کاربرد اصلاح نژاد میگو بر بهبود عملکرد تولید در مراکز تکثیر یا مزارع پرورش

رضا پسندیده*[۱]؛ محمدخلیل پذیر[۱]؛ مجید پسندیده[۲]؛ محمدعلی نظاری[۱]؛ احترام محمدی[۱]؛ ژیلا رنجبری[۱]

Rezapasandideh63@gmail.com

۱- پژوهشکده میگوی کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران

۲- گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، مازندران، ایران

چکیده

سال‌ها است که اصلاح نژاد انتخابی توسط انسان به منظور بهبود تولید گیاهان و دام‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. این فرآیند در پرورش میگو، علی‌رغم داشتن یک سابقه کم ۲۰ ساله، دستاوردهای چشمگیری در بر داشته است. عواملی مانند کنترل بیماری، مکانیزاسیون استخر، کیفیت خوراک و مدیریت تغذیه و آب می‌توانند منجر به افزایش بهره‌وری صنعت میگو گردند، با این حال، اصلاح نژاد می‌تواند مهمترین نقش را در این زمینه داشته باشد. به‌گزینی میگو برای برخی از صفات مطلوب همانند رشد و مقاومت در برابر بیماری منجر به افزایش بهره‌وری و تولید در صنعت میگو شده است. از طرفی، ویژگی‌های منحصر به فرد میگو نظیر فاصله نسل کوتاه، تعداد بالای تولید تخم (هماوری بالا)، وراثت پذیری نسبتاً بالای صفت رشد و تنوع ژنتیکی و فنوتیپی زیاد اغلب صفات مهم اقتصادی، زمینه را برای رسیدن به پیشرفت ژنتیکی بالا از طریق انجام برنامه‌های اصلاح نژادی فراهم آورده است.

کلمات کلیدی: اصلاح نژاد؛ به‌گزینی؛ پیشرفت ژنتیکی؛ رشد؛ مقاومت به بیماری؛ میگوی سفید غربی

مقدمه

امروزه نقش و جایگاه خاص پرورش آبزیان در زندگی انسان از لحاظ تامین نیازهای پروتئینی، قابل چشم پوشی نیست. در سال‌های اخیر با رشد روزافزون جمعیت جهان، یکی از مهمترین دغدغه‌ها، تأمین احتیاجات غذایی بشر می‌باشد. محدود بودن زمین‌ها و بسترهای قابل کشت از یک سو و عدم امکان افزایش شدید تعداد حیوانات از سوی دیگر، انسان را مجاب نموده است تا از روش‌هایی که سبب افزایش تولید آبزیان در واحد سطح می‌گردد، استفاده نماید. امروزه با تلفیق علومی نظیر ژنتیک کمی، ژنتیک مولکولی، اصلاح نژاد، زیست فناوری، آمار و رایانه با فعالیت‌های عملی در آبزیان، امکان تغییر عملکرد و افزایش تولید مطلوب فراهم شده است. بنابراین هدف علم ژنتیک و اصلاح نژاد آبزیان، افزایش بازده اقتصادی در هر واحد تولیدی است.

اصلاح نژاد، علم و هنر تثبیت ژن‌های مؤثر در تولید اقتصادی حیوانات است. اصلاح نژاد در حقیقت کاربرد علم ژنتیک است تا بتواند یک جامعه زنده در حال تغییر را مورد بررسی قرار دهد. به همین دلیل، ارتباط نزدیکی بین اصلاح نژاد و ژنتیک جمعیت وجود دارد. مهمترین شرط برای انجام یک برنامه اصلاح نژادی، وجود تنوع در جمعیت مورد نظر می‌باشد. به طور کلی در ژنتیک و اصلاح نژاد، برای تغییر فراوانی ژن‌ها از انتخاب (به‌گزینی) و سیستم آمیزش استفاده می‌شود. هدف برنامه‌های اصلاح نژاد این است که حیوانات دارای ظرفیت ژنتیکی بالاتر از میانگین جامعه، شناسایی و به‌گزینی شده و از آن‌ها به‌عنوان والدین نسل بعد استفاده شود. به این ترتیب، انتظار می‌رود که میانگین ظرفیت

اصلاح نژاد در حقیقت کاربرد علم ژنتیک است تا بتواند یک جامعه زنده در حال تغییر را مورد بررسی قرار دهد. به همین دلیل، ارتباط نزدیکی بین اصلاح نژاد و ژنتیک جمعیت وجود دارد.

ژنتیکی نتاج بیشتر از میانگین نسل والدین باشد. سیستم آمیزش در اصلاح نژاد به صورت تصادفی و غیر تصادفی می‌باشد. آمیزش تصادفی بدون توجه به شباهت‌های فنوتیپی و ژنوتیپی صورت می‌گیرد. ولی آمیزش غیر تصادفی در حیوانات مزرعه‌ای بر مبنای وجود شباهت‌های فنوتیپی و ژنوتیپی است. آمیزش بر اساس شباهت‌های فنوتیپی به صورت آمیزش‌های جور شده مثبت مانند آمیزش افراد پرتولید با یکدیگر و آمیزش جور شده منفی مانند آمیزش افراد پرتولید با کم تولید صورت می‌گیرد. آمیزش بر اساس شباهت‌های ژنتیکی به دو صورت آمیزش خویشاوندی و آمیزش غیرخویشاوندی انجام می‌شود. در آمیزش خویشاوندی فراوانی هموزیگوت‌ها و در آمیزش غیرخویشاوندی فراوانی هتروزیگوت‌ها افزایش می‌یابد. در آمیزش خویشاوندی به دلیل افزایش میزان همخونی، ممکن است افت ناشی از همخونی در جمعیت ایجاد شود که یکی از خطرات قابل توجه این نوع از آمیزش‌ها است (Bourdon, 2000).

مجموعه اقدامات مربوط به ژنتیک و اصلاح نژاد حیوانات بر دو اصل بهبود ژنوتیپ و بهبود شرایط محیط پرورش حیوان استوار است. به طوری که امروزه از طریق ارزیابی ژنتیکی حیوانات و استفاده از روش‌های صحیح اصلاح نژاد، تولید آبزیان نسبت به گذشته چندین برابر شده است. بنابراین با اصلاح نژادهای بومی هر منطقه و ایجاد گونه‌های مقاوم با توان تولیدی بالا می‌توان در زمینه تولید آبزیان به خودکفایی رسید. اصلاح نژاد، یک فرآیند بسیار کند و مستلزم صرف وقت، هزینه و تلاش فراوان است اما در بلند مدت بهبود ژنتیکی اثر تجمعی دارد و هزینه‌های صرف شده را جبران می‌کند. همچنین اصلاح نژاد یک فرایند مستمر است یعنی اینطور نیست که جمعیتی در یک مقطع زمانی مشخص تحت برنامه‌های اصلاح نژادی باشد و پس از بهبود آن به یک میزان مشخص، کار اصلاح نژاد خاتمه یابد (Bourdon, 2000).

با وجود اینکه کاربرد اصلاح نژاد در آبزی پروری نسبت به گیاهان و دام‌های اهلی با تاخیر همراه بوده، اما طی ۱۵-۱۰ سال گذشته پیشرفت‌های زیادی در علوم ژنتیک مرتبط با بخش‌های مختلف آبزی پروری از جمله صدف، ماهیان و سخت پوستان صورت گرفته است (مرادیان و محمودی، ۱۳۹۸).

روش‌های به‌گزینی و اصلاح نژاد میگو به دو دسته کلاسیک و مدرن طبقه بندی می‌شوند. روش‌های کلاسیک، عمدتاً برگرفته از روش‌های اصلاح نژاد گیاهان و دام‌ها بوده و شامل به‌گزینی فنوتیپی افراد برتر، آمیخته گری و یا آمیزش خویشاوندی می‌باشند. روش‌های مدرن اصلاح نژاد میگو مبتنی بر ژنتیک مولکولی، انتخاب به کمک نشانگر[1] (MAS) و زیست فناوری هستند (کامرون، ۱۳۸۸). پیشرفت ژنتیکی برنامه‌های اصلاح نژاد میگو به دلیل فاصله نسل کوتاه، تعداد بالای تولید تخم (هماوری[2] بالا)، وراثت پذیری نسبتاً بالای صفت رشد و تنوع ژنتیکی آن‌ها، سریع است. پیشرفت ژنتیکی صفت رشد در دام‌های اهلی، ۵ درصد به ازای هر نسل گزارش شده است ولی معمولاً این رقم در آبزیان، ۵ تا ۶ برابر بیشتر است (مرادیان و محمودی، ۱۳۹۸). میگوی سفید غربی دارای مزایای منحصر بفردی از جمله رشد سریع (Wyban & Sweeney, 1991)، تراکم پذیری بالا، بازماندگی بالا در مرحله لاروی (Briggs et al., 2004)، تحمل شوری، تحمل دما و مقاوم بودن در مقابل عوامل بیماری‌زا (Cock et al., 2009) می‌باشد. با این حال، مشاهده شده است که بعد از گذشت چندین سال از ورود این گونه به داخل کشور، بروز صفات فوق در میگوهای پرورشی کمرنگ شده به گونه ای که دوره پرورش از ۹۰ روز به ۱۴۰ و گاها به ۱۶۰ روز به طول می انجامد. از سوی دیگر، اطلاعات میدانی از شیوع مجدد بیماری لکه سفید در مزارع پرورشی کشور حکایت دارند (پذیر و همکاران، ۱۳۹۵). لذا بایستی برای رفع موانع پیشرفت و توسعه میگوی تولیدی کشور، با اجرای برنامه‌های مدون و علمی، اقدام عاجل صورت گیرد.

مراحل کلی انجام برنامه اصلاح نژاد:

۱- شناخت اولیه جمعیت: با شناخت جمعیت مورد نظر مشخص می‌شود که کدام صفات باید طی برنامه‌های اصلاح نژادی مورد توجه قرار گیرند، اهمیت اقتصادی صفات چگونه است و از چه صفاتی رکوردبرداری شود. در این مرحله برای بررسی تنوع ژنتیکی موجود در جمعیت،

با اصلاح نژادهای بومی هر منطقه و ایجاد گونه‌های مقاوم با توان تولیدی بالا می‌توان در زمینه تولید آبزیان به خودکفایی رسید.

1. Marker assisted selection or marker aided selection (MAS)

می‌توان از نشانگرهای مولکولی نظیر ریزماهواره‌ها استفاده نمود.

۲- تعیین اهداف انتخاب: در واقع باید بدانیم هدف چیست و چگونه به هدف مورد نظر برسیم؟ تعیین هدف برنامه‌های اصلاح نژادی، مشخص کردن صفاتی است که باید در این زمینه مورد بررسی قرار گیرند. هدف اصلاح‌نژاد بسته به گونه حیوان و شرایط اقتصادی ـ اجتماعی و الگوی مصرف جامعه مورد نظر متفاوت خواهد بود. معمولاً اهداف انتخاب شامل صفات مهم اقتصادی مانند وزن بدن، سرعت رشد و مقاومت به بیماری می‌باشند.

۳- تعیین معیار انتخاب: ارزش‌های اصلاحی برآورده شده (EBVs[1])، تفاوت مورد انتظار فرزندان هر فرد نسبت به میانگین جامعه (EPD[2])، ارزش‌های فنوتیپی، اطلاعات ژنتیکی و یا هر اطلاعاتی که اساس تصمیم گیری در انتخاب را تشکیل می‌دهند، معیار انتخاب می‌باشند.

۴- رکوردگیری و ثبت مشخصات: در آبزیان می‌توان اطلاعات بیومتری نظیر میزان رشد (میانگین وزن و طول بدن) در سنین مختلف، میزان هماوری، بازماندگی و مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا را از جمعیت‌های مورد نظر رکوردگیری و ثبت نمود.

۵- ارزیابی ژنتیکی و به‌گزینی بر اساس صفات فنوتیپی هدف (مورد نظر): در این مرحله با توجه به معیار انتخاب تعیین شده، حیوانات مورد ارزیابی قرار گرفته و افراد برتر به‌گزینی می‌شوند.

۶- آمیزش افراد به‌گزینی شده و ایجاد نسل جدید: بر اساس برنامه اصلاح نژادی تدوین شده، از روش‌های مختلف آمیزش فنوتیپی (نظیر آمیزش‌های جور شده مثبت و یا منفی) و آمیزش ژنوتیپی (نظیر آمیزش خویشاوندی و یا غیر خویشاوندی) استفاده می‌شود. در هر یک از این روش‌ها به مزایا و معایب آن‌ها توجه ویژه می‌گردد.

۷- برآورد پیشرفت ژنتیکی، بازبینی برنامه و اعمال تغییرات لازم: مهمترین هدف انجام برنامه‌های اصلاح نژادی، بالا بردن پیشرفت ژنتیکی است. میزان تغییر میانگین صفات مورد نظر ناشی از تغییر میانگین ارزش‌های اصلاحی افراد در اثر انتخاب، پیشرفت ژنتیکی[3] یا پاسخ به انتخاب[4] نامیده می‌شود. پیشرفت ژنتیکی معیار اصلی کارایی برنامه‌های اصلاح نژادی است. همیشه پیشرفت ژنتیکی بدست آمده با میزان مورد انتظار مقایسه می‌شود (Bourdon, 2000).

دلایل افت عملکرد میگوی سفید غربی در مزارع تکثیر ایران:

احتمالاً به دلیل عدم دسترسی به ذخائر وحشی مولدین (قوانین محدود کننده صادرات و واردات موجودات آبزی، قیمت‌های هنگفت برای لاین‌های عاری از بیماری و اصلاح شده) و آمیزش‌های خویشاوندی و بدون برنامه مولدین پرورشی، کاهش معنی داری در میزان تنوع ژنتیکی مولدین میگوی سفید غربی در مراکز تکثیر ایجاد شده باشد. مطالعات پیشین نشان داده که تکثیر درون گروهی در جمعیت‌های میگوی سفید غربی می‌تواند موجب افزایش ضریب همخونی، کاهش میزان تنوع ژنتیکی همراه با کاهش رشد، بازماندگی، تولید مثل و توانایی سازگاری با تغییرات محیطی گردد (Gjedrem, 2005). لذا می‌بایست تا حد امکان از تکثیرهای درون گروهی در میان افراد یک خانواده (۱۰ ٪>) در برنامه‌های تکثیر میگو بویژه زمانی که میگوها تحت شرایط استرس‌زا پرورش داده می‌شوند، جلوگیری شود (Moss et al., 2007).

راهکارهای جلوگیری از کاهش میزان تنوع ژنتیکی در میگوی سفید غربی:

در حال حاضر به دنبال اجرای برنامه‌های اصلاح نژاد انتخابی، بهبود مناسبی در ذخائر میگوی پرورشی در جهان حاصل شده است (Moss et al., 2007) به طوری که تنوع ژنی و وراثت پذیری صفاتی از قبیل مقاومت در برابر بیماری‌ها، ضریب تبدیل غذایی، رشد و درصد بازماندگی تاکنون مورد بررسی قرار گرفته است (Ibarra et al., 2005). شناسایی جمعیت‌های میگوی خانواده پنائیده، استفاده از جمعیت‌های

تکثیر درون گروهی در جمعیت‌های میگوی سفید غربی می‌تواند موجب افزایش ضریب همخونی، کاهش میزان تنوع ژنتیکی همراه با کاهش رشد، بازماندگی، تولید مثل و توانایی سازگاری با تغییرات محیطی گردد.

1. Estimated breeding values
2. Estimated progeny difference
3. Genetic gain
4. Response to selection

با سلامت بالا[1]، اجرای برنامه‌های اصلاح نژاد انتخابی و تولید لاین از جمله راهکارهای ارائه شده به منظور جلوگیری از کاهش میزان تنوع ژنتیکی می‌باشند (Gjedrem & Fimland, 1995). همچنین مطالعات صورت گرفته بر روی میگوهای خانواده پنائیده نشان داده است که شرایط آب و هوایی مختلف می‌تواند تغییرات عمده ای بر روی ژنوم یک گونه به همراه داشته باشد[2]، لذا در صورتی که میان سویه‌های مختلف یک گونه، تکثیر متقاطع صورت گیرد، صفات فنوتیپی ذکر شده به طور مناسب‌تری تظاهر می‌یابند (Moss & Moss, 2009).

اهداف اصلاح نژادی در میگوی سفید غربی:

به طور کلی هر یک از صفات مهم اقتصادی در میگوی سفید غربی مانند سرعت رشد، وزن مطلوب، مقاومت به بیماری‌ها، هماوری بالا و بازماندگی می‌توانند به عنوان اهداف اصلاح نژادی مطرح شوند. در برنامه ملی اصلاح نژاد میگوی پرورشی، اهداف اصلاح نژادی در چهار بند زیر طبقه بندی شده‌اند:

۱- بهبود رشد جمعیت‌های میگوی پرورشی داخل کشور (میزان ۵ تا ۱۰٪ بهبود رشد سالانه)

۲- ایجاد لاین‌های مقاوم به شرایط محیطی منطقه

۳- ایجاد لاین‌های مقاوم به بیماری‌های شایع در کشور

۴- ایجاد لاین‌های با هماوری بالا در مراکز تکثیر

اصلاح نژاد به منظور ایجاد مقاومت به بیماری در میگوهای پنائیده:

بومی‌سازی میگو قدمت زیادی ندارد و ایجاد مقاومت در آن علیه بیماری، در اواسط دهه ۱۹۹۰ آغاز شده است. به دلیل شرایط استرس‌زای پرورش در سیستم‌های متراکم میگو، بیماری‌ها و همه گیری ناشی از آن‌ها به عنوان اساسی‌ترین مشکل مطرح شده در این سیستم‌های پرورشی، مورد توجه قرار گرفته است. از آنجا که مقابله با عوامل بیماری‌زا، ریشه‌کنی و یا کنترل آن‌ها در شرایط پرورشی دشوار است، لذا اصلاح نژاد انتخابی میگوها به منظور مقاومت میزبان در برابر عوامل بیماری زا، ممکن است یک گزینه مناسب برای کنترل بیماری باشد. با این حال، مقاومت میزبان فقط باید در مواردی مورد توجه قرار گیرد که:

الف) بیماری آسیب جدی وارد کند

(ب) اقدامات کنترلی موثر و مقرون به صرفه دیگری وجود نداشته باشد

(ج) ایجاد مقاومت در میزبان با سایر ویژگی‌های مطلوب در حیوان همبستگی منفی نداشته باشد

د) مهمتر از همه تنوع ژنتیکی در جمعیت برای صفت مقاومت به بیماری وجود داشته باشد.

تجربه محدودی در مورد اصلاح نژاد میگو به طور خاص و سخت پوستان به طور کلی وجود دارد. در نتیجه، اصول و مفاهیم مورد استفاده در برنامه‌های اصلاح نژاد میگو، عمدتاً بر اساس تجربیات با گونه‌های دیگر در گیاهان و حیوانات می‌باشد. امروزه پرورش دهندگان تجاری، استخرهایی را با جمعیت‌های اصلاح شده میگوی مقاوم در برابر ویروس سندرم تورآ (TSV)[3] با نتایج عالی تولید کرده‌اند. جمعیت‌های اصلی مقاوم در برابر TSV با استفاده از روش‌های ساده به‌گزینی توده‌ای[4] در کلمبیا ایجاد شدند. در نسل‌های بعدی، به‌گزینی مبتنی بر خانواده بر روی جمعیت‌هایی که در ابتدا نرخ بازماندگی حدود ۳۰٪ داشتند، با رعایت کاهش همخونی و حفظ تنوع ژنتیکی در جمعیت، اعمال شد. موفقیت در این گونه برنامه‌ها نشان می‌دهد که وقتی جمعیت اصلی مقاومت بالایی دارد و دستورالعمل‌های ساده و موثر برای به‌گزینی وجود داشته باشند، انجام اصلاح نژاد برای صفت مقاومت نسبتاً ساده است. با این حال، ایجاد جمعیت‌های مقاوم به ویروس سندرم لکه سفید (WSSV)[5] با استفاده از به‌گزینی توده‌ای دشوارتر بوده است. در بیماری‌های مهلکی نظیر WSSV، که باعث مرگ و میر ۹۸ درصد یا بیشتر می‌شوند، فراوانی ژن‌های مقاومت کم است و پیشنهاد می‌شود که به دلایل نظری، تک ژن[6] و نه چند ژن[7]، مقاومت ایجاد کند (Cock et al., 2009). فراوانی پایین ژن‌های مقاومت در جمعیت‌های

هر یک از صفات مهم اقتصادی در میگوی سفید غربی مانند سرعت رشد، وزن مطلوب، مقاومت به بیماری‌ها، هماوری بالا و بازماندگی می‌توانند به عنوان اهداف اصلاح نژادی مطرح شوند.

1. High health
2. Specification
3. Taura Syndrome Virus (TSV)
4. Mass selection
5. White Spot Syndrome Virus (WSSV)
6. Single gene
7. Polygenic

اصلاحی ممکن است باعث ایجاد تنگناهای ژنتیکی شود که تنوع ژنتیکی جمعیت‌ها را تا حد زیادی کاهش می‌دهد. به منظور حفظ تنوع ژنتیکی، باید تعداد اندکی از بازماندگان با افراد جمعیت‌های دیگر که دارای تنوع ژنتیکی وسیع‌تر هستند، آمیزش داده شوند[1]. همچنین به منظور به حداقل رساندن احتمال از بین رفتن مقاومت، هرم سازی ژن‌های[2] مقاومت در جایگاه‌های ژنی مختلف، سودمند خواهد بود. تنوع ژنتیکی برای صفت مقاومت ممکن است در جمعیت پایه اولیه دیده شود یا به طور خودبخودی به دلیل جهش یا نوترکیبی بوجود آید. در گونه‌هایی با هماوری بالا مانند میگو، به راحتی می‌توان میلیون‌ها نتاج را برای صفت بازماندگی مورد غربالگری قرار داد و از این رو می‌توان جهش‌ها و یا نوترکیبی‌های مربوط به مقاومت را شناسایی کرد. هنگامی که تنوع ژنتیکی شناسایی شد، مناسب‌ترین روش اصلاح نژادی به ماهیت مقاومت و بیماری یا بیماری‌هایی که مورد توجه تولید کنندگان هستند، بستگی دارد (Cock et al., 2009).

اصلاح نژاد به منظور بهبود رشد در میگوهای پنائیده:

هدف اصلی بسیاری از برنامه‌های اصلاح نژاد انتخابی، بهبود رشد گونه‌های مورد نظر است. به‌گزینی برای سرعت رشد ممکن است با انتخاب غیر مستقیم موجب بهبود سایر صفات مهم تجاری مانند ضریب تبدیل غذایی (Goyard et al., 2001) و بازماندگی شود (Gitterle et al., 2005a). میگوها در اندازه کوچکتر به برخی عوامل بیماری‌زا حساس‌تر هستند و اگر راهکارهای اصلاح نژادی موجب افزایش سرعت رشد شوند، بازماندگی آن‌ها افزایش می‌یابد (Lotz, 1997).

رشد را می‌توان به صورت نرخ رشد مطلق، نسبی یا خاص بیان کرد (Hopkins, 1992). در زمینه پرورش میگو، به طور معمول از نرخ رشد مطلق استفاده می‌شود و به عنوان افزایش وزن در یک دوره زمانی مشخص (به عنوان مثال گرم در روز، گرم در هفته) بیان می‌شود. پرورش دهندگان میگو اغلب رشد را به صورت "وزن در سن" یا "وزن برداشت" بیان می‌کنند و این معیار، زمانی معنی دار است که میگوها همزمان و در یک سن یا اندازه مشابه در محیط آزمایش قرار گیرند. ممکن است بین برخی صفات همبستگی‌های فنوتیپی یا ژنوتیپی وجود داشته باشد. طبق تعریف، همبستگی فنوتیپی، همبستگی بین ارزش‌های فنوتیپی دو صفت برای یک حیوان می‌باشد. همبستگی ژنوتیپی، همبستگی بین ژن‌های افزایشی (ارزش‌های اصلاحی) موثر بر دو صفت برای یک حیوان است (Bourdon, 2000). همبستگی مثبت فنوتیپی و ژنوتیپی بالایی (>۰/۸۵) بین سرعت رشد و وزن برداشت وجود دارد و هر یک از این صفات می‌توانند به عنوان معیار انتخاب در یک برنامه اصلاح نژادی استفاده شوند. علاوه بر اندازه گیری وزن میگو، پرورش دهندگان می‌توانند در صورت وجود همبستگی مثبت بالا بین صفات مورد نظر، از همبستگی‌های ریخت‌شناسی وزن در یک برنامه اصلاحی استفاده کنند. به عنوان مثال، ضریب همبستگی فنوتیپی بین وزن بدن و حجم عضلات قطعه ششم شکمی[3] در *P. stylirostris* و *P. vannamei* به ترتیب ۰/۹۵ و ۰/۸۵ بود (Lester, 1983) و پیشنهاد شد که این اندازه گیری ریخت شناسی می‌تواند به عنوان یک معیار انتخاب مناسب برای بهبود وزن بدن در یک برنامه اصلاح نژادی باشد. از مزایای بالقوه استفاده از همبستگی‌های ریخت شناسی وزن می‌توان به سهولت و دقت در جمع آوری داده‌ها اشاره کرد (Lutz, 2001).

از آنجا که میگوها در طول زندگی خود از رشد خطی برخوردار نیستند (رشد پلکانی دارند)، سن یا اندازه‌ای که در آن، رشد میگو اندازه‌گیری می‌شود، یک امر مهم برای پرورش دهنده محسوب می‌شود. اگر هدف یک برنامه اصلاحی، افزایش وزن میگو بعد از مدتِ زمان معینی از پرورش باشد، میگو باید دقیقاً در همان زمان مورد نظر ثبت رکورد شود مگر اینکه بین وزن میگو در زمان برداشت و دیگر فواصل زمانی، همبستگی مثبت بالایی وجود داشته باشد. به عنوان مثال، همبستگی ژنوتیپی مثبت بالایی در وزن *P. monodon* در سنین ۳۰ و ۴۰ هفتگی از پرورش وجود داشت (Kenway, et al., 2006). با این حال، با افزایش فاصله زمانی

از آنجا که میگوها در طول زندگی خود از رشد خطی برخوردار نیستند (رشد پلکانی دارند)، سن یا اندازه‌ای که در آن، رشد میگو اندازه‌گیری می‌شود، یک امر مهم برای پرورش دهنده محسوب می‌شود.

1. Introgression
2. Gene pyramiding
3. Depth of the sixth abdominal segment

از ۳۰ هفته به ۵۴ هفته، میزان این همبستگی کاهش یافت. در مطالعه‌ای روی میگوی وانامی، همبستگی فنوتیپی متوسطی بین وزن بازار (حدود ۲۰ گرم) و وزن مولد (۳۵ < گرم) وجود داشت (Argue et al., 2000). اگر هدف یک برنامه اصلاح نژادی، به‌گزینی میگو با رشد سریعتر برای وزن بازار است، میگو باید در وزن بازار به‌گزینی شود و نه وزن مولد. بنابراین در یک برنامه اصلاحی باید به وجود یا عدم وجود همبستگی‌های ژنوتیپی و فنوتیپی بین صفات مورد مطالعه و نیز جهت آن‌ها، توجه لازم را نمود. بسیاری از گونه‌های پنائیده، دو ریختی رشد جنسی[1] دارند به صورتی که ماده‌ها نسبت به نرها دارای رشد سریع‌تری هستند (Kenway et al., 2006). اگرچه علت دو ریختی رشد جنسی در میگوی پنائیده مشخص نیست، اما ممکن است این امر به دلیل تفاوت‌های فیزیولوژیکی بین جنس‌ها باشد و نه رفتاری (Moss & Moss, 2006). اصلاح گران میگو می‌توانند با در نظر گرفتن جنس به عنوان یک اثر ثابت، به منظور تصحیح اختلاف میانگین و واریانس در صفات مربوط به رشد و اندازه، دو ریختی رشد جنسی را در آنالیز داده‌ها محاسبه کنند (Pe´rez-Rostro & Ibarra, 2003).

از آنجا که میگوی ماده در یک سن مشخص، سریعتر از نر رشد می‌کند، استفاده از یک جمعیت کاملا ماده می‌تواند تولید مزارع را تا ۱۵-۵٪ در هر محصول افزایش دهد (Moss & Moss, 2009). همچنین استفاده از یک جمعیت تک جنس می‌تواند سازوکاری را برای حفاظت از ژرم پلاسم ارزشمند گله‌های مولد[2] و تجاری[3] ایجاد کند. با وجود این مزایا، تحقیقات کمی در مورد تغییر جنسیت در میگوها انجام شده است و سازوکار ژنتیکی کنترل جنسیت در میگوی پنائیده به خوبی درک نشده است. در تحقیقی که به منظور بررسی امکان تغییر نسبت جنسیت[4] در میگوی وانامی از طریق اصلاح نژاد صورت گرفت، Argue et al. (2002) گزارش کردند که وراثت پذیری نسبت جنسیت تفاوت معنی داری با صفر نداشت. این نتایج نشان می‌دهد که احتمالاً تولید درصد بالاتری از ماده‌ها از طریق اصلاح نژاد انتخابی امکان پذیر نیست. با این حال، ممکن است با دستکاری غده آندروژنیک (نرینه) یا قرار گرفتن میگو در معرض هورمون‌های برونزا (اگزوژنوس)، نسبت جنسیت را تغییر داد (Moss & Moss, 2009).

در یک برنامه اصلاحی باید به وجود یا عدم وجود همبستگی‌های ژنوتیپی و فنوتیپی بین صفات مورد مطالعه و نیز جهت آن‌ها، توجه لازم را نمود.

وراثت پذیری صفات رشد در میگوی سفید غربی:

وراثت پذیری (h^2) عبارت است از سهم اثر افزایشی ژن‌ها در کنترل یک صفت. در واقع وراثت پذیری نشان می‌دهد که چه نسبتی از تفاوت‌های فنوتیپی بین افراد در نتیجه اثرات افزایشی ژن‌ها است (Bourdon, 2000). در مطالعات پیشین، وراثت پذیری صفات مربوط به رشد و اندازه (به عنوان مثال وزن، طول، سرعت رشد و غیره) در تعدادی از گونه‌های پنائیده برآورد شده است (Moss & Moss, 2009). به طور کلی، برآوردهای وراثت‌پذیری صفات رشد برای میگوهای پنائیده، متوسط تا زیاد ($h^2 \leq$ ۲۰٪) محاسبه شده است و معمولاً با خطاهای استاندارد زیادی همراه هستند. از لحاظ نظری، صفات دارای وراثت پذیری متوسط تا زیاد باید به خوبی به انتخاب پاسخ دهند زیرا بخش قابل توجهی از واریانس فنوتیپی (VP) به ارث می‌رسد. برخی از مطالعات نشان می‌دهند که ممکن است بهبود قابل توجهی در رشد میگو از طریق اصلاح نژاد انتخابی صورت گیرد. در مطالعه‌ای، در هنگام برداشت میگوهای وانامی پرورش یافته در سیستم چرخشی[5] و استخر پس از یک نسل به‌گزینی، به ترتیب ۲۱ و ۲۳ درصد افزایش نسبت به گروه شاهد دیده شد (Argue et al., 2002). همچنین پس از پنج نسل به‌گزینی توده‌ای در میگوهای *P. stylirostris*، افزایش ۲۱ درصدی در نرخ رشد نسبت به گروه شاهد مشاهده گردید (Goyard et al., 2002).

به‌گزینی تک صفتی و چند صفتی در میگوی سفید غربی:

بدیهی است اگر رشد تنها صفتی باشد که

1. Sexual growth dimorphism
2. Broodstock
3. Seedstock
4. Sex ratio
5. Raceway

مورد انتخاب قرار می‌گیرد، امکان دست یافتن به پیشرفت چشمگیری در آن وجود دارد. با این حال، اگر اصلاح کننده میگو بخواهد به طور همزمان دو یا چند صفت را بهبود بخشد، اطلاعات در مورد پاسخ‌های همبسته حایز اهمیت است. اگر بین رشد و سایر صفات مورد انتخاب، همبستگی منفی معنی‌داری وجود داشته باشد، نرخ و میزان بهبود ژنتیکی برای رشد به خطر می افتد. اطلاعات مربوط به همبستگی‌های فنوتیپی و ژنوتیپی برای رشد و سایر صفات مهم تجاری در میگوی پنائیده محدود است. (Argue et al., 2002). یک همبستگی ژنوتیپی منفی بین میانگین وزن برداشت خانواده و میانگین بازماندگی خانواده در معرض TSV در میگوی وانامی پیدا کردند. به طور مشابه، (Moss et al., 2005)، یک همبستگی فنوتیپی منفی را بین میانگین وزن خانواده و میانگین بازماندگی خانواده در معرض ویروس سندرم تورآ در میگوی وانامی گزارش نمودند. (Gitterle et al., 2005b) همبستگی ژنوتیپی منفی بین وزن برداشت و بازماندگی در دو لاین مختلف از میگوی وانامی را که در معرض WSSV قرار گرفته بودند، گزارش کردند. این نتایج نشان می‌دهد که ممکن است بین رشد و مقاومت به بیماری در برابر TSV و WSSV در میگوها، رابطه معکوسی وجود داشته باشد. برعکس، (Gitterle et al., 2005b) یک همبستگی ژنوتیپی مثبت بین میانگین ارزش اصلاحی خانوادگی خواهر-برادران تنی[1] برای وزن برداشت و بازماندگی در دو لاین مختلف از میگوی وانامی گزارش کردند. این داده‌ها نشان می‌دهد که به‌گزینی برای رشد منجر به بهبود بازماندگی خواهد شد به شرطی که عوامل بیماری‌زای ویروسی مانند TSV یا WSSV وجود نداشته باشند (Moss & Moss, 2009).

اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط در میگوی سفید غربی:

رشد (و سایر صفات مهم تجاری) ممکن است تحت تأثیر اثرات متقابل بین ژنوتیپ حیوان و محیط آن باشند (اثرات متقابل G×E[2]). هنگامی که عملکرد دو ژنوتیپ در محیط‌های مختلف نسبت به یکدیگر تغییر کند، اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط به وجود می‌آید (Bourdon, 2000). اگر این اثرات متقابل قابل توجه باشند، ممکن است اصلاح گران نیاز به تولید لاین‌های اختصاصی برای محیط‌های پرورش مختلف داشته باشند. اثرات متقابل قابل توجه G×E زمانی اتفاق می افتد که اختلاف بین ژنوتیپ‌ها زیاد باشد یا اختلاف زیادی بین محیط‌های آزمایشی وجود داشته باشد (Falconer & Mackay, 1996). اطلاعات منتشر شده کمی در مورد اثرات متقابل G×E برای رشد میگو در دسترس است، اگرچه (Gitterle et al., 2005a) اثرات متقابل پایینی را بین ژنوتیپ و محیط آزمایش برای وزن برداشت در میگوهای وانامی پرورش یافته در استخرها و مخازن گزارش کردند. به طور مشابه، (Pe´rez-Rostro & Ibarra, 2003) اثرات متقابل G×E ناچیزی را برای اندازه برداشت در میگوی وانامی گزارش دادند، اگرچه این عدم معنی داری ممکن است از اختلاف ژنوتیپی کمی که در خانواده‌های تحت بررسی وجود داشت و یا مدت زمان محدودی که میگوها در محیط‌های مختلف آزمایشی سپری کردند، نتیجه شده باشد. در مقابل، (Coman et al., 2004) اثرات متقابل اندک اما معنی داری را بین ژنوتیپ و تراکم برای صفت رشد در *P. japonicus* گزارش دادند، اگرچه فقط شش خانواده مورد ارزیابی قرار گرفتند. این نویسندگان پیشنهاد کردند که به‌گزینی ژنوتیپ‌ها برای رشد سریع در تراکم پایین ممکن است ژنوتیپ‌هایی با رشد سریع در تراکم بالا تولید نکند.

نتیجه گیری:

روش‌های اصلاح نژادی بسته به نوع هدف مورد نظر، متفاوت هستند. اصلاح نژاد در آبزیان بویژه میگو توانسته است از طریق آزمون‌های مواجهه‌سازی با عوامل بیماری‌زا در شرایط محیطی استاندارد، نژادهای مقاوم به برخی از بیماری‌های خاص را تولید کند (مرادیان و محمودی، ۱۳۹۸). محققان موفقیت‌هایی را در زمینه افزایش مقاومت به TSV با استفاده از به‌گزینی خواهر-برادری[3] و نیز اطلاعات بازماندگی خانواده در آزمون‌های مواجهه‌سازی آزمایشگاهی، کسب کرده‌اند. با این حال، افزایش

اثرات متقابل قابل توجه G×E زمانی اتفاق می افتد که اختلاف بین ژنوتیپ‌ها زیاد باشد یا اختلاف زیادی بین محیط‌های آزمایشی وجود داشته باشد.

1. Full sib
2. Genotype environment interactions
3. Sib selection

بازماندگی برای WSSV با استفاده از این روش دشوارتر بوده است. اگر هدف انتخاب مجدداً تعریف شود و شامل یک متغیر پیوسته نظیر بار ویروسی و نیز بازماندگی باشد، امکان تولید موثرتر میگوهای مقاوم در برابر بیماری وجود دارد (Moss et al., 2005). در کنار انجام برنامه‌های اصلاح نژادی می‌توان از اقدامات مقرون به صرفه و عملی‌تر در مزرعه نظیر راهکارهای ایمنی زیستی برای بهبود مقاومت در برابر بیماری و ماندگاری طولانی مدت صنعت پرورش میگو استفاده نمود. همچنین، فراهم آوردن یک محیط رشد ایمن زیستی به اصلاح گران این امکان را می‌دهد تا فشارهای انتخاب را بر رشد و بازماندگی متمرکز کنند و این امر احتمالا منجر به افزایش تولید و سودآوری پرورش دهنده خواهد شد (Moss & Moss, 2009). جستجو برای یافتن ژن‌های موثر در ایجاد مقاومت به بیماری در میگو ادامه دارد و تحقیقات گسترده اخیر بر نقش تاثیرگذار ژن‌های بزرگ اثر[1] در بروز مقاومت تاکید دارند. بنابراین در آینده می‌توان با روش انتخاب به کمک نشانگر، به پیشرفت ژنتیکی بالایی برای صفات مقاومت به بیماری دست یافت.

امکان دستیابی به بهبود قابل توجه در صفات رشد میگو از طریق به‌گزینی وجود دارد. وزن برداشت یک صفت مناسب برای به‌گزینی است زیرا اندازه گیری آن آسان است، همبستگی بالایی با نرخ رشد دارد و نیز از نظر اقتصادی مهم است. علاوه بر این، وزن برداشت ممکن است با صفات مهم تجاری دیگری ارتباط مثبت داشته باشد مانند صفت بازماندگی. اگرچه اطلاعات منتشر شده در مورد اثرات متقابل G×E برای صفات مربوط به رشد محدود است، اما داده‌های موجود حاکی از آن است که میگوهایی که در یک محیط به خوبی رشد می‌کنند در سایر محیطها نیز به خوبی رشد خواهند کرد (Moss & Moss, 2009). به دلیل عدم وجود یک اثر متقابل معنی دار بین ژنوتیپ و محیط، نیازی به ایجاد لاین‌های اختصاصی میگو با رشد سریع برای شرایط مختلف پرورش وجود ندارد. با این حال، ممکن است یک اثر متقابل معنی دار G×E برای بازماندگی وجود داشته باشد و تحقیقات بیشتری برای کشف این رابطه مورد نیاز است. اطلاعات موجود نشان می‌دهد که به‌گزینی برای رشد ممکن است منجر به بهبود بازماندگی شود به شرطی که عوامل بیماری‌زای ویروسی مانند TSV یا WSSV وجود نداشته باشند (Moss & Moss, 2009). علاوه بر این با افزایش نرخ رشد و در نتیجه کاهش دوره پرورشی، به دلیل کوتاه تر شدن طول دوره، مرگ و میر نیز کاهش می‌یابد (مرادیان و محمودی، ۱۳۹۸). به منظور بررسی ارتباط بین رشد و مقاومت در برابر بیماری، به تحقیقات بیشتری نیاز است، اگرچه راهکارهای اصلاح نژادی برای بهبود هر دو این صفات به طور همزمان وجود دارد حتی اگر با یکدیگر همبستگی منفی داشته باشند.

توصیه های ترویجی:

علی رغم نیاز به سرمایه تقریباً زیاد جهت راه اندازی و اجرای یک برنامه اصلاح نژادی مدون، نقش اصلاح نژاد در رسیدن به توسعه پایدار آبزی پروری در کشور بسیار مهم است. به دلیل وجود اثر تجمعی در پیشرفت ژنتیکی، طول دوره پرورش پس از چندین نسل اصلاح نژاد به صورت چشمگیری کاهش خواهد یافت. بنابراین هزینه‌های تولید میگو کمتر و منافع اقتصادی آن بیشتر خواهد شد. همچنین اجرای برنامه‌های اصلاح نژاد با هدف مقاومت به بیماری، باعث کاهش تلفات این آبزی خواهد شد.

فهرست منابع

۱. پذیر م. خ. یگانه و. غریبی ق. محمدی ا. نظاری م. ع. ۱۳۹۵. به‌گزینی و اصلاح نژاد میگو. مجله ترویجی میگو و سخت پوستان. ۱ (۱): ۳۱-۲۴.

۲. سازمان شیلات ایران. ۱۳۹۸. سالنامه آماری ۱۳۹۷-۱۳۹۲. معاونت برنامه ریزی و مدیریت منابع - دفتر برنامه ریزی و بودجه - گروه برنامه ریزی و آمار. ۳۳ صفحه.

۳. کامرون ن.د. ۱۳۸۸. اصلاح نژاد دام (روش‌های پیش بینی ارزش ژنتیکی). مترجم ناصر امام جمعه کاشان. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۱۲ ص.

۴. مرادیان ح. و محمودی ر. ۱۳۹۸. اهمیت و مزایای اجرای برنامه‌های اصلاح نژاد در آبزی پروری. فصلنامه علوم آبزی پروری پیشرفته. ۳ (۲): ۱۳-۱.

5. Argue, B. J., Arce, S. M., Lotz, J. M. & Moss, S. M. 2002. Selective breeding of Pacific white shrimp (Litopenaeus vannamei) for growth and resistance to Taura Syndrome Virus. Aquaculture, 204, 447-460.

6. Argue, B. J., Arce, S. M. & Moss, S. M. 2000. Correlation between two size classes of Pacific white shrimp Litopenaeus vannamei and its potential implications for selective breeding programs. Journal of the World Aquaculture Society, 31, 119-122.

7. Bourdon, R. M. 2000. Understanding animal breeding, Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall.

8. Briggs, M., Funge-Smith, S., Subasinghe, R. & Phillips, M. 2004. Introductions and movement of Penaeus vannamei and Penaeus stylirostris in Asia and the

1. Major genes

Pacific. RAP publication, 10, 92.
9. Fjalestad, K., Gjedrem, T., Carr, W. & Sweeney, J. 1997. Final report: the shrimp breeding program, selective breeding of Penaeus vannamei. The Oceanic Institute, Waimanalo, HI, USA.
10. Ibarra, A. M., Arcos, F. G., Famula, T. R., Palacios, E. & Racotta, I. S. 2005. Heritability of the categorical trait 'number of spawns' in Pacific white female shrimp Penaeus (Litopenaeus) vannamei. Aquaculture, 250, 95- 101.
11. Kenway, M., Macbeth, M., Salmon, M., Mcphee, C., Benzie, J., Wilson, K. & Knibb, W. 2006. Heritability and genetic correlations of growth and survival in black tiger prawn Penaeus monodon reared in tanks. Aquaculture, 259, 138-145.
12. Lester, L. J. 1983. Developing a selective breeding program for penaeid shrimp mariculture. Aquaculture, 33, 41- 50.
13. Lotz, J. 1997. Disease control and pathogen status assurance in an SPF-based shrimp aquaculture industry, with particular reference to the United States. Diseases in Asian aquaculture III, 243- 254.
14. Lutz, C. G. 2008. Practical genetics for aquaculture, John Wiley & Sons.
15. Moss, D. R., Arce, S. M., Otoshi, C. A., Doyle, R. W. & Moss, S. M. 2007. Effects of inbreeding on survival and growth of Pacific white shrimp Penaeus (Litopenaeus) vannamei. Aquaculture, 272, S30-S37.
16. Moss, D. R. & Moss, S. M. 2006. Effects of gender and size on feed acquisition in the Pacific white shrimp Litopenaeus vannamei. Journal of the World Aquaculture Society, 37, 161-167.
17. Moss, S. & Moss, D. 2009. Selective breeding of penaeid shrimp. Shellfish Safety and Quality. Elsevier.
18. Moss, S. M., Doyle, R. W. & Lightner, D. V. 2005. Breeding shrimp for disease resistance: challenges and opportunities for improvement. Diseases of Asian Aquaculture V. Fish Health Section. American Fisheries Society, Manila, Philippines, 379- 393.
19. Pérez-Rostro, C. I. & Ibarra, A. M. 2003. Heritabilities and genetic correlations of size traits at harvest size in sexually dimorphic Pacific white shrimp (Litopenaeus vannamei) grown in two environments. Aquaculture Research, 34, 1079- 1085.
20. Sbordoni, V., De Matthaeis, E., Sbordoni, M. C., La Rosa, G. & Mattoccia, M. 1986. Bottleneck effects and the depression of genetic variability in hatchery stocks of Penaeus japonicus (Crustacea, Decapoda). Aquaculture, 57, 239- 251.
21. Wyban, J. & Sweeney, J. 1991. The Oceanic Institute shrimp manual: intensive shrimp production technology. The Oceanic Institute, Hawaii.