

## غلظت منگنز و نیکل در خاک و گونه‌های گیاهی در منطقه استقرار کارخانه ذوب آهن اصفهان

مهران هودجی\*<sup>۱</sup> و آزاده صدر ارحامی<sup>۲</sup>

۱- استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان

۲- عضو هیات علمی دانشگاه پیام نور پیربکران

تاریخ دریافت: ۸۶/۴/۳ تاریخ پذیرش: ۸۶/۱۰/۱۵

### چکیده

آلودگی منابع آب و خاک به فلزات سنگین ناشی از فرآیندهای تولید در کارخانجات ذوب فلز به دلیل ارتباط نزدیک آن با سلامت جوامع انسانی از اهمیت خاصی برخوردار است. در بین فلزات سنگین منگنز یکی از فراوان‌ترین فلزات و از عناصر ضروری برای گیاهان است. نیکل نیز در طول چند دهه به عنوان عنصر سمی به حساب می‌آید ولی اخیراً به عنوان یک عنصر غذایی کم مصرف مطرح شده است. هدف از این تحقیق تعیین غلظت منگنز و نیکل در خاک و گونه‌های گیاهی در منطقه اطراف کارخانه ذوب آهن اصفهان بوده است. در این تحقیق هفده ناحیه مجزا و پنجاه و چهار نقطه نمونه برداری تعیین گردید. در هر نقطه از ۴ لایه ۰-۵، ۵-۱۰، ۱۰-۲۰ و ۲۰-۴۰ سانتی‌متری نمونه برداری گردید و در مجموع تعداد ۲۱۶ نمونه خاک تهیه شد. غلظت منگنز و نیکل قابل استخراج با DTPA در نمونه‌های خاک اندازه‌گیری شد. همچنین غلظت این عناصر در اندام هوایی ۱۶۲ نمونه از ۱۳ نوع گونه گیاهی منطقه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که حد اکثر غلظت منگنز و نیکل در جنوب غربی و جنوب شرقی محل استقرار کارخانه بوده است (به ترتیب ۱۲۹ و ۴ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک در لایه‌های ۰-۵ و ۴۰-۲۰ سانتی‌متری خاک). بر اساس نتایج بدست آمده غلظت منگنز و نیکل در خاک منطقه از حداکثر مجاز تعیین شده برای خاک‌های کشاورزی (به ترتیب ۴۰۰ و ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) کمتر است. حداکثر غلظت منگنز در اندام هوایی مو (*Vitis vinifera*)، سنجد (*Elaeagnus angustifolias*) و برنج (*Oryza sativa*) به ترتیب ۲۷۲/۲، ۲۵۷ و ۲۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی بوده است که از حداکثر غلظت طبیعی منگنز در ماده خشک گیاهی (۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) کمتر است. حداکثر غلظت نیکل در اندام هوایی فریون (*Euphorbia spp.*) و مو (*Vitis vinifera*) به ترتیب ۳۴/۷ و ۲۲/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی بوده است که از حداکثر غلظت طبیعی نیکل در ماده خشک گیاهی (۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) کمتر است.

کلمات کلیدی: منگنز، نیکل، غلظت قابل استخراج با DTPA، کارخانه ذوب آهن اصفهان

## مقدمه

(۱۱) در یک تحقیق بین غلظت فلزات سنگین در خاک با غلظت این عناصر در دانه ذرت و گندم رابطه نزدیکی بدست آوردند. در این تحقیق نمونه های خاک و اندام هوایی ذرت و گندم از ۳۰ کشور مختلف جمع آوری و مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان دهنده وجود ارتباط نزدیک بین غلظت فلزات سنگین در خاک با غلظت این عناصر در گیاه بوده است. سیلانپا و جانسون اثر نوع گیاه را بر میزان جذب فلزات سنگین مورد تاکید قرار داده و گزارش نموده اند که تعداد کمی از فلزات سنگین خاک به وسیله اکثر گیاهان زراعی جذب می شوند (۲۸).

منگنز یکی از عناصر ضروری گیاهان است. حد کفایت این عنصر در بافت های گیاهی ۵۰۰-۱۰ و در برگ های بالغ ۵۰-۱۰ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی است. علائم مسمومیت این عنصر عموماً در خاک های با pH کمتر از ۵/۵ مشاهده می گردد. قابلیت استفاده منگنز با کاهش دمای خاک و افزایش مواد آلی خاک کم می شود (۲۷). غلظت طبیعی منگنز در گیاه ۱۰۰-۱۵ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی گزارش شده است. غلات، خانواده لگوم، سبب زمینی و کلم از جمله گیاهان حساس نسبت به مسمومیت منگنز می باشند (۲۴، ۱۹، ۲۲). در طول چند دهه نیکل به عنوان عنصر سمی به حساب می آمد. اخیراً به عنوان یک عنصر احتمالاً ضروری برای گیاه مورد توجه قرار گرفته است. به هر حال غلظت های زیاد نیکل می تواند سمی و مشکل ساز باشد (۲۷، ۱۵). حدود طبیعی غلظت نیکل در برگ های گیاهان ۱-۰/۱ و حداکثر غلظت این عنصر در برگ گیاهان ۳ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی است و غلظت بیش از ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی این عنصر برای گیاهان سمی است (۲۲، ۲۳). تجمع نسبی نیکل بیشتر در برگ گیاهان است. این عنصر به سادگی و به سرعت از طریق ریشه گیاه از خاک جذب شده و شدیداً در گیاه پویا

