ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

شماره مجوز مجله:۸۰۴۰۰ زمان پذیرش نهایی:۹۹/۱۱/۲۵

نشانگرهای زیستی و کاربردهای آنها

رسول منصوری[۱]، رکسانا موگوئی[۲]، رخشاد حجازی[۳]

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی محیط زیست ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال(نویسنده اول)

Mansouri.doe@gmail.com

2 - دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

3- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

چکیده

نشانگرهای اکولوژیکی مانند انواع بنتوزها، جلبکها و گیاهان جهت ارزیابی وضعیت محیط زیستی میتوانند استفاده گردند، به طوری که یک نشانه اولیه نگران کننده از تغییرات و استرس ها را در محیط زیست نشان می دهند . در واقع نشانگرها یک ارزیابی غیر مستقیم از کارآیی آن سیستم و اثرات محیط زیستی پنهان را نشان داده و اگر به درستی انتخاب شوند ابزار مفیدی در اطلاع رسانی استفاده پایدار از آن سیستم اکولوژیکی برای مدیران میباشند. استفاده از نشانگرهای محیط زیستی به عنوان یک ابزار مدیریتی به دلایل زیر مورد تردید میباشد: در مبحث شاخص های زیستی، صرف حضور و فراوانی گونه ها در یک اکوسیستم دلیل بر سلامت اکوسیستم، عدم تخریب و یا بیخطر بودن فعالیتهای انسانی انجام گرفته در آن اکوسیستم نیست بلکه میزان تنوع ژنتیکی موجود در گونه یا جمعیتهای آن و وجود تبادل ژنتیکی بین جمعیتها و گروههای موجود در آن اکوسیستم ضامن تداوم حیات آنها خواهد بود. لذا اندازه گیری تنوع ژنی موجود، تعیین اندازه جمعیت موثر و میزان تبادل ژنی بین آنها، میتواند اطلاعات بیشتری در اختیار ما قراردهد و در برنامه ریزی و ارزیابی پروژه ها مورد استفاده قرار گیرد برنامه های پایش اغلب به تعداد کمی از نشانگرها بستگی دارند و جهت در نظر گرفتن کل سیستم اکولوژیکی ارزش ندارند. انتخاب نشانگرهای اکولوژیکی در مدیریت برنامه هایی که اهداف و برنامه های طولانی مدت وسیع دارند،گیج کننده است. بسیاری از دانشمندان، مدیران، و مردم، همواره علاقه مند به پایش سلامت جمعیت ها و اکوسیستم هاهستند. این رویکرد منجر به افزایش تحقیقات مربوط به کارایی انواع نشانگرها به منظور سنجش عوامل تنش زای ناشی از آلاینده ها شده است. پایش سلامتی اکوسیستم نیازمند استفاده از مجموعه ای از نشانگرها می باشد که علاوه بر زیست

شناختی بودن، باید روش مشخص داشته، جامع نگر بوده و بتواند به طور موثر در طول زمان برای ارزیابی روند و دادن هشدارهای زود هنگام، مورد استفاده قرار گیرد. در یک مدیریت موفق و مستمر اراضی، نشانه های زیستی، عناصر سازنده در ارزی ابی کیفیت خاک محسوب می شوند. کرم های خاکی اغلب به عنوان نشانگرهای زیستی کیفیت خاک پیشنهاد می شوند زیرا آنها بخش مهمی از اکوسیستم خاک بوده و حضور همیشگی در خاک دارند. کرمهای خاکی به دلیل نقش فوق العاده ای که در فرآیندهای زیستی، شیمیایی و فیزیکی خاک ایفا می کنند وهمچنین به خاطر توزیع گسترده در انواع خاک ها، برای بسیاری از آزمون های سمیت و ارزیابی های محیطی مورد استفاده قرار گرفته اند. تجمع زیستی فلزات توسط کرم های خاکی می تواند به عنوان یک شاخص محیط زیستی برای فراهمی فلزات باشد. در این مقاله، مباحث فوق و از جمله انواع نشانگرها و کاربرد آنها در مدیریت اراضی و ارزیابی های محیط زیستی و به ویژه استفاده از کرم های خاکی به عنوان یک نشانگر زیستی کارآمد در پایش کیفیت خاک، به تفصیل مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

واژه های کلیدی: پایش زیستی،کرمهای خاکی، نشانگرهای زیستی، فلزات سنگین، نشانه های اکولوژیکی

مقدمه:

به طور کلی در مطالعات محیط زیستی، ارزیابی و ردیابی تاثیرات فعالیتهای مختلف انسان بر شرایط فیزیکی، شیمیایی و زیستی محیط از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این ارتباط، بررسی تغییرات جمعیت جامعه زیستی (گیاهی و جانوری) میتواند اطلاعات زیادی از استرس های محیطی و ورود مواد آلاینده در اختیار برنامه ریزان، واحدهای صنعتی و سازمان حفاظت محیط زیست قرار دهد. ارزیابی سلامت اجزای اکوسیستم خاک شامل پایش های زیستی، فیزیکی و شیمیایی است که در آنها ازشاخص ها و نشانگرهای خاصی استفاده می شود. قابلیت کربن آلی و اسیدیته خاک ، (EC) هدایت الکتریکی بافت خاک و پایداری خاکدانه ها از شاخص های شیمیایی و فیزیکی هستند و فعالیت آنزیم های خاک، وزن توده زنده خاک و میزان تنفس خاک از جمله برخی از شاخص های زیستی خاک محسوب می شوند. از آنجایی که اساساً انسان بر اکوسیستم ها تأثیر می گذارد و خود نیز می تواند شدیداً از محیط های ناسالم خود تأثیر بپذیرد، این نقش دوگانه همیشه مد نظر بوده است. ارزیابی سلامت بوم شناختی (۱) برای گونه ها، جمعیت و اکوسیستم شامل سنجش وضعیت کنونی و پایش تغییرات در طول زمان است و این مورد، نوعی نگاه به گذشته یا آینده نگری خواهد بود . پایش زیستی یا بیومانیتورینگ (۲)، محور ارزیابی محیط زیستی است و کلیدی برای سنجش وضعیت یا خوب کار کردن گیرنده های محیط زیستی در اکوسیستم های عمل گرا محسوب می شود. داده ها و اطلاعات پایش را می توان از بسیاری منابع شامل سیستم های زنده و غیر زنده و در انواع مقیاس های مکانی و زمانی بدست آورد. در حالت ایده آل، این داده ها جهت پاسخگویی به نیازهای یک سوال خاص و یا وضعیت ویژه، مناسب بوده و بطور معمول در مورد وضعیت یا روند شرایط، ارائه ی اطلاعات میکنند. پایش قادر است هشدار دهنده زودهنگام در تغییراتی باشد که گونه های فردی (مثل انسان)، جمعیت ها و اکوسیستم ها را تهدید می کنند. از آنجایی که امکان پایش همه گونه ها در یک اکوسیستم وجود ندارد، لازم است مجموعه ای از نشانگرها که قادر به ارزیابی

