13 (2) 373-378, Summer 2021

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Report of *Gammarus parthicus* in the east of Iran (South Khorasan, Birjand) along with the frequency distribution of body length and the relationship between the number of eggs and different parts of the body

Mahmoud Moshgani*[*1], Alireza Mirzajani[2]

[1] *Department of Environment sceinces, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran*
[2] *Inland Waters Aquaculture Research Center. Iranian Fisheries Sciences research, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Anzali, Iran*

Key Words

Birjand city
Qanat
Morphological characteristics
Sex ratio
Model

Abstract

Introduction: The goal of this study was to investigate in *Gammarus parthicus*, body length frequency distribution (male, female) and relationship between clutch size and different body parts (head, pereon, pleon).

Materials & Methods: Sampling from a Qanat in 2019 was done in Birjand city (Spring, Summer, Autumn and Winter). Totally, 252 gammaruses were catched. In each sampling, one hour was attempted to catch gammaruses by a hand sieve with one mm mesh size. To measure, a stereo microscope and millimeter paper were used and the samples were photographed. With a petri dish and the plastic talc (placed over the samples) gammaruses were photographed lively. Length was measured from the beginning of the head (Rostrum) to the end of tail (Telson). In addition, head, back and tail length were measured separately. Image-J software was used to analyze the resulted images.

Result: The mean total length of males and females gammaruses in four seasons were (Mean± SE) (15.75±1.21) and (12.93±1.43) respectively. Sex ratios differed according to the seasons. The total body length was obtained as a model of the explanatory variables including head length, tail length and season. The most sex ration in spring (1.39) and the lowest one in winter (0.31) were observed respectively. The total body length was obtained as a model of the explanatory variables including head length, tail length and season.

The number of eggs (clutch size) per fertilized female was obtained by tearing the bag of eggs. The number of eggs was counted in a sample of *gammaruses* after 10 days keeping in the climate room. The climate room was used to simulate the reproduction conditions. The number of eggs was obtained as a model of head length and tail length.

Conclusion: The report of *Gammarus* in the east of Iran and the influence of season in life cycle of the *Gammarus*.

* Corresponding Author's email: moshganim@birjand.ac.ir
Received: 22 April 2021; Reviewed: 28 June 2021; Revised: 24 July 2021; Accepted: 4 September 2021
(DOI): 10.22034/aej.2021.137138

مقاله پژوهشی

گزارش گاماروس (*Gammarus parthicus*) در شرق کشور (خراسان جنوبی، بیرجند) به همراه توزیع فراوانی طول بدن و ارتباط تعداد تخم با بدن

محمود مشگانی[1*]، علیرضا میرزاجانی[2]

[1] گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

[2] گروه اکولوژی، پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران

کلمات کلیدی

شهرستان بیرجند
قنات
خصوصیات مورفولوژیکی
نسبت جنسی
مدل

چکیده

مقدمه: هدف از این مطالعه بررسی توزیع فراوانی طولی گاماروس‌ها (Gammarus parthicus) (نر و ماده) و هم‌چنین ارتباط تعداد تخم با اندازه بدن (سر، پشت، دم) می‌باشد.

مواد و روش‌ها: نمونه‌برداری از قنات ماسن شهرستان بیرجند در چهارفصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان، سال ۹۸ انجام شد. جمعاً در طی ٤ فصل ۲۵۲ گاماروس صید شدند. برای اندازه‌گیری نمونه‌ها از استریو میکروسکوپ و کاغذ میلی‌متری استفاده گردید و از نمونه‌ها عکس‌برداری شد. طول از ابتدای سر (رسترم) تا نوک دم (تلسون) اندازه‌گیری شد. علاوه بر این طول سر، پشت و دم نیز به‌صورت جداگانه اندازه‌گیری شدند. نرم‌افزار Image-J برای تجزیه و تحلیل عکس‌های حاصله استفاده گردید. تعداد تخم، پس از شکافتن کیسه تخمی به ازای ماده‌های بارور از یک نمونه گاماروس‌ها پس از ۱۰ روز نگه‌داری در اتاقی با شرایط تنظیم‌شده کشت (شبیه‌سازی شرایط تولیدمثل) شمارش شدند.

نتایج: میانگین طول کلی گاماروس‌های نر در چهارفصل به‌صورت میانگین و خطای استاندارد به‌ترتیب برای نرها (۷۵/۲۱±۱۵/۱ میلی‌متر) و ماده‌ها (۹۳/٤۳±۱۲/۱ میلی‌متر) بود. نسبت‌های جنسی (نر به ماده) برحسب فصول، اختلاف داشتند. بیش‌ترین مقدار در فصل بهار (۱/۳۹) و کم‌ترین در فصل زمستان (۰/۳۱) مشاهده شد. طول کلی بدن به‌صورت مدلی از متغیرهای طول سر، طول دم و فصل و تعداد تخم به‌صورت مدلی از طول سر و طول دم به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری و بحث: مشاهده گاماروس در شرق ایران با اثر تغییرات شرایط زمان (فصل) در دوره زندگی این‌گونه گزارش گردید.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: moshganim@birjand.ac.ir

تاریخ دریافت: ۲ اردیبهشت ۱۴۰۰؛ تاریخ داوری: ۷ تیر ۱۴۰۰؛ تاریخ اصلاح: ۲ مرداد ۱۴۰۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳ شهریور ۱۴۰۰
(DOI): 10.22034/aej.2021.137138

