



بررسی دوشکلی جنسی شکل بدن گاوماهی قفقاز

Knipowitschia caucasica (Berg, 1916)

با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی

رحمان پاتیمار^{۱*}، سهیل ایگدری^۲، ارسلان بهلکه^۳

۱. دانشیار گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

۲. دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۳. دانشجوی دکتری گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۱۷

چکیده

دو شکلی جنسی پدیده‌ای معمول در بین برخی آرایه‌های ماهیان می‌باشد که درک این پدیده در ماهیان برای مطالعات آرایه‌شناختی، زیست‌شناسی و تکامل ضروری است. باتوجه به تفاوت در الگوهای رنگی بدن بین دو جنس نر و ماده گاوماهی قفقازی، *Knipowitschia caucasica*، این سوال پیش می‌آید که آیا شکل بدن آن‌ها نیز متفاوت می‌باشد؟ از این‌رو این مطالعه با هدف بررسی دوشکلی جنسی شکل بدن گاوماهی قفقازی در خلیج گرگان با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی لندمارک‌پایه به اجرا در آمد. برای این منظور تعداد ۱۲۰ نمونه از دو جمعیت داخل خلیج گرگان و تالاب گمیشان نمونه‌برداری گردید. سپس از سمت چپ سطح جانبی نمونه‌ها عکسبرداری و بر روی تصاویر دو بعدی حاصل، تعداد ۲۱ نقطه لندمارک تعریف و رقومی شدند. داده‌های هر دو جمعیت به صورت جداگانه، پس از آنالیز پروکراست، با استفاده از آنالیزهای چندمتغیره تابع تشخیص و T-test هتلینگ مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج تفاوت معنی‌داری بین شکل بدن جنس‌های نر و ماده هر دو جمعیت مورد مطالعه نشان داد که درجه تمایز ریختی بین دو جنس در جمعیت تالاب گمیشان بالاتر بود. براساس الگوهای تفاوت، جنس نر دارای سر عمیق‌تر، بدن کم عمق‌تر در ناحیه باله‌های پشتی و ساقه دم عمیق‌تر و درازتر بود. براساس نتایج می‌توان بیان داشت که دوشکلی جنسی در این گونه به واسطه مکانیسم گزینش جنسی تکامل یافته و می‌تواند به مزیت عملکردی در فرآیندهای تولیدمثلی و تحرکی جنس نر مرتبط باشد. بنابراین با توجه به وجود دوشکلی جنسی در این گونه، در مطالعات ریخت‌شناختی دو جنس باید به صورت مجزا مورد بررسی قرار گیرند.

کلمات کلیدی: ریخت‌سنجی، گاوماهیان، دریای خزر، خلیج گرگان، تالاب گمیشان.



A study on sexual dimorphism of body shape in Caucasian dwarf goby, *Knipowitschia caucasica* (Berg, 1916) using geometric morphometrics

Rahman Patimar^{1*}, Soheil Eagderi², Arsalan Bahalkeh³

1. Associate Professor, Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad Kavous, Gonbad Kavous, Iran.
2. Associate Professor, Associate Professor, Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
3. Ph.D. Student, Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad Kavous, Gonbad Kavous, Iran.

Received: 07-Jul-2020

Accepted: 22-Sep-2020

Abstract

Sexual dimorphism is a phenomenon in some fish species and its understanding is crucial for their taxonomic studies, biology and evolution. Regarding differences in body coloration patterns between male and female of Caucasian dwarf goby, *Knipowitschia caucasica*, the question arises whether they are different in their body shape or not? Hence, this investigation was conducted to study the sexual dimorphism in body shape of Caucasian dwarf goby from the Gorgan Bay using landmark-based geometrics technique. For this purpose, a total of 120 specimens were collected from two populations i.e. the Gorgan Bay and Gomishan Wetland. Then, their left side were photographed and 21 defined landmark-points were digitized on the obtained 2D images. After GPA analysis, the data of both populations were analyzed separately using multivariate discriminant analysis and Hotelling T-test. The results showed a significant difference between the body shape of male and female in both studied populations that the distinction rate in the population of the Gomishan Wetland was higher. Based on the observed differences, the male has a deeper head, lower body depth at the level of the dorsal fins and, longer and low depth of the caudal peduncle. According to the results, it can be stated that sexual dimorphism in this species has been probably evolved due to the mechanism of sexual selection, which can be consider as functional advantages in reproductive processes and swimming performance in males. Hence, due to the sexual dimorphism in this species, in further morphological studies, two sexes should be examined separately.

