نشریه فن‌آوری‌های نوین در توسعه آبزی‌پروری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آزادشهر/ ISSN: 2008-0026 سال سیزدهم، شماره چهارم، زمستان ۹۸ / صفحات: ۹-۱

مقایسه ریختی‌شناختی واریته‌های ترکمنی و کورا ماهی کلمه (*Rutilus rutilus caspicus*, Yakovlev, 1870) دریای خزر با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی

*فریبرز قجقی[۱] و سهیل ایگدری[۲]

[۱] گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران

[۲] گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۵/۱۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۹/۴

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی مقایسه ویژگی‌های ریختی واریته‌های ترکمنی و کورا ماهی کلمه دریای خزر با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی لندمارک پایه به اجرا درآمد. در مجموع، تعداد ۱۲۰ نمونه از تالاب گمیشان واقع در جنوب‌شرقی دریای خزر و منطقه تالش واقع در جنوب‌غربی دریای خزر نمونه‌برداری گردید. از سمت چپ سطح جانبی نمونه‌ها عکس‌برداری و بر روی تصاویر دوبعدی حاصل، تعداد ۱۴ نقطه لندمارک با استفاده از نرم‌افزار TpsDig2 قرار داده شد. داده‌های حاصل پس از آنالیز پروکراست، با استفاده از آنالیزهای چندمتغیره تحلیل تشخیصی (DFA)، Ttest Hotelling و CVA/Manova مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج تفاوت معنی‌داری را بین شکل بدن جنس‌های نر و ماده هر جمعیت کلمه ترکمنی و کورا و همچنین بین دو جمعیت نشان داد. نتایج همچنین نشان داد که هر دو جنس کلمه کورا دارای سری بزرگ‌تر، قاعده باله مخرجی طویل‌تر و تا حدودی بدن پهن‌تر در جنس ماده نسبت به کلمه ترکمنی می‌باشد. به‌علاوه برخی الگوی تفاوت به‌دست آمده در این پژوهش متفاوت از یافته‌های قبلی بود. این امر می‌تواند به‌دلیل قابلیت بالای تکنیک ریخت‌سنجی هندسی در بررسی شکل ساختارهای زیستی و همچنین وجود دوشکلی جنسی در کلمه خزری می‌باشد. تفاوت‌های ریختی مشاهده شده بین جمعیت‌های کلمه ترکمنی و کورا می‌تواند بیانگر تکامل در حال پیشرفت شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه تحت‌تأثیر شرایط محیطی محل زیست آن‌ها در دریای خزر باشد.

واژه‌های کلیدی: کلمه، ریخت‌سنجی هندسی، انزلی، ترکمنی

مقدمه

شناسایی جمعیت‌های آبزیان در حفاظت از تنوع زیستی و مدیریت شیلات اهمیت بالایی دارد. علاوه‌بر این، شناسایی جمعیت‌ها در بررسی صفات زیستی مانند رشد، مرگ و میر، باروری، روابط تغذیه‌ای و حوادث دیرین‌شناسی ضروری می‌باشد. به‌طور سنتی، شناسایی جمعیت‌های درون گونه‌ای براساس خصوصیات ریخت‌شناسی سنتی است (Casselman و همکاران، ۱۹۸۱؛ Ihssen و همکاران، ۱۹۸۱؛ Cadrin، ۲۰۰۰). اما روش‌های سنتی با مشکلاتی در خصوص قابلیت اطمینان مواجه می‌باشند (Jerry و Cairns، ۱۹۹۸؛ Swain و Foote، ۱۹۹۹؛ Murta، ۲۰۰۰). ریخت‌سنجی سنتی بر پایه مجموعه‌ای از اندازه‌گیری‌های فواصل استوار است و از نظر توصیف تفاوت شکل بدن دارای ضعف‌هایی می‌باشد (Zelditch و همکاران، ۲۰۰۴). اخیراً استفاده از روش‌های ژنتیکی نیز متداول شده است (Hutchinson و همکاران، ۲۰۰۱؛ Mariani و همکاران، ۲۰۰۵). اما این روش‌های پرهزینه هستند. وجود دو واریته برای زیرگونه ماهی کلمه (*Rutilus*

* مسئول مکاتبه: fariborzghojoghi@yahoo.com

rutilus caspicus) در سواحل جنوبی دریای خزر تحت عناوین واریته‌های ترکمنی (Knipowitschi) و کورا (Kurensis) گزارش شده است (Coad، ۲۰۱۳). این ماهیان رودکوچ برای تخم‌ریزی وارد رودخانه‌ها و تالاب‌های حوضه جنوبی دریای خزر می‌گردند (ندافی و همکاران، ۱۳۸۰). کلمه ترکمنی در جنوب دریای خزر و در سواحل ایران و ترکمنستان (خلیج گرگان و خلیج حسنقلی) پراکنش دارد (Coad، ۲۰۱۳) و بیش‌ترین تراکم آن در مصب رودخانه اترک در کشور ترکمنستان گزارش شده است (ندافی و همکاران، ۱۳۸۰). کلمه کورا (انزلی) نیز در خلیج قزل‌آقاچ، رودخانه کورا، منطقه آستارا و به‌ندرت در مرداب انزلی یافت می‌شود (Coad، ۲۰۱۳). کلمه کورا بدنی پهن‌تر، چشم‌های کوچک و رشد بیش‌تری نسبت به کلمه ترکمنی دارد (Coad، ۲۰۱۳).