مقدمه

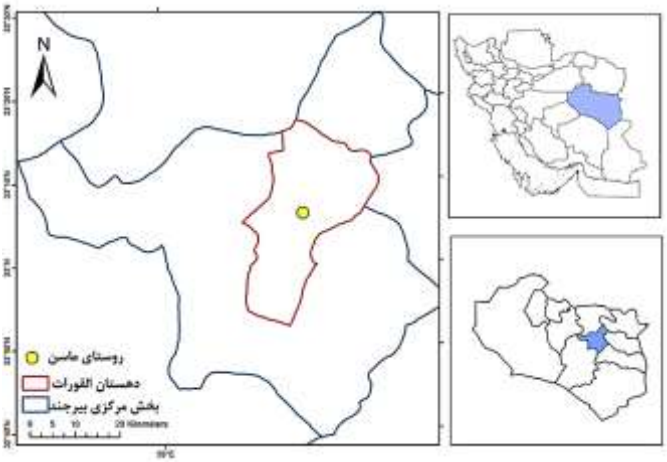
رده سخت‌پوستان دارای اشکال ظاهری مختلف هستند و در زیستگاه‌های متنوعی شامل محیط‌های دریایی تا دریاچه‌های کوهستانی مرتفع و حتی نواحی کویری زندگی می‌کنند. تکامل دوره زندگی در سخت‌پوستان این توانایی را در آن‌ها ایجاد کرده که بتوانند در محیط‌های مختلفی سازگاری یابند (Welborn، ۲۰۱۸). برخی سخت‌پوستان آبزی از نظر اقتصادی و با توجه به اسیدی شدن آب‌های کره زمین در دهه‌های اخیر، برای انسان اهمیت زیادی پیداکرده‌اند. مطالعات زیادی در مورد خصوصیات مورفولوژی برخی از این سخت‌پوستان آبزی، به‌منظور بررسی ارزیابی ذخایر و چگونگی کاهش جمعیت آن‌ها انجام‌شده است (Hamasaki و همکاران ۲۰۱۸؛ Jinbo و همکاران ۲۰۱۸؛ Fernandez و همکاران ۲۰۲۱). به‌عنوان‌مثال Fernandez و همکاران (۲۰۲۱) صفات و خصوصیات تولیدمثلی یک‌گونه خرچنگ دراز یا لابستر را در دو دوره زادآوری مورد تجزیه و تحلیل قراردادند. در این بررسی صفاتی مانند اندازه طولی ماده و ارتباط آن با مقدار باروری و وزن تخم اندازه‌گیری شد و به‌صورت‌های مختلف رگرسیون‌های یک متغیره نمایش داده شد. بسیاری از صفات تکاملی دوره زندگی (به‌عنوان‌مثال، تعداد و اندازه تخم، زمان و سن و اندازه موجود در هنگام تولیدمثل و طول عمر حیوان) در سخت‌پوستان شبیه به‌هم و ارتباطات رگرسیونی بین این صفات و اجزای بدن وجود دارد. گاماروس از رده سخت‌پوستان و راسته دو جورپایان و خانواده *Gammaridae* می‌باشند. گاماروس ازنظر اقتصادی به‌عنوان غذای ماهیان بسیار مهم هستند. آن‌ها دارای مواد مغذی مناسب برای ماهیان، مانند قزل‌آلا می‌باشند (به‌علت وجود کاروتنوییدها و ترکیبات پروتئین) و سالانه توسط برخی کشورها به‌صورت ماده خشک صادر می‌گردند. به‌عنوان مثال در رابطه با اهمیت پرورش گاماروس جهت تغذیه ماهیانی مانند قزل‌آلا، کپور و تیلاپیا و تاثیر عصاره گاماروس بر روی ماهیان قره‌برون پژوهش‌هایی به چاپ رسیده است (سوداگر و همکاران، ۱۳۹۱؛ Harlioglu و Farhadi، ۲۰۱۸). طی مطالعه‌ای که در دریای خزر انجام شد نتایج تحقیق نشان داد که گاوماهی خزری از گاماروس به‌عنوان غذای اصلی استفاده می‌کند (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۶). به‌غیر از کلیدهای شناسایی، جهت شناسایی گاماروس‌ها که به‌طور سنتی با استفاده از ویژگی‌های مورفولوژی انجام‌شده، بر روی دیگر خصوصیات مورفولوژی که برگرفته از صفات تکاملی دوره زندگی گاماروس می‌باشد مانند رابطه طول سر با تعداد تخم و طول ماده با تعداد تخم به‌صورت رگرسیون یک متغیره گزارش‌های متعددی انتشار یافته‌است (Mirzajani و همکاران ۲۰۱۱؛ Salman و همکاران، ۲۰۱۸). به‌عنوان‌مثال Parto و Biandolino (۲۰۰۳) رابطه معنی‌داری بین طول سر ماده‌ها و تعداد تخم را پیدا کردند. هم‌چنین رابطه خطی ساده نیز بین طول بدن و تعداد تخم در مطالعات زیادی به‌دست‌آمده است (قلی‌پور و همکاران، ۱۳۹۰، Beracko و همکاران ۲۰۱۲). در ایران از راسته ناجورپایان تنها ۷۴ گونه در حوزه دریای خزر زیست می‌کنند که ۶۹ گونه آن‌ها بومی می‌باشند (بیرشتین و همکاران، ۱۹۶۸). معمولاً آشنایی عمومی با این سخت‌پوستان آبزی بیش‌تر به دریا و سواحل خزری معطوف گشته است. با این‌وجود، مطالعات نشان می‌دهد که تاکنون ۲۴ گونه از گاماروس‌های آب‌های شیرین از ایران و آب‌های داخلی گزارش شده است (Zamanpoore و همکاران ۲۰۱۱). اولین گزارش گونه گاماریده از ایران (*Gammarus pulex persicus* Karaman، ۱۹۳۴). در سال ۱۹۵۶ یک شرح ریخت‌سنجی از *Gammarus pulex* Linnaeus,1758 از منطقه شمال‌غربی ایران انجام شد (Loffler، ۱۹۵۶). Mateus و Mateus (۱۹۹۰) مقاله‌ای با استفاده از نمونه موجود در موزه تاریخ طبیعی وین (*G. pretzmann*) به چاپ رساندند. Stock و همکاران (۱۹۹۸) ۶ گونه از گاماروس‌های ایران و ۴ گونه جدید از قسمت‌های شمالی ایران را گزارش نمودند. اگرچه هنوز هم گونه‌ها و زیرگونه‌های جدید از ایران گزارش می‌شود (Khalaji- Pirbalouty و Sari، ۲۰۰۶؛ Esmaeili-Rineh و همکاران، ۲۰۱۷) می‌توان اظهار کرد که تنوع گونه‌های گاماروس در حوزه‌های داخلی تا حد زیادی ناشناخته مانده است زیرا که روش‌های سنتی شناخت تنوع زیستی مبتنی بر بررسی‌های مورفولوژیکی بوده است و بررسی‌های مولکولی کم‌تر انجام شده و گونه‌های پنهان، به‌ویژه در مناطق دورافتاده از نظر دورمانده است. شرق ایران و خراسان جنوبی یکی از این مناطق است. بررسی‌های مورفولوژی اولیه با استفاده از کلیدهای شناسایی نشان داد که گونه یافت شده (*Gammarus parthicus*) می‌باشد (Zamanpoore و همکاران، ۲۰۱۱). یافتن این‌گونه می‌تواند برای پژوهشگران فن‌های مولکولی و ژنتیکی بسیار ارزشمند باشد. Katouzian و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که در مناطق داغ تنوع زیستی که ایران یکی از این مناطق در جهان می‌باشد تنوع زیستی و وجود گونه‌های اندمیک تا حد زیادی ناشناخته مانده است. اگرچه در بررسی‌های مورفولوژی برای پیدا نمودن رگرسیون‌های ساده صفات تکاملی دوره زندگی با اجزای بدن گاماروس‌ها همان‌گونه که در فوق اشاره گردید مطالعات مختلفی انجام‌شده است (Beracko و همکاران، ۲۰۱۲). با این‌وجود معادلات خطی با استفاده از مدل‌های رگرسیون چند متغیره در روابط بین طول سر، طول پشت و طول دم و هم‌چنین ارتباط هر یک از قسمت‌های مختلف بدن گاماروس با تعداد تخم ناشناخته مانده است. چون تخم (اندازه و تعداد) یک صفت تکاملی مهم دوره زندگی در بسیاری از موجودات ازجمله گاماروس‌ها است یک ارتباط و همبستگی با اندازه بدن دارد (هر چه اندازه بزرگ‌تر باشد موجود تخم بیش‌تری را حمل می‌کند). ارتباط بین طول مادری و تخم مشخص

