

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 مهم ترین 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 منطقه 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^(۱) در نمونه های خاک اندازه گیری 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 جنوب شرقی مجتمع فولاد و در لایه ۵-۰ سانتیمتری خاک به ترتیب ۲۲۱/۲ و ۲۲۴/۴ میلی گرم در کیلوگرم خاک بوده است. حداکثر غلظت روی قابل استخراج با DTPA در جنوب شرقی مجتمع فولاد و در لایه ۵-۰ سانتیمتری خاک برابر ۱۶ میلی گرم در کیلوگرم خاک بوده و حداکثر غلظت سرب قابل استخراج با DTPA در غرب مجتمع فولاد و در لایه ۵-۰ سانتی متری خاک، برابر ۱۴/۳ میلی گرم در کیلوگرم خاک بوده است. حداکثر غلظت آهن در اندام هوایی برنج، گندم و لوبیا در جنوب شرقی مجتمع فولاد مبارکه، به ترتیب ۲۲۹۰، ۱۷۱۰ و ۲۰۰۶/۷ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی بوده است که نسبت به میانگین غلظت آهن در ماده خشک گیاهی (۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم) بالاست. حداکثر غلظت روی در اندام هوایی گوجه فرنگی در شمال مجتمع فولاد مبارکه، برابر ۴۹۳/۳ میلی گرم 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.

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

** استاد گروه خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

سرآغاز

محیط زیست آلوده، به مناطقی با ترکیبات یا مواد نامطلوب برای زندگی انسان، گیاه یا جانوران اطلاق می‌شود. این محیط‌های زیست آلوده در اثر فعالیت صنایع و اقداماتی که توسط انسان صورت می‌گیرد، ایجاد می‌شوند. هرچه غلظت آلاینده‌ها در محیط زیست بیشتر باشد یا مدت مجاورت گیاه، جانور یا انسان با مواد آلوده‌کننده 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 می‌روند. 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 فعالیت‌های 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 می‌گذارد. بنابراین بررسی امکان آلوده شدن منابع خاک و گیاه توسط صنایع مختلف از جمله راه‌حل‌هایی است که از طریق آن می‌توان به شناخت کیفیت و کمیت آلاینده‌ها پرداخت و به این وسیله از آلوده شدن بیش از حد منابع حیات و محیط زیست جلوگیری 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 جنبه‌های 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 لایه‌های 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 غلظت‌هایی بیش از حد استاندارد، ضمن فراهم آوردن موجبات کاهش رشد و عملکرد محصولات کشاورزی، آلوده شدن زنجیره 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 منطقه تأثیرپذیر از فرایندهای تولید مجتمع

فولاد مبارکه پرداخته شد. تجمع فلزات سنگین، چه به صورت طبیعی، یا از طریق فعالیت‌های بشر، مسائل و مشکلاتی را در ارتباط با آثار سمی این عناصر به همراه خواهد داشت. میزان عناصر در قشر زمین با مقادیر عناصر در خاک سطحی رابطه مستقیم دارد. دامنه نوسانات مقدار این عناصر در خاک سطحی در مقایسه با لیتوسفر، بیانگر تأثیر فرایند هوازدگی طبیعی بر غلظت این عناصر است (Kabata and Pendias, 1994). فلزات سنگین به صورت خالص در خاک ممکن است هیچ‌گونه تأثیر مستقیمی بر رشد و نمو گیاهان نداشته باشند، ولی فرم‌هایی از این عناصر که در دسترس گیاهان^(۲) می‌باشند و از طریق محلول خاک جذب گیاه می‌شود بر رشد و نمو گیاه تأثیر می‌گذارد. 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 کارخانه‌های 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 کرده‌اند (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 بررسی‌ها نشان داده است که بارگیری فلزات سنگین در خاک با افزایش CEC خاک افزایش می‌یابد. 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 گونه‌های گیاهی مختلف، همچنین تحمل گیاهان به انواع فلزات سنگین متفاوت است. بنابراین گونه گیاه عامل دیگری است که در ارتباط با میزان آلاینده‌های فلزات سنگین اهمیت دارد. شکل‌های شیمیایی فلزات سنگین در بخش‌های مختلف طبیعت بسیار متفاوت است ولی عموماً انواع موجود در خاک و آب باعث بروز مسمومیت در موجودات زنده می‌شوند. غلظت اولیه فلزات سنگین در محیط زیست، میزان سمیت آنها را مشخص می‌کند (Allen et al., 1993). خاک 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 می‌کند (De Temmerman et al., 1984). غلظت فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی توسط Logan و Traina (۱۹۹۳) مورد بررسی قرار گرفته است. این بررسی‌ها نشان داد که غلظت برخی از این عناصر با پتانسیل ورود آنها به زنجیره غذایی همبستگی زیادی

داشتن pH خاک در حدود خنثی، جذب فلزات سنگین توسط گیاهان را کاهش داد. با اسیدی شدن محیط خاک، Zn به آسانی جابه جا شده و غلظت آن در بافت های 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 معنی داری از طریق افزودن آهنک به خاک کاهش یابد. بنابراین غلظت فلزات سنگین در خاک های 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 (Smith, 1994).

