

جهت گیری خرچنگ منزوی *Diogenes avarus* (Heller, 1865) در پاسخ به محرک بینایی و مواجهه با سرب

نرگس بدری^۱، نرگس امراللهی بیوکی^{۲*}، محمدشریف رنجبر^۳

۱- دانش آموزته کارشناسی ارشد، گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، استان هرمزگان، پست الکترونیکی: nargesbadri1989@gmail.com

۲- استادیار گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، استان هرمزگان، پست الکترونیکی: amrollahi@hormozgan.ac.ir

۳- استادیار گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، استان هرمزگان، پست الکترونیکی: sharif.ranjbar@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۱۴

* نویسنده مسوول

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۲۳

© نشریه علمی - پژوهشی اقیانوس شناسی ۱۳۹۵، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس شناسی است.

چکیده

در این مقاله فرض بر این است که نمونه‌های *Diogenes avarus* بر پایه اطلاعات بینایی به سمت صدف خالی شکم‌پایان جهت گیری می‌کنند و این توانایی در مواجهه با آلاینده سرب تحت تاثیر قرار می‌گیرد. بنابراین، رفتار جهت گیری دو گروه خرچنگ منزوی *D. avarus* در معرض سرب قرار گرفته شده و در معرض سرب قرار گرفته نشده (سالم) به سمت نماهای جانبی و وارونه صدف‌های خالی چهار گونه شکم‌پا در محیط دایره‌ای مورد مطالعه قرار گرفت. نمونه‌های سالم، جهت گیری معنی‌داری را به سمت نماهای جانبی و وارونه صدف شکم‌پای *Umboonium vestiarium* نشان دادند. در حالی که نمونه‌های تحت القاء سرب همانند گروه شاهد جهت گیری یکنواختی را نشان دادند. بنابراین، سرب رفتار جهت گیری بینایی نمونه‌ها را تحت تاثیر قرار داد. این مشاهدات می‌تواند به دلیل خاصیت نورووتوکسینی سرب یا کاهش میزان انرژی جانور به دلیل مصرف آن به منظور سمیت‌زدایی و حفظ بقاء خود در شرایط تنش‌زا باشد.

کلمات کلیدی: خرچنگ منزوی *Diogenes avarus*، نیترات سرب، نشانه‌های شیمیایی، رفتار جهت گیری، نشانگر رفتاری.

(Blaxter and Ten Hallers-Tjabbes, 1992). مطالعات ثابت

کرده است که رفتار به طور بوم‌شناختی مهم بوده و می‌تواند به عنوان یک نشانگر حساس به تنش سمیت در موجودات آبی به کار گرفته شود. آلاینده‌ها رفتار موجودات را تحت تاثیر قرار می‌دهند و هر نوع از ترکیبات، تأثیرات متفاوتی را روی رفتارهای موجودات می‌گذارند (Newman, 2009). بنابراین، یکی از

۱. مقدمه

امروزه مطالعات گسترده‌ای در زمینه تأثیرات زیرکشنده آلاینده‌ها بر گونه‌های مختلف جانوری انجام می‌گیرد. غلظت‌های آلاینده در سطح زیرکشنده می‌توانند ویژگی‌های رفتاری را بدون این که سبب مرگ موجود زنده شوند، تحت تاثیر قرار دهند

در سال‌های اخیر، بیش‌تر مطالعات در زمینه آلودگی، معطوف به تعیین غلظت کشندگی متوسط (LC_{50} 96h) آلاینده‌ها بر موجودات آبی بوده است (صادقی و همکاران، ۱۳۹۳؛ پاشائی چلکاسری و همکاران، ۱۳۹۱). اما مطالعات خاصی در خصوص تاثیرات فلزات سنگین بر پاسخ‌های رفتارهای این موجودات انجام نگرفته است. بنابراین، این مطالعه جزء اولین تحقیقات درخصوص تاثیر غلظت زیرکشنده فلز سرب بر رفتار جهت‌گیری خرچنگ منزوی *D. avarus* در کشور می‌باشد که هدف آن تعیین تاثیر غلظت زیرکشنده نیترات سرب ($Pb(NO)_3$) بر رفتار جهت‌گیری این خرچنگ منزوی است. نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند در پایش‌های محیطی بوم‌سامانه‌های آبی مورد استفاده قرار گیرد.

۲. مواد و روش‌ها

منطقه نمونه‌برداری با طول و عرض جغرافیایی $21/94'' E$ و 56° ، $59/34'' N$ و 27° در قسمت جنوب استان هرمزگان و در شهر بندرعباس قرار گرفته است (شکل ۱). در این منطقه، ساحل ماسه‌ای - گلی می‌باشد. نمونه‌های خرچنگ منزوی *D. avarus* (۴۵۰ قطعه)، به صورت تصادفی و در زمان جزر از ساحل شهر بندرعباس (محله خواجه عطا) نمونه برداری و به آزمایشگاه زیست‌شناسی دانشگاه هرمزگان منتقل شدند.

برای نگهداری نمونه‌ها از ظرف‌های گرد پلاستیکی به قطر ۵۰ سانتی‌متر و حجم ۳ لیتر استفاده شد. برای این آزمایش از آب دریا به صورت فیلتر و هوادهی شده، استفاده شد و روازته تعویض گردید. نمونه‌ها دو بار در هفته با پلیت ماهی تجاری، تغذیه شدند (White et al., 2013; Ismail, 2012). شرایط نمونه‌های زنده درآزمایشگاه، تقریباً مشابه با شرایط محیطی بوده و در طول آزمایش، دوره نوری طبیعی وجود داشت. به منظور کاهش تنش ناشی از نمونه‌برداری و انتقال نمونه‌ها و همچنین سازگاری نمونه‌ها با شرایط آزمایشگاه سازگار شوند (Ismail, 2012; Chiussi et al., 2010; Diaz et al., 1995a; White et al., 2013). بعد از دوره سازگاری، نمونه‌ها به وسیله شکستن صدف (White et al., 2013)، به دقت و با کم‌ترین تنش از صدف خود خارج شدند. زیرا مشخص شده است که خرچنگ منزوی بدون صدف رفتار جهت‌گیری بیش‌تری را از خود نشان می‌دهد (Diaz et al., 2001).

کاربردهای عملی مطالعه رفتار آبزیان، استفاده از آن در کنترل کیفیت آب است و می‌توان به وسیله آن آلاینده‌های احتمالی موجود در منابع آب آشامیدنی و حتی فاضلاب‌ها را تشخیص داد (Gerhardt et al., 2006).

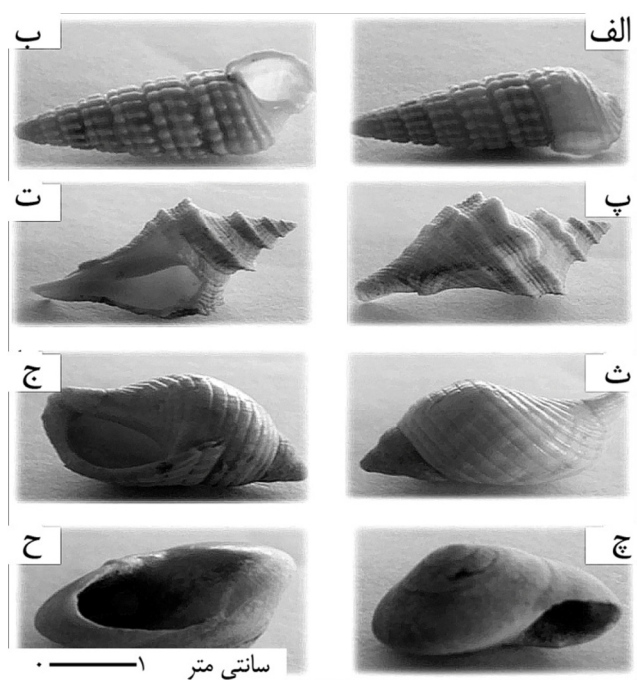
فعالیت‌های انسانی سبب ورود بیشتر آلاینده‌ها به محیط زیست آبی می‌شوند (Pourang et al., 2005). به‌طور کلی، حدود ۳۰ درصد از فعالیت‌های حمل و نقل نفتی کل جهان در خلیج فارس صورت می‌گیرد (Pourrang et al., 2005) که سبب ورود فلزات سنگین به محیط زیست آبی می‌شوند (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). این آلاینده‌ها می‌توانند روی موجودات این منطقه و انسان تاثیرات جبران ناپذیری را به دنبال داشته باشند. طیف وسیعی از آلاینده‌ها نظیر فلزات سنگین می‌توانند عملکرد اندام‌های حسی را تحت تاثیر قرار دهند و بنابراین رفتار به وسیله کاهش یا تغییر ارسال اطلاعات به مغز تحت تاثیر قرار می‌گیرد (Blaxter and Ten Hallers-Tjabbes, 1992). سرب فلز سنگینی است که اغلب، کانال‌های انتقال یون و سیگنال‌های سلولی را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