می‌کند که مادران چقدر باید سرمایه‌گذاری روی تخم‌ها و فرزندان آینده خود انجام دهند. آیا برای یک گاماروس ماده یک استراتژی خوب این است که تعداد تخم کم‌تر و با اندازه بزرگ‌تر داشته باشد یا این‌که تعداد تخم بیش‌تر و با اندازه کوچک‌تر را برای فرزندان آتی سرمایه‌گذاری کند. شرایط محیطی که گاماروس در آن سازگاری پیداکرده است و در اکولوژی تکاملی، سازگاری محلی گفته می‌شود این استراتژی را مشخص می‌کند. در مطالعه حاضر، بررسی توزیع فراوانی طولی بین اجزای بدن (سر، پشت و دم) در نرها و ماده‌ها و ارتباط این اجزا با تعداد تخم به‌صورت مدل‌های رگرسیون چند متغیره بررسی می‌گردد. تعیین نسبت‌های جنسی و اندازه‌گیری میانگین طول کلی نرها و ماده‌ها در هر فصل از اهداف دیگر این پژوهش می‌باشند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: محل نمونه‌برداری دریکی از قنات‌های بخش مرکزی بیرجند واقع در استان خراسان جنوبی به نام ماسن بود. روستای ماسن در دهستان القورات قرار دارد. (شکل ۱). با استفاده از یک صافی دستی با چشمه‌های یک میلی‌متری، از بستر قنات و بین جلبک‌ها و درطی زمان یک‌ساعت در هر فصل (بهار، تابستان، پاییز و زمستان)در سال ۹۸ نمونه‌گیری انجام‌شد. تعداد نرها و ماده‌های جفت شده در هر نمونه‌گیری مشاهده و ثبت گردید. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند و در آکواریوم نگه‌داری گردیدند. هر آکواریوم مجهز به پمپ هوادهی بود و هر هفته ۳۰٪ از آب آکواریوم‌ها تعویض می‌گردید. روش کار به‌صورت عکس‌برداری از نمونه‌های گاماروس بود و داده‌های این مطالعه در حقیقت عکس‌هایی بود که با استفاده از استریومیکروسکوپ صورت می‌گرفت. نمونه پس از صید از آکواریوم با استفاده از یک پیپت پلاستیکی به پتری‌دیش منتقل می‌شد که در زیر آن مقیاسی از کاغذ یک میلی‌متری تعبیه‌شده و با گذاشتن یک صفحه پلاستیکی شفاف بر روی گاماروس‌ها از حرکات ارگانیسم جلوگیری می‌شد. با این روش پس از عکس‌برداری، بدون آسیب به موجود امکان انتقال آن به آکواریوم گاماروس‌های عکس‌برداری شده صورت گرفت (شکل۲ و ۳). یکی از دلایل روش به‌کار برده شده و از بین نبردن حیوان در الکل، می‌تواند به این علت باشد که تنها جایگاه گاماروس مذکور فقط در یک قنات و یا حداکثر در تعداد معدودی از قنات‌ها در بیرجند وجود دارد و احتمال محو شدن این‌گونه در اثر خشک‌سالی‌های اخیر و آتی زیاد می‌باشد در گاماروس ماده بین بند ۵ و ۶ در قسمت پشت حیوان یک شیاری دیده می‌شود که نشانه خوبی برای تشخیص ماده بالغ از نر بالغ بود (شکل ۲ و ۳). در ضمن با استفاده از این روش امکان اندازه‌گیری طول سر، پشت (۷ بند) و دم شش‌قسمتی وجود داشت.

