



دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گیلان

بهره‌برداری و پرورش آبزیان

جلد دوم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۲

<http://japu.gau.ac.ir>

بررسی تغییرپذیری ریختی جمعیت‌های مختلف ماهی آمورچه (*Pseudorasbora parva*) با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی

خیرالله خسروی کتولی^۱، *سهیل ایگدری^۲ و هاشم نوفرستی^۳

^۱دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه شیلات، دانشگاه تهران، آستادیار گروه شیلات، دانشگاه تهران،

^۲دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۳/۲۷

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی روند تغییرپذیری و الگوهای شکل بدن جمعیت‌های مختلف ماهی آمورچه در سه منطقه اوانس (علی‌آباد کتول)، دریاچه مصنوعی گنبد و سد طرقيه (مشهد) با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی لندمارک پایه به اجرا درآمد. در مجموع تعداد ۲۶۰ نمونه از مناطق مورد مطالعه برداشت شد و سپس از سمت چپ سطح جانبی نمونه‌ها با استفاده از دوربین دیجیتال عکس‌برداری گردید. بر روی تصاویر دو بعدی حاصل، تعداد ۱۶ نقطه لندمارک تعیین و با استفاده از نرم‌افزار TpsDig2 قرار داده شد. داده‌های حاصل پس از آنالیز پروکراست، با استفاده از آنالیزهای چندمتغیره تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)، تجزیه همبستگی کانونی (CVA) و آنالیز واریانس چند متغیره (MANOVA) مورد تحلیل قرار گرفتند و سپس الگوهای تغییر شکل هر جمعیت نسبت به شکل اجماع (میانگین همه جمعیت‌ها) در شبکه تغییر شکل مصورسازی گردید. تفاوت معنی‌داری بین شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه ماهی آمورچه در هر سه منطقه با استفاده از آنالیز CVA/MANOVA پیدا شد ($P < 0/0001$). تغییرات اندازه قسمت‌های مختلف بدن در این سه جمعیت نشان دهنده جدایی ریختی وابسته به زیستگاه و تغییرپذیری ریختی شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه است یا به عبارت دیگر تمایز ریختی ماهی آمورچه تحت تأثیر شرایط محل زیست بود.

*مسئول مکاتبه: soheil.eagderi@ut.ac.ir

نتایج این مطالعه نشان داد با وجود قدمت کم حضور این ماهی در آب‌های داخلی ایران، این ماهی توانسته با شرایط مختلف محیطی در مناطق مختلف خود را وفق دهد که نشان از قابلیت بالای سازگاری این ماهی در مناطقی با شرایط متفاوت محیطی دارد.

واژه‌های کلیدی: آمورچه، خصوصیات ریخت‌سنجی، تغییرپذیری ریختی، علی‌آباد کتول، گنبد، مشهد

مقدمه

در حدود ۱۸۵ گونه ماهی در آب‌های داخلی ایران وجود دارد که حدود نیمی از آن‌ها به خانواده کپور ماهیان (Cyprinidae) تعلق دارند (عبدلی، ۲۰۰۰). در این بین ماهی آمورچه (*Pseudorasbora parva*) از جمله کپور ماهیان غیربومی است که به‌طور تصادفی به آب‌های داخلی ایران معرفی شده و به‌بیشتر حوزه‌های آب‌های داخلی ایران نیز نفوذ نموده است. این‌گونه با آب‌های ساکن و دارای پوشش گیاهی را ترجیح می‌دهد ولی در نهرها و رودخانه‌ها نیز یافت می‌شود (کود، ۲۰۱۳).

ماهی آمورچه به آلودگی آب مقاوم است و می‌تواند در آب‌هایی با سطح منجمد شده تا آب‌هایی با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد نیز زیست نماید. ویژگی شاخص این گونه داشتن دهانی کوچک و منحصر بفرد است که به‌صورت عمودی کاملاً قبل از سوراخ بینی قرار می‌گیرد و به‌خوبی از سطح پشتی قابل رویت می‌باشد (کود، ۲۰۱۳). ماهی آمورچه به اندازه‌ای حدود ۱۲ سانتی‌متر می‌رسد و در ۲-۱ سالگی به بلوغ جنسی می‌رسد و تا ۵ سال نیز عمر می‌کند (کود، ۲۰۱۳).

