J. Oceanography (JOC). 13(50): 33-48, Summer 2022

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

ORIGINAL RESEARCH PAPER (Marine Science)

The Influence of Sound Exposure on Movement and Food-finding behaviour of red cherry shrimp *Neocaridina davidi*

Sasan Azarm-Karnagh [1], ***Lora Lopez-Greco*** [2], ***Saeid Shafiei Sabet*** [3,*]

[1] *M.Sc student, Department of fisheries, Faculty of natural resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran*
[2] *Associate Professor, Department of Biodiversity and Experimental Biology, Faculty of Exact and Natural Sciences, University of Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina*
[3] *Assistant Professor, Department fisheries, Faculty of natural resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran*

ARTICLE INFO

Article History:
Received: 2021/07/24
Revised: 2021/12/14
Accepted: 2021/10/11

Keywords:
Anthropogenic noise
Behaviour
Crustacean
Decapoda
Ornamental aquatic animals
Red cherry shrimp

*Corresponding author:
(*s.shafiei.sabet@guilan.ac.ir*
((+98)9111447909

ABSTRACT

Background and Objectives: Many animal species are currently experiencing anthropogenic pollutions in their habitat. Noise pollution from human activities affects many species of animals. Noise pollution in terrestrial and aquatic ecosystems is prominently recognized as a source of stress and disruption of biological activities, and an important and pervasive global environmental pollutant. Recent studies have shown the effect of sound on various aquatic vertebrates, including fish and marine mammals. However, despite the diversity of invertebrates and crustacean that they are among the earliest links in the food chain in ecosystems, studies on the effect of acoustic stimuli on their behaviour are limited. Therefore, the aim of the present study was to investigate the effect of continuous sound exposure, the most common temporal pattern among underwater sound sources, on the behaviour of an invertebrate, red cherry shrimp (*Neocaridina davidi*) under laboratory conditions.

Methods: In total, 70 red cherry shrimps were housed in a holding aquarium (48 cm × 32 cm × 28 cm; water depth: 22cm; wall thickness: 4mm) connected to a water circulation system on a 14 h light; 10 h dark cycle and with the water temperature kept at 27°C. All shrimp individuals were fed twice daily for two weeks with spirolina tablet before being transferred individually to the experimental set-up. The experiments were conducted in a rectangular glass tank aquarium (40 × 30 × 30 cm; water depth: 20 cm; wall thickness: 2cm) equipped with a custom build underwater speaker connected to a power amplifier. Behavioural experiments were performed after the shrimps had acclimated to the experimental set-up. The shrimps were divided in two treatments and individually exposed either to ambient noise as a control (96.52±1 dB ref 1µPa) or continuous sound (110.40±1 dB ref 1µPa) in a bandwidth range of 400 to 2000 Hz. Here, in this study, we investigated the effect of sound exposure on movement speed, spatial distribution and food finding behaviour of shrimps.

Findings: According to the findings, in general, once the passing gate opened, the movement speed in sound and control treatments showed a significant decrease($P<0.05$), but there were no significant changes between total minutes of control and sound treatments($P>0.05$). The spatial distribution of shrimps in response to the sound treatment showed significant changes ($P<0.05$). Moreover, the time to find the food source also increased significantly in the sound treatment ($P<0.05$).

Conclusion: The findings of this study confirm the effect of sound on the behaviour of red cherry shrimp, under laboratory conditions. Elevated sound levels caused changes in spatial distribution and to some extent movement speed of shrimps. Moreover, sound exposure negatively affected allocated time budget to find food source; shrimps spent more time to find food source. Our study highlights that invertebrate are likely to be susceptible to the impacts of

anthropogenic sound. We suggest that sound has the potential to increase the risks of starvation and may have subsequently negative effects on the timing of foraging and predatory- prey activities and that may affect population of meiofauna and benthic organisms in aquatic ecosystems. Finally, our laboratory study should not be extrapolated directly to outdoor conditions, but calls for investigation of behavioural responses of invertebrates to acoustic stimuli.

NUMBER OF TABLES	NUMBER OF FIGURES	NUMBER OF REFERENCES
1	8	63

مقاله پژوهشی (علوم دریایی)

اثر صوت بر رفتارحرکتی و یافتن غذا در میگوی قرمز گیلاسی *Neocaridina davidi*

ساسان آذرم کرنق [۱]، لورا لوپز گرکو [۲]، سعید شفیعی ثابت [۳*]

[۱] دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه آموزشی شیلات، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

[۲] عضو هیئت علمی، گروه آموزشی تنوع‌زیستی و زیست‌شناسی تجربی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه بوینس‌آیرس، بوینس‌آیرس، آرژانتین

[۳] عضو هیئت علمی، گروه آموزشی شیلات، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۵/۲
تاریخ بازبینی: ۱۴۰۰/۹/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۷/۱۹

واژگان کلیدی:
آبزیان زینتی
اصوات انسانی
ده‌پایان
رفتارشناسی
سخت‌پوستان
میگوی ردچری

*نویسنده مسئول
✉s.shafiei.sabet@guilan.ac.ir

چکیده

پیشینه و اهداف: در حال حاضر بسیاری از گونه‌های جانوری، آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی را در زیستگاه خود تجربه می‌کنند. آلودگی صوتی ناشی از فعالیت‌های انسانی نیز بر بسیاری از گونه‌های جانوری تاثیرگذار می‌باشد. آلودگی صوتی در زیست‌بوم‌های خشکی و آبی به عنوان یک عامل ایجاد استرس و مختل‌کننده فعالیت‌های زیستی و آلاینده محیطی مهم و فراگیر جهانی، به طور برجسته شناخته‌شده می‌باشد. مطالعات اخیر نشان‌دهنده اثر صوت بر مهره‌داران متعدد آبزی از جمله ماهی‌ها و پستانداران دریایی می‌باشد. اگرچه علیرغم تنوع گونه‌ای بی‌مهرگان و سخت‌پوستان که جزو حلقه‌های ابتدایی زنجیره غذایی در زیست‌بوم‌ها اند، بررسی اثر صوت بر رفتار آنها محدودتر انجام شده است. بدین جهت، هدف از مطالعه حاضر، بررسی اثر صوت با الگوی پیوسته که متداول‌ترین الگوی زمانی در بین منابع صوتی زیر آب بوده، بر شاخص‌های رفتاری گونه بی مهره میگوی قرمز گیلاسی (*Neocaridina davidi*) تحت شرایط آزمایشگاهی است.

روش‌ها: به طور کلی، ۷۰ قطعه میگوی قرمز گیلاسی در یک آکواریوم نگهداری (با ابعاد ۲۸×۳۲×۴۸ سانتی متر، عمق آب: ۲۲ سانتی‌متر و ضخامت دیواره: ۴ سانتی‌متر) متصل به سیستم گردش آب با دوره‌نوری ۱۴ ساعت‌نور و ۱۰ ساعت تاریکی و دمای آب ۲۷ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. همه میگوها دوبار در طول شبانه‌روز به مدت دو هفته با قرص جلبک اسپیرولینا قبل از انتقال به آکواریوم آزمایش تغذیه شدند. این آزمایشات در یک آکواریوم شیشه‌ای مستطیل‌شکل (به ابعاد ۳۰×۳۰×۴۰ سانتی‌متر، عمق آب: ۲۰ سانتی‌متر و ضخامت دیواره ۲ سانتی‌متر) مجهز به یک بلنگوی زیرآب سفارشی متصل به یک دستگاه آمپلی فایر انجام شد. آزمایشات رفتاری پس از سازگاری میگوها با ستاپ آزمایش انجام شد. میگوها برای دو تیمار مجزا تقسیم شدند و به طور انفرادی در معرض صوت شاهد (شدت‌صوت ۱±۹۶/۵۲ دسی‌بل) یا صوت پیوسته (شدت‌صوت ۱ ±۱۱۰/۴۰) با دامنه فرکانسی ۴۰۰ تا ۲۰۰۰ هرتز قرار گرفتند. در این مطالعه، اثر صوت بر سرعت‌حرکت، پراکنش‌مکانی و یافتن منبع‌غذایی میگوها بررسی شد.

یافته‌ها: با توجه به یافته‌ها، به طور کلی با باز شدن دریچه عبور، سرعت‌حرکت میگوها در دو تیمار شاهد و صوت به‌طور معنی‌داری روند کاهشی داشت ($P<0/05$). اما تغییرات معنی‌داری بین کل دقایق تیمارهای شاهد و صوت مشاهده نشد ($P>0/05$). در ادامه پراکنش مکانی میگوها در پاسخ به صوت تغییرات معنی‌داری را نشان داد ($P<0/05$). مدت‌زمان یافتن منبع غذایی نیز به طور معنی‌داری در تیمار صوت دستخوش افزایش شد ($P<0/05$).

نتیجه‌گیری: یافته‌های این مطالعه تأییدکننده اثرگذاری صوت بر رفتار میگوی قرمز گیلاسی تحت شرایط آزمایشگاهی می‌باشد. افزایش سطح صوت باعث تغییر در پراکنش مکانی و تا حدی سرعت حرکت میگوها می شود. علاوه بر این، قرار گرفتن در معرض صوت بر بودجه زمان اختصاص یافته برای یافتن منبع غذا تأثیر منفی گذاشت و میگوها زمان بیشتری را برای یافتن منبع غذایی صرف کردند. مطالعه ما نشان می‌دهد که بی‌مهرگان به احتمال زیاد در معرض اثرات اصوات ناشی از عوامل انسانی هستند. پیشنهاد می‌کنیم که صوت پتانسیل افزایش خطرات گرسنگی را دارد و ممکن است متعاقباً اثرات منفی بر زمان فعالیت‌های جستجوی غذا و شکار و

شکارگری داشته باشد. و در نتیجه ممکن است بر جمعیت جانداران مایوفونا و کفزی در زیست‌بوم‌های آبی اثر بگذارد. در نهایت، مطالعه آزمایشگاهی ما نباید مستقیماً با شرایط طبیعت مقایسه شود، بلکه بررسی واکنش‌های رفتاری بی‌مهرگان به محرک‌های صوتی توصیه می‌گردد.