عکس‌برداری به‌صورت تکی از ماده و نر صورت می‌گرفت و در مورد گاماروس‌های جفت که در مرحله پرکوپولیت بودند، پس از انتقال به پتری دیش با استفاده از یک برس مویی نازک و کوچک جدا می‌شدند.



شکل ۱: محل نمونه‌برداری از گاماروس دریکی از قنات‌های شهرستان بیرجند، خراسان جنوبی

شکل ۲: گاماروس‌های جفت شده (Precopula pair) قبل از پوست‌اندازی ماده

شکل ۳: یک گاماروس بالغ ماده حاوی تخم

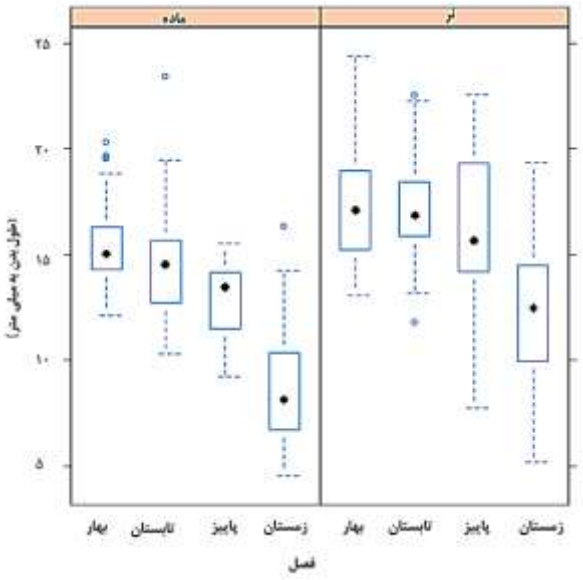
عکس‌برداری از هر دسته نمونه‌گیری شده معمولاً یک هفته طول می‌کشید. تعداد گاماروس‌های به‌کار برده شده ۲۵۲ عدد شمارش گردید. پس از عکس‌برداری با استفاده ازنرم‌افزار Image- J اندازه‌گیری بر روی عکس‌ها انجام گردید (Moshgani و van Dooren، ۲۰۱۱).

برای شمارش تخم، کیسه تخمی ماده شکافته می‌شد (اووستگایت‌ها کنار زده شدند) و تعداد یادداشت می‌گردید.

تجزیه و تحلیل آماری: تمام تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار R انجام شد (Ihaka و Gentleman، ۱۹۶۱) (R version 4.0.2). یک مدل رگرسیون چندمتغیره با استفاده از متغیرهای مستقل طول‌های سر، پشت، دم و فصل به‌همراه متغیر وابسته طول کل در نظر گرفته شد. بین متغیرهای مستقل در این مدل، رابطه هم خطی وجود داشت. به‌دلیل وجود رابطه هم خطی بین متغیرهای مستقل، عامل تورم واریانس (VIF) درنظر گرفته شد. VIF شاخصی است که مقدار تورم واریانس را در ضرایب یک رگرسیون چند متغیره (به‌علت وجود هم خطی بین متغیرهای مستقل) اندازه‌گیری می‌کند. به‌عنوان یک قاعده سرانگشتی وقتی عامل تورم واریانس بزرگ‌تر از ۵ یا ۱۰ باشد نشان‌دهنده یک همبستگی شدید بین متغیرهای مستقل در مدل می‌باشد. در این حالت آن متغیرمستقلی که دارای بزرگ‌ترین مقدار تورم واریانس است از مدل حذف می‌گردد (James و همکاران، ۲۰۱۴). بعد از حذف عامل هم خطی طول پشت (VIF =۷/۷) نهایتاً مدلی با متغیرهای مستقل سر، دم، فصل و متغیر وابسته طول کل به دست آمد که تمامی متغیرهای مستقل در این حالت دارای VIF کم‌تر از ۵ شدند. توسط رابطه آزمون Shapiro و ریشه دوم گرفتن از متغیر وابسته (طول کل) مشخص گردید که مدل به‌دست آمده دارای توزیع نرمال است (p>۰/۰۵). در ارتباط با متغیرهای مستقل طول سر، پشت و دم به‌همراه متغیر وابسته تعداد تخم مدلی با استفاده از مدل خطی تعمیم یافته استفاده شد. این مدل‌ها که به‌اختصار به glm معروف‌اند برای داده‌هایی که شمارشی‌اند(توزیع پوآسن)و یاداده‌هایی که به‌صورت نسبت هستند (داده‌هایی که به‌صورت نسبت هستند مانند نر و ماده) که دارای توزیع دوجمله‌ای هستند بیان می‌گردند. در اینجا تعداد تخم به‌صورت پوآسن درنظر گرفته شد. چون بین متغیرهای مستقل، رابطه هم‌خطی وجود داشت از شاخص عامل تورم واریانس استفاده گردید. متغیر مستقل طول پشت (VIF =۵/۴) از مدل حذف گردید و مدل خطی تعمیم یافته به‌صورت مدلی شامل متغیرهای مستقل سر، دم به‌همراه متغیر وابسته تعداد تخم نتیجه شد. با استفاده از آزمون Shapiro مشخص گردید که مدل حاصله دارای توزیع نرمال است (p>۰/۰۵). برای شمارش تعداد تخم در ماده‌ها از نمونه ذخیره شده در آزمایشگاه، از یک آکواریوم حاوی ۵۴ گاماروس استفاده شد. هریک از ماده‌ها به‌طور جداگانه عکس‌برداری گردید و طول قسمت‌های مختلف‌بدن‌اندازه‌گیری‌شدند.با استفاده از (plotrix) library (Lemon، ۲۰۰۶) میانگین طول نرها و ماده‌ها و خطای معیار به‌دست آمد. برای به‌دست‌آوردن عامل تورم واریانس از (car) library (Fox و Weisberg، ۲۰۱۹) استفاده گردید. برای ترسیم نمودارها از (lattice) library (Sarkar، ۲۰۰۸)و (corrgram)library(Feriendly، ۲۰۰۲)استفاده شد.

