J. Oceanography (JOC). Volume (14)(53): 123-138, spring, 2023

Journal of Oceanography
Homepage: joc.inio.ac.ir

ORIGINAL RESEARCH PAPER (Marine Science)

Reproductive indicators of the Caspian Sea amphipod, *Pontogammarus maeoticus* (Sowinsky, 1894) in brackish and freshwater ecosystem

Hamideh Tahmasebi Malekrodi [1], ***Nader Shabanipour*** [2*]

1- PhD condidate: Department of Biology, Faculty of Science, University of Guilan, Rasht, Iran.

2- stuff member: Department of Biology, Faculty of Science, University of Guilan, Rasht, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:
Received: 2022/07/19
Revised: 2022/07/19
Accepted2022/07/19

Keywords:
Reproduction
Amphipod
Caspian Sea
Three generations

*Corresponding author:
✉ *shabani@guilan.ac.ir*

Orcid: 0000-0003-4912-6993

doi: 10.52547/joc.14.53.10

dor:20.1001.1.15621057.1402.14.53.10.4

ABSTRACT

Background and Objectives: The present research work was conducted to compare the reproduction indices (preparation for reproduction, the copulation period, the embryonic development period, spawning time and the newborn numbers) in three consecutive generations of *Pontogammarus maeoticus* in brackish and freshwater.

Methods: Samples of Caspian amphipod (*Pontogammarus maeoticus*) were collected from the Caspian Sea coast (Kiashahr port), transferred along with sufficient seawater to the laboratory and acclimated for 14 days in the same condition. A part of acclimated specimens was gradually adapted to fresh water during 14 weeks. Male and female amphipods were identified by their sexual behavior. Caspian Gammarus were treated and studied separately in brackish water (12ppt) and freshwater from birth until readiness for breeding for three consecutive generations. The experiments were conducted in constant temperature (25±1°C) and pH (7.8), the photoperiod was set according to the daily natural pattern (14 L/10 D) and the specimens were fed once a day. The experiment was carried by offspring of each generation replicated in 5 series using round containers. The bottom area of containers was 50cm² which contained 100 ml of water. A male and female *P. maeoticus* were placed in each container. The male was removed by end of copulating process while The female was left alone to assess the reproductive indices such as "preparation for reproduction, the copulation period, duration of embryonic development, spawning timing and the number of newborns. Statistical analysis and graphic drawing was conducted using SPSS 25. First, normality was verified using the Kolmogorov-Smirnov assay. ANOVA-One-Way and Tukey's tests was employed to compare the mean.

Findings: The results showed that the readiness for reproduction, the copulation period, the duration of embryonic development and the spawning time took more time in fresh water compared to brackish water in three consecutive generations, while the number of newborns in brackish water was higher than fresh water. There was a significant difference in the newborn numbers and period of embryonic development by the first generation in fresh water while the copulation period in the first generation of the brackish water was longer ($p<0.05$). There was no significant difference in spawning time in the three generations of the brackish and freshwater ($p>0/05$).

Conclusion: It appeared that the effective factors in the reproductive were water salinity and the type of nutriients. The results of present investigation elucidated that the propagation and maintaining the Caspian Sea amphipod, *Pontogammarus maeoticus* out of natural habitat in brackish and fresh waters was possible and recommended for further studies and aquaculture purposes.

NUMBER OF TABLES	NUMBER OF FIGURES	NUMBER OF REFERENCES
1	5	41

مقاله پژوهشی (علوم پایه)

شاخص‌های تولیدمثلی دوجورپای دریای خزر *Pontogammarus maeoticus* (Sowinsky, 1894) در زیست بوم آب دریا و سازش یافته به آب شیرین

حمیده طهماسبی ملکرودی[1]، نادر شعبانی‌پور[2*]

۱- دانشجوی گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان، رشت ، ایران

۲-استاد گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان، رشت ، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۴/۲۸
تاریخ بازبینی: . ۱۴۰۱/۴/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۴/۲۸

واژگان کلیدی:
تولیدمثل
آمفی پود
دریای خزر
سه نسل

*نویسنده مسئول
shabani@guilan.ac.ir

Orcid:0000-0003-4912-6993

doi: 10.52547/joc.14.53.10
dor:20.1001.1.15621057.1402.14.53.10.4

چکیده

پیشینه و اهداف: تحقیق حا ضر با هدف مقایسه شاخص‌های تولیدمثلی (آمادگی برای تولیدمثل، مدت زمان جفت‌گیری، مدت زمان رشد جنینی، مدت زمان تفریخ تخم و تعداد نوزادان) پونتوگاماروس دریای خزر (*Pontogammarus maeoticus*) در سه نسل متوالی در آب لب شور (آب دریای خزر) و سازش یافته به آب شیرین مورد مطالعه قرار گرفت.

روش‌ها: در پژوهش حاضر، نمونه‌های آمفی‌پود دریای خزر (*P. maeoticus*) پس از جمع آوری از ناحیه سواحل دریای خزر (بندر کیاشهر) به آزمایشگاه منتقل شدند و طی ۱۴ روز به محیط آزمایشگاهی سازگار شدند و سپس به مدت ۱۴ هفته به آب شیرین سازش یافتند. با مطالعه رفتار جانور نمونه‌های نر و ماده مشخص شدند. این جانور از زمان تولد تا آمادگی تولید مثلی در سه نسل به‌طور جداگانه در آب لب شور (۱۲ ppt) و شیرین تیمار بندی و مطالعه شد. آزمایش با ۵ تکرار در هر نسل انجام شد، بطوریکه ۵ ظرف دایره‌ای شکل حاوی آب لب شور و ۵ ظرف دیگر حاوی آب شیرین بودند. مساحت کف ظرف ۵۰ سانتی‌مترمربع و حجم آب ۱۰۰ میلی‌لیتر بود. یک جفت نروماده در هر ظرف قرار داده شدند. بعد از اتمام جفت‌گیری، جنس نر جدا شد و جنس ماده در ظرف‌ها باقی ماند و شاخص‌های تولیدمثلی (آمادگی جهت تولیدمثل، مدت زمان جفت‌گیری، مدت زمان رشد جنینی، مدت زمان تفریخ تخم و تعداد نوزاد تولد یافته) در آب لب شور و شیرین اندازه‌گیری شدند. در طول آزمایش دما تحت کنترل (۲۵±۱ °C)، pH ۷/۸، دوره نور دهی طبق الگوی طبیعی روزانه (۱۴/۱۰ رو شنایی/ تاریکی) و غذادهی ۱ بار در روز بود. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و رسم نمودار با استفاده از نرم افزار آماری SPSS 25 انجام شد. ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smironov مورد بررسی قرار گرفت. در صورت نرمال بودن داده‌ها از آزمون ANOVA- One- Way و جهت مقایسه میانگین از آزمون توکی Tukey استفاده شد.

یافته‌ها: با توجه به نتایج، آمادگی برای تولیدمثل، مدت زمان جفت‌گیری، مدت زمان ر شد جنینی و مدت زمان تفریخ تخم در هر سه نسل در آب شیرین زمان بیشتری را نسبت به آب لب شور نیاز دارد، اما تعداد نوزادان در آب لب شور بیشتر از آب شیرین است. نتایج آماری نشان می‌دهد که تفاوت معناداری در تعداد نوزادان و مدت زمان رشد جنینی در نسل اول آب شیرین و مدت زمان جفت‌گیری در نسل اول آب لب شور وجود دارد ($p<0/05$)، همچنین در مدت زمان تفریخ تخم در هر سه نسل در آب لب شور و آب شیرین تفاوت معناداری وجود ندارد ($p>0/05$).

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد عامل مؤثر در تولیدمثل، میزان شوری و نوع تغذیه باشد. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد تکثیر و پرورش پونتوگاماروس دریای خزر در آب لب شور و شیرین خارج از محیط طبیعی در چارچوب شاخص‌های به دست آمده امکان پذیر شده و برای مطالعات بعدی و در صنعت پرورش آبزیان توصیه می‌شود.

مقدمه

بیش از پنجاه هزار گونه از سخت پوستان در جهان وجود دارند که از محبوب‌ترین آن‌ها شامل لابستر (lobsters)، خرچنگ های گرد (crabs)، انواع میگو (shrimp)، کریل (krill)، جور پایان (isopods)، آمفی‌پود (amphipods) و بارناکل‌ها (barnacles) هستند [۳۵]. از مشخصه اصلی سخت پوستان (Crustacea) داشتن یک لایه کوتیکولی بسیار سخت در سطح خارجی بدن آن‌ها است. کلمه سخت پوست از لاتین crusta به معنای پوسته گرفته شده است [۳۵]. لایه ضخیم در بسیاری از موارد مانع از رشد سخت پوستان شده که این امر موجب پوست اندازی‌های مکرر جهت رشد در طول عمر جانور می‌شود [۳۲ و ۹]. یکی از دلایل موفقیت تولیدمثلی در برخی از سخت پوستان مربوط به این واقعیت است که بسیاری از آنها تخم-های خود را تا زمان خروج نوزاد حمل می‌کنند و در نتیجه میزان زنده مانی تخم‌ها افزایش می‌یابد [۱۳].

جنس گاماروس از راسته دوجور پایان (Amphipoda) در رده مالوکوستراکا (Malacostraca) قرار گرفته است [۳۲]. رده مالوکوستراکا که معمولا بدن آن‌ها از هشت قطه سینه‌ای و شش قطعه شکمی همراه با زوائد جانبی تشکیل شده‌اند دارای چندین راسته‌اند که سه راسته بزرگ Isopoda، Amphipoda و Decapoda در این رده قرار می‌گیرند [۳۲].