بنابراین، دارای خاصیت نوروتوکسینی است (Garza et al., 2006) و مواجهه با این آلاینده می‌تواند سبب تغییرات رفتاری در موجودات زنده از جمله خرچنگ‌های منزوی شود و بقا آن‌ها را تحت تاثیر قرار دهد (Weis and Weis, 1998). جهت‌گیری، یک رفتار بنیادی برای بقای سخت‌پوستان متحرک در نواحی جزر و مدی و زیر جزر و مدی است (Rosen et al., 2009). این جانوران برای رفتارهایی چون جهت‌گیری، اجتناب از شکارچی، تشخیص هم‌نوع یا موقعیت‌یابی صدف از نشانه‌های بینایی و شیمیایی استفاده می‌کنند (Ismail, 2012; Rotjan et al., 2010; Gherardi et al., 2005; Chiussi et al., 2001). این موجودات برای تمامی جنبه‌های زیست‌شناختی خود، وابسته به صدف‌های خالی شکم‌پایان هستند (Angel, 2000) و در بوم‌سامانه آبی با استفاده از اطلاعات بویایی و بینایی به سمت صدف‌های خالی شکم‌پایان حرکت و از شکارچیان دوری می‌کنند (Diaz et al., 1995a; Hazlett, 1982). خرچنگ‌های منزوی به دلیل نیازهای خود برای کسب غذا، جفت و سرپناه (صدف خالی شکم‌پایان)، یک مدل جانوری ایده‌آل برای مطالعات رفتاری هستند (Bilock and Dunbar, 2009). بنابراین در این مطالعه از این جانوران استفاده گردید.

نتایج این سری از آزمایش تکمیل کننده بخش بعدی آزمایش است. بنابراین، ابتدا آزمایش شاهد در نبود نشانه‌های بینایی انجام گرفت. سپس جهت‌گیری نمونه‌ها به سوی هدف‌هایی موجود در زوایای صفر، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه در محدوده آب تمیز دریا به صورت جداگانه انجام شد (۵ تیمار (شاهد، هدف صفر، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه) و سه تکرار).

۲-۲ بخش دوم: جهت‌گیری نمونه‌ها به سوی نماهای متفاوت صدف‌های خالی شکم‌پایان.

در این آزمایش نشانه‌های بینایی، صدف‌های خالی چهار گونه شکم‌پا شامل: *Cerithidea cingulata*، *Planaxis sulcatus*، *Umbonium vestiarium* و *Thais sp.* بودند (شکل ۲).



شکل ۲: نماهای جانبی و وارونه صدف‌های خالی چهار گونه شکم‌پا، الف) نمای جانبی صدف خالی شکم‌پا *C. cingulata*، ب) نمای وارونه صدف خالی شکم‌پا *C. cingulata*، پ) نمای جانبی صدف خالی شکم‌پا *Thais sp.*، ت) نمای وارونه صدف خالی شکم‌پا *Thais sp.*، ث) نمای جانبی صدف خالی شکم‌پا *P. sulcatus*، ج) نمای وارونه صدف خالی شکم‌پا *P. sulcatus*، چ) نمای جانبی صدف خالی شکم‌پا *U. vestiarium*، ح) نمای وارونه صدف خالی شکم‌پا *U. vestiarium*.

به منظور از بین بردن بوی مواد آلی صدف‌ها به مدت چهار ساعت در کوره با حرارت غیرمستقیم ۲۰۰ درجه سانتیگراد قرار



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه نمونه‌برداری.

بعد از خارج کردن نمونه‌ها از صدف، طول سفالوتوراکس^۱ آن‌ها به وسیله کولیس (دقت ۰/۰۲) تا ۰/۱ میلی‌متر در زیر لوپ اندازه‌گیری شد. نمونه‌های با طول سفالوتوراکس ($\pm SD$ میانگین) 3.7 ± 0.2 میلی‌متر برای این آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند و بقیه به صدف‌های جدید معرفی و به محیط زیست اولیه خود بازگردانده شدند. سپس به منظور کاهش تنش ناشی از خارج کردن نمونه‌ها از صدف و اندازه‌گیری طول سفالوتوراکس، نمونه‌ها به مدت دو روز با شرایط جدیدشان سازگار شدند (Chiussi et al., 2001; Ismail, 2012; Briffa and Elwood, 2001). پس از سازگاری ثانویه، آزمایش‌های مربوط به بررسی رفتار جهت‌گیری طراحی و انجام شد (دو سری آزمایش انجام شد که در هر کدام از آن‌ها ۵ تیمار و هر تیمار سه بار تکرار داشت).

۱-۲ بخش اول: جهت‌گیری نمونه‌ها به سوی هدف با زوایای ثابت (صفر، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه).

این بخش از آزمایش صرفاً برای تعیین زاویه‌ای که باید هدف (صدف‌های شکم‌پایان) در آن قرار گیرد، انجام شد. به عبارتی

^۱ Cephalothorax

قرار گرفتن زاویه جهت‌گیری، جهت نمونه‌ها ۹۰ درجه در جهت عقربه‌های ساعت چرخانده شدند (Ismail, 2012; Chiussi et al., 2001; Diaz et al., 1995a). بعد از اتمام آزمایش‌ها، نمونه‌ها به صدف‌های جدید معرفی شده و سپس به زیستگاه اولیه‌شان بازگردانده شدند.

به‌طورکلی، دو آزمون آماری برای جهت‌گیری وجود دارد. اول، آزمون ریلی تست Z^1 که مشخص می‌کند آیا پراکنش جهت‌گیری با حالت یکنواخت اختلاف معنی‌داری دارد یا خیر (Zar, 1999). دوم، آزمون V تست که مشخص می‌کند که توزیع جهت‌گیری با استفاده از هر دو میانگین زاویه و میانگین زاویه مورد انتظار (زاویه هدف و مخالف هدف) تفاوت معنی‌داری با حالت یکنواخت دارد یا خیر (Ismail, 2012; Zar, 1999). اگر از نظر آماری، ریلی تست Z نشان دهد که توزیع غیریکنواخت است ($P < 0.05$)، پس از آن آزمون V تست انجام می‌شود و احتمال معنی‌داری پراکنش غیریکنواخت را به سمت هدف در سطح ۹۵ درصد تخمین می‌زند (Ismail, 2012). همچنین آزمون چندگانه Watsons U2 Test به منظور بررسی احتمال شبیه بودن میانگین جهت‌گیری بین همه تیمارها به صورت جفتی به کارگرفته شد (Zar, 1999). رسم نمودارهای مربوط به پراکنش جهت‌گیری نمونه‌ها در نرم‌افزار آماری Oriana 4.2 انجام شد. علاوه بر این برای هر توزیع، نسبت تعداد پاسخ‌گویی صحیح به کل تعداد پاسخ‌ها (درصد جذب) محاسبه شد. مقایسه درصد جهت‌گیری صحیح نمونه‌ها به سمت هدف با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه^۲ (پس‌آزمون توکی^۳) در نرم‌افزار SPSS، نسخه ۲۰ انجام شد. رسم نمودارها توسط نرم افزار Excell، نسخه ۲۰۰۷ انجام گردید.

۳. نتایج و بحث

۱-۳ جهت‌گیری نمونه‌ها به سوی هدف با زوایای ثابت (صفر، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه)

در گروه شاهد نمونه‌ها جهت‌گیری یکنواختی را نشان دادند ($P > 0.05$ Rayleigh test)، یعنی تمرکز جهت‌گیری در جهت

داده شدند (Ismail, 2012; Diaz et al., 1995a). صدف‌ها در زاویه مناسب به دست آمده از بخش قبلی و در دو موقعیت بینایی متمایز شامل ۱) جانبی (مارپیچ‌های راسی به پهلو و روزنه به سمت پایین) (Diaz et al., 1995a) و ۲) وارونه یا پشتی (مارپیچ‌های راسی به پهلو و روزنه به سمت بالا) (Diaz et al., 1995a) قرار گرفتند (شکل ۲). همچنین آزمایش شاهد در عدم حضور نشانه‌های شیمیایی و بینایی انجام شد (۵ تیمار شاهد، C. *Thais sp.*, *U. vestiarius*, *P. sulcatus*, *cingulata*) و سه تکرار).

