

مقاله علمی-پژوهشی:

تأثیر بهگزینی انفرادی بر بهبود ضریب تبدیل غذایی نسل اول (F1) ماهی قزل آلابی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

ابوالحسن راستیان نسب^{۱*}، حبیب اله گندمکار^۱، عیسی فلاحت ناصرآباد^۱، سید عبدالحمید حسینی^۱،
جواد مهدوی^۱

*a.rastian@areeo.ac.ir

۱- مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردابی شهید مطهری یاسوج، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران

تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۸

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۷

چکیده

هدف از اصلاح نژاد، ارتقاء کمی و کیفی خصوصیات مورد نظر در گونه‌های پرورشی در نسل‌های بعدی می‌باشد. بهگزینی انفرادی روشی ساده و کاربردی برای ارائه پاسخ سریع در بهبود صفات با وراثت پذیری بالا برای اصلاح نژاد اغلب گونه‌ها در آبی‌پروری می‌باشد. به منظور اجرای برنامه بهگزینی در جمعیت مولدین ماهی قزل آلابی در مرکز تحقیقات اصلاح نژاد ماهیان سردابی (یاسوج)، به عنوان جمعیت پایه و نیز بهبود ضریب تبدیل غذایی در نتاج حاصله، با وجود تفاوت سن مولدین، ۱۵۰ مولد نر و ماده (۲۵ مولد نر و ماده به عنوان والدین هر گروه بچه ماهی) دارای بالاترین میزان هم‌آوری نسبی در شش مرحله تکثیر و گروه‌های سنی شش گانه بچه ماهیان حاصله (۴۵۰۰۰ قطعه یک ساله) طبق برنامه بهگزینی انفرادی (بر اساس وزن بیشتر) به مدت ۲۷ ماه، طی پنج مرحله انتخاب شدند. همچنین قبل از انجام فرایند بهگزینی، ترکیبی از بچه ماهیان همه گروه‌ها، به عنوان گروه شاهد بدون اجرای برنامه بهگزینی پرورش یافتند. اختلاف میانگین وزن پایانی گروه‌ها با یکدیگر ($p < 0.05$) و نیز اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$)، میانگین وزنی گروه شاهد (717 ± 96 گرم) با میانگین وزن سایر گروه‌ها (1007 ± 136 گرم) ناشی از بهبود ژنتیکی برخی گروه‌های تحت برنامه بهگزینی یا غالباً به دلیل تفاوت سن و عدم حذف ماهیان کوچک (عدم بهگزینی) در گروه شاهد بوده است. میانگین ضریب تبدیل غذا در گروه‌های شش گانه ($1/56 \pm 0/16$) و گروه شاهد ($1/07 \pm 0/07$)، فاقد اختلاف معنی‌دار ($p > 0.05$) بود. عدم آشکار شدن یا ارتقاء ضریب تبدیل غذایی اغلب گروه‌های تحت برنامه بهگزینی نسبت به گروه شاهد، حاکی از ناچیز بودن تأثیر روش بهگزینی انتخابی بر بهبود ژنتیکی مشخصه ضریب تبدیل غذا طی یک نسل بود و لازمه آشکار سازی ارتقاء این صفت، بهبود غیر مستقیم آن با ادامه برنامه بهگزینی جهت ارتقاء میزان رشد طی چند نسل و به تبع آن بهبود ضریب تبدیل غذا می‌باشد.

کلمات کلیدی: قزل آلابی رنگین کمان، بهگزینی، نسل اول، ضریب تبدیل غذایی

*نویسنده مسئول

مقدمه

بهبود ژنتیکی حاصله از اصلاح نژاد این دام‌ها در هر نسل ۵-۱ درصد بوده است. با این وجود، میزان بهبود ژنتیکی صفات در این گونه‌ها بسیار کمتر از میزان آن در آبزیان به میزان ۲۰-۱۰ درصد طی هر نسل می‌باشد (Gjedrem, 2000). با وجود آنکه پاسخ به برنامه‌های به‌گزینی در ماهی معمولاً بیشتر از دام‌های اهلی می‌باشد (Gjedrem, 2000)، عدم احاطه کامل بر محیط‌های آبی و چرخه تولید مثل گونه‌های آبی به‌ویژه گونه‌های دریایی و عدم کنترل تولید مثل گونه‌ها در محیط‌های پرورشی، از دلایل عدم توسعه همه‌جانبه برنامه اصلاح‌نژاد آبزیان محسوب می‌گردد (Olesen, 2003).

هدف از اصلاح نژاد، ارتقاء کمی و کیفی خصوصیات مورد نظر در گونه‌های پرورشی در نسل‌های بعدی می‌باشد (Gjedrem, 2000). با فرایند به‌گزینی، افراد دارای عملکرد بالا در صفات برجسته و سودمند در تولید نسل‌های برتر مشارکت می‌کنند و به عنوان والدین نسل بعد محسوب می‌شوند و این روند تکرار می‌شود (Gjedrem, 2000). در بسیاری از گونه‌های ماهی، بهبود ژنتیکی ناشی از به‌گزینی به‌واسطه وراثت‌پذیری بالا (۴/۰-۲/۰) در صفات مهم و دارای ارزش اقتصادی و تنوع ژنتیکی مطلوب در حد بالا می‌باشد (Gjedrem et al., 2012).

به‌گزینی انفرادی روشی ساده و کاربردی برای ارائه پاسخ سریع در بهبود صفات با وراثت‌پذیری بالا برای اصلاح نژاد اغلب گونه‌ها در آبی‌پروری می‌باشد (Lind et al., 2012). اولین برنامه به‌گزینی در سال ۱۹۷۵ میلادی بر اساس انتخاب خانواده‌های برتر ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) از نظر ویژگی رشد در کشور نروژ آغاز گردید (Gjedrem, 2000). با اجرای برنامه به‌گزینی ماهی آزاد اقیانوس اطلس طی ۶ نسل، میزان مشخصه رشد در هر نسل به میزان ۱۴ درصد افزایش یافت (Gjerde and Korsvoll, 1999). نتایج مذکور منطبق بر یافته‌های مطالعه Flynn و همکاران (۱۹۹۹) مبنی بر افزایش ۱۵-۱۲ درصد در میزان رشد این ماهی در هر نسل طی برنامه به‌گزینی می‌باشد. به‌گزینی انفرادی یا

خانوادگی جهت ارتقاء رشد در ماهیان منجر به بهبود ژنتیکی این صفت به میزان ۲۰-۱۰ درصد در هر نسل می‌گردد (Vandeputte et al., 2002). افزایش میزان رشد در ماهیان با تمایل به دریافت غذای بیشتر ارتباط مستقیم دارد. این فراسنجه می‌تواند با در نظر گرفتن افزایش نسبت رشد به غذای مصرفی (Thodesen et al., 2001) یا بدون در نظر گرفتن این نسبت تفسیر گردد (Sanchez et al., 2001) تمایل به مصرف غذا در ماهیان که با هدف بهبود پتانسیل رشد طی چند نسل انتخاب می‌شوند، افزایش می‌یابد (Mambrini et al., 2004). تاثیر به‌گزینی بر ضریب تبدیل غذایی می‌تواند با تقویت اشتها ماهی جهت مصرف غذا و رشد بیشتر محقق گردد (Thodesen et al., 1999).

