فصلنامه علوم محیطی، دوره پانزدهم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶

۱-۱۴

غلظت عناصر سنگین (مس، سرب و روی) در سه گونه مرتعی و خاک‌های مجاور اطراف کارخانه سیمان کیاسر در شمال ایران

رضا تمرتاش[۱*]، فاطمه منتظری[۱]، محمدرضا طاطیان[۱] و قربان وهاب‌زاده[۲]

[۱] گروه مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

[۲] گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۶/۸/۲۰

تمرتاش، ر.، ف. منتظری، م.ر. طاطیان و ق. وهاب زاده. ۱۳۹۶. غلظت عناصر سنگین (مس، سرب و روی) در سه گونه مرتعی و خاک‌های مجاور اطراف کارخانه سیمان کیاسر در شمال ایران. فصلنامه علوم محیطی. ۱۵(۴): ۱۴-۱.

سابقه و هدف: آلودگی خاک به فلزات سنگین به دلیل پایداری درازمدت در خاک و تاثیرات مضر اکولوژیکی، به یک معضل زیست‌محیطی تبدیل شده است. در بررسی پوشش گیاهی در مناطق آلوده به فلزات سنگین، گیاهانی که توانایی رشد، سازگاری و جذب فلزات را دارند، از جنبه‌های علمی، کاربردی و اقتصادی از اهمیت زیادی برخوردار هستند.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق در فواصل ۵۰۰، ۱۲۵۰ و ۲۰۰۰ متر از مرکز کارخانه سیمان کیاسر ساری واقع در استان مازندران، از خاک و پوشش گیاهی به روش سیستماتیک نمونه‌برداری تصادفی انجام شد. تعداد ۳ گونه گیاهی از قبیل گون، درمنه و پیچک با ۳ تکرار و ۳ تیمار (در مجموع ۲۷ نمونه از گیاه و ۲۷ نمونه از خاک ریزوسفری) در غالب طرح آزمایشی بلوک‌های کاملا تصادفی آزمایش شد. نمونه‌های جمع‌آوری‌شده برای انجام آزمایشات به آزمایشگاه منتقل و برای تعیین غلظت عناصر سرب، مس و روی از دستگاه ICP-OES استفاده شد.

نتایج و بحث: نتایج آنالیز واریانس این تحقیق نشان داد که میزان عناصر سنگین با سطح اختلاف معنی‌دار ($p \leq 0.05$) در خاک بیشتر از گونه‌های مورد بررسی است. همچنین مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که در خاک و گونه‌های مورد بررسی منطقه با افزایش فاصله از کارخانه مقدار مس و سرب دارای اختلاف معنی‌داری ($p \leq 0.05$) است. این در حالی است که مس با افزایش فاصله روند افزایشی و سرب روند کاهشی را نشان می‌دهد. عنصر روی با تغییرات فاصله در خاک اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ولی در گونه‌های گیاهی معنی‌دار شد و از روند منظمی پیروی نکرد. همبستگی عناصر سنگین گونه‌های مورد بررسی با عناصر خاک نشان می‌دهد که گون و درمنه همبستگی معنی‌داری با عناصر مس ($r= 0.7$) و سرب ($r=0.5$) دارند ولی گونه پیچک فقط با عنصر روی همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد.

نتیجه‌گیری: با توجه به پتانسیل بالای گونه‌های گون و درمنه در جذب فلزات سنگین می‌توان از این گونه‌ها در پالایش مناطق آلوده با شرایط اکولوژیکی یکسان استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، آلودگی خاک، کارخانه سیمان، کیاسر مازندران.

* Corresponding Author. *E-mail Address*: r.tamartash@sanru.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

خاک به‌عنوان یکی از اجزاء اصلی محیط، نقش اساسی در تامین زندگی جانداران دارد و گیاهان از مهمترین بخش‌های زنجیره حیات وابسته به این بستر خاکی هستند. آثار مخرب ناشی از آلاینده‌ها ابتدا با ورود و انباشت در خاک آغاز شده و سپس به پیکره گیاهان وارد می‌شود که باعث اختلال در رشد طبیعی گیاهان و صدمات جبران‌ناپذیری به اکوسیستم‌ها می‌شود (Ghalibaf & Rezaeepour, 2013). از موارد آلایندگی خاک که به تبع آن جوامع‌گیاهی و سایر موجودات زنده را تهدید می‌کند، تجمع غیرطبیعی فلزات سنگین در خاک است. آلودگی خاک به‌وسیله فلزات سنگین به‌دلیل پایداری درازمدت در خاک و تاثیرات مضر اکولوژیکی به یک معضل زیست‌محیطی تبدیل شده است. اثرات مخرب فلزات سنگین بر گیاهان و دیگر جانداران حتی در مقادیر ناچیز، اهمیت دارد (Tavakoli Mohamadi *et al.*, 2011).

آلودگی زیستگاه گیاهان در ظاهر قابل‌مشاهده نیست و زمانی اثر نامطلوب خود را ظاهر می‌کند که به وجود آلودگی پی برده شود، بنابراین باید بیشتر مورد توجه قرار گیرد (Wcislo *et al.*, 2008). آلوده‌کننده‌های محیطی بر پراکنش، ترکیب و ساختار پوشش گیاهی تاثیر می‌گذارند که اولین مکانیسم‌های سمیت فلزات سنگین در گیاهان از طریق اختلال در رشد ریشه بروز می‌یابد و در ادامه شاهد کاهش تراکم و تنوع پوشش گیاهی در مناطق آلوده به فلزات سنگین خواهیم بود (Verma *et al.*, 2011). توانایی جذب فلزات سنگین توسط گیاهان متفاوت است و به عناصر شیمیایی و گونه‌های زیستی و اندام گیاهی که مورد بررسی قرار می‌گیرد، بستگی دارد (Tian *et al.*, 2009).

علاوه بر حضور طبیعی فلزات سنگین در سنگ‌ها و خاک‌ها، فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و شهری نیز از منابع ورود فلزات به محیط زیست است که در نهایت منجر به افزایش سطح فلزات سنگین در محیط می‌شود. منابع آلودگی فلزات سنگین ناشی از کارخانه‌های صنعتی، بسته به فعالیت خود منجر به ورود فلزات سنگین متفاوت به محیط زیست می‌شوند. در مناطق آلوده متداول‌ترین فلزات سنگین کادمیم، سرب، کروم، مس، جیوه و روی هستند. در این بین، سرب، مس و روی ازآلاینده‌های سمی هستند که خسارت‌هایی جدی به بار می‌آورند (Kafi *et al.*, 2009).

