مقاله پژوهشی، صفحات ۱۲۹-۱۱۸ DOR: 20.1001.1.23832614.1402.36.2.3.6

بررسی الگوی فلس و بدشکلی بدن در جمعیت‌های ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در دریای خزر و ماهیان مولد پرورشی در مراکز تکثیر ایران

رویا بختیار[۱]، سید رضا میرائی آشتیانی[۱]، اردشیر نجاتی جوارمی[۱]، محمدحسین مرادی[۲*] و پائولینو مارتینز[۳]

[۱] ایران، کرج، دانشگاه تهران، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، گروه علوم دامی.

[۲] ایران، اراک، دانشگاه اراک، دانشکده کشاورزی و محیط زیست، گروه علوم دامی.

[۳] اسپانیا، لوگو، دانشگاه Santiago de Compostela، گروه جانورشناسی، ژنتیک.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۰

چکیده

ویژگی‌های ریخت‌شناسی ماهیان از جمله وجود تنوع فنوتیپی در الگوی فلس، باله مخرجی و شکل ستون فقرات نقش مهمی در قابلیت زنده‌مانی و ارزش اقتصادی آنها دارد. هدف از تحقیق حاضر، بررسی الگوی فلس و بدشکلی در ماهیان کپور معمولی دریای خزر و ماهیان مولد کپور معمولی پرورشی در مراکز تکثیر ایران است. به این منظور، در مجموع ۲۱۹ نمونه شامل ۴۰ ماهی وحشی و ۱۷۹ ماهی پرورشی (از مرکز تکثیر سیلور کارپ در استان گیلان، مرکز تکثیر تعاونی ۱۲ استان گیلان و مرکز تکثیر شهید ملکی استان خوزستان) جمع‌آوری گردید. از تمام نمونه‌های ماهی کپور پرورشی و وحشی عکس‌برداری شد و سایر ویژگی‌های ریخت‌شناسی آنها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل حاکی از وجود تنوع در الگوی فلس در ماهیان پرورشی بود. در کل نمونه‌ها، سه الگوی فلسی متفاوت شامل فلس کامل (Normal)، فلس‌های درشت در امتداد خط جانبی بدن (Line) و تعداد اندکی فلس درشت (Mirror) مشاهده شد. علاوه بر این در یک نمونه ماهی کپور وحشی بدشکلی ستون فقرات و در یک نمونه ماهی پرورشی عدم وجود باله مخرجی مشاهده گردید. یک الگوی فلس کامل ولی نامنظم نیز در بین ماهیان کپور پرورشی وجود داشت. نتایج تحقیق حاضر که برای نخستین بار در ایران به بررسی تنوع احتمالی در الگوی فلس و انواع بدشکلی ظاهری ماهیان کپور معمولی وحشی و پرورشی ایران می‌پردازد می‌تواند اطلاعات ارزشمندی جهت انجام تحقیقات بعدی در زمینه شناسایی مولکولی اساس ژنتیکی تنوع مشاهده شده در ماهیان کپور فراهم آورد.

واژه‌های کلیدی: ماهی کپور معمولی، تنوع فنوتیپی، فقدان باله مخرجی، ناهنجاری‌های ظاهری.

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۸۶۳۲۶۲۳۶۰۶ ، پست الکترونیکی: hoseinmoradi@ut.ac.ir

مقدمه

ماهی کپور معمولی با نام علمی *Cyprinus carpio* از گونه‌های بومی دریای خزر است که به طور طبیعی در حوضه‌های آبریز دریای سیاه، آرال، دریای خزر و حوضه‌ی آبریز کم‌عمق رودخانه ولگا زندگی می‌کنند و آن را به طریق پرورشی در کشورهای هلند، آلمان، دانمارک، سودان شمالی، انگلیس و ترکمنستان وارد و به‌طور موفقیت‌آمیزی تکثیر نموده‌اند (۱۴). این گونه عمدتاً در آب‌های گرم زندگی می‌کند و مناسب‌ترین درجه حرارت آب، برای رشد و تغذیه این ماهی محدوده ۱۸ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد است (۳۵). کپور معمولی دارای تعداد کروموزوم‌های بسیار زیادی (۱۰۰-۱۰۴) می‌باشد، که در واقع تعداد کروموزوم‌ها تقریباً دو برابر سایر ماهیان خانواده کپورماهیان (*Cyprinidae*)

DOR: 20.1001.1.23832614.1402.36.2.3.6

است (۳۲). تتراپلوئید مشاهده‌شده در *C. carpio* به نظر می‌رسد که از نوع آلوتتراپلوئیدیزاسیون (هیبریداسیون گونه‌ها) باشد (۳۳). خانواده (*Cyprinidae*) دارای ۳۶۷ جنس و ۳۰۰۶ گونه بوده و حدود ۹ درصد تنوع گونه‌های ماهیان جهان را شامل شده که حداقل ۷۳ گونه از آن در ایران یافت می‌شوند. این خانواده بزرگ‌ترین ماهیان آب شیرین ایران را در خود جای داده است (۱۵و ۲۱ و ۳۱).

در ایران پرورش ماهی با واردات کپور ماهیان چینی و کپور معمولی و پرورش آن‌ها در مزارع بزرگ آغاز گردید (۷). امروزه ماهیان گرمابی از جایگاه ویژه‌ای در کشور برخوردار شده‌اند به طوری که بیش از ۷۰ درصد از تولیدات آبزیان پرورشی را به خود اختصاص می‌دهند (۶). ماهی کپور معمولی یکی از مهم‌ترین گونه‌های پرورشی ماهیان گرمابی است که حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد کل ماهیان پرورشی را به خود اختصاص می‌دهد و در ایران در سال ۱۳۹۱ بیش از ۱۵۴ تن ماهی کپور معمولی پرورش یافته است (۱).

استفاده اصولی و پایدار از ذخایر ارزشمند ماهی کپور معمولی نیازمند شناخت کامل از ذخایر و جمعیت‌های موجود آن می‌باشد. امروزه بررسی تنوع ریخت‌شناسی به عنوان یکی از شاخص‌های تعیین وضعیت اکولوژیک اکوسیستم‌های آبی به کار می‌رود و برای مناطق مختلف به‌عنوان یک ابزار منحصربه‌فرد و توانمند جهت ارزیابی وضعیت و روند طولانی مدت جوامع زیستی مطرح می‌باشد (۳۸). یکی از تفاوت‌هایی که در بین جمعیت‌های خالص متفاوت کپورمعمولی دیده می‌شود تنوع در الگوی فلس ماهیان است (۱۷). الگوی فلس اهمیت زیادی دارد زیرا مصرف‌کنندگان درمناطق مختلف، بعضی از الگوهای فلسی را بر برخی دیگر ترجیح می‌دهند. شناخت الگوهای فلس در ماهی کپور معمولی و توانایی تولید الگوی فلس مورد نظر از لحاظ اقتصادی اهمیت دارد (۱۷).

