(DOI): 10.22034/AEJ.2020.126431

بررسی دوشکلی جنسی شکل بدن گورماهی صوفیا (*Esmaeilius sophiae*) با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی

- **سهیل ایگدری***: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- **عطا مولودی‌صالح**: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- **هادی پورباقر**: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: تیر ١٣٩٩ تاریخ پذیرش: مهر ١٣٩٩

چکیده

در این مطالعه دوشکلی جنسی گورماهی صوفیا (*Esmaeilius sophiae*) در چشمه‌علی دامغان (حوضه دشت کویر) و رودخانه شور (حوضه دریاچه نمک) با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی لندمارک پایه به‌اجرا درآمد. در مجموع تعداد ٨٦ قطعه ساکن چشمه‌علی دامغان (٥٢ قطعه) و رودخانه شور (٣٤ قطعه) با استفاده از تور دستی نمونه‌برداری شدند. از سمت چپ سطح جانبی نمونه‌ها با استفاده از دوربین دیجیتال عکس‌برداری و سپس بر روی تصاویر دو بعدی حاصل تعداد ١٥ نقطه لندمارک با استفاده از نرم‌افزار TpsDig2 قرار داده شد. داده‌های حاصل از شکل پس از آنالیز پروکراست، با استفاده از آنالیزهای چند متغییره ازجمله تحلیل تابع تشخیص (DFA) براساس ارزش P حاصل از T-test هتلینگ تحلیل شدند. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین شکل بدن جنس‌های نر و ماده در هر دو جمعیت وجود دارد (P<٠/٠٥) که شامل موقعیت فوقانی دهان، موقعیت قدامی باله سینه‌ای و ساقه دمی کوتاه‌تر در جنس نر می‌باشد. نتایج تغییر جایگاه استقرار به‌منظور کاهش رقابت غذایی را عامل ایجاد دوشکلی جنسی در این گونه را پیشنهاد می‌کند. مقایسه نر–نر و ماده–ماده هر دو جمعیت موجود نیز نشان داد که در هر دو جنس، افراد چشمه علی دامغان دارای عمق بدن بیش‌تری می‌باشند که یک مزیت شناگری را برایشان فراهم می‌کند.

