### ارزیابی استفاده از مورچه (*Rhinotermitide*) به عنوان زیست نشانگرهای محیطی فلزات سنگین ( مس، سرب، کادمیوم، کرومیوم) در منطقه میمند

**چکیده**

آلودگی خاک به فلزهای سنگین یک مشکل اساسی و در حال گسترش در کشور ما به شمار می آید. بنابراین آگاهی از الگوی توزیع مکانی خاکهای حاوی فلزهای سنگین، می‌تواند نقش مهمی در ارزیابی پتانسیل آلودگی در یک منطقه داشته باشد. در اين مطالعه از مورچه به عنوان نشانگر زيستي فلزات سنگين به عنوان شاخص بیولوژیک برخی از فلزهای سنگین شامل (مس، سرب، کادمیوم، کرومیوم) در خاک های اطراف منطقه میمند استفاده شده است. به اين منظور 20 کلنی را از منطقه کارخانه بابک مس جمع آوری و ۳۶ نمونه خاک صنعتی که پیش از نمونه برداری موقعیت آنها با دستگاه موقعیت یاب (GPS) تعریف شده بود از عمق ۵ تا ۲۰ سانتی متری ( بعد از خارج کردن آلودگی های سطحی) برداشت و جهت آماده سازی اولیه و خشک شدن در تاریخ ....... به آزمایشگاه ارسال گردید در آزمايشگاه پس از مراحل آماده سازی و هضم برای اندازه گیری غلظت فلزات سنگین از دستگاه جذب اتمیContr700 ساخت شرکت آنالیتیک جنا استفاده شد. ميانگين مس، سرب، کادمیوم، کرومیوم در بدن مورچه به ترتیب 99/140، 22/95، 29/7 و 20/23 میکرو گرم و ميانگين مس، سرب، کادمیوم، کرومیوم در خاک به ترتیب 77/217، 70/102، 85/7 و 95/126 میکروگرم بود. در بین فلزات مطالعه شده همبستگی قوی و مثبتی بین غلظت های کادیوم در بدن مورچه و خاک وجود دارد (P<0.05) بین سایر فلزات همبستگی معناداری وجود ندارد .(P>0.05)

**واژگان کلیدی**: 1-بیواندیکاتور 2- بیواندیکاتور 3- فلزات سنگین ( مس، سرب، کادمیوم، کرومیوم) 4- محیط زیست 5- میمند

**1.مقدمه**

آلودگی اکوسیستم های مختلف به فلزات ‌سنگین یکی از مهم‌ترین مسایل محیط‌‏زیست است که زندگی گیاهان، جانواران و مخصوصاً انسان را تهدید می‌کند (Murugesan, 2019) و با ورود به زنجیره غذایی و تجمع بیولوژیکی در موجودات زنده باعث بروز اختلالات، بیماری ها و اثرات نامطلوب بسیاری در این موجودات می شوند (López, 2019). حضور اين عوامل در محيط زيست در دراز مدت منجر به كاهش توان توليد مثلي، مشكلات تنفسي و عصبي و غيره شده و در ضمن با توجه به تجمع آن در بدن (تجمع زيستي) و انتقال آنها به مصرف كنندگان بعدي از جمله انسان مي‌تواند عوارض غير قابل جبراني را ايجاد نمايد (Hoang, 2018).

این فلزات کمیاب به دلیل پایداری، تجزیه ناپذیری و مشکلات دسترس پذیری زیستی، جزء آلاینده های مهم و خطرناک خاک به شمار می روند (Šiukšta, 2019) این عناصر به دلیل تحرک کم به مرور در خاک انباشته می شوند (Agarwal, 2009) و در غلظت های بالاتر از حد استانداردهای زیست محیطی به عنوان آلاینده شناخته می شوند (Huang, 2018). امروزه در دنیا جهت اصلاح محیط‌های آلوده به فلزات ‌سنگین از روش های زیستی استفاده می کنند در حالی که هنوز در بعضی از کشور ها روش‌های شیمیایی و فیزیکی بکار گرفته می‏شود (علی پور اسد آبادی, 1395).. روش‌های اصلاح فیزیکی و شیمیایی محیط‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند، تنوع‌زیستی و کیفیت محیط را از بین می‏برند و این روش‌ها عمدتاً پرهزینه، وقت‏گیر، مسبب آلودگی محیط‏زیست، نیاز به امکانات و تجهیزات گران، نیازمند متخصص جهت سنجش و ... هستند (Yi, 2017). از این رو، طی سال‌های اخیر پژوهشگران درصدد طراحی و توسعه روش‌های زیستی برآمدند که بتوانند محیط‌های آلوده به فلزات سنگین را با دقت بیشتر، کم هزینه‏تر، سازگارتر با محیط و با حداقل امکانات پاکسازی، تعدیل و پایش نمایند (Jacob, 2018).

نشانگرهای زیستی نشان دهنده تأثیر پذیری یا تغییر حاصله در ارگانیسم ها هستند که در سطوح زیر ارگانیسمی، جمعیتی یا اکوسیستمی مورد مطالعه قرار می گیرند (Ojuederie, 2017) به عبارتی هر گونه تغییر یک بیواندیکاتور بیوشیمیایی، ژنتیکی با ایمنی که بتواند در یک نمونه بیولوژیک سنجیده شود (Eens, 1999).

طبق تعریف، تغییر شیمیایی حاصله در سیستم های بیوشیمیایی نشان دهنده یک اثر و تغییر از ماده شیمیایی است. تغییرات در سیستم های بیوشیمیایی عموماً اندیکاتورهای حساس تری نسبت به سطوح بالاتر سازماندهی بیولوژیک هستند. در حقیقت تغییر در سطح مولکولی است که منتج به یک اثر یا تغییر در سطوح بالاتر سازماندهی بیولوژیک می گردد. دیگر اینکه تغییرات بیوشیمیایی می توانند نشان دهنده که اثرات اضافی بعدی (در سطح اندام یا فرد) بوقوع خواهد پیوست یا خیر (Andersen, 1997).

