

## اهمیت و مزایای اجرای برنامه های اصلاح نژاد در آبی پروری

سید حسین مرادیان<sup>۱\*</sup>، رقیه محمودی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردآبی شهید مطهری یاسوج، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج

### چکیده

امروزه بخش اعظم تولیدات گیاهی و دامها از طریق دانه‌ها و ذخایر به‌گزینی شده تولید می‌شوند. با این حال، بهره‌گیری از این تکنولوژی در آبی‌پروری نسبت به گیاهان و دام‌های اهلی با تاخیر همراه بوده است و علی‌رغم این حقیقت که پیشرفت ژنتیکی سالانه در گونه‌های آبی خیلی بیشتر از دامها می‌باشد، تنها کمتر از ۱۰ درصد تولیدات آبزیان بر مبنای ذخایر به‌گزینی شده است. معمولاً پیشرفت ژنتیکی صفت رشد در دامها ۵ درصد به ازای هر نسل گزارش شده که ۶-۵ برابر کمتر از آبزیان است. وراثت‌پذیری نسبتاً بالا و تنوع ژنتیکی و فنوتیپی زیاد صفت رشد و اغلب صفات مهم اقتصادی در آبزیان همراه با توان بالای تولید نسل، فاصله نسل کوتاه از جمله دلایل پیشرفت ژنتیکی زیاد در برنامه‌های اصلاح‌نژاد آبزیان هستند. از جمله مزایای برنامه‌های اصلاح‌نژاد می‌توان به افزایش تولید، بهبود کارایی تغذیه و بازماندگی اشاره نمود که در نهایت منجر به بهره‌وری بهتر از منابع از جمله غذا، نیروی کاری، آب و زمین خواهد شد. علاوه بر این چون با بهره‌گیری از منابع یکسان می‌توان به تولید بیشتری دست یافت، در نتیجه هزینه‌های تولید نیز کمتر می‌شوند. دلایل متعددی برای عقب ماندگی توسعه برنامه‌های اصلاح نژاد در آبزیان نسبت به گیاهان و دامها وجود دارد که از آن جمله می‌توان به دسترسی پرورش‌دهندگان به بچه ماهیان وحشی، عدم دستیابی به دانش کنترل تولیدمثلی برخی گونه‌ها، عدم آگاهی از مزایای اقتصادی برنامه‌های اصلاح-نژاد، دانش پایین در زمینه ژنتیک کمی و چگونگی شروع و اجرای برنامه‌های اصلاح‌نژاد، حجم سرمایه‌گذاری بالای مورد نیاز، عدم اشتیاق پرورش‌دهندگان جهت همکاری با محققین، عدم توانایی محققین در تبیین مزایای برنامه‌های اصلاح‌نژاد و عدم وجود دانش فنی و اطلاعات در خصوص پتانسل‌های برنامه‌های اصلاح‌نژاد در بین مروجین، اشاره نمود.

**کلمات کلیدی:** به‌گزینی، بهبود ژنتیکی، پیشرفت ژنتیکی، آبزیان، ماهی.

## مقدمه

آبزی پروری نقش مهمی در تامین نیازهای غذایی و به ویژه نیازهای پروتئینی و اسیدهای چرب غیراشباع بشر دارد. کل تولیدات آبزی پروری دنیا در سال ۲۰۱۶ حدود ۸۰ میلیون تن بوده است که ایران از لحاظ تولیدات آبهای داخلی در رتبه دهم دنیا قرار دارد (FAO, 2018). میزان تولید آبزی پروری در کشور ایران در سال ۱۳۹۵ حدود ۴۶۰ هزار تن و میزان صید آبزیان در کشور حدود ۶۳۵ هزار تن گزارش شده است. کپورماهیان با ۲۰۱ هزار تن و ماهی قزل آلی رنگین کمان با ۱۶۵۷۸۷ تن مهمترین گونه های پرورش ایران بوده که با توجه به پرورش چندگونه ای کپورماهیان، قزل آلی رنگین کمان مهمترین گونه پرورشی در کشور می باشد (سالنامه آماری سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۶).

امروزه بیشتر کشورهای مطرح در زمینه پرورش آبزیان (مانند چین، هندوستان، فیلیپین، ایالات متحده امریکا، نروژ، فرانسه، ژاپن، کانادا و ...) دارای برنامه های اصلاح نژاد بر روی گونه های مهم پرورشی خود می باشند. در واقع برنامه های اصلاح نژاد، جزء لاینفک صنعت پرورش آبزیان این کشورها می باشند زیرا توسعه پایدار این صنعت منوط به تأمین ذخایر مناسب از گونه های پرورشی است. بر اساس ارزیابی های صورت گرفته در سال ۲۰۱۰ کمتر از ۱۰ درصد تولیدات آبزی پروری دنیا بر اساس ذخایر بهبود یافته ژنتیکی هستند (Neira, 2010; Rye *et al.*, 2010).

"اصلاح نژاد مبتنی بر بهگزینی"<sup>۱</sup> یا بهگزینی مصنوعی<sup>۲</sup>، در برگیرنده روشهای مختلفی است که پس از انتخاب هدفمند مولدین و آمیزش های کنترل شده، نسلی با صفات مطلوب ژنتیکی حاصل شود. منظور از هدفمندی، انتخاب افرادی با بهترین سازگاری محیطی، رشد، زنده ماندن و امکان انتقال ژنها طی فرایند طبیعی به نسل های بعدی می باشد (Chavanne *et al.*, 2016). برنامه های اصلاح نژاد فرایندی میان مدت و بلند مدت جهت تولید

ذخایر اصلاح نژاد شده ماهیان پرورشی است. مزیت اصلاح نژاد ماهیان در مقایسه با دام هایی چون گاو، گوسفند، خوک امکان انجام متمرکز آن و کاهش چشمگیر هزینه ها خواهد بود. همچنین، به دلیل لقاح خارجی و همآوری زیاد ماهیان، کارآیی روش های کلاسیک اصلاح نژاد در آنها در مقایسه با سایر دام ها بالاتر می باشد. در این مقاله ضمن بررسی تاریخچه اصلاح نژاد در ماهیان و سایر آبزیان، ویژگی های منحصر بفرد اصلاح نژاد این مخلوقات از جمله پتانسیل افزایش تولید، افزایش ارزش اقتصادی، بهبود بهره وری از منابع مورد بررسی قرار خواهد گرفت. همچنین نقش اجتماعی برنامه های اصلاح نژاد و دلایل عدم توسعه برنامه های اصلاح نژاد بحث خواهد شد.