مقدمه

امروزه، توسعه شهری و پیشرفت تکنولوژی در زمینه فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی، از دلایل عمده ایجاد تغییرات در ساختار محیط‌زیست می‌باشند. آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی می توانند به عنوان تهدیدات زیست محیطی به‌طور همزمان و چندجانبه باعث تغییر شرایط فیزیکی و شیمیایی محیط با دامنه‌های متفاوت در بعد زمان و مکان گردیده و اثرات متنوع و گسترده‌ای بر گونه‌های جانوری در زیستگاه‌های خشکی و آبی داشته باشند [۱, ۲] یکی از مهم‌ترین تهدیدات زیست‌محیطی که توسط انسان ایجاد می‌شود، آلودگی‌های صوتی می‌باشد [۳, ۴] اگرچه بسیاری از اصوات دارای منشاء غیرزیستی از جمله رعدوبرق، باد و جریانات آبی هستند، درمقابل بسیاری از گونه‌های جانوری نیز برای اهداف مختلف و در مراحل گوناگون زندگی صوت (اصوات با منشاء زیستی) تولید می کنند [۴, ۵] اما با توجه به افزایش جمعیت جهانی، یکی از منابع عمده و تاثیرگذار، اصوات ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌باشد [۶] که میزان شدت صوت آن شدیدتر و با تکرار فراوانی بیشتر است [۷, ۸]. باتوجه به بیانیه سازمان جهانی بهداشت، اصوات ناشی از فعالیت‌های انسانی یکی از خطرناک‌ترین انواع آلودگی هستند که در اکوسیستم‌های آبی و خشکی درحال گسترش می‌باشند [۹, ۱۰]. از همین رو آلودگی صوتی در محیط‌های خشکی و آبی به عنوان یک عامل استرس‌زا و آلاینده محیطی مهم و جهانی، بصورت شاخص شناخته‌شده می‌باشد [۱۱, ۱۲].

در اکوسیستم‌های آبی، اصوات ناشی از عوامل انسانی به صورت عمدی (مثل؛ فعالیت‌های لرزه‌نگاری جهت کشف منابع نفت و گاز و سونارها جهت شناسایی اهداف نظامی) و غیرعمدی (مثل؛ حفاری های زیرآب، فعالیت‌های کشتیرانی و قایق‌های تفریحی) در محیط‌های دریایی و اقیانوسی تولید می‌شوند [۱۳]. علاوه بر این، در محیط‌های آب شیرین نیز، اصوات ناشی از فعالیت‌های انسانی مثل عبور و مرور قایق‌های تفریحی و صیادی، پمپ‌های هوادهی با توان‌های مختلف در کارگاه‌های تکثیر و پرورش آبزیان و سیستم‌های فیلتراسیون وجود دارد [۱۴, ۱۵]. تمامی منابع صوتی ذکر شده ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌توانند بصورت گسترده‌ای بر گونه‌های آبزیان در شاخه‌های مختلف جانوری تاثیرگذار باشند. بررسی اثر صوت بر بی‌مهرگان، مهره‌داران و پستانداران دریایی مانند سخت‌پوستان و وال‌ها انجام شده‌است [۱۶, ۱۷]. که بنا به یافته‌های اکثر این مطالعات، اصوات می‌توانند بر قابلیت‌های شناگری و حرکتی موجودات آبزی اثرگذار باشند. همچنین اثر صوت بر دریافت غذایی گونه‌های متفاوتی از سخت‌پوستان، ماهیان و پستانداران‌آبزی نیز مطالعه شده است [۱۸-۲۰].

میگوی [۲۱] *Neocaridina davidi* که معمولاً با نام میگوی ردچری یا قرمزگیلاسی شناخته می‌شود، یک گونه‌ی کوچک و صلح جو است که در آب‌های داخلی مختلفی از جمله؛ دریاچه‌ها، آبگیرها، جویبارها و رودخانه‌ها زندگی می‌کند [۲۲]. با اینکه N. davidi بومی کشورهای چین، کره، تایوان و ویتنام است [۲۲-۲۴] اما در کشورهای ایالات متحده امریکا و ژاپن به‌عنوان گونه غیربومی و مهاجم نیز وجود دارد که این به سبب تحمل محدوده وسیعی از تغییرات دمایی و کیفیت آب، توسط این گونه می‌باشد [۲۵, ۲۶]. هم‌چنین *N. davidi* اخیراً در بخشی از رودخانه راین، در کشور آلمان نیز یافت شده است [۲۶]. بسیاری از گونه‌های جنس *Neocaridina* مثل *N. davidi* به‌عنوان آبزیان زینتی در ایران و دنیا، در آکواریوم‌ها استفاده می‌شوند [۲۷, ۲۸]. این سخت‌پوستان معمولاً از جلبک، بیوفیلم، سخت‌پوستان ریز و موادآلی درحال تجزیه (دتریتوس) تغذیه می‌کنند [۲۷, ۲۹, ۳۰]. این درحالی است که با وجود پتانسیل اقتصادی و اهمیت اکولوژیکی در زمینه تجارت آبزیان زینتی و مهاجم بودن این گونه، اطلاعات پایه‌ای کمی در مورد زیست‌شناسی آن وجود دارد [۳۰-۳۲].

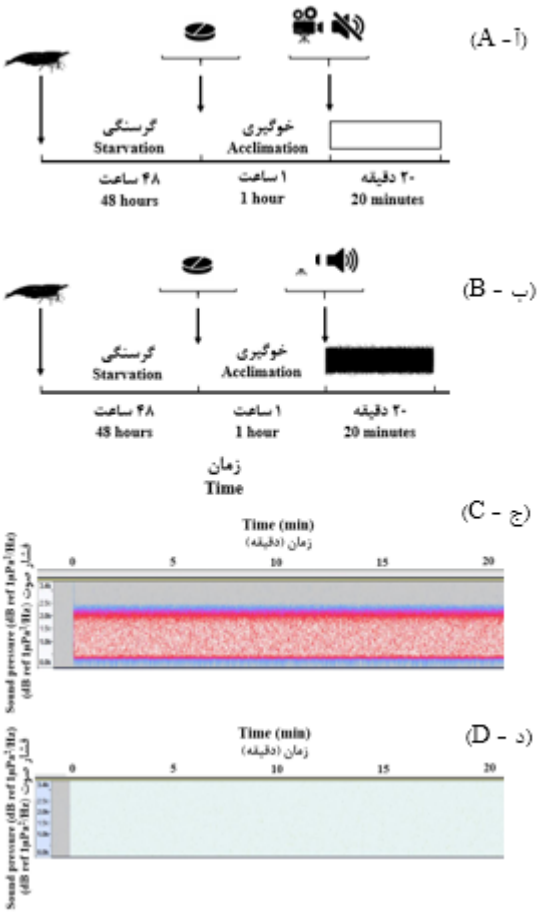
سخت‌پوستان به دلیل سهولت پرورش در محیط آزمایشگاهی، به عنوان جانوران مدل مطرح شده‌اند [۳۳-۳۶]. خصوصاً میگوی قرمز گیلاسی به دلیل کوچک بودن، مراحل پرورش آسان و تولید مثل سریع، از جانوران مطالعاتی بسیار عالی و کارآمد بوده و همچنین بازارپسندی آن در تجارت آبزیان زینتی درحال افزایش می‌باشد [۳۷]. مدل‌های سخت‌پوستان امکان درک گسترده‌تری از رفتار حیوانات را نسبت به مدل‌های خانواده جوندگان شامل موش‌ها (Muridae) با رده بالاتر تکاملی فراهم می‌آورند [۳۸]. مطالعات اخیر ابعاد متعددی از تولیدمثل و تکامل این گونه جانوری ازجمله آسیب‌پذیری تغذیه‌ای را بیان کرده‌اند [۳۲, ۳۹, ۴۰].

گونه‌های زیادی از راسته ده‌پایان وجود دارند که به طور عمدی یا غیرعمدی از آکواریوم‌ها وارد طبیعت شده‌اند [۴۱-۴۳]، در مورد میگوی قرمز گیلاسی، بیشتر بحث غیرعمدی بودن وارد شدن آن به محیط‌های طبیعی به‌عنوان گونه مهاجم مطرح است [۴۴]. این گونه در جریان تجارت حیوانات خانگی در محیط‌های طبیعی جدیدی از جمله آلمان، لهستان و ژاپن گزارش شده است [۲۶, ۴۵, ۴۶]. با توجه به اهمیت بازسازی و حمایت از ذخایر گونه‌های بومی و احتمال اثرگذاری این گونه بی‌مهره بر سایر ذخایر ارزشمند بومی، لزوم مطالعه و شناسایی اختصاصات گونه‌ای، رفتاری و فیزیولوژیکی این گونه، لازم و ضروری به نظر می‌رسد. همان‌طور که ذکر شد میگوی قرمز گیلاسی تولیدمثل سریع با تعداد بالای زاده‌ها دارد [۴۷] که این امر می‌تواند اثرات منفی‌ای بر زیست‌بوم و تنوع زیستی وابسته به آن داشته باشد. بنابراین، علاوه بر محبوبیت این گونه در بین آکواریوم‌داران، فقدان اطلاعات زیست‌شناسی پایه و شرایط بهینه

پرورش آن نیز مطرح می‌باشد. هدف از این مطالعه، بررسی تغییرات شاخص‌های رفتار حرکتی و مدت‌زمان دستیابی به منبع غذایی میگوی قرمز گیلاسی در پاسخ به محرک صوتی با فرکانس مشخص و قابل ادراک در دامنه شنوایی این گونه می‌باشد، شایان ذکر است تاکنون مطالعه‌ای مبنی بر اثر صوت بر رفتارحرکتی و تغذیه‌ای میگوی قرمز گیلاسی (*Neocaridina dividi*) انجام نگرفته است.

