ارزیابی اثرات آلودگی فلزات سنگین صنایع مهم شهرستان شازند بر محیط‌زیست اطراف

مهدی مزرعه‌فراهانی[۱]، سعید شرفی *[۲] و علی کاظمی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست دانشگاه اراک

۲*- استادیار گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشگاه اراک

*ایمیل نویسنده مسئول s-sharafi@araku.ac.ir

تاریخ دریافت : ۱۴۰۱/۰۸/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۲۴

چکیده

آلودگی در هر یک از منابع هوا، آب و خاک به فلزات ســـنگین و هم‌چنین بالا بودن غلظت این ترکیبات علاوه بر تاثیر بر آب و خاک در هر منطقه می‌تواند تهدیدی برای سلامت انسان و زیست‌بوم باشد. این پژوهش با هدف ایجاد دغدغه‌های محیط زیستی در زمینه آلودگی ناشی از فلزات (شامل؛ مس، روی، منگنز، آهن، کادمیوم، سرب، کروم و کبالت) در خاک و گیاهان در شعاع پنج کیلومتری صنایع مهم شهر ستان شازند انجام گردید. به همین منظور نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر و نمونه‌های گیاهی از فضای سبز (درختان کاج)، باغات میوه (برگ و میوه‌ی گردو و بادام)، مزارع گندم (شامل نمونه‌های؛ ریشه، ساقه، برگ و دانه)، مراتع (چاودارکوهی و شیر سگ) تهیه گردید. از هر یک از محدوده‌های مورد آزمایش تعداد ۱۰ نمونه انتخاب، و مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج آزمایش نشـــان داد که غلظت کادمیوم، ســـرب، کبالت و کروم در کلیه خاک‌های مورد بررســـی بالاتر از حد مجاز گزارش گردید. هم‌چنین غلظت آهن، مس و کروم، کادمیوم و کبالت در کلیه نمونه‌های گیاهی فضـــای ســـبز، باغات و مراتع فراتر از غلظت مجاز بود. هرچند در دانه گندم غلظت کروم و کبالت از حد مجاز آن فراتر بود، اما در دامنه بحرانی قرار نداشتند. از بررسی غلظت عناصر در خاک هر یک از پوشش‌های گیاهی مشخص شد که بالاترین مقادیر ضریب انتقال به‌ترتیب در خاک مزارع گندم، خاک مراتع، باغات و خاک فضاهای سبز مشاهده گردید. غلظت عناصر در خاک هر یک از پوشش‌های گیاهی مشخص شد که بالاترین شاخص ریسک اکولوژیک به‌ترتیب در خاک مراتع، باغات، اراضی گندم و فضای سبز به‌دست آمد.

کلمات کلیدی

"باغات"، "شاخص‌های اکولوژیک"، "فضای سبز"، "فلزت سنگین"، "ضریب انتقال"، "مزارع".

۱-مقدمه

با افزایش جمعیت و گسترش شهرها و تبدیل شدن آنها به مراکز ناهمگن جمعیتی و اجتماعی، زمینه بروز آسیب‌های شهر و رشد بی‌رویه شهرها، انواع آلودگی محیطی ایجاد شده است. بنابراین با افزایش فعالیت‌های انسانی همراه باگسترش سریع شهرنشینی در چند دهه گذشته، پایش علمی صنایع مهم به‌شدت مورد نیاز است (مشکینی و همکاران، ۱۳۹۶). وقتی چندین آلوده کننده در هوا به‌صورت مشترک وجود دارند اثر یکدیگر را تحریک کرده و روی هم رفته اثر تشدید کننده‌تری داشته و در نهایت آسیب وارده به جانداران به‌ویژه گیاهان را چندین برابر می‌کنند. در کل ممکن است یک آلوده کننده شرایط را برای تاثیر یک آلوده کننده دیگر مهیا کند و در این شرایط جانداران یا گیاه به‌عنوان یک موجود بی‌دفاع دچار تنش می‌گردد، اما اینکه کدام آلوده کننده بیشترین تاثیر را روی جانداران دارد به‌راحتی نمی‌توان آنرا مشخص کرد (تبریزی‌آزاد و محسنی‌بندپی، ۱۳۹۷). باید دقت کرد که هر کدام از گیاهان آستانه تحمل متفاوتی حتی در دو گونه یکسان نسبت به این آلوده کننده‌ها دارند. بدین صورت که ممکن است گونه گیاهی در منطقه نیمه خشک نسبت به آلوده کننده‌ای مقاوم باشد، ولی اگر همین آلوده کننده برای همان گیاه در مناطق با رطوبت بالا اعمال شود گیاه از بین برود. منظور این است که علاوه بر نوع مواد آلوده کننده، شرایط محیطی و وضعیت خود گیاه نیز می‌تواند در این فرآیند موثر باشند. در صورتی که آلوده کننده در نزدیکی سطح زمین باشد بیشترین خسارت را در نزدیکی منبع وارد نموده و با دور شدن از منبع مقدار خسارت نیز کاسته می‌شود، با توجه به اینکه چند دهه از تاسیس صنایع مهم شهرستان شازند می‌گذرد، تا کنون ارزیابی اثرات محیطی صورت نگرفته است (امینی و فرقانی، ۱۳۹۴؛ سلیمان‌پورعمران و عربی، ۱۳۹۷). آلودگی هوا یک عامل نگران کننده در مناطق مسکونی و صنعتی می‌باشد (روانخواه[۱] و همکاران، ۲۰۱۶). بر اساس منابع ثابت و متحرک آلوده‌کننده هوا، وسایل حمل‌ونقل و وسایل گرمایشی ساختمان‌ها، مهم‌ترین منابع آلاینده هوا به‌شمار می‌روند (بورت[۲] و همکاران، ۲۰۰۳). در دهه اخیر، با توجه به توسعه شهرها، فن‌آوری و عدم توجه به پروتکل‌های محیط‌زیستی، توجه مربوط به مساله آلودگی هوا که یکی از نگرانی‌های جدی در زمینه محیط‌زیست و سلامت انسان، افزایش یافته است، آلودگی هوا یکی از موضوعاتی است که با زندگی روزانه و نوین ارتباطی لاینفک دارد. آلودگی هوا حاصل از انتشارات فرعی و یا نهایی

