Research Article

Nova Biologica Reperta 9(1): 50-60 (2022)

Print ISSN: 2423-6330/Online ISSN: 2476-7115

https://nbr.khu.ac.ir; Kharazmi University Press; DOI: 10.29252/nbr.9.1.50

مقاله پژوهشی

یافته‌های نوین در علوم زیستی

جلد ۹، شماره ۱، صفحات ۵۰ الی ۶۰ (۱۴۰۱)

انتشارات دانشگاه خوارزمی

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24236330.2022.9.1.5.5]

[DOI: 10.52547/nbr.9.1.50]

بررسی دو شکلی جنسی ماهی گامبوزیا (*Gambusia holbrooki* Girard, 1859) در رودخانه گاماسیاب، استان کرمانشاه

علیرضا رادخواه[۱]، سهیل ایگدری[۱]، هادی پوربقر[۱] و هاشم نوفرستی[۲]

[۱]گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران؛ [۲]باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران

مسئول مکاتبات: سهیل ایگدری؛ soheil.eagderi@ut.ac.ir

چکیده. ماهی گامبوزیا (*Gambusi holbrooki* Girard, 1859) به‌عنوان یکی از گونه‌های غیربومی و مهاجم در آبهای داخلی ایران به شمار می‌رود. این گونه در اکثر حوضه‌های داخلی ایران و پیکره‌های آبی حضور دارد و حتی در آبهای شور نیز یافت شده است. سازگاری گسترده این ماهی با شرایط اکولوژیکی مختلف باعث شده است که بسیاری از ویژگی‌های زیستی آن مانند ریخت‌شناسی نیز تحت تاثیر محیط تغییر یابد. مطالعه حاضر به منظور بررسی دوشکلی جنسی ماهی گامبوزیا در رودخانه گاماسیاب انجام گرفت. از این‌رو، ۵۹ قطعه ماهی گامبوزیا در شهریور ۱۳۹۶ از رودخانه گاماسیاب نمونه‌برداری شد. نمونه‌های ماهی پس از تعیین جنسیت، با استفاده از دستگاه کولیس زیست-سنجی شده و صفات شمارشی نیز ثبت گردید. در مجموع، ۳۷ صفت ریختی (شامل ۸ صفت شمارشی و ۲۹ صفت ریخت‌سنجی) مورد بررسی قرار گرفت. پس از استخراج داده‌های ریختی، از آنالیز تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) و تابع متمایزکننده (DFA) به‌منظور مقایسه صفات ریختی استفاده شد. نتایج نشان داد که از بین نمونه‌های به-دست آمده، ۳۰ قطعه ماهی نر و ۲۹ قطعه ماهی ماده بودند. بر اساس نتایج، همه صفات ریخت‌سنجی مورد بررسی به غیر از طول ساقه دمی، طول قاعده باله پشتی و فاصله انتهای باله مخرجی تا انتهای بدن، اختلاف معنی‌داری در بین جنس‌های نر و ماده نشان دادند ($p<۰/۰۵$). نتایج آنالیز DFA و PCA نشان داد که جنس‌های نر و ماده از نظر صفات ریخت‌سنجی کاملاً از یکدیگر متمایز شدند. این یافته‌ها بیانگر دوشکلی جنسی در ماهی گامبوزیا در رودخانه گاماسیاب است. دوشکلی جنسی مشاهده شده در این گونه احتمالاً به دلیل انتخاب جنسی و افزایش موفقیت گونه در تولیدمثل صورت گرفته است.

واژه‌های کلیدی. انتخاب جنسی، تابع متمایزکننده، تجزیه به مولفه‌های اصلی، صفات شمارشی، صفات ریخت‌سنجی

Sexual dimorphism of Eastern mosquitofish (*Gambusia holbrooki* Girard, 1859) in Gamasiab River, Kermanshah province

Ali Reza Radkhah[1], Soheil Eagderi[1], Hadi Poorbagher[1] & Hashem Nowferesti[2]

[1]Depertmment of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran; [2]Young Researchers and Elite Club, Bushehr Branch, Islamic Azad University, Bushehr, Iran

Correspondent author: Soheil Eagderi, soheil.eagderi@ut.ac.ir

Abstract. *Gambusia holbrooki* Girard, 1859 is considered as one of the non-native and invasive species in the inland waters of Iran. This species occurs in most inland basins and aquatic bodies of Iran and has even been found in brackish waters. Extensive adaptations of this species to its different habitats caused numerous changes in its biological characteristics and morphological traits. The present study was performed to investigate the sexual dimorphism of *G. holbrooki* in the Gamasiab River, Kermanshah Province, Iran. 59 fish specimens were collected from the river in September 2017. After taxonomic confirmation and sex determination, 29 morphological traits were measured in fish samples using a caliper and their meristic traits were recorded. In total, 37 characters (including 8 meristic traits and 29 morphometric traits) were examined. After obtaining morphological data, Principal Component Analysis (PCA) and Discriminant Function Analysis (DFA) were utilized to compare morphological traits between male and female individuals. The results showed that the 59 specimens were comprised of 30 malea and 29 femalea. On the basis of the results, all morphological traits, except the caudal peduncle length, dorsal fin base length and a post-anal length, showed significant sexual dimorphism (p <0.05). The results of DFA and PCA analysis showed that males and females were completely different from each other in terms of morphometric traits. These findings indicate that there is a sexual dimorphism in *G. holbrooki* of the Gamasiab River. The sexual dimorphism observed in this fish species is due to the sexual selection and increase of reproductive success.

Key words. sex selection, discriminant function, Principal Component Analysis, meristic traits, morphometric traits

Received 22.07.2021/ Revised 23.10.2021/ Accepted 28.11.2021/ Published 20.03.2022

دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۰۵/ اصلاح: ۱۴۰۰/۰۹/۲۰/ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱۱/ انتشار: ۱۴۰۱/۰۱/۰۱

