

بررسی رفتار شناگری دافنی (*Daphnia magna*) در پاسخ به محرک نوری

سعید شفیعی ثابت^{۱*}، ساسان آذر^۲، فاطمه ظهرانی ازبیری^۳

۱- استادیار دانشگاه گیلان، دانشگاه گیلان گروه شیلات دانشکده منابع طبیعی، پست الکترونیکی: s.shafiei.sabet@guilan.ac.ir
۲- کارشناسی ارشد دانشگاه گیلان، دانشگاه گیلان گروه شیلات دانشکده منابع طبیعی، پست الکترونیکی: Sasanazarm721@gmail.com
۳- کارشناسی ارشد دانشگاه گیلان، دانشگاه گیلان گروه شیلات دانشکده منابع طبیعی، پست الکترونیکی: Fatemehzahrani7421@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۹/۲/۲۴

* نویسنده مسوول

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۰/۷

چکیده

هدف از انجام این مطالعه بررسی تاثیر متغیر محیطی غیر زیستی نور بر رفتار شناگری دافنی *Daphnia magna* می‌باشد. شاخص‌های رفتاری دافنی شامل تعداد جهش‌ها، درصد پراکنش مطلق، سرعت شناگری و سرعت شنای هدفمند در دو تیمار شاهد و نور بررسی گردید. برای اندازه‌گیری شاخص‌های رفتاری از آکواریوم مدرج شده به- و سیله صفحه‌ای مختصات مکانی (۸۰×۱۰×۳۰ سانتی‌متر) استفاده شد. نتایج بیانگر افزایش معنی‌دار تعداد جهش‌ها، درصد پراکنش مطلق و سرعت شناگری در تیمار نور نسبت به تیمار شاهد بود ($P < 0.05$). اگرچه، سرعت شنای هدفمند در تیمار نور نسبت به تیمار شاهد تغییر معنی‌داری را نشان نداد ($P > 0.05$). به طور خلاصه، یافته‌های ما نشان داد پارامترهای رفتاری اندازه‌گیری شده دافنی از متغیر محیطی نوری تاثیرپذیر بود. در پایان، برای دستیابی به یک درک جامع از پاسخ‌های رفتاری جانوران آبی در این زمینه، بررسی چند متغیر محیطی غیر زیستی به‌طور هم- زمان پیشنهاد می‌گردد.

کلمات کلیدی: بی‌مهرگان آبی، جهش، غذای زنده، زیست‌شناسی رفتار، آبی‌پروری.

۱. مقدمه

خانواده، *Daphnia magna* می‌باشد که در منابع آبی ایران نیز پراکنش دارد (سبک آرا و مکارمی، ۱۳۸۹). اگرچه این گونه دافنی به‌طور مستقیم به‌عنوان منبع غذایی برای انسان مورد استفاده قرار نمی‌گیرد ولی وجود آن‌ها در زنجیره غذایی، به‌ویژه برای لارو ماهیانی که در مراحل ابتدایی رشد، نیاز به این موجودات زنده غذایی ریز دارند (مانند لارو ماهیان‌خاویاری) ضروری است (بسطامی و همکاران، ۱۳۸۷؛ اویسی‌پور، ۱۳۸۵؛ شعبانپور، ۱۳۷۷).

تکنیک‌های پرورش دافنی برای اهداف مختلفی صورت می‌گیرد که برخی از آن‌ها شامل: استفاده در صنعت آبی‌پروری (تغذیه لارو آبی‌زیان) (Farhadian et al., 2013; Lavens and Sorgeloos,)

خانواده دافنی (*Daphniidae*) از شاخه بندپایان (*Arthropoda*) رده آبشش‌پایان (*Branchiopoda*) و راسته آنتن‌منشعب‌ها (*Cladocera*) بوده (Müller, 1785) و امروزه در بسیاری از مزارع پرورش ماهی و محیط‌های آکواریومی به‌عنوان غذای زنده پرورش داده می‌شوند. پراکنش برخی از گونه‌های خانواده دافنی در آب‌های شور می‌باشد (Arner and Koivisto, 1993) ولی اغلب آن‌ها در آب‌های شیرین به‌سر برده (سبک آرا و مکارمی، ۱۳۸۹) و بیشتر در بخش‌های بالایی ستون آبی مناطق غنی از جلبک و نور دیده می‌شوند. یکی از گونه‌های متداول این

محیطی غیرزیستی بر رفتارشناگری این گونه امری ضروری است. بنابراین هدف از انجام این پژوهش بررسی رفتار شناگری دافنی آب شیرین در پاسخ به محرک نوری در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