Keywords: Morphometrics, Gobids, Caspian Sea, Gorgan Bay, Gomishan wetland.

۱. مقدمه

می شود. بدن این گونه خاکستری یا حنایی رنگ است که تهرنگی از سبز زیتونی نیز دارد. این ماهیان در زیستگاه‌هایی با شوری بالا تیره‌تر دیده می‌شوند. بخش میانی اطراف بدن آن‌ها دارای چندین خال است و مابقی بدن در بخش پایینی این خال‌ها کم‌رنگ و فاقد خال و لکه است. البته به جز وجود برخی از ملانوفورهای که به صورت عمودی در زیر خط جانبی میانی و پایه باله مخرجی به چشم می‌خورد، خال‌های رنگی و لکه‌ها به‌طور مختلف و در جاهای گوناگون بر روی بدن و سر در هر دو جنس نر و ماده پراکنده هستند (Eagderi et al., 2016).

غذای غالب گاوماهی قفقازی شامل کرم‌های پرتار و شیرونومیدها و سخت‌پوستانی مثل آمفی‌پودا، کوبه‌پودا، اوسترکودا، کلادوسرا و برخی از حشرات و لارو نرم‌تنان دوکفه‌ای و برخی از ماهیان سطح‌زی و یا کفزی است (Eagderi et al., 2016). در این گونه ماهیان ماده ممکن است برای مدت ۱۰-۸ ماه تخم‌ها را حمل کنند. تخم‌ریزی به‌صورت دسته‌ای و به شکل دسته‌های استوانه‌ای شکل می‌باشد و لاروهای پلاژیک می‌باشد. در فروردین ماه، قبل از تخم‌ریزی در دریای خزر ماهیان به آب‌های کم‌عمق مهاجرت می‌کنند. جفت‌گیری ۴ بار در یک دوره ۳۵ روزه ممکن است رخ دهد و ماهیان نر اغلب در نزدیکی آشیانه مانده و از تخم‌ها مراقبت می‌کنند (Kevrekedis et al., 1990; Eagderi et al., 2016; Güçlü and Erdoğan, 2017).

در این گونه ماهیان نر از نظر اندازه بزرگ‌تر از ماده‌ها هستند و سایر تفاوت‌های موجود بین دو جنس این گونه براساس الگوهای رنگ مشخص شده است و دوشکلی جنسی از نظر شکل بدن در این گونه گزارش نشده است. در این گونه معمولاً ماهیان نر از ماده‌ها تیره‌تر بوده و دارای نوارهای تیره مشخص در طرفین بدن، زیر دو باله پشتی و روی ساقه دمی خود هستند. ماهیان ماده دارای لکه‌های نامنظم و یا خال‌هایی بر روی خط میانی اطراف بدن هستند. نرهای بالغ دارای ۴ نوار برجسته هستند. سر ماهیان نر در بخش شکمی به‌طور متراکمی از رنگ‌دانه‌ها پوشیده شده است. نوار زیر اولین باله پشتی در ماهیان نر

دوشکلی جنسی یک پدیده رایج در بین جانوران می‌باشد (Herler et al., 2010). اساساً دو جنس نر و ماده از نظر ساختار تولیدمثلی با یکدیگر تفاوت دارند و علاوه بر این، تفاوت‌ها در ریخت خارجی که مستقیماً به تولید مثل ارتباط نداشته باشد نیز دیده می‌شود که تحت عنوان دوشکلی جنسی شناخته می‌شود (Herler et al., 2010). سه مکانیسم برای ایجاد دوشکلی جنسی در جانوران بیان شده است که عبارتند از (۱) گزینش جنسی، (۲) دوشکلی آشیانی و (۳) رقابت غذایی (Hedrick and Temeles, 1989). در مکانیسم گزینش جنسی تغییر شکل بدن عمدتاً در جنس نر گونه‌هایی مشاهده می‌شود که ماده‌ها یک فرآیند گزینشی را برای انتخاب جفت در طی فرآیند جفت‌گیری از خود نشان می‌دهند (O'Donald, 1967; Hedrick and Temeles, 1989). مکانیسم دوشکلی آشیانی به‌واسطه محدودیت‌های تولیدمثلی بوده و برخلاف حالت اول، تغییر شکل و گزینش بر روی جنس ماده صورت می‌گیرد (Hedrick and Temeles, 1989). 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 and Reimchen, 2008).