روش پژوهش

طول دوره این پژوهش از مهرماه سال ۱۳۹۹ شروع شد و در اردیبهشت‌ماه سال ۱۴۰۰ پایان یافت. آزمایش‌ها با استفاده از یک آکواریوم "نگهداری" و یک آکواریوم "آزمایش" به ترتیب با ابعاد ۲۸×۳۲×۴۸ سانتی‌متر (شکل ۱) و ۳۰×۳۰×۴۰ سانتی‌متر (شکل ۲) انجام شدند. به‌منظور حذف اثر ریتم شبانه‌روزی بر نتایج و پاسخ‌های رفتاری، مراحل همه آزمایش‌ها، به صورت روزانه در ساعات ۱۷ تا ۲۰ عصر انجام پذیرفتند. میگوهای قرمز گیلاسی موردنیاز نیز از یک دسته پرورشی و با سابقه ژنتیکی و روش نگهداری مشابه از فروشگاه آبزیان واقع در شهرستان رشت تهیه شدند. جهت خوگیری و سازگاری با محیط جدید به آکواریوم نگهداری با ابعاد ۲۸×۳۲×۴۸ سانتی‌متر با ضخامت دیواره ۴ میلی‌متر، مجهز به بخاری، بیوفیلتر اسفنجی، خزه، گیاه طبیعی و مصنوعی، نور LED ۱۲ وات با بستر شنی و خاک پلنت مدل پریمیوم منتقل شدند. به منظور سازگاری و خوگیری میگوها با محیط جدید، پس از خریداری به مدت یک هفته در آکواریوم نگهداری با دمای ۱±۲۷ درجه سانتی‌گراد، اکسیژن‌دهی و با غذادهی هر ۱۲ ساعت یکبار با قرص جلبک اسپیرولینا نگهداری شدند. آب مورد استفاده نیز، آب شهری دپو شده و کلرزدایی شده (به‌مدت ۷ روز در مخزن آب جداگانه) بود. پارامترهای شیمیایی و فیزیکی آب نظیر، pH، TDS (Total Dissolved Solids) و دما به ترتیب توسط دستگاه‌های pH سنج (مدل HANNA HI208-02)، TDS سنج (مدل TDS-3، ساخت چین)، دماسنج جیوه‌ای اندازه‌گیری شدند و شدت نور نیز به وسیله دستگاه لوکس‌متر مدل (Digital Lux Meter-GM1010) در ابتدا و انتهای هر تیمار ثبت شد و محل دقیق اندازه‌گیری شدت نور قبل و بعد از انجام هر آزمایش بصورت روزانه و در مکان ثابت در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر از سطح آب و همچنین در کف آکواریوم در بخش مرکزی به ابعاد ۲۰ سانتی‌متر از وسط آکواریوم اندازه‌گیری شد و در در شرایط ثابت pH۷/۲±۲ =، TDS۱±۱۶۰ =، دما = ۱±۲۷ درجه سانتی‌گراد و میانگین شدت نور ۱۱۳/۸±۲ لوکس نگهداری شدند. لازم به ذکر است شرایط فیزیکی و شیمیایی نظیر صوت زمینه، دمای آب، زمان تعویض آب و شدت نور، عدم وجود هورمون‌های استرسی ماهیان و شدت نور برای هردو آکواریوم نگهداری و آزمایش مشابه بود. همچنین طول، وزن و نسبت جنسی میگوها (۱:۱) مشابه در نظر گرفته شدند. همه میگوها در یک دامنه وزنی مشخص و میانگین طول بدن ۲ تا ۲/۵ سانتی‌متر و بالغ بودند. در هر مرحله از آزمایشات برای هر تیمار به تعداد ۳۵ قطعه میگو با تناوب هردو جنس نر و ماده مورد استفاده قرار گرفتند و همچنین جهت حذف اثرات زمان آزمایش بر تیمارها، ترتیب تیمارهای شاهد و صوت بصورت یکی درمیان اعمال شدند.

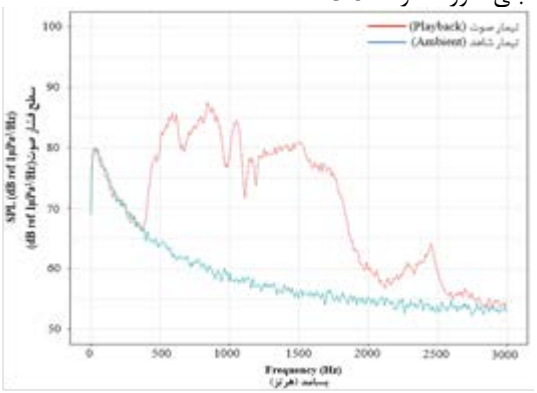


شکل ۱: تصویر آکواریوم نگهداری و اجزای آن
Fig. 1: Picture of stock aquarium and its components
شکل ۲: تصویر آکواریوم آزمایش و اجزای آن
Fig. 2: Picture of experiment aquarium and its components

در این مطالعه از یک تیمار شاهد و یک تیمار صوتی استفاده شد (شکل ۴) که جزئیات آن به قرار زیر می‌باشد: تیمار شاهد: در این تیمار میگو به مدت ۲۰ دقیقه در معرض اصوات محیطی زمینه با شدت‌صوت ۱±۹۶/۵۲ دسی‌بل (Ambient noise) قرارگرفت (شکل ۳- آ، د). تیمار پخش صوت: صوت با دامنه فرکانس ۴۰۰ تا ۲۰۰۰ هرتز با میانگین شدت‌صوت ۱±۱۱۰/۴۰ دسی‌بل به مدت‌زمان ۲۰ دقیقه و با الگوی پیوسته پخش شد (شکل ۳- ب، ج).

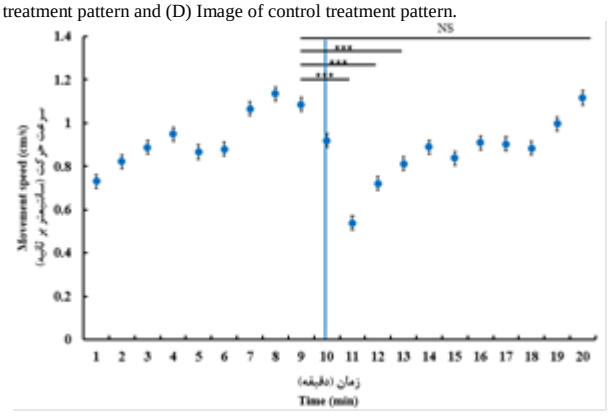
علت انتخاب صوت پیوسته با دامنه فرکانس ۴۰۰ تا ۲۰۰۰ هرتز در این آزمایش، مشابهت این الگوی صوتی پیوسته (شکل ۳ – ج) با اصوات ناشی از پمپ‌های هوادهی و فیلترهای هوا است که معمولاً در محیط‌های پرورشی استفاده می‌شوند و متعاقباً میگوها در معرض این

اصوات قرار می‌گیرند [۱۴]. شایان ذکر است تیمارهای شاهد و صوت به‌وسیله نرم‌افزار (Audacity-win-vr 2.3.1) با فرکانس صوتی‌ای که برای سخت‌پوستان قابل تشخیص و تفکیک باشد تهیه شد و توسط یک دستگاه لپ‌تاپ مدل Lenovo-V110 ساخت کشور چین متصل به بلندگوی زیرآبی دست‌ساز سفارشی با مشخصات (30 W, 10Hz – 10KHz) و به همراه یک آمپلی‌فایر تقویت‌کننده صوت پخش شد. شرایط دوره نوری هردو تانک نیز به صورت (۱۲:۱۲) درنظر گرفته شد. هم‌چنین اندازه‌گیری شدت صوت زیرآب نیز، با دستگاه ضبط‌کننده صوت مدل (TASCAM-DR-100MK2) مجهز به هیدروفون کالیبره شده و به روش کار استاندارد تخصصی قبلی صورت گرفت [۵]



شکل ۳: (آ) تصویر شماتیک الگوی زمانی تیمار شاهد که شامل ۴۸ ساعت گرسنگی، ۱ ساعت خوگیری میگو در تانک آزمایش و ۲۰ دقیقه تیمار شاهد می باشد، (ب) تصویر شماتیک الگوی زمانی تیمار صوت که شامل ۴۸ ساعت گرسنگی، ۱ ساعت خوگیری میگو در تانک آزمایش و ۲۰ دقیقه فیلمبرداری با پخش صوت پیوسته بود. هم‌چنین ۱۰ دقیقه قبل از پخش تیمار صوت نیز فیلم‌برداری صورت گرفت، (ج) تصویر الگوی تیمار صوتی پیوسته و (د) تصویر الگوی تیمار شاهد.

Fig. 3: (A) Schematic diagram of control treatment time pattern which includes 48 hours of starvation, 1 hour of shrimp acclimation in the experiment tank and 20 minutes of control treatment, (B) Schematic diagram of the time pattern of sound treatment, which included 48 hours of starvation, 1 hour of shrimp acclimation in the test tank, and 20 minutes of filming. Also, filming was done 10 minutes before play the sound treatment., (C) Image of continuous sound treatment pattern and (D) Image of control treatment pattern.



شکل ۴: تراکم طیفی قدرت تیمارهای شاهد و صوت. سطوح فشار صوت دو تیمار شاهد و صوت در بازه فرکانسی صفر تا ۳۰۰۰ هرتز. خط آبی و قرمز به ترتیب بیانگر شدت صوت در تیمار شاهد و صوتی می‌باشد.

Fig. 4: Power spectral density (PSD) (window length: 1024, window type: Hann) of ambient and sound treatments. Sound pressure levels in two controls and sound treatments in the frequency range of 0 to 3000 Hz. The blue and red colour represents the ambient (control) and the sound treatment sound pressure levels across frequencies.