در بین مراکز صنعتی، کارخانه‌ی سیمان از جمله منابع آلوده‌کننده محیط زیست محسوب می‌شوند. از طریق انتشار گردوغبارهایی که حاوی عناصر سنگین هستند ابتدا هوا را آلوده کرده و سپس این آلودگی از طریق هوا، به خاک و رسوب منتقل می‌شود و در خاتمه گیاهان، جانوران و نهایتا انسان‌ها در معرض این آلودگی قرار می‌گیرند. روند رو به رشد افزایش جمعیت و نیاز به احداث کارخانه‌ها در نقاط مختلف نیازمند بررسی میزان و نوع آلودگی کارخانجات مختلف است تا از نتایج موجود در ارائه راه‌حل‌هایی برای رفع و یا کاهش آلاینده‌ها از محیط‌زیست در جهت توسعه پایدار کمک گرفت (Addo *et al.*, 2012; Mandal & Voutchkov, 2011).

در پی رفع آلودگی فلزات سنگین درچند سال اخیر محققان، روشی نوین با استفاده از گیاهان بنیان نهاده‌اند. از میان روش‌های مختلف استفاده از گیاهان برای رفع آلودگی عناصر سنگین، دو روش تثبیت و استخراج گیاهی برای پالایش خاک‌های آلوده به فلزات سنگین به‌کار می‌رود. در این راستا Mamari *et al.* (2015) تعدادی از گونه‌های مرتعی را از نظر جذب عناصر سنگین ارزیابی کردند و به این نتیجه رسیدند که گونه‌های *Scariola orientalis*،*Stipa hohenackeriana* ، *Descuraini sophia*، *Stachys lavandulifolia* و *Echium amoenum* خاصیت بیش‌اندوزگر برای سرب و

Archive of SID
www.SID.ir

روی از طریق فرآیند گیاه استخراجی دارند و گونه گون برای عنصر روی بیش‌اندوزگر است. همچنین در پژوهشی که توسط Wang *et al*. (2011) درباره گونه‌های مرتعی در چهار سایت آلوده به فلزات سنگین مورد بررسی قرارگرفت، آمده که گونه *Chlorophytum comosum* نسبت به سایر گونه‌های مورد بررسی ظرفیت گیاه پالایی مناسب‌تری برای استخراج عناصر سرب، مس و روی دارد. Duman *et al*. (2015) در بررسی انباشت و انتقال فلزات سنگین در گونه *Typhaan gustifolia* به این نتیجه رسیدند که غلظت عناصر در اندام‌های گیاه متفاوت است، به‌طوری که غلظت فلز روی در ریزوم ۵۶/۴۷ میکروگرم بر گرم بود که بالاترین مقدار تجمع روی در اندام‌ها را به خود اختصاص داده است.

مقادیر زیاد فلزات سنگین در خاک، فعالیت‌های زیستی و حاصل‌خیزی خاک را کاهش داده در نتیجه باعث کاهش عملکرد و افت کیفیت محصولات می‌شود که برای سلامتی انسان یا دام مصرف‌کننده خطرناک است. در بررسی پوشش گیاهی در مناطق آلوده به فلزات سنگین، گیاهانی که توانایی رشد، سازگاری و جذب فلزات را دارند، از جنبه‌های علمی و کاربردی اهمیت زیادی دارند. در این راستا ارائه راه‌حلی که منجر به کاهش این آلودگی‌ها در خاک شود و به‌ویژه اگر به کمک خود گیاهان اتفاق بیفتد، مهم و ضروری است. اقتصادی بودن و سازگاری گیاهان با محیط زیست از جمله مزایای استفاده از آنها است (Amini *et al*., 2011).

در حال حاضر بررسی‌های متعددی در ایران و کشورهای دیگر درباره میزان تاثیر فلزات سنگین بر گیاهان و همچنین مشخص کردن مناطق آلوده در اطراف کارخانجات، صورت گرفته است، اما بیشتر بررسی‌ها مربوط به گیاهان زراعی و قابل‌کشت بوده و کمتر به گیاهان مرتعی پرداخته شده است. بنابراین اثرات آلاینده‌های صنعتی بر گیاهان مناطق حوزه نفوذ باید مورد بررسی قرار گیرد تا با توجه به بهره‌برداری‌های صورت‌گرفته از این گیاهان، میزان آلودگی و چگونگی مدیریت آنها در برنامه‌های آتی مورد استفاده قرار گیرد. گونه‌های *Asteragalus vereskensis*، *Artemisia absinthium*، و *Convolvulus arvensis* به دلیل آنکه از گیاهان غالب و سازگار با منطقه مورد بررسی هستند و از نظر حفاظت خاک اهمیت دارند، برای بررسی انتخاب شده‌اند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