کلمات کلیدی: گور ماهی کویری، دوشکلی جنسی، ریخت‌سنجی هندسی، تحلیل تابع‌تشخیصی

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: soheil.eagderi@ut.ac.ir

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.126431

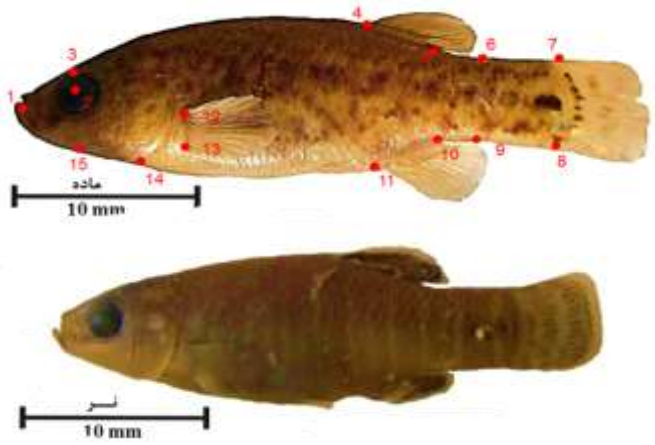
مقدمه

ازجمله پدیده‌های رایج در بین موجودات زنده دوشکلی جنسی می‌باشد (Herlev و همکاران، ۲۰۱۰) و سه مکانیسم گزینش جنسی، دوشکلی آشیانی و رقابت غذایی به‌عنوان عوامل اصلی برای تمایز و ایجاد دوشکلی جنسی در جانوران گزارش شده است (Hedrick و Temeles، ۱۹۸۹). در مکانیسم گزینش جنسی، تغییر شکل عمدتاً در جنس نر گونه‌هایی مشاهده می‌شود و ماده‌ها یک فرآیند گزینشی را برای انتخاب جفت در طی فرآیند جفت‌گیری از خود نشان می‌دهند (O'Donald، ۱۹۶۷؛ Hedrick و Temeles، ۱۹۸۶).مکانیسم‌دوشکلی‌آشیانی‌به‌واسطه محدودیت‌های تولیدمثلی و برخلاف حالت اول تغییر شکل و گزینش روی جنس ماده صورت می‌گیرد (Hedrick و Temeles، ۱۹۸۶). تمایز جنسی به‌واسطه رقابت غذایی به‌منظور کاهش رقابت بین دو جنس به‌وقوع می‌پیوندد و ممکن است منجر به سازگاری عملکردی به عادات متفاوت تغذیه‌ای گردد (Spoljaric و Reimchen، ۲۰۰۸). دوشکلی جنسی گاهی اوقات بسیار سریع‌تر از پیدایش یک گونه جدید به‌وقوع می‌پیوندد (Schluter، ۲۰۰۱ ؛Bolnick و Doebeli، ۲۰۰۳؛ McKinnon و همکاران، ۲۰۰۴). این فرایند در برخی از گونه‌های آب شیرین ایران یافت‌می‌شودکه شناخته‌شده‌ترین‌آن‌ها دو شکلی جنسی در کپورماهیان دندانی (Aphaniidae) می‌باشد (ایگدری، ۱۳۹۵). در بررسی الگوهای تغییرپذیری‌ریختی،روش‌ریخت‌سنجی‌هندسی ازجمله ابزارهای مناسب و کارآمد است که استفاده از آن در مطالعات زیستی به اثبات رسیده است (ایگدری و همکاران، ۱۳۹۹؛ Bookstein، ۱۹۹۱). این روش جهت آنالیز شکل‌های هندسی با استخراج اطلاعات جایگاه فضایی متغیرهای ریختی در قالب لندمارک‌ها و یا خطوط سیر پیرامونی و آنالیز آن‌ها با استفاده از آزمون‌های آماری چند متغیره می‌باشد (Zelditch و همکاران، ۲۰۰۴؛ صالحی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۵). این داده‌ها می‌توانند به‌روش‌های مختلفی ازجمله Wireframe مصورسازی گردند (Adams و همکاران، ۲۰۰۲).ولی درمطالعات ریخت‌سنجی‌سنتی‌آنالیزهای‌آماری چندمتغیره برای بررسی یک مجموعه از داده‌های فاصله‌ای از قبیل طول، عرض و ارتفاع به‌کار برده می‌شود. کپور ماهیان دندانی با ۱۵ گونه توصیف شده در جنس‌های *Esmaeilius* و *Aphaniops* در آب‌های شیرین، لب‌شور و شور ایران پراکنش یافته‌اند (Esmaeili و همکاران، ۲۰۱۸). گورماهی صوفیا (*Esmaeilius sophiae*) یکی از اعضای این خانواده می‌باشد که پراکنش وسیعی در آب‌های داخلی ایران در حوضه‌های آبریز رودخانه کر، تیگریس، پرسیس، دشت کویر و دریاچه نمک ایران دارد (Esmaeili و همکاران، ۲۰۱۸؛ Freyhof و Yoğurtçuoğlu، ۲۰۲۰). بدن نرهای گورماهی صوفیا به‌طور معمول قهوه‌ای روشن با ۱۲-۹ نوار نقره‌ای است ولی در بعضی موارد رنگ بدن آبی تیره می‌باشد. باله پشتی در نرها متمایل به آبی با لکه‌های نقره‌ای یا متمایل به آبی به شکل نوارهای عرضی است. رنگ ماده‌ها روشن‌تر و معمولاً متمایل به قهوه‌ای همراه با لکه‌های‌بزرگ قهوه‌ای تیره است (Esmaeili و همکاران، ۲۰۱۴). با توجه به مطالب فوق، این تحقیق به‌منظور بررسی الگوی دوشکلی جنسی شکل بدن گورماهی صوفیا (*E. sophiae*) در رودخانه‌های شور اشتهار (حوضه دریاچه‌نمک)و چشمه‌علی دامغان(حوضه‌دشت کویر) با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی به مرحله اجرا درآمد. شناخت این الگوی تفاوت می‌تواند به درک بهتر علت بروز چنین دوشکلی جنسی کمک نماید.

مواد و روش‌ها

جایگاه نمونه‌برداری: در این تحقیق در مجموع ۵۲ قطعه (۲۹ ماده و ۲۳ نر) گورماهی صوفیا از چشمه‌علی دامغان (′۱۶ °۳۶ عرض شمالی‌و ′۰۵ °۵۴ طول شرقی)و ۳۴ قطعه (۱۸ ماده و ۱۶ عدد نر) از رودخانه‌شور(′۳۵ °۶۰ عرض‌شمالی و ′۴۸ °۵۰ طول شرقی) با استفاده از تور دستی با چشمه یک میلی‌متر صید شدند. در این تحقیق تنها ماهیان‌بالغ برای حداقل کردن تغییرات شکل به‌واسطه رشد آلومتریک انتخاب شدند.