گاماریدهای موجود در حوضه آبی دریای خزر دارای ۸۲ گونه، ۵ خانواده و ۳۴ جنس هستند [۷]. گاماریده‌ها به دو روش تغذیه‌ای، از ذرات مواد آلی با منشأ حیوانی-گیاهی و صید طعمه، انرژی و مواد مورد نیاز بدن را تأمین می‌کنند، در نتیجه ماده و انرژی را به سطوح بالاتر زنجیره‌های غذایی انتقال می‌دهند. گونه‌های گاماروس بعنوان غذای زنده در آبزی پروری در نظر گرفته می‌شوند [۲۳]. بسیاری از ماهیان اقتصادی دریای خزر (مانند فیل ماهی، شاه ماهی و کیلکا ماهی) وابستگی غذایی زیادی به دو جورپایان دارند. بسیاری از گاو ماهیان که غذای اصلی فیل ماهیان را تشکیل می‌دهند نیز از گاماریده‌ها تغذیه می‌کنند. بنابراین گاماریده‌ها در تغذیه و پویایی جمعیت ماهیان اقتصادی دریای خزر تاثیرگذارند [۲۳].

دوجورپایان گروهی از رده مالاکوستراکا هستند که نوزاد آن‌ها بطور مستقیم و بدون هرگونه مراحل لاروی به فرم بالغ تبدیل می‌شوند. بیشتر گونه‌های آمفی‌پود بصورت رو سطحی (اپی بنتیک) (epibenthic)، کف‌زی (benthic) یا تحت سطحی (subterranean) در آب‌هایی با دمای سرد و معتدل یافت می‌شوند. حدود ۱۸۷۰ گونه آمفی‌پود در آب‌های شیرین و آب‌های داخلی ثبت شده‌اند [۳۷]. آمفی‌پودهای آب شیرین حدود ۹۰ تا ۹۳ درصد تنوع جمعیتی را به خود اختصاص داده‌اند و از این تعداد ، ۷۰ درصد Palearctic، ۱۳ درصد Nearctic، ۷ درصد Neotropical، ۶ درصد Australasian و ۳ درصد Afrotropical هستند. بیشترین تنوع گونه‌های اندمیک آمفی‌پودها در اروپای جنوبی، دریاچه Baikal، خلیج Ponto-Caspian و استرالیای جنوبی یافت می‌شوند [۳۷].

در سواحل جنوبی دریای خزر ۴ گونه از دوجورپایان *Pontogamaros meaoticus*، *Pontogamaros borcea*، *Obesogammaros crassus* و *Gmmarus aequicauda* زیست می‌کنند که از فراوان‌ترین آنها گونه *Pontogamaros meaoticus* می‌باشد [۲۳]. این گونه در تمام مناطق ساحل جنوبی دریای خزر به غیر از خلیج گرگان و گمیشان وجود دارند، بطوریکه در آب‌های لب شور، سواحل شنی، مناطق آبی دارای اکسیژن کافی و pH ضعیف قلیایی زندگی می‌کنند [۲۳].

به منظور شناسایی و رده بندی آمفی پودهای دریای خزر [۱۹] از صفات ظاهری و ریخت شناسی مانند قطعات دهانی استفاده شده است [۳۹]. طبق نتایج انجام شده، گاماروس دریای خزر *Pontogammarus maeoticus* دارای قطعات دهانی از نوع Basic Gammaridean Type است [۱۹].

گونه پونتوگاماروس دریای خزر جدا جنس (dioecious) بوده و نوزاد متولد شده منیاتوری از فرم بالغ خود است. جنس نر دارای اندام تولید مثلی خارجی و جنس ماده دارای کیسه جنینی (مارسوپیوم) است. هنگام لقاح، جنس نر اسپرم خود را از طریق اندام تولید مثلی خارجی به جنس ماده انتقال داده و لقاح صورت می‌گیرد و تخم‌ها تا زمان تفریخ درون کیسه جنینی جنس ماده نگهداری می‌شوند. پس از تفریخ، نوزادان از بدن مادر خارج می‌گردند [۴۱].

تولیدمثل گاماریده‌ها به چهار مرحله قابل تقسیم است [۳۶] ۱- مرحله پیش جفت‌گیری (Precopulation) ۲- جفت‌گیری (Copulation) ۳- تخمک گذاری ۴- لقاح، انکوباسیون و تفریخ تخم.

۱- پیش جفت‌گیری (Pre-copulation)

این مرحله ممکن است از چند دقیقه تا چند ساعت به طول انجامد. در این مدت جنس نر یک یا چند بار به ناحیه پشتی جنس ماده متصل شده و پس از مدتی جدا می‌شوند. به نظر می‌رسد در طول مدت پیش جفت‌گیری هر دو جنس، آمادگی لازم برای تولیدمثل را پیدا می‌کنند اما انتقال اسپرم رخ نمی دهد [۳۶ و ۱۳].

۲- در مرحله جفت‌گیری (Copulation)، جنس نر، اسپرم را از طریق اندام تولید مثلی خارجی به درون کیسه محافظ (Marsupium) انتقال داده و هنگام تخمک‌گذاری لقاح صورت می‌گیرد. سپس جنس نر و ماده از یکدیگر جدا شده و گاماروس ماده پوست اندازی می‌کند [۳۶].

۳- تخمک‌گذاری و لقاح

پس از جدا شدن جانور نر از ماده، تخمک‌گذاری آغاز می‌شود و تخمک‌ها هنگام ورود به کیسه محافظ لقاح می‌یابند. در اغلب موارد، هر جنس ماده، قادر به چندین مرتبه تخمک‌گذاری است. لذا در یک مولد ماده، جنین‌های در حال رشد ممکن است در مراحل متفاوت رشد دیده شوند. تعداد تخمک-های تولیدی و تخم‌های لقاح یافته در گونه‌های مختلف ممکن است متفاوت باشد، اما به‌طور متوسط بدون در نظر گرفتن گونه جانور، ماده‌های بزرگ‌تر، تخم‌های بیشتری تولید می‌کنند [۳۶].

۴- آنکوباسیون و تفریخ تخم‌ها (تولد نوزاد)

از ویژگی‌های منحصر به فرد اغلب گاماروس‌ها در این است که تخم‌های لقاح یافته در کیسه محافظ که به نام‌های کیسه جنینی یا مارسوپیوم نیز معروف است پس از چند روز و سپری شدن دوره جنینی، تخم‌ها تفریخ شده و به نوزاد تبدیل می‌شوند. نوزاد گاماروس مینیاتوری از بالغ جانور است و طی مدت زمان کوتاهی بالغ شده و قابلیت تولیدمثل می‌یابد. همان‌طور که اشاره شد تخمک‌گذاری ممکن است در یک یا چند نوبت صورت گیرد لذا

مدت زمان تفریخ تمامی تخم‌ها گاهی بیشتر از مدت دوره جنینی است. پس از اتمام تفریخ، جانور ماده بار دیگر پوست اندازی می‌کند [۳۶].
همانند دیگر جانوران برون دما (Ectotherm) گاماروس‌ها بشدت به تغییر دما حساس هستند که بر ویژگی‌های زیستی آن‌ها اثرگذار است. دیگر عوامل محیطی مانند pH و شوری هرچند مؤثر هستند، ولی سازش پذیری گاماروس‌ها بیشتر به فاکتور دمایی بستگی دارد [۳۳ و ۱۴].
در زمانی نه چندان دور تعداد بی شمار گاماروس‌ها در سواحل خزر بسیاری از افراد را بر آن داشت تا با صید آسان این جانور و خشک کردن، پودر آن را راهی مغازه‌های فروش ماهی‌های زینتی نمایند. ورود غذای آماده بخصوص از خارج، صید بی رویه گاماروس را که در سال‌های ۱۳۶۰ و ۱۳۷۰ شمسی به اوج خود رسیده بود تا حد زیادی تقلیل داد. متأسفانه آلودگی‌های متفاوت همچنان که زندگی جانداران دیگر را به خطر می‌اندازد، به نظر می‌رسد جمعیت این سخت پوستان کوچک را در سواحل استان گیلان نیز کاهش داده است. گاماروس‌ها هرچند کوچک هستند ولی در طبیعت به عنوان دیتریت خوار و منبع غذای جانوران حلقه‌های زنجیره غذایی بالاتر بسیار اهمیت دارند. سازش پذیری زیاد، هزینه نگهداری اندک، تکثیر بی‌وقفه و همچنین ارزش غذایی مناسب، گاماروس دریای خزر را نمونه ای در خور تأمل و پژوهش بخصوص در رابطه با مدیریت تولید مثل، نگرش اقتصادی به تولید مصنوعی و تولید انبوه می‌نماید [۴]. در گام نخست روشن نمایی جزییات تولید مثلی این سخت پوست کوچک بخصوص در مقام مقایسه زیستگاه این جانور با آب شیرین از اهداف اصلی پژوهشی این مقاله بشمار می‌رود.

روش پژوهش

۱) نمونه برداری و سازگاری به محیط آزمایشگاهی (آب لب شور) و سازش با آب شیرین

با توجه به گزارش ارائه شده [۴۰]، دمای بهینه ۲۵±۱ °C جهت بدست آوردن بالاترین تعداد نوزاد در واحد زمان است، دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد جهت ماندگاری بالا و دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد جهت رسیدن به نمونه-هایی با حداکثر رشد معرفی شده‌اند.

۱-۱) سازگاری با آب لب شور

حدود ۴۰۰۰ نمونه پونتوگاماروس (*Pontogammarus maeoticus*) از سواحل دریای خزر (بندر کیاشهر) جمع آوری شدند. نمونه‌های جمع‌آوری شده نوزادانی بودند که در آزمایشگاه بالغ شدند. نمونه‌برداری به این صورت انجام شد که مقداری از ماسه در ساحل بندر کیاشهر با بیلچه جمع‌آوری شد و در آب دریا با اندازه منفذ چشمه ۵۰۰ میکرون الک شدند. نمونه‌های باقی مانده در کف الک در ظرف‌هایی با سطح نسبتاً وسیع به‌طور روباز به آزمایشگاه تحقیقاتی زیست شناسی دریا در دانشکده علوم پایه انتقال داده شدند. جهت نگهداری و سازگار کردن نمونه‌ها با شرایط آزمایشگاهی (آب لب شور یا آب خزر)، دو دسته حدود ۲۰۰۰ تایی نمونه‌های گاماروس در ظروف پلاستیکی با کف پهن دایره‌ای شکل حاوی مقداری ماسه دریا و ۳ لیتر آب دریای خزر به مدت ۱۴ روز تحت دمای کنترل شده (۲۵±۱ °C)، شوری آب لب شور (۱۲ ppt) با میزان نوردهی طبق الگوی طبیعی روزانه (۱۴/۱۰ روشنایی – تاریکی) نگهداری و با قطعات کوچک سیب‌زمینی خام ۱ بار در روز غذا دهی شدند. روزانه حدود نیمی از آب ظروف ذخیره نمونه‌ها تعویض شد و اکسیژن مورد نیاز این جانوران با استفاده از پمپ هوا با سرعت جریان ملایم تأمین گردید. بعد از رشد نمونه‌ها و رسیدن به مرحله تولیدمثلی و همچنین سازگاری آنها در محیط آزمایشگاهی، برای وزن کردن نمونه ها از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم بهره گرفته شد. برای اندازه-گیری نمونه‌ها از نرم‌افزار ImageJ استفاده شد [۱۸].

