اثرات آلودگی صوتی بر برخی شاخص‌های رشد و بازماندگی بچه‌ماهی شیپ (*Acipenser nudiventris*)

لیلا چراغعلیزاده[1*]
مهدی شمسایی[2]
یاسر عبدالله تبار[3]
طاهر شعبانی[4]
محمود شکوریان[5]

۱. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات تهران، دانشجوی کارشناسی ارشد شیلات، تهران، ایران
۲. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات تهران، استادیار گروه شیلات، تهران، ایران
۳. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات تهران، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد شیلات، تهران، ایران
۴. دانشگاه پیام نور، واحد تهران شرق، دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیک جامد، تهران، ایران
۵. انستیتو تحقیقات بین الملل ماهیان خاویاری دکتر دادمان، کارشناس ارشد شیلات، رشت، ایران

[*] مسئول مکاتبات:
leilacheraghalizadeh@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۲۴

چکیده

به منظور بررسی آلودگی صوتی بر برخی فاکتورهای رشد و بقاء بچه‌ماهی شیپ (*Acipenser nudiventris*) آزمایشی ۴۰ روزه در سال ۱۳۹۱ در قالب یک طرح کاملا تصادفی با سه تیمار در سه تکرار شامل تیمار شاهد با تراز شدت صوت ۶۰ دسی بل dB)) و دو تیمار دیگر با تراز شدت صوت ۸۰ و ۱۰۰ دسی بل مورد بررسی قرار گرفت. ۹۰ عدد بچه ماهی با میانگین وزن و طول اولیه به ترتیب۱۸/۷ گرم و ۱۴/۹سانتی‌متر برای این طرح در نظر گرفته شد. بچه‌ماهیان در ۹ عدد آکواریوم شیشه‌ای به ابعاد ۴۵×۴۰×۷۰ سانتی‌متر که با آب چاه پر شده بودند مورد آزمایش قرار گرفتند. عملیات زیست‌سنجی ماهی‌ها هر۱۰ روز یک‌بار صورت پذیرفت و در آن فاکتورهای وزن، طول، نرخ رشدویژه، ضریبچاقی و نرخ بقاء بررسی شدند. در پایان آزمایش بررسی آزمون دانکن، بیانگر اختلافات معنی‌داری بین میانگین فاکتورهای درصد افزایش وزن، درصد افزایش طول، نرخ رشدویژه و نرخ بقاء بود که تیمار شاهد دارای بیشترین میانگین و تیمار دوم و سوم به ترتیب در مقام دوم و سوم (مقدار عددی) قرار داشتند ($P<۰/۰۵$). شاخص ضریب‌چاقی نیز اختلافات معنی‌داری را نشان داد و کمترین مقدار مربوط به تیمار شاهد است ($P<۰/۰۵$).

واژگان کلیدی: آلودگی صوتی، رشد، *Acipenser nudiventris*

مقدمه

یکی از مهم‌ترین موج‌هایی که هر موجودی در زندگی روزمره دریافت می‌کند، امواج صوتی است که این امواج توسط سیستم شنوایی موجودات از محیط دریافت می‌شود (Popper, 2003; Popper *et al*., 2004) بلندی و کوتاهی این امواج بستگی به شدت امواج دارد که مقدار آن با واحد دسی‌بل (دسی‌بل) نشان داده می‌شود. امواج شنوایی از صفر دسی‌بل شروع می‌شود و با بالا رفتن امواج، قدرت صوت و فشار صوت نیز چند برابر می‌شود (Scholik and Yan, 2001; Amoser and Ladich, 2003). هر صوتی دارای فرکانس صوتی (تعداد نوسان در ثانیه) می‌باشد که در فیزیک با HZ مشخص می‌گردد. هر چه تعداد نوسانات در ثانیه بیشتر باشد اصوات زیرتر است