در این بخش از آزمایش جهت‌گیری دو گروه از نمونه‌های در معرض سرب قرار گرفته و سالم به سوی نماهای متفاوت صدف‌های خالی شکم‌پایان، مورد بررسی قرارگرفت. به منظور ایجاد گروه در معرض سرب قرار گرفته، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در معرض غلظت زیرکشنده نیترات سرب قرار داده شدند. در مطالعه دیگری که به صورت همزمان با این مطالعه انجام شده بود غلظت کشندگی میانگین (LC_{50} 96h) نیترات سرب ($Pb(NO)_3$, Merck) روی این گونه ۱۸۴/۰۴۵ میکروگرم بر لیتر سرب تعیین شد (امراللهی بیوکی و بدری، ۱۳۹۳). با توجه به نتایج به دست آمده در این مطالعه، غلظت ۱۵۰ میکروگرم بر لیتر سرب به عنوان غلظت زیر کشنده انتخاب شد.

محیط آزمایش، یک ظرف گرد سفید پلاستیکی با قطر ۳۴ سانتی‌متر بود که تا ارتفاع ۷ سانتی‌متر با آب دریا پر شده بود، همه آزمایش‌های ذکر شده در این محیط و در محلی ساکت و آرام انجام گرفت. برای تامین روشنایی مورد نیاز آزمایش، یک لامپ مهتابی نیم متر بالاتر از سطح آب آزمایش قرار داده شد. در هر تیمار ۳۰ نمونه به صورت جداگانه و هر نمونه فقط یک بار مورد آزمایش قرار گرفت. آزمایش با گذاشتن نمونه‌ها درون استوانه PVC به قطر ۱/۵ سانتی‌متر در مرکز محیط آزمایش شروع گردید. نمونه‌ها سه دقیقه در این وضعیت نگهداشته شدند. پس از آن، لوله PVC به آرامی برداشته شد و ۶۰ ثانیه به نمونه‌ها مهلت داده شد تا خود را به دیواره ظرف برسانند، سپس، اولین نقطه‌ای از دیواره محیط که نمونه با آن تماس پیدا نمود به عنوان زاویه جهت‌گیری ثبت گردید. اگر نمونه‌ها در طی این مدت نمی‌توانستند خود را به دیواره محیط آزمایش برسانند به عنوان گروهی که به جهت‌گیری پاسخ نداده‌اند، ثبت می‌شدند. مستطیل‌های سیاه یک‌دست و صدف‌های خالی به عنوان نشانه‌های بینایی به کار برده شدند. برای جلوگیری از تحت تأثیر

¹ Rayleigh test

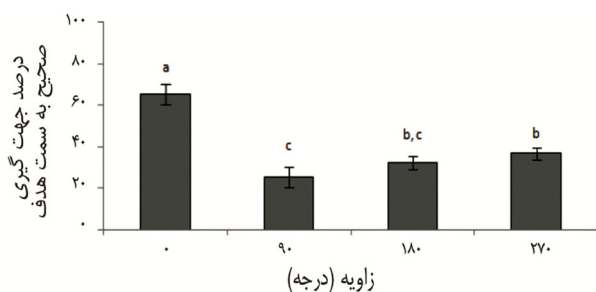
² One Way Anova

³ Tukey

یا پناه گرفتن در صخره‌ها به سمت آن‌ها جهت‌گیری کرده‌اند. نتایج مشابه دیگر برای دیگر خرچنگ‌های منزوی استوایی *C. antillensis* (Ismail, 2012) *C. signatus* (Chiussi et al., 2001) و *C. vittatus* (Hazlett 1982, Diaz et al., 1995b) گزارش شده است. همچنین رفتار جستجوی پناه‌گاه بر اساس اطلاعات بینایی در دیگر سخت‌پوستان ده‌پا همچون *Synalpheus* و *Synalpheus demani* (Huang et al., 2005) نیز مشاهده شده است.

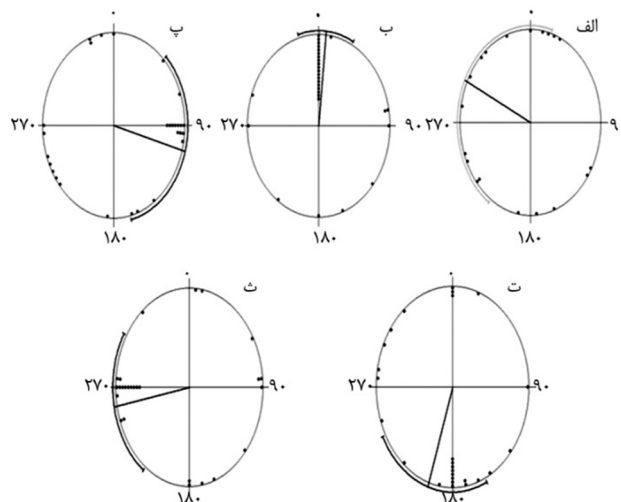
به‌طورکلی، در نمودارهای شکل ۳ و نمودارهای مشابه در دیگر شکل‌های این تحقیق، نقاط داخل دایره جهت‌گیری نمونه‌ها و نقاط بیرون دایره، زاویه‌ای هدف را نشان می‌دهند. خط مشکی نیز که از مرکز نمودار به سمت لبه خارجی نمودار کشیده شده است نشان‌دهنده میانگین جهت‌گیری است. کمان‌ها محدوده اطمینان میانگین جهت‌گیری را در سطح احتمال ۹۵٪ نشان می‌دهند. به‌طورکلی، در جدول ۱ و جدول‌های مشابه، N تعداد نمونه‌هایی است که مورد آزمایش قرار گرفته شده‌اند، n تعداد نمونه‌هایی است که به جهت‌گیری پاسخ داده‌اند و درصد جذب، درصد نمونه‌هایی که به سمت هدف جهت‌گیری کرده‌اند را نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۴ درصد جهت‌گیری صحیح نمونه‌ها به سمت هدف در تیمار صفر درجه به طور معنی‌داری بیش‌تر از بقیه تیمارها است ($P < 0.05$). همچنین، نتایج آزمون چندگانه $Watson u^2 (P)$ نشان داد که جهت‌گیری تیمار صفر درجه بیش‌ترین اختلاف را با گروه شاهد دارد ($P < 0.002$) $Watson u^2 (P)$ (جدول ۲). بنابراین، با توجه به نتایج این بخش از آزمایش، در سری‌های بعدی آزمایش، از زاویه صفر درجه به عنوان زاویه هدف استفاده گردید.



شکل ۴: مقایسه درصد جهت‌گیری صحیح نمونه‌ها به سوی هدف با زوایای ثابت صفر، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه. (آنتن‌ها نشان‌دهنده انحراف معیار و حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها (صفر، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه) هستند).

خاصی نبود. این نشان می‌دهد که هیچ عامل خارجی جهت‌گیری را تحت تأثیر قرار نداده است. زمانی که نمونه‌ها در معرض هدف‌های منفرد موجود در زوایای صفر، ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه قرار گرفتند، جهت‌گیری غیریکنواختی را به سمت هدف موجود در این زوایا نشان دادند (Rayleigh test $P < 0.05$). همچنین میزان V (P) test نشان داد که این جهت‌گیری‌ها در جهت هر کدام از اهداف صفر، ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه معنی‌دار بوده است (V test $P < 0.05$) اما جهت‌گیری در حضور هدف ۹۰ درجه یکنواخت بوده است (Rayleigh test $P > 0.05$). (شکل ۳، جدول ۱). همچنین مشاهده شد که تیمار مربوط به زاویه صفر درجه بیش‌ترین درصد جذب و بیش‌ترین مقدار بردار جهت‌گیری را به سمت هدف داشته است، همچنین بردار میانگین جهت‌گیری در این تیمار (زاویه جهت‌گیری) نسبت به بقیه تیمارها کم‌ترین اختلاف را با زاویه هدف داشت (جدول ۱).