Mironovskii(۱۹۹۲) با استفاده از ۱۲ ویژگی مریستیک و ۷ ویژگی مورفومتریک نشان داد که کلمه ترکمنی و کورا متفاوت می‌باشند و این امر احتمالاً به‌دلیل شرایط محیطی متفاوت می‌باشد.

روش مدرن ریخت‌سنجی هندسی[1] لندمارک پایه دارای قابلیت وسیعی در مطالعات زیست‌شناسی می‌باشد. این روش به‌طور موفقیت‌آمیزی در مطالعات ریخت‌شناسی استفاده می‌شود (Chen و همکاران، ۲۰۰۵؛ Crews و Hedin، ۲۰۰۶؛ Recasens و همکاران، ۲۰۰۶). ریخت‌سنجی هندسی در مطالعات بوم‌شناسی، جغرافیای زیستی، رده‌بندی، انعطاف‌پذیری ریختی و تکامل‌های منجر به گونه‌زایی[2] به‌طور گسترده برای درک تغییرات فرم در فضا و زمان در طول تکامل، ارتباط ژنتیکی و تأثیر فاکتورهای زیست‌محیطی استفاده شده است (Cardini و همکاران، ۲۰۱۰). این ابزار مقایسه بین فرم‌های زیستی را براساس مختصات نقاط لندمارک‌ها امکان‌پذیر می‌سازد (Bookstein، ۱۹۹۱).

با توجه به اهمیت شناسایی ذخایر ماهیان در مدیریت کارآمد شیلاتی و بهره‌برداری بهینه ذخایر یک گونه از ماهی (ندافی و همکاران، ۱۳۸۰) و از آن‌جایی‌که تاکنون هیچ مطالعه جامعی در زمینه ساختار جمعیتی ماهی کلمه در آب‌های ایران با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی نشده و بیش‌تر مطالعات انجام شده نیز براساس روش‌های ریخت‌سنجی سنتی بوده است. از این‌رو این پژوهش با هدف مقایسه ویژگی‌های ریختی واریته‌های ترکمنی و کورا ماهی کلمه دریای خزر با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی که توانایی بالای در آنالیز شکل‌های زیستی دارد، به اجرا درآمد.

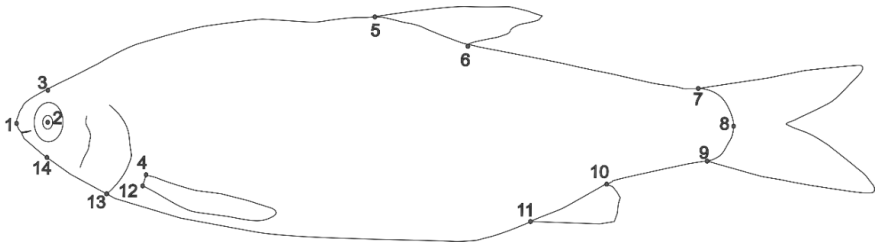
مواد و روش‌ها

برای این مطالعه، تعداد ۱۲۰ نمونه ماهی کلمه شامل؛ ۳۰ عدد نر و ۳۰ عدد ماده کلمه ترکمنی از تالاب گمیشان واقع در جنوب‌شرقی دریای خزر (شمال‌شرق بندرترکمن) و ۳۰ عدد نر و ۳۰ عدد ماده کلمه کورا از منطقه تالش توسط تور گوشگیر صید شدند. نمونه‌ها پس از بیهوشی در محلول گل میخک، در فرمالین بافری ۱۰ درصد تثبیت شدند و سپس برای ادامه مطالعات به آزمایشگاه منتقل شدند. از سمت چپ سطح جانبی نمونه‌ها با استفاده از Copystand مجهز به دوربین دیجیتال با قدرت تفکیک ۵ مگاپیکسل عکس‌برداری شد. برای استخراج داده‌های شکل در روش ریخت‌سنجی هندسی تعداد ۱۴ نقطه لندمارک با استفاده از نرم‌افزار TpsDig2 برروی تصاویر دوبعدی قرار داده شدند (شکل ۱). روی‌هم‌گذاری جایگاه لندمارک‌های نمونه‌ها با استفاده از آنالیز پروکراست (GPA) به‌منظور حذف تغییرات غیرشکل شامل اندازه، جهت و موقعیت صورت پذیرفت (Zelditch، ۲۰۰۴). داده‌های حاصل شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه با استفاده آنالیزهای چندمتغیره تحلیل تشخیصی (DFA) و t-test Hotelling و CVA/Manova توسط نرم‌افزارهای PAST (version 2.10) و MorphoJ مورد تحلیل قرار گرفتند. فواصل Mahalanobis بین گروه‌های مورد بررسی (۴ گروه جنس‌های نر و ماده کلمه کورا و