1- Ravankhah

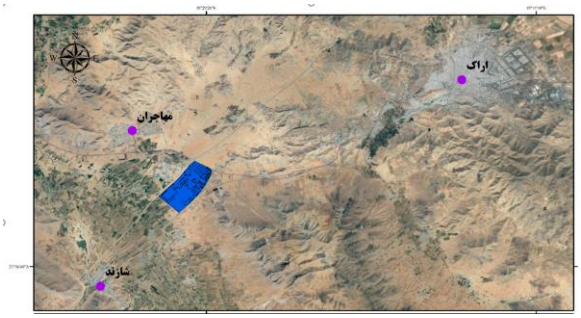
2- Burt

یک محصول یا یک فرآیند می‌باشد که به‌عنوان یک ماده زاید تولید می‌شود (درمیراک[1] و همکاران، ۲۰۰۶). در میان آلاینده‌ها، فلزات سنگین به‌دلیل تجزیه ناپذیری و اثرات بالقوه فیزیولوژیکی بر اندام‌های انسان و سایر جانداران حتی در مقدارهای خیلی کم هم مورد توجه قرار گرفته است (وانگ[2] و همکاران، ۲۰۱۳؛ لو[3] و همکاران، ۲۰۱۵؛ ترکیل‌ماز[4] و همکاران، ۲۰۱۸). بر اساس استانداردهای بین‌المللی فلزات سنگین به‌دلیل ویژگی‌های سمیت بالا و کشنده و هم‌چنین درجه ماندگاری بالا در محیط‌زیست به‌عنوان خطرناکترین گروه از آلاینده‌ای که به‌وسیله انسان‌ها ایجاد می‌شوند، شناخته می‌شوند (بامپونسم[5] و همکاران، ۲۰۱۰). بررسی غلظت این عناصر در ذرات هواسپهر می‌تواند اطلاعات مهمی در خصوص میزان آلاینده‌ها و هم‌چنین ارزیابی خطرات بالقوه برای انسان در اختیار بگذارد. فلزات سنگین حاصل از فعالیت‌های انسانی در فرآیندهایی مانند ذرات معلق در هوا، سطوح خاک و منابع آبی انتشار و تجمع پیدا کرده و در نهایت کل زیست‌بوم جهانی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. آلودگی با فلزات سنگین منجر به مشکلات سلامتی متعددی در بخش‌های مختلف بدن مانند آسیب به کلیه‌ها، سرطان، سقط جنین و مشکلات ذهنی و هوشیاری و حتی در بعضی از موارد منجر به مرگ می‌شود. بر همین اساس تعدا زیادی از گزارش‌های علمی تاثیر زیان‌آور آلاینده‌های هوا را بر سلامتی تایید کرده‌اند. به‌عنوان مثال، یک ارزیابی در سال ۱۹۵۲ در خصوص نقش فلزات سنگین در بیماری‌های تنفسی و مرگ‌ومیر ناشی از غلظت این فلزات نشان داد، ۴۰۰۰ نفر در اثر تماس با فلزات سنگین فوت کردند و هم‌چنین تجزیه‌وتحلیل مرتبط به ریه این نمونه‌ها میزان بالای فلزات سنگین را تایید کرد (شهید[6] و همکاران، ۲۰۱۷؛ ترکیل‌ماز و همکاران، ۲۰۱۸). معمول‌ترین فلزات سنگینی که در بخش صنعت و زیست‌بوم برای جانداران مشکل آفرین هستند می‌توان به کروم، کبالت، جیوه، کادمیوم، سرب، روی، مس و آرسنیک اشاره کرد (یایلال–آبانوز[7]، ۲۰۱۹). به هرحال برخی جانداران برای ادامه حیات، به بعضی از فلزات مانند آهن، کبالت، مس، منیزیم، مولیبدن، وانادیوم، استرانسیوم و روی به مقدار بسیار کم نیاز دارند. به این عناصر اصطلاحا عناصر کمیاب می‌گویند و اگر مقادیر آن‌ها از استاندارد مورد نظر بیشتر شود، موجب مسمومیت شده و باعث اخلال در رشد می‌گردند. در میان فلزات سنگین جیوه، سرب و کادمیوم عناصر مهمی برای اندام‌های جانداران نمی‌باشند، به همین دلیل تجمع آن‌ها در بدن جانداران به‌ویژه در پستانداران سبب بروز بیماری‌های خطرناکی می‌گردد. بیش از ۲۰ نوع فلز سمی مختلف وجود دارد که روی سلامتی تاثیرات ناسازگار و منفی زیادی دارند، هر یک از این فلزات ویژگی‌های فیزیولوژیک و تغییرات متفاوتی بر شخصی که در معرض آن قرار گرفته است، موجب می‌گردند. میزان درجه تاثیر سمیت فلزات سنگین بر سلول‌ها یا بافت یک اندام از بدن انسان، بستگی به نوع سم و مدت تماس با آن را دارد. یکی از مهم‌ترین مسایل در ارتباط با فلزات سنگین عدم تجزیه‌پذیری به‌وسیله‌ی بافت‌های بدن می‌باشد، بلکه در اندام‌های حاوی چربی مانند کبد واستخوان‌ها رسوب و انباشته می‌شود، که این موضوع می‌تواند منجر به بیماری‌های حاد در بدن شود (اسماعیلی‌ساری، ۱۳۸۱). به‌طورکلی بیماری‌های ناشی از فلزات سنگین می‌توان به‌طور خلاصه به اختلالات عصبی، پارکینسون، آلزایمر، افسردگی، اسکیزوفرنی، انواع سرطان‌ها، فقر موادمغذی، برهم خوردن تعادل هورمون‌ها، چاقی، سقط جنین، اختلالات تنفسی و قلبی، عروقی و غیره اشاره کرد. علاوه بر موارد ذکر شده، خاصیت تجمع‌پذیری فلزات سنگین در گیاهان و ورود آن‌ها به زنجیره غذایی، خطرات ناشی از آن‌ها را دوچندان می‌کند (منصوری و عظیمی حسینی، ۱۳۹۵). بر همین اساس صنایع دارای بار آلودگی بالا خصوصا انتشار ذرات معلق و فلزات سنگین به محیط اطراف بوده که بایستی در مورد استقرار و بهره‌برداری از آنها دقت ویژه‌ای را مد نظر قرار داد تا از هرگونه خطرات و اثرات سو آن بر انسان و سایر موجودات ممانعت به‌عمل آورد. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی اثرات محیطی حاصل از صنایع مهم شهرستان شازند بر محیط‌زیست اطراف می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

- محدوده مورد مطالعه

شهرستان شازند یکی از شهرستان‌های صنعتی استان مرکزی است که در محدوده‌ی جغرافیایی ۵۳۹۶۴ طول شرقی و ۳۷۵۵۱۹ عرض شمالی قرار دارد. این شهرستان دارای سه صنعت بسیار مهم و کلیدی شامل؛ شرکت پالایش نفت امام خمینی (ره)، شرکت پتروشیمی و نیروگاه حرارتی می‌با شد. هم‌چنین شهر ستان شازند بر سر م سیرهای ترانزیتی غرب و جنوب واقع شده است؛ که مهم‌ترین این مسیرها مسیر ترانزیتی و بین‌المللی تهران–خوز ستان می‌با شد. خط راه‌آهن سرا سری شمال–جنوب نیز از این شهر ستان عبور می‌کند. کاربری‌های موجود در محدوده مورد مطالعه شامل اراضی مرتعی، دیم و آبی، باغات، مناطق صنعتی، مسکونی–صنعتی می‌باشد. شکل ۲–۱، موقعیت مکانی شهرستان شازند و منطقه مورد بررسی را نشان می‌دهد.



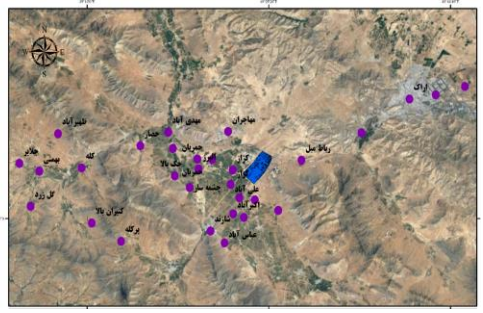
شکل ۲–۱– نقشه محدوده مورد مطالعه در شهرستان شازند

- نمونه‌برداری

شکل ۲–۲، پراکنش نقاط و مزارع م شاهداتی در شهر ستان شازند را نشان می‌دهد. به‌منظور تخمین دقیق مکان نمونه‌برداری در دشت شازند

1- Dermirak
2- Wang
3- Lu
4- Turkyilmaz
5- Baamponsem
6- Shahid
7- Yaylal-Abanuz

ابتدا با ا ستفاده لایه رقومی مرز شازند، رو ستاهایی که در محدوده واقع شـده‌اند، شـناسـایی گردید. سـپس به‌منظور ارزیابی آمارهای موجود، با مراجعه مزارع واقع در روستاهای شازند با استفاده از جی‌پی‌اس[1] اقدام به نشـانه‌گذاری معین گردید و سـپس با اسـتفاده از نرم‌افزار گوگل‌ارس[2] مکان مورد نظر تعیین شـد. کل اراضـی محصـولات زراعی آبی شـازند حدود ۱۸۷۱۲ هکتار است که گندم بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده است.