دافنی‌های مورد آزمایش از آبگیرهای محوطه دانشکده‌ی منابع طبیعی دانشگاه گیلان (تصویر ۱)، واقع در شهرستان صومعه‌سرا در ۲۵ کیلومتری غرب شهرشت با مشخصات مختصات جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۹ دقیقه طول شمالی و ۴۹ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شرقی در تاریخ مهرماه سال ۱۳۹۷ صیدگردیدند. برای صید دافنی از تورپلانکتون‌گیری (تصویر ۲) با اندازه چشمه ۰/۲ میلی‌متر استفاده شد و این کار با تورکشی افقی در عمق ۱۰ سانتی‌متری و طول ۳۰ سانتی‌متر انجام شد. سپس دافنی‌های صید شده به آزمایشگاه بیولوژی آبزیان دانشکده‌ی منابع طبیعی منتقل شدند. با توجه به پتانسیل اثر گذاری ریتم شبانه روزی بر کیفیت و کمیت فعالیت‌های شناگری این گونه بی‌مهره آبی و حذف اثر زمان نمونه‌برداری‌ها بر پاسخ‌های رفتارشناگری، ساعات نمونه برداری روزانه به صورت یکسان انتخاب و بین ساعت ۸:۳۰ الی ۹ صبح انجام شدند. جنس و گونه دافنی‌ها نیز با کلیدشناسایی معتبر مشخص شد (Haney et al., 2014). نمونه‌های صید شده به تعداد ۶۰ عدد توسط قطره‌چکان از مخزنی با دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد در شرایط بدون غذایی و هوادهی جداسازی شدند. بررسی رفتار شناگری دافنی‌ها از جمله: سرعت شنای هدفمند، تعداد جهش‌ها، سرعت شناگری و درصد پراکنش مطلق در دو تیمار شاهد و نور صورت‌گرفت. تیمار شاهد شامل شرایط نورطبیعی در محیط آزمایش و تیمار نور شامل نور سفید نقطه‌ای و نور همگن مصنوعی است. آزمایش‌ها در آکواریومی به ابعاد ۳۰×۱۰×۸۰ (سانتی‌متر)، مدرج شده با صفحه مختصات مکانی دویعدی صورت‌گرفت. هم‌چنین آکواریوم به عمق ۱۸ سانتی‌متر با آب شیرین آبگیری شد.

دافنی‌ها معمولاً دارای دو الگوی رفتارشناگری "جهش و فرورفتن" و "حرکت زومینگ" می‌باشند. در حرکت با جهش و فرورفتن، زنش‌های آنتن‌های ثانویه شنای عمودی را شکل می‌دهد (Keefe et al., 1998) اما در حرکت زومینگ، دافنی با

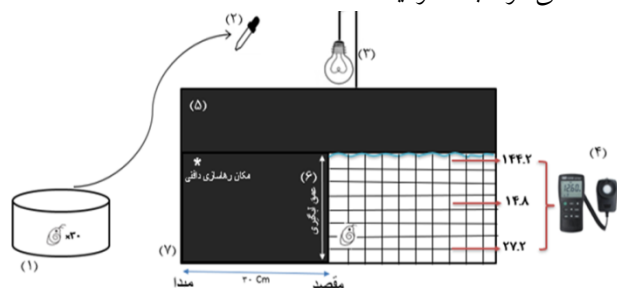
(Balcer et al., 1984; Ebert, 1996)، مطالعات بوم‌شناسی (Bownik, 2017)، تصفیه منابع آبی (Bownik, 2017) می‌باشد. از دافنی به‌عنوان یک گونه شاخص آلودگی، به دلیل چرخه کوتاه زندگی و تنوع تولیدمثل استفاده می‌شود. زیرا با وقوع کوچک‌ترین تغییرات محیطی در زیستگاه این گونه، نوع تولیدمثل (پارتوژنز یا جنسی) و رشد آن تغییر پیدا می‌کند. هم‌چنین در بررسی‌های آزمایشگاهی به دلیل کوتاه بودن چرخه تولیدمثل آن، در مدت زمان کوتاه‌تری می‌توان به نتایج دلخواه دسترسی پیدا کرد. مطالعه رفتارشناگری انفرادی زئوپلانکتون‌ها ریشه قدیمی دارد (Jurine, 1820). به‌طور بالقوه رفتارشناگری انفرادی زئوپلانکتون‌ها یک مولفه حیاتی از بوم‌شناسی زئوپلانکتون‌ها است (Larsson and Dodson, 1993; Ware, 1973). مطالعه رفتارشناگری در چند حوزه عمده اهمیت دارد که شامل: رفتار شناگری انفرادی بخشی از فرایند اساسی رفتار گروهی زئوپلانکتون‌ها مانند مهاجرت افقی و عمودی است (Dodson et al., 1997) در محیط‌های پلاژیک رفتارشناگری بر روابط متقابل شکار و شکارگری (مثلاً حرکت طعمه برای شکارچی قابل درک خواهد بود) در مکانی که نور وجود دارد و طعمه حرکت می‌کند اثر دارد (Brewer and Coughlin, 1995) و کیفیت و نوع رفتارشناگری در جذب یا دورشدن شکارچی از تغذیه انفرادی دافنی نیز ممکن است با رفتارشناگری مرتبط باشد (Dodson et al., 1995) سموم شیمیایی (سموم تولیدشده از سیانوباکتری‌ها، آفت‌کش‌ها و موادپلاستیکی) به‌طور غیرمستقیم با اثرگذاری بر رفتار شناگری انفرادی، می‌تواند به‌طور گسترده بر کل جمعیت زئوپلانکتون‌های یک منطقه تاثیر بگذارد (Dodson et al., 1995).

