

مقاله پژوهشی

برخی خصوصیات تولیدمثلی صدف آنودونت (*Anodonta cygnea*) تالاب انزلی

محدثه احمدنژاد^{۱*}، همایون حسینزاده صفافی^۲، محمد صیاد بورانی^۳، سهراب دژندیان^۴، حسین خارا^۵

تاریخ پذیرش: مرداد ۹۸

تاریخ دریافت: تیر ۹۸

چکیده

صدف *Anodonta cygnea* از جمله دو کفه‌ای‌های آب شیرین ساکن اکوسیستم با اهمیت تالاب انزلی است که جمعیت آن به دلیل آلودگی و تخریب زیستگاه توسط دستکاری‌های انسانی، در معرض خطر نابودی قرار گرفته است. بنابراین مطالعه ویژگی‌های تولیدمثل این گونه جهت افزایش دانش پایه زیست‌شناختی برای برنامه‌ریزی‌های اقدامات مدیریتی حفاظت و احیای ذخایر گونه آنودونت در اکوسیستم تالاب، ضروری است. در مطالعه حاضر، برخی از ویژگی‌های تولیدمثلی این گونه طی یک سال با استفاده از مطالعات میکروسکوپی و زیست‌سنجی مورد بررسی قرار گرفت. میانگین طول $10/6 \pm 0/1$ سانتی‌متر، میانگین عرض $6 \pm 0/04$ سانتی‌متر، میانگین ارتفاع $4 \pm 0/04$ سانتی‌متر، میانگین وزن کل 132 ± 3 گرم و میانگین سن $6 \pm 0/1$ سال تعیین شد. در تمام صدف‌ها، دو جنس نر و ماده از هم مجزا بودند. دوشکلی جنسی ظاهری در آن‌ها وجود نداشت. فراوانی جنس ماده $1/5$ برابر جنس نر بود. میانگین قطر بزرگ تخمک و اسپرم به ترتیب $139/95 \pm 8/1$ و $4/5 \pm 0/26$ میکرومتر و میانگین مساحت آن‌ها به ترتیب $15255/58 \pm 1834/4$ و $9/1 \pm 1/16$ میکرومتر مربع به دست آمد. میانگین همآوری مطلق $107844/6 \pm 20621/9$ تعیین شد. گناد نر و ماده در فصل بهار (اردیبهشت و خرداد) و تابستان (تیر و مرداد) در مرحله توسعه قرار داشت. مرحله تخم‌ریزی در پاییز، مرحله پس از تخم‌ریزی در زمستان، تکامل نهایی لاروهای گلوئیدیا در دی ماه و رهاسازی آن‌ها از آبشش بین دی و اسفند اتفاق افتاد.

واژگان کلیدی: آنودونت، تالاب انزلی، دوکفه‌ای، گناد، رسیدگی جنسی.

- ۱- استادیار پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران.
 - ۲- استاد موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
 - ۳- دانشیار پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران.
 - ۴- کارشناس ارشد شیلات، پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران.
 - ۵- دانشیار گروه شیلات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.
- * نویسنده مسئول: m_ahmadnezhad@yahoo.com

مقدمه

آبی بر عهده دارند که از آن جمله می‌توان به کاهش کدورت آب، کنترل مقدار و ترکیب ذرات معلق، انتقال زیست‌توده از ستون آب به بنتوز و چرخش عناصر غذایی اشاره داشت (Vaughn, 2010; Sousa et al., 2012). با این وجود، صدف‌های این خانواده در سطح جهانی در بحرانی‌ترین وضعیت تهدید قرار دارند (Neves et al., 1997; Lydeard et al., 2004; Simberloff, 2012; Lopes-Lima et al., 2018). از عواقب این کاهش فاجعه‌بار، به جز از دست رفتن گونه، از بین رفتن مزایای ناشی از حضور این صدف‌ها در اکوسیستم‌های آب شیرین یعنی اعمال وابسته به تغذیه و غیر از آن، مانند تصفیه زیستی است (Vaughn, 2010; Allen and Vaughn, 2011). از این رو، به منظور انجام تدابیر حفاظتی لازم است اطلاعات جامع و کافی از وضعیت اکولوژیکی و زیستی آن‌ها در دست باشد. در حالی که در اکثر مناطق دارای صدف آنودونت در دنیا، همچون کشورهای اروپایی و روسیه، در مورد ویژگی‌های زیستی این جانور مانند فراوانی، سن بلوغ، نرخ رشد، همآوری و ویژگی‌های زیستگاه، مطالعاتی انجام شده، اما این مطالعات در همان مناطق نیز وسیع نبوده است (Hinzmman et al., 2013; Lopes-Lima, 2014). در ایران، پروانه و

تالاب انزلی که در ساحل جنوبی دریای خزر واقع شده است، اهمیت اکولوژیکی منحصر به فردی دارد (Mousazadeh et al., 2015). این تالاب که مامن گونه‌های مهم جانوری از جمله پرندگان، ماهی‌ها، سخت‌پوستان و دو کفه‌ای‌ها است به دلیل آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی مورد تخریب و در سال ۱۹۹۳ به عنوان تالابی که نیازمند احیا است در فهرست مونتره (Montreux Record) قرار گرفت (Mousazadeh et al., 2015). مشکلات اخیر این تالاب سبب شده است تا زندگی ساکنین آن به خطر بیافتد. صدف آنودونت (*Anodonta cygnea*)، یکی از ساکنین بومی با ارزش تالاب انزلی است که به دلیل آلودگی و افت کیفی زیستگاه، جمعیت آن در معرض تهدید قرار گرفته است (پروانه و همکاران، ۱۳۷۳؛ Pourang et al., 2010). این گونه یکی از دو کفه‌ای‌های بزرگ آب شیرین است که به خانواده Unionidae از شاخه نرم‌تنان (Mollusca) تعلق دارد (Chojnacki et al., 2011). صدف‌های این خانواده، از مصرف‌کنندگان مهم تولیدات اولیه فیتوپلانکتونی به شمار می‌روند و وظایف اکولوژیکی مهمی را در عملکرد اکوسیستم‌های

همکاران (۱۳۷۳) برای آنودونت تالاب انزلی، میانگین طول $98/2 \pm 18$ میلی‌متر، میانگین وزن تر $85/6 \pm 24$ گرم و میانگین رشد سالانه ۱۴ درصد را گزارش کردند. زارع و یونس‌زاده (۱۳۸۲) با مطالعه صدف‌های آنودونت سه نهر منتهی به رودخانه پسیخان مشاهده کردند که میانگین طول $90/85 \pm 13/15$ میلی‌متر، میانگین وزن کل $69/12 \pm 25/3$ گرم و رشد از نوع ایزومتریک بود. مطالعات اشجع اردلان و همکاران (۱۳۸۵ الف، ب) نشان داد که میزان تجمع چهار فلز سنگین روی، مس، سرب و کادمیوم در بافت نرم آنودونت تالاب انزلی کمتر از حداکثر غلظت مجاز فلزات در دوکفه‌ای‌ها است و مقدار پروتئین بافت نرم آن در مقایسه با برخی از موجودات کم بوده، اما حاوی اسیدهای آمینه ضروری بالایی است. بررسی‌های دیگر نشان دادند که تجمع مس در قسمت پا و تجمع کادمیوم در آبشش این دو کفه‌ای به سن آن وابسته است (Pourang et al., 2010). دو نوع هموسیت دانه‌دار و بی‌دانه در گردش خون آن تشخیص داده شد (Salimi et al., 2009) و مشخص شد که این صدف توانایی خوبی در پالایش نیترا و فسفات دارد (Sarikhani and Javanshir, 2010) و آلودگی با نفت خام به DNA آن آسیب می‌زند (Eskandari et al., 2012). اگرچه هر یک از این مطالعات نتایج سودمندی داشته‌اند اما برای کمک به حفاظت و یا بازسازی ذخایر این صدف، کسب دانش در مورد فرایندهای تولیدمثلی آن امری ضروری است. تولیدمثل این گونه شبیه به دیگر صدف‌های آب شیرین است (Galhano and Silva, 1983). جنس نر و ماده، از هم جدا هستند. یک جفت گناد (تخمدان و یا بیضه) بزرگ و خوشه‌ای شکل در میان پیچ‌های رود، درون توده احشایی، درست بالای پا قرار دارند. لوله کوتاهی (در نر وازدفران و در ماده لوله تخم‌پر) از گناد هر طرف بدن خارج شده، به وسیله یک سوراخ تناسلی به داخل حفره بالای برانشی لامینای آبشش داخلی باز می‌شود. اسپرم و یا تخمک تولید شده در گناد از راه سوراخ تناسلی به درون حفره‌های بالای برانشی ریخته می‌شود. در نرها اسپرم‌ها همراه با خارج شدن آب از سیفون خروجی از بدن بیرون رفته و رها می‌شوند. برخی از این اسپرم‌ها به طور کاملاً شانسی به درون سیفون ورودی یک صدف ماده می‌روند. اما در ماده‌ها، تخمک‌های راه یافته به درون حفره‌های بالای برانشی، از بدن خارج نمی‌شوند، بلکه از طریق روزنه‌های ورودی آب (Ostia) به لوله‌های آبی لامینای آبششی خارجی منتقل و در آنجا با اسپرم‌های صدف