و بررسی روند شرایط اکوسیستم هستند، تهیه و توسعه یابند. تمامیت اکولوژیکی (۳) (کل سیستم اکولوژیکی) اشاره به اکوسیستمی یکپارچه دارد که شامل حضور گونه های مناسب، جمعیت و اجتماعات و وجود فرآیندهای اکولوژیکی بین جوامع در نرخ ها و مقیاس های مناسب میباشد، به طوری که شرایط محیط زیستی این فرآیندها را حمایت کند. بنابراین، مفهوم اکولوژیکی تمامیت، انتخاب نشانگرهای نشان دهنده وضعیت کل سیستم را که برای مدیران منابع مفید هستند، بیان میکند. نشانگرهای اکولوژیکی اهداف متعددی دارند، میتوانند برای ارزیابی وضعیت محیط زیستی یا پایش وضعیت در تمامی زمانها استفاده شوند و یا یک نشانه نگران کننده سریع از تغییرات در محیط زیست را نشان داده و نیز میتوانند برای تشخیص علت مشکلات محیط زیستی استفاده شوند(جنابی حق پرست، ر. ، گلچین، ا. و کهنه، ا. ۱۳۹۲).

---

1. Ecologic
2. Biomonitoring
3. Ecological Integrity

۱.تعریف نشانگرهای زیستی

نشانگرهای زیستی (به همراه دیگر اصطلاحاتی که کمتر مورد استفاده قرار می گیرند مانند بیواندیکاتور و بیو کریتریا) نشان دهنده تأثیر پذیری یا تغییر حاصله در ارگانیسم ها هستند که در سطوح زیر ارگانیسمی ، جمعیتی یا اکوسیستمی مورد مطالعه قرار می گیرند . به عبارتی هر گونه تغییر یک بیواندیکاتور بیوشیمیایی، ژنتیکی یا ایمنی که بتواند در یک نمونه بیولوژیک سنجیده شود .(یحیی آبادی، م.۱۳۹۳)

استفاده از نشانگر های زیستی شامل اندازه گیری مایعات بدن، سلول ها یا بافت هایی است که شرایط سلولی و بیو شیمیایی را در حضور آلاینده ها نشان می دهند. (Livingstone, D,۱۹۹۳) به طور کلی می توان بیومارکرها یا نشانگرهای زیستی را گویای تغییرات فیزیولوژیک، بیوشیمی و بافت های شناختی حاصل از مواد شیمیایی و آلاینده های محیط زیست در موجودات دانست که در سطح مختلف نظیر سطح سلولی، ملکولی، جمعیتی و حتی اکوسیستمی رخ دهند و به عبارتی پارامتری است که می تواند برای شناسایی یک اثر در یک ارگانیسم فردی مورد استفاده قرار گیرد و در مقیاس بین گونه ها در ارزیابی ریسک و همچنین به عنوان ابزار حساس برای اندازه گیری اثر بیولوژیکی در ارزیابی محیط های آبی به کار برده شود . (Cajarville, M., P et al,۲۰۰۰)

- **هدف استفاده از نشانگرها:**

هدف از استفاده از یک نشانگرآن است که یک روش موثر و ساده برای آزمایش ترکیب، ساختار و عملکردهای سیستم های اکولوژیکی پیچیده فراهم شود. (Schiller, A., Hunsaker, C.,2001)

جدول ۱- نشانگرها و اجزاء نمونه برای تمامیت اکولوژیکی

سلسله مراتب	فرآیندها	نشانگرهای پیشنهادی
موجود زنده	مسمومیت‌های محیط‌زیستی منجر به موتاسیون	– آسیب‌های تغییر شکل پیشنهادی – یار انگلی
گونه	– گسترش یا کاهش دسترسی – انقراض	– اندازه دسترسی
جمعیت	– نوسان فراوانی – کلنی شدن یا انقراض	– تعداد افراد – سن یا اندازه ساختار – رفتار پراکنش
اکوسیستم	– رقابت – رابطه صیادی یا انگلی – جریان انرژی	– غنای گونه‌ای – فراوانی گونه‌ای – تعداد سطوح غذایی
چشم انداز	– آشفتگی – توالی	– جزیره‌ای شدن – پراکندگی فضایی جوامع

استفاده از نشانگرهای اکولوژیکی بر این فرض تأکید می‌کند که حضور یا عدم حضور و نوسان در این نشانگرها، تغییرات موجود در سطوح مختلف سلسله مراتب اکولوژیکی را از ژن تا گونه و نهایتاً تا تمامی گستره محیط زیستی مشخص میکند. (Dale.V.H and Beyeler.S.C.,2001)