استخراج داده: برای روش ریخت‌سنجی هندسی، سمت چپ سطح جانبی نمونه‌ها با استفاده از دوربین دیجیتالی Kodak با قدرت تفکیک ۶ مگاپیکسل عکس‌برداری شدند. برای استخراج داده‌های شکل بدن در این روش تعداد ۱۵ لندمارک تعیین گردید (شکل ۱).



شکل ۱: لندمارک‌های تعیین شده بروی نمونه‌های گورماهی صوفیا (*E. sophiae*) برا استخراج داده‌های شکل بدن

۱- ابتدایی‌ترین بخش پوزه در قسمت فک بالا، ۲- نقطه وسط چشم، ۳- امتداد خطی موازی از لندمارک شماره ۲ به سمت بالای بدن، ۴- ابتدای قاعده باله پشتی، ۵- انتهای قاعده باله پشتی، ۶- قسمت بالایی حداکثر تورفتگی ساقه دمی، ۷- انتهایی‌ترین نقطه ساقه دمی، ۸- انتهایی‌ترین نقطه ساقه دمی، ۹- قسمت پایینی حداکثر تورفتگی ساقه دمی، ۱۰- انتهای قاعده باله مخرجی، ۱۱- ابتدای قاعده باله مخرجی، ۱۲- بالاترین نقطه قاعده باله سینه‌ای، ۱۳- پایین‌ترین نقطه قاعده باله سینه‌ای،۱۴- بخش زیرین سرپوش آبششی و ۱۵- خطی موازی از لندمارک شماره ۲ به سمت پایین بدن

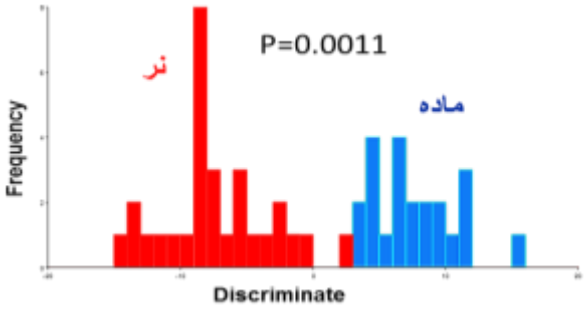
(DOI): 10.22034/AEJ.2020.126431

لندمارک‌ها با استفاده از نرم افزار TpsDig2 برروی تصاویر دو بعدی قرار داده شدند (Rohlf، ۲۰۰۶). روی هم‌گذاری جایگاه لندمارک‌های نمونه‌ها با استفاده از آنالیز پروکراست (GPA) به‌منظور حذف تغییرات غیرشکل شامل اندازه، جهت و موقعیت صورت پذیرفت (Zelditch و همکاران، ۲۰۰۴).

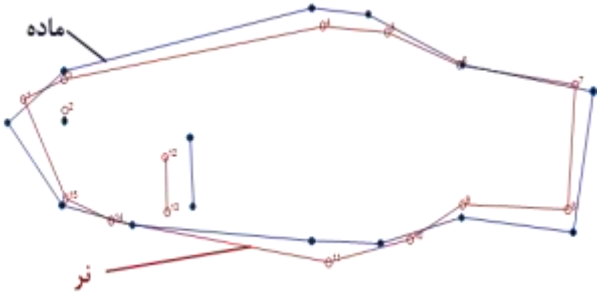
آنالیز آماری: داده‌های شکل بدن جنس‌های نر و ماده با استفاده آنالیزهای چندمتغیره تابع تشخیص (DFA) و T-test هتلینگ با استفاده از نرم‌افزار PAST تحلیل و مقایسه شدند. مصورسازی تغییرات شکل بدن میانگین جمعیت‌ها از شکل میانگین کل (Consensus configuration) با استفاده از نرم افزار MorphoJ در نمودار Wireframe صورت پذیرفت.

نتایج

چشمه علی دامغان: نتایج آنالیز تشخیص تابع تحلیلی (DFA) و T-test هتلینگ در مقایسه شکل بدن دو جنس نر و ماده تفاوت معنی‌داری را نشان داد (P=۰/۰۰۱۱) (شکل ۲). مقادیر ماهالانوبیس و پروکراست به‌عنوان درجه تمایز بین دو جنس نر و ماده به‌ترتیب ۳/۸ و ۰/۰۳۲ محاسبه شد. براساس الگوهای جابجایی لندمارک‌ها، در الگوی شکل سر، دهان در جنس نر موقعیت فوقانی داشت (شکل ۳). هم‌چنین طول ساقه دمی در جنس نر تا حدودی کوتاه‌تر و باله سینه‌ای دارای موقعیت قدامی بود.