هم‌چنین مطالعات قبلی نشان داده است که عامل نور بر ویژگی‌های زیستی (رشد، تولیدمثل، هماوری و پوست اندازی) دافنی و سایر سخت‌پوستان ریز آبی تاثیرگذار می‌باشد (Dinh et al., 2018; Nikitin, 2019; Slusarczyk et al., 2004; Taghavi et al., 2013; Ziarek et al., 2011). تاکنون در ایران مطالعه‌ای در خصوص اثرات احتمالی پارامترهای محیطی، مثل پارامتر نوری، بر رفتارشناگری دافنی که به‌عنوان یک گونه بی‌مهره آبی مهم در مطالعات زیست‌شناسی و آبی‌پروری می‌باشد صورت نگرفته است. با توجه به اهمیت گسترده این بی‌مهره آبی، شناخت ویژگی‌های رفتارشناگری دافنی و اثر متغیر نور به‌عنوان یک متغیر

¹ Hop and Sink

² Zooming

تیمارشاهد ۷/۵ لوکس ثبت شد. تعداد ۳۰ عدد دافنی به صورت انفرادی به وسیله قطره‌چکان از مختصات (۹ = y و ۱ = x) از مکان یکسان (مکان رهاسازی دافنی با علامت * در شکل ۱ مشخص شده است) به محیط آکواریوم معرفی شدند. سپس به صورت تصادفی با تیمارهای شاهد - نور، به صورت یکی در میان، زمان شناگری دافنی‌ها از مبدا رهاسازی تا مقصد (به فاصله ۳۰ سانتی‌متر) ثبت گردید (Shafiei Sabet et al., 2015).



شکل ۱: محیط انجام آزمایش ۱، مرحله تست سرعت شنای هدفمند. طراحی: نگارنده گان مقاله

(۱) مخزن نگهداری دافنی، (۲) قطره چکان، (۳) منبع نور نقطه‌ای، (۴) لوکس متر در رنج ۲۰۰ لوکس، (۵) پوشش سیاه رنگ (قسمت بالا ۸۰×۱۲ و قسمت پایین ۳۰×۱۸ (برحسب سانتی‌متر))، (۶) عمق آبیگری ۱۸ سانتی‌متر، (۷) محیط انجام آزمایش (آکواریوم ۸۰×۱۰×۳۰ سانتی‌متر)

روش تحقیق آزمایش دوم (تست رفتارشناگری در پاسخ به محرک نوری): در این مرحله، به منظور جلوگیری از نفوذ نور اضافی محیط، تمام قسمت‌های آکواریوم با پوشش مقوایی سیاه-رنگ مدرج شده به وسیله صفحه‌ی مختصات مکانی (شکل ۲) پوشیده شد و تنها قسمت جلویی آکواریوم به عرض ۱۸ سانتی-متر و طول ۸۰ سانتی‌متر از قسمت پایین فاقد پوشش طراحی گردید (شکل ۲). در تیمار نور برای ایجاد نور یکنواخت با شدت نور برابر در سطوح مختلف آب، از منبع نور سفید همگن استفاده شد. نور سفید همگن در این آزمایش، با استفاده از لامپ مدل (AQUA,T4_1000LED, 15W) اعمال گردید که در قسمت فوقانی آکواریوم قرار گرفت. جهت اندازه‌گیری شدت نور منبع نور همگن از دستگاه لوکس متر مدل (TES_1336A) استفاده گردید. میانگین شدت نور در تیمار نور ۶۵/۶۱ لوکس و میانگین شدت نور در تیمار شاهد ۲۳/۴ لوکس ثبت گردید. در مرحله بعد، تعداد ۳۰ عدد دافنی به صورت انفرادی به وسیله قطره‌چکان از مختصات (۹ = y و ۱ = x) به آکواریوم معرفی شدند (شکل ۲).

دافنی‌ها به صورت تصادفی برای ترتیب‌های تیماری انتخاب-شدند و پارامترهای رفتارشناگری دافنی‌ها از جمله: تعداد جهش‌ها، سرعت شناگری و درصد پراکنش مطلق در مدت زمان

حرکت سریع آنتن‌های ثانویه حرکت سریع روبه جلو و بدون فرو رفتن در آب دارد. سرعت شنا در حرکت جهش و فرورفتن کمتر از ۱۰ میلی‌متر بر ثانیه می‌باشد در حالی که در حالت زومینگ، سرعت شناگری بیش از ۱۵ میلی‌متر بر ثانیه می‌باشد (Keefe et al., 1998).



تصویر ۱: محل انجام نمونه برداری دافنی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا. تصویر از: نگارندگان مقاله



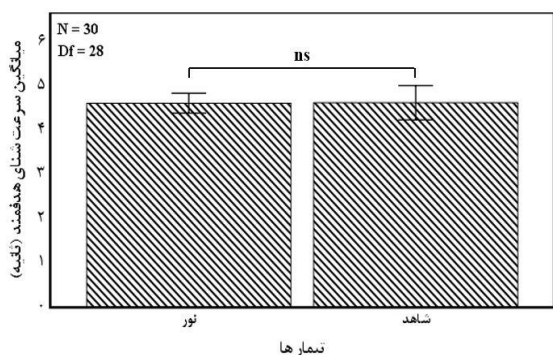
تصویر ۲: دافنی‌های صید شده به وسیله تور با اندازه چشمه ۰/۲ میلی‌متر. تصویر از: نگارندگان مقاله

