بسم الله الرحمن الرحیم
الحمد لله رب العالمین الرحمن الرحیم مالک یوم الدین
ایاک نعبد و ایاک نستعین اهدنا الصراط المستقیم
صراط الذین انعمت علیهم غیر المغضوب علیهم
ولا الضالین

مدیریت تحصیلات تکمیلی
دانشکده آب و خاک
گروه خاکشناسی

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی کشاورزی - خاکشناسی

ارزیابی آلودگی آهن و منگنز درخاک‌های کنار جاده‌ای زابل – زاهدان

استاد راهنما :
دکتر احمد غلامعلی‌زاده آهنگر

اساتید مشاور:
مهندس ابراهیم شیرمحمدی
مهندس ابوالفضل بامری

تهیه و تدوین :
اسماعیل احمدی‌خسرو

آبان ماه ۹۲

این مجموعه را به **همسر عزیزم و پدر و مادر مهربانم** تقدیم می کنم

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگی

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است

به پاس قلب های بزرگشان که فریادرس است

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند

و

برادران عزیزم:

آنان که به تمامی، محبت و عاطفه، هستند و قلبی سرشار از خوبی و صفا دارند. آنانکه نقشی بس مهم در دلگرم شدن من در طی این دوران پرفراز و نشیب داشته اند.

مرا یارای سپاس از زحماتشان نیست، مگر آرزوی شکوفاشدن لحظه به لحظه غنچه های خوشبختی شان.

و

تقدیم به کسانی که دوستشان دارم و یار و یاور من در تمامی مراحل زندگی بودند. آنان که به تمامی، محبت و عاطفه، هستند و قلبی سرشار از خوبی و صفا دارند. آنانکه نقشی بس مهم در دلگرم شدن من در طی این دوران پرفراز و نشیب داشته اند.

مرا یارای سپاس از زحماتشان نیست، مگر آرزوی شکوفاشدن لحظه به لحظه غنچه های خوشبختی شان.

و

تقدیم به کسانی که دوستشان دارم و یار و یاور من در تمامی مراحل زندگی بودند.

تشکر و قدردانی

سپاس پروردگاری راکه سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های اوندانند و کوشندگان، حق او راگزاردن نتوانند.

در ابتدا از **همسر عزیزم و پدر و مادر مهربانم و خانواده دلسوز** خودکه نمونه آشکار لطف الهی هستند کمال تشکر را دارم و از خداوند مهربان، سلامت، بهروزی و خیر دنیا و آخرت را برایشان مسئلت دارم.

از استاد بزرگوار؛ **جناب آقای دکتر احمد غلامعلیزاده آهنگر** که با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این پایان نامه را بر عهده گرفتند؛

از **جناب آقای مهندس ابراهیم شیرمحمدی و ابوالفضل بامری**، که زحمت مشاوره این پایان نامه را متقبل شدند؛

از **آقای دکتر علیرضا سیروس مهر** که زحمت داوری این پایان نامه را بر عهده داشتند و نیز از **آقای دکتر پرویز حقیقت جو** به عنوان نماینده تحصیلات تکمیلی کمال تشکر و قدردانی را دارم. باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید؛

از تمامی همکلاسی های عزیز آقایان: ولی بهنام، احمد یار محمدی، سعید گزمه

و خانم ها: قربان پور، رضازاده، حسینیان، کرمانی زاده، جلالی، و پورمند

سپاسگزاری میکنم.

از مسئول آزمایشگاه خانم مهندس سیاسر و خانم مهندس فیروزکوهی که دلسوزانه و صبورانه پاسخگوی سوالاتم بودند، سپاسگذارم، امید که جبران نیکی هایشان به شایستگی دست دهد.

در پایان سپاس خود را نثار هم اتاقی ها و دوستان نازنینم:

اکبر بهرامی، مرتضی والایی، سلمان نعیمی مرندی، ولی بهنام، دانش مددپور، محمد شکاری، مسعود یگی، یاسر ترکمنی، عبدالباسط پاکزاد، صادق نیکبخت، نصرالله بادپروا، میثم پارسا، محمد احمدی، حسین سبزه کار بهنام افزولند، حداد مرادی و همه کسانی که همراه روزهای تلخ و شیرین زندگی ام هستند، می نامم.