 استفاده از بیواندیکاتورها بهتر از روش هاي سنتی است. دانشمندان بطور سنتی آزمایشات شیمیایی انجام داده اند و بطور مستقیم پارامترهاي فیزیکی محیط زیست (مثل دما، شوري، نوترینت ها، آلودگی ها، نور قابل دسترس و سطوح گاز) را اندازه گیري کرده اند. این در حالی است که در استفاده از بیواندیکاتورها، موجودات زنده براي ارزیابی مجموع اثرات آلودگی هاي شیمیایی و تغییرات زیستگاه در طول زمان استفاده می شوند (Naccari, 2009). یک مزیت دیگر استفاده از بیواندیکاتورها توانایی آنها براي نشان دادن اثرات زیستی غیر مستقیم آلودگی هاست، در حالی که اندازه گیري هاي فیزیکی و شیمیایی نمی توانند این کار را انجام دهند. بطور واضح ورود یک لوله فاضلاب غنی از فسفر به درون یک رودخانه، بر روي اکوسیستم آن تاثیر می گذارد. فسفر بطور معمول تولید اولیه را در اکوسیستم هاي 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 گیري هاي شیمیایی ممکن است یک کاهش در تنوع گونه ها یا چگونگی کاهش رشد و تولید مثل سایر گونه ها علت رقابت را به درستی منعکس نکنند (Phillips, 2015).

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 براي ارزیابی فلزات سنگین مس، روي، کادمیوم، و ... بیواندیکاتور بسیار مناسبی است چرا که: 1. در مناطق ساحلی بسیار فراوان است. 2. کف زي می باشد و در نتیجه بطور مستقیم با رسوبات در ارتباط است. 3. بطور شناخته شده فلزات را در بافت هایش متمرکز می کند (Bernasconi, 2005). همانند خزه ها و گلسنگ ها، بی مهرگان آبزي بزرگ هم خصایص مشخص بیواندیکاتورهاي خوب را دارا هستند که به علت طبیعت مشخص شان یک مقیاس اجتماعی بشمار می روند. یک نهر و رودخانه عموماً بیش از 40 رده شناخته شده دارد که نماینده و نشانگر ترجیح زیستگاهی و استراتژي هاي تاریخ زندگی هستند. این رده بندي ها و تنوع عملکردي آنها می تواند پاسخ هاي بی شماري به استرس ها و آشفتگی هاي مختلف مثل وجود رسوبات، فلزات، نوترینت ها و تغییرات هیدرولوژیکی بدهد. براین اساس، اجتماعات بی مهرگان بزرگ بطور مکرر بعنوان اندیکاتورهاي زیست محیطی، اکولوژیکی و تنوع زیستی استفاده می شوند. در حال حاضر هر 50 ایالت امریکا از بی مهرگان بزرگ آبزي براي ارزیابی سلامت بیولوژیک رودخانه ها و نهرها استفاده می کند (Lenoir, 2014).
فلزات سنگین یکی از انواع اصلی آلاینده ها در هر دو محیط خاکی و آبی هستند (Berhet, 2013) و اثرات زیان آور بسیاری از آنها در تمام سطوح سازمان بیولوژیکی، اعم از سلول و اکوسیستم ها، به خوبی شناخته شده است (Bernasconi, 2005) . در عین حال، اگرچه گونه های مختلفی از موجودات زنده در بررسی میزان تاثیر آلودگی فلزات در اکوسیستم ها مورد استفاده قرار گرفته اند (Bodgen, 2000) ، می توان گفت که مورچه ها دارای ویژگی های متعددی هستند که آنها را برای استفاده بعنوان شاخص های تعیین میزان آلودگی محیط زیست مناسب کرده است (Agarwal, 2009).

مورچه ها، با تنوع بسیار زیاد، بر محیط اطراف شان تاثیر می گذارند. آنها یکی از موجودات غالب در زمین هستند (Agosti, 2000) و اگر تمام مورچه های جهان را در یک جا جمع کنند، برآورد شده است که وزن آنها معادل با مقدار وزن همه انسان ها باشد (Hölldobler, 1994). مورچه ها همچنین در همه بخشهای سیستم تروفیک مشارکت دارند (Armbrecht, 2003). مورچه ها، در مقایسه با کرم های خاکی، گردش و نفوذ بیشتری در خاک مناطق گرمسیری دارند و بنابراین سبب توزیع مواد مغذی در سراسر خاک منطقه می شوند (Ashraf, 2011). باکستر و هول (1967) در مطالعه ای با استفاده از مورچه *Formica cinerea* ، نشان دادند که خاک معدنی در نیمه بالایی سطح خود تا دو سوم از یک تپه نماینده شامل حدود 85٪ مواد افقی B را دارا می باشد (Baxter, 1967). مورچه ها در نقش های متنوع از جمله افزایش نفوذپذیری خاک (Tschinkel, 2003)، پوسیدگی درختان (Chen, 2002) و ... دارند.

نتایج حاصل از بررسی‌های مختلف نشان می‌دهد که با اندازه‌گیری آلاینده‌های مختلف درگیاهان یک منطقه می‌توان به وضعیت آلودگی ترکیبات مختلف از جمله فلزات سنگین پی برد (Schofield, 2002).

مجیدی و همکاران در سال 1390 به منظور امکان سنجی استفاده از پر‌های اگرت ساحلی بعنوان شاخص زیستی آلودگی جیوه در تالاب بین المللی حرا پژوهشی انجام دادند که نتیجه آن پیشنهاد دادن گونه‌ پرنده اگرت ساحلی برای پایش آلودگی جیوه در منطقه بود (مجیدی, 1390). باقري و همکاران (1390) طي سنجش و ارزيابي آلودگي فلزات سنگين در رسوبات رودخانه گرگا نرود نشان دادند که غلظت فلزات سنگين در رودخانه گرگان رود بالاتر از حد استاندارد بوده و اين منطقه بر اساس طبقه بندي آلودگي مولر در رده متوسط طبقه بندي مي گردد. در نتيجه با توجه به حساسيت زيست محيطي دهانه گرگان رود و فعاليت هاي شيلاتي در اين منطقه، لزوم مديريت زيست محيطي دقيق تر در آن احساس مي گردد (باقری, 1390)

داوري و همکاران (1391) ميزان آلودگي فلزات سنگين رسوبات سطحي (صفر تا 10 سانتيمتر) رويشگاه هاي مانگرو استان بوشهر، در مجاورت فعاليت‌هاي توسعه نفت و گاز پارس جنوبي، را با استفاده از روشهاي آماري تجزيه به مؤلفه‌هاي اصلي (PCA) مورد بررسي قرار داده و دامنه غلظت فلزات سنگين به ترتيب براي مس ، نيکل، سرب و واناديوم را به ترتيب 04/46، 14/64، 8/94 و33/311 ميکروگرم برگرم محاسبه نمودند. همچنين نتايج تحليل‌هاي PCA در اين مطالعه نشان داد که اثر عواملي مانند منابع آلاينده‌هاي مصنوعي و منابع آلودگي نفتي در تغييرات نسبت هاي فلزات سنگين قابل شناسايي و تفسير است (داوری, 1391).