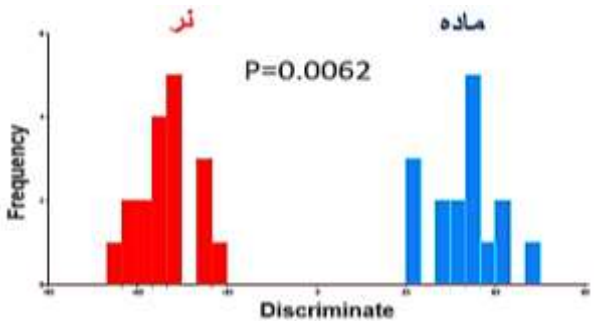


شکل ۲: نمودار آنالیز DFA شکل بدن جنس‌های نر و ماده گورماهی صوفیا (*E. sophiae*) چشمه‌علی دامغان

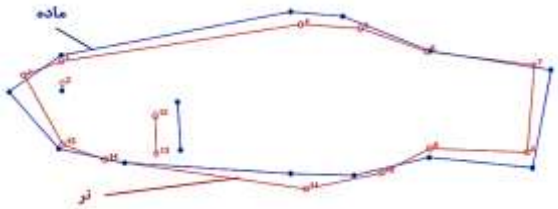


شکل ۳: مقایسه میانگین شکل بدن جنس ماده و نر گورماهی صوفیا (*E. sophiae*) چشمه علی دامغان با استفاده از شبکه تغییر شکل

رودخانه شور: نتایج آنالیز DFA و T-test هتلینگ شکل بدن جنس‌های نر و ماده گورماهی رودخانه شور تفاوت معنی‌داری را نشان داد (P=۰/۰۰۶) (شکل ۴). مقادیر ماهالانوبیس و پروکراست بین دو جنس نر و ماده به‌ترتیب ۹/۹۶ و ۰/۴۹ محاسبه شد. براساس الگوهای جابجایی لندمارک‌ها، عمده تفاوت‌ها مشابه چشمه علی دامغان مربوط به موقعیت دهان، موقعیت باله سینه‌ای و طول ساقه دمی می‌باشد (شکل ۵).



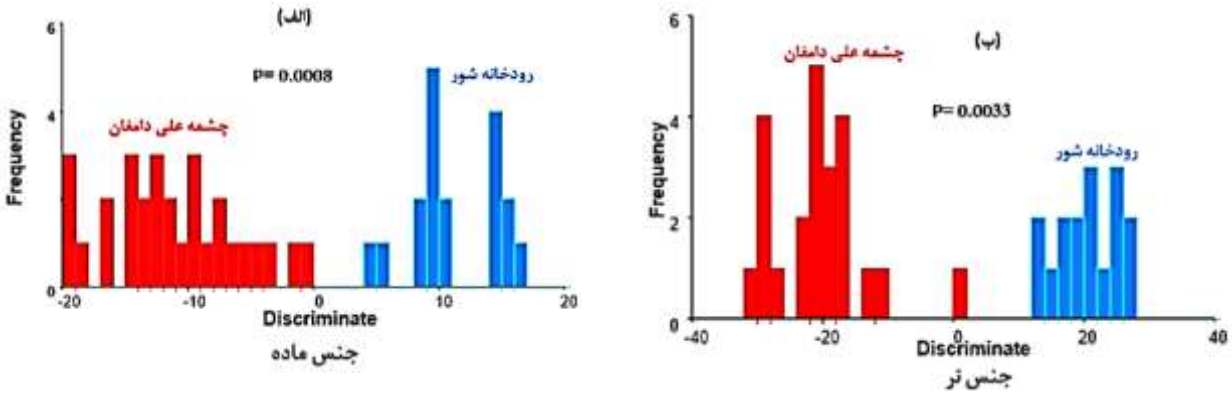
شکل ۴: نمودار آنالیز DFA شکل بدن جنس‌های نر و ماده گورماهی صوفیا (*E. sophiae*) رودخانه شور