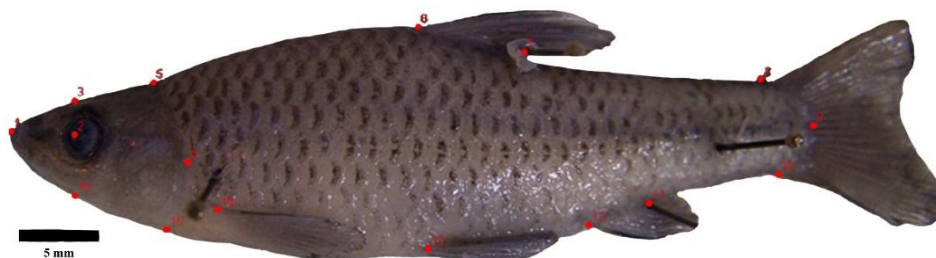
ماهی آمورچه از لحاظ فنوتیپی بسیار تحت تأثیر شرایط محیطی است و از این‌رو به‌عنوان یک گونه مهاجم موفق مطرح می‌باشد. از آن‌جایی‌که تغییرات ریختی در جمعیت‌های جدا شده از نظر جغرافیایی می‌تواند به‌واسطه تغییر ساختار ژنتیکی و یا تحت تأثیر شرایط محیطی ایجاد شده باشند، از این‌رو مطالعه ویژگی‌های ریختی می‌تواند در کوتاه مدت به‌عنوان شاهد از این تغییرات تحت تأثیر محیط‌زیست مورد استفاده قرار گیرد. تغییرات در ویژگی‌های ریختی یک موجود می‌تواند جنبه‌های مختلفی از شکل آن را تحت تأثیر قرار دهد (وب، ۱۹۸۲؛ زلدیچ، ۲۰۰۴). بنابراین به‌دلیل فقدان اطلاعات پیرامون اندام‌های هدف، مطالعه ریخت‌سنجی با استفاده از تکنیک‌های آماری چند متغیره می‌تواند به‌خوبی الگوهای تغییر را آشکار سازد (آدامس و همکاران، ۲۰۰۴).

از آنجایی که تغییرات فنوتیپی در زیستگاه‌های جدا شده از نظر جغرافیایی یک پدیده معمول در موجودات می‌باشد (ووگل، ۱۹۹۴؛ ناکو و همکاران، ۲۰۱۰) از این‌رو این پژوهش با هدف یافتن الگوهای تفاوت ریختی تحت تأثیر شرایط محیطی در ماهی غیربومی آمورچه که مدت زمان طولانی از معرفی آن به آب‌های داخلی ایران نمی‌گذرد، به‌اجرا درآمد. شناخت این تغییرات فنوتیپی که از جمله مطالعات معمول و پایه‌ای در زیست‌شناسی تکاملی می‌باشد، می‌تواند به درک فرایندهای مؤثر بر این تغییرات کمک نماید.

مواد و روش‌ها

جایگاه‌های نمونه‌برداری: در فروردین سال ۱۳۸۸ تعداد ۲۶۰ نمونه ماهی آمورچه از سه منطقه آوانس ۳۶ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی، ۵۴ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی (۴۰ عدد)، گنبد ۳۷ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی، ۵۵ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی (۳۰ عدد) و سد چالیدره طرقله ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی، ۵۹ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی (۴۰ عدد) با استفاده از تور پره با چشمه‌های ۱ میلی‌متری انجام شد. نمونه‌های صید شده پس از بیهوشی در محلول گل میخک در فرمالین ۱۰ درصد تثبیت شدند و سپس برای ادامه مطالعات به آزمایشگاه منتقل گردیدند. به‌منظور کاهش تغییرات شکل بدن ناشی از رشد آلومتریکی، فقط نمونه‌های بالغ و بزرگ‌تر از ۵۰ میلی‌متر انتخاب شدند.