در این مطالعه، میگوها (تعداد ۳۵ قطعه در هر تیمار و مجموع ۷۰ قطعه) به مدت ۴۸ ساعت در تانک نگهداری، گرسنگی داده شدند [۴۸]، سپس به منظور خوگیری با تانک آزمایش و با توجه به مشاهدات در مرحله پایلوت پژوهش، ۱ ساعت قبل از آزمایش، میگوها بصورت انفرادی به منطقه شروع در پشت یک صفحه جداکننده در آکواریوم آزمایش منتقل شدند (شکل ۲)، در این زمان منبع غذایی نیز به طرف دیگر صفحه جداکننده اضافه شد. لازم به ذکر است در طی این مدت میگوها غذادهی نشدند [۴۹]. در تیمار صوت، همزمان با برداشته شدن صفحه جداکننده (به مقدار ۲ سانتی متر از کف آکواریوم، جهت کاهش حرکت فیزیکی صفحه جداکننده و کاهش استرس به میگو)، به مدت ۲۰ دقیقه تیمار صوت پخش شد و به هر میگو حداکثر ۱۰ دقیقه زمان داده شد تا منبع غذایی را پیدا کنند. در تیمار کنترل نیز هم‌زمان با برداشته شدن صفحه جداکننده، به مدت ۲۰ دقیقه تیمار کنترل پخش شد و به هر میگو حداکثر ۱۰ دقیقه زمان داده شد تا منبع غذایی را پیدا کنند. شاخص‌های مورد اندازه‌گیری دراین بخش عبارتند از: سرعت حرکت در واحد سانتیمتر بر ثانیه، پراکنش مکانی در واحد ثانیه و مدت زمان یافتن منبع غذایی در واحد ثانیه در دو تیمار صوت و شاهد بررسی و ثبت شدند. با توجه به جایگاه رده‌بندی سیستماتیک گونه جانوری مورد استفاده در این پژوهش (از بی‌مهرگان آبزی) شامل قوانین پژوهش گونه‌های جانوری و صدور کد اخلاق در پژوهش نبوده است. البته تمامی مراحل نگهداری و انجام آزمایش مطابق با شرایط عمومی نگهداری گونه‌های جانوری در محیط‌های کنترل شده بوده است. تلفات شدید یا تغییر شکل ظاهری بدن مشاهده نشد. میگوهای استفاده شده در این پژوهش به آکواریومی دیگر برای انجام تکثیر و سایر مطالعات جانبی منتقل شدند.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار SPSS-25 و Excel-2019 انجام شد. جهت تست نرمال بودن داده‌ها نیز از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف و همگنی داده‌ها از آزمون Levene استفاده شد. هم‌چنین سطح معنی‌داری داده‌ها توسط آزمون t دونمونه‌ای و آزمون t مستقل در سطح ۰/۰۵ مورد ارزیابی قرار گرفت. تصاویر ضبط شده نیز به بزرگنمایی ۱ فریم برثانیه کاهش داده شدند و با استفاده از نرم‌افزار Logger Pro 3.14.1 سرعت حرکت و پراکنش مکانی میگوها نیز تجزیه و تحلیل شد. صوت مورد استفاده نیز توسط نرم‌افزار تخصصی Audacity 2.3.1 تهیه شد.

شرح و بحث

این مطالعه بخشی از پژوهش‌های به هم پیوسته بررسی اثر اصوات ناشی از فعالیت‌های انسانی بر ماهی زبرا (*Danio rerio*) و ماهی سیکلید دریاچه ویکتوریا (*Haplochromis piceatus*) [۵۰-۵۲] و بی‌مهره آب شیرین دافنی (*Daphnia magna*) می‌باشد [۵۳]. در مطالعه حاضر، رفتارهای حرکتی و تغذیه‌ای میگوی قرمز گیلاسی از

جمله: سرعت حرکت، پراکنش‌مکانی و مدت‌زمان یافتن منبع‌غذایی در پاسخ به دو تیمار شاهد و صوت اندازه‌گیری و ثبت شدند. در برخی از نتایج این مطالعه، تغییرات رفتاری مشاهده شده با پخش تیمار صوتی مرتبط نبود. نتایج نشان داد سرعت‌حرکت میگوها در دقیقه انتهایی (۹ ام) قبل از برداشتن صفحه جداکننده نسبت به دقایق اولیه بعد از برداشتن صفحه جداکننده (در هر دو تیمار شاهد و صوت) روند کاهشی نشان داد. از نظر پراکنش مکانی در تیمار شاهد تمایل پراکنشی مکانی و تمرکز مکانی مشاهده نشد اما در تیمار صوت با پخش صوت به شکل معنی‌داری پراکنش میگوها در یک‌سوم سمت چپ آکواریوم (نقطه دورتر از منبع تولید صوت) افزایش یافت. طی مرحله دیگری از آزمایش، مدت زمان یافتن منبع غذایی در تیمار صوت نسبت به تیمار شاهد به شکل معنی‌داری افزایش یافت.

Filiciotto و همکاران (۲۰۱۴) پاسخ‌های رفتاری و بیوشیمیایی خرچنگ خاردار اروپایی (*Palinurus elephas*) را تحت صوت آزمایشگاهی بررسی کردند و بیان کردند سرعت حرکت آنها در تیمار صوت نسبت به تیمار شاهد به شکل معنی‌داری افزایش می‌یابد، که این یافته با نتایج مطالعه حاضر همخوانی ندارد [۵۴]. تفاوت‌ها می تواند ناشی از اختلاف گونه‌ای، تفاوت در اندازه محیط آزمایش نوع صوت و ویژگی‌های آن نیز باشد. از طرفی این تفاوت مشاهده شده رفتاری کاهش سرعت شنا در مطالعه حاضر و افزایش سرعت شنا در مطالعه Filiciotto و همکاران (۲۰۱۴) می‌تواند به دلیل تفاوت در روش‌شناسی و شیوه انجام مراحل این دو آزمایش جهت یافتن پاسخ برای فرضیه‌های علمی متفاوت باشد. همچنین در مطالعه یاد شده شاخص‌های فیزیولوژیکی همچون میزان همولنف گونه مذکور نیز در پاسخ به صوت دستخوش تغییر شد [۵۴]. در مطالعه دیگری De vincenzi و همکاران در سال ۲۰۱۵ با پژوهش بر پاسخ‌های رفتاری و پارامترهای سرعت حرکت و جابجایی خرچنگ خاردار اروپایی (*Palinurus elephas*) در پاسخ به اصوات خاص و مصنوعی ضبط‌شده خود گونه با فرکانس‌های مشخص، مشاهده کردند خرچنگ‌های در معرض اصوات، تغییرات معنی‌داری در پارامترهای سرعت حرکت و مقدار جابجایی نشان می‌دهند اما تحت تأثیر اصوات مصنوعی مثل قایق‌ها تغییرات معنی‌داری مشاهده نشد که این یافته از نظر مقدار جابجایی با مطالعات ما یکسان است [۵۵].

Filiciotto و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای دریافتند صوت ناشی از قایق موتوری در شرایط آزمایشگاهی می‌تواند در رفتار حرکتی میگوی معمولی (*Palaemon serratus*) مانند رویارویی با سایر میگوها، مدت‌زمان استراحت و مدت‌زمان سپری کردن در بیرون و داخل از پناهگاه به شکل معنی‌داری تاثیرگذار باشد. آن‌ها نشان دادند که با پخش تیمار صوتی که مشابه الگو زمانی و دامنه فرکانس تیمار صوت مطالعه حاضر می‌باشد، میگوها مدت زمان بیشتری را در بیرون از محیط پناهگاه خود سپری کرده و به استراحت پرداختند [۵۶]. همینطور Roberts و همکاران (۲۰۱۶) در آزمایشی با بررسی حساسیت خرچنگ راهب (*Pagurus bernhardus*) به لرزش‌ها و اصوات ناشی از فعالیت‌های انسانی در محیط‌های آبی بیان کردند، اصوات با فرکانس پایین و در دامنه شنوایی این گونه (۵-۴۱۰ هرتز) می‌توانند بر سخت‌پوستان دریایی از جمله گونه مورد مطالعه، سبب ایجاد تغییر در پاسخ‌های رفتاری ازجمله، حرکت آنتن‌ها و فعالیت‌های حرکتی گردد، به طوری‌که با شروع تیمار صوت یک توقف در حرکت خرچنگ‌ها دیده شد که این نتیجه با مشاهدات مطالعه حاضر در تیمار صوتی نیز همسو می‌باشد [۵۷]. البته با توجه به نتایج مشاهده کاهش سرعت میگو در هر دو تیمارهای شاهد و کنترل، نویسندگان این مقاله عقیده دارند که مشخصاً این رفتار کاهش سرعت مشاهده شده در حرکت میگو مرتبط با محرک صوتی نبوده است. با توجه به اینکه به محض باز شدن دریچه ورودی و امکان دسترسی میگوها به محیط بزرگتر و فضای در دسترس وسیع‌تر همزمان با پخش تیمارهای شاهد و صوت همراه بوده است به نظر می‌رسد کاهش سرعت شنای میگو بدلیل احساس پتانسیل خطر و نا آشنایی مرتبط با مواجهه با فضای جدید در دسترس بوده است. همانطور که در بخش خوگیری در منطقه شروع این الگوی رفتاری مشاهده گردید.

در مطالعه‌ای بر گونه‌ای دیگر از سخت‌پوستان خرچنگ گرد (*Neohelice granulata*) توسط Filiciotto و همکاران (۲۰۱۸)، نشان داده شده که وضعیت رسیدگی جنسی و حتی جنسیت می تواند در نوع پاسخ رفتاری به صوت تاثیرگذار باشد. به طوری که جنس ماده خرچنگ بالغ در مراحل اولیه رسیدگی جنسی میزان مسافت طی‌شده در محیط آزمایش و سرعت حرکت آنها در تیمار صوتی در مقایسه با تیمار شاهد کمتر بوده است. این درحالی است که جنس ماده خرچنگ بالغ در مراحل نهایی رسیدگی جنسی و جنس نر میزان مسافت طی شده در محیط آزمایشی و سرعت حرکت بیشتری در تیمار صوت نسبت به تیمار شاهد از خود نشان دادند [۱۶].

