ارزیابی وضعیت آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های اراضی تحت کشت پسته (مطالعه موردی:کارخانه زغال‌شویی زرند)

مرضیه آیینه حیدری [۱]، مجید حجازی مهریزی [۲]، اعظم جعفری [۳]، مریم یوسفی فرد [۴]
دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۲-استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۳- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۴-استادیار، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه پیام نور، تهران

چکیده

هدف از این پژوهش، ارزیابی آلودگی خاك تحت کشت پسته به فلزات مس، روی، سرب و کادمیوم می‌باشد. تعداد ۳۹ نمونه مرکب به طور سیستماتیک در منطقه مورد مطالعه انتخاب و از سطح خاك جمع‌آوری شد. نمونه‌های خاک پس از هوا خشک شدن و عبور از الک دومیلی‌متری به آزمایشگاه انتقال یافتند. غلظت کل فلزات مس، روی، کادمیوم و سرب با استفاده از اسید نیتریک ۵ نرمال و به کمک دستگاه جذب اتمی تعیین شد. نتایج نشان داد که شاخص زمین انباشتگی برای عناصر مس و کادمیوم به ترتیب ۱۶/۱، ۴۵/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم در محدوده غیرآلوده تا کمی آلوده و برای عناصر روی و سرب به ترتیب ۹۲/۳ و ۵۱/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم در محدوده خیلی آلوده تا شدیدا آلوده قرار داشت. مقادیر به دست آمده برای فاکتور آلودگی بیشتر از یک و شاخص بار آلودگی برابر با ۵/۱۰، نشان دهنده غلظت بالای این فلزات و تاثیر عوامل انسانی علاوه بر عوامل طبیعی است.