مقدمه

ماهی گامبوزیا (*Gambusia holbrooki* Girard, 1859) گونه ای از ماهیان آب شیرین است که با گونه *Gambusia affinis* از نظر تبارزایی ارتباط نزدیکی دارد (Wooten et al., 1988). این گونه یک عضو از خانواده ماهیان زنده‌زا (Poeciliidae) است. *Gambusia holbrooki* که تحت عنوان پشه‌ماهی شرقی شناخته می‌شود، بومی شرق و جنوب ایالات متحده از فلوریدا تا پنسیلوانیا و مرکز کشور تا آلاباما و تنسی است، درحالی‌که پشه‌ماهی غربی (*G. affinis*) توزیع بیشتری در سراسر ایالات متحده دارد (USGS, 2021). گامبوزیا یک ماهی کوچک با رنگ روشن با باله‌های نیمه‌شفاف است. این گونه با توجه به اندازه، شکل و عادات تولید مثل مشابه، به راحتی با ماهی گوپی اشتباه گرفته می‌شود (NSW, 2015). به طور کلی، در این گونه طول ماهیان نر به ۳/۸ سانتی‌متر و ماده‌ها به ۴/۴ سانتی‌متر می‌رسد. در این گونه، ماده‌ها بزرگتر از نرها هستند. ماده‌های بارور به‌واسطه یک لکه تاریک روی شکم، قابل تشخیص هستند. ماهی گامبوزیا (*G. holbrooki*) گونه‌ای پلانکتون‌خوار است و از جلبک‌ها و آفات تغذیه می‌کند (Froese & Pauly, 2021). به نظر می‌رسد که عادات غذایی این گونه بر اساس بلوغ و فصل جفت‌گیری تغییر می‌کند (McPeek, 1992). در صورت نیاز، ماهی گامبوزیا نوع منابع غذایی را برای بقا تغییر می‌دهد. با افزایش رقابت، این گونه از رژیم غذایی غنی از پلانکتون و جلبک به رژیم غذایی متشکل از زئوپلانکتون، بی‌مهرگان دیگر و لارو بسیاری از گونه‌ها سوق می‌یابد (Blanco et al., 2004). ماهیان ماده معمولاً روی یک طعمه تخصص ندارند و همه آنها را به‌طور مساوی مصرف می‌کنند، درحالی‌که نرها و ماهیان نابالغ در یک نوع طعمه تخصص دارند. با این حال، نرها، ماده‌ها و ماهیان نابالغ با یک نرخ یکسان بقایای موجودات زنده را مصرف می‌کنند (Pyke, 2005). *Gambusia holbrooki* به‌دلیل انتشار در مناطق جدید، دامنه پراکنش خود را افزایش داده است. این گونه به سراسر مناطق جهان معرفی شده است و در بسیاری از نقاط از جمله استرالیا و اروپا به گونه‌ای مهاجم تبدیل شده است (Manzo et al., 2016). این گونه در آب‌های کم عمق، کم جریان و اغلب در حوضچه های گیاهی و دریاچه ها یافت می‌شوند (Froese & Pauly, 2021). این گونه در آب بین ۳۱ درجه سانتیگراد و ۳۵ درجه سانتی‌گراد رشد می‌کند و به نظر می‌رسد که بتواند به دمای بالاتر نیز سازگاری پیدا کند. در مجموع، مطالعات نشان داده است که ماهی گامبوزیا تغییرات شیمیایی و حرارتی را به راحتی تحمل می‌کند (Mulvey et al., 1994) و هیچ گونه کاهشی در این گونه به‌دلیل فعالیت‌های انسانی مشاهده نشده است (Pyke, 2005).

در زیست‌شناسی ماهیان، ویژگی‌های ریخت‌شناسی معمولاً برای سنجش روابط بین گروه‌های مختلف آرایه شناختی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مطالعات ریخت‌شناسی بسیار مستندی وجود دارد که شواهدی را برای اعتبار ذخایر ارائه می‌دهند. با این حال، محدودیت عمده خصوصیات ریخت‌شناسی در این است که تنوع فنوتیپی مستقیماً تحت کنترل ژنتیک است، اما تحت تاثیر شرایط محیطی نیز قرار می‌گیرد (Clayton, 1981). انعطاف-پذیری فنوتیپی ماهیان به آنها اجازه می‌دهد تا با تغییر در فیزیولوژی و رفتار خود به سازگاری با تغییرات محیطی پاسخ دهند که این سازگاری منجر به تغییراتی در ویژگی‌های ریخت-شناسی آنها می‌شود. چنین سازگاری‌های فنوتیپی به‌طور غیرضروری منجر به تغییرات ژنتیکی در جمعیت نمی‌شود و بنابراین، تشخیص چنین تفاوت‌های فنوتیپی در میان جمعیت‌ها را نمی‌توان به عنوان تمایز ژنتیکی در نظر گرفت (Turan, 1999). تغییرات ریخت‌شناختی در ساختار بدن ماهی می تواند منجر به اختلاف در عملکرد و حرکت شود (Breda et al., 2005). بنابراین، بسیاری از عملکردهای ماهیان از قبیل شنا، تغذیه و تولیدمثل تحت تاثیر ویژگی‌های ریخت‌شناسی قرار دارند (Assumpção et al., 2012). از این‌رو، مطالعه خصوصیات ریخت‌شناسی ماهیان می‌تواند در راستای درک بهتر شرایط و عملکرد آنها در محیط‌های مختلف مفید باشد. یکی از جنبه‌های قابل توجه در علم ریخت‌شناسی، دوشکلی جنسی است. دوشکلی جنسی وضعیتی است که در آن دو جنس از یک گونه ویژگی‌های مختلف فراتر از تفاوت در اندام های جنسی خود را نشان می دهند (Biology LibreTexts, 2016). این وضعیت در اکثر حیوانات و برخی گیاهان رخ می‌دهد. این اختلافات ممکن است شامل خصوصیات جنسی ثانویه، اندازه، وزن، رنگ، علائم و همچنین تفاوت‌های رفتاری باشد. نقطه مقابل دوشکلی جنسی، مونومورفیسم است که این مفهوم به حالتی اشاره می‌کند که در آن، هر دو جنس بیولوژیکی به طور فنوتیپی از یکدیگر تفکیک نمی‌شوند (Hüssy et al., 2012; Faggion et al., 2021). تاکنون مطالعات مختلفی در مورد دوشکلی جنسی در گونه‌های مختلف انجام شده است که از جمله آنها می‌توان به گونه‌های *Zacco temminckii* (Kim et al., 2008)، *Amblyraja jenseni*، *Bathyraja pallida*، *Bathyraja richardsoni*، *Rajella bigelowi*، *R. kukujevi* (Orlov & Cotton, 2011)، *Capros aper* (Hüssy et al., 2012)، *Mystus pelusius* و *Glyptothorax silviae* (Esmaeili et al.,

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.24236330.2022.9.1.5.5]
[DOI: 10.52547/nbr.9.1.50]

2017) اشاره کرد. در مورد ماهی گامبوزیا، تاکنون تحقیقات مختلفی در زمینه‌های گوناگون از جمله آرایه شناختی (Lloyd & Tomasov, 1985; Wooten et al., 1988)، ویژگی‌های زیست‌شناختی (Blanco et al., 2004; Pyke, 2005) مورفولوژی خارجی و بررسی جمعیتی (Eagderi & Radkhah, 2015; Radkhah & Nowfcresti, 2016) و همچنین دوشکلی جنسی (McPeek, 1992; Bisazza & Marin, 1995; Andrea et al., 1997) صورت گرفته است.

با توجه به پراکنش گسترده و سازگاری بالای ماهی گامبوزیا در اکوسیستم‌های آبی مختلف و همچنین، احتمال انعطاف‌پذیری ریختی این گونه در جمعیت‌های مختلف، مطالعه حاضر به‌منظور بررسی دوشکلی جنسی این ماهی در رودخانه گاماسیاب به‌عنوان یکی از سرشاخه‌های مهم در حوضه کرخه، انجام شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

رودخانه گاماسیاب یکی از سرشاخه‌های اصلی حوضه آبریز کرخه است (Radkhah & Nowferesti, 2016) که حوضه آبریز آن بیشتر در استان‌های کرمانشاه و همدان به مساحت حدودا ۲۴۳۶۰ کیلومتر مربع است (Karami et al., 2017). منطقه مورد مطالعه در استان کرمانشاه در موقعیتی با مختصات جغرافیایی ۴۷ دقیقه و ۲۱ ثانیه تا ۴۷ دقیقه و ۵۴ ثانیه طول شرقی و ۳۴ دقیقه و ۱۶ ثانیه تا ۳۵ دقیقه و ۳۴ ثانیه عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). در این مطالعه حدود ۷۴/۷ کیلومتر از طول کلی رودخانه گاماسیاب مورد بررسی و نمونه‌برداری قرار گرفته است. این رودخانه از چشمه‌های سنگ سوراخ که از ۲۱ کیلومتری جنوب شرقی شهر نهاوند، استان همدان واقع شده است، سرچشمه می گیرد. جهت جریان در رودخانه از شرق به غرب و شمال غربی به جنوب غربی است. در امتداد مسیر رودخانه، دینورآب به آن می‌پیوندد. رودخانه به دو بخش تقسیم شده است. بخش اول از ورودی رودخانه به استان کرمانشاه تا تقاطع رودخانه دینورآب حدود ۳۴/۴ کیلومتر است. بخش دوم از این محل تقاطع، به بخش بین رودخانه قره‌سو و تشکیل رودخانه سیمره (۴۰/۳ کیلومتر) است (Salimi et al., 2019). شایان ذکر است که در مسیر این رودخانه نیروگاه‌های برقابی با هدف بهره‌گیری از آب و استخرهای متعدد پرورش ماهی احداث گردیده است.