۲. ویژگی های یک نشانگر مناسب

نشانگرهای زیست شناختی باید در جهتی گسترش یابند که کاربرد بلند مدت داشته باشند، در غیر این صورت برای یک دوره زمانی کوتاه، مفید نخواهد بود. این امر بویژه امروزه که تمایل به افزایش تلاش ها برای مدیریت و استفاده از اکوسیستم های پایدار، وجود دارد، از اهمیت خاصی برخوردار است. (Beratan, K. et al, 2004) بنابراین نشانگرها باید بصورت انتخابی باشند و حداکثر ارتباط زیست شناختی، روش شناختی و جامع نگری را دارا باشند. اولین و مهم ترین صفت یک نشانگر، نشان دادن تغییر در برابر عامل تنش زا می باشد اما نشانگر نباید آنقدر حساس باشد که وقتی دلیلی برای نگرانی نیست، تغییرکند. همچنین پاسخ نشانگر نباید آنچنان حساس باشد که تغییرات زیست شناختی بی اهمیت یا تصادفی را نشان دهد. نشانگری که زیست شناختی بوده اما روش کاربرد مشخصی ندارد، به سادگی قابل استفاده نیست .(Burger, J., and M.Gochfeld., 2004) یک نشانگر یا شاخص خوب، باید به آسانی برای محققین قابل اندازه گیری باشد، برای مدیران در مدیریت منابع، قابل استفاده باشد، برای هواداران حفظ محیط زیست در حفاظت از گونه ها کاربرد داشته باشد و به آسانی به ابزاری مناسب برای مجریان قوانین حفظ محیط زیست درآید. سهولت اندازه گیری یک نشانگر، یک ویژگی کلیدی است و برای داشتن اطمینان از اینکه استفاده از یک نشانگر آسان است، نیاز به آزمایشات گسترده مزرعه ای با طیف وسیع نمونه برد اری و مشاهده حالات مختلف توسط کاربران و کارشناسان متعدد می باشد نتایج تحقیقات بسیاری نشان می دهند که برخی از مدیریت های کشاورزی موجب ایجاد تنش در محیط خاک (مانند حذف بقایای گیاهی از خاک،

سوزاندن بقایای محصولات در سطح خاک، مصرف برخی کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات) می شوند. این عوامل تنش زا موجب کاهش جمعیت و تنوع گونه ای در کرم های خاکی شده و بسیاری از خصوصیات زیست شناختی، شیمیایی و فیزیکی خاک را تحت تأثیر قرار داده و در نهایت پایداری خاک را کاهش می دهند. (Lam, P., K., S.,2009)

اهداف اساسی ارزیابی کیفیت و سلامت خاک به شرح زیر است:

- افزایش آگاهی عمومی در مورد خاک به عنوان یک منبع با ارزش

- نمایش قابلیت های خاک: مانند ایجاد فضای زیستگاه ، منبع تنوع زیستی، تولید زیست توده، جذب آب، توزیع،ذخیره سازی و تجزیه مواد

- نظارت بر روند جهانی تغییر در اکوسیستم و به ویژه درخاک

- پایش پایداری (کشاورزی) کاربری اراضی

- بررسی نیاز به اصلاح خاک و موفقیت اجرای آن

نشانه های زیستی، عناصر سازنده در ارزیابی کیفیت خاک محسوب می شوند. کرم های خاکی اغلب به عنوان نشانگرهای زیستی کیفیت خاک پیشنهاد می شوند زیرا آنها بخش مهمی از اکوسیستم خاک بوده و حضور همیشگی در خاک دارند.

با استفاده از کرم ها ی خاکی می توان به روش های زیر، کیفیت خاک را بررسی کرد:

- تعیین فراوانی و ترکیب گونه ها در یک مکان مشخص

- بررسی رفتار کرم های خاکی در تماس با ماده غذایی در خاک (ترجیح / اجتناب / فعالیت)

- بررسی جذب، انتقال و تجمع مواد شیمیایی از خاک به داخل بافت کرم های خاکی

- بررسی وضعیت نشانگرهای بیوشیمیایی- سلولی استرس در کرم خاکی

۳.انواع نشانگرهای زیستی بر اساس کاربرد آنها

۳-۱ نشانگرهای زیستی تأثیر پذیری و نشانگرهای زیستی تغییر

تماس یک ماده شیمیایی آلاینده در سطح ارگانیسمی یا زیر ارگانیسمی می تواند به ایجاد یک پاسخ یا یک تغییر در اجزای بیولوژیک منجر شود . به این دو واقعه به ترتیب تأثیر پذیری و یا تغییر اطلاق می گردد. واضح است که هر تأثیر پذیری از یک ماده شیمیایی لزوماً به ایجاد یک تغییر در اجزای بیولوژیک منجر نخواهد شد .(Cajarville, M., P et al,2000)

هدف اولیه از تعریف نشانگرهای زیستی تأثیر پذیری ، تعیین دز داخلی یک زنوبیوتیک خاص است . اثرات اولیه مواد زنوبیوتیک در سطح مولکولی را نشانگرهای زیستی تغییر می نامند . در حقیقت این نوع نشانگرهای زیستی همان اثر حاصل از سم محیطی یا استرس محیطی را دارد .

در اینجا دز موثر بیولوژیک باید توسط محل مورد حمله مولکولی هر ماده زنوبیوتیک یا کمی نمودن پاسخ حاصله تعیین شود . مثال این نوع نشانگرهای زیستی، القای سیتوکروم P۴۵۰ منواکسیژناز بعدازتأثیر پذیری ازPAH های مسطح است . (۸)

۳-۲ نشانگرهای زیستی حساسیت

آندیکاتورهای پروسه های مکانیسمی که باعث تغییر در میان اجزای فعال واسطه میان تأثیر پذیری و اثر میشوند را نشانگرهای زیستی حساسیت می نامند. مثال این نوع نشانگرهای زیستی این است که سیتوکروم P۴۵۰ اگر چه احتمال وجود PAH های فعال از لحاظ بیولوژیک و در نتیجه PAH-DNA adduct را افزایش می دهد ، در عین حال مقاومت نسبت به بقیه مواد شیمیایی که توسط P۴۵۰ سم زدایی می شوند را نیز فزونی می دهد و در نتیجه ارگانیسم کمتر از آنها تأثیر می پذیرد . (Schlenk, D.,۱۹۹۹)

از سوی دیگر محققین ، نشانگرهای زیستی را در قالب یک دسته بندی دیگر که بر اساس پاسخ ارگانیسم ها می باشد ، تقسیم بندی می نمایند .