بدشکلی ریختی، حالتی است که در آن ظاهر درونی (مثل ستون فقرات) و یا بیرونی (مثل باله، سرپوش آبششی، دهان) نسبت به ریخت‌شناسی حالت عادی تغییر می‌کند (۳۰). بدشکلی به چندین دلیل مثل، فاکتورهای محیطی (شوک حرارتی، ازدحام زیاد و آلودگی) (۲۳)، کمبود تغذیه‌ای (مانند ویتامین C)، جهش، هم‌خونی، بیماری، ضربه مکانیکی و زخم ممکن است اتفاق بیفتد (۳۰). انواع مختلفی از بدشکلی مانند اسکولیوز (scoliosis)(انحنای جانبی غیر طبیعی ستون فقرات)، لوردوز (lordosis)(انحنای زیاد ستون فقرات به سمت جلو)، اسپوندیلولیستزیس (spondylolisthesis)(خروج مهره‌های ستون فقرات از جای خود)، بدشکلی فک پایین، استامپ (stump body)(کوتولگی)، اپرکلوم نیمه باز (semi-opened operculum)(لایه پوستی استخوانی که روی آبشش است و از آبشش حفاظت می‌کند (اپرکلوم)) ، ترکیب دو باله و فقدان باله در ماهی‌های گونه‌های مختلف گزارش شده - است (۱۸). بدشکلی‌ها معمولاً در هر دو جمعیت وحشی و پرورشی ماهی یافت می‌شوند، اما فراوانی آن‌ها در جمعیت پرورشی بیشتر است (۲۸). بدشکلی بدن ماهی می‌تواند به طور مستقیم و غیر مستقیم، باعث مرگ و کاهش متوسط وزن بدن در ماهیان جوان شود. ماهیان بدشکل معمولاً توسط مصرف‌کننده‌ها، خریداری نمی‌شوند و اغلب قبل از رسیدن به سن فروش، کشته می‌شوند (۱۸) و در نهایت باعث ضرر اقتصادی می‌شود (۲۸). بنابراین، جهت مدیریت بهتر، نیازمند شناخت شیوع، انواع و علت این بدشکلی‌ها هستیم (۲۸). لذا، تحقیق حاضر برای نخستین بار در ایران به بررسی تنوع احتمالی در الگوی فلس و انواع بدشکلی در ظاهر ماهیان کپور معمولی وحشی و پرورشی ایران می‌پردازد.

مواد و روشها

نمونه‌گیری و جمع‌آوری گزارش‌های فنوتیپی: جهت انجام این تحقیق، از ۳۶ نمونه ماهی کپور معمولی وحشی بندر ترکمن در استان گرگان، ۴ نمونه ماهی کپور معمولی وحشی از میانکاله در استان گرگان، ۵۵ نمونه

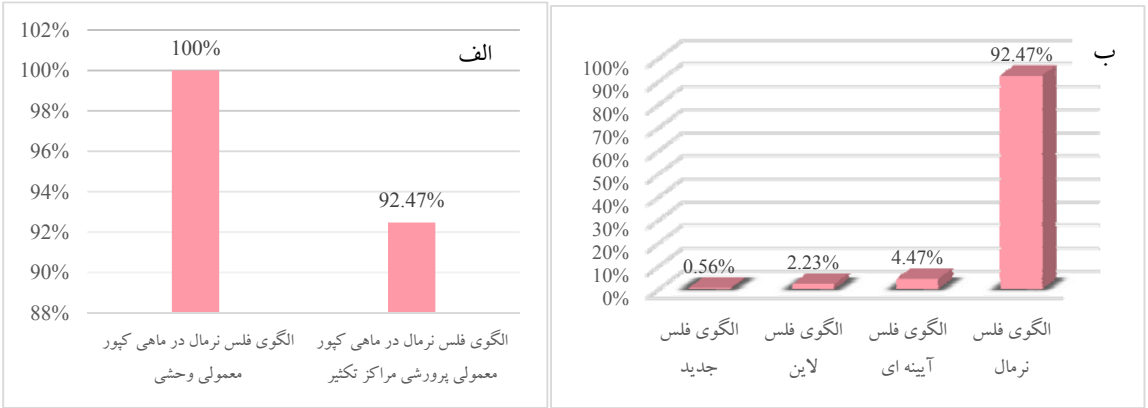
DOR: 20.1001.1.23832614.1402.36.2.3.6
مقاله پژوهشی، صفحات ۱۲۹-۱۱۸

ماهی مولد کپور معمولی پرورشی از مرکز تکثیر سیلور کارپ استان گیلان (خوشحال)، ۶۳ نمونه ماهی مولد کپور معمولی پرورشی از مرکز تکثیر تعاونی ۱۲ استان گیلان، ۶۱ نمونه ماهی مولد کپور معمولی پرورشی از مرکز تکثیر شهید ملکی استان خوزستان استفاده گردید. جمع‌آوری نمونه‌ها به صورت تصادفی انجام شد. ماهی-های کپور وحشی از صیدگاه بندر ترکمن و میانکاله جمع‌آوری و به آزمایشگاه ماهی‌شناسی مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آب‌های داخلی-گرگان انتقال داده شدند.

تحلیل داده‌ها: نمونه‌ها با استفاده از ترازو دیجیتال (And) با دقت ۰/۱ گرم توزین و باله‌های آنها با استفاده از سوزن ته گرد ثابت و عکس‌برداری انجام شد. از ماهیان مولدکپور معمولی پرورشی مراکز تکثیر نیز بعد از بیهوشی با میخک یک درصد (میخک آسیاب شده با آب گرم مخلوط شد)، عکس‌برداری شد. جهت عکس‌برداری از دوربین دیجیتال سامسونگ با قدرت تفکیک ۶ مگاپیکسل استفاده شد و از نیم‌رخ چپ نمونه‌ها تصاویر دیجیتالی تهیه شد. الگوی فلس بر اساس کامل بودن فلس (Normal)، فلس‌های درشت در امتداد خط جانبی بدن (Line)، تعداد اندکی فلس درشت (Mirror)، و بدون فلس (Leather) دسته‌بندی شدند (۱۷). در این تحقیق جهت ترسیم نمودارهای ستونی (مستطیلی) از برنامه Excel 2007 استفاده شد.

