

بیواندیکاتورها و استفاده از موجودات زنده برای ارزیابی تاثیرات محیطی در جوامع دریایی

متین خالقی^۱، سلیم شریفیان^۱، علی صدوق^۱

^۱دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، دانشکده علوم دریایی، گروه شیلات

چکیده

بیواندیکاتورها شامل فرایندهای بیولوژیکی، گونه یا اجتماعات هستند و برای ارزیابی کیفیت محیط زیست و اینکه چگونه محیط زیست در طول زمان تغییر می کند، استفاده می شوند. بیواندیکاتورها ۳ عملکرد مهم دیده بانی کردن محیط زیست، فرآیند های اکولوژیکی و تنوع زیستی را بر عهده دارند. هزاران مثال در مورد بیواندیکاتورها دانشمندان را مجاب کرده است که موجودات زنده خودشان بهترین پیشگوی چگونگی پاسخ اکوسیستم ها به آشفستگی یا حضور استرس ها هستند. بنا بر تحقیقات انجام شده، نتیجه می گیریم که استفاده از بیواندیکاتورها بسیار بهتر، اقتصادی تر و دقیق تر از روش های سنتی است در نهایت بدون خزه ها، گل سنگ ها، قزل آلی قاتل در نهر های کوهستانی، نماتودها، فرامینیفرا، باکتری ها، توتیاها و بسیاری موجودات دیگر ممکن است اثرات آشفستگی ها و استرس ها هنگامی تشخیص داده شود که دیر شده و نتوان جلوی آن را گرفت.

واژه های کلیدی: بیواندیکاتور، موجودات زنده، ارزیابی، تاثیرات محیطی

مقدمه

بیواندیکاتورها شامل فرایندهای بیولوژیکی، گونه یا اجتماعات هستند و برای ارزیابی کیفیت محیط زیست و اینکه چگونه محیط زیست در طول زمان تغییر می کند، استفاده می شوند. تغییرات محیط زیست اغلب به آشفستگی های انسانی (مثل آلودگی و تغییرات زمین در اثر استفاده) یا استرس های طبیعی (مثل خشکسالی و یخ زدگی چشمه ها) نسبت داده می شوند، اگر چه بیشتر استرس های انسانی کانون ابتدایی تحقیقات بیواندیکاتورها را تشکیل می دهند. توسعه و کاربرد بیواندیکاتورها از سال ۱۹۶۰ آغاز گردید. در طی سالها، فهرست بیواندیکاتورها گسترش داده شدند تا در مطالعه انواع محیط زیست (از قبیل آبی و خاکی) و برای استفاده همه گروه های رده بندی بکار گرفته شوند (Holt and Miller, 2011).

امروزه موجودات بسیاری بعنوان بیواندیکاتور در محیط های دریایی بکار گرفته می شوند. خزه ها برای سنجش فلزات سنگین، قزل آلی قاتل در نهر های کوهستانی برای ارزیابی دمای آب، قناری در معدن زغال سنگ برای ارزیابی میزان منوکسیدکربن و گاز متان و بسیاری موجودات دیگر که به عنوان بیواندیکاتور شناخته شده اند که برای تشخیص اثرات آشفستگی ها و استرس ها از آنها بهره گرفته می شود.

از گیاهان آبی نیز بعنوان بیواندیکاتور جهت تعیین کیفیت و پلایش اکوسیستم های آبی استفاده می شود (شهسواری پور و اسماعیلی ساری، ۱۳۸۵). گونه حرا *Avicenia marina* بعنوان یک بیواندیکاتور برای ارزیابی آلودگی های نفتی در اکوسیستم های ساحلی در معرض تهدید آلاینده ها بکار گرفته می شود (شریفیان و همکاران، ۱۳۸۷).

توتیاها دریایی که جز خارپوستان منظم محسوب می شوند بدلیل شرایط خاص زیستگاهی و استقرار در مناطق جزر و مدی خلیج چابهار و نیز همجواری با زیستگاه آبنگ های مرجانی، در مطالعات اکولوژیکی و پایش زیست محیطی نواحی ساحلی - دریایی بعنوان گونه های شاخص و دیده بان زیستی مورد مطالعه و بررسی قرار می گیرند (خالقی و عوفی، ۱۳۸۹).

نماتودها نیز بعنوان بیواندیکاتور برای ارزیابی زیستگاه های دریایی و آب شیرین بکار گرفته می شوند (Geetanjali et al., 2002).

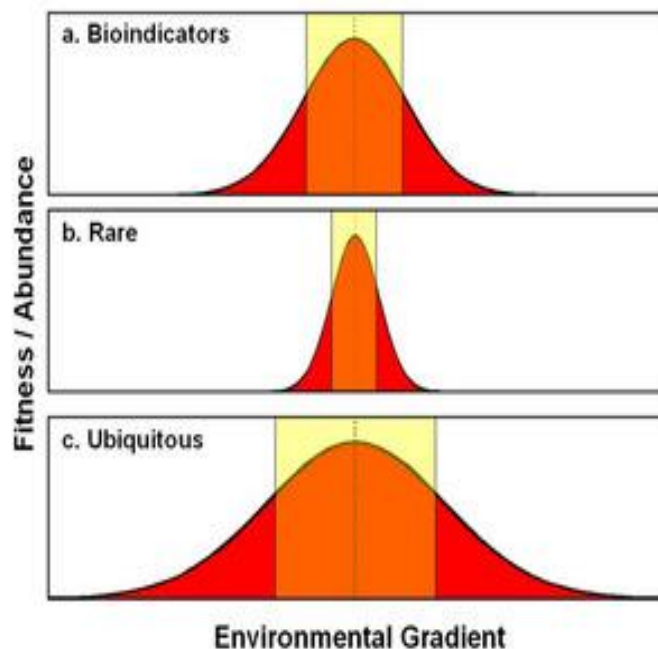
فرامینیفرا تک یاخته هایی هستند که بعنوان بیواندیکاتور برای سنجش فلزات سنگین بکار میروند (Panchang et al., 2005).

باکتریها نیز بعنوان بیواندیکاتور بکار می روند. آنها آلودگی های فلزات را از محیط زیست خود گرفته و در خود ذخیره میکنند. آنها این توانایی را دارند که غلظت های بالای فلزات را در سیتوپلاسم بین سلولی ذخیره کنند. همچنین آنها می توانند فلزات سنگین را در فضای خارجی ماتریس سلولی ته نشین کنند (Zakaria et al., 2004).

از آنجایی که سلامت بشر به ادامه حرکت، توسعه و کاربرد بیواندیکاتورها بستگی دارد، کاهش خدمات اکوسیستم ها از قبیل هوای پاکیزه، آب قابل شرب، گرده افشانی های گیاهی و غیره شدیداً توجه ما را به سلامت اکوسیستم های طبیعی متمرکز کرده است. همه گونه ها می توانند تنها رنج محدودی از تغییرات شرایط شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی را تحمل کنند، در نتیجه ما برای ارزیابی کیفیت محیط زیست می توانیم از آنها استفاده کنیم. علی رغم پیشرفت های بسیار تکنولوژی ما یافتیم که موجودات زنده اکوسیستم های طبیعی را بررسی کنیم تا داستان جهان را برای ما بازگو کنند.

بیواندیکاتور چیست؟

اگرچه همه فرآیندهای بیولوژیکی، گونه یا اجتماعات بعنوان یک بیواندیکاتور مفید تلقی نمی شوند. فاکتورهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی (مثل بستر، نور، دما و رقابت) در محیط های مختلف، بسیار متنوع هستند. در طول زمان، جمعیت ها استراتژی هایی برای حداکثر رشد و تولید مثل در میان رنج های مخصوصی از فاکتور های زیست محیطی کسب کردند. در خارج از این محدوده، رفتار و فیزیولوژی آنها ممکن است تاثیر منفی داشته باشد و تناسب بطور کلی کاهش یابد (تصویر ۱).

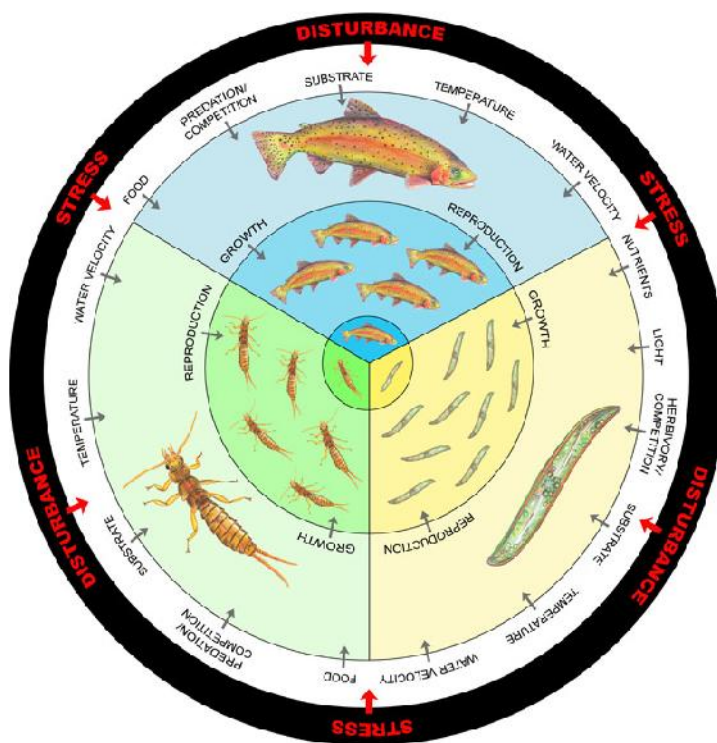


تصویر ۱. مقایسه تحمل زیست محیطی (a) بیواندیکاتورها، (b) گونه های نادر و (c) گونه های بی تفاوت. جعبه زرد رنگ رنج اپتیمم تحمل زیستی را نشان می دهد.

کاهش تناسب نهایتاً می تواند پویایی جمعیت را بهم زند و کل جامعه را تغییر دهد (تصویر ۲). گونه های بیواندیکاتور بدلیل تحمل محدودشان نسبت به تغییرپذیری محیط زیست، بطور موثر شرایط زیست محیطی را نشان می دهند. در مقابل گونه های نادر بدلیل قدرت تحمل بسیار کمشان اغلب به تغییر شرایط زیست محیطی بسیار حساس هستند و بصورت بسیار نادر با چنین شرایطی برخورد می کنند تا بتوانند پاسخ زیستی متداول و جامعی منعکس کنند. همچنین گونه های بی تفاوت با قدرت تحمل بسیار گسترده کمتر به تغییرات شرایط زیست محیطی حساس هستند که باعث آشفتگی در سایر افراد جامعه می شوند. استفاده از بیواندیکاتورها فقط به یک گونه با تحمل زیست محیطی محدود ختم نمی شود. اجتماعات زیادی در برگزیده یک رنج

وسیع از تحمل زیست محیطی می توانند بعنوان یک بیواندیکاتور بکار گرفته شوند و منابع اطلاعاتی متعدد در حال حاضر شرایط زیست محیطی را در یک "شاخص زیستی" یا "بیواندیکاتور" مشخص می کنند. بعلاوه فرآیند های بیولوژیکی یک فرد هم می تواند بعنوان یک بیواندیکاتور عمل کند. برای مثال ماهی قزل آلی قاتل در آب های سرد نهرهای غرب آمریکا زندگی می کند و اغلب حداکثر دمایی که می تواند تحمل کند ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد است. بنابراین حساسیت دمایی، آنها را به بیواندیکاتور دمای آب تبدیل کرده است. آشفتگی های انسانی می تواند دمای آب این نهرها را افزایش دهد و این آشفتگی ها بعنوان مقیاس های بیولوژیکی مختلف توسط قزل آلی قاتل شناخته شده است (تصویر ۲). در هنگام آلودگی حرارتی یک پاسخ سریع در سطح سلولی قزل آلی قاتل اتفاق می افتد. بطور ویژه سنتز پروتئین شوک حرارتی (hsp) افزایش می یابد تا عملکردهای حیاتی سلولی را از استرس های دمایی حفظ کنند. از این رو سطوح hsp برای اندازه گیری استرس حرارتی در ماهی قزل آلی قاتل تعیین شده و بدین ترتیب چگونگی تغییر محیط مشخص گردیده است. اگر استرس حرارتی ادامه یابد بعضی تغییرات فیزیولوژیکی از طریق تغییرات رفتاری در افراد اجتناب ناپذیر است و در نتیجه کاهش در میزان رشد و توسعه را به همراه دارد. در اغلب موارد تغییرات حرارتی زیاد و مستمر می توانند تعداد افراد را کاهش دهند و حتی به انقراض محلی منجر شوند و باعث تغییر ترکیب به ماهی های آب گرم گردند (Holt and Miller, 2011).

مثال رایج دیگر در مورد بیواندیکاتورها، فناری های همراه معدنچی ها در معادن زغال سنگ اعماق زمین هستند. بطور تاریخی فناری ها، معدنچی های زغال سنگ را در اعماق زمین همراهی می کنند، چرا که ظرفیت کم ریه آنها و همچنین سیستم تهویه یکطرفه ریه، آنها را نسبت به همراهان انسانی در مواجهه با غلظت های کم منوکسیدکربن و گاز متان آسیب پذیرتر کرده است. تا آنجایی که در اواخر سال ۱۹۸۶، حساسیت شدید این پرنده ها، آنها را به شاخص های بیولوژیکی برای شرایط نا امن معدن های زغال سنگ زیرزمینی بریتانیا تبدیل کرده است.



تصویر ۲. دیاگرام سطوح اکوسیستم در پاسخ به آشفتگی های انسانی و استرس های طبیعی. حلقه سفید شامل آشفتگی ها و استرس هایی است که مستقیماً تغییرات زیست محیطی را به دنبال دارد. خارجی ترین حلقه رنگی نشانگر یک موجود زنده، حلقه رنگی میانی نمایانگر جمعیتی از این موجودات زنده است و داخلی ترین حلقه رنگی جامعه ای از ۳ گونه موجود زنده است.

بیومونیتورینگ و بیواندیکاتور

در اصطلاح عمومی بیواندیکاتور و بیومونیتورینگ، عباراتی به هم مربوط و قابل تعویض هستند، اما از نظر علمی هر یک معانی مخصوص به خود را دارند. بیواندیکاتورها بطور کیفی پاسخ های زیستی به استرس ها و شرایط زیست محیطی را ارزیابی می کنند (برای مثال حضور گلسنگ *Lecanora conizaeoides* کیفیت پایین هوا را نشان می دهد) در حالی که بیومونیتورینگ ها یک پاسخ را بطور کمی تشخیص می دهند (برای مثال کاهش در میزان کلروفیل II در گلسنگ میزان و شدت آلودگی هوا را نشان می دهد). از این پس اصطلاح بیواندیکاتور بعنوان یک اصطلاح جمعی برای تمامی اصطلاحات مربوط به تشخیص پاسخ های زیستی به استرس های زیست محیطی استفاده می شود. در این چارچوب بیواندیکاتورها ۳ عملکرد مهم دارند: ۱. دیده بانی کردن محیط زیست از قبیل تغییرات فیزیکی و شیمیایی ۲. دیده بانی کردن فرآیند های اکولوژیکی ۳. دیده بانی کردن تنوع زیستی (Holt and Miller, 2011).

مثال های شاخص های زیست محیطی، اکولوژیکی و تنوع زیستی در موجودات زنده متفاوتی که در محیط های زیست مختلف زندگی می کنند، دیده شده است. گلسنگ ها و خزها اغلب برای ارزیابی آلودگی هوا بکار گرفته می شوند. از آن جایی که گلسنگ ها و خزها، ریشه و کوتیکول ندارند و همه مواد غذایی را بطور مستقیم از اتمسفر می گیرند، بعنوان بیواندیکاتور کیفیت هوا بکار گرفته می شوند.

Hasselbach و همکارانش در سال ۲۰۰۵، از خز *Hylocomium splendens* بعنوان یک شاخص زیست محیطی فلزات سنگین در اکوسیستم توندرا شمال غربی آلاسکا استفاده کردند. در آنجا سنگ معدن از معدن Red Dog که بزرگترین تولید کننده زینک (Zn) در جهان است، استخراج و در طول یک جاده پرت (با مسافت ۷۵ کیلومتر) برای ذخیره سازی، حمل می شود. Hasselbach و همکارانش بررسی کردند که آیا این جابجایی بر روی زمین روی موجودات زنده زمینی اطراف آن تاثیر می گذارد. به دنبال این فرضیه میزان فلزات سنگین در بافت خزها در فواصل متفاوت از جاده سنجیده شد. انباشتگی فلزات سنگین در بافت خزها همجوار با جاده حمل و نقل بیشتر بود و با دور شدن از جاده، میزان آن کاهش یافته بود. بنابراین فرضیه آنها که جابجایی روی زمین به راستی محیط زیست اطراف آن را تغییر می دهد، تایید شد. در این مثال گلسنگ ها بعنوان بیومونیتور استفاده شده اند تا بطور کمی میزان انباشتگی فلزات سنگین در بین گلسنگ ها را بطور جداگانه محاسبه کند (Hasselbach et al., 2005).

همانند خزها و گلسنگ ها، بی مهرگان آبی بزرگ هم خصایص مشخص بیواندیکاتورهای خوب را دارا هستند که به علت طبیعت مشخص شان یک مقیاس اجتماعی بشمار می روند. یک نهر و رودخانه عموماً بیش از ۴۰ رده شناخته شده دارد که نماینده و نشانگر ترجیح زیستگاهی و استراتژی های تاریخ زندگی هستند. این رده بندی ها و تنوع عملکردی آنها می تواند پاسخ های بی شماری به استرس ها و آشفتگی های مختلف مثل وجود رسوبات، فلزات، نوترینت ها و تغییرات هیدرولوژیکی بدهد. بر این اساس، اجتماعات بی مهرگان بزرگ بطور مکرر بعنوان اندیکاتورهای زیست محیطی، اکولوژیکی و تنوع زیستی استفاده می شوند. در حال حاضر هر ۵۰ ایالت آمریکا از بی مهرگان بزرگ آبی برای ارزیابی سلامت بیولوژیک رودخانه ها و نهرها استفاده می کند (Miller et al., 2007).

مدیران منابع می توانند از بی مهرگان بزرگ آبی در ارتباط با میزان آبی که برای آبیاری بکار گرفته می شود، استفاده کنند قبل از اینکه پاسخ بیولوژیکی منفی دیده شود. همچنین استفاده از پاسخ های آنها مکانیسم های تنزل شرایط زیست محیطی (مثل افزایش دما یا سطوح رسوبات) را به وسیله عقب نشینی آب که بر روی اکوسیستم های آبی تاثیر می گذارد، نشان می دهد. بنابراین اجتماعات بی مهرگان بزرگ می توانند بعنوان شاخص های اکولوژیکی و تنوع زیستی در مقیاس جامعه و شاخص های زیست محیطی در مقیاس جمعیت استفاده شوند.

استفاده از بیواندیکاتورها بهتر از روش های سنتی

دانشمندان بطور سنتی آزمایشات شیمیایی انجام داده اند و بطور مستقیم پارامترهای فیزیکی محیط زیست (مثل دما، شوری، نوترینت ها، آلودگی ها، نور قابل دسترس و سطوح گاز) را اندازه گیری کرده اند. این در حالی است که در استفاده از بیواندیکاتورها، موجودات زنده برای ارزیابی مجموع اثرات آلودگی های شیمیایی و تغییرات زیستگاه در طول زمان استفاده می شوند. در نتیجه استفاده از بیواندیکاتورها از نظر اقتصادی نسبت به اندازه گیری کلاسیک کیفیت زیست محیطی بهتر است و مزایای زیادی دارد. اول اینکه بیواندیکاتورها شرایط زیست محیطی را در زمان های حال، گذشته و آینده تماماً ارزیابی می کنند اما اندازه گیری های فیزیکی و شیمیایی، شرایط زیست محیطی را تنها در زمان نمونه برداری توصیف می کنند. علاوه بر این

آلودگی ها می توانند در غلظت های بسیار کم اتفاق بی افتند. آنالیزهای خسته کننده با تکنولوژی های بسیار حساس و هزینه های گزاف باید برای ارزیابی چنین غلظت های پایینی بکار گرفته شوند و دانشمندان در هر بار شناسایی بایستی هر گونه خطر بیولوژیکی بالقوه را برای این مقادیر ناچیز آلودگی متحمل شوند و بطور عمده این آلودگی ها ناشناخته هستند. از طرف دیگر رنج تحمل بیواندیکاتورها، یک تصویر از سطوح معنی دار آلودگی را فراهم می کند، بدون توجه به اینکه چقدر کوچک باشد.

یک مزیت دیگر استفاده از بیواندیکاتورها توانایی آنها برای نشان دادن اثرات زیستی غیر مستقیم آلودگی هاست، در حالی که اندازه گیری های فیزیکی و شیمیایی نمی توانند این کار را انجام دهند. بطور واضح ورود یک لوله فاضلاب غنی از فسفر به درون یک رودخانه، بر روی اکوسیستم آن تاثیر می گذارد. فسفر بطور معمول تولید اولیه را در اکوسیستم های آب شیرین محدود می کند. بنابراین ممکن است پیش بینی شود افزایش فسفر، افزایش رشد و تولید مثل برخی گونه ها را به همراه داشته باشد. هر چند اندازه گیری های شیمیایی ممکن است یک کاهش در تنوع گونه ها یا چگونگی کاهش رشد و تولید مثل سایر گونه ها به علت رقابت را به درستی منعکس نکنند.

در مورد تجمع زیستی اثرات آلودگی غیر مستقیم از طریق اندازه گیری های شیمیایی و فیزیکی بسیار مشکل است. فلزات از جمله آلوده کننده هایی هستند که در ارگانیزم های بیولوژیکی متجمع می شوند و غلظت های فلزات از طریق شبکه غذایی بزرگ نمایی می شوند. بنابراین سطوح آلودگی در سطوح بالایی تولید به وسیله اندازه گیری های فیزیکی و شیمیایی به سختی تشخیص داده می شود.

در نهایت هزاران مثال در مورد بیواندیکاتورها دانشمندان را مجاب کرده است که موجودات زنده خودشان بهترین پیشگوی چگونگی پاسخ اکوسیستم ها به آشفستگی یا حضور استرس ها هستند. در حالیکه استفاده از همه اجتماعات و پاسخ های آنها می تواند آموزنده باشد مشکلات می تواند بویژه در زیستگاه های آنها افزایش یابد. یک جنگل پر باران منطقه گرمسیری ممکن است بطور تقریبی ۳۰۰ گونه درخت در هر هکتار داشته باشد و پاسخ های گونه ها به آشفستگی ها مسلماً متفاوت است. بنابراین سیگنال های بیواندیکاتورها به وسیله پاسخ های زیادی از گونه های مختلف، مبهم می شود (برای مثال بعضی گونه ها ممکن است افزایش و برخی دیگر کاهش داشته باشند). در این موارد دانشمندان به جای یکی کردن همه تاثیرات مستقیم و غیر مستقیم تنها روی یک زیر مجموعه از موجودات و سیگنال های آنها تمرکز می کنند. یک مشکل رایج اندازه گیری های فیزیکی و شیمیایی این است که اینها اصل پاسخ های پیچیده در زیستگاه های با گونه های فراوان را آسان می کند اما بیواندیکاتورها روی پاسخ های بفرنج و پیچیده اکوسیستم تمرکز کرده و از یک پاسخ متراکم و نمایانگر برای نقل شرایط زیست محیطی استفاده می کنند (Holt and Miller, 2011).

در کل یک بیواندیکاتور خوب آلودگی ها را از محیط زیست گرفته و در خود انباشته و شرایط زیست محیطی زیستگاه خود را منعکس می کند. گونه *Homarus americanus* یک لابستر است که برای ارزیابی فلزات سنگین مس، روی، کادمیوم، و... بیواندیکاتور بسیار مناسبی است چرا که: ۱. در مناطق ساحلی بسیار فراوان است. ۲. کف زی می باشد و در نتیجه بطور مستقیم با رسوبات در ارتباط است. ۳. بطور شناخته شده فلزات را در بافت هایش متمرکز می کند (Chou et al., 2003).

بنا بر موارد مذکور نتیجه می گیریم که استفاده از بیواندیکاتورها بسیار بهتر، اقتصادی تر و دقیق تر از روش های سنتی است.

مزایا و معایب بیواندیکاتورها

مزایای فراوان بیواندیکاتورها برای استفاده کشورهای جهان از آنها بصورت قانونی تعریف شده و فواید بسیار آنها در چندین پیمان و قرارداد بین المللی گنجانده شده است. هر چند بیواندیکاتورها بدون مشکل نیستند. همانند قناری ها در معدن زغال سنگ از بیواندیکاتورها به واسطه حساسیت عملکرد شان بعنوان سیگنال های هشدار دهنده استفاده می گردد، اما ممکن است جمعیت بیواندیکاتورها توسط فاکتورهایی به جز استرس و آشفستگی (مثل بیماری، رقابت، انگل و صیادی) تحت تاثیر قرار گیرد. مسئله دوم استفاده از بیواندیکاتورها این است که توانایی شاخص بودن آنها بستگی به اندازه و مقیاس آنها دارد. برای مثال یک بیواندیکاتور مهره دار بزرگ مثل ماهی ممکن است در نشان دادن تنوع اجتماعات حشرات محلی ناموفق باشد. سوم اینکه گونه های بیواندیکاتور نسبت به سایر گونه ها در اکوسیستم بطور گسترده نیازمندی های زیستگاهی بسیار متفاوتی دارند. مدیریت یک اکوسیستم بر اساس نیازهای زیستگاهی بیواندیکاتور ویژه آن ممکن است در حفاظت از گونه های نادر با نیازهای زیستگاهی متفاوت، ناموفق باشد. در نهایت هدف بیواندیکاتورها روی هم رفته استفاده از یک گونه یا گروه کوچکی از گونه ها است که کیفیت محیط زیست و چگونگی تغییرات آن در طول زمان را ارزیابی کنند. اما مثل تمامی ابزارهای مدیریتی آگاهی از عیب های آن الزامیست. بهرحال محدودیت های بیواندیکاتورها بطور مشخص مزیت های آنها را تحت

الشعاع قرار می دهد. بیواندیکاتورها در یک رنج وسیع از اندازه سلولی تا سطوح اکوسیستم بکار گرفته می شوند تا سلامت اکوسیستم های مربوط را ارزیابی کنند (Holt and Miller, 2011).

بدون خزہ در توندرا، قزل آلائی قاتل در نهر های کوهستانی و قناری در معدن زغال سنگ ما اثرات آشفتنگی ها و استرس ها را ممکن است هنگامی تشخیص دهیم که دیر شده است و نتوان جلوی آن را گرفت.

منابع

۱. خالقی، م. و عوفی، ف.، ۱۳۸۹. شناسایی گونه های خارپوستان دریایی در نواحی بین جزر و مدی خلیج چابهار. محیط زیست جانوری. شماره ۴. صفحه: ۳۶-۳۱.
۲. شریفان، ح. ر.، فرشچی، پ.، مرتضوی، م. ص. و بی همتا، م. ر.، ۱۳۸۷. بررسی اهمیت گونه *Avicenia marina* به عنوان یک بیواندیکاتور بالقوه آلودگی های نفتی در اکوسیستم ساحلی در معرض تهدید آلاینده های زیست محیطی. اولین همایش ملی تالاب های ایران. ۱۰ صفحه
۳. شهسواری پور، ن. و اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۵. ارزیابی استفاده از بیواندیکاتورها در گیاهان آبی جهت تعیین کیفیت و پالایش اکوسیستم های آبی. اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست. ۱۲ صفحه
4. Chou, C. L., Paon, L. A., Moffatt, J. D. and King, T., 2003. Selection of bioindicators for monitoring marine environmental quality in the Bay of Fundy, Atlantic Canada. *Marine Pollution Bulletin*. 46: 756-762
5. Geetanjali, Malhotra, S. K., Malhotra, A., Ansari, Z. and Chatterji, A., 2002. Role of nematodes as bioindicators in marine and freshwater habitats. *SCIENTIFIC CORRESPONDENCE*. VOL. 82. NO. 5
6. Hasselbach, L., et al., 2005. Spatial patterns of cadmium and lead deposition on and adjacent to National Park Service lands in the vicinity of Red Dog Mine, Alaska. *Science of the total Environment*. 348: 211-230
7. Holt, E. A. and Miller, S. W., 2011. Bioindicators: Using Organisms to Measure Environmental Impacts. *Nature Education Knowledge*. 3(10):8
8. Miller, S. W., et al., 2007. Resistance and resilience of macroinvertebrates to irrigation water withdrawals. *Freshwater Biology*. 52: 2494-2510
9. Panchang, R., Nigam, R., Baig, N. and Nayak, G. N., 2005. A foraminiferal testimony for the reduced adverse effects of mining in Zuari Estuary, Goa. *International journal of Environmental studies*. 62:579-591
10. Zakaria, Z. A., Jaapar, J. and Ahmad, W. A., 2004. Bacteria as bioindicators or metal contamination. biomonitoring in tropical coastal ecosystems. phang and brown(eds):131-135