علاوه بر بررسی اثر صوت بر رفتار حرکتی بی مهرگان، مطالعاتی هم توسط سایر محققین جهت بررسی اثر صوت بر رفتار حرکتی برخی گونه‌های ماهیان بنتیک و وابسته به محیط بستر نیز صورت گرفته است. Kok و همکاران (۲۰۲۱) با مطالعه بر اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت صوت قایق‌موتوری بر رفتار ضدشکارگری گاوماهی شنی (*Pomatoschistus minutus*) در محیط طبیعی دریاچه محل زندگی این گونه بیان کردند در کوتاه‌مدت صوت اثری بر رفتارحرکتی گاوماهی شنی ندارد [۵۸] که این موضوع با یافته‌های مطالعه حاضر همخوانی ندارد. علت آن می‌تواند تفاوت گونه‌ای، توانایی اندام‌های گیرنده صوت، مدت زمان پخش صوت، فرکانس صوت و تفاوت محیط انجام آزمایش باشد. در مطالعه‌ای دیگر بر گونه‌ای دیگر از گاوماهیان (*Pomatoschistus microps*)، Blom و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که اصوات پیوسته منجر به تغییر رفتار حرکتی ماهی‌ها می گردید بطوری که تیمار صوتی باعث افزایش میزان تأخیر در آغاز

فعالیت حرکتی و بازرسی محل لانه در مقایسه با تیمار شاهد شد [۵۹].

Sal Moyano و همکاران (۲۰۲۱) اثر اصوات ناشی از عوامل انسانی (قایق موتوری) و زیستی (سخت‌پوستان و ماهی) بر رفتار جهت‌یابی چهارگونه خرچنگ (*Cyrtograpsus angulatus, C. altimanus, Neohelice granulata, Leptuca uruguayensis*) را بررسی کردند. *C. angulatus* های مگالوپ (Megalopae) و جوان (Juvenile) جهت‌گیری مثبت به سمت اصوات سخت‌پوستان نشان دادند. درحالی که مگالوپ‌ها در مقایسه با خرچنگ‌های جوان گونه مذکور جهت‌گیری به اصوات ماهی نداشتند و همچنین هیچکدام از آنها جهت‌گیری معنی‌داری به سمت صوت قایق‌موتوری نشان ندادند. *N. granulata* های مگالوپ پاسخی به هیچکدام از اصوات نشان ندادند اما جوان‌ها جهت‌گیری منفی به سمت اصوات سخت‌پوستان و قایق‌موتوری داشتند [۶۰] که این مورد در مقایسه با یافته‌های مطالعه حاضر در یک جهت است. *C. altimanus* و *L. uruguayensis* های جوان نیز هیچ پاسخی به اصوات ماهی نشان ندادند. نتایج این مطالعه این فرض را پشتیبانی می‌کند که بی‌مهرگان می‌توانند سیگنال‌های خاص را تشخیص دهند و این امر مهم نقش اصوات را در روابط طعمه و شکارچی برجسته می‌کند. همچنین پاسخ جهت‌گیری رفتاری به صدای قایق موتوری بیانگر اثر منفی اصوات ناشی از عوامل انسانی بر تعاملات‌زیستی گونه‌ها می‌باشد که این امر کاملاً هم‌راستا با مطالعه حاضر می‌باشد. Shafiei Sabet و همکاران (۲۰۱۶) پاسخ‌های رفتاری دو گونه ماهی، زبرا (*Danio rerio*) و سیکلید (*Haplochromis piceatus*) را تحت‌تاثیر صوت بررسی کردند و بیان نمودند پراکنش‌مکانی هیچکدام از دو گونه ماهی با پخش صوت دستخوش تغییر نشدند [۵۲]. Wale و همکاران (۲۰۱۳) با مطالعه اثر صوت شبیه‌سازی‌شده کشتی در شرایط آزمایشگاهی بر رفتار تغذیه‌ای و ضدشکارچی خرچنگ ساحلی (*Carcinus maenas*) دریافتند که در تیمار صوت نسبت به تیمار شاهد خرچنگ‌ها به شکل معنی‌داری زمان بیشتری برای یافتن منبع غذایی صرف می‌کنند که این نتیجه با یافته‌های مطالعه حاضر هماهنگ بود [۴۹].

در مطالعه دیگری توسط Hubert و همکاران در سال ۲۰۱۸ بر روی خرچنگ ساحلی (*Carcinus maenas*) و میگوی معمولی (*Crangon crangon*) بیان شد که اصوات زیرآب ناشی از عوامل انسانی می‌تواند سبب افزایش فعالیت تغذیه‌ای میگو معمولی و کاهش فعالیت تغذیه‌ای خرچنگ ساحلی گردند [۱۹]. در مطالعه حاضر نیز پخش صوت موجب شد به شکل معنی‌داری میگوها زمان بیشتری نسبت به تیمار کنترل برای یافتن منبع غذایی صرف کنند که ازاین نظر با نتایج مربوط با خرچنگ ساحلی(*C. maenas*) در مطالعه Hubert و همکاران (۲۰۱۸) هماهنگی دارد [۱۹]. همینطور با توجه به اینکه مطالعه یاد شده اندازه محیط آزمایش بسیار بزرگ‌تر از مطالعه حاضر بود و میگوها و خرچنگ‌ها بصورت گروهی مورد آزمایش قرار گرفتند، می‌توان احتمال عدم پاسخ میگوها به صوت را مرتبط با پیچیدگی پراکنش مولفه‌های صوتی در فضای آزمایش حاضر و تفاوت احتمالی رفتارهای انفرادی و گروهی گونه‌ها پیشنهاد نمود. البته برای آزمون فرضیه‌های ذکر شده و تأیید علمی آنها، اندازه گیری کامل و پیوسته مولفه‌های صوتی شامل حرکت ذره، ارتعاشات بستر و فشارصوت در محیط آزمایش ضروری می‌باشد. در مطالعه دیگری Shafiei Sabet و همکاران (۲۰۱۹) با مطالعه اثر صوت بر رفتار شناگری گونه سخت‌پوست دافنی (*Daphnia magna*) اثر معنی‌داری از اثر صوت بر رفتارشناگری دافنی مشاهده نکردند که البته اطلاعات علمی و شواهد مستند در خصوص قابلیت درک مؤلفه‌های صوتی در مورد این گونه آبزی هنوز کامل نیست [۶۱]. این یافته‌ها با نتایج مطالعه حاضر همسو نبود. یکی از دلایل آن می‌تواند مربوط به بحث تکامل گونه‌های مختلف سخت‌پوستان و اندام‌های گیرنده لرزش‌ها و حرکت ذرات (Particle motions) باشد. Hubert و همکاران (۲۰۲۱) دریافتند صوت ضبط‌شده قایق‌موتوری در محیط آزمایشگاهی اثر منفی‌ای بر مدت‌زمان پیداکردن منبع غذایی در خرچنگ‌ساحلی (*Carcinus maenas*) نمی‌گذارد. به طوری که در تیمار شاهد و صوت اثر معنی‌داری در مدت‌زمان پیداکردن منبع غذایی توسط خرچنگ‌ساحلی مشاهده نشد و همچنین در فعالیت حرکتی آن نیز تغییرات معنی‌دار مشاهده نشد [۶۲]. نتایج مطالعه یادشده با پژوهش حاضر همخوانی ندارد که از جمله دلایل آن می توان به اندازه و شرایط محیط انجام آزمایش، مدت‌زمان خوگیری، نوع منبع غذایی، ساعات انجام آزمایش، فرکانس و شدت صوت مورد استفاده اشاره کرد.

یافته‌ها

طبق جدول شماره ۱ سرعت حرکت در دو تیمار شاهد و صوت فقط در دقایق ۴، ۷ و ۱۰ معنی‌دار بود ($P<0/05$).

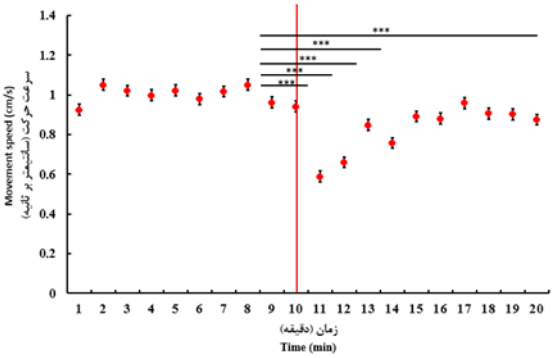
جدول ۱: مقایسه سرعت حرکت ۷۰ قطعه میگو در تیمارهای شاهد و صوت طی مدت زمان ۱۰ دقیقه.

Table 1: Comparison of movement speed of 70 shrimps in control and sound treatments over period of 10 minutes.

	دقیقه اول (Min 1)	دقیقه دوم (Min 2)	دقیقه سوم (Min 3)	دقیقه چهارم (Min 4)	دقیقه پنجم (Min 5)	دقیقه ششم (Min 6)	دقیقه هفتم (Min 7)	دقیقه هشتم (Min 8)	دقیقه نهم (Min 9)	دقیقه دهم (Min 10)	کل ده دقیقه (Total 10 min)
تیمار شاهد (Ambient)	0.532	0.719	0.810	0.889	0.837	0.908	0.903	0.883	0.995	1.115	0.859
تیمار صوت (Playback)	0.589	0.660	0.847	0.757	0.891	0.879	0.958	0.905	0.901	0.874	0.826
سطح معنی‌داری (Significant level)	0.112	0.061	0.092	0.000	0.131	0.098	0.048	0.521	0.057	0.000	0.389

باتوجه به شکل ۵، میانگین سرعت حرکت ۳۵ قطعه میگو در تیمار شاهد در طول ده دقیقه قبل از آغاز پخش تیمار شاهد و ده دقیقه اول پخش تیمار شاهد، سطح معنی‌داری را نشان نمی‌دهد ($P>0/05$). اما در مقایسه دقیقه ۹ ام قبل از برداشتن

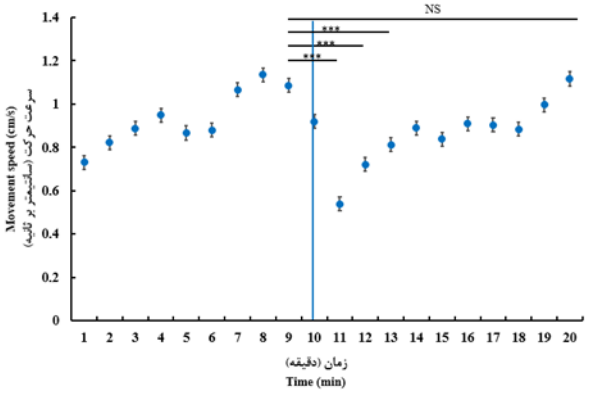
صفحه‌جداکننده (پخش تیمار شاهد) با دقایق ۱۱،۱۲،۱۳ و ۲۰ بعد از برداشتن صفحه‌جداکننده (پخش تیمار شاهد) روشن است که سرعت حرکت، دچار تغییرات معنی‌داری شده است (P<۰/۰۵).