این پژوهش در زمینه رفتارشناسی طی دو مرحله آزمایش - مستقل صورت گرفت. روش تحقیق آزمایش اول (تست سرعت شنای هدفمند): جهت محاسبه زمان شناگری، دافنی‌ها به صورت انفرادی از سمت چپ آکواریوم به عنوان مبدا، رهاسازی گردیدند (شکل ۱). در این آزمایش برای اندازه‌گیری شاخص‌های رفتاری از آکواریومی با ابعاد ۸۰×۱۰×۳۰ (سانتی‌متر) استفاده شد که با پوشش مقوایی مدرج شده به وسیله صفحه‌ی مختصات مکانی (شکل ۱) و سیاه‌رنگی به منظور جلوگیری از نفوذ نور اضافی محیط و همچنین تمایز کافی برای تشخیص حرکات دافنی، از قسمت پشتی پوشیده شد. یک منبع نور نقطه‌ای (Olympus optical co.LTD-Model TL2-20W)، در فاصله ۳۰ سانتی-متری از مبدا قرار گرفت و جهت اندازه‌گیری شدت نور، از دستگاه لوکس متر مدل (TES_1336A) استفاده گردید. میانگین شدت نور در تیمار نور ۶۲ لوکس و میانگین شدت نور در

نرم افزار SPSS-25 استفاده شد. وضعیت معنی داری داده‌ها در سطح ۰/۰۵ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

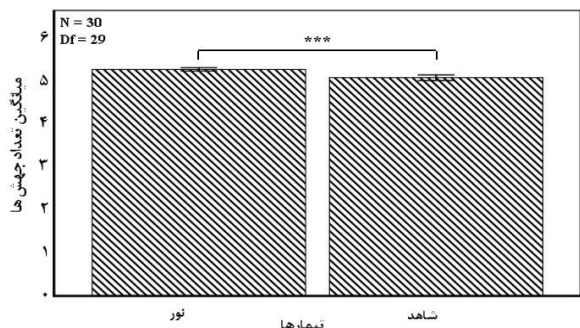
۳. نتایج و بحث

با توجه به نمودار ۱ میانگین زمان شنای هدف دار ۳۰ دافنی در تیمارهای شاهد و نور اختلاف معنی داری را نشان نمی‌دهد ($P > 0/05$) که این بیانگر این موضوع است که دافنی‌ها در حرکت افقی به سمت نور در هر دو تیمار شاهد و نور تغییر محسوسی در سرعتشان ایجاد نمی‌شود. با توجه به نرمال نبودن داده‌ها در این آزمایش از روش LN Compute جهت نرمال سازی داده‌ها استفاده شد.



نمودار ۱: بررسی میانگین زمان شنای هدف دار با تکرار ۳۰ دافنی، با تیمارهای شاهد و نور. تغییرات سطح معنی داری را نشان نمی‌دهد ($P > 0/05$). تغییرات خطای استاندارد در نمودار مشخص است.

با توجه به نمودار ۲، میانگین تعداد جهش ۳۰ دافنی در تیمار شاهد و نور، سطح معنی داری را نشان می‌دهد ($P < 0/05$) و ۳۰ عدد دافنی در تیمار نور جهش‌های بیشتری نسبت به تیمار شاهد داشته‌اند که این امر نشان از تحرک بیشتر آن‌ها در تیمار نور است.



نمودار ۲: مقایسه تعداد جهش ۳۰ دافنی با دو تیمار شاهد و نور. تغییرات سطح معنی داری را نشان می‌دهد ($P < 0/05$). تغییرات خطای استاندارد در نمودار مشخص است.

دودقیقه (دو دقیقه تیمار نور - دو دقیقه تیمار شاهد) بررسی شدند. تعداد جهش دافنی‌ها به صورت چشمی شمارش شدند. روش محاسبه سرعت شنا: از یک صفحه‌ی مختصاتی (شکل ۲) که متشکل از ۴۰۰ واحد (هر واحد: مربع‌های دوسانتهی متر × دوسانتهی متر) استفاده گردید که طول صفحه‌ی مختصاتی ۴۰ واحد و عرض آن ۱۰ واحد بود و سپس طبق فرمول زیر محاسبه شد:

$$V = \frac{H \times 20}{t}$$

V: سرعت حرکت دافنی (برحسب میلی متر بر ثانیه)

H: تعداد واحدهای طی شده توسط دافنی (برحسب میلی متر)

t: زمان (برحسب ثانیه)

۲۰: بیست میلی متر (اندازه ضلع هر واحد)

درصد پراکنش مطلق نیز طبق فرمول زیر محاسبه شد:

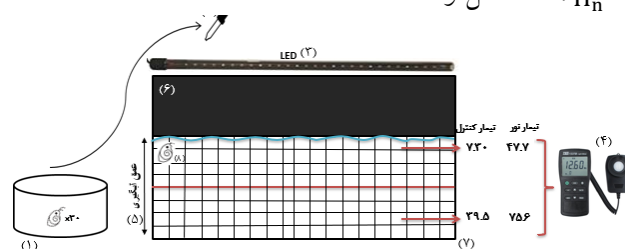
$$f_i = \frac{H}{H_n} \times 100$$

f_i : درصد پراکنش مطلق

H: تعداد واحدهای طی شده توسط دافنی بدون در نظر گرفتن

واحدهای تکراری (برحسب میلی متر)

H_n : تعداد کل واحدها



شکل ۲: محیط انجام آزمایش دوم. طراحی: نگارندگان مقاله (۱) مخزن نگهداری دافنی، (۲) قطره چکان، (۳) لامپ ال ای دی، (۴) لوکس-متر، (۵) عمق آبگیری ۱۸ سانتی متر، (۶) پوشش سیاه رنگ (در قسمت بالا به طول ۸۰ و عرض ۱۲ (برحسب سانتی متر))، (۷) محیط انجام آزمایش (آکواریوم به ابعاد ۳۰×۱۰×۸۰ سانتی متر دیواره ی پشتی آکواریوم دارای صفحه مشبک و مدرج به مختصات مکانی (دارای ۴۰ خانه در طول و ۱۰ خانه در عرض، هر خانه به شکل مربعی با ضلع دو سانتی متر در نظر گرفته شده است)، (۸) محل رهاسازی دافنی.