نمونه‌برداری ماهیان

نمونه‌برداری ماهیان در شهریورماه ۱۳۹۶ با استفاده از دستگاه الکتروشوکر و تور پشتیبان در سه ایستگاه از رودخانه گاماسیاب انجام شد (جدول ۱). پس از نمونه‌برداری، کلیه گونه‌های صید شده با استفاده از کلیدهای معتبر و جدید ماهی‌شناسی (Esmaeili et al., 2018; Coad, 2021) شناسایی شدند.

استخراج داده‌های ریخت‌شناسی

در این مطالعه، مشخصات ۸ صفت شمارشی شامل تعداد شعاع-های سخت و نرم باله سینه‌ای، تعداد شعاع‌های سخت و نرم باله شکمی، تعداد شعاع‌های سخت و نرم باله پشتی، تعداد شعاع‌های سخت و نرم باله مخرجی، تعداد شعاع‌های سخت و نرم باله دمی، تعداد فلس‌های خط جانبی، تعداد فلس‌های ابتدای باله پشتی تا خط جانبی و تعداد فلس‌های ابتدای باله مخرجی تا خط جانبی ثبت گردید. علاوه بر این، ۲۹ صفت ریخت‌سنجی در جنس‌های نر و ماده مطابق روش استاندارد ارائه شده توسط Abdoli (2000) با استفاده از دستگاه کولیس به دقت ۱ میلی‌متر اندازه-گیری شد. این صفات شامل طول استاندارد، طول سر، عرض سر، ارتفاع سر، ارتفاع سر در ناحیه چشمی، ارتفاع بدن، عرض بدن، فاصله دو سوراخ بینی، فاصله دو چشم، فاصله چشم تا انتهای سرپوش آبششی، عرض دهان، طول پوزه، قطر چشم، طول ساقه دمی، ارتفاع ساقه دمی، طول قاعده باله پشتی، ارتفاع باله پشتی، طول قاعده باله مخرجی، ارتفاع باله مخرجی، طول قاعده باله سینه‌ای، ارتفاع باله سینه‌ای، طول قاعده باله شکمی، ارتفاع باله شکمی، ابتدای باله سینه‌ای تا نوک پوزه، ابتدای باله پشتی تا نوک پوزه، انتهای باله پشتی تا انتهای بدن، ابتدای باله مخرجی تا نوک پوزه، انتهای باله مخرجی تا انتهای بدن و ابتدای باله پشتی تا ابتدای باله مخرجی بودند. در مجموع، ۳۷ صفت ریخت-شناسی (شامل ۸ صفت شمارشی و ۲۹ صفت ریخت‌سنجی) در جنس‌های نر و ماده ماهی گامبوزیا (*G. holbrooki*) مورد بررسی قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این مطالعه، به‌منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها در همه صفات ریخت‌سنجی، از آزمون کولموگروف اسمیرنوف استفاده شد. سپس، مشخصات آماری داده‌های ریخت‌شناسی شامل دامنه، میانگین و انحراف معیار با استفاده از برنامه آماری SPSS 16.0 تعیین گردید. همچنین، به‌منظور بررسی اختلاف معنی‌دار بین صفات ریخت‌شناسی در جنس‌های نر و ماده از آزمون T برای نمونه های مستقل (Independent Sample T-test) استفاده شد. فواصل اندازه‌گیری شده که متداول‌ترین شکل داده‌های ریخت‌سنجی است، به‌طور پیوسته با افزایش اندازه بدن تغییر می‌کنند و معمولاً در مطالعات ریخت‌سنجی ماهیان اثر اختلاف اندازه نمونه‌ها از تغییرات شکل بدن حذف می‌گردد (Turan, 2004). جهت اصلاح داده‌های خام ریخت‌سنجی و تبدیل

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.24236330.2022.9.1.5.5]
[DOI: 10.52547/nbr.9.1.50]

آن‌ها به متغیرهای مستقل از اندازه بدن چندین فرمول آلومتریک وجود دارد که یکی از آن‌ها برای اصلاح اثر اختلاف اندازه در نمونه‌ها در این تحقیق استفاده شده است (Elliot et al., 1995).

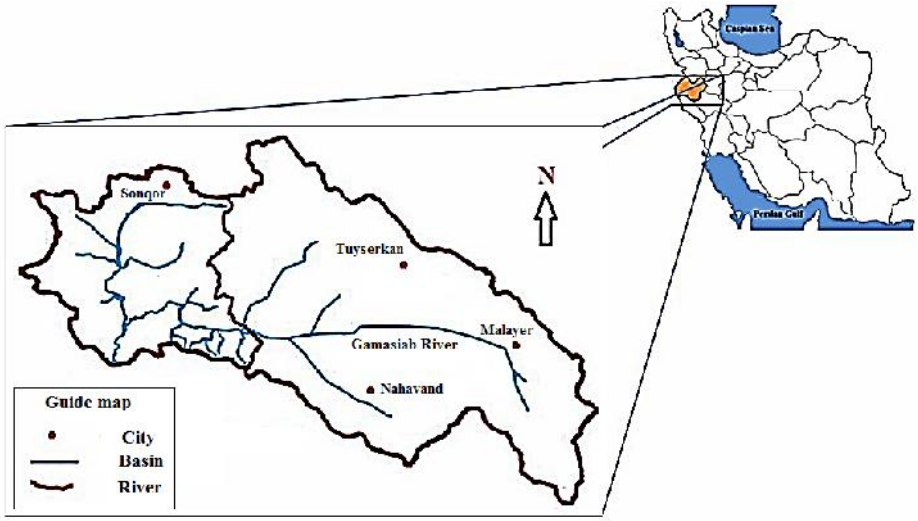
$$M_{adj}=M(L_S/L_0)^b$$

در این فرمول، M: اندازه واقعی فاصله اندازه‌گیری شده، M_{adj}: اندازه اصلاح شده فاصله اندازه‌گیری شده، L_S: میانگین طول چنگالی کل نمونه‌ها، L_0: طول چنگالی ماهی، b: شیب رگرسیون log_m به log_0 تمامی ماهیان در کل نمونه‌ها. سپس، کارایی داده‌های اصلاح شده از طریق آزمون معنی‌دار بودن همبستگی بین متغیرها اصلاح شده و طول استاندارد مورد سنجش قرار گرفت. معنی‌دار نبودن این همبستگی نشان‌دهنده حذف کامل اثر اختلاف اندازه از داده‌ها است.