اسماعیل احمدی خسرو

آبان ماه ۱۳۹۲

چکیده

فلزات سنگین غیر قابل تجزیه بوده و می‌توانند در بافت‌های زنده بدن تجمع یابند، بنابراین با تجمع در سرتاسر زنجیره غذایی به سهولت در بدن انسان جذب می‌شوند. از میان این فلزات فلز آهن و منگنز به عنوان آلاینده مورد مطالعه قرار گرفت. هدف این تحقیق بررسی غلظت فلزات سنگین (آهن و منگنز) در خاک‌های کنار جاده‌ای زابل ـ زاهدان می‌باشد. نمونه‌برداری ازخاک‌های کنار جاده‌ای زابل ـ زاهدان به طول ۱۲۰ کیلومتر در نظر گرفته شد. فواصل نمونه‌برداری ۲/۵ کیلومتری می‌باشد. تعداد ۲۵۸ نمونه خاک، از فاصله صفر، ۵۰ و ۱۰۰ متری از کناره‌های جاده اصلی به عمق۳۰-۰ سانتی‌متری صورت گرفت. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نظیر: بافت خاک، کربنات کلسیم ،کربن آلی، EC، pH و درصد آهک مورد بررسی قرار گرفت. همچنین غلظت فلزات سنگین (آهن و منگنز) با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. جهت ارزیابی آلودگی خاک به فلزات سنگین (آهن و منگنز) توسط فاکتور آلودگی، شاخص زمین انباشتگی و فاکتور غنی شدگی صورت گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که شاخص زمین انباشتگی(I_{geo}) آهن و منگنز، نقاط صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کمتر از صفر (منفی) به دست آمد، بنابراین برای نقاط صفر، ۵۰ و ۱۰۰ از نظر درجه آلودگی (I_{geo} *Class*)، در کلاس (۰) و از نظر شدت آلودگی، غیر آلوده می‌باشند و فاکتور غنی شدگی آهن و منگنز، برای نقاط صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کمتر از یک به دست آمد، بنابراین برای نقاط صفر، ۵۰ و ۱۰۰ بر اساس این فاکتور، بدون غنی شدگی (EF < ۱) می‌باشد، نشانگر آلودگی طبیعی این منطقه می‌باشد. همچنین با توجه به این که مقادیر غنی شدگی آهن و منگنز کمتر از ۱۰ می‌باشد، طبیعی بودن منشأ این عناصر مورد تأیید قرار می‌گیرد و فاکتور آلودگی آهن و منگنز، برای نقاط صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کمتر از یک به دست آمد، بنابراین برای نقاط صفر، ۵۰ و ۱۰۰ بر اساس این فاکتور، شدت آلودگی، کم (CF < ۱) می‌باشد.

کلید واژه: فلزات سنگین، خاک‌های کنار جاده‌ای، فاکتور آلودگی، شاخص زمین انباشتگی، فاکتور غنی شدگی

عنوان	فهرست مطالب	صفحه

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه ۱
۱-۲- فرضیات و اهداف این تحقیق ۵
۱-۲-۱- فرضیات ۵
۱-۲-۲- اهداف ۵
۱-۳-کلیات ۶
۱-۳-۱- آلودگی ۶
۱-۱-۳-۱- تعریف آلودگی ۶
۱-۲-۳-۱- انواع آلودگی ۶
۱-۳-۲- فلزات سنگین ۸
۱-۲-۳-۱- تعریف فلزات سنگین و نقش آنها در محیط ۸
۱-۲-۳-۲- آلودگی فلزات سنگین در خاک و محیط زیست ۱۰
۱-۳-۲-۳- ریخت‌های فلزات سنگین در طبیعت ۱۱
۱-۳-۲-۴- فراهمی فلزات سنگین ۱۳
۱-۳-۲-۵- فلزات سنگین در گیاه و خاک ۱۳
۱-۳-۲-۶- منابع فلزات سنگین ۱۶
۱-۳-۲-۷- اثرات زیست محیطی فلزات سنگین ۱۹
۱-۳-۳- ویژگی‌های آهن و منگنز ۲۱
۱-۳-۳-۱- خواص آهن (Fe) ۲۱
۱-۳-۳-۲- آهن در خاک ۲۴
۱-۳-۳-۳- خواص منگنز (Mn) ۲۶
۱-۳-۳-۴- منگنز در خاک ۳۱
۱-۳-۲-۶- اثرات فیزیولوژیکی منگنز ۳۲

فصل دوم : مروری برمنابع

۲-۱- مروری برمطالعات گذشته ۳۴
۲-۲- مروری برسایرمطالعات ۳۹

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱- مواد و روش‌ها ۴۵
۳-۱-۱- معرفی منطقه ۴۵
۳-۱-۲- نمونه برداری و اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک ۴۵
۳-۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه ۴۵
۳-۲-۱- بافت خاک ۴۵
۳-۲-۲- اسیدیته ۴۶
۳-۲-۳- هدایت الکتریکی ۴۷

عنوان	فهرست مطالب	صفحه

۴-۲-۳- کربنات کلسیم معادل ۴۷
۵-۲-۳- کربن آلی ۴۸
۳-۳- تعیین غلظت کل عناصر سنگین ۴۸
۴-۳- روش‌های تحلیل آماری ۴۹
۵-۳- ارزیابی آلودگی فلزات سنگین ۴۹
۱-۵-۳- شاخص زمین انباشتگی ۴۹
۲-۵-۳- فاکتور غنی شدگی ۵۰
۳-۵-۳- فاکتور آلودگی ۵۲