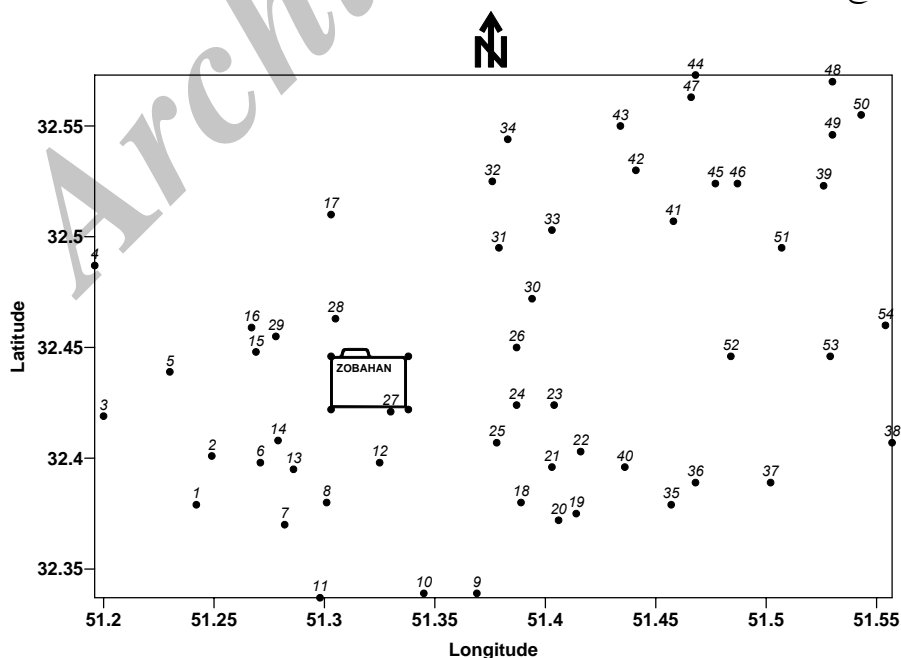
آلوده شدن منابع خاک به دلیل ارتباط نزدیک آن با تغذیه انسان و به خاطر دخالت مستقیم آن در تولید محصولات کشاورزی از نظر جنبه های زیست محیطی و سلامت جوامع انسانی بسیار حائز اهمیت است (۴، ۱). در خصوص آلوده شدن منابع خاک از طریق صنعت فولاد، بیشترین خطر آلودگی در محصولات کشاورزی مربوط به خروج فلزات سنگین به صورت گرد و غبار یا به همراه پساب از واحدهای مختلف تولید و ورود این عناصر به منابع خاک منطقه می باشد که آلوده شدن احتمالی لایه های سطحی خاک و امکان جذب این عناصر به وسیله محصولات کشاورزی را به همراه دارد (۲۶، ۵). منابع اصلی ورود غیر طبیعی فلزات سنگین به جو بیشتر شامل کارخانجات ذوب و تصفیه فلزات، کوره های احتراق زغال سنگ و زباله ها است که منجر به آلودگی منابع خاک در منطقه تاثیرپذیر از این کارخانجات می گردد (۳۱، ۲۵، ۱۶). میزان فلزات سنگین خاک به دلیل ورود انواع پس مانده های صنعتی و ضایعات کارخانجات مختلف روبه افزایش است (۱۸، ۷). تجمع برخی از فلزات سنگین با توجه به CEC خاک به وسیله لوگان و چینی مورد بررسی قرار گرفته است این بررسی ها نشان داده است که بارگیری فلزات سنگین در خاک با افزایش CEC خاک افزایش می یابد (۲۰). شکل های شیمیایی فلزات سنگین در بخش های مختلف طبیعت بسیار متفاوت است ولی عموماً انواع موجود در خاک و آب باعث بروز مسمومیت در موجودات زنده می شوند (۶). عموماً هر چه غلظت یک عنصر در خاک بیشتر شود، مقدار قابل دسترس آن عنصر برای گیاه افزایش می یابد (۱۹، ۱۴). غلظت فلزات سنگین در خاک های کشاورزی توسط لوگان و ترینا (۲۱) مورد بررسی قرار گرفته است. این بررسی ها نشان داد که غلظت برخی از این عناصر با پتانسیل ورود آنها به زنجیره غذایی همبستگی زیادی دارد. بیرو و بوردگ (۱۰) همچنین بینگهام و پریا