Archive of SID

www.SID.ir

(Smith *et al*., 2006). صدای تولید شده از یک قایق معمولی می‌تواند ماهی‌ها را ناشنوا کند. قرار گرفتن در معرض انواع مختلف سر و صدا در تراز شدت صوت بین ۱۴۲ تا ۱۷۰ دسی‌بل سبب کاهش شنوایی موقت در ماهیان و در برخی موارد، آسیب شدیدی به بخشی از سلول‌های اپیتلیوم گوش داخلی وارد می‌شود (Wysocki *et al*.,2006 ;Huntingford *et al*., 2006). علاوه بر این، واکنش‌های هورمونی ایجاد شده که حاصل استرس ناشی از سر و صدا است نیز مشکلاتی در ماهیان ایجاد می‌کند. در آزمایشاتی که بر همین مبنا در ماهیان مختلف انجام شد نشان داد که ماهی آزاد اقیانوس اطلس در معرض تراز شدت صوت ۱۴۰ دسی‌بل، باس دریایی، در ۱۳۰ دسی‌بل و ماهی قرمز در۱۰ دقیقه اول و کپور معمولی و ماهی قنات در ۳۰ دقیقه اول با تراز شدت صوت ۱۵۳دسی‌بل دچار اثرات زیان‌آور بر میزان هم‌آوری، رشد، بلوغ جنسی، تولید مثل، مرگ و میر، سرعت سوخت و ساز، دفع بیشتر آمونیاک و مصرف بیشتر اکسیژن شده‌اند (Codarin *et al*., 2009; Consten *et al*., 2002). در آزمایشات دیگری نشان داده شده که بیشترین انتقال صوت که حدود ۱۵۳ دسی‌بل است، در مخازن فایبر گلاس انجام می‌شود و این عدد در استخرهای بتنی در حدود ۱۰۰ دسی‌بل و درracrway بتنی حدود ۱۲۰ دسی‌بل در هوا و در تانک‌هایی که در دیواره آن‌ها از پشم شیشه استفاده شده است ۱۳۵ دسی‌بل می‌باشد و این در حالی است که در بیشتر کارگاه‌های تکثیر برای سهولت در احداث و صرفه‌جویی در وقت و سرمایه از مخازن فایبر گلاس استفاده می‌شود که این امر می‌تواند بر روی باروری تخم‌ها و طول عمرگونه‌هایی که با انتشار صداها و علائم ویژه‌ای جفت‌یابی می‌کنند اثرات منفی برجای بگذارد (Davidson, 2007; Bart *et al*., 2001). تاکنون بیش از ۱۰۰ گونه ماهی شناسایی شده‌اند که قادرند با یکدیگر ارتباط صوتی برقرار کنند و در این ارتباطات اطلاعات مربوط به شکار و شکارچی را تبادل کرده، مسیرحرکت را به هم نشان دهند و پیام‌های دوستانه رد و بدل کنند. همچنین برخلاف آنچه که تصور می‌شود دریا دنیای ساکتی نیست. به طوری که در آب سرعت صوت پنج برابر سریع‌تر از هوا است و تا مسافت‌های دورتری شنیده می‌شود. سرعت صدا در آب می‌تواند به حدود هزار و پانصد متر بر ثانیه برسد (Amoser and Ladich *et al*., 2003 ; Abaida *et al*., 2012). تحقیقات نشان می‌دهد که صدای حاصل از فعالیت‌های انسان از صداهای طبیعی بسیار بیشتر است و این موجب می‌شود که گونه‌های دریایی نتوانند صداهای طبیعی را به خوبی بشنوند (Meyer *et al*., 2010, 2012). علاوه بر آسیب‌های وارده به سیستم شنوایی و قطع کانال‌های ارتباطی میان اعضای گروه‌های یک گونه، صدای حاصل از تردد اثرات منفی دیگری نیز برجای می‌گذارد به طوری که عادات طبیعی برخی ماهی‌ها در اثر این صداها مختل شده و مشکلات جدی برای مسیریابی و تهیه غذا برای این گونه‌ها ایجاد می‌کند (Barton and Iwama, 1991). علاوه بر اینکه ماهی‌ها در زیستگاه طبیعی با سر و صداهای انسانی بسیاری مواجه هستند با افزایش سطح پرورش ماهی نیز سر و صدا زیادتر خواهد شد به خصوص در مقیاس تجاری، فشردگی تولید تاسیسات آبزی‌پروری و بهره‌گیری از تجهیزاتی از قبیل هواده، پمپ‌های آب و هوا به ویژه در فرکانس‌های پایین آلودگی صوتی شدید ایجاد می‌کنند (Davidson *et al*., 2007) ماهی مورد آزمایش در این تحقیق بچه‌ماهی خاویاری شیپ می‌باشد. دریای خزر محل اصلی زندگی تاس‌ماهیان بوده و پراکندگی این ماهیان در ایران مختص به حوزه جنوبی دریای خزر و رودخانه‌هایی همچون سفیدرود و گرگان‌رود می‌باشد (آذری تاکامی، ۱۳۸۸). این ماهیان از دیر باز به عنوان منبعی ارزشمند از گوشت و خاویار شناخته شده‌اند (آذری تاکامی، ۱۳۸۸; Nelson, 2006) در میان پنج گونه عمده ماهیان خاویاری دریای خزر (فیل ماهی (*Huso huso*)، تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*)، تاس‌ماهی روسی (*Acipenser guldenstaedti*)، شیپ و ازون برون (*Acipenser stellatus*) تکثیر فیل ماهی و به خصوص شیپ، به دلیل محدودیت ذخایر مولدین آن‌ها در حوزه جنوبی خزر از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردار می‌باشد. در این تحقیق سعی شده است که اثرات طولانی مدت آلودگی صوتی بر روی رشد بچه‌ماهی خاویاری شیپ بررسی شود.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