نتایج

مقایسه طول نرها و ماده‌ها: طول نرها به‌طورکلی بزرگ‌تر از ماده‌ها می‌باشد(۰/۲۹ ± ۱۶/۷۷طول نرهادر مقابل ۰/۳۱±۱۳/۱۹ طول ماده‌ها) (ANOVA: F=۵۷/۹۷,df =۱,p<۰/۰۰۱). طول نرها و ماده‌ها هم‌چنین در فصول مختلف تفاوت معنی‌دار داشت (df =۳,p<۰/۰۰۱ ,ANOVA: F=۵۵/۳۳)(شکل۴).به‌ترتیب‌بیش‌ترین‌طول‌نرها و ماده‌ها مربوط به فصل بهار بودند. به‌ترتیب کم‌ترین طول نرها و ماده‌ها مربوط به فصل‌زمستان بود. علاوه براین اندازه هر جنس میان فصل‌ها اختلاف معنی‌دارداشت(ANOVA: F=۱۳/۶۸,df =۱,p<۰/۰۰۱)و (p<۰/۰۰۱ ,ANOVA: F=۵۴/۰۵,df =۱, برای نرها و ماده‌ها به‌ترتیب df =۱.



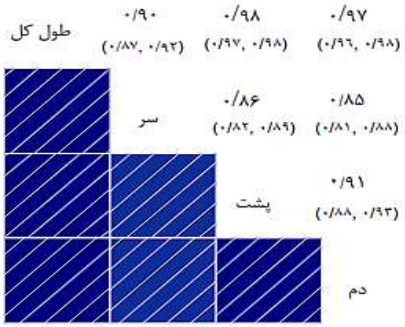
شکل ۴: تغییرات طولی گاماروس های نر و ماده در فصول مختلف

همبستگی و هم‌خطی بین قسمت‌های مختلف بدن گاماروس: بین طول کل، و قسمت‌های بدن گاماروس مانند طول سر، طول پشت و طول دم رابطه هم‌خطی وجود داشت (شکل ۵).

نسبت جنسی: تعداد نر به ماده در فصل‌های مختلف با یکدیگر متفاوت بود. بیش‌ترین مقدار در فصل بهار (۱/۳۹)، در تابستان (۱)، در پاییز (۰/۶۴) و کم‌ترین در فصل زمستان (۰/۳۱) مشاهده شد.

مدل رگرسیون چند متغیره برای طول کل: طول کل بدن با سر و دم و فصل ارتباط داشت. مدل حاصله با استفاده از آزمون Shapiro (p=۰/۱۲) دارای توزیع نرمال بود.

Multiple R^2=۰/۹۶،AdjustedR^2=۰/۹۶،F=(۵/۲۴۸)=۱۳۲۳،p<۰/۰۰۱



شکل ۵: همبستگی بین اندازه کل و قسمت‌های مختلف بدن گاماروس

جدول ۱: تجزیه‌وتحلیل مدل رگرسیون چند متغیره برای اندازه‌گیری طول کل

	برآورد	خطای معیار	آماره t	p
عرض از مبدأ	۲/۰۸۸	۰/۰۳۷	۵۶/۱۱۶	<۰/۰۰۱
سر	۰/۳۷۱	۰/۰۲۹	۱۲/۹۰۰	<۰/۰۰۱
دم	۰/۲۰۴	۰/۰۰۸	۲۵/۹۷۴	<۰/۰۰۱
بهار	-۰/۰۸۳	۰/۰۲۷	۳/۰۵۲	<۰/۰۰۱
تابستان	-۰/۰۶۳	۰/۰۲۷	-۲/۶۳۱	<۰/۰۰۱
زمستان	-۰/۲۳۳	۰/۰۲۹	-۷/۹۹۱	<۰/۰۰۱