و در پست‌ترین نقطه ۱۶۵۰ متر بود. برای بررسی غلظت منگنز و نیکل در اراضی کشاورزی در منطقه تأثیرپذیر از فرآیندهای تولید در کارخانه ذوب آهن اصفهان، منطقه مورد مطالعه با در نظر گرفتن موقعیت کارخانه، شیب، جهت باد غالب (جنوب غربی - شمال شرقی) انتخاب گردید. سپس با استفاده از مطالعات خاکشناسی انجام شده در منطقه و نقشه‌های ارزیابی، طبقه‌بندی اراضی و رده‌بندی خاک که توسط موسسه تحقیقات خاک و آب استان اصفهان تهیه شده بود، ۱۷ نوع خاک با مشخصات طبقه‌بندی اراضی متفاوت در منطقه شناسایی گردید (۲، ۳). به این ترتیب مرزها جدا و در داخل آنها پنجاه و چهار محل نمونه‌برداری از خاک و گیاه تعیین گردید. موقعیت کارخانه و محل‌های نمونه‌برداری در شکل (۱) نشان داده شده است. در نقاط تعیین شده از لایه‌های ۰-۵، ۵-۱۰، ۱۰-۲۰ و ۲۰-۴۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری شد (۹، ۳۰). همچنین از اندام هوایی (برای گیاهان یک‌ساله ساقه و برگ و برای گیاهان چند ساله و چوبی فقط برگ) ۱۳ گونه گیاهی عمده منطقه در ۳ تکرار نمونه برداری و برای اندازه‌گیری غلظت منگنز و نیکل مورد استفاده قرار گرفت.

است. این عنصر ضمن جذب ریشه‌ای سریع از رسوبات ذرات موجود در هوا بر روی برگ‌ها نیز جذب می‌گردد (۲۷). از جمله گیاهان حساس به مسمومیت نیکل غلات را می‌توان نام برد (۱۸). جذب فلزات سنگین از اراضی آلوده به وسیله گیاهان و به خصوص محصولات کشاورزی یکی از مهم‌ترین راه‌های ورود این عناصر به زنجیره غذایی است (۱۲، ۱۳). بنابراین غلظت فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی باید در سطوحی نگهداری شوند که حداقل زیان را به گیاهان وارد نموده و کمترین خطر مصرف را از طریق ورود به زنجیره غذایی به همراه داشته باشند (۲۹). در این تحقیق به بررسی غلظت منگنز و نیکل در خاک و گونه‌های گیاهی در منطقه تأثیرپذیر از فرآیندهای تولید کارخانه ذوب آهن اصفهان پرداخته شده است.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در منطقه اطراف کارخانه ذوب آهن اصفهان بین طول‌های جغرافیایی ۱۴° و ۵۱° تا ۳۴° و ۵۱° شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۱۹° و ۳۲° تا ۲۵° و ۳۲° شمالی انجام شد. ارتفاع منطقه از سطح دریا در بلندترین نقطه ۱۶۹۲ متر



شکل ۱- محل‌های نمونه‌برداری از خاک و گیاه و موقعیت کارخانه ذوب آهن اصفهان

سپس غلظت منگنز و نیکل در عصاره های خاک و گیاه به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی (Perkin- Elmer 3030) اندازه گیری شد. برای رسم منحنی های هم غلظت از نرم افزار Surfer ویرایش ۸ استفاده شد.

### نتایج و بحث

حداقل، حداکثر و میانگین غلظت منگنز و نیکل قابل استخراج با DTPA در لایه های مختلف خاک در جدول ۱ و میانگین غلظت این عناصر در گیاهان منطقه در جدول ۲ ارائه شده است.

نمونه های خاک هوا خشک و به کمک چکش پلاستیکی کوبیده و از الک ۲ میلی متری عبور داده شد. خاک جمع آوری شده در زیر الک برای انجام تجزیه های شیمیایی استفاده شد (۱۷). برای اندازه گیری غلظت منگنز و نیکل قابل جذب خاک از عصاره گیر DTPA به همراه کلرید کلسیم و تری اتانول آمین که pH آن روی ۷/۳ تنظیم شده بود استفاده گردید (۸). برای اندازه گیری غلظت منگنز و نیکل در اندام های هوایی گیاهان، نمونه ها در آون تهویه دار و به مدت ۴۸ ساعت در درجه حرارت ۷۵ درجه سانتی گراد خشک گردید. نمونه های خشک شده به وسیله آسیاب برقی پودر و برای عصاره گیری از روش هضم با اسید نیتریک ۴ مولار در حرارت ۹۵ درجه سانتی گراد استفاده شد (۳۰).

