پراکنش نیکل، منگنز و کادمیوم در خاک و محصولات کشاورزی در منطقه استقرار مجتمع فولاد مبارکه

مهران هودجی[۱] و احمد جلالیان[۲]

چکیده

آلودگی خاک و تجمع فلزات سنگین در محصولات کشاورزی در مناطق صنعتی یکی از مهم‌ترین مسایل زیست محیطی است که زندگی گیاهان، حیوانات و انسان را تهدید می‌نماید. هدف از این پژوهش بررسی پراکنش نیکل، منگنز و کادمیوم در خاک و محصولات کشاورزی در منطقه اطراف مجتمع فولاد مبارکه بوده است. در این بررسی بر اساس نقشه‌های رده‌بندی و قابلیت خاک و با در نظر گرفتن جهت باد غالب در منطقه (جنوب غربی- شمال شرقی)، ۵۰ منطقه مجزا گردید. در هر منطقه از ٤ عمق(۵-۰ ، ۱۰- ۵ ، ۲۰- ۱۰ و ٤۰- ۲۰ سانتی‌متری) نمونه‌برداری گردید و در مجموع تعداد ۲۰۰ نمونه خاک تهیه شد. غلظت نیکل، منگنز و کادمیوم قابل استخراج با DTPA در نمونه‌های خاک، اندازه‌گیری شد. هم‌چنین غلظت کل نیکل، منگنز و کادمیوم در اندام‌های هوایی۳٦ نمونه از هجده نوع محصول کشاورزی عمده در این مناطق اندازه‌گیری شد.

نتایج نشان داد که، حداکثر غلظت نیکل و منگنز قابل استخراج با DTPA در شمال شرق منطقه و در لایه ۵-۰ سانتی‌متری خاک بوده است (به ترتیب ٤/۲ و ۳۱۲ میلی گرم در کیلوگرم خاک). غلظت این دو عنصر در لایه‌های ۱۰- ۵، ۲۰-۱۰ و ٤۰-۲۰ سانتی‌متری خاک کاهش یافته است (به ترتیب ۲/۷ ، ۲/۷ ،۲/۱ و ۲۰۰ ،۲۱۲ ،۱٤٦ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک). غلظت نیکل و کادمیوم در اندام‌های هوایی محصولات کشاورزی منطقه در حد تشخیص دستگاه جذب اتمی نبود ولی غلظت منگنز در اندام هوایی برنج ۷۱٦/٦ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی بود که در مقایسه با استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (حدود ۱۰۰- ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی) بالا بوده است(۲٤).

واژه‌های کلیدی: *فلزات سنگین، نیکل، منگنز، کادمیوم، فرم قابل استخراج با DTPA ، مجتمع فولاد مبارکه*

مقدمه

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 حائز اهمیت است. مهم‌ترین نتیجه آلوده شدن منابع خاک و آب با فلزات سنگین از طریق صنعت

۱. استادیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان
۲. استاد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.3.5.5]
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

فولاد، آلودگی محصولات کشاورزی است. خروج این عناصر به صورت گرد و غبار یا به همراه پساب از واحدهای مختلف تولید مهم‌ترین راه ورود این عناصر به خاک، آب و گیاهان منطقه می‌باشد. 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 خطر افتادن سلامت جوامع انسانی را به همراه دارد(۳،۲،۱ و ٤).

میزان فلزات سنگین خاک به دلیل ورود انواع پس مانده‌های صنعتی و ضایعات کارخانجات رو به افزایش است(۱۳). در برخی از کشورها حداکثرغلظت قابل قبول (Maximum acceptable concentration) فلزات سنگین را با فرض آثار سمی آنها بر گیاهان در خاک‌های کشاورزی تعیین نموده‌اند (۱۹). میزان مجاز ورود و تجمع فلزات سنگین به ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (Cation exchange capacity) وابسته است. میزان ورود فلزات در خاک با افزایش CEC خاک افزایش می‌یابد. تجمع برخی از فلزات سنگین براساس CEC خاک به‌وسیله لوگان و چینی(۲۰) تعیین گردیده است. این محققین نشان دادند که با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی میزان فلزات سنگین اضافه شده به خاک در واحد سطح افزایش می‌یابد. هم‌چنین حدود مجاز ورود فلزات سنگین به خاک بر اساس گونه‌های گیاهی تعیین می‌گردد زیرا تحمل گیاهان به انواع فلزات سنگین متفاوت است (۲۰). بنابراین نوع و گونه گیاه عامل مهم دیگری است که در رابطه با تعیین میزان آلایندگی فلزات سنگین اهمیت دارد. گونه‌های شیمیایی فلزات سنگین در طبیعت بسیار متفاوت‌اند ولی عموماً گونه‌های موجود درخاک و آب، میزان سمیت عنصر را تعیین می‌کند. غلظت اولیه فلزات سنگین در محیط زیست، میزان سمیت آنها را مشخص می‌نماید (۷ و۱۹). محلول خاک اطراف ریشه اولین منبع ورود فلزات سنگین به بافت‌های گیاهی است. عموماً هرچه غلظت فلزات سنگین در خاک افزایش یابد، مقدار قابل دسترس آنها برای گیاه افزایش می‌یابد، علاوه بر این عوامل دیگری در خاک مانند pH، درصد مواد آلی و بافت خاک نیز در تعیین غلظت قابل جذب فلزات سنگین توسط گیاهان تأثیر فراوانی دارند (۱۵). غلظت برخی از این عناصر با نوع محصول و پتانسیل ورود آنها به زنجیره غذایی ارتباط دارد (۱۱ و۱۲). سیلانپا و جانسون (۲۵) گزارش کردند که بین سطوح Se، Cd، Pb و Co موجود در خاک‌ها با غلظت این عناصر در دانه ذرت و گندم ارتباط وجود دارد. در این پژوهش نمونه‌های خاک به همراه بافت گیاهی ذرت و گندم از ۳۰ کشور مختلف جمع آوری شده و مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج به دست آمده از این پژوهش، اطلاعات مفیدی را در رابطه با اثر نوع گیاه بر میزان جذب فلزات سنگین، دامنه غلظت فلزات در خاک و رابطه بین سطوح فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در خاک با غلظت این عناصر در گیاه ارائه نموده است (۲۵). فلزات سنگین از نظر قابلیت جذب گیاه، مشخصات یکسانی ندارند (۸). کبتا و پندیاس (۱۹) اعتقاد دارند که مقدار بسیار کمی از فلزات سنگین موجود در خاک به وسیله اکثر گیاهان زراعی جذب می‌شوند.