شکل ۳: نمودارهای نقطه‌ای مربوط به جهت‌گیری نمونه‌های سالم به سمت هدف با زوایای ثابت صفر، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه. (گروه شاهد (الف)، تیمارهای صفر درجه (ب)، ۹۰ درجه (پ)، ۱۸۰ درجه (ت) و ۲۷۰ درجه (ث)).

فرضیه این بخش از آزمایش این بود که نمونه‌ها بر اساس اطلاعات بینایی جهت‌گیری می‌کنند. این فرضیه با جهت‌گیری نمونه‌ها به سمت هدف‌های مستطیلی سیاه در زوایای صفر، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه اثبات شد. نمونه‌ها به سمت اهداف موجود در این زوایا جذب شدند که بیش‌ترین درصد جذب به سمت هدف صفر درجه بود.

در تفسیر پاسخ‌های خرچنگ منزوی به هدف‌های جامد می‌توان گفت که نمونه‌ها برای اشغال صدف‌های بالقوه شکم‌پایان

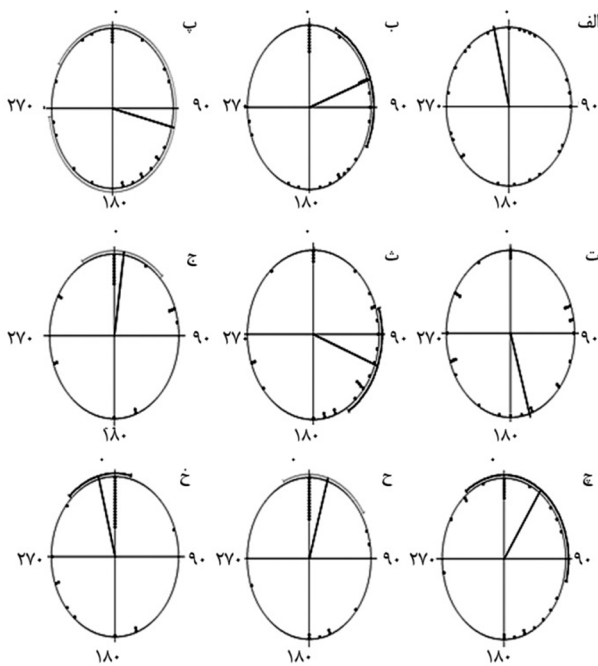
جدول ۱: مربوط به جهت‌گیری به سمت اهداف موجود در زوایای صفر تا ۲۷۰ درجه

تیمار	زاویه (درجه)	N	n	درصد جذب	بردار میانگین جهت‌گیری (درجه)	طول بردار جهت‌گیری	Rayleigh test P	V test (P)
شاهد	-	۳۰	۱۹	-	۲۹۵/۹۳۲	۰/۳۲۱	۰/۳۹۹	-
هدف ۱	صفر	۳۰	۲۹	۶۵/۵	۵/۷۴۹	۰/۵۹۹	۰/۰۰۰۰۱۰۴	۰/۰۰۰۰۰۱۰۴
هدف ۲	۹۰	۳۰	۲۸	۳۵/۷	۱۰۵/۴۴۱	۰/۲۴۳	۰/۱۹۳	-
هدف ۳	۱۸۰	۳۰	۲۶	۳۰/۷	۱۹۸/۱۸۵	۰/۳۴۶	۰/۰۴۳	۰/۰۰۹
هدف ۴	۲۷۰	۳۰	۲۶	۴۶	۲۵۹/۱۷	۰/۳۵۷	۰/۰۳۵	۰/۰۰۵

جدول ۲: نتایج آزمون مقایسه‌ای $Watson u^2$ مربوط به جهت‌گیری نمونه‌ها به سمت اهداف موجود در زوایای صفر تا ۲۷۰ درجه

مقایسه	Watson u^2 (P)
گروه شاهد و تیمار صفر درجه	< 0.02
گروه شاهد و تیمار ۹۰ درجه	$0.1 > P > 0.2$
گروه شاهد و تیمار ۱۸۰ درجه	$0.05 > P > 0.1$
گروه شاهد و تیمار ۲۷۰ درجه	< 0.05

et al., 1995a). به‌طور کلی، تشخیص بینایی شکل در خرچنگ منزوی *C. vittatus* (Hazlett, 1982; Orihuela et al., 1992;) و در دیگر *C. signatus* (Diaz et al., 1995a; Ismail, 2012) و در دیگر ده‌پایانی همچون خرچنگ ویولونزن *Uca pugilator* و میگو نقبزن *S. demani* نیز مشاهده شده است (Ismail, 2012; Huang et al., 2005).



شکل ۵: نمودارهای نقطه‌ای مربوط به جهت‌گیری نمونه‌های سالم به سوی نماهای متفاوت صدف‌های خالی شکم‌پایان. (شاهد (الف)، نمای وارونه صدف خالی شکم‌پا *Thais sp.* (ب)، نمای جانبی صدف خالی شکم‌پا *Thais sp.* (پ)، نمای وارونه صدف خالی شکم‌پا *C. cingulata* (ت)، نمای جانبی صدف خالی شکم‌پا *C. cingulata* (ث)، نمای وارونه صدف خالی شکم‌پا *P. sulcatus* (ج) و نمای جانبی صدف خالی شکم‌پا *P. sulcatus* (چ)، نمای وارونه صدف خالی شکم‌پا *U. vestiarium* (ح) نمای جانبی صدف خالی شکم‌پا *U. vestiarium* (خ)).

با توجه به نمودار شکل ۶ زمانی که نمونه‌ها در معرض نماهای متفاوت چهار گونه صدف خالی شکم‌پا قرار گرفتند، به

جدول ۲: نتایج آزمون مقایسه‌ای $Watson u^2$ مربوط به جهت‌گیری نمونه‌ها به سمت اهداف موجود در زوایای صفر تا ۲۷۰ درجه

مقایسه	Watson u^2 (P)
گروه شاهد و تیمار صفر درجه	< 0.02
گروه شاهد و تیمار ۹۰ درجه	$0.1 > P > 0.2$
گروه شاهد و تیمار ۱۸۰ درجه	$0.05 > P > 0.1$
گروه شاهد و تیمار ۲۷۰ درجه	< 0.05

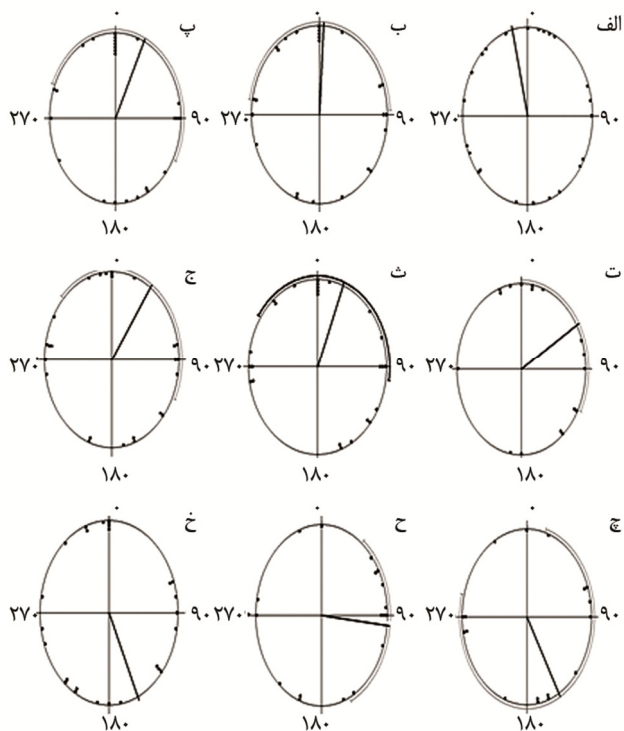
۳-۲ جهت‌گیری نمونه‌های سالم به سوی نماهای جانبی و پشتی صدف‌های خالی شکم‌پایان

نمونه‌ها در حضور نماهای جانبی و پشتی صدف شکم‌پا *U. vestiarium* و پشتی صدف شکم‌پا *P. Sulcatus* جهت‌گیری غیریکنواخت معنی‌داری را نشان دادند (Rayleigh test $P < 0.05$) (V test $P < 0.05$).