## تاریخچه برنامه های اصلاح نژاد

برنامه های نوین اصلاح نژاد گیاهان حدود سال ۱۹۰۰ بر اساس یافته های مندل شروع شد و در ادامه ۱۵ سال بعد همان اصول بر روی دام های اهلی به کار گرفته شد. از آن به بعد برنامه های اصلاح نژاد از طریق توسعه ذخایر بهبود یافته ژنتیکی با قابلیت تولید محصول بیشتر، انقلابی در کارایی تولید گیاهان و دام های اهلی ایجاد کردند. بهره گیری از این تکنولوژی در آبزی پروری نسبت به گیاهان و دام های اهلی با تاخیر همراه بوده و هنوز هم تولید بسیاری از ماهیان، نرم تنان و سخت پوستان بر پایه ذخایر وحشی استوار می باشد و تنها در برخی گونه ها، از مولدهای پرورشی و اصلاح شده استفاده می شود. در این بین یکی از اولین تجربه های بهگزینی هدفمند در ماهیان مربوط به سال ۱۹۱۹، بهگزینی بر اساس افزایش بازماندگی ماهی قزل آلی جویباری<sup>۳</sup> نسبت به بیماری فرونکلوز است. از آن به بعد چندین برنامه بهگزینی هدفمند به منظور بهبود رشد و مقاومت به بیماری در ماهیان گزارش شده است (Gjedrem *et al.*, 2012). امروزه برنامه های گسترده اصلاح نژاد مبتنی بر بهگزینی خانوادگی، به عنوان یک روش استاندارد بهبود ژنتیکی آبزیان پرورشی مورد قبول واقع شده است. این روش ابتدا

<sup>۱</sup> - Selective breeding

<sup>۲</sup> - Artificial selection

<sup>۳</sup> - Brook trout

در نهایت با در نظر گرفتن این نکته که برخی از برنامه های اصلاح نژاد در بررسی ها لحاظ نشده و برخی شرکت های چندمنظوره آبیاری پروری بزرگ ممکن است برنامه های بهگزینی فردی درون مزرعه ای اجرا نمایند، می توان به این نتیجه منطقی رسید که در سال ۲۰۱۰ کمتر از ۱۰ درصد تولیدات آبیاری پروری دنیا بر اساس ذخایر بهبود یافته ژنتیکی هستند. لازم به ذکر است که Janssen و همکاران (۲۰۱۷)، برآورد کردند که ۸۳-۸۰ درصد از تولیدات آبیاری پروری اروپا بر اساس برنامه های اصلاح نژاد است که از متوسط جهانی بسیار بالاتر است. تعداد برنامه های اصلاح نژاد فعال در اروپا ۴۱ برنامه عنوان شده است (Chavanne et al., 2016).

#### ویژگی های منحصر به فرد آبریان در اصلاح نژاد

در برنامه های اصلاح نژاد دام های اهلی، پیشرفت ژنتیکی نرخ رشد معمولاً ۵ درصد به ازای نسل و یا ۲-۱ درصد در سال می باشد، که ۶-۵ بار کمتر از آبریان است (Gjedrem and Baranski, 2009). به علاوه در مورد صفات مقاومت به بیماری نیز به پیشرفت ژنتیکی بالایی می توان دست یافت. از جمله موفقیت های به دست آمده می توان به مقاومت علیه بیماری IPN در ماهی آزاد اقیانوس اطلس، مقاومت به نکروز لوزالمعده ای و بیماری آبهای سرد در ماهی قزل آلی رنگین کمان و مقاومت به آئروموناس هیدروفیلا در کپور رهو اشاره نمود. به کارگیری آزمون های مواجهه سازی با عوامل بیماریزا در شرایط محیطی استاندارد شده، امکان توسعه نژادهای مقاوم به برخی بیماری های خاص را فراهم ساخته است. باید به این نکته توجه داشت که دستیابی به این میزان پیشرفت ژنتیکی بالا تنها در شرایطی امکان پذیر است که طراحی و اجرای برنامه اصلاح نژاد به خوبی انجام شود. نرخ پیشرفت ژنتیکی به ازای نسل به سه عامل شدت بهگزینی، وراثت پذیری صفت مورد نظر و انحراف استاندارد فنوتیپی بستگی دارد. از جمله دلایل اصلی میزان بالای پیشرفت ژنتیکی در آبریان در جدول ۱ ارائه شده است (Gjedrem and Kolstad, 2012).

در دهه ۱۹۷۰ در آزاد ماهیان (Gjedrem, 1985)، برای ماهی تیلایپای نیل (*Oreochromis niloticus*) (Eknath et al., 1991) و در سال ۱۹۹۳ برای میگوی وانامی (*Penaeus vannamei*) (Fjalestad et al., 1997) به کار گرفته شد. از آن به بعد برنامه های بهگزینی مبتنی بر اطلاعات خویشاوندان در سراسر جهان در چندین گونه مهم آبیاری پروری اجرا شده است.

علیرغم وجود مستندات در خصوص پیشرفت ژنتیکی بالا در گونه های مختلف آبریان، توسعه و راه اندازی برنامه های اصلاح نژاد پیشرفت کندی داشته است. در مطالعه ای که بر اساس اطلاعات موجود در سال ۲۰۰۳ انجام شد، مشخص گردید که تعداد برنامه های اصلاح نژاد مبتنی بر خانواده ۶۰ مورد می باشد که کمتر از ۵ درصد تولیدات آبیاری پروری دنیا را به خود اختصاص داده است (Gjedrem and Baranski, 2009). بر اساس بررسی های جدید تر، Neira (۲۰۱۰) و Rye و همکاران (۲۰۱۰)، تعداد برنامه های اصلاح نژاد مبتنی بر خانواده در آبریان از ۱۰۰ مورد تجاوز نموده و یادآور شده اند که برخی برنامه ها نیز در حال اجرا می باشند. بیشترین تعداد برنامه های اصلاح نژاد به ترتیب مربوط به ماهی تیلایپا (۲۷ مورد)، ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) (۱۳ مورد) و ماهی قزل آلی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (۱۳ مورد) می باشد. در حالی که در بین مهمترین گونه های پرورشی یعنی کپورماهیان، تنها کپور معمولی با ۸ برنامه و ماهی رهو با ۱ برنامه در لیست قرار دارند. چون پرورش گسترده کپورماهیان در شمار زیادی از مزارع کوچک انجام می شود، پیشرفت ژنتیکی این ماهیان قطعاً به نفع بیشتر مردم دنیا می باشد. حال آنکه در سال ۲۰۱۰ تنها ۸/۲ درصد از تولیدات آبیاری پروری دنیا بر پایه ذخایر بهبود یافته ژنتیکی می باشد و اعتقاد بر این است که این برآورد نیز خوشبینانه می باشد. این قاعده در مورد ماهی آزاد اقیانوس اطلس مستثنی بوده به طوری که حدود ۹۷ درصد تولیدات این ماهی بر پایه ذخایر ژنتیکی بهگزینی شده استوار است (Gjedrem and Baranski, 2009).

### جدول ۱: دلایل اصلی پیشرفت ژنتیکی بالا در آبزیان (Gjedrem and Kolstad, 2012)

هماوری و یا میزان تولید تخم خیلی زیاد است و هر ماهی ماده هزاران و یا حتی میلیون ها تخم تولید می کنند و در نتیجه شدت بهگزینی می تواند خیلی زیاد باشد.

تنوع فنوتیپی و ژنتیکی صفت رشد و دیگر صفات مهم اقتصادی زیاد می باشد که به عنوان مزیت خیلی مهم در اصلاح نژاد مطرح است.

وراثت پذیری صفات مهم اقتصادی در حد متوسط هست.

چون در مقایسه با دام های اهلی فاصله نسل نسبتاً کوتاه تر است، پیشرفت ژنتیکی سالانه می تواند خیلی زیاد باشد.