۲-۱) سازش پذیری به آب شیرین

بعد از رشد نمونه‌ها در شرایط آزمایشگاهی جهت سازش دادن نمونه‌ها به آب شیرین، در ابتدا ظرف حاوی ۲۰۰۰ عدد نمونه گاماروس در ظروف پلاستیکی با کف پهن دایره‌ای شکل حاوی مقداری ماسه دریا و ۳ لیتر آب دریای خزر به مدت ۱۴ هفته تحت دمای کنترل (۲۵±۱ °C)، شوری آب لب شور (۱۲ ppt) با میزان نوردهی طبق الگوی طبیعی روزانه (۱۴/۱۰ روشنایی به تاریکی) و میزان غذادهی ۱ بار در روز با قطعات سیب زمینی خام قرار داده شد. به مدت ۱۴ هفته در ابتدای هر هفته با اضافه کردن آب شیرین فاقد کلر، مقدار شوری به اندازه ۱ ppt کاهش یافته تا به‌تدریج در هفته دوازدهم شوری آب به صفر تقلیل یافت. تا دو هفته دیگر نمونه های سازش یافته در آب شیرین بدون تیماربندی نگهداری شدند تا تلفات احتمالی محاسبه شود [۱۸].

۲) تشخیص جنسیت

جهت تشخیص جنس نر از ماده، رفتارهای جنسی و جفت‌گیری مشاهده شده و با توجه به گزارشات و تفاوت‌های ظاهری، جنس‌ها تعیین شدند [۸].

۳) شاخص‌های زیستی

در پژوهش حاضر و با توجه به جدول ۱، شاخص‌های تولیدمثلی از جمله مدت زمان جفت‌گیری، مدت زمان رشد جنینی، مدت زمان تفریخ نوزادان، میانگین تعداد فرزندان در پایان هر دوره در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب لب شور و شیرین، تعداد کل فرزندان سه نسل در ۱/۵ لیتر آب لب شور و شیرین (پنج تکرار برای هر تیمار) و اولین تولیدمثل موفق در هر یک از سه نسل مشاهده، محاسبه و مقایسه شدند.
مراتب آزمایش در هر دو محیط آب لب شور و شیرین یکسان بود. در هر نوبت آزمایش، ۵ جفت گاماروس نر و ماده (۵ تکرار) به‌صورت ۵ تیمار جداگانه در ظروفی با مساحت کف ۵۰ سانتی مترمربع و حجم آب ۱۰۰ میلی لیتر انجام شد (مجموع ۵ تکرار در ۵۰۰ سی‌سی آب لب شور و شیرین). دما در ۲۵±۱ °C ثابت نگه داشته شد.
به منظور جلوگیری از خورده شدن نوزادان توسط جنس نر، در هر تیمار (آب لب شور و شیرین)، توری با اندازه چشمه ۱ میلی‌متر در ظرف حاوی نمونه با فاصله ای از کف ظرف تیمار قرار داده شد تا نوزادان بعد از تولد از منفذ تور عبور کرده و به کف ظرف بروند. در کف ظرف مقداری صدف و سنگ‌های ریز جهت پناه گرفتن نوزادان و ممانعت از بازگشت آنها به بالا جایی که والدین بودند قرار داده شد. با این روش از خورده شدن احتمالی نوزادان توسط والدین جلوگیری به عمل آمد. پس از یک جفت‌گیری موفق، جانور ماده پوست اندازی می‌کند و انتظار می‌رود نمونه ماده تخمک‌گذاری

و نوزادآوری را شروع کند. لذا جنس نر که در اغلب موارد از ماده جدا شده است از محیط ظرف تیمار خارج شده تا خطری متوجه جنس ماده و نوزادان تولد یافته وجود نداشته باشد.

۴) تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و جهت رسم نمودار از نرم افزار آماری SPSS 25 استفاده شد. ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smironov موردبررسی قرار گرفت. در صورت نرمال بودن داده‌ها از آزمون ANOVA و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون Tukey استفاده شد.

نتایج و بحث

گاماروس جانور بسیار مقاومی است و سازش آنها به محیط آزمایشگاهی (آب لب شور یا خزر) تنها ۰/۴ (۸ گاماروس) درصد تلفات (روز هشتم) بعد از مدت ۱۴ روز را به همراه داشته است و همچنین ۸ درصد (۱۶۰ گاماروس) تلفات (هفته هشتم) در آب شیرین بعد از مدت ۱۴ هفته مشاهده شد (شکل۱- A وB).

تفاوت‌های ظاهری جنس نر و ماده

۱: جنس ماده دارای تورم سینه‌ای (کیسه محافظ) (Marsupium) کاملاً واضح است (شکل ۳- A). تخم‌ها به رنگ‌های مختلفی عمدتاً نارنجی دیده می‌شوند (شکل ۲- A و B). از طرفی اندازه گناتوپودها در جنس نر توسعه یافته‌تر از جنس ماده است (شکل ۳- A و B).

۲: جنس نر تحرک بیشتری در تمام طول شبانه روز و همچنین در اغلب موارد جثه بزرگ‌تری نسبت به جنس ماده دارد، در صورتی که جانور ماده تحرک بیشتری در طول شب دارد.

۳: در هنگام پیش جفت‌گیری جنس نر از ناحیه شکمی توسط گناتوپودهای خود متصل به بند ۵ سینه‌ای در ناحیه پشتی جنس ماده شده (شکل۴-B) و در یک جفت‌گیری موفق با تغییر زاویه انتقال اسپرم به کیسه محافظ صورت می‌گیرد. در این حالت تمایز جنس نر از ماده کاملاً قابل تشخیص است. شکل ۴-A و B، جفت نروماده‌ای را که برای اولین بار جفت‌گیری کرده‌اند و نوزاد یک روزه تولد یافته را نشان می‌دهد.

بررسی مقایسه‌ای شاخص‌های زیستی نسل اول، دوم و سوم رشد یافته در آب لب شور و شیرین:

گاماروس‌ها قبل از جفت‌گیری که منجر به پوست اندازی ماده می‌شود یک یا چند بار به طریق مشروح بالا متصل شده که آن را مرحله پیش جفت‌گیری یا Pre-copulation می نامند. این مرحله به دلیل دفعات نامشخص و همچنین دوره‌های زمانی متفاوت آن در جدول نتایج آورده نشده است.

نکته قابل تأمل اینکه به دلیل تخمک‌گذاری تدریجی (ورود تخمک و همزمان لقاح آن) به کیسه محافظ (مارسوپیوم) میانگین زمان دوره جنینی و تفریخ تخم‌ها (تولد نوزاد) از اولین تا آخرین تخم در جدول آورده شده است. به همین دلیل زمان تفریخ تخم‌ها در مواردی بیش از دوره جنینی دیده می‌شود.

الف - دوره جنینی: از زمان رها شدن تخمک تا تولد نوزاد.

ب- زمان تفریخ: مدت زمان تولد نوزاد از روز اول تا زمان اتمام تفریخ (پوست اندازی نشان‌دهنده اتمام تفریخ است).

ج- تعداد نوزادان: تعداد نوزادان متولد شده از کیسه محافظ (مارسوپیوم) از هر والد ماده.

د- اولین تولید مثل موفق: زمانی که نوزادان متولد می‌شوند، بلوغ می‌یابند و بعد از مدتی اولین جفت‌گیری موفق (اولین تولیدمثل موفق) را خواهند داشت.

ه – زمان کلی مورد نیاز دوره تولید مثلی در هر نسل: مدت زمان جفت‌گیری از اولین روز تا انتهای جفت‌گیری + مدت زمان دوره جنینی از زمان رها شدن تخمک تا اولین روز تولد نوزاد.

و – تعداد کل فرزندان سه نسل (۱۵ والد ماده در ۱/۵ لیتر آب): هر تکرار حاوی یک جفت نروماده شامل ۱۰۰ میلی‌لیتر آب لب شور و شیرین به‌طور جداگانه بوده است. هر نسل با ۵ تکرار انجام شد، درنتیجه آزمایش در هر نسل با ۵ جفت نروماده در ۵۰۰ میلی‌لیتر آب لب شور و شیرین انجام شد، این میزان در سه نسل با ۱۵ تکرار (۱۵ جفت نرو ماده) در ۱/۵ لیتر آب لب شور و شیرین انجام شد. مجموع تعداد کل نوزادان متولد شده در سه نسل، از ۱۵ والد ماده در ۱/۵ لیتر آب لب شور و شیرین محاسبه شد.

ز – تعداد نوزاد متولد شده به ازای هر والد ماده در هر نسل: مجموع تعداد کل نوزادان متولد شده در سه نسل، از ۱۵ والد ماده در ۱/۵ لیتر آب لب شور و شیرین تقسیم بر تعداد والد ماده (۱۵ عدد) شد.