همچنین در حضور نمای جانبی صدف شکم‌پا *C. cingulata* و پشتی صدف شکم‌پا *Thais sp.* جهت‌گیری غیریکنواختی را نشان دادند (Rayleigh test $P < 0.05$) ولی این جهت‌گیری به سمت هدف معنی‌دار نبود (V test $P > 0.05$). جهت‌گیری در حضور نمای جانبی صدف‌های شکم‌پایان *Thais sp.* و *P. sulcatus*، و پشتی صدف شکم‌پا *C. cingulata* یکنواخت بود (Rayleigh test $P > 0.05$) (شکل ۵، جدول ۳).

فرضیه این بخش از آزمایش این بود که نمونه‌ها دارای قدرت تشخیص بینایی هستند و قادرند بین هدف‌های مختلف بینایی تفاوت قائل شوند. این فرضیه با جهت‌گیری نمونه‌ها نه تنها به سمت شکل خاص صدف بلکه به سمت نماهای خاص این صدف‌ها (بیشترین جذب به سمت صدف خالی شکم‌پا *U. vestiarium* در نماهای جانبی و پشتی) ثابت شد. جهت‌گیری بینایی به سمت صدف‌های شکم‌پایان وابسته به ویژگی‌های ظاهری صدف، نظیر ارتفاع، عرض، یا نسبت ارتفاع به عرض نیست، بلکه وابسته به تشخیص شکل و گونه ویژه صدف یا نمای صدف است (Ismail, 2012; Chiussi et al., 2001; Diaz)

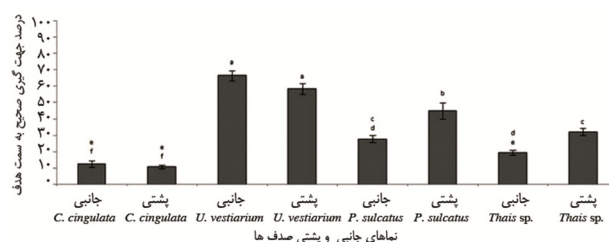
یکنواختی را نشان دادند ($P > 0.05$, Rayleigh test). این بدان معنی است که آن‌ها قدرت تشخیص بین نماهای متفاوت صدف‌های شکم‌پایان را نداشته‌اند یا به عبارتی توانایی تشخیص نماهای متفاوت صدف‌های شکم‌پایان را از دست داده‌اند (جدول ۴، شکل ۷).



شکل ۷: نمودار نقطه‌ای مربوط به جهت‌گیری نمونه‌های در معرض سرب قرار گرفته به سوی نماهای جانبی و پشتی صدف‌های خالی شکم‌پایان. (شاهد الف)، نمای پشتی صدف خالی شکم‌پایان *Thais* SP. (ب)، نمای جانبی صدف خالی شکم‌پایان *Thais* SP. (پ)، نمای پشتی صدف خالی شکم‌پایان *C. cingulata*. (ت)، نمای جانبی صدف خالی شکم‌پایان *C. cingulata*. (ث)، نمای پشتی صدف خالی شکم‌پایان *P. sulcatus*. (ج)، نمای جانبی صدف خالی شکم‌پایان *P. sulcatus*. (ح)، نمای جانبی صدف خالی شکم‌پایان *U. vestiarium*. (خ)، نمای جانبی صدف خالی شکم‌پایان *U. vestiarium*.

همان‌طور که قبلاً ذکر شد نمونه‌های سالم به طور معنی‌داری بیش‌ترین جذب را به سمت نماهای جانبی و پشتی صدف شکم‌پایان *U. vestiarium* نشان دادند (نمای جانبی ۶۳ درصد و نمای پشتی ۶۱ درصد). در صورتی که در نمونه‌های در معرض سرب قرار گرفته این میزان جذب به طور معنی‌داری کاهش یافته است (نمای جانبی ۶ درصد و نمای پشتی ۸ درصد). همچنین میزان درصد‌های جهت‌گیری صحیح تیمارهای در معرض سرب قرار گرفته به سمت نماهای متفاوت صدف‌های خالی شکم‌پایان با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۸).

طور معنی‌داری کم‌ترین درصد جذب را به سمت نماهای جانبی و وارونه صدف شکم‌پایان *C. cingulata* و بیش‌ترین درصد جذب به سمت نماهای جانبی و وارونه صدف شکم‌پایان *U. vestiarium* نشان دادند ($P < 0.05$). صدف شکم‌پایان *C. cingulata* تقریباً در هر دو نمای جانبی و پشتی شبیه مثلث کشیده شده یا مخروطی شکل است. بنابراین، شکل غیر جذاب برای خرچنگ *D. avarus* مثلث می‌باشد، زیرا کم‌ترین جذب به سمت صدف شکم‌پایان *C. cingulata* و بیش‌ترین جذب به سمت نمای جانبی صدف شکم‌پایان *U. vestiarium* بود که تقریباً به شکل نیم‌دایره است. این چنین پاسخ فرار به برخی از اشکال صدف، می‌تواند به عنوان پاسخ فرار از شکارچینی که به شکل این حالت‌ها هستند، تفسیر شود (Diaz et al., 2001) یا این‌که این حالت‌ها همانند اشکال صدف‌های دارای اولویت انتخاب، نیستند (Diaz et al., 1995a). چنین پاسخ‌های بینایی غیرمستقیم فرار از شکارچی در گونه‌های دیگر خرچنگ‌های منزوی *C. signatus* (Ismail, 2012) و *vittatus* (Diaz et al., 1995a) و همچنین در دیگر ده‌پایان نیز مشاهده شده است (Orihuela et al., 1992; Diaz et al., 1995b, 1999, 2003).



شکل ۸: نمودار مقایسه درصد جهت‌گیری صحیح نمونه‌های سالم به سوی نماهای جانبی و پشتی صدف‌های شکم‌پایان. (آنتنک‌ها نشان‌دهنده انحراف معیار هستند و حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها می‌باشند).

۱-۳-۳ جهت‌گیری نمونه‌های در معرض سرب قرار گرفته به سوی نماهای جانبی و پشتی صدف‌های خالی شکم‌پایان

گروه شاهد پراکنش جهت‌گیری یکنواختی را نشان دادند ($P > 0.05$, Rayleigh test). نمونه‌های سالم بین نماهای متفاوت صدف تمیز قائل شده‌اند و بیش‌ترین تمرکز جهت‌گیری‌شان به سمت نماهای جانبی و وارونه صدف شکم‌پایان *U. vestiarium* و پشتی صدف شکم‌پایان *P. sulcatus* بود. با این وجود نمونه‌های در معرض سرب قرار گرفته در حضور نماهای متفاوت چهار گونه صدف شکم‌پایان، همانند گروه شاهد در همه تیمارها پراکنش جهت‌گیری

جدول ۳: مربوط به جهت‌گیری نمونه‌های سالم به سوی نماهای متفاوت صدف‌های خالی شکم‌پایان

تیمار	N	n	درصد جذب	بردار میانگین جهت‌گیری (درجه)	طول بردار جهت‌گیری	Rayleigh test P	V test (p)
شاهد	۳۰	۲۳	-	۳۴۶/۴۵۶	۰/۰۶۷	۰/۹۰۵	-
نمای جانبی <i>Thais</i> sp.	۳۰	۲۴	۲۱	۱۰۳/۳۹۹	۰/۱	۰/۷۸۸	-
نمای پشتی <i>Thais</i> sp.	۳۰	۲۸	۳۲	۷۰/۶۵۳	۰/۳۱۴	۰/۰۶۲	-
نمای جانبی <i>C. cingulatus</i>	۳۰	۲۷	۱۵	۱۱۰/۷۳۲	۰/۳۸۱	۰/۰۱۹	.۸۳۸
نمای پشتی <i>C. cingulatus</i>	۳۰	۲۷	۱۱	۱۶۲/۷۴۶	۰/۰۸۳	۰/۸۳۴	-
نمای جانبی <i>P. sulcatus</i>	۳۰	۲۵	۲۸	۳۴/۶۸۱	۰/۲۲۱	۰/۲۹۷	-
نمای پشتی <i>P. sulcatus</i>	۳۰	۲۲	۴۳/۵	۸/۲۴۲	۰/۴۳۶	۰/۰۱۳	۰/۰۰۲
نمای جانبی <i>U. vestiarium</i>	۳۰	۲۷	۶۳	۳۴۵/۳۳۱	۰/۴۹۸	۰/۰۰۰۸۷۱	۰/۰۰۰۱۴۱
نمای پشتی <i>U. vestiarium</i>	۳۰	۲۳	۶۱	۱۶/۷۵۱	۰/۳۹۴	۰/۰۲۷	۰/۰۰۵

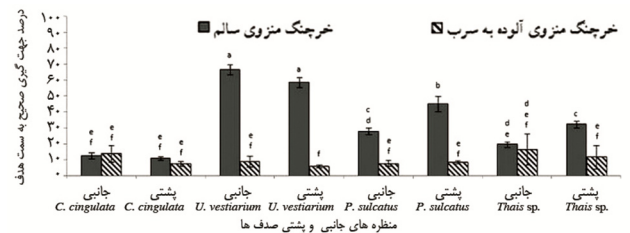
جدول ۴: مربوط به جهت‌گیری نمونه‌های در معرض سرب قرار گرفته به سوی نماهای جانبی و پشتی صدف‌های خالی شکم‌پایان.