گاوماهی قفقازی *Knipowitschia caucasica* (Berg, 1916) یکی از دو گونه گاوماهیان ماسه‌ای جنس *Knipowitschia* در حوضه جنوبی دریای خزر است. حضور این گونه در ایران در خلیج گرگان، مصب رودخانه قره‌سو، رودخانه اترک، سد ارس، در جنوب شرقی و غربی دریای خزر و جنوب بخش مرکزی این دریا گزارش شده است (Kiabi et al., 1999; Esmaeili et al., 2018). این گونه همانند سایر اعضای این جنس دارای بدن دوکی شکل می‌باشد. پشت بدن آن در جلوی اولین باله پشتی و نیز در بخش شکم و جلوی باله مخرجی معمولاً فاقد فلس است. ساقه دمی کاملاً پوشیده از فلس بوده و یک ردیف کامل از فلس در بخش قدامی و در میان خط میانی جانبی دیده

دوربین دیجیتالی کداک با قدرت تفکیک ۶ مگاپیکسل عکسبرداری شد. برای استخراج داده‌های شکل بدن نمونه‌ها در روش ریخت‌سنجی هندسی تعداد ۲۱ لندمارک تعریف گردید (شکل ۱) و سپس با استفاده از نرم‌افزار TpsDig2 بر روی تصاویر دو بعدی رقومی شدند (Rohlf, 2006).

روی هم گذاری جایگاه لندمارک‌های به‌منظور حذف تغییرات غیرشکل شامل اندازه، جهت و موقعیت با استفاده از آنالیز پروکراسست صورت پذیرفت (Zelditch, 2004). با توجه به نرمال بودن داده‌ها، داده‌های دو جنس با استفاده آنالیزهای چندمتغیره تابع تشخیص (DFA) و T-test هتلینگ در نرم‌افزارهای PAST و MorphoJ مورد تحلیل قرار گرفتند. م‌صور سازی تفاوت‌های شکل بدن دو جنس هر جمعیت مورد مطالعه با استفاده از شکل میانگین (Consensus configuration) هر جنس در نرم‌افزار MorphoJ با استفاده از Wirefram صورت پذیرفت.

۳. نتایج

نتایج آنالیز DFA و T-test هتلینگ تفاوت معنی‌داری را بین شکل بدن جنس‌های نر و ماده هر دو جمعیت خلیج گرگان ($P < 0.0039$) و تالاب گمیشان ($P < 0.001$) نشان داد (شکل‌های ۲ الف و ۳ الف). فاصله ماهالانوبیس دو جنس نر و ماده در خلیج گرگان و تالاب گمیشان به ترتیب ۳/۱۴ و ۱۱/۲۹۳ بود که بیانگر درجه تمایز ریختی بالاتر دو جنس نر و ماده در تالاب گمیشان می‌باشد.

براساس الگوهای جابجایی لندمارک‌ها، جنس نر در هر دو جمعیت مورد مطالعه دارای سر عمیق‌تر (مربوط به جابجایی پشتی لندمارک‌های شماره ۱ تا ۵)، بدن کم عمق‌تر در ناحیه باله‌های پشتی (مربوط به جابجایی شکمی لندمارک‌های شماره ۶ تا ۸) و ساقه دمی عمیق‌تر و درازتر (مربوط به جابجایی پشتی-خلفی لندمارک‌های شماره ۱۰ تا ۱۲) بودند (شکل‌های ۲ ب و ۳ ب). به‌علاوه در جنس نر جمعیت تالاب گمیشان قاعده‌ی باله سینه‌ای درازتر (باله سینه‌ای پهن‌تر) و خلفی‌تر بود (مربوط به جابجایی خلفی-شکمی لندمارک‌های شماره ۲۰ و ۲۱).

بلند است و معمولاً تا نزدیک خط میانی شکم می‌رسد. اولین باله پشتی در آن‌ها دارای ۳ باند تیره و مورب و یک لکه تیره در بخش میانی باله است. دومین باله پشتی دارای ۳ باند بوده و حاشیه این باله همانند حاشیه انتهای باله اول تیره می‌باشد. درحالی‌که در ماهیان ماده این باله به‌طور کلی کم رنگ دیده می‌شود. ماهیان ماده به‌طور کلی به رنگ حنایی کم‌رنگ هستند و اولین باله پشتی آن‌ها دارای لکه‌های متراکمی است، درحالی‌که ماهیان نر دارای یک لکه آبی‌رنگ هستند که در فصل تولیدمثل دیده می‌شود (Eagderi et al., 2016; Güçlü and Erdoğan, 2017).