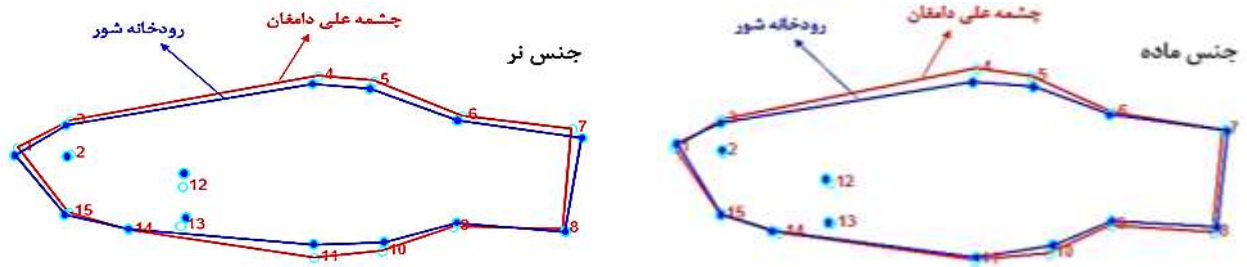
شکل ۵: مقایسه میانگین شکل بدن جنس ماده و نر گورماهی صوفیا (*E. sophiae*) رودخانه شور با استفاده از شبکه تغییر شکل

بین جمعیتی: در مقایسه شکل بدن دو جنس نر-نر و ماده-ماده بین دو رودخانه‌شور و چشمه‌علی‌دامغان براساس تحلیل تابع تشخیصی و T-test هتلینگ نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۵، شکل ۶). مقادیر ماهالانوبیس و پروکراست نیز به‌ترتیب ۴/۷۲ و ۰/۰۳۲ و ۶/۳۹ و ۰/۰۴۶ برای دو جنس ماده و نر محاسبه شد. در هر دو جنس نر و ماده جمعیت چشمه علی دامغان دارای عمق بدن بیش‌تر نسبت به جمعیت رودخانه شور بود (شکل ۷).

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.126431



شکل ۶: نمودار آنالیز DFA شکل بدن جنس‌های نر و ماده گورماهی صوفیا (*E. sophiae*) در رودخانه شور و چشمه‌علی دامغان



شکل ۷: مقایسه میانگین شکل بدن جنس ماده و نر گورماهی صوفیا (*E. sophiae*) چشمه‌علی دامغان و رودخانه شور با استفاده از شبکه تغییر شکل

بحث

تاثیر انتخاب‌طبیعی روی موجودات‌براساس سیستم جفت‌گیری، انتخاب جفت و صفات وابسته به تولیدمثل و تفاوت بوم‌شناسی افراد اساس ایجاد دوشکلی جنسی می‌باشد (Reeve و Fairbairn، ۱۹۹۹؛ Hood، ۲۰۰۰) در مقایسه شکل بدن جنس‌های نر و ماده گورماهی صوفیا در دو جمعیت چشمه علی دامغان و رودخانه شور، تفاوت‌ها مربوط به موقعیت باله سینه‌ای و دهان، و طول ساقه دمی بودند. ویژگی‌های ریخت‌شناختی دارای عملکردهای مشخصی هستند که کارایی بوم‌شناختی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. صفات ریختی ازجمله ارتفاع بدن، موقعیت باله‌ها و طول و ارتفاع ساقه دمی به عملکردهایی چون سرعت شنا، مانورپذیری (Lattuca و همکاران، ۲۰۰۷؛ Fisher و Hogan، ۲۰۰۷؛ ایگدری، ۱۳۹۵)و ویژگی‌هایی‌هم‌چون موقعیت چشم و دهان به عملکردهای مربوط به تغذیه مرتبط می‌شوند (Anderson و همکاران، ۲۰۰۵). بنابراین تفاوت در جایگاه دهان در بین دو جنس گورماهی صوفیا در این مطالعه می‌تواند در نتیجه تفاوت در رژیم‌های غذایی یا جایگاه تغذیه باشد. تمایز جنسی به‌واسطه رقابت غذایی به منظور کاهش رقابت بین دو جنس به‌وقوع می‌پیوندد و منجر به سازگاری عملکردی به عادات متفاوت تغذیه‌ای یا تغذیه در جایگاه‌های متفاوت گردد (Spoljaric و Reimchen، ۲۰۰۸).