۳-۱ تجزیه و تحلیل آماری

آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون های کلموگروف-اسمیرنوف و شاپیرو-ویلک، بررسی شد و در صورت عدم نرمال بودن داده‌ها از روش LN Compute جهت نرمال کردن داده‌ها استفاده گردید. در آزمایش اول از آزمون T جفت نمونه‌ای و در آزمایش دوم از آزمون T مستقل تک نمونه‌ای در

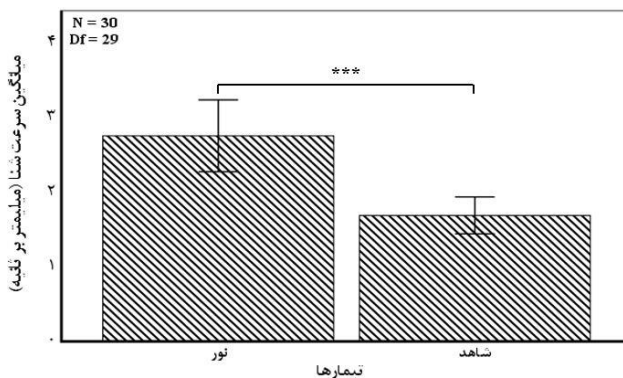
Truscott et al., 2017)، تعیین موقعیت و مسیریابی (Silva et al., 2017) مهره‌داران گردد.

در مطالعه‌ی حاضر، پارامترهای رفتارشناگری دافنی از جمله: سرعت شنای هدفمند، تعدادجهش‌ها، سرعت شناگری و درصد پراکنش مطلق در دو تیمار شاهد و نور اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد در تیمار نور، سرعت شنا، تعداد جهش و درصد پراکنش مطلق افزایش می‌یابند و سطح تغییرات معنی‌دار است اما سرعت شنای هدفمند در هر دو تیمار تغییر محسوسی نداشت و تغییرات سطح معنی‌داری را نشان ندادند. بررسی رفتارشناگری دافنی در پاسخ به محرک نوری در مطالعات مشابه دیگر نیز بیان شده‌است: Keefe و همکاران (۱۹۹۸) ثابت کردند که گونه‌های مختلف

دافنی می‌توانند رفتارشناگری متفاوتی داشته باشند. در مطالعه‌ای بیان شده است که دافنی‌ها در محیط نورانی، سریع‌تر از آنهایی که در شرایط تاریکی هستند شنا می‌کنند (Gerritsen and Strickler, 1997) و هم‌چنین شروع واقعی شناکردن یا بالارفتن در ستون آب به شدت نور وابسته است (Ringelberg, 1987) این نتایج هماهنگ با یافته‌های ما در مطالعه حاضر بود. اما در مطالعه‌ای دیگری با بررسی رفتار شناگری دافنی، بیان داشتند شدت نور تأثیری بر سرعت شناگری دافنی ندارد که این یافته با نتایج ما ناهماهنگ بود که یکی از دلایل آن می‌تواند ناشی از تفاوت در اندازه تانک یا گونه دافنی باشد (Brewer et al., 1999). Dodson و همکاران (۱۹۹۷) تأثیر تغذیه و نور و اندازه مخزن آزمایش بر رفتار شناگری انفرادی دافنی در چهار گونه دافنی مختلف (*D. hyalina* و *D. pulex*، *D. pulicaria* و *D. magna*) را بررسی نموده و بیان کردند که تنوع رفتارشناگری می‌تواند ناشی از تفاوت در شرایط محیطی (برای مثال: نوع غذا، برهم‌کنش بین نور و غذا و تفاوت در تنظیمات محیط آزمایش) باشد. هم‌چنین در این پژوهش بیان شد که ابعاد محیط آزمایش می‌تواند بر رفتارشناگری دافنی اثرگذار باشد، به‌عنوان مثال در محفظه‌های کوچکتر، دافنی‌ها صرف‌نظر از نوع گونه، سرعت شناگری کم و تمایل به حرکت در مسیر مستقیم دارند و همین‌طور افزایش شدت نور باعث کاهش سرعت شناگری و تعداد جهش می‌شود که این یافته با نتایج مطالعه حاضر هماهنگ نبود. اگرچه استثنائاتی در آن مطالعه وجود داشت: برای مثال *Daphnia magna* با افزایش شدت نور، شنای سریعتری داشت که این یافته با نتایج پژوهش حاضر هماهنگی دارد.