در پژوهش حاضر، به‌منظور مقایسه و تعیین تمایز ریختی در بین جنس‌های نر و ماده، از داده‌های ریختی اصلاح شده استفاده شد. مقایسه ریختی بین جنس‌ها با استفاده از آنالیزهای تجزیه به مولفه‌های اصلی (Principal component analysis: PCA) و تابع متمایزکننده (Discriminant Function Analysis: DFA) انجام گرفت.

نتایج

نتایج آماری مربوط به صفات شمارشی و ریخت‌سنجی شامل دامنه، میانگین و انحراف معیار در جنس‌های نر و ماده در جدول‌های ۲ و ۳ ارائه شده است. بر اساس جدول ۲، هیچ تفاوتی بین جنس‌های نر و ماده از نظر صفات شمارشی مشاهده نشد. عدم تفاوت قابل توجه بین این صفات می‌تواند نشان دهنده تنوع کم ویژگی‌های شمارشی در مقایسه با ویژگی‌های ریخت‌سنجی باشد (Winfield & Nelson, 1991). در این مطالعه، همه صفات ریخت‌سنجی مورد بررسی به غیر از طول ساقه دمی، طول قائده باله پشتی و فاصله انتهای باله مخرجی تا انتهای بدن، اختلاف معنی‌داری در بین جنس‌های نر و ماده نشان دادند ($P<۰/۰۵$، جدول ۳).



شکل ۱- حوضه رودخانه گاماسیاب (غرب ایران).

Figure 1. Gamasiab river basin (western Iran).

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری.

Table 1- Geographical location of sampling stations.

Station	Number of samples	Geographical coordinates	Access to the station
1	20	34° 46' 14.14"N 47° 64' 45.04"E	Sahneh county
2	19	34° 46' 15.08"N 47° 64' 42.92"E	Sahneh county, near Shahsavan village
3	20	34° 46' 21. 61"N 47° 63' 97.44"E	Sahneh county, near Shahsavan village

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.24236330.2022.9.1.5.5]
[DOI: 10.52547/nbr.9.1.50]

جدول ۲- نتایج آنالیز مقایسه‌ای و خلاصه‌ای از ویژگی‌های شمارشی جنس‌های نر و ماده ماهی گامبوزیا (*Gambusia holbrooki*) در رودخانه گاماسیاب.

Table 2 - Results of comparative analysis and summary of meristic traits of males and females of *Gambusia holbrooki* in Gamasiab River.

		Male (30 samples)		Female (29 samples)		
	Characters	**Min-Max**	**Mean ± SD**	**Min-Max**	**Mean ± SD**	***P* value**
1	Number of hard and soft rays of the pectoral fin	11-14	11.96±0.96 [a]	11-14	11.89±0.97 [a]	0.782 [n.s]
2	Number of hard and soft rays of the pelvic fin	3-6	4.33±0.75 [a]	3-6	4.37±0.62 [a]	0.800 [n.s]
3	Number of hard and soft rays of dorsal fin	5-7	6.23±0.62 [a]	5-7	6.27±0.52 [a]	0.779 [n.s]
4	Number of hard and soft rays of anal fin	7-11	8.63±0.88 [a]	8-11	9.06±0.79 [a]	0.053 [n.s]
5	Number of hard and soft ray of caudal fin	15-22	19.94±1.24 [a]	19-22	20.41±0.77 [a]	0.105 [n.s]
6	Number of lateral line scales	30-32	30.30±0.65 [a]	29-32	30.41±0.77 [a]	0.545 [n.s]
7	Number of scales from dorsal fin to lateral line	3-5	3.50±0.57 [a]	3-5	3.55±0.63 [a]	0.743 [n.s]
8	Number of scales from anal fin to lateral line	4-5	4.20±0.40 [a]	3-5	4.37±0.56 [a]	0.165 [n.s]

حرف n.s و حروف همسان عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین صفات مورد بررسی را نشان می‌دهد.

جدول ۳- حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار صفات ریخت‌سنجی در جنس‌های نر و ماده ماهی گامبوزیا (*Gambusia holbrooki*).

Table 3. Minimum, maximum, mean and standard deviation of morphological traits in males and females of *Gambusia holbrooki*.

		Male (30 samples)		Female (29 samples)		
	Characteristics	**Min-Max**	**Mean ± SD**	**Min-Max**	**Mean ± SD**	***P* value**
1	Total length	23.04-30.32	27.11±1.91	22.50-54.20	33.15±9.03	0.001*
2	Standard length	18.42-25.00	21.79±1.72	17.84-44.40	27.04±7.55	0.000*
3	Head length	5-7	5.72±0.46	5.00-11.15	7.24±1.76	0.000*
4	Head width	2.68-3.80	3.20±0.29	2.95-6.93	4.38±1.13	0.000*
5	Head depth	3.00-4.49	3.73±0.41	3.21-7.80	4.89±1.22	0.000*
6	Head depth in the eye area	2.22-3.10	2.71±020	2.41-6.00	3.53±0.97	0.000*
7	Body depth	3.60-6.65	4.60±0.58	3.68-12.58	6.46±2.99	0.001*
8	Body width	2.34-3.90	3.07±0.33	2.47-10.17	4.61±2.39	0.001*
9	Distance between the two nostrils	1.06-1.52	1.29±0.12	1.00-2.73	1.60±0.41	0.000*
10	Distance between the two eyes	2.28-3.40	2.94±0.33	6.70-2.74	4.08±1.07	0.000*
11	Distance from the eye to the end of the operculum	2.00-3.19	2.37±0.24	1.99-5.00	3.13±0.87	0.000*
12	Mouth width	1.56-2.50	1.98±0.25	1.70-3.85	2.61±0.57	0.000*
13	Snout length	1.30-1.95	1.60±0.15	1.25-3.00	2.00±0.47	0.000*
14	Eye diameter	1.48-2.17	1.87±0.17	1.50-2.92	2.16±0.40	0.001*
15	Caudal peduncle length	1.60-5.30	3.53±0.93	1.57-9.00	4.35±2.00	0.050
16	Caudal peduncle depth	2.31-3.53	2.80±0.25	2.00-6.07	3.41±1.22	0.010*
17	Dorsal fin base length	1.50-3.50	2.47±0.52	1.56-2.05	2.87±1.00	0.062
18	Dorsal fin height	3.05-5.85	4.90±0.51	3.95-8.25	5.67±1.33	0.005*
19	Anal fin base length	1.37-3.70	2.29±0.64	1.72-4.70	2.84±0.88	0.008*
20	Anal fin height	4.80-9.00	7.51±0.81	4.50-8.70	5.96±1.10	0.000*
21	Pectoral fin base length	1.11-1.86	1.60±0.18	1.20-3.15	2.05±0.56	0.000*
22	Pectoral fin height	3.18-5.10	4.31±0.52	3.00-8.40	5.14±1.58	0.008*
23	Pelvic fin base length	0.85-1.50	0.98±0.12	0.90-1.60	1.12±0.22	0.004*
24	Pelvic fin height	1.90-3.10	2.23±0.30	1.60-5.60	3.16±1.20	0.000*
25	Distance from the pectoral fin to the snout	5.50-8.60	6.53±0.64	4.85-12.00	7.85±1.90	0.001*
26	Distance from the dorsal fin to the snout	10.60-14.23	12.83±0.90	10.33-29.00	16.71±5.36	0.000*
27	Distance from the end of the dorsal fin to the end of the body	9.00-13.42	11.59±0.84	9.00-20.65	13.87±3.26	0.000*
28	Distance from the beginning of the anal fin to the snout	7.60-11.54	9.47±0.92	8.59-25.80	13.90±5.40	0.000*
29	Distance from the end of the anal fin to the end of the body	12.42-16.99	14.58±1.12	11.00-24.00	16.08±3.46	0.070

علامت * نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در صفات مورد بررسی در آنالیزها است.