تیمارها	N	n	درصد جذب	بردار میانگین جهت‌گیری (درجه)	طول بردار جهت‌گیری	Rayleigh test P	V test (p)
شاهد	۳۰	۲۳	-	۳۴۶/۴۵۶	۰/۰۶۷	۰/۹۰۵	-
نمای جانبی <i>Thais</i> sp.	۳۰	۲۵	۲۸	۲۵/۸۱۶	۰/۱۷	۰/۴۹۱	-
نمای پشتی <i>Thais</i> sp.	۳۰	۲۵	۲۰	۳/۳۲	۰/۱۸۸	۰/۴۱۷	-
نمای جانبی <i>C. cingulatus</i>	۳۰	۲۵	۲۰	۲۱/۶۴۳	۰/۲۰۴	۰/۳۵۸	-
نمای پشتی <i>C. cingulatus</i>	۳۰	۱۷	۶	۵۸/۹۲۵	۰/۳۱۶	۰/۱۸۵	-
نمای جانبی <i>P. sulcatus</i>	۳۰	۱۷	۶	۱۵۰/۶	۰/۱۴۳	۰/۷۱۳	-
نمای پشتی <i>P. sulcatus</i>	۳۰	۲۴	۸	۳۴/۸۸۲	۰/۰۴۳	۰/۹۵۷	-

نماهای جانبی و پشتی صدف خالی شکم‌پا *U. vestiarium* را بیش از بقیه صدف‌های خالی شکم‌پایان ترجیح دادند. پراکنش جهت‌گیری نمونه‌های سالم به سمت نماهای جانبی و پشتی صدف شکم‌پا *U. vestiarium* مطابق با آزمون u^2 Watson بیش‌ترین اختلاف را با گروه شاهد داشت (جدول ۵).

برای بررسی این فرضیه که بیان می‌کند قدرت تشخیص بینایی و جهت‌گیری بینایی نمونه‌های خرچنگ منزوی *D. avarus* تحت تأثیر آلودگی سرب قرار می‌گیرد، جهت‌گیری نمونه‌های در معرض سرب قرار گرفته به سوی هدف با زاویه ثابت در حضور نشانه‌های بینایی (نماهای جانبی و پشتی صدف‌های خالی شکم‌پایان) مورد بررسی قرار گرفت و با جهت‌گیری نمونه‌های سالم مقایسه گردید. نتایج حاصل از این آزمایش‌ها، فرضیه‌های این پژوهش را اثبات نمود.

پوست اولین سطح دفاعی می‌باشد و تأثیر آلودگی می‌تواند وابسته به تراویای پوست باشد. پیش‌بینی می‌شود که ساختارهای سطحی نظیر اندام‌های حسی در معرض بیش‌ترین خطر اولیه هستند. آن‌ها سیستم‌های حسی، پیوند دهنده موجود با محیط هستند. آن‌ها محرک‌های وارده را دریافت می‌کنند و پس از انتقال به وسیله مغز پردازش می‌شود. سپس متناسب با تصمیم‌های گرفته شده توسط مغز، موجود واکنش نشان می‌دهد. اگر آلودگی، اندام‌های حسی مربوط به بروز رفتار را تحت تأثیر قرار دهد تأثیرش روی رفتار سریع‌تر بروز می‌کند (Blaxter and Ten Hallers-Tjabbes, 1992).



شکل ۸: نمودار مقایسه درصد جهت‌گیری صحیح نمونه‌های در معرض سرب قرار گرفته و سالم به سوی نماهای جانبی و پشتی صدف‌های شکم‌پایان. (آنتنک‌ها نشان دهنده انحراف معیار هستند و حروف غیرمشابه نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها می‌باشند).

نتایج آزمون u^2 Watson نشان داد که احتمال برابر بودن پراکنش جهت‌گیری تیمارهای در معرض سرب قرار گرفته (به استثنای تیمار نمای پشتی صدف *U. vestiarium* $0/2 < P < 0/5$) با گروه شاهد بیش از ۵۰ درصد می‌باشد. در صورتی که احتمال برابر بودن پراکنش جهت‌گیری در تیمارهای سالم در حضور نماهای جانبی و وارونه صدف شکم‌پا *U. vestiarium* با گروه شاهد به ترتیب کم‌تر از ۰/۰۱ و ۰/۰۱ بود. مطابق با آزمون u^2 Watson تقریباً در همه تیمارهای در معرض سرب قرار گرفته، احتمال شبیه بودن پراکنش جهت‌گیری‌ها با تیمار شاهد بیش از ۵۰ درصد می‌باشد. یعنی نمونه‌های در معرض سرب قرار گرفته جذب هیچ کدام از نماهای جانبی و پشتی صدف‌های خالی شکم‌پایان نشده‌اند و بین هیچ کدام از آن‌ها تمیز قایل نشده‌اند. در صورتی که نمونه‌های سالم،

جدول ۵: نتایج آزمون مقایسه‌ای $Watson u^2$ مربوط به جهت‌گیری نمونه‌های در معرض سرب قرار گرفته و سالم به سوی نماهای جانبی و پشتی صدف‌های خالی شکم‌پایان.

مقایسه	Watson u^2 (P)
گروه شاهد و تیمار سالم نمای جانبی صدف خالی شکم‌پا <i>Thais sp.</i>	> ۰/۵
گروه شاهد و تیمار سالم نمای پشتی صدف خالی شکم‌پا <i>Thais sp.</i>	> ۰/۵
گروه شاهد و تیمار سالم نمای جانبی صدف خالی شکم‌پا <i>C. cignatus</i>	۰/۲ > P > ۰/۵
گروه شاهد و تیمار سالم نمای پشتی صدف خالی شکم‌پا <i>C. cignatus</i>	> ۰/۵
گروه شاهد و تیمار سالم نمای جانبی صدف خالی شکم‌پا <i>P. sulcatus</i>	۰/۲ > P > ۰/۵
گروه شاهد و تیمار سالم نمای پشتی صدف خالی شکم‌پا <i>P. sulcatus</i>	۰/۵ > P > ۰/۱
گروه شاهد و تیمار سالم نمای جانبی صدف خالی شکم‌پا <i>U. vestiarium</i>	< ۰/۰۰۱
گروه شاهد و تیمار سالم نمای پشتی صدف خالی شکم‌پا <i>U. vestiarium</i>	< ۰/۰۱
گروه شاهد و تیمار در معرض سرب قرار گرفته شده نمای جانبی صدف خالی شکم‌پا <i>Thais sp.</i>	> ۰/۵
گروه شاهد و تیمار در معرض سرب قرار گرفته شده نمای پشتی صدف خالی شکم‌پا <i>Thais sp.</i>	> ۰/۵
گروه شاهد و تیمار در معرض سرب قرار گرفته شده نمای جانبی صدف خالی شکم‌پا <i>C. cignatus</i>	> ۰/۵
گروه شاهد و تیمار در معرض سرب قرار گرفته شده نمای پشتی صدف خالی شکم‌پا <i>C. cignatus</i>	> ۰/۵
گروه شاهد و تیمار در معرض سرب قرار گرفته شده نمای جانبی صدف خالی شکم‌پا <i>P. sulcatus</i>	> ۰/۵
گروه شاهد و تیمار در معرض سرب قرار گرفته شده نمای پشتی صدف خالی شکم‌پا <i>P. sulcatus</i>	> ۰/۵
گروه شاهد و تیمار در معرض سرب قرار گرفته شده نمای جانبی صدف خالی شکم‌پا <i>U. vestiarium</i>	۰/۲ > P > ۰/۵
گروه شاهد و تیمار در معرض سرب قرار گرفته شده نمای پشتی صدف خالی شکم‌پا <i>U. vestiarium</i>	۰/۲ > P > ۰/۵
تیمارهای سالم و در معرض سرب قرار گرفته شده نمای جانبی صدف خالی شکم‌پا <i>Thais sp.</i>	۰/۲ > P > ۰/۵
تیمارهای سالم و در معرض سرب قرار گرفته شده نمای پشتی صدف خالی شکم‌پا <i>Thais sp.</i>	> ۰/۵
تیمارهای سالم و در معرض سرب قرار گرفته شده نمای جانبی صدف خالی شکم‌پا <i>C. cignatus</i>	۰/۲ > P > ۰/۵
تیمارهای سالم و در معرض سرب قرار گرفته شده نمای پشتی صدف خالی شکم‌پا <i>C. cignatus</i>	۰/۲ > P > ۰/۵
تیمارهای سالم و در معرض سرب قرار گرفته شده نمای جانبی صدف خالی شکم‌پا <i>P. sulcatus</i>	۰/۲ > P > ۰/۵
تیمارهای سالم و در معرض سرب قرار گرفته شده نمای پشتی صدف خالی شکم‌پا <i>P. sulcatus</i>	< ۰/۰۵
تیمارهای سالم و در معرض سرب قرار گرفته شده نمای جانبی صدف خالی شکم‌پا <i>U. vestiarium</i>	< ۰/۰۰۱
تیمارهای سالم و در معرض سرب قرار گرفته شده نمای پشتی صدف خالی شکم‌پا <i>U. vestiarium</i>	< ۰/۰۰۲

