



مقاله پژوهشی

بررسی بافت‌شناسی ساختار غدد جنسی در گونه مهاجم *Sinanodonta woodiana* گزارش شده در رسوبات رودخانه کارون

سحر احمدوند^۱، سلماز شیرعلی^{۲*}، نسرین سخایی^۳، بابک دوست‌شناس^۴

تاریخ دریافت: آبان ۱۴۰۲ DOI: 10.22124/japb.2023.25865.1518 تاریخ پذیرش: دی ۱۴۰۲

چکیده

این پژوهش با هدف شناسایی و بررسی تخمک‌زایی و اسپرم‌زایی دوکفه‌ای‌های غالب رودخانه کارون به صورت فصلی انجام شد. دوکفه‌ای‌ها پس از صید و انتقال به آزمایشگاه، زیست‌سنجی شده و با استفاده از کتاب‌ها و کلیدهای شناسایی معتبر شناسایی شدند. غدد جنسی پس از تشریح و جداسازی و انجام مراحل پاساژ بافتی، مورد بررسی بافت‌شناسی قرار گرفتند. نتایج نشان دهنده وجود گونه مهاجم بیگانه *Sinanodonta woodiana* (صدف دوکفه‌ای از خانواده Unionidae) بود که برای نخستین بار و تنها در فصل بهار از رسوبات گلی رودخانه کارون جداسازی و شناسایی شد. نتایج مطالعات بافت‌شناسی غدد جنسی نشان داد که افراد این گونه جدا جنس بودند. تخمدان از نوع ناهمزمان و در مرحله زرده‌زایی بود، زیرا در هر زمان انواع سلول‌های جنسی ماده (اووگونی، تخمک‌های پیش‌زرده‌سازی، تخمک‌های زرده‌سازی) در تخمدان‌ها قابل مشاهده بود. همچنین به دلیل وجود تعداد فراوان اسپرم در حفره مرکزی فولیکول‌های بیضه، اسپرم‌زایی شدید و گناد نر در این فصل توسعه یافته و بالغ به نظر می‌رسید.

واژگان کلیدی: دوکفه‌ای، *Sinanodonta woodiana*، گونه مهاجم، گامتوژنز، رودخانه کارون.

- ۱- کارشناس ارشد زیست‌شناسی سلولی و تکوین، گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.
- ۲- استادیار گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.
- ۳- استاد گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.
- ۴- دانشیار گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

* نویسنده مسئول: solmazshirali_awz@yahoo.com

مقدمه

تنوع و ارزش اقتصادی و زیست‌محیطی صدف‌های آب شیرین، اطلاعات نسبتاً کمی در مورد زیست‌شناسی آنها به ویژه برای گونه‌های خارج از اروپا و آمریکای شمالی وجود دارد (Cao et al., 2018). صدف برکه‌ای چینی *Sinanodonta woodiana* بومی آسیا و یکی از بزرگترین گونه‌های بومی حوضه رودخانه آمور- یانگ‌تسه است که در نتیجه فعالیت‌های انسانی از آسیا وارد اروپا شد (Watters, 1997). Bolotov و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی نمونه‌ها و DNA و با توجه به شکل پوسته صدف این دوکفه‌ای از مالزی، جزایر فلورس، اندونزی و فیلیپین گزارش کردند که *S. woodiana* از حدود هفت دودمان جداگانه شامل دو دودمان مهاجم مجزا تشکیل شده است که در آن مطالعه با عنوان دودمان معتدل و گرمسیری نام برده می‌شوند. مانند بسیاری از گونه‌های مهاجم، *S. woodiana* یک تهدید قابل توجه برای محیط جدید خود است، زیرا ممکن است با جمعیت بومی نرم‌تنان برای کسب غذا رقابت کند (Douđa et al., 2012) و بر ثبات اکولوژیکی منطقه تاثیر بگذارد (Lee, 1999). اثربخشی تولیدمثل یکی از عوامل مهم در بقای گونه مهاجم است. از سوی دیگر داده‌های مربوط