شکل ۵: مقایسه میانگین سرعت حرکت ۳۵ میگو در مدت زمان ۲۰ دقیقه در تیمار شاهد. علامت *** به مفهوم معنی‌داری آماری (P<۰/۰۵) و علامت NS به مفهوم عدم معنی‌داری آماری (P>۰/۰۵) می‌باشد.

Fig. 5: Comparison of the average movement speed of 35 shrimps in 20 minutes in the control treatment. The sign *** means statistically significant (P <0.05) and the NS sign means non-statistical significance (P >0.05)

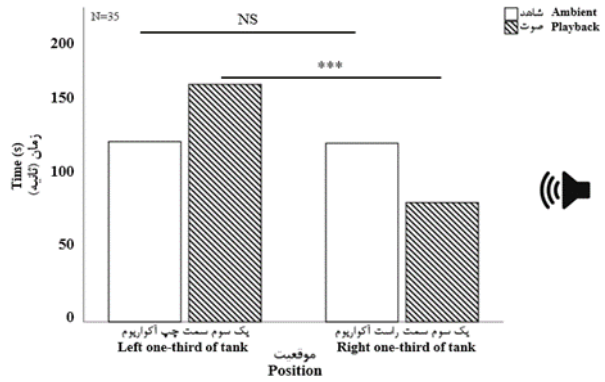
با توجه به شکل ۶، سرعت حرکت ۳۵ قطعه میگو در تیمار صوت در طول ده دقیقه قبل از آغاز پخش صوت و ده دقیقه اول پخش صوت سطح معنی‌داری را نشان نمی‌دهد (P>۰/۰۵). اما در مقایسه دقیقه ۹ ام قبل از برداشتن صفحه‌جداکننده (شاهد) با دقایق ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۲۰ بعداز برداشتن صفحه‌جداکننده (پخش تیمار صوت)، سرعت حرکت میگوها به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (P<۰/۰۵).



شکل ۶: مقایسه میانگین سرعت حرکت ۳۵ میگو در مدت زمان ۲۰ دقیقه در تیمار صوت. علامت *** به مفهوم معنی‌داری آماری (P<۰/۰۵) می‌باشد.

Fig. 6: Comparison of the average movement speed of 35 shrimps in 20 minutes in sound treatment. The sign *** means statistically significant (P <0.05).

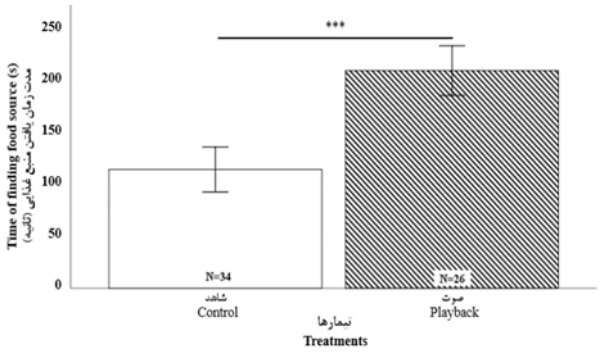
شکل ۷، مدت‌زمان پراکنش ۳۵ قطعه میگو در یک سوم سمت راست (نزدیک منبع تولید صوت) و یک سوم سمت چپ (دور از منبع تولید صوت) را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار در تیمار شاهد پراکنش میگوها در دوسمت آکواریوم یکسان است و تغییرات معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). درحالی که در تیمار صوت به شکل معنی داری پراکنش میگوها در سمت چپ آکواریوم (دورترین فاصله از منبع تولید صوت) افزایش یافت (P<۰/۰۵).



شکل ۷: مقایسه میانگین مدت‌زمان پراکنش مکانی ۳۵ میگو در مدت زمان ۲۰ دقیقه در تیمار شاهد وصوت. علامت *** به مفهوم معنی‌داری آماری (P<۰/۰۵) و علامت NS به مفهوم عدم معنی‌داری آماری (P>۰/۰۵) می‌باشد. علامت بلندگو در سمت راست نمودار نشان‌دهنده موقعیت فیزیکی بلندگو آزمایش می‌باشد.

Fig.7: Comparison of the mean distribution time of 35 shrimps in 20 minutes in the control and sound treatment. The sign *** means statistically significant (P <0.05) and the NS sign means non-statistical significance (P >0.05). The speaker logo on the right side of the graph indicates the physical position of the underwater speaker.

با توجه به شکل ۸، میانگین مدت زمان یافتن منبع غذایی در دو تیمار شاهد و صوت نشان داده‌شده است. شایان ذکر است در تیمار شاهد ۱ قطعه میگو و در تیمار صوت ۹ قطعه میگو در مدت زمان ۱۰ دقیقه موفق به یافتن منبع غذایی نشدند. همچنین با توجه به نمودار، میگوها درتیمار صوت نسبت به تیمار شاهد، به طور معنی‌داری دیرتر منبع غذایی را یافتند (P<۰/۰۵).



شکل ۸: مقایسه میانگین مدت‌زمان یافتن منبع غذایی ۳۶ قطعه میگو در تیمار صوت و ۳۴ قطعه میگو در تیمار شاهد در مدت‌زمان ۱۰ دقیقه. علامت *** به مفهوم معنی‌داری آماری (P<۰/۰۵) است.

Fig. 8: Comparison of the average time to find food source of 26 shrimps in sound treatment and 34 shrimps in control treatment in 10 minutes. The sign *** means statistically significant (P <0.05).

نتیجه‌گیری

در چند دهه گذشته علاقه دانشمندان، سازمان‌های غیر دولتی، دوستداران محیطزیست و بخش‌های مرتبط با قانون گذاری به مطالعه اثرات بالقوه اصوات ناشی از عوامل انسانی بر حیات آبزیان افزایش یافته است. اصواتی که توسط انسان‌ها به هردو محیط‌های

دریایی و آب شیرین وارد می‌شوند، می‌توانند بر الگوهای مهاجرت، رفتار تغذیه‌ای، رفتار تولیدمثل، رفتار جفت‌یابی، ارتباطات درون‌گونه ای اثرگذار باشند. درحال حاضر، نگرانی فزاینده‌ای به سبب اثرات بالقوه این اصوات به قسمت بزرگتری از زی‌توده آبزیان مثل پستانداران دریایی، ماهیان و بی‌مهرگان در حال افزایش است.

در مطالعه حاضر با شبیه‌سازی اصوات با الگوی پیوسته و فرکانس پایین در محیط آزمایشگاهی، اثرات آن را بر رفتار حرکتی و یافتن منبع غذایی یک گونه سخت‌پوست آبزی از راسته ده‌پایان، میگوی قرمز گیلاسی (*Neocaridina davidi*) مورد سنجش قرار دادیم. یافته‌های مطالعه حاضر اثرپذیری میگوی قرمز گیلاسی به اصوات را در شرایط آزمایشگاهی تصدیق می‌کند. به‌طوری که شاهد ایجاد پاسخ‌های رفتاری در این گونه بودیم و اکثر مولفه‌های اندازه‌گیری شده شامل سرعت‌شناگری بعداز بازشدن دریچه، پراکنش مکانی و مدت زمان یافتن منبع غذایی در پاسخ به محرک صوتی دستخوش تغییر شدند و در ادامه سبب ایجاد پاسخ از سمت گونه سخت‌پوست مورد مطالعه گردیدند. اگرچه هنوز به طور قطعی نمی‌توان بیان نمود که تغییرات مشاهده شده در رفتار این گونه و سایر سخت‌پوستان در اثر کدام مؤلفه/مولفه‌های انتشار صوت (حرکت ذره، ارتعاش بستر و فشار) می‌باشد. همچنین اینکه سخت‌پوستان قادر به شناسایی کدام مولفه‌های یاد شده هستند [۶۳].

گونه‌های بی‌مهرگان و سخت‌پوستان معمولاً جزو حلقه‌های ابتدایی زنجیره غذایی در زیست‌بوم‌ها می‌باشند که حفظ و پویایی جمعیت آن‌ها همواره به پایداری و تنوع زیستی زیست‌بوم کمک می‌کند. جهت دستیابی به این مهم، شناخت خصوصیات رفتاری و اثر آلاینده‌های مختلف (در اینجا آلاینده صوتی) بر الگوهای رفتاری آن‌ها حائز اهمیت می‌باشد. مطالعات رفتارشناسی آبزیان و بخصوص اثر اصوات بر سخت‌پوستان برای اولین بار است که به طور تخصصی در ایران انجام می‌شود و با توجه به وجود خلاء های علمی و تحقیقاتی در این زمینه، لزوم استمرار پژوهش‌ها و همکاری‌های علمی در این زمینه در هردو سطح ملی و بین‌المللی حس می‌شود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از تمام اساتید و همکاران دپارتمان رفتارشناسی دانشگاه لایدن کشور هلند که در این پژوهش ما را یاری نمودند صمیمانه تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.»