اجرای برنامه اصلاح نژاد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان مبتنی بر برنامه به‌گزینی و بررسی تاثیر آن بر مشخصه‌های دارای ارزش اقتصادی نظیر افزایش سرعت رشد و کاهش دوره پرورش، بهبود ضریب تبدیل غذایی و سایر ویژگی‌های مرتبط با میزان و کیفیت تولید به منظور توانمندسازی مزارع تکثیر و پرورش این ماهی جهت تولید و عرضه تخم چشم‌زده قابل رقابت با نمونه‌های وارداتی این محصول به کشور ضروری می‌باشد. هدف از مطالعه حاضر، بررسی تاثیر برنامه به‌گزینی مولدین و بچه‌ماهیان حاصله بر بهبود ضریب تبدیل غذایی طی یک نسل بوده است. همچنین نگهداری ماهیان حاصل از آخرین مرحله به‌گزینی به عنوان ماهیان مولد جهت انجام برنامه در نسل بعد مورد نظر بوده است.

مواد و روش کار

اجرای برنامه اصلاح نژاد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در مرکز تحقیقات ماهیان سردابی شهید مطهری یاسوج از پاییز ۸۸ لغایت بهار ۹۱ انجام گردید. با در نظر گرفتن ویژگی‌های جمعیت ماهیان مرکز به عنوان جمعیت پایه جهت انجام برنامه‌های اصلاح نژاد می‌بایست روشی برای آمیزش ماهیان مولد انتخاب می‌گردید که احتمال آمیزش‌های خویشاوندی را کمتر نماید (گرجی پور و نظری، ۱۳۹۲).

دوره، مشخصه‌های رشد نظیر وزن و طول در گروه‌های شش‌گانه و شاهد ثبت شده و به صورت دوره‌ای نسبت به محاسبه ضریب تبدیل غذایی گروه‌ها اقدام شد.

محاسبه ضریب تبدیل غذا

محاسبه ضریب تبدیل غذا در ماهیان گروه شاهد و گروه‌های تحت برنامه به‌گزینی در محدوده سنی ۲۱-۱۸ ماهگی و میانگین وزنی ۳۰۰-۲۵۰ گرم انجام گردید. بهبود ضریب تبدیل غذا در ماهی قزل‌الای رنگین‌کمان در این محدوده وزن و سن می‌تواند دارای ارزش اقتصادی باشد (Gjerede, 2017).

بدین منظور، تعداد ۹۰ عدد ماهی از هر یک از گروه‌های مختلف و گروه شاهد در سه تکرار، زیست‌سنجی شده و در استخرها توزیع شدند. با پرورش و تغذیه ماهیان در حد سیری به فاصله یک ماه و طی دو دوره یک‌ماهه نسبت به زیست‌سنجی، محاسبه غذا و میزان افزایش وزن ماهیان اقدام شد و محاسبه ضریب تبدیل غذا و نیز میانگین نهایی مشخصه مذکور، برای گروه‌های مختلف و گروه شاهد انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

به منظور مقایسه میانگین افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی گروه‌های شش‌گانه و گروه شاهد از نرم افزار آماری SPSS، Excel و آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) و تست توکی با درصد اطمینان ۹۵ استفاده گردید.

نتایج

در جدول (۱) میانگین برخی خصوصیات مورفومتریک و مریستیک و تولید مثلی ماهیان مولد ماده معمولی و انتخابی را در مرکز اصلاح نژاد ماهیان سردابی یاسوج ارائه شده است.

بر اساس جدول مذکور، میانگین وزن مولدین ماده معمولی در فصل تکثیر 1753 ± 83 گرم و میزان تخمک‌دهی هر مولد به طور متوسط ۲۲۳ گرم بود به طوری که میزان تخم‌دهی هر مولد ماده در فصل تکثیر برابر با ۱۲/۸ درصد

با توجه به وجود گروه‌های مختلف سنی، مولدین نر بر اساس وزن بالاتر نسبت به سایر ماهیان و امکان استحصال اسپرم انتخابی و ماهیان مولد ماده انتخابی، دارای تخم درشت‌تر و نسبت به وزن، تخم بیشتری داشتند. برای این مهم، ابتدا این پارامترها در دو هزار مولد ماده در مرکز سنجش شد و ماهیان انتخابی به تعداد ۹۰ قطعه مولد نر و ۶۰ قطعه مولد ماده بر اساس بیشترین مقدار این پارامترها (مرز جدا کننده بر اساس میانگین‌ها) انتخاب شدند. میانگین‌های ماهیان مولد ماده انتخابی و میانگین‌های جمعیت مولدین ماده مرکز ثبت گردید. به منظور استفاده از تمام ذخیره ژنتیکی جمعیت مولدین، ماهیان مولد انتخابی در زمان‌های مختلف از گروه‌های مختلف آماده تکثیر، جدا می‌شدند. طی این مدت، مولدین انتخابی در ۶ مرحله، و هر مرحله، ۱۰ مولد ماده و ۱۵ مولد نر انتخاب و از مولدین ماده تخم‌گیری و تعداد مساوی از تخمک‌ها با هم مخلوط و با ترکیبی از اسپرم ماهیان نر تلقیح گردیدند (Tave, 1993). این عملیات برای سایر مولدین انتخابی در مراحل بعد طی روزهای آینده با رسیدگی جنسی در جمعیت مولدین تکرار شده و در هر مرحله ۳۰ هزار تخم برای پرورش انتخاب گردید و بدین طریق ۶ گروه سنی از فرزندان تولید شد و در استخرهای جداگانه پرورش یافتند (شکل ۱).

