نشریه شمـاره ۱۳، بهار و تابستان ۱۳۹۸، صفحات ۷۷ تا ۸۸

نشریه مدیریت بیابـان
www.isadmc.ir

انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

بررسی ارتباط بین انباشت فلز سرب ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در آق‌قلا، گلستان

نازنین قزاق[۱]، حمیدرضا عسگری[۲*]، حسن یگانه[۳]

۱. کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۲. استادیار گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۳. استادیارگروه علوم مرتع، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
* نویسنده مسئول: Hamidreza.asgari@gau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۷

چکیده

انباشت سرب در خاک تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک، سنگ مادر، وجود منابع آلوده کننده، کاربرد کودهای آلی و شیمیایی در کشاورزی متفاوت است. هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک بر مقدار انباشت سرب در خاک اراضی کشاورزی است. منطقه مورد مطالعه در ۲۰ کیلومتری جاده آق‌قلا به سمت اینچه‌برون واقع شده است. نمونه‌برداری از خاک در قالب ۵ بلوک با فاصله ۳۰۰۰ متری از هم انجام شد. در هر بلوک ۶ نمونه خاک از عمق ۵-۰ سانتی‌متری و با فاصله‌ی ۲۰۰ متری از هم برداشت شد. در مجموع ۳۰ نمونه خاک جمع‌آوری شد. پس از اندازه‌گیری مقدار سرب، ویژگی های فیزیکی خاک شامل بافت و جرم مخصوص ظاهری خاک و ویژگی‌های شیمیایی شامل OM، SAR، $CaCO_3$، EC و pH نمونه‌های خاک تعیین گردید. با استفاده از آزمون آماری رگرسیون خطی و چندگانه، تأثیر ویژگی های خاک بر انباشت سرب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن است که ویژگی های فیزیکی خاک تأثیری در انباشت فلز سرب ندارند. از بین ویژگی‌های شیمیایی خاک نیز $CaCO_3$ و EC همبستگی منفی معنی‌دار، pH و OM نیز همبستگی مثبت معنی‌دار با انباشت سرب در خاک دارند. همچنین، بین SAR و مقدار سرب ارتباط معنی‌داری در خاک وجود ندارد. بنابراین، در مدل انتخابی بر اساس نتایج تجزیه واریانس به روش رگرسیون خطی، متغیرهای $CaCO_3$، EC، pH و OM مهمترین عامل‌های نشان دهنده مقدار تغییرات سرب در منطقه مورد مطالعه هستند.

واژگان کلیدی: آلاینده‌های خاک؛ فلزات سنگین؛ اراضی کشاورزی؛ آلودگی محیط زیست

■ مقدمه

فلزات سنگین به طور طبیعی در خاک‌و سنگ‌ها وجود دارند. غلظت این عناصر در خاک، معمولاً بر اثر فعالیت‌های مختلف انسان نظیر کشاورزی، صنعتی و حفاری معادن تغییر می‌کند و به دلیل ویژگی غیرقابل‌تجزیه بودن آنها، در ایجاد آلودگی محیط‌زیست تأثیر منفی دارند. سرب یکی از فلزات سنگین است که در قرن حاضر با ایجاد اثرات سمی شدید در انسان و دیگر جانداران، نقش مهمی در آلودگی محیط‌زیست به عهده دارد. عناصر سنگین توانایی رسوب در بافت گیاهان را دارند، از این نظر شستشوی سبزیجات آلوده فقط یک گام اولیه برای کاهش اثر آنهاست، اما راه حل نیست (۵). این عنصر یکی از اعضای گروه چهارم عناصر اصلی در جدول تناوبی است که با دو عدد اکسایش II و VI پایدار می‌باشد (۲۰).

نتایج مطالعات مختلف بیانگر آن است که سالانه در حدود یک میلیون تن سرب به خاک‌های جهان اضافه می‌شود که بخش زیادی از آن مربوط به غبارهای جوی، پراکنش خاکسترها و ضایعات شهری است و استفاده از کودهای شیمیایی و لجن فاضلاب در اراضی کشاورزی در درجات بعدی اهمیت قرار دارند (۱۰). وجود فلزات سنگین در خاک می‌تواند حاصل عوامل طبیعی یا انسانی باشد (۲۸). فضولات حیوانی، پسماند و فاضلاب شهری به عنوان منبع آلاینده به شمار می‌آیند. آلودگی مختص به هوا و ذرات آلاینده و یا مصرف بی رویه سوخت‌های سرب دار، سبب تجمع فلزات در زمین‌های کشاورزی می‌گردد (۳۶). عوامل آلوده کننده پس از ورود به خاک می‌توانند آب و هوا را نیز آلوده کنند که در نهایت این امر منجر به آلودگی زنجیره غذایی خواهد شد (۱۳). تأثیر کادمیوم در غلظت‌های پایین نسبت به سرب بیشتر است. در صورت استفاده از آب‌های آلوده و یا کشت در خاک‌های آلوده به کادمیوم، می‌توان از گیاهان جاذب عناصر سنگین استفاده کرد (۲). مقدار آلودگی به سرب در محصولاتی که در نواحی اطراف جاده‌ها رشد میکنند، به مراتب بیشتر از گیاهانی است که دورتر از جاده رویش دارند (۳۶).