سالیانه حدود ۳۸۰۰۰ تن کادمیوم و تقریباً یک میلیون تن سرب به خاک‌های جهان اضافه می‌شود که مقادیر زیادی از آنها مربوط به غبارهای جوی، پراکنش خاکسترها و ضایعات شهری است و غلظت‌های کم آن مربوط به مصرف کودهای شیمیایی و لجن فاضلاب است (۲۲). منابع اصلی ورود غیر طبیعی فلزات سنگین به جو بیشتر شامل کارخانه‌های ذوب و تصفیه فلزات، کوره‌های احتراق زغال سنگ و زباله‌هاست که منجر به آلودگی منابع خاک و آب در منطقه تأثیرپذیر از این کارخانه‌ها می‌گردد (۲۳،۱٦ و۲۹). جذب فلزات سنگین از اراضی آلوده به وسیله گیاهان و بخصوص محصولات کشاورزی یکی از مهم‌ترین راه‌های ورود این عناصر به زنجیره غذایی است (۱٤). در رابطه با Cd این واقعیت مطرح است که این عنصر به سهولت به وسیله گیاهان جذب شده و در غلظت‌هایی که برای گیاهان سمی نیست در محصولات کشاورزی تجمع می‌یابد که مصرف این محصولات آثار زیان آوری در جوامع انسانی به همراه دارد

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.3.5.5]

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

(۱۸). عواملی که برای تعیین مقدار فلز سنگین جذب شده به وسیله گیاه، اهمیت زیادی دارند شامل شکل شیمیایی عنصر، غلظت فلز سنگین، pH خاک و گونه گیاهی است (۲۰). اخیراً محققین بیان نموده‌اند که غلظت‌های قابل جذب فلزات سنگین بخصوص Cd با مقدار و نوع مواد آلی در خاک ارتباط دارد به طوری‌که تجزیه گونه‌های آلی فلزات سنگین باعث آزاد شدن این عناصر به شکل گونه‌های قابل دسترس زیستی (Bioavailable forms) می‌شود که این گونه‌ها ممکن است برای محصولات کشاورزی سمی باشند (۱۸ و ۲۱). بنابراین فلزات سنگین که به هر نحو به خاک‌های کشاورزی وارد می‌شوند باید در سطوحی نگه‌داری شوند که حداقل زیان را به گیاهان وارد نموده و کمترین خطر مصرف را از طریق ورود به زنجیره غذایی داشته باشند(۲۶).

هدف از انجام این پژوهش بررسی پراکنش نیکل، منگنز و کادمیوم در خاک و محصولات کشاورزی در منطقه تأثیرپذیر از فرآیندهای تولید در مجتمع فولاد مبارکه و تعیین میزان آلودگی احتمالی این عناصر بوده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در منطقه اطراف مجتمع فولاد مبارکه بین طول‌های جغرافیایی َ۱۵و°۵۱ تا َ۴۵و°۵۱ شرقی و عرض‌های جغرافیایی °۳۲ تا َ۲۲و°۳۲ شمالی انجام شد. برای بررسی و ارزیابی غلظت نیکل، منگنز و کادمیوم در اراضی کشاورزی در منطقه تأثیرپذیر از فرآیندهای تولید مجتمع فولاد مبارکه، منطقه مورد بررسی 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 با استفاده از مطالعات خاک‌شناسی انجام شده در منطقه و نقشه‌های ارزیابی، قابلیت اراضی و رده‌بندی خاک که توسط موسسه تحقیقات خاک و آب استان اصفهان تهیه شده بود خاک‌ها با مشخصات طبقه‌بندی اراضی متفاوت در منطقه شناسایی گردید(۵ و۶). مشخصات رده‌بندی خاک‌های منطقه تا حد تحت گروه بزرگ در جدول۱ ارائه شده است. هر تحت گروه دارای چندین نوع طبقه‌بندی اراضی بوده است که بر این اساس ۵۰ نوع خاک با مشخصات طبقه‌بندی اراضی متفاوت در منطقه شناسایی گردید. به این ترتیب باندری‌ها جدا و در داخل آنها محل‌های نمونه‌برداری از شماره ۱ تا ۵۰ روی نقشه جغرافیایی علامت‌گذاری شدند. موقعیت محل‌های نمونه برداری خاک در شکل (۱- الف) نشان داده شده است. در نقاط تعیین شده از عمق‌های۵-۰، ۱۰- ۵، ۲۰-۱۰ و ۴۰-۲۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری شد و در نهایت تعداد ۲۰۰ نمونه خاک برای تعیین غلظت قابل استخراج با DTPA (۱۰ و۲۷) فلزات سنگین مورد نظر تهیه شد. محل‌های نمونه‌برداری در مناطق مختلف به گونه‌ای انتخاب شدند که عمدتاً در اراضی کشاورزی قرار گرفته و سعی بر آن بود که محصولات کشاورزی اصلی منطقه را تحت پوشش قرار دهد. برای اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین مورد نظر در اندام‌های هوایی محصولات کشاورزی منطقه، از ۱۸ محصول عمده منطقه در محل‌هایی که در شکل (۱- ب) نشان داده شده، تعداد ۳۶ نمونه گیاهی تهیه شد.