فصل چهارم: نتایج و بحث

۱-۴- کلیات ۵۶
۲-۴- توصیف آماری داده‌ها ۵۶
۳-۴- غلظت آهن کل در نمونه‌های خاک ۵۹
۴-۴- غلظت منگز کل در نمونه‌های خاک ۶۱
۵-۴- تغییرات عناصر سنگین ۶۲
۶-۴- همبستگی متغییرها ۶۵
۷-۴- شاخص زمین انباشتگی ۶۷
۸-۴- فاکتور غنی شدگی ۷۰
۹-۴- فاکتور آلودگی ۷۲
۱۰- ۴- نتایج کلی ۷۴
۱۱-۴- پیشنهادها ۷۵
فهرست منابع ۷۷

عنوان	فهرست جداول	صفحه

جدول ۱-۱ اثرات آنتاگونیستی عناصر اصلی با عناصر میکر و..... ۱۶

جدول ۱-۳ مقادیر شاخص زمین انباشتگی مورد استفاده در تعیین آلودگی خاک..... ۵۰

جدول ۲-۳ بررسی شدت غنی شدگی (chen et al., 2007)..... ۵۲

جدول ۳-۳ ارزیابی آلودگی فلزات سنگین بر اساس فاکتور آلودگی..... ۵۳

جدول ۴-۳ تمرکز معمول برخی عناصر در انواع سنگ‌ها و میانگین تمرکز آنها در پوسته زمین و خاک برحسب ppm..... ۵۴

جدول ۱-۴ توصیف آماره خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، در خاک‌های کنار جاده‌ای زابل-زاهدان..... ۵۹

جدول۲-۴ بررسی آماری غلظت آهن کل (mg/kg)، در خاک‌های کنار جاده‌ای زابل-زاهدان..... ۶۰

جدول۳-۴ بررسی آماری غلظت منگنز کل (mg/kg)، در خاک‌های کنار جاده‌ای زابل-زاهدان..... ۶۲

جدول ۴-۴ جدول تجزیه واریانس برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در خاک‌های کنار جاده‌ای زابل-زاهدان..... ۶۴

جدول ۵-۴ جدول تجزیه واریانس عناصر سنگین کل در خاک‌های کنار جاده‌ای زابل-زاهدان..... ۶۴

جدول ۶-۴ مقایسه میانگین اثر فاصله بر غلظت آهن و منگنز، در خاک‌های کنار جاده‌ای زابل-زاهدان، توسط آزمون دانکن درسطح (۰/۰۵)..... ۶۵

جدول۷-۴ ضریب همبستگی بین عناصر آهن، منگنز و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، در خاک‌های کنار جاده‌ای زابل-زاهدان..... ۶۷

جدول۸-۴ ضریب همبستگی بین عناصر آهن، منگنز در خاک‌های کنار جاده‌ای زابل-زاهدان..... ۶۷

جدول ۹- ۴ شاخص زمین انباشتگی(I_{geo})آهن و منگنز در خاک‌های کنار جاده‌ای زابل-زاهدان..... ۶۹

جدول ۱۰-۴ فاکتور غنی شدگی آهن و منگنز در خاک‌های کنار جاده‌ای زابل-زاهدان..... ۷۱

جدول۱۱- ۴ فاکتور آلودگی آهن و منگنز در خاک‌های کنار جاده‌ای زابل- زاهدان..... ۷۳

عنوان	فهرست اشکال	صفحه

شکل ۱- ۴ شاخص زمین انباشتگی(I_{geo})آهن و منگنز در خاک‌های کنار جاده‌ای زابل-زاهدان.....۶۹

شکل ۲-۴ فاکتور غنی شدگی آهن و منگنز در خاک‌های کنار جاده‌ای زابل-زاهدان.....۷۱

شکل ۳- ۴ فاکتور آلودگی آهن و منگنز در خاک‌های کنار جاده‌ای زابل-زاهدان.....۷۳

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱- ۱- مقدمه:

آلودگی خاک یک تهدید روزافزون برای سلامتی و کیفیت محیط زیست انسان‌ها به شمار می‌رود. در بین آلاینده‌های خاک و محیط زیست، عناصر سنگین در چند دهه گذشته بیشتر مورد توجه محققان قرار گرفته است. تاریخچه حیات بشر روی کره خاکی، حاکی از بهره‌مندی و استفاده وی از عناصر خاکی موجود در محیط و در نتیجه تغییر توزیع سطحی مواد خاک و پوشش‌های گیاهی روی سطح زمین است (محمدی و بویراحمدی، ۱۳۸۷). خاک‌های آلوده به فلزات سنگین خطر بزرگی برای سلامتی انسان، به دلیل پتانسیل بالای این فلزات برای آلوده کردن آب‌های سطحی و زیرزمینی یا ورود به زنجیره غذایی از طریق جذب گیاهان، هستند. خاک یک محیط بسیار حساس ارتباط دهنده بین آب، سنگ و هوا است. هر گونه تغییر در ویژگی‌های اجزاء تشکیل‌دهنده خاک به طوری که کارکرد و عملکرد آن با اختلال روبرو گردد، آلودگی خاک نامیده می شود (دبیری، ۱۳۷۹). آلوده شدن منابع خاک و آب به دلیل ارتباط نزدیک این دو با تغذیه موجودات زنده و به دلیل دخالت مستقیم آنها در تولید محصولات کشاورزی، از نظر جنبه‌های زیست محیطی و سلامت انسان بسیار حایز اهمیت است. مهم‌ترین نتیجه آلوده شدن منابع خاک و آب با فلزات سنگین از طریق صنعت، فعالیت‌های بشری، آلودگی محصولات کشاورزی است. به این ترتیب تجمع فلزات سنگین جذب شده در اندام‌های گیاهی در غلظت‌های بیش از حد استاندارد موجب کاهش رشد و عملکرد محصولات کشاورزی، آلوده شدن زنجیره غذایی و به خطر افتادن سلامت جوامع انسانی را به همراه دارد (هودجی و جلالیان، ۱۳۸۳). فعالیت‌های روز افزون انسان بر روی کره زمین سبب شده است که کارکرد بخش خاک، که خود جزئی از بخش فراگیر پوسته زمین است، در مواردی دچار اختلال شود که این پدیده را می‌توان آلودگی نامید (بای بوردی، ۱۳۷۲). اغلب مواد شیمیایی که آلوده کننده خاک می‌باشند منشا زراعی داشته و به دو دسته مواد

محلول و جذب‌شده تقسیم می‌شوند. آلوده کننده‌های شیمیایی جذب شده، همراه با خاک حرکت کرده و شامل مواد غذایی مانند نیتروژن، فسفر و مواد آلی، سموم گیاهی مانند حشره‌کش‌ها و فلزهای سنگین می‌باشند (ملکوتی، ۱۳۷۵). آلودگی خاک به عنوان افزایش ترکیبات سمی، شیمیایی، نمک‌ها، مواد رادیواکتیو و یا عوامل ایجاد بیماری تعریف می‌شود که این ترکیبات تأثیر نامطلوبی بر رشد گیاهان و سلامتی حیوانات دارند. آلودگی محیط توسط فلزهای سنگین یا به صورت طبیعی و یا در اثر فعالیت‌های بشری بر اثر توسعه و گسترش شهرها، رشد و تکامل صنایع و فن‌آوری اتفاق می‌افتد (Hayes et al, 1990).

ترکیبات مختلف خاک از قبیل اکسیدهای آهن، آلومینیم و منگنز، سیلیکات‌های لایه‌ای، مواد آلی، کربنات‌ها و pH به مقدار زیادی در جذب، قابلیت دسترسی و تحرک عناصر در خاک دارای اهمیت هستند. برهمکنش بین ترکیبات تشکیل دهنده خاک نقش مهمی در مقدار یون‌های جذب شده و قابلیت دسترسی آنها برای گیاه دارد. مطالعات زیادی در مورد جذب رقابتی عناصر سنگین در کانی‌های خالصی مثل کائولینیت و گئوتیت، ترکیبات آلی و خاک‌های اسیدی انجام شده است در حالیکه این مطالعات در خاک‌های آهکی کم بوده و می‌توان گفت که در خاک‌های آهکی کربنات‌های خاک ممکن است جذب عناصر سنگین را کنترل کنند (Dudka et al, 1994).

عناصر سنگین جزء اصلی پوسته زمین می‌باشند و مقدار عناصر سنگین در پوسته زمین در قسمت‌های مختلف آن متفاوت می‌باشد. عناصر آلوده‌کننده حاصل از فعالیت‌های انسان شامل برلیم، کروم، نیکل، آهن، کادمیم، منگنز، سرب و آرسنیک می‌باشد. یکی از موارد مهم که در مطالعات این نوع آلودگی‌ها می‌بایست مدنظر قرار گیرد منابع به وجود آورنده مرتبط با آلودگی‌های عناصر سنگین است. بنابراین تفاوت‌هایی که در رفتار عناصر سنگین از لحاظ تحرک و قابلیت جذب عناصر سنگین در خاک وجود دارد، در اغلب موارد میزان خروج عناصر سنگین از طریق آبشویی و یا جذب به وسیله گیاهان نسبت به میزان ورود آن ها به خاک بسیار کمتر است، این امر