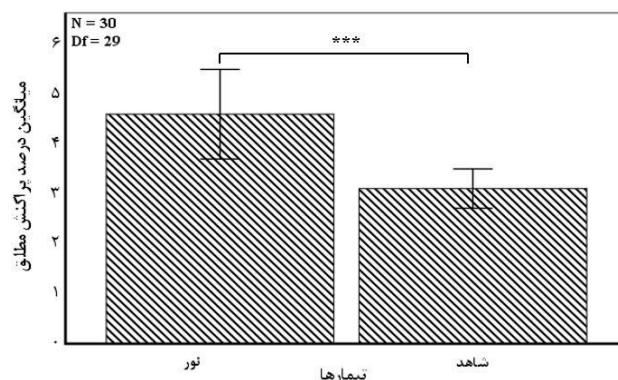
نتایج یک مطالعه دیگر نشان داد که شدت نور بر تلاش فرار

با توجه به نمودار ۳، میانگین سرعت شنای ۳۰ دافنی در تیمار شاهد و نور سطح معنی‌داری را نشان می‌دهد ($P < 0.05$) و دافنی‌ها در تیمارنور با سرعت بیشتری نسبت به تیمار شاهد شنا می‌کنند.



نمودار ۳: مقایسه میانگین سرعت ۳۰ دافنی با تیمار شاهد و نور. تغییرات سطح معنی‌داری را نشان داد ($P < 0.05$). تغییرات خطای استاندارد در نمودار مشخص است.

با توجه به نمودار ۴، درصد پراکنش مطلق ۳۰ دافنی در تیمار شاهد و نور سطح معنی‌داری را نشان داد ($P < 0.05$). دافنی‌ها در زمان اعمال تیمار نور درصد پراکنش مطلق بیشتری را نسبت به تیمار شاهد در محیط دارند.



نمودار ۴: مقایسه میانگین درصد پراکنش مطلق ۳۰ دافنی با تیمار شاهد و نور، نتایج سطح معنی‌داری را نشان داد ($P < 0.05$). تغییرات خطای استاندارد در نمودار مشخص است.

آلودگی‌های نوری ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌تواند اثرات متنوع و گسترده‌ای بر اجتماعات بی‌مهرگان و مهره‌داران آبی داشته باشد. برای مثال آلودگی‌های نوری می‌تواند منجر به تغییر در ساعات فعالیت‌های شبانه‌روزی (Hölker et al., 2010)، اختلال در رفتارهای تغذیه‌ای و پراکنش مکانی (در ماهی‌ها (Newman, 2015)، در موش‌ها (Bird et al., 2004)) و تغییرات مهاجرتی (در لاک‌پشت‌ها)، رفتار لانه‌سازی، خطر شکارشدن

دو تیمار نور و شاهد به نور گرایش مثبت داشت. بنابراین توصیه می‌شود در مراکز تکثیر و پرورش ماهی جهت تغذیه لارو ماهیانی که از سطح آب تغذیه می‌کنند، در مواقعی که نور محیط بیشتر است دافنی به محیط تغذیه لارو اضافه گردد تا راندمان و ضریب رویایی شکار و شکارچی افزایش یابد و انرژی کمتری توسط لارو ماهیان برای غذاگیری صرف گردد. پیشنهاد می‌شود با توجه به اینکه گونه‌های جانوری جهت درک محیط زیست خود، قابلیت و توانایی دریافت علائم زیستی و غیرزیستی توسط حسگرهای مختلف خود دارا می‌باشند و همچنین پارامترهای زیستی و غیرزیستی به‌طور همزمان در محیط زیست وجود دارند، در مطالعات بعدی علاوه بر بررسی اثرات متغیر محیطی نور، سایر عوامل محیطی که امروزه به‌عنوان آلاینده‌های محیط زیست شناخته شده‌اند (برای مثال آلودگی صوتی) نیز در نظر گرفته شود تا اطلاعات دقیق‌تری از پاسخ‌های رفتاری گونه‌های آبی حاصل گردد.

۵. سپاسگزاری

بدین وسیله از تمامی اعضای هیات علمی و مدیر گروه شیلات، ریاست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان و موسسه تحقیقات بین‌المللی تاسماهیان دریای خزر شهرستان سنگر که در انجام این پژوهش ما را یاری نمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

منابع

اویسی پور، م.، ۱۳۸۵. غنی‌سازی دافنی با روغن ماهی و ویتامین‌ث و عملکرد آن بر رشد، زنده‌مانی و ترکیب بدن لارو تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم دریایی. دانشگاه تربیت مدرس. شماره ۲۷۹، صفحه ۲۲۱.

درویش بسطامی، ک.، سوداگر، م.، ایمانپور، م.، طاهری، س.، ۱۳۸۷. تاثیر سطوح مختلف عصاره دافنی و آرتیمیا بعنوان مواد جاذب غذایی بر روی غذاگیری و شاخص‌های رشد در بچه ماهی فیل ماهیان پرورشی. مجله علمی شیلات ایران، جلد ۱۷، شماره ۴، صفحات ۳۵-۴۴.

سبک آرا، ج.، مکارمی، م.، ۱۳۸۹. گزارش نهایی از مکان تخم‌ریزی ماهیان مهاجر در تالاب انزلی. مجله پژوهشکده آبی پروری آبهای داخلی. جلد ۲، صفحات ۲۱-۴۲.

