



آرتمیا، شاخص زیستی در مطالعات سم‌شناسی

دارا باقری

dara.bagheri@pgu.ac.ir

گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر

چکیده

امروزه حفاظت از محیط‌های دریایی و درک و تشخیص سریع آلاینده‌ها و اثرات آنها بر آبزیان و یافتن راه‌حلی سریع و مناسب برای بهبود اثرات فعالیت‌های انسانی در این اکوسیستم‌ها اهمیت زیادی دارد. از این رو نیاز به انجام آزمایشات سریع و ساده در بررسی اثرات آلاینده‌ها بر آبزیان در اکوسیستم‌های دریایی و نواحی ساحلی روز به روز در حال افزایش است. برای این منظور آبزیان مختلفی به عنوان شاخص زیستی آلاینده‌ها در اکوسیستم‌های آبی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در این میان توانایی آرتمیا در تشخیص سریع اثرات آلاینده‌ها بر آبزیان توسط محققین زیادی مورد تأیید قرار گرفته است. توانایی این سخت‌پوست در نشان دادن سطوح مختلف آلاینده‌ها در اکوسیستم‌های آبی سبب شده است تا این موجود به عنوان یک شاخص زیستی مناسب در پایش‌های زیست‌محیطی مورد استفاده قرار گیرد، به طوری که طیف وسیعی از آلاینده‌های شیمیایی صنعتی، کشاورزی و خانگی با استفاده از آرتمیا مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است.

واژگان کلیدی:

مقدمه

امروزه استفاده از غذاهای زنده یکی از مهمترین ارکان موفقیت در تکثیر و پرورش آبزیان، به ویژه آبزیان دریایی به شمار می‌رود. در این میان آرتمیا یکی از مهمترین غذاهای زنده‌ای است که برای پرورش لارو ماهی، سخت‌پوستان و سایر آبزیان مورد استفاده قرار می‌گیرد. مصرف آرتمیا به عنوان غذای زنده از دهه ۱۹۳۰ آغاز و هر ساله میزان تقاضا برای مصرف این آبزی افزایش یافت به طوری که امروزه هزاران تن سیست آرتمیا در جهان تولید و در صنایع آبزی پروری مورد استفاده

قرار می‌گیرد. این سخت‌پوست در مراحل مختلف زندگی قابلیت استفاده به عنوان غذای زنده را داراست با این حال ناپلی آرتمیا گستره مصرف وسیعتری نسبت به سایر مراحل زندگی دارد (Van Stappen, 1996). قابلیت غنی‌سازی آرتمیا در مراحل اولیه زندگی سبب شده است تا این آبزی به عنوان حامل ترکیبات غذایی و دارویی در آبزیان مورد استفاده قرار گیرد (Hanaee et al., 2005). همچنین همین قابلیت موجب شده تا این موجود توانایی تجمع زیستی آلاینده‌ها را در بدن داشته و در انتقال ترکیبات آلاینده محیطی به موجودات شکارچی نقش داشته باشد.

اثرات فیزیولوژیکی آلاینده‌ها در آبزیان تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار دارد. در منابع آبی، اغلب آلاینده‌ها تحت تأثیر واکنش‌های پیچیده‌ای قرار گرفته که اثرات مضر آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهند. فرایند پایش زیستی می‌تواند بر اساس تغییرات در ویژگی‌های بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی، مرفولوژیکی یا رفتاری آبزی و فراوانی و تنوع باشد.

ژئوپلانکتون‌ها دسته مهمی از آبزیان فیلترکننده را تشکیل می‌دهند. این آبزیان مصرف‌کننده‌های اولیه‌ای هستند که از طریق انتقال انرژی از سطوح پایین زنجیره غذایی به مصرف‌کننده‌های نهایی نقش بسیار مهمی در زنجیره غذایی بر عهده دارند. بنابراین تغییر در شرایط فیزیولوژیکی آنها در اثر حضور آلاینده‌ها در منابع آبی تأثیرات زیادی بر اکوسیستم داشته و سطوح بالاتر زنجیره غذایی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (Taylor et al., 1998).

امروزه ارزیابی‌های زیستی سم‌شناسی یکی از مرسوم‌ترین روش‌های آزمایشی برای تعیین گونه‌های شاخص زیستی آلاینده‌ها است. در سال‌های اخیر، دانش بشر در ارتباط با تأثیر آلاینده‌ها بر محیط پیشرفت زیادی پیدا کرده است. تاکنون گونه‌های بیشماری به عنوان نشانگر زیستی و به منظور بررسی اثرات آلاینده

مصرف آرتمیا به عنوان غذای زنده از دهه ۱۹۳۰ آغاز و هر ساله میزان تقاضا برای مصرف این آبزی افزایش یافت به طوری که امروزه هزاران تن سیست آرتمیا در جهان تولید و در صنایع آبزی پروری مورد استفاده قرار می‌گیرد.