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 (۱۷). برای اندازه‌گیری غلظت قابل جذب فلزات سنگین در خاک از عصاره‌گیرDTPA به همراه کلرید کلسیم و تری اتانول آمین(Triethanol amine) استفاده شد و pH محلول عصاره‌گیر در حدود ۷/۳ تنظیم گردید (۹). سپس غلظت فلزات سنگین به وسیله دستگاه جذب اتمی (Atomic absorption spectrophotometer) اندازه‌گیری شد (۹). 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 عصاره گیری از روش هضم با اسید نیتریک ٤ مولار در حرارت ۹۵ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. پس از صاف نمودن عصاره‌ها، غلظت

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.3.5.5]

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

جدول۱. مشخصات رده بندی خاک‌ها در منطقه 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

فلزات سنگین به وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (۷ و ۲۸). محاسبات آماری با نرم افزارExcel ویرایش ۲۰۰۰ انجام شد و برای رسم منحنی‌های هم غلظت از نرم افزار Surfer ویرایش ۷ استفاده شد.

نتایج و بحث

میانگین(Mean)، انحراف معیار(Standard deviation) و ضریب تغییر(Coefficient of variability) غلظت قابل استخراج با DTPA فلزات سنگین مورد نظر در عمق‌های مختلف خاک در جدول۲ نشان داده شده است. هم‌چنین میانگین غلظت منگنز در محصولات کشاورزی در جدول۳ ارائه شده است.

براساس این نتایج پراکنش نیکل، منگنز و کادمیوم در خاک و محصولات کشاورزی منطقه استقرار مجتمع فولاد مبارکه و امکان آلودگی آنها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی به شرح زیر است:

۱. پراکنش نیکل در خاک و محصولات کشاورزی

شکل۲ پراکنش غلظت نیکل قابل استخراج با DTPA را در عمق‌های ۵ – ۰ ، ۱۰– ۵ ، ۲۰–۱۰ و ۴۰–۲۰ سانتی‌متری خاک نشان می‌دهد. حداکثر غلظت نیکل قابل استخراج با DTPA در عمق ۵ – ۰ سانتی‌متری خاک مربوط به محل شماره ۲۷ نمونه‌برداری خاک بوده است (برای تطابق نقاط نمونه‌برداری با منحنی‌ای هم غلظت به شکل(۱ـ الف) مراجعه شود). این محل تقریباً در فاصله ۱۴ کیلومتری شمال شرق محل کارخانه فولاد مبارکه قرار دارد. غلظت نیکل قابل استخراج با DTPA در این محل برابر ۴/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بوده است. حداکثر غلظت نیکل قابل استخراج با DTPA در عمق‌های ۱۰– ۵، ۲۰–۱۰ و ۴۰–۲۰ سانتی‌متری خاک به ترتیب برابر۲/۷، ۲/۷ و ۲/۱ میلی گرم در کیلوگرم خاک بوده است که مربوط به محل شماره ۲۷ نمونه‌برداری خاک بوده است. این ناحیه در جهت باد غالب منطقه(جنوب غربی– شمال شرقی) قرار گرفته است و پراکندگی ذرات و غبارهای حاوی نیکل از طریق باد از محل تخلیه سنگ آهن، دپوی ضایعات و دودکش‌ها و رسوب آن در شمال شرق منطقه دلیل افزایش غلظت نیکل در لایه سطحی خاک در این ناحیه است.

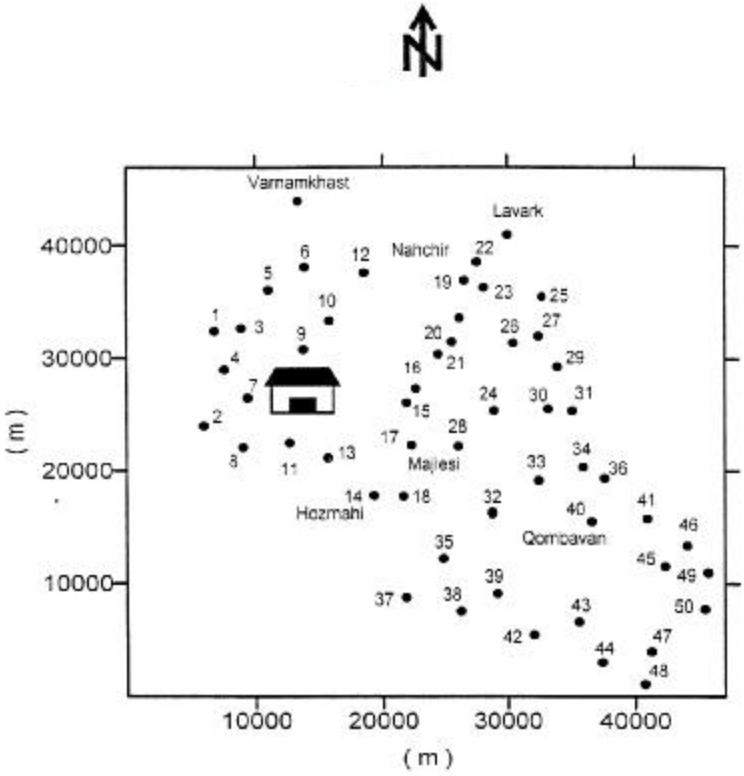
مقدار کل نیکل در خاک ۱ تا ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و به‌طور متوسط ۲۰ میلی گرم در کیلوگرم است (۲۴). سطح سمیت این عنصر در خاک به‌طور معمول ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک است (۲۴). بنابراین امکان آلوده شدن لایه سطحی (۵–۰ سانتی‌متری) خاک در ناحیه شمال شرق منطقه به نیکل طی سال‌های آینده وجود دارد. البته با توجه 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 براساس متوسط ۱۰ ساله)، احتمال انتقال نیکل به لایه‌های زیرین خاک کم بوده و این عنصر بیشتر در لایه سطحی خاک تجمع یافته است.