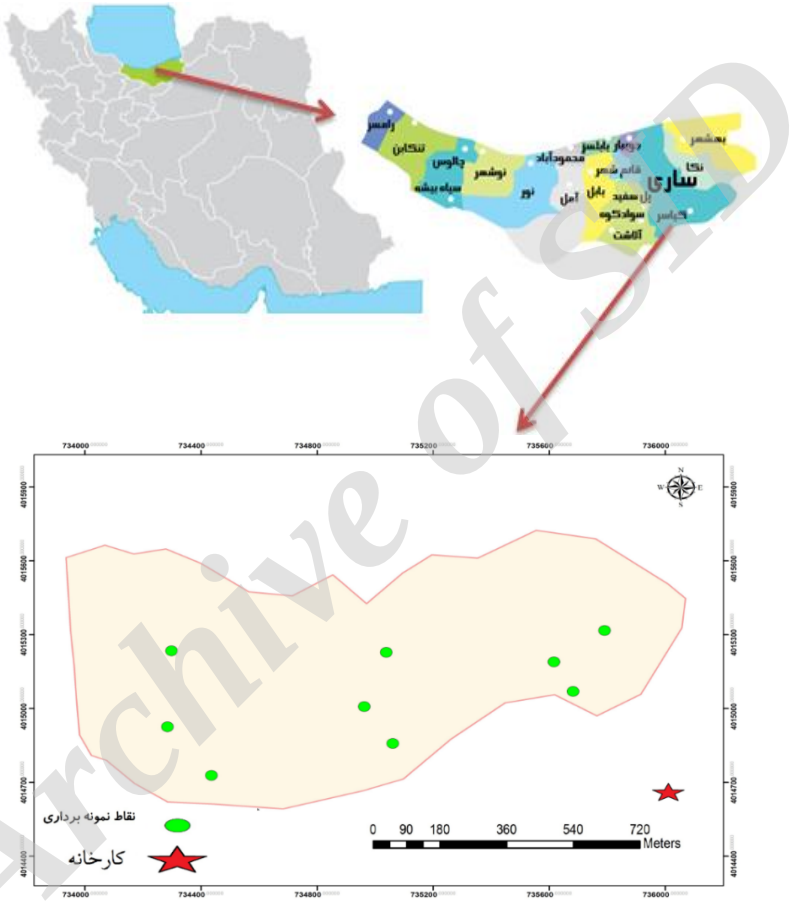
منطقه مورد بررسی در اطراف کارخانه سیمان ساری واقع در در ۸۵ کیلومتری شهرستان ساری در استان مازندران با طول جغرافیایی'۳۲ °۵۳ تا '۳۲ °۵۳"۲۰ و با عرض جغرافیایی"۵۰ '۱۲ °۳۶ تا "۴۰ '۱۳ °۳۶ واقع شده است. این منطقه دارای متوسط بارندگی سالانه ۲۳۵ میلی‌متر و دمای متوسط سالانه ۱۱ درجه سانتی‌گراد است. میانگین حداکثر دمای سالانه و میانگین حداقل دمای سالانه به ترتیب ۱۸ و ۶ درجه سانتی‌گراد و متوسط رطوبت سالانه ۵۲ درصد محاسبه شده است. از آنجا که منطقه مورد بررسی از مراتع قابل چرای دام است، گونه‌های مرتعی مختلفی در منطقه حضور داشتند. با توجه به اینکه تاثیر فاصله بر میزان آلودگی منطقه بررسی شد بنابراین باید گونه‌هایی انتخاب می‌شدند که در هر سه فاصله مورد نظر وجود داشته باشند و با توجه به اینکه گونه‌های درمنه، گون و پیچک در هر سه فاصله به طور قابل‌ملاحظه‌ای وجود داشتند، در نظر گرفته شدند.

روش نمونه‌برداری

با هدف تعیین میزان عناصر سنگین کارخانه سیمان در خاک و گیاهان نواحی اطراف آن، نمونه‌برداری سیستماتیک تصادفی و به مرکزیت کارخانه طراحی شد. نمونه‌های خاک از عمق ۰ تا ۱۵ سانتی متری برداشت

Archive of SID
www.SID.ir

شد. نمونه‌های اول از فاصله ۵۰۰ متری کارخانه و نمونه‌های بعدی از فاصله ۱۲۵۰ متری و نهایتا نمونه‌های آخر از فاصله ۲۰۰۰ متری (با توجه به فاصله موثر تأثیر آلودگی بر گیاهان و خاک در مناطق مشابه Abdulrasoul *et al.*, 2011; Al-Omran & Maghraby, 2011) کارخانه برداشت شد. بدین صورت که در هر سه فاصله مورد نظر نمونه‌های خاک و گیاه با سه تکرار انتخاب و تعداد ۲۷ نمونه گیاه و ۲۷ نمونه خاک جمع‌آوری شد. نمونه‌برداری از گیاهان در پلات‌های مستقرشده در فواصل منظم به مساحت یک مترمربعی انجام شد. نمونه‌برداری خاک به‌صورت دستی و به‌وسیله بیلچه صورت گرفت. نمونه‌های خاک درون پاکت‌های مخصوص قرار داده شدند و برای انجام آزمایشات به آزمایشگاه منتقل شد (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی در استان مازندران

Fig. 1- Geographical positions of the study location in Mazandaran Province

روش نمونه‌برداری

با هدف تعیین میزان عناصر سنگین کارخانه سیمان در خاک و گیاهان نواحی اطراف آن، نمونه‌برداری سیستماتیک تصادفی و به مرکزیت کارخانه طراحی شد. نمونه‌های خاک از عمق ۰ تا ۱۵ سانتی متری برداشت شد. نمونه‌های اول از فاصله ۵۰۰ متری کارخانه و نمونه‌های بعدی از فاصله ۱۲۵۰ متری و نهایتا نمونه‌های آخر از فاصله ۲۰۰۰ متری (با توجه به فاصله موثر تأثیر آلودگی بر گیاهان و خاک در مناطق مشابه Abdulrasoul *et al.*, 2011; Al-Omran & Maghraby, 2011) کارخانه برداشت شد. بدین صورت که در هر سه فاصله مورد نظر نمونه‌های خاک

Archive of SID
www.SID.ir

و گیاه با سه تکرار انتخاب و تعداد ۲۷ نمونه گیاه و ۲۷ نمونه خاک جمع‌آوری شد. نمونه‌برداری از گیاهان در پلات‌های مستقرشده در فواصل منظم به مساحت یک مترمربعی انجام شد. نمونه‌برداری خاک به‌صورت دستی و به‌وسیله بیلچه صورت گرفت. نمونه‌های خاک درون پاکت‌های مخصوص قرار داده شدند و برای انجام آزمایشات به آزمایشگاه منتقل شد.

اندازه‌گیری

نمونه‌های گیاهی خشک‌شده به‌وسیله دستگاه آسیاب پودر شده و دو گرم از نمونه پودرشده درون کاسه چینی توزین و درون آون با درجه حرارت ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت دو ساعت قرار گرفت و برای تجزیه عناصر به‌وسیله دستگاه ICP-OES آماده شد. همچنین ذرات خاک پس از خشک شدن و توزین، توسط هاون سرامیکی خرد و همگن شده و از دستگاه ICP-OES به منظور تعیین مقدار فلزات سنگین استفاده شد (Boss, 1997; Mashhadizadeh & Karami, 2011). در نهایت تجمع زیستی که بیانگر نسبت عنصر در گیاه نسبت به خاک اطراف ریشه است بر اساس فرمول زیر محاسبه شد (Zareh Reshquoeeieh *et al.*, 2016).