ابتدا برای ایجاد صداهای مورد نیاز برای تیمارهای مختلف می‌بایست صدایی تولید می‌شد که علاوه بر ایجاد آلودگی صوتی با صداهای ناخواسته‌ایی که جزء آلودگی‌های صوتی کارگاه‌های تکثیروپرورش است مطابقت داشته باشد. به همین دلیل با استفاده از نرم‌افزار صوتی Sound forge pro 10 که به طور دیجیتال قدرت ترکیب چند صدا را دارد از ترکیب چند صدای مختلف و اضافه نمودن تک صداهایی همچون روشن شدن کامیون و موتور سیکلت با فاصله‌های زمانی مشخص به صدای زمینه از صدای آماده با نام شلوغی متعارف که در جدول ۱ آورده شده استفاده شد و تک صداهایی به فاصله زمانی ۱۵ دقیقه یک‌بار به صدای زمینه پیوست شد و صدای مورد نظر انتخاب شده و تنظیمات لازم بر روی صدای زمینه انجام شد و با توجه به جدول شماره ۱ برای تیمار شاهد تراز شدت صوت ۶۰ دسی‌بل برای دو تیمار دیگر ۸۰ و ۱۰۰ دسی‌بل در نظر گرفته شد و صدای مورد نظر بطور جداگانه بر روی سه CD ضبط شد و بوسیله نرم افزار دسی‌بل‌متر که بر روی یک گوشی موبایل (NOKIA-N73) نصب شده بود، فقط تراز شدت صوت برای هر تیمار تغییر یافت و اندازه‌گیری شد و بلندگوها بر روی تراز شدت صوت مورد نظر تنظیم شدند.

در مرحله بعد، مخازن پرورشی با دقت لازم مستقر شدند تا بر هم نهی صوتی ایجاد نشود و تداخل امواج صوتی باعث تغییر فرکانس و تغییر کیفیت صدای تولید شده نشود. لذا برای جلوگیری از این مشکل هر تیمار در محیط جداگانه با شرایط فیزیکی یکسان قرار گرفتند. چشمه‌های صوتی از سه ضبط صوت (DHC-FLX5D SONY) تشکیل شده بودند که صداهای تولید شده از این سه چشمه از طریق بلندگوهایی به مخازن انتقال می‌یافت و از آنجا که برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شده بود از ۹ بلندگو (PERFECT- 2105) استفاده شد که هر بلندگو در فاصله ۵۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر از مخازن مستقر شدند. صداها به مدت ۳ ساعت در روز بطور مداوم و بی وقفه پخش شد. لازم به ذکر است که ماهیان قبل از اجرای آزمایش به مدت دو هفته در محیطی آرام و به دور از ازدحام قرار گرفتند. پس از این مرحله ۹ عدد آکواریوم با ابعاد ۴۵×۴۰×۷۰ سانتی‌متر به عنوان کرت آزمایشی در نظر گرفته شد و پس از پر شدن با آب چاه در کارگاه ناکتا آکواریوم تهران مستقر گردید. این پژوهش در قالب یک طرح آزمایشی با ۳ تیمار و ۳ تکرار اجرا شد. در طی انجام این مطالعه، پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب از جمله اکسیژن محلول (اکسیژن متر مدل SDL150) و دما با ترمومتر ضد آب (IP67) و pH (با دستگاه pH-212) و NO2 (دستگاه پلاروگرافی مدل ۷۹۷ Metrohm) در طول دوره پرورش به منظور کنترل شرایط محیطی پرورش به دقت اندازه‌گیری شدند. برای اجرای این آزمایش۹۰ عدد بچه ماهی شیپ (*Acipenser nudeventris*) با میانگین وزن ۱۸/۶گرم و میانگین طول ۱۴/۹ سانتی‌متر که همگی از موسسه تحقیقات دادمان گیلان تهیه شده بودند و بوسیله پلاستیک‌های دو جداره مخصوص که اکسیژن‌دهی شده بودند، در کمترین زمان ممکن به تهران منتقل شدند و پس از هم دمایی، با متیلن بلو ۴ درصد ضد عفونی شده و به مخازن پرورشی انتقال یافتند. برای تغذیه ماهیان نیز از غذای تجاری (Skereting) با اندازه ۵ میلی‌متر استفاده شد. عملیات زیست‌سنجی بچه‌ماهیان آزمایشی هر ۱۰ روز یک‌بار انجام می‌گرفت. طول بچه ماهیان با خط کش معمولی با دقت یک میلی‌متر و وزن آن‌ها به وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری می‌شد. در پایان آزمایشات فاکتورهای درصد بازماندگی (SR) و شاخص‌های رشد مانند، نرخ رشد ویژه (SGR)، ضریب چاقی (FC) به روش‌های زیر محاسبه شد. (EIFAC, UINS and ICES, 1982; Tacon,1990).

$SR=Nf-Ni/Ni\times100$ Nf = تعداد ماهیان نهایی Ni= تعداد ماهیان اولی

$FC= (W/L^3)\times100$ L= طول ماهی (سانتی‌متر) W= وزن ماهی (گرم)

$SGR(\%)= (Ln\ Wf - Ln\ Wi / D) \times 100$ Wf= وزن نهایی ماهی Wi= وزن اولیه ماهی D= طول دوره آزمایش

Archive of SID

www.SID.ir

داده‌های خام بدست آمده از هر یک از کرت‌های آزمایشی در هر یک از زیست‌سنجی‌ها به جدول مخصوص همان کرت منتقل شد. سپس این داده‌ها در جداول Excel برای هر یک از تکرارهای تیمار مختلف دسته‌بندی و مرتب گردید. آنالیز واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS در سطوح آماری ۱ و ۵ در صد مورد بررسی قرار گرفت و وجود یا عدم وجود اختلافات معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی بررسی و تعیین گردید. سپس برای تعیین مناسب‌ترین صوت در این تیمارهای آزمایشی از آزمون مقایسه میانگین های دانکن در نرم‌افزار فوق الذکر استفاده گردید. جهت تعیین رابطه بین فاکتورهای اندازه‌گیری شده تحت تاثیر تیمارهای غذایی نیز از همبستگی ساده داده‌ها در نرم‌افزار SPSS استفاده گردید.