نتایج

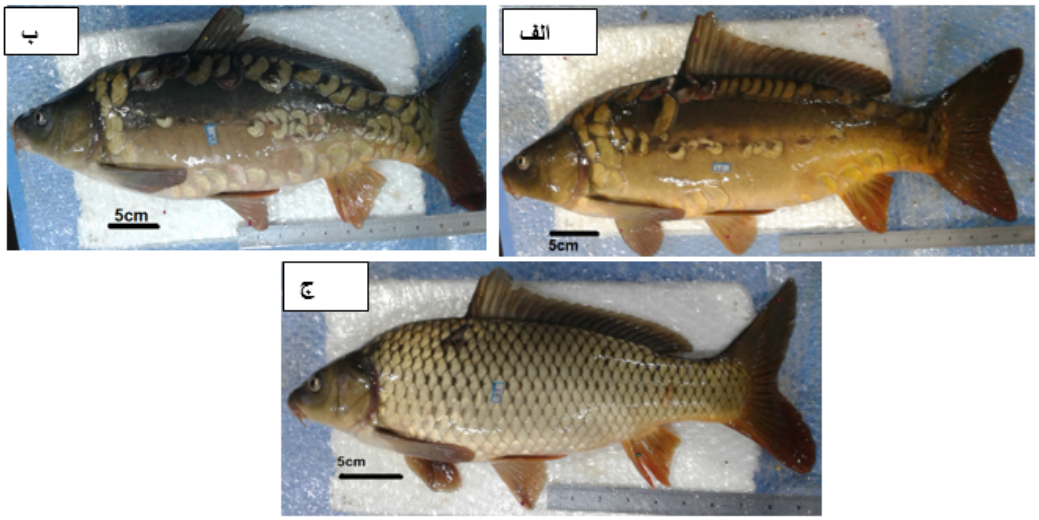
نتایج حاصل حاکی از تنوع فنوتیپی در نمونه‌ها بود به طوریکه ۴/۹۵٪ ماده‌ها و ۷/۶۳٪ نرها دارای بدشکلی ریختی بودند. تنوع در الگوی فلس در ماهیان پرورشی نشان داد که به‌طور کلی در کل نمونه‌ها، سه الگوی فلسی متفاوت شامل فلس کامل (Normal)، فلس‌های درشت در امتداد خط جانبی بدن (Line) و تعداد اندکی فلس درشت (Mirror) مشاهده شد. تمام ماهیان کپور معمولی وحشی الگوی فلس کامل را نشان دادند در حالی که ۹۲/۷۴ درصد ماهیان کپور معمولی پرورشی دارای الگوی فلس کامل بودند و ۴/۴۷ درصد دارای الگوی فلس آیینه‌ای، ۲/۲۳ درصد دارای الگوی فلس لاین و ۰/۵۶ درصد دارای الگوی فلس کامل ولی نامنظم بودند (شکل ۱). علاوه بر این در یک نمونه ماهی کپور وحشی بدشکلی ستون فقرات و در یک نمونه ماهی پرورشی عدم وجود باله مخرجی مشاهده گردید. یک الگوی فلس کامل ولی نامنظم نیز در بین ماهیان کپور پرورشی وجود داشت که جزئیات نتایج حاصل از این تحقیق در ادامه آورده شده است.



شکل ۱- درصد تنوع فنوتیپی مشاهده شده در الگوی فلس ماهیان کپور معمولی پرورشی مراکز تکثیر و وحشی: تصویر قسمت الف نشان‌دهنده درصد الگوی فلس نرمال مشاهده شده درماهیان کپور معمولی وحشی و پرورشی مراکز تکثیر است. تصویر قسمت ب نشان‌دهنده درصد الگوهای متفاوت فلس مشاهده شده در مراکز تکثیر است.

مقاله پژوهشی، صفحات ۱۲۹-۱۱۸ DOR: 20.1001.1.23832614.1402.36.2.3.6

تنوع فنوتیپی مشاهده شده در الگوی فلس ماهیان مولد کپورمعمولی پرورشی در مراکز تکثیر ایران: تمام ماهیان کپور معمولی وحشی صید شده دارای الگوی فلس کامل بودند. اما ماهیان مولد کپور معمولی پرورشی، دارای الگوهای متفاوتی بودند. شکل ۲ وجود تنوع در الگوی فلس در ماهیان کپور معمولی مرکز تکثیر سیلور کارپ در استان گیلان را نشان می‌دهد. در این مرکز دو الگوی متفاوت فلس دیده شد. ماهی‌های دارای الگوی فلس Line از جنس نر بودند.



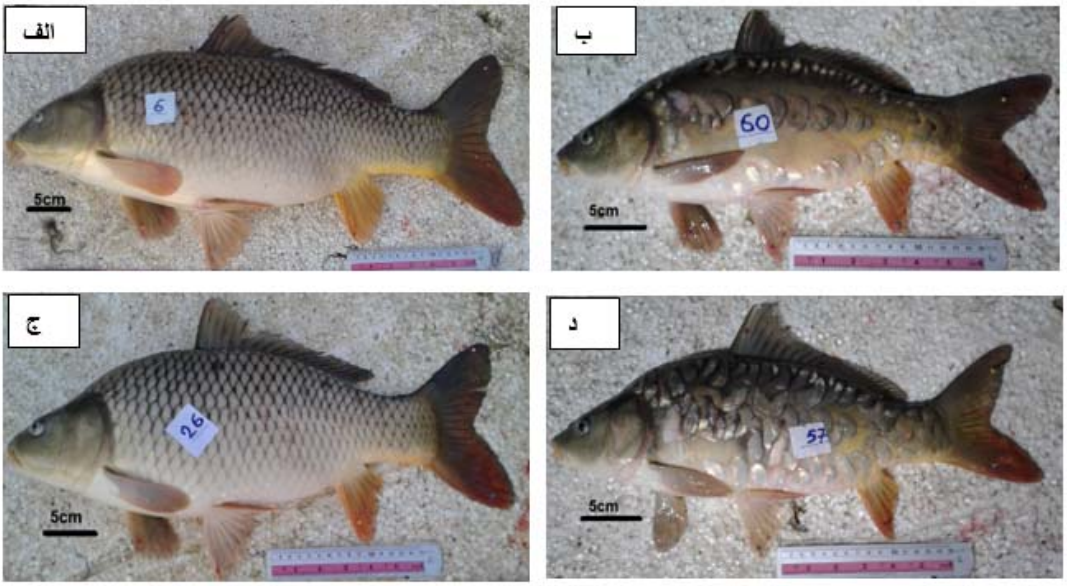
شکل ۲- تنوع مشاهده شده در ماهیان کپور معمولی مرکز تکثیر سیلور کارپ: تصاویر قسمت الف و ب الگوی فلس Line و تصویر قسمت ج الگوی فلس کامل را در ماهی کپور معمولی پرورشی مرکز تکثیر سیلور کارپ نشان می‌دهد.

در مرکز تکثیر کپور معمولی شهید ملکی استان خوزستان، تنها یک نمونه دارای الگوی فلس متفاوت بود. الگوی فلس مشاهده شده از نوع Line بود که فلس‌های درشت در خط مرکزی بدن ماهی مولد کپور معمولی قرار گرفته بودند (شکل ۳) و نمونه مشاهده شده ماده بود.

شکل۳- الگوی فلس Line در مرکز تکثیر ماهی کپور معمولی شهید ملکی استان خوزستان: فلس‌های درشت در خط مرکزی بدن ماهی کپور معمولی قرار دارند.