به طور کلی، وراثت پذیری نسبتاً بالای صفات مهم اقتصادی در ماهیان، سخت پوستان و نرمتنان همراه با توان بالای تولید تخم (هماوری) و فاصله نسل کوتاه (۴ - ۱ سال) در اغلب گونه ها نشان می دهد چرا در بیشتر برنامه های اصلاح نژاد آبزیان پیشرفت ژنتیکی بالایی به دست آمده است (Gjedrem *et al.*, 2012). Thodesen (۲۰۰۵)، با بررسی ۲۱ مورد از تجارب پاسخ به بهگزینی صفت نرخ رشد در ۱۰ گونه از آبزیان، میانگین ۱۴ درصد به ازای هر نسل را برآورد نمودند. سایر مطالعات حاکی از پاسخ های مشابه پیشرفت ژنتیکی نرخ رشد هستند (Neira *et al.*, 2006; Rezk *et al.*, 2003; Vandeputte *et al.*, 2009). نمونه ای از پاسخ به بهگزینی بعد از پنج نسل بهگزینی در ماهی آزاد اطلس در جدول ۲ (Thodesen *et al.*, 1999) آورده شده که نشان دهنده پیشرفت ژنتیکی بالا در نرخ رشد، بهبود غیرمستقیم ضریب تبدیل غذایی (FCR) همراه با بهبود نرخ رشد و میزان ابقاء پروتئین و انرژی<sup>۴</sup> می باشد. علاوه بر این همبستگی مطلوب میان نرخ رشد و FCR در برخی ماهیان توسط Ogata و همکاران (۲۰۰۲)، Silverstein و همکاران (۲۰۰۵) و Neely و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش شده است. با این وجود در قزل آلاهی قهوه ای اختلافات مشاهده شده در رشد، به کارایی تغذیه ای ارتباط نداشتند و در ارتباط با تفاوت های موجود در دریافت غذا بوده است (Sanchez *et al.*, 2001).

### جدول ۲: پیشرفت ژنتیکی حاصل شده در ماهی آزاد اطلس بعد از ۵ نسل بهگزینی (Thodesen *et al.*, 1999)

صفت مورد بررسی	بهبود نسبی شده نسبت به وحشی (%)
نرخ رشد	+۱۱۳
مصرف غذا	+۴۰
ابقاء پروتئین	+۹
ابقاء انرژی	+۱۴
*ضریب تبدیل غذایی	-۲۳

\* ضریب تبدیل غذایی یا میزان تغذیه به ازای هر کیلوگرم افزایش وزن بدن

### مزایای برنامه های اصلاح نژاد

#### افزایش تولید

استفاده از ذخایر بهبودیافته ژنتیکی منجر به تولید بیشتر خواهد شد و اساساً در تمامی برنامه های اصلاح نژاد اجرا شده، نرخ رشد به عنوان هدف اصلی بهبود پیدا یافته است. البته پیش بینی می شود با افزایش تعداد صفات مورد نظر در برنامه های اصلاح نژاد، پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار هر صفت به طور مجزا کاهش یابد (Gjedrem *et al.*, 2012).

به منظور روشن نمودن پتانسیل اصلاح نژاد در افزایش تولید آبی پروری فرض کنید برنامه های اصلاح نژاد به طور میانگین منجر به ۱۲/۵ درصد پیشرفت ژنتیکی به ازای هر نسل شوند. این رقم نرخ تقریبی پیشرفت ژنتیکی اندازه گیری شده در اغلب ماهیان، سخت پوستان و نرمتنان می باشد (Gjedrem and Thodesen, 2005). علاوه بر این بر اساس رتبه بندی نقش گونه های مختلف آبزیان در تامین غذای دنیا میانگین فاصله نسل ۲/۳ سال برآورد شده است. در نتیجه با تقسیم کردن نرخ رشد ۱۲/۵ بر فاصله نسل ۲/۳ سال پیشرفت ژنتیکی سالانه در آبزیان ۵/۴ درصد می شود.

حال یک مثال نزدیک به واقع از میزان تولید ماهی قزل آلا در کشور ایران ارائه می دهیم. در حال حاضر بر اساس آمار سازمان شیلات ایران میزان تولید این ماهی در کشور ۱۶۵۷۸۷ تن می باشد. میانگین افزایش تولید ماهی قزل

<sup>4</sup> - Protein- and energy retention

### افزایش ارزش اقتصادی

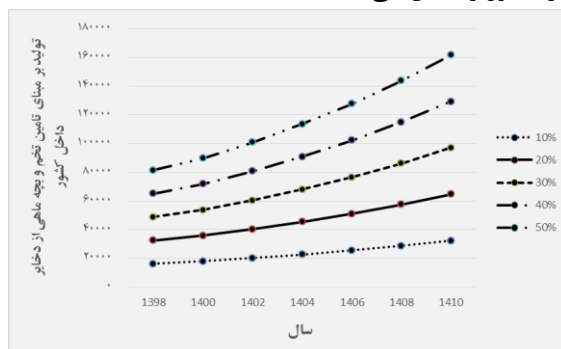
تحلیل و بررسی فایده/هزینه به عنوان ابزاری جهت ارزیابی کارایی سرمایه گذاری، آگاهی از مقیاس و دامنه بهینه سرمایه گذاری و شناسایی محدودیت ها مطرح است (Mishan and Quah, 2007). تئوری تحلیل فایده/هزینه برنامه های اصلاح نژاد بویژه در دام های اهلی توسط Hill (۱۹۷۱)، Moav (۱۹۷۳)، Weller (۱۹۹۴) و Wilton و همکاران (۲۰۱۳) ارائه شد. مفهوم کلی آن است که فایده و هزینه های یک برنامه اصلاح نژاد نسبت به یک طرح مبداء بدون بهبود ژنتیکی سنجش و بیان می شود. هزینه ها شامل سرمایه گذاری های بخش پرورش و ایستگاه های آزمون، پرورش کاندیداهای اصلاحی، رکوردگیری صفات و آنالیزهای ژنتیکی هستند. سوددهی حاصل افزایش سطوح ژنتیکی صفات مورد نظر، ارزش اقتصادی این صفات و خروجی تولیدات شرکت، بازار یا صنعت می باشد. سوددهی پایدار بوده و طی نسل ها به صورت تجمعی افزایش می یابد ولی با توجه به بلند مدت بودن برنامه های اصلاح نژاد، نسبت به هزینه های خرج شده جهت راه اندازی برنامه، سوددهی با تاخیر همراه می باشد. برای توضیح تفاوت های زمان سوددهی و هزینه کرد، باید ارقام بر اساس ارزشهای فعلی آنها محاسبه شوند. اختلاف ارزش کنونی فایده ها و هزینه ها (ارزش خالص فعلی) در یک افق زمانی مشخص به عنوان معیار سنجش سوددهی برنامه اصلاح نژاد مطرح است (Janssen *et al.*, 2018).

