مجله محیط شناسی، شماره ۳۶، زمستان ۱۳۸۳، صفحه ۲۶-۱۵

پراکنش آهن، روی و سرب در خاک و محصولات کشاورزی در منطقه استقرار مجتمع فولاد مبارکه

دکتر مهران هودجی *

دکتر احمد جلالیان **

چکیده

آلودگی خاک و تجمع فلزات سنگین در محصولات کشاورزی در مناطق صنعتی یکی از مهم‌ترین مسائل محیط زیستی است که زندگی گیاهان، حیوانات و انسان را تهدید می کند. هدف از این تحقیق، بررسی پراکنش آهن، روی و سرب در خاک و محصولات کشاورزی در منطقهٔ اطراف مجتمع فولاد مبارکه بوده است. در این تحقیق بر اساس نقشه های رده بندی خاک و طبقه بندی اراضی، پنجاه ناحیه در جهت باد غالب(جنوب غربی– شمال شرقی) مجزا گردید. در هر منطقه از ۴ عمق (۵-۰ ، ۱۰-۵ ، ۲۰-۱۰ و ۴۰-۲۰ سانتیمتری) نمونه برداری گردید و در مجموع تعداد ۲۰۰ نمونه خاک تهیه شد. غلظت آهن، روی و سرب قابل استخراج با DTPA[1] در نمونه‌های خاک اندازه‌گیری شد. همچنین غلظت این عناصر در اندام هوایی ۳۶ نمونه از نوزده نوع محصول کشاورزی عمده در این مناطق اندازه گیری گردید. نتایج نشان داد که حداکثر غلظت آهن قابل استخراج با DTPA در دو محل در فواصل ۸ و ۲۰ کیلومتری جنوب‌شرقی مجتمع فولاد و در لایه ۵-۰ سانتیمتری خاک به ترتیب ۲۲۱/۲ و ۲۲۴/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بوده است. حداکثر غلظت روی قابل استخراج با DTPA در جنوب‌شرقی مجتمع فولاد و در لایه ۵-۰ سانتیمتری خاک برابر ۱۶ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بوده و حداکثر غلظت سرب قابل استخراج با DTPA در غرب مجتمع فولاد و در لایهٔ ۵-۰ سانتی متری خاک، برابر ۱۴/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بوده است. حداکثر غلظت آهن در اندام هوایی برنج، گندم و لوبیا در جنوب‌شرقی مجتمع فولاد مبارکه، به ترتیب ۲۲۹۰ ، ۱۷۱۰ و ۲۰۰۶/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم مادهٔ خشک گیاهی بوده است که نسبت به میانگین غلظت آهن در مادهٔ خشک گیاهی (۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم) بالاست. حداکثر غلظت روی در اندام هوایی گوجه فرنگی در شمال مجتمع فولاد مبارکه، برابر ۴۹۳/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی بوده است که نسبت به میانگین غلظت روی در ماده خشک گیاهی (۲۰ میلی گرم در کیلوگرم) بالاست.

کلید واژه

فلزات سنگین، آهن، روی، سرب، فرم قابل استخراج با DTPA، مجتمع فولاد مبارکه.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۱/۱۲/۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۳/۵/۲۷

* استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان.

** استاد گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

سرآغاز

محیط زیست آلـوده، به مناطقی با ترکیبات یا مواد نامطلوب برای زندگی انسان، گیاه یا جانوران اطلاق می‌شود. این محیـط های زیست آلوده در اثر فعالیت صنایع و اقداماتی که توسط انسان صورت می گیرد، ایجاد می شوند. هرچه غلظت آلاینـده ها در محیط زیـادتر باشد یا مدت مجـاورت گیـاه، جـانور یا انسان با مواد آلوده کننده بیشتر باشد، اثر آن بر زندگی این موجودات بیشتر خواهد بود و عوارض فیزیکی و شیمیایی نامطلوب بیشتری را ایجاد خواهد کرد (کریمیان، ۱۳۷۱). استانداردهای تدوین شده در کشورهای مختلف برای محیط زیست متفاوت است و روش کنترل نیز باید مناسب با محیط و با هدف رسیدن به این استانداردها اتخاذ گردد. خاک و گیاه دو جزء اساسی محیط زیست انسان به شمار می روند. این دو جزء به طور مستقیم در ارتباط با یکدیگر بوده و هرگونه اختلال در سیستم طبیعی خاک، منجر به عدم رشد طبیعی گیاهان خواهد شد(عباسپور، ۱۳۷۷). آلوده شدن منابع خاک و گیاه بر اثر فعالیت های بشر از مسائلی است که امروزه با پیشرفت علم و فناوری پدید آمده و چنانچه این روند ادامه یابد خطرات محیط زیستی جبران ناپذیری را بر سلامت جوامع انسانی برجا می گذارد. بنابراین بررسی امکان آلوده شدن منابع خاک و گیاه توسط صنایع مختلف از جمله راه حل هایی است که از طریق آن می توان به شناخت کیفیت و کمیت آلاینده ها پـرداخت و به این وسیله از آلـوده شدن بیش از حد منـابع حیات و محیط زیست جلـوگیری به عمل آورد. آلوده شدن منابع خاک به دلیل ارتباط نزدیک آن با تغذیه انسان و به سبب دخالت مستقیم آن در تولید محصولات کشاورزی از نظر جنبه های محیط زیستی و سلامت جوامع انسانی بسیار حائز اهمیت است(بای بوردی، ۱۳۷۷). در خصوص آلوده شدن منابع خاک از طریق صنعت فولاد، بیشترین خطر آلودگی در محصولات کشاورزی مربوط به خروج این عناصر به صورت گرد و غبار یا به همراه پساب از واحدهای مختلف تولید و ورود این عناصر به منابع خاک منطقه است که آلوده شدن احتمالی لایه های سطحی خاک و امکان جذب این عناصر به وسیله محصولات کشاورزی را به همراه دارد. به این ترتیب تجمع فلزات سنگین جذب شده در اندام گیاه در غلظت هایی بیش از حد استاندارد، ضمن فراهم آوردن موجبات کاهش رشد و عملکرد محصولات کشاورزی، آلوده شدن زنجیرهٔ غذایی و به مخاطره افتادن سلامت جوامع انسانی را به همراه دارد(عرفانمنش و افیونی، ۱۳۷۹) در این تحقیق به بررسی پراکندگی آهن، روی و سرب در خاک و محصولات کشاورزی در منطقهٔ تأثیرپذیر از فرایندهای تولید مجتمع فـولاد مبـارکه پـرداختـه شد. تجمع فلزات سنگین، چه به صورت طبیعی، یا از طریق فعـالیت هـای بشر، مسائل و مشکلاتی را در ارتباط با آثار سمـی این عناصر به هـمراه خواهد داشت. میزان عناصر در قشر زمین با مقادیر عناصر در خاک سطحی رابطه مستقیم دارد. دامنهٔ نوسانات مقدار این عناصر در خاک سطحی در مقـایسه با لیتوسفـر، بیانگر تأثیر فرایند هوادیدگی طبیعی بر غلظت این عناصر است(Kabata and Pendias, 1994). فلزات سنگین به صورت خالص در خاک ممکن است هیچ گونه تأثیر مستقیمی بر رشد و نمو گیاهان نداشته باشند، ولی فرم هایی از این عناصر که در دسترس گیاهان [۲] می باشند و از طریق محلول خاک جذب گیاه می شود بر رشد و نمو گیاه تأثیر می گذارد. بنابراین شناخت ترکیبات محلول خاک ارزش و اهمیت زیادی دارد(Kabata and Pendias, 1994).