مدل خطی چند متغیره به‌صورت زیر نتیجه شد:
طول بدن = ۲/۰۸۸ + ۰/۳۷۱ (سر) + ۰/۲۰۴ (دم) - ۰/۰۸۳ (بهار) - ۰/۰۶۳ (تابستان) - ۰/۲۳۳ (زمستان)

جدول ۲: تجزیه‌وتحلیل مدل تعمیم‌یافته خطی برای اندازه‌گیری تعداد تخم

	برآورد	خطای معیار	آماره Z	p
عرض از مبدأ	۰/۳۴	۰/۹۲	۰/۳۶	۰/۷۱
طول سر	-۲/۲۴۷	۰/۹۲	-۲/۴۳۸	۰/۰۱
طول دم	۱/۰۰۹	۰/۲۰۹	۴/۸۳۷	<۰/۰۰۱

(پارامتر پراکندگی برای توزیع پوآسن یک درنظر گرفته شد)
Null deviance: ۱۵۶/۹۹ روی ۲۱ درجه آزادی
Residual deviance: ۱۳۳/۱۱ روی ۱۹ درجه آزادی
مدل خطی تعمیم‌یافته به‌صورت زیر ارائه می‌گردد:
تعداد تخم = ۰/۳۴ - ۲/۲۴۷ (سر) + ۱/۰۰۹ (دم)

مدل رگرسیون چند متغیره برای اندازه‌گیری تعداد تخم: تعداد تخم با قسمت‌های مختلف بدن گاماروس (طول سر، طول پشت و طول دم) ارتباط داشت. به‌علت وجود رابطه هم‌خطی بین این قسمت‌ها، آن متغیرمستقلی که دارای بزرگ‌ترین مقدار تورم واریانس بود از مدل حذف گردید. متغیر مستقل طول پشت (VIF=۵/۴) از مدل حذف گردید و نهایتاً طول سر و طول دم به‌عنوان متغیرهای مستقل باقی ماندند. مدل خطی تعمیم‌یافته به‌صورت مدلی شامل متغیرهای مستقل سر،دم به‌همراه متغیروابسته تعداد تخم با توزیع پوآسن نتیجه شد که تمامی متغیرهای مستقل (طول سر و طول دم) در این حالت دارای(VIF=۱/۵)شدند.مدل حاصله با استفاده از رابطه آزمون Shapiro دارای توزیع نرمال بود (p=۰/۰۸).

بحث

یافته‌های این مطالعه نشان داد که طول نرها نسبت به طول ماده‌ها بزرگ‌تر است و فصول مختلف در این اندازه‌ها مؤثر است. با استفاده از روش‌های ابداعی ذکرشده، امکان اندازه‌گیری طول سر، پشت و دم با استفاده از نرم‌افزار Image J فراهم گردید. با زنده نگاه داشتن حیوان امکان این اندازه‌گیری با دقت بالایی بر روی عکس‌های حاصله که در حقیقت داده‌های این مطالعه را تشکیل می‌داد فراهم شد. در مطالعات انجام‌شده توسط Kevrekidis و Koukouras (۱۹۸۸) بر روی گاماروس آکی‌کودا (*Gammarus aequicauda*) جانور نر نسبت به ماده اندازه بزرگ‌تری داشت. در مطالعات Prato و Biandolino (۲۰۰۳) در ایتالیا بر روی گونه مزبور، نیز میانگین طول بدن جانور نر نسبت به ماده بزرگ‌تر است. این مطالعات با نتایج به‌دست‌آمده در مطالعه حاضر هم‌خوانی داشت. Mirzajani (۲۰۰۳) بامطالعه بر روی جنس (*Pontogammarus maeoticus*) که نوعی دوجور پای دریایی است اختلاف معنی‌داری بین طول بدن ماده‌ها و نرها پیدا نکرد ولی درنمونه‌های جفت‌نرهای بزرگ‌تر از ماده‌ها را مشاهده کرد. در مطالعات قلی‌پور و همکاران (۱۳۹۰) میانگین طول بدن افراد ماده دارای تخم در فصل زمستان حداکثر بوده و هرچه به سمت فصول گرم نزدیک می‌شویم طول ماده‌ها کاهش می‌یابد. این در حالی است که نتایج ما نشان می‌دهد که با پیشرفت فصول سال طول گاماروس‌های یافت شده در قنات شرقی ایران کاهش می‌یابد. نسبت‌های جنسی در فصول مختلف با یکدیگر فرق داشتند. در فصل تابستان نسبت جنسی نر به ماده برابر ۱ بود که نشان‌دهنده افزایش افراد ماده در این فصل است. بااین‌وجود، ما افزایش یا کاهش این نسبت در فصول مختلف را بر روی تعداد تخم ایجادشده توسط گاماروس‌های ماده حساب نکردیم. برای محاسبه تعداد تخم ایجادشده از یک نمونه (آکواریوم) موجود در آزمایشگاه استفاده شد و تنها فاکتورهای طولی قسمت‌های مختلف بدن گاماروس ماده اندازه‌گیری شد. اگرچه تعداد تخم و ماده‌های بارور در مطالعه حاضر از یک جمعیت تصادفی برگرفته شده است، آنالیز رگرسیون تعداد تخم با فاکتورهای طول سر و طول کل رابطه خطی معنی‌داری را نشان نداد (در هر دو مدل، در تجزیه‌وتحلیل واریانس آماره F و p معنی‌دار نشدند). این نتایج با مطالعات قلی‌پور و همکاران (۱۳۹۰) و نتایج Kevrekidis و Koukouras (۱۹۸۸) هم‌خوانی نداشت. یکی از این دلایل، نوع گونه است که به‌عنوان‌مثال این محققین روی گونه *Gammarus aequicauda* کارکرده‌اند. دلیل دیگر روش آنالیز است که ما با رگرسیون چند متغیره (مدل خطی تعمیم یافته) و توزیع پوآسن برای اندازه‌گیری تعداد تخم این کار را انجام دادیم. در بسیاری ازحوزه‌های مختلف زیست‌شناسی (به‌عنوان‌مثال، تنوع زیستی)، به‌طور سنتی، بررسی جایگاه گونه‌ها براساس فاکتورهای ریخت‌سنجی انجام شده است (Adams و همکاران ۲۰۱۴). با این‌وجود مطالعات زیادی نشان داده که افراد مربوط به یک تبار و دودمان و یا یک سلسله‌مراتب تاکسونومیک (به‌عنوان‌مثال، یک‌گونه گاماروس خاص) ممکن است