BAF = C گیاه / C خاک (فاکتور تجمع زیستی)

C گیاه بیان‌کننده میانگین غلظت فلزات در گیاه و C خاک مربوط به میانگین غلظت فلزات در خاک است.

آنالیز داده‌ها

برای تجزیه‌وتحلیل و مقایسه داده‌ها، از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. برای بررسی اثر متقابل فاصله و گونه استفاده از آنالیز واریانس دو طرفه مورد بررسی قرار گرفت. برای مقایسه تجمع فلزات سنگین در خاک از آنالیز واریانس یک طرفه و برای مقایسه میانگین از آزمون دانکن استفاده شد. رابطه بین غلظت فلزات در خاک و گیاه با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون مشخص شد.

نتایج و بحث

جدول ۱ مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک را در فواصل مختلف از کارخانه نشان می‌دهد. pH نمونه‌های خاک بیانگر این است که خاک منطقه در محدوده نرمال و از نوع آهکی است و با توجه به هدایت الکتریکی (Ec) از گروه خاک‌های غیرشور است. با توجه به درصد رس، سیلت و شن بافت خاک متوسط است.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس دوطرفه و اثرات گونه و فاصله بر مقدار فلزات مس، روی و سرب نشان داد که اثرات گونه در فاصله بر مقدار سرب معنی‌دار است ($p \leq 0.05$). در حالی که در رابطه با عناصر مس، روی و سرب هم گونه و هم فاصله اختلاف معنی‌داری را نشان دادند ($p \leq 0.05$) (جدول ۲).

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در فواصل مختلف از کارخانه

Table 1. Physical and chemical properties of soil at various intervals of the factory

فاصله (متر) Distance (meter)	رطوبت %Humidity	تراکم Density	اسیدیته خاک pH	هدایت الکتریکی EC	کربن آلی OC	رس Clay%	سیلت %Silt	شن %Sand	کل مواد خنثی شونده %T.N.V
500	7.52	2.19	7.76	0.41	1.41	21	43	36	45
1250	10.12	2.46	7.55	0.44	0.91	22	33	45	51
2000	8.42	2.17	7.68	0.53	0.52	20	35	45	40

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر متقابل عناصر مس، روی و سرب در گونه، فاصله، گونه × فاصله

Table 2. Analysis of variance of interaction of copper, zinc and lead in species, distance, species × distance

	متغیر Variable	معنی‌داری Significant	F
مس Cu	گونه species	0.016*	6.91
	فاصله distance	0.028*	5.56
	گونه× فاصله species × distance	0.43ns	1.84
روی Zn	گونه species	0.034*	5.29
	فاصله distance	0.021*	6.37
	گونه×فاصله species × distance	0.046*	3.19
سرب Pb	گونه species	0.017*	6.74
	فاصله distance	0.044*	3.11
	گونه×فاصله species × distance	0.039*	4.30

ns : عدم تفاوت معنی‌دار *تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد **تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

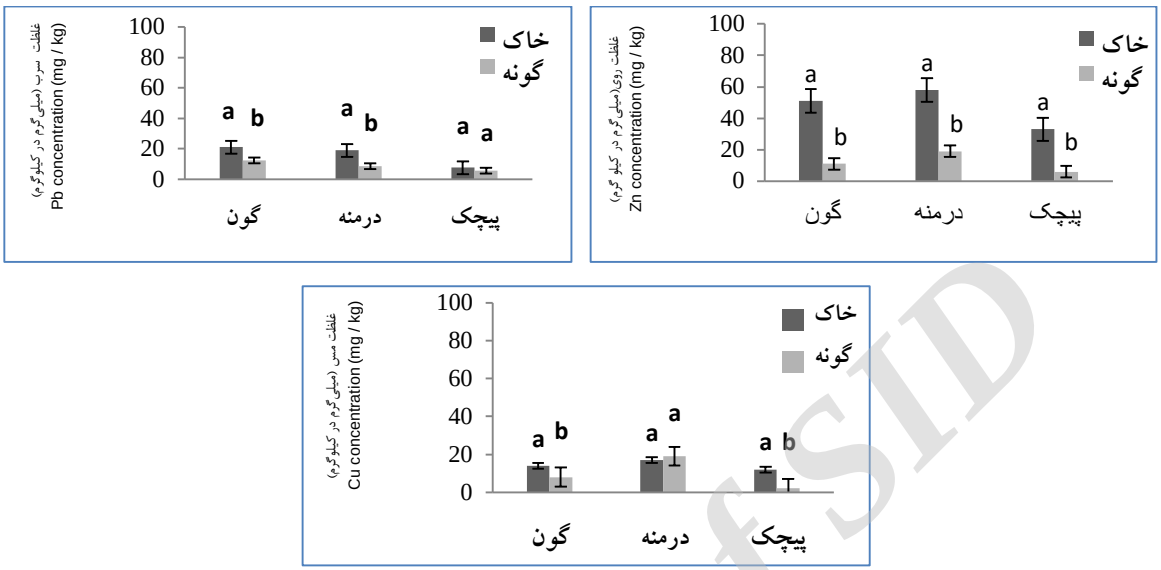
ns: No significant difference; *significant difference at 0.05 probability level; **significant difference at 0.01 probability level.