نسل اول: شاخص‌های تولید مثلی در نسل اول پونتوگاماروس لب شور من‌جمله مدت زمان جفت‌گیری (۶-۴ روز)، مدت زمان دوره جنینی (۱۰-۱۲ روز)، مدت زمان تفریخ (۱۳-۱۱ روز)، تعداد نوزادان (۱۹-۱۷ عدد) و اولین تولیدمثل موفق (۷۰ روز) تعیین شدند (شکل ۵، A-D)، همچنین شاخص‌های تولیدمثلی در نسل اول پونتوگاماروس آب شیرین من‌جمله مدت زمان جفت‌گیری (۱۰-۸ روز)، دوره جنینی (۱۵-۱۲ روز)، مدت زمان تفریخ (۱۴-۱۱ روز)، تعداد نوزادان (۱۵-۱۳ عدد) و اولین تولیدمثل موفق (۹۰ روز) تعیین شدند (شکل ۵، A-D). با توجه به نتایج آماری تفاوت معناداری در تعداد نوزادان و مدت زمان رشد جنینی در نسل اول آب شیرین با دیگر شاخص‌ها وجود دارد ($p<0.05$)، همچنین تفاوت معناداری در مدت زمان جفت‌گیری در نسل اول آب لب شور با دیگر شاخص‌ها وجود دارد ($p<0.05$)، در صورتی که تفاوت معناداری در مدت زمان تفریخ تخم در سه نسل در آب لب شور و شیرین وجود ندارد ($p>0.05$).

نسل دوم: شاخص‌های تولید مثلی در نسل دوم پونتوگاماروس لب شور من‌جمله مدت زمان جفت‌گیری (۹-۶ روز)، مدت زمان دوره جنینی (۹-۱۱ روز)، مدت زمان تفریخ (۱۲-۱۰ روز)، تعداد نوزادان (۳۰-۲۵ عدد) و اولین تولیدمثل موفق (۷۰ روز) تعیین شدند (شکل ۵، A-D)، همچنین شاخص‌های تولیدمثلی در نسل دوم پونتوگاماروس آب شیرین، مدت زمان جفت‌گیری (۱۴-۱۱ روز)، رشد جنینی (۱۲-۱۱ روز)، مدت زمان تفریخ (۱۴-۱۱ روز)، تعداد نوزادان (۲۰-۱۸ عدد) و اولین تولیدمثل موفق (۹۰ روز) تعیین شدند (شکل ۵، A-D). با توجه به نتایج آماری تفاوت معناداری در مدت زمان تفریخ تخم در سه نسل در آب لب شور و شیرین وجود ندارد ($p>0.05$).

نسل سوم: شاخص‌های تولید مثلی در نسل سوم پونتوگاماروس لب شور من‌جمله مدت زمان جفت‌گیری (۸-۱۰ روز)، مدت زمان دوره

جنینی (۱۲-۹ روز) و مدت زمان تفریخ (۱۲-۹ روز)، تعداد نوزادان (۳۱-۲۹ عدد) و اولین تولیدمثل موفق (۷۰ روز) تعیین شدند (شکل ۵، A-D). همچنین از شاخص‌های تولیدمثلی در نسل سوم پونتوگاماروس آب شیرین، مدت زمان جفت‌گیری (۱۲-۱۵ روز)، رشد جنینی (۱۲-۱۰ روز)، مدت زمان تفریخ (۱۱-۱۰ روز)، تعداد نوزادان (۲۰-۱۸ عدد) و اولین تولیدمثل موفق (۹۰ روز) تعیین شدند (شکل ۵، A-D). تفاوت معناداری در مدت زمان تفریخ تخم در سه نسل در آب لب شور و شیرین وجود ندارد ($p>0.05$).

مطالعات اخیر نشان داده است گونه‌های پونتوکاسپین (دریای خزر، دریای سیاه و ازوف) از طریق حمل‌ونقل دریایی و تغییرات شرایط محیطی به زیستگاه‌های آب لب شور و شیرین دریاهای شمال، بالتیک و دریاچه‌های بزرگ لورنتین هجوم آورده‌اند. لذا پیشنهاد شده است که گونه‌های پونتوکاسپین دریای خزر از لحاظ سازگاری با آب شیرین و شور محل جدید خود نسبت به سایر گونه‌های دیگر موفق‌تر هستند [۲۶ و ۵]. آزمایشاتی را بروی گونه *Pontogammarus maeoticus* جمع‌آوری شده از آب شور ۱۰PSU جهت ارزیابی ظرفیت سازگاری این گونه با شوری‌های مختلف و آب شیرین و همچنین مشخص نمودن منشأ احتمالی آب شیرین مهاجمان پونتوکاسپین انجام دادند [۲۶]. درصد زنده مانی بالغین و نوزادان تفریخ شده تحت ۳ تیمارهای انتخاب شده ۱: نمونه کنترل: ۴, ۱۰ و ۱۶ PSU، ۲: کاهش شوری از تیمارهای ۴, ۱۰ و ۱۶ PSU به مقدار صفرPSU (به اندازه ۲ PSU در هر دو روز) و ۳: افزایش شوری از تیمارهای ۴, ۱۰ و ۱۶ PSU به مقدار ۴۰PSU (به اندازه ۲ PSU در هر دو روز) مورد بررسی قرار گرفت [۲۶]. نتایج نشان داد که ۱: درصد زنده مانی بالغین در نمونه کنترل، تحت شوری ۴PSU به میزان ۷۲/۵ درصد و در شوری ۱۶ PSU به میزان ۸۵ درصد بوده است. ۲: با کاهش شوری از نمونه های تحت کنترل به مقدار صفر PSU، بیشترین درصد زنده مانی بالغین در تیمار ۴ PSU به میزان ۷۵ درصد و کمترین درصد زنده مانی در تیمار ۱۶ PSU به میزان ۵۲/۲ درصد بوده است. ۳: با افزایش شوری، درصد زنده مانی بالغین به صفر رسیده است. با این حال با افزایش شوری، شروع مرگ‌ومیر برای تیمار ۴ PSU در مقایسه با ۱۰ و ۱۶ PSU زودتر بوده است. ۴: در ارتباط با زنده مانی نوزادان، تولیدمثل موفقیت آمیزی در تیمارهایی با کاهش شوری و نمونه کنترل در مقایسه با افزایش شوری به مدت ۶ هفته دیده شد. بعد از مدت ۶ هفته در تمامی تیمارهای مورد منتخب، کاهش بقای زنده مانی نوزادان مشاهده شد [۲۶]، همچنین بیان شده است که الف: جمعیت‌های انتخاب شده از زیستگاهی که شوری کمتری دارد، تحت شرایط آزمایشگاهی با شوری کمتر و آب شیرین عملکرد بهتری خواهد داشت. ب: جمعیت‌های انتخاب شده از زیستگاهی که شوری بیشتری دارد، تحت شرایط آزمایشگاهی با شوری بیشتر عملکرد بهتری خواهد داشت. در نتیجه گونه‌های مورد آزمایش منشأ آب شیرین دارند و فاقد زمینه ژنتیکی لازم برای سازگاری با آب شور هستند [۲۶]. گونه پونتوگاماروس دریای خزر به دلیل توزیع گسترده و فراوانی بالا، زایش متوالی و تولید نسل‌ها در بازه زمانی کوتاه مدت و همچنین سازگاری بسیار بالای آن‌ها به محیط جدید خود، گونه بسیار مناسبی جهت مطالعات آزمایشگاهی و تکثیر و پرورش هستند [۲۶].

مطالعاتی بروی تحمل شوری‌های مختلف در گونه‌های مهاجم پونتوکاسپین (*Gammarus locusta*، *Gammarus oceanicus*، *Gammarus salinus*، *Gammarus zaddachi*، *Pontogammarus maeoticus*، *Obesogammarus crassus*، *Gammarus tigrinus*، *Gammarus fasciatus*) با منشأ آب شیرین مطالعاتی انجام شده است [۲۵]. گونه‌های گاماریده بومی دریاچه‌های پونتوکاسپین، اروپای شمالی و دریاچه بزرگ لارنس بودند. نتایج نشان داد که همه جمعیت‌های آزمایش شده، دامنه‌های وسیعی از شوری (<۰/۳۰-۵ g/kg) را تحمل می‌کنند. با توجه به تاریخچه زمین شناسی دو منطقه و همچنین تحمل متفاوت تعدادی از گونه‌ها به آب شیرین و دیگر گونه‌ها به آب شور، پیشنهاد براین است که گونه‌هایی که از نواحی پونتوکاسپین و شمال اروپا منشأ گرفته باشند می‌تواند به ترتیب با آب شیرین و محیط های دریایی سازگار شوند. وقتی *P.maeoticus* با دیگر دوجورپایان مقایسه می‌شود، در برخی مشابه و در برخی گونه‌ها اختلاف دیده می‌شود. آنچه در پژوهش حاضر امکان جمع بندی دارد افزایش روزهای لازم برای جفت‌گیری موفق در هر دو محیط آب لب شور و شیرین در سه نسل است بطوریکه نسل اول زمان کمتر و نسل سوم زمان بیشتری صرف کرده است. امکان دارد دلیل آن عدم آمادگی مولدها و انتخاب جفت بخصوص از طرف جنس نر باشد. هرچند اختلاف زمانی بین آب لب شور و شیرین را نباید از نظر دور داشت. گاماروس دریای خزر سخت پوستی بسیار سازش پذیر در مقابل تغییرات محیطی است [۲۶]. پژوهش حاضر نشان داد کاهش تدریجی شوری آب علی رغم تلفات ۸ درصدی (شکل ۴-۲) نه تنها محیط مناسبی برای زندگی ایجاد می‌کند بلکه جانور قادر بوده تا در آن تولید مثل نیز انجام دهد. این ویژگی منحصر به فرد در تمام آبزیان وجود ندارد و در اکثر آنها املاح آب برای آماده سازی جانور و تولید گامت‌های نر و ماده ضروری هستند [۳۶]. پس از سازش به آب شیرین هر چند قابلیت تولیدمثل باقی ماند ولی برخی از شاخص‌های تولیدمثلی دستخوش تغییراتی گردیدند. یادآور می‌شود جهت نیل به هدف تکثیر و پرورش گاماروس در آب شیرین بر اساس گزارشات قبلی دمای آب در هر دو محیط لب شور و شیرین، ۱±۲۵ °C [۴۰] و شوری آب لب شور ۱۲ ppt ثابت نگه داشته شد. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، تمامی شاخص‌های تولیدمثلی از قبیل زمان جفت‌گیری، دوره جنینی و تفریخ تخم‌ها در آب لب شور نسبت به آب شیرین کوتاه‌تر است (به استثنای اینکه میانگین تعداد نوزادان رها شده در آب لب شور بیشتر از آب شیرین است (۳۰ نوزاد در مقابل ۱۹)). می‌توان گفت که در کنار غذای کافی، دما و pH پایدار، دو دلیل در شاخص‌های مطالعه شده در دو محیط آب لب شور و شیرین می‌تواند املاح موجود در آب باشد و همچنین ممکن است به دلیل این باشد که زیستگاه طبیعی پونتوگاماروس در آب لب شور است

و این عامل طبیعی است که در زیستگاه طبیعی خود نسبت به زیستگاه سازش پذیر شده، نظم طبیعی تولیدمثلی خود را بیشتر حفظ کند، ناگفته نماند که دوره جنین به‌طور استثنایی در هر دو محیط از نظر زمانی بسیار به یکدیگر نزدیک هستند. این خود نشان دهنده تأمین مواد لازم رشد جنین در هر دو محیط است گرچه جنس ماده در آب شیرین از برخی املاح و مواد لازم رشد بی بهره است. لذا هرچند آب لب شور نسبت به آب شیرین ارجح است ولی پژوهش حاضر امکان گسترش پرورش گاماروس در آب شیرین را با نتیجه مثبت به آزمون گذاشته است.