ها مورد آزمایش قرار گرفته و معرفی شده اند. در این مطالعه به بررسی استفاده از آرتمیا به عنوان یک شاخص زیستی در مطالعات سم شناسی آبزیان می پردازیم.

یافته قابل ترویج

آرتمیا یکی از مهمترین سخت پوستان زئوپلانکتونی در مطالعات سم شناسی به شمار می رود، در دسترس بودن سیست خشک و نیز تفریح و پرورش آسان و همچنین توانایی تجمع زیستی عناصر و ترکیبات موجود در اکوسیستم های آبی در غلظت های بسیار کم، دوره رشد کوتاه، مقاومت به دستکاری، توضیح جغرافیایی بالا و در دسترس بودن این گونه را به عنوان کاندید مناسب در مطالعات سم شناسی معرفی کرده است (Petrucci et al., 1995, Nunes et al., 2006, Persoone and Wells, 1987).

برای انجام یک آزمایش استاندارد با استفاده از آرتمیا توجه به موارد زیر ضروری است:

- ناپلی ها می بایست در شرایط کنترل شده از نظر، دما، شوری، هوادهی، نور و اسیدیته تفریح شوند.

- در ابتدای آزمایش لاروها می بایست همگی در یک سن مشابه باشند.

- در طی آزمایش لاروها نمی بایست پوست اندازی کنند، چون در هر مرحله میزان حساسیت لاروها متفاوت است.

- از سیست های تهیه شده از یک منطقه جغرافیایی برای انجام آزمایشات استفاده نمود.

- شرایط آزمایش می بایست استاندارد بوده و تمامی جزئیات رعایت شود.

- از آزمایش کنترل با یک ماده شیمیایی استاندارد، برای بررسی میزان حساسیت لاروها و استاندارد بودن روش آزمایش استفاده گردد (Vanhaecke et al., 1981).

در ادامه به بررسی برخی از مطالعات مربوط به استفاده از آرتمیا به عنوان شاخص زیستی در مطالعات سم شناسی می پردازیم.

شاخص زیستی

در مطالعات مرتبط با اثر آلاینده ها بر منابع آبی می بایست گونه ای انتخاب و مورد بررسی قرار گیرد که بتواند انواع آلاینده ها را در سطوح مختلف تحمل نماید. یک شاخص زیستی مناسب بایستی ویژگی هایی نظیر مهاجرت

نسبتا کم، فراوانی و توزیع بالا، نمونه برداری و کارکرد آسان، ثبات جمعیت و ظرفیت تجمع زیستی بالا را داشته باشد (Gadzała-Kopciuch et al., 2004, Ravera, 2001).

در واقع شاخص زیستی به موجودی گفته می شود که حضور، عدم حضور و یا تغییرات رفتاری و بیوشیمیایی آن موجود در محیط نشان دهنده شرایط اکولوژیکی محیط باشد (Van Gestel and Van Brummelen, 1996).

آرتمیا به دلیل داشتن شاخصه های زیر یکی از اولین گزینه ها در مطالعات سم شاسی به شمار می رود:

- سیست آرتمیا به میزان زیاد و به راحتی در دسترس قرار دارد، بنابراین آزمایشات سم شناسی با استفاده از سیست آرتمیا در سرتاسر دنیا و با مواد کاملا یکسان بدون هیچ مشکلی قابل انجام است. همچنین میزان سیستی که در هر آزمایش مورد نیاز است بسیار کم بوده، به طوری که هزینه مواد بیولوژیک در مطالعات را بسیار کم می سازد.

- برای انجام دقیق مطالعات سم شناسی ضروری است تا در تمام طول سال ذخیره مناسبی از گونه مورد بررسی در دسترس باشد. نگهداری مداوم یک آبی سختی های بیولوژیک و تکنیکی بسیار زیادی به همراه خواهد داشت، استفاده از سیست آرتمیا نیاز به نگهداری دائم موجود به طور کامل حذف می گردد.

- در صورت استفاده از سیست آرتمیا برای انجام مطالعات سم شناسی تعداد بسیار زیادی ناپلی هم سن و دارای شرایط فیزیولوژیکی یکسان در اختیار محقق قرار دارد (Vanhaecke et al., 1981).