میزان فلزات سنگین خاک به دلیل ورود انواع پسماندهای صنعتی و ضایعات کارخانه های مختلف رو به افزایش است. در برخی از کشورها حداکثر غلظت قابل قبول[۳] فلزات سنگین را در خاک با در نظر گرفتن آثار سمی آنها بر محصولات کشاورزی تعیین کرده اند (Kabata and Pendias, 1994). میزان بارگیری[۴] و تجمع فلزات سنگین در خاک به عوامل مختلفی نظیر pH، درصد مواد آلی، بافت و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک[۵] وابسته است. این بررسی ها نشان داده است که بارگیری فلزات سنگین در خاک با افزایش CEC خاک افزایش می یابد. تجمع پاره‌ای از فلزات سنگین با توجه به CEC خاک توسط Logan و Chaney (۱۹۸۳) مورد بررسی قرار گرفته است. میزان جذب فلزات سنگین در گونه های گیاهی مختلف، همچنین تحمل گیاهان به انواع فلزات سنگین متفاوت است. بنابراین گونهٔ گیاه عامل دیگری است که در ارتباط با میزان آلایندگی فلزات سنگین اهمیت دارد. شکل های شیمیایی فلزات سنگین در بخش های مختلف طبیعت بسیار متفاوت است ولی عمـوماً انواع موجود درخاک و آب باعث بروز مسمومیت در موجودات زنده می شوند. غلظت اولیهٔ فلزات سنگین در محیط زیست، میزان سمیت آنها را مشخص می کند (Allen et al., 1993). خـاک اطراف ریشه، اولین منبع برای ورود فلزات سنگین به بافت گیاهان است. عموماً هرچه غلظت یک عنصر در خاک بیشتر شود، مقدار قابل دسترس آن عنصر برای گیاه افزایش پیدا می کند(De Temmerman et al., 1984). غلظت فلزات سنگین در خاک های کشاورزی توسط Logan و Traina (۱۹۹۳) 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(Berrow and Burridge, 1979; Bingham et al., 1986). در یک تحقیق Sillanppa و Jansson (۱۹۹۲) بین غلظت سلنیوم، کادمیوم، کبالت و سرب در خاک با غلظت این عناصر در دانه ذرت و گندم رابطه نزدیکی به‌دست آوردند. در این تحقیق، نمونه‌های خاک و اندام هوایی ذرت و گندم از ۳۰ کشور مختلف جمع‌آوری و ارزیابی شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان دهندهٔ وجود ارتباط نزدیک بین غلظت فلزات سنگین در خاک با غلظت این عناصر در گیاه بوده است؛ همچنین اثر نوع گیاه را بر میزان جذب فلزات سنگین مورد تأکید قرار داده است. فلزات سنگین از نظر توانایی جذب به وسیلهٔ گیاه، اختصاصات یکسانی ندارند. Alloway (۱۹۹۵)، همچنین Kabata و Pendias (۱۹۹۴) گزارش کرده‌اند که تعداد کمی از فلزات سنگین خاک به وسیلهٔ بیشتر گیاهان زراعی جذب می شوند.

در حال حاضر آثار دراز مدت فعالیت‌های بشر بر محیط زیست بهتر شناخته شده است و تحقیقات فراوانی در ارتباط با تأثیر فلزات سنگین بر خاک و محصولات کشاورزی اطراف مناطق صنعتی، بخصوص کارخانه‌های ذوب فلز صورت گرفته است (Page et al., 1987). با بررسی میزان ورود فلزات سنگین به خاک‌های جهان مشخص شده است که سالانه حدود یک میلیون تن سرب به خاک‌های جهان اضافه می شود که غلظت‌های عمده‌ای از آنها مربوط به غبارات جوی، پراکنش خاکسترها و ضایعات شهری، مصرف کودهای شیمیایی و لجن فاضلاب است(Nriagu and Pacyna, 1988). منابع اصلی ورود غیرطبیعی فلزات سنگین به جو بیشتر شامل کارخانه‌های ذوب و تصفیهٔ فلزات، کوره‌های احتراق زغال سنگ و زباله‌هاست که منجر به آلودگی منابع خاک در منطقه تأثیرپذیر از این کارخانه‌ها می گردد (Huang and Iskandar, 2000; Tiller, 1989). جذب فلزات سنگین از اراضی آلوده به وسیلهٔ گیاهان و بویژه محصولات کشاورزی یکی از مهم‌ترین راه‌های ورود این عناصر به زنجیرهٔ غذایی است (Chaney, 1990). مهم‌ترین عوامل در تعیین مقدار فلزات سنگین جذب شده به وسیله گیاه، شکل شیمیایی، غلظت فلزات سنگین در خاک، pH خاک، درصد مواد آلی خاک و گونه گیاهی اند (Logan and Chaney, 1983). اخیراً محققان گزارش کرده‌اند که غلظت قابل جذب فلزات سنگین در خاک با میزان مواد آلی خاک همبستگی بالایی دارد (Mc Bride, 1995). تجزیهٔ مواد آلی حاوی فلزات سنگین موجب آزاد شدن فلزات به شکل قابل استفاده زیستی[۶] می شود که ممکن است برای محصولات کشاورزی سمی باشند (Jing and Logan, 1992). در برخی از خاک‌ها می‌توان با ثابت نگه داشتن pH خاک در حدود خنثی، جذب فلزات سنگین توسط گیاهان را کاهش داد. با اسیدی شدن محیط خاک، Zn به آسانی جابه‌جا شده و غلظت آن در بافت‌های گیاهی از حداکثر غلظت مجاز تعیین شده در محصولات کشاورزی تجاوز نموده و برای برخی از گیاهان، مسموم کننده خواهد بود(Krebs et al., 1998). آثار سمی Zn می تواند به طور معنی‌داری از طریق افزودن آهک به خاک کاهش یابد. 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 زنجیرهٔ غذایی به همراه داشته باشند(Smith, 1994).