غلظت نیکل در محصولات کشاورزی منطقه در حد تشخیص دستگاه جذب اتمی نبود. میزان معمول این عنصر در گیاهان ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک و حد مسموم کننده آن ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گزارش شده است (۲۴). در گیاهان مرتعی نیکل به میزان ۳/۵–۰/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم

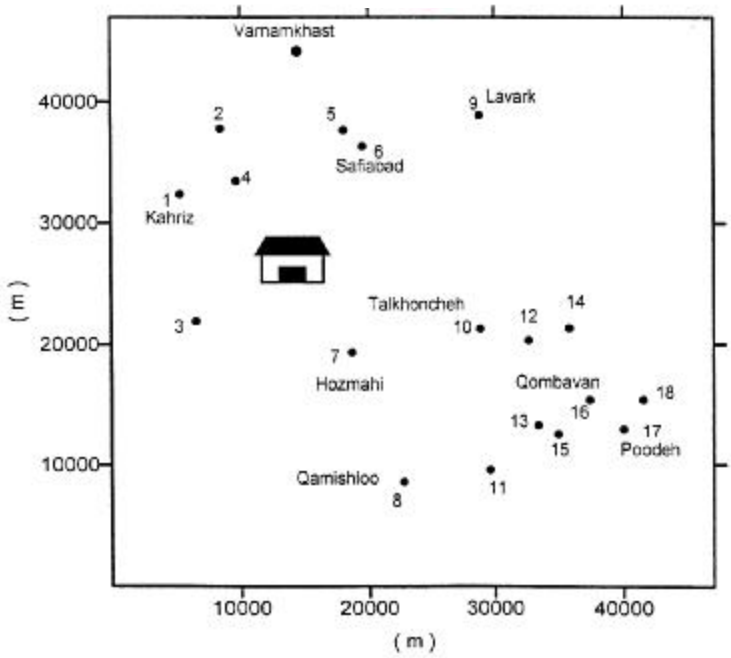
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.3.5.5]

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



(الف)



(ب)

شکل۱- الف) موقعیت مجتمع فولاد مبارکه و محل‌های نمونه‌برداری از خاک ب) محصولات کشاورزی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.3.5.5]

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

جدول۲. میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییر غلظت قابل استخراج با DTPA (mg/kg.soil) فلزات سنگین در خاک

عمق خاک (cm)	Ni			Mn			Cd		
	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییر(٪)	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییر(٪)	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییر(٪)
۰_ ۵	۱/۲	۰/۹	۷٤/۱	۹۳/۲	٦۵/۱	٦۹/۹	۰/۰۵	۰/۰٤	۷٤/۵
۵ _۱۰	۱	۰/۷	۷٦/٦	٦۸	۵۰/۳	۷٤	۰/۰۵	۰/۰۳	٦٤/۷
۱۰_۲۰	۰/۸	۰/٦	۷۷/٤	٤۹/۲	٤۱/۳	۸٤	۰/۱۵	۰/٦۵	٤۲۳/٤
۲۰_٤۰	۰/۹	۰/٦	٦۵/۱	٤۲	۳۰/۵	۷۲/۷	۰/۰۸	۰/٤۱	٤٦۲/۹

جدول۳. میانگین غلظت منگنز (mg/kg.DM) در اندام هوایی محصولات کشاورزی

نوع محصول		نوع محصول		نوع محصول	
مو	۱۰۰	ارزن	۱۲٦/۷	جو	۵۳/۳
(Vitis vinifera)		*(Panicum miliaceum)*		*(Hordeum vulgare)*	
یونجه	۶۴/۲	برنج	۷۱٦/٦	گلرنگ	۱۰۰
(Medicago sativa)		*(Oryza sativa)*		*(Carthamus* sp.*)*	
شبدر	۸۰	گندم	۱۳۸/۹	هندوانه	n.d *
(Trifolium resupinatum)		*(Triticum vulgare)*		*(Citrullus vulgaris)*	
شاهدانه	۶۰	لوبیا	۲٤۱/٦	پنبه	۱۸۳/۳
(Cannabis sp.*)*		*(Phaseolus vulgaris)*		*(Gossypium* spp.*)*	
گوجه فرنگی	۷۶/۷	آفتابگردان	۸۱/۱	فلفل قلمی	۷۳/۳
(Lycopersicon esculentum)		*(Helianthus annus)*		*(Capsicum annum)*	
مرزه	۷۶/۷	ریحان	۹٦/٦	بادمجان	۵٦/۷
(Saturia hortensis)		*(Ocimum basilicum)*		*(Solunum melongena)*	

* : not detected (غیر قابل تشخیص)

ماده خشک وجود دارد (۲٤). غلظت بحرانی این عنصر در بافت گیاه جو ۱۰۰ میکروگرم در کیلوگرم ماده خشک می‌باشد (۲٤). در محل شماره ۲۷ نمونه‌برداری خاک که تجمع نیکل در لایه سطحی خاک دیده می‌شود، تراکم کشت محصولات کشاورزی ناچیز بوده و امکان آلوده شدن محصولات کشاورزی به نیکل در این ناحیه کم است.