با توجه به شکل ۲ گونه‌های مورد بررسی در میزان تجمع روی اختلاف معنی‌داری را با خاک ریزوسفری داشته‌اند به‌طوری‌که همواره میزان این عنصر در خاک بیشتر از گونه‌های مورد بررسی بوده است. ولی با دور شدن از کارخانه اختلاف معنی‌داری در غلظت فلز روی در خاک ریزوسفری مشاهده نشد در صورتی که در غلظت گونه‌ها اختلاف معنی‌دار ملاحظه شد ولی از روند خاصی پیروی نکرده است. در پژوهش قبلی Zoufan *et al*. (2013) بیان شده که تیپ‌های علفی به شکل مؤثری قادر به انتقال روی در بخش هوایی خود در مقایسه با تیپ‌های چوبی هستند که با نتایج این تحقیق مغایرت دارد. علت این اختلاف در نوع گونه مورد بررسی است زیرا گونه‌های گیاهی توانایی‌های متفاوتی در جذب و انتقال عناصر سنگین از خود نشان می‌دهند. غلظت‌های بیشتر از ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، به‌دلیل ایجاد بی‌نظمی‌های عملکردی و ساختاری برای گیاهان سمی است و می‌تواند علایم مختلف مسمومیت گیاهی را به‌دنبال داشته باشد (Zeng *et al*., 2011). غلظت اندازه‌گیری‌شده فلز روی در گونه گون، درمنه و پیچک به‌ترتیب ۱۱/۳۸، ۱۹/۰۷ و ۶/۸۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم محاسبه شد. در خاک ریزوسفری گونه‌های مورد بررسی، گون ۵۱/۳۱، درمنه ۵۸/۱۷ و پیچک ۳۳/۸۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد. Shu *et al*. (2002) بیان می‌دارد که مقدار روی در گیاهان بوته‌ای بین ۷- ۶۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم نوسان دارد. در نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق مقدار روی در گونه‌های بوته‌ای بین ۱۱ تا ۱۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین شد که این امر بیانگر این است که عنصر روی در اطراف کارخانه در حد مجاز است. به نظر می‌رسد که غلظت بیشتر روی در خاک نسبت به گونه‌ها به‌دلیل فعالیت‌های شیمیایی روی در محدوده خاک اطراف ریشه است. چنین استنباط می‌شود که جذب روی از طریق هوا کمتر به گیاهان انتقال می‌یابد. در رابطه با عنصر سرب اختلاف معنی‌داری بین گونه پیچک و خاک پای آن مشاهده نشد ولی گونه‌های درمنه و گون با خاک پایشان دارای اختلاف معنی‌داری بوده‌اند. در نتایج ناشی از غلظت عنصر مس گونه درمنه نسبت به گونه پیچک و گون اختلاف معنی‌داری را در مقایسه با خاک ریزوسفری نشان نداده‌اند (شکل ۲). Moreno *et al*. (2009) معتقدند که مقدار روی در خاک در بیشتر موارد

Archive of SID

www.SID.ir

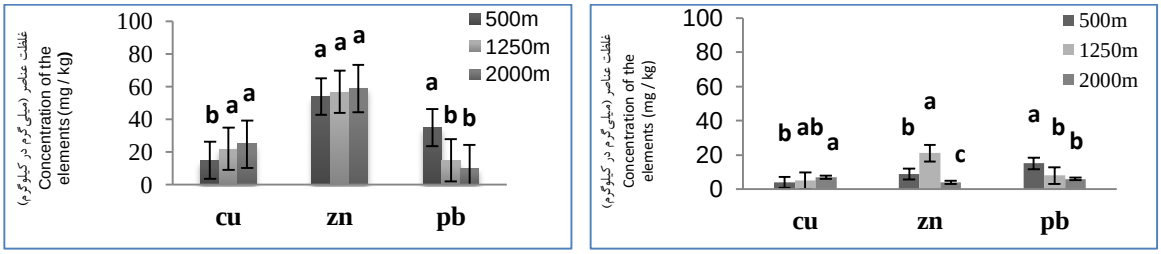
بیشتر از مس است. نتایج این تحقیق با بررسی‌های انجام‌شده همراستا است. همچنین بیشترین غلظت در گونه‌های مورد نظر مربوط به فلز روی است. روی عنصر حیاتی و ضروری در فرآیندهای متابولیکی و فیزیولوژیکی گیاه است و به دلیل متحرک بودن، باعث جذب بیشتر روی نسبت به سایر عناصر می‌شود (Vejdani Moradkandi *et al.*, 2014).



شکل ۲- مقایسه میانگین عناصر سرب، روی و مس در خاک و گونه‌های مورد بررسی

Fig. 2- Compare means of lead, zinc and copper in soil and species studied

نتایج نشان داد که با افزایش فاصله غلظت مس در خاک و گونه‌ها افزایش معنی‌داری داشته است. همچنین با دور شدن از کارخانه اختلاف معنی‌داری در غلظت فلز روی در گونه‌ها ملاحظه شد ولی از روند خاصی پیروی نکرده است. تغییرات سرب در خاک ریزوسفر و گونه‌ها دارای اختلاف معنی‌دار بوده و از روند کاهشی تبعیت کرده است (شکل۳). ذرات پراکنده‌شده در منطقه بر اساس اندازه در فواصل مختلف نشست می‌کنند. بر این اساس ذرات درشت‌تر فاصله کمتری را پیموده و بنابراین پس از خروج در نزدیک‌ترین محل نشست می‌کنند، در حالی که ذرات کوچک‌تر فاصله بیشتری را طی کرده و در منطقه‌ای دورتر ته‌نشین می‌شوند بر این اساس ذرات بزرگتر از ۱ میلی‌متر کمتر پراکنده شده و موجب افزایش غلظت فلزات در نزدیکی منبع آلودگی می‌شوند، در حالی که ذرات کوچکتر از این مقدار در فاصله‌ای دورتر پراکنده می‌شوند (Perez *et al.*, 2008). در بررسی غلظت فلزات سنگین در خاک منطقه عسلویه کاهش غلظت فلزات سنگین را با افزایش فاصله از مناطق صنعتی گزارش کردند. آنها عامل افزایش‌دهنده غلظت فلزات را فعالیت‌های صنعتی در منطقه عنوان کردند (Delijani *et al.*, 2009).



شکل ۳- مقایسه میانگین عناصر سرب، روی و مس در اثر متقابل خاک × فاصله و گونه × فاصله

Fig. 3- Compare means lead, zinc and copper in soil interaction × distance and species × distance

Archive of SID
www.SID.ir

نتایج تجزیه واریانس عنصر مس در خاک نشان داد که تجمع فلزات با فاصله از کارخانه اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد دارند، در حالی که این اختلاف در مورد عنصر سرب در سطح ۵ درصد است، ولی عنصر روی در گرادیان فاصله معنی‌دار نشده است (جدول۳). Einollahi Peer *et al*. (2013) در تحقیقات‌شان میزان تجمع مس را در خاک و گونه‌های مرتعی *Lactuca serriola* ، *Artemisia sieberi* و *Astragalus bisulcatus* بررسی کردند. نتایج آنها افزایش میزان مس را با فاصله از کارخانه در خاک نشان داد که با نتایج حاصل از این تحقیق همخوانی دارد. آنها افزایش مس را در فواصل دورتر از کارخانه ناشی از جهت حرکت باد، وزن کم ذرات حاوی مس، ارتفاع دودکش کارخانه و عدم جذب ذرات ریز به‌وسیله فیلتر دودکش کارخانه اعلام کردند. تجمع سرب با فاصله از کارخانه روند معنی‌دار کاهشی داشته که این موضوع بیانگر پراکندگی کمتر عنصر سرب با دور شدن از کارخانه است. دلیل این که سرب مسافت زیادی را طی نمی‌کند، می‌تواند به علت سنگین بودن عنصر سرب باشد.