مواد و روشها

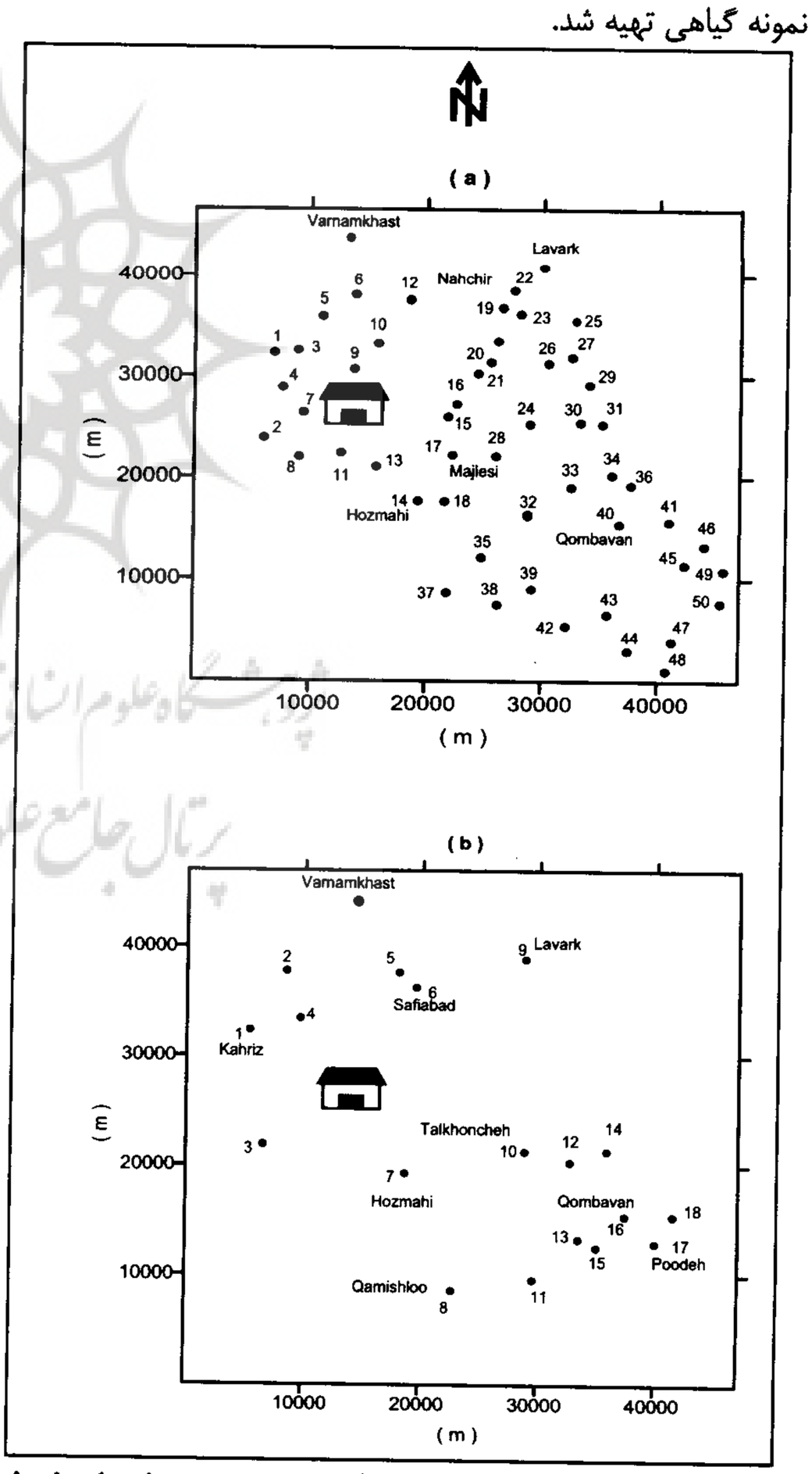
این پژوهش در منطقه اطراف مجتمع فولادمبارکه بین طول‌های جغرافیایی ´۱۵و°۵۱ تا ´۴۵و°۵۱ شرقی و عرض‌های جغرافیایی °۳۲ تا ´۲۲و°۳۲ شمالی انجام شد. برای بررسی و ارزیابی غلظت آهن، روی و سرب در اراضی کشاورزی در منطقهٔ تأثیرپذیر از فرایندهای تولید مجتمع فولادمبارکه، منطقهٔ مورد مطالعه با در نظر گرفتن شیب منطقه، جهت باد غالب(جنوب غربی –شمال شرقی)و امکان تداخل منابع آلودگی مربوط به سایر مراکز صنعتی انتخاب گردید. سپس خاک‌ها با استفاده از مطالعات خاک‌شناسی انجام شده در منطقه و نقشه‌های ارزیابی، طبقه بندی اراضی و رده بندی خاک که توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب استان اصفهان تهیه شده بود با مشخصات طبقه بندی اراضی متفاوت در منطقه شناسایی گردید (گزارش مؤسسه خاک و آب، نشریهٔ شماره ۳۹۶، ۱۳۵۳ و نشریهٔ شماره ۷۱۲، ۱۳۶۵). مشخصات رده بندی خاک‌های منطقه تا حد تحت گروه بزرگ در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول شماره (۱): مشخصات رده‌بندی خاک‌ها در منطقهٔ استقرار مجتمع فولاد مبارکه

رده بندی خاک تا حد تحت گروه
Typic Calcigypsids
Typic Haplocalcids
Typic Haplogypsids
Lithic Xeric Haplocalcids
Typic Torriorthents
Typic Calcixerepts
Typic Torriorthents Thaplo Typic Haplocalsids

هر تحت گروه دارای چندین نوع طبقه بندی اراضی بوده است که بر این اساس ۵۰ نوع خاک با مشخصات طبقه بندی اراضی متفاوت در منطقه شناسایی گردید. به این ترتیب مرزها جدا و در داخل آنها محل‌های نمونه برداری از شماره ۱ تا ۵۰ روی نقشه جغرافیایی

علامت گذاری شدند. موقعیت محل های نمونه برداری خاک در شکل (a-۱) نشان داده شده است. در نقاط تعیین شده از عمق های ۵ -۰ ، ۱۰- ۵ ،۲۰-۱۰ و ۴۰ -۲۰ سانتی متری خاک، نمونه برداری و در نهایت تعداد ۲۰۰ نمونه خاک برای تعیین غلظت قابل استخراج با DTPA فلزات سنگین مورد نظر تهیه شد (Barbarick et al., 1997; Sommers et al., 1991). محل های نمونه برداری در مناطق مختلف به گونه ای انتخاب شدند که بطور عمده در اراضی کشاورزی قرار گرفته و سعی بر آن بود که محصولات کشاورزی اصلی منطقه را تحت پوشش قرار دهند. برای اندازه گیری غلظت فلزات سنگین مورد نظر در اندام های هوایی محصولات کشاورزی منطقه ، از ۱۹ محصول عمده منطقه در محل هایی که درشکل (b-۱) نشان داده شده، تعداد ۳۶ نمونه گیاهی تهیه شد.



شکل شماره (۱): موقعیت مجتمع فولاد مبارکه و محل های نمونه برداری از خاک(a) و محصولات کشاورزی (b)

نمونه های خاک در برابر هوا خشک و به کمک چکش پلاستیکی کوبیده و از الک ۲ میلیمتری عبور داده شد. از خاک جمع آوری شده در زیر الک برای انجام تجزیه های شیمیایی استفاده شد (James and Wells, 1990). برای اندازه گیری غلظت قابل جذب فلزات سنگین در خاک از عصاره گیر DTPA به همراه کلریدکلسیم و تری اتانول آمین[۷] استفاده شد و pH محلول عصاره گیر در حدود ۷/۳ تنظیم گردید(Baker and Amacher, 1982).سپس غلظت فلزات سنگین به وسیلهٔ دستگاه جذب اتمی[۸] اندازه گیری شد(Baker and Amacher, 1982). برای اندازه گیری غلظت فلزات سنگین در اندام های هوایی گیاهان ، نمونه ها در آون تهویه دار و به مدت ۴۸ ساعت در درجهٔ حرارت ۷۵ درجه سانتیگراد 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 سانتیگراد استفاده شد. پس از صاف نمودن عصاره ها، غلظت فلزات سنگین به وسیلهٔ دستگاه جذب اتمی اندازه گیری گردید (James and Wells, 1990; Soon and Abboud, 1993).

محاسبات آماری با نرم افزارExcel ویرایش ۲۰۰۰ انجام شد و برای رسم منحنی های با غلظت یکسان از نرم افزار Surfer، ویرایش ۷ استفاده شد.