بنابراین این سوال پیش می‌آید که آیا با توجه به تفاوت در الگوهای رنگی بدن بین دو جنس نر و ماده گاوماهی قفقازی، آیا شکل بدن آنها نیز متفاوت می‌باشد یا خیر؟ از این‌رو این مطالعه با هدف بررسی دو شکلی جنسی شکل بدن گاوماهی قفقازی در خلیج گرگان با انتخاب دو جمعیت از این گونه در داخل خلیج گرگان و تالاب گمیشان با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی لندمارک پایه به اجرا درآمد.

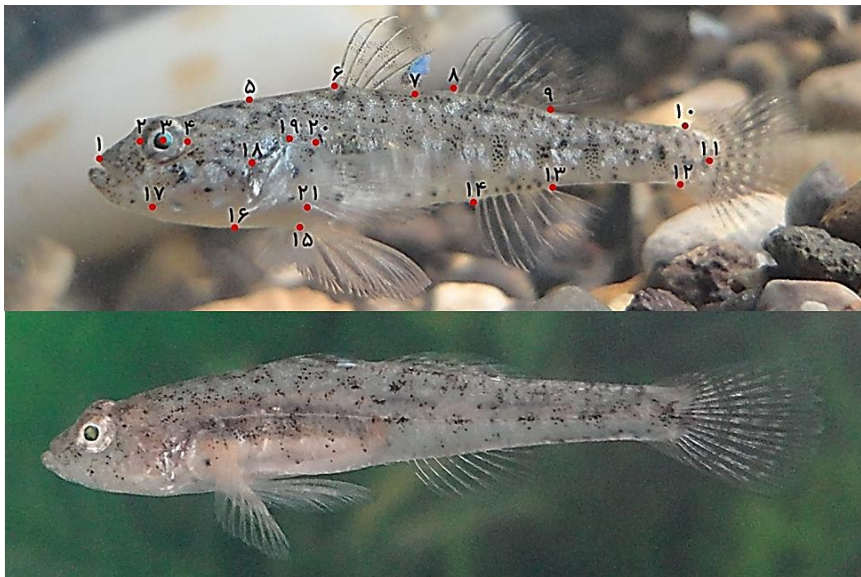
۲. مواد و روش کار

۱.۲. نمونه‌برداری

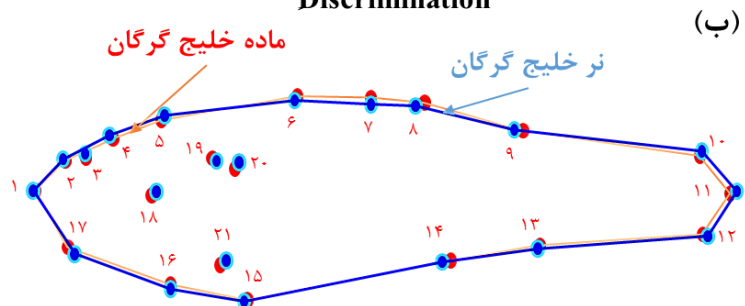
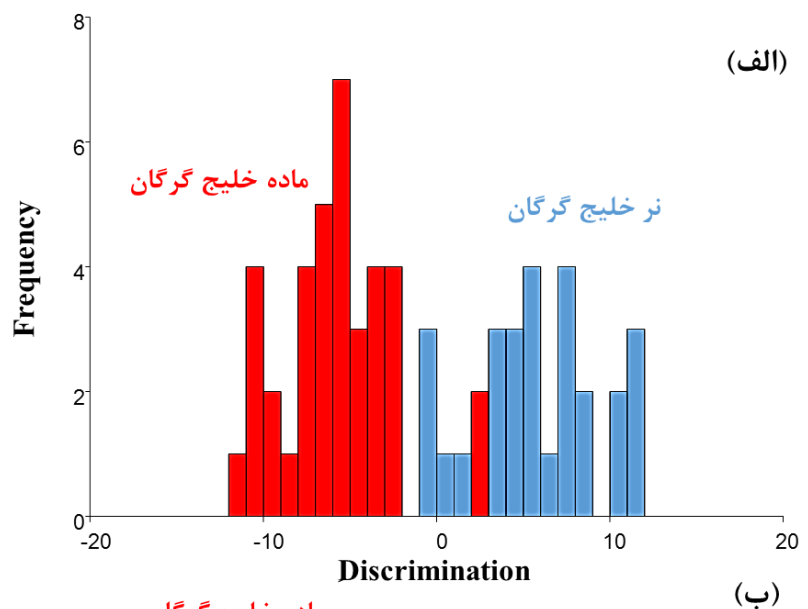
در این تحقیق در مجموع ۱۲۰ عدد گاوماهی قفقازی از تالاب گمیشان (۵۶ قطعه؛ ۲۷ نر و ۲۸ ماده) و خلیج گرگان (۶۴ قطعه؛ ۲۷ نر و ۳۷ ماده) با استفاده از تور ترال دستی با چشمه دو سانتی‌متر (۲۰ میلی‌متر فاصله گره تا گره) صید شدند. نمونه‌های صید شده پس از تثبیت در فرمالین بافری ۱۰ درصد، برای ادامه مطالعات به آزمایشگاه منتقل شدند. تنها ماهیان بالغ بزرگتر از ۳۰ میلی‌متر هر دو جمعیت برای کاهش تغییرات شکل ناشی از رشد آلومتری انتخاب شدند.