شاخص زیستی فلزات سنگین

فلزات سنگین یکی از اصلی ترین آلاینده های زیست محیطی در اکوسیستم های دریایی به شمار می روند. این ترکیبات برخلاف سایر ترکیبات شیمیایی توسط سیستم های دفاعی سلولی شکسته نمی شوند لذا در تمامی مراحل زندگی آبی مشکل ساز خواهند بود. تجمع زیستی این فلزات در طی زنجیره غذایی در اکوسیستم های دریایی می تواند منجر به ایجاد آسیب به انسان نیز شود (Agah et al., 2009).

شاخص زیستی به موجودی گفته می شود که حضور، عدم حضور و یا تغییرات رفتاری و بیوشیمیایی آن موجود در محیط نشان دهند شرایط اکولوژیکی محیط باشد



(2010). سم ارگانوفسفره دیازینون سبب ایجاد تغییرات ریختی در مراحل مختلف زندگی آرتمیا سالینا می گردد لذا یک شاخص زیستی مناسب برای ارزیابی اثرات سموم ارگانوفسفره محیطی به شمار می رود (Bustos-Obregon and Vargas, 2010). سموم بیشتر اثرات سمی خود را از طریق جلوگیری از فعالیت آنزیم استیل کولین استراز بر جای می گذارند. ممانعت از فعالیت این آنزیم، موجب تجمع استیل کولین در سیناپسهای عصبی شده و فعالیت های عصبی را مختل می کند (Sturm and Hansen, 1999). این امر در آرتمیا سالینا نیز گزارش شده است (Baek et al., 2015).

ارزیابی اثرات ساکسیتوکسین ها

افزایش ورودی فاضلاب ها به اکوسیستم های دریایی در سالیان اخیر سبب افزایش شکوفایی جلبکی و پدیده کشند قرمز در سرتاسر دنیا شده است. این پدیده تاثیرات زیادی بر سلامت اکوسیستم های آبی، آبزیان، انسان ها و اقتصاد نواحی درگیر داشته است. بلوم جلبکی منجر به جلوگیری از نفوذ نور، ایجاد شرایط بی هوازی و نیز تولید ساکسیتوکسین می شود (Hoagland and Scatista, 2006, Hoagland et al., 2006, Sunda et al., 2002). از آرتمیا برای تعیین اثرات ساکسیتوکسین ها بر روی صدف ها و سایر آبزیان استفاده می گردد. لارو آرتمیا حساسیت بالایی نسبت به ساکسیتوکسین ها در غلظت ۵ میلی گرم در لیتر دارد (Xing et al., 1991). مارکووال و همکاران (2013) مشخص ساختند که آرتمیا سالینا توانایی بالایی در فیلتر کردن فیتوپلانکتون های *Alexandrium fundyense* و *Aureococcus anophagefferens* و *Cochlodinium polykrikoides* دارد. همچنین این مطالعه نشان داد که آرتمیا سالینا در مقایسه با *Acartia Tonsa* مقاومت بالاتری نسبت به سموم ایجاد شده توسط این فیتوپلانکتون ها دارد (Marcoval et al., 2013).

شاخص زیستی ترکیبات نفتی

آلودگی های ایجاد شده توسط ترکیبات نفتی و مشتقات آن می تواند تاثیرات زیادی بر بوم سازگان های دریایی داشته باشد. این تاثیرات

برای بررسی تاثیرات اکولوژیکی فلزات سنگین مورد استفاده قرار گرفته اند (Guerra, 2001, Sow et al., 2013, Mok et al., 2015, Goretta et al., 2016). مطالعات زیادی در مورد اثرات فلزات سنگین بر مراحل مختلف زندگی آرتمیا در محیط های آزمایشی و طبیعی انجام شده است (Zulkifli et al., 1995, Petrucci et al., 2014). سمیت چهار فلز سنگین مس، کادمیوم، روی و نیکل در ناپلی آرتمیا سالینا مشخص ساخت که این گونه نسبت به حضور فلزات سنگین در محیط حساس می باشد (Zulkifli et al., 2014). از سیست و بیوماس آرتمیا جهت تعیین حضور فلزات سنگین در اکوسیستم های طبیعی نیز استفاده می شود (Petrucci et al., 1995). مک ری و همکاران (1991) نشان دادند فلزات سنگین مس و سرب موجب اختلال در روند تکاملی ناپلی آرتمیا می گردند، لذا عنوان ساختند که این فلزات قادر به ایجاد آسیب در روند تکاملی آبزیانی که دوره رشد طولانی تری دارند نیز می گردد (MacRae and Pandey, 1991). مطالعات این محققین مشخص ساخت که مراحل اولیه رشد آرتمیا دارای حساسیت بالاتری نسبت به فلزات سنگین می باشد، همچنین فلزات سنگین سرب و مس نسبت به نیکل و روی تاثیرات بیشتری بر روند تکاملی ناپلی ها دارند. بررسی سه جمعیت از آرتمیا ها نشان داد که افزایش دما (گرمایش جهانی) احتمالاً می تواند منجر به افزایش سمیت فلزات سنگین (آرسنیک) گردد (Sánchez et al., 2016). این مطالعه نشان داد که میزان مقاومت آرتمیاها نسبت به فلز آرسنیک با تکامل آرتمیا و تبدیل ناپلی به آرتمیای بالغ افزایش می یابد.