شکل ۲-۲- مکان‌های نمونه‌برداری

جهت انجام مطالعات اصلی با انجام تقسیم‌بندی کل منطقه مورد مطالعه به مناطق، بسته به کاربری‌های مختلف آن و با توجه به نتایج حاصل از مطالعات پایه از جمله پو شش گیاهی و گیاهان غالب در ارا ضی فـ ضای سبز (کاج)، زراعی (گندم)، باغی (گردو و بادام) و مراتع (چاودار کوهی و شـیرسـگ) نمونه‌های ریشـه، سـاقه و دانه جهت تعیین غلظت فلزات سنگین تهیه شد. هم‌چنین نمونه‌های خاک و آب نیز در تمامی مناطق مورد بررسی برداشت گردید. نمونه‌های خاک به آزمایشگاه منتقل شده و صـفات اسـیدیته خاک، هدایت الکتریکی، بافت خاک، کربن آلی، ماده آلی، نیترات و غلظت فلزات سـنگین تعیین شـدند. هم‌چنین اسـیدیته، هدایت الکتریکی و غلظت فلزات سـنگین در نمونه‌های آب نیز تعیین شد. نمونه‌برداری گیاه، خاک و آب بر اساس روش سیستماتیک تصادفی و منطقه مورد مطالعه به شـبکه‌های ۵×۵ کیلومتر مربع تقسـیم‌بندی شدند. با بررسی منطقه، مناطقی که شدت استفاده از زمین زیاد و یا کم بود فاصـله شـبکه ۲/۵×۲/۵ کیلومتر مربع برای نمونه‌برداری انتخاب شـدند. نمونه‌گیری مرکب از عمق صـفر تا ۳۰ سـانتی‌متری خاک و با توجه به نقاط نمونه‌برداری خاک، نمونه محصول برداشت شدند. بدین معنی که نمونه گیاه با خاک جفت گردد. عصاره‌گیری برای تعیین غلظت فلزات سـنگین در خاک نیز با روش هضـم HC1 و HNO_2 انجام گرفت (بورت و همکاران، ۲۰۰۳). غلظت عناصـر سـنگین از جمله کادمیوم، سـرب، مس، کبالت و کروم موجود در نمونه‌ها با اسـتفاده از دستگاه جذب اتمی و کوره گرافیتی[3] اندازه‌گیری شدند (لی[4] و همکاران، ۲۰۰۶). به همین منظور تعداد ۱۰ نمونه (یک کیلوگرم نمونه) به صورت تصادفی و در دو مرحله برداشت شد، در هر بار نمونه‌برداری نیز تعداد ۱۰ برداشـت صـورت گرفت و برای ایجاد یک نمونه با هم مخلوط و در کیسه‌های کاغذی قرار داده و به آزمایشگاه منتقل شدند.

نمونه‌برداری برای گیاهان از محیط اطراف در فصـل بهار و تابسـتان انجام گرفت. نمونه‌ها از اندام خوراکی برداشت و با آب مقطر شست‌وشو داده شدند. سپس در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند، تا به وزن ثابت برسند. نمونه‌ها پس از خشک شدن با استفاده از آسیاب برقی با محفظه تمام استیل آسیاب و نمونه‌های آسیاب شده تا زمان عصاره‌گیری در ظروف پلاستیکی که قبلا با اسید رقیق شسته شده نگهداری شدند. دو گرم از هر نمونه توزین شده و به‌منظور تعیین غلظت فلزات سـنگین از جمله کادمیوم، سـرب، مس، کبالت و کروم موجود در نمونه‌ها با روش اکسـیداسـیون تر توسـط HNO_2 و H_2O_2 هضم (دمیراک و همکاران، ۲۰۰۶) و توسط دستگاه‌های جذب اتمی و کوره گرافیتی اندازه‌گیری شدند (لی و همکاران، ۲۰۰۶).

- **هضم خاک**

در این روش ابتدا نمونه‌های خاک در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت در داخل آون قرار گرفتند تا در صورت وجود رطوبت در نمونه‌های خاک، نمونه‌ها خشک شوند. سپس حدود ۰/۵ گرم از هر نمونه خشک شده خاک را با ترازوی رقومی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم (مدل AAA 250L شرکت Adam Equipment انگلستان) وزن شد و در داخل لوله‌های هضم ریخته شد، و برای هضم شیمیایی نمونه‌ها از ترکیب اسیدنیتریک و اسید پرکلریک استفاده شد. به‌منظور هضم اسیدی نمونه‌ها، ابتدا مقدار ۰/۵ گرم از نمونه‌های آماده شده توزین و داخل لوله‌های هضم ریخته شد و به مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از ترکیب ۱:۴ اسیدنیتریک و اسید پرکلریک به نمونه‌ها اضافه شد و لوله‌های هضم را به‌مدت یک ساعت داخل دستگاه هاضم با درجه ۸۰ درجه سانتی‌گراد و سه ساعت درجه‌حرارت ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد قرارداده شدند تا عمل هضم انجام پذیرد (یاپ[5] و همکاران، ۲۰۰۸؛ کرمانی[6] و همکاران، ۲۰۲۰). پس از اتمام مراحل هضم، محلول با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ و قیف پلی‌اتیلنی در بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری صاف گردیده و نهایتا با استفاده از آب دیونیزه، حجم محلول به ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. در ادامه برای اندازه‌گیری مقدار عناصر مورد مطالعه از دستگاه جذب اتمی (مدل HP-4500 ساخت ایالات‌متحده)، مجهز به اتوسمپلر Asx-520 استفاده گردید. تمام ظروف مورد استفاده، از قبل به مدت ۲۴ ساعت در اسید نیتریک پنج درصد قرارداده شد سپس با آب مقطر شست‌وشو و خشک گردیدند. در نهایت میزان عناصر مورد مطالعه با استفاده از رابطه زیر محاسبه شدند:

$$M\left(\frac{\mu g}{g}\right)=\frac{(C\times V)}{W}\times A \qquad (۱)$$

- **هضم گیاه**

به‌منظور هضم شیمیایی نمونه‌های گیاهی از اسیدنیتریک ۶۵ درصد با خلوص بالا استفاده شد. برای این کار ابتدا مقدار ۰/۵ گرم از گیاه خشک

1- GPS
2- Google Earth
3- ICP-AES
4- Li
5- Yap
6- Kermani

پودر شده هر نمونه را توزین و داخل یک لوله‌های هضم قرار داده شد و به میزان هشت میلی‌لیتر اسیدنیتریک ۶۵ درصد به آن اضافه گردید. سپس به‌مدت ۱۲ ساعت در دمای اتاق نگهداری شد. بعد از ۱۲ ساعت و هضم اولیه و تخریب ساختار آلی نمونه‌های گیاهی، لوله‌های هضم را به‌مدت یک ساعت بر دستگاه هضم کننده در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد و حدود ۲ تا ۳ ساعت دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد قرارداده شدند تا عمل هضم انجام شود. پس از اتمام مراحل هضم، محلول با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ و قیف پلی اتیلنی در بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری صاف گردیده و درد نهایت با استفاده از آب دیونیزه حجم محلول به ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. در ادامه برای اندازه‌گیری مقدار عناصر مورد مطالعه از دستگاه جذب اتمی (مدل HP-4500 ساخت ایالات متحده)، مجهز به اتوسمپلر Asx-520 استفاده گردید. تمام ظروف مورد استفاده، از قبل به مدت ۲۴ ساعت در اسید نیتریک ۵ درصد قرارداده شد سپس با آب مقطر شستشو و خشک گردیدند. در نهایت غلظت عناصر و فلزات سنگین با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$M\left(\frac{\mu g}{g}\right)=\frac{(C\times V)}{W}\times A \qquad (۲)$$

که M؛ بیانگر غلظت نهایی عناصر نمونه براساس میکروگرم بر گرم، C؛ بیانگر غلظت بدست آمده از دستگاه برحسب میکروگرم بر لیتر، V؛ بیانگر حجم نهایی نمونه بر حسب لیتر (۰/۰۲۵ لیتر)، w بیانگر وزن نمونه اولیه برای هضم اسیدی بر حسب گرم و A؛ بیانگر ضریب رقت است.