همبستگی بین عناصر موجود در خاک و گیاه گون و درمنه نشان داد که در بین عناصر مورد بررسی عناصر مس و روی همبستگی معنی‌داری در سطح یک درصد دارند در حالی که عنصر سرب در سطح ۵ درصد این همبستگی را دارد. در رابطه با گونه پیچک عنصر روی همبستگی معنی‌داری را در سطح ۵ درصد بازگو می‌کند ولی عناصر مس و سرب همبستگی قابل‌قبولی را نشان ندادند (جدول ۴). مقدار جذب روی توسط گیاهان معمولا با افزایش غلظت این عنصر در خاک افزایش می‌یابد (Kribek *et al*., 2014)، که با نتایج حاصل از این تحقیق مغایرت دارد.

جدول ۳- آنالیز واریانس عناصر سنگین خاک در فواصل بررسی‌شده

Table 3. Analysis of variance of heavy soil elements at studied intervals

عناصر سنگین خاک Heavy soil elements	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean squares	F value
مس Cu	2	42.63	11.52^{**}
سرب Pb	2	225.90	8.80^{*}
روی Zn	2	149.17	3.92^{ns}

ns : عدم تفاوت معنی‌دار *تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد **تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

ns: No significant difference; *significant difference at 0.05 probability level; **significant difference at 0.01 probability level.

جدول ۴- همبستگی پیرسون بین عناصر خاک با گیاهان مورد بررسی

Table 4. Pearson correlation between soil elements and studied species

عناصر گیاه Species elements		عناصر خاک Soil elements		
		مس Cu	روی Zn	سرب Pb
گون *Astragallus*	Cu	0.755^{**}		
	Zn	0.671^{*}	-0.726^{**}	
	Pb	0.004^{ns}	-0.341^{ns}	0.521^{*}
درمنه *Artemisia*	Cu	0.741^{**}		
	Zn	0.279^{ns}	0.811^{**}	
	Pb	0.056^{ns}	0.748^{**}	0.57^{*}
پیچک *Convolvulus*	Cu	0.403^{ns}		
	Zn	0.447^{ns}	0.563^{*}	
	Pb	0.082^{ns}	0.238^{ns}	0.198^{ns}

ns : عدم تفاوت معنی‌دار *تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد **تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

ns: No significant difference; *significant difference at 0.05 probability level; **significant difference at 0.01 probability level.

Archive of SID

www.SID.ir

تجمع زیستی که بیانگر نسبت عنصر در گیاه نسبت به خاک اطراف ریشه است در جدول ۵ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که عنصر روی نسبت به فلزات مس و سرب قدرت انتقال بیشتری را دارد (جدول ۵). گونه‌های دارای تجمع زیستی بیشتر از یک، می‌توانند به‌عنوان گیاهان بیش‌اندوزگر در نظر گرفته شوند. مقدار محاسبه‌شده تجمع زیستی در این پژوهش برای هر سه عنصر سرب، روی و مس در هر سه گونه بیشتر از یک بود و عنصر روی نسبت به فلزات مس و سرب قدرت انتقال بیشتری دارد. سرب نسبتا عنصر بی‌تحرک بوده و هیچ گونه نقشی در فرآیندهای متابولیکی و فیزیولوژیکی گیاه ندارد (Vejdani Moradkandi *et al*., 2014) بنابراین تمایل زیادی به انتقال به اندام‌های هوایی را از خود نشان نمی‌دهد. Auguy *et al*. (2010) بیان می‌دارند که مکانیسم سازگاری گیاهان به سرب مشخص نیست. میزان غلظت مجاز سرب در خاک و گیاهان به ترتیب۵۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (Samarghandi *et al*., 2007). با توجه به غلظت اندازه‌گیری‌شده سرب در گونه‌های مورد بررسی و خاک ریزوسفری آنها از حد مجاز بیشتر نبوده و در نتیجه از غلظت بحرانی عبور نکرده‌اند.

در بین گونه‌های مورد بررسی درمنه تجمع زیستی بیشتری را نسبت به عناصر روی و سرب دارد. تجمع عناصر توسط گیاهان تحت‌تاثیر بسیاری از عوامل از جمله نوع گونه گیاهی، مرحله رشد گیاهان، ویژگی‌های کنترل عنصر، تجمع و انتقال فلزات قرار دارد (Amini *et al*., 2011). عکس‌العمل گونه‌های گیاهی بیش تجمع‌دهندگان بر اساس تجمع فلز در بخش های هوایی دارای مقادیر بیشتری نسبت به مقادیر فلز در خاک هستند (Aazami *et al*., 2017). غلظت فلزات سنگین در گونه‌های درمنه کوهی و درمنه دشتی مقادیر متفاوتی را نشان دادند به طوری‌که فاکتور تجمع زیستی برای درمنه دشتی بیشتر از درمنه کوهی بوده است (Dalvand *et al*., 2016).

جدول ۵- فاکتور تجمع زیستی عناصر سنگین (مس، روی و سرب) در گونه‌های مورد بررسی

Table 5. Bio-accumulation factor of heavy metals (copper, zinc and lead) in studied species

عناصر سنگین Heavy metals	گونه‌ها Species	فاکتور تجمع زیستی Bio-accumulation factor
مس Cu	گون *Asteragal*	1.96
	درمنه *Artemisia*	1.02
	پیچک *Convolvulus*	3.33
روی Zn	گون *Asteragal*	3.74
	درمنه *Artemisia*	3.86
	پیچک *Convolvulus*	2.88
سرب Pb	گون *Asteragal*	1.85
	درمنه *Artemisia*	2.19
	پیچک *Convolvulus*	1.14