گزارشات در مورد تفکیک جنسیتی آمفی‌پود *Echinogammarus marinus* نشان می‌دهد که ماده‌ها به‌طور قابل توجهی سریعتر از نرها شنا می‌کنند و این واکنش در تاریکی افزایش می‌یابد و در زمان روشنایی کاهش می‌یابد. چنین رفتاری نتیجه سازگاری در مقابل شکارچیان بوده است [۱۶ و ۶]. بطوریکه رفتار شنای دیمورفیک (dimorphic) در آمفی‌پود *Corophium* مشاهده شده است و جانور ماده فقط در شب‌هایی که آمادگی لقاح را دارند در ستون آب مشاهده می‌شوند تا از شکار آن‌ها ممانعت شود و حداکثر موفقیت لقاح را داشته باشند، اما جانور نر هر شب در ستون آب مشاهده می‌شود و همیشه برای تولیدمثل در دسترس هستند [۲۶]. نتایج مذکور شده با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد، بطوریکه حرکت جانور ماده در طول شب افزایش می‌یابد. از طرفی در آمفی‌پودها در مرحله پیش جفت‌گیری (amplexus) نرها با استفاده از گناتوپودهای توسعه یافته خود به سطح پشتی ماده‌ها متصل شده و در زمان جفت‌گیری، انتقال اسپرم به بخش شکمی جانور ماده صورت می‌گیرد، در این صورت دو جفت کاملاً از یکدیگر قابل تمایز هستند [۱۳] که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد (شکل ۴-B). در آمفی‌پودها، جانور ماده در مرحله پیش جفت‌گیری برای جدا شدن از جنس نر نامناسب، رفتارهایی ازجمله فرار، حالت دفاعی و حلقه شده، صاف کردن بدن برای ایجاد ضربه به جانور نر از خود بروز می‌دهد [۶]. گزارش شده است که ماده‌های آمفی‌پود انرژی بالاتر و پوست‌اندازی مداوم‌تری (جهت بلوغ) در تخمک‌گذاری (oogenesis) نسبت به جانور نر دراسپرم‌زایی (spermatogenesis) دارند و تغییرات فیزیکی بیشتری نسبت به نرها را تجربه می‌کنند، بطوریکه کیسه محافظ در جانور ماده و عدم وجود آن در جانور نر کاملاً قابل تشخیص است [۳۴ و ۱۳] که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد (شکل ۳- A و B).

گزارش شده است که اندازه جانور و غذای نامحدود در تعداد نوزادان تأثیر بسزایی دارد [۱۷]. در پژوهش حاضر دما ثابت بوده و تمامی نمونه‌های *P.moaiticus* در آزمایشگاه به مرحله تولید مثل رسیدند. لذا به نظر می‌رسد اندازه جانور و مخصوصاً غذای فراوان و در دسترس عوامل مهم‌تری در تفاوت تعداد نوزادان بوده است [۱۷]. گونه گاماروس آب شیرین *Gammarus pulex* می‌تواند با در نظر گرفتن اندازه مولد ماده، نوزادان بیشتری را تولیدکند، بطوریکه با اندازه ۷-۶ میلی‌متر ۶ نوزاد و نمونه بزرگتر با اندازه ۱۱-۱۲ میلی‌متر تا ۲۰ نوزاد تولید می‌کند [۱۷]، چنین رابطه ای در *P. maeoticus* نیز دیده شد. مولدین ماده با جثه بزرگتر، تعداد نوزادان بیشتری در هر دو محیط لب شور و شیرین تولید کردند تفاوت تنها یک میلیمتر بین مولدین نسل اول و سوم تعداد نوزادان را در آب لب شور از ۱۷ به ۳۱ و در آب شیرین از ۱۳ به ۲۰ افزایش داده است (جدول ۱).

مدت زمان جفت‌گیری در گونه آب شیرین *Gammarus aequicauda* ۳-۱ روز و دوره جنینی ۸ روز تحت دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد [۳۱] و در گونه *Hyalella azteca* ۱-۸ روز و دوره جنینی ۵ تا ۸ روز تحت دمای ۲۷-۲۰ درجه گزارش شده است [۱۸]. همچنین مدت زمان دوره جنینی در گونه آب شور *Parhyale hawaiensis* تحت دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد ۱۰ روز و در گونه آب شیرین *Gammarus pulex* در زمستان ۹۰ روز و در تابستان ۱۷-۱۶ روز به طول می‌انجامد [۳۱ و ۳]. در ارتباط با پیش جفت‌گیری پونتوگاماروس ذکر این نکته حائز اهمیت است که جانور نر در طی این مرحله چندین بار به جانور ماده متصل و جدا می‌شود، دلیل این امر محافظت از جنس ماده و انتخاب ماده است [۳۶]. در زمان جفت‌گیری جانور نر توسط گناتوپود یا پاهای آرواره‌ای به قسمت پشتی جانور ماده متصل می‌شود و بعد از اطمینان از انتخاب ماده موردنظر و آمادگی جانور ماده و تخمک‌گذاری، جانور نر دم خود را نزدیک به کیسه محافظ کرده و بخش سر جانور در بخش دمی جانور ماده قرار می‌گیرد و برای مدتی در حالت شکم به شکم قرار می‌گیرند و جانور نر اسپرم‌های خود را به بخش شکمی جانور ماده انتقال می‌دهد و بعد از تخمک‌گذاری، لقاح در داخل کیسه محافظ انجام می‌شود (لقاح خارجی) [۳۶]. در پژوهش حاضر مدت زمان جفت‌گیری در سه نسل در آب لب شور ۱۰-۴ روز و در آب شیرین ۱۵-۸ روز مشاهده شد (جدول ۱)، همچنین حداقل مدت زمان پیش جفت‌گیری در آب لب شور، ۲ دقیقه و در آب شیرین ۵ ساعت و حداکثر مدت زمان پیش جفت‌گیری در آب لب شور، ۱ ساعت و در آب شیرین ۱۰ ساعت می‌باشد. به‌طور کلی جفت شدن جانور نر با جنس ماده بستگی به عوامل مختلفی من‌جمله، ذخایر اسپرم در بیضه‌ها، اندازه جنس نر و ذخیره انرژی دارد [۲۲]. در گونه *Eogammarus oclairi*، جفت‌گیری جنس مذکر با جنس مؤنث بستگی به آمادگی ماده‌ها نسبت به جفت‌گیری و افزایش تراکم جمعیتی ماده‌ها دارد. میانگین زمان جفت‌گیری متفاوت است. بطوریکه وقتی نسبت جنسیتی نر/ ماده: ۱/ ۳ باشد، مدت زمان جفت‌گیری در بین چندین ساعت متفاوت است. اگر این نسبت جنسیتی به مقدار ۱/۲ برسد، مدت زمان جفت‌گیری بیش‌تر از ۷ روز طول می‌کشد. از طرفی دیگر هرچقدر تراکم نرها بیشتر باشد، رقابت جهت جفت شدن با ماده‌ها افزایش می‌یابد [۱۵]. همچنین به نظر می‌رسد دلیل نوسانات محدوده زمانی در تفریخ تخم می‌تواند به اندازه

والد ماده، درنتیجه توانایی آن در نگهداری نوزادان در داخل کیسه محافظ و همچنین اندازه نوزادان وابسته باشد [۳۶].

رشد جنینی فرآیند پیچیده‌ای است که در آن تمایز و تکثیر سلولی به طور هم‌زمان اما با نرخ سرعت متفاوت رخ می‌دهد [۱۲]. رشد جنینی عمدتاً به بیان ژن‌ها، دما و دیگر عوامل بستگی دارد و به‌طور کلی سخت پوستان آب‌های گرمتر و لب شور رشد جنینی کوتاهتری دارند [۱۲].

بلوغ تخمک‌ها هم‌زمان با رشد جنینی در مارسوپیوم اتفاق می‌افتد و در شرایط آزمایشگاهی، مدت زمان چرخه تولید مثلی برای تخمک‌های (مدت زمان چرخه پوست اندازی، بلوغ فولیکولی و رشد جنینی) در گونه *G. fossarum*، تقریباً ۳۰ روز در دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد است [۱۰]. در پژوهش حاضر مشاهده شد که رشد و نمو جنینی داخل کیسه محافظ انجام می‌شود و در شرایط آزمایشگاهی میانگین مدت زمان چرخه تولیدمثلی (مدت زمان جفت‌گیری+ مدت زمان رشد جنینی+ اولین روز تفریخ نوزاد)برای هر نسل ۱۸/۶۶ روز در آب لب شور و ۲۴/۰۶ روز در آب شیرین تحت دمای ثابت ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد است (جدول ۱).

گزارش شده است [۳۶] که مدت زمان رشد جنینی شامل دو بخش انکوباته و مدت زمان قبل از تفریخ نوزادان (Post hatching time) است، در بخش انکوباته، رشد و نمو جنین تا قبل از تفریخ نوزادان در داخل کیسه محافظ رخ می‌دهد و در بخش Post hatching time نوزادان در داخل کیسه جنینی آزاد می‌شوند و به نوبت در یک روز و یا در طی روزهای مختلف زایش می‌یابند.