بحث روی یافته ها

میانگین[۹] ،انحراف معیار[۱۰] و ضریب تغییر[۱۱] غلظت قابل استخراج با DTPA آهن، روی و سرب در عمق های مختلف خاک در جدول (۲) و میانگین غلظت این عناصر در محصولات کشاورزی در جدول (۳) نشان داده شده است .

بر اساس نتایج به دست آمده پراکنش آهن، روی و سرب در خاک و محصولات کشاورزی منطقهٔ استقرار مجتمع فولاد مبارکه و امکان آلودگی این منابع توسط فلزات سنگین بررسی شد. نتایج این بررسی ها به شرح زیر است:

۱_ پراکنش آهن در خاک و محصولات کشاورزی

شکل (۲) پراکنش غلظت آهن قابل استخراج با DTPA را در عمق های ۵ -۰ ، ۱۰-۵ ، ۲۰-۱۰ و ۴۰-۲۰ سانتیمتری خاک نشان می دهد. حداکثر غلظت آهن قابل استخراج با DTPA در عمق ۵-۰ سانتیمتری خاک، مربوط به محل های شماره ۱۸ و ۳۹ نمونه برداری خاک بوده است (برای تطابق نقاط نمونه برداری با منحنی های با

غلظت یکسان به شکل(a-۱) مراجعه شود). این مناطق بـه ترتیـب در فاصله ۸ و ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی محل کارخانـه فـولاد مبارکـه قرار دارد. غلظت آهن قابل استخراج با DTPA در این نقاط به ترتیـب برابر۲۲۱/۲ و ۲۲۴/۴ میلی گرم در کیلوگرم خاک بوده است. با افزایش عمق خاک، غلظت آهن قابل استخراج با DTPA کـاهش مـی یابـد، به‌طوری که حداکثر غلظت آهن قابل‌استخراج با DTPA در عمق‌های ۱۰- ۲۰،۵ -۱۰ و ۴۰-۲۰ سانتیمتری خاک در این محل‌ها به ترتیب برابر ۲/۷، ۲/۷ و ۲/۱ میلی‌گرم در کیلـوگرم خـاک بـوده اسـت. ایـن نواحی در نزدیکی محل تخلیـهٔ سـنگ آهـن و دپـوی ضـایعات قـرار گرفته است و افزایش غلظت آهن در لایهٔ سطحی خاک در این نواحی دلیل پراکندگی ذرات و غبارات حاوی آهن از طریق باد از محل تخلیه سنگ آهن، دپوی ضایعات و دودکش ها و رسوب آن در منطقه است.

جدول شماره (۲): میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییر غلظت قابل استخراج با DTPA (mg/kg.soil) فلزات سنگین در خاک

عمق خاک (cm)	Fe			Zn			Pb		
	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییر٪	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییر٪	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییر٪
۰- ۵	۲۹/۵	۴۷/۷	۱۶۱/۵	۱/۴	۲/۲	۱۵۱	۲/۴	۲/۱	۸۸/۶
۵ -۱۰	۷/۱	۹/۷	۱۳۶/۶	۰/۷۵	۰/۴۹	۶۵/۱۱	۱/۶	۱/۳	۷۸/۴
۱۰-۲۰	۵/۸	۶/۵	۱۱۲/۸	۰/۵۶	۰/۳۶	۶۴/۳	۱/۴	۱/۱	۸۳/۳
۲۰-۴۰	۴/۷	۴/۳	۹۰/۳	۰/۵۴	۰/۸۵	۱۵۶/۵	۱/۵	۲/۴	۱۵۱/۳

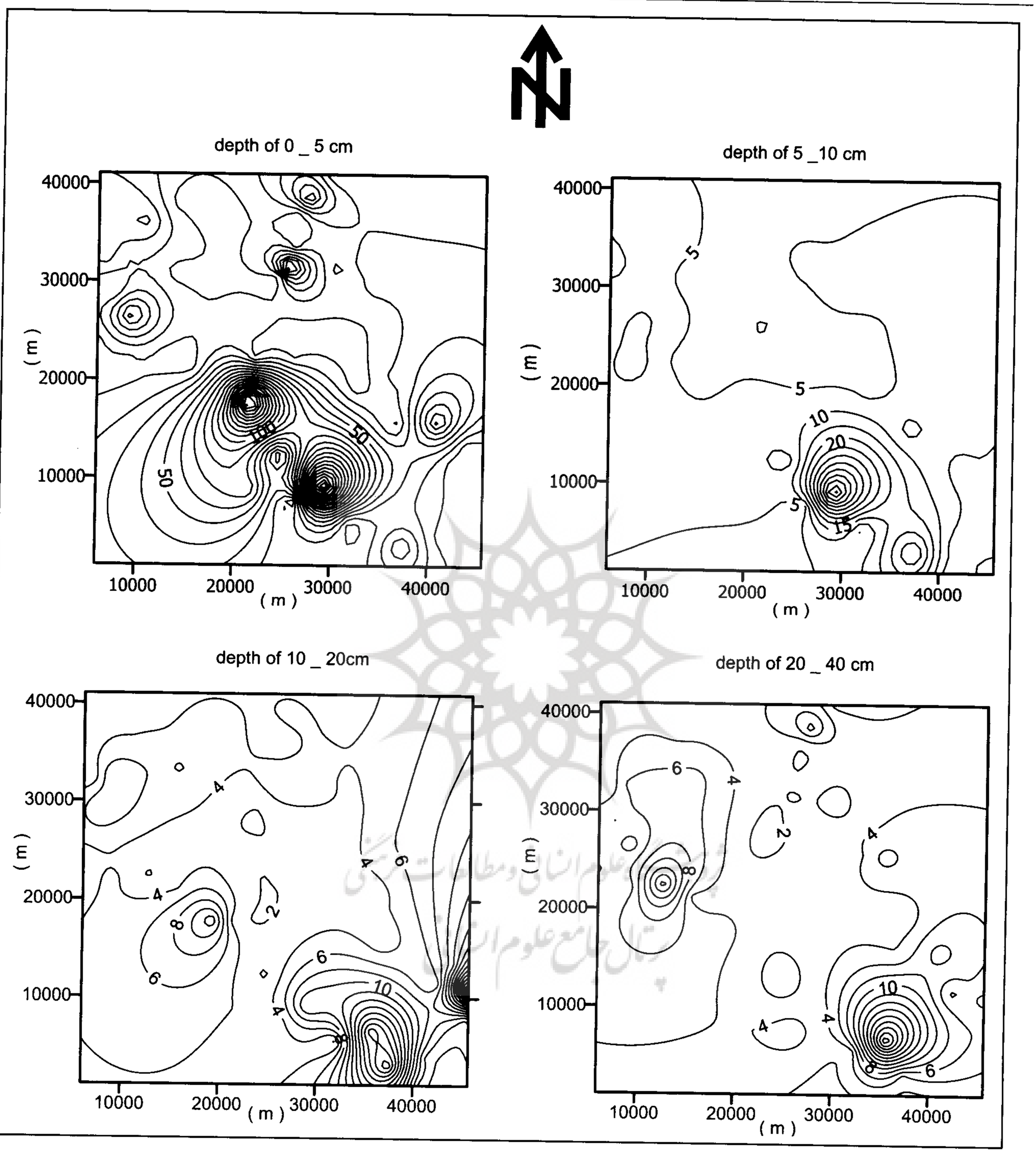
مقدار کل آهن در خاک‌ها ۳۸ گرم در کیلو گـرم و میـزان آهـن محلول در خاک در عصارهٔ گل اشباع، ۵۰ میکرو گرم در لیتر گزارش شده است (Pais and Jones, 1997). بنـا بـراین در جنـوب منطقـه، لایه سطحی خاک (۵-۰ سانتیمتری) تا حـدودی در معـرض آلـودگی آهن قرار دارد و در این ناحیه امکـان افـزایش آلـودگی آهـن در لایـه سطحی خاک طی سال‌های آینده وجود دارد. البتـه بـا توجـه بـه pH خاک منطقـه (۷/۸) و وجـود بـیش از ۴۰ درصـد آهـک ($CaCO_3$) در خاک، همچنین میزان کـم‌بارنـدگی منطقـه (حـدود ۱۴۰ میلیمتـر بـر اساس متوسط ۱۰ ساله)، احتمال انتقال آهن به لایه‌های زیرین خـاک کم بوده و این عنصر بیشتر در لایه سطحی خاک تجمـع یافته است.