جدول ۱- حداقل، حداکثر و میانگین غلظت منگنز و نیکل قابل استخراج با DTPA (mg/kg.soil)

عمق خاک (Cm)	منگنز			نیکل		
	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین
۰-۵	۴/۹	۱۲۹	۶۶/۹	۰/۴	۳/۵	۱/۹
۵-۱۰	۲/۶	۱۰۵	۵۳/۸	۰/۴	۳/۷	۲
۱۰-۲۰	۲/۴	۵۶/۸	۲۹/۶	۰/۳	۳/۹	۲/۱
۲۰-۴۰	۲/۶	۹۲	۴۷/۳	۰/۳	۴/۰	۲/۱

جدول ۲- میانگین غلظت منگنز و نیکل در اندام هوایی گیاهان (mg/kg.DM)

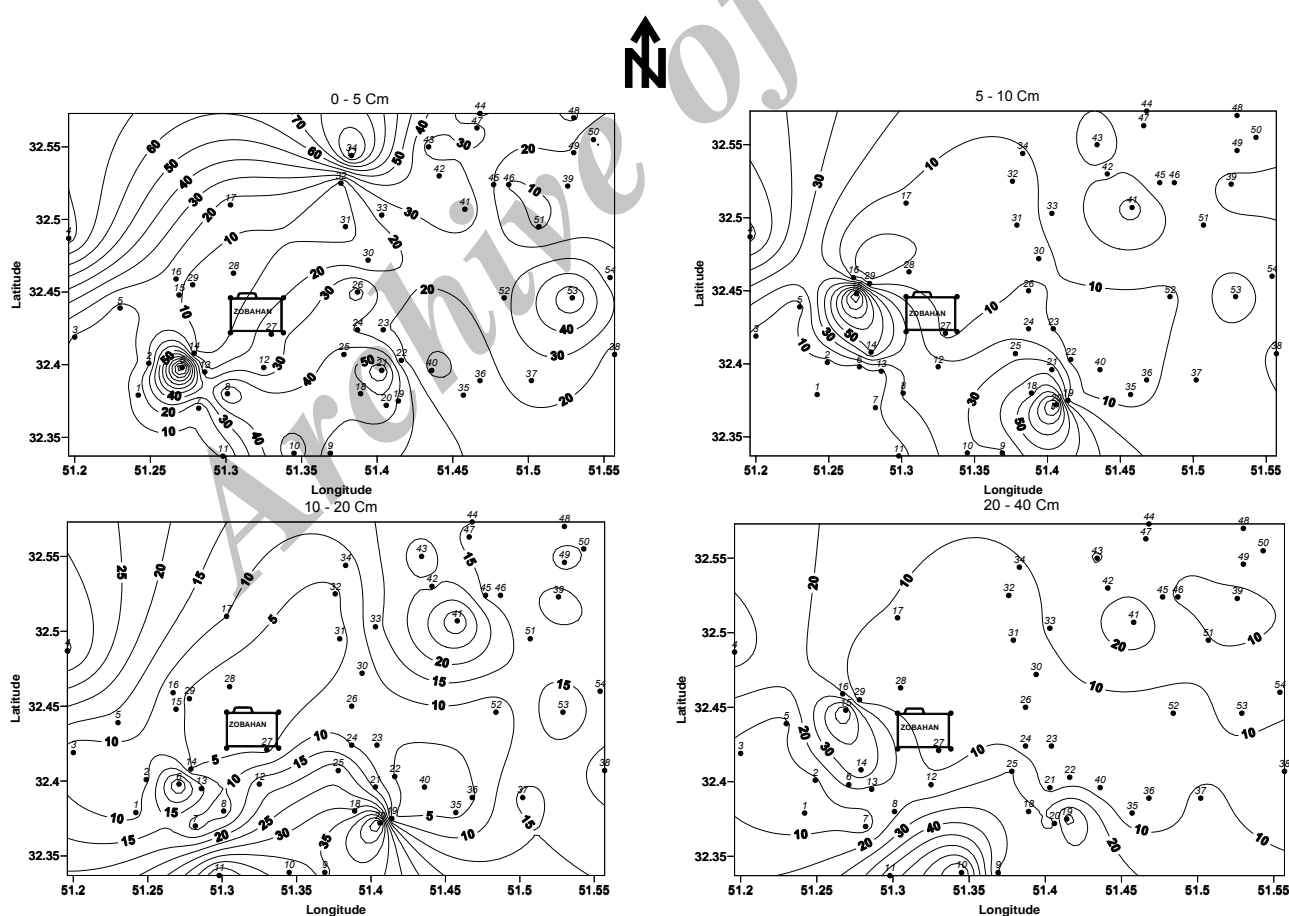
نام گیاه	منگنز	نیکل
ارزن ( <i>Panicum miliaceum</i> )	۲۵/۰	۹/۳
استیپا ( <i>Stipa spp.</i> )	۳۸/۸	۷/۵
بادام کوهی ( <i>Amygdalus scoparia</i> )	۴۶/۹	۱۱/۴
بادام وحشی ( <i>Pruns amygdalus</i> )	۴۷/۰	۶/۷
برنج ( <i>Oryza sativa</i> )	۱۲۵/۵	۷/۵
سنجد ( <i>Elaeagnus angustifolia</i> )	۲۵۷/۰	۹/۵
فرقیون ( <i>Euphorbia spp.</i> )	۸۳/۷	۱۳/۷
کاج ( <i>Pinus spp.</i> )	۱۰۰/۵	۱۶/۳
گز ( <i>Tamarix spp.</i> )	۷۲/۵	۱۲/۵
گندم ( <i>Triticum vulgare</i> )	۸۰/۰	۱۱/۳
گوشبره ( <i>Phlomis spp.</i> )	۵۱/۰	۶/۲
مو ( <i>Vitis vniifera</i> )	۱۴۵/۰	۱۲/۴
یونجه ( <i>Medicago sativa</i> )	۴۸/۷	۱۳/۳