عملیات به‌گزینی انفرادی به منظور انتخاب فرزندان حاصله در سنین ۱۲، ۱۵، ۲۱، ۲۶ و ۲۷ ماهگی براساس وضعیت ظاهری و فنوتیپی و میزان رشد بیشتر انجام گردید. شایان ذکر است، قبل از عملیات به‌گزینی تعدادی از بچه ماهیان گروه‌های شش‌گانه به عنوان گروه شاهد انتخاب شدند که در ابتدا فاقد اختلاف معنی‌دار در میانگین وزن با سایر گروه‌های شش‌گانه بودند و تا حد امکان تحت شرایط یکسان پرورش یافتند، با این تفاوت که عملیات به‌گزینی در مورد آنها انجام نگرفت. به دلیل تاثیر نوسانات شرایط محیطی و سندرم تلفات بچه ماهیان، عملیات به‌گزینی از زمان کاهش مرگ و میر در جمعیت ماهیان مورد آزمایش (سن ۱۲ ماهگی) شروع شد و در چنین برنامه‌هایی، جداسازی معمولاً در جمعیت‌های ثابت و دوره‌های رشد با مرگ و میر کمتر انجام می‌شود (Tave, 1993). در کل

انجام عملیات شش‌گانه جداسازی نزدیک به ۱۰/۵ درصد تلفات اتفاق افتاد. به طور تقریبی، در اولین مرحله بهگزینی در یک سالگی ۳۵ درصد حذف شده و طی چهار مرحله بعد به ترتیب، ۳۸، ۵۰، ۶۵ و ۸۰ درصد ماهیان گروه‌های شش‌گانه حذف گردیدند. با این وجود در خاتمه، پیش مولدین حاصل از این برنامه بهگزینی تعداد ۴۳۸ قطعه بود (شکل ۱). بر اساس نتایج، شدت حذف و درصد ماهیان انتخابی در هر مرحله مشخص گردید به طوری که شدت بهگزینی و میزان حذف از گروه‌های سنی بچه ماهیان با افزایش سن افزایش یافت. طی برنامه بهگزینی، ماهیان به‌گزیده به عنوان والدین نسل بعد، در سه گروه سنی و وزنی پرورش یافتند (شکل ۱) تا با آمیزش متقاطع، امکان وقوع آمیزش خویشاوندی و وقوع همخونی را کاهش دهند و شرایط تولید نسل جدید، طبق برنامه بهگزینی فراهم گردد.

از وزن ماهی مولد بوده است. براساس یافته‌ها، مولدین انتخابی از بین نمونه‌های آماده تکثیر با بیشترین میزان تخم واسپریم نسبت به وزن گزینش شدند و در مقایسه با جمعیت مولدین، دارای میانگین‌های بالاتری بودند. به طور کلی، مولدین انتخابی به عنوان جمعیت پایه، دارای فنوتیپ مطلوب و تعادل نسبی از نظر طول و وزن مولد، تعداد و درشتی تخم نسبت به سایرین بودند. در مجموع، ۱۸۰ هزار عدد تخم سبز از کل تخم مولدین انتخاب گردید (جدول ۲). تلفات آنها تا مرحله لارو یک ماهه ۳۲ درصد و تا یک سالگی ۷۵ درصد بود. عملیات بهگزینی در جمعیت نزدیک به ۴۵۰۰۰ قطعه بچه ماهی در کل گروه‌ها شروع شد و قبل از انجام عملیات، ۴۴۳۰ قطعه از کل گروه‌ها جدا شدند و این ترکیب به عنوان گروه شاهد پرورش یافتند. قریب به ۴۰۵۰۰ قطعه بچه ماهی تحت برنامه بهگزینی قرار گرفته که در دوره ۱۵ ماهه پرورش و

جدول ۱: برخی ویژگی‌های مورفومتریک و مرستیکی مولدین انتخابی و معمولی مرکز اصلاح نژاد ماهیان سردابی یاسوج

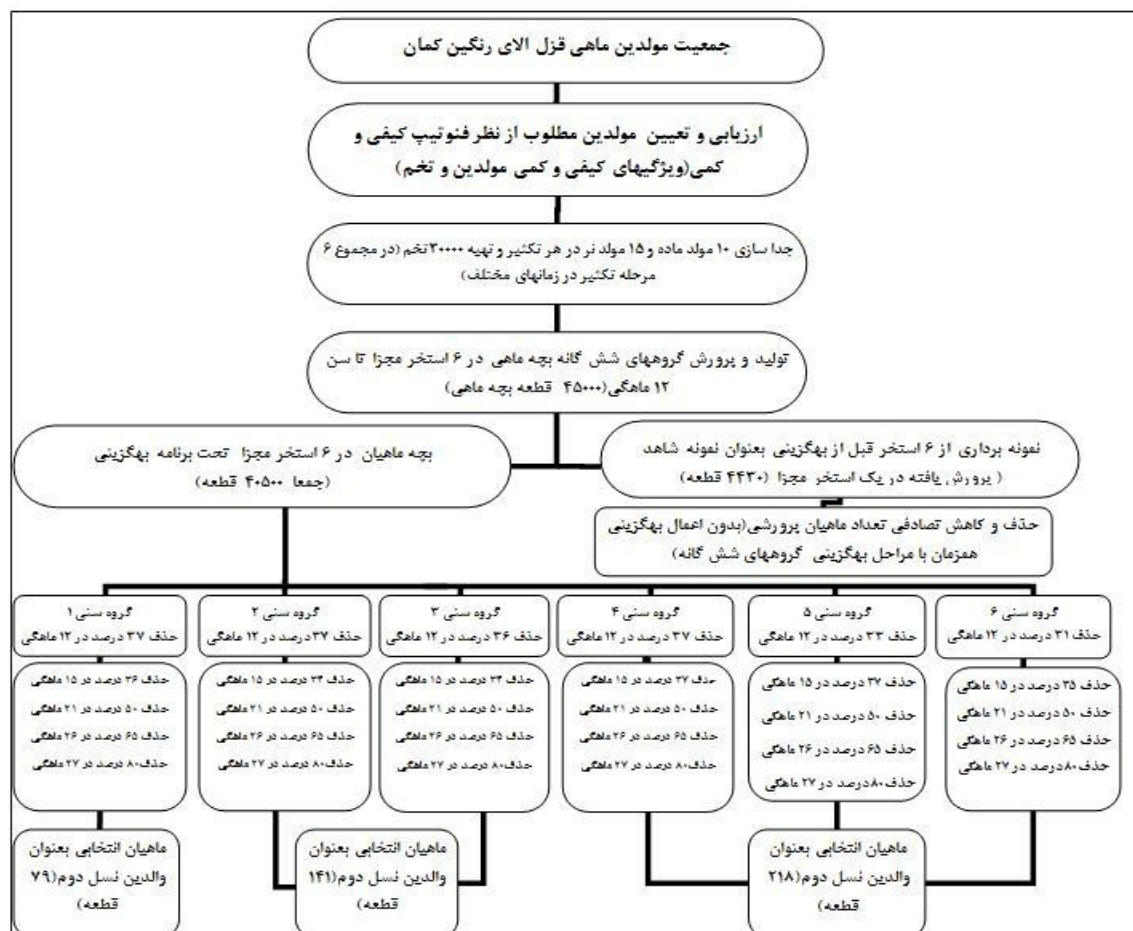
Table 1: Some morphometric and meristic characteristics of the selected and unselected breeders of Yasuj cold water breeding center

