴۴۱۰۲۳(X_۲)+۰/۳۶۳۳۴۳(X_۳)-۰/۰۲۶۸۷(X_۱)(X_۲) \quad (۳)$$
$$-۰/۰۰۰۵۴(X_۱)(X_۳)-۰/۰۰۷۵(X_۲)(X_۳)-۰/۰۰۰۱۱(X_۱^۲)-۹/۳۱۸۱۸(X_۲^۲)-۰/۰۱۰۹۳(X_۳^۲)$$

بهینه‌سازی: به‌منظور بهینه‌سازی فاکتورهای تراکم، دما و دبی آب، بهترین نرخ ضریب تبدیل غذایی، بالاترین میزان افزایش وزن و همچنین بالاترین میزان غذاگیری به‌عنوان فاکتورهای مطلوب مدنظر قرار گرفت. خلاصه‌ای از شرایط بهینه‌سازی در جدول ۳ ارایه شده است. مقادیر بهینه ۳ فاکتور موردنظر در شکل ۴ مشاهده می‌شود. مقادیر مطلوبیت برای همه فاکتورها و پاسخ‌ها ۱ به‌دست آمد.

جدول ۳- خلاصه‌ای از اطلاعات برای بهینه‌سازی فاکتورهای مورد مطالعه

نام	مقادیر هدف	حد بالایی	حد پایینی	درجه اهمیت
A= تراکم	در محدوده	۹۰	۵۰	۳
B= دبی	در محدوده	۰/۳	۰/۱	۳
C= دما	در محدوده	۲۰	۱۰	۳
وزن	حداکثر	۶۷	۴۰	۳
ضریب تبدیل غذایی	حداقل	۱/۴۱	۰/۸۱	۳
غذاگیری	حداقل	۳/۱۱	۰/۸۱	۳



شکل ۴- مقادیر انتخاب شده برای فاکتورهای مورد مطالعه و بهترین نتایج به‌دست آمده طی فرآیند بهینه‌سازی روش سطح پاسخ

با توجه به جدول تجزیه واریانس مشاهده می‌شود که بین فاکتورهای مورد بررسی تراکم پرورش بیش‌ترین اثر را بر تغییرات وزن، ضریب تبدیل غذایی و میزان غذاگیری ماهیان داشته است و در تمامی موارد اثر آن معنی‌دار بوده است. رفتارهای گونه‌های مختلف ماهی در شرایط مختلف و تراکم‌های مختلف متفاوت می‌باشد و بیش‌تر ناشی از شرایط زیستگاه طبیعی آن‌ها می‌باشد (کانتی و همکاران، ۲۰۰۶)، با افزایش تراکم ماهی و همچنین کاهش اکسیژن محلول که رابطه تنگاتنگی با هم دارند واکنش‌های فیزیولوژیکی ماهی باعث ترشح هورمون‌هایی می‌شود که در نهایت باعث تغییرات رنگی در ماهی می‌شود و بر واکنش‌های رفتاری و روانی آن‌ها اثر می‌گذارد. در شرایط یکسان از نظر تراکم، میزان و دمای آب، رفتار ماهیان و میزان رشد آن‌ها متفاوت می‌باشد. بهینه‌سازی فاکتورهای مؤثر بر غذاگیری، ضریب تبدیل غذایی، رشد و سایر عوامل دخیل در آسایش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و سایر ماهیان پرورشی به‌عنوان یک راه‌کار برای بهبود شرایط پرورش ماهیان و در نتیجه بهبود عملکرد تولید و کاهش هزینه‌ها یک اقدام مناسب به‌نظر می‌رسد.

سپاسگزاری

به این وسیله از تمامی کسانی که در انجام این پژوهش چه در مراحل آزمایشگاهی و چه در مراحل نگارش این مقاله ما را همیاری نمودند و به‌خصوص آقایان مسلم مرادی، مسعود هاشمی‌شهرکی و میثم محمدبیگی سپاسگزاری می‌نمائیم.

منابع

1.Alanara, A. 1994. The effect of temperature, dietary energy content and reward level on the demand feeding activity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 126: 349-359.
2.Arian Nejad, G. 1993. aeration systems and role of in increse producte. J. Aquaculture. 1: 36-38.
3.Azari, A. 1994. effective parameters in aquaculture. J. Aquacul. 5-6: 39.
4.Buentello, J.A., Gatlin, D.M., and Neill, W.H. 2000. Effects of water temperature and dissolved oxygen on daily feed consumption, feed utilization and growth of channel catfish (*Ictalurus punctatus)*. Aquaculture, 182: 339-352.
5.Cai, Y., and Summerfelt, R.C. 1992. Effects of temperature and size on oxygen consumption and ammonia excretion by walleye. Aquaculture, 104: 127-138.
6.Caldwell, C.A., and Hinshaw, J. 1994. Physiological and haematological responses in rainbow trout subjected to supplemental dissolved oxygen in fish culture. Aquaculture, 126: 183-193.
7.Chakraborty, S.B., and Banerjee, S. 2005. Effect of Stocking Density on Monosex Nile Tilapia Growth during Pond Culture in India.
8.Colt, J., and Watten, B. 1988. Applications of pure oxygen in fish culture. Aquacultural Engineering, 7: 397-441.
9.Conti, S.G., Roux, P., Fauvel, C., Maurer, B.D., and Demer, D.A. 2006. Acoustical monitoring of fish density, behavior, and growth rate in a tank. Aquaculture, 251: 314-323.
10.Cuenco, M.L., Stickney, R.R., and Grant, W.E. 1985. Fish bioenergetics and growth in aquaculture ponds: II. Effects of interactions among, size, temperature, dissolved oxygen, unionized ammonia and food on growth of individual fish. Ecological Modelling, 27: 191-206.
11.Culberson, S.D., and Piedrahita, R.H. 1996. Aquaculture pond ecosystem model: temperature and dissolved oxygen prediction mechanism and application. Ecological Modelling, 89: 231-258.
12.Dou, S., Masuda, R., Tanaka, M., and Tsukamoto, K. 2005. Effects of temperature and delayed initial feeding on the survival and growth of Japanese flounder larvae. J. Fish Biol. 66: 362-377.
13.FAO. 2012. Fishery and Aquaculture Statistics. Food and Angriculture Organization of United Nations. Rome, 107p.
14.Foss, A., Vollen, T., and Řiestad, V. 2003. Growth and oxygen consumption in normal and O_2 supersaturated water and interactive effects of O_2 saturation and ammonia on growth in spotted wolffish (*Anarhichas minor*). Aquaculture, 224: 105-116.