کلمات کلیدی : شاخص‌های آلودگی، پسته، کارخانه زغال‌شویی، فلزات سنگین

مقدمه

رشد روز افزون جمعیت جهان، افزایش تقاضا برای مواد غذایی و دیگر محصولات و فرآورده‌های کشاورزی را به همراه آورده است. از سوی دیگر گسترش شهرنشینی و افزایش کارخانجات صنعتی، باعث افزایش آلودگی محیط زیست، آب و خاك‌های زراعی به مواد سمی حاصل از فاضلاب‌های صنعتی و یا زباله‌های خانگی شهرها شده و تولید پایدار محصولات و فرآورده‌های کشاورزی و امنیت غذایی افراد جامعه را با خطر جدی روبرو کرده است(مهدی صدوری و نجمه قرچه، ۱۳۹۲). یکی از آلاینده‌های مهم محیط زیست فلزات سنگین میباشند که در سالیان اخیر به دلیل خصوصیات آلایندگیشان و عدم تجزیه در محیط زیست شدیداً مورد توجه قرار گرفته‌اند. اگر چه این فلزات به طور طبیعی در اثر هوادیدگی مواد مادری به خاك وارد می‌شوند، اما فعالیت‌های انسانی از جمله فعالیت‌های صنعتی، حفاری و استخراج معادن و حتی فعالیت‌های کشاورزی منجر به تجمع غلظت بالای فلزات سنگین در خاك می‌شود (Yalcin et al., ۲۰۰۷). آلودگی فلزات سنگین اغلب پنهان، مداوم و به صورت غیر قابل برگشت می‌باشد (Wang et al., ۲۰۰۱). از میان فلزات سنگین فلزاتی مانند سرب و کادمیوم زنوبیوتیک هستند، به این مفهوم که این عناصر برای متابولیسم بدن مورد نیاز نبوده و حتی مقادیر کم آن‌ها نیز برای بدن مضر است. مهم ترین اثر سوء مصرف کادمیوم در انسان بیماری ایتای ایتای است که اولین بار به علت مصرف برنج آلوده به این فلز در ژاپن گزارش شد .از دیگر اثرات سمی این فلز می‌توان به تخریب بافت کلیه اشاره کرد (Żukowska and Biziuk, ۲۰۰۸). از اثرات مخرب فلز سرب نیز می‌توان به آسیب جدی به سیستم عصبی مرکزی و محیطی اشاره نمود (Zhang et al., ۲۰۱۲). اما دسته دیگر فلزات سنگین مانند مس و روی عناصری هستند که به مقدار کم برای بدن مورد نیاز بوده و در مقادیر بالاتر از حد استاندارد می‌توانند منجر به اثرات سوء گردد (Esmaili Sari, ۲۰۰۲). بهویان و همکاران (۲۰۱۰) آلودگی فلزات سنگین در خاك‌های کشاورزی اطراف معدن زغال سنگی در بنگلادش را با استفاده از شاخص فاکتور غنی‌شدگی[۹۸]، زمین انباشتگی[۹۹] و شاخص بار آلودگی[۱۰۰] مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها غنیشدگی معنیدار خاك‌ها با فلزات تیتانیم، منگنز، روی، سرب، آرسنیك، آهن، استرانسیم و آنتیموان در نتیجه فعالیت‌های معدنی را نشان داد. با توجه به رابطه تنگاتنگ اکوسیستم‌های کشاورزی و سلامتی انسان، آلودگی فلزات سنگین در اکوسیستم‌های کشاورزی حایز اهمیت میباشد (Bermudez et al., ۲۰۱۲; Liu et al., ۲۰۱۴). در سال‌های اخیر آلودگی فلزات سنگین در خاك به مشکل عمده‌ای تبدیل شده که تجمع آن‌ها در گیاه، مستقیم یا غیر مستقیم بر زندگی حیوانات و انسان اثر میگذارد. بنابراین برای نیل به توسعه پایدار خصوصا در بخش کشاورزی جمع‌آوری اطلاعات پایهٔ زیست محیطی برای منابع حیاتی از جمله خاك ضروری است. در این مطالعه خاک باغ‌های پسته اطراف کارخانه زغال شویی زرند از نظر میزان آلودگی به فلزات سرب، کادمیم، مس و روی مورد ارزیابی قرار گرفت.

[۹۸] Contamination factor
[۹۹] Geoaccumulation index
[۱۰۰] Pollution load index

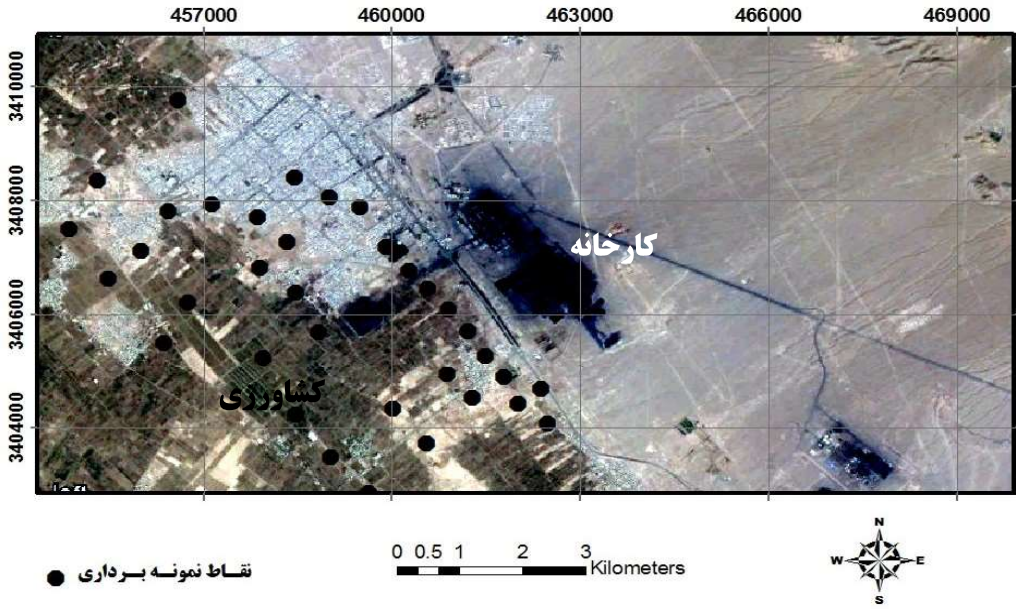
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