References

1. Walther GR, Post E, Convey P, Menzel A, Parmesan C, Beebee TJ, et al. Ecological responses to recent climate change. Nature. 2002;416(6879):389-95. **doi:** 10.1038/416389a **pmid:** 11919621
2. Stenseth NC, Mysterud A, Ottersen G, Hurrell JW, Chan KS, Lima M. Ecological effects of climate fluctuations. Science. 2002;297(5585):1292-6. **doi:** 10.1126/science.1071281 **pmid:** 12193777
3. Hildebrand J. Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. Mar Ecol Prog Ser. 2009;395:520. **doi:** 10.3354/meps08353
4. Slabbekoorn H, Bouton N, van Opzeeland I, Coers A, ten Cate C, Popper AN. A noisy spring: the impact of globally rising underwater sound levels on fish. Trends Ecol Evol. 2010;25(7):419-27. **doi:** 10.1016/j.tree.2010.04.005 **pmid:** 20483503
5. Shafiei Sabet S, Van Dooren D, Slabbekoorn H. Son et lumiere: Sound and light effects on spatial distribution and swimming behavior in captive zebrafish. Environ Pollut. 2016;212:480-8. **doi:** 10.1016/j.envpol.2016.02.046 **pmid:** 26963699
6. Slabbekoorn H, Ripmeester EA. Birdsong and anthropogenic noise: implications and applications for conservation. Mol Ecol. 2008;17(1):72-83. **doi:** 10.1111/j.1365-294X.2007.03487.x **pmid:** 17784917
7. Popper AN, Hastings MC. The effects of human-generated sound on fish. Integr Zool. 2009;4(1):43-52. **doi:** 10.1111/j.1749-4877.2008.00134.x **pmid:** 21392276
8. Patricelli GL, Blickley JL. Avian communication in urban noise: causes and consequences of vocal adjustment. Auk. 2006;123(63):9-649. **doi:** 10.1093/auk/123.3.639
9. World Health Organization. Burden of disease from environmental noise: quantification of healthy life years lost in Europe, Geneva, Switzerland. 2011. Available from: https://www.who.int/[Accessed.
10. Andrew RK, Howe BM, Mercer JA, Dzieciuch MA. Ocean ambient sound: Comparing the 1960s with the 1990s for a receiver off the California coast. Acous Res Lett Onl. 2002;3(2):65-70. **doi:** 10.1121/1.1461915
11. Wright SJ, Stoner KE, Beckman N, Corlett RT, Dirzo R, Muller-Landau HC. The Plight of Large Animals in Tropical Forests and the Consequences for Plant Regeneration. Biotro. 2007;39(3):289-91. **doi:** 10.1111/j.1744-7429.2007.00293.x

12. Abdel-Mohsen MO, Paleologos EK, Howari FM. Noise pollution and its impact on human health and the environment. in Pollution Assessment for Sustainable Practices in Applied Sciences and Engineering. Elsevier2021. 975-1026 p.
13. Hildebrand J. Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. Mar Ecol Prog Ser. 2009;395:5-20. **doi:** 10.3354/meps08353
14. Forouharmajd F, Nassiri P, Monazzam MR. Noise pollution of air compressor and its noise reduction procedures by using an enclosure. Int J Environ Hea Engin. 2012;1(2):1-4. **doi:** 10.4103/2277-9183.96143
15. Peng C, Zhao X, Liu G. Noise in the Sea and Its Impacts on Marine Organisms. Int J Environ Res Public Health. 2015;12(10):12304-23. **doi:** 10.3390/ijerph121012304 **pmid:** 26437424
16. Filiciotto F, Sal Moyano MP, de Vincenzi G, Hidalgo F, Sciacca V, Bazterrica MC, et al. Are semi-terrestrial crabs threatened by human noise? Assessment of behavioural and biochemical responses of Neohelice granulata (Brachyura, Varunidae) in tank. Mar Pollut Bull. 2018;137:24-34. **doi:** 10.1016/j.marpolbul.2018.07.023 **pmid:** 30503431
17. Putland RL, Merchant ND, Farcas A, Radford CA. Vessel noise cuts down communication space for vocalizing fish and marine mammals. Glob Chang Biol. 2018;24(4):1708-21. **doi:** 10.1111/gcb.13996 **pmid:** 29194854
18. Jones IT, Peyla JF, Clark H, Song Z, Stanley JA, Mooney TA. Changes in feeding behavior of longfin squid (Doryteuthis pealeii) during laboratory exposure to pile driving noise. Mar Environ Res. 2021;165:105250. **doi:** 10.1016/j.marenvres.2020.105250 **pmid:** 33461106
19. Hubert J, Campbell J, van der Beek JG, den Haan MF, Verhave R, Verkade LS, et al. Effects of broadband sound exposure on the interaction between foraging crab and shrimp - A field study. Environ Pollut. 2018;243(Pt B):1923-9. **doi:** 10.1016/j.envpol.2018.09.076 **pmid:** 30408881
20. Friedlaender AS, Hazen EL, Goldbogen JA, Stimpert AK, Calambokidis J, Southall BL. Prey-mediated behavioral responses of feeding blue whales in controlled sound exposure experiments. Ecol Appl. 2016;26(4):1075-85. **doi:** 10.1002/15-0783 **pmid:** 27509749
21. Bouvier EL. Crevettes de la famille des Atyidés: espèces qui font partie des collections du Muséum d'Histoire Naturelle. Bull. Mus. d'Histo. NATURE. 1904;10:129-38.
22. Wowor D, Cai Y, Ng PKL. Crustacean: Decapoda: Caridea. In: Yule C,Yong, H.S. (Eds.), The Freshwater Invertebrates of Malaysia and Singapore. Malaysia Academ Scie Kuala Lumpur. 2004:337-57.
23. Cai Y. A revision of the genus Neocaridina (Crustacea, Decapoda, Atyidae). Act Zoota Sin. 1996;21(2):129-60.
24. Liang XQ. Fauna Sinica. Invertebrata-Crustacea-Decapoda-Atyidae.Science Press. Beijing, China2004.
25. Niwa N. Invasion and dispersion routes of alien alive freshwater shrimps Neocaridina spp (Caridae Atyidae) and Palaemonidae spp (Caridae). Import Jap Can. 2010;19:75-80.
26. Klotz W, Miesen FW, Hüllen S, Herder F. Two Asian fresh water shrimp species found in a thermally polluted stream system in North Rhine-Westphalia, Germany. Aqu Inv. 2013;8:333-9. **doi:** 10.3391/ai.2013.8.3.09
27. Heerbrandt TC, Lin J. Larviculture of red front shrimp, Caridina gracilirostris (Atyidae, Decapoda). J Wor Aquacul Soci. 2006;37:186-90. **doi:** 10.1111/j.1749-7345.2006.00025.x
28. Turkmen G, Karadal O. The survey of the imported freshwater decapod species via the ornamental aquarium trade in Turkey. J Anim Vet Adv. 2012;11:2824-7. **doi:** 10.3923/javaa.2012.2824.2827
29. Lai HT, Shy JY. The larval development of Caridina pseudodenticulata (Crustacea, Deapoda, Atyidae) reared in the laboratory with a discussion of larval metamorphosis types. Raffles Bull Zool. 2009;20:97-107.
30. Pantaleao JAF, Gregati RA, Da Costa RC, Lopez-Greco LS, Negreiros-Fransozo ML. Post-hatching development of the ornamental 'red cherry shrimp' Neocaridina davidi (Bouvier, 1904) (Crustacea Caridae, Atyidae) underlaboratorial conditions. Aqua Res. 2015:1-17. **doi:** 10.1111/are.12903
31. Pantaleao JAF, Barros-Alves SP, Tropea C, Alves DFR, Negreiros-Fransozo ML, Lopez-Greco LS. Nutritional vulnerability in early stages of the freshwater ornamental red cherry shrimp Neocaridina davidi (Bouvier, 1904)(Caridae: Atyidae). J Crustacean Biol. 2015;35:676-81. **doi:** 10.1163/1937240X-00002357
32. Tropea C, Stumpf L, Lopez Greco LS. Effect of temperature on biochemical composition, growth and reproduction of the

ornamental red cherry shrimp Neocaridina heteropoda heteropoda (Decapoda, Caridea). PLoS One. 2015;10(3):e0119468. **doi:** 10.1371/journal.pone.0119468 **pmid:** 25768918
33. Jalili R, Agh N, Imani A, Noori F. Dietary Chlosterol Requirement of Juvenile Narrow-clawed Crayfish (Astacus leptodactylus) in a Recirculating Aquaculture System. (Persian). J Ocean. 2020;11(42):75-84. **doi:** 10.52547/joc.11.42.75
34. Shafiei Sabet S, Azarm-Karnagh S, Zahrani Azbari F. Investigating Swimming Behaviour of Daphnia (Daphnia Sp) in Response to Light Stimulus. (Persian). J Ocean. 2020;11(41):93-100. **doi:** 10.52547/joc.11.41.93
35. Rehm EJ, Hannibal RL, Chaw RC, Vargas-Vila MA, Patel NH. The crustacean Parhyale hawaiensis: a new model for arthropod development. Cold Spring Harb Protoc. 2009;2009(1):pdb emo114. **doi:** 10.1101/pdb.emo114 **pmid:** 20147009
36. Mykles DL, Hui JH. Neocaridina denticulata: A Decapod Crustacean Model for Functional Genomics. Integr Comp Biol. 2015;55(5):891-7. **doi:** 10.1093/icb/icv050 **pmid:** 26002561
37. Stout JS, Granda CL, Mancuso ML. Changes in activity rates in the cherry shrimp Neocaridina davidi. J Crustacean Biol. 2019;39(6):689-94. **doi:** 10.1093/jcbiol/ruz059
38. Fossat P, Bacque-Cazenave J, De Deurwaerdere P, Delbecque JP, Cattaert D. Comparative behavior. Anxiety-like behavior in crayfish is controlled by serotonin. Science. 2014;344(6189):1293-7. **doi:** 10.1126/science.1248811 **pmid:** 24926022
39. Tropea C, Lopez Greco LS. Female Growth and Offspring Quality over Successive Spawnings in a Caridean Shrimp Neocaridina davidi (Decapoda, Atyidae) with Direct Development. Biol Bull. 2015;229(3):243-54. **doi:** 10.1086/BBLv229n3p243 **pmid:** 26695823
40. Sganga DE, Piana LR, Greco LS. Sexual dimorphism in a freshwater atyid shrimp (Decapoda: Caridea) with direct development: a geometric morphometrics approach. Zootaxa. 2016;4196(1):zootaxa 4196 1 7. **doi:** 10.11646/zootaxa.4196.1.7 **pmid:** 27988685
41. Chucholl C, Pfeiffer M. First evidence for an established Marmorkrebs (Decapoda, Astacida, Cambaridae) population in Southwestern Germany, in syntopic occurrence with Orconectes limosus (Rafinesque, 1817). Aqua Inv. 2010;5:405-12. **doi:** 10.3391/ai.2010.5.4.10
42. Novitsky RA, Son MO. The first records of Marmorkrebs [Procambarus fallax (Hagen, 1870) f. virginalis] (Crustacea,Decapoda, Cambaridae) in Ukraine. Ecol Monte. 2016;5:44-6. **doi:** 10.37828/em.2016.5.8
43. Patoka J, Buřič M, Kolář V, Bláha M, Petrtyl M, Franta P. Predictions of marbled crayfish establishment in conurbations fulfilled: Evidences from the Czech Republic. Biol Bull. 2016;71:1380-5. **doi:** 10.1515/biolog-2016-0164
44. Weiperth A, Gábris V, Danyik T, Farkas A, Kuříková P, Kouba A. Occurrence of non-native red cherry shrimp in European temperate waterbodies: a case study from Hungary. Knowl Man Aqua Eco. 2019;420:1-7. **doi:** 10.1051/kmae/2019002
45. Nishino M, Niwa N. Invasion of an alien freshwater shrimp Neocaridina denticulata sinensis to Lake Biwa: Omia (Lake Biwa Research Institute News).2004.
46. Jabłońska A, Mamos T, Gruszka P, Szlauer-Łukaszewska A, Grabowski M. First record and DNA barcodes of the aquarium shrimp, Neocaridina davidi, in Central Europe from thermally polluted River Oder canal, Poland. Knowl Man Aqua Eco. 2018;419(14):1-5. **doi:** 10.1051/kmae/2018004
47. Schoolmann G, Arndt H. Population dynamics of the invasive freshwater shrimp Neocaridina davidi in the thermally polluted Gillbach stream (North Rhine-Westphalia, Germany). Limno. 2018;71:1-7. **doi:** 10.1016/j.limno.2018.05.001
48. Weber S, Traunspurger W. Influence of the ornamental red cherry shrimp Neocaridina davidi (Bouvier, 1904) on freshwater meiofaunal assemblages. Limno. 2016;59:155-61. **doi:** 10.1016/j.limno.2016.06.001
49. Wale MA, Simpson SD, Radford AN. Noise negatively affects foraging and antipredator behaviour in shore crabs. Anim Behav. 2013;86(1):111-8. **doi:** 10.1016/j.anbehav.2013.05.001
50. Shafiei Sabet S, Neo YY, Slabbekoorn H. The effect of temporal variation in sound exposure on swimming and foraging behaviour of captive zebrafish. Anim Behav. 2015;107:49-60. **doi:** 10.1016/j.anbehav.2015.05.022
51. Mohsenpour SR, Shafiei Sabet S. The effect of increased sound levels with different temporal patterns on swimming behaviour of Zebrafish (Danio rerio). (Persian). J Nat Environ. 2021;73(24):805-18.
52. Shafiei Sabet S, Wesdorp K, Campbell J, Snelderwaard P. Behavioural responses to sound