مواد و روشها

این پژوهش در منطقه اطراف مجتمع فولاد مبارکه بین طول های جغرافیایی ۱۵° و ۵۱° تا ۴۵° و ۵۱° شرقی و عرض های جغرافیایی ۳۲° تا ۲۲° و ۳۲° شمالی انجام شد. برای بررسی و ارزیابی غلظت آهن، روی و سرب در اراضی کشاورزی در منطقه تأثیرپذیر از فرایندهای تولید مجتمع فولاد مبارکه، منطقه 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 خاک ها با استفاده از مطالعات خاک شناسی انجام شده در منطقه و نقشه های ارزیابی، طبقه بندی اراضی ورده 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، نشریه شماره ۳۹۶، ۱۳۵۳ و نشریه شماره ۷۱۲، ۱۳۶۵). مشخصات رده بندی خاک های منطقه تا حد تحت گروه بزرگ در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول شماره (۱): مشخصات رده بندی خاک ها

در منطقه استقرار مجتمع فولاد مبارکه

رده بندی خاک تا حد تحت گروه
<i>Typic Calcigypsiids</i>
<i>Typic Haplocalcids</i>
<i>Typic Haplogypsiids</i>
<i>Lithic Xeric Haplocalcids</i>
<i>Typic Torriorthents</i>
<i>Typic Calcixerepts</i>
<i>Typic Torriorthents Thaplo Typic Haplocalcids</i>

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 محل های نمونه برداری از شماره ۱ تا ۵۰ روی نقشه جغرافیایی

دارد (Berrow and Burridge, 1979; Bingham et al., 1986). در یک تحقیق Jansson و Sillanpaa (۱۹۹۲) بین غلظت سلنیوم، کادمیوم، کبالت و سرب در خاک با غلظت این عناصر در دانه ذرت و گندم رابطه نزدیکی به دست آوردند. در این تحقیق، نمونه های خاک و اندام هوایی ذرت و گندم از ۳۰ کشور مختلف جمع آوری و ارزیابی شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان دهنده 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 وسیله گیاه، اختصاصات یکسانی ندارند. Alloway (۱۹۹۵)، همچنین Kabata و Pendias (۱۹۹۴) گزارش کرده اند که تعداد کمی از فلزات سنگین خاک به وسیله بیشتر گیاهان زراعی جذب می شوند.

در حال حاضر آثار دراز مدت فعالیت های 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 کارخانه های ذوب فلز صورت گرفته است (Page et al., 1987). با بررسی میزان ورود فلزات سنگین به خاک های جهان مشخص شده است که سالانه حدود یک میلیون تن سرب به خاک های جهان اضافه می شود که غلظت های عمده ای از آنها مربوط به عبارات 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 کارخانه های ذوب و تصفیه فلزات، کوره های احتراق زغال سنگ و زباله هاست که منجر به آلودگی منابع خاک در منطقه تأثیرپذیر از این کارخانه ها می گردد (Huang and Iskandar, 2000; Tiller, 1989). جذب فلزات سنگین از اراضی آلوده به وسیله گیاهان و بویژه محصولات کشاورزی یکی از مهم ترین راه های ورود این عناصر به زنجیره غذایی است (Chaney, 1990). مهم ترین 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 کرده اند که غلظت قابل جذب فلزات سنگین در خاک با میزان مواد آلی خاک همبستگی بالایی دارد (Mc Bride, 1995). تجزیه 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 خاک ها می توان با ثابت نگه

نمونه‌های خاک در برابر هوا خشک و به کمک چکش پلاستیکی کوبیده و از الک ۲ میلیمتری عبور داده شد. از خاک جمع‌آوری شده در زیر الک برای انجام تجزیه‌های شیمیایی استفاده شد (James and Wells, 1990). برای اندازه‌گیری غلظت قابل جذب فلزات سنگین در خاک از عصاره‌گیر DTPA به همراه کلرید کلسیم و تری اتانول آمین^(۷) استفاده شد و pH محلول عصاره‌گیر در حدود ۷/۳ تنظیم گردید (Baker and Amacher, 1982). سپس غلظت فلزات سنگین به وسیله دستگاه جذب اتمی^(۸) اندازه‌گیری شد (Baker and Amacher, 1982). برای اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در اندام‌های هوایی گیاهان، نمونه‌ها در آون تهویه‌دار و به مدت ۴۸ ساعت در درجه حرارت ۷۵ درجه سانتیگراد خشک گردید. نمونه‌های خشک شده به وسیله آسیاب برقی پودر و برای عصاره‌گیری از روش هضم با اسید نیتریک ۴ مولار در حرارت ۹۵ درجه سانتیگراد استفاده شد. پس از صاف نمودن عصاره‌ها، غلظت فلزات سنگین به وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری گردید (James and Wells, 1990; Soon and Abboud, 1993).