۴. انواع نشانگرهای زیستی بر اساس پاسخ ارگانیسم :

با توجه به تنوع فراوان پاسخ ها یا اندر کنش های ممکن در موجودات زنده به مواد ضد حیات، نشانگرهای زیستی مربوطه نیز دارای چند نوع خواهند بود که انواع این پاسخ ها و اندر کنش ها را می توان در گروه های زیر دسته بندی نمود :

۱) محصولات متابولیک به عنوان نشانگر زیستی
۲) تغییرات DNA
۳) نشانگرهای زیستی هیستوپاتولوژیک
۴) نشانگرهای زیستی ایمونولوژیک
۵) سنتز آنزیم ها و پروتئن ها به عنوان اندیکاتور تأثیر پذیری و تغییر حاصل از آلاینده ها (Melancon, M, J., Alscher,۱۹۹۲)

۵. تقسیم بندی کرم های خاکی از نظر رفتار و محل زندگی

کرم های خاکی از جهات مختلف طبقه بندی شده اند اما مفیدترین طبقه بندی براساس رفت ار و محل زندگی آنها در طبیعت می باشد .بطورکلی طبقه بندی بوم شناسی کرم های خاکی براساس عادات غذایی و همچنین عمقی از خاک را که کرم خاکی در آن زندگی می کند می باشد و براین اساس، کرم ها ی خاکی در سه دسته طبقه بندی می شوند
(Edwards, C.A., and P.J.Bohlen., 1996) دسته اول به اپی جئیک (۱) مشهورند و انواعی هستند که در سطح خاک و در میان بقایای آلی زندگی کرده و از بقایای حیوانی و گیاهی تازه فاسد شده تغذیه می کنند .دسته دوم اندوجئیک(۲) نام دارند و انواعی

هستند که در قسمت های عمقی خاک زندگی می کنند و از خاک تغذیه کرده و عناصر مواد غذ ایی را از مواد آلی تجزیه شده تأمین می کنند، دسته سوم کرم های آنسیک (۳) هستند و از انواع حفار محسوب می شوند اما در شب به منظور تغذیه از بقایای تازه فاسد شده به سطح خاک می آیند و در واقع از سطح تا عمق خاک رفت و آمدمی کنند در کشورمان، بخش زیادی از تحقیقات مربوط به کرم های خاکی، برتوانایی کرم ها در تولید ورمی کمپوست و اثرات این کود با ارزش بر محصولات زراعی مختلف، متمرکز شده است. برخی محققین نیز تحقیقات خود را بر شناسایی واکولوژی گونه های مختلف کرم در مناطق مختلف ایران متمرکز کرده اند(عمرانی و همکاران، ۲۰۰۵) ، (لطیف و همکاران۲۰۰۹) ، (میرمنصف و همکاران ۲۰۱۱) ، تحقیقات بسیار محدودی نیز در خصوص اثرات آلودگی عناصر سنگین بر کرم های خاکی به انجام رسیده است. لکزیان و همکاران (۱۳۸۲)، در بررسی انباشتگی فلزات سنگین در کرم خاکی آیزنیا فتیدا نشان دادند که همبستگی معنی داری بین غلظت عناصر کادمیم، سرب و مس در بستر و بافت های کرم خاکی مشاهده نشد؛ با این حال تابعیت غلظت مس و سرب در بافت های کرم خاکی آیزونیا فتیدا وجود دارد. Brooks, R.B., (et all, 1998) اثر غلظت های مختلف کادمیوم را بر رشد کرم خاکی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که خاک های تیمار شده با کادمیوم، با افزایش غلظت عنصر در خاک، وزن کرم ها کاهش یافت و کادمیوم بیشترین تاثیر را بر تعداد تخم تولید شده، داشته است.

۶. نگرانی ها و چالش ها

اگرچه تعداد کمی از دانشمندان، فوایدی را که نشانگرها برای تحقیق و تلاشهای مدیریتی فراهم میکنند، انکار میکنند اما مفید بودن آنها در منابع مختلف به اثبات رسیده است و فقط سه نگرانی استفاده از نشانگرهای اکولوژیکی را به عنوان ابزار مدیریت منابع مختل میکند.

6-۱ برنامه های پایش اغلب به تعداد کمی از نشانگرها بستگی دارد و در نتیجه برای کل پیچیدگی سیستم نمیتواند در نظر گرفته شود. به وسیله انتخاب یک نشانگر یا تعداد کمی از نشانگرها، تمرکز بر برنامه مدیریت و پایش اکولوژیکی آسان شده و سبب میشود علیرغم پیچیده بودن سیستم به یک درک ساده از آن رسیده و در نتیجه خیلی از تقابل های موقتی و زمانی موجود نادیده گرفته شود.(Gurney, W., et all, 1995)

۶-۲ نشانگرها باید از سطوح چندگانه سلسله مراتب اکولوژیکی انتخاب شوند، به طوریکه به طور موثر سطوح چندگانه پیچیدگی را در یک سیستم اکولوژیکی پایش نمایند. بنابراین یک چالش کلیدی آن است که ترکیبی از اندازه گیری هایی را پیدا کنیم که بتواند علامت های قابل تفسیر برای نشان دادن اثر وضعیت های اکولوژیکی با هزینه معقول را بدهد و طیف تغییرات اکولوژیکی را پوشش دهد.(Dale.V.H and Beyeler.S.C., 2001)

1.Epigeic
2.Endogeic
3.Anecic

۷. پایش زیستی

روش پایش زیستی می تواند روش مناسبی برای ارزیابی سمیت آلودگی ها باشد. موجوداتی مانند ماهی،حلزون و گیاهان، به عنوان دیده بان زیستی محیطشان بکار گرفته شده اند. اگرچه این روند، مفید واقع می شود اما تا حدی محدود است زیرا ممکن است فقط برای بخش مشخصی از یک موجود زنده با مواد خاص کاربرد داشته باشد. به همین دلیل یافتن موجود زنده ای که برای هر نوع ارزیابی بتوان از آن به عنوان ناظر زیستی استفاده کرد، اهمیت دارد. کرم های خاکی نقش برجسته ای در تشکیل خاک دارند و این کار را با مصرف بقایای آلی، خردکردن آنها و مخلوط کردن آنها با ذرات معدنی خاک برای تشکیل خاکدانه های پایدار انجام می دهند . توانایی کرم ها در تجمع زیستی برای پایش و نظارت زیستی محیط، ضروری است؛ از این رو یک کرم خاکی ، بهترین موجود خاک برای رسیدن به این هدف است تحقیقات اخیر نشان داده اند که کرم های خاکی نشانگرهای خوبی برای آلاینده های خاک محسوب می شوند زیرا نقش مهمی در وزن زنده ماکروفون خاک ایفا می کنند . پایش زیستی خاک را می توان هم در مزرعه و هم در آزمایشگاه به انجام رساند. (Zhang, Z.S. and D.M.Zheng. 2009)