موجب انباشته شدن تدریجی عناصر در خاک می‌شود. روند انباشت عناصر سنگین در خاک بسیار کند بوده و اثرات آن پس از ده‌ها سال قابل تشخیص است. ولی به دلیل اینکه فرآیند انباشت عناصر تقریباً فرآیند برگشت ناپذیر است، در دراز مدت موجب کاهش کیفیت خاک و در نهایت تخریب اراضی کشاورزی می‌شود (امینی و همکاران، ۱۳۸۵). فعالیت‌های انسانی از جمله فعالیت کارخانه‌ها، معادن و ترافیک، همچنین استفاده بیش از حد نیاز از کودهای شیمیایی و حشره‌کش‌ها به شدت چرخه طبیعی و تعادل مقادیر عناصر سنگین را بر هم می‌زند (Rodriguez et al, 2008). امروزه در اکثر کشورهای صنعتی برای غلظت عناصر سنگین حدود مجاز قابل قبولی تعیین شده است، این حدود در کشورهای مختلف بر اساس مقادیر قابل استخراج، متغیر است، امکان تعیین مقدار کل فلزات سنگین در خاک، قابلیت مقایسه این مقادیر در دنیا را فراهم می‌کند و تعیین مقادیر قابل عصاره‌گیری این فلزات اطلاعاتی در مورد حرکت و قابلیت دسترسی فلزات را ایجاد می‌کند، اما عیب این روش وابستگی به روش عصاره‌گیری است و لازم به ذکر است که مقدار آزاد شدن فلزات سنگین پس از ورود به خاک به مقدار pH، مواد آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و هدایت الکتریکی خاک بستگی دارد (Bezvodova, 1995). از بین عناصر سنگین که در آلودگی خاکها نقش دارند، نیکل، آهن، منگنز، کبالت، وانادیم و غیره دارای اهمیت می‌باشند و بعضاً وجود چند میلی‌گرم بر کیلوگرم (حدوداً چند ده هزارم درصد) از این عناصر سلامت خاک و نهایتاً انسان را به مخاطره می‌اندازد، تقریباً اکثر عناصر سنگین در خاک باقی مانده و تجمع می‌یابند و این به دلیل طبیعت غیرمتحرک آنهاست (Greger, 2004). آلوده شدن خاک به عناصر سنگین در سطح وسیع، به یک مسئله مهم زیست محیطی تبدیل شده است. به دلیل اینکه عناصر سنگین ذاتاً تجزیه ناپذیر بوده و تحت تأثیر تجزیه زیستی قرار نمی‌گیرند، همچنین نیمه عمر این عناصر در بدن انسان بسیار طولانی است، درنتیجه در بافت‌های زنده برای مدت طولانی باقی می‌مانند (Chen et al, 2008). ارزیابی کیفیت خاک راهی علمی برای استفاده مناسب از زمین و کنترل آلودگی خاک

است. غلظت فلزات سنگین خاک نشانگر مناسبی برای کیفیت زیستگاه‌ها هستند و اطلاعات مربوط به پراکنش فلزات سنگین بدون شک برای تولید محصولات کشاورزی و غذایی سالم کاربرد ویژه‌ای دارد (Dudka et al, 1994).

دامنه غلظت آهن در خاک از ۷۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم با میانگین ۳۸۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد، توزیع آهن در نیمرخ خاک متغیر بوده و متأثر از پارامترهای خاک می‌باشد، به نظر می‌رسد که بافت خاک همبستگی بالایی با تمرکز آهن، داشته باشد به این ترتیب که مقدار آهن با افزایش مقدار رس خاک (ذرات با قطر کوچکتر از ۰/۰۰۲ میلی‌متر) افزایش می‌یابد (Kabata - pendias, 2000).

مقدار کل آهن در بافت‌های نرم یک انسان معمولی ppm ۵۵ و بیشترین میزان مربوط به پوست می‌باشد، کمبود آهن سبب کم خونی می‌شود که مخصوصاً در کودکان ایجاد رنگ پریدگی و زرد رنگی، کوفتگی و حساسیت به عفونت‌ها را ایجاد می‌کند، دسترسی آهن در غذا به گونه آن بستگی دارد. عموماً ۲۰ – ۵ درصد کل آهن به آسانی در دسترس می‌باشد. در دسترس‌ترین میزان آهن، نوع آهن پیوند شده با پروتئین است که در مواد غذایی چون شیر مادر، گوشت و مخصوصاً جگر وجود دارد (Li, 2000).

دامنه غلظت منگنز در خاک از حدود ۲۰ تا ۳۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم با میانگین ۶۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد، سطح سمیت این عنصر در خاک ۸۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است، و عمق ۲۰-۵ سانتیمتری خاک بیشترین غلظت از این عنصر را دارا است (هودجی و جلالیان، ۱۳۸۳). در بررسی غلظت مجاز عناصر در کشور چک، حداکثر غلظت مجاز منگنز کل را در خاک‌ها حدود mg/kg ۲۰۰۰ بیان داشتند. حد بالای غلظت طبیعی منگنز در خاک‌های غیر آلوده شنی ۵۰۰ و برای خاک‌های رسی ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک گزارش شده است (Podlesakova et al, 2002).

منگنز بر دستگاه تنفسی و مغز اثر سوء داشته و علایم آن توهم، فراموشی و آسیب‌های عصبی است. منگنز می‌تواند باعث پارکینسون، انسداد رگ‌های جگر (انسداد جریان خون) و برونشیت (آماس نایژه) شود. زمانی که مردها برای مدت زمان طولانی در معرض منگنز قرار می‌گیرند، ممکن است توانایی جنسی خود را از دست بدهند. علایم مشخصه مسمومیت منگنز، شامل جنون حیوانی، کند ذهنی، سستی ماهیچه‌ها، سردرد و بی‌خوابی است (Mohan and Sreelakshmi, 2008).