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

بحث روی یافته‌ها

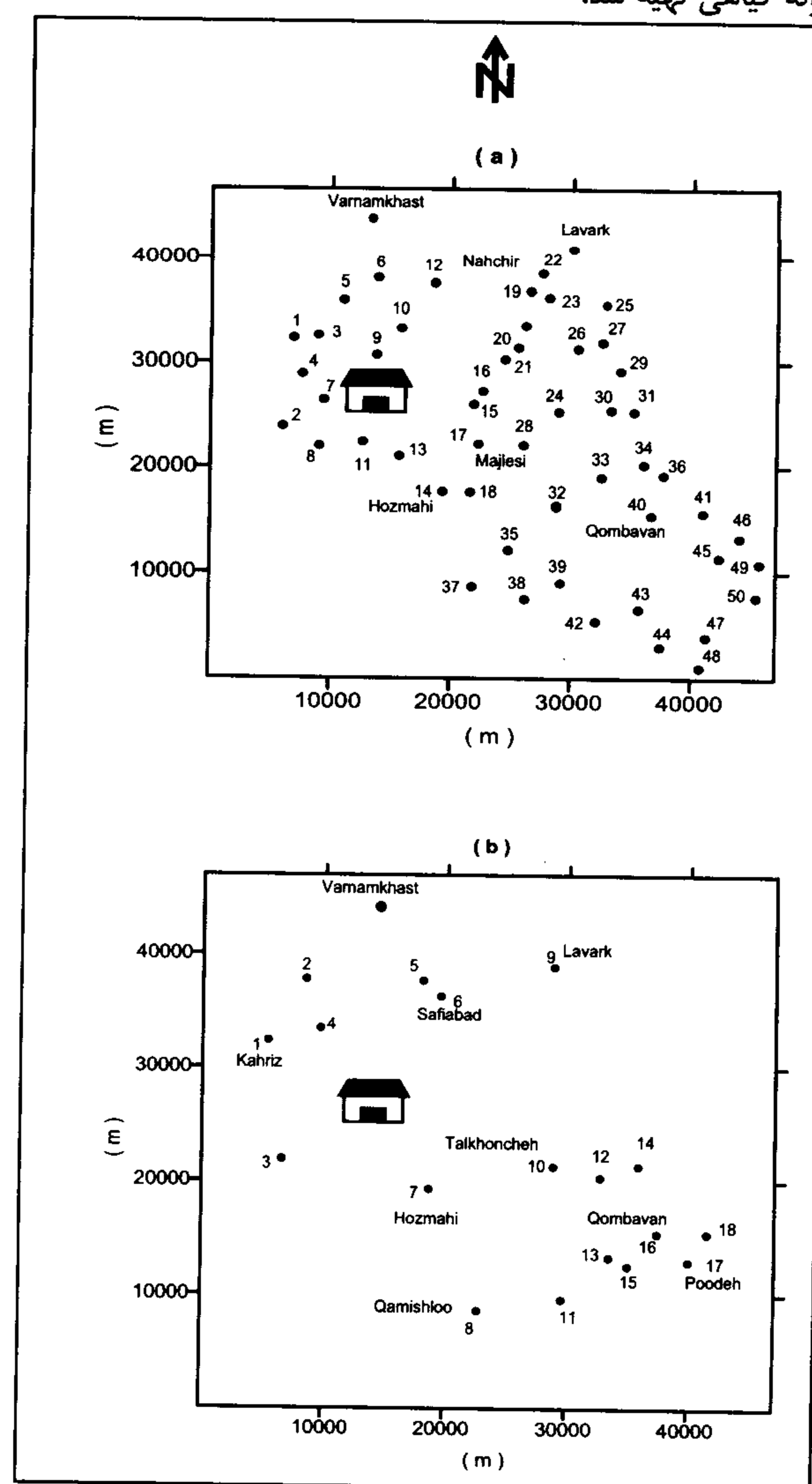
میانگین^(۹)، انحراف معیار^(۱۰) و ضریب تغییر^(۱۱) غلظت قابل استخراج با DTPA آهن، روی و سرب در عمق‌های مختلف خاک در جدول (۲) و میانگین غلظت این عناصر در محصولات کشاورزی در جدول (۳) نشان داده شده است.

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

۱- پراکنش آهن در خاک و محصولات کشاورزی

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

علامت گذاری شدند. موقعیت محل‌های نمونه برداری خاک در شکل (۱-ا) نشان داده شده است. در نقاط تعیین شده از عمق‌های 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). محل‌های نمونه برداری در مناطق مختلف به گونه‌ای 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 اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین مورد نظر در اندام‌های هوایی محصولات کشاورزی منطقه، از ۱۹ محصول عمده منطقه در محل‌هایی که در شکل (۱-ب) نشان داده شده، تعداد ۳۶ نمونه گیاهی تهیه شد.