۲.۲. استخراج و آنالیز داده‌ها

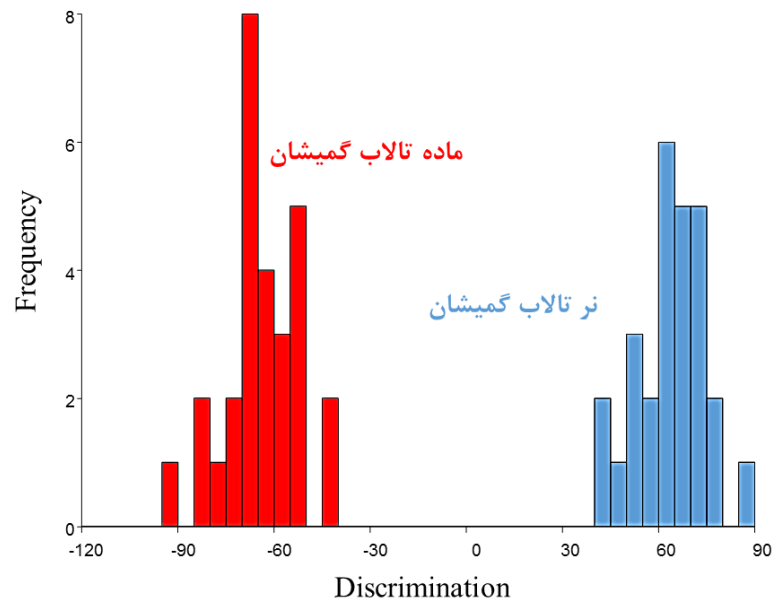
برای استخراج داده‌های شکل در روش ریخت‌سنجی هندسی، از نمای جانبی سطح چپ نمونه‌ها با استفاده از



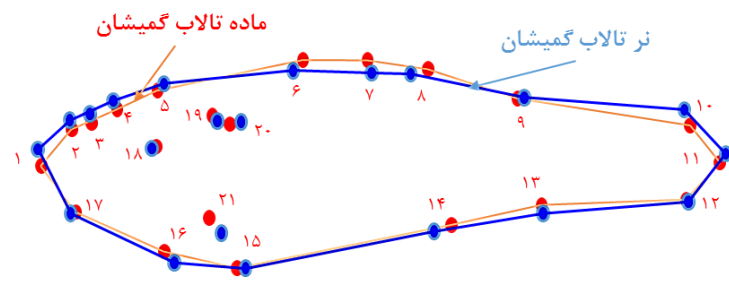
شکل ۱- نمای جانبی بدن جنس نر (بالا) و ماده (پایین) گاوماهی قفقازی و لندمارک‌های تعریف شده برای استخراج داده‌های شکل بدن. ۱- ابتدایی‌ترین بخش پوزه در قسمت فک بالا، ۲- لبه پیشین حدقه، ۳- نقطه وسط چشم، ۴- لبه پشتی حدقه، ۵- محل اتصال سر به تنه در قسمت پشتی سر، ۶- ابتدای قاعده‌ی باله‌ی پشتی اول، ۷- انتهای قاعده‌ی باله‌ی پشتی اول، ۸- ابتدای قاعده‌ی باله‌ی پشتی دوم، ۹- انتهای قاعده‌ی باله‌ی پشتی دوم، ۱۰- لبه پشتی ساقه دم، محل اتصال باله دم به دم، ۱۱- انتهای‌ترین نقطه ساقه‌ی دم، ۱۲- لبه شکمی ساقه دم، محل اتصال باله دم به دم، ۱۳- انتهای قاعده‌ی باله‌ی مخرجی، ۱۴- ابتدای قاعده‌ی باله‌ی مخرجی، ۱۵- ابتدای قاعده‌ی باله‌ی لگنی، ۱۶- شکمی‌ترین نقطه شکاف آبششی، ۱۷- نقطه انتهای دهان در فک بالایی، ۱۸- قسمت فوقانی شکاف سرپوش آبششی، ۱۹- انتهای فوقانی سرپوش آبششی، ۲۰- نقطه پشتی قاعده‌ی باله‌ی سینه‌ای و ۲۱- نقطه شکمی قاعده‌ی باله‌ی سینه‌ای.