مقاله پژوهشی، صفحات ۱۲۹-۱۱۸ DOR: 20.1001.1.23832614.1402.36.2.3.6

۱۰ نمونه از ماهیان مولدکپور معمولی پرورشی مرکز تکثیر تعاونی ۱۲ چهار الگوی متفاوت فلس را نشان داد (شکل ۴). که الگوی فلس کامل و نامنظم (قسمت الف) فقط در یک نمونه ماده مشاهده شد. الگوی فلس Line تنها در یک نمونه نر مشاهده شد. الگوی فلس آیینه‌ای (Mirror) در ۸ نمونه مشاهده شد که از بین آنها ۶ نمونه نر و ۲ نمونه ماده بود.



شکل ۴- تنوع فنوتیپی مشاهده شده در ماهیان کپور معمولی پرورشی مرکز تکثیر تعاونی ۱۲ در استان گیلان: تصویر قسمت الف نشان‌دهنده الگوی فلس کامل ولی نامنظم است. تصویر قسمت ب نشان‌دهنده الگوی فلس Line است که فلس‌های درشت در خط مرکزی بدن ماهی قرار گرفته‌اند. تصویر قسمت ج نشان‌دهنده الگوی فلس کامل است. تصویر قسمت د نشان‌دهنده الگوی فلس آیینه‌ای (Mirror) است که فلس‌های درشت به طور پراکنده بدن ماهی را پوشانده است.

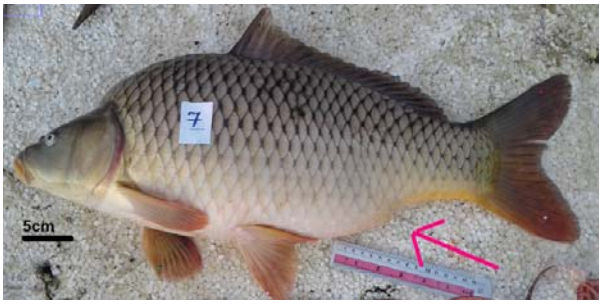
تنوع فنوتیپی مشاهده شده درارتباط با فقدان باله مخرجی و بدشکلی ستون فقرات ماهیان کپور معمولی وحشی و ماهیان مولد کپورمعمولی پرورشی در مراکز تکثیر ایران: نتایج بررسی ریخت‌شناسی ماهیان کپور معمولی وحشی صیدگاه میانکاله نشان‌دهنده وجود یک برآمدگی در ناحیه سر یکی از ماهیان نر نمونه‌گیری شده از این صیدگاه بود که می‌تواند حاکی از ضربه فیزیکی به سر ماهی بوده باشد (شکل ۵).

نتایج بررسی ماهیان نمونه‌گیری شده در مرکز تکثیر تعاونی ۱۲ استان گیلان منجر به شناسایی فقدان بال مخرجی در یکی از ماهیان کپور معمولی پرورشی ماده شد (شکل ۶).

در یک نمونه ماهی کپور معمولی وحشی از صیدگاه بندر ترکمن در استان گرگان نیز ناهنجاری ظاهری شامل بدشکلی ستون فقرات مشاهده شد که مربوط به جنسیت ماده بود (شکل ۷).

شکل ۵- یک نمونه ماهی کپور معمولی وحشی صیدگاه میانکاله در استان گرگان: فلش قرمز نشان‌دهنده محل برآمدگی سر در ماهی کپور می‌باشد.

مقاله پژوهشی، صفحات ۱۲۹-۱۱۸ DOR: 20.1001.1.23832614.1402.36.2.3.6



شکل ۶- ماهی کپور معمولی پرورشی فاقد باله مخرجی در مرکز تکثیر تعاونی ۱۲ استان گیلان

شکل ۷- ماهی کپور معمولی وحشی دارای بدشکلی ستون فقرات در صیدگاه بندر ترکمن در استان گرگان

بحث

تنوع فنوتیپی مشاهده شده در الگوی فلس ماهیان مولد کپور معمولی پرورشی در مراکز تکثیر ایران: ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) گونه‌ای از ماهیان آب شیرین می‌باشد که منشأ آسیایی داشته و سپس در سراسر دنیا گسترش یافته است (۸). ماهی کپور معمولی از هزاران سال پیش در بیش از ۱۰۰ کشور دنیا پرورش داده می‌شود (۱۳). این گونه در ایران نیز یکی از فراوان‌ترین گونه ها است (۳). ماهیان کپور معمولی اهلی شده از لحاظ ریخت‌شناسی، رفتاری، فیزیولوژی و صفات تولیدمثلی با اجداد وحشی خود متفاوت هستند (۱۳). برای مثال ماهیان کپور معمولی وحشی دارای بدن کشیده و الگوی فلس کامل هستند، درحالی‌که ماهیان کپور معمولی پرورشی، بدن عمیق‌تری دارند و چهار الگوی فلسی متفاوت شامل ۱) بدون فلس (Leather)، ۲) فلس‌های درشت در امتداد خط جانبی بدن (Line)، ۳) تعداد محدودی فلس درشت (Mirror)، و ۴) فلس کامل (Normal) را نشان می‌دهند (۱۳). همان طور که نتایج این تحقیق نشان داد، سه الگوی فلسی متفاوت دیده شده است و تنها الگوی فلسی Leather مشاهده نشد. عکس شماره ۴ قسمت الف الگوی متفاوت از چهار دسته-بندی ارائه شده توسط Balon (۱۳) را نشان می‌دهد که نیازمند بررسی دقیق مولکولی برای شناسایی جهش‌های احتمالی عامل ایجاد این الگوی فلسی متفاوت می‌باشد.

پرورش‌دهندگان اذعان داشتند که ماهیان کپور معمولی پرورشی که دارای الگوی فلس متفاوت از الگوی فلسی کامل بودند در ایران بازارپسندی ندارند که ممکن است به این دلیل باشد که ظاهر متفاوت، این فرضیه را در ذهن مصرف‌کننده ایجاد می‌کند که ماهیان کپور دارای الگوی فلسی متفاوت، دارای بیماری خاصی هستند و یا ممکن است از لحاظ شرعی تمایلی به مصرف آن نداشته باشند. اگرچه ماهیان به عنوان منابع پروتئین با کیفیت بالا در تغذیه انسان محسوب می‌شوند، اما در این میان ماهیانی هستند که بر اساس موازین شرع اسلام (مذهب تشیع) و نیز دین یهود خوردن گوشت آن‌ها حرام و ممنوع می‌باشد که از جمله ماهیان حرام گوشت، ماهیان بدون فلس هستند (۴). بدون شک غذاها و خوراکی‌هایی که تحریم شده‌اند

DOR: 20.1001.1.23832614.1402.36.2.3.6
مقاله پژوهشی، صفحات ۱۲۹-۱۱۸

همچون سایر محرمات شرعی فلسفه خاصی دارند و احکام آن‌ها با توجه کامل به وضع جسمی و روح انسان با تمام ویژگی‌های آن تشریع شده است (۴). حلال بودن ماهی-های فلس‌دار از نظر فقه شیعه و دین یهود از نظر علمی بسیار قابل توجه است، چرا که برخی از پژوهش‌ها نشان می‌دهد که ماهی‌های فاقد فلس نسبت به ماهیان فلس‌دار می‌توانند از طریق آب مواد سمی بیشتری‌تری جذب کنند که این از نظر علمی قابل بحث و بررسی است. در همین راستا عابدی و همکاران (۵) با مقایسه تجربی انباشتگی سرب در ماهی فلس‌دار (*Cyprinus carpio*) و بدون فلس (*Pangasius hypophthalmus*) گزارش دادند که پوست فلس‌دار ماهی کپور معمولی با جذب قابل ملاحظه فلز سنگین و کمترین انباشتگی آن‌ها در عضلات نسبت به پوست بدون فلس گربه ماهی راه‌راه، لایه حفاظتی موثری را در برابر آلاینده‌های شیمیایی زیست محیطی فراهم می‌کند و می‌تواند مصرف ماهی فلس‌دار را از این جنبه توجیه نماید.