شکل شماره (۱): موقعیت مجتمع فولاد مبارکه و محل‌های نمونه

برداری از خاک (a) و محصولات کشاورزی (b)

غلظت یکسان به شکل (a-1) مراجعه شود). این مناطق به ترتیب در فاصله ۸ و ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی محل کارخانه فولاد مبارکه قرار دارد. غلظت آهن قابل استخراج با DTPA در این نقاط به ترتیب برابر ۲۲۱/۲ و ۲۲۴/۴ میلی گرم در کیلوگرم خاک بوده است. با افزایش عمق خاک، غلظت آهن قابل استخراج با DTPA کاهش می یابد، به طوری که حداکثر غلظت آهن قابل استخراج با DTPA در عمق های

۱۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و ۴۰-۲۰ سانتیمتری خاک در این محل ها به ترتیب برابر ۲/۷، ۲/۷ و ۲/۱ میلی گرم در کیلوگرم خاک بوده است. این نواحی در نزدیکی محل تخلیه سنگ آهن و دپوی ضایعات قرار گرفته است و افزایش غلظت آهن در لایه 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

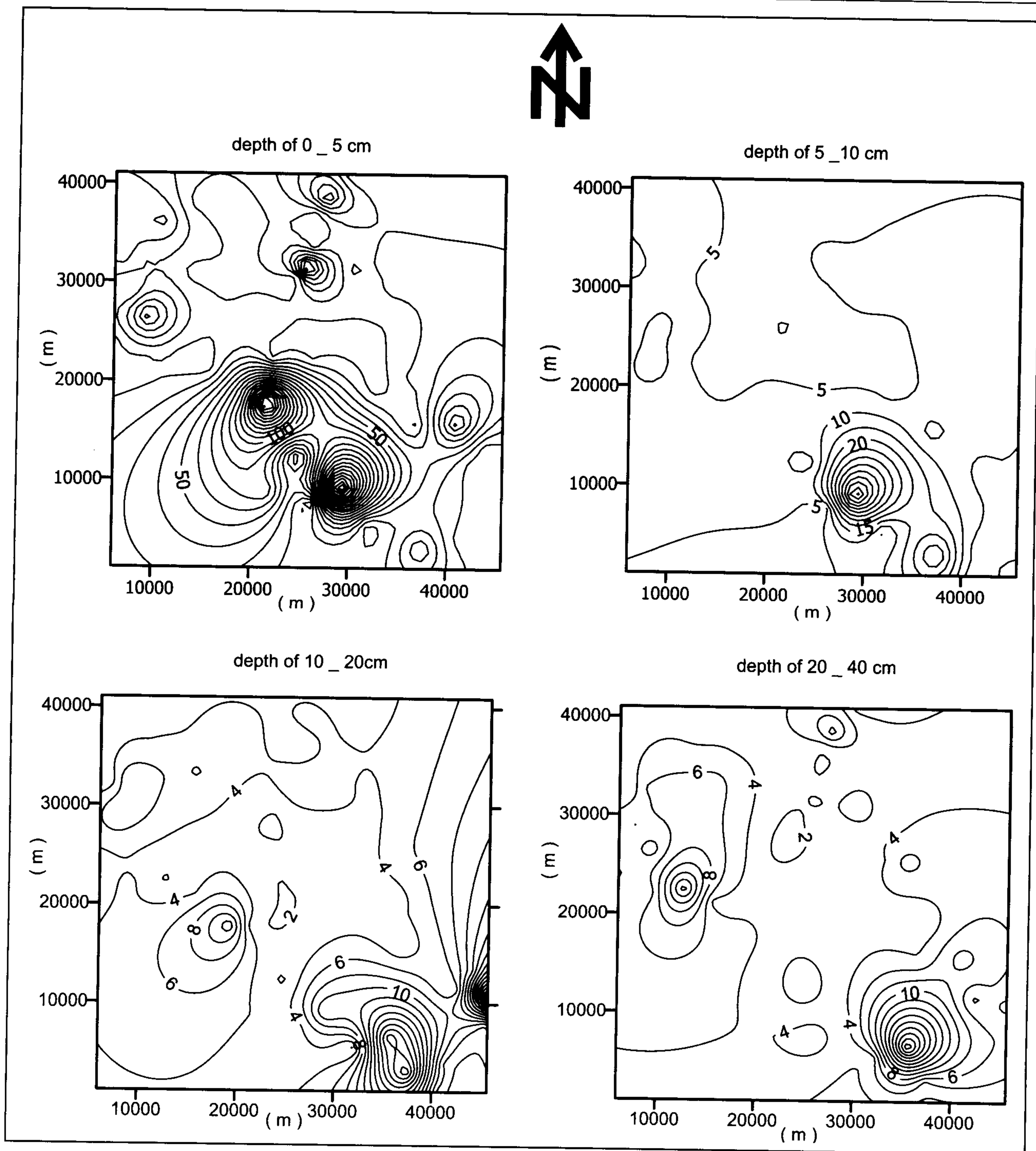
عمق خاک (cm)	Fe			Zn			Pb		
	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییر %	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییر %	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییر %
۰-۵	۲۹/۵	۴۷/۷	۱۶۱/۵	۱/۴	۲/۲	۱۵۱	۲/۴	۲/۱	۸۸/۶
۵-۱۰	۷/۱	۹/۷	۱۳۶/۶	۰/۷۵	۰/۴۹	۶۵/۱۱	۱/۶	۱/۳	۷۸/۴
۱۰-۲۰	۵/۸	۶/۵	۱۱۲/۸	۰/۵۶	۰/۳۶	۶۴/۳	۱/۴	۱/۱	۸۳/۳
۲۰-۴۰	۴/۷	۴/۳	۹۰/۳	۰/۵۴	۰/۱۸۵	۱۵۶/۵	۱/۵	۲/۴	۱۵۱/۳