علت آن احتمالاً وجود آهک فراوان (۴۳٪) و pH قلیایی خاک منطقه (حدود ۷/۸) می‌باشد. حد بالای غلظت طبیعی منگنز در خاک‌های غیر آلوده شنی ۵۰۰ و برای خاک‌های رسی ۲۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش شده است. میانگین غلظت منگنز در خاک‌ها ۵۴۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک است. حلالیت منگنز وابسته به pH و شرایط اکسیداسیون و احیاء است. با کاهش pH خاک قابلیت استفاده این عنصر افزایش می‌یابد (۱۴). مقایسه غلظت منگنز در اعماق مختلف خاک منطقه با حدود طبیعی غلظت منگنز در خاک نشان می‌دهد که غلظت منگنز در خاک منطقه حتی در نقاط تجمع و در لایه سطحی از حد طبیعی تعیین شده برای این عنصر در خاک‌های کشاورزی پائین‌تر است.

### غلظت منگنز در خاک و گیاه

شکل ۲ غلظت منگنز قابل استخراج با DTPA را در لایه‌های ۰-۵، ۵-۱۰، ۱۰-۲۰ و ۲۰-۴۰ سانتی‌متری خاک نشان می‌دهد. حداکثر غلظت منگنز قابل استخراج با DTPA در لایه‌های ۰-۵، ۵-۱۰، ۱۰-۲۰، ۲۰-۴۰ سانتی‌متری به ترتیب ۱۲۹، ۱۰۵، ۵۶/۸ و ۹۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و در نقاط ۶، ۱۵، ۲۰ و ۱۰ نمونه‌برداری است.

با بررسی نتایج مربوط به پراکنش غلظت منگنز در لایه‌های مختلف خاک مشخص می‌گردد که محل تجمع منگنز در این منطقه در لایه‌های سطحی خاک و در ناحیه جنوب غربی می‌باشد. غلظت منگنز قابل استخراج با DTPA به طرف لایه‌های پائین خاک کاهش یافته است که



شکل ۲- غلظت منگنز قابل استخراج با DTPA (mg/kg soil) در لایه‌های مختلف خاک

۱۴ و ۳ نمونه برداری بوده است. غلظت طبیعی نیکل در گیاهان ۱ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی است و غلظت بیش از ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی این عنصر برای گیاهان سمی است (۲۴،۲۲،۲۳). با توجه به نتایج مربوط به غلظت نیکل در اندام هوایی گیاهان در منطقه مشاهده می گردد که غلظت نیکل در گیاهان منطقه از غلظت مسموم کننده این عنصر در گیاهان کمتر است.