بهبود ژنتیکی با افزایش تولید یا کاهش هزینه به ازای واحد تولید و یا ترکیبی از این دو به سوددهی بیشتر کمک می کند. در شرایطی همانند برنامه اصلاح نژاد آزاد ماهیان و دام های اهلی، که فعالیت اصلاح نژاد به شدت تخصصی و به صورت متمرکز می باشد (Gura, 2007; Janssen *et al.*, 2017)، پیشرفت ژنتیکی ضرورتاً در افزایش قیمت بازاری تخم ها، حیوانات جوان یا ذخایر مولدین تاثیر گذار نخواهد بود. (de Vries, 1989). سود حاصل از برنامه اصلاح نژادی، منافع اقتصادی چندانی برای شرکت های مربوطه به همراه نخواهد داشت، هر چند

آلا در ۵ سال اخیر ۶/۲۳ درصد بوده است. اگر با همین روند پیش رویم در پایان سال ۱۴۱۰ تولید ماهی قزل آلا در کشور حدود ۴۰۳۰۰۰ تن خواهد بود.

با در نظر گرفتن سهم اصلاح نژاد در تامین نیاز تخم و بچه ماهی این صنعت (به صورت درصدهای مختلف) شکل ۱ نشان می دهد چگونه توسعه اصلاح نژاد در کشور منجر به افزایش تولید خواهد شد. با فرض فاصله نسل ۲ سال و میانگین پیشرفت ژنتیکی نرخ رشد در ماهی قزل آلا برابر ۱۰ درصد، پیشرفت ژنتیکی سالانه در ماهی قزل آلا ۵ درصد می شود. طی ۱۲ سال امکان ۶ نسل بهگزینی برای این ماهی وجود دارد. خط پایینی شکل ۱ نشان می دهد اگر برنامه اصلاح نژاد در کشور اجرا نشود با اجرای برنامه اصلاح نژاد تنها بتوان ۱۰ درصد سهم تولید داخل کشور را تامین نمود، بعد از ۱۲ سال یعنی طی ۶ نسل حدود ۳۲۱۰۰ تن یعنی دو برابر مقدار کنونی افزایش تولید خواهیم داشت (در حال حاضر با توجه به تولید ۱۶۳۰۰۰ تن ماهی قزل آلا، ۱۰ درصد آن ۱۶۳۰۰ تن می باشد).

حال اگر بر اساس بالاترین خط شکل ۱ بتوان این مقدار را به ۵۰٪ افزایش داد یعنی ۵۰ درصد تولیدات ماهی قزل آلا در داخل کشور بر مبنای برنامه اصلاح نژاد باشد این عدد به بیش از ۱۶۱ هزار تن خواهد رسید که پیامدهای اقتصادی فراوانی در پی خواهد داشت. این نمودار پتانسیل استفاده از ماهیان بهبود یافته در افزایش تولید این ماهی در کشور را نشان می دهد.



شکل ۱: برآورد تولید ماهی قزل آلا رنگین کمان بر اساس درصدهای مختلف بهره گیری از تولیدات برنامه اصلاح نژاد، با فرض فاصله نسل ۲ سال و میانگین پیشرفت ژنتیکی سالانه ۵ درصد.

(۲۰۰۸) برآورد کردند که اجرای برنامه اصلاح نژاد با هدف مقاومت به بیماری در ماهی آزاد اطلس طی دو نسل، منجر به نسبت فایده/هزینه<sup>۵</sup> ۱۸ به ۱ و ارزش افزوده ۰/۳۱ دلار به ازای تولید یک کیلو ماهی در کشور نروژ شده است. علاوه بر مزایای مستقیم بهگزینی صفات مقاومت به بیماری، همبستگی ژنتیکی مثبت میان نرخ رشد و مقاومت به بیماری نیز تایید شده است، که نشان میدهد همزمان با ارتقاء رشد مقاومت به بیماری نیز بهبود می یابد. علاوه بر این با افزایش نرخ رشد ماهیان و سخت پوستان و در نتیجه کاهش دوره پرورشی، به دلیل طول دوره کوتاه تر، مرگ و میر کاهش می یابد. بر اساس این شواهد به احتمال زیاد اجرای برنامه اصلاح نژاد بویژه برنامه های با هدف مقاومت به بیماری منجر به کاهش مرگ و میر و در نتیجه منافع اقتصادی زیادی خواهد شد. چون پیشرفت ژنتیکی حاصل از اجرای برنامه اصلاح نژاد طی نسل های مختلف به صورت تجمعی افزایش یافته و دائمی و پایدار بوده، در نتیجه سرمایه گذاری در این بخش همراه با بازگشت سرمایه بالا می باشد. با این وجود ارزش اقتصادی پیشرفت ژنتیکی به خوبی بررسی نشده است. Gjerde و همکاران (۲۰۰۷) بر اساس داده های موجود، هزینه اجرای برنامه اصلاح نژاد ماهی آزاد اطلس در کشور نروژ را ۰/۰۱ دلار به ازای هر کیلوگرم ماهی برآورد کرده اند. ارزش اقتصادی پیشرفت ژنتیکی طی ۸-۷ نسل بهگزینی ۰/۰۸ دلار و نسبت فایده/هزینه نیز ۸ به ۱ برآورد شده است (Gjerde et al., 2007). این برآورد در مقایسه با برآورد اولیه Gjedrem (۱۹۹۷) (نسبت فایده/هزینه ۱۵ به ۱) کمتر می باشد.

در مورد ماهی تیلاپیای نیل Ponzoni و همکاران (۲۰۰۷) از طریق مدل سازی رایانه ای، نسبت فایده/هزینه برنامه اصلاح نژاد مبتنی بر خانواده را بر اساس متغیرهای مختلف ارزیابی نمودند. برآوردها نشان داد نسبت فایده/هزینه از ۸/۵ به ۱ تا ۶۰ به ۱ متغیر است و این نسبت ها، حساسیت بالایی به کارایی تکثیر در هسته اصلی و مزارع تکثیر این ماهی دارد.

می توانند هزینه های این شرکت ها را پوشش دهند، ولی عمده سود به شرکت های چندمنظوره و حد واسط خواهد رسید. هزینه کلی راه اندازی و اجرای برنامه اصلاح نژاد بستگی به نوع برنامه، کشورهای اجرا کننده و گونه مورد نظر متفاوت می باشد. به علت اختلافات در شرایط جمعیت های مختلف ماهیان، برآورد هزینه های اجرای یک برنامه اصلاح نژاد کاری بسیار دشوار است. این متغیرها شامل اختلافات در ابعاد برنامه، تعداد صفات مورد نظر در برنامه اصلاح نژاد، شیوه های آزمودن برنامه اصلاح نژاد، تورم و نوسانات قیمت می باشند (Gjedrem and Baranski 2009).