با توجه به وجود اراضی مختلف در مسیر مورد نظر از قبیل مسکونی، کشاورزی و مرتع، بررسی آلودگی فلزات سنگین مذکور، و غلظت و پراکندگی آنها می‌تواند منجر به نتایج کاربردی و مناسبی جهت راهبرد مدیریت‌های لازم شود ، بنابراین بررسی آلودگی فلزات سنگین ناشی از خودروها در این مسیر ضروری به نظر می‌رسد.

۲-۱- فرضیات و اهداف این تحقیق

۱-۲-۱- فرضیات:

۱) درصد رس و درصد کربن‌آلی بر غلظت عناصر (آهن و منگنز) در خاک مؤثر می‌باشند.

۲) غلظت فلزات (آهن و منگنز) در خاک‌های کنار جاده‌ای زابل – زاهدان از حد استاندارد بیشتر است.

۲-۲-۱- اهداف:

۱) تعیین آلودگی خاک به فلزات سنگین (آهن و منگنز) در طول جاده زابل –زاهدان.

۲) تعیین مقدار و منبع آلودگی خاک به فلزات سنگین (آهن و منگنز) در طول جاده زابل – زاهدان.

۳-۱- کلیات

۱-۳-۱- آلودگی

۱-۱-۳-۱- تعریف آلودگی

قبل از پرداختن به موضوع آلودگی بهتر است تعریفی از واژه آلودگی و ماده آلوده کننده[1] ارایه شود. با مراجعه به لغت‌نامه مترادف واژه آلودگی لغاتی از قبیل ناخالصی، ناپاکی، کثیفی و مضر به چشم می‌خورد. اگرچه این معانی از نظر لغوی صحیح هستند ولی یک تعریف کاربردی زیست محیطی به حساب نمی‌آیند. ماده آلوده کننده ماده‌ای است که در جایی قرار گیرد که به طور طبیعی نمی‌بایست آنجا قرار می‌گرفت و یا دارای غلظتی بیش از غلظت طبیعی باشد به نحوی که بر روی موجودات زنده اثر نامطلوب داشته باشد. براساس این تعریف آفت‌کش‌هایی که در اراضی کشاورزی استفاده می‌شوند به شرط آنکه به زیر منطقه توسعه ریشه گیاه نفوذ نکنند یا به همراه رواناب سطحی جابه‌جا نشوند جزء مواد آلوده کننده به حساب نمی‌آیند، لیکن در صورتی‌که این مواد خارج از محل مورد نیاز و یا با غلظتی بیش از حد سلامتی موجودات زنده مصرف شوند جزء مواد آلوده‌کننده به‌شمار می‌روند (عرفان منش و افیونی، ۱۳۸۱). براساس نظر Miller در سال ۱۹۹۹ هر گونه تغییر در ویژگی‌های هوا، خاک، آب و مواد غذایی که اثر نامطلوبی بر سلامت محیط زیست، فعالیت‌های بشر و سایر جانداران داشته باشد، آلودگی نامیده می‌شود.

۲-۱-۳-۱- انواع آلودگی

براساس منبع آلودگی دو سری گروه‌بندی انجام شده است:

سری اول: تفاوت بین منابع آلاینده انسانی[2] و منابع آلاینده طبیعی[3] است. برای مثال یک آتشفشان در مقایسه با چندین نیروگاه بزرگ برق ممکن‌است مقادیر بسیار بیشتری از مواد آلاینده

---

[1]- Pollutant
[2]- Anthropogenic sources
[3]- Natural pollution sources

را در فضا پراکنده کند. در این حالت برخی محققان به علت اینکه آتشفشان یک پدیده طبیعی است آن را به عنوان آلوده کننده محیط در نظر نمی‌گیرند، یا مثال دیگر اینکه برخی فعالیت‌های معدن کاری، جهت استخراج فلزات سنگین که باعث آلودگی خاک‌های اطراف معدن می‌گردند به عنوان فعالیت آلوده کننده محیط زیست قلمداد می‌شوند. درحالی‌که اگر خاکی به طور طبیعی حاوی مقادیر زیادتری از عنصر مذکور باشد به علت اینکه به‌طور طبیعی به وجود آمده است آن را آلودگی به حساب نمی‌آورند. براساس تعریف ارایه شده در مورد آلودگی فرسایش کانسارهای حاوی فلزات سنگین نیز در زمره پدیده‌ها و یا منابع آلاینده قرار می‌گیرند، زیرا موادی را وارد محیط زیست (خاک، آب، هوا) می‌کنند که در حالت طبیعی نمی‌بایست آنجا قرار می‌گرفت. از طرف دیگر غلظت بیش از حد مجاز (غلظت طبیعی) آن‌ها است و بر موجودات زنده اثرات نامطلوب دارد (عرفان منش و افیونی، ۱۳۸۱).