تنوع‌ژنتیکی زیادی را بسته به جغرافیای‌زیستی خود نشان‌دهد. چنین وضعیتی باعث به‌وجود آمدن تنوع‌زیستی پنهان یا مخفی می‌شود. به‌عنوان‌مثال Wattier و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی یک‌گونه *Gammarus fossarum* در ۱۹ کشور از اروپا نشان دادند تنوع ژنتیکی در مقیاس محلی و قاره‌ای چقدر زیاد است. شبیه به چنین مطالعه‌ای در مورد گونه‌های یکسانی که در چند منطقه از ایران دیده می‌شود مانند گونه گاماروس در مطالعه‌حاضر می‌تواند مفید باشد. مطالعه حاضر با توجه به‌اندازه گیری قسمت‌های مختلف بدن و با استفاده از نرم‌افزار Image-J و عکس‌برداری و از بین نبردن حیوان و اجازه به تولیدمثل، در محیط آزمایشگاه می‌تواند روش مناسبی برای کار و پژوهش باشد. بنابراین پیشنهاد می‌گردد شناسایی و رده‌بندی دقیق این گاماروس در شرق ایران (با استفاده از فن‌های مولکولی و ژنتیکی) که فون آن از دسترس اکثر محققین داخلی و خارجی دورمانده است انجام شود و هم‌چنین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب قنات مانند دما، شوری و pH و ارتباط آن با خصوصیات گونه مطالعه‌شده موردبررسی قرار گیرد.

منابع

۱. **بیرشتین، ی.آ.؛ وینوگرادف، ل.گ.؛ کونداکف، ن.ن.؛ کون، م.س.؛ استاخوا، ت. و مانوا، و.ن.، ۱۹۶۸.** اطلس بی‌مهرگان خزر. انتشارات مسکو. ترجمه. نظری، د.ل.، نشرموسسه تحقیقات شیلات ایران، ۱۳۷۸، ۸۵۰ صفحه.

۲. **سعیدی، ز.؛ عبدلی، ا.؛ حسن‌زاده‌کیابی، ب.؛ بهمن‌پور، ص. و حامدیان، م.، ۱۳۹۶.** بررسی عادات غذایی سه گونه گاوماهی از جنس *Neogobius* در بخش جنوب مرکزی دریای خزر، نوشهر. فصلنامه محیط زیست جانوری. دوره ۹، شماره ۴، صفحات ۱۵۱ تا ۱۶۰.

۳. **سوداگر، م.؛ کیوانلو، س. و بقایی، ف.، ۱۳۹۱.** تاثیر عصاره گاماروس در غذاگیری و فاکتورهای رشد بچه‌ماهیان قره‌برون پرورشی. فصلنامه محیط زیست جانوری. دوره ۴، شماره ۱، صفحات ۱۳ تا ۲۰.

۴. **قلی‌پور، ع.؛ فتح‌پور، ح. و میرزاجانی، ع.، ۱۳۹۰.** بررسی تغییرات جمعیت گاماروس آکی‌کودا (*Gammarus aequicauda*) در خلیج میانکاله. مجله زیست شناسی ایران، جلد ۲۴، شماره ۴، صفحات ۵۵۸ تا ۵۶۵.