تاکید این پژوهش بر این است که آیا مورچه ها می توانند در طرح های نظارت معمول برای پایش آلودگی فلزات سنگین استفاده شوند؟

**2. مواد و روش ها**

مورچه ها می توانند به دلایل زیر به عنوان یک عامل در این شناسایی کمک کنند: توزیع و فراوانی آنها در سراسر جهان، سهولت جمع آوری و شناسایی همه نقش مهمی را بازی می کند (Dauwe, 2008). علاوه بر این، مورچه ها نیز نقش کلیدی در عملکرد اکوسیستم و اشغال تمام موقعیت های تروفیک از گیاه خواران به شکارچیان، با غلبه بر همه چیزدارند. و بنابراین به طور بالقوه درجمع کننده های موثردر آلودگیهای اکوسیستم ها عمل می کنند. همچنین کلونی مورچه ها به عنوان یک نوع سوپر ارگانیسم چند ساله نیز دیده می شود که امید به زندگی بیشتر از 10سال ها در برخی موارد عموما بیش از عمر سایر بی مهرگان است.

بررسی محتویات فلزی در گونه های مختلف مورچه، این اطلاعات، چگونگی رفتار فلزات را در زندگی توضیح می دهد. و ارگانیزم ها و مکانیسم های سمیت آنها را روشن می کند. تشخیص فلزات در اندام های خاص اولین گام به درک کامل تر از پایه فیزیولوژیکی تحمل فلز در مورچه ها است. از طرف دیگر، معمولا روش های نشانگرهای زیستی روش های بی خطر، سالم، ارزان و در دسترس هستند. در استان کرمان به دلیل وفور مورچه می توان با همه بدن این گونه با سرعت بیشتری به فلزات سنگین در بافتهای هدف (خاک، گیاهان و ...) پرداخت.

در اصطلاح عمومی بیواندیکاتور و بیومونیتورینگ، عباراتی به هم مربوط و قابل تعوبض هستند، اما از نظر علمی هر یک معانی مخصوص به خود را دارند. بیواندیکاتورها بطور کیفی پاسخ هاي زیستی به استرس ها و شرایط زیست محیطی را ارزیابی می کنند براي 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 (براي 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 براي تمامی اصطلاحات مربوط به تشخیص پاسخ هاي زیستی به استرس هاي زیست محیطی استفاده می شود. در این چارچوب بیواندیکاتورها 3 عملکرد مهم دارند: 1. دیده بانی کردن محیط زیست از قبیل تغییرات فیزیکی و شیمیایی 2. دیده بانی کردن فرآیند هاي اکولوژیکی 3. دیده بانی کردن تنوع زیستی .

در این مطالعه در راستای امکان سنجی استفاده از مورچه Rhinotermitide جهت سنجش محتوای فلزات سنگین منطقه میمند و نیز ارایه یک روش تدوین شده برای بکارگیری این گونه جانوری در مدیریت محیط زیست طراحی گردیده است.

تحقیقات انجام شده پیرامون تاثیر فلزات سنگین از جمله سرب، کادمیوم، کروم، مس، نیکل، روي و سلنیوم روي جنس هاي مختلف نماتدها از گروههاي مختلف تغذیه اي و از طریق تحلیل شاخص هاي مرتبط با تنوع و اجتماع نماتدها نشان دهنده تاثیر قابل توجه افزایش غلظت فلزات مذکور روي جمعیت برخی از جنسهاي نماتدها است؛ اما با وجود خصوصیات منحصر بفرد نماتدها در پایش آلودگی هاي خاك، تعمیم دادن اثرات مشاهده شده آلودگی هاي ناشی از فلزات سنگین بر روي اجتماع نماتدها، دشوار به نظر میرسد؛ چرا که نوع اکوسیستم، مقیاس مکانی و همچنین خصوصیات منطقه اي از جمله pH خاك، پوشش گیاهی و وجود فون نماتدهایی که از قبل در خاك حضور دارند می تواند تجزیه و تحلیل نتایج این گونه اطلاعات را تحت تأثیر قرار دهد؛ بنابراین لازم است در تحلیل شاخص های جمعیتی نشانگرهای زیستی اولا گونه ها یا جنس هایی را انتخاب کرد که باعث ابهام در پیشگویی نشوند.

بایستی بر روی نشانگر زیستی یا بیواندیکاتوری که قابلیت بروز واکنش به یک محرک مداخله گر در محیط خاک را دارند متمرکز گردد. مورچه *Rhinotermitide* که موریانه های چوب مرطوب نامیده می شوند. در تمام مناطق جغرافیای حیاتی جهان زندگی می کنند. از این خانواده جنس Reticulitermes منحصرا در مناطق نیمکره شمالی انتشار دارد. زیستگاه گونه های این جنس به طور کلی در مناطق معتدل واقع شده و دامنه انتشار انها بطرف شمال 1000 کیلومتر بیشتر از سایر جنس موریانه ها می باشد.

بررسی زیست جغرافیای گونه های جنس Reticulitermes در کشورهای همسایه ایران نشان داده است که این جنس در کشورهای افغانستان، ترکمنستان و پاکستان و همچنین در شبه جزیره عربستان انتشار ندارد ولی گونه *Reticulitermes clypeatus* از عراق و *R. lucifugus* از ترکیه و جمهوری اذربایجان گزارش شده اند. در رابطه با زیست جغرافیای جنس Reticulitermes در ایران تاکنون مطالعه ای انجام نشده است. در این بررسی جمع آوری طبقات مختلف نمونه های *Reticulitermes sp. near lucifugus* از نقاط مختلف منطقه میمند انجام خواهد گرفت. البته در نمونه برداری ها سعی می گردد تا طبقه سرباز که در تعیین نام علمی اهمیت زیادی دارد، جمع اوری شود.