سری دوم: آلودگی با منبع مشخص[1] و آلودگی با منبع نامشخص[2]. برای مثال خروجی فاضلاب یک تصفیه خانه یا دودکش یک کارخانه از منابع مشخص آلودگی هستند. در صورتی که رواناب سطحی یک چمن‌زار که در آن علف‌کش استفاده شده است در زمره منابع نامشخص آلودگی به‌شمارمی‌آید (عرفان منش و افیونی، ۱۳۸۴). این آلودگی از مناطق وسیعی ایجاد می‌شود و از یک منبع خاص نیست، می‌تواند شامل فعالیت‌های طبیعی و انسانی باشد (Sparks, 1995). به علت این تفاوت‌ها راه‌های کنترل آلودگی‌های با منبع نامشخص به‌دلیل گستردگی مناطق آلوده و مشکلات حقوقی با مالکین این مناطق بسیار مشکل است. برای مثال کنترل آلودگی آب‌های سطحی در مقابل فسفر در صورتی که از منابع نامشخص مانند اراضی کشاورزی، دامداری‌های صنعتی و غیر صنعتی پراکنده به‌دلیل وسعت حوزه فعالیت آن‌ها بسیار مشکل است (عرفان منش و افیونی، ۱۳۸۴).

---

[1]- Point source
[2]- Nonpoint source

۲-۳-۱- فلزات سنگین

۱-۲-۳-۱- تعریف فلزات سنگین و نقش آنها در محیط

فلزات سنگین عمدتاً به گروهی از فلزات اطلاق می‌گردد که دانسیته آن‌ها بیش از ۶ گرم بر سانتیمتر مکعب باشد. این عبارت معمولاً به عناصری از قبیل کادمیوم (Cd)، کروم (Cr)، مس (Cu)، جیوه (Hg)، نیکل (Ni)، سرب (Pb)، روی (Zn)، وانادیم (V)، منگنز (Mn) و فلزات دیگر که معمولاً در ارتباط با مسایل آلودگی و سمیت قرار دارند اطلاق می‌گردد و ۸۴ عنصر از ۱۰۶ عنصر شناخته شده به‌عنوان فلز دسته‌بندی شده اند و از این جهت آلودگی فلزها متنوع می‌باشد، تمام فلزهای عنوان شده برای محیط خطر آفرین نمی‌باشند، تعدادی غیر سمی و تعدادی از فلزها حتی اگر سمی باشند، خیلی کمیاب بوده یا ترکیبات آنها غیر قابل حل است، در نتیجه تعداد کمی از فلزها به‌عنوان آلوده‌کننده‌های محیطی در نظر گرفته می‌شوند (Kabata - pendias, 1994). فلزهای سنگین خطرناک‌ترین آلاینده‌ها برای محیط و موجودات زنده هستند. در مباحث آلودگی-های فلزی از عناوین فلزهای سنگین و کمیاب استفاده می‌شود. یک اشتباه متداول در مباحث آلودگی فلزها این است که تمام آلوده‌کننده‌های فلزی را بی توجه به چگالی آنها به‌عنوان فلزهای سنگین طبقه‌بندی می‌کنند. معمولاً فلزهایی که به میزان برابر یا کمتر از ۰/۱ درصد (۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) در پوسته زمین وجود دارند، به فلزهای کمیاب موسومند و در کشاورزی عناصر ریزمغذی[1] نامیده می‌شوند. فلزاتی مانند روی (Zn)، مس (Cu) و مولیبدن (Mo) به مقدار کم در خاک یافت می‌شوند ولی مقدار کم آن‌ها برای رشد گیاه ضروری می‌باشد (بای بوردی، ۱۳۷۲). فلزهای سنگین به صورت کاتیون و یا آنیون در خاک دیده می‌شوند. عناصری مانند آهن (Fe)، جیوه (Hg)، کادمیم (Cd)، روی (Zn)، نیکل (Ni)، مس (Cu)، کروم (Cr) و منگنز (Mn) در خاک به صورت کاتیون بوده و در مقابل عناصری مانند آرسنیک (As)، مولیبدن (Mo)، سلنیم