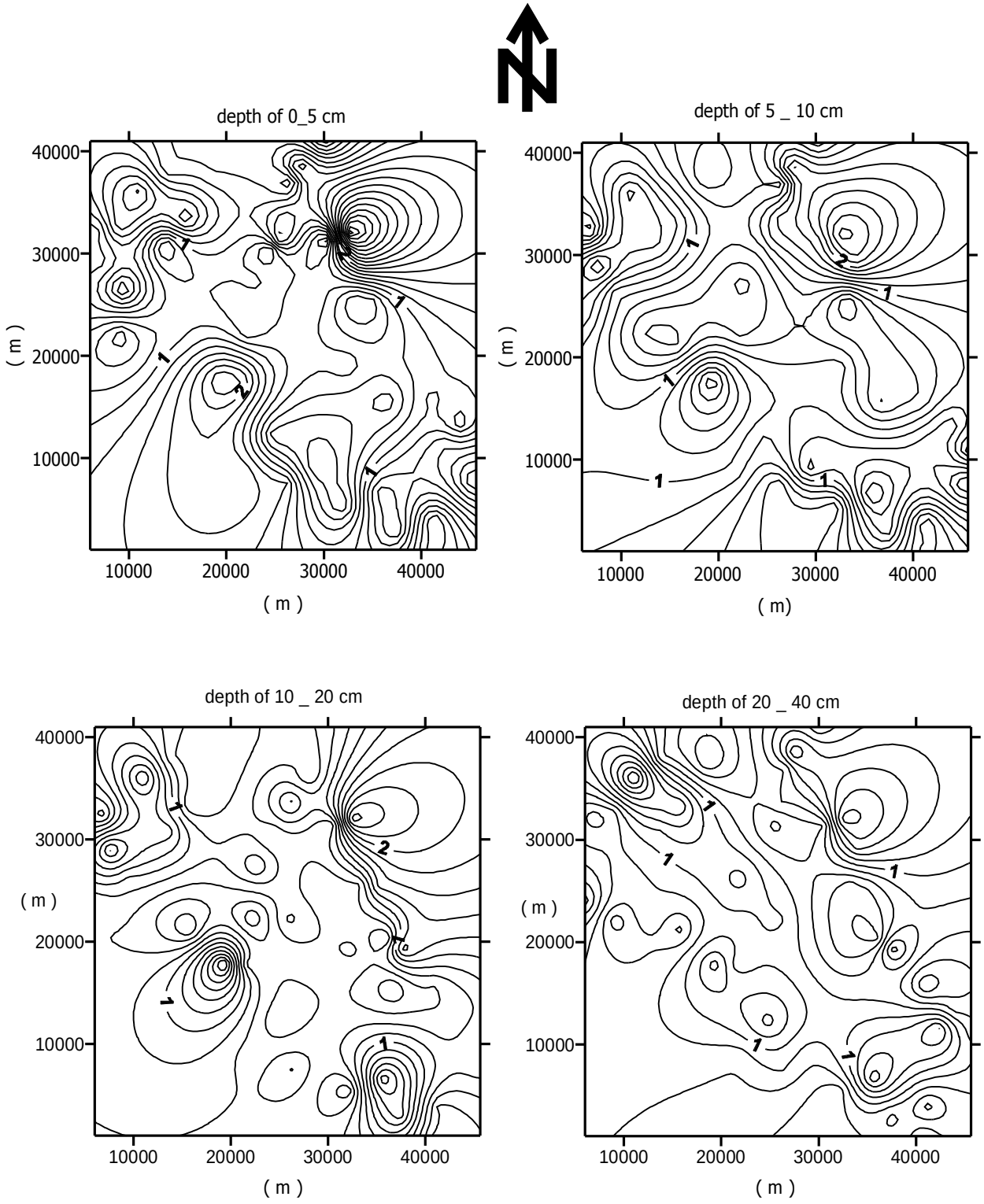
۲. پراکنش منگنز در خاک و محصولات کشاورزی

شکل۳ پراکنش منگنز قابل استخراج با DTPA را در عمق‌های ۵ – ۰، ۱۰– ۵، ۲۰– ۱۰ و ٤۰– ۲۰ سانتی‌متری خاک نشان می‌دهد. حداکثر غلظت منگنز قابل استخراج با DTPA در عمق ۵–۰ سانتی‌متری خاک و مربوط به محل شماره ۲۷ نمونه‌برداری خاک بوده است. این محل تقریباً در ۱٤ کیلومتری شمال شرق مجتمع فولاد مبارکه قرار دارد. غلظت منگنز قابل استخراج با DTPA در این محل برابر۳۱۲ میلی گرم در کیلوگرم خاک بوده است. این ناحیه در جهت باد غالب منطقه(جنوب غربی– شمال شرقی) قرار گرفته است و پراکندگی ذرات و غبارهای حاوی منگنز توسط باد از محل تخلیه سنگ آهن، دپوی ضایعات و دودکش‌ها و رسوب آن در شمال شرق منطقه دلیل افزایش غلظت منگنز در لایه سطحی خاک در این ناحیه است. مقدار کل منگنز در خاک بین ۳۰۰۰– ۲۰۰ و به‌طور متوسط ۵٤۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش شده است (۲۳). سطح سمیت این عنصر در خاک۸۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است (۲٤). در عمق‌های۱۰– ۵ و۲۰– ۱۰ سانتی‌متری خاک حداکثر

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.3.5.5]