گروه	طول متوسط ماهی مولد (سانتی متر)	وزن متوسط ماهی مولد (کیلوگرم)	وزن تخم (گرم)	تعداد تخم	تعداد تخم در گرم	نسبت تخم به زن ماهی (درصد)	نسبت تعداد تخم به واحد وزن ماهی	قطر تخم (میلی متر)
انتخابی	۵۷/۴±۵	۲۳۳۸±۵۲۲	۴۰۹±۱۰۸	۵۲۱۳±۱۳۴۰	۱۲/۷±۰/۴	۱۷/۷±۰/۰۳	۲/۲۵±۰/۰۴	۵/۲±۰/۲۷
معمولی	۵۳/۷±۵/۴۶	۱۷۵۳±۸۳	۲۲۳±۳۲	۳۳۲۲±۴۸۳	۱۴/۹±۰/۷	۱۲/۸±۰/۰۸	۱/۹±۰/۰۳	۵/۲±۰/۱۳

جدول ۲: نسبت جنسی مولدین انتخابی و مراحل بهگزینی بچه ماهیان حاصله

Table 2: Sex ratio of the selected breeders and the stages of progenies selection

گروه سنی	تعداد مولدین ماده	تعداد مولدین نر	تاریخ تکثیر مولدین	تعداد تخم انتخابی	مراحل زمانی زیست‌سنجی و میانگین وزنی ماهیان انتخاب شده در گروه‌های سنی مختلف				
					میانگین وزنی (گرم)	میانگین وزنی (گرم)	میانگین وزنی (گرم)	میانگین وزنی (گرم)	
					۸۹/۱۱/۱۷	۹۰/۲/۱۸	۹۰/۸/۲۸	۹۱/۱/۲۱	۹۱/۲/۲۵
۱	۱۰	۱۵	۸۸/۱۰/۰۹	۳۰۰۰۰	۶۲/۷	۱۱۵/۸	۶۸۹/۳	۹۴۸/۵	۱۲۷۳±۳۴۲/۴
۲	۱۰	۱۵	۸۸/۱۰/۱۲	۳۰۰۰۰	۳۷	۸۲	۴۶۸/۹	۷۹۴	۱۰۱۶±۲۳۰/۵
۳	۱۰	۱۵	۸۸/۱۰/۲۱	۳۰۰۰۰	۴۵/۴	۱۰۱/۲	۵۳۰/۸	۶۸۷/۶	۹۸۰±۲۴۲
۴	۱۰	۱۵	۸۸/۱۰/۲۸	۳۰۰۰۰	۳۱/۸۴	۶۲/۹۵	۳۹۶/۴	۶۸۸	۸۹۷±۱۵۳/۵
۵	۱۰	۱۵	۸۸/۱۱/۱۱	۳۰۰۰۰	۳۵/۲۵	۱۰۲/۸	۴۶۴/۴	۶۲۵/۶	۹۲۹±۲۱۳
۶	۱۰	۱۵	۸۸/۱۱/۱۵	۳۰۰۰۰	۴۱	۱۱۳	۶۷۰/۴	۸۱۹/۲	۹۴۸±۲۳۰/۶

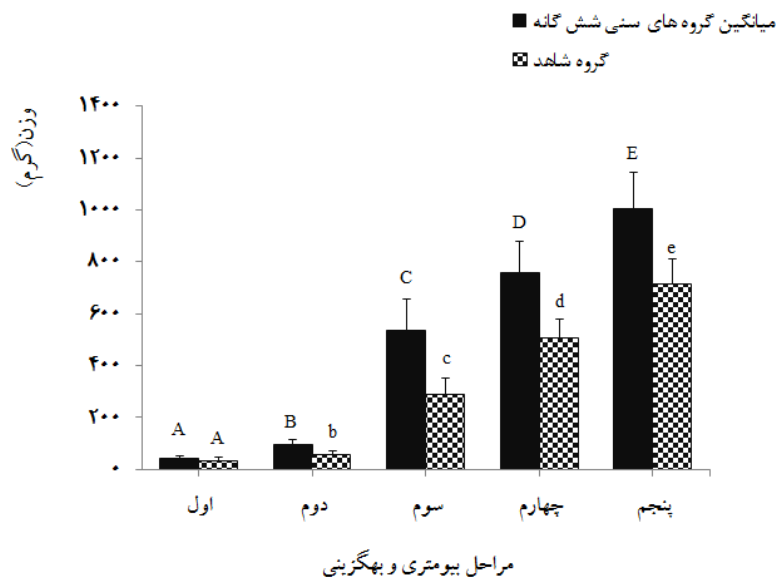


شکل ۱: نمای شماتیک برنامه بهگزینی با در نظر گرفتن گروههای سنی

Figure 1: Schematic representation of the selection program considering age groups