1- Geometric Morphometric
2- Macroecology

ترکمنی) مستخرج شده از آزمون permutation (فواصل جفتی) با ۱۰۰۰ تکرار استخراج گردید. مصورسازی تفاوت شکل بدن میانگین (Consensus configuration) جنس‌های نر و ماده هر جمعیت با یکدیگر و جنس‌های نر و ماده دو واریته کلمه ترکمنی و کورا با یکدیگر با استفاده از نرم‌افزار MorphoJ و توسط نمودار wireframe و شبکه تغییر شکل (Deformation grids) صورت پذیرفت.

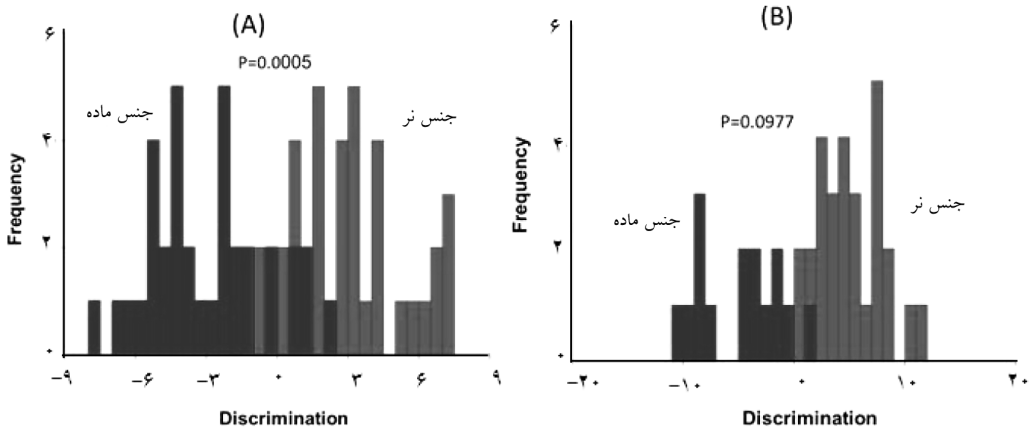
با توجه به این‌که مطالعات انجام شده (ندافی و همکاران، ۱۳۸۰) با استفاده از روش‌های ریخت‌سنجی سنتی بر مبنای مقایسه دو جمعیت ماهی کلمه ترکمنی و کلمه کورا بدون جدا نمودن جنس‌های نر و ماده بوده است. از این‌رو در این مطالعه به‌واسطه توانایی بالای روش ریخت‌سنجی هندسی در مقایسه شکل بدن گروه‌های مختلف، در ابتدا ریخت‌سنجی جنس‌های نر و ماده هر جمعیت به‌طور مجزا مورد مقایسه و بررسی قرار گرفت.



شکل ۱- لندمارک‌های تعیین شده برای استخراج شکل بدن ماهی کلمه: ۱- ابتدایی‌ترین بخش پوزه، ۲- نقطه وسط چشم، ۳- محل تقاطع خط موازی با نقطه وسط چشم با لبه بالای سر، ٤- قاعده بالایی باله سینه‌ای، ٥- ابتدای قاعده باله پشتی، ٦- انتهای قاعده باله پشتی، ۷- حداکثر تورفتگی ساقه دمی در بالای ساقه دمی، ۸- انتهای ساقه دمی در محل اتمام خط جانبی و شروع باله دمی، ۹- حداکثر تورفتگی ساقه دمی در محل پایین ساقه دمی، ۱۰- انتهای قاعده باله مخرجی، ۱۱- ابتدای قاعده باله مخرجی، ۱۲- قاعده شکمی باله سینه‌ای در بالای بدن، ۱۳- شکمی‌ترین بخش شکاف آبششی در زیر بدن، ١٤- محل تقاطع خطی موازی با نقطه وسط چشم با لبه زیرین سر.