[1] Micronutrient

(Se) در ترکیب با اکسیژن هستند و دارای بار منفی می‌باشند (Auburn, 2000). وجود این فلزها در خاک کاملاً طبیعی است اما مقادیر بیش از حد طبیعی به دلیل جذب توسط گیاهان و ورود به زنجیره‌های غذایی به‌عنوان آلوده‌کننده محیط زیست محسوب می‌شوند. امروزه مشخص شده است که آلودگی خاک با عناصری مانند Ni، Pb، Zn و Cu به‌دلیل فعالیت‌های معدنی سبب نابودی گیاهان حساس می‌گردد (Shaw, 1989). زمانی‌که فلزهای سنگین به مقدار زیادی وارد خاک، آب یا هوا شوند، ممکن است سبب بروز خطراتی برای سلامتی انسان گردند (Wong et al, 2002). مصرف غذاهای آلوده یکی از راه‌های اصلی ورود فلزهای سنگین به بدن انسان می‌باشد. این عناصر اغلب در کبد و خصوصاً در کلیه‌ها تجمع می‌یابند. اثرات بعضی از این گونه فلزها از قبیل Pb، Hg و Cu کاملاً شناخته شده است. اما اثرات جانبی تعدادی از این قبیل فلزها مانند Cr، Co و Ni آن-چنان که باید، بر همگان شناخته شده نیست. لازم است که پس از شناخت کامل این‌گونه اثرات، به هر وسیله ممکن از ورود فلزات سنگین به سیستم‌های آبی و تغذیه‌ای جلوگیری شود پایداری فلزها در محیط زیست مشکلات به‌خصوصی را ایجاد می‌کند. فلزها نمی‌توانند مانند آلوده‌کننده‌های آلی از طریق شیمیایی یا فرایندهای زیستی در طبیعت تجزیه شوند. ترکیبات فلزی می‌توانند تغییر یابند، اما فلزها همچنان باقی می‌مانند. پایداری فلزها در محیط اجازه می‌دهد که در فواصل قابل توجه، توسط آب یا هوا منتقل شوند. یکی از نتایج مهم پایداری آنها تجمع زیستی فلزها در زنجیره غذایی می‌باشد. در نتیجه این فرایند، غلظت فلزها در اعضای بالاتر زنجیره می‌تواند تا چندین برابر غلظت آنها در آب یا هوا باشد و در نهایت موجب به خطر افتادن سلامتی انسان‌ها، گیاهان و جانورانی که از این مواد تغذیه می‌کنند، شود. انسان تمایل به ذخیره‌سازی فلزها به دلیل نیمه عمر طولانی برخی از آنها در بدن دارد (دبیری، ۱۳۷۹).

یک عنوان دیگر برای این دسته از عناصر که بیشتر قابل قبول است، فلزات کمیاب می‌باشد. بر خلاف اغلب آلاینده‌های آلی فلزات سنگین به طور طبیعی در اشکال مختلف سنگ‌ها و مواد

معدنی و خاک‌ها وجود دارند. بنابراین اغلب یک مقدار معمول برای غلظت این فلزات به عنوان غلظت زمینه در خاک، رسوبات، آب‌ها و موجودات زنده وجود دارند (بیانی کلاگری، ۱۳۸۰).

۲-۲-۳-۱- آلودگی فلزات سنگین در خاک و محیط زیست

آلودگی فلزات سنگین در خاک‌ها اخیراً به صورت یک مشکل جهانی درآمده است، کاربرد آفت‌کش‌ها، کودها، آبیاری با آب‌های آلوده و فعالیت صنایع باعث آلودگی فلزات سنگین در نواحی کشاورزی شده است (Radtke, 1993). یون‌های فلزات سنگین سمی‌ترین آلاینده‌های غیرآلی هستند که در خاک‌ها یافت می‌شوند و دارای منشاء طبیعی و انسانی می‌باشند (Usman, 2008).

منشاء طبیعی این فلزات در نتیجه نزدیکی به رخ‌نمون سنگی یا بدنه سنگ معدن و منشاء انسانی آن، نتیجه فعالیت‌های صنعتی است. اشکالی از این فلزات توسط انسان وارد خاک می‌شوند واکنش پذیرتر بوده و بنابراین برای گیاه قابل دسترس‌تر است. در این رابطه یک سری واکنش‌ها با ترکیبات خاک باعث نامحلول شدن تدریجی فلزات وارد شده به خاک می‌شود(Iskandar and Khirkham, 2001). ضایعات صنعتی و تخلیه فاضلاب معمولاً موارد شدیدی از آلودگی فلزات سنگین را ایجاد می‌کند (Wong, 2003).

آلودگی خاک‌های کشاورزی به وسیله فلزات، به واسطه اثرات زیان‌آور اکولوژیکی، به عنوان نگرانی جدی محیطی محسوب می‌شود. خاک‌های کشاورزی در قسمت‌های زیادی از دنیا به صورت جزیی تا متوسط به وسیله فلزات سنگین مثل کادمیم، مس، روی، نیکل، کبالت، کروم، سرب و منگنز آلوده شده‌اند. این آلودگی می‌تواند به واسطه استفاده طولانی مدت از کودهای فسفره، کاربرد لجن فاضلاب، فاضلاب‌های صنعتی و عملیات نامناسب آبیاری در اراضی کشاورزی باشد (Passariello et al, 2002). فلزات سنگین به صورت بالقوه برای گیاهان سمی هستند و خاک‌های آلوده به فلزات سنگین منجر به کاهش در محصولات کشاورزی و اثرات خطرناک بر سلامتی، به واسطه ورود این آلاینده‌ها به زنجیره‌ی غذایی می‌شوند (Schickler and Caspi, 1999).