- شاخص‌های ارزیابی اکولوژیک

برای محاسبه ریسک اکولوژیک لازم است عوامل سمیت و پتانسیل ریسک اکولوژیک فلزات سنگین در مناطق مورد مطالعه محاسبه گردد. ضریب تجمع فلزات سنگین در خاک هر منطقه شرایط واقعی آلودگی و برخی اطلاعات بار آلودگی فلزات سنگین، ناشی از فرایندهای صنعتی شدن را نمایان می‌کند. شاخص پتانسیل خطر اکولوژیکی برای ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در خاک (لو و همکاران، ۲۰۱۵) و همچنین مربوط ساختن تاثیرات اکولوژیکی و محیطی با سمیت زایی آنها توسط معادله-های ارائه شده تعیین می‌گردد (کیو[1]، ۲۰۱۰؛ ال-انبری[2] و همکاران، ۲۰۱۵).

$$P_i=\frac{C^i}{C_{ref}} \qquad (۳)$$

P_i[3]؛ شاخص آلودگی یک فلز سنگین (i) و کیفیت خاک مناطق مورد مطالعه را ارزیابی و منعکس کننده آلودگی در اندیکاتورهای محیطی می-باشد. C_i؛ میانگین غلظت فلزات سنگین در نمونه. حداقل از پنج نقطه نمونه برداری شود. C_{ref}؛ مقادیر معیار ارزیابی و مرجع (میلی گرم بر کیلوگرم):

$$Er=Tr\times Pi \qquad (۴)$$

E_r[4]؛ ضریب ریسک اکولوژیکی بالقوه برای یک فلز سنگین. T_r؛ فاکتور واکنش سمیت یک فلز سنگین (رفرنس) که منعکس کننده سطوح سمیت و حساسیت موجود زنده به آن می‌باشد (روانخواه و همکاران، ۲۰۱۶). RI[5]؛ شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیکی برای کل فلزات سنگین که حساسیت مناطق مورد مطالعه را به آلودگی فلزات سنگین و پتانسیل خطر اکولوژیکی و واکنش محیط را نشان می‌دهد (کیو و همکاران، ۲۰۱۰؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۳):

$$RI=\sum_{i=1}^{n}Er \qquad (۵)$$

کلاس‌های استاندارد شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیکی برای RI کمتر از ۱۵۰ نشان دهنده ریسک اکولوژیک پایین، RI بین ۱۵۰ تا ۳۰۰ نشان دهنده ریسک اکولوژیک متوسط، RI بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ نشان دهنده ریسک اکولوژیک بالا و RI بالای ۶۰۰ نشان دهنده ریسک اکولوژیک خیلی بالا می‌باشد.

در نهایت جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و مقایسه با استانداردهای هر گروه از نرم‌افزارهای ساس و اس‌پی‌اس‌اس[6] استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

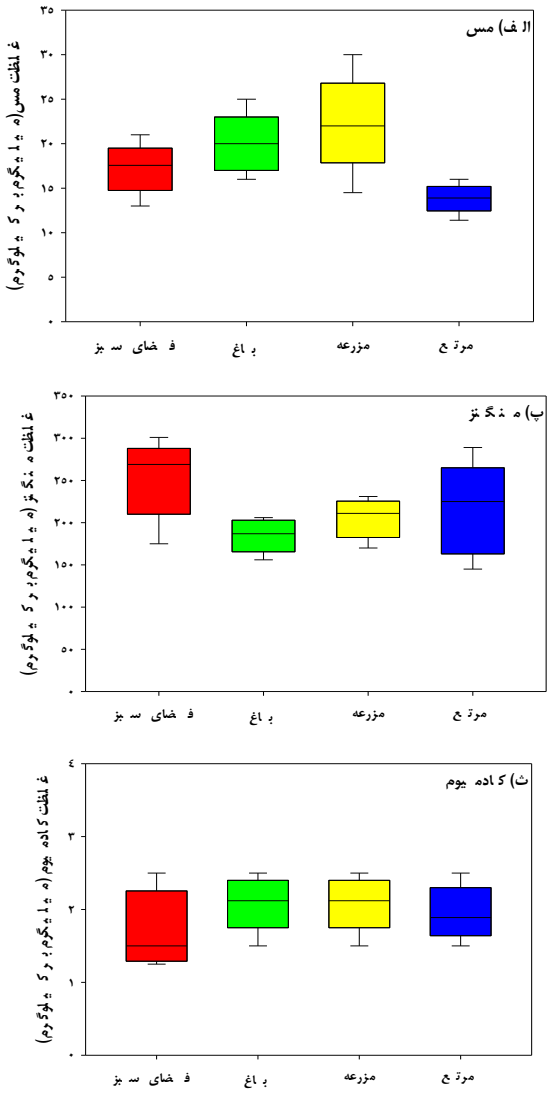
- وضعیت عناصر در خاک

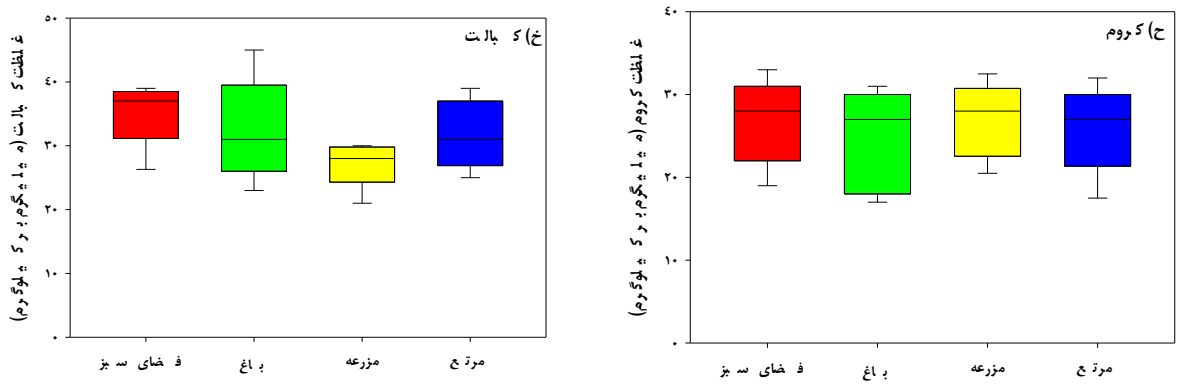
غلظت عناصر مس، روی، منگنز، آهن، کادمیوم، سرب، کروم و کبالت در نمونه‌های خاک اراضی فضای سبز، باغ، مزرعه گندم و مرتع در شکل ۱-۳، آمده است. بر اساس نتایج میزان فلزات در نمونه‌های خاک فضای سبز برای مس بین ۱۳ تا ۲۱، روی بین ۵۱ تا ۶۵، منگنز بین ۱۷۵ تا ۳۰۱، آهن بین ۸۰۵ تا ۱۰۰۵، کادمیوم بین ۱/۵ تا ۲/۵، سرب بین ۳/۵ تا ۱۷/۵، نیکل بین ۴۵ تا ۷۸ ، کروم بین ۱۹ تا ۳۳ و کبالت بین ۲۶/۳ تا ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد. در مقایسه با نتایج با حد مجاز سازمان محیط‌زیست ایالات‌متحده (۲۰۰۰) ذکر شده می‌توان چنین تفسیر کرد که غلظت عناصر کادمیوم، نیکل، کروم و کبالت در فضای سبز از حد مجاز ذکر شده فراتر بوده و محدودیت دارند. در مقایسه نتایج با سایر حدود مجاز ذکر شده، تنها عنصر سرب و کادمیوم از دامنه غلظت معمول فراتر بوده و عنصر کادمیوم در محدود غلظت بحرانی قرار دارد. هم‌چنین میزان فلزات در نمونه‌های خاک اراضی باغی برای مس بین ۱۶ تا ۲۵، روی بین ۵۵ تا ۷۹، منگنز بین ۱۵۶ تا ۲۰۶، آهن بین ۱۱۵۰ تا ۱۶۹۳، کادمیوم بین ۱/۵ تا ۲/۵، سرب بین ۲۶ تا ۷۶، نیکل بین ۶۳ تا ۸۸ ، کروم بین ۱۷ تا ۳۱ و کبالت بین ۲۳ تا ۴۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد. بنابراین بر اساس نتایج غلظت فلزات در نمونه‌های خاک اراضی باغی و در مقایسه با نتایج با حد مجاز سازمان محیط‌زیست ایالات متحده (۲۰۰۰) می‌توان چنین تفسیر کرد که عناصر کادمیوم، نیکل، کروم و کبالت از حد مجاز ذکر شده فراتر بوده و محدودیت دارند. در مقایسه نتایج با سایر حدود مجاز، تنها عنصر سرب و کادمیوم از دامنه غلظت معمول

1- Qiu
2- Al-Anbari
3- Single pollution index
4- Single-potential ecological risk coefficient
5- Comprehensive-potential ecological risk index
6- SAS and SPSS

فراتر بوده و عنصر کادمیوم در محدود غلظت بحرانی قرار دارد (شکل ۳-۱).