نتایج

جدول شماره ۲ پارامترهای فیزیکوشیمیایی اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد. جدول شماره ۳ نیز حاوی اطلاعات مربوط به مقایسه میانگین شاخص‌های بررسی شده در تیمارهای مختلف می‌باشد.

جدول ۲: فاکتورهای فیزیکو شیمیایی اندازه‌گیری شده در طول دوره پرورش ماهی شیپ (*Acipenser nudiventris*) در سال ۱۳۹۱.

پارامتر	دما	اکسیژن محلول	pH	NO_2	NH_4	CO_2
میانگین	۲۲/۳±۱۶/۱	۶/۳±۱/۱	۸/۳±۰/۶	۰/۱±۰/۵	۰/۱±۰/۴۲	۹±۱/۱

جدول ۳: مقایسه میانگین شاخص‌های بررسی شده ماهی‌شیپ (*Acipenser nudiventris*) در تیمارهای مختلف درطول دوره ۴۰ روزه پرورش در سال ۱۳۹۱.

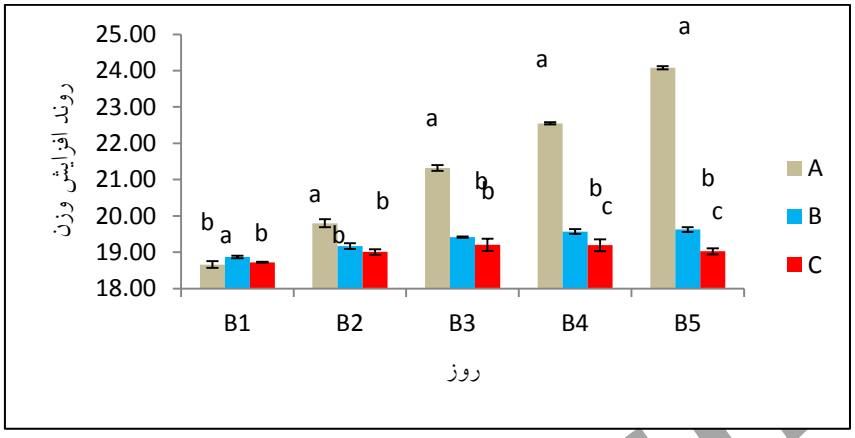
تیمار / شاخص	A	B	C
در صد افزایش وزن	۲۴/۰۸±۰/۰۴۳[a]	۱۹/۶۳±۰/۰۶۷ [b]	۱۹/۰۳±۰/۰۸۳ [c]
در صد افزایش طول	۱۸/۷۳±۰/۲۷ [a]	۱۵/۹۰±۰/۰۵[b]	۱۵/۳۱±۰/۰۱ [c]
ضریب چاقی	۰/۳۷±۰/۰۱۶ [c]	۰/۴۹±۰/۰۰۶[b]	۰/۵۳±۰/۰۰۳ [a]
نرخ رشد ویژه	۰/۰۹۸±۰/۰۰۱ [a]	۰/۰۰۵±۰/۰۰۰۵ [b]	۰/۰۱۵±۰/۰۰۷ [c]
نرخ بقاء	۹۱/۶±۱۱/۷[a]	۶۲/۵±۴/۴۴۴ [b]	۵۸/۳±۴/۴۴۴ [c]

در تمام جداول حروف A، B و C بیانگر A (تیمار شاهد)، B (تیمار۸۰ دسی‌بل) و C (تیمار ۱۰۰ دسی‌بل) می‌باشد.

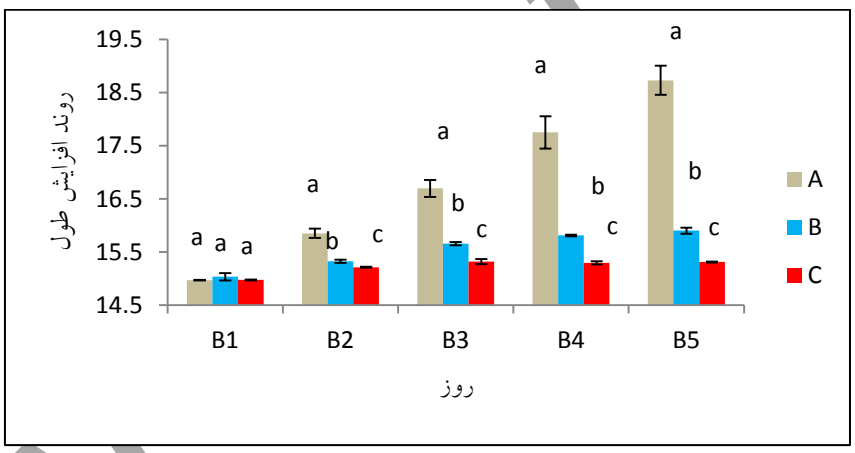
Archive of SID

www.SID.ir

نتایج آزمون دانکن صفات مختلف طی دوره‌های زمانی ۱۰روزه و نیز طی کل دوره آزمایشی در شکل‌های ۱ تا ۵ آورده شده است که در این شکل‌ها حروف ناهمسان مبین وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است.