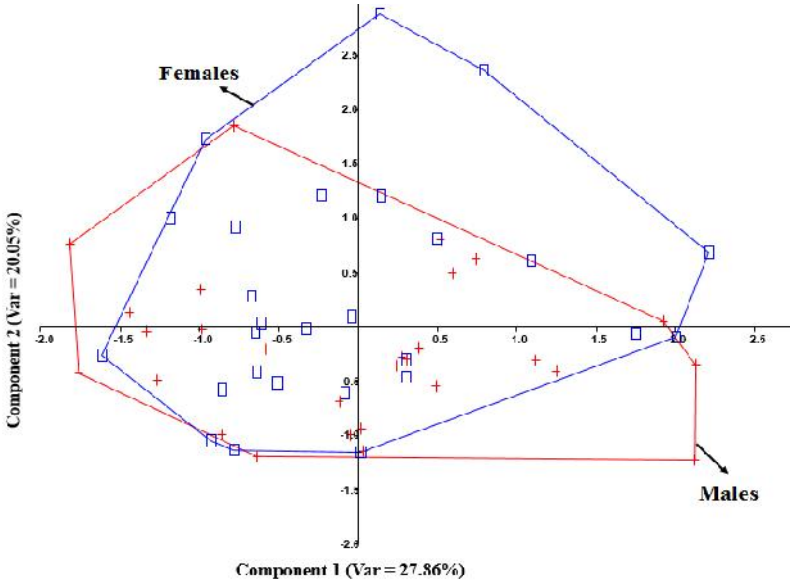
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.24236330.2022.9.1.5.5]
[DOI: 10.52547/nbr.9.1.50]

نتایج آنالیز PCA برای صفات شمارشی و ریخت‌سنجی به‌ترتیب در شکل‌های ۲ و ۳ ارائه شده است. براساس نتایج، در آنالیز PCA برای صفات شمارشی، محورهای اول (PC1) و دوم (PC2) به‌ترتیب ۲۷/۸۶ درصد و ۲۰/۰۵ درصد واریانس را نشان دادند (جدول ۴). بر اساس شکل ۳، جنس‌های نر و ماده ماهی گامبوزیا از نظر ویژگی‌های ریخت‌سنجی از یکدیگر تفکیک شدند. در آنالیز PCA برای صفات ریخت‌سنجی، محور اول ۳۷/۵۰ درصد و محور دوم ۱۷/۵۶ درصد واریانس را شامل شد (جدول ۵).

نتایج آنالیز تابع متمایزکننده (DFA) PCA برای صفات شمارشی و ریخت‌سنجی نیز که به‌منظور مقایسه جمعیت‌های نر و ماده ماهی گامبوزیا در رودخانه گاماسیاب انجام شد، به‌ترتیب در شکل‌های ۴ و ۵ ارائه شده است. بر اساس این نتایج، جمعیت‌های نر و ماده از نظر خصوصیات ریخت‌سنجی کاملاً از یکدیگر متمایز شدند، در حالی‌که از لحاظ صفات شمارشی هم‌پوشانی بالایی با یکدیگر داشتند (p>۰/۰۵).

بحث و نتیجه‌گیری

دوشکلی جنسی موضوعی است که مورد توجه بسیاری از زیست‌شناسان از جمله داروین و لوین قرار گرفته است. این پدیده در طبیعت معمول است و ممکن است که تنوع بین گونه ای در عملکرد و الگوهای استفاده از منابع را افزایش دهد (McGee & Wainwright, 2013). بسیاری از گونه‌های مهره‌دار از نظر جنسیتی، تفاوت‌های ریختی از خود نشان می‌دهند که توضیح علت آن بسیار زیاد و گاه متناقض است (Radkhah et al., 2020). دوشکلی جنسی یا واگرایی فنوتیپی بین دو جنس، یک شکل معمول و اغلب قابل توجه از تغییر فنوتیپی درون گونه‌ای است (McGee &Wainwright, 2013). به‌طور معمول، در هر ماهی، جنسیت را می توان با ارزیابی چشمی غدد جنسی (ویژگی‌های اولیه جنسی) تعیین کرد که به‌طور معمول این ویژگی‌ها در ماهی‌های بالغ کاملاً مشهود است (Gama, 2014).



شکل ۲- آنالیز تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) صفات شمارشی برای جنس‌های نر و ماده.

Figure 2. Principal Component Analysis (PCA) of meristic traits for males and females.

جدول ۴- نتایج آنالیز تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) برای صفات شمارشی.

Table 4. Results of Principal Component Analysis (PCA) for meristic traits.

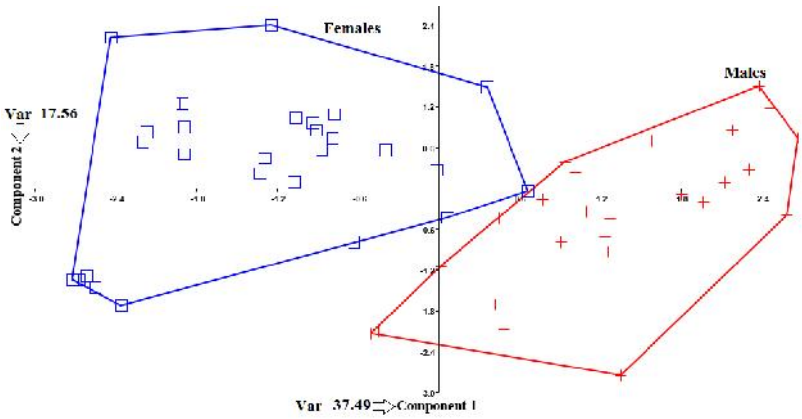
Axis	Eigenvalue	Variance (%)
1	1.09359	27.86
2	0.789989	20.05

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.24236330.2022.9.1.5.5]
[DOI: 10.52547/nbr.9.1.50]

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24236330.2022.9.1.5.5]

[DOI: 10.52547/nbr.9.1.50]



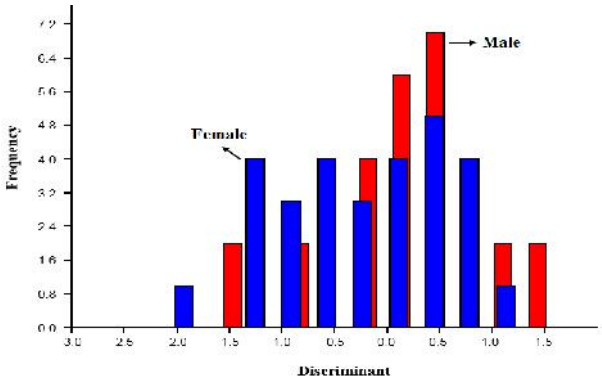
شکل ۳- آنالیز تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) صفات ریخت‌سنجی برای جنس‌های نر و ماده.

Figure 3. Principal Component Analysis (PCA) of morphometric traits for males and females.

جدول ۵- نتایج آنالیز تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) برای صفات ریخت‌سنجی.