شکل ۲- (الف) نمودار آنالیز DFA شکل بدن و (ب) مقایسه میانگین شکل بدن جنس‌های نر و ماده گاوماهی قفقازی *Knipowitschia caucasica* در خلیج گرگان با استفاده نمودار Wireframe.



شکل ۳ - (الف) نمودار آنالیز DFA شکل بدن و (ب) مقایسه میانگین شکل بدن جنس‌های نر و ماده گاوماهی قفقازی *Knipowitschia caucasica* در تالاب گمیشان با استفاده نمودار Wireframe.



مقایسه با تالاب گمیشان که زیستگاه‌های محدودتری است، باشد.

نتایج نشان داد که در هر دو جمعیت مورد مطالعه، جنس ماده گاوماهی قفقازی دارای سر کوچک‌تر، بدن عمیق‌تر و باله سینه‌ای کم عرض، دراز و قدامی می‌باشد. افزایش ارتفاع بدن می‌تواند یک استراتژی برای مقابله با شکار شدن باشد که در آن به‌واسطه‌ی افزایش ارتفاع بدن به نسبت دهان و دستگاہ گوارش شکارچیان به‌وقوع می‌پیوندد (Lattuca et al., 2007). همچنین بدن پهن به قابلیت باروری بیشتر ماهیان نیز مرتبط می‌باشد (Longerhans and Reznick, 2010). داشتن بدنی عمیق‌تر در جنس ماده گاوماهی قفقازی می‌تواند فضای بیشتری را برای در بر گرفتن حجم بیشتری از مواد تناسلی

۴. بحث

در این تحقیق، دوشکلی جنسی شکل بدن در دو جمعیت گاوماهیان قفقازی مورد مطالعه به وضوح نشان داده شد و درجه تمایز ریختی بین دو جنس نر و ماده در جمعیت تالاب گمیشان بیشتر بود. براساس نتایج، تفاوت‌ها در نواحی سر، تنه و دم مشاهده گردید. رقابت بین گونه‌ای اساساً دوشکلی جنسی را به‌واسطه محدودیت آشیان اکولوژیکی برای هر دو جنس کاهش می‌دهد. به‌عنوان مثال دو شکلی جنسی در مارمولک‌ها در یک محیط با گونه‌های کم، بیشتر است تا محیط‌هایی که گونه‌های بسیاری زیست می‌کنند (Butler et al., 2007). بنابراین تفاوت ریختی کمتر دو جنس نر و ماده جمعیت خلیج گرگان می‌تواند به‌دلیل تنوع بالای گونه‌ای ماهیان بنتیک این منطقه در