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

نوع محصول	Pb	Zn	Fe
مو (<i>Vitis vinifera</i>)	nd *	۱۶/۷	۶۹۰
یونجه (<i>Medicago sativa</i>)	nd *	۲۵	۵۵۰
فلفل قلمی (<i>Capsicum annum</i>)	nd *	۴۳/۳	۳۰۶/۷
شیدر (<i>Trifolium resupinatum</i>)	nd *	۴۶/۷	۲۱۰
شاهدانه (<i>Cannabis sp.</i>)	nd *	۵۳/۳	۴۷۶/۷
گوجه فرنگی (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	nd *	۴۹۳/۳	۸۰۰
مرزه (<i>Saturia hortensis</i>)	nd *	۴۶/۷	۱۱۰۰
ارزن (<i>Panicum miliaceum</i>)	nd *	۴۰	۴۸۶/۷
برنج (<i>Oryza sativa</i>)	nd *	۳/۳	۱۷۱۰
گندم (<i>Triticum vulgare</i>)	nd *	۵۴/۴	۱۱۲۳/۳
لوبیا (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	nd *	۲۴/۵	۱۵۲۱/۱
آفتابگردان (<i>Helianthus annuus</i>)	nd *	۳۲/۲	۸۸۸/۹
ریحان (<i>Ocimum basilicum</i>)	nd *	۳۶/۷	۷۶۳/۳
جو (<i>Hordeum vulgare</i>)	nd *	۲۳/۳	۴۲۳/۳
گلرنگ (<i>Carthamus sp.</i>)	nd *	۸۰	۷۱۳/۳
ذرت (<i>Zea maes</i>)	nd *	۵۳/۳	۶۰۳/۳
پنبه (<i>Gossypium spp.</i>)	nd *	۴۳/۳	۲۶۳/۳
بادمجان (<i>Solum melongena</i>)	nd *	۳۳/۳	۳۹۶/۷
چغندر قند (<i>Beeta vulgar</i>)	nd *	۵۰	۵۸۶/۷

* not detected (غیر قابل تشخیص)

مقدار کل آهن در خاک ها ۳۸ گرم در کیلو گرم و میزان آهن محلول در خاک در عصاره گل اشباع، ۵۰ میکرو گرم در لیتر گزارش شده است (Pais and Jones, 1997). بنا براین در جنوب منطقه، لایه سطحی خاک (۵-۰ سانتیمتری) تا حدودی در معرض آلودگی آهن قرار دارد و در این ناحیه امکان افزایش آلودگی آهن در لایه سطحی خاک طی سال های آینده وجود دارد. البته با توجه به pH خاک منطقه (۷/۸) و وجود بیش از ۴۰ درصد آهک ($CaCO_3$) در خاک، همچنین میزان کم بارندگی منطقه (حدود ۱۴۰ میلیمتر بر اساس متوسط ۱۰ ساله)، احتمال انتقال آهن به لایه های زیرین خاک کم بوده و این عنصر بیشتر در لایه سطحی خاک تجمع یافته است. حداکثر غلظت آهن در اندام هوایی برنج، گندم و لوبیا در جنوب شرقی مجتمع فولاد مبارکه در نقاط ۷ و ۸ نمونه برداری گیاه و به ترتیب برابر ۲۲۹۰، ۱۷۱۰ و ۲۰۰۶/۷ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی بوده است که نسبت به میانگین غلظت آهن در ماده خشک گیاهی (۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم) بالاست (Pais and Jones, 1997). غلظت آهن در گیاهان ۱۰۰-۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک و در گیاهان شاخص به میزان ۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم گزارش شده است (Mc Bride, 1995). دامنه کفایت آهن برای بیشتر گیاهان بین ۵۰۰-۵۰ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک و سطح بحرانی آن برای طیف وسیعی از گیاهان ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم است.