### نتیجه گیری

نتایج مربوط به غلظت منگنز و نیکل در خاک و مقایسه آنها با حدود طبیعی این عناصر نشان دهنده عدم وجود آلودگی به منگنز و نیکل در لایه های مختلف خاک است. احتمالاً به دلیل pH قلیایی خاک (۷/۸) و حضور آهک فراوان در خاک منطقه امکان حرکت و انتقال منگنز و نیکل به لایه های پایین پروفیل خاک وجود نداشته است که کاهش غلظت قابل جذب این عناصر در لایه های پایین خاک موید این واقعیت است. با توجه به حداکثر غلظت منگنز و نیکل در گیاهان منطقه و مقایسه آن با حدود طبیعی این عناصر در گیاهان به نظر می رسد که غلظت منگنز و نیکل در اندام هوایی گیاهان از حداکثر غلظت قابل قبول این عناصر کمتر است. به دلیل عدم تطابق نقاط تجمع منگنز و نیکل در گیاه با نقاط تجمع آنها در خاک احتمال جذب برگ منگنز و نیکل در این نقاط وجود دارد. با در نظر گرفتن مدت زمان استقرار کارخانه ذوب آهن در منطقه، غلظت منگنز و نیکل در منابع خاک و گیاه منطقه در حال حاضر در حد طبیعی است. برای کنترل غلظت فلزات سنگین و جلوگیری از افزایش غلظت آنها در منابع خاک و گیاه پیشنهاد می گردد ضمن اندازه گیری غلظت فلزات سنگین در خاک و گیاهان منطقه به طور مستمر ذرات معلق خارج شده از واحدهای مختلف تولید در کارخانه ذوب آهن اصفهان دقیقاً اندازه گیری و از حضور فلزات سنگین در آنها تا حد امکان جلوگیری شود.

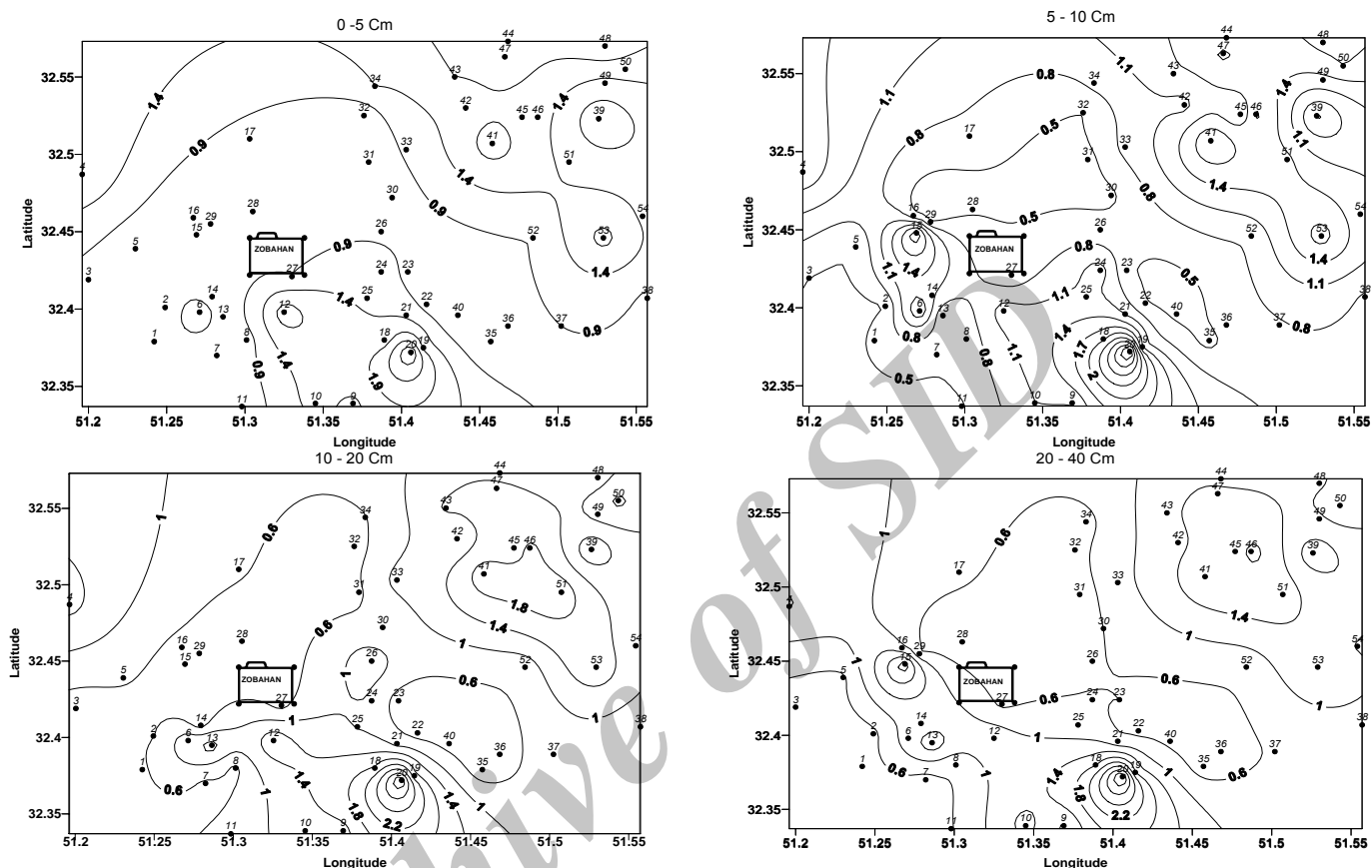
حداکثر غلظت منگنز در گیاهان مو، سنجد و برنج برابر ۲۷۲/۲، ۲۵۷ و ۲۴۰ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی و به ترتیب مربوط به نقاط ۲۲، ۲۶ و ۱۸ نمونه برداری است. حدود طبیعی غلظت منگنز در برگ های گیاهان ۱۵۰-۱۵ و حداکثر غلظت منگنز در برگ گیاهان ۳۰۰ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی است (۲۴،۲۲). نتایج مربوط به غلظت منگنز در اندام هوایی گیاهان و مقایسه آنها با غلظت طبیعی این عنصر در برگ گیاهان نشان دهنده عدم وجود آلودگی منگنز در اندام هوایی گیاهان در منطقه است.