قابل توجه‌ترین دوکفه‌ای‌های آب شیرین، گونه‌های متعلق به راسته Unionida هستند که حدود ۷۲ درصد از صدف‌های آب شیرین را تشکیل می‌دهند (Lopes-Lima et al., 2018). Unionidae پر تعدادترین خانواده راسته Unionida است (Graf and Cummings, 2021). خانواده Unionidae گروهی از دوکفه‌ای‌های پراکنده از صدف‌های آب شیرین است (Chumnanpuen et al., 2011). صدف‌های آب شیرین خانواده Unionidae جز اصلی شبکه‌های غذایی هستند و نقش مهمی در اکوسیستم‌های آب شیرین (مانند تصفیه آب طبیعی) ایفا می‌کنند (Howard and Cuffey, 2006; Vaughn, 2018). در اغلب دوکفه‌ای‌ها رسیدگی جنسی به اندازه موجود (نه به سن) وابسته است. اندازه موجود در زمان رسیدگی جنسی نیز به گونه و پراکنش جغرافیایی آن بستگی دارد. همچنین گامتوزن تحت تاثیر عواملی مانند دما، کمیت و کیفیت غذا و اندازه جاندار قرار می‌گیرد. فرایند پیوسته روند تکامل گناد تا رسیدن به بلوغ نهایی به چندین مرحله شامل استراحت، تکامل، رسیدگی، تخم‌ریزی ناقص و تخم‌ریزی کامل تقسیم می‌شود (Gosling, 2003). با وجود

بافت‌شناسی گنادها به عنوان اعضای مهم در تولیدمثل و بقا موجود مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه برای انجام این پژوهش پایین‌دست رودخانه کارون در شهرستان خرمشهر بود. نمونه‌برداری به صورت فصلی از بهار ۱۴۰۰ تا زمستان ۱۴۰۰ در ماه‌های اردیبهشت، مرداد، آبان و بهمن انجام شد. نمونه‌ها به صورت زنده و تصادفی و به صورت صید دستی توسط صیاد برداشته شده و به طور زنده به آزمایشگاه بافت‌شناسی دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر انتقال داده شدند. سپس نمونه‌ها زیست‌سنجی شده و طول و عرض دو کفه‌ای‌ها به وسیله کولیس (بر حسب میلی‌متر) و وزن آنها به وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ (بر حسب گرم) اندازه‌گیری شد. در نهایت گونه مورد مطالعه بر اساس ویژگی‌های ظاهری و همچنین صفات ریخت‌شناسی و با استفاده از کتاب‌ها و کلیدهای شناسایی معتبر همانند Graf و Cummings (۲۰۲۱)، Lopes-Lima و همکاران (۲۰۲۱)، Plaziat و Younis (۲۰۰۵) و Kinzelbach (۱۹۸۹) مورد شناسایی قرار گرفت. سپس صدف‌ها از وسط باز شده و به وسیله تیغه اسکالپل قسمت گنادی

به ویژگی‌های تولیدمثل مانند تخمک‌زایی و اسپرم‌زایی نیز برای *S. woodiana* که در محدوده جغرافیایی خارج از محدوده طبیعی خود زندگی می‌کنند بسیار محدود است (Hliwa et al., 2015). Hliwa و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی گامتوژنز این گونه در دریاچه کونین در لهستان گزارش کردند که افراد این گونه جداجنس بوده و از اسفند تا مهر قادر به تخم‌ریزی هستند. همچنین فعالیت تولیدمثلی در ماده‌ها بیشتر است و تا بهار به طول می‌انجامد که این امر می‌تواند به موفقیت تولیدمثل این صدف در اکوسیستم آب شیرین کمک کند. Domagala و Labecka (۲۰۱۸) در بررسی تولیدمثل این گونه در رودخانه اودرا در مرز آلمان و لهستان گزارش کردند که تخمدان‌ها از فولیکول‌های تولیدمثلی تشکیل شده بودند. اووسیت‌های پیش‌زرده‌سازی و زرده‌سازی از طریق ساقه سیتوپلاسمی به دیواره فولیکول متصل شده بودند. تخمک‌های بالغ در تمام فصول نمونه‌برداری در تخمدان مشاهده شدند که نشان دهنده فعالیت پیوسته غدد جنسی بود (Labecka and Domagala., 2018). در مطالعه حاضر ضمن گزارش گونه مهاجم بیگانه *Sinanodonta woodiana* برای نخستین بار در رسوبات گلی رودخانه کارون، ساختار