معادن زغال سنگ کرمان در قسمت شرق ایران مرکزی در محدوده‌ی چین‌خوردگی کرمان- یزد واقع شده‌اند. این معادن به فاصله‌ی ۵۰ تا ۲۲۰ کیلومتری شمال غرب کرمان واقع‌اند و از نظر زمین ساختی جزء ناودیس کرمان بهاباد محسوب میشوند.
منطقه مورد مطالعه (کارخانه زغال‌شویی زرند) در ۷۵ کیلومتری شهرستان کرمان و در ۱ کیلومتری زرند قرار گرفته است (حمزه و زریسفی، ۱۳۸۹). این کارخانه بزرگ‌ترین کارخانه فرآوری زغال‌سنگ ایران است و در در سال ۱۳۵۷ برای شستشوی زغال‌سنگ‌های منطقه کرمان مورد بهره‌برداری قرار گرفته است) حمزه و زریسفی، ۱۳۸۹). هدف از تغلیظ یا شستن زغال سنگ، پایین آوردن درصد خاکستر و ناخالصیهای موجود در زغال سنگ و در نتیجه افزایش نسبی در صد کربن میباشد.

نمونه‌برداری

نمونه‌برداری به صورت شبکه‌بندی تصادفی انجام شد(شکل ۱). تعداد ۳۹ نمونه مرکب (در هرنقطه ۵ نمونه) از سطح خاک (عمق ۳۰-۰) از منطقه ریزوسفری باغ‌های پسته برداشت و پس از هوا خشك كردن و عبور از الک ۲ میلی‌متری به آزمایشگاه منتقل شدند. برای تعیین غلظت کل عناصر سنگین از روش (۱۹۸۳) Ajayi and Kamson استفاده شد. بدین منظور ۲/۰ گرم خاک با ۲۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۵ نرمال تیمار به مدت ۱۰ دقیقه حرارت داده و ۲۴ ساعت در دمای اتاق نگه‌داری شد. غلظت فلزات موجود در عصاره‌ها پس از عبور از کاغذ صافی با دستگاه جذب اتمی قرائت گردید (Ajayi and Kamson, ۱۹۸۳).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و پراکنش نقاط نمونه برداری

تعیین شاخص‌های آلودگی

شاخص زمین انباشتگی

شاخص زمین انباشتگی قادر به بیان درجه آلایندگی خاك بوده و از رابطه زیر محاسبه میشود (Muller et al., ۱۹۶۹):

رابطه (۱):

$$Igeo = log_2((Cn)/1.5 \times Bn)$$

در این رابطه، Igeo شاخص زمین انباشتگی، Cn، غلظت در رسوب یا خاک و Bn، غلظت زمینه می‌باشد. ضریب ۵/۱ نیز برای حذف تغییرات احتمالی زمینه به علت تاثیرات زمین شناختی اعمال می‌شود (Chen et al., ۲۰۰۷). شاخص زمین انباشتگی شامل هفت گروه از غیر آلوده تا به شدت آلوده میباشد که براساس غلظت فلزات سنگین این طبقه‌بندی صورت میگیرد(Gonzales- Macias et al, ۲۰۰۶).

