

مطالعه رفتار جهت‌گیری خرچنگ منزوی (*Diogenes avarus* (Heller, 1865) تحت تأثیر

نشانه‌های شیمیایی و آلودگی سرب

نرگس بدری*، نرگس امراللهی بیوکی و محمدشریف رنجبر

بندرعباس، دانشگاه هرمزگان، دانشکده علوم فنون دریایی، گروه زیست‌شناسی

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۲۵

چکیده

مطالعه رفتار آبیان نشانگر حساسی به استرس‌های زیرکشنده سمیت است و به طور اکولوژیکی می‌توان با استفاده از آن تأثیرات آلاینده‌ها را بر روی ارگانسیم‌های آبی سنجید. در این مطالعه رفتار جهت‌گیری دو گروه خرچنگ منزوی آلوده به سرب و سالم (غیرآلوده) به سمت هدف در حضور آب دریا حاوی نشانه‌های شیمیایی در غلظت‌های (۱، ۲، ۴ گرم برلیتر در ۲۴ ساعت) بوی شکارچی و (۱، ۲ و ۳ گرم برلیتر در ۲۴ ساعت) بوی غذا مورد بررسی قرار گرفت. همچنین فرض بر این بود که خرچنگ منزوی *Diogenes avarus* بر پایه‌ی درک شیمیایی از محیط به سمت هدف جهت‌گیری می‌کند و آلاینده سرب می‌تواند رفتار جهت‌گیری این گونه را تحت تأثیر قرار دهد. نتایج نشان داد که نمونه‌ها در تیمار شاهد دارای جهت‌گیری یکنواخت بودند. این مطالعه نشان داد که نمونه‌های سالم (۱) در تیمار شاهد دارای جهت‌گیری یکنواخت بودند، (۲) در تیمارهای حاوی بوی غذا با افزایش غلظت بوی غذا به‌طور معناداری به سمت هدف جهت‌گیری کردند. (۳) در تیمارهای حاوی بوی شکارچی جهت‌گیری در جهت مخالف هدف را نشان دادند. همچنین نتایج نشان داد که رفتار جهت‌گیری نمونه‌های آلوده تحت تأثیر آلودگی سرب قرار گرفته است زیرا همه تیمارها جهت‌گیری یکنواختی را نشان دادند. این مشاهدات احتمالاً به دلیل خاصیت نوروکسینی سرب یا کاهش انرژی جانور در اثر حذف آلاینده از بدن، می‌باشد. به‌طورکلی، خرچنگ منزوی قدرت درک شیمیایی و جهت‌گیری براساس اطلاعات بینایی و شیمیایی را دارد و آلاینده سرب این توانایی‌هایش را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: خرچنگ منزوی، فلزات سنگین، رفتار جهت‌گیری، نشانگر رفتاری

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۷۱۴۴۵۷۴۰۸۴، پست الکترونیکی: Nargesbadri1989@gmail.com

مقدمه

رفتارهای جانوران، مجموعه‌ای از ویژگی‌های ژنتیکی، بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی و محیطی هستند که سازگاری تکاملی موجودات را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۳۳). در واقع، رفتار فرآیندی است که بین واکنش‌های درون‌سلولی که در آزمایشگاه سنجیده می‌شوند (۳۳) و پاسخ‌های اکولوژیکی به آلاینده‌ها که در محیط مشاهده می‌شوند، رابطه ایجاد می‌کند (۳۳). مطالعات ثابت کرده است که رفتار به‌طور اکولوژیکی مهم بوده و می‌تواند به‌عنوان یک نشانگر حساس به استرس سمیت در

ارگانسیم‌های آبی به‌کاربرده شود، زیرا آلاینده‌ها رفتار موجودات را تحت تأثیر قرار می‌دهند و هر آلاینده تأثیرات متفاوتی را روی رفتارهای موجودات می‌گذارد (۳۳). از تغییرات رفتاری موجودات می‌توان برای تشخیص نوع عملکرد آلاینده، تشخیص نوع آلاینده، تعیین وجود آلاینده در فاضلاب‌ها و آزمایش آب فاضلاب قبل از تخلیه آن به درون محیط استفاده کرد (۳۳). بنابراین، یکی از کاربردهای عملی رفتار، استفاده از آن در کنترل کیفیت آب در تسهیلات آزمایشی فاضلاب یا آب آشامیدنی می‌تواند باشد

و می‌توان به‌وسیله‌ی آن آلاینده‌های موجود در آب‌های آشامیدنی و فاضلاب‌ها را تشخیص داد (۲۵).

جهت‌گیری، یک رفتار بنیادی برای بقای سخت‌پوستان متحرک در نواحی جزرومدی و زیر جزرومدی است (۲۸). خرچنگ‌های منزوی گروهی از سخت‌پوستان هستند که از نشانه‌های بینایی و شیمیایی موجود در محیط، برای جهت‌گیری بهره می‌گیرند (۲۸). در واقع، این موجودات در تماس مستقیم با گروهی از محرک‌های شیمیایی مختلف زندگی می‌کنند (۱۲) و از این محرک‌ها برای کسب اطلاعات از محیط اطرافشان استفاده می‌کنند. آن‌ها سیستم عصبی مرکزی دارند که تا درجه زیادی اختصاصی شده و حس‌های بویایی محیطی را دریافت و آنالیز می‌کنند (۱۶). بخش زیادی از مغز آن‌ها (بیش از ۵۰ درصد یا بیش‌تر) برای آنالیز سیگنال‌های بویایی ورودی اختصاصی شده‌اند (۱۶). این موجودات گیرنده‌های حسی (Sensilla batteries) میکروسکوپی در پوست خود دارند که در طول آنتن‌هایشان به‌صورت منظم ردیف شده‌اند که با استفاده از آن‌ها بوهای موجود در محیط مایع اطرافشان را دریافت می‌کنند (۱۶). این سیگنال‌ها با همکاری سیگنال‌های اولیه جمع‌آوری شده از گیرنده‌های بینایی، شیمیایی و چشایی، سبب بروز رفتارهایی می‌شوند که بازده تشخیص سیگنال‌های بویایی را افزایش می‌دهند (۱۶). ستاهای بویایی در سخت‌پوستان، ستاهای بویایی (Aesthetasc sensilla) هستند، در خرچنگ‌های منزوی، ستاهای بویایی در دسته‌های متراکم در سطح شکمی نوک آنتن یافت می‌شوند. در تمام سخت‌پوستان ستاهای بویایی ضمیمه بخش دندریتیک دیستال نورون‌های گیرنده بویایی (ORN= Olfactory Receptor Neurons) هستند (۹). که آکسون‌های آن به سمت منطقه‌ی مخصوص گلومرولی در لوب بویایی (Deutocerebrum) متصل می‌شوند (۱۵). این ساختارهای حسی شیمیایی نه‌تنها می‌توانند ترکیب‌های شیمیایی را تشخیص دهند بلکه مسافت بوهای شیمیایی را نیز می‌توانند تشخیص دهند (۹). خرچنگ‌های منزوی برای

پاسخ به جهت‌گیری به هر دو حس بینایی و شیمیایی احتیاج دارند (۳۹). گستره‌ی عظیمی از آلودگی‌ها نظیر فلزات سنگین می‌توانند عملکرد اندام حسی را تحت تأثیر قرار دهند و بنابراین، رفتار به‌وسیله‌ی کاهش یا تغییر ارسال اطلاعات به مغز تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۱۰). از دست دادن رفتارهایی که ارگانیسم‌ها به کار می‌برند تا از شکار شدن در امان بمانند، می‌تواند به‌عنوان یک نشانگر حساس آلودگی به‌کاربرده شود (۳۰). فلزات سنگین می‌توانند در خرچنگ‌ها و دیگر سخت‌پوستان سبب ایجاد اختلال در واکنش‌های رفتاری و درک شیمیایی شوند (۱۰). سرب فلز سنگینی است که بیش‌تر کانال‌های انتقال یون و سیگنال‌های سلولی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین، دارای خاصیت نوروکسینی می‌باشد (۲۴) و مواجهه با این فلز آلاینده می‌تواند سبب تغییرات رفتاری در موجودات زنده از جمله خرچنگ‌های منزوی شود و بقا و اکولوژی آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهد (۴۶).

به‌طورکلی، از نتایج مطالعات حاصل از سم‌شناسی رفتاری می‌توان در کنترل کیفیت آب در تسهیلات آزمایشی فاضلاب یا آب آشامیدنی و همچنین تشخیص آلاینده‌های موجود در آب‌های آشامیدنی و فاضلاب‌ها بهره برد (۲۵). بنابراین، نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند در پایش‌های محیطی آب‌های آشامیدنی و فاضلاب‌ها مورد استفاده قرار گیرد. باوجوداینکه در سال‌های اخیر، بررسی‌های زیست‌محیطی و زیست‌شناختی تغییرات میزان فلزات سنگین در سواحل جنوبی کشور اکثراً معطوف به نواحی ساحلی خلیج فارس بوده است (۵) ولی مطالعات خاصی در خصوص تأثیرات فلزات سنگین بر پاسخ‌های رفتارهای موجودات این منطقه انجام نگرفته است. بنابراین، این مطالعه اولین تحقیق در خصوص تأثیر فلز سرب بر رفتار جهت‌گیری خرچنگ منزوی *D. avarus* در کشور می‌باشد که هدف آن تعیین تأثیر نترات سرب (Pb(NO)₃) بر رفتار جهت‌گیری این خرچنگ منزوی می‌باشد.

مواد و روشها

قطعه)، به صورت تصادفی و در زمان جزر (اطلاعات مربوط به جزرومد از سایت www.iranhydrography.ir تهیه شد) از ساحل خواجه عطا بندرعباس نمونه برداری شدند و به آزمایشگاه زیست‌شناسی دانشگاه هرمزگان منتقل شدند.

منطقه نمونه برداری با طول و عرض جغرافیایی $56^{\circ} 19'$ $21.94''$ E در قسمت جنوب استان هرمزگان و در شهر بندرعباس قرار گرفته است (شکل ۱). این منطقه دارای ساحل ماسه‌ای-گلی است. نمونه‌های خرچنگ منزوی *D. avarus* به تعداد مورد نیاز (۴۵۰)



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه نمونه برداری.