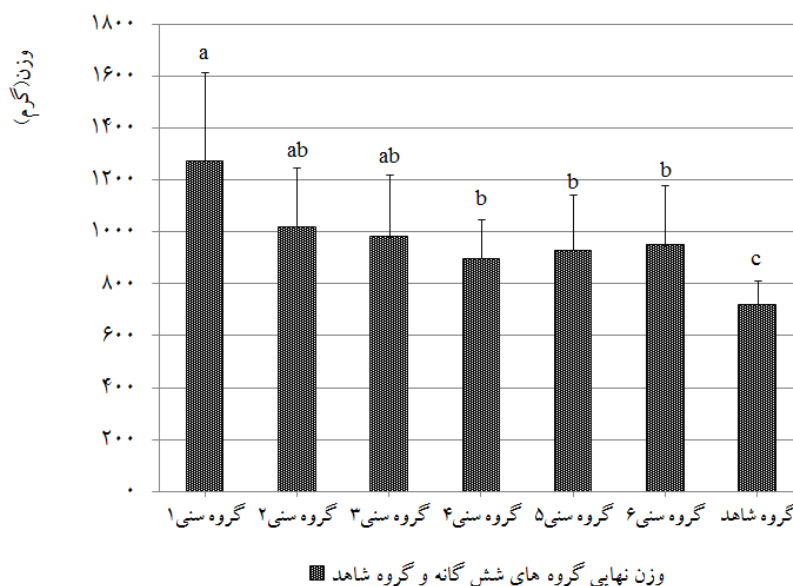
گروه شاهد در آخرین مرحله زیست‌سنجی (717 ± 96 گرم) دارای مقدار کمتری نسبت به میانگین وزن کل گروه‌های شش‌گانه (1007 ± 136 گرم) در برنامه بهگزینی بود و تفاوت معنی‌داری داشت ($p < 0.05$). بر اساس یافته‌ها (شکل ۳)، گروه سنی ۱ دارای بالاترین میانگین وزن نهایی ($1273 \pm 342/4$ گرم) و دارای تفاوت معنی‌داری نسبت به وزن نهایی سایر گروه‌ها و گروه شاهد بود و از این نظر میانگین وزن نهایی گروه شاهد نیز دارای تفاوت معنی‌داری با سایر گروه‌ها بود ($p < 0.05$).

شکل ۲ روند رشد بچه ماهیان گروه شاهد را در مقایسه با میانگین وزن گروه‌های شش‌گانه، طی پنج مرحله عملیات بهگزینی، نشان می‌دهد. بر اساس نمودار مذکور، میانگین وزن اولیه بچه ماهیان گروه شاهد با میانگین وزن گروه‌های تحت برنامه بهگزینی فاقد تفاوت معنی‌دار بودند ($p > 0.05$). در سایر مراحل زیست‌سنجی و بهگزینی، میانگین وزن گروه شاهد با میانگین وزن سایر گروه‌های شش‌گانه دارای تفاوت معنی‌داری بود ($p < 0.05$) به‌طوری‌که بر اساس نتایج (شکل ۲)، میانگین وزن ماهیان



شکل ۲: میانگین وزنی گروه های شش گانه و گروه شاهد در مراحل زیست سنجی و بهگزینی (حروف لاتین متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح اعتماد ۵ درصد می باشد).

Figure 2: The mean weight of the six groups and the control group at the stages of biometric and selection



شکل ۳: میانگین وزن نهایی گروه های سنی و گروه شاهد

(حروف لاتین متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح اعتماد ۵ درصد می باشد).

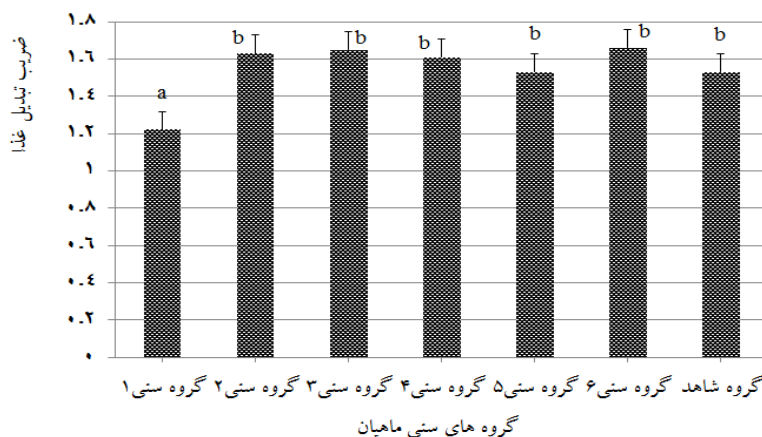
Figure 3: The final mean weight of age groups and control group

میانگین کلی ضریب تبدیل غذا در گروه های سنی (۱/۵۶±۰/۱۶) در مقایسه با مقدار آن در گروه شاهد (۱/۵۳±۰/۰۷) فاقد اختلاف معنی دار بود ($p > 0.05$). بر

ضریب تبدیل غذا (Feed conversion ratio) در ماهیان انتخابی و گروه شاهد

سایر گروه‌های سنی و گروه شاهد فاقد تفاوت معنی‌دار در ضریب تبدیل غذا بودند ($p > 0.05$).

اساس شکل ۴، کمترین ضریب تبدیل غذا (1.22 ± 0.12) در گروه سنی ۱ با تفاوت معنی‌داری نسبت به سایر گروه‌های سنی و گروه شاهد مشاهده گردید ($p < 0.05$).



شکل ۴: ضریب تبدیل غذا در گروه های ماهیان انتخابی و گروه شاهد

(حروف لاتین متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح اعتماد ۵ درصد می‌باشد).

Figure 4: Food conversion ratio in selected fish groups and control group

بحث

به دلیل عدم یکسان بودن سن مولدین و تفاوت در شرایط پرورش امکان تفکیک دقیق مولدین برتر از سایرین امکان پذیر نبود و بدین منظور، مولدین دارای میانگین‌های بالاتر به‌ویژه از نظر ویژگی‌های تولید مثلی انتخاب گردیدند. گرچه انتخاب ماهیان مولد با میانگین بالاتر نسبت به سایرین می‌تواند منحصراً ناشی از اختلاف سن باشد. مشخصه‌های دارای ارزش اقتصادی در آزادماهیان تحت برنامه بهگزینی حتی با وقوع آمیزش خویشاوندی و همخونی بهبود می‌یابد. برخی از این مشخصه‌ها از جمله افزایش بازده غذایی^۱ و کاهش ضریب تبدیل غذا (FCR) یا افزایش اشتها، سرعت تغذیه و تبدیل غذا به پروتئین حیوانی را بهبود می‌بخشد و با کوتاه نمودن دوره پرورش، توجیه اقتصادی می‌یابند (Thodesen *et al.*, 2001). تامین غذا شامل بیش از ۵۰ درصد هزینه آبی‌پروری می‌گردد و بهبود قابلیت جذب غذا در آبزیان، سبب ارتقاء شرایط زیست‌محیطی فضای پرورشی می‌گردد.

بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، تفاوت میانگین وزن گروه‌های مختلف طی مراحل بهگزینی با گروه شاهد، ناشی از فرایند انتخاب ماهیان با وزن بالاتر بوده و میانگین وزن پایین در گروه شاهد ناشی از عدم فرایند بهگزینی در گروه شاهد و در نتیجه، عدم حذف ماهیان با وزن کمتر، در جمعیت این گروه بوده است. همچنین تفاوت در میانگین وزن نهایی گروه‌های شش‌گانه تحت برنامه بهگزینی می‌تواند ناشی از اختلاف سن در بین گروه‌های مختلف یا واریانس ژنتیکی صفت میزان رشد، در بین گروه‌های مختلف ماهیان با والدین متفاوت باشد. بر اساس مطالعات Kolstad و همکاران (۲۰۰۴) گروه‌ها و خانواده‌های مختلف از یک گونه از ماهیان، دارای واریانس ژنتیکی در صفت بهره‌وری از غذا یا رشد می‌باشند و میزان بهبود ژنتیکی این صفات می‌تواند در ماهیان خانواده‌های مختلف یک گونه متفاوت باشد. در مطالعه حاضر، گروه سنی ۱ دارای اختلاف معنی‌دار با سایر گروه‌های سنی در ضریب تبدیل غذایی می‌باشد که تفاوت این گروه با سایر گروه‌ها می‌تواند ناشی از واریانس ژنتیکی این صفت در بین گروه‌ها باشد. با توجه به عدم انجام فرایند بهگزینی در

¹ Feed efficiency ratio

گروه ماهیان شاهد و انتخاب تصادفی توده‌ای از ماهیان این گروه در مراحل پرورش و اختلاط سنی آنها به دلیل ترکیب آنها از کلیه گروه‌های سنی، میانگین وزن نهایی کمتری نسبت به سایر گروه‌ها داشته است. با وجود آنکه ضریب تبدیل غذا یک مشخصه مهم اقتصادی در بسیاری از گونه‌های آبی می‌باشد، شایسته است بهبود این ویژگی به صورت غیر مستقیم و از طریق بهگزینی صفات وابسته به آن نظیر صفت رشد صورت پذیرد (Gjedrem and Baranski, 2009). ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) در نتیجه بهگزینی، در مقایسه با نمونه‌های وحشی این ماهی غذای بیشتری مصرف می‌کند (Thodesen et al., 1999). بر اساس نتایج این بررسی، مصرف غذای بیشتر در ماهی آزاد حاصل از مولدین وحشی، رشد بیشتر و بهره‌وری بالاتر از غذا را طی ۵ نسل بهگزینی به‌همراه داشته است. نتایج نشان داد که ارتباط ژنتیکی بین طی دوره رشد و افزایش بازده غذایی در ماهی آزاد خطی نمی‌باشد و با افزایش وزن واکنش پاسخ به بازده غذا کاهش می‌یابد. تنوع ژنتیکی در آزادماهیان سبب اختلاف در قابلیت آنها در جذب پروتئین، اسیدهای آمینه و مواد معدنی می‌شود. همچنین جذب مواد معدنی به طور ژنتیکی به اندازه ماهی وابسته است و این توانایی با بهگزینی برای دستیابی به افزایش سرعت رشد تحت تاثیر قرار می‌گیرد. پژوهش‌های انجام شده در رابطه با بهگزینی ماهی آزاد کوهو (*Oncorhynchus kisutch*) جهت ارتقاء رشد بعد از ۱۶ نسل حاکی از افزایش قابلیت جذب پروتئین جهت رشد و استفاده از منابع چربی برای تولید انرژی بوده است به‌طوری‌که فرایند بهگزینی در جهت ارتقاء رشد می‌تواند منجر به تغییر فرایند بهره‌وری از غذا و ذخیره انرژی گردد و با بازده غذایی بالاتر، متابولیسم انرژی بیشتر به سوی ذخیره آن جهت رشد تغییر می‌کند و صرف منابع انرژی غذا جهت ذخیره چربی و انرژی نگهدارنده کمتر می‌باشد (Neely et al. 2008).

اجرای مستقیم برنامه بهگزینی جهت بهبود این مشخصه در گونه‌های آبی مشکل است و نیاز به صرف هزینه می‌باشد (Henryon et al., 2002; Kolstad et al., 2004) و ارتقاء این ویژگی به تبع بهگزینی جهت بهبود پتانسیل رشد صورت گرفته است به‌طوری‌که با افزایش رشد، هزینه نگهداری نسبت به افزایش وزن کاهش یافته و در نتیجه، بهره‌وری غذا و ضریب تبدیل غذا بهبود می‌یابد (Kause et al., 2006; Quinton et al., 2007). ضریب تبدیل غذا در اغلب دام‌های اهلی به میزان ۹۰ درصد به مشخصه میزان رشد وابسته می‌باشد و با ارتقاء صفت میزان رشد، ضریب تبدیل غذا کاهش می‌یابد (Gjedrem and Baranski, 2009). مطالعات انجام شده حاکی از بهبود مصرف غذا و بهره‌وری از غذای مصرفی در ماهی آزاد در نتیجه بهگزینی برای ارتقاء رشد بوده است (Thodesen et al. 2001). در ماهی قزل‌الای رنگین کمان وابستگی ژنتیکی زیادی (۷۸ درصد) بین میزان رشد و مصرف غذا وجود دارد که مشابه میزان وابستگی میزان رشد با ضریب تبدیل غذا، در دام‌های اهلی می‌باشد. بنابراین، با برنامه بهگزینی جهت ارتقاء رشد می‌توان بهره‌وری از غذا را بهبود بخشید (Gjedrem and Baranski, 2009).

بین بهبود بازده غذایی و بهگزینی برای افزایش سرعت رشد در ماهی آزاد اقیانوس اطلس وابستگی وجود دارد (Thodesen et al., 1999). بهگزینی ماهی آزاد طی ۵ نسل، حاکی از افزایش پتانسیل میزان رشد به میزان دو برابر بوده است. بر اساس یافته‌های این پژوهش، ضریب تبدیل غذا به میزان ۲۰ درصد کاهش و مصرف غذا به میزان ۴۰ درصد افزایش یافته بود. همچنین قابلیت جذب پروتئین در ماهیان به‌گزیده افزایش یافت. افزایش مصرف غذا ضمن کاهش ضریب تبدیل غذایی حاکی از بهبود سرعت رشد در نتیجه بهگزینی می‌باشد. با این وجود، سرعت بهبود ضریب تبدیل غذایی طی هر نسل، ۴ درصد و کندتر از سرعت بهبود رشد (بیش از ۲۰ درصد) در هر نسل بوده است. با این وجود، بهبود ژنتیکی اغلب مشخصه‌ها طی نسل‌های اول آشکار نشده است به‌ویژه برخی مشخصه‌ها نظیر بهبود ضریب تبدیل غذایی که

ضریب تبدیل غذایی در ماهیان وارداتی بیشتر از ماهیان بومی است، ولی رشد آنها در یک دوره زمانی مشخص بیشتر می‌باشد. رابطه منفی رشد و ضریب تبدیل غذایی در دو گروه ماهی ناشی از تاثیر بهگزینی بر افزایش اشتهای ماهیان وارداتی نسبت به ماهیان بومی می‌باشد و این ماهیان می‌توانند در زمان کوتاه‌تری به وزن مورد نظر برسند و چنین روندی در رشد، منجر به افزایش ضریب تبدیل غذا در آنها گردیده است (Rastiannasab et al., 2015).