ماهیان ماده نزدیک می شود و با پوزه خود فک پایینی ماهی ماده را لمس کرده و او را به آشیانه هدایت می کند. سپس ماهیان ماده به این آشیانه ها وارد شده و تخمها را بر روی سقف آشیان می گذارند. در نهایت ماهی نر در نزدیکی آشیانه مانده و از تخمها مراقبت می کند. در فواصل نامنظمی، ماهی نر آشیانه ها به مدت ۵-۱ دقیقه به منظور تغذیه رها می کند اما اغلب در مجاورت آشیان هستند (Eagderi *et al.*, 2017; Güçlü and Erdoğan, 2016). با توجه به رفتار معاشقه جنس نر و داشتن وظیفه نگهداری از تخمها، سر بزرگتر، ساقه دم عمیق تر و باله سینه ای پهن در این جنس را می توان به عملکردهای مربوط به رفتارهای تولیدمثلی و والدینی نسبت داد. داشتن سر بزرگتر و باله سینه ای پهن تر در جنس نر علاوه بر افزایش قابلیت هدایت جنس ماده به آشیانه، می تواند در فرآیند نگهداری تخمها از جمله تهویه تخمها در طی دوره انکوباسیون کارایی بیشتری داشته باشد. همچنین ساقه دم عریض تر می تواند قابلیت شنا و توان مانورپذیری در ماهیان را به واسطه تسریع شروع حرکت افزایش دهد (Webb, 1984; Fisher and Hogan, 2007). این ویژگی در ماهیان برای کسب غذا و فرار از شکارچیان اهمیت بالایی دارد (Wimberger, 2000; Moyle and Cech, 1992). بنابراین ساقه دم پهن تر در جنس نر گاوماهی قفقازی برای تسریع حرکت از حالت سکون برای اجتناب از شکارچی و کسب غذا یک مزیت محسوب می گردد.

نتایج این تحقیق نشان داد که روش ریخت سنجی هندسی به عنوان یک روش کارآمد می تواند دوشکلی جنسی ماهیان دریایی از جمله گاوماهیان جنس *Knipowitschia* حتی با درجه کم را به خوبی تمایز دهد. از این رو براساس نتایج توصیه می شود که در مطالعات آتی ریخت شناسی جمعیت های مختلف گاو ماهیان جنس *Knipowitschia* جنس های نر و ماده به صورت مجزا مقایسه شوند. به علاوه براساس نتایج می توان بیان نمود که مکانیسم ایجاد دوشکلی جنسی در این گونه احتمالاً به واسطه گزینش جنسی می باشد، چراکه در این مکانیسم تغییر شکل بدن عمدتاً در جنس

فراهم آورده و سبب افزایش قابلیت باروری آن گردد (Langerhans *et al.*, 2003; Longers and Reznick, 2010).

در بین عملکردهای متعدد، تحرک در زیستگاه یک عملکرد پیچیده و ضروری برای فعالیتهای ماهی می باشد که تأثیر مهمی بر شایستگی آن دارد و کارایی سیستمهای تحرکی به واسطه انتخاب طبیعی گزینش می گردد. ماهیهای باریک با سری کوچک و ساقه دمی درازتر و کم عمق (شکل بدن دوکی شکل) شناگرهای بهتری هستند که اساساً در بسترهای شنی یافت می شوند و به طور فعال از ماهیها و سخت پوستان بستر تغذیه می کنند (Darcy, 1985). در گاوماهی قفقازی با توجه به تحرک بیشتر جنس ماده نسبت به جنس نر که وظیفه نگهداری تخمهای بارور را برعهده دارد، می توان بیان داشت که داشتن بدن عمیق تر به همراه سر کوچک تر و دم کم عمق تر در جنس ماده می تواند سبب افزایش قابلیت مانورپذیری و همچنین اجتناب از شکارچی گردد (Langerhans *et al.*, 2003; Lattuca *et al.*, 2007; Güçlü and Erdoğan, 2017).

همچنین *Nacua* و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از روش ریخت سنجی هندسی تغییرات شکل بدن میان دو جمعیت گاوماهی جنس *Glossogobius* صید شده از دو دریاچه Buluan و Lanao را مورد مطالعه قرار دادند و نتایج آنها نشان داد که ماهیهای دریاچهزی (با تحرک بیشتر) باله های درازتری نسبت به ماهیهای رودخانهزی داشتند. از این رو با مقایسه نتایج *Nacua* و همکاران (۲۰۱۰) با نتایج این تحقیق می توان نتیجه گیری کرد که انعطاف پذیری و تکامل باله ها در ماهیها احتمالاً به نوع ریز زیستگاه محل سکونت وابسته می باشد و باله سینه ای دراز و قدامی در جنس ماده گاوماهی قفقازی می تواند یک مزیت شناگری در ریز زیستگاه آن باشد.

نتایج همچنین نشان داد که در هر دو جمعیت مورد مطالعه جنس نر دارای سری بزرگتر، ساقه دم عمیق تر و درازتر به همراه موقعیت باله های سینه ای خلفی می باشد. در فرآیند تولیدمثل، جنس نر گاوماهی قفقازی از زیر به

نر به واسطه فرآیند گزینشی جنس ماده در طی فرآیند انتخاب جفت در به وقوع می‌پیوندد.