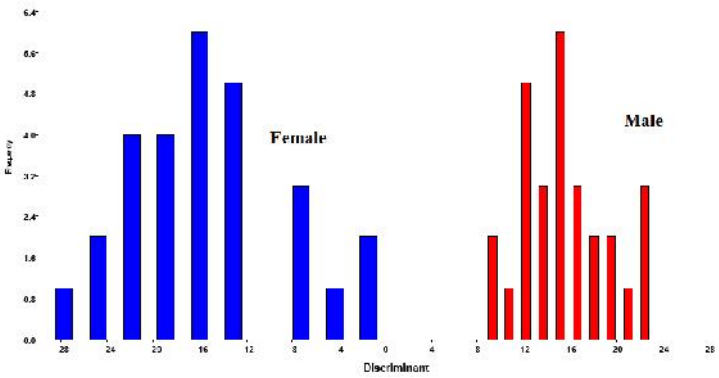
Table 5. Results of Principal Component Analysis (PCA) for morphometric traits.

Axis	Eigenvalue	Variance (%)
1	2.68943	37.49
2	1.28094	17.56



شکل ۴- آنالیز تابع متمایزکننده (DFA) برای صفات شمارشی جنس‌های نر و ماده.

Figure 4. Discriminant Function Analysis (DFA) for meristic traits of males and females.



شکل ۵- آنالیز تابع متمایزکننده (DFA) برای صفات ریخت‌سنجی جنس‌های نر و ماده.

Figure 5. Discriminant Function Analysis (DFA) for morphometric traits of males and females.

در مطالعه حاضر، اگرچه بین جنس‌های نر و ماده از نظر صفات شمارشی هیچ تفاوتی مشاهده نشد، اما از لحاظ ویژگی-های ریخت‌سنجی در ۲۶ صفت تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان دادند. این نتیجه نشان داد که تغییرات صفات ریخت‌سنجی در مقایسه با صفات شمارشی بیشتر است چراکه تغییرپذیری صفات ریخت‌سنجی بیشتر تحت تاثیر فاکتورهای محیطی قرار دارد، در حالی‌که صفات شمارشی متاثر از وراثت و ویژگی‌های ژنتیکی هستند (Turan, 2004). پژوهش حاضر نشان داد که تفاوت قابل توجهی بین جنس‌های نر و ماده از نظر صفات ریخت‌سنجی وجود دارد به‌طوری که بر اساس آنالیز تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA)، این دو جنس کاملاً از یکدیگر تفکیک شدند. در این مطالعه، میانگین طول استاندارد برای جنس‌های نر و ماده به‌ترتیب ۲۱/۷۹ و ۲۷/۰۴ به‌دست آمد. این نتایج نشان داد که طول استاندارد در افراد ماده بیشتر از افراد نر است. مشابه این حالت در مورد صفات دیگر مانند طول سر، عرض سر، عرض بدن، قطر چشم، طول پوزه، طول ساقه دمی و ارتفاع ساقه دمی وجود دارد. این درحالی است که در برخی از صفات مثل ارتفاع بدن، جنس نر بدن عمیق‌تری در مقایسه با جنس ماده داشت.

اگرچه تفاوت در اندازه بین جنسیت‌ها به دلایل مختلفی ممکن است به‌وجود آید، اما به‌نظر می‌رسد که این تغییر شکل در حال تغییر باشد. هنگامی که موفقیت تولیدمثل با افزایش اندازه در هر دو جنس افزایش می‌یابد، اگر شیب انتخاب برای جنس ماده و نر به‌طور قابل توجهی متفاوت باشد، یک جنس ممکن است بزرگتر باشد. Petrie (1983) در تایید این مسئله، بیان کرد که تفاوت های جنسی در اندازه ممکن است از یک رابطه منفی بین اندازه و موفقیت تولیدمثل در یک جنس ناشی شود. در جانورانی که از نظر جنسی تولیدمثل می‌کنند، افراد با اندازه بدن بزرگتر اغلب از موفقیت باروری بیشتری برخوردار می‌شوند. در بسیاری از گونه‌های مختلف، باروری ماده‌ها با وزن بدن ارتباط مثبت دارند (Breder & Rosen, 1966). این مسئله در مطالعات دیگر نیز مورد تایید قرار گرفته است (Smith, 2007)، به‌طوری که آنها بیان کردند ماهیان ماده که اندازه بزرگ‌تری دارند، ممکن است فرزندان بزرگتر و پویاتری تولید کنند (Bisazza & Marin, 1995). این مسئله در مورد ماهی گامبوزیا در مطالعه حاضر صادق است.

در بسیاری از مطالعات، انتخاب جنسی دلیل اصلی دوشکلی جنسی در نظر گرفته شده است (Berns, 2013). ویژگی‌های ریختی ماهیان علاوه بر اینکه تحت تاثیر شرایط محیطی تغییر می‌کنند (Laporte, 2018)، ممکن است در راستای انتخاب جنسی نیز تحت تاثیر قرار گیرند. داشتن اندازه بزرگ در ماهیان ماده می‌تواند مزایای مختلفی داشته باشد. اندازه بزرگ می‌تواند کیفیت باروری ماهی را افزایش دهد و نسل مطلوبی که شانس بیشتری برای بقا دارند، تولید کند (Laporte, 2018). در میان مهره داران، موارد شدید تغییر شکل جنسی در میان ماهیان زنده‌زا (Poeciliidae) یافت می‌شود. در نمونه های *G. holbrooki* که در مطالعه حاضر استفاده شد، میانگین طول استاندارد ماده‌ها بیشتر از جنس نر بود. در سیستم‌های جفت-گیری، اندازه نقش مهمی در موفقیت تولید مثلی ایفا می‌کند (Dimijian, 2005). در ماهیان پویسیلیده، باله مقعدی نر به یک عضو جنسی، گنوپودیم تبدیل می شود. ماهیان ماده اسپرم را ذخیره می‌کنند و ارتباط جنسی در هر مرحله از چرخه تولیدمثل ماده اتفاق می‌افتد (Radkhah et al., 2021). مانند اکثر ماهیان این خانواده، نرها پس از رسیدن به بلوغ جنسی رشد خود را متوقف می‌کنند و یا با رشد اندکی روبه‌رو هستند، اما تغییرات قابل توجهی در اندازه بدن نرها به طور کلی در میان جمعیت‌ها مشاهده می‌شود (Bisazza & Marin, 1995)، به-طوری که الگوی رشد ماهیان گامبوزیا، در بالغین نر در مقایسه با ماده‌های بالغ کمتر است (Radkhah et al., 2021).

در پژوهش حاضر، اندازه کوچک ماهیان نر نسبت به ماده می-تواند به انتخاب جنسی آنها مربوط باشد. داده‌های رفتاری نشان می‌دهد که مزایای ماهیان نر که دارای بدن کوچک هستند، تقریباً دو برابر است چرا که آنها شانس بیشتری برای جفت‌گیری با ماده‌ها دارند و هنگام قرار دادن گنوپودیم به داخل مجرای ماده، قابلیت مانور بهتری دارند (Pilastro et al., 1997). مشابه حالتی که برای گونه *G. holbrooki* در مطالعه حاضر مشاهده شد، برای برخی از گونه‌های دیگر مانند *Micrometrus minimus* نیز صادق است. محققان در مطالعه‌ای که روی این گونه انجام دادند، علت اندازه کوچک در جنس نر را به انتخاب جنسی مرتبط دانستند (Panzino et al., 2019).