روش مورد استفاده: روش ریخت‌سنجی هندسی روشی بر پایه مختصات لندمارک‌ها می‌باشد که برای آنالیز تغییرات شکل نمونه‌ها مورد مطالعه استفاده می‌گردد (آدامس و همکاران، ۲۰۰۴). به‌طور معمول در مطالعات ریخت‌سنجی سنتی آنالیزهای آماری چند متغیره برای بررسی یک مجموعه از داده‌های فاصله‌ای از قبیل طول، عرض و ارتفاع به‌کار برده می‌شود ولی در روش ریخت‌سنجی هندسی داده‌های حاصله مختصات لندمارک‌ها می‌باشد که برای استخراج داده‌های شکل مورد استفاده قرار می‌گیرند. این داده‌ها می‌توانند در یک شبکه تغییر شکل مصورسازی گردند (آدامس و همکاران، ۲۰۰۴).



شکل ۱- لند مارک‌های تعیین شده روی نمونه ماهیان: ۱- ابتدایی‌ترین بخش پوزه، ۲- نقطه وسط چشم، ۳- امتداد خطی موازی از لندمارک شماره ۲ به سمت بالای بدن، ۴- انتهایی‌ترین نقطه سرپوش آبششی، ۵- بخش فوقانی سرپوش آبششی، ۶- ابتدا قاعده باله پشتی، ۷- انتها قاعده باله پشتی، ۸- قسمت بالایی بیشتر تورفتگی ساقه دم، ۹- انتهایی‌ترین بخش ساقه دم، ۱۰- قسمت پایینی بیش‌ترین تورفتگی ساقه دم، ۱۱- انتهای قاعده باله مخرجی، ۱۲- ابتدای قاعده باله مخرجی، ۱۳- ابتدایی‌ترین نقطه قاعده باله شکمی، ۱۴- ابتدایی‌ترین نقطه قاعده باله سینه‌ای، ۱۵- بخش زیرین سرپوش آبششی، ۱۶- امتداد خطی موازی از لندمارک شماره ۲ به سمت پایین بدن

از سمت چپ سطح جانبی نمونه‌ها با استفاده از کوبی استند^۱ مجهز به دوربین دیجیتال کوداک^۲ با قدرت تفکیک شش مگاپیکسل عکس‌برداری شد. برای استخراج داده‌های شکل در روش ریخت سنجی هندسی تعداد ۱۶ لندمارک تعیین گردید (شکل ۱). لندمارک‌ها با استفاده از نرم‌افزار تی‌پی‌اس، دیج^۳ بر روی تصاویر دو بعدی قرار داده شدند. روی هم‌گذاری جایگاه لندمارک‌های نمونه‌ها با استفاده از آنالیز پروکراس^۴ (رائولف، ۲۰۰۱) انجام گرفت و به‌منظور حذف تغییرات غیرشکل (شامل مقیاس، جهت و موقعیت) از نرم‌افزار مورفوجی^۵ استفاده شد. سپس داده‌های حاصل شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه با استفاده آنالیزهای چندمتغیره تجزیه به مؤلفه‌های اصلی^۶، تجزیه همبستگی کانونی^۷ و آنالیز واریانس چند متغیره^۸ توسط نرم‌افزار پست^۹ و مورفوجی مورد تحلیل قرار گرفتند.

- 1- Copystand
- 2- Kodak
- 3- TpsDig2
- 4- Generalised Procrustes Analysis
- 5- MorphoJ
- 6- PCA
- 7- CVA
- 8- MANOVA
- 9- PAST (version 2.10)

مصورسازی تغییرات شکل بدن میانگین جمعیت‌ها نسبت به شکل میانگین کل با استفاده نمودار وایرفریم^۱ در نرم‌افزار مورفوجی صورت پذیرفت. این مقایسه براساس فاصله پروکراست می‌باشد که سنجش استاندارد در بررسی تفاوت شکل در روش ریخت‌سنجی هندسی می‌باشد (رائولف، ۲۰۰۱).