در ارتباط با ارزش اقتصادی برنامه اصلاح نژاد ماهی آزاد اطلس در نروژ دو مطالعه انجام شده است. Gjerde و Olsen (۱۹۹۰)، پیشرفت ژنتیکی نرخ رشد و سن رسیدگی جنسی به ازای هر نسل را به ترتیب ۱۰٪ و ۳٪ برآورد نمودند. سود حاصل از این پیشرفت به ترتیب ۰/۱۳ و ۰/۰۸ دلار و در مجموع ۰/۲۱ دلار به ازای هر کیلو ماهی تولید شده می باشد (برگرفته از Gjedrem et al., 2012). در حال حاضر حدود ۱۰۰ درصد تولید ماهی آزاد اطلس بر پایه ذخایر بهگزین شده هستند (Gjerde et al., 2007). اهداف اصلاحی این ماهی شامل نرخ رشد، مقاومت به بیماری و کیفیت محصول می باشد (Gjedrem, 2010). از سوی دیگر تنها پیشرفت ژنتیکی صفت رشد و تا اندازه ای کارایی تبدیل غذایی و سن رسیدگی جنسی برآورد شده است. طی هفت نسل اصلاح نژاد ماهی آزاد اطلس، کل ارزش افزوده حاصل، ۲/۵ دلار به ازای هر کیلو ماهی تولیدی یا حدود ۰/۳۰ دلار به ازای هر نسل یا ۰/۰۸ دلار به ازای هر سال تولید یک کیلو ماهی برآورد شده است. با توجه به تولید یک میلیون تن ماهی آزاد اطلس در سال ۲۰۱۰ در کشور نروژ، ارزش اقتصادی اجرای این برنامه ۸۰ میلیون دلار برآورد شده است.

در مورد بهبود ژنتیکی صفات مقاومت به بیماری و کیفیت محصول در برنامه اصلاح نژاد ماهی آزاد اطلس اطلاعات زیادی وجود ندارد. با این وجود Robinson و Hayes

<sup>5</sup> - Benefit cost ratio

است. طی این دوره هدف اصلی برنامه بهبود ژنتیکی نرخ رشد بوده است که ۱۱۳ درصد یا ۲۲/۶٪ به ازای نسل بهبود یافته است که پیشرفت ژنتیکی بالایی است. اگر بر اساس برآوردها میانگین پیشرفت ژنتیکی نرخ رشد ۱۲/۵٪ به ازای هر نسل و همبستگی میان پیشرفت ژنتیکی و FCR به اندازه گزارش شده توسط Thodesen و همکاران (۱۹۹۹) ( $r = 0.9$ ) فرض شود، با افزایش ۱۲/۵ درصدی نرخ رشد در هر نسل، FCR نیز حدود ۱۳/۸٪ کاهش می یابد.

اگر برنامه اصلاح نژاد ماهی آزاد اطلس را طی یک روند ۱۳ ساله (۵/۶۵ نسل بهگزینی) در نظر بگیریم، کاهش FCR در انتهای دوره حدود ۱۵/۶٪ خواهد بود ( $\frac{5}{65} \times 13.8 = 10.8\%$ ). در نتیجه بهبود ژنتیکی کارایی تبدیل غذایی تا  $\frac{1}{18} = (1 - 15/6)$  را می توان برآورد نمود، می توان با این صرفه جویی ۱۸٪ بیشتر ماهی تولید کرد.

#### مسائل بین المللی

امروزه تقریباً تمامی تولیدات دامی بر پایه محصولات شرکت های اصلاح نژاد بین المللی بزرگ می باشد. یکی از مشکلاتی که در این زمینه وجود دارد تنوع در شرایط محیطی کشورها و مناطق مختلف است. بنابراین استفاده از این محصولات مستلزم آن است که اثر متقابل ژنوتیپ با محیط نسبتاً کم باشد. حال اگر اثر متقابل ژنوتیپ با محیط قابل توجه و زیاد باشد در این صورت نیاز به توسعه نژادهای اصلاح یافته بر اساس نیازهای محیطی مختلف می باشد. در مورد ماهیان، سخت پوستان و نرم تنان تناقضات زیادی در برآورد میزان اثر متقابل ژنوتیپ و محیط وجود دارد. از سوی دیگر حساسیت ماهیان وارداتی به تنش های کمبود اکسیژن و حتی افزایش دما در سطح کشور ایران مشاهده شده است (مشاهدات شخصی). به عنوان مثال حین اجرای پروژه مقایسه تخم های وارداتی با تخم های داخلی در سال ۱۳۸۷ در مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردابی شهید مطهری یاسوج، بعد از قطع آب واحد های پرورشی که به طور تصادفی و با شرایط یکسان توزیع شده بودند، از بین ماهیان فرانسوی، دانمارکی، نروژی، آمریکایی و ایرانی، تنها بچه ماهیان

نتایج برنامه اصلاح نژاد ماهی تیلاپیا در فیلیپین نشان داد که هزینه تولید در ماهیان حاصل از برنامه اصلاح نژاد کمتر از نژادهای دیگر موجود در کشور فیلیپین و کشورهای استفاده کننده از این برنامه می باشد. به طوری که این کاهش هزینه ها در کشورهای بنگلادش و فیلیپین حدود ۳۰ درصد و در کشورهای چین، تایلد و ویتنام ۲۰ درصد می باشد. پتانسیل بهره برداری از این نژاد ۵۰ درصد از بهترین نژادهای موجود بیشتر تخمین زده شد. با توجه به وضعیت اقتصادی مردم در این کشورها هر دو گروه تولیدکنندگان تیلاپیا و مصرف کنندگان فقیر از این کاهش هزینه های حاصل از اجرای برنامه اصلاح نژاد بهره می برند.

Ponzoni و همکاران (۲۰۰۸) نسبت فایده/هزینه را برای ماهی کپور معمولی از ۰ تا ۴۲ به ۱ برآورد نمودند. در مورد ماهی کپور قیمت غذا و ماهی تاثیر قابل توجهی بر نسبت فایده/هزینه داشت. در مطالعه دیگری Robinson و همکاران (۲۰۱۰) با شبیه سازی رایانه ای برنامه اصلاح نژاد در صدف آبالون، نسبت فایده/هزینه را ۴۸ به ۱ برآورد کردند. در نتیجه بر اساس این برآورد ها، نسبت فایده/هزینه برنامه اصلاح نژاد گونه های آبی با مقادیر گزارش شده در دام های اهلی از جمله خوک، گوسفند و بز که در محدوده ۵ به ۱ تا ۵۰ به ۱ قرار دارند، تفاوت زیادی ندارد.

علاوه بر این این ارزیابی بیانگر این واقعیت است که نسبت هزینه/ سود در یک برنامه با طراحی و اجرای خوب در بلند مدت تأثیر اقتصادی شگرفی داشته و به توسعه پایدار صنعت پرورش ماهی قزل آلا رنگین کمان در کشور کمک شایانی خواهد کرد.

#### بهبود بهره وری از منابع

معمولاً در آبیاری پروری متراکم، غذا بیش از ۵۰ درصد هزینه ها را به خود اختصاص می دهد (Gjedrem et al., 2012). بنابراین باید مقدار غذای مصرفی به ازای هر کیلو تولید ماهی کاهش یابد. بر اساس مطالعه Thodesen و همکاران (۱۹۹۹)، اصلاح نژاد ماهی آزاد اطلس طی پنج نسل منجر به ۲۰ درصد بهبود ضریب تبدیل غذایی شده

- در اغلب گونه ها می توان به راحتی و با قیمت ارزان تخم و بچه ماهی مورد نیاز را از ذخایر وحشی تامین نمود.