اگر چه داشتن اندازه کوچک در جنس نر یک مزیت محسوب می‌شود، اما باید خاطر نشان کرد که در برخی از گونه‌ها، این شرایط بالعکس است. از جمله این گونه‌ها می‌توان به *Lamprologus callipterus*، که نوعی ماهی سیکلید است، اشاره کرد. در این ماهی، نرها تا ۶۰ برابر از ماده‌ها بزرگتر هستند. اعتقاد بر این است که افزایش اندازه نر مزیت دارد چرا که نرهای بزرگ‌تر و قدرتمندتر، قادر به جمع‌آوری بزرگ‌ترین پوسته‌ها برای تخم‌ریزی جنس ماده هستند. در مقابل، اندازه بدن ماهی ماده باید کوچک باقی بماند زیرا برای تولیدمثل باید تخم-های خود را داخل پوسته‌های خالی بگذارد. اگر اندازه این جنس خیلی بزرگ باشد، در پوسته‌ها جای نمی‌گیرد و قادر به

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.24236330.2022.9.1.5.5]
[DOI: 10.52547/nbr.9.1.50]

تولیدمثل نخواهد بود. از این‌رو، رشد ماهی ماده به رشد اندازه پوسته محدود می‌شود و در واقع ممکن است این جنس، سرعت رشد خود را با توجه به در دسترس بودن اندازه پوسته تغییر دهد. به عبارت دیگر، توانایی جنس نر در جمع‌آوری پوسته‌های بزرگ به اندازه او بستگی دارد (Ota et al., 2010). این یافته‌ها نشان می‌دهد که با توجه به استراتژی تولیدمثل هر گونه، نسبت تفاوت‌های ریختی در بین جنس‌ها تغییر می‌کند، به‌طوری که در یک گونه مانند *Lamprologus callipterus*، داشتن اندازه بزرگ در جنس نر مزیت محسوب می‌شود و در گونه‌ای دیگر مانند ماهی گامبوزیا، این جنس ماده است که به‌واسطه اندازه بزرگ بدن قابلیت بیشتری پیدا می‌کند. در ماهی گامبوزیا، داشتن اندازه بزرگ در جنس ماده علاوه بر اینکه به موفقیت تولیدمثلی این گونه کمک می‌کند، می‌تواند به طور غیرمستقیم یک مکانیسم برای تسلط این گونه در زیستگاه‌های جدید نیز باشد (Radkhah et al., 2021). با توجه به انتشار گسترده ماهی گامبوزیا در اکثر پیکره‌های آبی، موفقیت تولیدمثلی این گونه و غالبیت آن در هنگام معرفی به زیستگاه‌های جدید همواره مورد توجه محققین بوده است. به‌نظر می‌رسد دوشکلی جنسی که در این گونه رخ داده است، یک استراتژی موفق برای تولیدمثل، اشغال زیستگاه‌های جدید و پیشبرد الگوی تهاجمی آن است.

به‌عنوان یک نتیجه‌گیری، پژوهش حاضر تفاوت‌های ریختی بین جنس‌های ماهی گامبوزیا در رودخانه گاماسیاب را نشان داد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، بدن بزرگ در ماهیان ماده یک مزیت بالقوه برای موفقیت تولیدمثلی به شمار می‌رود. از آنجایی که ماهی گامبوزیا به‌عنوان یک گونه مهاجم اغلب با معرفی به محیط‌های جدید، بسیاری از زیستگاه‌ها را تصرف می‌نماید، بنابراین می‌توان انتظار داشت که جنس ماده این گونه از مزیت بالایی برای تولیدمثل برخوردار باشد. از این‌رو، می‌توان بیان نمود که دوشکلی جنسی در ماهیان گامبوزیا به‌جهت افزایش بازدهی در تولیدمثل و توانایی اشغال زیستگاه‌های جدید صورت گرفته است.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مساعدت و همکاری کلیه عزیزانی که در مرحله نمونه‌برداری این مطالعه مشارکت داشته‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

REFERENCES

Abdoli, A. 2000. The inland water fishes of Iran. Iranian Museum of Nature and Wildlife, Tehran. 378 p. (In Persian).

Berns, C.M. 2013. The evolution of sexual dimorphism: understanding mechanisms of sexual shape differences, sexual dimorphism. In: Moriyama H(Ed.). Sexual dimorphism. InTech. [Cited 2010 July 17]. Available from: https://www.intechopen.com/chapters/43889 [accessed on 7 July 2021].

Biology LibreTexts. 2016. Sexual dimorphism. Biology LibreTexts. Available from: https://bio.libretexts.org [accessed on 26 August 2020].

Bisazza, A. & Marin, G. 1995. Sexual selection and sexual size dimorphism in the eastern mosquitofish *Gambusia holbrooki* (Pisces Poeciliidae), Ethology Ecology & Evolution 7: 169-183.

Blanco, S., Romo, S. & Villena, M.J. 2004. Experimental study on the diet of mosquitofish (Gambusia holbrooki) under different ecological conditions in a shallow lake. International Review of Hydrobiology 89: 250-262.

Breda, L., Oliveira, E.F. & Goulart, E. 2005. Ecomorfologia de locomoção de peixes com enfoque para espécies neotropicais. Acta Scientiarum: Biological Sciences 27: 371-381.

Breder, C.M. & Rosen, D.R. 1966. Mode of reproduction in fishes. Neptune City, NJ: T.F.H. Publications.

Clayton, J.W. 1981. The stock concept and the uncoupling of organismal and molecular evolution. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 38: 1515-1522.

Coad, B.W. 2021. Freshwater fishes of Iran. Available from: http://www.briancoad.com [accessed on 22 July 2021].

Dimijian, G.G. 2005. Evolution of sexuality: biology and behavior. Proceedings (Baylor University Medical Center) 18: 244-258.

Eagderi, S. & Radkhah, A. 2015. Length-weight relationship and condition factor of Mosquitofish (*Gambusia holbrooki*) in three inland basins of Iran. Poeciliid Research 5: 39-43.

Elliott, N.G., Haskard, K. & Koslow, J. A. 1995. Morphometric analysis of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) off the continental slope of southern Australia. Journal of Fish Biology 46: 202-220.

Esmaeili, H.R., Sayyadzadeh, G. & Amini Chermahini, M. 2017. Sexual dimorphism in two catfish species, *Mystus pelusius* (Solander, 1794) and *Glyptothorax silviae* Coad, 1981 (Teleostei: Siluriformes). Turkish Journal of Zoology 41: 144-149.

Esmaeili, H.R., Sayyadzadeh, G., Eagderi, S. & Abbasi, K., 2018. Checklist of freshwater fishes of Iran. FishTaxa 3: 1-95.

Faggion, S., Vandeputte, M., Vergnet, A., Clota, F., Blanc, M.O., Sanchez, P., Ruelle, F. & Allal, F. 2021. Sex dimorphism in European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): New insights into sex-related growth patterns during very early life stages. PloS one 16: e0239791. DOI: 10.1371/journal.pone.0239791

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24236330.2022.9.1.5.5]

[DOI: 10.52547/nbr.9.1.50]

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24236330.2022.9.1.5.5]

[DOI: 10.52547/nbr.9.1.50]

Froese, R. & Pauly, D. 2021. "*Gambusia holbrooki*" in FishBase. FishBase. World Wide Web electronic publication. Available from: https://www.fishbase.de [accessed 10 July 2015]

Gama, C.S., 2014. Confirmation of sexual dimorphism in *Hoplias aimara* (Valenciennes, 1847) (Erythrinidae: Characiformes) proposed by localexpertise in Amapá, Brazil. Brazilian Journal of Biology 74: 687-690.