میزان فلزات در نمونه‌های خاک مزارع گندم برای مس بین ۱۴/۵ تا ۳۰، روی بین ۶۳/۶ تا ۷۲/۴، منگنز بین ۱۷۳ تا ۲۳۱، آهن بین ۴۴۵ تا ۷۱۱، کادمیوم بین ۱/۵ تا ۲/۵، سرب بین ۱/۵ تا ۳، نیکل بین ۴۴ تا ۵۶/۸ ، کروم بین ۲۰/۵ تا ۳۲/۵ و کبالت بین ۲۱ تا ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد. مقایسه غلظت فلزات در نمونه‌های خاک اراضی گندم با نتایج حد مجاز سازمان محیط‌زیست ایالات‌متحده (۲۰۰۰) نشان داد که عناصر کادمیوم، نیکل، کروم و کبالت از حد مجاز ذکر شده فراتر بوده و محدودیت دارند. تنها عنصر کادمیوم از دامنه غلظت معمول فراتر بود، ولی در محدوده‌ی غلظت بحرانی قرار نداشت. هم‌چنین میزان فلزات در نمونه های خاک مراتع برای مس بین ۱۱/۴ تا ۱۶، روی بین ۵۶ تا ۱۰۸، منگنز بین ۱۴۵ تا ۲۸۹، آهن بین ۸۵۰ تا ۱۱۵۳، کادمیوم بین ۲ تا ۴/۵، سرب بین ۵ تا ۲۵، نیکل بین ۳۰ تا ۶۴ ، کروم بین ۱۷/۵ تا ۳۲ و کبالت بین ۲۵ تا ۳۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد. غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های خاک اراضی مراتع و در مقایسه نتایج با حد مجاز سازمان محیط‌زیست ایالات متحده (۱۹۹۹) نشان داد که عناصر کادمیوم، نیکل، کروم و کبالت از حد مجاز ذکر شده فراتر بوده و محدودیت دارند. تنها عنصر کادمیوم و سرب از دامنه غلظت معمول فراتر بود، ولی در محدوده‌ی غلظت بحرانی قرار نداشتند (شکل ۳-۱).