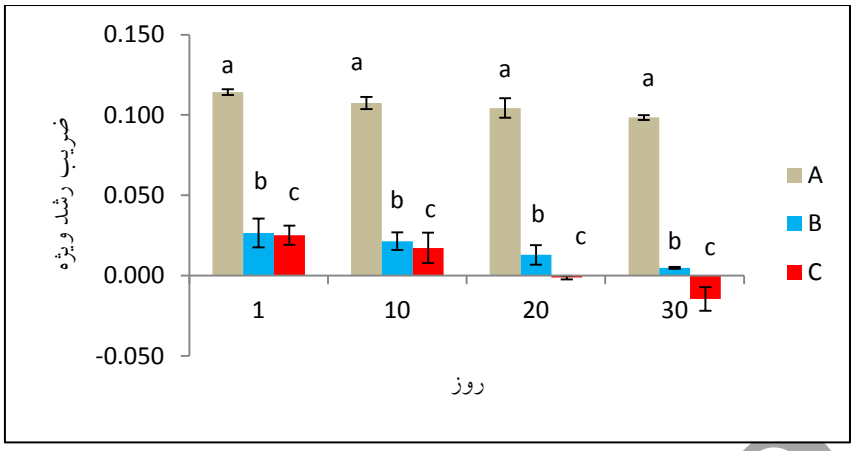
شکل ۱: افزایس وزن ماهی شیپ (*Acipenser nudiventris*) در تیمارهای مختلف در طول دوره آزمایشی ٤٠ روزه در سال ۱۳۹۱.



شکل ۲: روند تغییرات رشد طولی ماهی شیپ (*Acipenser nudiventris*) در تیمارهای مختلف در طول دوره آزمایشی ٤٠ روزه در سال ۱۳۹۱.

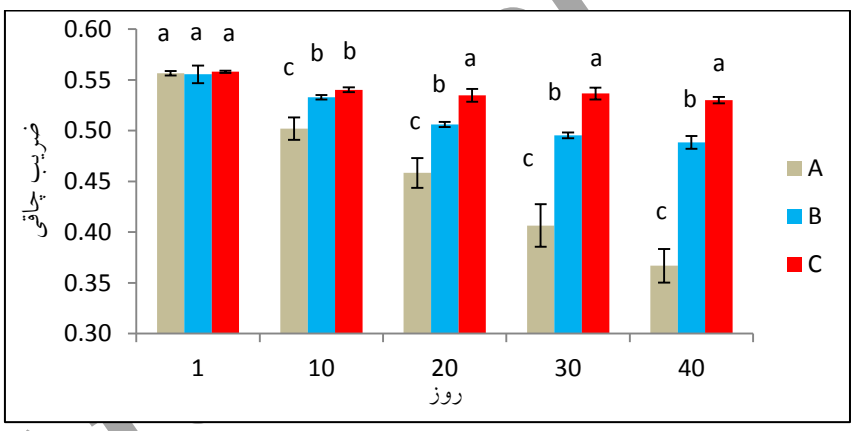
با داده‌های بدست آمده از عملکرد رشد که در شکل‌های ۱ و۲ گزارش شده است می‌توان بیان نمود که در شروع آزمایش نیز بر اساس آنالیز واریانس میانگین وزن و طول اختلاف معنی‌داری بین وزن و طول اولیه در میان تیمارها وجود نداشت (P>۰/۰۵). در پایان آزمایش بر اساس آنالیز واریانس یک طرفه میانگین وزن و طول نهایی بچه‌ماهیان در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری مشاهده شده است. تیمار شاهد برحسب گرم دارای بیشترین میزان میانگین وزن نهایی (۲۴/۰۸±۰/۴۳) در بین تیمارهای آزمایشی بوده و تیمار ۲ و ۳ دارای کمترین میانگین وزن بر حسب گرم بوده‌اند و اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (P<۰/۰۵). همچنین نتایج بدست آمده از رشد طولی در پایان آزمایش نشان داده که بیشترین میانگین رشد طولی در تیمار شاهد مشاهده شده است (۱۸/۷۳±۰/۲۷) و تیمار ۲ با رشد طولی ۱۵/۹۰±۰/۵۸ و ۳ با رشد طولی ۱۵/۳۱±۰/۱۰ تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نشان دادند (P<۰/۰۵).

www.SID.ir



شکل ٤ : روند تغییرات ضریب رشد ویژه ماهی شیپ (*Acipenser nudiventris*) در تیمارهای مختلف در طول دوره آزمایشی ٤٠ روزه در سال ١٣٩١