مدت زمان رشد جنینی در گونه‌های آب لب شور کمتر از آب شیرین گزارش شده است اما ممکن است از لحاظ آماری معنادار نباشند [۳۶]. دلایل رشد سریع‌تر گونه‌های آب لب شور نیاز به بررسی کامل در طیف وسیعی از گونه‌ها دارد، اما ممکن است تا حدی به اندازه‌های کوچک‌تر تخم‌ها و نوزادان مرتبط باشد که ممکن است از لحاظ آماری معنادار نباشند. به نظر می‌رسد گونه‌های آب لب شور برای رشد و نمو در آب سرد سازگاری بهتری دارند [۳۶].

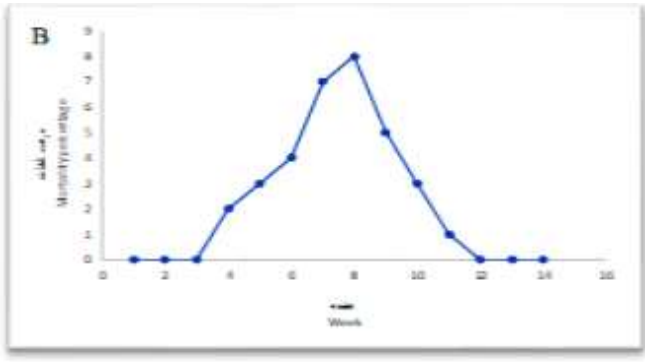
بررسی رفتارهای تولیدمثلی پونتوگاماروس دریای خزر (*Pontogammarus maeoticus*) تحت شوری دریای خزر (ppt ۹/۵±۰)، دمای مطلوب (°C ۱±۲۵) و دوره روشنایی به تاریک ۱۲/۱۲ نشان داد که متوسط مدت زمان مرحله پیش‌جفتگیری ۰/۹۱±۲/۶ روز و متوسط زمان رشد جنینی ۱/۱±۸/۵ روز می‌باشد [۲۴]، که با نتایج پژوهش حاضر که به ترتیب حداقل و حداکثر مدت زمان پیش-جفتگیری ۲ دقیقه و ۱ ساعت تخمین زده شد و همچنین با مدت زمان رشد جنینی در آب لب شور در سه نسل (۱۰/۶۶ روز) مطابقت ندارد. تفاوت پژوهش حاضر با نتایج نظرحقیقی و همکاران در این است که آزمایش مذکور در سه نسل انجام شد.

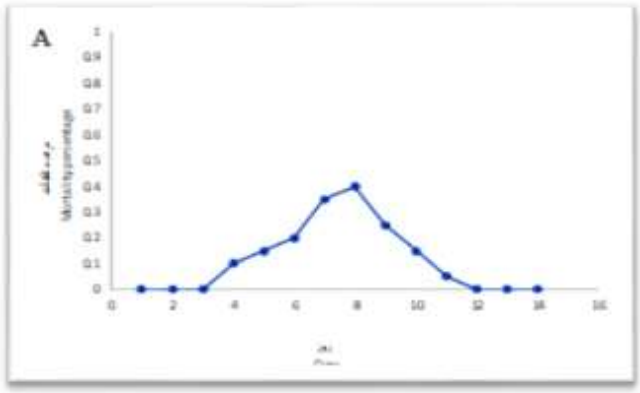
گزارشات [۱۱] بروی تأثیر متقابل دما و شوری بر تولیدمثل آمفی‌پود دریای خزر (*P. maeoticus*) نشان می‌دهد که دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و شوری ppt ۸ به عنوان محبوب‌ترین ترکیب از نظر بالاترین تعداد نوزاد می‌تواند در نظر گرفته شود که با پژوهش حاضر مطابقت ندارد (شوری ppt ۱۲، دمای °C ۱±۲۵).

نتایج [۲۹] نشان می‌دهد که رابطه مستقیمی بین مدت زمان رشد جنینی با دما وجود دارد، بطوریکه رشد جنینی در گونه آمفی‌پود دریای خزر (*Dikerogammarus villosus*) در دمای ۱۶ درجه سانتی‌گراد: ۱۴ روز و دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد: ۲۴ روز به طول انجامید، در حالی که در گونه *G. fossarum* در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد: ۴۰ روز و در گونه *G. roeseli*، ۴۴ روز به طول انجامید. در آب لب شور و در محدوده دمایی ۲۰-۱۰ درجه سانتی‌گراد، مدت زمان رشد جنینی آمفی پود *gammarus tigrinus* و *gammarus zaddachi* ده تا بیست روز طول می‌کشد [۳۶].

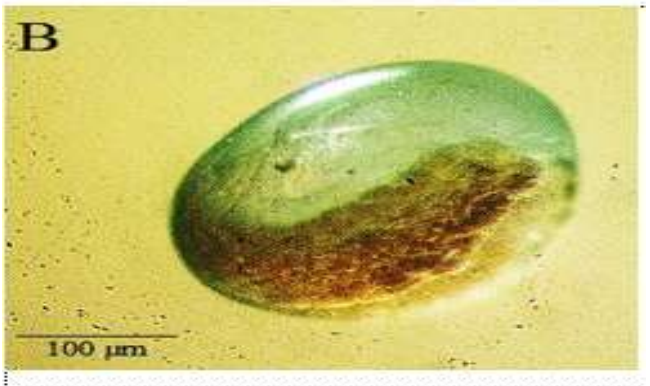
رشد جنینی آمفی‌پود آب شور (۲۰PSU) *Chaetogammarus marinus* تحت دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد تا زمان تفریخ تخم ۱۶/۷ روز طول می‌کشد و دارای ۵ مرحله رشد است (مرحله اول: ۱/۲ روز، مرحله دوم: ۳/۱ روز، مرحله سوم: ۳/۷ روز، مرحله چهارم: ۲/۷ روز و مرحله پنجم: ۶ روز) و همچنین ۷۵ درصد نوزادان متولد شدند [۲۰]. گزارشات [۱۲] در ارتباط با بررسی مراحل نمو جنینی در سخت پوست آب شیرین *Macrobrachium rosenbergii* حاکی از آن است که مراحل رشد جنینی تحت شرایط دمایی ۰/۴۵±۲۸/۵ درجه سانتی‌گراد در مدت زمانی ۲۰ روزه با استفاده از مطالعات ریخت شناسی و بافت شناسی تقسیم بندی شده است.

بلوغ در گونه آب شیرین *Gammarus fossarum*، ۹۶ روز و در گونه آب شیرین *G. roeseli*، به مدت ۸۵ روز در دمای ۲۰/۲ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است [۲۸]. در رودخانه‌های بخش شرقی اتریش در تابستان زمانی که دما به ۲۰ درجه می‌رسد تولیدمثل موفق در محدوده زمانی ۸۰-۴۰ روز در گونه‌های *G. roeseli* و *G. fossarum* رخ می‌دهد، با این تفاوت که گونه *G. roeseli* تعداد فرزندان بیشتری را نسبت به گونه فورازوم تولید می‌کند و ظرفیت تولیدمثلی بالاتری دارد [۳۰]. مدت زمان بلوغ در گونه *Gammarus Acherondytes* ۱۶-۱۴ ماه در اندازه ۴/۴۵ میلی‌متر گزارش شده است [۳۸]. در ارتباط با گونه *Pontogammarus robustoides* مدت زمان بلوغ در بهار و تابستان کوتاه و ۵-۴ هفته (۳۵-۲۸ روز) طول می‌کشد [۲]. همچنین در ارتباط با همین گونه گزارش شده است [۲ و ۱] که چرخه تولیدمثلی تا سه نسل در ماه‌های بهار، تابستان و پاییز ادامه دارد. در بهار و تابستان سن بلوغ (۵-۴ هفته) با اندازه ۸/۵ میلی‌متر و در پاییز با اندازه ۱۸-۱۱ میلی‌متر مشاهده شده است و همچنین تعداد تخم‌های بارور شده رابطه مستقیمی با اندازه ماده دارد.





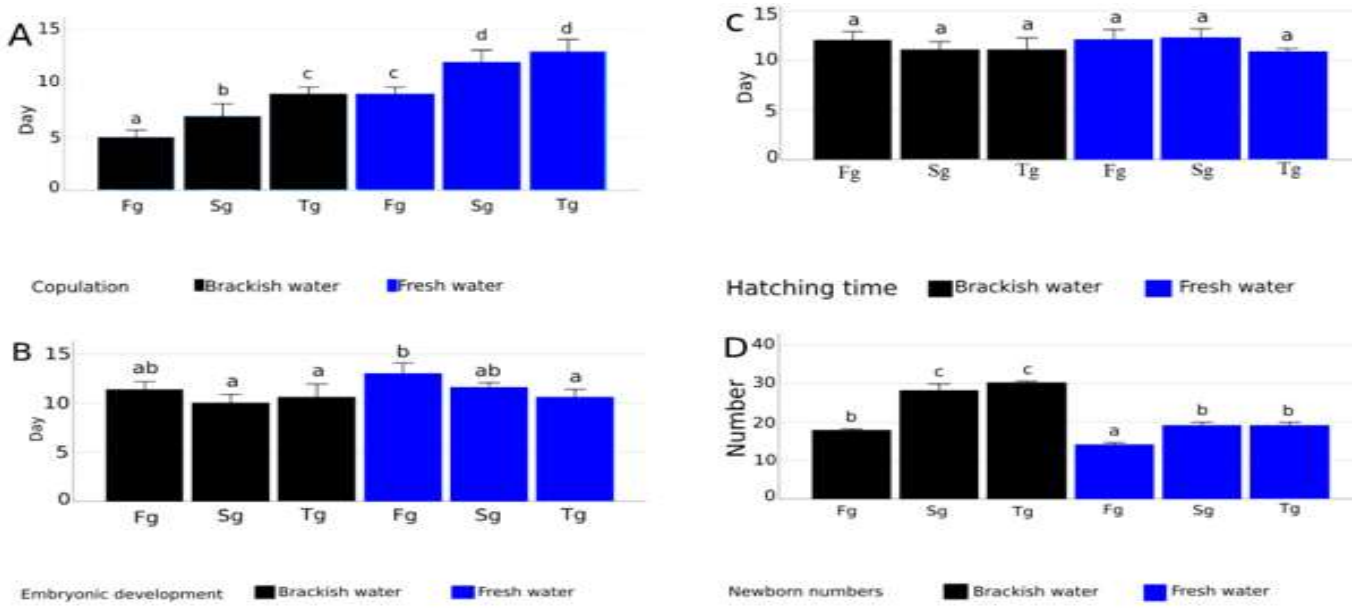
شکل۱- درصد تلفات جمعیت ۲۰۰۰ تایی پونتوگاماروس در آب لب شور (شکل A) و آب شیرین (شکل B).