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

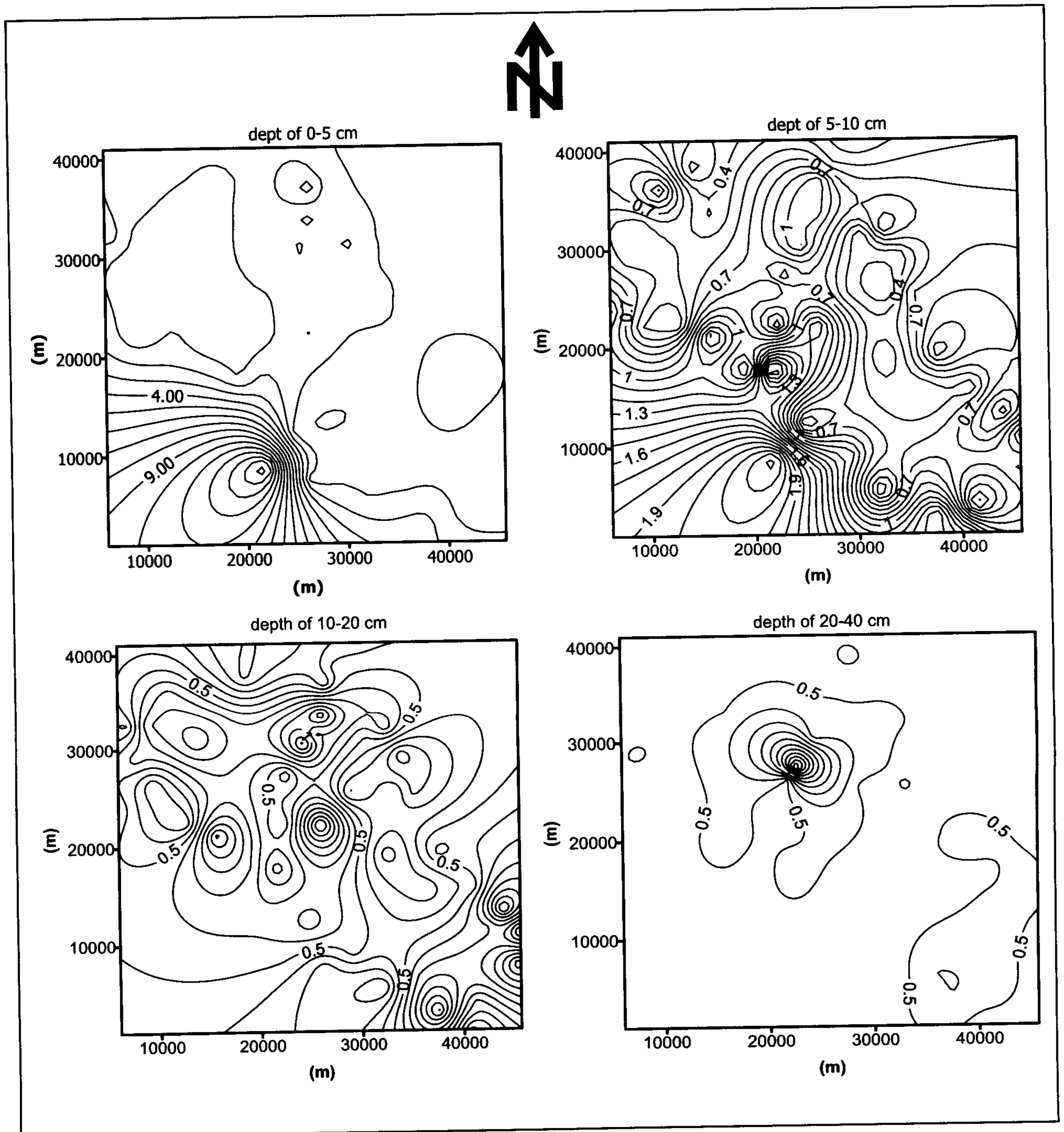
باعث ایجاد بیماری برنزی شدن^(۱۲) خواهد شد. علاوه بر این، افزایش غلظت آهن اختلالاتی را در جذب منگنز ایجاد خواهد کرد (Pais and Jones, 1997).

بنابراین غلظت آهن در اندام هوایی برنج، گندم و لوبیا در جنوب منطقه مورد مطالعه بالاتر از حد کفایت این عنصر برای گیاهان زراعی بوده و این افزایش می تواند مسمومیت آهن را به همراه داشته باشد. بخصوص در ارتباط با کشت برنج، جذب بیش از حد آهن دو ظرفیتی

۲- پراکنش روی در خاک و محصولات کشاورزی

شکل شماره (۳) پراکنش غلظت روی قابل استخراج با DTPA را در عمق‌های ۵-۰، ۱۰-۵، ۲۰-۱۰ و ۴۰-۲۰ سانتیمتری خاک نشان می‌دهد. حداکثر غلظت روی قابل استخراج با DTPA در لایه سطحی (۵-۰ سانتیمتری) خاک و مربوط به محل شماره ۳۷ نمونه برداری 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 برابر ۱۶ میلی گرم در کیلوگرم خاک بوده است. پراکنش ذرات و غبارات حاوی روی توسط باد از محل تخلیه سنگ آهن، دپوی ضایعات و دودکش‌ها 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 عمق‌های مختلف خاک

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 میلی گرم در کیلوگرم خاک بوده است. با افزایش عمق خاک پراکنش غلظت سرب قابل استخراج با DTPA در خاک منطقه غیریکنواخت تر شده است. حداکثر غلظت سرب قابل استخراج با DTPA در اعماق ۵-۱۰، ۱۰-۲۰، ۲۰-۴۰ سانتیمتری خاک، به ترتیب برابر ۸/۶، ۷/۱۸ و ۱۷ میلی گرم در کیلوگرم خاک و مربوط به نقاط ۱۸، ۲۷ و ۱۴ نمونه برداری بوده است.