دافنی از شکارچی تأثیری ندارد (Brewer, 1999). در حالی که Keefe و همکاران (۱۹۹۸) بیان داشتند که عوامل فیزیکی از جمله شدت نور در فرار دافنی از گونه شکارچی نقش دارد. این اختلاف نتایج در مطالعات با توجه به مطالعات Dodson و همکاران (۱۹۹۷)، می‌تواند ناشی از تفاوت در نوع غذا، برهم‌کنش بین نور و غذا، تفاوت در تنظیمات محیط آزمایش، اندازه تانک و گونه دافنی باشد. Keefe و همکاران (۱۹۹۸) بیان کردند که سرعت شناگری ممکن است با رفتار تغذیه‌ای، فرار از شکارچیان و رفتار جفت‌گیری در ارتباط باشد و شنای سریع، ضریب رویایی دافنی با شکارچی را افزایش می‌دهد. همچنین رفتار شناگری می‌تواند بر انتخاب طعمه توسط ماهی اثر بگذارد. به‌طوری که Slusarczyk و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند در شرایط نوری روشن‌تر نسبت به شرایط نوری کم که احتمال قابلیت رویت و خطر شکارگری توسط گونه‌های ماهیان پلانکتون‌خوار بیشتر می‌باشد، گونه دافنی (*Daphnia magna*) جهت حفظ بقاء و نسل خود در زمان تولیدمثل تمایل به تشکیل تخم‌های نهفته یا افی‌پیوم (Ephippium) دارند.

در مطالعه دیگری توسط Lampert و Brendelberger در سال ۱۹۹۶ شواهدی از یک گروه *Daphnia magna* ارائه شد که با سرعت ۳۰ میلی‌متر بر ثانیه شنا می‌کردند و در آن مطالعه، سرعت شناگری همراه با تعداد کم جهش‌ها بیان‌گر یک رفتار جستجوی غذا بود. در حالی که در مطالعه‌ی حاضر حداکثر سرعت شناگری دافنی ۶/۳۳ میلی‌متر بر ثانیه بود که این اختلاف در تفاوت سرعت شناگری می‌تواند ناشی از گونه دافنی، شرایط تغذیه‌ای و نیازهای غذایی، ابزار اندازه‌گیری سرعت (چشمی یا بوسیله دوربین) و سایر شرایط محیطی باشد. جهت مطالعات تکمیلی و جامع‌تر می‌توان از تیمارهای نوری با طول موج‌های متفاوت و حتی صوت به‌عنوان یک پارامتر محیطی دیگر برای مطالعه پاسخ رفتاری دافنی استفاده نمود، در همین رابطه، نتایج مطالعات Shafiei Sabet و همکاران (۲۰۱۵) و شفییعی ثابت (۱۳۹۷) نشان می‌دهد که قرار گرفتن در معرض صوت، اثر معنی‌داری بر رفتارشناگری دافنی ندارد.

۴. نتیجه‌گیری کلی

باتوجه به یافته‌های این پژوهش، نور به‌عنوان یک محرک محیطی سبب افزایش تعداد جهش‌ها، افزایش سرعت شناگری و افزایش درصد پراکنش مطلق دافنی گردید. همچنین دافنی در هر

- j.jenvman.2018.03.098
- Dodson, S.I., Hanazato, T., Gorski, P. R., 1995. Behavioral responses of *Daphnia pulex* exposed to carbaryl and chaoborus kairomone. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 14, 43-50. DOI: 10.1002/etc.5620140106
- Dodson, S.I; Ryan, S.; Tollrian, R.; Lampert, W., 1997. Individual swimming behavior of *Daphnia*: effects of food, light and container size in four clones. *Journal of Plankton Research*, 19: 1537-1552. DOI: 10.1093/plankt/19.10.1537
- Ebert, D., 2005. *Ecology, Epideology and Evolution of Parasitism in Daphnia* (Vol. 110): Basel Universitay Press.
- Farhadian, O., Taghavi, D., Soofiani, N.M., Keivany, Y., 2013. Resting Egg Production and fatty acid enhacement in the waterflea, *Criodaphnia quadrangula*, by using combination of light regime and food. *Journal of world aquaculture society*, 44(4), 574-585. DOI: 10.1111/jwas.12051
- Gerritsen, J.; Strickler, J.R., 1997. Encounter probabilities and community structure in zooplankton: a mathematical model. *Journal of the fisheries research board of Canada*, 34, 73-82. DOI: 10.1139/f77-008
- Haney, J.F., Aliberti, M.A., Allan, E., Allard, S., Bauer, D.J., Beagen, W., Bradt, S.R., Carlson, B., Carlson, S.C., Doan, U.M., 2014. An-Image-based Key to the Zooplankton of North America"version 5.0 released 2013". Retrieved January 23, 2020. <http://cfb.unh.edu/cfbkey/html/index.html>
- Hölker, F., Wolter, C., Perkin, E.K., Tockner, K., 2010. Light pollution as a biodiversity threat. *Trends in Ecology and Evolution*, 25, 681-682. DOI: 10.1016/j.tree.2010.09.007
- Jurine, L., 1820. *Histoire des Monocles que se trouvent aux environs de Geneve*, J.J.Paschoud. Paris. 135p. DOI: 10.5962/bhl.title.10137
- شعبانپور، ب، ۱۳۷۷. تعیین ضرایب تبدیل دافنی و آرتمیا در تغذیه لارو تاسماهی ایرانی (قره برون). پایان نامه کارشناسی ارشد. علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. صفحه ۷۱.
- شفیعی ثابت، س، ۱۳۹۷. اثرات آلودگی صوتی بر استراتژی‌های رفتار شکارگری در آبزیان. مجله تحقیقات دامپزشکی و فرآورده‌های بیولوژیک. شماره ۱۱۹، صفحات ۳۳-۲۶.
- Arner, M., Koivisto, S., 1993. Effects of salinity on metabolism and life history characteristics of *Daphnia magna*. *Hydrobiologia*, 259, 69-77. DOI: 10.1007/BF00008373
- Balcer, M.D., Korda, N.L., Dodson, S.I., 1984. *Zooplankton of the Great Lakes: A Guide to the Identification and Ecology of Coomon Crustacean Species*: University of Wisconsin Press, USA. 89P.
- Bird, B.L., Branch, L.C., Miller, D.L., 2004. Effects of coastal lighting on foraging behaviour of Beach Mice. *Conservation Biology*, 14(5), 1435-1439. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2004.00349.x
- Bownik, A., 2017. *Daphnia* swimming behaviour as a biomarker in toxicity assessment: A review. *Science of the Total Environment*, 601(7), 194-205. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.05.199
- Brewer, M.C., Coughlin, J.N., 1995. Virtual plankton: A novel approach to the investigation of aquatic predator prey interactions. *Marine and Freshwater Behaviour and Phy*, 26, 91-100. DOI: 10.1080/10236249509378931
- Brewer, M., Dawidowicz, P., Dodson, S.I., 1999. Interactive effects of fish kairomone and light on *Daphnia* escape behavior. *Journal of Plankton Research*, 21(7), 1317-1335. DOI: 10.1093/plankt/21.7.1317
- Dinh, H. D.K., Tran, T.N., Lu, T.L., Nghiep, T.H., Le, P.N., Do, H.L.C., 2018. The effect of food, light intensity and tank volume on resting eggs production in *Daphnia carinata*. *Journal of Environmental Management*, 217, 226-230. DOI: 10.1016/