لازم به ذکر است که مسئولین تکثیر مراکز پرورشی ادعا می‌کردند که با وجود حذف کامل ماهیان دارای این الگوهای فلسی متفاوت، باز هم ماهیانی با این الگوی‌های متفاوت در استخرها مشاهده می‌شوند.

در پژوهشی که به بررسی پویش ژنومی الگوی فلس غیرعادی در ماهیان کپور زرد رودخانه‌ای پرداختند، گزارش شده است که مصرف‌کننده‌های محلی در شمال چین علاقه‌ای به مصرف ماهیان کپور زرد رودخانه‌ای با الگوی فلسی پراکنده نداشتند و معمولاً ماهیان با الگوهای غیرعادی نسبت به ماهیان با الگوی پوششی عادی، ارزش اقتصادی کمتری داشتند (۳۹). با توجه به اینکه پرورش-دهندگان چینی، علاقه‌ای به پرورش ماهیان با الگوی غیرعادی نداشتند و هیچ گونه عمل هیبرید یا پرورش ماهیان با الگوی فلسی آیینه‌ای در استان Hena چین ثبت نشده بود مطمئن نبودند که آیا این الگو به طور طبیعی در بین ماهیان وجود داشته است یا از طریق ماهی‌هایی که از ماهیان آیینه‌ای اروپا مشتق شده‌اند وارد شده است (۳۹). بنابراین اقدام به شناسایی آلل موثر در این الگو غیرعادی فلس کردند تا در نهایت در برنامه‌های اصلاح نژادی بتوانند آن را حذف کنند. به این منظور ۴۰ ماهی مولد دارای الگوی فلس عادی و ۴۰ ماهی مولد دارای الگوی فلس پراکنده را از خانواده Full sib نسل F_1 به طور تصادفی انتخاب شد. نتایج آنها حاکی از حذف ۳۱۱ جفت باز در اینترون ۱۰و اگزون ۱۱بود که ثابت کرد ژن *fgfr1a1* می-تواند ژن موثر بر الگوی فلسی پراکنده در ماهیان کپور زرد رودخانه‌ای باشد (۳۹). از آنجایی که جهشی با ۳۰۶ و ۳۱۰ جفت باز در این ناحیه در ماهیان با الگوی فلس آیینه‌ای به عنوان جهش موثر گزارش شده است، آنها پیشنهاد کردند که این جهش یا از طریق ماهیان کپوری که از ماهیان کپور با الگوی فلس آیینه‌ای اروپایی مشتق شده‌اند وارد شده است یا به طور مستقل این حذف در نقاط داغ ژن *fgfr1a1* اتفاق افتاده است (۳۹). در همین راستا، پژوهشی دیگر نیز روی ۱۴جمعیت ماهی کپور معمولی که از اروپا، آمریکای شمالی و چین، جمع‌آوری شده بودند، انجام شد. جمعیت Sp (یکی از ۱۴ جمعیت ماهی کپور معمولی (*Songpu carp*) که در شمال چین پرورش داده می‌شد بدون فلس بود و سایر جمعیت‌ها دارای الگوی فلس کامل بودند (۳۷). در آنالیز نشانه‌های انتخاب مقایسه ماهیان کپور Sp در مقایسه با ماهیان با الگوی فلسی کامل، جایگاه ژنی معنی‌داری شناسایی کردند و چندین ژن هدف نیز که ممکن است با الگوی فلسی در ارتباط باشد از جمله ژن‌های *GDF6A* و *IGFB5* به عنوان ژن‌های نامزد گزارش شدند (۳۷).

تنوع فنوتیپی مشاهده شده درارتباط با فقدان باله مخرجی و بدشکلی ستون فقرات ماهیان کپور معمولی وحشی و ماهیان مولد کپورمعمولی پرورشی در مراکز تکثیر ایران: در پرورش آبزیان، بدشکلی در همه نوع سیستم پرورشی اتفاق می‌افتد، و معمولاً یک مشکل