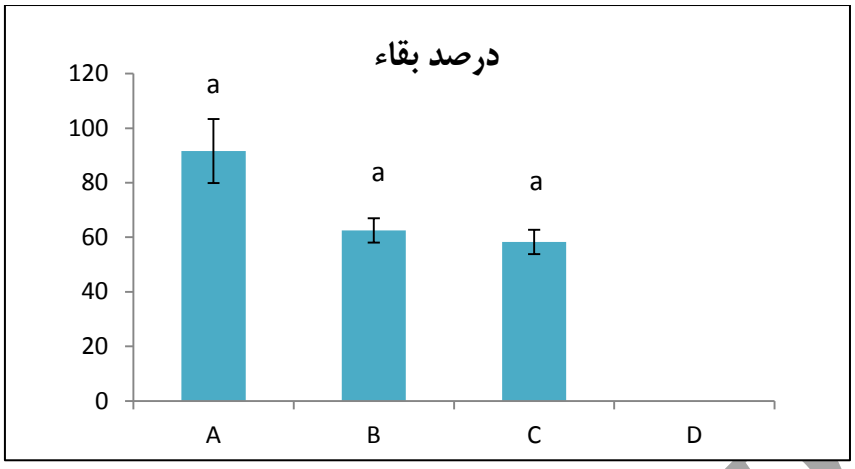
میزان ضریب رشد ویژه در تیمارهای ۲ و ۳ بطور معنی‌داری کمتر از تیمار شاهد بوده است (P<۰/۰۵) که بیانگر این مطلب است که آلودگی صوتی توانسته کارآیی غذا و میزان دریافت غذای روزانه را کاهش دهد.



شکل ۳: روند تغییرات ضریب چاقی روزه ماهی شیپ (*Acipenser nudiventris*) در تیمارهای مختلف در طول دوره آزمایشی ٤٠ روزه در سال ١٣٩١.

شاخص ضریب چاقی نیز در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵) و مقدار آن در تیمار سوم به سه برابر تیمار شاهد رسیده است.

www.SID.ir



شکل ۵: روند تغییرات در صد بقاء ماهی شیپ (*Acipenser nudiventris*) در تیمارهای مختلف در طول دوره آزمایشی ٤٠ روزه در سال ۱۳۹۱.

در طول آزمایش تیمار ۲ و ۳ دارای مرگ و میر بیشتری نسبت به تیمار شاهد بودند و تیمار ۳ با میانگین درصد ۴/۴±۵۸/۳ دارای بیشترین مرگ و میر بوده و تیمار ۲ با میانگین درصد ۴/۴۴±۶۲/۴ در رتبه دوم قرار دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

تأثیر آلودگی صوتی بر شنوایی ماهیان کمتر از آلاینده‌ها نیست و با ایجاد محدودیت‌های زیست‌محیطی، ردیابی طیف وسیعی از صداهای طبیعی را برای آنان غیر ممکن می‌سازد. (Andrew *et al*., 2002; Popper, 2003; Amoser *et al*., 2004) در مطالعه حاضر نیز بررسی نتایج آزمون دانکن صفات مختلف بچه‌ماهیان خاویاری شیپ طی ۴۰ روز موید این مطلب بوده و تیمارهای ۲ (۸۰ دسی‌بل) و ۳ (۱۰۰ دسی‌بل) در ایجاد میانگین شاخص‌های وزن، طول، نرخ رشد ویژه، ضریب چاقی و نرخ بقاء هم‌رتبه نبوده و تفاوت معنی‌داری نشان داد.

نتایج آزمون دانکن در طی ۴۰ روز در تیمار ۲، بیانگر رشد بسیارکند شاخص میانگین وزن در کل دوره بود بطوری که این شاخص در بیومتری سوم و چهارم به کمترین مقدار خود رسیده و این در حالی بود که شاخص میانگین طول در بیومتری سوم و چهارم روند افزایشی نداشته و ثابت باقی مانده بود. در خصوص شاخص ضریب چاقی نیز تفاوت معنی‌داری حاصل شده است و در بیومتری سوم و چهارم به ۳/۸ برابر تیمار شاهد رسیده است. Picciulin و همکاران در سال۲۰۱۰ نشان دادند که ماهیان (*Cruentatus gobius*) به صداهای ناگهانی واکنش شدید نشان داده و با بروز واکنش‌های دفاعی در کمترین زمان در حفظ بقاء خود می‌کوشند ولی با تداوم جریان‌های ناخواسته صوتی در درازمدت به دلیل اختلال در فرمان‌های عصبی ساقه مغز که پیام‌های عصب هشتم (شنوایی) را دریافت می‌کند واکنش‌های دفاعی به حداقل خود رسیده و باعث افزایش مرگ‌ومیر در ماهیان می‌شود. Wysocki و همکاران نیز در سال ۲۰۰۶ اختلال در گوش داخلی را از اثرات مخرب آلودگی‌های صوتی دانستند.

Archive of SID

www.SID.ir

بیش از ۱۰۰۰۰۰ هزار سلول موئی شکل غشاء ماکولا را پوشانده که با همکاری هندسه پیچیده اتولیت می‌توانند صدا را از جهات مختلف تشخیص داده و یک الگوی فضایی با وضوح بسیار بالا از صدا ترسیم کرده و با اطلاعات مغزی صدا را تشخیص دهد (Meyer *et al*., 2010). این سلول‌های مویی در ناهنجاری‌های صوتی آسیب دیده و کانال‌های پتاسیم در نوک سلول‌ها مختل شده و قادر به تجزیه و تحلیل اطلاعات آکوستیک سیگنال‌های جابجا شده بردارهای فشار صوتی نبوده و در نتیجه در جهت‌یابی دچار مشکل شده و قادر به فرار از منبع صوت نمی‌باشند (Jørgensen and Popper, 2010; Meyer *et al*., 2012).