جدول شماره (۳): میانگین غلظت فلزات سنگین (mg/kg.DM) در اندام هوایی محصولات کشاورزی

نوع محصول	Pb	Zn	Fe
مو(*Vitis vinifera*)	nd *	۱۶/۷	۶۹۰
یونجه (*Medicago sativa*)	nd *	۳۵	۵۵۰
فلفل قلمی(*Capsicum annum*)	nd *	۴۳/۳	۳۰۶/۷
شبدر(*Trifolium resupinatum*)	nd *	۴۶/۷	۲۱۰
شاهدانه (*Cannabis sp.*)	nd *	۵۳/۳	۴۷۶/۷
گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum*)	nd *	۴۹۳/۳	۸۰۰
مرزه (*Saturia hortensis*)	nd *	۴۶/۷	۱۱۰۰
ارزن(*Panicum miliaceum*)	nd *	۴۰	۴۸۶/۷
برنج(*Oryza sativa*)	nd *	۳/۳	۱۷۱۰
گندم(*Triticum vulgare*)	nd *	۵۴/۴	۱۱۲۳/۳
لوبیا(*Phaseolus vulgaris*)	nd *	۲۴/۵	۱۵۲۱/۱
آفتابگردان(*Helianthus annus*)	nd *	۳۲/۲	۸۸۸/۹
ریحان(*Ocimum basilicum*)	nd *	۳۶/۷	۷۶۳/۳
جو(*Hordeum vulgare*)	nd *	۲۳/۳	۴۲۳/۳
گلرنگ(*Carthamus sp.*)	nd *	۸۰	۷۱۳/۳
ذرت (*Zea maes*)	nd *	۵۳/۳	۶۰۳/۳
پنبه(*Gossypium spp.*)	nd *	۴۳/۳	۲۶۳/۳
بادمجان(*Solunum melongena*)	nd *	۳۳/۳	۳۹۶/۷
چغندر قند (*Beeta vulgar*)	nd *	۵۰	۵۸۶/۷

* : not detected (غیرقابل تشخیص)

حداکثرغلظت آهن در اندام هوایی برنج، گندم و لوبیا در جنـوب شرقی مجتمع فولاد مبارکه در نقاط ۷ و ۸ نمونـه‌بـرداری گیـاه و بـه ترتیب‌برابر ۲۲۹۰، ۱۷۱۰و ۲۰۰۶/۷ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی بوده است که نسبت به میانگین غلظت آهـن در مـاده خـشک گیـاهی (۱۰۰ میلـی‌گـرم در کیلـوگرم) بالاسـت (Pais and Jones, 1997). غلظت آهن در گیاهان ۱۰۰-۲۰ میلی‌گرم در کیلـوگرم مـاده خشک و در گیاهان شاخص بـه میـزان ۱۵۰ میلـی گـرم در کیلـوگرم گزارش شده است(Mc Bride, 1995). دامنهٔ کفایت آهن برای بیشتر گیاهـان بـین ۵۰۰ -۵۰ میلـی‌گـرم در کیلـوگرم مـاده خـشک و سـطح بحرانـی‌آن‌بـرای طیـف وسـیعی از گیاهـان ۵۰ میلـی‌گـرم در کیلوگرم است.

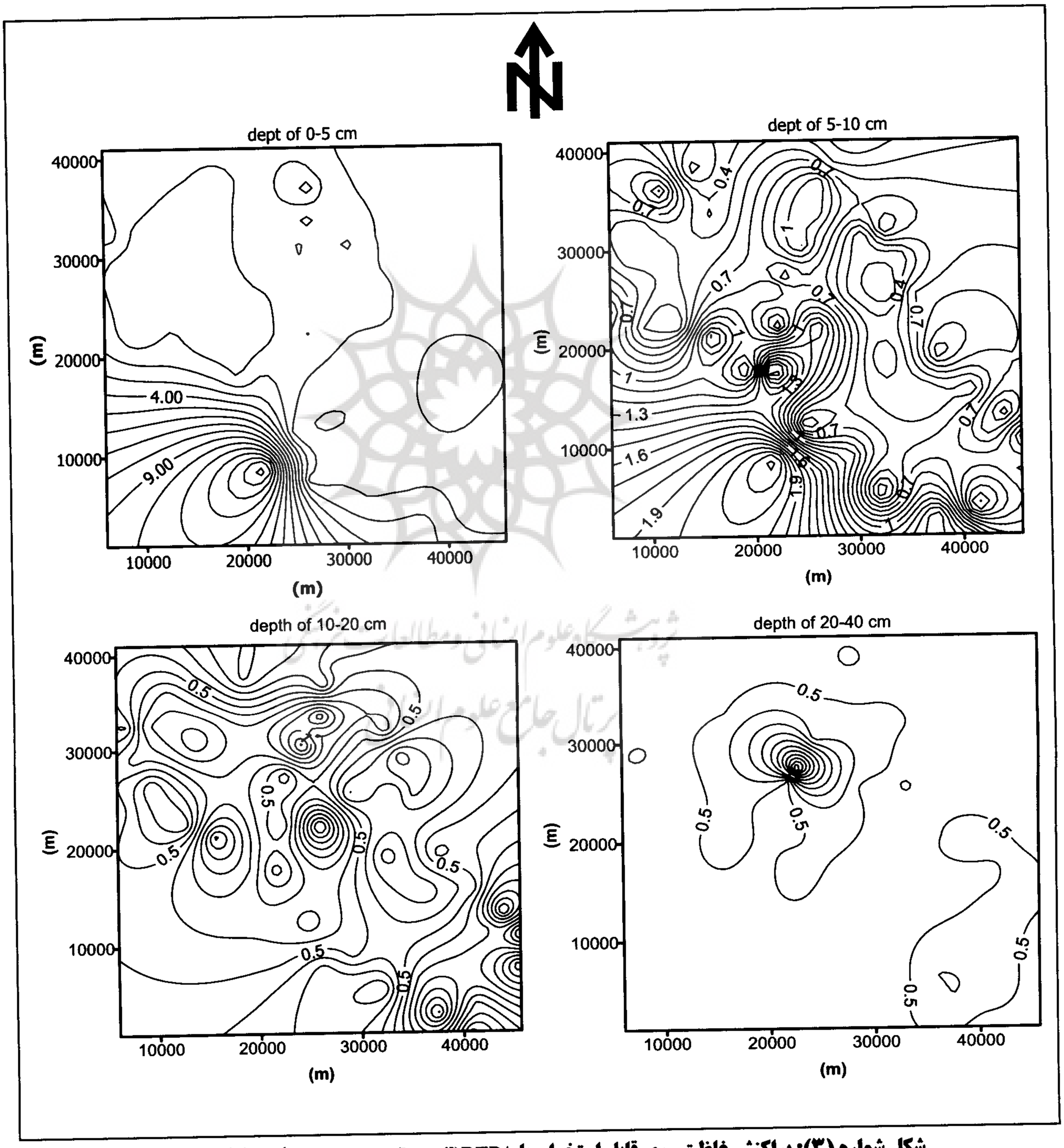


شکل شماره (۲): پراکنش غلظت آهن قابل استخراج با DTPA(mg/kg.soil) در عمق های مختلف خاک