ویژگی‌های فیزیکی خاک در تعیین قابلیت استفاده از آن برای مقاصد گوناگون حائز اهمیت است. استحکام و تحمل فشار، قابلیت زهکشی در حالت مرطوب و خشک، قدرت ذخیره‌ی رطوبت، سهولت نفوذ ریشه‌ی گیاهان در خاک، تهویه و قابلیت نگهداری عناصر غذایی گیاهان در خاک همگی ارتباط نزدیک با خواص فیزیکی خاک دارند (۳۱). نتایج پژوهش‌هاینشان‌دهندهٔ آن است که بافت خاک در جذب و نگهداری سرب به مقدار قابل توجهی مؤثر است. برای نمونه، در پژوهشی که در آن مقدار سرب و کادمیوم موجود در خاک و گیاهان اطراف یکی از بزرگراه‌های هند مورد مطالعه قرار گرفت، اعلام شد که اگر خاک از درصد ماسه زیادی برخوردار باشد، حاوی مواد آلی کمتری است و در نتیجه ظرفیت کمتری برای نگه‌داشتن سرب در خاک را دارا است (۲۷). نتایج پژوهش دیگری در ارتباط با تغییرات سرب و کادمیوم خاک و گیاه در حاشیه جاده ساوه همدان نشان داد، با افزایش فاصله از جاده و عمق خاک، غلظت سرب کاهش می‌یابد. کاهش فلزات با افزایش فاصله از جاده بیان‌گر تأثیر فعالیت‌های انسان پدید و ترافیک در افزایش غلظت فلزات سنگین در محیط‌های پیرامون جاده‌ها است. انتشارهای خودرویی منبع اصلی آلودگی به سرب است و در مناطقی با شرایط پایدارتر آب و هوایی، توزیع سرب خاک به طور مشخصی با افزایش فاصله از جاده کاهش می‌یابد و سرب بیشتر در ۵ سانتی‌متری اول خاک تجمع می‌یابد (۲۶). بیشترین شاخص آلودگی سرب و کادمیوم در پایانه‌های اصلی شهرها، به دلیل ترافیک زیاد خودروهای سنگین وجود دارد که در این میان قطب‌های صنعتی اطراف پایانه‌ها نیز مشکل آلودگی خاک این منطقه را دو چندان کرده است (۳). ویژگی‌های شیمیایی خاک نیز به نوبه خود در انباشت فلز سرب در خاک تأثیر قابل توجهی دارند. به عنوان مثال، در ارتباط با تأثیر pH در انباشت سرب در خاک، در پژوهشی که به بررسی غلظت سرب در خاک اطراف معدن سرب و روی منطقه آهنگران در استان همدان پرداخته شد، اظهار شد که بین غلظت سرب و pH خاک همبستگی منفی وجود دارد (۱). همچنین در پژوهشی در مورد اثرات مستقیم و غیرمستقیم آلودگی

فلزات روی و سرب بر روی گیاهان در لهستان اعلام شد که pH نسبتاً بالای خاک تحرک فلزات را محدود می‌کند (۱۵). خاک‌های شنی آهکی و رسی آهکی به دلیل pH قلیایی ظرفیت بیشتری برای غیر متحرک-سازی و تثبیت عناصر در شکل‌های غیرقابل دسترس نسبت به خاک اسیدی دارند. مقدار رس و کانی‌های رسی شاید از عامل‌های مهم دیگر باشند که در تثبیت عناصر سنگین نقش مؤثری دارند. به طور کلی می‌توان بیان کرد که مقدار عناصر قابل جذب در خاک‌های رسی آهکی کمتر از خاک‌های شنی آهکی، و در خاک‌های شنی آهکی کمتر از خاک‌های اسیدی است (۸). نقش OM بر انباشت سرب در خاک نیز بی‌تأثیر نیست. در این راستا بررسی مقدار انباشت سرب و روی در یک خاک لوم سیلتی تحت تأثیر رسوبات صنعتی نشان داد که ماده آلی خاک می‌تواند تحرک فلزات را تغییر دهد و بین OM خاک و مقدار فلزات سنگین، رابطه منفی معنی‌دار مشاهده شد (۷). این در حالی است که در پژوهش دیگری در مورد اثرات لجن فاضلاب بر حرکت کادمیوم، روی و سرب در خاک در استان اصفهان این نتیجه به دست آمد که غلظت سرب با درصد کربن آلی در سطح پنج درصد همبستگی زیادی دارد. به طوری‌که می‌توان عامل اصلی افزایش تحرک و قابلیت جذب آن‌ها را تشکیل کمپلکس‌های محلول با مواد آلی معرفی کرد (۳۲). و اما در ارتباط با مقدار $CaCO_3$، نتایج پژوهشی در مورد ارزیابی غلظت سرب در خاک و بذر مزارع تحت کشت گندم و تأثیر برخی ویژگی‌های خاک بر آن در استان خوزستان، بیانگر آن است که بین غلظت سرب و درصد $CaCO_3$ خاک همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد (۱۸)، با این وجود، در پژوهشی که در آن قابلیت جذب عناصر سنگین در گیاهان در ایتالیا مورد بررسی قرار گرفت، اظهار شد که در خاک‌های آهکی، مقدار جذب عناصر سنگین برای گیاهان کم است و در حدود ۸/۶۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. بین مقدار $CaCO_3$ و غلظت عناصر سنگین در خاک رابطه منفی معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد (۱۶). در ارتباط با EC نیز در پژوهشی در مورد تغییرات مکانی برخی از فلزات سنگین درخاک‌های سطحی اسپانیا، رابطه معنی‌داری بین EC و غلظت فلزات سنگین در سطح ۵ درصد مشاهده نشد (۲۵). مشابه نتایج دو پژوهش دیگر در خصوص تأثیر غلظت سرب در خاک و برخی از ویژگی‌های خاک استان خوزستان، مشاهده شد که بین غلظت سرب قابل جذب و EC خاک، همبستگی منفی معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد (۱۸).

بررسی حاضر با هدف تعیین ارتباط بین انباشت فلز سرب با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در اراضی کشاورزی دشت آق‌قلا، واقع در استان گلستان انجام شد. خاک منطقه مورد مطالعه به طور معمول از زهکشی مناسبی برخوردار نیست. خاک با بافت سنگین، زهکشی نامناسب، وفور املاح در خاک و وجود آب زیرسطحی با کیفیت بسیار پایین در عمق کم باعث شده که خاک‌ها به سمت شمال منطقه یعنی مرز ایران و جمهوری ترکمنستان شور و سدیمی شده و ساختمان نامناسبی دارند (۱۲). از سوی دیگر ایجاد منطقه آزاد تجاری، وجود گمرگ مرزی و بازارچه مرزی در منطقه اینچه-برون، جاذبه‌های گردشگری و تجاری را افزایش داده است. به‌طوری که حجم تردد جاده بین المللی آق قلا-اینچه برون را دو چندان کرده است. بنابراین، هدف از انجام پژوهش حاضر مطالعه ارتباط بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و انباشت فلز سرب ناشی از ترافیک در اراضی زراعی اطراف این جاده است. تجمع فلزات سنگین در خاک‌های کنار جاده حاصل از انتشار ترافیکی، یکی از مسائل مهم محیط زیست در مناطق شهری است که مدیریت آن از نظر زیست محیطی حیاتی می‌باشد. همچنین سن جاده و نوع پوشش گیاهی اطراف آن، بر تجمع این فلزات در خاک‌های کنار جاده در بزرگراه‌ها تأثیر زیادی دارند. (۳۴).