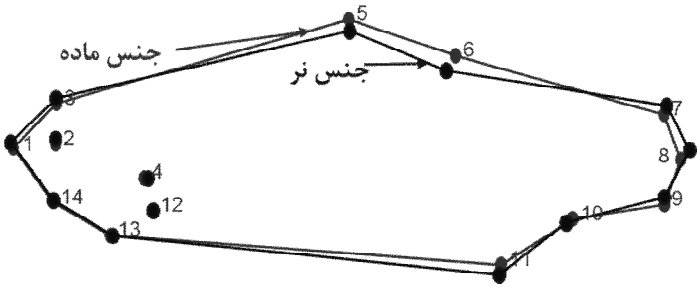
نتایج

نتایج نشان داد که شکل بدن جنس‌های نر و ماده در جمعیت‌های کلمه ترکمنی و کورا دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشند. آنالیز تحلیل تشخیصی (DFA) شکل بدن جنس‌های نر و ماده جمعیت کلمه کورا تفاوت معنی‌داری را نشان داد (P=۰/۰۰۰۵) (شکل ۲A).

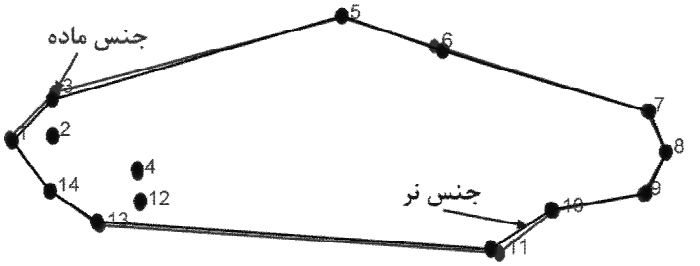


شکل ۲- نمودار تحلیل تشخیصی (DFA) داده‌های مختصات لندمارک‌های مربوط به شکل بدن جنس‌های نر و ماده (A) جمعیت تالش کلمه کورا و (B) کلمه ترکمنی (*Rutilus rutilus caspicus*).

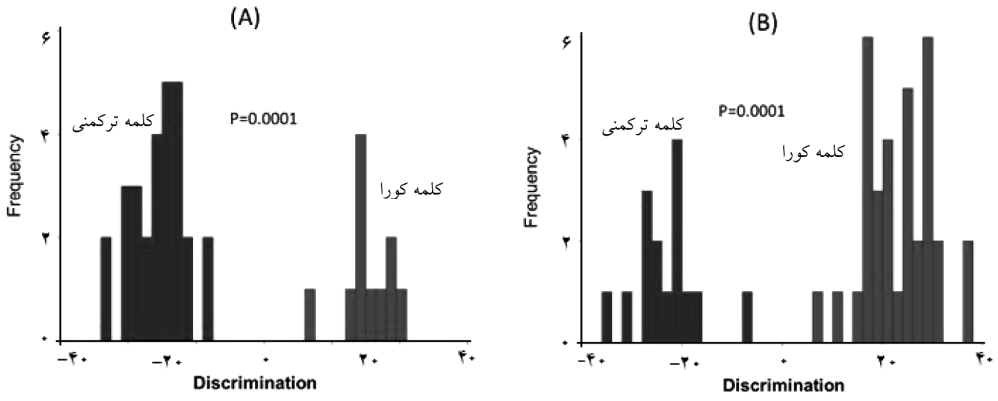
نمودار wireframe میانگین شکل بدن جنس‌های نر و ماده ماهی کلمه کورا (انزلی) نشان داد که جنس ماده دارای بدن پهن‌تر (مربوط به جابه‌جایی لندمارک‌های ۵ و ۶ به طرف بیرون)، باله مخرجی پشتی‌تر (مربوط به جابه‌جایی پشتی نقاط لندمارک ۱۰ و ۱۱) و ابتدای ساقه دمی عریض‌تر نسبت به جنس نر می‌باشد (شکل ۳). آنالیز تحلیل تشخیصی (DFA) شکل بدن جنس‌های نر و ماده ماهی کلمه ترکمنی نیز تفاوت معنی‌داری را نشان داد (P=۰/۰۹۷۷). (شکل 2B). همچنین نمودار wireframe مقایسه میانگین شکل بدن دو جنس نشان داد که جنس ماده دارای سر بزرگ‌تری (مربوط به جابه‌جایی لندمارک ۳) نسبت به جنس نر است (شکل ۴).



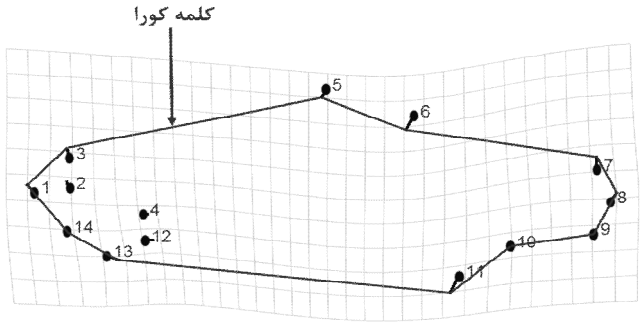
شکل ۳- نمودار مقایسه شکل بدن جنس‌های نر و ماده جمعیت تالش کلمه کورا (*Rutilus rutilus caspicus*) به‌صورت گراف Wireframe.