شاخص زیستی سموم

فاضلاب های صنعتی، فاضلاب های کشاورزی و روان آب ها از مهمترین منابع آلاینده ها در اکوسیستم های آبی به شمار می روند. سموم ارگانوفسفره معمولترین حشره کش ها در فعالیتهای کشاورزی محسوب می شوند. این سموم اهمیت بالایی در اکوسیستم های آبی داشته و در غلظت های کم نیز سمی می باشند. از آرتمیا به عنوان یک شاخص زیستی مناسب برای بررسی اثرات سموم در منابع آبی استفاده می گردد (Catelan et al., 2015, Bustos-Obregon and Vargas,

سم ارگانوفسفره
دیازینون سبب
ایجاد تغییرات
ریختی در مراحل
مختلف زندگی
آرتمیا سالینا
می گردد لذا یک
شاخص زیستی
مناسب برای
ارزیابی اثرات
سموم ارگانوفسفره
محیطی به شمار
می رود



نقره به دلیل داشتن خاصیت ضد باکتریایی به میزان زیادی در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. امروزه اثرات سمی نانوذرات نقره شامل عقب ماندگی جنین، کاهش طول بدن لاروها، تغییرات ریختی دم و مرگ و میر در ماهی زیرا مورد تأیید قرار گرفته است (Bai *et al.*, 2010). بررسی اثرات نانوذره نقره بر ناپلی آرتمیا نشان داد که افزایش غلظت و زمان در معرض قرار گیری منجر به افزایش میزان سمیت نانوذرات می‌گردد (Ozkan *et al.*, 2016). همچنین این محققین مشخص ساختند که این نانوذرات قادر به ایجاد تغییرات شکلی در لکه چشمی، ناحیه روده ای و آنتن‌ها شوند. نانوذره روی نیز یکی از پرکاربردترین نانوذرات در صنایع مختلف از جمله مواد افزودنی‌های خوراکی، کرمهای ضد آفتاب و لوازم آرایشی و بهداشتی، رنگدانه‌های رنگ، ترکیبات نیمه هادی، کاتالیزور ها و ... به شمار می‌رود. آتس و همکاران (2013) نشان دادند که نانوذره روی دارای اثرات سمی بر ناپلی آرتمیا است (Ates *et al.*, 2013).

نتیجه گیری

مطالعات انجام شده نشان داده است که آرتمیا به ویژه در مراحل اولیه زندگی، یک گونه ایده‌آل برای انجام آزمایشات سم شناسی به شمار می‌رود. مهم‌ترین مزیت آرتمیا به عنوان یک شاخص زیستی، دسترسی دائمی محقق به سیستم خشک می‌باشد. قابلیت ماندگاری بالای سیستم آرتمیا سبب شده است تا دسترسی محققین به آرتمیا به عنوان یک شاخص زیستی به راحتی انجام گیرد. سیستم آرتمیا به راحتی و با حداقل امکانات و در مدت بسیار کوتاهی تفریح شده و به ناپلی تبدیل می‌شود (Vanhaecke *et al.*, 1981). ناپلی آرتمیا در شرایط کنترل شده محیطی به راحتی قابل استحصال بوده و مراحل مختلف رشدی آن از طریق مشاهده توسط میکروسکوپ الکترونیکی قابل تشخیص می‌باشد. این آبرزی در طیف وسیعی از مطالعات سم شناسی مورد استفاده قرار گرفته و به عنوان گزینه اول در این مطالعات به شمار می‌رود. به طوری که در طی نیم قرن اخیر مطالعات بسیار زیادی در مورد اثرات سمی ترکیبات شیمیایی بر روی آرتمیا انجام گرفته و روش‌های استاندارد مناسبی