خارج کردن نمونه‌ها از صدف، طول سفالوتوراکس (Cephalothorax) آن‌ها به وسیله کولیس ورنیه (دقت 0.02) تا 0.1 میلی‌متر در زیر لوپ اندازه‌گیری شد. نمونه‌های با طول سفالوتوراکس 3.7 ± 0.2 میلی‌متر برای این آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند و بقیه به صدف‌های جدید معرفی شدند و به محیط‌زیست اولیه‌شان بازگردانده شدند. سپس به منظور کاهش استرس ناشی از مراحل ذکر شده (خارج کردن نمونه‌ها از صدف و اندازه‌گیری طول سفالوتوراکس)، نمونه‌ها به مدت دو روز با شرایط جدیدشان سازگار شدند (۱۱، ۱۳، ۲۸). پس از سازگاری ثانویه، آزمایش‌های مربوط به بررسی رفتار جهت‌گیری نمونه‌ها بدین صورت طراحی و با سه تکرار انجام شد:

نمونه‌ها در ظرف‌های گرد پلاستیکی به قطر ۵۰ سانتی‌متری و حجم ۳ لیتری که محتوی آب دریا فیلتر شده بودند نگهداری شدند. آب ظرف‌ها به صورت روزانه تعویض شد. غذادهی دو بار در هفته با پلئیت ماهی تجاری انجام گرفت (۲۸، ۴۷). در آزمایشگاه دوره‌ی نوری تقریباً مشابه با شرایط محیطی و همراه با هوادهی آب برای نمونه‌های زنده خرچنگ منزوی فراهم شد. به منظور کاهش استرس ناشی از نمونه برداری و انتقال نمونه‌ها و همچنین سازگاری نمونه‌ها با شرایط آزمایشگاهی، به مدت ده روز سازگاری با شرایط آزمایشگاه انجام شد (۱۳، ۲۸، ۲۱). بعد از دوره سازگاری، نمونه‌ها به وسیله شکستن صدف (۴۷)، به دقت و با کم‌ترین استرس از صدفشان خارج شدند. زیرا مشخص شده است که خرچنگ منزوی بدون صدف رفتار جهت‌گیری بیش‌تری را از خود نشان می‌دهد (۲۰). بعد از

(زمانی که نشانه بینایی یا همان هدف وجود ندارد) به‌عنوان آزمایش کنترلی به‌کاربرده شد.

به‌طورکلی، در این مطالعه رفتار جهت‌گیری دو گروه از نمونه‌های خرچنگ منزوی *D. Avarus* سالم و آلوده به سرب مورد بررسی قرار گرفته شد. به‌منظور ایجاد گروه آلوده نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در معرض غلظت زیرکشنده نیترات سرب قرار گرفتند. در مطالعه‌ی دیگری که به‌صورت همزمان با این مطالعه انجام شده بود غلظت کشندگی میانگین (LC₅₀ 96h) نیترات سرب (Pb(NO)₃) (Merck) بر روی این گونه ۱۸۴/۰۴۵ میکروگرم برلیتر سرب تعیین شد (۱) و با توجه به نتایج آن، در این مطالعه غلظت ۱۵۰ میکروگرم برلیتر سرب به‌عنوان غلظت زیر کشنده انتخاب شد. همچنین با توجه به نتایج مطالعه‌ی دیگری که به‌صورت همزمان با این مطالعه انجام شده بود زاویه صفر درجه به‌عنوان زاویه هدف برای هر دو گروه از آزمایشات انتخاب گردید (۲).

همه‌ی آزمایش‌های ذکر شده، در ظرف پلاستیکی گرد سفید با قطر ۳۴ سانتی‌متر که تا ارتفاع ۷ سانتی‌متر با آب دریا پر شده بود، در محلی ساکت و آرام انجام شد. روشنایی در طول آزمایش به‌وسیله‌ی لامپ مهتابی که نیم متر بالاتر از سطح آب قرار گرفته بود، تأمین شد. در هر تیمار ۳۰ نمونه به‌صورت جداگانه مورد آزمایش قرار گرفت (۱۳، ۲۱، ۲۸). هر نمونه فقط یک‌بار مورد آزمایش قرار گرفت. آزمایش با گذاشتن نمونه‌ها درون استوانه پی‌وی سی به قطر ۱/۵ سانتی‌متر در مرکز ظرف شروع شد (۱۳، ۲۱، ۲۸). نمونه‌ها با دست از ظرف نگهدارنده برداشته می‌شدند و این دستکاری سبب می‌شد که آن‌ها در معرض هوا (کم‌تر از دو ثانیه) قرار بگیرند که می‌توانست روی رفتارشان در طول آزمایش تأثیر بگذارد. بنابراین، نمونه مورد آزمایش، در این مرحله برای سه دقیقه سازگار می‌شد (۱۳، ۲۱، ۲۸). پس‌از آن، لوله پی‌وی سی به‌آرامی برداشته می‌شد و حرکت جهت‌گیری نمونه‌ها مشاهده و ثبت می‌شد (۲۸).

(۱) جهت‌گیری نمونه‌ها به سمت هدف در حضور نشانه‌های غذا: در مشاهدات شخصی در محیط طبیعی مشاهده شد که خرچنگ منزوی *D. Avarus* از جلبک‌های سبز ماکروسکوپی آنترومورفا (Enteromorpha) تغذیه می‌کند. به همین دلیل از این جلبک به‌عنوان منبع غذایی برای ایجاد نشانه‌های غذا استفاده شد.

غلظت‌های متفاوت بوی غذا به‌وسیله‌ی نگه‌داشتن یک، دو و سه گرم از جلبک ماکروسکوپی آنترومورفا فاقد اپی‌بیونت (Epibionts) (اپی‌بیونت‌هایی که روی برگ‌های این ماکروجلبک وجود داشت به‌صورت دستی جدا شد و سپس برگ‌ها با آب دریا شستشو داده شد) در حجم مشخصی از آب دریا هواده‌ی شده (یک لیتر) در مدت‌زمان معین (۲۴ ساعت) تهیه شد (۱۳). غلظت‌های بوی غذا در واحدهای گرم غذا بر لیتر در ساعت بود و این غلظت‌ها شامل یک، دو و سه گرم برلیتر در ۲۴ ساعت بودند. آب دریا حاوی غلظت یک گرم برلیتر در ۲۴ ساعت بوی غذا (زمانی که نشانه بینایی یا همان هدف وجود ندارد) به‌عنوان آزمایش کنترلی به‌کاربرده شد.

(۲) جهت‌گیری نمونه‌ها به سوی هدف در حضور نشانه‌های شکارچی: خرچنگ‌های پهن از خرچنگ‌های منزوی تغذیه می‌کنند (۷، ۳۶). در این آزمایش، خرچنگ پهن *Metopograpsus messor* به‌عنوان شکارچی مورد استفاده قرار گرفت. غلظت‌های بوی شکارچی به‌وسیله نگه‌داشتن یک، دو و چهار گرم خرچنگ زنده *M. messor* (خرچنگ‌های زنده‌ای که دارای وزن‌های یک، دو و چهار گرم بودند انتخاب شدند) در حجم مشخصی از آب دریای هواده‌ی شده (یک لیتر) در مدت‌زمان معین (۲۴ ساعت) تهیه شد (۲۸). غلظت‌های بوی شکارچی در واحدهای گرم شکارچی برلیتر در ساعت بود و این غلظت‌ها شامل یک، دو و چهار گرم برلیتر در ۲۴ ساعت بودند. آب دریا حاوی غلظت یک گرم برلیتر در ۲۴ ساعت بوی شکارچی

نمودارهای مربوط به پراکنش جهت‌گیری نمونه‌ها در نرم‌افزار آماری آرینا ۴,۲ 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 آنووا یک‌طرفه (One Way_ Anova) (پس‌آزمون توکی (Tukey)) در نرم‌افزار SPSS انجام شد. رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excell (Microsoft office 2007) انجام شد.

نتایج

۱) جهت‌گیری نمونه‌ها به سوی هدف در حضور نشانه‌های غذا: در این مرحله به ظرف آزمایش، بوی مواد غذایی اضافه شد و به‌طور متوسط ۸۲ درصد از نمونه‌های امتحان شده به جهت‌گیری پاسخ دادند. در تیمار شاهد، نمونه‌ها پراکنش جهت‌گیری یکنواختی را نشان دادند (ریلی تست Z) ($P > 0,05$). هنگامی که در معرض غلظت‌های متفاوت بوی غذا در حضور هدف موجود در زاویه صفر درجه (با دقت ± 5 درجه) قرار گرفتند، همان‌طور که غلظت بوی غذا از یک‌به‌سه گرم برلیتر ۲۴ ساعت افزایش می‌یافت میزان جذب نمونه‌ها به سمت هدف به‌طور معناداری افزایش می‌یافت ($P < 0,05$) (شکل ۲).

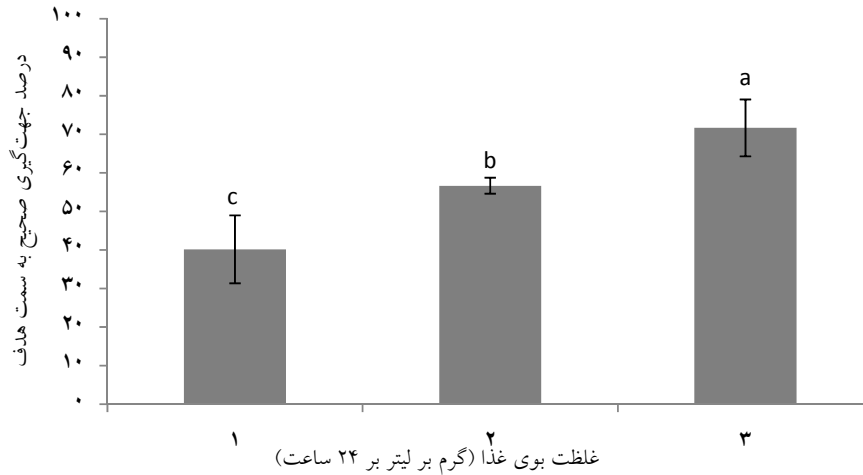
نمونه‌ها در غلظت‌های یک، دو و سه گرم برلیتر در ۲۴ ساعت بوی غذا، پراکنش جهت‌گیری غیریکنواخت معناداری را به سمت هدف نشان دادند ($P < 0,05$) (ریلی تست Z)، ($P < 0,05$) (آزمون وی تست) (شکل ۳).