بنابراین غلظت آهن در اندام هوایی برنج، گندم و لوبیا در جنوب منطقهٔ مورد مطالعه بالاتر از حد کفایت این عنصر برای گیاهان زراعی بوده و این افزایش می‌تواند مسمومیت آهن را به همراه داشته باشد. بخصوص در ارتباط با کشت برنج، جذب بیش از حد آهن دو ظرفیتی باعث ایجاد بیماری برنزی شدن[۱۲] خواهد شد. علاوه بر این، افزایش غلظت آهن اختلالاتی را در جذب منگنز ایجاد خواهد کرد (Pais and Jones, 1997).

۲- پراکنش روی در خاک و محصولات کشاورزی

شکل شماره (۳) پراکنش غلظت روی قابل استخراج با DTPA را درعمق‌های ۵ -۰ ، ۱۰- ۵ ، ۲۰-۱۰ و ۴۰-۲۰ سانتیمتری خاک نشان می دهد. حداکثر غلظت روی قابل استخراج با DTPA در لایهٔ سطحی(۵-۰ سانتیمتری) خاک و مربوط به محل شماره ۳۷ نمونه‌برداری خاک بوده است. این محل تقریباً در ۱۸/۵ کیلومتری جنوب شرقی مجتمع فولاد مبارکه قرار دارد. غلظت روی قابل استخراج با DTPA در این محل برابر۱۶ میلی گرم در کیلوگرم خاک بوده است. پراکندگی ذرات و غبارات حاوی روی توسط باد از محل تخلیه سنگ آهن، دپوی ضایعات و دودکش ها و رسوب آن در منطقه دلیل افزایش غلظت روی در لایه سطحی خاک در این ناحیه است.



شکل شماره (۳): پراکنش غلظت روی قابل استخراج با DTPA(mg/kg.soil) در عمق های مختلف خاک

با افزایش عمق خاک غلظت روی قابل استخراج با DTPA در این محل کاهش یافته، به‌طوری‌که حداکثر غلظت روی قابل استخراج با DTPA در جنوب شرقی مجتمع فولاد در اعماق ۱۰- ۵ ، ۲۰-۱۰ و۴۰-۲۰ سانتیمتری خاک، به ترتیب برابر ۲/۳۶، ۱/۳۶ و ۶/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک است‌و پراکنش آن نسبت به لایه سطحی خاک یکنواخت‌تر شده است. مقدار کل روی در خاک بین ۳۰۰-۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و مقدار قابل انحلال آن در خاک بین ۲۷۰-۴ میکروگرم در لیتر متغیر است.

توزیع این عنصر در خاک یکنواخت بوده‌و به‌آسانی به‌وسیلهٔ کانی‌ها و مواد آلی خاک جذب می‌گردد. این عنصر اساساً در لایه های سطحی خاک تجمع یافته و براحتی در خاک حل می‌گردد. میزان۲۰-۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک روی قابل استخراج با DTPA برای گیاهان سمی است. بنابراین غلظت روی در لایه سطحی خاک در این منطقه نسبت به استانداردهای جهانی بالاست و امکان آلودگی در این ناحیه وجود دارد.

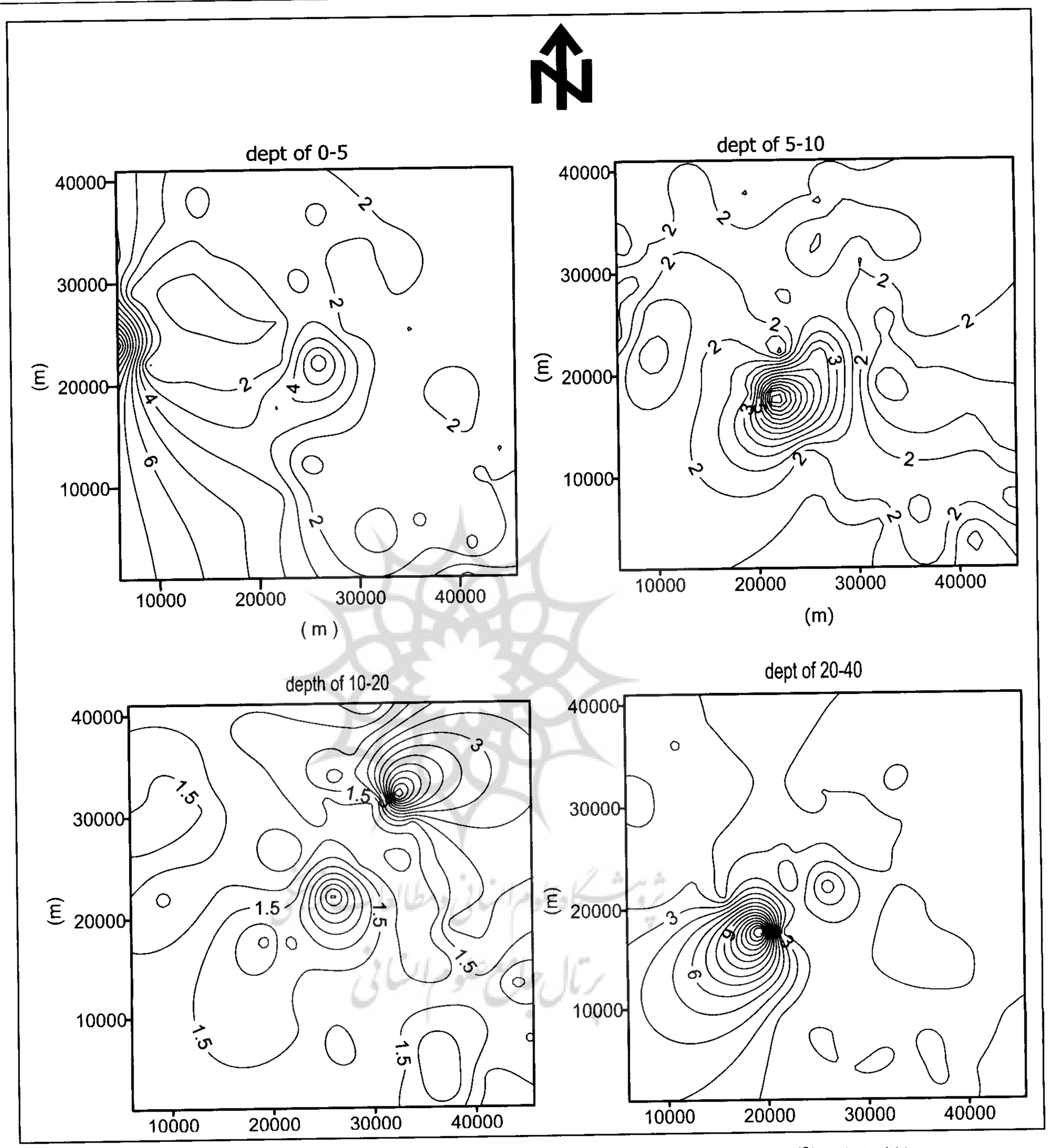
حداکثر غلظت روی در محصولات کشاورزی منطقه مربوط به محل شمارهٔ ۵ نمونه برداری گیاه و در شمال مجتمع فولاد است. در این مکان غلظت روی در اندام هوایی گیاه گوجه فرنگی برابر ۴۹۳/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاه بوده است. عنصر روی برای گیاهان، ضروری است. این عنصر از جمله عناصر کم مصرف است که دامنهٔ کفایت آن ۱۰۰-۲۰ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی است. مقدار بحرانی این عنصر برای بیشتر محصولات کشاورزی ۱۵میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک است و بیشتر در برگ‌های مسن تجمع می یابد. مقدار روی در گیاهان مرجع ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی گزارش شده است و میزان ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی از عنصر روی باعث سمی شدن، به خصوص در گیاهان حساس به آهن خواهد شد. افزایش pH خاک، توانایی جذب روی به وسیله گیاهان را کاهش می‌دهد (Pais and Jones, 1997). بنابراین غلظت روی در گوجه فرنگی در منطقه مورد اشاره از حد طبیعی بیشتر است.