### غلظت نیکل در خاک و گیاه

شکل ۳ غلظت نیکل قابل استخراج با DTPA را در لایه های ۰-۵، ۵-۱۰، ۱۰-۲۰ و ۲۰-۴۰ سانتی متری نشان خاک می دهد. حداکثر غلظت نیکل قابل استخراج با DTPA در لایه های ۰-۵، ۵-۱۰، ۱۰-۲۰ و ۲۰-۴۰ سانتی متری به ترتیب ۳/۵، ۳/۷، ۳/۹ و ۴ میلی گرم در کیلوگرم خاک و در نقطه ۲۰ نمونه برداری است. با بررسی نتایج مربوط به غلظت نیکل در اعماق مختلف خاک منطقه مشاهده می گردد که محل تجمع نیکل در این منطقه در تمامی لایه های خاک در ناحیه جنوبی منطقه است.

حداکثر غلظت قابل قبول نیکل در خاک های کوددهی نشده حدود ۲۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک و حداکثر غلظت مورد قبول پیشنهادی نیکل برای خاک های مورد کشت برابر ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک گزارش شده است (۱۸). مقایسه غلظت نیکل در اعماق مختلف خاک منطقه با حدود طبیعی غلظت نیکل در خاک نشان می دهد که غلظت نیکل در خاک منطقه حتی در نقاط تجمع و در لایه سطحی از حد طبیعی تعیین شده برای این عنصر در خاک های کشاورزی پائین تر است.

حداکثر غلظت نیکل در گیاه فریبون و مو برابر ۳۴/۷، ۲۲/۷ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی و در نقاط



شکل ۳- غلظت نیکل قابل استخراج با DTPA (mg/kg.soil) در لایه‌های مختلف خاک

### سپاسگزاری

اصفهان تشکر می‌نمایم. از ریاست محترم دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان جناب آقای دکتر فروغی و کلیه همکاران در دانشگاه کمال تشکر و قدردانی را دارم.

این طرح به سفارش و اعتبار کارخانه ذوب آهن اصفهان انجام پذیرفت که بدین وسیله از آقای مهندس جولزاده مدیر بخش تحقیق و توسعه کارخانه ذوب آهن

### منابع

- ۱- بای بوردی م. ۱۳۷۷. فیزیک خاک. انتشارات دانشگاه تهران، ۵۲۳ صفحه.
- ۲- تومانیان ن. و ح. قیومی محمدی. ۱۳۷۲. مشخصات کلی از خاکهای دهستان اوشیان (شهرستان زرین شهر). نشریه ترویجی - آموزشی مطالعات خاک ها، موسسه تحقیقات خاک و آب، بخش تحقیقات خاک و آب اصفهان. ۸۵ صفحه.

- ۳- حاجوی ع. و ا. صادقی. ۱۳۵۳. گزارش مطالعات تفصیلی خاکشناسی و طبقه بندی اراضی منطقه اوشیان استان اصفهان. نشریه شماره ۳۹۶ وزارت کشاورزی، موسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاک، ۷۱ صفحه.
- ۴- عباسپور م. ۱۳۷۷. مهندسی محیط زیست. جلد اول، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، ۵۵۰ صفحه.
- ۵- عرفان منش م. و م. افیونی. ۱۳۷۹. آلودگی محیط زیست: آب، خاک و هوا. انتشارات ارکان اصفهان، ۳۱۸ صفحه.