نتایج آزمون دانکن در طی ۴۰ روز در تیمار ۳ بیانگر رشد نزولی میانگین شاخص وزن در کل دوره بود. هر چند که در بیومتری دوم و سوم و چهارم میزان کاهش وزن محسوس‌تر بوده و در خصوص شاخص میانگین طول به غیر از بیومتری دوم، افزایشی حاصل نشد. شاخص ضریب چاقی در این تیمار تفاوت معنی‌داری نشان داد و میزان بازماندگی نیز به دوسوم تیمار شاهد رسید. دلیل افزایش وزن ماهیان در ۱۰ روز اول آزمایش در تیمار ۳ را می‌توان به ترشح کورتیزول نسبت داد که در ابتدا با ترشح این هورمون توانسته‌اند تا حدی بر استرس ایجاد شده غلبه کنند ولی با گذشت زمان و عدم جریان آب ترشح این هورمون به حداقل مقدار خود رسید و همانطور که Spreng در سال ۲۰۰۰ بیان داشته ترشح هورمون‌های استروژنی ماهیان در آب‌های جاری بهتر از آب‌های ساکن انجام می‌گیرد و این امر با تأثیر بر ضربان قلب باعث کاهش رشد شده است. در آزمایشات مشابهی، Consten در سال ۲۰۰۱ و Codarin در سال ۲۰۰۹، همگی بر اثرات مخرب آلودگی صوتی بر عملکرد غده تیروئید و اختلال پاسخ بیوشیمیایی و مخاطره سیستم ایمنی بدن ماهیان اتفاق نظر داشته‌اند. رشد نزولی وزن در تیمار۳ بیانگر آسیب شدیدتر سیستم شنوایی (نه فقط گوش داخلی) در ماهیان می‌باشد زیرا ماهیان دارای یک سیستم تکامل یافته شنوایی هستند که یک نمایش ۳ بعدی از صوت را با همکاری سلول‌های نوروماست خط کناری و کیسه شنا در حس شنوایی خود ایجاد می‌کنند که در فشار صوت بالا استخوان‌های وبر (Ossicles) که ارتعاش‌ها را به عصب هشتم می‌رساند دچار ارتعاشات ناموزون شده (Hastings and Finneran, 2000) و اختلال در فشرده شدن کیسه شنا باعث مختل شدن پیام رسانی به سلول‌های مویی شده و تغییرات جنبش سلول‌های مو توسط مغز را که به صدا تفسیر می‌شود مختل می‌سازد (Bart *et al*., 2001). البته بیان شده که استفاده از ویتامین E (۳۰۰ تا ۴۵۰ میلی‌گرم) می‌تواند اثرات مخرب صوت‌هایی با فرکانس بین (۱۴۳ تا ۱۵۸ دسی‌بل) را در گوش داخلی ترمیم کند.

نتایج بدست آمده از آزمایش Scholik و همکاران در سال ۲۰۰۱ نیز با مطالعه حاضر مطابقت دارد. در آن آزمایش کپور ماهیان با ۸ فرکانس مورد آزمایش قرار گرفتند که با از دست دادن واکنش‌های دفاعی و کاهش سیستم دفاعی بدن دچار کاهش رشد شدند، در آزمایش دیگری در سال ۲۰۱۰ ماهیان قزل‌آلا (Oncorhynchus mykiss) در سه فشار صوتی مختلف مورد آزمایش قرار گرفتند که نتیجه آن کاهش رشد در ماهیان بود. ماهی مرکب نیز در واکنش به تیمارهای مختلف صوت در دراز مدت قدرت ترشح جوهر خود را از دست داد و دچار اختلالات رفتاری در دفاع و تولید مثل شد ولی در مواردی که ماهیان در محیط دریا در قفس‌هایی با مساحت زیاد مورد آزمایش قرارگرفتند اثرات مخرب صوت، کمی تعدیل یافت که دلیل آن را می‌توان توانایی تغییر ارتفاع دانست که در محیط‌های آزمایشی این امکان وجود نداشت (Kastelein *et al*., 2008).

منابع

Amoser, S. and Ladich, F., 2003. Diversity in noise-induced temporary hearing loss in otophysine fishes:Acost.Soc.Am. 113, 2170–2179.

Amoser, S., Wysocki, L. E. and Ladich, F., 2004. Noise emission during the first powerboat race in an Alpine lake and potential impact on fish communities: Acoustical Society of America.116, 3789–3797.

Andrew, R. K., Howe, B. M., Mercer, J. A. And Dzieciuch, M. A., 2002. Ocean ambientnd:comparing the 1960s with the 1990s for a receiver off the California coast: Acoustics Research Letters Online.3, 65–70.