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

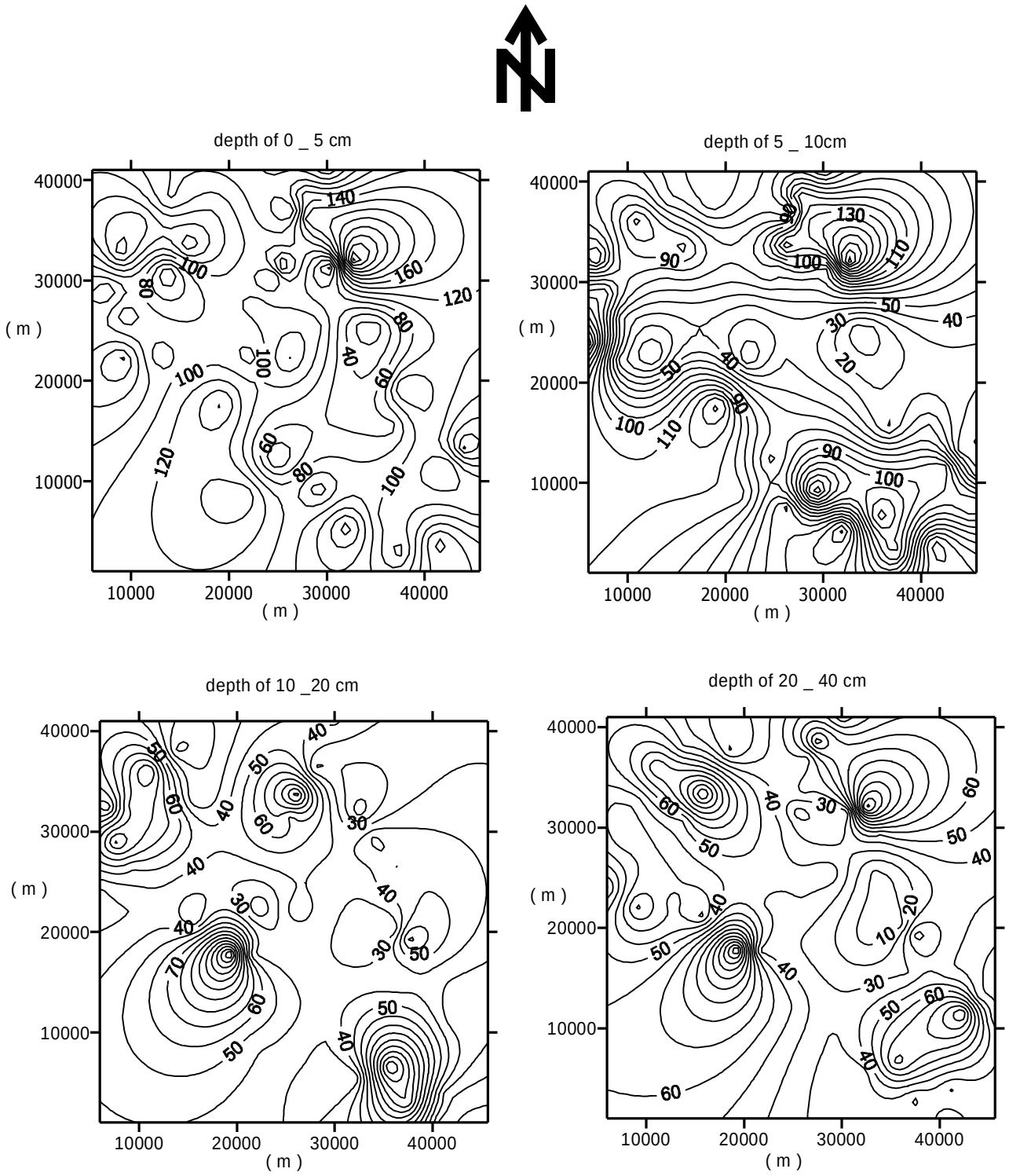


شکل۲. پراکنش غلظت نیکل قابل استخراج باDTPA(mg/kg.soil) در عمق‌های مختلف خاک

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.3.5.5]