- swimming and foraging behaviour of captive zebrafish. *Animal Behaviour*, 107, 49-60. DOI: 10.1016/j.anbehav.2015.05.022
- Silva, E., Marco, A., Graca, J.d., Perez, H., Abella, E., Patino-Martinez, J., Mertins, S., Almeida, C., 2017. Light pollution affects nesting behavior of loggerhead turtles and predation risk of nests and hatchlings. *Journal of photochemistry and photobiology*, 137, 240-249. DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2017.06.006
- Slusarczyk, M., Dawidowicz, P., Rygielska, E., 2004. Hide, rest or die: a light-mediated diapause response in *Daphnia magna* to the threat of fish predation. *Freshwater Biology*, 50(1), 141-146. DOI: 10.1111/j.1365-2427.2004.01309.x
- Taghavi, D., Farhadian, O., Soofiani, N.M., Keivany, Y., 2013. Effects of different light/dark regimes and algal food on growth, fecundity, epipial induction and molting of freshwater cladoceran, *Ceriodaphnia quadrangula*. *Aquaculture*, 410, 190-196. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2013.06.026
- Truscott, Z., Booth, D.T., Limpus, C.J., 2017. The effect of on-shore light pollution on sea-turtle hatchlings commencing their off-shore swim. *Wildlife Research*, 44(2), 127-134. DOI: 10.1071/WR16143
- Ware, D.M., 1973. Risk of Epibenthic Prey to Predation by Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). *Journal fisheries research board of Canada*, 30:,787-797. DOI: 10.1139/f73-134
- Ziarek, J., Nihogi, A., Nagai, T., Strickler, R., 2011. Seasonal adaptations of *Daphnia pulex* swimming behaviour: the effect of water temperature. *Hydrobiologia*, 661(1), 317-327. DOI: 10.1007/s10750-010-0540-0
- Keefe, T., Brewer, M.C., Dodson, S.I., 1998. Swimming behavior of *Daphnia*: its role in determining predation risk. *Journal of Plankton Research*, 20(8), 973-984. DOI: 10.1093/plankt/20.5.973
- Lampert, W., Brendelberger, H., 1996. Strategies of phenotypic low-food adaptation in *Daphnia*: Filter screens, mesh sizes, and appendage beat rates. *Limnology and Oceanography*, 41, 216-223. DOI: 10.4319/lo.1996.41.2.0216
- Larsson, P., Dodson, S.I., 1993. Invited review chemical communication in planktonic animals. *Archiv fur Hydrobiologie*, 129, 129-155. DOI: 10.1127/archiv-hydrobiol/129/1993/129
- Lavens, P., Sorgeloos, P., 1996. Manual on the production and use of live food for aquaculture (Vol. 361p), FAO publication.
- Nikitin, O.V., 2019. Effect of various temperature and light intensity regimes on *Daphnia magna* swimming behaviour. 19th SGEM international multidisciplinary scientific geoconference EXPO proceedings, 19(5), 229-236. DOI: 10.5593/sgem2019/5.1/S20.029
- Newman, R.C., 2015. Artificial light at night and the predator-prey dynamics of juvenile Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) in freshwater. Ph.D Thesis. Cardiff University, Wales. 126P.
- Müller, O.F., 1785. Entomostraca seu Insecta testacea quae in aquis Daniae et Norvegiae reperit, descripsit et iconibus illustravit Otho Fridericus Müller. Lipsiae et Havniae. p.135. DOI: 10.5962/bhl.title.14414
- Ringelberg, J., 1987. Induced behavior in *Daphnia*. In Peters, R.H. and deBernardi, B., "Daphnia". *memorie dell'Istituto Italiano Di Idrobiologia*, 45, 258-323.
- Shafiei Sabet, S., Neo, Y.Y., Slabbekoorn, H., 2015. The effect of temporal variation in sound exposure on