- در مورد برخی گونه ها به ویژه گونه های دریایی روشهای کنترل تولید مثل به خوبی مشخص نیستند. یکی دیگر از مشکلات دانش ضعیف در زمینه ژنتیک کمی و عدم آگاهی از نحوه راه اندازی و اجرای برنامه های اصلاح نژاد در بین متخصصان و پرورش دهندگان می باشد.

- مسئولان و پرورش دهندگان از مزایای اقتصادی اجرای برنامه های اصلاح نژاد به خوبی آگاهی ندارند. بیشتر پرورش دهندگان راغب به شراکت با یکدیگر و یا همکاری با نهادهای مسئول شروع برنامه اصلاح نژاد نیستند.

- هزینه سرمایه گذاری برای راه اندازی برنامه اصلاح نژاد مبتنی بر بهگزینی خانوادگی خیلی زیاد است و اغلب، پرورش دهندگان تمایلی به پرداخت هزینه های اینچنینی نیستند.

- پرورش دهندگان حاضر نیستند پول بیشتری بابت ذخایر بهبود یافته پرداخت کنند.

- محققین قادر نیستند مزایای برنامه های اصلاح نژاد را به خوبی به پرورش دهندگان منتقل کنند و مروجین نیز خود دانش و اطلاعاتی از مزایای اصلاح نژاد ندارند.

- سازمان های ملی و بین المللی تلاشی در تشویق پرورش دهندگان برای توسعه برنامه های اصلاح نژاد نمی کنند. البته برخی تلاش های جزئی و در حد آموزش های پایه توسط سازمان شیلات ایران و فائو صورت گرفته شده است ( Gjedrem and Kolstad, 2012).

با همه این تفاسیر به عقیده نویسندگان این مقاله، توسعه پایدار آبی پروری در کشور مستلزم اجرای برنامه های اصلاح نژاد است. بنابراین پیشنهاد می گردد تمرکز بر روی گونه های دارای ارزش اقتصادی و میزان تولید بالا معطوف شود. با توجه به حجم سرمایه گذاری بالا در ابتدا و ماهیت

ایرانی زنده ماندند، که نشان از حساسیت بالا به کمبود اکسیژن می باشد. بنابراین با توجه به تنوع منابع و مناطق پرورشی از جمله چشمه، رودخانه و اخیراً پرورش در قفس و عدم توسعه آبی پروری مکانیزه جهت بهبود شرایط محیط پرورشی در کشور، اجرای برنامه اصلاح نژاد در سطح کشور می تواند این مشکل را تا اندازه ای حل نماید. یکی دیگر از مشکلات ناشی از استفاده از ذخایر اصلاح شده وارداتی نوسانات ارزهای خارجی می باشد که می تواند همانند نوسان اخیر در سال ۱۳۹۷ تاثیر قابل ملاحظه ای بر هزینه های پرورشی، قیمت مصرف کننده و در نهایت کاهش سرانه مصرف آبزیان در کشور داشته باشد. علاوه بر این انتقال بیمارهای ویرانگر و ویروسی نیز از دیگر معایب استفاده از تخم های وارداتی در کشور می باشد.

#### دلایل عدم توسعه برنامه های اصلاح نژاد

چندین دلیل وجود دارد که توسعه برنامه های اصلاح نژاد در آبزیان نسبت به گیاهان و دام ها عقب افتاده است. به طور کلی پرورش دهندگان ماهی و سایر آبزیان، پیشرفت ژنتیکی به دست آمده در برنامه های اصلاح نژاد را نپذیرفته اند.

برخی از دلایل عدم پذیرش و عدم توسعه برنامه های اصلاح نژاد ذکر شده است ( Gjedrem and Kolstad, 2012).

- ما با حیواناتی سرو کار داریم که ارزش اقتصادی هر یک به تنهایی کم می باشد و واحدهای تولیدی نسبتاً کوچک هستند.

- تلاش های زیادی جهت اجرای برنامه های اصلاح نژاد بر مبنای بهگزینی فردی با استفاده از تعداد کمی مولد و بدون کنترل روابط خویشاوندی در آمیزش ها طی چند نسل بهگزینی فردی صورت گرفت. این مساله منجر به همخونی و در نتیجه تلفات بالا و کاهش عملکرد شد. بنابراین پرورش دهندگان اعتماد خود را نسبت به برنامه های اصلاح نژاد از دست دادند.



### نتیجه گیری کلی

ماهی و روغن ماهی به خاطر وجود اسیدهای چرب ۳- $\Omega$  که دارای خواصی از جمله خواص ضد ترومبوتیک<sup>۶</sup> (ضد خون لختگی) (Din et al., 2004) ضد التهابی<sup>۷</sup> و همچنین وجود سایر ریز ترکیبات دارای خواص ضد ترومبوتیک هستند، در پیشگیری از بسیاری از بیماری‌ها از جمله بیماری‌های قلبی عروقی<sup>۸</sup>، آرتریت روماتوئیدی<sup>۹</sup>، افسردگی<sup>۱۰</sup>، کاهش شناخت<sup>۱۱</sup> و ناهنجاریهای عصبی مانند بیماری آلزایمر نقش دارد (Nasopoulou and Zabetakis, 2012). دلایل ذکر شده همراه با شیوع بیماری‌های مختلف قلبی و عروقی مردم را به سمت استفاده از غذاهای سالم از جمله ماهی و سایر آبزیان سوق داده است. با این وجود هنوز هم مصرف سرانه آبزیان در سطح کشور پایین بوده (۱۰/۶ کیلوگرم) و از متوسط جهانی (۲۰/۲ کیلوگرم) فاصله زیادی دارد (سالنامه آماری سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۶). یکی از دلایل اصلی مصرف کم سرانه آبزیان در کشور، قیمت آبزیان می باشد که به نظر می رسد افزایش چشمگیر آن در سال ۱۳۹۷ وضعیت بدتر نیز شده است. یکی از اهداف صنعت آبی‌زی پروری در کشور علاوه بر اشتغال کمک به تهیه غذای مورد نیاز مردم می باشد. سوالاتی که اینجا مطرح می شود اینکه چرا با افزایش تولیدات آبزیان در کشور مصرف سرانه هنوز پایین است و چگونه می توان این مشکل را حل نمود؟ کشور ایران دارای پتانسیل‌های آبی‌زی پروری گسترده ای در حوزه آبهای داخلی و دریایی می باشد. با این وجود دانش پایه در برخی زمینه‌های گسترش این صنعت از جمله ژنتیک و اصلاح نژاد آبزیان محدود است. بنابراین با در نظر گرفتن محیط‌ها و مناطق گسترده پرورش آبزیان در کشور، پتانسیل افزایش تولیدات کنونی وجود دارد. با این وجود مشکلات ناشی از کمبود آب در کشور این مساله را تحت الشعاع قرار می دهد. از سوی دیگر پتانسیل استفاده

بلندمدت بودن برنامه‌های اصلاح نژاد، حمایت‌های دولت در این زمینه نقش مهمی ایفا می کند. همچنین حمایت‌های علمی از سوی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی صورت پذیرد. از سوی دیگر چون بیشترین سود این برنامه‌ها عاید پرورش دهندگان می شود، بنابراین پرورش دهندگان نیز باید با همکاری مراکز تحقیقاتی، دانشگاه‌ها و دولت خود را مسئول بدانند و نقش برجسته‌ای در اجرای برنامه‌های اصلاح نژاد داشته باشند.