References

۵. منابع

- Butler M.A., Sawyer S. A., Losos J.B., 2007. Sexual dimorphism and adaptive radiation in Anolis lizards. *Nature*, 447, 202-205.
- Darcy, G.H., 1985. Synopsis of biological data on the pinfish, *Lagodon rhomboides* (Pisces: Sparidae). NOAA Technical Report NMFS 23. US Department of Commerce, Silver Spring MD. 32 p.
- Eagderi S., Nasri M., Roudbar A. 2016. Gobiids of Iran and a key to them. Tehran. 74 p.
- Esmaili H.R., Sayyadzadeh G., Eagderi S., Abbasi K. 2018. Checklist of freshwater fishes of Iran. *FishTaxa* 3(3), 1-95.
- Fisher, R., Hogan, J.D. 2007. Morphological predictors of swimming speed: a case study of pre-settlement juvenile coral reef fishes. *Journal of Experimental Biology* 210, 2436–2443.
- Hedrick, A.V., Temeles, E.J., 1989. The evolution of sexual dimorphism in animals: hypotheses and tests. *Trends in Ecological Evolution* 4(-), 136-138.
- Herler, J., Kerschbaumer, M., Mitteroecker, P., Post, L., Sturmbauer, C., 2010. Sexual dimorphism and population divergence in the Lake Tanganyika cichlid fish genus *Tropheus*. *Frontiers in Zoology* 7, 4.
- Güçlü, S.S., Erdoğan, O., 2017. Age, growth, sex ratio and feeding of *Knipowitschia caucasica* (Berg, 1916) (Actinopterygii, Gobiidae) in non-native species of Eğirdir Lake (Turkey). *Acta Biologica Turcica* 30(1), 1-6.
- Kevrekidis, T., Kokkinakis, A., Koukouras A.S. 1990. Some aspects of the biology and ecology of *Knipowitschia caucasica* (Teleostei: Gobiidae) in the Evros Delta (North Aegean Sea). *Helgoland Marine Research* 44(2), 173-187.
- Kiabi, B., Abdoli, A., Naderi, M. 1999. Status of the fish fauna in the South Caspian Basin of Iran. *Zoology in the Middle East* 18(1), 57-65.
- Langerhans, R.B., Layman, C.A., Langerhans, A.K., DeWitt, T.J., 2003. Habitat-associated morphological divergence in two Neotropical fish species. *Biological Journal of the Linnean Society* 80, 689-698.
- Langerhans, B., Reznick, D.N., 2010. Ecology and Evolution of Swimming Performance in Fishes. In: Domenici, P., Kapoor B.G. (Eds). *Fish Locomotion*. CRC Press. pp: 220- 248.
- Lattuca, M.E., Ortubay, S., Battini, M.A., Barriga, J.P., Cussac, V.E., 2007. Presumptive environmental effects on body shape of *Aplochiton zebra* (Pisces, Galaxiidae) in northern Patagonian lakes. *Journal of Applied Ichthyology* 23, 25-33.
- Moyle, P.B., Cech J.J., 2004. *Fishes: An Introduction to Ichthyology*. California Üniversitesi, Pearson Prentice Hall. 726 p.
- Nacua, S.S., Dorado, E.L., Torres, M.A.J., Demayo, C.G., 2010. Body shape variation between two populations of the white goby, *Glossogobius giuris* (Hamilton and Buchanan). *Research Journal of Fisheries and Hydrobiology* 5(1), 44-51.
- O'Donald, P., 1967. A general model of sexual and natural selection. *Heredity* 22(-), 499-518.
- Spoljaric, M.A., Reimche, T.E., 2008. Habitatdependent reduction of sexual dimorphism in geometric body shape of Haida Gwaii threespine stickleback. *Biological Journal of the Linnean Society B* 95, 505-516.
- Webb, P.W., 1982. Locomotor patterns in the evolution of actinopterygian fishes. *American Zoologist* 22(-), 329-342.
- Wimberger, P.H. 1992. Plasticity of fish body shape – the effects of diet, development, family and age in two species of *Geophagus* (Pisces: Cichlidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 45(-), 197–218.
- Rohlf, J.F., 2006. tpsDig, version 2.10. Department of Ecology and Evolution. State University of New York at Stony Brook.
- Zelditch, M., 2004. *Geometric morphometrics for biologists. a primer*. Academic Press. 488 p.