۸. اثر فلزات سنگین برکرم های خاکی

برای استفاده از کرم ها در پایش محیط، اثرات آلاینده های شیمیایی مختلف در کرمهای خاکی مطالعه شده است. محققین زیادی به اثرات آلودگی ها بر رشد، تکثیر و فیزیولوژی کرم ها پرداخته اند و هر یک با توجه به نوع گونه ی کرم و نوع آلودگی، نتایج مختلفی به دست آورده اند. سانگ و همکاران (۲۰۰۲)، در بررسی اثرات سمی فلزات سنگین بر کرم های خاکی دریافتند که غلظت کشنده عناصر مس، روی، سرب و کادمیوم بر کرم های خاکی به ترتیب برابر ۳۰۰ ، ۱۳۰۰، ۱۷۰۰ و ۳۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم بوده است. تجمع هر دو اورانیوم طبیعی و رقیق شده در کرم های خاکی به منظور بررسی اثرات زیست شناختی، تجزیه و تحلیل شد. (Giovanetti, A., et all, 2009) این مطالعه نشان داد که هیچ اثری از نظر مرگ و میرو یا کاهش وزن در کرم ها مشاهده نشد، اما اثرات ژنتیکی و سیتوتوکسیک در غلظت بسیار کم اورانیوم طبیعی مشاهده شدند. در میان فلزات، متیل جیوه ممکن است به آسانی توسط کرم ها ی خاکی جذب و انباشته شود و این نشان می دهد که کرم های خاکی یک نشانگر مناسب برای پایش متیل جیوه است (Zhang, Z.S. and D.M.Zheng. 2009). همچنین لی و همکاران (۲۰۰۹)، خاطر نشان کردند که تجمع زیستی فلز ات توسط کرم ها ی خاکی می تواند به عنوان یک شاخص محیط زیستی برای فراهمی فلزات باشد. ناتال و همکاران (۲۰۱۱)، تأثیر لجن آلوده به کروم، روی، مس و نیکل را بر کرم خاکی Eisenia Andrei بررسی کردند و دریافتندکه زیست فراهمی فلزات در کرم های خاکی، در محیط لجن فاضلاب با درصد ماده آلی فراوان، کاهش می یابد . اثر همزمان مخلوط کادمیوم و عنصر روی بر مرگ و میر،Aporrectoda calginos بررسی شد. آنها نتیجه گرفتند که اثر مخلوط عناصر روی و کادمیوم بر مرگ و میر این موجود ساکن در خاک، عمدتاً به صورت آنتاگونیست است . اثرات ترکیب فلز با سایر عوامل شیمیایی مانند آفت کش ها نیز بر کرم های خاکی مورد بررسی قرار گرفته اند . لیستر و همکاران (۲۰۱۱)، تأثیر نیکل و کلرپیریفوس (حشره کش ارگانوفسفات) را بر کرم های خاکی مورد بررسی قرار دادند و مشاهده کردند که مواد فوق به سرعت در بدن کرم تجمع کردند. تحقیقات دیگری (یحیی آبادی، ۱۳۹۳) نشان داد که مصرف سموم علف کُش پاراکوات و کنه کُش نئورون در باغ ها، تاثیر منفی بر تنوع زیستی کرم ها ی خاکی داشته و بشدت از فراوانی و تنوع آنها می کاهد . بررسی و تجزیه تحلیل ویژگی های تولید مثل و تکثیر یک گونه ی کرم

خاکی، روش مناسبی برای ارزیابی سنجش آلاینده های مختلف در محیط است. در یک آزمایش، اثر فلزات روی و کادمیوم بر خصوصیات زیستی تولید مثل وتکثیرکرم Enchytraeus albidus مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که هر دو عنصر بر تکثیر آنکی ترئیدها تأثیر گذاشته است (Novais, S.C. S.I. Gomes, and C. Gravato., 2011) نهمانی و همکاران پیشنهاد کردند که پارامترهای مانند تولید تخم Eisenia fetida چرخه ی زندگی کرم (کوکون) و سرعت تفریغ در مواجهه با آلودگی فلز ی نسبت به سایر پارامترهایی مثل تغییرات وزن یا زنده مانی حساس ترند. (Nahmani, J., M.E. Hodson, and S., 2007)

۹. مناسب بودن کرم های خاکی به عنوان نشانگرهای جذب(فلزات و مواد شیمیایی)

کرمهای خاکی به دلایل زیادی به عنوان نشانگرهای جذب برای اثبات دسترسی زیستی مواد شیمیایی در خاک، به کار گرفته میشوند:

- این موجودات در خاک زندگی می کنند و می توانند راهنمای خوبی برای دستیابی زیستی مواد شیمیایی و فلزات در خاک محسوب شوند.

- کرم هایی که در مناطق آلوده ساکن هستند به راحتی، جذب و دستیابی زیستی فلزات کمیاب را به اثبات می رسانند.

- کرم های خاکی در بسیاری از افق های یک خاک و در گستره ی زیادی از انواع خاک ها یافت می شوند.

- سطح اپیدرم خارجی و لوله ای شکل بدن کرم ها ی خاکی فاقد کوتیکول یا لایه سخت می باشد و این باعث جذب مستقیم آلاینده ها از خاک می شود.

- کرم های خاکی اقدام به بلعیدن خاک یا اجزای خاصی از خاک می کنند؛ این کار وسیله ای برای جذب آلاینده ها از طریق رژیم غذایی را فراهم می کند.

- امروزه شناخت و درک زیادی از فیزیولوژی کرم ها ی خاکی و متابولیسم فلزات در آنها داریم.
(Lanno R., J. Wells, J. Conder, and N. Basta., 2004).