سمت خرچنگ *Limulus polyphemus* میزبان به وسیله ppm ۱۰۰ $FeCl_2$ و ۱۲ ppm $MgCl$ محلول در آب تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Blaxter and Ten Hallers-Tjabbes, 1992). Weis و Weis (۱۹۹۸) بیان کردند که قرار گرفتن لارو *Mummichog* به مدت ۴ هفته در معرض سرب فعالیت جنبشی، کارآیی شنا و اجتناب از شکارچی را کاهش می‌دهد.

بسیاری از رفتارها دارای پیامدهای بوم شناختی هستند (Weise and Weise, 1998). Hansson و Bronmark (۲۰۰۰) و Rosen و همکاران (۲۰۰۹) گزارش نمودند که جانوران آبی در تماس مستقیم با گروهی از محرک‌های شیمیایی مختلف زندگی می‌کنند. اکثر جانوران بی‌مهره از محرک‌های شیمیایی برای کسب اطلاعات از محیط اطراف خود استفاده می‌کنند. محرک‌های مختلف، رفتارهای مختلف شامل: تجمع، تخم‌ریزی، جفت‌یابی، جستجوی غذا، ردیابی میکروزیستگاه‌ها و پاسخ‌های ویژه به شکارچیان بالقوه مثل پنهان شدن و فرار کردن را سبب می‌شوند. جهت‌گیری نیز به عنوان مکانیسم رفتاری عمده مورد نیاز برای بقای سخت پوستان جنبنده ساکن در ناحیه بین جزر و مدی قلمداد می‌گردد (Diaz et al., 1995a) که مطابق با اطلاعات ورودی هر دو حس بینایی و شیمیایی انجام می‌گیرد (Ismail

احتمالاً دلیل مشاهدات ما در این آزمایش تأثیر سرب روی دستگاه‌های حسی است. اما چگونگی و مکانیسم آن مشخص نیست و خود جای تحقیق دارد.

مطالعات زیادی روی اثر سرب بر تشخیص بینایی و رفتار جهت‌گیری بینایی این گونه یا گونه‌های مشابه انجام نشده است. همچنین بیش‌تر مطالعات مربوط به اثر آلاینده‌ها بر رفتارهای وابسته به درک شیمیایی بوده است و روی رفتارهای وابسته به تشخیص بینایی تحقیقی صورت نگرفته است. به عنوان مثال در مطالعه مشابهی روی همین گونه مشخص شد که سرب تحریک شیمیایی و در نهایت جهت‌گیری شیمیایی این گونه را تحت تأثیر قرار داده است (بدری و همکاران، ۱۳۹۵). همچنین مطالعه پاسخ‌های رفتاری شکم‌پا *B. digitalis* نسبت به آلودگی فلزات سنگین نشان داد که نشانه اولیه تأثیر آلودگی از دست دادن درک شیمیایی است (Cheung et al., 2002). شکم‌پا *P. columbiana* آلوده به سرب نمی‌تواند در پاسخ به بوی عصاره هم نوع له شده، رفتارهای ضد شکارچی از خود بروز دهند. زیرا آن‌ها تحت تأثیر فلزات سنگین توانایی تشخیص نشانه‌های شیمیایی (درک شیمیایی) هم‌نوع له‌شده خود را از دست داده‌اند (Lefcort et al., 2000). همچنین جذب شیمیایی کرم پهن *Bdelloura candida* به

به این که سرب بر سطح فردی این گونه تأثیر گذاشته است (تشخیص بینایی افراد این گونه را تحت تأثیر قرار داده است) این تأثیر نمود جمعیتی نیز می‌تواند داشته باشد. زیرا این جانور برای جهت‌گیری و سایر رفتارها همانند جفت‌گیری، تغذیه و غیره وابسته به دریافت اطلاعات اولیه (اطلاعات بینایی، شیمیایی و غیره) از محیط زیست اطرافش است و اختلال در این فرآیندها می‌تواند روی سطوح جمعیتی این گونه نیز تأثیر بگذارد. همچنین نتایج مطالعه اخیر نشان داد که آلایندہ سرب تشخیص بینایی و در نهایت جهت‌گیری بینایی خرچنگ‌های منزوی *D. avarus* را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در نتیجه، می‌توان گفت اگر در منطقه‌ای خرچنگ‌های منزوی *D. avarus* از نظر تشخیص و جهت‌گیری بینایی دچار ضعف باشند، احتمال می‌رود که در آن منطقه آلایندہ سرب حضور داشته باشد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده تأثیر سایر آلایندہ‌ها روی رفتارهای گونه‌های دیگر آیزی بررسی شود تا بتوان از نتایج آن در سیستم کنترل زیستی (بیومانی‌تورینگ) آب استفاده کرد.

منابع

- امراللهی بیوکی، ن؛ بدری، ن. ۱۳۹۳. تعیین غلظت کشندگی (LC50) *Heller, 1865 Diogenes avarus* سرب بر روی خرچنگ منزوی *Diogenes avarus* اولین همایش ملی پدافند غیر عامل در علوم دریایی. بندر عباس. وزارت کشور و اداره کل پدافند غیر عامل.
- بدری، ن؛ امراللهی بیوکی، ن؛ رنجبر م، ش. ۱۳۹۵. مطالعه رفتار جهت‌گیری خرچنگ منزوی *Diogenes avarus* (Heller, 1865) تحت تأثیر نشانه‌های شیمیایی و آلودگی سرب، مجله زیست‌شناسی ایران، جلد ۲۹، آماده انتشار.
- پاشائی چلکاسری، ح؛ فرخ روز، م؛ زمینی، ع؛ ابراهیمیان، ی. ۱۳۹۱. تعیین غلظت کشنده (LC50 96h) حشره‌کش دیازینون (Diazinon) و علف‌کش ماچتی (Butachlor) بر روی بچه‌ماهی سیاه کولی (*Vimba vimba persa*). نشریه اقیانوس‌شناسی. سال سوم. شماره ۹. صفحات ۶۳-۶۸.
- صادقی، پ؛ سواری، ا؛ موحدی‌نیا، ع؛ صفاهیه، ع؛ ازدری، د. ۱۳۹۳. تعیین غلظت کشندگی متوسط (LC50) دی کرومات پتاسیم و بررسی پاسخ‌های رفتاری در هامورماهی لکه زیتونی منقوط (*Epinephelus stoliczkae*). نشریه اقیانوس‌شناسی. سال پنجم. شماره ۱۷. صفحات ۱-۹.

(2012). با توجه به این که سرب سبب تغییر در پاسخ‌های عصبی- رفتاری^۱ می‌شود (Lefcort et al., 2000) در نتیجه تغییر در این رفتارها به وسیله مواجهه با آلودگی سرب، بقا و رفتار بوم شناختی این موجودات را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Weis and Weis, 1998).