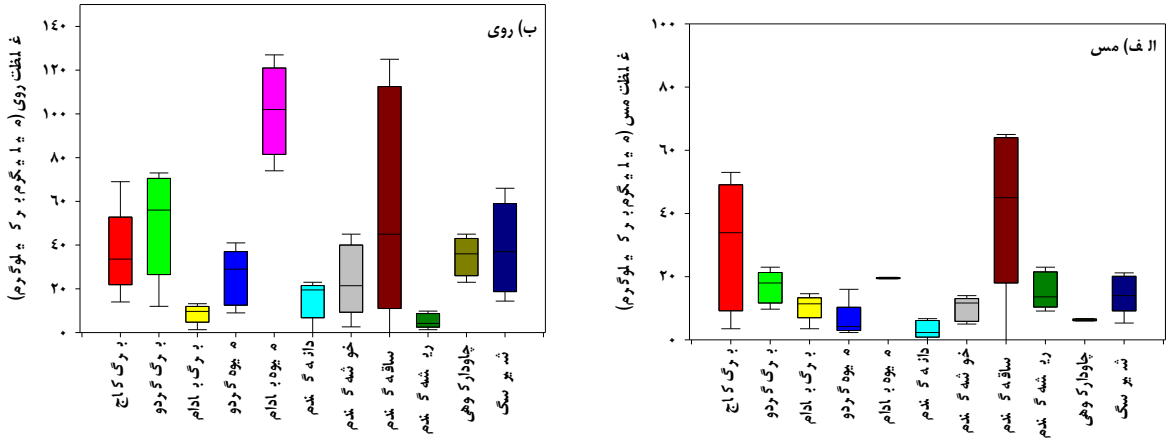


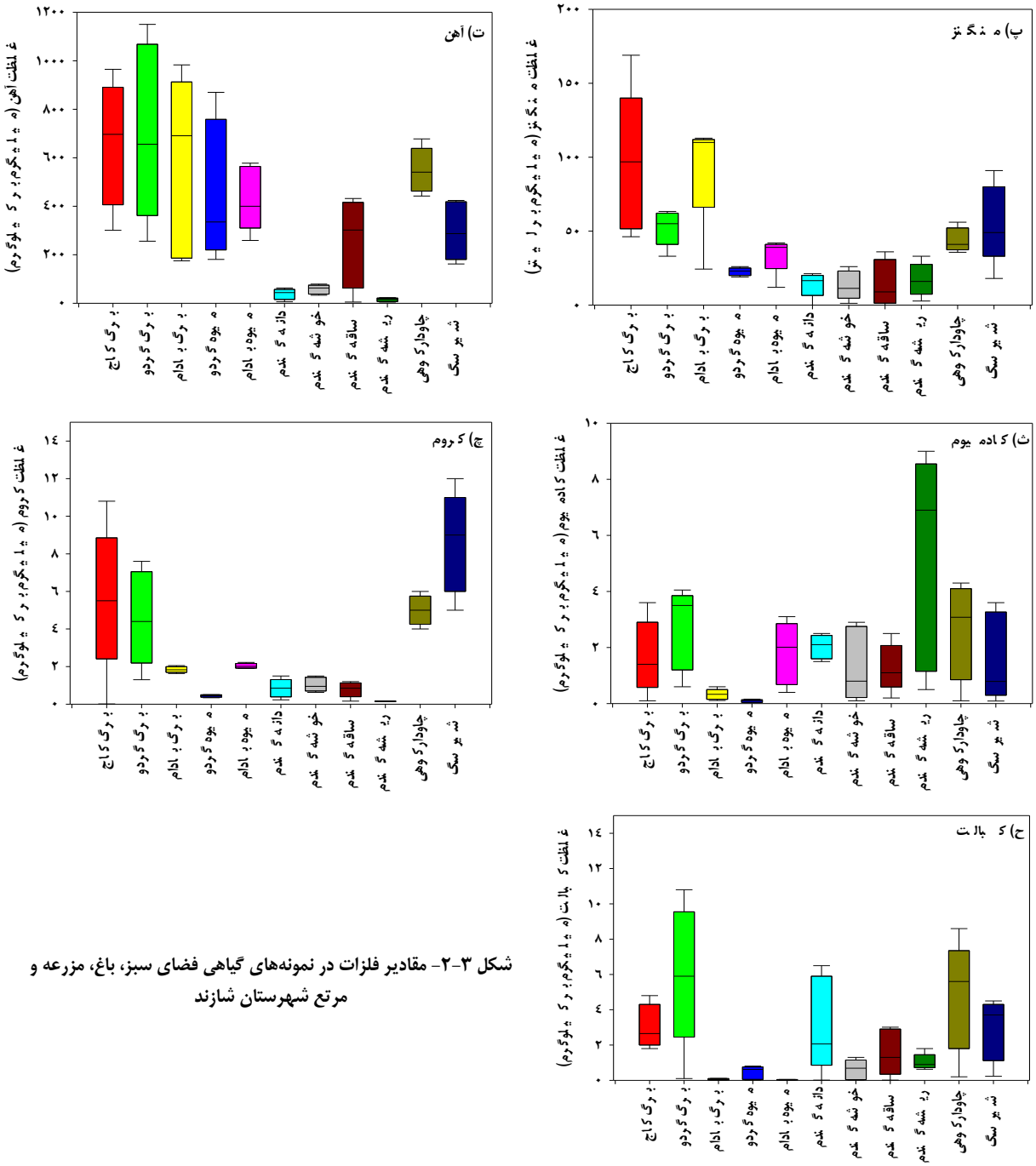


شکل ۳-۱- مقادیر فلزات در نمونه‌های خاک فضای سبز، باغ، مزرعه و مرتع شهرستان شازند

- **وضعیت عناصر در گیاهان**

در بررسی غلظت عناصر سنگین در برگ کاج طبق داده‌ها و حدود مجاز مشخص گردید که غلظت مس، کبالت، کادمیوم، منگنز و کروم از حد مجاز فراتر بوده و تنها غلظت عناصر مس، منگنز و کروم در دامنه غلظت بحرانی قرار داشت. برای غلظت عنصر آهن حد مجاز ذکر نشده، اما غلظت آن در نمونه‌ها بالا گزارش شد. بر اساس مقادیر غلظت عناصر در اراضی باغی مشخص گردید که غلظت مس، کبالت، کادمیوم، منگنز و کروم از حد مجاز فراتر بوده و تنها غلظت عناصر مس، منگنز و کروم در دامنه غلظت بحرانی قرار دارد. افزایش این غلظت به جذب عناصر فوق از محیط از جمله خاک و هوا ارتباط می‌یابد. برای غلظت عنصر آهن حد مجاز ذکر نشده، اما غلظت آن در نمونه‌ها بالا گزارش شد. همچنین غلظت فلزات سنگین در میوه گردو کمتر از حد معمول گزارش گردید. در بررسی غلظت عناصر در میوه بادام مشخص گردید که تنها غلظت کروم، کبالت و کادمیوم از حد معمول فراتر بود، اما در دامنه غلظت بحرانی قرار نداشت (شکل ۳-۲). در بررسی غلظت عناصر در دانه گندم مشخص گردید که غلظت عناصر کبالت و کروم از حد مجاز فراتر بوده، ولیکن در دامنه غلظت بحرانی قرار نداشتند. کادمیوم نه‌تنها از حد معمول فراتر بوده بلکه وارد حد بحرانی شده است. هم‌چنین فقط غلظت مس و روی در خوشه گندم از حد مجاز آن فراتر بود و در دامنه غلظت بحرانی قرار داشتند. هرچند غلظت عناصر کروم، کبالت و کادمیوم از حد معمول فراتر بود، اما در دامنه غلظت بحرانی قرار نداشتند. بر اساس نتایج غلظت عناصر در ساقه گندم مشخص شد که تنها غلظت کروم، کبالت و کادمیوم از حد معمول فراتر بوده، اما در دامنه غلظت بحرانی قرار نداشتند. هیچ یک از عناصر مورد بررسی به‌جز کبالت در ریشه گندم در دامنه غلظت بحرانی قرار نداشتند (شکل ۳-۲). در بررسی غلظت عناصر سنگین در چاودارکوهی در اراضی مرتعی مشخص گردید که غلظت کبالت، کادمیوم و کروم در این گیاه از حد مجاز فراتر بود، ولیکن در دامنه غلظت بحرانی قرار نداشت. در این بین کبالت نه‌تنها از حد معمول فراتر بود، بلکه وارد حد بحرانی شده بود. غلظت عناصر در گیاه شیرسگ نشان داد که تنها غلظت کروم، کبالت و کادمیوم از حد معمول فراتر بود، اما فقط عنصر کروم در دامنه غلظت بحرانی قرار داشت (شکل ۳-۲). این افزایش غلظت عناصر به جذب عنصر مذکور از محیط از جمله خاک و هوا ارتباط دارد.





شکل ۳-۲- مقادیر فلزات در نمونه‌های گیاهی فضای سبز، باغ، مزرعه و مرتع شهرستان شازند

- شاخص اکولوژیک ارزیابی خطر در خاک

بر اساس تعریف علمی ارزیابی خطر فرآیندی است که طی آن، احتمال و بزرگی خسارت، هدررفت یا آسیب ناشی از یک خطر و تهدید بالقوه سلامتی تخمین زده می‌شود (سازمان جهانی حفاظت محیط‌زیست، ۱۹۹۲). نتایج شاخص خطر اکولوژیک نشان داد که در تمام خاک‌ها نمونه برداری شده میزان شاخص کمتر از ۱۵۰ محاسبه گردید که نشان دهنده ریسک اکولوژیک پایین عناصر اندازه‌گیری شده در خاک نمونه گیری شده می‌باشد. بعلاوه بنابر نتایج جدول ۳-۱ برای شاخص ارزیابی خطر به‌ترتیب بیشترین مقادیر در خاک مراتع، باغات، اراضی گندم و فضای سبز بدست آمد. بنابراین تبدیل اراضی به فضای سبز می‌تواند در آینده این اراضی نقش مهمی داشته باشد و مانع طبیعی در انتقال آلاینده‌ها (فلزات سنگین) به سایر بخش‌های زراعی، باغی و مرتع گردد. مطالعه ناظمی و همکاران (۱۳۸۹) درباره میزان عناصر آرسنیک، کروم، کادمیم، سرب و روی در اراضی حومه شهر شاهرود در استان سمنان نشان داد که میانگین غلظت کروم، سرب و کادمیم در گیاهان به‌ویژه سبزیجات بیش از استاندارد ارایه شده توسط سازمان جهانی بهداشت و سازمان خواروبار جهانی برای گیاهان گزارش شد. بر اساس نتایج ایشان پساب‌های شهری

و صنعتی علت اصلی آلودگی گیاهان حومه شهر شاهرود به فلزات سنگین بوده است.

جدول ۳-۱- مقادیر ارزیابی خطر در خاک اطراف صنایع مهم شهرستان شازند

شاخص‌ها	فضای سبز	باغات	مزارع گندم	مراتع
ارزیابی خطر	۳۳/۳۹۸	۴۶/۴۵۶	۴۱/۹۶۹	۴۷/۱۹۸

- شاخص اکولوژیک ضریب انتقال در گیاهان

با توجه به نتایج غلظت عناصر مورد بررسی در این پژوهش شاخص اکولوژیک ضریب انتقال از خاک برای اندام‌های مختلف در گیاهان تعیین گردید (جدول ۳-۲). براساس نتایج ضریب انتقال میزان منگنز و کادمیوم بیشتر از یک اندازه گیری شده و این نتایج نشان دهنده تجمع زیستی این فلزات از خاک به گیاه می‌باشد و در خصوص بقیه فلزات اندازه‌گیری شده این میزان کمتر از یک محاسبه شد. بر همین اساس ضریب انتقال در گیاهان دائمی و مرتعی بیشتر از گندم در منطقه مورد بررسی گزارش گردید. دلیل این موضوع وجود دائمی این گیاهان در منطقه بود. نکته قابل توجه دیگر تجمع این عناصر در دانه یا میوه گیاهان بود که بیش از سایر اندام‌های گیاه مشاهده گردید (جدول ۳-۲). در پژوهش کاظم‌زاده‌خویی و همکاران (۱۳۹۱) مشخص گردید که کلیه گیاهان دارای مقادیر متفاوتی از فلزات سنگین بودند و از ۱۴ گونه گیاهی مطالعه شده، پیاز بالاترین محتوای اغلب فلزات سنگین را نشان داد. در مطالعه بهمدی و همکاران (۱۳۹۸) روی بررسی غلظت کل فلزات سنگین سرب، جیوه، کادمیوم، آرسنیک و کروم در اندام‌های مختلف (ریشه، ساقه، برگ و بذر) گیاه سالیکورنیاپرسیکا آخانی رویش یافته در دشت نمک مرد آباد کرج مشخص گردید، الگوی تجمع فلزات در ریشه Cr>Pb>Hg>Cd>As، در ساقه Cr>Pb>Cd>As>Hg ، در برگ Pb>Cr>As>Cd>Hg و در بذر Pb>As>Cr>Cd>Hg تعیین شد. ضریب تجمع زیستی برای تمامی فلزات سنگین در اندام‌های مختلف سالیکورنیا در محدوده صفر تا ۰/۲۹ بدست آمد. ذوفن و همکاران (۱۳۹۵) بیان کردند در گیاه پنیرک رشد یافته در اطراف صنایع فولاد سازی اهواز مقادیر تجمع زیستی عنصر روی برای ریشه بیشتر از یک اندازه‌گیری شد که نشان دهنده تاثیر محیط بر میزان این عنصر تجمع یافته در گیاه می‌باشد.