علاوه بر تفاوت موقعیت متفاوت دهانی، تفاوت در موقعیت باله سینه‌ای و طول ساقه دمی احتمالاً به‌دلیل تفاوت در جایگاه استقرار یا آشیان دو جنس در زیستگاه آن‌ها باشد. با توجه به محدودیت منابع غذایی در دسترس گورماهی صوفیا در هر دو زیستگاه، احتمالاً دو جنس در جایگاه‌های متفاوت در زیستگاه به‌منظور اجتناب از رقابت زیست می‌کنند. جنس نر به‌واسطه داشتن دهان فوقانی احتمالاً در نزدیکی سطح زندگی می‌کند تا از حشرات آبزی و سایر مواد غذایی که در سطح آب قرار دارند، تغذیه نماید. ساقه‌دمی کوتاه و باله سینه‌ای قدامی در جنس نر یک مزیت شناگری برای زیست در نواحی سطحی آب می‌باشد(Paez و همکاران، ۲۰۰۸).ولی جنس ماده به‌عنوان جنس مولد، می‌بایست در رقابت با جنس نر آشیان پرتولیدتر مثل ستون آب که حاوی مواد غذایی بیش‌تری است را اشغال نماید. بنابراین ساقه دمی درازتر و موقعیت خلفی باله سینه‌ای برای زیست این گونه در ستون آب یک مزیت شناگری می‌باشد (Fisher و Hogan، ۲۰۰۷). در طول گزینش گاهی اوقات گزینش اکولوژیکی به‌صورت متفاوت بر دو جنس عمل می‌کند. رقابت درون گونه‌ای بین دو جنس به‌واسطه محدودیت آشیان اکولوژیکی می‌تواند سبب بروز چنین تفاوت‌هایی گردد (Hetrick و Temeles، ۱۹۸۹؛ Herler و همکاران، ۲۰۱۰). با توجه به این که شکل بدن در گونه‌های دوجنسی متاثر از وجود سایر گونه‌ها برای رقابت نیز می‌باشد (Wottoon، ۱۹۹۱)، در رودخانه شور، گورماهی‌صوفیا تنها گونه ماهی موجود بود، بنابراین در چنین محیطی تفاوت بین دو جنس به‌واسطه داشتن مقادیر فواصل ماهالانوبیس و

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.126431

پروکراست حداکثر بود ولی در این میزان در چشمه علی دامغان به دلیل وجود گونه‌های فنوتیپی مختلف دیگر کم‌تر بود (Soule و Cuzin Roudy، ۱۹۸۲؛ Wootton، ۱۹۹۱).

در بررسی بین جمعیتی جنس نر-نر و ماده-ماده دو جمعیت رودخانه شور و چشمه‌علی دامغان، در هر دو جنس عمق بدن ماهیان چشمه‌علی دامغان بیش‌تر از جمعیت رودخانه شور بود. اختلافات ریخت‌شناسی بین جمعیت‌های مختلف یک گونه می‌تواند ناشی از جدایی ژنتیکی و هم‌چنین ناشی از تفاوت ویژگی‌های محیطی باشد (Tudela، ۱۹۹۹). هم‌چنین شرایط محیطی متفاوت (دما، کدورت، عمق‌آب و جریان آب) سبب‌جدایی جمعیت‌ها درزیستگاه‌های مختلف می‌شود (Turan و همکاران، ۲۰۰۵؛ Samaee و همکاران، ۲۰۰۹). عمق بیش‌تر بدن ماهیان چشمه علی دامغان نسبت به رودخانه شور احتمالاً به‌دلیل شرایط محیطی متفاوت محل زیست آن‌ها است. ماهیان چشمه علی دامغان در محل حوضچه بزرگ چشمه و مابین گیاهان آبزی زیست می‌کنند و هم‌چنین این منبع دارای آب کاملاً شیرین می‌باشد. ولی در رودخانه شور محل زیست این ماهی در مسیر جریان آب و بیش‌تر بین گیاهان آبزی حاشیه‌ای است و در ضمن آب این رودخانه لب شور می‌باشد. داشتن بدن پهن یک مزیت شناگری برای مانور مابین گیاهان آبزی در آب‌های راکد می‌باشد (Langerhans و همکاران، ۲۰۰۳). در واقع، انعطاف‌پذیری در فنوتیپ مشاهده شده در ماهیانِ یک جمعیت در پاسخ به تغییرات محیطی منجر به حداقل کردن هزینه‌های ماهیان در پاسخ به تغییرات می‌شود (Langerhans و همکاران، ۲۰۰۳).