نتیجه‌گیری

غلظت همه عناصر مورد بررسی به مراتب کمتر از حد مجاز اعلام شده است. که این نشان‌دهنده عدم وضعیت بحرانی فلزات سنگین در گیاهان منطقه است. با بررسی همبستگی میان فلزات سنگین در خاک و گیاه، با افزایش غلظت این عناصر در خاک نواحی نمونه‌برداری‌شده، غلظت عناصر یادشده در گیاهان نیز افزایش پیدا می‌کند که نشان‌دهنده توان گیاهان مورد بررسی در جذب فلزات سنگین است. با توجه به نتایج تحقیق بیشترین غلظت در گیاهان به فلز روی مربوط می‌شود. روی عنصری حیاتی و ضروری در فرآیندهای متابولیکی و فیزیولوژیکی گیاه است و از سوی دیگر متحرک بودن این عنصر افزایش تمایل گیاه برای جذب این عنصر را نشان می‌دهد. الگوی متفاوت در تجمع فلزات سنگین در خاک و گونه‌های گیاهی ناشی از نقش‌های متفاوت فلزات برای گیاه است. عامل مهم و موثر در نسبت‌های مختلف فلزات سنگین در بین خاک و گیاهان

Archive of SID
www.SID.ir

ناشی از دسترسی زیستی و ضروری و غیرضروری بودن فلزات برای گیاه باشد (Amini *et al.*, 2011).

انجام پژوهش‌های دیگر درباره تاثیر کارخانه سیمان بر محیط زیست و سلامت انسان پیشنهاد می‌شود. در پژوهش‌های بعدی علاوه بر بررسی توزیع این عناصر در خاک و گیاه تاثیر آن بر روی دام نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری بابت حمایت مالی از طرح پژوهشی انجام‌شده، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Aazami, J., Moradpour, H. and KianiMehr, N., 2017. A review of biotic indices for heavy metals in polluted environment. Journal of Human and Environment. 40(1), 13-24. (In Persian with English abstract).

Amini, F., Mirghafari, N. and Eshghi, B., 2011. Nickel concentrations in soil and number of natural plant species surrounding mine of lead and zinc in the Hamedan province. Journal of Environmental Sciences and Technology. 13(1), 11-20. (In Persian with English abstract).

Auguy, F., Fahr, M., Moulin, P., Brugel, A., Laplaze, L., El Mzibri, M.,Filali Maltouf A., Bojarczuk, K. and kieliszewska-Rokicka, B., 2010. Effect of ectomycorrhizal on Cu and Pb accumulation in leaves and roots of silver birch (Betula pendula Roth.) seedlings grown in metal-contaminated soil. Water, Air and Soil Pollution. 207(1-4), 227-240.

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.

Dalvand, M., Hamidian, A.H., Zare Chahooki, M.A., Mir jalili, A.A., Moteshare Zadeh, B. and Esmaeil Zade, E., 20116. Determination of the concentration of heavy metals (Cu, Pb & Zn) in roots of Artemisia sp. in natural lands of Darreh Zereshk copper mine, Taft, Yazd. Journal of Natural Environment. 69(1), 35-46. (In Persian with English abstract).

Duman, F., Urey, E. and Koca, F.D., 2015. Temporal variation of heavy metal accumulation and translocation characteristics of narrow-leaved cattail (Typha angustifolia L.). Environmental Science and Pollution Research. 22, 886- 896.

Delijani, F., Parvinnia, M. and Khakshour, M., 2009. Enrichment and distribution of heavy metals in the soil of South Pars Special Economic Energy Zone (Assaluyeh). 8th International Congress on Civil Engineering. Shiraz University. 9(2), 304-308. (In Persian with English abstract).

Einollahi Peer, F., Okati, N. and Ebrahimi, F., 2013. Survey of Cu concentration in soil and some pasture plants (Lactuca serriola, Artemisia sieberi and Astragalus bisulcatus) around the Khatoon Abad melting Copper mine in Shahr Babak. Animal Sciences Journal (Pajouhesh & Sazandegi). 99, 2-8. (In Persian with English abstract).

Ghalibaf, M. and Rezaee Pour, A., 2013. Effects of Life form plant in absorption and excretion of heavy metals in the arid ecosystems of Koushk area in Yazd province. Journal of Rangeland. 7(1). 30-39. (In Persian with English abstract).

Kafi, M., Borzouee, A., Salehi, M., Kamandi, A.,

Archive of SID
www.SID.ir

Masoomi, A. and Nabati, J., 2009. Iranian Academic Center for Education, Culture and Research, Mashhad. p502.

Kribek, B., Majer, V., Knesl, I., Nyambe, I., Mihaljevic, M., Ettler, V. and Sracek, O., 2014. Concentrations of arsenic, copper, cobalt, lead and zinc in cassava (Manihot esculenta Crantz) growing on uncontaminated and contaminated soils of the Zambian Copperbelt. Journal of African Earth Sciences. 99, 713-723.

Lu, Y., Yao, H., Shan, D., Jiang, Y., Zhang, S. and Yang, J., 2014. Heavy Metal Residues in Soil and Accumulation in Maize at Long-Term Wastewater Irrigation Area in Tongliao, China. Journal of Chemistry. 156(3), 1-9.

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.

Mashhadizadeh, M.H. and Karami Z., 2011. Solid phase extraction of trace amounts of Ag, Cd, Cu, and Zn in environmental samples using magnetic nanoparticles coated by 3-(trimethoxysilyl)-1-propantiol and modified with 2-amino-5-mercapto-1,3,4-thiadiazole and their determination by ICP-OES. Journal of Hazardous Materials. 190(1–3), 1023–1029.

Mamari, M., Jafari, M., Tavili, A., Motesharezade, B., Zare Chahooki, M., 2015. Assess the potential of rangeland plants for phytoremediation of soils contaminated by lead and zinc (Case study:around of rangeland Lead zinc Company in Zanjan). Journal of Rangeland. 9(1), 29-42. (In Persian with English abstract).

Moreno-Jim ,J., Jes ,Pe., nalosa, E., Manzanoa, M.R., Carpena-Ruiza, R., Gamarrab, O. and Estebana, R., 2009. Heavy Metals Distribution in Soils Surrounding an Abandone Mine in NW Madrid (Spain) and Their Transference to Wild .Ora. Journal of Hazardous Materials. 162(2-3), 854–859.