**2.1. منطقه مورد مطالعه**

میمند با تاریخ ۸۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰ سال در ۳۸ کیلومتری شمال‌شرقی شهرستان شهربابک در عرض ۳۰ درجه و ۱۶ دقیقه و طول ۵۵ درجه و ۲۵ دقیقه قراردارد (شکل 1). ارتفاع آن از سطح دریا ۲۲۴۰ متر و وسعت آن ۴۲۰ کیلومترمربع است این روستا بین شهرهای شهربابک، سیرجان و رفسنجان قرار دارد. میمند در دهستان‌میمند، در شهرستان شهربابک و در استان کرمان واقع شده‌است. باران سالیانه آن ۱۸۵ میلی‌متر است.



**شکل (1) منطقه مورد مطالعه**

**دلیل تعیین گونه مورچه *Rhinotermitidae***

فراوانی و حضور همه جایی مورچه ها در اکوسیستمهاي مختلف آنها را به یکی از بهترین نشانگرها جهت پایش آلودگیهاي زیست محیطی تبدیل کرده است. بررسی های انجام شده نشان دادند که از لحاظ اکولوزیکی جمعیت های جنس *Reticulitermes* *sp* *.near lucifugus* در ایران سه نوع زیستگاه را انتخاب می کنند: الف- میکرو زیستگاههای معتدل مرطوب ب- زیستگاههای مدیترانه ای ج- زیستگاه نیمه خشک سرد (منطقه میمند در این زیستگاه می باشد).

**2.2 اندازه گیری فلزات سنگین در مورچه**

20 کلنی را از منطقه کارخانه بابک مس جمع اوری کرده از هر کلونی، مواد لانه را با نمونه های مورچه زنده از دهانه لانه جمع اوری کرده آنها را به ظروف پلاستیک 0.75 لیتر قرار داده و به ازمایشگاه برده خواهد شد.

قابل ذکر است که در نمونه برداری ها سعی می گردد تا طبقه سرباز که در تعیین نام علمی اهمیت زیادی دارد، جمع آوری شود. بررسی سوابق هم نشان می دهد که انواع مختلف از مورچه های کارگر قرمز انواع متفاوتی ازسطوح فلزات سنگین را جمع آوری می کنند (Maavara, 1994) و برای اهداف نظارت بیولوزیک کارگران سطحی و علوفه سازان بهترین موارد در مورچه ها هستند.، همانطور که آنها بالاترین مقدار مواد شیمیایی در میان تمام گروه های عملکردی مورچه ها را دارند (Migula, 1996). ساده ترین گروه مورچه های کارگر هستند که توسط یک غیرمتخصص جمع آوری می شوند. بعد مورچه ها را به داخل ظروف در بسته 5 لیتری شفاف وارد کرده وقتی اکثریت مورچه ها به ظرف بزرگتر منتقل شدند، آنها منجمد و کشته شده، بعد برای آنالیز داده های مورفولوزیکی اماده می شوند. در مرحله بعد، هشت نفر از هر یک از لانه ها به صورت تصادفی انتخاب می شوند. تا آنالیز بیشتر مورفومتری و رنگ انجام شود (N = 142) . دیگر مورچه ها (30 تا 50 کارگر) در لوله های پلاستیکی باز قرار داده می شوند و مواد لانه در کیسه های کاغذی باز و خشک شده در یک کوره به 55 درجه سانتی گراد برای 48 ساعت قرار داده می شوند. مورچه های خشک شده پودر شده با یک لوله پیستوله مورد آزمایش قرار خواهند گرفت. مواد لانه خشک شده و غربال شده از طریق شمع های پلاستیکی 5/1 میلیمتری برای تهیه نمونه های خوب و مواد همگن و در ظرف های پلاستیکی 15میلی لیتر با درب پیچی نگهداری می شوند. تجزیه و تحلیل فلزات سنگین برای مس، سرب، کروم و کادمیوم انجام می شود. نمونه های مورچه و نمونه های مواد لانه دقیقا وزن شده به مخزن هضم تفلون منتقل شده و به آن 8/0 میلیلیتر اسید نیتریکHNO3 اضافه خواهد شد. با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی شعله مجهز به تصحیح زمینه دو تریم و لامپ هالو کاتد برای انالیز فلزات سنگین مس، سرب، کروم و کادمیوم در نمونه های خاک منطقه استفاده خواهد شد. نمونه های خاک با استفاده از دستگاه هاضم مایکروویو هضم می شوند و دستگاه با استفاده از محلول های استاندارد و بلانک کالیبره می شود و پس از آماده سازی کامل نمونه ها آنالیز انجام می شود. دستگاه هاضم مایکروویو تجهیزی برای اماده سازی نمونه های ازمایشگاهی می باشد که انجام عملیات هضم نمونه با استفاده از امواج مایکروویو انجام می شود.

**2.3. تعیین ایستگاه های نمونه برداری و عملیات نمونه برداری و آنالیز خاک**

 بر اساس روش نمونه برداری تصادفی ، ۳۶ نمونه خاک صنعتی که پیش از نمونه برداری موقعیت آنها با دستگاه موقعیت یاب (GPS) تعریف شده بود از عمق ۵ تا ۲۰ سانتی متری ( بعد از خارج کردن آلودگی های سطحی) برداشت و جهت آماده سازی اولیه و خشک شدن به آزمایشگاه ارسال می گردد.

**2.4. آماده سازی نمونه های خاک و اندازه گیری**

 جهت آماده سازی نمونه ها برای هضم ابتدا از نمونه‌های خاک به منظور خشک شدن به درون آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده خواهد شد بعد از خشک شدن نمونه ها از هر کدام یک گرم خاک کوبیده شده و الک شده برداشته و در ارلن های ۵۰ میلی لیتر ریخته خواهد شد. سپس ۱۶ میلی لیتر اسید (ترکیب ۴ میلی لیتر اسید نیتریک ۶۵% و ۱۲ میلی لیتر اسید کلریدریک ۳۷ درصد) به هر یک از آنها افزوده خواهد شد. ارلن ها به مدت ۶ تا ۷ ساعت در حمام شن با دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد قرار می گیرند تا هضم اسیدی صورت گرفته و محلول شیری رنگ به دست آید سپس به هر یک از ارلن ها ۴ میلی لیتر اسید پرکلریک ۷۰ تا ۷۲ درصد افزوده خواهد گردید بعد از تبخیر سه میلی لیتر اسید نمونه ها از روی حمام شن برداشته شده و با آب دوبار تقطیر به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده خواهد شد و با استفاده از قیف پلاستیکی و کاغذ صافی واتمن صاف خواهند شد.

در این تحقیق برای اندازه گیری غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم از دستگاه جذب اتمیContr700 ساخت شرکت آنالیتیک جنا استفاده خواهد شد.