منابع

۱. **ایگدری، س.، ۱۳۹۵.** تعیین جنسیت مطلوب برای مقایسه ریخت‌شناختی جمعیت‌های ماهی گورخری (*Aphanius dispar*) با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی. مجله علمی شیلات ایران. جلد ۲۵، شماره ۵، صفحات ۶۵ تا ۷۴.

۲. **ایگدری، س.؛ مولودی‌صالح، ع.؛ احمدی، س. و جوادزاده، ن.، ۱۳۹۹.** بررسی انعطاف‌پذیری ریختی شکل بدن ماهی کاراس (*Carassius gibelio*) به زیستگاه‌های آبی جاری و ساکن با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی. مجله علمی شیلات ایران. جلد ۲۹، شماره ۱، صفحات ۴۹ تا ۵۸.

۳. **صالحی‌نیا، د.؛ ایگدری، س.؛ خراسانی، ن. و زمانی‌فرادنبه، م.، ۱۳۹۵.** مطالعه اثر سد سنگبان بر ویژگی‌های ریختی جمعیت‌های سیاه ماهی (*Capoeta gracilis*) با استفاده از دو روش ریخت‌سنجی هندسی و سنتی. فصلنامه محیط زیست جانوری. دوره ۸، شماره ۲، صفحات ۹۷ تا ۱۰۴.

۴. **Adams, D.C.; Rohlf, F.J. and Slice, D.E., 2002**. Geometric Morphometrics: Ten Years of Progress Following the Revolution. Italian Journal of Zoology. Vol. 71, pp: 5-16.

۵. **Andersson, J.; Frank, J. and Tony, S., 2005**. Interactions between predator-and diet-induced phenotypic changes in body shape of crucian carp. Environmental Biology of Fishes. Vol. 273, pp: 431-437.

۶. **Bolnick, D.I. and Doebeli, M., 2003**. Sexual dimorphism and adaptive speciation: two sides of the same ecological coin. Evolution. Vol. 57, pp: 2433-2449.

۷. **Bookstein, F.L., 1991**. Morphometric tools for landmark data:geometri and biology. Cambridge: Cambrige University Press.

۸. **Esmaeili, H.R.; Sayyadzadeh, G.; Eagderi, S. and Abbasi, K., 2018.** Checklist of freshwater fishes of Iran. FishTaxa. Vol. 3, No. 3, pp: 1-95.

۹. **Esmaeili, H.R.; Teimori, A.; Gholami, Z. and Reichenbacher, B., 2014**. Two new species of the tooth-carp Aphanius (Teleostei: Cyprinodontidae) and the evolutionary history of the Iranian inland and inland-related Aphanius species. Zootaxa. Vol. 3786, pp: 246-268.

۱۰. **Fisher, R. and Hogan, J.D., 2007**. Morphological predictors of swimming speed: a case study of pre-settlement juvenile coral reef fishes. The Journal of Experimental Biology. Vol. 210, pp: 2436-2443.

۱۱. **Freyhof, J. and Yoğurtçuoğlu, B., 2020.** A proposal for a new generic structure of the killifish family Aphaniidae, with the description of Aphaniops teimorii (Teleostei: Cyprinodontiformes). Zootaxa. Vol. 4810, No, 3. pp: 421-451.

۱۲. **Hedrick, A.V. and Temeles, E.J., 1989**. The evolution of sexual dimorphism in animals: hypotheses and tests. Trends in Ecolological Evolution. Vol. 4, pp: 136-138.

۱۳. **Herler, J.; Kerschbaumer, M.; Mitteroecker, P.; Postl, L. and Christian Sturmbauer, C., 2010.** Sexual dimorphism and population divergence in the Lake Tanganyika cichlid fish genus *Tropheus*. Frontiers in Zoology. Vol. 7, pp: 4.

۱۴. **Hood, C., 2000**. Geometric morphometric approaches to the study of sexual size dimorphism in mammals. Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy. Vol. 11, No. 1, PP: 77-90.

۱۵. **Langerhans, R.B., Layman, C.A., Langerhans, A.K. and Dewitt, T.J., 2003.** Habitat-associated morphological divergence in two Neotropical fish species. Biological Journal of the Linnean Society. Vol. 80, No. 4, pp: 689-698.

۱۶. **Lattuca, M.E., Battini, M.A. and Macchi, P.J., 2007**. Trophic interactions among native and introduced fishes in a northern Patagonian oligotrophic lake. Journal of Fish Biology. Vol. 72, No 6, pp: 1306-1320.