سرب از جمله فلزات سنگینی است که سمی بودن آن بخوبی شناخته شده است و از مهم ترین آلاینده های محیط محسوب می شود. 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 میلی گرم در کیلوگرم و به طور متوسط ۳۲ میلی گرم در کیلوگرم خاک است. مقدار ۱۰۰-۴۰۰ میلی گرم سرب در کیلوگرم خاک برای بیشتر گیاهان، مسموم کننده است. مقدار قابل انحلال سرب در عصاره 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 زنجیره غذایی وارد می شود و حرکت آن در زنجیره غذایی اساساً در نتیجه فعالیت انسان است (Pais and Jones, 1997; Sillamppa and Jansson, 1992). غلظت ۳۰ میلی گرم در لیتر از این عنصر در محلول های غذایی برای اکثر گیاهان مسموم کننده است. این عنصر به میزان ۱۰ میلی گرم در لیتر باعث کندی رشد و به میزان ۱۰۰ میلی گرم در لیتر موجب مرگ گیاهان خواهد شد. سرب در بافت برخی از گیاهان در حد ۳۵۰ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک تجمع می یابد، بدون آن که خسارتی به محصول وارد کند. سطوح بسیار پایین سرب در حدود ۲-۶ میکروگرم در کیلوگرم، ممکن است برای گیاهان مورد نیاز باشد، به طوری که بعضی از مدارک در ارتباط با اثر تحریک کنندگی غلظت های پائین سرب وجود دارد. سرب براحتی توسط ریشه گیاهان جذب شده ولی مقدار کمی از آن (کمتر از ۳ درصد) به طرف اندام های هوایی حرکت می کند. غلظت سرب در شبدر ۲/۵ میلی گرم در کیلوگرم گزارش شده است. سبزی های برگی، نظیر کاهو و اسفناج تجمع زیستی بالایی را در ارتباط با این عنصر نشان می دهند. این عنصر اساساً از طریق جذب ریشه ای و در مواردی از طریق غبارات موجود در هوا وارد محصولات کشاورزی و زنجیره های

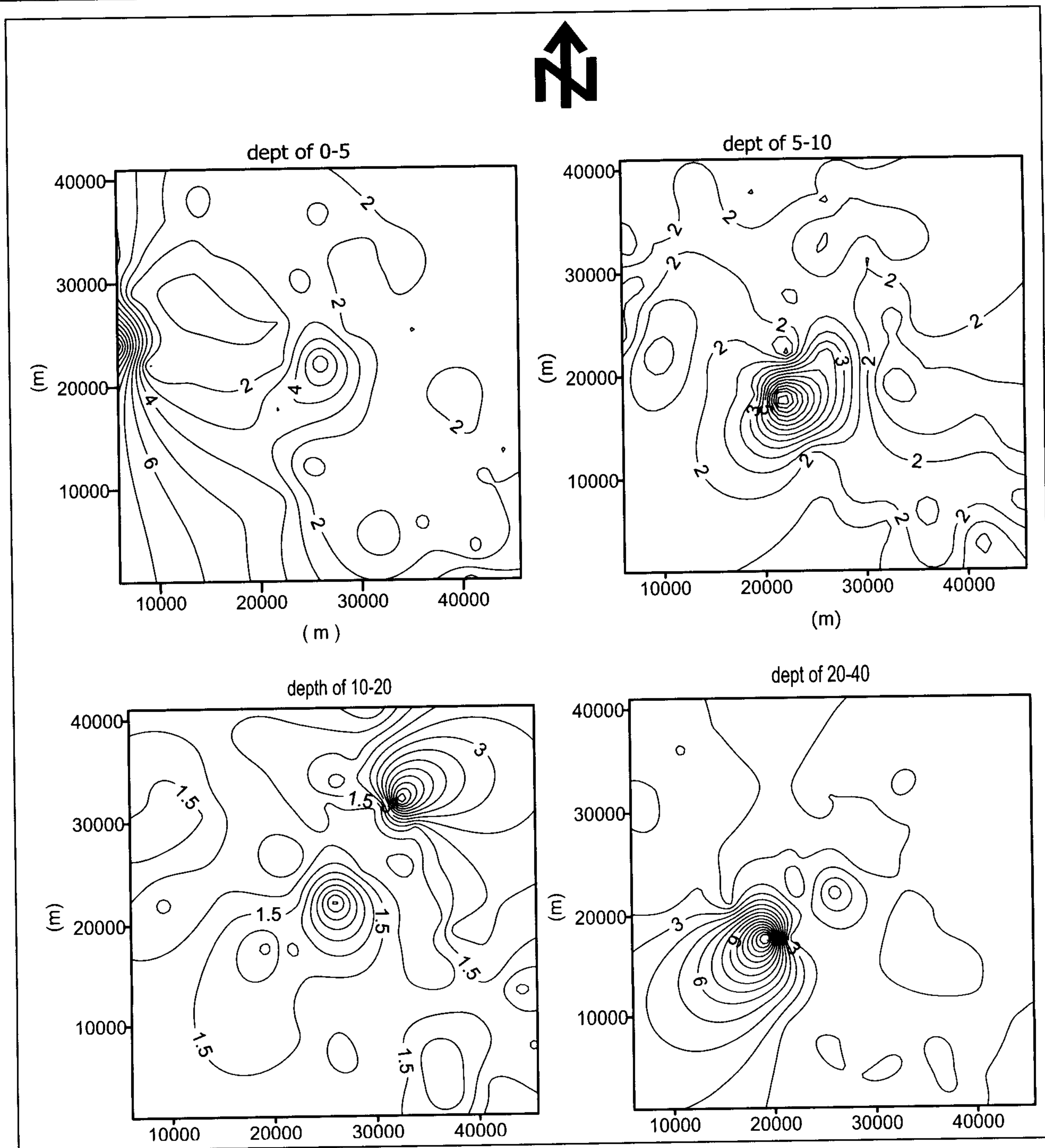
با افزایش عمق خاک غلظت روی قابل استخراج با DTPA در این محل کاهش یافته، به طوری که حداکثر غلظت روی قابل استخراج با DTPA در جنوب شرقی مجتمع فولاد در اعماق ۵-۱۰، ۲۰-۴۰ و ۲۰-۴۰ سانتیمتری خاک، به ترتیب برابر ۲/۳۶، ۱/۳۶ و ۶/۲ میلی گرم در کیلوگرم خاک است و پراکنش آن نسبت به لایه سطحی خاک یکنواخت تر شده است. مقدار کل روی در خاک بین ۱۰-۳۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک و مقدار قابل انحلال آن در خاک بین ۲۷۰-۴ میکروگرم در لیتر متغیر است.