از طریق مکانیسم‌های مختلف و در سطوح متفاوت ارگانیزمی (از سطح زیر سلولی تا جمعیتی) ایجاد می‌شوند. نفت خام مخلوطی پیچیده شامل ده‌ها هزار ترکیب مختلف می‌باشد، ترکیبات هیدروکربنه عمده‌ترین ترکیب نفتی به شمار می‌روند و بیش از ۷۵ درصد نفت خام را تشکیل می‌دهند. سه منبع اصلی برای ورود هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای در اکوسیستم‌های آبی وجود دارد که شامل سوخت‌های فسیلی، سوختن مواد آلی و فرایند تغییر شکل زیستی مواد طبیعی در دریاها می‌باشند (Neff, 2002). از آرتمیا می‌توان به عنوان یک شاخص زیستی مناسب در بررسی اثرات آلاینده‌های نفتی استفاده نمود. از ترکیبات شیمیایی مختلفی برای حذف ترکیبات نفتی منتشر شده در اکوسیستم‌های آبی استفاده می‌گردد، مطالعات نشان داده است که این خود این ترکیبات قادر به ایجاد سمیت در آرتمیا هستند (Rodd *et al.*, 2014, Sharma, 2016). هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای قادر به ایجاد مسمومیت در ناپلی آرتمیا می‌باشند (Foster and Tullis, 1984).

نانوذرات

نانوذرات در مقایسه با سایر مواد (با اندازه میکرو)، به علت داشتن سطح بسیار بالا و اندازه کوچک، قادر به واکنش با سیستم‌های زیستی بوده و سبب ایجاد سمیت شدید می‌گردند (Dimkpa *et al.*, 2013). امروزه تکنولوژی تولید نانوذرات توسعه زیادی پیدا کرده است. اکوسیستم‌های آبی اصلی‌ترین محل برای تخلیه آلاینده‌ها به شمار می‌روند و بسیاری از آلاینده‌ها به طور مستقیم و یا از طریق جریان‌های آبی و هوایی وارد منابع آبی می‌شوند. به همین علت نگرانی‌های شدیدی در مورد پتانسیل ایجاد سمیت توسط صنایع مرتبط با ترکیبات نانوذرات وجود دارد (Ozkan *et al.*, 2016). با این حال اطلاعات کمی در مورد تکنیک‌های مرتبط با ارزیابی اثرات نانوذرات در محیط‌های طبیعی وجود دارد، علاوه بر این تفکیک نانو ذرات از ذرات با اندازه طبیعی و نیز تعیین میزان غلظت آنها در محیط‌های طبیعی بسیار سخت است (Nowack and Bucheli, 2007). نانوذرات

بررسی اثرات
نانوذره نقره بر
ناپلی آرتمیا نشان
داد که افزایش
غلظت و زمان در
معرض قرار گیری
منجر به افزایش
میزان سمیت
نانوذرات
می‌گردد



- 5- Sunda, W.G., Graneli, E. and Gobler, C.J. (2006) Positive feedback and the development and persistence of ecosystem disruptive algal blooms1. *Journal of Phycology*, 42, 963- 974.
- 6- Zulkifli, S. Z.; Aziz, F. Z. A.; Ajis, S. Z. M. and Ismail, A. (2014) Nauplii of brine shrimp (*Artemia salina*) as a potential toxicity testing organism for heavy metals contamination. *From Sources to Solution*. Springer.

برای انجام آزمایشات سم شناسی در این گونه معرفی شده است.

فهرست منابع

- 1- Catelan, T.B.S.; De Arruda, E.J.; Oliveira, L.C.S.; Raminelli, C.; Gaban, C.R.G.; Cabrini, I., Nova, P.C.V. and Carbonaro, E.S. (2015) Evaluation of Toxicity of Phenolic Compounds Using *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) and *Artemia salina*. *Advances in Infectious Diseases*, 5, 48.
- 2- Persoone, G. and Wells, P.G. 1987. *Artemia* in aquatic toxicology: a review. *Artemia research and its applications*, 1, 259- 275.
- 3- Petrucci, F.; Caimi, S.; Mura, G. and Caroli, S. (1995) *Artemia* as a bioindicator of environmental contamination by trace elements. *Microchemical Journal*, 51, 181186-.
- 4- Sánchez, M.I.; Petit, C.; Martínez-Haro, M.; Taggart, M. A. and Green, A.J. (2016) May arsenic pollution contribute to limiting *Artemia franciscana* invasion in southern Spain? *PeerJ*, 4, e1703.