### نقش پرورش دهندگان در توسعه برنامه‌های اصلاح نژاد

بخش اعظمی از برنامه‌های اصلاح نژاد آبزیان در دنیا بر عهده شرکت‌های خصوصی بوده و این بدین معنی است که سهم مشارکت دولت‌ها در این راستا محدود می باشد (Chavanne et al., 2016; Janssen et al., 2017). بنابراین مهمترین و کلیدی ترین فاکتور تعیین کننده در پذیرش عمومی و اجرای برنامه‌های اصلاح نژادی، سوددهی این برنامه‌هاست (Janssen et al., 2018).

همانطور که قبلاً گفته شد سود حاصل از برنامه‌های اصلاح نژادی فقط هزینه‌های شرکت را پوشش می دهد و بیشترین سود به شرکت‌های چندمنظوره و حدواسط می رسد. با توجه به اینکه پرورش دهندگان ماهی بیشترین بهره اقتصادی را دارند بنابراین باید توجه ویژه‌ای به اجرای برنامه‌های اصلاح نژاد داشته باشند و مسئولیت این کار را بر عهده بگیرند. از سوی دیگر از آنجا که اجرای برنامه‌های اصلاح نژاد خارج از توان پرورش دهندگان است، بنابراین توصیه می شود مراکز مسئول از جمله سازمان شیلات ایران و موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، به شروع برنامه اصلاح نژاد کمک کنند. علاوه بر این در شروع برنامه اصلاح نژاد باید حمایت‌هایی از سوی نهادهای دولتی صورت پذیرد تا به بهبود فرایند بومی سازی و افزایش تولید داخلی منجر شود.

<sup>6</sup> - Anti-thrombotic properties

<sup>7</sup> - Anti-inflammatory properties

<sup>8</sup> - Cardiovascular diseases

<sup>9</sup> - Rheumatoid arthritis

<sup>10</sup> - Depression

<sup>11</sup> - Cognitive decline

لازم و تعیین منافع اجرای برنامه های اصلاح نژاد، آنها را به همکاری ترغیب نمود. هزینه سرمایه گذاری برای راه اندازی برنامه اصلاح نژاد خیلی زیاد است و اغلب، پرورش دهندگان تمایلی به پرداخت هزینه های این چینی ندارند. برای رفع این مشکل نیز می توان با تشکیل شرکت های چندمنظوره اصلاح نژاد و سرمایه گذاری از ظرفیت بخش خصوصی به خوبی استفاده نمود.

### توصیه ترویجی

با توجه به هزینه سرمایه گذاری فراوان راه اندازی برنامه اصلاح نژاد، می توان با تشکیل شرکت های چندمنظوره اصلاح نژاد و سرمایه گذاری از ظرفیت بخش خصوصی به خوبی استفاده نمود. همچنین دولت نیز باید بخشی از سرمایه گذاری را برعهده گیرد و به توسعه برنامه های اصلاح نژاد کمک نماید. یکی دیگر از راهکارها می تواند راه اندازی برنامه های اصلاح نژاد ساده بر مبنای بهگزینی فردی باشد که نیاز به سرمایه گذاری و هزینه های جاری کمتری دارند. در نهایت آنچه پرورش دهندگان باید بدانند این است که بعد از ۵ تا ۶ نسل اصلاح نژاد، طول دوره پرورش نصف خواهد شد، هزینه های تولید کمتر، ضریب کارایی تغذیه ای و بازماندگی کاهش و می توان با همان امکانات، تولید بیشتری داشت.

### منابع

- سالنامه آماری شیلات ایران. ۱۳۹۶. سازمان شیلات ایران، معاونت برنامه ریزی و توسعه مدیریت، دفتر برنامه و بودجه. چاپ اول، ۶۳ صفحه
- Chavanne, H., Janssen, K., Hofherr, J., Contini, F., Haffray, P., Aquatrace Consortium *et al.*, 2016. A comprehensive survey on selective breeding programs and seed market in the European aquaculture fish industry. *Aquaculture International*: 24: 1287-1307.
- de Vries, A.G., 1989. A method to incorporate competitive position in the breeding goal. *Animal Production Science*: 48:221-7.

از محصولات اصلاح نژاد شده در کاهش استفاده از زمین، آب و غذا نیز مشخص و واضح است که می تواند تاثیر به سزایی بر میزان تولید کشور داشته باشند. علاوه بر این چون می توان با منابع یکسان مقدار بیشتری تولید داشت، استفاده از تولیدات اصلاح نژاد شده صرفه های اقتصادی قابل توجهی دارند. همه اینها نقش مهم اجرای برنامه اصلاح نژاد در تامین نیازهای غذایی کشور را نشان می دهند.

توسعه پایدار آبی پروری مستلزم راه اندازی برنامه های اصلاح نژاد ماهیان و آبزیان مهم و اقتصادی در کشور می باشد. گونه های مهم در کشور ما شامل ماهی قزل آلا، رنگین کمان، کپور ماهیان و میگو هستند. بنابراین باید بر اساس اولویت برنامه های اصلاح نژاد این گونه ها در برنامه دولت و یا بخش خصوصی قرار گیرند.

برای شروع برنامه های اصلاح نژاد در کشور باید چندین اقدام مهم در دستور کار سازمان شیلات ایران، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور و دانشگاه ها به عنوان متولیان اصلی این صنعت قرار گیرند. در همین راستا موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور و سازمان شیلات ایران اقداماتی از جمله آموزش افراد متخصص و تدوین برنامه های اصلاح نژاد برخی گونه های مهم از جمله قزل آلا، رنگین کمان، کپور معمولی و میگو نموده اند. همچنین لازم است محققین و کارشناسان مربوطه، مسئولان و پرورش دهندگان را با مزایای اقتصادی اجرای برنامه های اصلاح نژاد به خوبی آگاه نمایند. یکی دیگر از مشکلات کمبود متخصصان در زمینه ژنتیک کمی و عدم آگاهی از نحوه راه اندازی و اجرای برنامه های اصلاح نژاد آبزیان می باشد، بنابراین باید نسبت به آموزش تخصصی ژنتیک کمی در گروه های تحصیلی رشته شیلات همت گماشت. در زمینه انتقال مزایای برنامه های اصلاح نژاد به پرورش دهندگان نیز باید تعاملی بین محققین و مروجین صورت گیرد تا به بهترین صورت، این مزایا به پرورش دهندگان منتقل شود. بیشتر پرورش دهندگان راغب به شراکت و یا همکاری با نهادهای مسئول شروع برنامه اصلاح نژاد نیستند، که در این زمینه نیز باید با توجیهات