**2.5. پردازش دادها**

**بررسی نرمال بودن توزیع متغیرها آزمون کولموگروف -اسمرنوف**

هدف آزمون برای انتخاب آزمون درست برای تحلیل فرضیه‌ها ابتدا باید از توزیع آماری متغیری که مورد آزمون قرار می‌گیرد. اطمینان حاصل کرد. برای نمونه پیش‌نیاز گرفتن آزمون‌های پارامتری نرمال‌بودن توزیع آماری متغیرهاست. به طور کلی می‌توان گفت که آزمون‌های پارامتری، عموما بر میانگین و انحراف معیار استوارند. حال اگر توزیع جامعه نرمال نباشد، نمی‌توان استنباط درست از نتایج داشت. برای بررسی توزیع آماری متغیرها از آزمون‌هایی استفاده می‌کنند. این آزمون‌ها به آزمون‌های نیکویی-برازش معروفند. آزمون کولوموگراف اسمیرنوف به همراه آزمون کای دو جزو آزمون‌های نیکویی- برازش هستند. اما با توجه به محدودیت‌های آزمون کای‌دو معمولا برای آزمون نرمال‌بودن از آزمون کولوموگراف-اسمیرنوف استفاده می‌شود.

### ضریب همبستگی رتبه ­ای اسپیرمن (Spearman Correlation Coefficient)

ضریب همبستگی اسپیرمن معادل ناپارامتریک ضریب همبستگی پیرسون به شمار می‌رود که میزان همبستگی دو متغیر در سطح رتبه‌ای یا یکی رتبه‌ای و دیگری در سطح فاصله‌ای را اندازه‌گیری می‌کند. یا اینکه داده‌ها فاصله‌ای باشند، ولی مفروضه‌های آمار پارامتریک رعایت نشده باشد. همچنین در مواردی که تعداد افراد نمونه کمتر از ۳۰ نفر است، به جای ضریب همبستگی پیرسون به کار برده می‌شود. و آن را با علامت rs یا حرف یونانی ρ (رو) نشان می‌دهند.

مقدار ضریب همبستگی اسپیرمن مانند ضریب همبستگی پیرسون تفسیر می‌شود.

فرمول محاسبه ضریب همبستگی اسپیرمن در رابطه (1) نشان داده شده است.

 رابطه (1):

: Nتعداد جفت داده‌ها

:D تفاوت بین رتبه‌های هر جفت از داده‌ها

### ضریب همبستگی رتبه‌ای کندال (Kendall coefficient)

ضریب همبستگی کندال برای داده‌های رتبه‌ بندی شده زمانی‌که تعداد آزمودنی‌ها از ۱۰ نفر کمتر است، به کار می‌رود. کندال از تعداد توافق‌ها و عدم توافق‌ها در رتبه‌ بندی‌ها برای محاسبه ضریب خود استفاده می‌کند. برای مثال فرض کنید استاد روانشناسی بالینی ۱۰ نفر از دانشجویان خود را براساس دانش روانشناسی و شایستگی آن ها برای شاغل شدن در این رشته رتبه بندی کرده است. برای بررسی رابطه بین دانش روانشناسی و شایستگی می‌توانیم از ضریب همبستگی کندال استفاده کنیم.

ضریب همبستگی رتبه‌ای کندال به tau-a کندال نیز معروف است، متقارن می‌باشد و مقدار آن بین ۱+ و ۱- قرار دارد و مشابه با ضریب همبستگی پیرسون تفسیر می‌شود.

فرمول محاسبه ضریب همبستگی رتبه‌ای کندال (tau-a)در رابطه (2) نشان داده شده است.

 رابطه (2):

: P تعداد توافق‌ها یعنی تعداد اعداد (مواردی) که رتبه بالاتری برای هر رتبه متغیر دوم به دست آورده‌اند.

: Q تعداد عدم توافق‌ها یعنی تعداد اعداد (مواردی) که رتبه پایین‌تری برای هر رتبه متغیر دوم به دست آورده‌اند.

:N تعداد آزمودنی‌ها (حجم نمونه)

**3. نتایج**

 در شکل (2) نمودار میانگین و انحراف معیار متغیرها موجود در خاک و بدن مورچه نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می گردد در بین نمونه های خاک و بدن مورچه فلزات سرب و کادمیوم دارای میانگین و انحراف معیار تقریبا برابری هستند و در مقابل اختلاف بین میانگین و انحراف معیار در فلزات مس و کرومیوم به ترتیب بیشترین اختلاف را دارد.

****

**شکل (2) نمودار میانگین داد ها (شکل سمت راست) و تمودار انحراف معیار داده ها (شکل سمت چپ)**

همانگونه که در جدول (1) نشان داد شده است، با توجه به بزرگتر بودن مقدار احتمال یا Asymp Sig از احتمال خطای نوع اول  05/0 α=فرض صفر که معتبر بودن توزیع نرمال برای داده‌ها است، رد نمی‌شود. بنابراین توزیع متعیرها نرمال میباشد.

 جدول (1) آزمون کولموگروف-اسمیرنوف



**جدول (2) جدول همبستگی بین متغیرها در نمونه های مورچه**



**جدول (3) جدول همبستگی بین متغیرها در نمونه های خاک**



**جدول (4) جدول همبستگی بین متغیرها در نمونه های خاک و مورچه**



پس از آنکه نرمال بودن توزیع متغیرها بررسی گردید، از طریق آزمون های همبستگی مانند اسپیرمن و کندال میزان همبستگی بین متغیرها در خاک و بدن مورچه محاسبه گردید. همانگونه که در جدول شماره (2) نشان داده شده است، درمورچه از بین فلزها فقط بین مس و کرومیوم رابطه همبستگی وجود دارد که آنهم بصورت معکوس میباشد. و با توجه به مقدار سیگما هیچیک از فلزات در مورچه رابطه معناداری با یک دیگر ندارند. مطابق رفتاری که فلزات در بدن مورچه دارند، در خاک نیز رابطه بین فلزات معنادار نبوده و فقط بین مس و کرومیوم همبستگی معکوس موجود میباشد.