اصلاح نژاد مبتنی بر بهگزینی از برنامه‌های موثر جهت ارتقاء صفات اقتصادی از جمله رشد و بهبود ضریب تبدیل (نفری یزدی و همکاران، ۱۳۹۸) و بهره‌وری از غذا در آبزیان پرورشی محسوب می‌گردد. با وجود اهمیت ضریب تبدیل غذا، میزان بهبود ژنتیکی این صفت با بهگزینی طی یک نسل ناچیز است و آشکار نمی‌شود. بنابراین، ضروری است نسبت به بهبود ضریب تبدیل غذا به طور غیر مستقیم و از طریق اجرای برنامه بهگزینی طی چندین نسل صفات وابسته به آن نظیر میزان رشد اقدام نمود.

منابع

گرچی پور، ع. و نظری، س.، ۱۳۹۲. بررسی تنوع ژنتیکی ماهی قزل‌الای رنگین کمان با استفاده از نشانگرهای ریزماهواره در مزارع پرورشی ایران. مجله علمی شیلات ایران، ۲۲(۴): ۹۳-۱۰۷.

نفری یزدی، م.، پورکاظمی، م.، عبدالجی، ح. و نجاتی جوارمی، ا.، ۱۳۹۸. شناسایی مهمترین صفات اقتصادی در برنامه اصلاح نژاد ماهی آزاد (دریای خزر) *Salmo trutta caspius* با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP). مجله علمی شیلات ایران، ۲۸(۶): ۱۳۳-۱۴۶.

DOI: 10.22092/ISFJ.2019.120210

Bureau, D.P. and Hua, K., 2008. Models of nutrient utilization by fish and potential applications for fish culture operation, in: France, J., Kebreab, E. (Eds), Animal

میزان بهبود ژنتیکی آن طی یک نسل (۴ درصد) در حدی کم بوده که تاثیر مثبت آن مشخص نمی‌باشد (Thodesen et al., 1999). میزان بهبود اغلب فنوتیپ‌های با قابلیت ارتقاء در نسل‌های متوالی در ماهی قزل‌الا، به میزان نزدیک به ۱۰ درصد در هر نسل می‌باشد و بهبود فنوتیپی قابل ملاحظه‌ای طی چندین نسل آشکار می‌شود و حتی در برخی موارد تغییری در یک نسل حادث نمی‌گردد (Gjerde, 2002). تا جایی که نتایج سودمند حاصل از برنامه اصلاح نژاد مبتنی بر بهگزینی جهت ارتقاء رشد در کشور نروژ در سال‌های اولیه آشکار نشد و بعد از ۸ سال اجرای برنامه، به تدریج نتایج مثبت آن آشکار گردید (Gjedrem and Baranski, 2009). با این وجود، در مطالعه حاضر، عدم بهبود ژنتیکی قابل ملاحظه در میزان ضریب تبدیل غذایی گروه‌های شش‌گانه تحت برنامه بهگزینی، نسبت به گروه شاهد می‌تواند ناشی از سرعت کم میزان پیشرفت ژنتیکی این صفت طی یک نسل و عدم آشکار شدن میزان بهبود صفت مذکور طی اجرای برنامه بهگزینی در یک نسل باشد و در مجموع، بهبود نسبی قابل توجهی در میزان ضریب تبدیل غذایی گروه‌های شش‌گانه نسبت به گروه شاهد مشاهده نشده است.

با این وجود، نتایج برخی پژوهش‌ها با تاثیر مثبت بهگزینی برای بهبود رشد حاکی از عدم تاثیر مثبت بر کاهش ضریب تبدیل غذا و بازده غذایی بوده است (Ogata et al., 2004; Mambrini et al., 2002). بر اساس پژوهش حاضر، ماهی قزل‌الای رنگین کمان حاصل از تخم‌های چشم زده وارداتی از کشور فرانسه به ایران طی برنامه اصلاح نژاد مبتنی بر بهگزینی دارای پتانسیل رشد سریعتر و وزن‌گیری، در مدت زمان کمتر بوده‌اند در حالیکه قابلیت بهره‌برداری از غذا یا ضریب تبدیل غذایی در ماهیان بومی مناسب‌تر می‌باشد. بر اساس یافته‌های این پژوهش، میانگین وزن نهایی ماهیان اصلاح نژاد شده 42 ± 461 گرم و ماهیان معمولی 33 ± 285 گرم بوده است. میانگین ضریب تبدیل غذایی در گروه ماهیان بومی (0.9 ± 0.1) کمتر و دارای تفاوت معنی‌داری ($P < 0.05$) با گروه ماهیان وارداتی (1.15 ± 0.1) بود. بر اساس نتایج،