Archive of SID

www.SID.ir

Bart, A. N., Clark, J., Young, J. and Zohar, Y., 2001. Underwater ambient noise measurements in aquaculture systems: a survey Aquacult.Eng, 25, 99–110.

Barton, B. A. and Iwama, G. K., 1991. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids: Annual Review of Fish Diseases .1, 3–26.

Codarin, A., Wysocki, L., Ladich, F. and Picciulin, M., 2009. Effects of ambient and boat noise on hearing and communication in three fish species living in a marine protected area (Miramare, Italy): Marine Pollution Bulletin, 58 , 1880 –1887.

Consten, D., Lambert, J. G., Komen, H. and Goos, H. J., 2002. Corticosteroids affect the testicular androgen production in male common carp (Cyprinus carpio L.): Biology of Reproduction,66, 106–111.

Davidson, D., Frankel, A., Ellison, W., Summerfelt, S., Popper, A., Mazik. and P Minimizing., 2007. Noise in fiberglass aquaculture tanks:Noise reduction potential of various retrofits Aquacultural Engineering.37,125–131.

Finneran, J. J., Hastings, M. C., 2000. A mathematical analysis of the peripheral auditory system mechanics in the goldfish (Carassius auratus):Acost. Soc. Am. 108, 1308–1321.

Hughes, K. M., Lehman, L. L., Gearin, P. J., Laake, J. L., DeLong, R. L. and Gosho, M. E., 1999. Acoustic alarms and Pacific herring (Clupea pallasi): International Whaling Commission SC 51, SM14.

Huntingford, F. A. Adams, C., Braithwaite, A., Kadri, S., Pottinger, T. G., Sandøe, P. and Turnbull, J. F., 2006. Current issues in fish welfare: Fish Biol. 68, 332–372.

Jørgensen, J. M. and Popper, A. N., 2010. The inner ear of lungfishes. In: Jørgensen, J. M. and Joss, : The Biology of Lungfishes. Pp. 489-498. CRC Pres s, Boca Raton, FL. Lidia Eva Wysocki, John P. Dittami, Friedrich Ladich Ship noise and cortisol secretion in European: Biological conservation.128, 501-508.

Kastelein, A., van der Heul, S., Willem Verboom, C., Jennings, N., Van der Veen. and Haan, D., 2008. Startle response of captive North Sea fish species to underwater tones between 0.1 and 64 kHz : Marine Environmental Research .65 ,369–377.

Lagarde`re, J. P., 1982. Effects of noise on growth and reproduction of Crangon crangon in rearing tanks.Mar: Biol. 71, 177–185.

Meyer, M., Fay, R. R. and Popper, A. N. 2010. Frequency tuning and intensity coding of sound in the auditory periphery of the lake sturgeon, Acipenser fulvescens: Experimental Biology, 213,567-1578.

Meyer, M., Popper, A. N. and Fay, R. R. 2012. Coding of sound direction in the auditory periphery of the lake sturgeon, Acipenser fulvescens: Neurophysiology.. 107, 658-665.

Nicole, A, Tiziana, B., Simone, M. and Maurizio, P., 2012. Zebrafish responds differentially to a robotic fish of varying aspect ratio, tail beat frequency, noise, and color Behavioural Brain Research, 233 , 545– 553.

Picciulin, M., Sebastianutto, L., Codarin, A., Farina, A. and Enrico, A., 2010. Ferrero In situ behavioural responses to boat noise exposure of Gobius cruentatus (Gmelin,1789; fam. Gobiidae) and Chromis chromis (Linnaeus, 1758; fam. Pomacentridae) living in a Marine Protected Area : Experimental Marine Biology and Ecology .386 ,125–132.

Popper, A. N., 2003. Effects of anthropogenic sound on fishes.Fisheries 28, 24–31.Popper, A.N., Fewtrell, J., Smith, M.E., McCauley, R.D., 2004.Anthropogenic sound: effects on the behavior and physiology of fishes. Mar:Technol. Soc. 37, 35–40.

Quirk, W. S., Shivapuja, B. G., Schwimmer, C. L. and Seidman, M. D., 1994. Lipid peroxidation inhibitor attenuates noise-induced temporary threshold shifts. Hear. Res. 74, 217– 220.

Scholik, R., Hong, Y., 2001. E¡ects of underwater noise on auditory sensitivity of a cyprinid ¢sh Hearing Research . 17, 34-41.

Seidman, M. D., Shivapuja, B. G. and Quirk, W. S., 1993. The protective effects of allopurinol and superoxide dismutase on noise-induced cochlear damage: Otolaryngol. Head Neck Surg. 109, 1052– 1056.

Smith, M. E., Coffin, A. B., Miller, D. L. and Popper, A. N., 2006. Anatomical and functional recovery of the goldfish (Carrasius auratus) ear following noise exposure: Exp. Biol. 207, 4193–4202.

Spreng, M., 2000. Possible health effects of noise induced cortisol increase: Noise and Health .7, 59–63.

Archive of SID

www.SID.ir

Wysocki, L. E., Dittami, J. P. and Ladich, F., 2006. Ship noise and cortisol secretion in European freshwater Fishes: Biol. Conserv. 128, 501–508.

Archive of SID

www.SID.ir