حال که رابطه بین فلزات با یکدیگر در بدن مورچه و خاک مورد تحلیل قرار گرفت، رابطه بین هر یک از فلزات در بدن مورچه و خاک بطور همزمان مورد بررسی قرار می گیرد. همانگونه که از جدول شماره (3) مشاهده می گردد، بین فلز کرومیوم در بدن مورچه و خاک همبستگی خیلی جزیی آن هم بصورت معکوس موجود بوده که معنادار نمیباشد. فلز سرب در بدن مورچه و خاک نیز دارای همبستگی مستقیم جزیی است که مانند کرومیوم این ارتباط معنادار نیست. پس از فلز کادیوم با همبستگی مستقیم تقریبا 0.38 همبستگی قابل قبولی در بدن مورچه و خاک دارا نمیباشد ولی در مقابل با توجه به مقدار سیگما (sig<0.05) این ارتباط معنادار می باشد. و در خصوص مس با همبستگی مستقیم 0.95 در آزمون اسپیرمن، بیشترین همبستگی را در بدن مورچه و خاک در بین فلزات دیگر را دارد، ولی این همبستگی از نوع معنادار نمیباشد.

**4. بحث و نتیجه گیری**

. این مطالعه در راستای امکان سنجی استفاده از مورچه Rhinotermitide جهت سنجش محتوای فلزات سنگین منطقه میمند و نیز ارایه یک روش تدوین شده برای بکارگیری این گونه جانوری در مدیریت محیط زیست طراحی گردیده است که در نوع خود بسیار بی نظیر بوده و تاکنون در ایران انجام نشده است.نا گفته نماند که در این خصوص مطالعاتی بر روی موجودات دیگر انجام شده است. بطور مثال از نماتدها می توان نام برد که از بین ارگانیسمهاي موجود در خاك، نماتدها بعنوان یکی از بهترین شاخصهاي زیستی جهت شناسایی اختلالات موجود در خاك از جمله آلودگی خاك به فلزات سنگین مطرح می باشند. مورچه Rhinotermitide که موریانه های چوب مرطوب نامیده می شوند. در تمام مناطق جغرافیای حیاتی جهان زندگی می کنند. از این خانواده جنس Reticulitermes منحصرا در مناطق نیمکره شمالی انتشار دارد. زیستگاه گونه های این جنس به طور کلی در مناطق معتدل واقع شده و دامنه انتشار انها بطرف شمال 1000 کیلومتر بیشتر از سایر جنس موریانه ها می باشد. بررسی زیست جغرافیای گونه های جنس Reticulitermes در کشورهای همسایه ایران نشان داده است که این جنس در کشورهای افغانستان، ترکمنستان و پاکستان و همچنین در شبه جزیره عربستان انتشار ندارد ولی گونه Reticulitermes clypeatus از عراق و R. lucifugus از ترکیه و جمهوری اذربایجان گزارش شده اند. در رابطه با زیست جغرافیای جنس Reticulitermes در ایران تاکنون مطالعه ای انجام نشده است. در این بررسی جمع آوری طبقات مختلف نمونه های Reticulitermes sp. near lucifugus از نقاط مختلف منطقه میمند انجام خواهد گرفت. البته در نمونه برداری ها سعی می گردد تا طبقه سرباز که در تعیین نام علمی اهمیت زیادی دارد، جمع اوری شود. شرط اصلی برای مناسب دانستن یک بیومارکر در پایش‎های زیست‎محیطی یک منطقه، داشتن ارتباط همبستگی خطی معنی‌دار مستقیم بین غلظت فلزات و بیومارکر در بدن موجود است. با توجه به جداول شماره 2،3و4 نتایج مطالعه حاضر نشان می‎دهد که بین فلز مس موجود در خاک و مورچه همبستگی قابل قبولی وجود دارد. لذا مورچه ها می توانند در طرح های نظارت معمول برای پایش آلودگی فلزات سنگین استفاده شوند

**فهرست منابع و مأخذ(فارسی و لاتین):**

اعظمی، ج.، اسماعیلی ساری، ع.، بهرامی فر، ن.، قاسمپوری، م.، جعفرنژاد، .، 1390، نسبت جیوه آلی به جیوه كل در برخی از اندام‎های باكلان بزرگ (*Phalacrocorax carbo*) صید شده از تالاب های بین المللی گمیشان و انزلی، مجله سلامت و محیط زیست، دوره 14، شماره 6، صفحه 1-9.

اعظمی، ج.، اسماعیلی ساری، ع.، بهرامی فر، ن.، 1390، [اندازه گیری جیوه در بافت های مختلف چنگر، اردک سرسبز و باکلان بزرگ](http://ijhe.tums.ac.ir/article-1-53-fa.pdf)، مجله سلامت و محیط زیست، دوره 4، شماره 4، صفحه 471-482.

حسین پور،محمد آبادی، ز؛ مالکیان، م؛ 1394، آلودگی ترکیبات جیوه در تعدادی از پرندگان وحشی شهر اصفهان و رودخانه زاینده رود، مجله تحقیقات و توسعه دامپزشکی، دوره 28، شماره 1، صفحه 17-1.

حمیدیان، ا.ح.، علویان پطرودی، س.س.، 1393، امکان استفاده از صدف صخره‏ای‌ *Saccostrea cucullata* به عنوان شاخص های بیولوژیکی کادمیوم در مناطق ساحلی مجله علمی و محیط زیست منابع طبیعی ایران، دوره 67، شماره 2، صفحه 157-164.

خزاعی، م؛ حمیدیان، ا.ح.؛ علیزاده، ا.،؛ اسماعیل زاده، ا.،؛ زارع رشکوئیه، م ؛ 1393، غلظت Meriones Persicus فلزات سنگین در بافت های مختلف، بعنوان یک شاخص زیست شناسی دره زرشک یزد، مجله محیط زیست کاربردی، دوره 3، صفحه 51-41.

راهنما، ص.، خالديان، م.ر.، شاهنظري، ع.، فرقاني، ا. 1390، پهنه بندي آلودگي فلزات سنگين آبهاي زيرزميني گيلان مركزي، دومين كنفرانس ملي پژوهشهاي كاربردي منابع آب ايران، شركت آب منطقه اي زنجان.

سبزعليزاده، س.، دهقان مديسه، س.، 1389، تعيين ميزان آلودگي فلزات سنگين در رسوبات منطقه ليفه - بوسيف (سواحل شمال غرب خليج فارس) براساس شاخص تجمع زميني. مجله علمي شيلات ايران، 19 (3) :51-60.