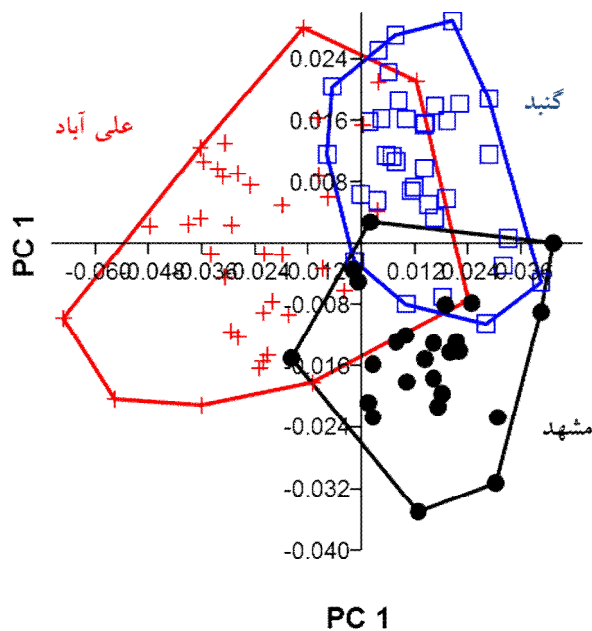
نتایج

آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی توانست تا حدودی ۳ جمعیت را بر اساس شکل بدن متمایز نماید و در مجموع ۶۶/۲۸ درصد از تغییرات شکل را نشان می‌دادند ($PC_1=13/09$ و $PC_2=33/19$) (شکل ۲). آنالیز سی وی ای/مانووا به‌طور کامل سه جمعیت را از هم متمایز نمود و نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه وجود دارد ($P<0/0001$) (شکل ۳).

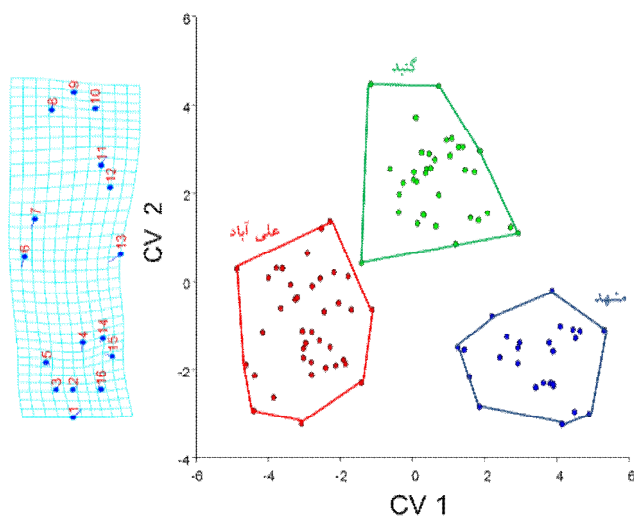
با توجه به تغییر جایگاه‌های لندمارک‌های گذاشته شده بر روی ماهی، شکل ۴ نشان داد که نمونه‌های گنبد (دریاچه مصنوعی) دارای عرض بدن بیشتر (لندمارک‌های ۱۳ و ۱۵) و دهان انتهایی‌تر (لندمارک ۱) بودند. در نمونه‌های علی‌آباد (آبندان اوانس) عرض بدن کم‌تر (لندمارک‌های ۶، ۷، ۱۳ و ۱۵)، ساقه دم بلندتر (لندمارک شماره ۹) و دهان فوقانی‌تری (لندمارک شماره ۱) داشتند. نمونه‌های مشهد نیز که از دریاچه پشت سد طرقله صید شده بودند دارای بدن و ساقه دم بلند و پهن‌تری (لندمارک‌های شماره ۶، ۷، ۱۲، ۱۳ و ۱۵) بودند.

مقایسه اندازه مرکز نمونه‌های سه جمعیت نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین جمعیت گنبد یا دو جمعیت دیگر وجود دارد ($P<0/05$). نمونه‌های علی‌آباد دارای اندازه بزرگ‌تر و بیش‌ترین واریانس اندازه مرکز بودند و جمعیت گنبد نمونه‌های کوچک‌تری داشتند (شکل ۵).