exposure in captivity by two fish species with different hearing ability. Anim Behav. 2016;116:1-11. **doi:** 10.1016/j.anbehav.2016.03.027
53. Shafiei Sabet S, Azarm-Karnagh S, Zahrani-Azbari F. Effects of light and sound stimuli on spatial distribution and swimming activity of Daphnia under laboratory conditions. (Persian). Jour Acous Soci Ir. 2021;2(8):1-11.
54. Filiciotto F, Vazzana M, Celi M, Maccarrone V, Ceraulo M, Buffa G, et al. Behavioural and biochemical stress responses of Palinurus elephas after exposure to boat noise pollution in tank. Mar Pollut Bull. 2014;84(1-2):104-14. **doi:** 10.1016/j.marpolbul.2014.05.029 **pmid:** 24910186
55. De Vincenzi G, Maccarrone V, Filiciotto F, Buscaino G, Mazzola S. Behavioural responses of the European Spiny lobster, palinurus elephas (Fabricius, 1787), to conspecific and synthetic sounds. Crustaceana. 2015;88(5):523-40. **doi:** 10.1163/15685403-00003430
56. Filiciotto F, Vazzana M, Celi M, Maccarrone V, Ceraulo M, Buffa G. Underwater noise from boats: Measurement of its influence on the behaviour and biochemistry of the common prawn (Palaemon serratus, Pennant 1777). J Exp Mar Biol Ecol. 2016;478:24-33. **doi:** 10.1016/j.jembe.2016.01.014
57. Roberts L, Breithaupt T. Sensitivity of Crustaceans to Substrate-Borne Vibration. Adv Exp Med Biol. 2016;875:925-31. **doi:** 10.1007/978-1-4939-2981-8_114 **pmid:** 26611051
58. Kok ACM, Hulten DV, Timmerman KH, Lankhorst J, Visser F, Slabbekoorn H. Interacting effects of short-term and long-term noise exposure on antipredator behaviour in sand gobies. Anim Behav. 2021;172:93-102. **doi:** 10.1016/j.anbehav.2020.12.001
59. Blom EL, Kvarnemo C, Dekhla I, Schold S, Andersson MH, Svensson O, et al. Continuous but not intermittent noise has a negative impact on mating success in a marine fish with paternal care. Sci Rep. 2019;9(1):5494. **doi:** 10.1038/s41598-019-41786-x **pmid:** 30940841
60. Sal Moyano MP, Ceraulo M, Hidalgo FJ, Luppi T, Nuñez J, Radford CA. Effect of biological and anthropogenic sound on the orientation behavior of four species of brachyuran crabs. Mar Ecol Prog Ser. 2021;669:107-20. **doi:** 10.3354/meps13739
61. Shafiei Sabet S, Azarm Karnagh S, Zahrani Azbari F. Experimental test of sound and light exposure on water flea swimming behaviour. Proc Meet Acous. 2019;37(1):010015. **doi:** 10.1121/2.0001270
62. Hubert J, van Bemmelen JJ, Slabbekoorn H. No negative effects of boat sound playbacks on olfactory-mediated food finding behaviour of shore crabs in a T-maze. Environ Pollut. 2021;270:116184. **doi:** 10.1016/j.envpol.2020.116184 **pmid:** 33360067
63. Breithaupt T, Tautz J. The sensitivity of crayfish mechanoreceptors to hydro- dynamic and acoustic stimuli. In: Wiese K, Krenz W.D, Tautz J, Reichert H, Mulloney B. (eds.) Frontiers in Crustacean Neurobiology. Birkhauser, Basel. 1990:114-20. **doi:** 10.1007/978-3-0348-5689-8_12

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

ساسان آذرم کرنق دانشجوی مقطع کارشناسی‌ارشد علوم و مهندسی شیلات، گرایش بوم‌شناسی آبزیان در دانشکده منابع‌طبیعی دانشگاه گیلان می‌باشند. ایشان مدرک کارشناسی خود را در رشته علوم و مهندسی شیلات در سال ۱۳۹۸ از دانشگاه گیلان دریافت نموده‌اند. پس از چاپ مقالات علمی متعدد در مجلات و کنفرانس‌های علمی داخل و خارج از کشور و ثبت فناوری‌های متعدد در پارک علم و فناوری استان گیلان، در همان سال ۱۳۹۸ با پذیرش استعداد درخشان وارد مقطع کارشناسی‌ارشد در دانشگاه گیلان شدند و درحال حاضر با راهنمایی دکتر سعید شفیعی‌ثابت مشغول پژوهش در زمینه رفتارشناسی آبزیان هستند.

Azarm-Karnagh, S. M.Sc Student, Aquatic Ecology, University of Guilan, Rasht, Iran
(*sasanazarm721@gmail.com*
https://orcid.org/0000-0003-1710-1150

لورا لوپز کرگو دانشیار گروه تنوع‌زیستی و زیست‌شناسی تجربی در دانشگاه بوینس‌آیرس کشور آرژانتین می باشد. ایشان از سال ۲۰۰۴ عضو هیئت علمی دانشکده علوم طبیعت دانشگاه بوینس‌آیرس مشغول به کار اند و علاوه بر آن در انستیتوی تنوع زیستی و زیست تجربی و کاربردی و شورای ملی تحقیقات علمی و فنی دانشگاه بوینس آیرس نیز فعالیت دارند. تا به امروز بیش از صدها مقاله علمی در مجلات و کنفرانس‌های بین‌المللی به چاپ رساندند. زمینه تخصص ایشان عبارتند از: جانورشناسی، آناتومی، بافت‌شناسی، زیست‌شناسی رشد و تولیدمثل، رشد و تغذیه سخت‌پوستان راسته ده‌پایان.

Lopez-Greco, L. Associate Professor, Biology, University of Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina
(*laura_lopez_greco@hotmail.com*
https://orcid.org/0000-0003-2921-497X

سعید شفیعی ثابت استادیار گروه شیلات دانشکده منابع‌طبیعی در دانشگاه گیلان می‌باشند. ایشان مدرک دکترای زیست‌شناسی رفتاری خود را در سال ۱۳۹۵ از دانشگاه لایدن کشور هلند و مدرک کارشناسی‌ارشد علوم و مهندسی شیلات را در سال ۱۳۸۹ از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان دریافت نمودند. از سال ۱۳۹۵ در دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان به‌عنوان عضو هیئت علمی مشغول به فعالیت‌اند. تاکنون بیش از ده‌ها مقاله علمی در مجلات و کنفرانس‌های علمی معتبر ارائه نموده و داوری بیش از صدها مقاله را در کمیته‌های علمی مجلات و کنفرانس‌های ملی و بین المللی برعهده گرفتند. زمینه تخصص ایشان عبارتند از: رفتارشناسی ماهیان و سایر آبزیان، زیست صوت، اثر اصوات ناشی از عوامل انسانی بر آبزیان، رفتار شکار و شکارگری آبزیان، ارزیابی شاخص‌های رفاه در آبزیان، رفتارهای مرتبط با استرس در آبزیان.

Shafiei Sabet, S. Assistant Professor, Behavioural Biology, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran
(*s.shafiei.sabet@guilan.ac.ir*
https://orcid.org/0000-0001-5919-2527

Citation Azarm-Karnagh, S. Lopez-Greco, L. Shafiei Sabet, S. The Influence of Sound Exposure on Movement and Food-finding behaviour of red cherry shrimp Neocaridina davidi. J Oceanography.2022; 13(**50**): 29-44

http://doi.org/10.52547/joc.13.50.29

https://orcid.org/0000-0002-8311-5238

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.