را گزارش کردند. وقوع گامتوژنز در تابستان، تخم‌ریزی در اوایل پاییز و تولید و رهاسازی گلوشیدیا در زمستان در *Silva و Galhano* (۱۹۸۳) گزارش شد. اسپرماتوژنز در این صدف توسط *Rocha و Azevedo* (۱۹۹۰) و اووژنز توسط *Lima* و همکارانش (۲۰۱۲) توصیف شد. با وجود آن که نوع زیستگاه و تغییرات فراوانی که ممکن است در آن رخ دهد، می‌تواند در الگوی تولیدمثلی جانور دخیل باشد اما تاکنون در ایران در مورد ویژگی‌های تولیدمثل این گونه در تالاب انزلی مطالعه‌ای صورت نگرفته است. حضور مداوم و پایدار این گونه بومی در تالاب، وابسته به تولیدمثل طبیعی و حفظ استراتژی‌هایی است که منجر به تداوم نسل در آن‌ها می‌شوند. وجود ابهامات فراوان درباره جنسیت، زمان و چرخه تولیدمثل آنودونت در تالاب انزلی و ضروری بودن افزایش دانش پایه زیست‌شناختی برای برنامه‌ریزی‌های اقدامات مدیریتی حفاظت و احیای ذخایر گونه آنودونت در اکوسیستم تالاب، منجر به شکل‌گیری پژوهش حاضر شد. هدف مطالعه حاضر، شناخت زیست‌شناسی تولیدمثل و تعیین زمان تخم‌ریزی و زمان پیدایش لاروهای گلوشیدیا برای دستیابی به اطلاعات اولیه به منظور مدیریت آتی در زمینه حفاظت پایدار از ذخایر

دیگری که به وسیله جریان‌های آب به داخل بدن ماده کشیده شده‌اند، لقاح می‌یابند و تخم را تشکیل می‌دهند. از رشد و نمو تخم‌های لقاح یافته درون لامینای خارجی آبشش، لاروهای انگلی به نام گلوشیدیوم (*Glochidium*) به وجود می‌آیند. وقتی لاروها به مقدار کافی بالغ شدند، از راه سیفون خروجی به درون آب رانده می‌شوند. آن‌ها قادر به حرکت و یا تغذیه نیستند. بنابراین باید به صورت یک انگل خارجی به پوست، باله‌ها و یا آبشش یک ماهی آب شیرین بچسبند تا دوره دگردیسی (*Metamorphosis*) خود را بر روی میزبان خود طی کنند. طی این دوره، لاروها به صورت صدف‌های جوان رشد و توسعه می‌یابند. پس از دگردیسی، صدف‌های کوچک جوانی که قادر به باز و بسته کردن صدف‌های خود هستند، از بدن میزبان رها می‌شوند. پا در انتهای خلفی بدن توسعه می‌یابد و آنودونت بالغ که واجد گناد است، تشکیل می‌شود. صدف بالغ به مدت ۱۰ تا ۱۵ سال زندگی می‌کند (*Lillie, 1895*; *Kotpal, 2001*).

از مطالعاتی که در زمینه تولیدمثل در این صدف انجام شده می‌توان به این موارد اشاره کرد: *Bloomer* (۱۹۳۰) و *Lima* و همکارانش (۲۰۱۲) جمعیت‌های همافروdit از این گونه

این گونه و اجرای برنامه‌های تکثیر و رهاسازی برای بازسازی ذخایر آن در تالاب بود.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری و زیست‌سنجی

عملیات جستجو و صید صدف آنودونت (*Anodonta cygnea*) طی یک سال (۱۳۹۶) و در ۱۴ ایستگاه (جدول ۱) واقع در نقاط مختلف تالاب بین المللی انزلی (37°28'N و 49°25'E) با استفاده از روش‌های جستجو با دست لابه‌لای گیاهان نی و کف بستر و صید توسط ساچوک چنگک‌دار انجام شد.

جدول ۱: مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های تعیین شده صید صدف آنودونت در تالاب انزلی در سال ۱۳۹۶

ردیف	نام منطقه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	هندخاله - سلکه	۳۷ ۲۳ ۸۰۳	۴۹ ۲۷ ۲۰۳
۲	پسیخان	۳۷ ۲۳ ۱۹۲	۴۹ ۳۰ ۲۵۰
۳	شیجان	۳۷ ۲۵ ۳۸۵	۴۹ ۳۰ ۲۵۰
۴	خزرویل	۳۵ ۶۳ ۲۶	۴۱۴ ۹۵ ۳۱
۵	گلوگاه	۳۵ ۴۱ ۵۹	۴۱۵ ۰۲ ۰۱
۶	انتهای آبکنار گل لاله	۳۴ ۹۱ ۷۹	۴۱۵ ۲۴ ۳۰
۷	شبله سر	۳۴ ۸۵ ۳۸	۴۱۵ ۰۵ ۸۸
۸	سپاه آبکنار	۳۵ ۲۵ ۳۵	۴۱۴ ۷۸ ۸۹
۹	ماهروزه	۳۵ ۸۰ ۴۸	۴۱۴ ۴۸ ۲۲
۱۰	ورودی ماهروزه به بهمبر	۳۵ ۹۵ ۰۲	۴۱۴ ۳۰ ۴۷
۱۱	بهمبر	۳۵ ۸۷ ۱۸	۴۱۴ ۳۶ ۱۱
۱۲	سیاه درویشان	۳۵ ۹۶ ۷۸	۴۱۳ ۹۵ ۴۲
۱۳	نوخاله - باقلی کش	۳۶ ۶۷ ۴۰	۴۱۳ ۶۲ ۱۵
۱۴	پیربازار	۳۶ ۸۵ ۹۰	۴۱۳ ۹۹ ۳۵

برای زیست‌سنجی، آنودونت‌های صید شده به صورت زنده به آزمایشگاه فیزیولوژی آبزیان پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی ایران (بندر انزلی) انتقال یافتند. اندازه‌گیری طول (l)، ارتفاع (h) و قطر (g) صدف، به وسیله کولیس با دقت ۰/۱ میلی‌متر انجام شد. وزن بدن با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. تعیین سن، با شمارش تعداد خطوط رشد قابل مشاهده روی پوسته صدف انجام پذیرفت (Chojnacki et al., 2011). برای یافتن دو شکلی جنسی احتمالی در آن‌ها، مشخصات ظاهری و رنگ صدف‌ها یادداشت شد (Lima et al., 2012).

برای بررسی خصوصیات ظاهری و میکروسکوپی گناد و برای وارد کردن کمترین خسارت به ذخایر در حال کاهش این گونه با ارزش اکولوژیکی، از میان نمونه‌های صید شده در هر ماه ۸-۹ عدد صدف به طور تصادفی انتخاب (Hinzmann et al., 2013) و بقیه صدف‌ها به منطقه‌ای که از آنجا صید شده بودند بازگردانده شدند. در آزمایشگاه، دو کفه هر صدف از هم باز شد. ابتدا توده احشایی با استفاده از اسکالپل مورد تشریح قرار گرفت. پس از باز کردن توده بدنی، مشخصات ظاهری گناد ثبت شد. سپس از بافت تازه گناد روی لام گسترش

تجزیه و تحلیل‌های آماری

برای محاسبات آماری و رسم نمودارها از نرم‌افزهای SPSS 22 و Microsoft Excel 2013 و آزمون‌های آماری تحلیل واریانس یک‌طرفه و پس‌آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. داده‌ها به صورت میانگین \pm خطای استاندارد (SE) بیان شده‌اند.

نتایج

زیست‌سنجی

مجموعاً ۴۰۵ صدف آنودونت (*Anodonta cygnea*) در ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، مهر (اواخر شهریور و اوایل مهر)، دی و اسفند سال ۱۳۹۶، از ۵ ایستگاه ماهروزه، هندخاله-سلکه، ورودی ماهروزه به بهمبر، شیجان و ایستگاه سپاه آبکنار صید شدند. بیشترین تعداد صدف صید شده به ایستگاه ماهروزه (سمت غربی مرکز تالاب) و کمترین تعداد به ایستگاه شیجان (شرق تالاب) تعلق داشت (شکل ۱). در ۹ ایستگاه از ۱۴ ایستگاه تعیین شده، صدفی یافت نشد و همچنین در بقیه ماه‌های سال به دلیل شرایط نامطلوب جوی و آب تالاب، عملیات نمونه‌برداری موفقیت‌آمیز نبود. میانگین طول صدف‌های آنودونت

تهیه شد. گسترش‌های تهیه شده با استفاده از لوپ و میکروسکوپ مورد مشاهده و بررسی قرار گرفتند. از هر گسترش با استفاده از میکروسکوپ نوری مجهز به دوربین (BIO2، BEL، ایتالیا) عکس تهیه شد. بزرگترین قطر (میکرومتر) و مساحت (میکرومتر مربع) حداقل ۱۰۰ عدد تخمک و اسپرم با استفاده از نرم‌افزار Image J 1.46r اندازه‌گیری شد. برای تعیین همآوری در هر صدف، ابتدا کل آبشش حامل صدفچه‌ها با ترازو توزین شد (وزن اولیه). سپس کل صدفچه‌ها از بافت آبشش خارج و آبشش خالی از صدفچه مجدداً توزین شد تا وزن آن از وزن اولیه کم شود. سپس سه زیرنمونه ۰/۱ گرمی از صدفچه‌ها توزین و هر یک در فرمالین ۴ درصد تثبیت شد. تعداد صدفچه موجود در هر نمونه زیر لوپ مورد شمارش قرار گرفت. سپس با قرار دادن میانگین وزن و میانگین تعداد صدفچه رابطه ۱ همآوری مطلق (F) برای هر صدف محاسبه شد (Biswas, 1993).