سلطانی جاوید، ع.، مراقبی، ف.، فرزامی سپهر، م.، 1393، نقش درختچه ريش بز (*Ephedra procera Fisch & Mey*.) در جذب فلزات سنگين معدن منگنز رباط کريم، فيزيولوژي محيطي گياهي (پژوهش هاي اكوفيزيولوژي گياهي ايران)، دوره 9، شماره 2 (پياپي 34)، صفحه 65-71 .

ﻏﻀﺒﺎﻥ،ف.، زﺍﺭﻉ ﺧﻮﺵ ﺍﻗﺒﺎﻝ، م.، 1390، ﺑﺮﺭﺳﻲ ﻣﻨﺸﺎء ﺁﻟﻮﺩﮔﻲ ﻓﻠﺰﺍﺕ ﺳﻨﮕﻴﻦ ﺩﺭ ﺭﺳﻮﺑﺎﺕ ﺗﺎﻻﺏ ﺍﻧﺰﻟﻲ( ﺷﻤﺎﻝ ﺍﻳﺮﺍﻥ) ﻣﺤﻴﻂ ﺷﻨﺎﺳﻲ، ﺳﺎﻝ ﺳﻲ ﻭ ﻫﻔﺘﻢ، ﺷﻤﺎﺭﺓ ۵۷، ص ۵۶-۴۵.

Andersen, A. N. and G. P. Sparling. 1997. Ants as indicators of restoration success: relationship with soil microbial biomass in the Australian seasonal tropics. Restoration Ecology 5:109-114

Andersen, A. N., Hoffmann, B. D., Müller, W. J., & Griffiths, A. D. 2002. Using ants as bioindicators in land management: simplifying assessment of ant community responses. Journal of Applied Ecology, 39(1), 8-17.

Barbour, MT., Gerritsen, J., Snyder, BD., Stribling, JB, 1999. Rapid bioassessment protocols for use in sreams and river: Pryphyton, Benthic Macroinvertebrates and fish. 2nd edition, Vol. pp. 841-B-99-002. USEPA, Washington D.C. 408p.

Bolton, B. 1994. Identification guide to the ant genera of the world. Harvard University Press, Cambridge, MA. 222 pp

Boularbah, A., Schwartz, C., Bitton, G., Aboudrar, W., Ouhammou, A., Morel, JL, 2006. Heavy metal contamination from mining sites in South Morocco: 2. Assessment of metal accumulation and toxicity in plants. Chemosphere, Vol. 63, pp. 811-7.

Chaney, R., Malik, M., Li, Y., Brown, S., Brewer, E., Angle, J, et al., 1997. Phytoremediation of soil metals. Current Opinion in Biotechnology Vol. pp. 279-84

Del Toro, I., Floyd, K., Gardea-Torresday, J., Borrok, D., 2010. Heavy metal distribution and bioaccumulation in chihuahuan desert rough harvester ant (Pogonomyrmex rugosus) populations. Environ. Pollut. 158, 1281e1287

Emsley, J., 2001. Natures Building Blocks: an AZ Guide to the Elements. Oxford University Press, Oxford, UK, 538 pp

Folgarait, P.J., 1998. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. Biodivers. Conserv. 7, 1221e1244

Frizzi, F., Masoni, A., Çelikkol, M., Palchetti, E., Ciofi, C., Chelazzi, G., Santini, G., 2017.Serpentine soils affect heavy metal tolerance but not genetic diversity in a common Mediterranean ant. Chemosphere. 326-334

Gall, J.E., Boyd, R.S., Rajakaruna, N., 2015. Transfer of heavy metals through terrestrial food webs: a review. Environ. Monit. Assess. 187, 201

Gong, S.L., Barrie, L.A., 2005. Trends of heavy metal components in the Arctic aerosols and their relationship to the emissions in the Northern Hemisphere. Sci. Total Environ. 342, 175e183

Grzes, I.M., Okrutniak, M., Szpila, P., 2015a. Fluctuating asymmetry of the yellow meadow ant along a metal pollution gradient. Pedobiologia 58 (5), 195e200

Hasselbach, L., Ver Hoef, J., Ford, J., Neitlich, P., Crecelius, E., Berryman, S., Wolk, B., & Bohle, T. (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*(1-3), 211-230.

Hölldobler 1990. The Ants. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 732pp. H€olldobler, B., Wilson, E.O., 1990. The Ants. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts

Migula, P., Binkowska, K., 1993. Feeding strategies of grasshoppers (Chorthippus sp.) on heavy metal contaminated plants. Sci. Total Environ. 134 (2), 1071e1083

Rabitsch, W.B., 1995. Metal accumulation in arthropods near a lead/zinc smelter in Arnoldstein, Austria II. Formicidae. Environ. Pollut. 90 (2), 239e247

Ribas, C.R., Solar, R.R.C., Campos, R.B.F., Schmidt, F.A., Valentim, C.L., Schoereder, J.H., 2012. Can ants be used as indicators of environmental impacts caused by arsenic? J. Insect Conserv. 16, 413e421

Risch, A.C., Ellis, S., Wiswell, H., 2016. Where and why? Wood ant population ecology. In: Stockan, J.A., Robinson, E.J.H. (Eds.), Wood ant Ecology and Conservation. Cambridge University Press, UK, pp. 81e105

Romeo, M., Giamberini, L., 2013. History of biomarkers. In: Amiard-Triquet, C., Amiard, J.-C., Rainbow, P.S. (Eds.), Ecological Biomarkers: Indicators of Ecotoxicological Effects. CRC Press, Boca Raton, p, pp. 15e43

Skaldina, O., Sorvari, J., 2017. Biomarkers of ecotoxicological effects in social insects. In: Kesari, K.K. (Ed.), Perspectives in Environmental Toxicology. Eslevier, pp. 203e214

Stary, P., Kubiznakova, J., 1987. Content and transfer of heavy metal air pollutants in populations of Formica spp. wood ants (Hym. Formicidae). J. Appl. Ecol. 104, 1e10

Wilson, E. O., & Hölldobler, B. (1994). Journey to the ants: a story of scientific exploration: Belknap Press of Harvard University Press.

Yadav, K. K., Gupta, N., Kumar, V., & Singh, J. K. (2017). Bioremediation of heavy metals from contaminated sites using potential species. A review. Indian J. Environ. Prot, 37(1), 65-73.

Agarwal, S. K. (2009). *Heavy Metal Pollution*. New Delhi: A.P.H. Publishing Corporation.

Agosti, D., J. D. Majer, L. E. Alonso, T. R. Schultz. (2000). *Ants standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington D.C: Smithsonian Institution Press,.