Nasrifard, M., Sayad, Gh., Jafarnejadi, A. and Afiuni, A., 2011. Lead contamination of soil and plant the wheat in the fields of Khuzestan province. National congress on modern Agricultural sciences and Tecnologies. pp.1-4. (In Persian with English abstract).

Perez, N., Pey, J., Castillo, S., Viana, M., Alastuey, A. and Querol, X., 2008. Interpretation of the variability of levels of regional backgrounds aerosols in the western Mediterranean, Science of The Total Environmet. 407(1), 527-540.

Samarghandi, M.R., Nouri, J., Mesdaghinia, A.R., Mahvi, A.H., Nasseri, S. and Vaezi, F., 2007. Efficiency removal of phenol, lead and cadmium by means of UV/TiO2/H2O2 processes. International Journal of Environmental Science and Technology. 4(1), 19-25. (In Persian with English abstract).

Shu, W.S., Ye, Z.H., Lan, C.Y., Zhang, Z.Q. and Wong, M.H., 2002. Lead, zinc and copper acumulation and tolerance in populations of *Paspalum distichum* and *Cynodon dactylon*. Environmental pollution. 120(2), 445-453.

Tavakoli Mohamadi, M., Khodadadi, A., Partani, S. and Marzban, M., 2011. Evaluation of heavy metal contamination in Zanjan province using GIS. 30th Symposium Geosciences Conference. Tehran. pp. 1-9.

Tian, D., Zhu, F., Yan, W., Xi, F., Xiang, W., Deng, X. and Peng, C., 2009. Heavy metal accumulation by panicled goldenrain tree (*koelreuteria paniculata*) and common elaeocarpus (*elaeocarpus decipens*) in abandoned mine soils in southern china. journal of Environmental sciences. 21(3), 340-345.

Archive of SID

www.SID.ir

Verma, J.P., Singh, V. and Yadav, J., 2011. Effect of Copper Sulphate on Seed Germination, Plant Growth and Peroxidase Activity of Mung Bean (*Vigna Radiate*). In Journal of Botany. 7(2), 200-204.

Vejdani Moradkandi, F., mansourfar, T., Nourabadi, A. and Mesgari, F., 2014. Study of Heavy Metals' Accumulation in Aery Organs, Root and Sediment of Gathered Plant Astragalus from Jelbar Region in South-east Part of Urmia. 8th National Geological Conference of Payame Noor University. pp. 1-8.

Wang, Y., Tao, J. and Dai, J., 2011. Lead tolerance and detoxification mechanism of Chlorophytum comosum. African Journal of Biotechnology. 10, 14516-14521.

Zareh Reshquoeeieh, M., Pour Bagher, H. and Ashrafi, S., 2016. Investigation of heavy metals accumulation in sediment and aquatic organism in Khodaafarin Dam, Azarbaijan-Sharghi, Iran. Veterinary Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 110 pp. 72-80.

Wcislo, E., Loven, Kucharski, D.R. and Szdzuj, J., 2008. Human health risk assessment case study: An abandoned metal smelter site in Poland, Chemosphere. Journal of Geochemical Exploration. 96, 223-230.

Zeng, X.W., Ma, L.Q., Qiu, R.L. and Tang, Y.T., 2011. Effects of Zn on plant tolerance and non-protein thiol accumulation in Zn hyperaccumulator Arabis paniculata Franch.. Environmental and Experimental Botany. 70(2), 227-232.

Zoufan, P., Saadatkhah, A. and Rastegharzadeh, S., 2013. Comparison of potentiality of heavy metals accumulation in the plants surrounding steel industries in the Mahshahr-Bandar Imam road, Ahvaz. Journal of Plant Biology. 5(16), 41-56. (In Persian with English abstract).

Archive of SID

www.SID.ir

Environmental Sciences Vol.15 / No.4 / Winter 2018

1-14

Heavy metal concentrations (Cu, Pb and Zn) in three rangeland species and adjacent soils around Kiasar Cement Factory in Northern Iran

Reza Tamartash[1*] , Fatemeh Montazeri[1], Mohamadreza Tatian[1] and Ghorban Vahab Zadeh[2]

[1] Range Management group, Natural Resources Faculty, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

[2] Watershed Mnagement group, Natural Resources Faculty, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

Received: 2016.04.12 **Accepted:** 2017.11.11

Tamartash, R., Montazeri, F., Tatian, M.R. and Vahab Zadeh, Gh., 2018. Heavy metal concentrations (Cu, Pb and Zn) in three rangeland species and adjacent soils around Kiasar Cement Factory in Northern Iran. Environmental Sciences. 15(4): 1-14.

Introduction: Soil pollution by heavy metals has become an environmental problem due to their long-term sustainability and ecologically harmful effects. In soils contaminated by heavy metals, establishing plants with the ability to grow in affected areas, adapt and uptake heavy metals is both scientifically and economically beneficial.

Materials and methods: In the current study, soil and plant samples were taken using a systematic random sampling approach within a 500, 1250 and 2000 meter radius of the centre of Kiasar cement factory in Mazandaran Province. For each distance, three plant species (such as *Astragalus*, *Artemisia* and *Convolvulus*) and their adjacent soils were sampled in three replications resulting 54 samples (27 plant and 27 soil samples). The concentrations of Pb, Cu, and Zn in the samples were determined using an ICP-OES Device and data analyzed statistically using a randomized complete block design.

Results and discussion: Analysis of variance results in this study showed that the amount of heavy metals in the soil was higher than those obtained in plant species tissues ($p \leq 0.05$). The mean comparison of data showed that distance from factory had a significant affect on copper and lead concentrations in both soil and plant tissues ($p \leq 0.05$). While the copper concentration increased in both the soils and plant tissues, the amount of lead decreased with the increasing distance. The distance had no significant effect on zinc concentration in soil samples, but there were significant differences in plant species tissues and they do not follow the regular process. The correlation of heavy elements between plant species and soils showed that *Astragalus* and

* Corresponding Author. *E-mail Address*: r.tamartash@sanru.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

Artemisia had a significant correlation with copper (r = 0.7) and lead (r = 0.5), but *convolvulus* only had a significantly positive correlation with Zn.

Conclusion: Due to the high potential of *Astragalus* and *Artemisia* species in up-taking the heavy metals, these species can be used in refining contaminated areas with same ecological conditions.

Keywords: Heavy metals, Soil pollution, Cement factory, Kiasar, Mazandaran Province.

Archive of SID

www.SID.ir