DOR: 20.1001.1.23832614.1402.36.2.3.6

محسوب می‌شوند به طوری‌که باعث کاهش ارزش اقتصادی ماهی می‌شوند. بدشکلی ممکن است دلایل زیادی داشته باشد. در بعضی از آنها، معمولاً ژنتیک به عنوان عاملی با تاثیر کم (۹) و در بعضی موارد ژنتیک نقش اساسی دارد (۹ و ۲۰). در ماهی کپور معمولی، بدشکلی تحت شرایط پرورشی هم اتفاق می‌افتد که ممکن است به این علت باشد که جمعیت‌های خالص تجاری ماهی کپور معمولی اغلب به وسیله تعداد محدودی ماهی مولد تکثیر می‌شوند، و ممکن است دارای درجات مختلفی از همخونی باشند (۲۷). علاوه‌بر این، Kirpichnikov در سال ۱۹۸۱ نشان داده است که چندین ناهنجاری باله در این گونه می‌تواند مربوط به ژنتیک باشد (۲۴). Kocour و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی ۴۵۲ کپور معمولی که در سه نوع مختلف بدشکلی گروه‌بندی می‌شدند، پرداختند (۲۶): گروه یک که مربوط به بدشکلی دهان بود شامل دسته-بندی‌هایی با کدهای عادی (۰) ، بدشکل اما قادر به بستن دهان (۱) ، عدم توانایی در بستن کامل دهان (۲) و عدم توانایی در بستن دهان (۳) بودند. گروه‌بندی دوم مربوط به اندازه باله دمی با کدهای عادی (۰)، کاهش‌یافته با فقدان اولین شعاع استخوانی بال (۱) و فاقد باله مخرجی (۲) بود. نهایتاً گروه‌بندی سوم نیز برای بدشکلی باله دم با کدهای عادی (۰) و دم به دو بخش تقسیم شده (۲) انجام شد. نتایج Kocour و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد شدت بدشکلی دهان بر رشد تاثیر معنی‌داری دارد ($P<0.5$)، و از طرف دیگر وزن بدن بین گروه‌های عادی و گروه فاقد باله مخرجی تفاوت معنی‌داری داشت ($P<0.05$). آنها به این نتیجه رسیدند که در جمعیت مورد بررسی آنها، با وجود شیوع بسیار بالا، هیچ کنترل ژنتیکی بر بد فرمی دهان وجود ندارد (۲۶). بنابراین، در این مورد، علت بدفرمی دهان، باید بیشتر در هچری و شیوه پرورش (کیفیت آب، دما، کیفیت غذا) یا هجوم عوامل بیماری‌زا جستجو شود. وراثت‌پذیری تخمین زده شده برای فقدان بال مخرجی 0.09 ± 0.04 محاسبه شد که به طور معنی‌داری با صفر متفاوت بود (۲۶). Kocour و همکاران (۲۰۰۶) گزارش دادند که، برای گروه‌هایی که ارزش وراثت‌پذیری آنها نزدیک به آستانه معنی‌داری (مانند دسته‌بندی‌هایی مربوط به فقدان باله مخرجی) است، و همچنین برای گروه‌هایی که تنوع مشاهده شده، به نظر می‌رسید، عمدتاً بین جنس ماده بوده است (مانند دسته بندی مربوط به بدشکلی باله و دم) ، تعیین عوامل موثر بر این بدشکلی‌ها، کمتر قابل تشخیص است (۲۶). زیرا در ماهی به خوبی مشخص شده است که تنوع بین ماده‌ها ممکن است به دلایلی غیر از واریانس ژنتیکی افزایشی مثل تنوع در اندازه تخم و یا کیفیت (۲۹) رخ دهد که می‌تواند منجر به کجی به سمت بالا در تخمین وراثت‌پذیری شود (۳۴). لذا در این مورد، آنها به طور قطعی نمی‌توانستند گزارش کنند که آیا اثرات ژنتیکی و یا اثرات مادری بر بدشکلی باله مخرجی و دم اثر غالب دارد (۲۶). لذا از آنجا که نتایج این تحقیق نشان می-داد، بدشکلی باله می‌تواند تاثیر منفی بر رشد ماهی داشته باشد، در نهایت پیشنهاد شد که ماهیان با فقدان بال به عنوان مولد نگهداری نشوند، درحالی که ماهیان با بدشکلی دهان، اگر دارای سایر صفات موردپسند نباشند، را می‌توان به عنوان مولد استفاده کرد چرا که بر نسل بعد تاثیر نمی-گذارند (۲۶).

در همین راستا، برای نخستین بار در هند، فقدان باله مخرجی را در ماهی ساردین سفید (*Escualosa thoracata*) گزارش داده‌اند و علت آن را نیز جهش و یا آسیب در طی دوران رشد اولیه بیان کردند (۳۰). Walker و همکاران (۱۹۶۵) نیز گزارش کردند که فقدان باله مخرجی در ماهی قزل‌آلا به دلیل آنکه فقط یک نمونه در بین تعداد زیادی از ماهی‌ها غیرعادی بود، ممکن است به دلیل جهش باشد (۳۶). از آنجایی که در مطالعه حاضر نیز تنها یک مورد ماهی کپور معمولی فاقد باله مخرجی مشاهده شد، بر اساس نتایج Walker و همکاران (۱۹۶۵) ممکن است به علت جهش بوده باشد. لذا برای مشخص کردن دلیل اصلی فقدان باله مخرجی، بررسی مولکولی دقیق مانند توالی‌یابی

DOR: 20.1001.1.23832614.1402.36.2.3.6
مقاله پژوهشی، صفحات ۱۲۹-۱۱۸

و مقایسه با ژنوم ماهیان دارای بال مخرجی پیشنهاد می‌شود.

همانطور که در قسمت نتایج ذکر شد در بین نمونه‌های گرفته شده، یک نمونه ماده صید شده از بندر ترکمن دارای بدشکلی ستون فقرات بود. این بدشکلی از نوع لوردوز (۱۸) بود. AL- Harbi (۲۰۰۱) با بررسی ۶۷۱ ماهی کپور معمولی از لحاظ بدشکلی دریافت که ۲۴/۹ درصد از جمعیت دارای انواعی از بدشکلی بودند و از این مقدار، ۱۸/۲ درصد دچار بدشکلی ستون فقرات بودند (۱۰). بیشترین درصد بدشکلی ستون فقرات از نوع لوردوز بود. ماهیان دارای بدشکلی ستون فقرات یا به‌طور وارونه و یا یک طرفه شنا می‌کردند و رشد آنها اساساً کمتر از ماهیان عادی بود. ماهیان دارای بدشکلی، دارای کیسه هوایی نرمال بودند (۱۰). علت لوردوز در ماهیان کپور به طور کامل مشخص نشده است اما در ارتباط با تعدادی از ماهیان وحشی دارای بدشکلی لوردوز بیان شده است که لوردوز فقط در ماهیانی اتفاق افتاده است که کیسه هوایی آنها دارای گاز نبوده است (۲۵). در چندین گونه ماهی (*gilthead sea beam, red sea bream*) نیز گزارش شده است که بدشکلی ستون فقرات با عملکرد کیسه هوایی ارتباط داشته است (۲۲ و ۱۱). در پژوهشی، علت بدشکلی ستون فقرات در ماهی کپور، جریان شدید آب گزارش شده است (۱۲). محققانی نیز پیشنهاد کردند که علت اصلی بدشکلی ستون فقرات ممکن است به علت کمبود ویتامین C در جیره غذایی آنها باشد (۱۶و ۱۹).

هم اکنون، حفاظت و بازسازی ذخایر ماهی کپور در ایران از طریق تکثیر مصنوعی و رهاسازی بچه ماهیان تولیدی در آب‌های طبیعی صورت می‌پذیرد که با وجود فواید تکثیر مصنوعی، تغییرات مورفولوژیک و ژنتیکی بارزی در میان نمونه‌های تکثیر مصنوعی و وحشی دیده می‌شود و این روش در طولانی مدت می‌تواند به کاهش تنوع ژنتیکی درون جمعیتی و ذخایر ژنی منجر گردد (۲). در ارتباط با بدشکلی ستون فقرات مشاهده شده در این بررسی، علت اصلی کاملاً مشخص نیست و ممکن است عوامل محیطی یا ژنتیکی در ایجاد آن نقش داشته باشند و در این بین شیوه حفاظت و بازسازی ذخایر ماهی کپور معمولی نیز می‌تواند در این زمینه تأثیرگذار باشد. بنابراین برای مشخص کردن دلیل اصلی بدشکلی ستون فقرات نیز بررسی مولکولی دقیق مانند توالی‌یابی و مقایسه با ژنوم ماهیان دارای ستون فقرات عادی پیشنهاد می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که در الگوی فلس در ماهیان پرورشی تنوع وجود دارد. به طوری که در کل، نمونه‌ها سه الگوی فلسی متفاوت را نشان دادند. یک الگوی فلس کامل ولی نامنظم نیز در بین نمونه‌ها مشاهده شد که برای مشخص شدن علت و جهش احتمالی پیشنهاد می‌شود که بررسی‌های دقیق‌تری انجام شود که شاید منجر به شناسایی الگوی فلسی جدیدی شود. از طرفی نیز یک نمونه وحشی دارای بدشکلی ستون فقرات بود و یک نمونه پرورشی نیز فاقد بال مخرجی بود. علت احتمالی بدشکل ستون فقرات در ماهی وحشی ممکن است به علت تکثیر مصنوعی و رهاسازی لاروها در دریا باشد. اگرچه ممکن است عامل ژنتیکی نیز در ایجاد آن دخیل باشد. در مجموع، برای مشخص شدن علت اصلی تنوع در الگوی فلس و همچنین بدشکلی‌های مشاهده شده، پیشنهاد می‌شود که در صورت امکان بررسی تنوع مورفولوژیکی ماهیان کپور ایران با تعداد نمونه بیشتر انجام شود و در ادامه تحقیق حاضر، ارزیابی‌های ژنومی و بررسی‌های مولکولی می‌تواند در شناسایی دقیق معماری ژنتیکی و مناطق ژنومی مؤثر بر این صفات نقش مهمی داشته باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم میدانند از زحمات مهندس خوشحال (مدیر مرکز تکثیر سیلور کارپ استان گیلان)، جناب آقای دکتر مقدم (رئیس مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان

DOR: 20.1001.1.23832614.1402.36.2.3.6
مقاله پژوهشی، صفحات ۱۲۹-۱۱۸

آب‌های داخلی-گرگان)، آقای دکتر صالحی (مدیر مرکز تکثیر شهید ملکی استان خوزستان)، مهندس کیانی (مسئول تکثیر مرکز تکثیر شهید ملکی استان خوزستان) و آقای عابدراد (مدیر مرکز تکثیر تعاونی۱۲ استان گیلان) که در فرآیند نمونه‌گیری نهایت همکاری را با ما داشتند صمیمانه قدردانی کنند. لازم به ذکر است که مطالعه حاضر با کد طرح به شماره ۹۹۰۲۴۸۰۸ و با استفاده از حمایت صندوق INSF (Iran National Science Foundation) انجام شده است.

منابع

۱) آمارنامه شیلات ایران ۱۳۸۱-۱۳۹۱. (۱۳۹۲). روابط عمومی شیلات ایران، صفحات ۳۳ و ۶۶.

۲) سلیمانی، ن.، محمدی، غ.، خدادادی، م.، (۱۳۹۳). بررسی تنوع ژنتیکی ماهی *Cyprinus carpio* پرورشی در استان خوزستان با استفاده از روش ریز ماهواره‌ها. مجله تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی-مولکولی. دوره چهارم، شماره چهاردهم، صفحات ۹۸-۹۳.

۳) شعبانپور، ب. اصغری، م.، حیدری، س.، بایی، ه.، قربانی، آ.، جافر، ع. ، (۲۰۱۶). مقایسه تغییرات کیفی فیله کپورماهیان پرورشی در محیط استخر و آزمایشگاه و ماهی کپور دریایی طی نگهداری در یخچال. مجله پژوهشهای جانوری (مجله زیست شناسی ایران). دوره بیست‌وهشتم، شماره چهارم، صفحات ۴۶۶-۴۸۰.

۴) عابدی، س.ز.، خالصی، م.ک.، کوهستان اسکندری، س.، عابدی، س.م.، دغاغله، ع.ر.،(۱۳۹۳). مقایسه تجربی انباشتگی سرب در ماهی فلس‌دار (*Cyprinus carpio*) و بدون فلس(*Pangasius hypophthalmus*) با رویکرد دینی. فصلنامه علمی پژوهشی محیط‌زیست جانوری. سال ششم، شماره سوم، صفحات ۲۲۴-۲۱۳.

۵) عابدی، س.ز.، نجفی، ف.، (۱۳۸۸). مروری بر دو دیدگاه علمی و مذهبی در خصوص حلال و حرام بودن ماهیان غلس‌دار و بدون فلس. اولین همایش دانشجویی علوم شیلاتی، ساری، صفحه ۱۵.

۶) گزارش عملکرد تولید، (۱۳۸۴). اداره کل تولید و پرورش ماهی، معاونت تکثیر و پرورش آبزیان.

۷) مرتضوی زاده، س، ع.، (۱۳۷۷). پرورش کپور ماهیان به روش چینی و مقایسه اقتصادی آن به روش مرسوم، مرکز تحقیقات شیلاتی استان خوزستان، ۱۲۵ صفحه.

۸) وزیرزاده، آ.، معصومی، ه.، (۱۳۹۷). اثر منفرد و ترکیبی برخی پروبیوتیک ها بر ایمنی موکوسی کپور معمولی(*Cyprinus carpio*). مجله پژوهشهای جانوری (مجله زیست شناسی ایران) . دوره سی‌ودوم، شماره سوم، صفحات ۲۴۴-۲۵۲.

9. Alfonso, J.M., Montero, D., Rabaina, L., Astorga, N., Izquierdo, M.S. and Gines R. 2000. Association of a lordosis-scoliosiskyphosis deformity in gilthead seabream (*Sparus aurata*) with family structure. Fish Physiology Biochemistry, 22, pp:159-153.

10. Al-Harbi, A.H., 2001. Skeletal deformities in cultured common carp *cyprinus carpio L*. 2001. Asian Fisheries Science, 14, pp:247-254.

11. Andrades, J.A., Becerra, J. and Fernandez-Llebrez, P. 1996. Skeletal deformities in larval, Juvenile and adult stages of cultured gilthead sea beam (*Sparus aurata L*.). Aquaculture, 141, pp:1-11.

12. Backiel, T., Kokurewicz, B. and Ogorzalek, A. 1984. High incidence of skeletal anomalies in carp, *Cyprinus Carpio, r*eared in cages in flowing water. Aquaculture, 43, pp:369-380.

13. Balon, E. K. 1995. Origin and domestication of the wild carp, *Cyprinus carpio*: from Roman gourmets to the swimming flowers. Aquaculture, 129, pp:46.

14. Berg L.S. 1949. Fresh water fishes of the USSR and adjacent countries. Israel program for scientific translation. Jerusalem.

15. Coad, B. W., 2006. Endemicity in the freshwater fishes of Iran. Iranian Journal of Animal Biosystematics, 1(1), pp:1-13.

16. Dabrowski, K., Hinterleither, S., Sturmbauer, C., El-Fiky, N. and Wieser, W. 1988. Do carp larvae require vitamin C. Aquaculture, 72, pp:295-306.

17. Douglas, T. 1988. Genetics of scale pattern in common carp. Aquaculture, pp:52-61.

18. Eissa, A.E., Moustafa, M., El-Husseiny, I.N., Saeid, S., Saleh, O. and Borhan, T. 2009. Identification of some skeletal deformities in freshwater teleosts raisedin Egyptian aquaculture. Chemosphere, 77, pp:419–425.

19. Frischknecht, R., Wahli, T. and Meier, W. 1994. Comparison of pathological changes due to deficiency of vitamin C, vitamin E and combinations of vitamin C and E in rainbow trout, Oncorhynchus mykiss (*Walbaum*). Journal Fish Diseases, 17, pp:31-45.