جدول ۳-۲- مقادیر ضریب انتقال (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در گیاهان اطراف صنایع مهم شهرستان شازند

نمونه گیاهی	مس	روی	منگنز	آهن	کادمیوم	کروم	کبالت
فضای سبز	۰/۲۴۳	۰/۱۱۱	۷/۰۶۵	۰/۰۱۷	۹۳/۳۳	۰/۳۲۳	۰/۴۳۶
برگ گردو	۰/۲۲۱	۰/۳۰۷	۴/۰۱	۰/۰۱۴	۳۵۳/۳۲	۰	۰/۱۷۸
میوه گردو	۰/۲۶۱	۰/۱۱۹	۱/۵۳۱	۰/۰۰۷	۶	۰	۰/۰۱۸
برگ بادام	۰/۱۸۶	۰/۰۶۱	۸/۰۹۳	۰/۰۲۰	۲۶/۶۶	۰	۰/۰۷۴
میوه بادام	۰/۳۱۸	۰/۶۶۷	۲/۷۱۹	۰/۰۱۲	۱۷۳/۳۳	۰/۰۷۷	۰
دانه گندم	۰/۰۳۷	۰/۱۰۱	۱/۲۰۳	۰/۰۰۰۵	۱۷۳/۳۳	۰/۰۲۱	۰/۰۶۸
خوشه گندم	۰/۱۹۷	۰/۱۶۰	۰/۸۲۳	۰/۰۰۰۹	۱۶۶/۶۹	۰/۰۲۹	۰/۰۵۲
ساقه گندم	۰/۵۸۷	۰/۱۶۴	۰/۶۴۸	۰/۰۰۲	۱۲۰	۰/۰۳۲	۰/۱۲۵
ریشه گندم	۰/۲۲۱	۰/۰۲۶	۰/۸۷۵	۰/۰۰۰۳	۰	۰/۰۰۵	۰/۰۴۴
چاودار کوهی	۰/۱۰۶	۰/۲۶۹	۳/۵	۰/۰۱۱	۱۰۶/۶۶	۰/۱۹۲	۰/۱۳۷
شیرسگ	۰/۲۱۲	۰/۲۷۷		۰/۰۰۶	۳۳/۳۳	۰/۲۶۹	۰/۱۴۹

٤-نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر گسترش فعالیت‌های صنعتی و به‌ویژه نفتی و فلزی در اطراف کلان‌شهرها همراه با افزایش آلودگی در هوا، آب و خاک، غلظت فلزات سنگین را در محیط زیست و هم‌چنین مواد غذایی افزایش داده است (سوروچی و خوانا[1]، ۲۰۱۱). مصرف منظم مواد غذایی آلوده به این فلزات در مقادیر کم هم می‌تواند منشا پیدایش عوارض نامطلوب مسمومیت به این فلزات سمی باشد (گوپتا[2] و همکاران، ۲۰۱۳). متاسفانه هر ساله بیش از یک سوم افراد کشورهای تو سعه یافته به بیماری‌های ناشی از مواد غذایی گرفتار می‌شوند. با توجه به این مساله و نیز ماهیت بین‌المللی اهمیت روز افزون غذا، در سال‌های اخیر، توجه عموم مردم و سازمان‌های نظارتی در بخش غذا به‌ویژه سازمان تجارت جهانی به‌صورت جدی به ایمنی غذا و تضمین کیفیت آن معطوف گشته است. بنابراین زنجیره ایمنی غذا در کشور، باید در سفره خانواده تعیین شود. بر اساس نتایج به‌دست آمده:

1- Suruchi and Khana

2- Gupta

– در برگ کاج غلظت عناصـــر مس، کبالت، کادمیوم، منگنز و کروم از حد مجاز فراتر بود و تنها غلظت عناصـــر مس، منگنز و کروم در دامنه غلظت بحرانی قرار داشت.

– در برگ گردو غلظت عناصـــر مس و کروم از حد مجاز فراتر بود و در دامنه غلظت بحرانی قرار داشـــت، اما غلظت کادمیوم و کبالت از حد معمول فراتر بود. در برگ بادام غلظت کروم و کبالت از حد معمول فراتر بود.

– در میوه بادام غلظت عناصـــر کروم، کبالت و کادمیوم از حد معمول فراتر بود، اما در دامنه غلظت بحرانی قرار نداشت.

–در بررسی غلظت عناصر در دانه گندم مشخص گردید غلظت عناصر کروم و کبالت از حد مجاز آن فراتر بود، اما در دامنه بحرانی قرار نداشت.

– در گیاهان چاودارکوهی و شـــیرســـگ غلظت عناصـــر مس، کبالت، کادمیوم و کروم از حد مجاز آن فراتر بود و در دامنه بحرانی قرار داشتند. هرچند در چاودارکوهی غلظت عنصـر کروم از حد معمول آن در گیاهان بالاتر بوده و در محدوده بحرانی قرار داشت.

– مقادیر ضـــریب انتقال به‌ترتیب در خاک مزارع گندم و خاک مراتع بالاتر از خاک باغ و فضـــای ســـبز مشـــاهده گردید. هم‌چنین شـــاخص ارزیابی خطر به‌ترتیب در خاک مراتع و باغات بالاتر از اراضـــی گندم و فضای سبز به‌دست آمد.

منابع

- اسماعیلی ساری ع (۱۳۸۱) . آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست. انتشارات نقش مهر، تهران:.
- امینی م و فرقانی ا. بررسی آلودگی نیکل در برگ درختان چنار حاشیه خیابان‌ها و خاک‌های سطح شهر رشت. فصلنامه مدیریت خاک و تولید پایدار، دوره ۵، شماره ۱: ۹۹-۹۳.
- بهمدی ه، خوش خلق س، شواخی ف، معدنی ص، زمردی شه (۱۳۹۸). بررسی الگوی تجمع فلزات سنگین، ضرایب تجمع زیستی و انتقال در اندام های مختلف گیاه سالیکورنیا-(Akhani Salicornia persica) منطقه دشت نمک مردآباد کرج. تحقیقات مهندسی صنایع غذایی. دوره ۱۸، شماره ۶۶: ۳۳-۴۶.
- تبریزی‌آزاد م و محسنی‌بندپی ا (۱۳۹۷). بررسی مدیریت پسماند در بیمارستانهای آموزشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی. پژوهش در بهداشت محیط، دوره ۴، شماره ۲: ۱۳۹-۱۲۹.
- سلیمان‌پورعمران م و عربی ح (۱۳۹۷). رابطه بین سواد سلامت با سبک زندگی ارتقا دهنده سلامت و رفتار زیست محیطی. مجله علمی پژوهشی مطالعات توسعه اجتماعی فرهنگی، دوره ۶، شماره ۴: ۲۱۶-۱۹۱.
- کاظمی ا (۱۳۹۷). کاربری اراضی شهرستان شازند. گزارش فنی، دانشگاه اراک، ایران، ۱۲۳.
- مشکینی ا، گروسی ع ر و توکلی‌نغمه م (۱۳۹۶). تحلیل فضایی مناطق شهری قم به‌منظور احداث پروژه مسکن اجتماعی با تاکید بر روش تحلیل سلسله مراتبی. جغرافیای اجتماعی شهری، دوره ۴، شماره ۲: ۱۴۹-۱۲۹.
- منصوری ن و عظیمی حسینی ش (۱۳۹۵). فلزات سنگین در محیط زیست. انتشارات حک، تهران.
- ناظمی س و خسروی ا (۱۳۸۹). بررسی وضعیت فلزات سنگین در خاک، آب و گیاه اراضی سبزیکاری. فصلنامه دانش و تندرستی، دوره۵، شماره ۴: ۳۱-۲۷.
- ذوفن پ، شیرالی پور ن، رستگارزاده س. (۱۳۹۵). بررسی جذب و تجمع روی در پنیرک: جمعیتی جمع آوری شده از مناطق اطراف صنایع فولادسازی اهواز. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی. دوره ۵، شماره ۱۵: ۵۶-۴۳.

- Al-Anbari R, Al-Obaidy A, Abd Ali F. (2015). Pollution loads and ecological risk assessment of heavy metals in the urban soil affected by various anthropogenic activities. International Journal of Advanced Research, 3(2): 104-110.
- Boamponsem L.K, Adam J.I, Dampare S.B, Nyarko B.J, Essumang D.K. (2010). Assessment of atmospheric heavy metal deposition in the Tarkwa gold mining area of Ghana using epiphytic lichens. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 268(9): 1492-1501.
- Burt R, Wilson M.A, Mays M.D.S. (2003). Major and trace elements of selected pedons in the USA. Journal of Environmental Quality, 32: 2109-2121.
- Demirak A, Yilmaz A.L, Ozmdemir N. (2006). Heavy metals in water, sediment and tissues of Leuciscus cephalus from a stream in southwestern Turkey. Chemosphere, 63: 8-1451.
- Gupta S, Jena V, Jena S, Davic N, Matic N, Radojevic D and Solanki J.S. (2013). Assessment of heavy metal contents of green leafy vegetables. Croatian Journal of Food Science and Technology, 5 (2): 53-60.
- Kermani M, Jafari A.J, Gholami, M, Fanaei F, Arfaeinia H. (2020). Association between meteorological parameter and PM2. 5 concentration in Karaj, Iran. International Journal of Environmental Health Engineering, 9(1): p.4.
- Li M.S, Luo Y.P. Su Z.Y. (2006). Heavy metal concentrations in soils and plant accumulation in a restored manganese mineland in Guangxi, South China. Environment Pollution, 147: 75-168.
- Lu S, Teng Y, Wang Y, Wu I, Wang J. (2015). Research on the ecological risk of heavy metals in the soil around a Pb–Zn mine in the Huize County, China. Chinese Journal of Geochemistry, 34(4):540–549.
- Qiu H. (2010). Studies on the Potential Ecological Risk and Homology Correlation of Heavy Metal in the Surface Soil. Journal of Agricultural Science, 2(2):194-201.