- aquaculture to meet future demands for animal protein: A review. *Aquaculture*: 350–3: 117–29.
- Gjerde, B., Sonesson, A.K., Storset, A. and Rye, M., 2007. Selective breeding and genetics—Atlantic salmon. The Research Council of Norway. *Aquaculture Research: From Cage to Consumer*, pp. 268–284.
- Gura, S., 2007. Livestock genetics companies: Concentration and proprietary strategies of an emerging power in the global food economy. Ober-Ramstadt: League for Pastoral Peoples and Endogenous Livestock Development.
- Hill, W.G., 1974. Prediction and evaluation of response to selection with overlapping generations. *Animal Production Science*: 18:117–39.
- Janssen, K., Chavanne, H., Berentsen, P. and Komen, H., 2017. Impact of selective breeding on European aquaculture. *Aquaculture*: 472:8–16.
- Janssen, K., Saatkamp, H. and Komen, H., 2018. Cost-benefit analysis of aquaculture breeding programs. *Genetics Selection Evolution*: 50:2
- Mishan, E.J. and Quah, E., 2007. Cost benefit analysis. 5th ed. Abingdon: Routledge.
- Moav, R., 1973. Economic evaluation of genetic differences. In: Moav, R., editor. *Agricultural genetics: selected topics*. New York: Wiley: p. 319–52.
- 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.
- Neira, R., 2010. Breeding in aquaculture species: genetic improvement programs in developing countries. 9th World Congress on Genetics Applied to Livestock
- Ekhnath, A.E., Bentsen, H.B., Gjerde, B., Tayamen, M.M., Abella, T.A., Gjedrem, T. and Pullin, R.V.S., 1991. Approaches to national fish breeding programs: pointers from tilapia pilot study. *NAGA, The ICLARM Quarterly*: No. 723, pp. 10–12.
- FAO, 2018. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Fjalestad, K.T., Gjedrem, T., Carr, W.H. and Sweeney, J.N., 1997. Final report: the shrimp breeding program. Selective breeding of *Penaeus vannamei*. AKVAFORSK, Report no. 17/97, p. 85.
- Gjedrem, T., 2012. Genetic improvement for the development of efficient global aquaculture: A personal opinion review. *Aquaculture*: 344-349:12-22.
- Gjedrem, T., 2010. The first family-based breeding program in aquaculture. *Review in Aquaculture*: 2, 2–15.
- Gjedrem, T., 1997. Selective breeding to improve aquaculture production. *World Aquaculture*: 28 (1), 33–45.
- Gjedrem, T., 1985. Improvement of productivity through breeding schemes. *GeoJournal* 10 (3), 233–241.
- Gjedrem, T. and Baranski, M., 2009. Selective breeding in aquaculture: an introduction. Springer, p. 221.
- Gjedrem, T. and Kolstad, K., 2012. Development of Breeding Programs for Aquatic Species Should be Given High Priority. *World Aquaculture magazine*: (September):10–13.
- Gjedrem, T. and Thodesen, J., 2005. Selection. In: Gjedrem, T. (Ed.), *Selection and Breeding Programs in Aquaculture*. Springer, p. 364.
- Gjedrem, T., Robinson, N. and Rye, M., 2012. The importance of selective breeding in

- aquaculture species in developed countries. 9th World Congress on Genetics Applied to Livestock production, Leipzig, Germany, August 1–6, p. 8.
- 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.
- Silverstein, J.T., Hostuttler, M. and Blemings, K.P., 2005. Strain differences in feed efficiency measured as residual feed intake in individually reared rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research*: 36, 704–711.
- 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*: 189, 237–246.
- Vandeputte, M., Dupont-Nivet, M., Haffray, P., Chavanne, H., Cenadelli, S., Parati, K., Vidal, M.O., Vergnet, A. and Chatain, B., 2009. Response to domestication and selection for growth in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) in separate and mixed tanks. *Aquaculture*: 286, 20–27.
- Weller, J.I., 1994. Economic aspects of animal breeding. London: Chapman & Hall.
- Wilton, J.W., Quinton, V.M. and Quinton, C.D., 2013. Optimizing animal genetic improvement. Guelph: Centre for Genetic Improvement of Livestock.
- Production, Leipzig, Germany, August 1–6, p. 8.
- Neira, R., Diaz, N.F., Gall, G.A.E., Gallardo, J.A., Lohrente, J.P. and Manterola, R., 2006. Genetic improvement in Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). I: Selection response and inbreeding depression on harvest weight. *Aquaculture*: 257, 9–17.
- Ogata, H.Y., Oku, H. and Murai, T., 2002. Growth, feed efficiency and feed intake of offspring from selected and wild Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*: 211, 183–193.
- Ponzoni, R.W., Nguyen, N.H. and Khaw, H.L., 2007. Investment appraisal of genetic improvement programs in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*: 269, 187–199.
- Ponzoni, R.W., Nguyen, N.H., Khaw, H.L. and Ninh, N.H., 2008. Accounting for genotype by environment interaction in economic appraisal of genetic improvement programs in common carp *Cyprinus carpio*. *Aquaculture*: 285, 47–55.
- Rezk, M.A., Smitherman, R.O., Williams, J.C., Nichols, A., Kucuktas, H. and Dunham, R.A., 2003. Response to three generations of selection for increased body weight in channel catfish, *Ictalurus punctatus*, grown in earthen ponds. *Aquaculture*: 228, 69–79.
- Robinson, N. and Hayes, B., 2008. Modelling the use of gene expression profiles with selective breeding for improved disease resistance in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 285, 38–46.
- Robinson, N., Li, X., Hayes, B., 2010. Testing options for the commercialization of abalone selective breeding using bioeconomic simulation modelling. *Aquaculture Research*: 41, 268–288.
- Rye, M., Gjerde, B. and Gjedrem, T., 2010. Genetic development programs for

---

## The importance and benefits of running selective breeding in aquaculture

Moradyan S.H.<sup>1\*</sup>; Mahmoudi R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agricultural Research Education and Extension Organization, Iranian Fisheries Science Research Institute, Cold-water Fishes Genetic and Breeding Research Center, Yasouj.

### Abstract

The majority of plants and farm animal production is presently based on genetically improved seeds and stocks. Genetic improvement in aquaculture, however, lags far behind plants and farm animals. It is estimated that at present less than 10% of aquaculture production is based on genetically improved stocks, despite the fact that annual genetic gains reported for aquatic species are substantially higher than that of farm animals. In livestock, genetic gain in growth rate is typically 5 percent per generation, which is 5-6 times less than in aquatic species. The relatively high heritabilities and Large Phenotypic and genetic variation for growth rate and most other traits of economic importance combined with high fecundity and short generation intervals in most species explain the high genetic gains obtained in many aquaculture breeding programs. If genetically improved animals are used, production may be dramatically increased and feed conversion and survival were improved, that leads to better utilization of limited resources such as feed, labour, water, and land. Genetic improvement also reduces production costs as more animals can be grown using the same resources. There could be several reasons why use of selective breeding in aquaculture is far behind plants and terrestrial farm animals, including availability of fry of wild stock, little knowledge about controlling reproduction of some pieces, lack of knowledge about the economic benefit of breeding programs, lack of knowledge about quantitative genetics and how to start and run breeding programs, substantial investments needed, many aquaculture farmers do not willing to cooperate with researchers, researchers working in the field have not effectively been able to promote the benefits of selective breeding and those extending knowledge to aquaculture lack information and knowledge about the potential of selective breeding.

**Key words:** Selection, Genetic improvement, genetic gain, aquatic species, fish.

---

\*Corresponding author: moradian.s.h@gmail.com