■ مواد و روش‌ها

موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در شمال آق‌قلا در استان گلستان و در ۲۰ کیلومتری آق‌قلا به سمت اینچه‌برون واقع شده است. شهر آق‌قلا در ۱۸ کیلومتری شهر گرگان بر جلگه‌ای هموار در کنار گرگانرود قرار دارد.

استان گلستان یکی از استان‌هایی است که تحت تأثیر عواملی مانند دریا، کوه‌های مرتفع و جلگه‌های وسیع قرار داشته و در نتیجه اقلیم ویژه‌ای در آن وجود داردو مهم‌ترین ویژگی آن‌ها تغییرات زیاد مکانی در توزیع پدیده‌های جوی است. تشکیل و تکامل خاک‌های دشت گرگان عمدتاً با پیشروی و پسروی‌های متعدد دریای خزر در دوره کواترنری در ارتباط بوده است (۲۲).

پس از انتخاب منطقه، در اراضی زراعی تحت کشت گندم ، نمونه‌برداری از خاک در قالب ۵ بلوک با ابعاد ۲۰۰×۴۰۰ متر انجام شد. فاصله بلوک‌ها از هم ۳۰۰۰ متر در نظر گرفته شد. در هر بلوک ۶ نمونه خاک از عمق ۵-۰ سانتی‌متری با فاصله‌ی ۲۰۰ متری از هم و در مجموع ۳۰ نمونه خاک برداشت گردید. نمونه‌های خاک برای تعیین مقدار سرب و سایر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به آزمایشگاه منتقل شدند.

اندازه گیری متغیرهای فیزیکی خاک

ویژگی‌های فیزیکی خاک همچون: جرم مخصوص ظاهری خاک (Bd[1]) با استفاده از روش استوانه اندازه‌گیری شد و مقدار آن معمولاً بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب بیان می‌شود (۱۸). بافت خاک نیز پس از اکسیداسیون مواد آلی (۶) با روش هیدرومتری (۴) تعیین شد.

اندازه‌گیری متغیرهای شیمیایی خاک

تعیین EC[2] با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی و اندازه‌گیری pH به وسیله قراردادن الکترود شیشه‌ای دستگاه pH متر در نمونه‌های گل اشباع اندازه‌گیری شد (۲۴). درصد کربن آلی خاک OC[3]، با روش والکی بلاک[4] (۱۹۳۴) اندازه‌گیری شد (رابطه ۱). سپس با استفاده از رابطهٔ (۲) مقدار ماده آلی (OM[5]) محاسبه شد، در این رابطه عدد ۱/۷۲۴ به این علت است که ۵۸ درصد موادآلی از کربن آلی تشکیل می‌شوند (۳۳).

$$\%OC = ((A + B) \times M \times 0.39)/S \quad (۱)$$

در این رابطه، OC درصد کربن آلی، A مقدار سولفات آهن مصرفی برای شاهد بر حسب سانتی‌متر مکعب، B مقدار سولفات آهن مصرفی برای نمونه بر حسب سانتی‌متر مکعب، M نرمالیته سولفات مصرفی، S وزن نمونه بر حسب گرم (۱۱).

$$\%OM = 1.724 \times \%OC \quad (۲)$$

در این رابطه OM ماده آلی خاک بر حسب درصد و OC کربن آلی خاک می‌باشد.

برای اندازه‌گیری مقدار آهک از دو روش تیتراسیون و حجم‌سنجی استفاده می‌شود، روش حجم‌سنجی بسیار دقیق است و در پژوهش‌ها از آن استفاده می‌شود. اساس کار هر دو روش طبق رابطهٔ ۳ است:

$$CaCO_3 + 2Hcl \rightarrow CaCl_2 + CO_2 + H_2O \quad (۳)$$

نسبت جذب سطحی سدیم که مقدار آن با مقدار یون Na+ در فاز تبادلی، یعنی درصد سدیم تبادلی در ارتباط است. برای تخمین درجه قلیاییت خاک از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$SAR = Na/(\sqrt{((Ca + Mg)/2)}) \quad (۴)$$

در این معادله SAR نسبت جذب سدیم، Na درصد سدیم، Ca درصد کلسیم و Mg درصد کلسیم قابل تبادل می‌باشد.

یک گرم از نمونه‌های خاک خشک با دقت توزین شده و ۲۰ میلی‌لیتر اسیدنیتریک ۵ نرمال در ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری به آن‌ها اضافه شد. محتویات ارلن به مدت ۱۸ ساعت به حال خود رها شدند و پس از آن به مدت ۱۰ دقیقه با قرار گرفتن بر روی صفحه گرما حرارت داده شد. بعد از سرد شدن نمونه‌ها توسط کاغذ

[1] Bulk density
[2] Electrical Conductivity
[3] Organic Carbon
[4] Walkey & black
[5] Organic Matter

صافی در بالن ۲۵ میلی‌لیتری صاف گردیده و با آب مقطر به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. در نهایت تعیین غلظت کل سرب در نمونه‌های خاک نیز توسط دستگاه ICP (مدل MS) اندازه‌گیری شد.

نتایج تحلیل‌های آماری

در پژوهش حاضر به منظور نرمال بودن متغیرها از آزمون کلموگراف اسمیرنوف استفاده شد که نتایج حاکی از نرمال بودن داده‌ها بود.

در این بررسی ابتدا ارتباط بین متغیر وابسته (مقدار سرب) با تک تک متغیرهای مستقل با روش همبستگی پیرسون آزمون شد و در سطح پنج درصد معنی‌داری آن‌ها بررسی شد. به منظور پردازش و آنالیز داده‌ها ابتدا با محاسبه ماتریس هم‌بستگی، وجود یا عدم وجود هم‌راستایی[1] بین متغیرهای مستقل در منطقه بررسی شد. که بر این اساس متغیرهای سیلت از مدل حذف شدند. سپس برای بررسی چگونگی ارتباط بین متغیر وابسته یعنی مقدار سرب و متغیرهای مستقل از روش رگرسیون خطی چندگانه استفاده شد. در پژوهش حاضر به منظور تجزیه و تحلیل آماری، از نرم‌افزار آماری SAS استفاده و اعمال مدل رگرسیون خطی چندگانه به روش حذف پس‌رونده۲، مدل‌های مختلفی حاصل شد که بهترین مدل با توجه به مقدار بیشتر آماره R^2adJournal، انتخاب شد.

■ نتایج و بحث

با توجه به تجزیه‌های صورت گرفته مشخص شد که بین هیچ کدام از متغیرهای ماسه (r =۰/۰۳۶) ، سیلت (r =۰/۱۴۸) و رس (r =۰/۱۲۶)، با مقدار سرب همبستگی معنی‌داری وجود ندارد، پس می‌توان انباشت سرب در خاک را بی ارتباط با متغیرهای مذکور دانست. نتایج پژوهش حاضر با برخی مطالعات از نظر ارتباط با غلظت سرب انباشته شده در خاک و گیاهان موجود در حاشیه بزرگراه‌های ایالات متحده آمریکا که اظهار داشتند مقدار سرب در خاک‌های ماسه‌ای و لومی دارای کمترین مقدار است (۱۷) و همچنین با نتایج پژوهشی استان ایلام در ارتباط با غلظت سرب در خاک میدان امام حسین ملایر که بیان کردند بین غلظت سرب در خاک و درصد رس رابطه مستقیم وجود دارد، مطابقت ندارد (۱۵). هر دو پژوهش اظهار داشتند جذب سرب توسط خاک و گیاهان متناسب با غلظت آن در محیط افزایش می‌یابد. در فصل تابستان نسبت به سایر فصل‌ها غلظت سرب موجود در خاک افزایش محسوسی را نشان داده است.

کلوئیدهای رسی موجود در سطح خاک با جذب سرب مانع از آبشویی و انتقال آن به لایه های زیرین خاک می‌شوند به همین دلیل بیشترین مقدار غلظت سرب در افق‌های سطحی خاک قابل مشاهده است. مقدار غلظت سرب به دلیل شرایط خاص رویشگاه میدان امام حسین از جمله درصد رس زیاد و pH کم بیشتر از سایر رویشگاه ها است. همچنین pH کم و غلظت کم فسفر از عوامل افزایش دهندهٔ سرب در خاک و جذب آن توسط گیاهان است.

نتایج تحلیل‌ها نشان داد که بین pH (r =۰/۵۴۱) و مقدار سرب در خاک منطقه همبستگی مثبت معنی‌دار وجود دارد که با نتایج پژوهش در مورد قابلیت دسترسی فلزات سنگین خاک برای گیاهان که بین pH و مقدار انباشت سرب در خاک رابطه معکوسی وجود دارد (۲۹) و همچنین با نتایج پژوهش دیگری که اظهار داشته: رسوب عناصر سنگین با افزایش pH خاک کم می‌شود، هم‌خوانی ندارد (۱). طبق پژوهش‌های این دو منبع، رسوب عناصر به صورت هیدروکسیدها و کربنات‌های نا-محلول و کمپلکس‌های آلی با افزایش pH خاک افزایش می‌یابد. بنابراین قابلیت دسترسی فلزات سنگین خاک برای گیاهان در pH کم نسبت به pH زیاد بیشتر است. کاهش pH کمبود هوموس و مقدار رس موجود در خاک، قدرت و تحرک و توانایی گیاه را برای جذب فلزات سنگین افزایش می‌دهند. در صورت عکس این حالت قدرت تحرک و توانایی گیاه بسیار کاهش می‌یابد. pH خاک نقش تعیین کننده‌ای بر رفتار و دسترسی گیاهان به فلزات سنگین دارد. همچنین قابلیت

[1] Collinearity
[2] Backward

دسترسی فلزات سنگین به دلیل رسوب عناصر، رابطهٔ معکوسی با pH خاک دارد.

مطابق با نتایج به‌دست آمده بین EC و مقدار سرب در خاک رابطه منفی معنی‌دار r = -۰/۴۵۲ وجود دارد که با نتایج پژوهشی در استان خوزستان در ارتباط با ارزیابی غلظت سرب در خاک و بذر مزارع تحت کشت گندم در استان خوزستان که اعلام کرده‌اند بین غلظت سرب قابل جذب و EC خاک همبستگی منفی معنی‌دار وجود دارد، هم‌خوانی دارد (۱۹). بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، در برخی از مناطق به دلیل مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و به ویژه کودهای فسفاته، امکان آلودگی خاک و گیاه وجود دارد.

بر اساس نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر در منطقهٔ مورد مطالعه بین مقدار مواد آلی و مقدار سرب در خاک رابطه مثبت معنی‌داری (r =۰/۵۲۷) وجود دارد که با نتایج پژوهش‌های متعدد هم‌خوانی دارد (۱۴ و ۳۰). طبق این نتایج در برخی از زیستگاه‌ها به دلیل محتوای زیاد موادآلی، رس و مواد مغذی برای گیاهان جذاب تر هستند. آلودگی به وسیله فلزات سنگین باعث کاهش فعالیت میکروبی و افزایش موادآلی خواهد شد.

مطابق با نتایج به‌دست آمده در منطقه مورد مطالعه بین مقدار CaCO3 (r =۰/۶۲۶) و مقدار سرب در خاک رابطه منفی معنی‌داری وجود دارد که با نتایج پژوهش انجام شده در استان خوزستان (۱۹) در تضاد بوده و با نتایج تحقیق دیگر هم‌خوانی دارد (۱۶). این پژوهش‌ها نشان داد مقدار کل سرب در خاک علاوه بر مقدار CaCO3 به سایر ویژگی‌های قابل اندازه‌گیری خاک بستگی دارد. همچنین کاهش یا افزایش مقدار CaCO3 تا حد زیادی بستگی به مقدار استفاده از کودهای شیمیایی دارد.

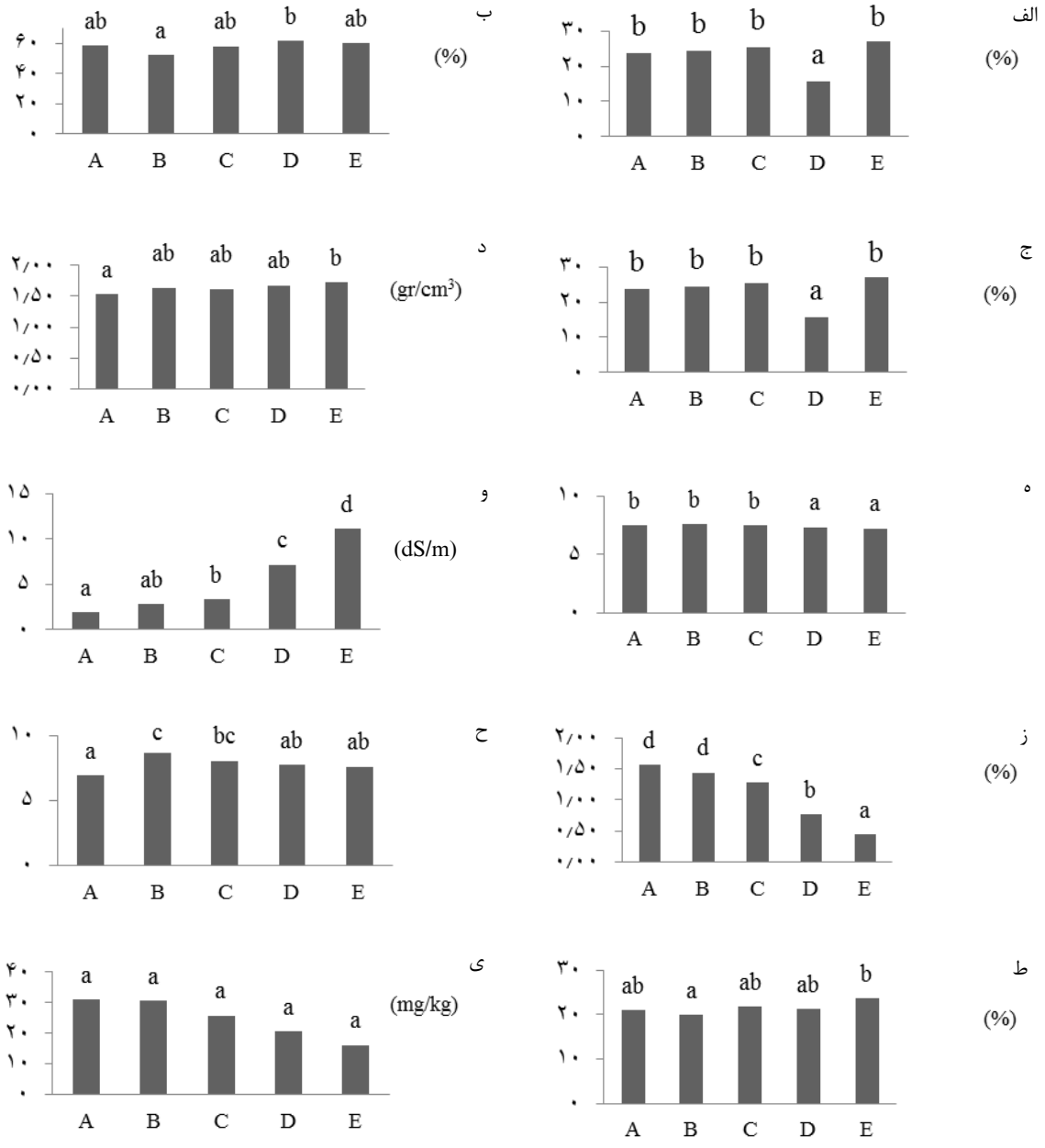
بررسی انجام شده در منطقهٔ مورد بررسی نشان داد بین SAR (r = ۰/۱۸۸) و مقدار سرب در خاک رابطه معنی‌داری وجود ندارد. در انتخاب منطقه برای پژوهش حاضر، سعی بر نزدیکی به منابع احتمالی سرب از جمله پمپ بنزین، میدان اسب‌دوانی و کارخانه آرد بوده است که پیش‌بینی می‌شده بیشترین مقدار تجمع سرب در این نقاط باشد. همچنین علت احتمالی عدم تطابق نتایج پژوهش حاضر با سایر پژوهشگران عبارتست از تفاوت در نوع خاک مناطق و شرایط متفاوت آب و هوایی و محیطی.

پس از برآورد میانگین هر متغیر در هر بلوک، اقدام به رسم نمودار بر اساس میانگین برای هر بلوک گردید. نمودارهای میانگین، روند افزایش یا کاهش هر کدام از ویژگی های خاک در طول منطقه نمونه‌برداری را، به سمت شمال استان مشخص می‌کنند. طبق نتایج به‌دست آمده، مقدار سرب نمونه‌های خاک به سمت شمال استان یا منطقهٔ خشک، به دلیل افزایش EC، کاهش OM و افزایش CaCO3، کاهش چشمگیری را نشان داده است. شکل (۱) میانگین مقادیر هر کدام از متغیرها را از بلوک A تا E نشان می‌دهد.

در این نمودارها، واحد مقدار ماسه، سیلت، رس، مواد آلی و آهک به صورت درصد، جرم مخصوص ظاهری گرم بر سانتی‌متر مکعب، مقدار هدایت الکتریکی دسی‌زیمنس بر متر و مقدار سرب به صورت میلی‌گرم بر کیلوگرم بیان می‌شود.

بررسی عوامل مؤثر بر مقدار سرب با استفاده از رگرسیون چندگانه

طبق جدول (۲) بر اساس مدل رگرسیونی چندگانه، فقط متغیرهای جرم مخصوص ظاهری، قابلیت هدایت الکتریکی، مواد آلی و آهک در سطح یک درصد معنی‌دار بودند و از عوامل مؤثر بر مقدار تغییرات سرب در منطقه مورد مطالعه می‌باشند.



شکل A تا E، ز: OM، ح: SAR، ط: CaCO3، ی: Pb.

جدول ۱. متغیرهای مستقل گزینش شده در مدل نهایی

متغیر	ضریب	خطای معیار	مجموع مربعات	F	سطح معنی‌داری
عرض از مبدا	-۳۴۲/۰۳۸	۱۴۸/۸۳۱	۸۷۷/۵۷۳	۵/۲۸	۰/۰۳۱۴
Bd	۵۵/۲۹۷	۱۸/۵۵۹	۹۶۴/۵۵۳	۸/۸۸	۰/۰۰۶۹**
pH	۳۳/۳۴۰	۱۷/۲۵۶	۴۰۵/۶۲۲	۳/۷۳	۰/۰۶۶۳
EC	۷/۲۴۶	۲/۳۷۳	۱۰۱۲/۶۱۴	۹/۳۲	۰/۰۰۵**
OM	۶۴/۹۰۸	۱۹/۲۳۲	۱۲۳۷/۶۵۴	۱۱/۳۹	۰/۰۰۲**
$CaCO_3$	-۳/۶۷۹	۰/۹۰۰	۱۸۱۵/۹۵۰	۱۶/۷۱	۰/۰۰۰۵**

** معنی‌داری در سطح احتمال ۹۹ درصد

مقدار ضریب تشخیص R^2 در این معادله برابر با ۰/۶۸۹ می‌باشد.

با توجه به ضرایب رگرسیون داده شده می‌توان معادله نهایی را به صورت رابطهٔ ۵ نوشت:

(۵)

$$Y\,(Pb) = ۵۵/۲۹Bd + ۷/۲۴EC + ۶۴/۹OM - ۳/۶۷۹ CaCO3 - ۳۴۲/۰۳۸$$

از موارد دیگر که در جدول (۲) قابل توجه است، آزمون معنی‌دار بودن ضرایب رابطه‌ی بالا است. با توجه به مقدار .Sig آزمون F که کمتر از ۰/۰۱ است، بنابراین، با اطمینان ۹۹ درصد، ضرایب این رابطه مخالف صفر بوده و برابر مقادیر برآورد شده در جدول است.

با توجه به تحلیل‌های صورت گرفته مشخص شد که مقدار سرب خاک منطقه دارای دامنه‌ای بین ۵/۱۳ تا ۵۷/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم و با میانگین ۲۴/۸۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد، که این مقدار نسبت به استاندارد کشور سوییس (۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در حد پایین‌تری قرار دارد، لذا آلودگی خاک به سرب در منطقه مورد مطالعه در حد بحرانی قرار ندارد.

نتایج حاصل از پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های متعدد که اظهار داشته‌اند بین درصد مواد آلی خاک و مقدار سرب در خاک رابطه مستقیم وجود دارد (۱۵، ۱۷ و ۲۷) ، مطابقت ندارد. همچنین با یافته‌های چند پژوهش که اظهار می‌دارند که رسوب عناصر سنگین با افزایش pH خاک، کم می‌شود (۱ و ۳۲)، هم‌خوانی ندارد، اما با یافته های پژوهش استان خوزستان اجرا شده در خوزستان (۱۹) همخوانی دارد چرا که هر چقدر قابلیت هدایت الکتریکی خاک بیشتر باشد و به عبارتی خاک شورتر باشد، به دلیل وجود املاح و نمک‌های زیاد در خاک، فرصت رسوب عناصر به صورت هیدروکسیدها، کربنات‌های محلول و کمپلکس‌های آلی کاهش می‌یابد. نتایج حاصله نشان داد که با نتایج برخی (۱، ۷ و ۱۴) در تضاد است اما با نتایج مطالعاتی هم (۲۳، ۳۰ و ۳۵) هم‌خوانی دارد. از آنجایی که مواد آلی یکی از مهم‌ترین اجزای خاک در نگهداری یون‌های فلزات می‌باشند و موجب افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک می‌شوند، لذا همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مقدار مواد آلی خاک و مقدار سرب وجود دارد.

نتایج پژوهش اجرا شده در اقلا- استان گلستان با نتایج برخی مطالعات داخلی مثلا در استان خوزستان (۱۹) و مطالعات اجرا شده در جاده های برزیل (۹) کاملا در تضاد است و با نتایج مطالعات در آمریکا و غیره (۱۷، ۲۱) هم‌خوانی دارد. با حضور کربنات‌ها در خاک، امکان رسوب فلزات و به ویژه فلزات سنگین کاهش می‌یابد، لذا با افزایش کربنات‌ها دسترسی خاک به فلزات سنگین کاهش می‌یابد.

■ نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در زمینه تأثیر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک در انباشت فلز سرب، نتایج حاکی از آن است که ویژگی های فیزیکی خاک مانند بافت و جرم مخصوص ظاهری، تأثیری در انباشت فلز سرب در خاک ندارند و از بین متغیرهای شیمیایی خاک نیز کربنات کلسیم معادل و قابلیت هدایت الکتریکی به ترتیب با ضریب همبستگی ($r = -۰/۶۲۶$) و ($r = -۰/۴۵۲$) همبستگی منفی معنی داری با انباشت فلز سرب در خاک دارند. pH و مقدار مواد آلی نیز به ترتیب با ضریب همبستگی ($r = ۰/۵۴۱$) و ($r = ۰/۵۲۷$) همبستگی مثبت معنی‌داری با انباشت سرب دارند و نسبت جذب سدیم نیز ارتباط معنی داری با تجمع فلز سرب در خاک ندارد.

pH خاک نقش تعیین کننده‌ای بر رفتار فلزات سنگین در خاک دارد. اینکه افزایش pH در منطقه موجب افزایش تجمع سرب در خاک شده، می‌تواند همبستگی زیادی به سایر متغیرهای موجود در خاک داشته باشد. همچنین شوری خاک در منطقه، کاهش رسوب سرب در خاک را نشان می‌دهد. البته افزایش EC می‌تواند نتیجهٔ استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی نیز باشد. در منطقهٔ مورد مطالعه، آلودگی خاک به وسیلهٔ فلزات سنگین کاهش فعالیت میکروبی، و به دنبال آن افزایش تجمع مواد آلی در خاک را سبب شده است. مقدار کل سرب موجود در خاک منطقه علاوه بر مقدار

کربنات کلسیم معادل، به سایر ویژگی های قابل اندازه گیری خاک و همچنین مقدار استفاده از کودهای شیمیایی نیز بستگی دارد.

با آلوده شدن خاک‌ها به‌وسیلهٔ فلزات سنگین، ساختار خاک برای رشد و توسعه گیاهان مسموم و خطرناک می‌شود و تنوع زیستی خاک را نیز به هم می‌ریزد. ارزیابی آلودگی عناصر سنگین در سیستم خاک، آب و گیاه از جهت تأثیر بر زنجیره غذایی بسیار مهم است. این عناصر در ایجاد آلودگی محیط زیست، به دلیل اثرات منفی و غیرقابل تجزیه بودن آن‌ها بسیار حائز اهمیت هستند. با توجه به نقشی که کربنات‌کلسیم، قابلیت هدایت الکتریکی، pH و مقدار مواد آلی در انباشت فلز سرب در خاک دارند، لذا اجرای تصمیمات صحیح در زمینه کنترل یا اصلاح این متغیرها در خاک برای کاهش انباشت سرب ضروری به نظر میرسد.

با توجه به اهمیت روز افزون حفاظت خاک در برابر آلاینده‌های مختلف از جمله عناصر سنگین، برای حفاظت از ساختمان خاک، محیط‌زیست و امنیت غذایی انسان، لذا شناخت ارتباط بین ویژگی‌های خاک با انباشت سرب امری ضروری است و پیشنهاد می‌شود مقدار آلودگی خاک به سرب و دیگر فلزات سنگین در خاک مناطق مختلف استان مورد بررسی قرار گیرد، همچنین اقداما-های مؤثر برای پیش‌گیری از آلودگی خاک به سرب و دیگر فلزات سنگین اجرا گردد.

.

■ سپاسگزاری

نویسندگان مقاله، از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به خاطر حمایت مالی از این پژوهش کمال تشکر را دارند.

■ References

1. Amini, F., Mirghafari, N., & Malayeri, B. (2012). The concentration of lead in the soil around the lead and zinc mine in the Hamedan province. *Environmental Science and Technology*, *13*(1), 15-28 (in Farsi).

2. Amirmoradi, S., Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A., Danesh, S., & Fotovat, A. (2017). Effect of Cd and Pb on quantitative and essential oil traites of Peppermint (Mentha piperita L.). *Agroecology, 9*(1), 142-157 (in Farsi).

3. Baghaie, A. H., & Aghili, F. (2018). Evaluation of lead and cadmium concentration of Arak city soil and their non concer risk assessment in 2017. *Rafsanjan University of Medical Sciences. 17*(8), 769-780 (in Farsi).

4. Bouyoucos, G. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agronomy.54* (1), 464-465.

5. Corley, M., & Mutiti, S. (2017). The effect of lead species and growth time on accumulation of lead in Chinese cabbage. *Global Challenges. 1*(3).

6. Day, R. (1965). Particel fractionation and particle size analysis. Methods of soil analysis. *American Society of Agronomy*. *9*(1), 545-566.

7. Denaix, L., Semlali, R.M., & Douay, F. (2001). Dissolved and colloidal transport of Cd, Pb, and Zn in a silt loam soil affected by atmospheric industrial deposition. *Environmental Pollution.113* (1), 29-38.

8. Emadi, M., & Bahmanyar, M.A. (2017). The effect of zero valent iron nanoparticles on reduction of heavy metal contamination in calcareous, acidic and sandy soils. *Soil and Water Research. 48*(4), 799-809.

9. Fontes, M., Matos, A. T., Costa, L. M., & Neves, J. C. (2000). Competitive adsorption of Zinc, Cadmiun, Copper and lead in three highly weathered Brazilian soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. *31*(17), 2923-2958.

10. Hoodaji, M., & Jalalian, A. (2005). Distribution of Nickel, manganese and Cadmium in soil and crops in the Mobarakeh steel plant in Isfahan. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. *8*(3), 55-66 (in Farsi).

11.Jafari Haghighi, M. (2004). Methods of soil analysis, sampling and analysis of physical and chemical important to emphasize the principles of the theory and application. Tehran: Neda Zohi. Press (in Farsi).

12.Jafari, M., Tavili, A., Zargham, N., Heshmati, Gh. A., Zare Chahouki, M. A., Shirzadian, S., Azarnivand, H., Zehtabian, Gh. R., & Sohrabi, M. (2004). Comparing some properties of crusted and uncrusted soils in Alagol region of Iran. *Pakistan Nutrition.* 3(5), 273-277 (in Farsi).

13.Kabata, B., & Pendias, H. (2001). Trace element in soils and plant. London: Chemical Rubber Company Press.

14.Kapusta, P., Lukaszewska, G. M., & Stefanowicz, A. (2011). Direct and indirect effects of metal contamination on soil biota in a Zn-Pb post mining and smelting area. *Environmental Pollution, 159*(6), 1516-1522.

15.Khademi, A., & Kord, B. (2001). The role of broad leaved tree species in reducing pollution from lead. *Natural Resources, Science and Technology*. *5*(1), 1-12 (in Farsi).

16.Lou, Y.M., & Christie, P. (1998). Bioavailability of copper and zinc in soil treated with alkaline stabilized sewage sludge. *Environment Quality*. *27*(1), 335-342.

17.Motto, H. L., Daines, R. H., Chilko, D. M., & Motto., C. K. (1970). Leadin soils and plants, Its relationship to traffic volume and proximity to highways. *Environment Science Technology. 4*(3), 231-237.

18.Movahedi Naeini, S.A., & Rezaii, M. (2009). Soil Physics (Fundamentals and Application). Gorgan: Gorgan University Press (in Farsi).

19.Nasrifard, M. Sayad, Gh. Jafarnejadi, A., & Afuni, M. (2014). Lead concentrations in the soil and seed the fields of wheat and its impact on some soil properties in Khouzestan. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. *17*(65), 113-123 (in Farsi).

20.Pagliuca, A. (1990). Lead poisoning: Clinical, biochemical and hematological aspects of a recent outbreak. *Clin Pathology*. *43*(4), 277-287.

21.Pais, I., & Jones, B. (1997). The Handbook of Trace Elements. St. Lucie Press, Boca Raton, Florida.

22.Raghimi, M. (2006). Hydrogeochemical and mineralogy study of saline lake, Research reports, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Press (in Farsi).

23.Rahmani, M. (1995). Soil contamination by lead from vehicles in the area of some highways in Iran. M. Sc. in Soil Technology, Isfahan: Isfahan University of Technology (in Farsi).

24.Ritro, G.Y., & Avinimelich, M. (2003). Empirical relationship between conventionally determined pH and insitu values in waterlogged soil. *Agriculture Engineering*, (27), 1-80.

25.Rodriguez, M. J. A., Ariasand, M. L., & Grau, C. J. M. (2006). Heavy metals contents in agricultural top soils in the Ebro basin (Spain). Application of the multivariate geoestatistical methods to study spatial variations. *Environment Pollution*, *144* (3), 1001-1012.

26.Salimi, M., Bahmanyar, M. A., Ghajar Sepanlo, M., & Mohammadi, A. (2015). Lead and Cadmium changes in soil and Canola at Saveh- Hamedan roadside. *Water and Soil Science, 25*(2), 193-205 (in Farsi).

27.Shank, D. J., & Sommers, L.E. (1977). Extractability of copper, zinc, cadmium and lead in soil sincubated with sewage sludge. *Environment Quality*, (6), 47–52.

28.Sistani, N., Moeinaddini, M., Khorasani, N., Hamidian, A. H., Ali Taleshi, M. S., & Azimi Yancheshmeh, R. (2017). Heavy metal pollution in soils nearby Kerman steel industry: metal richness and degree of contamination assessment. *Health and Environment, 10*(1), 75-86 (in Farsi).

29.Smith, S. R. (2008). Effect of soil pH on availability to crops of metals in sewage sludge created soils. I. Nickel, copper and zinc uptake and toxicity to ryegrass. *Environment Pollution,* (85), 321-327.

30. Taghipour, M. (2009). Spatial variations of some heavy metals in surface soils of Hamedan province. M. Sc. in Soil Science, Isfahan: Isfahan University of Technology (in Farsi).

31. Varavipoor, M. (2011). General Soil Science. Tehran Payam Noor University Press (in Farsi).

32. Vaseghi, S., Opium, M., & Shariatmadari, H. (2003). Effect of sewage sludge and soil pH on the heavy metals and micronutrients recovery. *Agricultural Science and Technology, 7*(3), 19-30 (in Farsi).

33. Walkey, A., & Black, I. A. (1934). An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and aproposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, *37*(1), 29-37.

34. Wang, M., & Zhang, H. (2018). Accumulation of heavy metals in roadside soil in urban area and the related impacting factors. *Environmental Research and Public Health*, *15*(6), 1064.

35. Yeganeh, M. (2005). The effect of sewage sludge on calcareous saline soil properties and heavy metal profiles. M. Sc. in Soil Science, Isfahan University of Technology (in Farsi).

36. Zarabi, S., Hatamikiya, M., Dorosti, N., Zarabi, M., & Mortazavi, S. (2018). A survey of sampling of heavy metals (lead, cadmium, copper, nickel and mercury) in some cultivated vegetables in Khoramabad city and Aleshtar, summer 2017. *Lorestan University of Medical Sciences*, *20*(2), 12 (in Farsi).

No. 13, Spring & Summer, 2019, pp 77-88

Desert Management
www.isadmc.ir

Iranian Scientific Association of Desert Management and Control

Evaluating of Relationship between Lead Accumulation with Physico-Chemical Properties of Soils of Aqqala, Golestan Province

N. Ghazagh[1], H.R. Asgari[2*], H. Yeganeh[3]

1. M.Sc., Dept. of Arid Regions Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
2. Assistant Prof., Dept. of Arid Regions Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
3. Assistant Prof., Dept. of Rangeland Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

* Corresponding Author: Hamidreza.asgari@gau.ac.ir

Received date: 05/06/2018 **Accepted date: 08/03/2019**

Abstract

Lead accumulation in soil is influenced by various factors such as physico-chemical properties of soil, parent materials of rock, soil pollutant resources, organic and chemical fertilizers in agriculture and etc. So, the aim of this study is to evaluate the effect of soil physico-chemical properties on accumulation of lead in soil .The study area is located in 20 kilometers ambitious Aq- qala to Inche boroon road. Soil sampling was carried out in 5 blockswith distance of 3000 m. In each block six soil samples from 0-5 cm depth with a gap of 200 meters from each other were taken, totally 30 soil samples. After measuring the lead content, physical characteristics, texture and Bd and chemical, OM, SAR, $CaCO_3$, EC and pH of soil samples were tested. Effects of soil properties on lead accumulation were analyzed by using linear and multiple regressions. Results showed that soil physical properties have no effect on the accumulation of lead. Among soil chemical properties, $CaCO_3$ and EC had significant negative correlation and pH and OM had significant positive correlation with lead accumulation. Moreover, no significant relationship was observed between SAR and lead contents in the soil. Therefore, in the selected model based on the results of analysis of variance (by linear regression method), variables such as $CaCO_3$, EC, pH and OM were selected as the most important factors that could express the lead concentration in the study area.

Keywords: Soil contaminants; Heavy metals; Agricultural land; Environmental pollution