۱۷. **McKinnon, J.S.; Mori, S.; Blackman, B.K.; David, L.; Kingsley, D.M.; Jamieson, L.; Chou, J. and Parkerm, G.A.M., 1992**. The evolution of sexual size dimorphism in fish. Journal of Fish Biology. Vol. 41, pp:1-20.

۱۸. **O'Donald, P., 1967.** A general model of sexual and natural

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.126431

selection. Heredity. Vol. 22, pp: 499.

۱۹. **Paez, D.J.; Hedger, R.; Bernatchez, L. and Dodson, J.J., 2008**. The morphological plastic response to water current velocity varies with age and sexual state in juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*. Freshwater Biology. Vol. 53, No. 8, pp: 1544-1554.

۲۰. **Reeve, J.P. and Fairbairn, D.J., 1999**. Change in sexual size dimorphism as a correlated response to selection on fecundity. Heredity. Vol. 83, pp: 697-706.

۲۱. **Rohlf, J.F., 2006**. tpsDig, version 2.10. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.

۲۲. **Samaee, S.M.; Patzner, R.A. and Mansour, N., 2009**. Morphological differentiation within the population of Siah Mahi, *Capoeta capoeta gracilis*, (Cyprinidae, Teleostei) in a river of the south Caspian Sea basin: a pilot study. Journal of Applied Ichthyology. Vol. 25, No. 5, pp: 583-590.

۲۳. **Schluter, D., 2001**. Ecology and the origin of species. Trends in Ecological Evolution. Vol. 16, pp: 372-380.

۲۴. **Soule, M.E. and Cuzin-Roudy, J., 1982.** Allomeric variation. 2. Developmental instability of extreme phenotypes. The American Naturalist. Vol. 120, pp: 765-786.

۲۵. **Spoljaric, M.A. and Reimchen, T.E., 2008**. Habitat dependent reduction of sexual dimorphis in geometric body shape of Haida Gwaii threespine stickleback. Biological Journal of the Linnean Society. Vol. B, pp: 505-516.

۲۶. **Tudela, S., 1999**. Morphological variability in a Mediterranean, genetically homogeneous population of the European anchovy, *Engraulis encrasicolus*. Fisheries Research. Vol. 42, No. 3, pp: 229-243.

۲۷. **Turan, C.; Yalc, I.S.; Turan, F.; Okur, E. and Akyurt, I., 2005.** Morphometric comparisons of African catfish, *Clarias gariepinus*, populations in Turkey. Folia Zool. Vol 54. pp: 165-172.

۲۸. **Webb, P.W., 1984**. Form and function in fish swimming. Scientific American. Vol. 251, pp: 72-75.

۲۹. **Wootton, R.G., 1991**. Ecology of Teleost Fishes. London, Chapman and Hall. 404 p.

۳۰. **Zelditch, M.; Swiderski, D.; Sheets, D.H. Fink, W.L., 2004**. Geometric morphometrics for biologists: a primer. New York, Academic Press. 478 p.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.126431

Scientific Research Journal of Animal Environment Vol. 12, No. 4, Winter 2020

Sexual dimorphism comparison of body shape of *Esmaeilius sophiae* using geometric morphometric method

- **Soheil Eagderi*:** Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
- **Atta Mouludi Saleh:** Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
- **Hadi poorbgher:** Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received: July 2020 Accepted: October 2020

Key words: *Esmaeilius sophiae*, Sexual dimorphism, Geometric morphometric, Discriminant function analysis

Abstract

In the present study, the sexual dimorphism of *Esmaeilius sophiae* inhabiting the Cheshme-Ali Damghan (Dashte-Kavir basin) and Shoor River (Namak lake basin) was conducted using landmarks-based geometric morphometric technique. A total of 86 specimens were collected from Cheshme-Ali Damghan (52 specimens) and Shoor River (34 specimens). From the left side of the fresh samples were photographed using a digital camera, then ۱۵ landmark-points placed on the 2D images using TpsDig2 software. The obtained data from the body shape after Generalized Procrustes analysis were analyzed using multivariate analysis including discriminant function analysis using P-value obtained from T-test Hoteling. The observed differences were related to the position of the mouth and pectoral fin and the length of the caudal peduncle. The results showed significant differences between the body shape of the males ($P<0.05$). The results suggest change in habitat place to reduce food competition as a cause of sexual dimorphism in this species. Comparison of the males and females of both populations (between population) revealed that those of Cheshme-Ali Damghan have deeper body that provide advantage for their swimming.

* Corresponding Author's email: soheil.eagderi@ut.ac.ir