۲) جهت‌گیری نمونه‌ها به سوی هدف در حضور نشانه‌های شکارچی: در این مرحله به ظرف آزمایش، بوی شکارچی اضافه شد و به‌طور متوسط ۸۰ درصد از نمونه‌ها به جهت‌گیری پاسخ دادند.

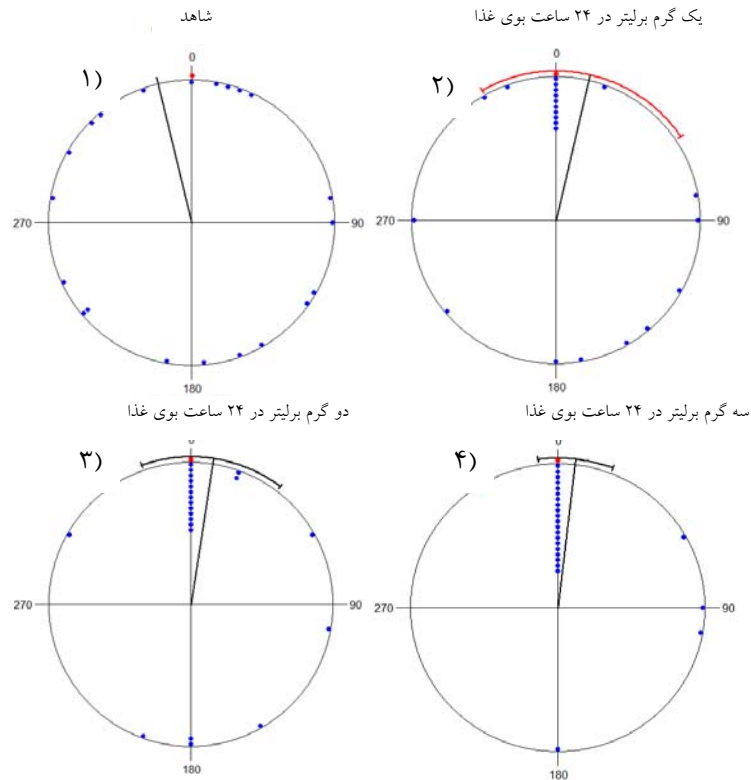
به‌طور خلاصه، در اولین نقطه‌ای از دیواره ظرف که نمونه با آن تماس پیدا می‌کرد به‌عنوان زاویه‌ی جهت‌گیری ثبت می‌شد (۲۸). به هر نمونه ۶۰ ثانیه فرصت داده می‌شد تا جهت‌گیری کند و خود را به دیواره‌ی ظرف برساند. اگر نمونه‌ها در طی این مدت نمی‌توانستند خود را به دیواره‌ی ظرف برسانند به‌عنوان گروهی که به جهت‌گیری پاسخ نداده‌اند، ثبت می‌شدند (۲۸). مستطیل‌های سیاه یکدست و صدف‌های خالی به‌عنوان نشانه‌های بینایی به‌کاربرده می‌شدند. به‌منظور از بین بردن بوی مواد آلی و یکدست شدن حالت صدف‌ها، آن‌ها در کوره با حرارت غیرمستقیم به مدت چهار ساعت در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند (۲۱، ۲۸). برای جلوگیری از تحت تأثیر قرار گرفتن زاویه‌ی جهت‌گیری، جهت خرنج‌ها ۹۰ درجه در جهت عقربه‌های ساعت چرخانده می‌شدند (۱۳، ۲۱، ۲۸). بعد از اتمام آزمایش‌ها نمونه‌ها به صدف‌های جدید معرفی شدند و سپس به زیستگاه اولیه‌شان بازگردانده شدند.

آنالیزهای آماری

به‌طور کلی، دو آزمون آماری برای جهت‌گیری وجود دارد. اول، آزمون ریلی تست Z (Rayleigh test) تعیین می‌کند که آیا پراکنش جهت‌گیری تفاوت معناداری باحالت یکنواخت دارد یا خیر (۲۸). دوم، آزمون وی تست تخمین می‌زند که آیا توزیع با استفاده از هر دو میانگین زاویه و میانگین زاویه مورد انتظار (زاویه هدف و مخالف هدف) تفاوت معناداری با حالت یکنواخت دارد یا خیر (۴۸). اگر از نظر آماری (ریلی تست Z) نشان داده شود که توزیع غیریکنواخت می‌باشد ($P < 0,05$)، پس‌از آن آزمون V تست اجرا می‌شود و احتمال معناداری پراکنش غیریکنواخت را به سمت هدف در سطح ۹۵ درصد تخمین می‌زند (۲۸). همچنین آزمون چندگانه واتسون یو دو به‌کاربرده شد تا احتمال شبیه بودن میانگین جهت‌گیری را بین همه‌ی تیمارها به‌صورت جفتی تخمین بزند (۴۸). رسم



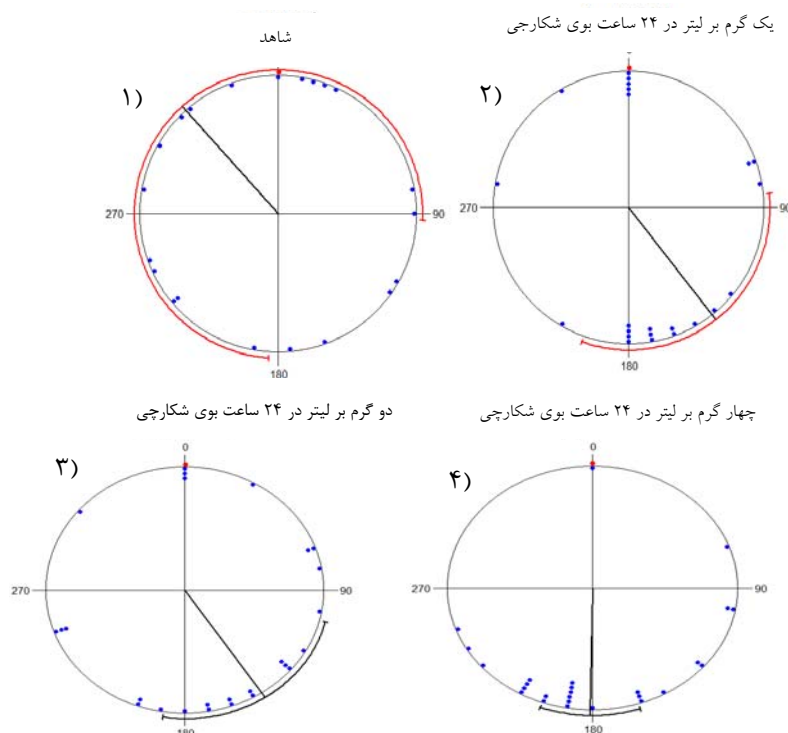
شکل ۲- نمودار مقایسه‌ی درصد جهت‌گیری صحیح نمونه‌ها به‌سوی هدف در حضور نشانه‌های غذا در محدوده‌ی آب تمیز دریا. (حروف غیرمشابه نشان‌دهنده‌ی تفاوت معنادار بین تیمارها می‌باشد).



شکل ۳- نمودار نقطه‌ای مربوط به جهت‌گیری نمونه‌ها به‌سوی هدف با زاویه‌ی ثابت در حضور نشانه‌های غذا. (کنترل (۱) و غلظت‌های یک (۲)، دو (۳) و سه (۴) گرم بر لیتر در ۲۴ ساعت بوی غذا). به‌طور کلی، در نمودارهای این شکل و نمودارهای مشابه در دیگر شکل‌های این مطالعه نقاط آبی جهت‌گیری نمونه‌ها و نقاط قرمز زوایای هدف را نشان می‌دهند. خط مشکی نیز که از مرکز نمودار به سمت لبه‌ی خارجی کشیده شده است نشان‌دهنده‌ی میانگین جهت‌گیری می‌باشد. کمان‌ها محدوده‌ی اطمینان میانگین جهت‌گیری را در سطح احتمال ۹۵٪ نشان می‌دهند.

غیریکنواختی را نشان دادند که این پراکنش به سمت مخالف هدف (زاویه ۱۸۰ درجه) معنادار بود (ریلی تست Z) ($P < 0,05$)، (آزمون وی تست) ($P < 0,05$) اما در جهت هدف غیرمعنادار بود ($P > 0,05$) (آزمون وی تست) (شکل ۴).

در تیمار شاهد، نمونه‌ها پراکنش جهت‌گیری یکنواختی را نشان دادند ($P > 0,05$) (ریلی تست Z). در حضور هدف و غلظت یک گرم بر لیتر در ۲۴ ساعت بوی شکارچی نیز پراکنش یکنواخت بود ($P > 0,05$) (ریلی تست Z) ولی در حضور هدف و غلظت‌های دو و چهار گرم بر لیتر در ۲۴ ساعت بوی شکارچی نمونه‌ها پراکنش جهت‌گیری

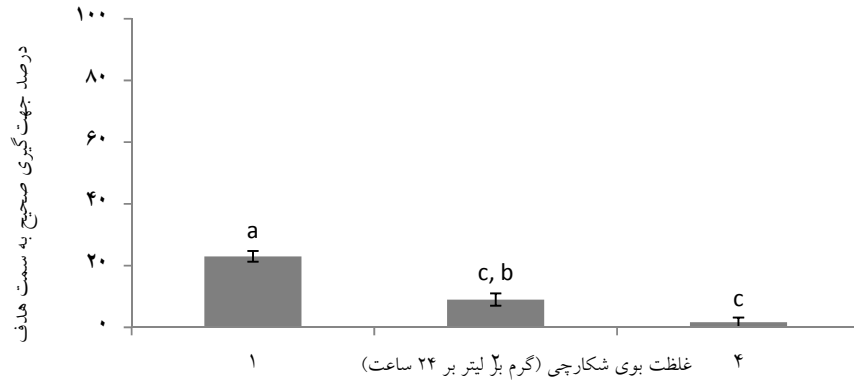


شکل ۴ - نمودار نقطه‌ای مربوط به جهت‌گیری نمونه‌ها به سوی هدف با زاویه ثابت در حضور نشانه‌های شکارچی. (کنترل (۱)، غلظت‌های یک (۲)، دو (۳) و چهار (۴) گرم بر لیتر در ۲۴ ساعت بوی شکارچی).