فاکتور آلودگی

فاکتور آلودگی از تقسیم کردن غلظت عنصر در نمونه برداشت شده به غلظت همان عنصر در نمونه زمینه به‌دست میآید (رابطه ۲) و بیانگر میزان آلودگی رسوبات به عناصر سنگین است (Abrahim et al., ۲۰۰۸).

$$CF = [C]heavy\ metal/[C]background$$

رابطه (۲) :

که در آن CF : فاکتور آلودگی، $C_{heavy\ metale}$: غلظت عنصر در نمونه، $C_{background}$: غلظت عنصر در نمونه زمینه است. سطوح آلودگی را می‌توان براساس درجه آلودگی بین ۱ تا ۶ تقسیم بندی کرد. اگر فاکتور آلودگی بیشتر از یک باشد نشان‌دهنده وجودآلودگی و اگر فاکتور آلودگی کمتر از یک باشد نشان دهنده عدم وجود آلودگی در منطقه مورد مطالعه میباشد.

شاخص بار آلودگی

شاخص بار آلودگی (PLI) از رابطه (۳) محاسبه گردید. اگر PLI نزدیك به عدد یك باشد نشان‌دهنده این است که بار یا غلظت فلزات سنگین نزدیك به غلظت زمینه بوده و نشان از عدم آلودگی خاك دارد. در صورتیکه این شاخص از یك بیشتر باشد نشان دهنده این است که خاک دارای آلودگی میباشد.

$$PLI = (CF_1 \times CF_2 \times CF_3 \times \dots\dots\dots CF_n)^{1/n}$$

رابطه (۳) :

در این رابطه CF شاخص آلودگی برای هر فلز و n تعداد فلزات مورد مطالعه در خاك میباشد

نتایج و بحث

منطقه مورد مطالعه با کاربری کشاورزی و پوشش غالب پسته در جهت غرب و جنوب غربی کارخانه زغال‌شویی قرار گرفته است (شکل ۱). مقادیر محاسبه شده شاخص زمین انباشتگی فلزات سنگین مس، روی، سرب و کادمیوم برای این منطقه در جدول ۱ نشان داده شده است. میانگین شاخص زمین انباشتگی نشان داد که شاخص زمین انباشتگی برای عناصر مس (۱۶/۱) و کادمیوم (۴۵/۱) میلی‌گرم بر کیلوگرم در محدوده غیرآلوده تا کمی آلوده و برای عناصر روی (۹۲/۳) و سرب (۵۱/۴) میلی‌گرم بر کیلوگرم در محدوده خیلی آلوده تا شدیدا آلوده قرار دارد. شاخص زمین انباشتگی بالا برای عناصر روی و سرب در منطقه مورد مطالعه را شاید بتوان ناشی پساب خروجی از کارخانه دانست که برای آبیاری باغات پسته استفاده می‌شود (حمزه و زریسفی، ۱۳۸۹).

جدول ۱- مقادیر شاخص زمین انباشتگی فلزات سنگین در ریزوسفر پسته

عنصر	شاخص زمین نباشتگی	شدت آلودگی منطقه
مس	۱۶/۱	کمی آلوده
کادمیوم	۴۵/۱	کمی آلوده
روی	۹۲/۳	خیلی آلوده
سرب	۵۱/۴	خیلی آلوده تا شدیدا آلوده

میانگین غلظت کل، فاکتور آلودگی و بار آلودگی در جدول ۲ نشان داده شده است. میانگین غلظت کل مس، کادمیوم، روی و سرب به‌ترتیب ۳۵/۵۷، ۴۶/۸۸، ۰۹/۶ و ۹۲/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین شد. ژوانگ و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادن که میانگین غلظت مس، روی، کادمیوم و سرب در خاک‌های کشاورزی ده برابر بیشتر از حد استاندارد کیفیت محیط زیست برای کشور چین در اطراف معدن داباشان بوده است. نتایج فاکتور آلودگی نشان داد که تمامی فلزات در محدوده آلودگی زیاد قرار دارند. مقدار فاکتور آلودگی برای فلزات مس ۵۸/۳، کادمیوم، ۴۲/۴، روی، ۰۹/۶ و سرب، ۴۴/۳۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین شد. بر اساس این نتایج بیشترین فاکتور آلودگی مربوط به سرب و کمترین مربوط به مس می‌باشد.

جدول ۲- غلظت میانگین و فاکتور آلودگی تعدادی از فلزات سنگین در ریزوسفر پسته

عنصر	غلظت میانگین	فاکتور آلودگی
مس	۳۵/۵۷	۵۸/۳
کادمیوم	۴۶/۸۸	۴۲/۴
روی	۰۹/۶	۳۶/۲۴
سرب	۹۲/۶	۴۴/۳۸
شاخص بار الودگی	-	۵/۱۰

شاخص بار آلودگی در مناطق پسته کاری نشان داد که این شاخص تحت تأثیر آلودگی کارخانه قرار گرفته است (جدول ۲). مقدار شاخص بار آلودگی برای ارزیابی خاک‌های کشاورزی اطراف معدن زغال سنگی در بنگلادش نشان داد منطقه مورد مطالعه تحت تاثیر معدن به شدت آلوده شده است (Bhuiyan et al., ۲۰۱۰).

نتیجه گیری

در مطالعات زیست محیطی به ویژه زمانیکه توزیع ژئوشیمیایی عناصر در محیط، حاصل ترکیبی از عوامل انسانی و طبیعی باشد، باید روند تغییرات با استفاده از شاخص‌های آلودگی ارزیابی شود. شاخص زمین انباشتگی، فاکتور آلودگی و شاخص بار آلودگی از معیارهای هستند که با در نظر گرفتن غلظت عناصر در نمونه زمینه روند آلودگی را نشان می‌دهند. در پژوهش حاضر، از شاخص‌های آلودگی شامل شاخص زمین انباشتگی، فاکتور آلودگی و بار آلودگی برای ارزیابی فلزات مس، روی، سرب و کادمیوم در ناحیه ریزوسفری باغ‌های پسته اطراف کارخانه زغال‌شویی استفاده شد. براساس شاخص زمین انباشتگی، خاک ریزوسفر پسته دارای آلودگی شدید فلزات روی و سرب می‌باشند. این آلودگی می‌تواند ناشی از کاربرد پساب کارخانه در اراضی پسته کاری باشد. فاکتور آلودگی برای فلزات مورد مطالعه بیشتر از یک به دست آمد که نشان دهنده غلظت بالای این فلزات و تاثیر عوامل انسانی علاوه بر عوامل طبیعی است.

منابع

حمزه، ع.، م. و زریسفی، ا.، م. ۱۳۸۹. مطالعه هیدروژوشیمی برخی عناصر سمی در پساب کارخانه‌ی زغال‌شویی زرند و روش‌های پاکسازی آن. فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، شماره ۳، صفحه‌های ۱۸۲ تا ۱۹۴.

صدوری، م. و قرچه، ن. ۱۳۹۲. نقش قارچ‌های همزیست ریشه در احیای زمین‌های آلوده به مواد سمی. دانش بیماری شناسی گیاهی، شماره‌ی ۲، صفحه‌های ۴۵ تا ۶۰.

Abrahim G.M.S. and Parker R.J. ۲۰۰۸. Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand, Environ Monit Assess, ۱۳۶: ۲۲۷-۲۳۸.

Ajayi A. and Kamson O.F. ۱۹۸۳. Determination of lead in roadside dust in Lagos City by atomic absorption spectrophotometry. Environ. Int. ۹: ۳۹۷- ۴۰۰.

Bermudez G.M.A., Jasan R., Pla R. and Pignata M.L. ۲۰۱۲. Heavy metals and traceelements in atmospheric fall-out: their relationship with topsoil and wheatelement composition. J. Hazard. Mater. ۲۱۳-۲۱۴: ۴۴۷- ۴۵۶.