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

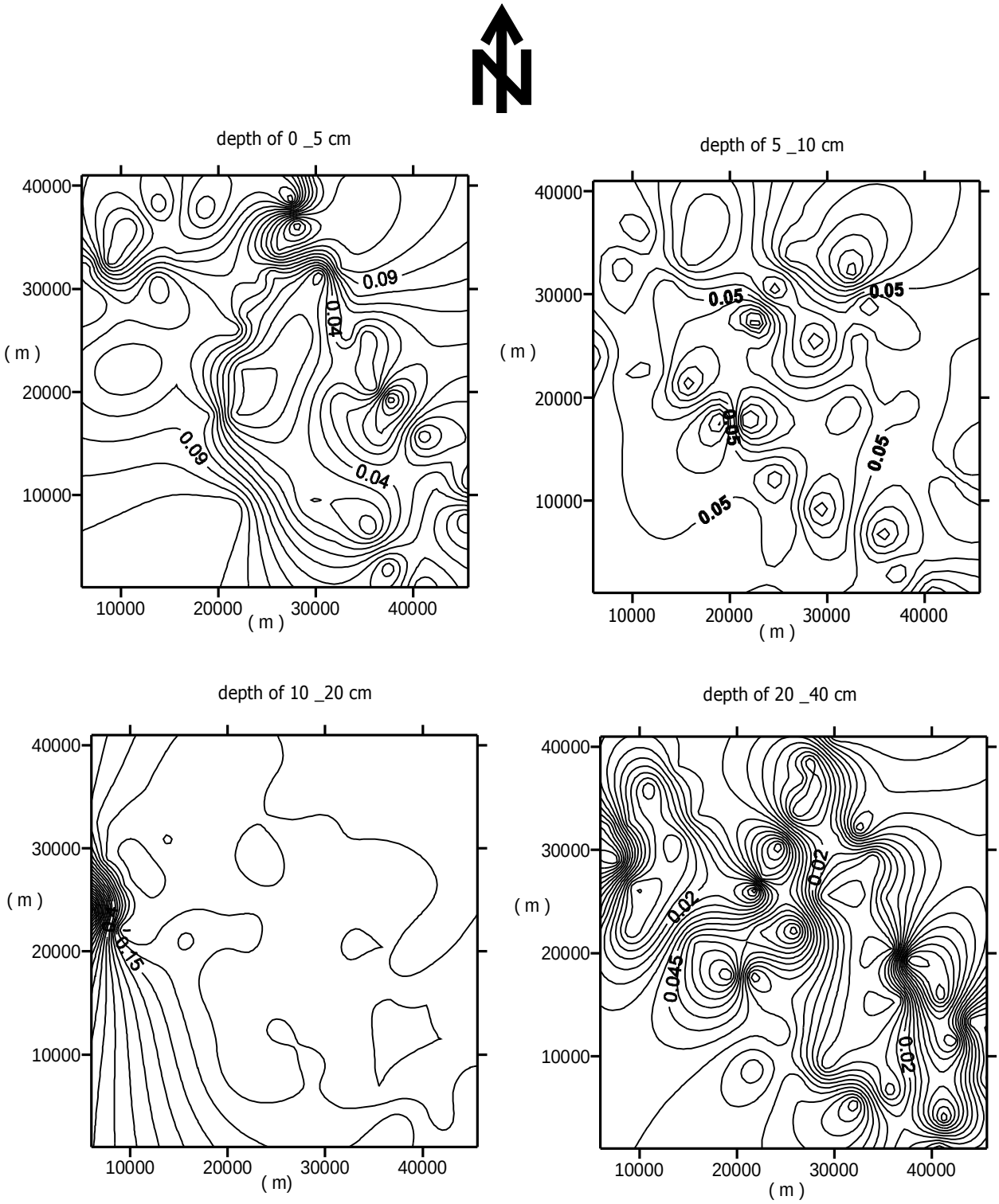


شکل۳. پراکنش غلظت منگنز قابل استخراج با(mg/kg.soil)DTPA در عمق‌های مختلف خاک

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.3.5.5]

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



شکل٤. پراکنش غلظت کادمیوم قابل استخراج باDTPA(mg/kg.soil) در عمق‌های مختلف خاک

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.3.5.5]

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

غلظت منگنز قابل استخراج با DTPA مربوط به محل شماره ۲۷ نمونه‌برداری خاک واقع در شمال شرق منطقه و به ترتیب برابر با ۲۰۰ و ۲۱۲ میلی گرم در کیلوگرم خاک بوده است.

شکل۳ نشان‌دهنده کاهش غلظت منگنز قابل استخراج با DTPA در عمق ۴۰- ۲۰ سانتی‌متری و پراکندگی یک‌نواخت‌تر این عنصر نسبت به لایه‌های فوقانی خاک است. غلظت منگنز در لایه‌های سطحی خاک بالا بوده و با افزایش عمق خاک کاهش یافته است. این مطلب نشان‌دهنده آب‌شویی کند منگنز به سمت لایه‌های زیرین خاک است (۲۴).

حداکثر غلظت منگنز در اندام هوایی برنج و در محل شماره ۷ نمونه‌برداری گیاه برابر۷۱۷ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی بوده است. غلظت معمول منگنز در گیاهان ۱۰۰- ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گزارش شده است ولی حد سمیت این عنصر به خوبی مشخص نشده است (۲۴). غلظت این عنصر ممکن است بدون ایجاد سمیت در برخی گیاهان به بالاتر از ۱۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک افزایش یابد. دامنه کفایت منگنز برای اکثر گیاهان بین ۳۰۰-۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک است (۲۴).

۳. پراکنش کادمیوم در خاک و محصولات کشاورزی

شکل۴ پراکنش غلظت کادمیوم قابل استخراج با DTPA را درعمق‌های ۵ - ۰ ، ۱۰- ۵ ، ۲۰-۱۰ و ۴۰-۲۰ سانتی‌متری خاک نشان می‌دهد. حداکثر غلظت کادمیوم قابل استخراج با DTPA در عمق ۵ - ۰ سانتی‌متری خاک مربوط به محل شماره ۲۳ نمونه‌برداری خاک بوده است. این محل در ۱۱/۵ کیلومتری شمال شرق مجتمع فولاد مبارکه قرار دارد. غلظت کادمیوم قابل استخراج با DTPA در این محل برابر ۰/۱۶ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بوده است. دامنه معمول غلظت این عنصر در خاک ۷-۰/۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم و حد سمیت آن ۳ میلی‌گرم در کیلو گرم گزارش شده است (۲۴). نتایج نشان می‌دهد که با افزایش عمق خاک غلظت کادمیوم قابل استخراج با DTPA کاهش یافته است که نشان‌دهنده عدم آب‌شویی کادمیوم به لایه‌های زیرین خاک است. احتمالاً به علت وجود بیش از ۴۰ درصد آهک ($CaCO_3$) و قلیایی بودن خاک امکان آب شویی فلزات سنگین به لایه‌های زیرین خاک وجود ندارد. حداکثر غلظت کادمیوم قابل استخراج با DTPA در اعماق ۱۰ - ۵، ۲۰ - ۱۰ و ۴۰ - ۲۰ سانتی‌متری خاک ۰/۰۸ میلی‌گرم در کیلوگرم بوده است که نسبت به لایه سطحی خاک (۵ - ۰سانتی‌متری) کاهش یافته و پراکنش کمتری دارد.

میزان ورود مجاز کادمیوم به خاک توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا ۲۰ کیلوگرم در هکتار برای خاک‌هایی با ظرفیت تبادل کاتیونی بالا در pH معادل ۶/۵ و ۵ کیلوگرم در هکتار برای خاک‌های اسیدی گزارش شده است (۲۴). میزان ۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از این عنصر باعث کاهش رشد گیاهان و محصولات کشاورزی خواهد شد (۲۴و۲۵).

غلظت کادمیوم در محصولات کشاورزی منطقه به وسیله دستگاه جذب اتمی قابل تشخیص نبوده است. میزان معمول این عنصر در گیاهان ۰/۸-۰/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک و سطح سمیت آن کمتر از ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گزارش شده است (۲۴و۲۵).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده در شمال شرق منطقه (نقطه شماره ۲۷ نمونه برداری خاک) لایه سطحی خاک (۵-۰ سانتی‌متری) دارای غلظت‌های قابل توجهی نیکل و منگنز بوده است. غلظت نیکل و منگنز قابل استخراج با DTPA در این ناحیه به ترتیب ۴/۲ و ۳۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بوده است. ولی احتمالاً به دلیل pH خاک (۷/۸) و حضور بیش از ۴۰ درصد آهک ($CaCO_3$) در خاک منطقه امکان حرکت و انتقال این عناصر به لایه‌های زیرین پروفیل خاک وجود ندارد. کاهش غلظت فلزات سنگین در لایه‌های زیرین خاک نشان‌دهنده این مطلب است. غلظت نیکل و کادمیوم در اندام هوایی محصولات کشاورزی منطقه به وسیله دستگاه جذب اتمی قابل تشخیص نبوده است ولی غلظت منگنز در گیاه برنج

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.3.5.5]

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

در محـل شماره ۷ نمونه برداری گیاه ۷۱۷ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک بوده است.