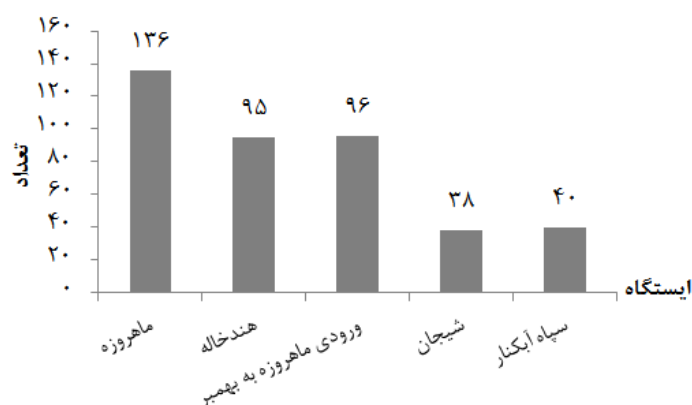
رابطه ۱:

$$F = nG / g$$

n: میانگین تعداد تخمک در سه زیر نمونه؛ G: وزن کل صدفچه‌های موجود در آبشش‌های هر صدف (گرم)؛ g: میانگین وزن سه زیرنمونه (گرم).

مشخص شد که همبستگی قابل توجهی بین سن و طول صدف آنودونت تالاب انزلی وجود دارد ($r^2=0/885$).
 میانگین وزن کل 132 ± 3 گرم بود. سن این صدف‌ها بین ۲ تا ۹ سال و میانگین سن $6 \pm 0/1$ بود (جدول ۲). بیشترین فراوانی به سن ۷ سال با تعداد ۱۲۲ عدد و $30/1$ درصد تعلق داشت (جدول ۳). در بررسی رابطه بین طول و سن

میانگین عرض $10/6 \pm 0/1$ سانتی‌متر، میانگین ارتفاع $4 \pm 0/04$ سانتی‌متر و میانگین وزن کل 132 ± 3 گرم بود. سن این صدف‌ها بین ۲ تا ۹ سال و میانگین سن $6 \pm 0/1$ بود (جدول ۲). بیشترین فراوانی به گروه طولی به گروه ۱۱-۱۲ سانتی‌متر با تعداد ۱۰۶ صدف و کمترین فراوانی به گروه طولی ۵-۶ سانتی‌متر با تعداد ۱ صدف تعلق داشت (شکل ۲).



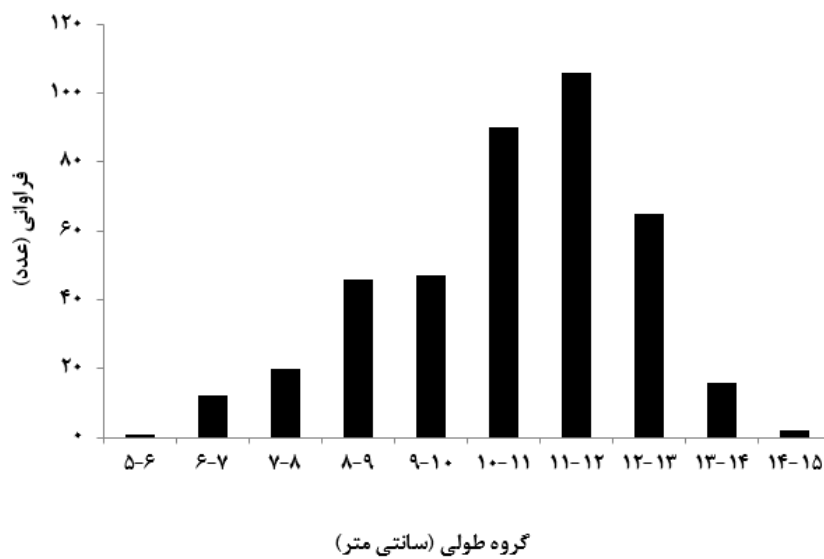
شکل ۱: تعداد و پراکنش صدف آنودونت *Anodonta cygnea* در تالاب انزلی در سال ۱۳۹۶

جدول ۲: نتایج زیست‌سنجی کل صدف‌های آنودونت (*Anodonta cygnea*) صید شده از تالاب انزلی طی ۷ ماه از سال ۱۳۹۶

شاخص	میانگین \pm خطای استاندارد	کمترین	بیشترین
وزن کل (گرم)	132 ± 3	۱۴/۹۲	۳۲۵/۳۸
طول کل (سانتی‌متر)	$10/6 \pm 0/1$	۵/۴۵	۱۴/۳۹
عرض (سانتی‌متر)	$6 \pm 0/04$	۳/۱۳	۸/۰۱
ارتفاع (سانتی‌متر)	$4 \pm 0/04$	۱/۷۵	۶/۰۱
سن (سال)	$6 \pm 0/1$	۲	۹

جدول ۳: فراوانی و توزیع سنی در صدف‌های آنودونت تالاب انزلی (*Anodonta cygnea*) در سال ۱۳۹۶

سن (سال)	فراوانی	درصد
۲	۶	۱/۵
۳	۱۸	۴/۴
۴	۴۳	۱۰/۶
۵	۶۸	۱۶/۸
۶	۱۱۴	۲۸/۱
۷	۱۲۲	۳۰/۱
۸	۳۱	۷/۷
۹	۳	۰/۷

شکل ۲: فراوانی گروه‌های طولی صدف آنودونت تالاب انزلی (*Anodonta cygnea*) در سال ۱۳۹۶

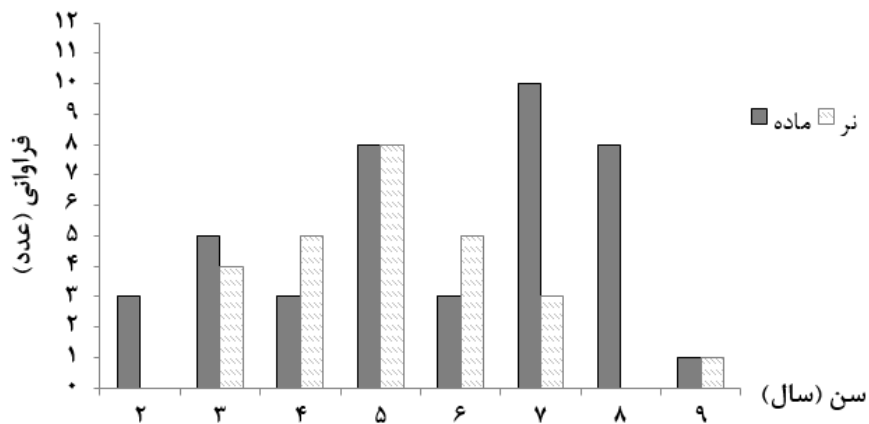
از ۶۷ عدد صدف تشریح شده ۶۱/۲ درصد جنسیت در جدول ۴ آمده است. در میان صدف‌های تشریح شده، نرهای ۲ ساله و ۸ ساله وجود نداشتند و بیشترین فراوانی به ماده‌های ۷ داشتند که نتایج زیست‌سنجی آن‌ها به تفکیک به جنس ماده و ۳۸/۸ درصد به جنس نر تعلق داشتند که نتایج زیست‌سنجی آن‌ها به تفکیک

ساله (۱۰ عدد) تعلق داشت. در میان نرها، گروه ۵ ساله‌ها بیشترین تعداد را به خود اختصاص دادند (شکل ۳). همچنین بیشترین فراوانی گروه طولی در ماده‌ها به گروه ۱۰-۱۱ سانتی‌متر با

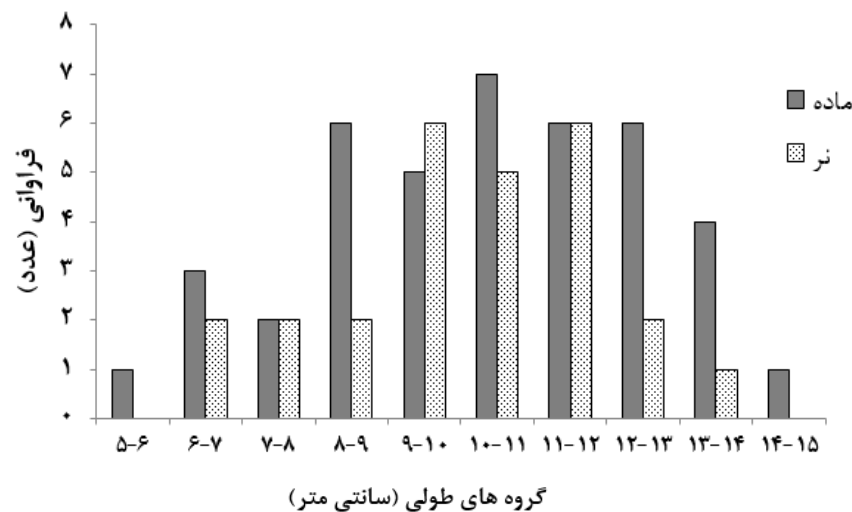
تعداد ۷ صدف و در نرها به گروه‌های ۹-۱۰ و ۱۱-۱۲ سانتی‌متر با تعداد ۶ صدف تعلق داشت (شکل ۴).