دوم این‌که به‌طور معناداری به سمت مخالف هدف جهت‌گیری کردند (شکل ۴).

۱) جهت‌گیری نمونه‌های آلوده به سمت هدف در حضور نشانه‌های غذا و مقایسه آن با نمونه‌های سالم: در تیمار شاهد نمونه‌ها پراکنش جهت‌گیری یکنواختی (تصادفی) را نشان دادند ($P > 0,05$) (ریلی تست Z) (شکل ۶ بخش ۱).

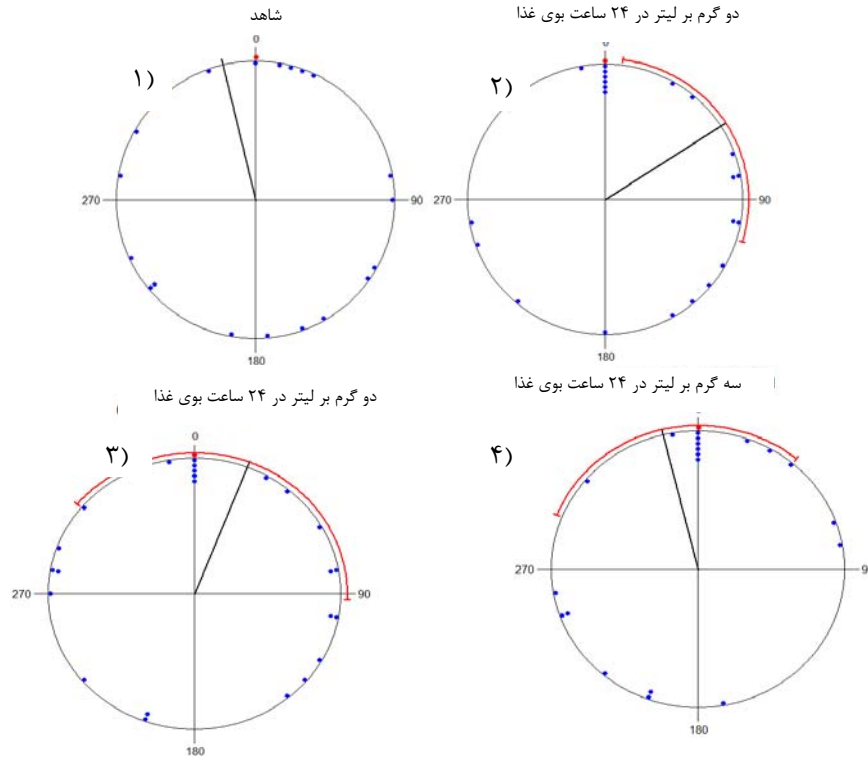
هنگامی‌که نمونه‌ها در معرض غلظت‌های متفاوت بوی شکارچی در حضور هدف موجود در زاویه صفر درجه (با دقت ± 5 درجه) قرار گرفتند، همان‌طور که غلظت بوی شکارچی از یک‌به‌چهار گرم بر لیتر بر ۲۴ ساعت افزایش می‌یافت میزان جذب نمونه‌ها به سمت هدف به‌طور معناداری کاهش می‌یافت ($P < 0,05$) (شکل ۵). با این‌حال دو پاسخ به بوی شکارچی توسط نمونه‌ها ارائه شد، اول اینکه این خرچنگ‌ها گرایش به دوری از هدف داشتند و



شکل ۵- نمودار مقایسه‌ی درصد جهت‌گیری صحیح نمونه‌ها به سوی هدف با زاویه‌ی ثابت در حضور نشانه‌های شکارچی در محدوده‌ی آب تمیز دریا. (حروف غیرمشابه نشان‌دهنده‌ی تفاوت معنادار بین تیمارها می‌باشد).

۶) ولی نمونه‌های سالم در غلظت‌های یک، دو و سه گرم برلیتر در ۲۴ ساعت بوی غذا پراکنش جهت‌گیری غیریکنواخت معناداری را به سمت هدف نشان دادند (ریلی تست $P > 0.05$) (ریلی تست $P < 0.05$) (V test)

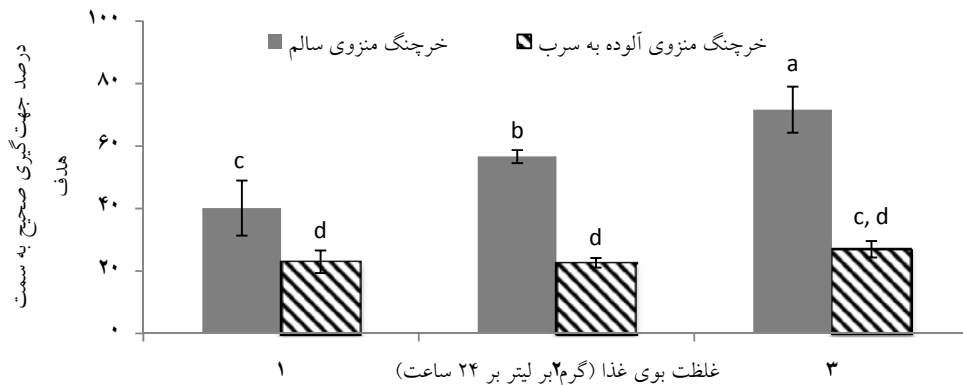
همچنین هنگامی که نمونه‌های آلوده در معرض غلظت‌های متفاوت بوی غذا در حضور هدف موجود در زاویه صفر درجه (با دقت ± 5 درجه) قرار گرفتند، در غلظت‌های یک، دو و سه گرم برلیتر در ۲۴ ساعت پراکنش جهت‌گیری یکنواختی را نشان دادند ($P > 0.05$) (ریلی تست Z) (شکل



شکل ۶- نمودار نقطه‌ای مربوط به جهت‌گیری نمونه‌های آلوده به سوی هدف با زاویه‌ی ثابت در حضور نشانه‌های غذا. (۱) غلظت‌های یک، دو (۲)، سه (۳) و دو (۴) گرم بر لیتر در ۲۴ ساعت بوی غذا.

نداشت. هنگامی که نمونه‌های سالم در معرض غلظت‌های متفاوت بوی غذا در حضور هدف موجود در زاویه صفر درجه (با دقت ± 5 درجه) قرار گرفتند، همان‌طور که غلظت بوی غذا از یک‌به‌سه گرم برلیتر در ۲۴ ساعت افزایش می‌یافت میزان درصد جذب نمونه‌های سالم به سمت هدف هم به‌طور معناداری افزایش می‌یافت ($P < 0,05$) (شکل ۷).

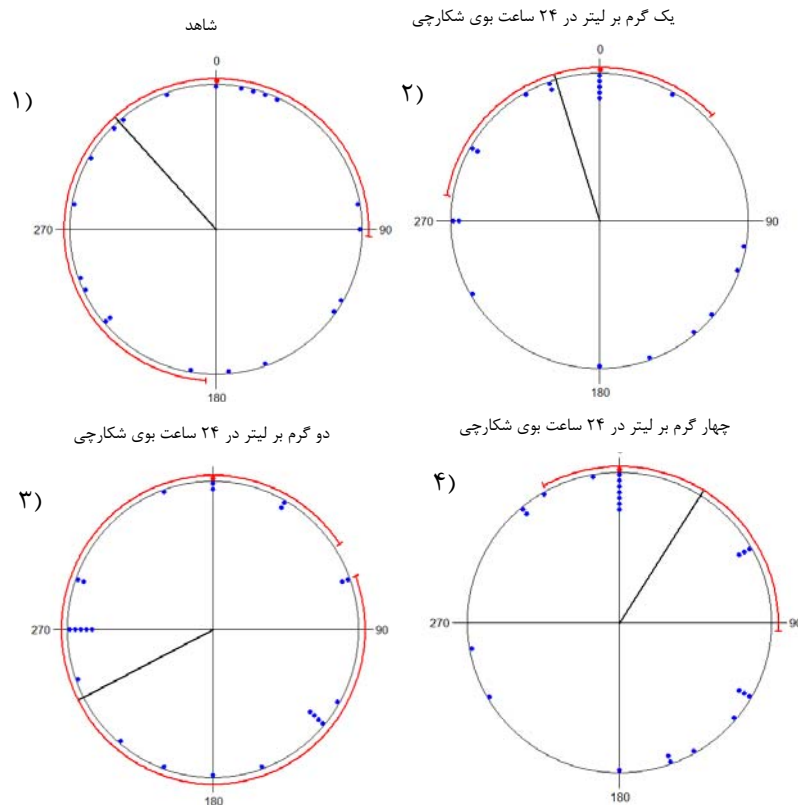
هنگامی که نمونه‌های آلوده در معرض غلظت‌های متفاوت بوی غذا در حضور هدف موجود در زاویه صفر درجه (با دقت ± 5 درجه) قرار گرفتند، همان‌طور که غلظت بوی غذا از یک‌به‌سه گرم برلیتر در ۲۴ ساعت افزایش می‌یافت میزان درصد جذب نمونه‌های آلوده به سرب به سمت هدف همانند نمونه‌های سالم به‌طور معناداری افزایش نشان نداد، یعنی درصد جهت‌گیری صحیح نمونه‌های آلوده به سمت هدف در این غلظت‌ها با یکدیگر اختلاف معناداری



شکل ۷ - نمودار مربوط به مقایسه‌ی درصد جهت‌گیری صحیح نمونه‌های آلوده و سالم به‌سوی هدف با زاویه‌ی ثابت در حضور نشانه‌های غذا در محدوده‌ی آب تمیز دریا. (حروف غیرمشابه نشان‌دهنده‌ی تفاوت معنادار بین تیمارها می‌باشند).

۲) جهت‌گیری نمونه‌های آلوده به‌سوی هدف در حضور نشانه‌ی شکارچی و مقایسه آن با نمونه‌های سالم: به‌طورکلی، نمونه‌ها در تیمار شاهد پراکنش جهت‌گیری یکنواختی را نشان دادند ($P > 0,05$) (ریلی تست Z) (شکل ۸). نمونه‌های آلوده در حضور هدف و غلظت‌های یک، دو و سه گرم برلیتر در ۲۴ ساعت بوی شکارچی پراکنش جهت‌گیری یکنواختی را نشان دادند ($P > 0,05$) (ریلی تست Z) (شکل ۸) درحالی‌که نمونه‌های سالم فقط در حضور هدف و غلظت یک گرم برلیتر در ۲۴ ساعت بوی شکارچی دارای پراکنش جهت‌گیری یکنواخت بودند ($P > 0,05$) (ریلی تست Z) و در حضور هدف و غلظت‌های دو و چهار گرم برلیتر در ۲۴ ساعت از بوی شکارچی، پراکنش جهت‌گیری غیریکنواخت معناداری را به سمت مخالف هدف (زاویه ۱۸۰ درجه) نشان دادند ($P > 0,05$) (ریلی تست Z) ($P < 0,05$ V test).