- Ravankhah N, Mirzaei R, Masoum S. (2016). Spatial Eco-Risk Assessment of Heavy Metals in the Surface Soils of Industrial City of Aran-o-Bidgol, Iran. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 96:516–523.
- Shahid M, Dumat C, Khalid S, Schreck E, Xiong T, Niazi N.K. (2017). Foliar heavy metal uptake, toxicity and detoxification in plants: A comparison of foliar and root metal uptake. Journal of hazardous materials, 325: 36-58.
- Suruchi A, Khanna P. (2011). Assessment of Heavy Metal Contamination in Different Vegetables Grown in and Around Urban Areas. Research Journal of Environment Toxicology, 5(3): 162-179.
- Turkyilmaz A, Sevik H, Isinkaralar K, Cetin, M. (2018). Using Acer platanoides annual rings to monitor the amount of heavy metals accumulated in air. Environmental monitoring and assessment, 190(10): 1-11.
- USEPA (US Environmental Protection Agency) (1992). Guidelines for exposure assessment. Available at http://www.epa.gov/ncea/pdfs/guidline.pdf.
- USEPA (US Environmental Protection Agency). 2000. Risk-based concentration table. Office of Health and Environmental Assessment, Washington DC, USA.
- Wang J, Liu W, Yang R, Zhang L, Ma J. (2013). Assessment of the potential ecological risk of heavy metals in reclaimed soils at an opencast coal mine. Disaster Advances, 6(3): 366-377.
- Yap C.K, Hatta Y, Edward F.B, Tan S.G. (2008). Distribution of heavy metal concentrations (Cd, Cu, Ni, Fe and Zn) in the different soft tissues and shells of wild mussels Perna viridis collected from BAGAN TIANG and KUALA KEDAH Malaysian. Applied Biology, 37(2):1-10.
- Yaylal-Abanuz G (2019). Application of multivariate statistics in the source identification of heavy-metal pollution in roadside soils of Bursa, Turkey. Arabian Journal of Geosciences, 12(12): 382.

Effects of heavy metal emitted by important industries of Shazand city on the surrounding environment

Mehdi Mazraeh Farahani[1], Saeed Sharafi[2*] and Ali Kazemi[2]

1. Student of Department of Environment Science and Engineering, Arak University
[*]2. Assistant Professor, Department of Environment Science and Engineering, Arak University
[*]Email Address: s-sharafi@araku.ac.ir

Abstract

Introduction

With the increase in population and the expansion of cities and their transformation into the heterogeneous population and social centers, various types of environmental pollution have been created, causing damage to the city and the excessive growth of cities. Therefore, with the increase in human activities along with the rapid expansion of urbanization in the past few decades, scientific monitoring of important industries is highly needed. When there are several pollutants in the air together, they stimulate each other's effect and have a more aggravating effect and finally multiply the damage caused to living beings, especially plants. In general, one pollutant may create the conditions for the impact of another pollutant, and in this situation, the organisms or the plant as a defenseless organism will be stressed, but which pollutant has the most significant impact on the organisms cannot be easily determined. Pollution in each of the water and soil sources is one of the serious problems that is inseparable from daily and modern civilization. According to international standards, heavy metals are known as the most dangerous group of contaminants created by humans due to their high toxicity and lethality, as well as their high persistence in the environment. Based on this, industries have a high pollution load, especially the release of suspended particles and heavy metals into the surrounding environment, which should be considered with special care in terms of their establishment and exploitation in order to avoid any risks and adverse effects on humans and other organisms. Therefore, the aim of this study was to investigate the environmental effects of the important industries of Shazand city on the surrounding environment.

Methodology

Shazand city is very important due to the presence of major industries such as gasoline refinery, petrochemical, and thermal power plant, being located on the west and south transit routes, and the national north-south railway line of the country. Therefore, this research was conducted with the aim of creating environmental concerns in the field of pollution caused by metals (including Cu, Zn, Mg, Fe, Cd, Pb, Cr, and Co) in the soil and plants within a five-kilometer radius of important industries in Shazand city. For this purpose, soil samples from a depth of 0-30 cm and plant samples from green areas (pine trees), fruit orchards (leaves and fruits of walnuts and almonds), wheat fields (including samples of roots, stems, leaves, and seeds), pastures (mountain rye (Secale montanum. L) and Euphorbia (Euphorbia helioscopia. L)) were prepared. From each of the tested ranges, 10 samples were selected and tested. A sampling of plants, soil, and water was done based on a random systematic method and the study area was divided into 5×5 km square grids. By examining the area, the areas where the intensity of land use was high or low, grid spacing of 2.5×2.5 square kilometers was selected for sampling. Extraction to determine the concentration of heavy metals in the soil was also done by HCl and HNO_2 digestion methods. The concentration of heavy elements was measured using an atomic absorption device and a graphite furnace.

Results

The test results showed that the concentration of Cd, Pb, Co, and Cr in all the studied soils was higher than the permissible limit. Also, the concentration of Fe, Cu and Cr, Cd, and Co in all plant samples of green spaces, gardens, and pastures was beyond the allowed concentration. Although the concentration of Cr and Co in wheat grain exceeded the permissible limit, they were not in the critical range. From the analysis of the concentration of elements in the soil of each vegetation cover, it was found that the highest values of the transfer coefficient were observed in the soil of wheat fields, pastures, orchards, and green spaces,

respectively. The concentration of elements in the soil of each vegetation cover was determined, and the highest ecological risk index was obtained in the soil of pastures, orchards, wheat fields, and green spaces, respectively. However, in all the sampled soils, the index value was calculated to be less than 150, which indicates the low ecological risk of the measured elements in the sampled soil. Based on the results, the transfer factor of manganese and cadmium was measured more than once, and these results indicate the bioaccumulation of these metals from soil to plants, and for the rest of the measured metals, this amount was calculated to be less than one. Based on this, it was reported that the transfer factor in gardens and pasture plants was higher than in wheat in the investigated area. The reason for this was the permanent presence of these plants in the region. Another noteworthy point was the accumulation of these elements in the seeds or fruits of plants, which was observed more than in other plant organs.

Conclusion

Due to the increasing importance of food, in recent years, the attention of the public and regulatory organizations in the food sector, especially the World Trade Organization, has been seriously focused on food safety and quality assurance. Based on the results obtained:

In pine leaves, the concentration of Cu, Co, Cd, Mn, and Cr elements exceeded the permissible limit, and only the concentration of Cu, Mg, and Cr elements was in the critical concentration range.

- In walnut leaves, the concentration of Cu and Cr elements exceeded the permissible limit and was in the critical concentration range, but the concentration of Cd and Co exceeded the normal limit. In almond leaves, the concentration of Cr and Co was higher than normal.

- In almond fruit, the concentration of Cr, Co and Cd elements was higher than normal, but it was not in the critical concentration range.

- In the investigation of the concentration of elements in wheat grain, it was found that the concentration of Cr and Co elements exceeded the permissible limit, but it was not in the critical range.

- The concentration of Cu, Co, Cd, and Cr elements in mountain rye and Euphorbia plants exceeded the permissible limits and were in the critical range. However, in mountain rye, the concentration of Cr element was higher than its normal level in plants and was in the critical range.

- The values of transfer factor were observed in the soil of wheat fields and pastures respectively higher than garden soil and green space. Also, the risk assessment index was obtained in the soil of pastures and orchards higher than wheat lands and green spaces, respectively.

Keywords

Agroecosystem; Ecological indicators; Green space; Heavy metal; Orchards; Transfer factor.