۳- پراکنش سرب در خاک و محصولات کشاورزی

شکل(۴) پراکنش غلظت سرب قابل استخراج با DTPA را درعمق های ۵ -۰ ، ۱۰- ۵ ، ۲۰-۱۰ و ۴۰-۲۰ سانتیمتری خاک نشان می دهد. حداکثر غلظت سرب قابل استخراج با DTPA در عمق ۵-۰ سانتیمتری خاک مربوط به محل شماره ۲ نمونه برداری خاک بوده است. این محل در ۸/۵ کیلومتری غرب مجتمع فولاد مبارکه قرار دارد. غلظت سرب قابل استخراج با DTPA در این محل، برابر ۱۴/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بوده است . با افزایش عمق خاک پراکنش غلظت سرب قابل استخراج با DTPA در خاک منطقه غیریکنواخت‌تر شده است. حداکثرغلظت سرب قابل استخراج با DTPA در اعماق۱۰-۵ ،۲۰-۱۰ و۴۰-۲۰ سانتیمتری خاک، به ترتیب برابر ۸/۶، ۷/۱۸ و ۱۷ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و مربوط به نقاط ۱۸، ۲۷ و ۱۴ نمونه‌برداری بوده است.

سرب از جمله فلزات سنگینی است که سمی بودن آن بخوبی شناخته شده است و از مهم‌ترین آلاینده های محیط محسوب می‌شود. این عنصر، تحرک بسیار کمی در خاک دارد و توانایی جذب آن در خاک تحت تاثیر pH خاک است. مقدار کل این عنصر در خاک بین ۱۸۹-۳ میلی‌گرم در کیلوگرم و به طور متوسط ۳۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک است. مقدار ۴۰۰-۱۰۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک برای بیشتر گیاهان، مسموم‌کننده است. مقدار قابل انحلال سرب در عصارهٔ اشباع خاک، ۵ میکروگرم در لیتر است. بنابراین غلظت سرب در خاک منطقه در حد آلوده کننده نبوده است.

سرب از طریق تجمع در محصولات زراعی به زنجیرهٔ غذایی واردمی‌شودوحرکت‌آن‌در زنجیرهٔ غذایی اساساً در نتیجه فعالیت انسان است(Pais and Jones, 1997; Sillamppa and Jansson, 1992). غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر از این عنصر در محلول‌های غذایی برای اکثر گیاهان مسموم‌کننده است. این عنصر به میزان ۱۰ میلی‌گرم در لیتر باعث کندی‌رشد و به میزان ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر موجب مرگ گیاهان خواهد شد. سرب در بافت برخی از گیاهان در حد ۳۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک تجمع می یابد، بدون آن که خسارتی‌به‌محصول‌وارد کند. سطوح بسیار پایین سرب در حدود ۶-۲ میکروگرم در کیلوگرم، ممکن است برای گیاهان مورد نیاز باشد، به طوری که بعضی از مدارک در ارتباط با اثر تحریک‌کنندگی غلظت های پائین سرب وجود دارد. سرب براحتی توسط ریشهٔ گیاهان جذب شده ولی مقدار کمی از آن (کمتر از ۳ درصد) به طرف اندام‌های هوایی حرکت می‌کند. غلظت سرب در شبدر ۲/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است. سبزی‌های برگی، نظیر کاهو و اسفناج تجمع زیستی بالایی را در ارتباط با این عنصر نشان می‌دهند. این عنصر اساساً از طریق جذب ریشه‌ای‌ودرمواردی از طریق غبارات موجود در هوا وارد محصولات کشاورزی و زنجیره‌های



شکل شماره (۴): پراکنش غلظت سرب قابل استخراج با DTPA(mg/kg.soil) در عمق های مختلف خاک

غذایی می گردد(Pais and Jones, 1997). غلظت سرب در محصولات کشاورزی منطقه از حد تشخیص دستگاه جذب اتمی کمتر بوده است.

بحث و نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده در جنوب شرقی مجتمع فولاد (نقاط ۱۸ و ۳۹ نمونه برداری خاک)، لایهٔ سطحی خاک (۵-۰ سانتیمتری) دارای حداکثر غلظت آهن قابل استخراج با DTPA بوده است. غلظت آهن قابل استخراج با DTPA در این نقاط، به ترتیب ۲۲۱/۲ و ۲۲۴/۴ میلی گرم در کیلوگرم خاک بوده است که نسبت به استانداردهای جهانی رقم بالائی دارد. احتمالاً به دلیل pH نسبتاً

قلیایی خاک (۷/۸) و حضور بیش از ۴۰ درصد آهک ($CaCO_3$) در خاک منطقه، امکان حرکت و انتقال آهن به لایه‌های زیرین پروفیل خاک وجود نداشته است؛ کاهش غلظت آهن درلایه‌های زیرین خاک، نشان‌دهندهٔ این مطلب است. حداکثر غلظت آهن در اندام هوایی برنج، گندم و لوبیا در جنوب شرقی مجتمع فولاد و به ترتیب برابر ۲۲۹۰ ، ۱۷۱۰ و۲۰۰۶/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی بوده است که نسبت به میانگین غلظت آهن در ماده خشک گیاهی (۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) رقم بالائی دارد.

حداکثر غلظت روی قابل استخراج با DTPA در ۱۸/۵ کیلومتری جنوب شرقی مجتمع فولاد و برابر ۱۶ میلی گرم در کیلو گرم خاک بوده است. حداکثر غلظت روی در اندام هوایی گوجه فرنگی درشمال‌مجتمع فولاد و برابر ۴۹۳/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی بوده است که نسبت به استانداردهای جهانی(۲۰ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی) بالاست.