همچنین در نمونه‌های سالم بیش‌ترین درصد جذب به سمت هدف (۸۱ درصد) و بیش‌ترین طول بردار جهت‌گیری به سمت هدف (۰/۸۲۷) در غلظت سه گرم برلیتر در ۲۴ ساعت بود، که این میزان درصد جذب به سمت هدف نمونه‌های آلوده به‌طور معناداری نسبت به نمونه‌های سالم کاهش‌یافته است (۳۰ درصد). با توجه به آزمون واتسون یو دو احتمال برابر بودن پراکنش جهت‌گیری نمونه‌های سالم در غلظت سه گرم برلیتر با پراکنش جهت‌گیری نمونه‌های آلوده، کم‌تر از ۰/۰۰۱ بود. همچنین احتمال برابر بودن پراکنش جهت‌گیری نمونه‌های سالم در غلظت‌های یک، دو و سه گرم برلیتر در ۲۴ ساعت باحالت شاهد به ترتیب کم‌تر از ۰/۰۱، ۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۱ می‌باشد. درصورتی‌که این احتمال در نمونه‌های آلوده به ترتیب بین ۰/۲ تا ۰/۵ ($0,2 < P < 0,5$)، بیش‌تر از ۰/۵ و بین ۰/۲ تا ۰/۵ ($0,2 < P < 0,5$) بود.



شکل ۸ - نمودار نقطه‌ای مربوط به جهت‌گیری نمونه‌های آلوده به سرب به‌سوی هدف با زاویه‌ی ثابت در حضور نشانه‌های شکارچی. (کنترل (۱)، غلظت‌های یک (۲)، دو (۳) و چهار (۴) گرم بر لیتر در ۲۴ ساعت بوی شکارچی).

غلظت‌های متفاوت بوی شکارچی با یکدیگر اختلاف معناداری نداشتند (شکل ۹).

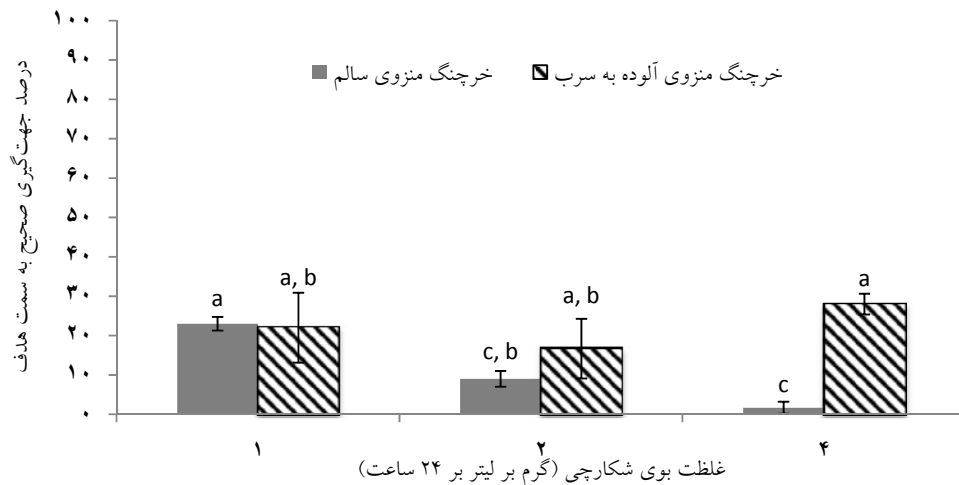
کم‌ترین درصد جذب نمونه‌های سالم به سمت هدف (۳ درصد) و بیش‌ترین طول بردار جهت‌گیری به سمت مخالف هدف (۰/۶۸۱) در حضور هدف و غلظت چهار گرم بر لیتر در ۲۴ ساعت بوی شکارچی بود، نمونه‌های سالم بیش‌ترین حساسیت به بوی شکارچی را در این غلظت از خود نشان دادند اما در همین غلظت (چهار گرم بر لیتر در ۲۴ ساعت) ۲۹ درصد نمونه‌های آلوده به سمت هدف جهت‌گیری کرده بودند.

با توجه به آزمون واتسون یو دو احتمال برابری پراکنش جهت‌گیری نمونه‌های سالم در غلظت چهار گرم بر لیتر در ۲۴ ساعت با حالت کنترل کم‌تر از ۰/۰۰۱ بود ($P < 0,001$) واتسون یو دو (در صورتی‌که این احتمال، در نمونه‌های

هنگامی‌که نمونه‌های سالم در معرض غلظت‌های متفاوت بوی شکارچی در حضور هدف صدفی موجود در زاویه صفر درجه (با دقت ± 5 درجه) قرار گرفتند، همان‌طور که غلظت بوی شکارچی از یک‌به‌چهار گرم بر لیتر در ۲۴ ساعت افزایش می‌یافت میزان جذب نمونه‌های به سمت هدف نیز به‌طور معناداری کاهش می‌یافت ($P > 0,05$) (شکل ۹). با این‌وجود دو پاسخ به بوی شکارچی توسط نمونه‌ها ارائه شد، اول اینکه این نمونه‌ها گرایش به دوری از هدف 5 ± 0 داشتند و دوم این‌که به‌طور معناداری به سمت مخالف هدف جهت‌گیری کردند. یعنی نمونه‌های سالم در حضور غلظت‌های متفاوت بوی شکارچی میانگین بردار جهت‌گیری در محدوده‌ی جهت مخالف هدف بود در صورتی‌که در نمونه‌های آلوده میانگین بردارهای جهت‌گیری تقریباً در محدوده‌ی هدف بود. همچنین میزان درصدهای جذب نمونه‌های آلوده به سمت هدف در

نمونه‌های سالم و آلوده در این غلظت کم‌تر از ۰/۰۰۱ بود.

آلوده بین ۰/۲ و ۰/۵ بود ($0.5 < P < 0.2$). همچنین مطابق با این آزمون احتمال برابر بودن پراکنش جهت‌گیری



شکل ۹- نمودار مقایسه‌ی درصد جهت‌گیری صحیح نمونه‌های آلوده به سرب و سالم به‌سوی هدف با زاویه‌ی ثابت در حضور نشانه‌های شکارچی در محدوده‌ی آب تمیز دریا. (آنتنک‌ها نشان دهنده‌ی انحراف معیار می‌باشند و حروف غیرمشابه نشان دهنده‌ی تفاوت معنادار بین تیمارها می‌باشند).

برای تشخیص حضور شکارچی و اتخاذ یک عکس‌العمل مناسب ضد شکارچی از اهمیت حیاتی برای بقای هر جانور برخوردار است (۹). همچنین در رفتار اجتناب از شکارچی اگر جانور به نشانه‌های بینایی نادرست (نشانه‌های بینایی شبیه شکارچی) بدون تأیید خطر از طریق نشانه‌های ثانویه (نشانه‌های شیمیایی، لامسه‌ای و غیره) پاسخ دهد، برایش زیان‌آور است (۹، ۴۲).

همچنین چیوسی و همکاران (۲۰۰۱) بیان کردند که به دلیل این‌که بعضی ماهی‌ها (به‌عنوان مثال ماهی مرکب) به‌راحتی خرچنگ‌های منزوی بدون صدف را شکار می‌کنند، پیش‌بینی می‌شود که خرچنگ منزوی *C. antillensis* در مقابل هدف‌هایی که ماهی شکارچی به نظر می‌رسند، رفتار فرار از شکارچی را بروز می‌دهند. در نتیجه آن‌ها در مشاهدات خود متوجه شدند که خرچنگ‌های منزوی *C. antillensis* به سمت هدف‌های جامد ۲۰، ۴۵، ۹۰ و ۱۸۰ درجه و هدف جامد راه راه ۲۰ درجه جذب می‌شوند اما با این وجود آن‌ها به طور مستقیم از هدف جامد ۵ درجه و هدف‌های راه راه ۹۰ و ۱۸۰ درجه دور می‌شوند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که بوی

بحث و نتیجه‌گیری

جهت‌گیری نمونه‌ها به‌سوی هدف با زاویه‌ی ثابت در حضور نشانه‌های شکارچی: همان‌طور که نتایج نشان داد در تیمار کنترل (یعنی عدم حضور هدف در زاویه صفر درجه) نمونه‌ها پراکنش جهت‌گیری یکنواختی را نشان دادند ولی در تیمارهای بعدی در حضور هدف در زاویه صفر درجه با افزایش غلظت بوی شکارچی جهت‌گیری به سمت مخالف هدف به‌طور معناداری افزایش می‌یافت. نتایج مشاهده‌شده در اینجا مشابه نتایج مطالعه مشابهی بود که اسماعیل (۲۰۱۲) بر روی *C. signatus* انجام داده است، او بیان کرد که وقتی که اهداف صدفی در زاویه‌ی ۲۰ درجه قرار گرفته‌اند و بوی شکارچی به محیط اضافه می‌شود افراد خرچنگ منزوی به سمت مخالف هدف جهت‌گیری می‌کنند. این پاسخ می‌تواند رفتار اجتناب از شکارچی یا رفتار جستجوی صدف را نشان دهد (۱۹، ۲۸، ۳۲، ۴۰).

روسن و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که بسیاری از بی‌مهرگان آبری رفتار خود را در پاسخ به محرک‌های شیمیایی حاصل از شکارچیان تغییر می‌دهند. داشتن توانایی

ماهی با نشانه‌های بینایی خاص ترکیب شده و سبب القای پاسخ اجتناب از شکارچی می‌شود. در نتیجه خرچنگ‌های منزوی بر پایه اطلاعات بینایی و شیمیایی بین اشیاء تمایز قائل می‌شوند. یعنی نشانه‌های شیمیایی سبب می‌شوند که نشانه‌های بینایی به‌عنوان صدف شکم‌پا، پناهگاه یا شکارچی تفسیر شوند. همان‌طور که در آزمایش کنونی مشاهده شد، خرچنگ منزوی *D. avarus* در حضور بوی شکارچی از هدفی که در زاویه‌ی صفر درجه واقع شده است اجتناب می‌کند در صورتی که در عدم حضور بوی شکارچی به سمت آن جذب می‌شود، این نشان‌دهنده‌ی این است که در اینجا بوی شکارچی سبب شده است که خرچنگ هدف مشاهده‌شده را به‌عنوان شکارچی تفسیر کند و در نتیجه پاسخ اجتناب از شکارچی را بروز دهد. به عبارتی خرچنگ بر پایه اطلاعات بینایی و شیمیایی جهت‌گیری کرده است.

چنین پاسخ‌های فرار از شکارچی که به‌طور بینایی و شیمیایی واسطه‌گری می‌شود در سخت‌پوستان ده‌پای دیگر نیز مشاهده شده است (۱۵، ۱۸، ۲۴، ۳۱، ۳۵، ۴۰). به‌عنوان مثال دیاز و همکاران (۱۹۹۹) بیان کردند که لاروهای مراحل مختلف (مراحل I، IV و V لاروی) خرچنگ شناگر آبی *C. sapidus* می‌توانند بر پایه‌ی اطلاعات بینایی و شیمیایی، پاسخ فرار از شکارچی یا جستجوی پناهگاه را بروز دهند.

همچنین هانگ و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند که از غالب‌ترین شکارچیان میگوی نقب‌زن *S. demani* ماهیان باریک می‌باشند. بنابراین، *S. demani* اهداف باریک را به‌عنوان ماهی شکارچی تفسیر و در حضور بوی شکارچی از اهداف باریک فرار می‌کند (۱۸، ۱۹، ۲۱، ۳۴).

پاسخ فرار از شکارچی به‌عنوان هرکدام از پاسخ‌های فرار یا ترس تفسیر شده است. واکنش ترس شامل هرکدام از بی‌حرکت ماندن یا شنا کردن در همه‌ی جهات است، در حالیکه به سمت مخالف هدف شنا کردن نیز به‌عنوان

پاسخ فرار از شکارچی در نظر گرفته می‌شود (۳۵، ۳۱، ۲۸). به‌عنوان مثال میما و همکاران (۲۰۰۳) دریافتند که خرچنگ‌های منزوی *Pagurus filholi* زمانی که بوی شکارچی حضور دارد، پاسخ (وحشت‌زدگی) کوتاه‌تر و فرار سریع‌تری نسبت به زمانی که در حضور بوی ممنوع له‌شده یا آب دریای ساده هستند، از خود نشان می‌دهند. پاسخ فرار در میان ده‌پایانی همچون خرچنگ‌های منزوی *C. vittatus* و *P. samuelis* (۸، ۳۳)، خرچنگ‌های *Chasmagnathus granulatus* (۳۸) و *Calinectes sapidus* (۴۳) مشاهده شده است.

تا این‌جا می‌توان به این نتیجه رسید که خرچنگ منزوی *D. avarus* بر پایه اطلاعات بینایی و شیمیایی پاسخ فرار از شکارچی را بروز می‌دهد. البته بیلوک (۲۰۰۸) بیان نمود که در *P. samuelis*، اطلاعات حاصل از نشانه‌های لامسه‌ای تأثیر افزایشی روی شناسایی شکارچی دارد، و اطلاعات حاصل از نشانه‌های شیمیایی تأثیر افزایشی روی فرار از شکارچی یا رفتار انتخاب صدف دارد. همچنین بیان نمود که در خرچنگ‌های منزوی تیزبینی محدود شده است و لذا برای افزایش بازده پاسخ‌های ضد شکارچی نیازمند نشانه‌های ثانویه (اطلاعات شیمیایی و لامسه‌ای) هستند که اطلاعات حاصل از این نشانه‌ها به او در ارائه‌ی پاسخ مناسب به شکارچی، کمک می‌کند.

جهت‌گیری نمونه‌ها به‌سوی هدف در حضور نشانه‌های

غذا: وقتی که هدف در زاویه صفر درجه قرار گرفتند و بوی مواد غذایی (یک تا سه گرم برلیتر در ۲۴ ساعت) به محیط اضافه شد جهت‌گیری نمونه‌ها به سمت هدف با افزایش غلظت بوی مواد غذایی افزایش یافت. این همان رفتار تجسس برای غذا می‌باشد. فرصت‌های مواد غذایی با دسترسی آسان، مانند گاستروپودهایی که به‌تازگی کشته شده‌اند، به‌ندرت رخ می‌دهند اما به‌راحتی خرچنگ‌های منزوی را به آن مکان جلب می‌کند (۲۴، ۳۸). به‌طورکلی، می‌توان نتیجه گرفت که خرچنگ منزوی

با توجه به مشاهدات انجام‌شده در این آزمایش و این‌که سرب ماده‌ای نورو توکسیک می‌باشد احتمالاً دلیل مشاهدات ما در این آزمایش تأثیر سرب بر روی دستگاه‌های حسی می‌باشد که در بالا ذکر کردیم. اما چگونگی و مکانیسم آن مشخص نیست و خود جای تحقیق دارد.

در مورد اثر سرب بر روی رفتار جهت‌گیری این‌گونه یا گونه‌های مشابه کار نشده است اما تحقیقاتی در مورد اثر سرب یا سایر فلزات سنگین بر روی برخی رفتارها در گونه‌های دیگر انجام شده است. به‌عنوان مثال وبر و همکاران (۱۹۹۱) اشاره کردند که اثرات رفتاری حاصل از آلاینده سرب احتمالاً به‌وسیله‌ی تغییر انتقال‌دهنده‌های عصبی ایجاد می‌شود. آنها همچنین بیان کردند که در ماهی کپور Fathead در معرض سرب قرار گرفته شده، میزان سروتونین و اپی‌نفرین مغز تغییر کرد. اسمیت و همکاران (۱۹۹۵) دریافتند که توانایی ضعیف شکارگری لارو ماهی *Mummichong* (*F. heteroclitus* L.) در معرض آلودگی قرار گرفته شده با کاهش سروتونین مغز همراه بوده است، ویس (۱۹۹۸) بیان کردند که قرار گرفتن لارو *Mummichog* به مدت ۴ هفته در معرض سرب فعالیت جنبشی، کارایی شنا و اجتناب از شکارچی را کاهش می‌دهد. همچنین مطالعه‌ی پاسخ‌های رفتاری حلزون ساحل ماسه‌ای *B. digitalis* نسبت به آلودگی فلزات سنگین مشخص کرد که نشانه‌ی اولیه تأثیر آلودگی از دست دادن درک شیمیایی است. بنابراین، مدت‌زمان بیش‌تری طول می‌کشد تا جانور جذب غذا شود. حساس‌ترین واکنش‌های رفتاری در شکم‌پای ساحل ماسه‌ای *B. digitalis*، در برابر آلودگی‌ها، واکنش‌هایی هستند که وابسته به درک شیمیایی می‌باشند (۱۴). حلزون *P. Columbiana* آلوده به سرب نمی‌توانند در پاسخ به بوی عصاره‌ی هم نوع له‌شده، رفتارهای ضد شکارچی از خود بروز دهند. زیرا آن‌ها تحت تأثیر فلزات سنگین توانایی تشخیص نشانه‌های شیمیایی (درک شیمیایی) هم‌نوع له‌شده‌شان را از دست

D. avarus قابلیت این را دارد که از هر دو حواس بینایی و بویایی برای جمع‌آوری اطلاعات در مورد محیط اطراف خود استفاده کند (یعنی گنجاندن اطلاعات بینایی و بویایی در پاسخ‌های رفتاری). به‌علاوه، نشانه‌های شیمیایی جاذب (کلسیم و غذا) جهت‌گیری به سمت اهداف بینایی را افزایش می‌دهد، درحالی‌که نشانه‌های شیمیایی غیرجاذب (نشانه شکارچی) فرار از اهداف بینایی را تحریک می‌کند (۱۳، ۲۸). بنابراین برهمکنش نشانه‌های شیمیایی و بینایی پاسخ‌های بیش‌تری نسبت به زمانی که هرکدام از این نشانه‌ها به‌تنهایی هستند، تولید می‌کند.

جهت‌گیری نمونه‌های آلوده به سرب : فلزات سنگین از آلاینده‌هایی هستند که در اکوسیستم‌های آبی مشکلات بسیاری را برای آبزیان و در نهایت برای انسان ایجاد می‌کنند. فلزات سنگین جیوه، کادمیوم، سرب، آرسنیک بالاترین عوارض را در موجودات زنده ایجاد می‌کنند (۵، ۴، ۶) بسیاری از این عوارض فیزیولوژیکی هستند که می‌توانند نمود رفتاری داشته باشند.

پوست اولین سطح دفاعی می‌باشد و تأثیر آلودگی می‌تواند وابسته به تراوایی پوست باشد. پیش‌بینی می‌شود که ساختارهای سطحی نظیر اندام‌های حسی در معرض بیش‌ترین خطر اولیه هستند (۱۰). سیستم‌های حسی، پیونددهنده‌ی موجود با محیط هستند (۱۰). آن‌ها محرک‌های وارده را دریافت می‌کنند و سپس انتقال می‌دهند (این بیش از همه به‌وسیله‌ی عصب نخاعی (Cranial nerves) انجام می‌شود)، تا به‌وسیله‌ی مغز پردازش شود. سپس واکنش‌های ارگانیسم وابسته به تصمیم‌های گرفته‌شده توسط مغز می‌باشد که فرم‌های بعضی پاسخ‌ها را به‌وسیله‌ی تأثیرکننده‌ها (Effectors) هدایت می‌کند (۱۰). اگر آلودگی بر روی اندام‌های حسی عمل کند که کار آن اندام حسی مربوط به بخشی از سلسله واکنش‌های مغزی مربوط به بروز رفتار باشد، تأثیرش بر روی رفتار سریع‌تر بروز می‌کند (۱۰).

داده‌اند (۳۰). همچنین جذب شیمیایی کرم پهن *Bdellouria candida* به سمت خرچنگ نعل اسبی (*Limulus polyphemus*) (Horseshoe crabs) به‌وسیله‌ی 100 ppm FeCl_2 و 12 ppm MgCl محلول در آب تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۹). بلکستر و تن‌هالر تابیز (۱۹۹۲) بیان کردند که در ماهیان آب شیرین، فلزات سنگین با محل‌های اتصال گیرنده بویایی تداخل ایجاد می‌کنند. جیوه بین $0.1 - 0.01 \text{ ppm}$ به مدت ۲۴ ساعت به‌طور فزاینده‌ای باعث اختلال در پاسخ‌های اجتناب از شکارچی در ماهی پشه (Mosquitofish) می‌شود که توسط ماهی خاردار شکار می‌شود (۲۸). کادمیوم در 0.4 ppm برای ۲۴ ساعت (و 0.25 ppm برای ۲۱ روز) سبب افزایش آسیب‌پذیری ماهی کپور Fathead نسبت به ماهی خاردار می‌شود (۴۲).

بسیاری از رفتارهای دارای پیامدهای اکولوژیکی می‌باشد (۴۶). مطابق با بیانات برونمارک و هانسون (۲۰۰۰) و روسن و همکاران (۲۰۰۹) جانوران آبی در تماس مستقیم با گروهی از محرک‌های شیمیایی مختلف زندگی می‌کنند. اکثر جانوران بی‌مهره از محرک‌های شیمیایی برای کسب اطلاعات از محیط اطرافشان 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 به‌عنوان مکانیسم رفتاری عمده موردنیاز برای بقای سخت‌پوستان جنبنده ساکن در ناحیه بین جزرومدی قلمداد می‌گردد (۲۱) که مطابق با اطلاعات ورودی هر دو حس بینایی و شیمیایی انجام می‌گیرد (۲۸). با توجه به این‌که سرب سبب تغییر در پاسخ‌های عصبی- رفتاری (Neurobehavioral) می‌شود (۳۰) در نتیجه تغییر در این رفتارها به‌وسیله‌ی آلودگی سرب، بقا و رفتار اکولوژیک این موجودات را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۴۶).

با توجه به نتایج احتمال می‌رود که سرب بر روی تحریک شیمیایی گونه *D. avarus* تأثیر گذاشته است. زیرا همان‌طور که مشاهده شد در حضور بوی شکارچی و غذا، میزان درصد جهت‌گیری صحیح نمونه‌های آلوده به سرب به سمت هدف در غلظت‌های متفاوت موارد ذکرشده با یکدیگر تفاوت معناداری وجود نداشت. همان‌طور که قبلاً هم ذکر شد فلزات سنگین با تأثیر بر روی گیرنده‌های حسی مثل رسپتورهای شیمیایی، سبب اختلال در مسیر بویایی جانور می‌شود. از آن‌جایی که افراد در معرض آلودگی قرار گرفته شده هزینه مقابله با اثرات فیزیولوژیکی آلاینده را پرداخت می‌نمایند (به‌عنوان مثال دفع بالا برای حذف ترکیبات مضر) دامنه برای انجام فعالیت‌های دشوار کاهش می‌یابد (۲۲، ۴۷)، می‌توان این‌طور هم استنتاج کرد که چون نمونه‌های آلوده به سرب انرژی‌شان را صرف حذف آلاینده سرب از بدن نموده‌اند انرژی برای سایر رفتارهای وابسته به درک شیمیایی کاهش می‌یابد. به‌عنوان مثال زمانی که خرچنگ‌های منزوی *P. bernhardus* در معرض آلودگی مس قرار می‌گیرند، مس منجر به مصرف سوخت‌وساز بالای بدن می‌شود در نتیجه، از دست دادن قدرت، تأثیر بالقوه‌ی قرارگرفتن در معرض مس می‌باشد (زیرا همان‌طور که گفته شد جانور آلوده انرژی بالایی را صرف حذف آلودگی از بدنش می‌کند) و به همین دلیل خرچنگ‌های مهاجم آلوده در مشاخره بر سر صدف ضربه‌هایی با قدرت کم‌تری را نسبت به خرچنگ‌های مهاجم سالم به صدف مدافع وارد می‌کنند (۴۷).

همان‌طور که گفته شد جهت‌گیری، مکانیسم عمده رفتاری برای بقای جانور در محیط زندگی‌اش می‌باشد که اگر در آن اختلالی به وجود آید بقا و اکولوژی موجود را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در نهایت رفتار یک پل است که به‌وسیله‌ی آن تأثیرات نورتوکسینی القا شده در افراد می‌تواند سطوح جمعیتی را تحت تأثیر قرار دهد (۴۶). با توجه به این‌که سرب بر سطح فردی این‌گونه تأثیر گذاشته است (تحریک شیمیایی افراد این‌گونه را تحت تأثیر

می‌دهند. هیدروکربن‌های دی‌آلدرینی (Dieldrin) و تری‌کلرواتیلنی کلرینه شده (Chlorinated) حرکت نامنظم، تعداد تنفس، و دامنه تنفس ماهی بلوگیل را افزایش می‌دهند.

نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد که خرچنگ منزوی *D. avarus* بر پایه اطلاعات بینایی و شیمیایی پاسخ فرار از شکارچی و جستجوی غذا را بروز می‌دهد و آلاینده سرب می‌تواند روی این پاسخ‌های رفتاری خرچنگ تأثیر بگذارد. به عبارتی، می‌تواند تحریک شیمیایی خرچنگ‌های منزوی *D. avarus* را تحت تأثیر قرار دهد. در نتیجه، می‌توان گفت اگر در ناحیه‌ای خرچنگ‌های منزوی *D. avarus* از نظر تحریک شیمیایی دچار ضعف باشند، احتمال می‌رود که در آن ناحیه آلاینده سرب حضور داشته باشد. از تغییرات رفتاری می‌توان برای پیش‌گویی روش عملکرد ترکیبات ناشناخته، تعیین سمیت‌ها در فاضلاب‌های پیچیده و آزمایش آب فاضلاب قبل از تخلیه‌ی آن درون محیط، استفاده کرد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده تأثیر سایر آلاینده‌ها روی رفتارهای گونه‌های دیگر آبزی بررسی شود تا بتوان از نتایج آن در سیستم کنترل زیستی یا همان بیومانی‌تورینگ آب استفاده کرد.

قرارداده‌است) 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 محیط‌زیست اطرافش می‌باشد و اختلال در این فرایندها می‌تواند روی سطوح جمعیتی گونه نیز تأثیر بگذارد.

همان‌طور که قبلاً هم اشاره شد، رفتار از نظر اکولوژیکی دارای اهمیت است و نشانگر حساس استرس‌های سمیت در ارگانیسم‌های آبزی می‌باشد. آلاینده‌ها (سموم) انواع رفتارهای ارگانیسم‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بنابراین با استفاده از رفتار می‌توان به‌طور اکولوژیکی یک سنجش وابسته به تأثیرات آلاینده را فراهم نمود، یعنی می‌توان با استفاده از رفتار تأثیرات آلاینده‌ها را بر روی ارگانیسم‌ها سنجید (۳۳). همچنین می‌توان با استفاده از رفتار ارگانیسم‌های آبزی، نوع عملکرد مواد شیمیایی را تشخیص داد، به‌عنوان مثال، دیاموند و همکاران (۱۹۹۰) نشان دادند که دامنه و فراوانی تنفس و فراوانی حرکت نامنظم در ماهی بلوگیل را می‌توان به کاربرد تا نوع آلاینده شیمیایی موجود در محیط‌زیست این ماهی را تشخیص داد. به‌عنوان مثال، فلزات سنگین روی و کادمیوم دامنه (مدت‌زمان) تنفس و عملکرد آبشش را کاهش و تعداد تنفس را افزایش

منابع

- ۱- امراللهی بیوکی، ن.، و بدری، ن.، ۱۳۹۳. تعیین غلظت کشندگی (LC50 96h) سرب بر روی خرچنگ منزوی Heller, 1865 *Diogenes avarus*. اولین همایش ملی پدافند غیر عامل در علوم دریایی، بندر عباس، وزارت کشور و اداره کل پدافند غیرعامل، http://www.civilica.com/Paper-NCPDMS01-NCPDMS01_117.html
- ۲- بدری، ن.، امراللهی بیوکی، ن.، و رنجبر، م. ش.، ۱۳۹۳. تأثیر نشانه‌های بینایی و شیمیایی بر رفتار جهت‌گیری خرچنگ منزوی *Diogenes avarus* (Heller, 1865). هجدهمین کنگره ملی و ششمین کنگره بین‌المللی زیست‌شناسی ایران، دانشگاه خوارزمی، کنفرانس اکولوژی و محیط‌زیست، ۵۱۲.
- ۳- زارع ده آبادی، س.، اسرار، ز.، و مهربانی، م.، ۱۳۸۶. اثر فلز روی بر رشد و برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاه نعنای خوراکی (*Mentha spicata*). مجله زیست‌شناسی ایران، جلد ۲۰، شماره ۳، صفحات ۲۳۰ تا ۲۴۱.
- ۴- سلطانی، ف.، قربانلی، م.، و منوچهری کلانتری، خ.، ۱۳۸۵. اثر کادمیوم بر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، فندها و مالون دآلدئید در گیاه کلزا (*Brassica napus*). مجله زیست‌شناسی ایران، جلد ۱۹، شماره ۲، صفحات ۱۳۶ تا ۱۴۵.
- ۵- صادقی، پ.، سواری، ا.، موحدی‌نیا، ع.، صفاهیه، ع.، و ازدری، د.، ۱۳۹۳. تعیین غلظت کشندگی متوسط (LC50) دی‌کرومات-پتاسیم و بررسی پاسخ‌های رفتاری در هامورماهی لکه زیتونی

- روی، نیکل، قلع و آهن) در کنسرو تون ماهیان، مجله زیست‌شناسی ایران، جلد ۲۶، شماره ۴، ۴۹۸ تا ۵۰۶.
- منقوط (*Epinephelus stoliczkae*)، مجله اقیانوس‌شناسی، شماره ۱۷، صفحات ۱-۹.
- ۶- ولایت زاده، م.، عسگری ساری، ا.، بهشتی، م.، محجوب، ث. و حسینی، م. ۱۳۹۲. اندازه‌گیری فلزات سنگین (کادمیوم، جیوه، chemoreception, *Frontiers in sensing*, PP: 159-170.
- 7- Bertness, M.D., 1981. Predation, physical stress, and the organization of a tropical rocky intertidal hermit crab community, *Journal Ecology*, 62, PP: 411-425.
- 17- Diamond, J.M., Parson, M.J., and Gruber, D., 1990. Rapid detection of sublethal toxicity using fish ventilatory behavior, *Journal of Environ Toxicol. Chem*, 9, PP: 3- 11.
- 8- Billock, W.L., and Dunbar, S.G., 2009. Influence of motivation on behavior in the hermit crab, *Pagurus samuelis*, *Journal of Marine Biological Association UK*, 89, PP: 775-779.
- 18- Diaz, H., Orihuela, B., and Forward Jr, R.B., 1995. Visual orientation of postlarval and juvenile mangrove crabs, *Journal of Crustacean Biology*, 15 (4), PP: 671- 678.
- 9- Billock, W.L., 2008. Evidence for "Contextual Decision Hierarchies" in the Hermit Crab, *Pagurus samuelis*, A Dissertation submitted in partial satisfaction of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Biology. Lomanlinda University School of Science and Technology in conjunction with the Faculty of Graduate Studies, 162 p.
- 19- Diaz, H., Orihuela, B., Forward Jr, R.B., and Rittschof, D., 1999. Orientation of blue crab, *Callinectes sapidus* (Rathbun), megalopae: responses to visual and chemical cues, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 233, PP: 25- 40.
- 10- Blaxter, J.H.S., and Ten Hallers-Tjabbes, C., 1992, The effect of pollutants on sensory systems and behavior of aquatic animals, *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 26(1), PP: 43- 58.
- 20- Diaz, H., Orihuela, B., Forward Jr, R.B., and 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, PP: 1- 15.
- 11- Briffa, M., and Elwood, R.W., 2001. Motivational change during shell fights in the hermit crab *Pagurus bernhardus*. *Animal Behavioral*, 62, PP: 505-510.
- 21- Diaz, H., Orihuela, B., Rttshof, D, and Forward Jr, R.B., 1995. Visual orientation to gastropods shells by chemically stimulated hermit crab, *Clibanarius vittatus* (Bosc), *Journal of Crustacean Biology*, 15, PP: 70- 78.
- 12- Bronmark, C, and Hansson, L.A., 2000. Chemical communication in aquatic systems: an introduction, *Oikos*, 88, PP: 103-109.
- 22- Dissanayake, A., Galloway, T.S., and Jones, M.B., 2009. Physiological condition and intraspecific agonistic behaviour in *Carcinus maenas* (Crustacea: Decapoda), *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 375, PP: 57e63.
- 13- Chiussi, R., Diaz, H., Rittschof, D., and Forward, R., 2001. Orientation of the hermit crab *Clibanarius antillensis*: effects of visual and chemical cues, *Journal of Crustacean Biology*, 21 (3), PP: 593-605.
- 23- Elwood, R.W., Neil, S.J., 1992. Assessment and decisions; a study of information gathering by hermit crab. Chapman and Hall, London, 192 p.
- 14- Cheung, S.G., Tai, K.K., Leung, C.K., and Siu, Y.M., 2002. Effects of heavy metals on survival and feeding behavior of the sandy shore scavenging gastropod *Nassarius festivus* (Powys). *Marine Pollutin Bulletin*, 45, PP: 107-113.
- 24- Garza, A., Vega, R., Soto, E., 2006. Cellular mechanisms of lead neurotoxicity, *Med Sci Monit*, 12 (3), PP: RA 57- 65.
- 15- DeForest, M.J.R., 2007. Processing of Hydrodynamic and Chemosensory Inputs in Aquatic Crustaceans, *Biol Bull*, Vol. 213 (1), PP: 1-11.
- 25- Gerhardt, A., Ingram, M.K., Kang, I.J., and Ultizur, S., 2006. In situ on-line toxicity biomonitoring in water: Recent developments, *Journal of Environ. Toxicol. Chem*, 25, PP: 2223- 2271.
- 16- DeForest, M.J.R., and Matthew, A.R., 2012. Fluid mechanical problems in crustacean active
- 26- 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, Vol. 2(3), 280 p.
- 27- Huang, H.D., Rittschof, D., and Jeng, M.S., 2005. Visual orientation of the symbiotic snapping shrimp *Synalpheus demani*, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 326, PP: 56- 66.
- 28- Ismail, T.G., 2012. Effects of visual and chemical cues on orientation behavior of the Red Sea hermit crab *Clibanarius signatus*, *The Journal of Basic and Applied Zoology*, 65, PP: 95- 105.
- 29- Kania, H.J., and Ohara, J., 1974. Behavioral alterations in a simple predator- prey system due to sublethal exposure to mercury, *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 103, PP: 134- 136.
- 30- Lefcort, H., Ammann, E., and Eiger, S.M., 2000. Antipredatory Behavior as an Index of Heavy-Metal Pollution? A Test Using Snails and Caddisflies, *Environ. Contam. Toxicol.*, 38, PP: 311- 316.
- 31- Lima, S.L., and Dill, L.M., 1990. Behavioral decisions made under the risk of predation: a review and prospectus, *Canadian Journal of Zoology*, 68, PP: 619- 640.
- 32- Mima, A., Wada, S., Goshima, S., 2003. Antipredator defence of the hermit crab *Pagurus filholi* induced by predatory crabs. *Oikos*, 102, PP: 104-110.
- 33- Newman, M.C., 2009. Fundamentals of Ecotoxicology, Third Edition Hardcover – September 28, 2009, Tylor and Francis Group, PP: 235- 239.
- 34- Orihuela, B., Diaz, H., Forward, R., and 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, PP: 193-208.
- 35- Rahman, Y.J., Forward, R.B., and Rittschof, D., 2000. Responses of mud snails and periwinkles to environmental odors and disaccharide mimics of fish odor, *Journal of Chemical Ecology*. 26 (3), PP: 679-696.
- 36- Reese, E.S., 1969. Behavioral adaptations of intertidal hermit crabs. *Am. Zool.*, 9, PP: 343-355.
- 37- Rittschof, D., Tsai, D.W., Massey, P.G., Blanco, L., Keuber Jr., G.L., and Haas Jr., R.J., 1992. Chemical mediation of behavior in hermit crabs: alarm and aggregation cues, *Journal of Chemical Ecology*, 18(7), PP: 959-984.
- 38- Romano, A., Lozada, M., and Maldonado, H., 1990. Effect of naloxone pretreatment on habituation in the crab *Chasmagnathus granulatus*. *Behavioral and Neural Biology*, 53, PP: 113-122.
- 39- Rosen, E., Schwarz, B., and Palmer, A.R., 2009. Smelling the difference: hermit crab responses to predatory and nonpredatory crabs, *Animal Behavior Journal*, 78, PP: 691-695
- 40- Rotjan, R.D., Blum, J., and Lewis, S.M., 2004. Shell choice in *Pagurus longicarpus* crabs: dose predation threat influence shell selection behavior, *Journal Behav Ecol Socibiol*, 56, PP: 171- 176.
- 41- Sullivan, J.F., Atchison, G.J., Kolar, D.J., and Mcintosh, A.W., 1978. Changes in the predator-prey behavior of Fathead minnows (*Pimephales promelas*) and largemouth bass (*Micropterus salmoides*) caused by cadmium. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 35: 446- 451.
- 42- Stauffer, H.P., and Semlitsch, R.D., 1993. Effects of visual, chemical and tactile cues of fish on the behavioural responses of tadpoles. *Animal Behaviour*, 46, PP: 355-364.
- 43- Woodbury, P.B., 1986. The geometry of predator avoidance by the blue crab, *Callinectes sapidus Rathbun*. *Animal Behaviour*, 34, PP: 28- 37.
- 44- Smith, G.M., Khan, A.T., Weis, J.S., and Weis, P., 1995. Behavior and brain correlates in mummichogs (*Fundulus heteroclitus*) from polluted and unpolluted environments. *Mar. Environ. Res.* 39, PP: 329- 333.
- 45- Weber, D.N., Russo, A., Seale, D.B., and Spieler, R.E., 1991. Waterborne lead affects feeding abilities and neurotransmitter levels of juvenile fathead minnows (*Pimephales promelas*). *Aquat. Toxicol.*, 21, PP: 71- 80.
- 46- Weis, J, and Weis, P, 1998. Effects of exposure to lead on behavior of mummichog (*Fundulus heteroclitus* L.) larvae, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 222, PP: 1- 10.
- 47- White, S.J., Pipe, R.K., Fisher, A., and Briffa, M., 2013. Asymmetric effects of contaminant exposure during asymmetric contests in the hermit crab *Pagurus bernhardus*. *Animal Behaviour*, 86, PP: 773- 781.
- 48- Zar, J.H., 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall, Engelwood Cliffs, N.J., USA, 23-28

Study of orientation behavior of Hermit crab *Diogenes avarus* under the influence of chemical cues and Lead contamination

Badri N.¹, Amrollahi Biuki N.² and Sharif Ranjbar M.²

Faculty of Marine Science and Technology, Hormozgan University, Bandar Abbas, I.R. of Iran

Abstract

Study of behavior of aquatic animals is a sensitive indicator to toxicant stress and ecologically can using it to measure the effect of pollutants on aquatic organisms. In this study, were investigated orientation behavior of two groups of infected to lead and Healthy (uninfected) hermit crabs toward target was studied upon exposure to background seawater containing chemical cues in concentrations predatory odor (1, 2, 4 g/l/24h) and Food odor (1, 2, 4 g/l/24h). Also, the assumption was that the hermit crab *Diogenes avarus* ability to understand the chemical and based on orienting to the target and contaminant of Lead can affected the orientation behavior of this species. The results showed that uninfected samples 1) in the control treatment exhibited uniform orientation, 2) In the treatment of food odor, orientation significantly increased towered the bait and 3) in the treatment of predator odor, hermit crabs oriented significantly toward the opposite direction of the target side. Also the result indicated that the Lead affected the orientation behavior of hermit crab because of, all of the treatments showed uniform orientation. This observation is probably due to the neurotoxins nature of Lead or animal energy reduction due to removal of contaminant from its body. Generally, hermit crab has ability of understanding the chemicals and orientation diagnostic power based on visual and chemical information and contaminant of Lead impacted on this its abilities.

Key words: Hermit crab, Heavy Metals, Orientation Behavior, Behavioral indicator.