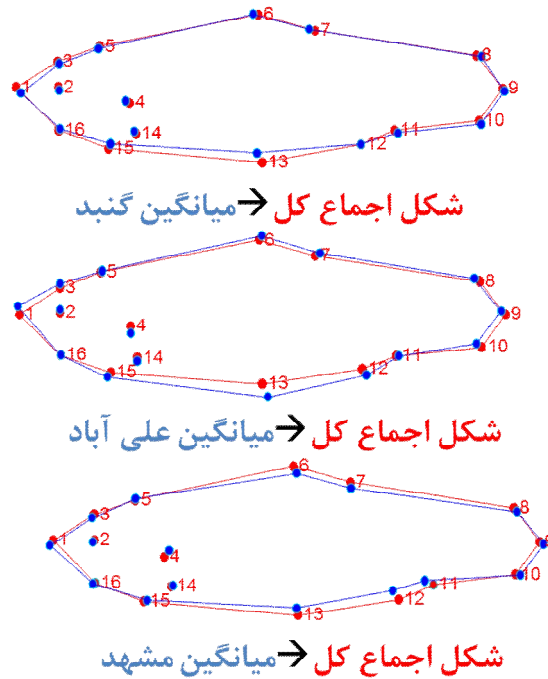
1- wireframe



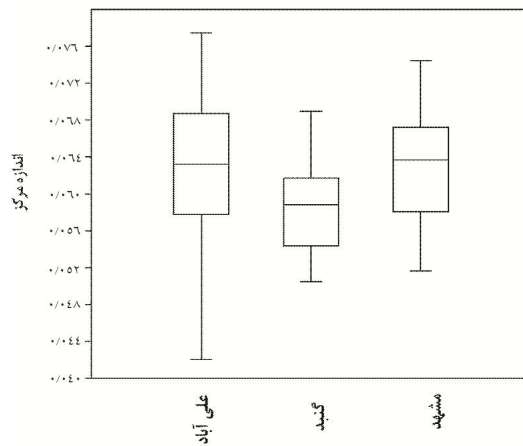
شکل ۲- شکل PCA شکل بدن سه جمعیت ماهی آمورچه مورد مطالعه



شکل ۳- شکل CVA شکل بدن سه جمعیت ماهی آمورچه مورد مطالعه



شکل ۴- مقایسه میانگین شکل بدن سه جمعیت مورد مطالعه ماهی آمورچه از شکل اجماع کل نمونه براساس نمودار وایرفریم



شکل ۵- مقایسه اندازه مرکز سه جمعیت مورد مطالعه

بحث

در بسیاری از مطالعات سازگاری به زیستگاه‌های متفاوت دلیل تفاوت شکل بدن بیان شده است (رابینسون و ویلسن، ۱۹۹۴؛ هندری و همکاران، ۲۰۰۲؛ لانگرهانس و همکاران، ۲۰۰۳؛ ام سی گایگان و همکاران، ۲۰۰۳؛ ناکا و همکاران، ۲۰۱۰؛ هس و همکاران، ۲۰۱۱). نتایج همچنین تغییرپذیری ریختی و تکامل در حال پیشرفت شکل بدن جمعیت‌های مختلف ماهی آمورچه را تحت تأثیر شرایط محیطی محل زیست نشان داده است و پیشنهاد می‌کند که ویژگی‌های زیستگاهی در کنار جدایی جغرافیایی از عوامل تعیین کننده تغییرات تکاملی که منجر به تغییر ویژگی‌های ریختی ماهیان زیست کننده در آن می‌شود، هستند. تغییرات و تفاوت‌های ریختی در موجودات اگر بتواند به صورت یک عملکرد در نتیجه سازگاری ترجمه گردد، مهم تلقی می‌گردند. در اکوسیستم‌های آبی چنین سازگاری‌هایی در نتیجه نیاز به سازش با نیروهای هیدرودینامیکی برای حفظ انرژی در طی رفتارهای زیستی مرتبط می‌گردد (ووگل، ۱۹۹۴؛ ناکا و همکاران، ۲۰۱۰).

نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان تغییرات بین جمعیت‌های مورد مطالعه مربوط به ارتفاع بدن و جایگاه دهان بوده است و این تفاوت‌ها سبب تمایز معنی‌دار شکل بدن بین جمعیت‌های مطالعه شده بود. تغییرپذیری فنوتیپی جمعیت‌های یک گونه، در محیط‌های متنوع، پدیده‌ای است که در نتیجه اثر فاکتورهای محیطی بر روی اجداد جمعیت‌های یک گونه در راستای پدیده سازش و گونه‌زایی حاصل می‌گردد (آدامس و همکاران، ۲۰۰۴).

با توجه به این‌که جایگاه زیست دو جمعیت مورد مطالعه گنبد و مشهد، آب‌های ساکن استخر و دریاچه پشت سد می‌باشد، بنابراین داشتن بدنی پهن در این دو جمعیت می‌تواند یک مزیت باشد. ولی نمونه‌های جمعیت علی‌آباد در یک آب‌بندان در مسیر رودخانه‌ای که آب آن توسط رودخانه زرین گل تأمین می‌گردد، زیست می‌کردند، بنابراین در این محل آب جاری بود در نتیجه این بدن کشیده و کم ارتفاع در این افراد می‌توانست نشانگر تطابق ریختی آن‌ها به شرایط آب جاری باشد. ماهیان با بدن پهن می‌توانند شنای ثابت، آرام و مؤثری را در محیط‌های با جریان ضعیف انجام دهند و ماهیانی با ریختی کشیده‌تر توانایی بیشتری برای غلبه بر جریان‌های سریع‌تر از آب دارند (بلیک، ۱۹۸۳).

در ماهیان جمعیت علی‌آباد موقعیت دهان تا حدودی بالایی ولی در دو جمعیت دیگر دهان بیشتر انتهایی می‌باشد. تغییر در شکل سر به‌طور غیرمستقیم به‌واسطه تغییرات در عمل جستجوی غذا

می‌باشد و این تغییرات شکل القا شده بر بازده عمل جستجو غذا تأثیر می‌گذارد (لانگرهانس و همکاران، ۲۰۱۰). تغییر شکل در ناحیه سر و دهان به‌طور عمده " منعکس کننده تفاوت در تغذیه شامل نوع، جهت تغذیه و ترکیب غذایی مورد استفاده می‌باشد (لانگرهانس و همکاران، ۲۰۰۳). با توجه به این‌که آب بندان علی‌آباد دارای عمق کمتر و در نتیجه پوشش گیاهی حاشیه‌ای بیشتری بودند، بنابراین در اعضای این گروه ممکن است که تغذیه تا حدودی از سطح آب صورت پذیرد و نمونه‌های صید شده (که صید در این ناحیه انجام شده بود) احتمالاً دارای چنین فنوتیپی می‌باشند. با این وجود به دلیل دامنه غذایی بالای این گونه، اعضای این گروه می‌توانند از بخش‌های مختلف زیستگاه خود تغذیه نمایند. عبدلی (۲۰۰۰) بیان نمود که ماهی خیاطه به مقدار زیاد از حشرات آبی تغذیه می‌کند ولی تر و همکاران (۲۰۰۶) غذای غالب این گونه را در رودخانه ساوا در کرواسی، گیاهان آبی گزارش نموده‌اند. از این‌رو این احتمال وجود دارد که استراتژی تغذیه‌ای جمعیت‌های مختلف متفاوت باشد. همچنین در مطالعه دیگری هندری و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند علت تفاوت در اندازه سر و موقعیت چشم در ماهی سه خار به‌خاطر نحوه تغذیه متفاوت بوده است. همچنین در این ماهیان باریک شدن ساقه دمی ممکن است برای افزایش قدرت حرکت رو به جلو در مسیر جریان آب باشد (اسپولجاریک و ریمچان، ۲۰۰۸).