شکل ۲- تخمهای لقاح یافته در کیسه محافظ پونتوگاماروس (A). خروج اولیه تخم‌های لقاح یافته از بدن پونتوگاماروس ماده (B).

شکل ۳- وجود تورم سینه‌ای نا شی از کیسه محافظ و همچنین عدم برجسته بودن پاهای آرواره‌ای یا گناتوپودها (GP) در جنس بالغ پونتوگاماروس ماده (A) و عدم وجود تورم سینه‌ای و برجسته بودن پاهای آرواره‌ای یا گناتوپودها در جنس بالغ نر (B).

شکل ۴- نوزاد یک روزه پونتوگاماروس که مینیاتوری از بالغ جانور است (A). یک جفت پونتوگاماروس بالغ که برای بار اول جفت‌گیری می‌کنند (B).



شکل ۵- میانگین شاخص‌های تولیدمثلی در نسل اول- سوم در آب لب شور و شیرین (A، B و C)، میانگین تعداد نوزادان در نسل اول- سوم در آب لب شور و شیرین (D).. Copulation: مدت زمان جفت‌گیری, Embryonic development: مدت زمان رشد جنینی, Hatching time: مدت زمان تفریخ تخم, Nn: Newborn numbers: تعداد نوزاد, Brackish water: آب لب شور, Fresh water: آب شیرین, Fg: First generation: نسل اول, Sg: Second generation: نسل دوم, Tg: Third generation: نسل سوم. Error Bars: +/- 2 SE.

جدول۱: نتایج شاخص‌های تولیدمثلی پونتوگاماروس در آب لب شور و شیرین در نسل اول- سوم

Biological indicators in per generation شاخص‌های تولیدمثلی در هر نسل	The first generation نسل اول		The second generation نسل دوم		The third generation نسل سوم	
	Brackish water (100 ml in per repetition) آب لب شور (حجم آب ۱۰۰ میلی‌لیتر در هر تکرار)	Freshwater (100 ml in per repetition) آب شیرین (حجم آب ۱۰۰ میلی‌لیتر در هر تکرار)	Brackish water (100 ml in per repetition) آب لب شور (حجم آب ۱۰۰ میلی‌لیتر در هر تکرار)	Freshwater (100 ml in per repetition) آب شیرین (حجم آب ۱۰۰ میلی‌لیتر در هر تکرار)	Brackish water (100 ml in per repetition) آب لب شور (حجم آب ۱۰۰ میلی‌لیتر در هر تکرار)	Freshwater (100 ml in per repetition) آب شیرین (حجم آب ۱۰۰ میلی‌لیتر در هر تکرار)
Copulation (day) مدت زمان جفت‌گیری (روز)	The first repetition: 4 تکرار اول	10	6	12	9	12
	The second repetition: 5 تکرار دوم	9	7	11	10	12
	The third repetition: 5 تکرار سوم	9	9	11	9	13
	The forth repetition: 6 تکرار چهارم	8	6	12	9	15
	The fifth repetition: 5 تکرار پنجم	9	7	14	8	13
	Average: 5 میانگین	9	7	12	9	13
Embryonic development (day) مدت زمان رشد جنینی (روز)	The first repetition: 12 تکرار اول	15	10	11	11	12
	The second repetition: 12 تکرار دوم	12	9	11	12	11
	The third repetition: 12 تکرار سوم	13	11	12	9	10
	The forth repetition: 11 تکرار چهارم	12	9	12	9	10
	The fifth repetition: 10 تکرار پنجم	13	11	12	12	10
	Average: 11.4 میانگین	13	10	11.6	10.6	10.6

ادامه جدول۱: نتایج شاخص‌های تولیدمثلی پونتوگاماروس در آب لب شور و شیرین در نسل اول- سوم

The first generation نسل اول			The second generation نسل دوم		The third generation نسل سوم	
Brackish water (100 ml in per repetition) آب لب شور (حجم آب ۱۰۰ میلی‌لیتر در هر تکرار)		Freshwater (100 ml in per repetition) آب شیرین (حجم آب ۱۰۰ میلی‌لیتر در هر تکرار)	Brackish water (100 ml in per repetition) آب لب شور (حجم آب ۱۰۰ میلی‌لیتر در هر تکرار)	Freshwater (100 ml in per repetition) آب شیرین (حجم آب ۱۰۰ میلی‌لیتر در هر تکرار)	Brackish water (100 ml in per repetition) آب لب شور (حجم آب ۱۰۰ میلی‌لیتر در هر تکرار)	Freshwater (100 ml in per repetition) آب شیرین (حجم آب ۱۰۰ میلی‌لیتر در هر تکرار)
Spawning time (day) مدت زمان تفریخ تخم (روز)	The first repetition: 12 تکرار اول	14	10	14	10	11
	The second repetition: 13 تکرار دوم	11	12	11	12	11
	The third repetition: 13 تکرار سوم	12	12	12	9	11
	The forth repetition: 11 تکرار چهارم	11	11	12	12	11
	The fifth repetition: 11 تکرار پنجم	12	10	12	12	10
	Average: 12 میانگین	12	11	12.2	11	10.8
Number of newborns تعداد نوزاد متولد شده	The first repetition: 19 تکرار اول	15	25	19	31	20
	The second repetition: 18 تکرار دوم	14	28	18	30	19
	The third repetition: 17 تکرار سوم	13	27	20	30	20
	The forth repetition: 18 تکرار چهارم	14	30	20	29	18
	The fifth repetition: 18 تکرار پنجم	14	30	18	30	18
	Average: 18 میانگین	14	28	19	30	19
Average weight of newborns (gr) میانگین وزن نوزاد (گرم)	0/008	0/007	0/008	0/007	0/008	0/007
Size of newborns (mm) متوسط اندازه نوزاد (میلی‌متر)	0/7- 0/8	0/7- 0/8	0/7- 0/8	0/7- 0/8	0/7- 0/8	0/7- 0/8
Size of Eggs (mm) متوسط اندازه تخم (میلی‌متر)	0/29-0/32	0/29-0/32	0/29-0/32	0/29-0/32	0/29-0/32	0/29-0/32
The first successful reproduction (day) اولین تولیدمثل موفق (روز)	70	90	70	90	70	90
Duration of reproductive period (day) مدت زمان دوره تولیدمثلی (روز)	17.4	23	18	24.6	20.6	24.6
Average weight of males (gr) میانگین وزن نر (گرم)	0/0332	0/0332	0/0352	0/0352	0/0412	0/0412
Average weight of females (gr) میانگین وزن ماده (گرم)	0/0332	0/0332	0/0352	0/0352	0/0412	0/0412
Average size of males (gr) میانگین اندازه نر (میلی‌متر)	9	9	9/6	9/6	10	10
Average size of females (gr) میانگین اندازه ماده (میلی‌متر)	9	9	9/6	9/6	10	10
Children number in per repetition(100 ml) تعداد نوزادان در هر نسل (۱۰۰ میلی لیتر)	25/33 numbers in 18.66 days (brackish water) ۲۵/۳۳ عدد در ۱۸/۶۶ روز (آب لب شور)			17/33 numbers in 24.06 days (Fresh water) ۱۷/۳۳ عدد در ۲۴/۰۶ روز (آب شیرین)		
Total children of three generations(1.5 L) تعداد کل نوزادان سه نسل (۱/۵ لیتر)	380 numbers in 56 days (brackish water) ۳۸۰ عدد در ۵۶ روز (آب لب شور)			260 numbers in 72.2 days (Fresh water) ۲۶۰ عدد در ۷۲/۲ روز (آب شیرین)		

نتیجه‌گیری

یکی از دلایل موفقیت تولیدمثلی در سخت پوستان ازجمله پونتوگاماروس مربوط به این واقعیت است که بسیاری از آن‌ها تخم‌های خود را تا زمان خروج نوزاد حمل می‌کنند و در نتیجه میزان زنده مانی تخم‌ها افزایش می‌یابد. ماده‌های آمفی پود، تخم‌های خود را در بخش شکمی در داخل کیسه محافظ (مارسوپیوم) تا زمان خروج نوزاد حمل می‌کنند. تخم‌ها غنی از زرده هستند که موجب پیشرفت رشد جنینی می‌شوند. پروتئین یکی از اجزای اصلی زرده در نظر گرفته می‌شود که در شکل‌گیری و تأمین انرژی نقش بسزایی دارد محتوای لیپید در تخم‌ها تقریباً زیاد است و یکی از منابع اصلی انرژی محسوب می‌شود. پژوهش حاضر نشان داده است که نسل گیری پونتوگاماروس در هر دو محیط آب شیرین و لب شور تحت شرایط بهینه (دمای مطلوب و غذای کافی) امکان‌پذیر است و با توجه به ویژگی‌های مؤثر گاماروس در صنعت آبزی‌پروری مانند سهولت نگهداری طولانی مدت، سهولت روند پرورش و ارزش غذایی بالا (کاروتنویید (۴/۵۱ درصد)، پروتیئن (۴۸/۴ درصد) و چربی (۵/۳۳ درصد)) می‌توان در تولید مصنوعی گاماروس در آب شیرین اقدامات مناسبی را انجام داد. بطوریکه در پژوهش حاضر در سه نسل به ازای ۱۵ جفت نر و ماده با حجم آب ۱/۵ لیتر، میانگین تعداد نوزادان در آب لب شور ۳۸۰ عدد در مدت زمان ۵۶ روز و در آب شیرین ۲۶۰ عدد در مدت زمان ۷۲/۲ روز در هر دو محیط لب شور و شیرین محاسبه شد (جدول ۱).