Hüssy, K., Coad, J.O., Farrell, E.D., Clausen, L.W. & Clarke, M.W. 2012. Sexual dimorphism in size, age, maturation, and growth characteristics of boarfish (*Capros aper*) in the Northeast Atlantic. ICES Journal of Marine Science 69: 1729-1735.

Karami, M., Mirdar Harijani, J., Gharaei, A. & Pouria, M. 2017. Assessment of water quality of Gamasiab River using BMWP and ASPT Indices. Journal of Aquatic Ecology 7: 29-38. (In Persian).

Kim, Y.J., Zhang, C.I., Park, I-S., Na, J.H. & Olin, P. 2008. Sexual dimorphism in morphometric characteristics of Korean Chub *Zacco koreanus* (Pisces, Cyprinidae). Journal of Ecology and Environment 31: 107-113.

Laporte, M., Berrebi, P., Claude, J., Vinyoles, D., Pou-Rovira, Q., Raymond, J-C. & Magnan, P. 2018. The ecology of sexual dimorphism in size and shape of the freshwater blenny Salaria fluviatilis. Current Zoology 64: 183-191.

Lloyd, L.N. & Tomasov, J.F. 1985. Taxonomic status of the mosquitofish, Gambusia affinis (Poeciliidae), in Australia. Marine and Freshwater Research 36: 447-451. DOI: 10.1071/MF9850447

Assumpção, L.D., Makrakis, M.C., Makrakis, S., Piana, P.A., da Silva, P.S., de Lima, A.F. & Fernandez, D.R. 2012. Morphological differentiation among migratory fish species from the Paraná River basin. Biota Neotropica 12: 1-11. DOI: 10.1590/S1676-06032012000400003

Manzo, C., Fabbrocini, A., Roselli, L. & D'Adamo, R. 2016. Characterization of the fish assemblage in a Mediterranean coastal lagoon: Lesina lagoon (central Adriatic Sea). Regional Studies in Marine Science 8: 192-200.

McGee, M.D., Schluter, D. & Wainwright, P.C. 2013. Functional basis of ecological divergence in sympatric stickleback. BMC Evolutionary Biology 13: 277. DOI: 10.1186/1471-2148-13-277

McPeek, M.A. 1992. Mechanisms of sexual selection operating on body size in the mosquitofish (*Gambusia holbrooki*). Behavioral Ecology 3: 1-12.

Mulvey, M., Keller, G.P. & Meffe, G.K. 1994. Single and multiple locus genotypes and life-history responses of *Gambusia holbrooki* reared at two temperatures. Evolution 46: 1810-1819.

NSW. 2015. Department of Primary Industries. "Eastern gambusia (*Gambusia holbrooki*)". Fishing and Aquaculture. NSW Government. Retrieved 4 April 2015.

Orlov, A.M. & Cotton, C.F. 2011. Sexually dimorphic morphological characters in five North Atlantic deepwater skates (Chondrichthyes: Rajiformes). Journal of Marine Sciences, Vol. 2011, Article ID 842821, 18 p. DOI: 10.1155/2011/842821

Ota, K., Kohda, M. & Sato, T. 2010. Unusual allometry for sexual size dimorphism in a cichlid where males are extremely larger than females. Journal of Biosciences 35: 257-265.

Panzino, M.E., Bond, E.C. & Forsgren, K.L. 2019. Sexual dimorphism of the dwarf perch (*Micrometrus minimus*) anal fin. Southern California Conferences for Undergraduate Research (SCCUR). Available from: https://www.sccur.org [accessed on 23 July 2021].

Petrie, M. 1983. Female moorhens compete for small fat males. Science 220: 413-415.

Pyke, G.H. 2005. A review of the biology of *Gambusia affinis* and *G. holbrooki*. Reviews in Fish Biology and Fisheries 15: 339-365.

Pilastro, A., Giacomello, E. & Bisazza A. 1997. Sexual selection for small size in male mosquitofish (*Gambusia holbrooki*). Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 264: 1125-1129.

Radkhah, A. & Nowferesti, H. 2016. Studies on length-weight, length-length relationships and condition factor of Capoeta aculeata in Gamasiab river, Kermanshah province, Iran. ABAH Bioflux 8: 29-33.

Radkhah, A.R. & Nowfcresti, H. 2016. Morphometric comparisons of the mosquitofish populations (*Gambusia holbrooki*) from kashmar region, Khorasan Razavi province, northeastern Iran. Journal of Advanced Zoology 37: 1-8.

Radkhah, A.R., Eagderi, S., Poorbagher, H. & Shams, Y. 2020. Investigation of fish fauna and environmental factors influencing biodiversity in the Zarineh River, Urmia Lake basin (West Azerbaijan Province). Iranian Scientific Fisheries Journal 29: 81-91. (In Persian).

Radkhah, A.R., Eagderi, S. & Nowferesti, H. 2021. Investigation of some biological characteristics and growth pattern of *Gambusia holbrooki* (Girard, 1859) in Gamasiab river, Kermanshah province. Journal of Applied Ichthyological Research. Accepted for publication. (In Persian)

Salimi, A.H., Mousavi, S.F. & Farzin, S. 2019. Removal of sulfate from Gamasiab river water samples by using natural nano-Clinoptilolite. Journal of Applied Research in Water and Wastewater 6: 39-44.

Smit, C.C. 2007. Independent effects of male and female density on sexual harassment, female fitness, and male competition for mates in the western mosquitofish *Gambusia affinis*. Behavioral Ecology and Sociobiology 61: 1349-1358.

Turan, C. 2004. Stock identification of Mediterranean horse mackerel (Trachurus mediterraneus) using morphometric and meristic characters. ICES Journal of Marine Science 61: 774e781. DOI: 10.1016/j.icesjms.2004.05.001

USGS. 2021. United States Geological Survey, Nonindigenous Aquatic Species (NAS). Available from: https://nas.er.usgs.gov/queries/FactSheet.aspx?speciesID=849 [accessed 22 July 2021]

Winfield, I.G. & Nelson, J.S. 1991. Cyprinid fishes. Systematics, Biology and exploitation. First edition. Chapman and Hall, 667 p.

Wooten, M.C., Scribner, K.T., & Smith, M.H. 1988. Genetic variability and systematics of Gambusia in the southeastern United States. Copeia 2: 283-289.

*****

How to cite this article:

Radkhah, A., Eagderi, S., Poorbagher, H. & Nowferesti, H. 2022. Sexual dimorphism of Eastern mosquitofish (*Gambusia holbrooki* Girard, 1859) in Gamasiab River, Kermanshah province. Nova Biologica Reperta 9: 50-60. (In Persian).

رادخواه، ع.، ایگدری، س.، پورباقر، ه. و نوفرستی، ه. ۱۴۰۱. بررسی دو شکلی جنسی ماهی گامبوزیا (*Gambusia holbrooki* Girard, 1859) در رودخانه گاماسیاب، استان کرمانشاه. یافته‌های نوین در علوم زیستی ۹: ۶۰-۵۰.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24236330.2022.9.1.5.5]

[DOI: 10.52547/nbr.9.1.50]