نمونه‌های علی‌آباد دارای اندازه بزرگ‌تری بودند که احتمالاً دلیل آن عمق کم و آب با جریان نسبتاً کند، بستر خاکی و در نتیجه غنای غذایی بالای آب بندان مورد زیست می‌باشد. علاوه بر این به دلیل رهاسازی ماهیان پرورشی، کوددهی آن نیز صورت می‌پذیرد. این امر می‌تواند دلیل اندازه بزرگ‌تر افراد این جمعیت در مقایسه با دو جمعیت دیگر باشد.

پاسخ سازگاری یک گونه به محیط می‌تواند هم‌زمان با تمایز ژنتیکی و تغییرپذیری ریختی باشد (وست-اِبِرهارد، ۱۹۸۹) و نتایج این پژوهش نشان داد که شکل بدن در ماهی آمورچه از الگوی کلی وابسته به نوع زیستگاه تبعیت می‌کند و این‌گونه توانایی بالایی برای سازگاری در زیستگاه‌های مختلف دارد (گیل و همکاران، ۲۰۰۳). با توجه به این‌که زمان طولانی از معرفی این گونه به آب‌های داخلی کشور نمی‌گذرد، از این‌رو در این ماهی زیستگاه و ویژگی‌های آن باید به‌عنوان عامل مؤثرتر بر روی شکل بدن در نظر گرفته شود.

منابع

1. Abdoli, A. 2000. The inland water fishes of Iran. Iranian Museum of Nature and Wildlife, Pp: 10-30.
2. Adams, D.C., Rohlf, F.J. and Slice, D.E. 2004. Geometric Morphometrics: Ten years of progress following the 'revolution'. Italian Journal of Zoology. 71: 5-16.
3. Blake, R.W. 1983. Fish locomotion. CUP Archive, Pp: 80-100.
4. Coad, B. 2013. Environmental change and its impact on the freshwater fishes of Iran. Biological Conservation. 19: 51-80.
5. Guill, J.M., Hood, C.S. and Heins, D.C. 2003. Body shape variation within and among three species of darters. Ecology of Freshwater Fish. 12: 134-140.
6. Haas, T.C., Blum, M.J. and Heins, D.C. 2011. Morphological responses of a stream fish to water impoundment. Biology Letter. 6: 803-806.
7. Hendry, A.P., Taylor, E.B. and McPhail, J.D. 2002. Adaptive divergence and the balance between selection and gene flow: lake and stream stickleback in the misty system. Evolution. 56: 1199-1216.
8. Langerhans, R.B. and Reznick, D.N. 2010. Ecology and evolution of swimming performance in fishes: predicting evolution with biomechanics. Fish locomotion: An etho-ecological perspective. Pp: 200-248.
9. 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 Linnean Society. 80: 689-698.
10. McGuigan, K., Franklin, C.E., Moritz, C. and Blows, M.W. 2003. Adaptation of rainbow fish to lake and stream habitats. Evolution. 57: 104-118.
11. 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*). Research Journal of Fisheries and Hydrobiology. 5: 44-51.
12. Robinson, B.W. and Wilson, D.S. 1994. Character release and displacement in fishes: a neglected literature. American Nature. 144: 596-627.
13. Rohlf, F.J. 2001. Comparative methods for the analysis of continuous variables: geometric interpretations. Evolution. 55: 2143-2160.
14. Spoljaric, M.A. and Reimchen, T.E. 2008. Habitat dependent reduction of sexual dimorphism in geometric body shape of *Haida Gwaii* three spine stickleback. Biological Journal of the Linnean Society. 95: 505-516.
15. Treer, T., Piria, M., Aničić, I., Safner, R. and Tomljanović, T. 2006. Diet and growth of spiralin (*Alburnoides bipunctatus*) in the barbel zone of the Sava River. Folia Zoology. 55: 97-106.

16. Vogel, S. 1994. Life in moving fluids: the physical biology of flow. Princeton University Press, Pp: 20-100.
17. Webb, P.W. 1982. Locomotor patterns in the evolution of actinopterygian fishes. American Zoologist. 22: 329-342.
18. West-Eberhard, M.J. 1989. Phenotypic plasticity and the origins of diversity. Annual Review of Ecology and Systematics. 20: 249-278.
19. Zelditch, M. 2004. Geometric morphometrics for biologists: a primer. Academic Press, Pp: 220-227.