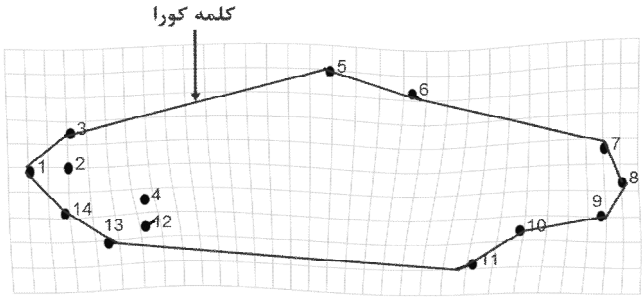
شکل ٤- نمودار مقایسه شکل بدن جنس‌های نر و ماده کلمه ترکمنی (*Rutilus rutilus caspicus*) به‌صورت گراف Wireframe.



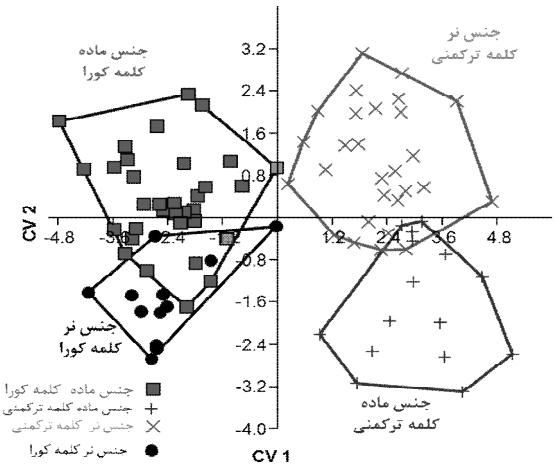
شکل ۵- نمودار تحلیل تشخیصی (DFA) داده‌های مختصات لندمارک‌های مربوط به شکل بدن (A) جنس‌های نر و (B) جنس‌های ماده واریته‌های کلمه کورا و ترکمنی (*Rutilus rutilus caspicus*).



شکل ٦- نمودار مقایسه شکل بدن جنس‌های نر واریته‌های کلمه کورا و ترکمنی به‌صورت شبکه تغییر شکل.



شکل ۷- نمودار مقایسه شکل بدن جنس‌های ماده واریته‌های کلمه کورا و ترکمنی به‌صورت شبکه تغییر شکل.



شکل ۸- نمودار آنالیز تجزیه همبستگی کانونیک (CVA) شکل بدن جنس‌های نر و ماده و جمعیت‌های کلمه ترکمنی و کورا.

جدول ۱- فواصل Mahalanobis بین جنس‌های نر و ماده و جمعیت‌های مورد مطالعه.

	ماده کلمه ترکمنی	ماده کلمه کورا	نر کلمه ترکمنی
ماده کلمه کورا	۵/۷۲		
نر کلمه ترکمنی	۳/۰۱	۴/۶۳	
نر کلمه کورا	۵/۷۱	۲/۶۱	۵/۲۲

با توجه با این‌که جنس‌های نر و ماده دو جمعیت ماهی کلمه کورا و کلمه ترکمنی تفاوت معنی‌داری را با یکدیگر نشان دادند، بنابراین جنس‌های نر و ماده جمعیت‌ها به‌طور مجزا از نظر ریختی مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج مقایسه شکل بدن جنس نر دو جمعیت کلمه کورا و ترکمنی تفاوت معنی‌داری را نشان داد (P=۰/۰۰۰۰۱) (شکل 5A). مقایسه شبکه تغییر شکل میانگین بدن جنس‌های نر دو جمعیت نشان داد که کلمه کورا دارای سر بزرگ‌تر (مربوط به جابه‌جایی پشتی لندمارک ۳)، پوزه فوقانی‌تر (مربوط به جابه‌جایی لندمارک ۱)، بدن کم‌عرض‌تر در قسمت انتهای تنه بدن (مربوط به نقاط لندمارک ۵، ۶ و ۱۱)، قاعده باله مخرجی طویل‌تر (جابه‌جایی جلویی لندمارک ۱۱) و ساقه دمی عریض‌تر (جابه‌جایی پشتی لندمارک ۷) نسبت به کلمه ترکمنی می‌باشد (شکل ۶). مقایسه شکل بدن جنس‌های ماده دو جمعیت نیز تفاوت معنی‌داری را نشان داد (P=۰/۰۰۰۱). شبکه تغییر شکل میانگین بدن جنس‌های ماده دو جمعیت نشان داد که کلمه کورا دارای بدنی پهن‌تر (مربوط به جابه‌جایی بیرونی لندمارک‌های ۵ و ۱۱)، قاعده باله مخرجی طویل‌تر، باله سینه‌ای پشتی‌تر (جابه‌جایی پشتی لندمارک ۱۲) و سر اندکی بزرگ‌تر می‌باشد (شکل ۷).