Bhuiyan M. A., Parvez L., Islam M. A., Dampare S. B. and Suzuki S. ۲۰۱۰. Heavy metal pollution of coal mine-affected agricultural soils in the northern part of Bangladesh. Journal of Hazardous Materials, ۱۷۳: ۳۸۴-۳۹۲.

Bhuiyana M. A. H., Parvez L., Islam M. A., Dampare S. B. and Suzukia S. ۲۰۱۰. Heavy metal pollution of coal mine-affected agricultural soils in the northern part of Bangladesh, Journal of Hazardous Materials, ۱۷۳: ۳۸۴-۳۹۲.

Chen C.W., Kao C.M., Chen C.F. and Dong, C.D. ۲۰۰۷. Distribution and accumulation of heavy metals in the sediments of Kaohsiung Harbor, Taiwan. Chemosphere, ۶۶(۸): ۱۴۳۱- ۱۴۴۰.

Esmaili Sari A. ۲۰۰۲. Pollution Health and Environmental Standards. ۱st ed. Tehran: Naghsh Mehr Publications, (Persian).

Gonzales - Macias C., Schifter I., Liuch- Cota D.B., endez- Rodriguez L. and Hernandez- Vazquez S. ۲۰۰۶. Distribution, enrichment and accumulation of heavy metals in coastal sediments of Salina Cruz Bay, Mexico. Environmental Monitioring and Assessment, ۱۱۸: ۲۱۱- ۲۳۰.

Liu G., Yu Y., Hou J., Xue W., Liu X., Liu Y. and Liu Z. ۲۰۱۴. An ecological risk assessment of heavy metal pollution of the agricultural ecosystem near a lead-acid battery factory. Ecological Indicators, ۴۷: ۲۱۰-۲۱۸.

Muller G. ۱۹۶۹. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. Geo. J., ۲: ۱۰۸-۱۱۸.

Wang Q.R., Dong Y., Cui Y. and Liu X. ۲۰۰۱. Instances of soil and crop heavy metal contamination in China. Soil Sediment Contam, ۱۰: ۴۹۷-۵۱۰.

Yalcin M. G., Battaloglu R. and Ilhan S. ۲۰۰۷. Heavy metal sources in Sultan Marsh and its neighborhood, Kayseri, Turkey. Environ Geol, ۵۳: ۳۹۹ - ۴۱۵.

Zhang X.W., Yang L.S., Li Y.H., Li H.R., Wang W.Y. and Ye B.X. ۲۰۱۲. Impacts of lead/zinc mining and smelting on the environment and human health in China. Environ Monit Assess, ۱۸۴: ۲۲۶۱-۷۳.

Zhuang P., Zou B., Li N.Y. and Li Z.A. ۲۰۰۹. Heavy metal contamination in soils and food crops around Dabaoshanmine in Guangdong, China: implication for human health. Environ Geochem Health, ۳۱: ۷۰۷-۱۵.

ukowska J. and Biziuk M. ۲۰۰۸. Methodological evaluation of method for dietary heavy metal intake. J Food Sci, ۷۳: ۲۱ -۲۹.

Abstract

The objective of this study was to assess soil Cu, Zn, Pb and Cd pollution in pistachio cultivated lands. Composite samples from ۳۹ points were collected systematically from ۰-۳۰ cm of soil, air dried and passed from a ۲ mm

sieve. The total concentration of heavy metals Cu, Zn, Pb and Cd were extracted with ۵N HNO_3 and measured their concentration was measured by atomic absorption spectrophotometer. The geo-accumulation index for Cu, Cd, Zn and Pb were ۱.۱۶, ۱.۴۵, ۳.۹۲ and ۴.۵۱ mg Kg^{-1}, respectively. Based our results, Cu and Cd were in none or slightly polluted range, and Zn and Pb were in highly polluted range. In this study, contamination factor was determined more than one and pollution load index was ۱۰.۵,,showing high heavy metal pollution in agricultural lands due to natural and coal factory activities.