حداکثر غلظت سرب قابل استخراج با DTPA در لایه سطحی خاک (۵-۰ سانتیمتری) برابر ۱۴/۳ میلی‌گرم درکیلوگرم خاک بوده که در غرب مجتمع فولاد واقع شده است و از حد بحرانی گزارش شده برای این عنصر کمتراست(Pais and Jones, 1997). غلظت سرب در اندام هوایی محصولات کشاورزی منطقه از حد تشخیص دستگاه جذب اتمی کمتر بوده است.

بنابراین با توجه به بررسی های انجام شده و در نظر گرفتن مدت زمان استقرار مجتمع فولاد مبارکه در منطقه می توان نتیجه گرفت که میزان آلودگی منابع خاک و محصولات کشاورزی به آهن، روی و سرب در منطقه تحت تأثیر فرایندهای تولید در مجتمع فولاد مبارکه چندان زیاد نبوده و تنها در برخی از نواحی، مقادیر آهن و روی در خاک و محصولات کشاورزی در حد آلودگی است. برای کنترل این آلودگی و جلوگیری از گسترش آن پیشنهاد می‌گردد مطالعات محیط زیستی در خاک و محصولات کشاورزی منطقه به طور مستمر انجام گرفته و غلظت آلاینده های فلزی در خاک و محصولات کشاورزی به طور سالانه تعیین گردد. همچنین خروجی‌های مجتمع فولاد مبارکه به طور مستمر و دقیق اندازه گیری شده و حضور فلزات سنگین در آنها تا حد امکان کاهش داده شود.

سپاسگزاری

این طرح به سفارش مجتمع فولاد مبارکه انجام پذیرفت که بدین وسیله از آقای مهندس حجازی مدیر بخش توسعه و تکامل منطقه ای، آقای دکتر ایزدی مدیر بخش تحقیق فولاد مبارکه تشکر می شود. همچنین از ریاست محترم دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان جناب آقای دکتر فروغی و کلیه همکاران در دانشگاه کمال تشکر و قدردانی می گردد.

یادداشت ها

1- Dietylen Triamine Panta Acetic Acid (DTPA).
2- Available form.
3- Maximum Acceptable Concentration (MAC).
4- Loading.
5- Cation Exchange Capacity (CEC).
6- Bioavailablel Forms.
7- Trietanol amine.
8- Atomic Absorption Spectrophotometer-Perkin Elmer 3030.
9- Mean
10- Standard Deviation.
11- Coefficient of Variability.
12- Bronzing.

منابع مورد استفاده

بای بوردی، م. ۱۳۷۷. فیزیک خاک. انتشارات دانشگاه تهران.

عباسپور، م. ۱۳۷۷. مهندسی محیط زیست، جلد اول، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی.

عرفانمنش، م و م، افیونی. ۱۳۷۹. آلودگی محیط زیست: آب، خاک و هوا. انتشارات ارکان اصفهان.

کریمیان، ن. ۱۳۷۱. شیمی خاک. جلد اول مبانی. مولف: بولت. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی.

گزارش مطالعات تفصیلی خاک شناسی و طبقه بندی اراضی منطقه اوشیان، ۱۳۵۳. نشریه شماره۳۹۶ مؤسسه خاک و آب.

گزارش مطالعات نیمه تفصیلی خاک شناسی و طبقه بندی اراضی مناطق قمشه ، طالخونچه و مهیار ، ۱۳۶۵. نشریه شماره ۷۱۲ مؤسسه خاک و آب.

Allen, H.E. et al., 1993. Metals in Ground Water. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

Alloway, B.J. 1995. Heavy Metals in Soils, 2nd edition. Blackie Academic and professional, London, England.

Baker, D.E., and Amacher, M.C. 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- chimical and microbiological properties (2nd Ed) Agronomy Monograph No. 9. American Socitey of Agronomy.

Barbarick, K.A. et al., 1997. Sewage biosolids cumulative effects on extractable soil and grain elemental concentrations. J. Environ. Qual.26:1646-1702.

Berrow, M.L. and Burridge, J.C. 1979. Sources and distribution of trace elements in soils and related crops. PP.206-209. In: Int. Conf. Manage. Contr. Heavy Metals Environ . London, England.

Bingham, F.T. et al., 1986. Metal toxicity to agricultural crops. Metal . Ion Biol. Sys. 20: 119-156.

Chaney, R.L.1990. Public health and sludge utilization part 2. Biocycle. 31:68-73.

De Temmerman, L.O. et al., 1984. Determination of normal levels and upper limit values of trace elements in soils. Z.Pflanzen. Bodenk . 147:687-694

Huang,P.M. and Iskandar, I.K. 2000. Soils and ground water pollution and remediation: Asia, Africa, and Oceain. Lewis Publishers. Boca Raton. London, New York, Washington D.C.

James, D.W. and Wells, K.L. 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 Socity of America. Inc.

Jing, J. and Logan. T. J. 1992. Effects of sewage sladge cadmium concentration on chemical extractability and plant uptake. J. Environ. Qual. 21:73-81.

Kabata A. A., and Pendias, H. 1994. Trace elements in soils and plants,2nd edition.CRC Press, Boca Raton, FL.

Krebs. R. et al., 1998. Solubility and plant uptake of metals with and without liming of sludge amended soils. J.Environ.Qual.27:18-23.

Logan, T.J. and Chaney, R.L 1983. Utilization of municipal wastewater and sludge on land-metals. PP. 235-326. In: A.L. Page, T.L.(ed)Gleason. III, J,E. Smith, Jr. I.K.Iskandar, and L.E. Sommers(eds.). Proceeding of the 1983 workshop on utilization of municipal waste water and sludge on land. University of California, Riverside.

Logan, T.J. and Traina, S.J 1993. Trace metals in agricultural soils.PP. 309-347. In: H.E. Allen, E.M. Perdue, and D.Brown(eds.). Proceding of the 1983 workshop on utilization of municipal waste water and sludge on land. University of California, Riverside.

Mc Bride, M.B. 1995. Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge: Are USEPA regulations Protective. J. Environ. Qual. 24:5-18.

Nriagu, J. O. and Pacyna, J. M. 1988. Quantitative assessment of world-wide contamination of air, water and soils by trace metals. Nature. 333, 134-139.

Page, A.L. et al., 1987. Land application of sludge. Lewis publishers, Chelsea, MI.

Pais, I.J., and Jones, Jr. B. 1997. The handbook of trace elements. Publishing by : St. Lucie press Boca Raton Florida.

Sillanppa, M., and Jansson, H. 1992. Status of cadmium, lead,cobalt, and selenium in soils and plant of thirty countries. FAO soils Bulletin 65. Rome. Italy.

Smith, S.R. 1994. Effect of soil pH on availability to crops of metals in sewage sludge-treated soil. 1. Nickel, Cu and Zn uptake and toxicity to ryegrass. Environ. Pollut. 85:321-327.

Sommers, L.E. et al., 1991.Optimum use of sewage sludge on agricultural land. Western Regional Res.Publ. W-124. Colorado AGRIC .Exp. Stn., Fort Collin.

Soon, Y.K., and Abboud, S. 1993. Cadmium, chromium, lead and nickel. PP. 103-107. In: M.R. Carter (ed.). Soil Sampling and Methods of Analysis. Lewis publishers.

Tiller, K.G. 1989. Heavy metals and their environmental significance. PP. 113-142. In: B.A. Steward (ed.) Advances in soil science. Vol. 4, New York. Springer Verlage.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی