بررسی آلودگی برخی فلزات سنگین در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان داراب، استان فارس

اسفندیار جهانتاب*[۱]، علیرضا محمودی[۲]، حمیدرضا بوستانی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۲۰)

چکیده

کارخانه‌های سیمان یکی از آلاینده‌ترین صنایع در کل دنیا هستند. تحقیق حاضر با هدف بررسی وضعیت آلودگی فلزات سنگین سرب، نیکل، کادمیوم، آهن، منگنز، روی و مس در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان داراب انجام شد. از این‌رو، تعداد ۳۰ نمونه خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک اطراف کارخانه برداشت شد. غلظت فلزات سنگین توسط دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد. نتایج نشان داد میانگین مقادیر کل کادمیوم، نیکل، مس، سرب، روی، آهن و منگنز در خاک‌های منطقه به‌ترتیب ۱/۷۳، ۳۵/۵۲، ۱۳/۷۱، ۲۷/۹۸، ۲۶/۹۷، ۱۰۳۹/۲۷ و ۵۹۰/۷۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. بر اساس نتایج، میانگین کادمیوم در خاک‌های منطقه (۱/۷۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) از استاندارد جهانی USEPA بالاتر است. میانگین غلظت فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه به ترتیب به صورت Fe > Mn > Ni > Pb > Zn > Cu> Cd می‌باشد. میانگین غلظت کل سرب، نیکل، روی، مس و کادمیوم با حداکثر مقدار مجاز آن در خاک اختلاف معنی‌داری دارد و کمتر از آن بود (P<0/01). نتایج شاخص خطر بالقوه بوم‌شناختی نشان داد ۱۰۰ درصد نمونه‌ها دارای شاخص خطر کم می‌باشند. بر اساس نتایج، منطقه مورد مطالعه به لحاظ فلزات منگنز، کادمیوم، نیکل و سرب دارای درجه آلودگی متوسط است. شاخص بار آلودگی برای همه ایستگاه‌ها کمتر از واحد است شاخص بار آلودگی در منطقه نزدیک به غلظت طبیعی و غیرآلوده را نشان داد. به‌طور کلی، اگرچه غلظت فلزات سنگین در خاک‌های منطقه مورد مطالعه در وضعیت بحرانی آلودگی نیست ولی برنامه‌ریزی جهت کنترل انتشار فلزات سنگین و سایر آلاینده‌ها باید مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی خاک، فلزات سنگین، کارخانه سیمان داراب

جهانتاب ا.، محمودی ع.ر.، بوستانی ح.ر. ۱۴۰۲. بررسی آلودگی برخی فلزات سنگین در خاک¬های اطراف کارخانه سیمان داراب، استان فارس. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۱۱، شماره ۳. صفحه: ۹۸-۱۰۹.

۱ - دانشیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا، فسا، ایران. (مکاتبه کننده)

۲ - استادیار بخش مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، ایران.

۳ - دانشیار بخش علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، ایران.

* پست الکترونیک: e.jahantab@fasau.ac.ir

مقدمه

امروزه آلودگی محیط زیست از جمله مسائل مهمی است که جوامع مختلف با آن رو به رو هستند. گسترش روز افزون صنایع، توسعه شهرها، افزایش جمعیت و دخالت بی رویه بشر در طبیعت، آلودگی منابع آب، خاک و هوا را به دنبال داشته است (Halajnia *et al.*, 2009; Jahantab & Najmeddin, 2021). از آغاز انقلاب صنعتی، آلودگی فلزات سنگین در بیوسفر، به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است و به یک نگرانی جدی زیست‌محیطی تبدیل شده است. سطح وسیعی از مناطق با فلزات سنگین مانند مس، روی، سرب، نیکل، جیوه و کادمیوم آلوده شده است (Khellaf & Zerdaoui, 2010). عناصرسنگین از جمله مهم‌ترین آلاینده‌های محیط‌زیست به‌شمار می‌آیند که در چند دهه اخیر به‌شدت مورد توجه قرار گرفته‌اند. تجمع عناصر در خاک بویژه در اراضی کشاورزی، امری تدریجی بوده و غلظت عناصر سنگین می‌تواند به سطحی برسد که امنیت غذایی بشر را تهدید نماید. سالانه هزاران تن از این عناصر که ناشی از فعالیت‌های شهری، صنعتی و کشاورزی است، وارد خاک می‌شود (Ahmadi, 2012). آلودگی و انباشت فلزات سنگین در آب و خاک به دلیل سمیت، فراوانی منابع آلاینده، تجزیه‌ناپذیر بودن و انباشت آنها در محیط، مشکل جدی در سطح جهان است (Hamzenejad taghlidabad& Khodaverdiloo, 2020; Jokar *et al.*, 2022).

کارخانه‌های سیمان به عنوان منبع اصلی انتشار فلزات سنگین در محیط زیست گزارش شده‌اند. کارخانه‌های سیمان یکی از آلاینده‌ترین صنایع در کل دنیا هستند (Isikli *et al.*, 2003). صنایع تولید سیمان اثرات محیط زیستی مهمی بر اکوسیستم دارد (Mosavi *et al.*, 2015; Mehdipour *et al.*, 2020)، ذرات گرد و غبار کارخانه‌های سیمان حاوی عناصر سنگین می‌باشد که در هوا انتشار پیدا کرده و به خاک منتقل شده و سپس از طریق بخش زنده اکوسیستم (گیاهان، جانوران و انسان) انتقال می‌یابند (Addo *et al.*, 2012; Solgi *et al.*, 2020; Abimbola *et al.*, 2007). گرد و غبار یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های زیست‌محیطی است که حاوی ذرات معلق و فلزات سنگین می‌باشد (Aminfar *et al.*, 2022). تولید سیمان منبع مهم انتشار فلزات سنگین کادمیوم، کروم، مس، سرب، منگنز، روی، نیکل در خاک است (Al-Khashman & Shawabkeh, 2006). این فلزات در فاصله‌های مختلف بسته به سرعت باد و اندازه ذرات از طریق گرد وغبار سیمان ودودکش کارخلنه‌ها در خاک رسوب می‌کنند. نتایج تحقیقات مختلف حاکی از غلظت زیاد فلزات سنگین در مجاورت کارخانه‌های سیمان و آلودگی محیط زیست است.

در مطالعه‌ای، اوگانکانل(Ogunkunle, 2014) اظهار داشت در خاک‌های سطحی اطراف کارخانه سیمان مگا، دامنه‌ی آلودگی کادمیوم زیاد، سطح سرب و مس در خاک در حوزه‌های شدید و متوسط آلودگی بود و به دلیل پایین بودن سطح روی و کروم این فلزات هیچ خطر زیست محیطی را بیان نکردند. جعفری و همکاران (Jafari *et al.*, 2019) در بررسی آلودگی خاک اطراف کارخانه سیمان درود اظهار داشتند مقدار فلزات سنگین کروم، نیکل، روی، سرب و مس در اطراف کارخانه بیشتر از مقدار استاندارد جهانی USEPA است. یادگارنیا نائینی و همکاران (Yadegarnia Naeini *et al.*, 2019) گزارش دادند گرد و غبار رسوب شده کارخانه سیمان اصفهان به عنوان گرد و غبار آلوده در نظر گرفته می‌شود و در معرض خطر آلودگی بیشتری با فلزات سنگین کادمیوم و کروم قرار دارد. اکبری و عظیم‌زاده (Akbari & Azimzadeh, 2013) به بررسی تغییرات مکانی فلز سنگین کروم در خاک اطراف کارخانه سیمان بهبهان پرداختند ایشان اظهار داشتند میزان فلز کروم از حد استاندارد کمتر است، همچنین ایشان بیان کردند کارخلنه از لحاظ عنصر سمی کروم آلوده‌کننده نیست. پورخباز و همکاران (Pourkhabbaz *et al.*, 2016) اظهار داشتند اراضی اطراف کارخانه سیمان بهبهان نسبت به کادمیوم در طبقه شدیدا آلوده و سرب در طبقه کمی آلوده قرار دارد. صیادی و همکاران (Sayadi *et al.*, 2018) در بررسی آلودگی خاک‌های سطحی اطراف کارخانه سیمان قاین به فلزات سنگین سرب و کروم اظهار داشتند غلظت سرب و کروم در منطقه مورد مطالعه از غلظت زمینه بیشتر و در حال تجمع می‌باشد. سلگی و همکاران (Solgi *et al.*, 2020) در بررسی میزان ترسیب فلزات سنگین در کارخانه سیمان نهاوند گزارش دادند کارخانه سیمان نهاوند منبع اصلی آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های اطراف است. رحمانی و خان‌محمدی (Rahmani & khanmohamadi, 2020) در بررسی اثر کارخانه سیمان سپاهان بر آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های منطقه

دیزیچه اصفهان بیان داشتند غلظت فلزات سنگین در منطقه کمتر از حد مجاز ارائه‌شده توسط سازمان محیط زیست کشور می‌باشد. رحمانیان و همکاران (Rahmanian, 2020) گزارش دادند در اراضی داخل و اطراف کارخانه سیمان یاسوج، مقادیر سرب و منگنز در تعدادی از نمونه‌های برداشت‌شده در محدوده کارخانه بیشتر از مقدار استاندارد جهانی USEPA است.

با توجه به این‌که در ایران کارخانه‌های سیمان متعددی وجود دارد اراضی اطراف این کارخانه‌ها دارای مشکل بزرگ آلودگی خاک، آب و هوا می‌باشد. از طرفی تا کنون مطالعه‌ای در رابطه با وضعیت آلودگی اراضی اطراف کارخانه سیمان داراب انجام نشده است. تحقیق حاضر با هدف بررسی وضعیت آلودگی فلزات سنگین سرب، نیکل، کادمیوم، آهن، منگنز، روی و مس در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان داراب انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

کارخانه سیمان داراب در کیلومتر ۳۵ جاده داراب – شیراز واقع شده است. شرکت سیمان داراب درسال ۱۳۶۶ به ثبت رسید. کارخانه سیمان داراب به دلیل برخورداری از منابع غنی مواد اولیه، قادر به تولید انواع سیمان‌های خاکستری با تیپ ۱ و ۲ و ۵ می‌باشد. پهنه‌بندی اقلیمی منطقه مورد مطالعه بر اساس ضریب خشکی دومارتن از نوع اقلیم خشک تا نیمه خشک می‌باشد. میانگین بارندگی منطقه مورد مطالعه ۲۵۹ میلیمتر و دمای متوسط سالیانه ۲۲ درجه سانتی‌گراد است.

روش نمونه‌برداری

جهت انجام تحقیق حاضر، بازدیدهایی از کارخانه سیمان انجام گرفت و سپس محدوده مورد مطالعه مشخص شد. نمونه‌برداری از اراضی اطراف کارخلنه انجام شد. بدین صورت که در اراضی اطراف کارخانه از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌های خاک برداشت شد. در مجموع ۳۰ نمونه خاک برداشت شد. موقعیت مکانی نقاط نمونه‌برداری از طریق GPS ثبت شدند. نمونه‌ها در داخل کیسه‌های پلاستیکی قرار گرفته‌لند و به آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده کشاورزی داراب منتقل شدند. نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده پس از خشک شدن در هوای آزاد و انتقال به آزمایشگاه و برای انجام کارهای آزمایشگاهی از الک۲ میلیمتری عبور داده شد.

اندازه گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و مقدار فلزات سنگین در نمونه های خاک

مقدار کل فلزات سنگین توسط روش اسپوزیتو و همکاران (۱۹۸۲) اندازه‌گیری شد بدین صورت که ۲ گرم خاک الک شده را در لوله سانتریفوژ قرار داده و به آن ۱۵ میلی‌لیتر اسیدنیتریک ۴ نرمال افزوده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و سپس سانتریفوژ کرده (Sposito *et al.*, 1982) و غلظت عناصر در عصاره حاصل توسط دستگاه جذب اتمی (AAS; PG 990, PG Instruments Ltd. UK) اندازه‌گیری شد.

شاخص خطر بالقوه بوم‌شناختی

استفاده از شاخص‌های آلودگی از جمله عناصر سنگین تعیین‌کننده میزان ریسک اکولوژیکی اکوسیستم‌ها می‌باشد (Suter, 2007; Merrikhpour *et al.*, 2021). برای ارزیابی خطر بوم‌شناختی فلزات سمناک در خاک، از شاخص خطر بالقوه بوم‌شناختی استفاده می‌شود. این روش اولین بار توسط هاکانسون در سال ۱۹۸۰ ارائه شده است. این شاخص توسط روابط زیر محاسبه می‌گردد:

$$C_r^i = C_s^i / C_n^i$$

$$E_r^i = T_r^i \times C_r^i$$

$$RI = \sum_{r=1}^{n} E_r^i$$

در این روابط C_r^i شاخص آلودگی هر فلز، C_s^i غلظت فلز در نمونه، C_n^i غلظت فلز در نمونه زمینه، E_r^i ضریب خطر بالقوه بوم‌شناختی، T_r^i ضریب پاسخ فلز سنگین است که توسط هاکانسون برای عناصر مختلف تعیین شده است(Zn=1 < Cr=2 < Cu=Ni=Pb=5 < AS=10 < Cd=30 < Hg=40) همچنین در این فرمول‌ها RI شاخص خطر بالقوه بوم‌شناختی برای آلودگی کلی فلزی است. رده‌بندی RI و E_r^i در جدول ۱ ارائه شده است (Zheng *et al.* 2010)

جدول ۱- درجات خطر بالقوه بوم‌شناختی(Zheng *et al*. 2010)

Table 1. Degrees of potential ecological risk (Zheng *et al.* 2010)

	Low	Medium	Remarkable	Much	Very much
E_r^i	40<	40-80	80-160	160-320	≥320
RI	150<	150- 300	300-600	≥600	

ضریب آلودگی

این فاکتور برای تعیین آلودگی خاک به فلزات سنگین استفاده می‌شود. بر اساس این فاکتور غلظت فلزات سنگین نسبت به غلظت زمینه آن فلز سنجیده می‌شود. رابطه زیر برای محاسبه ضریب آلودگی استفاده می‌شود.

$$CF_{metal} = C_{metal} / C_{background}$$

در این رابطه CF_{metal} فاکتور آلودگی، C_{metal} غلظت عنصر در نمونه خاک و $C_{background}$ غلظت زمینه عنصر مورد نظر می‌باشد. جهت طبقه‌بندی فاکتور آلودگی خاک از روش هاکانسون (Hakanson, 1980) استفاده شد (جدول ۲).

جدول ۲- طبقات فاکتور آلودگی (Hakanson, 1980)

Table 2. Pollution factor classes (Hakanson, 1980)

Degree of contamination	Pollution factor
Low pollution	CF>1
Moderate pollution	1≥CF≥3
High pollution	3≥CF≥6
Too much pollution	CF>6

شاخص بار آلودگی (PLI)

در این پژوهش برای ارزیابی شدت آلودگی، شاخص بار آلودگی (PLI) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Sharma & Subramanian, 2010):

$$PLI = \sqrt[n]{CF1 \times CF2 \times \dots \times CFn}$$

در رابطه فوق، CF ضریب آلودگی می‌باشد. شاخص بار آلودگی کم تر از ۱ غلظت نزدیک به غلظت طبیعی و غیرآلوده را نشان می‌دهد اما هر چقدر این شاخص از ۱ بزرگتر باشد، نشان‌دهنده آلودگی بیشتر است (Shikazono *et al*., 2012) (جدول ۳).

جدول ۳- رده‌های شاخص بار آلودگی (Shikazono *et al*., 2012)

Table 3. Pollution load index classes (Shikazono *et al*., 2012)

Low pollution	PLI< 1
High pollution	PLI>1

تجزیه و تحلیل داده‌ها

ابتدا با استفاده از روش کولموگروف – اسمیرنوف فرض نرمال‌بودن داده‌ها بررسی شد. جهت تجزیه آماری داده‌ها از نرم افزار SPSS 20 و از طریق تجزیه واریانس یک طرفه انجام شد. جهت مقایسه میانگین‌ها از روش دانکن استفاده شد. به منظور مقایسه میانگین فلزات سرب، نیکل، کادمیوم، روی و مس خاک با حد بحرانی آزمون t-test استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد میانگین مقادیر کادمیوم، نیکل، مس، سرب، روی، آهن و منگنز در خاک‌های منطقه به‌ترتیب ۱/۷۳، ۳۵/۵۲، ۱۳/۷۱، ۲۷/۹۸، ۲۶/۹۷، ۱۰۳۹/۲۷ و ۵۹۰/۷۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. میانگین غلظت فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه به ترتیب به صورت Fe > Mn > Ni > Pb > Zn > Cu> Cd می‌باشد (جدول ۴). نتایج نشان داد غلظت کادمیوم در نمونه‌های خاک مورد مطالعه در محدوده ۱/۴۱ تا ۲/۱۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم قرار دارد (میانگین ۱/۷۳) (جدول ۴). استاندارد کادمیوم در خاک-های جهان ۰/۳۵ و در ایران ۳/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم می-باشد (استانداردهای کیفیت منابع خاک ایران) (جدول ۵). بر اساس نتایج، میانگین کادمیوم کل در خاک‌های منطقه مورد در تحقیق حاضر (۱/۷۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) از استاندارد جهانی USEPA بالاتر است. بر اساس استاندارد جهانی USEPA، مقدار غلظت کادمیوم کل ۰/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (Alwadi, 1999). بنابراین در مطالعه حاضر غلظت کادمیوم بالاتر از استاندارد جهانی USEPA می‌باشد. در همین راستا، در اراضی اطراف کارخانه سیمان یاسوج میانگین غلظت کادمیوم ۰/۹۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم

گزارش شد (Rahmanian, 2020). غلظت سرب در نمونه‌های خاک منطقه مورد مطالعه از ۲۳/۹۲ تا ۳۴/۵۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم تغییر می‌کند. میانگین غلظت این فلز در نمونه‌ها ۲۷/۹۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (جدول ۴). میانگین غلظت سرب در مقایسه با میانگین غلظت آن در استانداردهای خاک‌های جهانی و ایران پایین‌تر است (جدول ۵). در همین راستا، رحمانیان و همکاران (Rahmanian *et al.*, 2020) میانگین غلظت سرب را در اراضی اطراف کارخانه سیمان یاسوج ۱۸/۴۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش دادند.

غلظت فلز روی در نمونه‌های مورد مطالعه از ۲۲/۴۳ تا ۵۰/۴۷ (با میانگین ۲۶/۹۷) میلی‌گرم بر کیلوگرم تغییر می‌کند (جدول ۴). میانگین غلظت فلز روی در منطقه مورد مطالعه کمتر از ترکیب خاک‌های جهانی است (جدول ۵). دریواسی و همکاران (Darivasi *et al.*, 2016) در بررسی تاثیر میزان فاصله از منبع آلودگی بر غظلت فلزات سنگین در خاک اطراف کارخانه سیمان شهرستان نکا اظهار داشتند میانگین غلظت روی (۸۴/۵۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) می‌باشد که بالاتر از استاندارد جهانی USEPA (۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) است. غلظت میانگین منگنز در منطقه مورد مطالعه ۵۹۰/۷۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (جدول ۴). در تعدادی از نمونه‌های برداشت‌شده، غلظت منگنز بالاتر از مقدار استاندارد جهانی USEPA (۶۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. در بررسی آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های اطراف معدن سرب و روی کوشک بافق، سهرابی‌زاده و همکاران (Sohrabizadeh *et al.*, 2020) میانگین غلظت منگنز را ۵/۳۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم برآورد کردند. در مطالعه‌ای، رحمانیان وهمکاران (Rahmanian *et al.*, 2020) میانگین غلظت منگنز در اراضی اطراف کارخانه سیمان یاسوج را ۴۳۶/۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیان داشتند. نتایج مطالعه بررسی تاثیر میزان فاصله از منبع آلودگی بر غظلت فلزات سنگین در خاک اطراف کارخانه سیمان شهرستان نکا نشان داد غلظت منگنز (۷۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در اراضی اطراف کارخانه سیمان نکا بالاتر از استاندارد جهانی USEPA (۶۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) است (Darivasi *et al.*, 2016). سازمان حفاظت محیط زیست ایران مقادیر استاندارد خاصی را برای درجه آلودگی خاک بوسیله منگنز گزارشی ارائه نداده است.

غلظت میانگین مس در نمونه‌های مورد مطالعه ۱۳/۷۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم و محدوده تغییرات آن بین ۹/۳۸ تا ۱۸/۵۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (جدول ۴). غلظت مس در منطقه مورد مطالعه نسبت به مقادیر موجود در خاک، استانداردهای ایران و جهان پایین‌تر است (جدول ۵). در همین راستا، سهرابی‌زاده و همکاران (Sohrabizadeh *et al.*, 2020) در بررسی آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های اطراف معدن سرب و روی کوشک بافق، میانگین مقدار مس را ۰/۳۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیان داشتند.

نتایج نشان داد غلظت نیکل در نمونه‌های مورد مطالعه بین ۲۴/۹۷ تا ۴۶/۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم در نوسان است. میانگین غلظت نیکل در منطقه مورد مطالعه ۳۵/۵۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (جدول ۴). غلظت نیکل در منطقه مورد مطالعه در مقایسه با غلظت آن در ترکیب خاک‌های جهانی (۲۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بالاتر است (جدول ۵). برخی محققان مقدار بحرانی نیکل خاک را در محدوده ۲-۵۰ ppm تخمین زده‌اند (Bergman, 1992; Gune *et al.*, 2004). بنابراین به لحاظ نیکل منطقه مورد مطالعه در وضعیت بحرانی نیست.

جدول ۴- خلاصه آماری غلظت عناصر مورد مطالعه (غلظت برای تمام عناصر بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم)

Table 4. Statistical summary of the concentration of studied elements (mg kg^{-1})

Elements	Pb	Ni	Cd	Fe	Mn	Zn	Cu
Mean	27.98	35.52	1.73	1039.27	590.71	26.97	13.71
Median	28.01	35.51	1.71	1036.84	585.73	26.14	13.46
Std. Deviation	2.59	5.48	0.18	42.20	50.73	4.86	2.21
Variance	6.74	30.03	0.03	1781.57	2573.74	23.64	4.91
Skewness	0.38	0.10	0.87	-0.21	-0.58	4.12	0.21
Kurtosis	-0.11	-0.64	0.91	-0.03	0.50	19.98	-0.17
Minimum	23.92	24.97	1.41	943.27	466.05	22.43	9.38
Maximum	34.57	46.12	2.19	1118.62	668.25	50.47	18.52
Coefficient of variation	0.09	0.15	0.10	0.04	0.08	0.18	0.16

جدول۵- غلظت فلزات سنگین خاک بر اساس استانداردهای جهانی ($mg\ kg^{-1}$)

Table 5. Concentration of heavy metals in soil according to global standards ($mg\ kg^{-1}$)

Values / Elements	Cd	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn	Ni
WHO standard [a]	0.8	36	-	-	85	50	-
EU standard [b]	3	140	-	-	300	300	-
Austrian standard [c]	5	100	-	-	100	300	-
Average amount in the soils of the world [d]	0.35	30	-	-	35	90	-
Quality standards of Iranian soil resources [e]	3.6	63	-	-	300	20	-

a. (WHO, 1996: 85)
b. (McGrath *et al*., 1994: 110)
c. (El-Bassam & Tietjen, 1977: 255)
d. (Adriano, 2001: 200)
e. Human Environment, Soil & Water Office. 2018.

مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین خاک با حداکثر مجاز آن

نتایج نشان داد که میانگین غلظت سرب، نیکل، روی، مس و کادمیوم با حداکثر مقدار مجاز آن در خاک اختلاف معنی‌داری دارد و کمتر از آن می‌باشد ($P<0/01$) (جدول ۶)، به عبارتی خاک منطقه مورد مطالعه آلوده به فلزات سرب، نیکل، روی، مس و کادمیوم نیست. نتایج تحقیق حاضر با نتایج نوروزی و همکاران (Nouroozi *et al.*, 2016) و منتظری و همکاران (Montazeri *et al.*, 2018) مطابقت دارد. در مطالعه‌ای، مسلم‌پور و شهدادی (Moslempour & Shahdadi, 2013) اظهار داشتند خاک‌های اطراف کارخانه سیمان خاش نسبت به عناصر آرسنیک، کبالت، مس، کروم، منگنز، مولیبدن، سرب و روی غیرآلوده بوده‌اند و فقط در مورد عناصر نیکل و کادمیوم در آلودگی در حد متوسط است.

جدول ۶- مقایسه غلظت فلزات سنگین خاک با حداکثر مقدار مجاز

Table 6. Comparison of soil heavy metal concentrations with the maximum allowable amount

CV	df	Metal concentration	t
Average concentration of Pb	29	27.98	-552.508 **
Average concentration of Cd	29	1.73	-181.52 **
Average concentration of Ni	29	35.52	-494.187 **
Average concentration of Zn	29	26.97	-532.82 **
Average concentration of Cu	29	13.71	-1201.00 **

** نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد. Significant at 1% probability level

در خاک مراتع، حداکثر مقدار مجاز برای فلز سرب، نیکل، مس، روی و کادمیوم به ترتیب ۲۹۰ ، ۵۳۰ ، ۵۰۰، ۵۰۰ و ۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (Department of Environment, 2014).

مقایسه غلظت میانگین فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه با سایر تحقیقات

نتایج نشان داد غلظت فلز روی در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان داراب از غلظت گزارش شده در خاک اطراف کارخانه سیمان در ایلام بیشتر و از غلظت روی گزارش شده در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان آبیک البرز و نکا کمتر است. همچنین غلظت منگنز گزارش شده در مطالعه حاضر از غلظت گزارش شده در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان ایلام، یاسوج، عراق، غنا، نیجریه و اسپانیا بیشتر و از غلظت گزارش شده خاش و نکا کمتر است (جدول ۷).

در رابطه با فلز سرب، نتایج نشان داد غلظت سرب در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان داراب از غلظت گزارش شده در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان ایلام، یاسوج، خاش، آلمان، عراق، عربستان سعودی، غنا و نیجریه بیشتر و از غلظت سرب گزارش شده در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان آبیک، بهبهان، اردن و جامائیکا کمتر است. غلظت کادمیوم گزارش شده در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان داراب از غلظت گزارش شده در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان آبیک، ایلام، یاسوج، خاش، نکا، عراق و عربستان سعودی بیشتر و از غلظت گزارش شده در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان بهبهان، آلمان، اردن و جامائیکا کمتر است

(جدول ۷). نتایج نشان داد غلظت مس گزارش شده در مطالعه حاضر نسبت به غلظت مس گزارش شده در خاک-های اطراف کارخانه سیمان ایلام بیشتر و نسبت به غلظت مس در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان نکا کمتر است. بر اساس نتایج، غلظت نیکل گزارش در مطالعه حاضر از غلظت نیکل گزارش شده در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان ایلام، آلمان و عربستان سعودی بیشتر و از غلظت نیکل گزارش شده در خاک‌های اطراف آبیک، یاسوج، خاش، نکا و غنا کمتر است (جدول ۷).

شاخص خطر بالقوه بوم‌شناختی

نتایج شاخص خطر نشان داد ۱۰۰ درصد نمونه‌ها دارای شاخص خطر کم می‌باشند (جدول ۸).

ضریب آلودگی

نتایج بررسی ضریب آلودگی نشان داد منطقه مورد مطالعه به لحاظ فلزات مس، آهن و روی دارای آلودگی کم است. همچنین نتایج نشان داد منطقه مورد مطالعه به لحاظ فلزات منگنز، کادمیوم، نیکل و سرب دارای درجه آلودگی متوسط است (جدول ۹).

جدول ۷- مقایسه غلظت فلزات سنگین (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در خاک‌های اطراف کارخانه‌های سیمان در مناطق مختلف جغرافیایی

Table 7. Concentration of heavy metals (mg kg^{-1}) in around Darab Cement factory and comparison with some other researches

	Zn	Mn	Pb	Cd	Fe	Cu	Ni	Reference
Abiek (Iran)	79.5	-	32.5	0.95	-	-	41.95	Mousavi, 2015
Ilam (Iran)	2.3	0.8	1.38	0.28	-	2.02	0.26	Nouroozi *et al*., 2016
Yasooj (Iran)	-	436.46	18.47	0.96	-	-	243.53	Rahmanian, 2020
Behbahan (Iran)	-	-	64.69	75.29	-	-	64	Pourkhabbaz, 2016
Khash (Iran)	-	726.02	18.59	1.22	-	-	103.61	Moslempour, & Shahdadi, 2013
Neka (Iran)	84.56	747	-	0.36	-	136.30	58.34	Darivasi *et al*., 2016
Germany	-	-	25.40	2.81	-	-	-	Sielaff & Einax, 2007
Iraq	-	169.70	19.80	1.70	-	-	5.90	Lafta *et al*., 2013
Saudi Arabia	-	-	5.41	0.35	-	-	8.22	Al-Ommran *et al*., 2011
Jordan	-	-	55	5	-	-	245.26	Al-Khashman & Shawabkeh, 2006
Ghana	-	544.92	13.13	-	-	-	-	Addo *et al*., 2012
Jamaica	-	-	31.47	5.24	-	-	-	Mandal & Voutchkov, 2011
Nigeria	-	30.29	15.08	-	-	-	-	Schuhmacher et al., 2002
Spain	-	0.007	-	-	-	-	-	Adekola *et al*., 2012
Darab (Iran)	26/97	590.71	27.98	1.73	1039.27	13.71	35.52	

جدول ۸- نتایج شاخص خطر بالقوه بوم‌شناختی

Table 8. Results of potential ecological risk index

RI value	Risk index	Status of stations according to the values of the risk index (percentage)
RI < 150	Low risk index	100

جدول ۹- طبقه‌بندی فاکتور آلودگی فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه

Table 9. Classification of heavy metal pollution factor in the study area

Metal	Pb	Ni	Cd	Fe	Mn	Zn	Cu
Factor value	1.12	1.97	1.58	0.02	1.41	0.44	0.98
Degree of contamination	Moderate pollution	Moderate pollution	Moderate pollution	Low pollution	Moderate pollution	Low pollution	Low pollution

شاخص بار آلودگی

نتایج نشان داد شاخص بار آلودگی برای همه ایستگاه‌ها کمتر از ۱ است شاخص بار آلودگی در منطقه نزدیک به غلظت طبیعی و غیرآلوده را نشان می‌دهد. بنابراین منطقه مورد مطالعه به لحاظ شاخص بار آلودگی، آلودگی کم دارد.

نتیجه‌گیری کلی

گرد و غبار و گازهای خروجی از کارخانه‌های سیمان به طور معمول حاوی عناصر بالقوه سمی مانند آرسنیک، کبالت، مس، نیکل، سرب، کروم، روی و کادمیوم هستند. در پژوهش حاضر به بررسی غلظت فلزات مس، سرب، روی، نیکل، کادمیوم و منگنز پرداخته شد. نتایج نشان داد میانگین مقادیر کادمیوم، نیکل، مس، سرب، روی، آهن و منگنز در خاک‌های منطقه به‌ترتیب ۱/۷۳، ۳۵/۵۲، ۱۳/۷۱، ۲۷/۹۸، ۲۶/۹۷، ۱۰۳۹/۲۷ و ۵۹۰/۷۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. میانگین غلظت فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه به ترتیب به صورت Fe > Mn > Ni > Pb > Zn > Cu> Cd می‌باشد. میانگین غلظت سرب، نیکل، روی، مس و کادمیوم با حداکثر مقدار مجاز آن در خاک اختلاف معنی‌داری دارد و کمتر از آن می‌باشد. بنابراین منطقه مورد مطالعه به لحاظ شاخص بار آلودگی، آلودگی کم دارد. به‌طور کلی، اگرچه غلظت فلزات سنگین در خاک‌های منطقه مورد مطالعه در وضعیت بحرانی آلودگی نیست ولی برنامه‌ریزی جهت کنترل انتشار فلزات سنگین و سایر آلاینده‌ها باید مورد توجه گیرد.

References

Abimbola A., Kehinde-Phillips O., and Olatunji, A. 2007. The Sagamu cement factory, SW Nigeria: Is the dust generated a potential health hazard? *Environmental Geochemistry and Health*, 29: 163-167.

Addo M.A., Darko E.O., Gordon C., Nyarko B.J.B. Gbadago J.K., Nyarko E., Affum H.A., and Botwe B.O. 2012. Evaluation of heavy metals contamination of soil and vegetation in the vicinity of a cement factory in the volta region, Ghana, *International Journal of Science and Technology*, 2(1):40-50.

Adekola F.A., Inyinbor A.A., and Abdul Raheem, A.M.O. 2012. Heavy metals distribution and speciation in soils around a Mega Cement Factory in North Central Nigeria. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management*, 5:1. 11–19.

Adriano, D. 2001. Trace Elements in the Terrestrial Environment, Biochemistry, Bioavailability and Risks of Metals (2nd edition) , New York: Springer-Verlag, 867 p.

Ahmadi B. 2012. The role of heavy metals in human health. July 20 2012. Available at: Resources heavy metals.

Akbari A., and Azimzadeh H.R. 2013. Soil chromium concentrations spatial changes around Behbahan cement factory, *Journal of Natural environment*, 66(2): 137-146. (In Persian)

Al-Khashman O.A. and Shawabkeh A.R. 2006. Metals distribution in soils around the cement factory in southern Jordan. *Environmental Pollution*, 140: 387-394.

Al-Omran A.M., El-Maghraby S.E., Nadeem M.E.A., El-Eter A.M., and AlQahtani S.M.I. 2011. Impact of cement dust on some soil properties around the cement factory in Al-Hasa Oasis, Saudi Arabia. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 11(6): 840-846.

Alwadi A.R. 1999. Manual of oceanographic observation and pollutant analysis method. (MOOPAM), 261p.

Aminfar R., Landi A., Hojati S., 2022. Source identification and distribution mapping of some heavy metals in dust particles collected around the Hoveyzeh - Khorramshahr dust center. *Applied Soil Research.* 9(4): 1-14. (In Persian)

Bergman W. 1992. Nutritional Disorders of Plants, Development, Visual and Analytical Diagnosis; Gustav Fisher Verlag Jena, Stuttgart, New York

Chabukdhara M., and Nema A. K. 2012. Assessment of heavy metal contamination in Hindon River sediments: a chemometric and geochemical approach. *Chemosphere*, 87(8), 945-953.

Darivasi S., Saeb K., and Mollashahi M. 2016. Effects of distance from pollutant sources on heavy metal concentrations around Neka cement Factory Soil. *Journal of Environmental Science and Technology*, 17(4): 33-44. (In Persian)

El-Bassam N., and Tietjen C. 1977. Municipal sludge as organic fertilizer with special reference to the heavy metals constituents. *Soil Organic Matter Studies*, 2: 253– 258.

Güne A., Alpaslan M. and Inal A. 2004. Plant growth and fertilizer; Ankara University, Agriculture Pub, Ankara, Turkey, No: 1539

Halajnia A., Lakzian A., Haghnia Gh., Ramezanian A. 2009. The effects of iron and manganese on cadmium uptake of sunflower and corn in hydroponic condition. *Journal of Water and Soil*, 23(2), 30-37.

Hamzenejad taghlidabad R. and Khodaverdiloo H. 2020. Quantitative assessment of soil heavy metals pollution. *Applied Soil Research*, 8(2): 37-52. (In Persian)

Human Environment, Soil and Water Office. 2018. Quality standards of soil resources and its guides. 164 p. (In Persian)

Isikli B., Demir T.A., Urer S.M., Berber A., Akar T. and Kalyoncu C. 2003. Effects of chromium exposure from a cement factory. *Environmental research*, 91: 113-118.

Jafari A., Ghaderpoori M., Kamarehi B., and Abdipour H. 2019. Soil pollution evaluation and health risk assessment of heavy metals around Douroud cement factory, Iran. *Environmental Earth Sciences,* 78(8):1-9.

Jahantab, E., & Najmeddin, A. 2021. Investigation of Heavy Metal Contamination and Enrichment (Case Study: Shiraz Industrial Town and surrounding Lands). *Journal of Range and Watershed Management,* 74(1), 37-51. (In Persian)

Jokar M., Hejazi-Mehrizi M., Sarcheshmepoor M. and Farahmand H. 2022. The effect of humic and fulvic acids on phytoremediation ability of copper and cadmium by ornamental castor bean. *Applied Soil Research*, 10(1):1-14. (In Persian)

Khellaf N, Zerdaoui M. 2010. Growth response of the duckweed *Lemna gibba* L. to copper and nickel phytoaccumulation. *Ecotoxicology,* 19(8):1363–1368.

Lafta J. G., Fadhil H. S., and Hussein A.A. 2013. Heavy metals distribution and the variation of soil properties around alqaim cement factory in Anbar Governorate – Iraq. *International Journal of Engineering and Advanced Technology,* 3(1): 2249 – 8958.

Mai B., Qi S., Zeng E.Y., Yang Q., Zhang G., Fu J., Sheng G., Peng P. and Wang Z. 2003. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in the coastal region off Macao, China: assessment of input sources and transport pathways using compositional analysis. *Environmental Science and Technology,* 37(21), 4855-4863.

Mandal A. and Voutchkov M. 2011. Heavy metals in soils around the cement factory in Rockfort, Kingston, Jamaica. *International Journal of Geosciences*, 2: 48–54.

McGrath S.P., Chang A.C., Page A.L., and Witter E. 1994. Land application of sewage sludge: Scientific perspectives of heavy metal loading limits in Europe and the United States, *Environmental Reviews,* 2 (1): 108– 118

Mehdipour S., Mohammad Esmaeili M. and Sattarian A. 2020. The study of dustiness of Peyvand Golestan cement factory on several plant species by magnometric method. *Environmental Researches*, 11(21): 211-218. (In Persian)

Merian E., Anke M., Ihnat M., and Stoeppler M. 2004. Elements and their compounds in the environment: occurrence, analysis and biological relevance (No. Ed. 2). Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

Merrikhpour H., Lorestani B. and Cheraghi M. 2021. Monitoring of heavy metals and quality index of sediment in lake Kalan Malayer dam. *Applied Soil Research,* 9(2):130-149. (In Persian)

Montazeri F., Tamartash R., Tatian M. and Hojati M. 2018. Potential of rangeland species *Astragalus globiflorus* and *Acantholimon hohenackeri* in heavy metals absorption (Case study: rangelands around the Firoozkouh cement factory). *Iranian journal of Rangeland and Desert Research,* 25(2): 278-288. (In Persian)

Mosavi Z., Motassadi S., Jozi A. and Khorasani N. A. 2015. Investigating the effects of the dust from cement industry on vegetation diversity and density, case study: Shahroud cement industry. *Journal of Health,* 6(4): 429-38. (In Persian)

Moslempour M.E and Shahdadi S. 2013. Assessment of heavy metal contamination in soils around of Khash Cement Plant, SE Iran. *Iranian Journal of Earth Sciences.* 5:111–118. (In Persian)

Mousavi S.S. 2015. Investigation of metal pollution in soils around Abek Cement Factory (Alborz Province). Master Thesis, Department of Hydrology and Environmental Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahroud University of Technology, 134 p. (In Persian)

Nouroozi B., Rostami N., Tavakoli M., Rostaminia M. 2016. Evaluation of polluting industries effects on soil heavy metals (Case Study: Ilam Cement Factory). *Journal of Geography and Environmental Studies,* 19(5), 89-100. (In Persian)

Ogunkunle C.O. 2014. Contamination and spatial distribution of heavy metals in top soil surrounding a mega cement factory. *Atmospheric Pollution Research,* 5:2. 270-282.