نتایج آنالیز CVA/Manova نیز نشان داد که دو جمعیت کلمه کورا و ترکمنی کاملاً از یکدیگر جدا شده و تفاوت معنی‌داری بین هر ۴ گروه مورد مطالعه وجود دارد (P<۰/۰۵) (شکل ۸). نتایج فواصل Mahalanobis بین جمعیت‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است. براساس فواصل مهالانوبیس، ماده کلمه کورا و کلمه ترکمنی دارای بیش‌ترین فاصله از یکدیگر هستند و جنس‌های نر و ماده کلمه کورا بیش‌ترین شباهت را به یکدیگر دارند (جدول ۱).

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که نه تنها بین شکل بدن دو جمعیت، بلکه بین جنس‌های نر و ماده هر دو جمعیت تفاوت معنی‌داری وجود دارد. این امر یافته جدیدی براساس روش ریخت‌سنجی هندسی نسبت به مطالعات قبلی مبنی بر وجود دوشکلی جنسیتی در ماهی کلمه خزری می‌باشد که بیانگر قابلیت بالای این روش در مقایسه با روش ریخت‌سنجی سنتی می‌باشد چرا که در مطالعات قبلی وجود دوشکلی جنسیتی یافت نشده و یا مورد بررسی قرار نگرفته بود. از این‌رو نتایج متفاوت این پژوهش با مطالعات قبلی علاوه‌بر روش مورد استفاده کارآمدتر، می‌تواند به‌دلیل وجود دوشکلی جنسیتی در این گونه به‌ویژه در جمعیت کلمه کورا باشد. دوشکلی جنسیتی یک پدیده رایج در بین جانوران می‌باشد (Herlev و همکاران، ۲۰۱۰). سه مکانیسم برای تمایز و ایجاد دوشکلی جنسیتی شامل؛ (۱) گزینش جنسی، (۲) دوشکلی آشیانی و (۳) رقابت غذایی در جانوران بیان شده است (Hedrick و Temeles، ۱۹۸۹). نتایج مقایسه مجزا جنس‌های نر و ماده هر دو جمعیت مورد مطالعه نشان داد که هر دو جنس کلمه کورا دارای سری بزرگ‌تر، قاعده باله مخرجی طویل‌تر و تا حدودی بدن پهن‌تر در جنس ماده نسبت به کلمه ترکمنی می‌باشد. این نتایج تأییدکننده مطالعات قلی‌اف (۱۹۹۷) می‌باشد که بیان داشته که در دریای خزر از شمال به جنوب و از غرب به شرق برخی از ویژگی‌های ریخت‌سنجی مانند طول پوزه، طول سر و طول باله مخرجی کاهش می‌یابد.

تفاوت‌های ریختی در آبزیان اگر بتواند به‌صورت یک عملکرد در نتیجه سازگاری ترجمه گردد، مهم تلقی می‌شود (Vogel، ۱۹۹۴؛ Nacua و همکاران، ۲۰۱۰). به‌عنوان مثال Nacua و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی تغییرات شکل بدن میان دو جمعیت *Glossogobius* صید شده از دو دریاچه Lanao و Buluan را مورد مطالعه قرار دادند

و نتایج نشان داد که ماهی‌های دریاچه‌زی باله مخرجی درازتری نسبت به ماهی صید شده از رودخانه‌زی داشتند. از این‌رو تفاوت مربوط به اندازه باله مخرجی کلمه‌های ترکمنی و کورا می‌تواند یک سازگاری مربوط به رودخانه‌های محل مهاجرت جمعیت‌های مورد مطالعه به‌ویژه در مراحل اولیه حیات آنها باشد. علاوه‌بر این، ارتفاع بدن بر خلاف تفاوت بین جنس‌های ماده دو منطقه، در جنس نر بر خلاف یافته‌های قبلی می‌باشد (قلی‌اف، ۱۹۹۷؛ ندافی و همکاران، ۱۳۸۰). در این مطالعه همچنین بر خلاف نتایج قلی‌اف (۱۹۹۷)، تفاوت معنی‌داری بین جمعیت‌های کلمه ترکمنی و کورا از نظر ساقه دمی تفاوتی یافت نشد ولی در جنس نر کلمه کورا عرض ساقه دمی عریض‌تر بود. عریض‌شدن ساقه دمی ممکن است برای افزایش قدرت حرکت رو به جلو در مسیر جریان آب در رودخانه باشد (Spoljaric و Reimchen، ۲۰۰۸) که می‌تواند یک سازگاری مربوط به مراحل اولیه زندگی کلمه کورا در رودخانه باشد. تفاوت‌های ریختی به‌واسطه سازگاری‌های محیطی می‌تواند نیازمند انعکاس در ژن نباشد بلکه این تغییرات ممکن است در نتیجه تغییرات فیزیولوژیکی و رفتاری یا به‌عبارت دیگر انعطاف‌پذیری ریختی باشد و چنین فرآیندی می‌تواند به ظهور یک زیر جمعیت از جمعیت اصلی منجر گردد. نتایج مطالعه تنوع ژنتیکی ماهی کلمه در سواحل جنوبی دریای خزر با استفاده از نشانگرهای ریزماهواره نشان داد که تفاوت دو جمعیت از نظر تعداد آلل‌ها به‌ازای هر لکوس و همچنین میزان هتروزایگوسیتی مشاهده شده معنی‌دار نبود (کیوان‌شکوه و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین پژوهش دیگر با استفاده از نشانگرهای RAPD بر روی ماهی کلمه دریای خزر نشان داد که تعداد باندهای پلی‌مورف در هر دو جمعیت تقریباً مساوی می‌باشد و این امر بیان‌کننده وجود سطوح یکسانی از میزان پلی‌مورفیسم در جمعیت‌های کلمه ترکمنی و کورا می‌باشد (کیوان‌شکوه و همکاران، ۱۳۸۸).

این پژوهش نشان داد که علاوه‌بر جنس‌های نر و ماده هر دو جمعیت، دو جمعیت کلمه ترکمنی و کورا از نظر شکل بدن تفاوت معنی‌داری دارند ولی الگوی تفاوت به‌دست آمده در این پژوهش، متفاوت از یافته‌های قبلی بود که این امر به‌دلیل قابلیت بالای تکنیک ریخت‌سنجی هندسی در بررسی شکل ساختارهای زیستی می‌باشد. تفاوت‌های ریختی مشاهده شده بین جمعیت‌ها می‌تواند بیانگر تکامل در حال پیشرفت شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه تحت‌تأثیر شرایط محیطی محل زیست دریای خزر باشد (ایگدری و همکاران، ۱۳۹۱)؛ به‌عبارت دیگر، ویژگی‌های زیستگاهی همراه با جدایی جغرافیایی از عوامل تعیین‌کننده تغییرات تکاملی است که به تغییر ویژگی‌های ریختی ماهیان موجود در آن منجر می‌شود (ایگدری و همکاران، ۱۳۹۱). چرا که کلمه ترکمنی علاوه‌بر جدایی مکانی، در شرایط آب و هوای گرم‌تری نسبت به کلمه کورا زیست می‌کند.

منابع

۱- ایگدری، س.، اسماعیل‌زادگان، ا.، مداح، ع.، و احمدی‌وند، س.، ۱۳۹۱. مطالعه انعطاف‌پذیری ریختی در ماهی خیاطه (*Alburnoides eichwaldii*) با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی. دومین همایش ملی منابع شیلاتی دریای خزر. ۹ آبان ۱۳۹۱. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۲- قلی‌اف، ذ.، ۱۹۹۷. کپورماهیان و سوف‌ماهیان حوضه جنوبی و میانی دریای خزر (ساختار جمعیت، بوم‌شناسی، انتشار و تدابیری برای بازسازی ذخایر)؛ ترجمه یونس عادلی. ۱۳۷۷. مرکز تحقیقات شیلات استان گیلان. بندرانزلی. ۴۴ ص.

۳- ندافی، ر.، مجازی‌امیری، ب.، حسن‌زاده‌کیابی، ب.، و عبدلی، ا.، ۱۳۸۰. بررسی مقایسه‌ای ویژگی‌های ریخت‌سنجی و شمارشی ماهی کلمه در مصب گرگان‌رود و تالاب انزلی، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۴- شماره ۴. ص: ۳۸۳.

4.Cadrin, S.X. 2000. Advances in morphometric identification of fishery stocks. Review in Fish Biology and Fisheries, 10, 91-112.
5.Cardini, A., Diniz Filho, J.A.F., Polly, P.D. and Elton, S. 2010. Biogeographic analysis using geometric morphometrics: clines in skull size and shape in a widespread African arboreal monkey. A.M.T. Elewa (Ed.), Morphometrics for Nonmorphometricians, Lecture Notes in Earth Sciences 124, Springer-Verlag Publishers, Heidelberg, Germany.
6.Casselman, J.M., Collins, J.J., Crossman, E.J., Ihssen, P.E. and Spangler, G.R. 1981. Lake whitefish (*Coregonus clupeaforntis*) stocks of the Ontario waters of Lake Huron. Can. J. Fish. Aqua. Sci. 38, 1772-89.
7.Chen, X., Hiller, M., Sancak, Y. and Fuller, M.T. 2005. Supporting Online Material. Science 310 (5749).
8.Crews, S.C., and Hedin, H., 2006. Studies of morphological and molecular phylogenetic divergence in spiders (Araneae: *Homalonychus*) from the American southwest, including divergence along the Baja California peninsula. Molecular Phylogenetics and Evolution. 38, 470-487.
9.Hedrick, A.V., and Temeles, E.J., 1989. The evolution of sexual dimorphism in animals: hypotheses and tests. Trends in Ecolological Evolution, 4, 136-138.
10.Herlev, 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, 7:4.
11.Hutchinson, W.F., Carvalho, G.R. and Rogers S.I. 2001. Marked genetic structuring in localised spawning populations of cod (*Gadus morhua*) in the North Sea and adjoining waters, as revealed by microsatellites. Marine Ecology Progress Series, 223, 251-260.
12.Ihssen, P.E., Booke, H.E., Casselman, J.M., McGlade, J.M., Payne, N.R., and Utter, E.M., 1981. Stock identification: materials and methods. Can. J. Fish. Aqua. Sci. 38, 1838-55.
13.Jerry, D.R., and Cairns S.C., 1998. Morphological variation in the catadromous Australian bass, from seven geographically distinct riverine drainages. J. Fish Biol. 52, 829-843.
14.Mariani, S., Hutchinson, W.F., Hatfield, E.M.C., Ruzzante, D.E., Simmonds, E.J., Dahlgren, T.G., Andre, C., Brigham, J., Torstensen, E., and Carvalho, G.R., 2005. North Sea herring population structure revealed by microsatellite analysis. Marine Ecology Progress Series, 303, 245-257.
15.Murta, A.G. 2000. Morphological variation of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Iberian and North Africa Atlantic: implications for stock identification. ICES J. Mar. Sci. 57, 1240-1248.
16.Nacua, S.S., Dorado, E.L., Torres, M.A.J. and Demayo, C.G. 2010. Body shape variation between two populations of the white goby, *Glossogobius giuris*. Res. J. Fish. Hydrobiol. 5, 44-51.
17.Recasens, D., and Espinosa, A. 2005. Articulatory, positional and co-articulatory characteristics for clear /l/ and dark /l/: Evidence from two Catalan dialects, J. Int. Phonetic Assoc. 35, 1-25.
18.Spoljaric, M.A., and Reimchen, T.E. 2008. Habitat dependent reduction of sexual dimorphism in geometric body shape of *Haida gwaii* three spine stickleback. Biol. J. Linnean Soc. 95, 505-516.
19.Swain, D.P., and Foote, C.J., 1999. Stocks and chameleons: The use of phenotypic variation in stock identification. Fisheries Research, 43, 113-128.
20.Vogel, S., 1994. Life in moving fluids, 2nd ed., Princeton University Press, Princeton.
21.Zelditch, M., 2004. Geometric morphometrics for biologists: a primer. Academic Press, New York.

New Technologies in Aquaculture Development, Islamic Azad University, Azadshahr Branch
Vol. 13, No. 4, Winter 2020

Comparison of morphological characters in Turkmenian and Kura varieties of Caspian roach (*Rutilus rutilus caspicus*, Yakovlev, 1870) using geometric morphometric approach

***F. Ghojoghi[1] and S. Eagderi[2]**

[1] Dept. of Fisheries, Faculty of Natural Resources and Agriculture, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran

[2] Dept. of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Abstract

This study was conducted to compare the morphilogical traites of Turkmenian and Kura varieties of Caspian roach using landmark-based geometric morphometric (GM) approach. A total 120 specimens from Gomishan Wetland in southwest and Talesh region in southwest of Caspian Sea were sampled. The left side of specimens were photographed and fourteen landmark-points were digitized on 2-D images using TpsDig2. Landmark data after GPA, analyzed using multivariate analysis including DFA, Ttest-Hotelling and CVA/Manova. Results displayed significant differences between the body shape of male and female of each population and also between two populations. Results also showed that Kura variety has bigger head, longer anal fin and deeper body depth than Turkmenian one. In addition, the result of this study found other body shape differences in relation to pervious studies. This cane be as result of better ability of GM approach to study the biological shape and precence of sexual dimorphism in Caspian roach. Morphological divergence between Turkmenian and Kura varieties can be related to evolutionary process of their body shape in respond to environmental factors of their habitat in the Caspian Sea.

Keywords: Caspian roach; Geometric morphometric; Kura; Turkmenian

[*] Corresponding authors; fariborzghojoghi@yahoo.com