5. **Adams, M.; Raadik, T.A.; Burridge, C.P. and Georges, A., 2014.** Global biodiversity assessment and hyper-cryptic species complexes: more than one species of elephant in the room? Systematic Biology. Vol. 63, pp: 518-533.
6. **Beracko, P.; Sýkorová, A. and Štangler, A., 2012.** Life history, secondary production and population dynamics of *Gammarus fossarum* (Koch, 1836) in a constant temperature stream. Biologia. Vol. 67, pp: 164-171.
7. **Esmaeili-Rineh, S.; Sari, A.; Fiser, C. and Bargrizaneh, Z., 2017.** Completion of molecular taxonomy: description of 4 amphipod species (*Crustacea: Amphipoda: Niphargidae*) from Iran and release of database for morphological taxonomy. Zoologischer Anzeiger. Vol. 271, pp: 57-79.
8. **Fox, J. and Weisberg, S., 2019**. An R Companion to Applied Regression. Third edition. Sage. Thousand Oaks CA.
9. **Feriendly, M., 2002**. Corrgrams: Exploratory displays for correlation matrices. The American Statistician. Vol. 56, pp: 316-324.
10. **Fernandez, L.; Garcia-Soler, C. and Albores, I., 2021.** Reproductive strategies under different environmental conditions: total output vs investment per egg in the slipper lobster *Scyllarus arctus*. Journal of the marine biological association of the UK. Vol. 101, No. 1, pp: 131-139.
11. **Hamasaki, K.; Sugiama, A.; Jinbo, T. and Murakami, K., 2018.** The influence of male size on competitive mating success in the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus* implications for broodstock management techniques. J of Crustacean biology. Vol. 38, No. 4, pp: 393-400.
12. **Harlıoğlu, M. and Farhadi, A., 2018.** Importance of *Gammarus* in aquaculture. Aquaculture International. Vol. 26, No. 6, pp: 1327-1338.
13. **Ihaka, R. and Gentleman, R., 1996.** R: A language for data analysis and graphics. Journal of Computational and Graphical Statistics. Vol. 5, pp: 299-314.
14. **James, G.; Witten, D.; Hastie, T. and Tibshirani, R., 2014.** An Introduction to Statistical Learning: With Applications in R. Springer Publishing Company, Incorporated. 426 p.
15. **Jinbo, T.; Sugiama, A.; Murakami, K. and Hamsaki, K., 2017.** Reproductive potential of the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus* male: implications for broodstock management techniques. Journal of Crustacean Biology. Vol. 37, No. 4, pp: 458-464.
16. **Lemon, J., 2006**. Plotrix: a package in the red light district of R. R-News. Vol. 6, No. 4, pp: 8-12.
17. **Karaman, S., 1934.** Über asiatische Süsswassergammariden. Zoologischer Anzeiger. Vol. 106, No. 5/6, pp: 127-134.
18. **Katouzian, A.; Sari, A.; Macher, J.; Weiss, M.; Saboori, A.; Lesse, F. and Weigand, A., 2016.** Drastic underestimation of amphipod biodiversity in the endangered Irano-Anatolian and Caucasus biodiversity hotspots. Scientific Reports. No. 6, 22507 p.
19. **Kevrekidis, T.H. and Koukouras, A.T.H., 1988.** Life cycle and reproduction of *Gammarus aequicauda* in the Evros Delta. Journal of Zoology. Vol. 35, pp: 137-149.
20. **Khalaji-Pirbalouty, V. and Sari, A., 2006.** Description of *Gammarus balutchi* spec. nov. (Amphipoda: Gammaridae) from Iran, based on light and electron microscopy. zoologische Medelingen. Vol. 29221, No. 6, pp: 91-100.
21. **Loffler, H., 1956.** Limnologische Beobachtungen an Iranischen Binnengewässern. II. Teil: systematische Beschreibung der Rotatorien und *Crustaceen* aus den untersuchten Gewässern. Hydrobiologia. Vol. 8, No. 3/4, pp: 239-278.
22. **Mateus, P.A. and Mateus, E., 1990.** Etude d'une collection d'amphipodes specialement du sud-ouest asiatique-du Museum d'Histiore Naturelle de Vienne. Annalen des Naturhistorisches Museums in Wien. Vol. 91, pp: 273-331.
23. **Moshgani, M. and van Dooren, T.J.M., 2011.** Maternal and paternal contributions to egg size and egg number variation in the blackfin pearl killifish *Austrolebias nigripinnis*. Evolutionary Ecology. Vol. 25, No. 5, pp:1179-1195.
24. **Mirzajani, A.R.; Sayadrahim, M. and Sari, A., 2011.** Reproductive Traits of Some *Amphipods* in Different Habitats of Iran and Southern Caspian Sea. International Journal of Zoology. Vol. 2011, Article ID 598504, 10 p.
25. **Mirzajani, A.R., 2003.** A study on the population biology of *Pontogammarus maeoticus* in Bandar Anzali, southwest Caspian Sea. Zoology in the Middle East. Vol. 30, pp: 61-68.
26. **Prato, E. and Biandolino, F., 2003.** Seasonal changes in population of the *Amphipod Gammarus aequicauda*. Mediterranean Marine Science. Vol. 4/1, pp: 49-56.
27. **Sarkar, D., 2008**. Lattice: Multivariate Data Visualization with R. Springer, New York.
28. **Salman, D.; Hamzah, H.A. and Ali, M.H., 2018.** On the reproductive biology of talitrid amphipod *Platorchestia monodi* (Mateus et al.,1986) from the Shatt Al-Arab region, Basrah, Iraq. Iraqi J. Aquacult. Vol. 15, No. 1, pp: 78-102.
29. **Stock, J.H.; Mirzajani, A.R.; Vonk, R.; Naderi, S. and Kiabi, B.H., 1998.** Limnic and brackish water Amphipoda from Iran. Beaufortia, Museum of Naturalis Biodiversity Center, University of Amsterdam. Vol. 48, No. 9, pp: 173-234.
30. **Wattier, R.; Mamos, T.; Copilaş-Ciocianu, D.; Jelić, M.; Ollivier, A., Chaumot, A., Danger, M., Felten, V.; Piscart, C.; Žganec, K.; Rewicz, T. and Wysocka, A., 2020.** Continental-scale patterns of hyper-cryptic diversity within the freshwater model taxon *Gammarus fossarum*. Scientific Reports. Vol. 10, Article number: 16536.
31. **Welborn, G.A. and Thiel, M., 2018.** The Natural History of Crustacea, Life Histories. Vol. 5. Edited by Welborn, G.A. and Thiel, M., Oxford and New York: Oxford University Press. 456 p.
32. **Zamanpoore, M.; Grabowsky, M.; Pockel, M. and Schiemer, F., 2011.** Taxonomic review of freshwater *Gammarus* from Iran. Zootaxa. Vol. 3140, pp: 1-14.