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله نویسندگان سهم یکسانی داشتند.

تشکر و قدردانی

در نهایت از حمایت‌های ابزاری و مالی آزمایشگاه زیست شناسی دریا- دانشکده علوم پایه و معاونت پژوهشی دانشگاه گیلان در انجام این تحقیق تشکر و قدردانی را می‌شود.

تعارض منافع

این مقاله بر اساس «تعارض حرفه‌ای و مالکیت فکری: ارتقای سازمانی و نظریات تخصصی شخصی این‌جانب به‌عنوان نویسنده مسئول گردآوری شده است. »

منابع

[1].Barnes, R.D., (1987). Invertebrate zoology (5th Edition). S. Afr. J. Zool, 22 (4): 327-327 (1 pages).

https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02541858.1987.11448068

[2].Borowsky, B., (1988). Delaying copulation in the amphipod crustacean Gammarus palustris: effects on female fecundity and consequences for the frequency of amplexus. ISO4, 13(4): 359-368 (10 pages).

https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10236248809378685?journalCode=gmfw19

[3].Bousfield, E.L., (1994). The phyletic classification of amphipod crustaceans: problems in resolution. Amphipacifica, 1 (3): 76-134 (59 pages).

https://www.biodiversitylibrary.org/part/218264

[4].Browne, W.E.; Price, A.L.; Gerberding, M.; Patel, N.H., (2005). Stages of embryonic development in the amphipod crustacean, Parhyale hawaiensis. genesis, 42(3): 124-149 (25 pages).

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/gene.20145

[5].Dobson, M., (2012). Identifying invasive freshwater shrimps and isopods. Freshw. Biol. Assoc. Ambleside, 1-32 (32 pages).

https://www.essexwtrecords.org.uk/sites/default/files/InvasiveFWShrimps%26Isopods.pdf

[6].Geffard, O.; Xuereb, B.; Chaumot, A.; Geffard, A.; Biagianti, S.; Noel, C.; et al. (2010). Ovarian cycle and embryonic development in Gammarus fossarum: application for reproductive toxicity assessment. Environ. Toxicol. Chem, 29(10): 2249-2259 (11 pages).

https://setac.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/etc.268

[7].Halligan, B.J.; and Eaton, J.G., (1978). Survival and Reproduction of Gammarus lacustris and G. pseudolimnaeus under Two Experimental Conditions. Prog. Fish. Cult, 40(2): 59-62 (4 pages).

https://afspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1577/1548-8659(1978)40[59:SAROGL]2.0.CO;2

[8].Hyne, R.V., (2011). Review of the reproductive biology of amphipods and their endocrine regulation: identification of mechanistic pathways for reproductive toxicants. Environ. Toxicol. Chem, 30(12): 2647-2657 (11 pages).

https://setac.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/etc.673

[9].Ikeda, T., (1991). Assimilated carbon budget for the hyperiid amphipod Themisto japonica (bovallius) from the Japan sea as influenced by temperature. J. Oceanogr, 47(1): 7-16 (10 pages).

https://link.springer.com/article/10.1007/BF02301778

[10].Ikeda, T., (2013). Metabolism and chemical composition of marine pelagic amphipods: synthesis toward a global bathymetric model. J. Oceanogr, 69(3): 339-355 (17 pages).

https://link.springer.com/article/10.1007/s10872-013-0177-5

https://zslpublications.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1469-7998.1965.tb04641.x

[20].Mazoochi, T.; Ehteram, M., (2018). Apoptosis in the ovary and follicular atresia. Feyz, 22(1): 112-119 (8 pages).
https://feyz.kaums.ac.ir/browse.php?a_id=3514&sid=1&slc_lang=en

[21] .Mirzajani, A.R., (2003). A study on the population biology of Pontogammarus maeoticus (Sowinsky, 1894) in Bandar Anzali, southwest Caspian Sea. Zool Middle East, 30(1): 61-68 (8 pages).
https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09397140.2003.10637989

[22].Nazarhaghighi, F.; Shabanipour, N.; Zarghami, M.; Etemadi-Deylami, E., (2013). Reproductive stages of the Ponto-Caspian amphipod, Pontogammarus maeoticus (Sowinsky, 1894)(Amphipoda, Pontogammaridae). Crustaceana, 86(9): 1070-1083 (14 pages).
https://macau.uni-kiel.de/receive/macau_mods_00000946?r=13978

[23].Prato, E.; Biandolino, F.; Scardicchio, C., (2006). Postembryonic growth, development and reproduction of Gammarus aequicauda (Martynov, 1931) (Gammaridae) in laboratory culture. Zool. Stud.Taipei, 45(4): 503-509 (7 pages).
https://www.semanticscholar.org/paper/Postembryonic-Growth%2C-Development-and-Reproduction-Prato-Biandolino/97d3fbde69575a659bfbe79cb0c6766cca382669

[24].Rötzer, M.A.; Haug, J.T., (2015). Larval development of the European lobster and how small heterochronic shifts lead to a more pronounced metamorphosis. Int. J. Zool, 2015: 1-17 (17 pages).
https://www.researchgate.net/publication/271722856_Larval_Development_of_the_European_Lobster_and_How_Small_Heterochronic_Shifts_Lead_to_a_More_Pronounced_Metamorphosis

[25].Sexton, E.W., (1935). Fertilisation of successive broods of Gammarus chevreuxi. Nature, 136(3438): 477-477 (1 pages).
https://www.nature.com/articles/136477a0

[26].Sainte-Marie, B., (1991). A review of the reproductive bionomics of aquatic gammaridean amphipods: variation of life history traits with latitude, depth, salinity and superfamily. Hydrobiologia, 223(1): 189-227 (38 pages).
https://link.springer.com/article/10.1007/BF00047641

[27].Subramoniam, T., (2000). Crustacean ecdysteriods in reproduction and embryogenesis. Comparative Biochemistry and Physiology Part C. Pharmacol Toxicol and Endocrinol, 125(2): 135-156 (22 pages).
https://ur.booksc.me/book/18029748/74cf65

[11].Iribarne, O.; Fernandez, M.; Armstrong, D.; (1995). Precopulatory guarding-time of the male amphipod Eogammarus oclairi: effect of population structure. Mar. Biol, 124(2): 219-223 (5 pages).
https://www.jstor.org/stable/3036917

[12].Iversen, T.M.; Jessen, J., (1977). Life-cycle, drift and production of Gammarus pulex L.(Amphipoda) in a Danish spring. Freshwater Biol, 7(3): 287-296 (10 pages).
https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2427.1977.tb01676.x

[13].Janssen, H.; Scheepmaker, M.; van.Couwelaar, M.; Pinkster, S., (1979). Biology and distribution of Gammarus aequicauda and G. insensibilis (Crustacea, Amphipoda) in the lagoon system of Bages-Sigean (France). Bijdragen tot de Dierkunde, 49(1): 42-71 (30 pages).
https://brill.com/view/journals/btd/49/1/article p42_4.xml

[14].Kevrekidis, T.; Koukouras, A., (1988). Life cycle and reproduction of Gammarus aequicauda (Crustacea: Amphipoda) in the Evros Delta (NE Greece). Isr. J. Ecol. Evol, 35(3): 137-149 (13 pages).
https://brill.com/view/journals/ijee/35/3/article-p137_2.xml

[15].Köprücü, K. and Özdemir, Y., 2005. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (Oreochromis niloticus). Aquaculture, 250(1-2): 308-316 (9 pages).
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848604007148

[16].Kruschwitz, L. G., (1978). Environmental Factors Controlling Reproduction of the Amphipod Hyalella azteca, Proc. Okla. Acad. Sci., 58: 16-21 (6 pages).
https://ojs.library.okstate.edu/osu/index.php/OAS/article/download/5093/4762

[17]. Langroudi, Y.; Shabanipoor, N., (2014). Study of Caspian Sea Gamarus traits (Pontogammarus maeoticus) and its oral appendages in the electron microscopy (SEM) images. JAPB, 1(2): 93-81 (13 pages) (Persian).

[18]. Lemaître, J.F.; Rigaud, T.; Cornet, S.; Bollache, L., (2009). Sperm depletion, male mating behaviour and reproductive 'time-out'in Gammarus pulex (Crustacea, Amphipoda). Anim. Behav, 77(1): 49-54 (6 pages).
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003347208004442

[19].Martin, A.L., (1965). The histochemistry of the moulting cycle in Gammarus pulex (Crustacea, Amphipoda). Proc. Zool. Soc. Lond, 147 (2): 185-200 (16 pages).

[28]. Watling, L.,)1993(. Functional morphology of the amphipod mandible. ISO4, 27(4): 837-849 (13 pages). https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00222939300770511

[29]. Yavari, L.; Heydari, B.; Shabanipour, N., (2010). Optimal temperature conditions for survival, reproduction and longitudinal growth of Pontogammarus maeoticus (Sowinsky, 1984). Iran. J. Fish. Sci, 3 (19): 141-150 (10 pages) (In Persian). https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=172088

[30]. Zamanpour, M.; Nasr, E.; Ghed.Abdi, M. R., (2016). Study of reproductive cycles and fecundity in a local population of Amphipod Gammarus sp. (Arthropoda: Crustacea) in Fars Province. https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/13730/49236.pdf?sequence=1&isAllowed=y

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

Tahmasebi Malekrodi, Hamideh., Ph.D Candidate, Marine Biology, Faculty of Basic Sciences, Guilan University, Rasht, Iran.
✉ *Hamideh.tahmasebi26@gmail.com* 0000-0002-4839-0621

Shabanipour, Nader., Full Professor, Marine Biology, Faculty of Basic Sciences, Guilan University, Rasht, Iran.
✉ *shabani@guilan.ac.ir* 0000-0003-4912-6993

این قسمت توسط نشریه تکمیل می‌گردد:

Citation (Vancouver) :

dor:20.1001.1.15621057.1402.14.53.10.4
http://doi.org/10.52547/joc.14.53.10
http://joc.inio.ac.ir/article-1-1724-fa.html
https://orcid.org/0000-0003-4912-6993

COPYRIGHTS
©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.