15. Gholipoor, F., Allame, S.K., Mohamadi Arani, M., and Nasre Esfahani, M. 2006. effect of density on growth and feed conversation ratio in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Research and development in livestock and aquaculture, Pp: 23-27.
16. Gomes, L., Baldisserotto, B., and Senhorini, J. 2000. Effect of stocking density on water quality, survival and growth of larvae of the matrinxa, *Brycon cephalus*, in ponds. Aquaculture, 183: 73-81.
17. Kane, T.R. 1988. Relationship of temperature and time of initial feeding of Atlantic salmon. The Progressive Fish-Culturist, 50: 93-97.
18. Narejo, N. 2010. Effect of stocking density on growth and survival rate of (*Labeo rohita*) hamiltonfed with formulated feed. Sindh University. Res. J. 42: 35-38.
19. Narejo, N.A.M.S. 2005. Effect of stocking density on growth and survival of indigenous catfish, (*Heteropneustes fossilis*) Bloch reared in cemented cistern fed on formulated feed. Pak. J. Zool. 37: 49.
20. Ojanguren, A.F., Reyes-Gavilan, F.G., and Munoz, R.R. 1999. Effects of temperature on growth and efficiency of yolk utilisation in eggs and pre-feeding larval stages of Atlantic salmon. Aquaculture International, 7: 81-87.
21. Osofero, S., Otubusin, S., and Daramola, J. 2007. Effect of stocking density on Tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth and survival in bamboo-net cages trial. J. Fish. Inter. 2: 182-185.
22. Peterson, R., and Martin-Robichaud, D. 1989. First feeding of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry as influenced by temperature regime. Aquaculture, 78: 35-53.
23. Soderberg, R.W., and Flynn, J.B. 1983. Effects of ammonia on growth and survival of rainbow trout in intensive static-water culture. Transactions of the American Fisheries Society, 112: 448-451.
24. Soderberg, R.W., Lim, C., and Webster, C. 2006. Culture in flowing water. Tilapia: Biology, Culture and Nutrition, Pp: 289-312.
25. Subasinghe, R.P. 2005. Epidemiological approach to aquatic animal health management: opportunities and challenges for developing countries to increase aquatic production through aquaculture. Preventive Veterinary Medicine, 67: 117-124.
26. Szkudlarek, M., and Zakes, Z. 2007. Effect of stocking density on survival and growth performance of pikeperch, (*Sander lucioperca*) larvae under controlled conditions. Aquaculture International, 15: 67-81.
27. Ziaei, K. 1996. Feed conversation rate. J. Aquacul. 16: 27-28.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Utilization and Cultivation of Aquatics, Vol. 2(2), 2013
http://japu.gau.ac.ir

Mutual effect surveys of culture density, temperature and water volume on feed consumption, food conversion ratio and growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

***S.E. Moradi[1], S. Kazeminiya[1], A. Shabani[2] and P. Mansuori[3]**

[1]M.Sc. Student, Dept. of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Associate Prof., Dept. of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]M.Sc. Student, Dept. of Fisheries, Shahrekord University

Received: 05/30/2012; Accepted: 12/02/2012

Abstract

Being succeed in aquaculture is mainly dependents on environmental and cultural conditions. Density, temperature and water flow are the most important factors that influence water quality and aquatic conditions. This study conducted to evaluate the effects of mentioned factors on feed consumption, food conversion ratio and growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). According to the Response Surface Methodology (RSM), at a 60 day trial, 1400 fry (mean weight 10±1.5) exposed in different water flow (0.1, 0.2 and 0.3 $l.s^{-1}$), density (50, 70 and 90 individuals) and temperature (10, 15 and 20 ^oC) and fed by commerical diet. At the end of trial, food intake, food conversion ratio and weight gain optimized according to the objected factors. After data analysed, results revealed that food intake affected by different densities ($P<0.05$) but temperature and water flow did not affect significantly ($P>0.05$). Food conversion ratio and growth significantly affected by density and water flow ($P<0.05$); but Water temperature did not affect on this factors ($P>0.05$). According to this experimental conditions 170 $fish.m^{-3}$, 0.9 $l.s^{-1}$ of water flow and temperature of 15 ^oC, will achieve best food intake, food conversion ratio and growth.

Keywords: Rainbow trout, Culture density, Food conversion ratio, Optimization

* Corresponding Author; E-mail: ebrahim_moradi2012@yahoo.com