6. Allen H.E., E.M. Perdue and D. Brown. 1993. Metals in Ground Water. Lewis Publishers, Boca Raton, FL. 324 p.
7. Alloway B.J. 1995. Heavy Metals in Soils. 2<sup>nd</sup> ed. Blackie Academic and Professional, London, England.
8. Baker D.E. and M.C. Amacher. 1982. Nickel, Copper, Zinc and Cadmium. PP. 323- 334. In: A.L. Page, R.H. Millers and D.R. Keeney (eds). Methods of soil analysis. Part 2- chemical and microbiological properties (2<sup>nd</sup> edn), Agronomy Monograph No. 9. American Society of Agronomy.
9. Barbarick K.A., J.A. Ippolito and D.G. Westfall. 1997. Sewage biosolids cumulative effects on extractable soil and grain elemental concentrations. Journal of Environment Quality, 26:1646-1702.
10. Berrow M.L. and J.C. Burridge . 1979. Sources and distribution of trace elements in soils and related crops. pp.206-209. In: International Conference of Management Control of Heavy Metals Environ. London, England.
11. Bingham F.T., F.J. Perya and W.M. Jarvell. 1986. Metal toxicity to agricultural crops. Metal . Ion Biol. Sys. 20: 119-156.
12. Chaney R.L., J.F. Bruins, D.E. Baker, J.E. Smith and D. Cole. 1987. Transfer of sludge-applied trace elements to the food chain. pp. 67-93. In:A.L. Page,T. Logan, and J. Ryan(eds.). Land application of sludge. Lewis Publishers, Chelsea, MI.
13. Chaney, R.L.1990. Public health and sludge utilization part 2. Biocycle. 31:68-73.20. Mc Bride, M.B. 1995. Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge: Are USEPA regulations Protective. Journal of Environment Quality, 24:5-18.
14. De Temmerman L.O., H. Hoeing and P.O. Scokart. 1984. Determination of normal levels and upper limit values of trace elements in soils. Z. Pflanzen. Bodenk, 147:687-694.
15. Epstein E. 1965. Mineral nutrition. pp. 438-466 In: J. Bonner and E. Varner (eds.). Plant Biochemistry. Academic Press, Orlando, FL.
16. Huang P.M. and I.K. Iskandar. 2000. Soils and Ground Water Pollution and Remediation: Asia, Africa, and Oceania. Lewis Publishers, Boca Raton, London, New York, Washington, D.C.
17. James D.W. and K.L. Wells. 1990. Soil sample collection and handing technique based on source and degree of field variability. pp. 25-44. In: R.L. Westerman (ed.). Soil Testing and Plant Analysis. Third edition. Soil Science Society of America, Inc.
18. Kabata- Pendias A.A and H. Pendias. 1994. Trace Elements in Soils and Plants. 2<sup>nd</sup> edition . CRC Press, Boca Raton, FL.
19. Krebs R., S.K. Gupta, G. Furrer, R. Schulin. 1998. Solubility and plant uptake of metals with and without liming of sludge amended soils. Journal of Environment Quality, 27:18-23.
20. Logan T.J. and R.L. Chaney. 1983. Utilization of municipal wastewater and sludge on land-metals. pp. 235-326. In: A.L. Page, T.L. Gleason, J.E. Smith, Jr. I.K. Iskandar and L.E. Sommers (eds.). Proceeding of the 1983 workshop on utilization of municipal wastewater and sludge on land. University of California, Riverside.
21. Logan T.J. and S.J. Traina. 1993. Trace metals in agricultural soils. pp. 309-347. In: H.E. Allen, E.M. Perdue, and D. Brown (eds.). Proceeding of the 1983 workshop on utilization of municipal wastewater and sludge on land. University of California, Riverside.
22. Markert B. 1994. Element Concentration Cadasters in Ecosystems. International Institute of Advanced Ecological and Economic Studies, Zittau, Germany.
23. Mc Bride, M.B. 1995. Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge: Are USEPA regulations protective. Journal of Environment Quality. 24:5-18.



24. **Melsted, S.W. 1973.** Soil – plant relationships (some practical considerations in waste management). In: Proceedings Joint Conference on Recycling Municipal Sludges and Effluents on Land. University of Illinois, Urbana, 324 p.
25. **Nriagu J.O. and J.M. Pacyna. 1988.** Quantitative assessment of world – wide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature*, 333: 134-139.
26. **Page A.L., T. Logan and J. Ryan. 1987.** Land Application of Sludge. Lewis publishers, Chelsea, MI.
27. **Pais, I.J., Jr. Benton Jones. 1997.** The Handbook of Trace Elements. St. Lucie press, Boca Raton, Florida, 215 p.
28. **Sillanpaa M. and H. Jansson. 1992.** Status of cadmium, lead, cobalt, and selenium in soils and plant of thirty countries. *FAO soils Bulletin* 65. Rome. Italy.
29. **Smith S.R. 1994.** Effect of soil pH on availability to crops of metals in sewage sludge-treated soil, Nickel, Cu and Zn uptake and toxicity to ryegrass. *Environment Pollution*, 85:321-327.
30. **Soon Y.K. and S. Abboud. 1993.** Cadmium, chromium, lead and nickel. pp. 103-107. In: M.R. Carter (ed.). *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Lewis Publishers, 432 p.
31. **Tiller K.G. 1989.** Heavy metals and their environmental significance. pp. 113-142. In: B.A. Steward (ed.) *Advances in Soil Science*, Vol. 4, Springer Verlag, New York.

Archive of SID