بنابـراین با توجه به بررسی‌های انجام شده و در نظر گرفتن مدت زمان استقرار مجتمع فولاد مبارکه در منطقه می‌توان نتیجه گـرفت که میزان آلودگی منابع خاک و محصولات کشاورزی به نیکل، منگنز و کادمیوم در منطقه تحت تأثیر فرآیندهای تولید در مجتمع فولاد مبارکه چندان زیاد نبوده و تنها در برخی از نواحی مقادیـر نیکل و منگنز در خاک و محصولات کشاورزی نزدیک به مرز آلودگی است.

برای کنترل این آلودگی و جلوگیری از گسترش آن پیشنهاد مـی‌شـود بررسـی‌هـای زیسـت محیطی در خاک و محصولات کشـاورزی مـنطقه بـه طـور مسـتمر انجـام گـرفته و غلظـت آلایـنده‌هـای فلـزی در خـاک و محصـولات کشـاورزی به‌طور سـالیانه تعیین گردد. هم‌چنین خروجی‌های مجتمع فولاد مبارکه بـه‌طـور مستمر و دقیق اندازه‌گیری شده و امکان حضور فلزات سنگین در آنها تا حد ممکن کاهش داده شود.

سپاسگزاری

ایـن طـرح پژوهشـی بـه سـفارش مجـتمع فـولاد مبارکه انجام پذیـرفت کـه بدین وسیله از آقای مهندس حجازی مدیر بخش توسـعه و تکامل منطقه‌ای، آقای دکتر ایزدی مدیر بخش تحقیق فـولاد مـبارکه تشـکر مـی‌نمایـیم. هـم چنین از ریاست محترم دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان جناب آقای دکتر فروغی و کلیه همکاران در دانشگاه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

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

۲. عباسپور، م. ۱۳۷۷. *مهندسی محیط زیست*. جلد اول، مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، تهران.

۳. عرفان منش، م. و م. افیونی. ۱۳۷۹. *آلودگی محیط زیست: آب، خاک و هوا*. انتشارات ارکان، اصفهان.

۴. کریمیان، ن. ۱۳۷۱. *شیمی خاک*. جلد اول مبانی، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، تهران.

۵. مؤسسه خاک و آب. گزارش مطالعات تفصیلی خاک‌شناسی و طبقه‌بندی اراضی منطقه اوشیان. مرکز تحقیقات خاک و آب، اصفهان.

۶. مؤسسه خاک و آب. گزارش مطالعات نیمه تفصیلی خاک‌شناسی و طبقه بندی اراضی مناطق قمشه، طالخونچه و مهیار. مرکز تحقیقات خاک و آب، اصفهان.

7. Allen, H.E.,E.M. Perdue and D. Brown. 1993. Metals in Ground Water. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
8. Alloway, B.J. 1995. Heavy Metals in Soils. 2nd ed. Blackie Academic and professional. London, England.
9. 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: chimical and microbiological properties. 2nd ed., Agronomy Monograph No. 9, American Socitey of Agronomy, Madison, WI.
10. Barbarick, K. A., J. A. Ippolito and D.G.Westfall. 1997. Sewage biosolids cumulative effects on extractable soil and grain elemental concentrations. J. Environ.Qual. 26:1646-1702.
11. Berrow, M.L. and J.C. Burridge. 1979. Sources and distribution of trace elements in soils and related crops. PP.206-209. International Conference Management Control, Heavy Metals Environment. London, England.
12. Bingham, F.T., F. J. Perya and W. M. Jarvell. 1986. Metal toxicity to agricultural crops. Metal. Ion Biol. Sys. 20: 119-156.
13. Chaney. R. L., JF. 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*: AL. Page, T. Logan and J.Ryan. Land Application of Sludge. 9th ed., Lewis publishers, Chelsea, MI.
14. Chaney, R.L.1990. Public health and sludge utilization. Biocycle. 31:68-73.
15. 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.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.3.5.5]

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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. 3rd .ed., Soil science socity of America.
18. Jing, J.,T.J. Logan. 1992. Effects of sewage sladge cadmium concentration on chemical extractability and plant uptake. J. Environ. Qual. 21:73-81.
19. Kabata- Pendias, A.A. and H. Pendias. 1994. Trace Elements in Soils and Plants. 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, Florida.
20. Logan, T. J. and R. L Chaney. 1983. Utilization of municipal wastwater 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.), Workshop on Utilization of Municipal Wast Water and Sludge on Land. University of California, Riverside.
21. Mc Bride, M. B. 1995. Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge: Are USEPA regulations Protective. J. Environ. Qual. 24:5-18.
22. 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.
23. Page, A. L., T. Logan and J. Ryan (Eds.). 1987. Land Application of Sludge. Lewis publishers, Chelsea, MI.
24. Pais, I.J., Jr. Benton Jones. 1997. The handbook of trace elements. St. Lucie press Boca Raton pub., Florida.
25. Sillanppa, M. and H. Jansson. 1992. Status of cadmium, lead, cobalt and selenium in soils and plant of thirty cuntries. FAO soils Bulletin 65. Rome. Italy.
26. 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.
27. Sommers, L. E., A. L. Page, T. J. Logan and J. A. Ryan. 1991. optimum use of sewage sludge on agricultural land. Western Regional Resourrce Pub., Colorado Collin, Co.
28. 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, Chelsea, MI.
29. 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 Verlage, New York.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.3.5.5]

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com