Andersen, A. N. (1997). Using ants as bioindicators: multiscale issues in ant community ecology. *Conserv. Ecol, 1*(1).

Armbrecht, I., I. Perfecto. (2003). itter-twig dwelling ant species richness and predation potential with in a forest fragment and neighboring coffee plantations of contrasting habitat quality in Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment, 97*.

Ashraf, M., Maah, M., Yusoff, I. (2011). Heavy metals accumulation in plants growing in ex tin mining catchment. *International Journal of Environmental Science & Technology, 8*.

Baxter, F. P., F. D. Hole. (1967). Ant (Formica cinerea) pedoturbation in a prairie soil. *Proceedings of the Soil Science Society of America, 31*.

Berhet, B. (2013). *cological Biomarkers: Indicators of Ecotoxicological Effects*. Boca Raton: E. CRC Press.

Bernasconi, C., Maeder, A., Cherix, D., Pamilo, P. (2005). Diversity and genetic structure of the wood ant Formica lugubris in unmanaged forests. *Ann. Zool.Fenn, 42*.

Bodgen, J. D., Klevay, L.M. (2000). *Clinical Nutrition of the Essential Trace Elements and Minerals*. New Jersey, USA Humana Press.

Chen, Y., L. D. Hansen, and J. J. Brown. (2002). Nesting sites of the Carpenter Ant, Camponotus vicinus (Mayr) (Hymenoptera: Formicidae) in northern Idaho. *Environmental Entomology, 31*(6).

Dauwe, T., Eens, M. (2008). Melanin- and carotenoid-dependent signals of great tits(Parus major) relate differently to metal pollution. *Naturwissenschaften, 95*(10).

Eens, M., Pinxten, R., Verheyen, RF., Blust, R., Bervoets, L. (1999). Great and blue tits as indicators of heavy metal contamination in terrestrial ecosystems. *Ecotoxicology and Environmental Safety, 44*.

Hoang, A. T., Pham, X. D. (2018). An investigation of remediation and recovery of oil spill and toxic heavy metal from maritime pollution by a new absorbent material. *Journal of Marine Engineering & Technology*, 1-11.

Hölldobler, B., E. O. Wilson. (1994). *Journey to the ants: A story of scientific exploration*. Cambridge, Massachusetts: The Belknap Press of Harvard University Press.

Huang, Y., Chen, Q., Deng, M., Japenga, J., Li, T., Yang, X., He, Z. (2018). Heavy metal pollution and health risk assessment of agricultural soils in a typical peri-urban area in southeast China. *Journal of environmental management, 207*.

Jacob, J. M., Karthik, C., Saratale, R. G., Kumar, S. S., Prabakar, D., Kadirvelu, K., Pugazhendhi, A. (2018). Biological approaches to tackle heavy metal pollution: A survey of literature. *Journal of environmental management, 217*.

Lenoir, A., Touchard, A., Devers, S., Christides, J.-P., Boulay, R., Cuvillier-Hot, V. (2014). Ant cuticular response to phthalate pollution. *Environ. Sci. Pollut. Res., 21*.

López, R., Hallat, J., Castro, A., Miras, A., Burgos, P. (2019). Heavy metal pollution in soils and urban-grown organic vegetables in the province of Sevilla, Spain. *Biological Agriculture & Horticulture*.

Maavara, V., Martin, A.-J., Oja, A., Nuorteva, P. (1994). *Sampling of different social categories of red wood ants (Formica s. str.) for biomonitoring. In: Markert, B*. New York: Weinheim.

Migula, P., Głowacka, E. (1996). Heavy metals as stressing factors in the red wood ants (Formica polyctena) from industrially polluted forests. *Fresenius’ J. Anal. Chem, 354*(5-6).

Murugesan, A., Rajakumari, C. (2019). Environmental Science and Biotechnology: Theory and Techniques. *MJP Publisher*.

Naccari, C., Cristani, M., Cimino, F., Arcoraci, T., Trombetta, D. (2009). Common buzzards (Buteo buteo) bio-indicators of heavy metals pollution in Sicily (Italy). *Environment international, 35*.

Ojuederie, O., Babalola, O. (2017). Microbial and plant-assisted bioremediation of heavy metal polluted environments: A review. *International journal of environmental research and public health, 14*(12).

Phillips, D., Human, L., Adams, J. (2015). Wetland plants as indicators of heavy metal contamination. *Marine pollution bulletin, 92*.

Schofield, R. M. S., Nesson, M.H., Richardson, K.A. (2002). Tooth hardness increases with zinc-content in mandibles of young adult leaf-cutter ants. *Naturwissenschaften, 89*.

Šiukšta, R., Bondzinskaitė, S., Kleizaitė, V., Žvingila, D., Taraškevičius, R., Mockeliūnas, L., Stapulionytė, A., Mak, K., Čėsnienė, T. (2019). Response of Tradescantia plants to oxidative stress induced by heavy metal pollution of soils from industrial areas. *Environmental Science and Pollution Research, 26*(1).

Tschinkel, W. R. (2003). Subterranean ant nests: trace fossils past and future. *Palaeo, 192*.

Yi, X., LIANG, X., Yingming, X., Xu, Q., HUANG, Q., Lin, W., Yuebing, S. (2017). Remediation of heavy metal-polluted agricultural soils using clay minerals: a review. *Pedosphere, 27*(2), 193-204.

باقری, ح., شارمد, ت., خیرآبادی, و., درویش بسطامی, ک., باقری, ز. (1390). سنجش و ارزيابي آلودگي فلزات سنگين در رسوبات رودخانه گرگانرود. *اقيانوس شناسي, 5*.

داوری, ع., دانه کار, ا., خراسانی, ن., جوانشیر, آ. (1391). شناسايي آلودگي فلزات سنگين در جنگل‌هاي مانگرو استان بوشهر. *محيط شناسي, 38*(3), 11.

علی پور اسد آبادی, ز., ملکیان, م., سلیمانی, l. (1395). بررسی آلودگی هیدروکربن‌های نفتی و فلزات سنگین در خاک‌های پنج پالایشگاه نفت کشور. *مجله پژوهش‌های آب‌وخاک, 33*(1), 11.

مجیدی, ی., بهرامی فر, ن., قاسم پوری, س. (1390). جزیره های دریایی بین المللی به عنوان نشانگر بیولوژیکی آلودگی جیوه در خلیج فارس. *مجله اکولوژی حیوانات, 3*, 17.