۱۰. معیارهایی که نشانگرهای اکولوژیکی باید داشته باشند:

به سادگی قابل اندازه گیری باشند.
نسبت به استرس در سیستم حساس باشند.
نسبت به استرس در یک حالت قابل پیش بینی پاسخ دهند.
پیش بینی کننده باشند: مشخص کننده یک تغییر قریب الوقوع در سیستم اکولوژیکی باشند.
پیش بینی کننده تغییراتی باشند که بتوانند به وسیله اعمال مدیریتی برگردانده شوند.
جامع و فراگیر باشند: تمامی نشانگرها با یکدیگر،یک اندازه گیری فراگیر برای کل عوامل در سیستم اکولوژیکی را فراهم کنند(خاک ،پوشش گیاهی،دما،....)
یک واکنش مشخص نسبت به اختلال طبیعی ، استرس های انسانی و تغییرات در تمام زمان ها داشته باشند.
در واکنش های یکسان ،تغییر پذیری کم داشته باشند.

جدول۲- معیارهایی که نشانگرهای اکولوژیکی باید داشته باشند

به آسانی اندازه گیری شوند: نشانگر باید درست انتخاب شود و برای اندازه گیری، معقول و ارزان باشد. در سیستم متریک به آسانی درک شود، برای ارایه ساده باشد و اطلاعاتی را برای مدیران مهیا سازد که علمی، قابل استناد و مقرون به صرفه باشد. از سالها قبل، قناری در معادن به دلیل حضور گاز متان و گازهای دیگر که منجر به انفجار میشدند، استفاده میگردید. مرگ یک قناری به آسانی مشاهده میشد، گرچه این مساله در مورد خود پرنده، تأسف آور است اما نشانه حضور گازهای خطرناک است. زمانی که یک پرنده در اثر وجود گاز سمی از پای در می آمد این یک نشانه برای معدن کارانی بود که در معرض خطر بودند.

نسبت به استرسها در سیستم حساس باشند: نشانگرهای اکولوژیکی ایده آل نه تنها به استرسهای ایجاد شده به وسیله انسان واکنش نشان میدهنددر حالی که نسبت به تغییرات طبیعی نیز بایستی حساس باشند. برخی نشانگرها ممکن است به تمام تغییرات در سیستم پاسخ دهند اما نشانگرهای مفید آنهایی هستند که نسبت به یک استرس مشخص، حساسیت بالا نشان دهند. برای مثال لاک پشت نقب زن (Gopherus Polyphemus)به مقدار زیادی نسبت به اختلال خاک و فقدان مکانهای مناسب در خصوص اختلال در زیستگاه فیزیکی حساس است که این امر، عدم حضور لاک پشت را در نواحی هایی از تپه های شنی تفسیر میکند.

در یک وضعیت قابل پیشبینی و مشخص به استرس پاسخ دهند:

واکنش نشانگرها به استرس نباید مبهم باشد و حتی اگر پاسخ نشانگر در اثر استرس، تدریجی است باید قابل پیشبینی باشد(مانندافزایش سیانوباکترها در دریاچه های آلوده). به طور ایده آل در سطحی از سیستم که در حالت ابتدایی و آستانهای میباشد نیز اندیکاتورها بتوانند عکسالعمل نشان دهند. نمونهای از نشانگر اکولوژیکی، حضور سیانوباکتردر دریاچه هایی است Oscillatoria rubescens که نزدیک به حالت یوتریفیکاسیون نهایی هستند. نقش این سیانوباکتر به عنوان نشانگر اولین بار در دریاچه واشینگتن مشخص شد.

قابل پیش بینی باشند:

تغییر در نشانگر باید قبل ازتغییر جانبی در سیستم اکولوژیکی قابل اندازهگیری باشد. مثلا برای قناریها در مثال معدن زغال سنگ، پرنده در سطوحی از گازهای سمی که برای ایجاد انفجار یا برای ایجاد سمیت در انسان کافی نیست، از بین رفت و این نشان دهنده نامناسب بودن این نشانگراست.

پیشبینی تغییراتی که میتواند به وسیله اعمال مدیریتی برگردانده شود:

ارزش نشانگر به ارتباط آن با تغییرات احتمالی در اعمال مدیریتی بستگی دارد.جامع باشند : تمامی نشانگرها با هم، یک معیارفراگیر از تغییرات کلیدی را در سیستم اکولوژیکی فراهم میکنند. هیچ نشانگری به صورت انفرادی برای تمامی مقیاسهای فضایی نگرانیها نمیتواند به کار برده شود. برای مثال Brook و همکاران تعدادی از نشانگرها را با یکدیگر برای اکوسیستم های جنگلی کنار رودخانه به کاربردند که توانست یک ارزیابی از تمام سیستم اعم از تنوع خاک، توپوگرافی، رژیم های پراکندگی و دیگر تغییرات محیطزیستی را فراهم کند.

داشتن یک پاسخ مشخص نسبت به آشفتگیهای طبیعی، استرسهای انسانی و تغییرات در هر زمان:

نشانگر باید یک پاسخ قابل استناد هم نسبت بهآشفتگیهای طبیعی و هم به استرسهای انسانی در سیستم داشته باشد. گونه های کانونی (مرکزی) اغلب تنها گونه هایی هستند که یک مقدار کافی از اطلاعاتی را دارند که اثرات طولانی مدت و واکنشهای تغییر را نشان میدهند(جدول ۳) مشخصات این گونه های کانونی را نشان می دهد .

جدول ۳ - طبقه بندی گونه های کانونی

گونه های شاخص[1] گونه هایی هستند که وضعیت آن‌ها نشانگر وضعیت یک گروه عملکردی بزرگتر از گونه‌هاست، وضعیت زیستگاه‌های کلیدی را منعکس می‌کند و یا به عنوان یک نگرانی اولیه عوامل وارد کننده استرس عمل می‌کند. مانند جمعیت آهوی دم سفید (*Odocoileus virginianus*) که تعداد جمعیت آنها نشان دهنده مناسب بودن وضعیت حاشیه علفزارهای جنگلی است(۱۲).
گونه‌های سنگ سرطاق[2] که اثرات بزرگتری بر یک یا تعداد بیشتری از فرآیندهای اکولوژیکی دارند. مانند نوعی دارکوب (*Picoides borealis*) که حفره‌هایی در درختان زنده ایجاد می‌کند که پناهگاه ۲۳ گونه دیگر را فراهم می کند(۱۳).
گونه های چتر[3] که هم احتیاجات نواحی بزرگ را دارند و هم از چند زیستگاه استفاده می‌کنند که شامل احتیاجات زیستگاه گونه‌های دیگر است(مانند جغد خالدار شمالی که جنگل قدیمی را در شمال غربی اقیانوس آرام اشغال می‌کند).
گونه‌های رابط[4] که نقش‌هایی حساس در انتقال مواد و انرژی در سطوح غذایی دارند و یک رابط برای انتقال انرژی با شبکه های غذایی پیچیده است.
گونه‌های مورد توجه[5] که شامل گونه‌های تهدید شده و در معرض خطر انقراض،گونه‌های شکاری و آسیب پذیر هستند.
مهندسان اکولوژیکی که زیستگاه را بر اساس نیازهای خود تغییر می دهند تا جایی که فرصت ها و سرنوشت سایر گونه ها را تحت تاثیر قرار دهند(۱۴).

1. Indicator Species

2. Keystone Species
3. Umbrella Species
4. Link Species
5. Special Interest Species

داشتن تغییر پذیری کم در واکنش:

نشانگرهایی که یک گستره کوچک در واکنش نسبت به استرسهای مشخص دارند در مطالعات پایش کاربرد بالاتر و مشخص تری دارند. موجودات مورد استفاده در پایش زیستی بنابر مطالعات مختلف شامل تنوع و فراوانی انواع بی مهرگان، جلبکها،گلسنگها، باکتریها و مهره داران است که البته هریک از اینها معایب و مزایای خاص خود را دارند که در این مقاله هدف مطرح کردن این موارد نیست بلکه هدف این است که این نشانگرهای محیط زیستی را بدرستی انتخاب کنیم تا از آسیبهای جدی محیط زیستی جلوگیری کنیم. به عنوان مثال در اکوسیستمهای آبی، بی مهرهگان کفزی(بنتوزها) به عنوان یک نشانگر مناسب کیفیت آب به شمار میروند. مشخصات موجودات کفزی که مخصوصاً آنها را برای مطالعات کیفیت آب مناسب می سازد شامل موارد زیر است:

۱. چرخه های زندگی طولانی،که ممکن است منعکس کننده شرایط برای یک دوره زمانی باشد.

۲ . حرکت و جنبش کم. پس نشانگرهای محیطزیستی یک محل هستند.

۳ . گستره های متفاوت تحمل نسبت به شرایط محیط زیستی متفاوت.

۴ . اشغال موقعیت مرکزی در زنجیرههای غذایی بطوری که یک منبع انرژی برای جانوران بزرگتر خود هستند و در اکثر اکوسیستم های آبی یافت میشوند.

۵. سهولت شناسایی و جمع آوری.

اما معایبی را نیز دارا هستند:

۱. به تمامی اثرات پاسخ نمیدهند.

۲ . تغییرات فصلی آنها مقایسه را مشکل میسازد. (Zhang, Z.S. and D.M.Zheng., 2009)

نتیجه گیری و پیشنهادات

پس همان طور که عنوان شد نشانگرهای اکولوژیکی مانند بنتوزها، مهره داران، جلبکها و ... برای پایش، ارزیابی و مدیریت منابع طبیعی استفاده میشوند و یک اخطار اولیه از مشکلات بعدی را نشان میدهند. اما شاید این نشانگرهای مورد استفاده هنوز به درستی انتخاب و تجزیه و تحلیل نشده تا بتوان از آنها در مدیریت و توسعه پایدار استفاده کرد. بنابراین یک چالش کلیدی این است که

ترکیبی از اندازه گیری هایی پیدا کنیم که بتواند علامت های قابل تفسیر، برای نشان دادن اثر وضعیت های اکولوژیکی با هزینه معقول و دقت بالا بدهد و طیف تغییرات اکولوژیکی را پوشش دهد. ایجاد و استفاده از روشهای استاندارد برای انتخاب نشانگرهای اکولوژیکی، باعث ایجاد یک روش مشخص و استاندارد شده و یک راهنما در انتخاب نشانگرها و در راستای اهداف مدیریت منابع ایجاد میکند.در مطالعات اکولوژیکی لازم است که یک مجموعه از نشانگرهای معرف ساختار، عملکرد و ترکیب سیستم اکولوژیکی استفاده شوند و نشانگرهای اکولوژیکی باید معیارهای زیر را معرفی کنند:

۱. به آسانی قابل اندازه گیری باشند.

۲. نسبت به استرسها در اکوسیستم حساس باشند.

۳. به استرس در یک حالت قابل استناد واکنش نشان دهند.

۴. قابل پیشبینی باشند.

۵. تغییراتی را که به وسیله اعمال مدیریتی میتوانند دفع شوند پیشبینی کنند.

۶. یکپارچه باشند.

۷. واکنش مشخص نسبت به آشفتگی های طبیعی و استرسهای ناشی از آلودگی ایجاد شده به وسیله انسان داشته باشند ولی به طور کلی در واکنش با استرسها تغییر پذیری کمی داشته باشند.

با این که در زمینه انتخاب نشانگرهای محیط زیستی تلاش های فراوانی صورت گرفته تا گونه هایی انتخاب شوند که دقیقا منعکس کننده سیستم بوده، سریعاً متناسب استرسها و موقعیتها تغییر یابند، ساده و آشکار بوده و درک آن هاپیچیده نباشد اما در این زمینه باز هم تجربیات ما محدود است. باز هم نیازمند این هستیم که شاخصهای بهتری را انتخاب کنیم و نشانگرهای محیط زیستی را به منظور اجتناب از آسیبهای محیط زیستی اصلاح کنیم و حتی شاید بهتر است از مدل های کامپیوتری در سیستم جی آی اس(GIS) نیز به منظور تجزیه و تحلیل بهتر کمک گرفت. این سیستم از برداشت لایه های مختلف اطلاعاتی استفاده مینماید، اطلاعات کامپیوتری لایه ها ترکیب و آنالیز میگردد و بهترین نتیجه ممکن را به ما می دهد که سبب هزینه پایین و دقت بالا و صرف وقت کمتر میگردد اما نیازمند به تربیت نیروی کارآزموده در این زمینه هستیم .

کاربرد نشانگرهای زیستی به طور فراینده ای به ابزاری مناسب برای ارزیابی زیست محیطی مدرن در اکوسیستم های آبی و خشکی تبدیل شده است . زیرا از دید تئوری ، به پیش بینی اثرات مواد شیمیایی ویژه ای که در برنامه کنترل مورد بحث قرار میگیرند ، کمک می کند . این نکته قابل ذکر است که نشانگرهای زیستی می تواند علاوه بر فواید بسیار ، در برنامه های کنترل معمول و در مقیاس وسیع در شناسایی و از بین بردن مواد شیمیایی و آلاینده های محیط زیست در موجودات، سهم به سزایی داشته باشند .