توزیع این عنصر در خاک یکنواخت بوده و به آسانی به وسیله کانی ها و مواد آلی خاک جذب می گردد. این عنصر اساساً در لایه های سطحی خاک تجمع یافته و براحتی در خاک حل می گردد. میزان ۱۰-۲۰ میلی گرم 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 شماره ۵ نمونه برداری گیاه و در شمال مجتمع فولاد است. در این مکان غلظت روی در اندام هوایی گیاه گوجه فرنگی برابر ۴۹۳/۳ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاه بوده است. عنصر روی برای گیاهان، ضروری است. این عنصر از جمله عناصر کم مصرف است که دامنه کفایت آن ۱۰۰-۲۰ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی است. مقدار بحرانی این عنصر برای بیشتر محصولات کشاورزی ۱۵ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک است و بیشتر در برگ های مسن تجمع می یابد. مقدار روی در گیاهان مرجع ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی گزارش شده است و میزان ۴۰۰ میلی گرم 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 می دهد (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 در عمق های ۵-۱۰، ۱۰-۲۰، ۲۰-۴۰ سانتیمتری خاک نشان می دهد. حداکثر غلظت سرب قابل استخراج با DTPA در عمق ۵-۱۰ سانتیمتری خاک مربوط به محل شماره ۲ نمونه برداری



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

(نقاط ۱۸ و ۳۹ نمونه برداری خاک)، لایه 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

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

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 می‌شود. همچنین از ریاست محترم دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان جناب آقای دکتر فروغی و کلیه همکاران در دانشگاه کمال تشکر و قدردانی می‌گردد.

یادداشت‌ها

- 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.

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 در لایه‌های زیرین خاک، نشان دهنده این مطلب است. حداکثر غلظت آهن در اندام هوایی برنج، گندم و لوبیا در جنوب شرقی مجتمع فولاد و به ترتیب برابر ۲۲۹۰، ۱۷۱۰ و ۲۰۰۶/۷ 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 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بوده است. حداکثر غلظت روی در اندام هوایی گوجه فرنگی در شمال مجتمع فولاد و برابر ۴۹۳/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی بوده است که نسبت به استانداردهای جهانی (۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی) بالاست.

حداکثر غلظت سرب قابل استخراج با DTPA در لایه سطحی خاک (۵-۰ سانتیمتری) برابر ۱۴/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بوده که در غرب مجتمع فولاد واقع شده است و از حد بحرانی گزارش شده برای این عنصر کمتر است (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 بررسی‌های انجام شده و در نظر گرفتن مدت زمان استقرار مجتمع فولاد مبارکه در منطقه می‌توان 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 آلاینده‌های فلزی در خاک و محصولات کشاورزی به طور سالانه تعیین گردد. همچنین خروجی‌های مجتمع فولاد مبارکه به طور مستمر و دقیق اندازه‌گیری شده و حضور فلزات سنگین در آنها تا حد امکان کاهش داده شود.

- Huang, P.M. and Iskandar, I.K. 2000. Soils and ground water pollution and remediation: Asia, Africa, and Oceania. Lewis Publishers. Boca Raton. London, New York, Washington D.C.
- James, D.W. and Wells, K.L. 1990. Soil sample Collection and handling 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.
- Jing, J. and Logan. T. J. 1992. Effects of sewage sludge 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.). Proceeding 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.
- گزارش مطالعات تفصیلی خاک شناسی و طبقه بندی اراضی منطقه اوشیان، ۱۳۵۳. نشریه شماره ۳۹۶ 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- chemical and microbiological properties (2nd Ed) Agronomy Monograph No. 9. American Society 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

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.

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.

Sillanpaa, 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.