جدول ۴: نتایج زیست‌سنجی صدف‌های آنودونت (*Anodonta cygnea*) تشریح شده به تفکیک جنسیت

شاخص	ماده			نر		
	میانگین \pm SE	کمترین	بیشترین	میانگین \pm SE	کمترین	بیشترین
وزن کل (گرم)	۱۳۵/۰۴ \pm ۱۲/۱	۱۴/۹۲	۳۲۵/۳۸	۱۱۴/۶۴ \pm ۱۰/۸	۲۵/۲۱	۲۳۶/۹۷
طول کل (سانتی‌متر)	۱۰/۳۵ \pm ۰/۳۵	۵/۴۵	۱۴/۴	۹/۹۸ \pm ۰/۳۴	۶/۶	۱۳/۰۰
عرض (سانتی‌متر)	۵/۸۱ \pm ۰/۲	۳/۱۳	۸/۰۱	۵/۸۲ \pm ۰/۲	۴/۰۷	۷/۵۵
ارتفاع (سانتی‌متر)	۳/۸۹ \pm ۱/۱	۱/۷۵	۶/۰۱	۳/۷۱ \pm ۰/۱۶	۲/۱۲	۵/۲۸
سن (سال)	۵/۷ \pm ۰/۳	۲	۹	۵/۱ \pm ۰/۳	۳	۹



شکل ۳: فراوانی صدف‌های آنودونت (*Anodonta cygnea*) تشریح شده به تفکیک سن و جنسیت



شکل ۴: فراوانی صدف های آنودونت (*Anodonta cygnea*) تشریح شده به تفکیک گروه طولی و جنسیت

بررسی ویژگی های ظاهری و تولیدمثلی

نر و ماده در این دو فصل تشخیص جنسیت از روی ظاهر گنادها امکان پذیر نبود (شکل های ۵ و ۶). در فصل بهار (ماه های اردیبهشت و خرداد) و تابستان تشخیص ماده یا نر بودن از روی گسترش گناد به سختی امکان پذیر بود. اما حضور تعداد معدودی تخمک بزرگ و رسیده در تصاویر نشان دهنده ماده بودن صدف مورد نظر بود (شکل های ۲-۵، ۳-۵، ۵-۵ و ۶-۵). همچنین حضور مورولاها در گسترش گناد نر در فصل بهار و تابستان (تجمع دو تا چند اسپرماتید در کنار هم که به شکل گلبرگ های گل درمی آیند) نشانه نر بودن صدف بود (شکل های ۱-۶، ۲-۶، ۳-۶ و ۴-۶). در گسترش

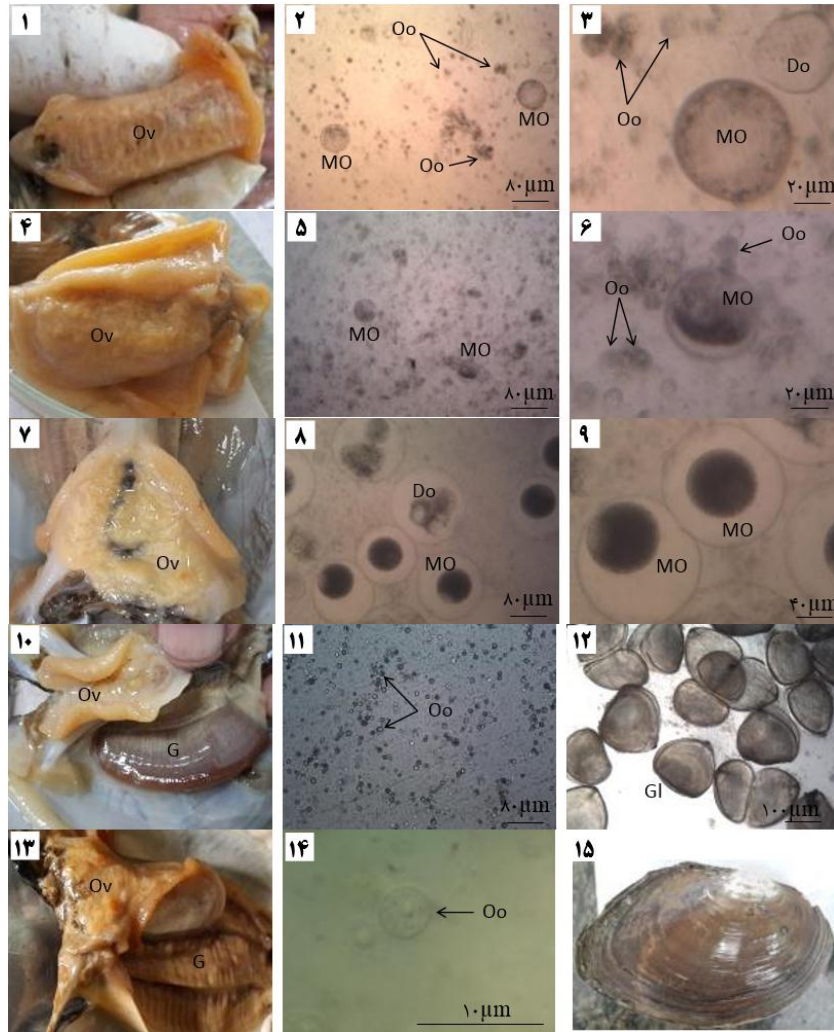
صدف های صید شده شکلی تقریباً تخم مرغی و گوشه دار داشتند که پوسته آن ها نازک و به رنگ سبز لجنی مایل به قهوه ای بود. شیارها و لایه های رشد به صورت خطوط تیره رنگی روی پوسته صدف آشکار بودند. به دلیل تشابه در شکل، رنگ و مشخصات ظاهری پوسته صدف ها، تشخیص جنسیت از روی ظاهر امکان پذیر نبود. تشریح توده بدنی نشان داد که گناد در ناحیه پای جانور قرار داشت. در صدف های تشریح شده در فصل بهار (ماه های اردیبهشت و خرداد) و اوایل تابستان (ماه های تیر و مرداد) به دلیل تشابه ظاهری غدد جنسی

آن‌ها $9/16 \pm 1/16$ میکرومتر مربع به دست آمد. همچنین در صدف‌های نمونه‌برداری شده در ماه دی از فصل زمستان نیز به علت حضور گلوئیدیا یا همان صدفچه‌ها در آبشش‌های صدف‌های ماده، امکان تعیین جنسیت از طریق بررسی آبشش‌ها وجود داشت. بدین طریق که صدف‌هایی که واجد صدفچه در آبشش خود بودند، ماده و صدف‌های فاقد صدفچه در آبشش، نر بودند (شکل ۵-۱۰). در گسترش گناد صدف‌های ماده در ماه دی، تخمک‌های ریز گرد که در مراحل اولیه رشد بودند، به وفور حضور داشتند (۵-۱۱). مطالعه لاروهای گلوئیدیا در زیر میکروسکوپ نشان داد که دو کفه ابتدایی صدف در این مرحله تشکیل شد (۵-۱۲). همچنین میانگین همآوری مطلق صدف آنودونت تالاب انزلی $107844/6 \pm 20621/9$ تعیین شد.

در ماه اسفند آبشش صدف‌ها کاملاً خالی از گلوئیدیا بود و اگرچه در ظاهر گناد ویژگی خاصی که دلیل بر ماده بودن باشد مشاهده نشد (۵-۱۳) اما حضور تخمک‌ها در مراحل اولیه رشد و توسعه در گسترش تهیه شده از آن (۵-۱۴) نشان می‌داد که صدف مورد نظر ماده است.

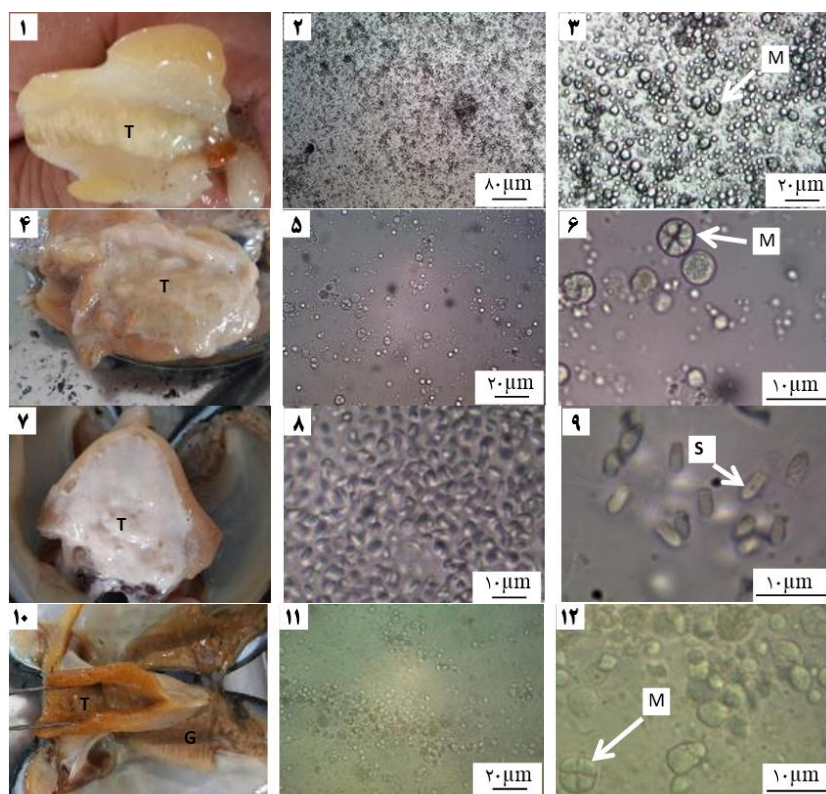
صدف‌های نر مورد آزمایش مورولا‌های ۲ تایی تا ۸ تایی مشاهده شد.

در تشریح صدف‌های نمونه‌برداری شده در اواخر شهریور و مهر ماه مشاهده شد که در ماده‌ها غدد جنسی کاملاً توسعه یافته، خوشه‌ای و رنگ آن مایل به زرد بود (شکل ۵-۷) در حالی که در نرها گناد کاملاً توسعه یافته به رنگ شیری بود که با فشار ملایم به آن، مایع روان شیری رنگی از آن خارج می‌شد (شکل ۶-۷). مطالعه گسترش گناد ماده در مهر ماه، نشان داد که تخمدان مملو از تخمک‌های گرد کاملاً رسیده بود (شکل‌های ۵-۸ و ۵-۹). تعدادی تخمک در حال دژنره شدن نیز مشاهده شد. میانگین قطر بزرگ تخمک‌های کاملاً رسیده و آماده برای لقاح $139/95 \pm 8/1$ میکرومتر و میانگین مساحت آن‌ها $15255/58 \pm 1834/4$ میکرومتر مربع به دست آمد. در بررسی گسترش تازه گناد نر در ماه مهر مشخص شد که گناد صدف‌های نر در این زمان مملو از اسپرماتوزوآ بودند. سلول‌هایی با شکل بیضوی که در ناحیه قاعده متصل به یک تاژک بلند بودند (شکل‌های ۶-۸ و ۶-۹). میانگین قطر بزرگ اسپرم آماده لقاح $4/5 \pm 0/26$ میکرومتر و میانگین مساحت



شکل ۵: تصاویر ظاهری و میکروسکوپی از گناد و گسترش آن در جنس ماده صدف آنودونت تالاب انزلی *Anodonta cygnea*. ۱، ۲ و ۳: تخمدان (Ov) در مراحل اولیه توسعه در فصل بهار (ماه اردیبهشت) (۱) و گسترش آن (۲ و ۳) که حاوی تعداد معدودی تخمک رسیده (MO) در میان تعداد زیادی تخمک ریز در مراحل اولیه رشد (Oo) است. ۴، ۵ و ۶: تخمدان (Ov) در مراحل میانی توسعه در فصل تابستان (ماه مرداد) (۴) و گسترش آن (۵) که حاوی تعدادی تخمک رسیده (MO) در میان تعداد زیادی تخمک در مراحل اولیه رشد (Oo) است. ۷، ۸ و ۹: تخمدان (Ov) توسعه یافته در اواخر فصل تابستان و اوایل فصل پاییز (ماه مهر) (۷) و گسترش آن (۸ و ۹) که حاوی تخمک‌های رسیده (MO) آماده برای لقاح است. تعدادی تخمک در حال تجزیه (Do) نیز مشاهده می‌شود. ۱۰: تخمدان (Ov) در اوایل زمستان (ماه دی) خالی از تخم و آبشش (G) مملو از صدفچه‌های گلوشیدیا است. ۱۱:

گسترش در ماه دی حاوی تعداد فراوانی تخمک در مراحل اولیه رشد (Oo) است. ۱۲: صدفچه‌های گلوشیدیا (GI) خارج شده از آبشش. ۱۳ و ۱۴: ظاهر تخمدان (Ov) در اواخر زمستان (ماه اسفند) (۱۳) در مرحله بازبایی و گسترش آن (۱۴) که نمای بزرگتری از تخمک در مراحل اولیه رشد (Oo) را نشان می‌دهد. ۱۵: تصویر صدف آنودونت تالاب انزلی نمونه‌برداری شده در مطالعه حاضر. Do: Degenerative Oocyte; G: Gill; GI: Glochidia; MO: Mature Oocyte; Ov: Ovary; Oo: Oocyte



شکل ۶: تصاویر ظاهری و میکروسکوپی از گناد و گسترش آن در جنس نر صدف آنودونت تالاب انزلی *Anodonta cygnea*. ۱، ۲ و ۳: گناد نر (T) در مراحل اولیه توسعه در فصل بهار (ماه اردیبهشت) (۱) و گسترش آن (۲ و ۳) که حاوی مراحل مختلف سلول جنسی نر است. تجمع چندین اسپرماتید در کنار هم که تشکیل مورولا را داده‌اند به فراوانی وجود دارد. ۴، ۵ و ۶: گناد نر (T) در حال توسعه در فصل تابستان (ماه مرداد) (۴) و گسترش آن (۵ و ۶) که حاوی مراحل مختلف سلول جنسی نر و تعداد زیادی مورولا است. ۷، ۸ و ۹: گناد نر (T) توسعه یافته در اواخر فصل تابستان و اوایل فصل پاییز (ماه مهر) (۷) و گسترش آن (۸ و ۹) که مملو از اسپرماتوزوآ است. ۱۰، ۱۱ و ۱۲: گناد نر (T) در فصل زمستان (ماه دی و اسفند) در مرحله بازبایی و گسترش آن (۱۱ و ۱۲) که فقط حاوی سلول‌های

جنسی نر تا مرحله اسپرماتید به شکل مورولا است و اسپرماتوزوآ در آن وجود ندارد. G: Gill: M: Spermatid
Morulae: S: Spermatozoa: T: Testes.

همچنین امکان تشخیص جنس نر از روی ظاهر گناد در فصل زمستان (دی و اسفند) وجود نداشت (شکل ۶-۱۰). اما در گسترش تهیه شده از گناد نر در این ماهها همچنان سلولهای جنسی نر تا مرحله اسپرماتید (مورولا) مشاهده شدند و هیچ سلول اسپرماتوزوآیی یافت نشد (شکلهای ۶-۱۱ و ۶-۱۲).

مادههای تمام گروههای طولی از ۵ تا ۱۵ سانتی‌متر و با سن ۲ تا ۹ سال و نرهای تمام گروههای طولی ۶ تا ۱۴ سانتی‌متر و با سن ۳ تا ۹ سال به بلوغ رسیده بودند. بیشترین مادههای بالغ در گروه طولی ۱۰ تا ۱۱ سانتی‌متر و بیشترین نرهای بالغ در گروه طولی ۹ تا ۱۲ سانتی‌متر قرار داشتند (جدول ۵).

جدول ۵: درصد حضور جنس‌های ماده و نر بالغ در گروههای طولی مختلف در صدف آلودونت تالاب انزلی (*Anodonta cygnea*)

گروه طولی (سانتی‌متر)	ماده			نر		
	نابالغ (عدد)	بالغ (عدد)	فراوانی بالغین (%)	نابالغ (عدد)	بالغ (عدد)	فراوانی بالغین (%)
۵-۶	۰	۱	۱۰۰	۰	۰	۰
۶-۷	۰	۳	۱۰۰	۰	۲	۰
۷-۸	۰	۲	۱۰۰	۰	۲	۰
۸-۹	۰	۶	۱۰۰	۰	۲	۰
۹-۱۰	۰	۵	۱۰۰	۰	۶	۰
۱۰-۱۱	۰	۷	۱۰۰	۰	۵	۰
۱۱-۱۲	۰	۶	۱۰۰	۰	۶	۰
۱۲-۱۳	۰	۶	۱۰۰	۰	۲	۰
۱۳-۱۴	۰	۴	۱۰۰	۰	۱	۰
۱۴-۱۵	۰	۱	۱۰۰	۰	۰	۰

بحث

در مطالعه حاضر، میانگین طول آلودونت تالاب انزلی (*Anodonta cygnea*) $10/6 \pm 0/1$ سانتی متر، میانگین عرض $6 \pm 0/04$ سانتی متر، میانگین ارتفاع $4 \pm 0/04$ سانتی متر و میانگین وزن کل 132 ± 3 گرم تعیین شد. همچنین بیشترین فراوانی گروه طولی به گروه ۱۲-۱۱ سانتی متر تعلق داشت.

صدف‌های کمتر از ۱ سال و بیشتر از ۹ سال صید نشدند. صدف‌های نمونه برداری شده دارای محدوده سنی ۲ تا ۹ سال بودند با میانگین سنی بالاتر از ۶ سال، که بیشترین درصد فراوانی به صدف‌های ۷ ساله با $30/1$ درصد فراوانی تعلق داشت. این موضوع نشان می‌دهد که جمعیت صدف‌های تالاب جمعیت جوانی نیستند. در مطالعات پروانه و همکاران (۱۳۷۳) میانگین طول آلودونت تالاب $98/2 \pm 18$ میلی متر و میانگین وزن تر $85/6 \pm 24$ گرم گزارش شد. که نسبت به صدف‌های مطالعه حاضر کوچکتر بودند. در گزارش آن‌ها حداقل سن ۱ و حداکثر ۴ سال تعیین شد که جمعیت حداکثر را ۲-۳ ساله‌ها تشکیل می‌دادند. در بررسی رشد و ساختار سنی صدف *A. cygnea* در سه نهر منتهی به رودخانه پسیخان که توسط زارع و یونس‌زاده (۱۳۸۸) طی تیر تا شهریور ۱۳۸۲

انجام شد، صدف‌ها در گروه سنی ۱ تا ۴ سال قرار داشتند که ۳ ساله‌ها جمعیت غالب را تشکیل می‌دادند و ترکیب جمعیتی صدف آلودونت جوان بود. در مطالعه آن‌ها میانگین طول $13/15 \pm 13/85$ میلی متر، میانگین عرض $30/78 \pm 5/14$ میلی متر، میانگین ارتفاع $46/62 \pm 5/68$ میلی متر و میانگین وزن کل $69/12 \pm 25/3$ گرم گزارش شد. همچنین فراوانی گروه طولی ۱۰۳-۹۳ میلی متر از همه گروه‌های طولی بیشتر بود (زارع و یونس‌زاده، ۱۳۸۸). در این مطالعه صدف‌های آلودونت نسبت به صدف‌های مطالعه حاضر جوان‌تر و کوچکتر بودند. Chojnacki و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای که در مورد زیست‌سنجی صدف *A. cygnea* از دریاچه Lake Dabie واقع در لهستان انجام دادند، گزارش کردند که صدف‌ها در گروه‌های سنی ۱ تا ۵ سال قرار داشتند و جمعیت غالب از صدف‌های ۲ و ۳ ساله تشکیل شده بود و سهم صدف‌های مسن‌تر کمتر بود. آن‌ها همچنین میانگین طولی $65/6$ میلی متر با ارتفاع ۳۶ تا ۴۰ میلی متر را برای صدف‌های مورد مطالعه‌شان گزارش کردند. تفاوت‌های موجود بین مطالعات مذکور و مطالعه حاضر می‌تواند به زمان و مکان نمونه‌برداری مربوط باشد. همچنین به نظر می‌رسد که در

در مطالعه حاضر بررسی‌های ظاهری گناد و مطالعه میکروسکوپی گسترش‌های تهیه شده از آن در صدف‌های آنودونت تالاب انزلی *A. cygnea* مشخص کرد که جنس نر و ماده از هم جدا بود و تمام صدف‌ها تک جنسی بودند. در حالی که مطالعات Bloomer (۱۹۳۰، ۱۹۳۴، ۱۹۴۰) روی جنسیت *A. cygnea* در انگلستان نشان داد که در این گونه هرمافرودیتسیم رایج است. همچنین در مطالعات Lima و همکاران (۲۰۱۲) روی بافت گناد صدف‌های *A. cygnea* در تالاب Mira در کشور پرتغال وجود توام دو بافت تخمدان و بیضه در بدن هر صدف مشاهده شد و گزارش شد که اکثر صدف‌های آنودونت این تالاب هرمافرودیت هستند. در بررسی حاضر اثری از وجود هرمافرودیتسیم در گناد صدف‌های آنودونت تالاب انزلی مشاهده نشد. Heard (۱۹۷۵) و Kat (۱۹۸۳) نمونه‌های گونه *Utterbackia imbecillis* را مطالعه کردند و نتیجه گرفتند که این صدف‌ها تک جنسی هستند و جنس نر از جنس ماده جدا است. در حالی که Sterki (۱۸۹۸a,b) و Van Der Schalie (۱۹۶۶) اظهار کردند که *U. imbecillis* به طور طبیعی هرمافرودیت است. بدیهی است که نوع استراتژی تولیدمثلی که صدف برای تولیدمثل انتخاب

سال‌های اخیر، تغییر اقلیم، افزایش بار آلودگی تالاب انزلی به دلیل فعالیت‌های انسانی و نیز کاهش جمعیت ماهیان میزبان حدواسط لاروهای گلوشیدیا در اثر صید بی‌رویه (مانند اردک‌ماهیان، سوف‌ماهیان و لای‌ماهیان)، از جمله عوامل تاثیرگذار بر ساختار زیستی و سنی جمعیت آنودونت به شمار روند، به طوری که مانع شکل‌گیری جمعیت‌های جوان جدید شده‌اند.

از میان ۶۷ صدفی که در پژوهش حاضر به طور تصادفی برای بررسی‌های تولیدمثلی انتخاب شده بودند تعداد ماده‌ها ۱/۵ برابر نرها بود و ماده‌ها با میانگین وزنی $12/1 \pm 135/04$ گرم و میانگین طولی $35/0 \pm 10/35$ سانتی‌متر از نرها با میانگین وزنی $10/8 \pm 114/64$ گرم و میانگین طولی $34/0 \pm 9/98$ سانتی‌متر بزرگ‌تر بودند. با توجه به این که در این مقایسه میانگین طولی و وزنی ماده‌ها از نرها بزرگ‌تر بود و به میانگین عددی طولی و وزنی کل ۴۰۵ عدد صدف صید شده نزدیک‌تر بود به نظر می‌رسد که ماده‌ها جمعیت بیشتری را به خود اختصاص داده بودند. مقایسه سنی نرها و ماده‌ها مشخص کرد که ماده‌های مسن‌تر نسبت به نرهای مسن بیشتر بودند و در سنین بیشتر از ۵ سال با افزایش سن تعداد نرها بسیار کاهش یافت.

گسترش گناد ماده یافت. به نظر می‌رسد در تمام فصول سال به جز فصل تولیدمثل (پاییز) در گناد ماده صدف آنودونت، تمام مراحل رشد و توسعه تخمک وجود داشته باشد، اما در فصل پاییز تخمک‌های رسیده جمعیت غالب و اکثریت را در تخمدان ماده به خود اختصاص می‌دهند. این موضوع در مورد نرها نیز صادق است به طوری که در فصل بهار، تابستان و زمستان سلول‌های جنسی در مراحل مختلف به جز مرحله اسپرماتوزوآ را می‌توان در گسترش مشاهده کرد و در فصل پاییز که فصل تولید مثل بود گسترش تهیه شده از گناد نر مملو از حضور اسپرماتوزوآها بود.

رسیدگی جنسی در دو جنس ماده و نر دوکفه‌ای آنودونت تالاب انزلی در اواخر تابستان و اوایل پاییز (مهر ماه) کامل شد و در این زمان آماده تخم‌ریزی و لقاح بود. گلوشیدیاها در ماه دی در آبشش ظاهر شدند و عدم حضور هر گونه صدفچه‌ای در آبشش در ماه اسفند نشان داد که تا این زمان رها شدن صدفچه‌ها به پایان رسیده است و در اواخر زمستان گناد مرحله استراحت و بازیابی خود را می‌گذراند. Lima و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که تخم‌ریزی *A. cygnea* در ماه‌های تابستان در تالاب Mira در پرتقال رخ می‌دهد. همچنین آن‌ها گزارش

می‌کند به ویژگی‌های زیستگاهی بستگی دارد که در آن زندگی می‌کند (Bauer, 1994). Hinzmann و همکارانش (۲۰۱۳) در مطالعه روی گونه *Anodonta anatina* دریافتند که نمونه‌های یافت شده در مناطق فاقد جریان آب، همگی هرمافرودیت بودند در حالی که در صدف‌هایی که در آب جاری زندگی می‌کردند جنس نر و ماده آن‌ها کاملاً از هم جدا بودند. بر این اساس شاید بتوان گفت که به علت جریان دائمی آب در مناطق مورد مطالعه از تالاب انزلی، نمونه‌های صدف آنودونت بومی این تالاب استراتژی هرمافرودیت را تجربه نکرده باشند.

تشخیص جنسیت صدف‌ها از روی گسترش گناد در فصل بهار (ماه‌های اردیبهشت و خرداد) و تابستان به سختی امکان‌پذیر بود. این موضوع می‌تواند به علت کوچک بودن تخمک‌ها در مراحل ابتدایی رسیدگی جنسی جنس ماده باشد به طوری که ممکن است باعث ایجاد تشابه در تصاویر گسترش‌های نر و ماده بشود.

در فصل بهار، تابستان و زمستان، در گسترش گناد صدف ماده تخمک‌های ریز که در مراحل اولیه و یا میانی رشد و در حال زرده‌گیری بودند به صورت سلول‌های گرد بسیار کوچک واجد هسته به وفور وجود داشتند. با این حال می‌توان تعداد کمتری تخمک رسیده نیز در

Hinzmann و همکاران (۲۰۱۳) بر روی تولیدمثل *Anodonta anatine* در مقاطع بافت‌شناسی، قطر تخمک‌های کاملاً رسیده ۵۵ تا ۸۰ میکرومتر و قطر اسپرماتوزوئیدها ۱/۵ تا ۲ میکرومتر تعیین شد. باید به این نکته توجه داشت که اندازه تخمک و اسپرم در گسترش تازه می‌تواند تفاوت‌هایی با اندازه آن‌ها در مقاطع بافتی داشته باشد.

در مطالعه حاضر میانگین همآوری صدف آنودونت تالاب انزلی $107844/6 \pm 20621/9$ تعیین شد. مطالعات انجام شده در این زمینه نشان داده است که دوکفه‌ای آب شیرین، آنودونت *A. cygnea* فقط ۱۵۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰۰۰ (به ندرت) تخم تولید می‌کند و به طور کلی صدف‌های آب شیرین بین چند هزار تا ۳۰۰۰۰۰۰۰ لارو تولید می‌کنند (Needham, 1930; Barrington, 1979). همچنین در یک مطالعه تعداد گلوشیدیا در یک صدف آنودونت ۱۰ سانتی‌متری ۱۴۰۰۰۰۰ عدد گزارش شد (Bauer, 1994). با توجه به گزارش‌های مذکور همآوری محاسبه شده برای آنودونت تالاب انزلی در محدوده میزان همآوری اعلام شده توسط این مطالعات بود.

در پژوهش حاضر تمام ماده‌های ۲ سال با طول حداقل ۵/۴۵ سانتی‌متر و بیشتر از آن و

کردند که گامتوژنز و تخم‌ریزی در صدف‌های آنودونت طولانی مدت و زمان‌بر است. اما در مقایسه با نتایج مطالعه حاضر، در بررسی آن‌ها مشخص شد که تخم‌ها در ماه اکتبر (۹ مهر تا ۹ آبان) در آبشش ظاهر می‌شوند و مراقبت از تخم تا اواسط آوریل (۱۲ فروردین تا ۱۰ اردیبهشت) ادامه می‌یابد (Lima et al., 2012). عوامل کنترل کننده زمان گامتوژنز و دوره تخم‌ریزی در *A. cygnea* ناشناخته‌اند، اما دما، نور و غذا مهم‌ترین عوامل محیطی در تنظیم رسیدگی جنسی و تخم‌ریزی در دوکفه‌ای‌ها به شمار می‌آیند (MacDonald and Thompson, 1985; Pearse et al., 1991; Fabious et al., 2005). بنابراین شرایط مختلف اقلیمی در ایران و کشور پرتقال در مطالعه Lima و همکارانش (۲۰۱۲) می‌تواند دلیل این تفاوت زمانی در مدت نگهداری و رشد و نمو تخم تا رسیدن به صدفچه و رها شدن، باشد.

در مطالعه حاضر، میانگین قطر بزرگ تخمک‌های رسیده $139/95 \pm 8/1$ میکرومتر و میانگین مساحت آن‌ها $15255/58 \pm 1834/4$ میکرومتر مربع، میانگین قطر بزرگ اسپرم‌ها $4/5 \pm 0/26$ میکرومتر و میانگین مساحت آن‌ها $9/1 \pm 1/16$ میکرومتر مربع بود. در مطالعه

تشخیص جنسیت از ظاهر صدف و یا حتی ظاهر گناد امکان پذیر نبود. تهیه گسترش از گناد تا حد زیادی توانست به تشخیص جنس در این صدف کمک کند. در صدف‌های آنودونت تالاب انزلی هرمافرودیتیسیم مشاهده نشد. چرخه تولیدمثلی صدف آنودونت در تالاب انزلی و ویژگی‌های گناد در نر و ماده مانند دوکفه‌ای‌های دیگر راسته Unionida بود و گامتوزیز در تمام فصول سال پیوسته وجود داشت. زمان رسیدگی کامل و لقاح در اوایل فصل پاییز و زمان رها شدن صدفچه‌ها در اوایل زمستان رخ داد. پیشنهاد می‌شود که برای پی بردن به جراثیم دقیق‌تری از مراحل جنسی گناد مطالعات بافت‌شناسی انجام گیرد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از ریاست محترم وقت موسسه تحقیقات علوم شیلاتی ایران جناب آقای دکتر پورکاظمی و معاونین محترم موسسه، ریاست محترم وقت پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی (بندر انزلی) جناب آقای دکتر خانی‌پور و معاونین محترم آن پژوهشکده آقایان دکتر ولی‌پور و مهندس صفایی، ریاست و کارشناسان محترم ایستگاه تغذیه و غذای زنده پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی (بندر انزلی) و نیز

نرهای ۳ سال با طول حداقل ۶/۶ سانتی‌متر و بیشتر از آن به بلوغ رسیده بودند. در گزارش پروانه و همکاران (۱۳۷۳) با وجود این که صدف‌های ۱ تا ۴ سال نمونه‌برداری و مطالعه شدند اما حضور صدف‌های ۲ ساله بالغ گزارش شد. با توجه به این که در نمونه‌برداری مطالعه حاضر نمونه‌های با طول کمتر از ۵/۴۵ سانتی‌متر صید نشد و صرفاً صدف‌های از این طول به بالا مورد مطالعه قرار گرفتند و همگی به بلوغ رسیده بودند، بنابراین برای تعیین دقیق زمان بلوغ جنسی پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آتی صدف‌های کوچک‌تر از ۵/۴۵ سانتی‌متر نمونه‌برداری شوند تا بتوان با دقت بیشتری طول در سن بلوغ (LM₅₀) را به دست آورد.

به طور کلی جمعیت صدف آنودونت در تالاب انزلی غالباً از صدف‌های مسن تشکیل شده بود. از جمله موانع احتمالی در شکل‌گیری جمعیت‌های جوان جدید می‌توان به تغییر اقلیم، افزایش بار آلودگی تالاب انزلی به دلیل فعالیت‌های انسانی و نیز کاهش جمعیت ماهیان میزبان حدواسط لاروهای گلوشیدیا در اثر صید بی‌رویه، اشاره کرد. فراوانی جنس ماده ۱/۵ برابر جنس نر بود. هرچه سن بیشتر می‌شد از تعداد نرها کاسته می‌شد و به نظر می‌رسد که در این دوکفه‌ای طول عمر ماده‌ها از نرها بیشتر باشد.

ریاست و کارشناسان محترم بخش تکثیر و پرورش و اصلاح نژاد آبزیان پژوهشکده
آبزی پروری آب‌های داخلی (بندر انزلی) به دلیل
حمایت‌های صمیمانه‌شان تشکر می‌گردد.

منابع

- انزلی) در دو فصل پاییز و بهار. مجله علمی شیلات ایران، ۱۵(۳): ۹-۲۲.
- پروانه ا.، جمال زاد ف. و فلاح م. ۱۳۷۳. بررسی ویژگی‌های زیستی و پراکنش صدف آنودونت در حوزه تالاب انزلی. گزارش نهایی پروژه. مرکز تحقیقات شیلات استان گیلان. ۴۲ص.
- زارع پ. و یونس‌زاده ب. ۱۳۸۸. بررسی رشد و ساختار سنی صدف *Anodonta cygnea* (Linea, 1876) در سه نهر منتهی به رودخانه پسیخان. مجله شیلات، ۳(۴): ۶۳-۷۲.
- Allen D.C. and Vaughn C.C. 2011.** Density and dependent biodiversity effects on physical habitat modification by freshwater bivalves. *Ecology*, 92: 1013-1019.
- Barrington E.J.W. 1979.** Invertebrate Structure and Function. John Wiley and Sons, USA. 765P.
- Bauer G. 1994.** The adaptive value of offspring size among freshwater mussels (Bivalvia; Unionoidea). *Journal of Animal Ecology*, 63(4): 933-944.
- Biswas S.P. 1993.** Manual of Methods in Fish Biology. South Asian Publishers, New Dehli. 157P.
- Bloomer H.H. 1930.** A note on the sex of *Anodonta cygnea*. *Proceedings of the Malacological Society of London*, 19: 10-14.
- Bloomer H.H. 1934.** On the sex, and sex-modification of the gill of *Anodonta cygnea*. *Proceedings of the Malacological Society of London*, 21: 21-28.
- Bloomer H.H. 1940.** Experiments on selffertilization in *Anodonta cygnea* (L.). *Proceedings of the Malacological Society of London*, 24: 113-121.
- Chojnacki J.C., Rosinska B., Rudkiewicz J. and Smola M. 2011.** Biometrics of the swan mussel *Anodonta cygnea*. *Polish Journal of Environmental Studies*, 20(1): 225-230.
- Eskandari S., Mozdarani H., Mashinchian Moradi A. and Shahhosseiny M.H. 2012.** Cytogenetic damage induced by crude oil in *Anodonta cygnea* (Mollusca, Bivalvia) assessed by
- اشجع اردلان ا.، خوش‌خو ربانی م. و معینی س. ۱۳۸۵ الف. مقایسه میزان فلزات سنگین Zn، Cu، Pb، Cd و Hg در آب، رسوبات و بافت نرم دوکفه‌ای آنودونت تالاب انزلی در دو فصل پاییز و بهار ۱۳۸۴-۱۳۸۳. مجله پژوهش و سازندگی، ۱۹(۴): ۱۱۳-۱۰۴.
- اشجع اردلان ا.، خوش‌خو ربانی م. و معینی س. ۱۳۸۵ ب. تعیین ارزش غذایی دوکفه‌ای *Anodonta cygnea* در منطقه سلکه (تالاب

- the comet assay and micronucleus test. *International Journal of Marine Science and Engineering*, 2(4): 215–224.
- Fabious A., Huveta A., Le Souchia P., Le Pennec M. and Pouvreau S. 2005.** Temperature and photoperiod drive *Crassostrea gigas* reproductive internal clock. *Aquaculture*, 250: 558–470.
- Galhano M.H. and Silva M.T.F. 1983.** The reproductive cycle of *Anodonta cygnea* L. from the Mira lagoon (Portugal). *Publicacoes do Instituto de Zoologia Dr. Augusto Nobre*, 179: 1–5.
- Heard W.H. 1975.** Sexuality and other aspects of reproduction in *Anodonta* (Pelecypoda: Unionidae). *Malacologia*, 15: 81–103.
- Hinzmann M., Lopes-Lima M., Teixeira A., Varandas S., Sousa R., Lopes A., Froufe E. and Machado J. 2013.** Reproductive cycle and strategy of *Anodonta anatina* (L., 1758): Notes on hermaphroditism. *Journal of Experimental Zoology*, 9999: 1–13.
- Kat P.W. 1983.** Sexual selection and simultaneous hermaphroditism among the Unionidae (Bivalvia: Unionidae). *Journal of Zoology*, 201: 395–416.
- Kotpal R.L. 2001.** Mollusca. Rastogi Publications. India. 240P.
- Lillie F.R. 1895.** Embryology of the Unionidae. A study in cell lineage. *Journal of Morphology*, 10: 1–100.
- Lima P., Monteiro S.M., Sousa M. and Machado J. 2012.** A histological study of oogenesis in the freshwater mussel *Anodonta cygnea* (Linnaeus, 1758) in Mira Lagoon, Portugal. *Malacologia*, 55(2): 251–261.
- Lopes-Lima M. 2014.** *Anodonta cygnea*. The IUCN red list of threatened Species 2014. From <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20141.RLTS.T156066A21400900.en>.
- 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: 1–14.
- Lydeard C., Cowie R.H. and Bogan A.E. 2004.** The global decline of non-marine mollusks. *Bio Science*, 54: 321–330.
- MacDonald B.A. and Thompson R.J. 1985.** Influence of temperature and food availability on the ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus*. II. Reproductive output and total production. *Marine Ecology Program Series*, 25: 295–303.
- Mousazadeh R., Ghaffarzadeh H., Nouri J., Gharagozlou A. and**

- Farahpour M. 2015.** Land use change detection and impact assessment in Anzali international coastal wetland using multi-temporal satellite images. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(12): 776–787.
- Needham J. 1930.** On the penetration of marine organisms into freshwater. *Biologisches Zentralblatt*, 50: 504–509.
- Neves R.J., Bogan A.E., Williams J.D., Ahlstedt S.A. and Hartfield P.W. 1997.** Status of aquatic mollusks in the southeastern United States a downward spiral of diversity. P: 45–86. In: Benz G.W. and Collins D.E. (Eds.). *Aquatic Fauna in Peril: The Southeastern Perspective*. Southeast Aquatic Research Institute, USA.
- Pearse J.S., McClintock J.B. and Bosch I. 1991.** Reproduction of Antarctic benthic marine invertebrates, modes, and timing. *American Zoologist*, 31: 65–80.
- Pourang N., Richardson C.A. and Mortazavi M.S. 2010.** Heavy metal concentrations in the soft tissues of swan mussel (*Anodonta cygnea*) and surficial sediments from Anzali wetland, Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 163(1-4): 195–213.
- Rocha E. and Azevedo C. 1990.** Ultrastructural study of the spermatogenesis of *Anodonta cygnea*. *Invertebrate Reproduction Development*, 18(3): 169–176.
- Salimi L., Jamili S., Motalebi A., Eghtesadi-Araghi P., Rabbani M. and Rostami-Beshman M. 2009.** Morphological characterization and size of hemocytes in *Anodonta cygnea*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 10: 81–85.
- Sarikhani L. and Javanshir A. 2010.** Evaluation of bivalve (*Anodonta Cygnea*) in filtration of nitrogen and phosphorus compounds. *Journal of Environmental Studies*, 36(55): 34–36.
- Simberloff D. 2012.** Sustainability of biodiversity under global changes, with particular reference to biological invasions. P: 139–157. In: Weinstein M.P. and Turner R.E. (Eds.). *Sustainability Science: The Emerging Paradigm and the Urban Environment*. Springer, USA.
- Sousa R., Varandas S., Cortes R., Teixeira A., Lopes Lima M., Machado J. and Guilhermino L. 2012.** Massive die-offs of freshwater bivalves as resource pulses. *International Journal of Limnology*, 48: 105–112.
- Sterki V. 1898a.** Some observations on the genital organs of Unionidae, with reference to classification. *Nautilus*, 12: 18–21.
- Sterki V. 1898b.** *Anodonta imbecilis* [sic], hermaphroditic. *Nautilus*, 12: 87–88.

- Van Der Schalie H. 1966.** Hermaphroditism among North American freshwater mussels. *Malacologia*, 5: 77–78.
- Vaughn C.C. 2010.** Biodiversity losses and ecosystem function in freshwaters: Emerging conclusions and research directions. *Bio Science*, 60: 25–35.



Research Paper

Some reproductive characteristics of swan mussel, *Anodonta cygnea*, in Anzali Wetland

Mohaddeseh Ahmadnezhad^{1*}, Homayoun Hosseinzadeh Sahafi²,
Mohammad Sayad Bourani³, Sohrab Dejandiyani⁴, Hossein Khara⁵

Received: July 2019

Accepted: August 2019

Abstract

Swan mussel, *Anodonta cygnea*, is a freshwater bivalve inhabitant of Anzali wetland, which population is in danger due to pollution and habitat destruction by human manipulation. In the present study, some reproductive traits of this species were evaluated for one year period using microscopic and biometric studies. The mean length was 10.6 ± 0.1 cm, the mean width was 6 ± 0.04 cm, the mean height was 4 ± 0.04 cm, the mean weight was 132 ± 3 g and the mean age was 6 ± 0.1 years old. In all shells, two sexes were separated. There was no external feature for sex determination. The frequency of female was 1.5 times that of male. The mean diameter of mature oocyte and sperm were 139.95 ± 8.1 and 4.5 ± 0.26 μ m, respectively, and the mean area of them was 15255.58 ± 1834.4 and 9.1 ± 1.16 μ m², respectively. The mean fecundity was 107844.6 ± 20621.9 . Both of male and female gonads were in developing phase in spring (May and June) and in summer (July and August). The spawning stage occurred in the fall and the post-spawning stage in the winter. The development of glochidia were completed in January and the release of them from the gill were occurred between January and March.

Key words: *Anodonta*, *Anzali Wetland*, *Bivalve*, *Gonad*, *Maturation*.

1- Assistant Professor in Inland Waters Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Anzali, Iran.

2- Professor in Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

3- Associate Professor in Inland Waters Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Anzali, Iran.

4- M.Sc. in Fisheries, Inland Waters Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Anzali, Iran.

5- Associate Professor in Department of Fisheries, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran.

*Corresponding Author: m_ahmadnezhad@yahoo.com