Pour khabbaz H.R., Javanmardi S., Yousefnia H., Islami M., Makroni S., and Aghdar H. 2016. Environmental assessment of heavy metals pollution in the soils around the Behbahan Cement Factory. *Journal of Geography and Environmental Planning,* 27(3): 87- 105. (In Persian)

Rahmani H., and khanmohamadi Z. 2020. Effect of Sepahan Cement Factory on Heavy Metals Contamination in Soils of Dizicheh Area of Isfahan. *Iranian Journal of Soil and Water Research,* 51(7), 1701-1709. (In Persian)

Rahmanian M. 2020. Dust Effect of Yasouj Cement Factory on Chemical Properties of Surrounded Soils. *Iranian Journal of Soil and Water Research,* 51(3), 595-602. (In Persian)

Rahmanian M., Jahantab E., and Gholamzadeh M. 2020. Evaluation of heavy metals contamination, lead and manganese in the around soils of Yasouj Cement Factory. *Journal of Natural Environment,* 73(1), 37-48. (In Persian)

Sayadi M., Rezaei M., Hajiani M. 2018. Investigation of Surface Soil Contamination around the Qayen Cement Factory by Lead and Chromium. *Environment and Water Engineering,* 3(4), 312-322. (In Persian)

Schuhmacher M., Bocio A., Agramunt M.C., Domingo J.L., and de Kok H, A. 2002. PCDD/F and metal concentrations in soil and herbage samples collected in the vicinity of a cement plant. *Chemosphere,* 48:2. 209-217.

Sharma and Subramanian, Sharma, R. K, Subramanian, M, Marshall F. M., (2010). Atmospheric deposition of heavy metals (Cu, Zn, Cd, pb) in Varanasi City, India. *Environmental Monitoring and Assessment,* 142: 269-278.

Shikazono N., Tatewaki K., Mohiuddin K.M., Nakano T., and Zakir HM. 2012. Sources, spatial variation, and speciation of heavy metals in sediments of the Tamagawa River in Central Japan. *Environmental geochemistry and health,* 34(1):13-26.

Sielaff K. and Einax J.W. 2007. The application of multivariate statistical methods for the evaluation of soil profiles. *Journal of Soils and Sediments,* 77(1): 45–52.

Sohrabizadeh Z., Sodaiezadeh H., Hakimizadeh M.A., Taghizadeh Mehrjardi R., Ghanei Bafaqi M.J. 2020. Evaluation of Heavy Metal Contamination in Desert Soils around Pb- Zinc Mine of Kushk, Bafq Using Pollution Indicators and Principal Component Analysis. *Journal of Geography and Environmental Planning,*77(1), 15-34. (In Persian)

Solgi E., Beigmohammadi F., Zamanian A. 2020. Application of Pollution Indices to Investigate of Heavy Metals Sequestration in Soil (Case Study of Nahavand Cement Factory). *Applied Soil Research*, 8(3), 188-201. (In Persian)

Solgi E., Zamanian A. and Beigmohammadi F. 2020. Investigating the effect of distance from source and species type on the absorption ability of heavy metals by tree species around Nahavand cement factory. *Journal of Plant Ecosystem Conservation,* 8 (16): 321-343. (In Persian)

Sposito G., Lund L., Chang, A. 1982. Trace metal chemistry in arid-zone field soils amended with sewage sludge: I. fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd and Pb in solid phases. *Soil Science Society of America Journal*, 46(2), 260–264.

Suter G.W. 2007. Ecological Risk Assessment. 2nd Edition. CRC Press. Taylor & Francis Group, Boca Raton, Fla. 680p.

Who. 1996. The World Health report, 137 p.

Yadegarnia Naeini F., Azimzadeh H., Mosleh Arani A., Sotoudeh A., and Kiani B. 2019. Ecological risk assessment of heavy metals from cement factory dust. *Environmental Health Engineering and Management Journal*, 6(2): 129–137.

Zheng N., Liu J., Wang Q., and Liang Z. 2010. Health risk assessment of heavy metal exposure to street dust in the zinc smelting district, Northeast of China. *Science of the total environment,* 408(4), 726-733.

Investigation of Contamination of Some Heavy Metals in the Soils around the Darab Cement Factory, Fars Province

Esfandiar Jahantab[* 1], Ali Reza Mahmoodi[2], Hamid Reza Boostani[3]

(Received: December 2021 Accepted: December 2022)

Abstract

Cement factories are one of the most polluting industries in the world. In this regard, the purpose of this study is to investigate the contamination of heavy metals lead, nickel, cadmium, iron, manganese, zinc and copper in the soils around Darab Cement Factory. 30 soil samples were taken from a depth of 0-30 cm from the soil around the Cement Factory. Heavy metal concentrations were measured by atomic adsorption spectrometry. The results showed that the mean values of cadmium, nickel, copper, lead, zinc, iron and manganese in the soils of the region were 1.73, 35.52, 13.71, 27.98, 26.97, 1039.27, and 590.71 mg kg^{-1} respectively. The average cadmium in the soils of the region (1.71 mg kg^{-1}) is higher than the maximum standard of cadmium in the soils of the world. The average concentrations of metals in the study area are Fe> Mn> Ni> Pb> Zn> Cu> Cd, respectively. The results showed that the mean concentrations of lead, nickel, zinc, copper and cadmium were significantly different from the maximum allowable amount in the soil and was less than that ($P < 0.01$). The results of the risk index showed that 100% of the samples have a low risk index. The study area has a moderate degree of pollution in terms of manganese, cadmium, nickel and lead metals. The pollution load index for all stations is less than 1, indicating the pollution load index in the area close to the normal and non-polluted concentration. In general, although the concentration of heavy metals in the soils of the study area is not in a critical state of pollution, but planning to control the release of heavy metals and other pollutants should be considered.

Keywords: Soil pollution, Heavy metals, Darab Cement Factory

Jahantab E., Mahmoodi A.R. and Boostani H.R. 2023. Investigation of contamination of some heavy metals in the soils around the Darab Cement Factory, Fars Province. *Applied Soil Research*, 11(3): 98-109.

1. Associate Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture, Fasa University, Fasa, Iran
2. Assistant Professor, Department of Nature Engineering, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Shiraz, Iran
3. Associate Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Shiraz, Iran
* Corresponding Author Email: e.jahantab@fasau.ac.ir