20. Gjerde, B., Pante, M.J. and Baeverfjord, G. 2005. Genetic variationfor a vertebral deformity in Atlantic salmon. Aquaculture, 244, pp:223-236.

21. Gurganari, L., Dastageer, G., Mushtaq, R., Khwaja, S., Uddin, S., Baloch, M., and Hasni, S. 2022. Assessment of heavy metals in *cyprinid* fishes: Rivers of district Khuzdar Balochistan Pakistan. Brazilian Journal of Biology, 84, pp:1-9.

22. Iseda, H., Ishihara, M., Sumida, S., Owaki, M. and Tabata, S. 1979. Prevention of deformation in the juveniles of red sea bream, Pagrus major, reared in ponds. Relationship between the initial rearing conditions and the lordotic deformity. Bulletin of Kumamoto Prefectural Fisheries Experimental Station, 1, pp:9-17.

23. Johnson, P.T.J., Chase, J.M., Dosch, K.L., Hartson, R.B., Gross, J.A., Larson, D.J., Sutherland, D.R. and Carpenter, S.R. 2007.Aquatic eutrophication promotes pathogenic infection in amphibians. Proceedings of the National Academy of Sciences, 104, pp:15781-15786.

24. Kirpichnikov, V.S. 1981. Genetic bases of fish selection. Springer-Verlag, Berlin, Germany, 410 pages.

25. Kitajima, C., Watanabe, T., Tsukashima, Y. and Fujita, S. 1994. Lordotic deformation and abnormal development of swimbladders in some hatchery-bred marine physoclistous fish in Japan. Journal of the World Aquacult Society, 2, pp:64-77.

26. Kocour, M., Linhart, O. and Vandeputte, M. 2006. Mouth and fin deformities in common carp: is there a genetic basis? Aquaculture Research, 37, pp:419-422

27. Kohlmann, K., Gross, R., Murakaeva, A. and Kersten, P. 2003. Genetic variability and structure of common carp (*Cyprinus carpio*) populations throughout the distribution range inferred from allozyme, microsatellite and mitochondrial DNA markers. Aquatic Liver Resource, 16, pp:421-431.

28. Kužir, S., Maleničić, L., Stanin, D., Vukičević, T., Alić, I. and Gjurčević, E. 2015. Description of head deformities in cultured common carp (*Cyprinus carpio Linnaeus*). Veterinarski Arhiv, 85, pp:437-449.

29. Lahnsteiner, F., Urbanyi, B., Horvath, A. and Weismann, T. 2000. Bio-markers for egg quality determination in cyprinid fishes. Aquaculture, 195, pp:331-352.

30. Murugesan, S., Jose1, N., Viswambharan, D. and Jaiswar, A.K. 2019. First record on the absence of anal fin in the white sardine, Escualosa thoracata (*Valenciennes, 1847*) from Indian waters. Indian Journal of Geo Marine Sciences, 48, pp:1521-1523.

31. Nelson, J.S., Grande, T.C. and Wilson, M.V.H. 2016. Fishes of the World. 5th Edition, John Wiley and Sons, Hoboken, 752 pages.

32. Ohno, S., and Atkin, N. 1966. Comparative DNA values and chromosome complements of eight species of fishes. Chromosoma, 18, pp:455-466.

33. Ohno, S., Muramoto, J., Christian, L. and Atkin, N.B. 1967. Diploid-tetraploid relationship among old-world members of the fish family Cyprinidae. Chromosoma, 23, pp:1-9.

34. Vandeputte, M., Quillet, E. and Chevassus, B. 2002. Early development and survival in brown trout (*Salmo trutta fario L.*): indirect e!ects of selection for growth rate and estimation of genetic parameters. Aquaculture, 204, pp:435-445.

35. Vosooghi, Q. and Mostajir, B. 1981. Fresh Water Fishes. Tehran University press, Tehran, Iran, 334 pages.

36. Walker, J.M. and Taylor, H.L. 1965. A Brook Trout with No Anal Fin. The Progressive Fish Culturist, 27, pp:232-233.

37. Xu, J., Jiang, Y., Zhao, Z., Zhang, H., Peng, W., Feng, J., Dong, C., Chen, B., Tai, R., and Xu, P. 2019. Patterns of geographical and potential adaptive divergence in the genome of the common carp (*Cyprinus carpio)*. Frontiers in genetics, 10, 660.

38. Zhou, J.W.Q., Ye, Y. and Tong, J. 2004. Genetic variation analysis within and among six varietics of common carp in china using microsatellite markers. Russian Journal of Genetics, 40, pp:1389-93.

39. Zhou, Z., Chen, L., Dong, C., Peng, W., Kong, S., Sun, J., Pu, F., Chen, B., Feng, J. and Xu, P. 2018. Genome-scale association study of abnormal scale pattern in yellow river carp identified previously known causative gene in European mirror carp. Marine Biotechnology, 20, pp:573-583.

مقاله پژوهشی، صفحات ۱۲۹-۱۱۸ DOR: 20.1001.1.23832614.1402.36.2.3.6

Investigation of scale pattern and deformities in wild common carp (*Cyprinus carpio*) and breeder's common carp (*Cyprinus carpio*) of Iranian hatchery centers

Bakhtiar R.[1], Miraei Ashtiani S.R.[1], Nejati Javaremi A.[1], Moradi M.H.[2] and Martínez P.[3]

[1] Dept. of Animal Sciences, University of Tehran, Karaj, I.R. of Iran

[2] Dept. of Animal Sciences, Arak University, Arak, I.R. of Iran

[3] Dept. of Zoology, Genetics and Physical Anthropology, University of Santiago de Compostela, Lugo, Spain.

Abstract

Morphological characteristics of fish, including phenotypic diversity in scale pattern, anal fin, and spine shape, play an important role in their viability and economic value. The aim of this study was to investigate the scale patterns and deformities in wild common carp (*Cyprinus carpio*) and breeder's common carp (*Cyprinus carpio*) of Iranian hatchery centers. In total, 219 samples including 40 wild and 179 farmed common carp (From Silver Carp center in Guilan Province, Cooperative center of 12 in Guilan Province, Shahid Maleki Center in Khuzestan Province) were collected. All farmed and wild Common carp samples were photographed and their other morphological characteristics were examined. The results of this study show different scale patterns in farmed common craps. We observed three different scale patterns in farmed common carp including full scales (Normal), large scales along the lateral line of the body (Line) and a small number of large scales (Mirror). Furthermore, we found a wild common carp with spinal deformation and one farmed common carp missing anal fin. We also found a different scale pattern in farmed common carp that was covered with a disordered full scale. In general, the results of the present research which examines the possible variation in the scale pattern and types of deformities in the appearance of wild and farmed common carp for the first time in Iran, can provide valuable information for further researches in the field of molecular identification of the genetic basis of the variation observed in Common carp.

Key words: Common carp, Phenotypic diversity, Missing anal fin, Deformities.