- Nutrition Modelling, University of Guelph, Guelph, Canada, pp. 442-461.
- Flynn, F.M.O., Bailey, J.K. and Friars, G.W., 1999.** Response to two generations of index selection in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 173: 143-147. DOI: 10.1016/S0044-8486(98)00482-7.
- Gjedrem, T. and Baranski, M., 2009.** Selective Breeding in Aquaculture: An Introduction, Springer Dordrecht Heidelberg London, New York, 220 P. DOI:10.1007/978-90-481-2773-3
- Gjedrem, T., 2000.** Genetic improvement of cold-water fish species, *Aquaculture Research*, vol. 31, pp. 25-33. DOI: 10.1046/j.1365-2109.2000.00389.x
- Gjedrem, T., Robinson, N. and Rye, M., 2012.** The importance of selective breeding in aquaculture to meet future demands for animal protein: A review. *Aquaculture*, 350-353, 117-129. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2012.04.008.
- Gjerde, B. and Korsvoll, A., 1999.** Realized selection differentials for growth rate and early sexual maturity in Atlantic salmon, Abstracts, *Aquaculture Europe 99*, Trondheim, Norway, August 7-10: 73-74.
- Gjerde, B., 2002.** Opportunities and challenges in designing sustainable fish breeding. In:proc. Of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier, France, 30:461-468.
- Gjerede, B., 2017.** A national breeding plan for rainbow trout in Iran. FAO-consultant report, 22 P.
- Henryon, M., Jokumsen, A., Berg, P., Lund, I., Pedersen, P.B., Olesen, N.J. and Slierendrecht, W.J., 2002.** Genetic variation for growth rate, feed conversion efficiency, and disease resistance exists within a farmed population of rainbow trout. *Aquaculture*, 209:59-76. DOI:10.1016/S0044-8486(01)00729-3
- Kause, A., Tobin, D., Houlihan, D.F., Martin, S.A.M., Mantysaari, E.A., Ritola, O. and Ruohonen, K., 2006.** Feed efficiency of rainbow trout can be improved through selection: Different genetic potential on alternative diets. *Journal of Animal Science*, 84:807-817. DOI: 10.2527/2006.844807x
- Kolstad, K., Grisdale-Helland, B. and Gjerde, B., 2004.** Family differences in feed efficiency in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 241:169-177. DOI:10.1016/j.aquaculture.2004.09.001.
- Lind, C. E., Ponzoni, R.W., Nguyen, N.H. and Khaw, H.L., 2012.** Selective Breeding in Fish and Conservation of Genetic Resources for Aquaculture. *Reproduction in Domestic Animals*, 47:255-263. DOI: 10.1111/j.1439-0531.2012.02084.x.
- Mambrini, M., Medale, F., Sanchez, M.P., Recalde, B., Chevassus, B., Labbe, L., Quillet, E. and Boujard, T., 2004.** Selection for growth in brown trout increases feed intake capacity without affecting maintenance and growth requirements. *Journal of Animal Science*, 82:2865-2875. Doi: 10.2527/2004.82102865x.

- Neely, K.G., Myers, J.M., Hard, J.J. and Shearer, K.D., 2008.** Comparison of growth, feed intake, and nutrient efficiency in a selected strain of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) and its source stock. *Aquaculture*, 283: 134–140. DOI:10.1016/j.aquaculture.2008.06.038
- Ogata, H., Oku, H. and Murai, T., 2002.** Growth performance and macronutrient retention of offspring from wild and selected red sea bream (*Pagrus major*). *Aquaculture*, 206: 279-287. DOI.org/10.1016/S0044-8486(01)00681-0
- Olesen, I., 2003.** Breeding programs for sustainable aquaculture. *Journal of Applied Aquaculture*, 13: 179-204. DOI.org/10.1300/J028v13n03_01.
- Quinton, C.D., Kause, A., Ruohonen, K. and Koskela, J., 2007.** Genetic relationships of body composition and feed utilization traits in European whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) and implications for selective breeding in fishmeal and soybean meal based diet environments. *Journal of Animal Science*, 85:3198-3208. DOI: 10.2527/jas.2006-792.
- Rastiannasab, A., Ghaedi, A.R., Gandomkar, H., Nazari, S. and Hosseini, S.A., 2015.** Comparison of some biological parameter and chromosomal number of reared fish from native (IRAN) and imported (ORIGINALLY:FRENCH) rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) eyed eggs. Middle East and Central Asia Aquaculture, December 14-16, 2015, Olympic Hotel, Tehran, Iran.
- Sanchez, M.P., Chevassus, B., Labbe', L., Quillet, E. and Mambrini, M., 2001.** Selection for growth of brown trout (*Salmo trutta*) affects feed intake but not feed efficiency. *Aquatic Living Resources*, 14:41–48. DOI: 10.2527/2004.82102865x.
- Tave, D., 1993.** Genetics for fish hatchery managers. AVI publishing Company, Inc. Westport, Connecticut.
- Thodesen, J., Grisdale-Helland, B., Helland, S. J. and Gjerde, B., 1999.** Feed intake, growth and feed utilization of offspring from wild and selected Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 180:237–246. DOI.org/10.1016/S0044-8486(99)00204-5
- Thodesen, J., Gjerde, B., Grisdale-Helland, B. and Storebakken, T., 2001.** Genetic variation in feed intake, growth and feed utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 194: 273–281. DOI: 10.1016/S0044-8486(00)00527-5.
- Vandeputte, M., Quillet, E., Krieg, F., Hollebecq, M.G., Faure', A., Labbe', L., Hiseux, J.P. and Chevassus, B., 2002.** The "PROSPER" methodology on brown trout (*Salmo trutta fario*): Four generations of improved individual selection on growth rate. CD-ROM, communication 0604, Proc. 7th World Congress of Applied Genetic for Livestock Production, Montpellier, France.

The effect of individual selection on improving feed conversion ratio of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) F₁ progenies

Rastiannasab A.^{1*}; Gandomkar H.¹; Falahat Naserabad E.¹; Hosseini S.A.¹; Mahdavi J.¹

*a.rastian@areeo.ac.ir

1-Iranian Fisheries Science Research Institute, Shahid Motahary Cold water Fishes Genetic and breeding Research Center – Yasoj, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Yasoj, Iran

Abstract

The purpose of breeding is to improve the quantity and quality of the desired characteristics in cultured species in the next generations. Individual selection is a simple and practical way to provide a quick response in improving high heritability traits for breeding most species in aquaculture. At first step, in Yasouj cold water fishes breeding research Center, in order to conducting selection program in rainbow trout brood stock as base population and improving food conversion ratio (FCR) in their offsprings, 150 female and male broods with higher mean weight were selected, striped in 6 stage and eggs were incubated. One-year produced Fish (45000 pcs.) of the six groups with higher mean weight in 5 stage were selected (438 pcs.) and remainder was discarded. Before selection, a few fish of six aged-groups as control group were cultured apart. Significant difference ($p < 0.05$) induced between final mean weight of some groups (the selected groups and control group) and significant difference ($p < 0.05$) between mean weight of the control group (717 ± 96 g.) and the selected groups (1007 ± 136 g.) can be a result of genetic improvement of growth rate trait induced of selection process in one generation and most likely because of age difference in them and because of no selection and deletion in control group (don't throw out small individuals). There were no significant difference ($p > 0.05$) between FCR of six aged-groups (1.56 ± 0.16) and control group (1.53 ± 0.07). The lack of disclosure or promotion of FCR of most of the groups under selection program compared to the control group indicates that the effect of this selection method on the genetic improvement of FCR in one generation is indiscernible and to reveal the improvement of this trait, continuing the selection program to promote growth rate over several generations and, consequently, improve FCR is necessary.

Keywords: Rainbow trout, Selection, F1 progeney, Feed conversion ratio

*Corresponding author