از این رو می بایست در زمینه شناسایی و نحوه استفاده بهتر از نشانگرهای زیستی تحقیقات بیشتری صورت گیرد . همچنین زمانی که ارگانیسم ها به عنوان کنترل کننده بکار گرفته می شوند ، به ویژه هنگامی که این کاربرد برای اهداف کنترلی طولانی مدت و روزمره و همچنین در مناطقی که تمرکز آلاینده ها کمتر از حدکشنده باشد، در نظرگرفته شود ، تنوع طبیعی بیولوژیک مانند اندازه

، خصوصیات بافت و تنوع طبیعی پاسخ های بیوشیمیایی، مانند در دسترس بودن غذا و تغییرات زیست محیطی به عنوان فاکتور های کلیدی باید در نظرگرفته شود .

از سوی دیگر در محیط های آبی ، اندازه گیری های شیمیایی آب ممکن است به طور دقیق نتواند کیفیت آب را ارائه دهد . استفاده از موجودات اکوسیستم می تواند برای ارائه مطمئن تر وضعیت آب بکار گرفته شود . بر این اساس کاربرد شاخص های بیولوژیک به منظور مدیریت محیط زیست پیشنهاد می شود . شاخص های بیولوژیک ابزار مفیدی جهت تعیین مناطق آلوده هستند و در این بین می توان از نشانگر های زیستی مختلف هم به صورت انفرادی و هم به صورت گروهی جهت پایش محیط و تعیین میزان آلاینده ها استفاده کرد .

منابع:

- جنابی حق پرست، ر.، گلچین، ا .و کهنه، ا . ۱۳۹۲ . مطالعه اثر غلظت های مختلف کادمیوم بر رشد کرم خاکی گونه آیزونیا فوتیدا در یک خاک آهکی . نشریه آب و خاک (علو م وصنایع کشاورزی)، جلد ۲۷ شماره ۱، ۳۵- ۲۴

۲- یحیی آبادی، م.۱۳۹۳. ارزیابی تنوع زیستی کرم های خاکی در خاکهای آلوده به برخی سموم شیمیایی. کنگره ملی خاک و محیط زیست، دانشگاه ارومیه

3. Livingstone, D, R., Biotechnology and pollution monitoring: use of molucular biomarker in the aquatic environment, J. Chem. Technol. Biotechnol 57, 1993.

4. Cajarville, M., P et al, The use of biomarkers to assess the impact of pollution in coastal environment of the Iberian Peninsula:A practical approach-science and the total environment, 427(2-3), 295-311, 2000.

5. Beratan, K. et al, 2004. Sustainability indicators as a communicative tool: Building bridges in Pennsylvania. Environmental Monitoring and Assessment. 94: 179-191.

6. Burger, J., and M.Gochfeld. 2004. Bioindicators for assessing human and ecological health. Environmental Monitoring. CRC Press. P 541-566.

7. Lam, P., K., S., Use of biomarkers in environmental monitoring, Ocean & Coastal Management, 1-7, 2009.

8. Schlenk, D., Necessity of Defining Biomarkers for Use in Ecological Risk Assessments, Marine Pollution Bulletin, 39(112), 48-53, 1999.

9. Melancon, M, J., Alscher, R., Benson, W., Kruzynski, G., Lee, R, F., Sikka, H., C., Spies, R, B, Metabolic products as biomarkers in Biomarkers: Biochemical, physiological and Histological Markers of Anthropogenic Stress, Huggett, R, J.,(ed), Lewis Publishers CRC, Press. Boca Raton, 87-123, 1992.

10. Schiller, A., Hunsaker, C.T., Kane, M.A., Wolfe, A.K., Dale, V.H., Suter, G.W., Russell, C.S., Pion, G., Hadley, M., Konar, V.C., ۲۰۰۱.

11. Dale.V.H and Beyeler.S.C.۲۰۰۱. Ecological Indicators Challenges in the development and Use of ecological indicators.

12. Edwards, C.A., and P.J.Bohlen. 1996. Biology and Ecology of Earthworms. Chapman & Hall, London, 426 pp.

13. Brooks, R.B., O'Connell, T.J., Wardrop, D.H., Jackson, L.E., ۱۹۹۸.Towards a regional index of biological integrity: the example of the forested riparian ecosystem. Environ. Monit. Assess. ۵۱،۱۳۱–۱۴۳.

14. Gurney, W., Ross, A., Broekhuizen, N., ۱۹۹۵. Coupling dynamics Of systems and materials. In: Jones, C., Lawton, J. (Eds.), Linking Species and Ecosystems. Chapman & Hall, London,pp. ۱۷۶–۱۹۳.

15. Dale.V.H and Beyeler.S.C.۲۰۰۱. Ecological Indicators Challenges in the development and Use of ecological indicators.

16. Zhang, Z.S. and D.M.Zheng. 2009. Bioaccumulation of total and methyl mercury in three earthwormspecies (Drawida sp., Allolobophora sp., and Limnodrilus sp.). Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 83: 937-942.

17. Giovanetti, A., S.Fesenko., M.L. Cozzella., L.D. Asencio.,and U.Sansone.2010. Accumulation andbiological effects in the earthworm Eisenia fetida exposed to natural and depleted uranium. Journal of Environmental Radioactivity. 101, 509516.

18. Novais, S.C. S.I. Gomes, and C. Gravato. 2011. Reproduction and biochemical responses in Enchytraeus albidus (Oligochaeta) to zinc or cadmium exposures. Environmental Pollution. 159: 1836-1843.

19. Nahmani, J., M.E. Hodson, and S. 2007. Black, Effects of metals on life cycle parameters of the earthworm Eisenia fetida exposed to field-contaminated, metalpolluted soils. Environmental Pollution. 49, 44-58.

20. Lanno R., J. Wells, J. Conder, and N. Basta. 2004. The bioavailability of chemicals in soil for earthworms. Ecotoxicol Environmental Safety. 57:39–47.