برای بررسی آماری، ابتدا توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت تا از نرمال بودن داده‌ها اطمینان حاصل شود. به منظور مقایسه شاخص‌های اندازه‌گیری شده در گونه‌های مختلف از آزمون‌های t و تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($P < 0.05$) استفاده شد. همچنین از آزمون تعقیبی LSD برای بررسی معنی‌دار بودن تفاوت متغیرها استفاده شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 22 انجام شد و نتایج به صورت میانگین \pm انحراف معیار گزارش شد.

نتایج

نتایج مطالعات صفات ریخت‌شناسی حضور گونه مهاجم بیگانه *Sinanodonta woodiana* را نشان داد که تنها در فصل بهار (دو صدف دوکفه‌ای نر و یک صدف دوکفه‌ای ماده) و برای نخستین بار در رسوبات گلی رودخانه کارون واقع در شهرستان خرمشهر شناسایی شد (شکل ۱). میانگین وزن و طول این صدف‌های دوکفه‌ای در جدول ۱ آمده است.

از قسمت احشایی جدا شد (در صدف‌های آب شیرین قسمت گنادی در نزدیکی دیورتیکول‌های گوارشی قرار دارد). گنادها به مدت ۱۰ روز در ظروف حاوی فرمالین ۱۰ درصد قرار داده شدند. سپس برش‌های کوچکی از بافت گنادها تهیه شده و به مدت یک شب در زیر آب جاری شستشو شدند. پس از آن کلیه مراحل پاساژ بافتی به صورت اتوماتیک و با استفاده از دستگاه هیستوکینت (Sakura, RX-11B, ژاپن) به انجام رسید. پس از اتمام مراحل پاساژ بافتی، از قالب‌های مخصوص آلومینیومی (قالب‌های لوکهارت) و پارافین برای قالب‌گیری استفاده شد. پس از سرد شدن قالب‌ها، پارافین حاوی بافت از قالب جدا شد و قالب‌های پارافینی تا زمان برش‌گیری در داخل یخچال نگهداری شدند (Bancroft and Gamble, 2002). سپس از قالب‌ها برش‌هایی به ضخامت ۵ میکرومتر توسط دستگاه میکروتوم نیمه دیجیتالی (Lecia, RM2242, آلمان) تهیه و رنگ‌آمیزی هماتوکسیلین-ئوزین انجام شد. برای مطالعه بافت‌شناسی از میکروسکوپ نوری (Olympus, ژاپن) مجهز به لنز Dino Lite و نرم افزار Dino Capture2 نصب شده بر روی سیستم رایانه‌ای استفاده شد.



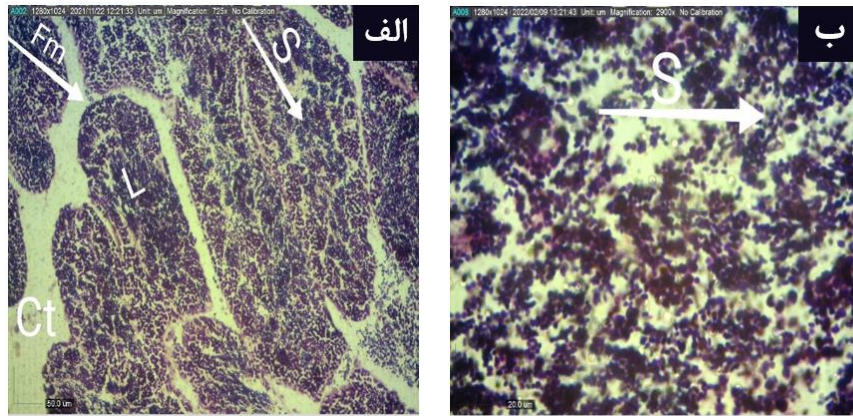
شکل ۱: صدف دوکفه‌ای گونه *Sinanodonta woodiana*

جدول ۱: نتایج زیست‌سنجی صدف‌های دوکفه‌ای *Sinanodonta woodiana* (میانگین \pm انحراف معیار)

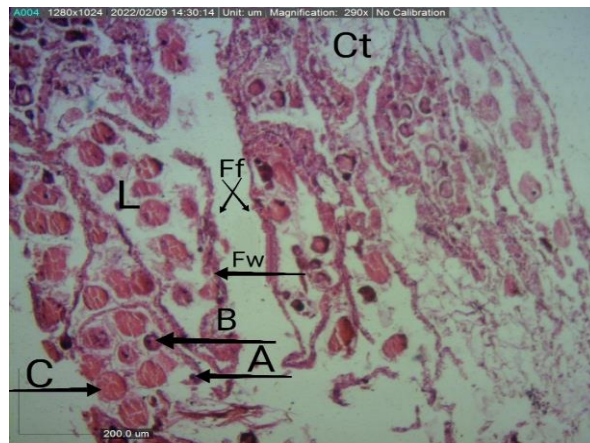
جنسیت	وزن	طول	عرض
نر	$142/14 \pm 1/27^a$	$100/5 \pm 1/82^a$	$59/5 \pm 5/11^a$
ماده	$206/50^b$	115^a	61^a

در هر ستون حروف متفاوت نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار است ($P < 0/05$).

مطالعات بافت‌شناسی گونه *S. woodiana* نشان داد که غدد جنسی نر و ماده (بیضه و تخمدان) در این گونه از فولیکول‌ها یا لوب‌هایی تشکیل شده بودند و درون فضای داخلی آنها (لومن فولیکول‌ها) روند گامت‌زایی (اسپرم‌زایی و تخمک‌زایی) دیده می‌شد. فضای بین فولیکول‌ها به وسیله بافت همبند پوشیده شده بود. در بافت بیضه، سلول‌های اسپرماتوزوا با ظاهری کروی تا میله‌ای شکل و رنگ بازوفیلی، بیشتر فضای لومن فولیکول‌ها را اشغال کرده بودند و روند اسپرم‌زایی شدید به نظر می‌رسید (شکل ۲). مطالعه بافت‌شناسی تخمدان دوکفه‌ای *S. woodiana* نشان داد که تخمدان در این گونه از نوع تخمدان ناهمزمان است، زیرا در هر زمان انواع سلول‌های جنسی ماده (اووگونی، تخمک‌های پیش‌زرده‌سازی، تخمک‌های زرده‌سازی) در تخمدان قابل مشاهده بود (شکل ۳).



شکل ۲: بافت بیضه صدف دوکفه‌ای گونه *Sinanodonta woodiana* (H&E). الف) بافت بیضه با بزرگنمایی $\times 725$ ؛ ب) بافت بیضه با بزرگنمایی $\times 2900$: Fm: فولیکول بیضه؛ L: لومن فولیکول (فضای داخلی فولیکول)؛ Ct: بافت همبند؛ S: سلول‌های اسپرماتوزوا.



شکل ۳: بافت تخمدان صدف دوکفه‌ای گونه *Sinanodonta woodiana* (H&E: $\times 290$): Ff: فولیکول تخمدان؛ Fw: دیواره فولیکول؛ L: لومن فولیکول (فضای داخلی فولیکول)؛ Ct: بافت همبند؛ A: سلول اووگونی؛ B: تخمک پیش‌زرده‌سازی؛ C: تخمک زرده‌سازی.

اووگونی‌ها سلول‌های بسیار کوچک، گرد و بازوفیلی بودند که در کناره داخلی دیواره فولیکولی تخمدان مشاهده می‌شدند. تخمک‌های پیش‌زرده‌سازی به تعداد کم و با

حال به نظر می‌رسد که گونه‌های مختلف Unionidae که در خاورمیانه وجود دارند بیش از تعداد گزارش شده، باشد که ظواهر مختلفی از شکل پوسته صدف را نشان می‌دهند (Graf, 2010; Lopes-Lima et al., 2021). در مطالعه حاضر، طی نمونه‌گیری فصلی، گونه مهاجم *Sinanodonta woodiana* که متعلق به خانواده Unionidae است، برای نخستین بار و فقط در فصل بهار در رسوبات گلی رودخانه کارون مشاهده شد. محدوده بومی این صدف که با نام صدف برکه‌ای چینی شناخته می‌شود، از چین، ژاپن، کره، خاور دور، روسیه و شمال اندونزی است و به طور گسترده‌ای در دریایچه‌ها و رودخانه‌های اروپا، روسیه، آمریکا، هیسپانیولا، کاستاریکا، مالزی، اندونزی، فیلیپین، سنگاپور و میانمار گزارش شده است (Bogan et al., 2021) و در نتیجه فعالیت‌های انسانی جابه‌جا شده است (Watters, 1997).

ظاهری گرد، کوچک و بازوفیلی نزدیک به حاشیه داخلی دیواره فولیکولی تخمدان مشاهده شدند. تخمک‌های زرده‌سازی بزرگترین و پر تعدادترین تخمک‌ها در فولیکول‌های تخمدانی بودند و با سیتوپلاسم اسیدوفیلی در لومن فولیکول‌های تخمدان مشاهده شدند و دانه‌های زرده در سیتوپلاسم آنها قابل مشاهده بود (شکل ۳).

در این مطالعه میانگین قطر انواع تخمک در تخمدان صدف دوکفه‌ای *S. woodiana* اندازه‌گیری و مقایسه شد. نتایج، افزایش معنی‌داری را در قطر تخمک‌ها در مراحل مختلف نشان داد ($P < 0.05$; جدول ۲).

بحث

با وجود اهمیت زیست‌محیطی و اقتصادی صدف‌های خانواده Unionidae اطلاعات زیادی در مورد آنها به ویژه گونه‌های خارج از اروپا و آمریکا وجود ندارد (Cao et al., 2018). با این

جدول ۲: انواع تخمک در صدف‌های دوکفه‌ای *Sinanodonta woodiana* (میانگین \pm انحراف معیار)

نوع تخمک	قطر (μm)
اووگونی	$13/33 \pm 1/14^a$
پیش‌زرده‌سازی	$35/52 \pm 8/22^b$
زرده‌سازی	$73/33 \pm 9/33^c$

حروف متفاوت نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین سلول‌ها است ($P < 0.05$).

S. woodiana گزارش کردند که تخمدان از نوع ناهمزمان است و تخمک‌زایی طی پنج مرحله در فولیکول‌ها انجام می‌شود. همان طور که Sereflisan و همکاران (۲۰۱۳) و Soliman و همکاران (۲۰۱۶) پیش از این، در گونه‌های *Potomida littoralis* و *Nitia teretiuscula* که دو گونه از خانواده Unionidae هستند، ویژگی‌های تخمک‌های در حال رشد را به ۵ مرحله تقسیم کردند و عنوان کردند که در این دو گونه مانند Unionidaeها دیگر، اووگونی‌ها به تخمک‌های زرده‌زایی اولیه تبدیل می‌شوند که متعاقباً در داخل فولیکول‌ها رشد می‌کنند و تخمک‌های زرده‌زایی را تشکیل می‌دهند، سپس وارد مرحله زرده‌زایی ثانویه می‌شوند و در نهایت تحت بلوغ قرار می‌گیرند. Park و Chung (۲۰۰۴)، Sereflisan و همکاران (۲۰۰۹) و Cek و Sereflisan (۲۰۱۱) روند مشابهی را در مطالعات خود برای گونه‌های دیگر Unionidae گزارش کردند. در بیشتر مطالعات بر دوکفه‌ای‌های آب‌شیرین و دوکفه‌ای‌های دریایی، چرخه تولیدمثلی به سه تا هفت مرحله تقسیم شده است (Labecka and Domagala, 2018). در مطالعه حاضر بیشتر تخمک‌های موجود در فولیکول‌های تخمدان دارای گرانول‌های زرد و در مرحله زرده‌سازی تشخیص

با توجه به تردد شناورهای مختلف که در محدوده وسیعی از خلیج فارس گذر می‌کنند و از این مناطق به رودخانه کارون نیز وارد می‌شوند و با توجه به این که این گونه پیش از این در سال ۲۰۲۱ در رودخانه حله (شاخه‌ای از رود فرات در استان بابل عراق) نیز گزارش شده بود (Bogan et al., 2021) مشاهده این گونه مهاجم نیز در آب‌های رودخانه کارون واقع در خرمشهر که دارای بستر گلی است، توجیه‌پذیر است.

نتایج مطالعه بافت‌شناسی غدد جنسی در صدف دوکفه‌ای *S. woodiana* نشان داد که افراد این گونه جداجنس هستند. همان طور که پیش از این Bauer (۱۹۸۷)، Sereflisan و همکاران (۲۰۰۹) و Cek و Sereflisan (۲۰۱۱) در مطالعات خود عنوان کردند که جنسیت Unionidaeها عموماً مجزا است. بررسی بافت‌شناسی همچنین نشان داد که تخمدان *S. woodiana* از نوع ناهمزمان است، زیرا انواع سلول‌های جنسی در یک زمان در تخمدان قابل مشاهده بود. همچنین حداقل سه مرحله متفاوت از رشد تخمک شامل اووگونی، تخمک پیش‌زرده‌سازی و تخمک زرده‌سازی در تخمدان قابل شناسایی بود. Hliwa و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه خود بر تخمدان

اشغال کرده بودند. Hliwa و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه خود بر بیضه *S. woodiana* در ماه‌های دوم و سوم بهار، وجود تعداد فراوان اسپرم‌های بالغ (اسپرماتوزواها) را گزارش کردند که با نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر مطابقت دارد.

در مجموع، نتایج به دست آمده وجود گونه مهاجم *Sinanodonta woodiana* را در رودخانه کارون نشان داد. مطالعات بافت‌شناسی نشان داد که اعضای این گونه، جداجنس بودند. غدد جنسی نر و ماده از لوب‌هایی تشکیل شده بودند که روند گامت‌زایی در آنها مشاهده می‌شد. همچنین تخمدان از نوع ناهمزمان تشخیص داده شد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند که از دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر به پاس حمایت مالی در این پژوهش سپاسگزار می‌کنند.

داده شدند. Sereflisan و همکاران (۲۰۱۳) با مطالعه خود بر گونه *P. littoralis* (از خانواده Unionidae) در دریاچه گلباشی ترکیه بیان کردند که تخمک‌زایی در زمستان شدید و در فصل بهار (در ماه اردیبهشت) تخمدان‌ها به بیشترین رشد خود رسیدند. مطالعات بر تولیدمثل دوکفه‌ای‌ها در مناطق معتدل، فعالیت گنادی فصلی را نشان می‌دهد، در حالی که بررسی‌ها بر روی *S. woodiana* در شرایط آب و هوایی دیگر خارج از آسیا، با مشاهده تخمک‌های بالغ در طول سال در مرکز فولیکول‌های تخمدانی، یک فعالیت پیوسته گنادی را نشان می‌دهد (Labecka and Domagala, 2018). نتایج مطالعه بافت‌شناسی بافت بیضه در صدف گونه *S. woodiana* در فصل بهار نشان دهنده اسپرم‌زایی شدید و بلوغ غدد جنسی نر در این فصل بود. زیرا عمده بافت فولیکول‌های بیضه را سلول‌های فعال بافت بیضه یعنی اسپرماتوزواها

منابع

- Bancroft J.D. and Gamble M. 2002.** Theory and Practice of Histological Techniques. Churchill Livingstone, UK. 744P.
- Bauer G. 1987.** Reproductive strategy of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*. The Journal of Animal Ecology, 56(2): 691–704.
- Bogan A.E., Al-Fanharawi A.A. and Lopes-Lima M. 2021.** First record of *Sinanodonta woodiana* and report for freshwater bivalves from Iraq (Mollusca: Bivalvia: Unionidae). Ecologica Montenegrina, 46: 52–60. doi: 10.37828/em.2021.46.2
- Bolotov I.N., Bepalaya Y.V., Gofarov M.Y., Kondakov A.V., Konopleva E.S. and Vikhrev I.V. 2016.** Spreading of the Chinese pond mussel, *Sinanodonta woodiana*, across Wallacea: One or more lineages invade tropical islands and Europe. Biochemical Systematics and Ecology, 67: 58–64. doi: 10.1016/j.bse.2016.05.018
- Cao Y.L., Liu X.J., Wu R.W., Xue T.T., Li L., Zhou C.H., Ouyang S. and Wu X.P. 2018.** Conservation of the endangered freshwater mussel *Solenia carinata* (Bivalvia, Unionidae) in China. Nature Conservation, 26: 33–53. doi: 10.3897/natureconservation.26.25334
- Cek S. and Sereflisan H. 2011.** The gametogenic cycle of *Leguminaia whaetleyi* (Lea, 1862) in lake Golbasi, Turkey (Bivalvia: Unionidae). Journal of Experimental Zoology (A), 315(1): 30–40. doi: 10.1002/jez.648
- Chumnanpuen P., Kovitvadhi U., Chatchavalvanich K., Thongpan A. and Kovitvadhi S. 2011.** Morphological development of glochidia in artificial media through early juvenile of freshwater pearl mussel, *Hyriopsis (Hyriopsis) bialatus* Simpson, 1900. Invertebrate Reproduction and Development, 55(1): 40–52. doi: 10.1080/07924259.548643
- Douda K., Vrtilek M., Slavik O. and Rechard M. 2012.** The role of host specificity in explaining the invasion success of the freshwater mussel *Anodonta woodiana* in Europe. Biological Invasions, 14: 127–137. doi: 10.1007/s10530-011-9989-7
- Gosling E. 2003.** Bivalve Molluscs: Biology, Ecology and Culture. Blackwell Publishing, England. 443P. doi: 10.1002/9780470995532
- Graf D.L. 2010.** Funeral for the Nouvelle Ecole-iana generic names introduced for freshwater mussels (Mollusca: Bivalvia: Unionoida). Proceedings of the Academy of Natural Science, 159: 1–23. doi: 10.1635/053.159.0101

- Graf D.L. and Cummings K.S. 2021.** A 'big data' approach to global freshwater mussel diversity (Bivalvia: Unionoida), with an updated checklist of genera and species. *Journal of Molluscan Studies*, 87(1): 1–36 (eyaa034). doi: 10.1093/mollus/eyaa034
- Hliwa P., Zdanowski B., Dietrich G.J., Andronowska A., Krol J. and Ciereszko A. 2015.** Temporal changes in gametogenesis of the invasive Chinese pond mussel *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia: Unionidae) from the Konin lakes system (Central Poland). *Folia Biologica*, 63(3): 175–185. doi: 10.3409/fb63_3.175
- Howard J. and Cuffey K.M. 2006.** The functional role of native freshwater mussels in the fluvial benthic environment. *Freshwater Biology*, 51(3): 460–474. doi: 10.1111/j.1365-2427.2005.01507.x
- Kinzelbach R. 1989.** Freshwater mussels (genus *Anodonta*) from Anatolia and adjacent areas (Bivalvia, Unionidae). *Zoology in the Middle East*, 3(1): 59–72. doi: 10.1080/09397140
- Labecka A.M. and Domagala J. 2018.** Continuous reproduction of *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1824) females: An invasive mussel species in a female-biased population. *Hydrobiologia*, 810(1): 57–76. doi: 10.1007/s10750-016-2835-2
- Lee C.E. 1999.** Rapid and repeated invasions of freshwater by the copepod *Eurytemora affinis*. *Evolution*, 53: 1423–1434.
- Lopes-Lima M., Burlakova L.E., Karatayev A.Y., Mehler K., Seddon M. and Sousa R. 2018.** Conservation of freshwater bivalves at the global scale: Diversity, threats and research needs. *Hydrobiologia*, 810(1): 1–14. doi: 10.1007/s10750-017-3486-7
- Lopes-Lima M., Gurlek M.E., Kebapçı U., Şereflişan H., Yanik T., Mirzajani A., Neubert E., Prie V., Teixeira A., Gomes-Dos-Santos A., Barros-Garcia D., Bolotov I.N., Kondakov A.V., Vikhrev I.V., Yomilova A.A., Ozcan T., Altun A., Goncalves D.V., Bogan A.E. and Froufe E. 2021.** Diversity, biogeography, evolutionary relationships, and conservation of Eastern Mediterranean freshwater mussels (Bivalvia: Unionidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 163: 1–21 (107261). doi: 10.1016/j.ympev.2021.107261
- Park G.M. and Chung E.Y. 2004.** Histological studies on hermaphroditism, gametogenesis and cyclic changes in the structures of marsupial gills of the introduced Asiatic clam, *Corbicula fluminea*, and the Korean clam, *Corbicula leana*. *Journal of Shellfish Research*, 23(1): 179–185.