با توجه به نتایج، مواجهه نمونه‌ها با ترکیب سرب سبب شد که تشخیص بینایی و در نهایت رفتار جهت‌گیری بینایی آن‌ها تحت تأثیر قرار بگیرد. زیرا این نمونه‌ها در تمام تیمارهای آلوده جهت‌گیری یکنواختی را نشان دادند. از آنجایی که نمونه‌های در معرض سرب قرار گرفته شده، هزینه مقابله با اثرات فیزیولوژیکی آلایندہ را پرداخت می‌نمایند (به عنوان مثال دفع بالا برای حذف ترکیبات مضر) دامنه برای انجام فعالیت‌های دشوار کاهش می‌یابد (White et al., 2013; Dissanayake et al., 2009). بنابراین، می‌توان این طور نیز استنتاج کرد که یکی از دلایل مشاهدات انجام شده در این تحقیق می‌تواند این باشد که چون نمونه‌های در معرض سرب قرار گرفته شده انرژی خود را صرف حذف آلایندہ سرب از بدن نموده‌اند انرژی برای سایر رفتارهای وابسته به تشخیص بینایی کاهش می‌یابد. در مطالعه مشابهی، White و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند که مواجهه خرچنگ‌های منزوی *P. bernhardus* با آلایندہ مس منجر به مصرف سوخت و ساز بالای بدن می‌شود. در نتیجه، از دست دادن قدرت و اختلال در برخی از رفتارهای دفاعی و تهاجمی، تأثیر بالقوه قرار گرفتن در معرض مس است (White et al., 2013).

Weber و همکاران (۱۹۹۱) اشاره کردند که اثرات رفتاری حاصل از در معرض قرار گیری با سرب، احتمالاً به وسیله تغییر انتقال‌دهنده‌های عصبی ایجاد می‌شود. بنابراین، یکی از دلایل دیگر مشاهدات انجام شده در تحقیق حاضر می‌تواند تغییر در انتقال‌دهنده‌های عصبی مربوط به مسیر پردازش بینایی در مغز جانور باشد که این خود جای تحقیق دارد.

۴. نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی، رفتار پلی است که توسط آن تأثیرات نوروتوکسینی القا شده در افراد گونه می‌تواند سطوح جمعیتی گونه را تحت تأثیر قرار دهد (Weis and Weis, 1998). با توجه

¹ Neurobehavioral

1999. Orientation of blue crab, *Callinectes sapidus* (Rathbun), megalopae: responses to visual and chemical cues. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 233: 25-40.
- Dissanayake, A.; Galloway, T. S.; Jones, M.B., 2009. Physiological condition and intraspecific agonistic behaviour in *Carcinus maenas* (Crustacea: Decapoda). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 375: 57-63.
- Garza, A.; Vega, R.; Soto, E., 2006. Cellular mechanisms of lead neurotoxicity. *Journal of Medical Science Monitor*, 12 (3): RA 57-65.
- Gerhardt, A.; Ingram, M.K.; Kang, I.J.; Ultizur, S., 2006. In situ on-line toxicity biomonitoring in water: Recent developments. *Journal of Environmental. Toxicology and Chemistry*, 25: 2223-2271.
- Gherardi, F.; Tricarico, E.; Atema, J., 2005. Unraveling the nature of individual recognition by odor in hermit crab. *Journal of Chemical Ecology*, 31(12): 2877-2896.
- Hazlett, B.A., 1982. Chemical induction of visual orientation in the hermit crab *Clibanarius vittatus*. *Journal of Animal Behaviour*, 30: 1259-1260.
- Heller, C., 1865. Crustaceen. *Reise der Osterreichischen Fregatte Novara um die Erde in den Jahren 1857, 1858, 1859 unter den Befehlen des Commodors B. von Wüllerstorff-Urbair. Zoologischer Theil*, 2 (3): 280.
- Huang, H.D.; Rittschof, D.; Jeng, M.S., 2005. Visual orientation of the symbiotic snapping shrimp *Synalpheus demani*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 326: 56-66.
- Ismail, T.G., 2012. Effects of visual and chemical cues on orientation behavior of the Red Sea hermit crab *Clibanarius signatus*. *Journal of Basic and Applied Zoology*, 65: 95-105.
- Lefcort, H.; Ammann, E.; Eiger, S.M., 2000. Antipredatory behavior as an index of heavy-metal pollution? A test using snails and caddisflies. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 243(2): 169-184.
- Blaxter, J.H.S.; Ten Hallers- Tjabbes, C., 1992. The effect of pollutants on sensory systems and behavior of aquatic animals. *Journal of Aquatic Ecology*, 26(1): 43-58.
- Briffa, M.; Elwood, R.W., 2001. Motivational change during shell fights in the hermit crab *Pagurus bernhardus*. *Journal of Animal Behavioral*, 62: 505-510.
- Bronmark, C.; Hansson, L.A., 2000. Chemical communication in aquatic systems: an introduction, *Journal of Oikos*, 88: 103-109.
- Cheung, S.G.; Tai, K.K.; Leung, C.K.; Siu, Y.M., 2002. Effects of heavy metals on survival and feeding behavior of the sandy shore scavenging gastropod *Nassarius festivus* (Powys). *Journal of Marine Pollution Bulletin*, 45: 107-113.
- Chiussi, R.; Diaz, H.; Rittschof, D.; Forward, R., 2001. Orientation of the hermit crab *Clibanarius antillensis*: effects of visual and chemical cues. *Journal of Crustacean Biology*, 21 (3): 593-605.
- Diaz, H.; Orihuela, B.; Rittschof, D.; Forward, Jr.; R.B., 1995a. Visual orientation to gastropods shells by chemically stimulated hermit crab, *Clibanarius vittatus* (Bosc). *Journal of Crustacean Biology*, 15: 70-78.
- Diaz, H.; Orihuela, B.; Forward, Jr. R.B.; Rittschof, D., 2001. Effects of chemical cues on visual orientation of juvenile blue crabs, *Callinectes sapidus* (Rathbun). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 266: 1-15.
- Diaz, H.; Orihuela, B.; Forward, Jr.R.B., 1995b. Visual orientation of postlarval and juvenile mangrove crabs. *Journal of Crustacean Biology*, 15 (4): 671-678.
- Diaz, H.; Orihuela, B.; Forward, Jr. R.B.; Rittschof, D.,

- Rotjan, R.D.; Chabot, J.R.; Lewis, S.M., 2010. Social context of shell acquisition in *Coenobita clypeatus* hermit crabs. Behavioral and Ecology journal, 21: 639-646.
- Weber, D.N.; Russo, A.; Seale, D.B.; Spieler, R.E., 1991. Waterborne lead affects feeding abilities and neurotransmitter levels of juvenile fathead minnows (*Pimephales promelas*). Aquatic Toxicology journal, 21: 71-80.
- Weis, J.; Weis, P., 1998. Effects of exposure to lead on behavior of mummichog (*Fundulus heteroclitus* L.) larvae. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 222: 1-10.
- White, S.J.; Pipe, R.K.; Fisher, A.; Briffa, M., 2013. Asymmetric effects of contaminant exposure during asymmetric contests in the hermit crab *Pagurus bernhardus*. Animal Behaviour journal, 86: 773-781.
- Zar, J.H., 1999. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Engelwood Cliffs, NJ. USA.
- Environmental contamination toxicology journal, 38: 311-316.
- Newman, M.C., 2009. Fundamentals of ecotoxicology, Third Edition Hardcover – September 28, 2009, ISBN-13: 978-1420067040 ISBN-10: 1420067044.
- Orihuela, B.; Diaz, H.; Forward, R.; Rittschof, D., 1992. Orientation of the hermit crab *Clibanarius vittatus* (Bosc) to visual cues: effects of mollusk chemical cues. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 164: 193-208.
- Pourrang, N.; Nikouyan, A.; Dennis, J.H., 2005. Trace element concentration sin fish, sediment and water from northern part of the Persian Gulf. Journal of Environmental monitoring and assessment, 109: 293-316.
- Rosen, E.; Schwarz, B.; Palmer, A.R., 2009. Smelling the difference: hermit crab responses to predatory and nonpredatory crabs. Animal Behavior Journal, 78: 691-695.