- Plaziat J.C. and Younis W.R. 2005.** The modern environments of Molluscs in southern Mesopotamia, Iraq: A guide to paleogeographical reconstructions of Quaternary fluvial, palustrine and marine deposits. *Carnets de Geologie*, 2005: 1–18 (CG2005-A01). doi: 10.4267/2042/1453
- Sereflisan H., Cek S. and Sereflisan M. 2009.** Histological studies on gametogenesis, hermaphroditism and the gametogenic cycle of *Anodonta gabillotia pseudodopsis* (Locard, 1883) in the Lake Golbasi, Turkey (Bivalvia: Unionidae). *Journal of Shellfish Research*, 28(2): 337–344. doi: 10.2983/035.0280216
- Sereflisan H., Cek S. and Sereflisan M. 2013.** The reproductive cycle of *Potomida littoralis* (Cuvier, 1798) (Bivalvia: Unionidae) in Lake Golbasi, Turkey. *Pakistan Journal of Zoology*, 45(5): 1311–1319.
- Soliman F.E., Moustafa A.Y., Ismail T.G. and Mohamed O.T. 2016.** Reproductive cycle, gametogenesis and embryonic development of *Nitia teretiuscula* (Bivalvia: Unionidae), from the River Nile at Sohag Governorate, Egypt. *Egyptian Journal of Zoology*, 66: 115–138. doi: 10.12816/0034713
- Vaughn C.C. 2018.** Ecosystem services provided by freshwater mussels. *Hydrobiologia*, 810(1): 1–13. doi: 10.1007/s10750-017-3139-x
- Watters T. 1997.** A synthesis and review of the expanding range of the Asian freshwater mussel *Anodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia: Unionidae). *Veliger*, 40: 152–156.



Research Paper

Histological investigation of gonad structure in the invasive species *Sinanodonta woodiana* reported in the sediments of the Karun River

Sahar Ahmadvand¹, Solmaz Shirali*², Nasrin Sakhaie³, Babak Doustshenas⁴

Received: November 2023 DOI: 10.22124/japb.2023.25865.1518 Accepted: January 2024

Abstract

This research was conducted with the aim of identifying and survey of oogenesis and spermatogenesis of the dominant bivalves of the Karun River seasonally. Bivalves, after catching and transferred to the laboratory, were bioassayed using valid identification books and keys. Gonads were examined histologically after dissection and isolation and tissue passage. The results showed the presence of the invasive alien species *Sinanodonta woodiana* (a bivalve clam from the Unionidae family) that for the first time was isolated and identified from the muddy sediments of the Karun River only in spring. The results of the histological studies of the gonads showed that the individuals of this species were heterosexual. Ovary was asynchronous type because at any time all types of female sex cells (oogonia, pre-vitellogenic oocytes, vitellogenic oocytes) were visible in the ovaries. Also, due to the presence of a large number of sperms in the lumen of the testicular follicles, intense spermatogenesis and the male gonad seemed developed and mature in this season.

Key words: *Bivalve*, *Sinanodonta woodiana*, *Invasive Species*, *Gametogenesis*, *Karun River*.

1- M.Sc. in Cellular and Developmental Biology, Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

2- Assistant Professor in Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

3- Professor in Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

4- Associate Professor in Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

*Corresponding Author: solmazshirali_awz@yahoo.com

