



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

رضا تمر تاش^{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 پذیرش: ۹۶/۸/۲۰

تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۲۴

تمر تاش، ر.، ف. منتظری، م.ر. طاطیان و ق. وهاب‌زاده. 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): ۱-۱۴.

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 کاملاً تصادفی آزمایش شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده 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

مقدمه

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 از آلاینده‌های 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 نهایتاً 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 راه‌حلی برای رفع و یا کاهش آلاینده‌ها از محیط زیست در جهت توسعه پایدار کمک گرفت (Addo et al., 2012; Mandal & Voutchkov, 2011).

در پی رفع آلودگی فلزات سنگین در چند 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 به کار 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*، *Stachys lavandulifolia*، *Descuraini sophia* و *Echium amoenum* خاصیت بیش‌اندوزگر برای سرب و

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 آلاینده‌ی خاک که به تبع آن جوامع گیاهی 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

صورت گرفته از این گیاهان، میزان آلودگی و چگونگی مدیریت آنها در برنامه‌های آبی مورد استفاده قرار گیرد. گونه‌های *Artemisia Asteragalus vereskensis* و *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° و با عرض جغرافیایی ۱۲' ۵۰" ۳۶° تا ۱۳' ۴۰" 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 قابل ملاحظه‌ای 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

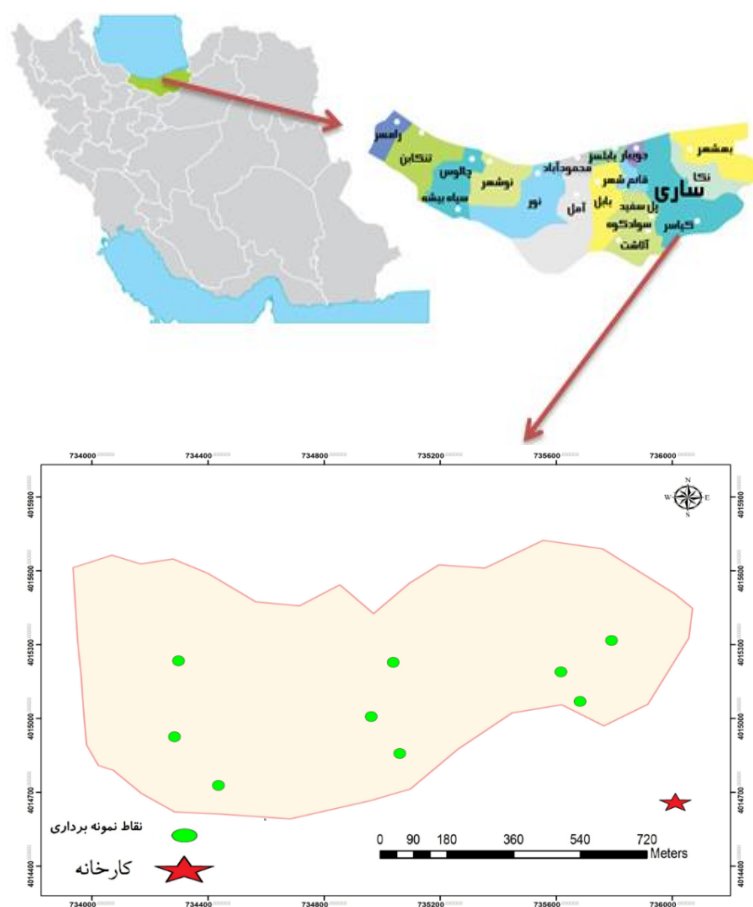
روی از طریق فرآیند گیاه استخراجی دارند و گونه گون برای عنصر روی بیش‌اندوزگر است. همچنین در پژوهشی که توسط Wang et al. (2011) درباره گونه‌های مرتعی در چهار سایت آلوده به فلزات سنگین مورد بررسی قرار گرفت، آمده که گونه *Chlorophytum comosum* نسبت به سایر گونه‌های مورد بررسی ظرفیت گیاه پالایی مناسب‌تری برای 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، به طوری 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 قابل کشت 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

تعداد ۲۷ نمونه گیاه و ۲۷ نمونه خاک جمع‌آوری شد. نمونه‌برداری از گیاهان در پلات‌های مستقر شده در فواصل منظم به مساحت یک مترمربعی انجام شد. نمونه‌برداری خاک به صورت دستی و به وسیله بیلچه صورت گرفت. نمونه‌های خاک درون پاکت‌های مخصوص قرار داده شدند و برای انجام آزمایشات به آزمایشگاه منتقل شد (شکل ۱).

شد. نمونه‌های اول از فاصله ۵۰۰ متری کارخانه و نمونه‌های بعدی از فاصله ۱۲۵۰ متری و نهایتاً 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



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی در استان مازندران
Fig. 1- Geographical positions of the study location in Mazandaran Province

متری کارخانه و نمونه‌های بعدی از فاصله ۱۲۵۰ متری و نهایتاً 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

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

آنالیز داده‌ها

برای تجزیه و تحلیل 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).

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 به صورت دستی و به وسیله بیلچه صورت گرفت. نمونه‌های خاک درون پاکت‌های مخصوص قرار داده شدند و برای انجام آزمایشات به آزمایشگاه منتقل شد.

اندازه‌گیری

نمونه‌های گیاهی خشک‌شده به وسیله دستگاه آسیاب پودر شده و دو گرم از نمونه پودر شده درون کاسه چینی توزین و درون آون با درجه حرارت ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت دو ساعت قرار گرفت و برای تجزیه عناصر به وسیله 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 Reshquoeieh *et al.*, 2016).

خاک / گیاه $BAF = C$ (فاکتور تجمع زیستی)
 C گیاه بیان‌کننده میانگین غلظت فلزات در گیاه و C خاک مربوط به میانگین غلظت فلزات در خاک است.

جدول ۱- 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

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

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

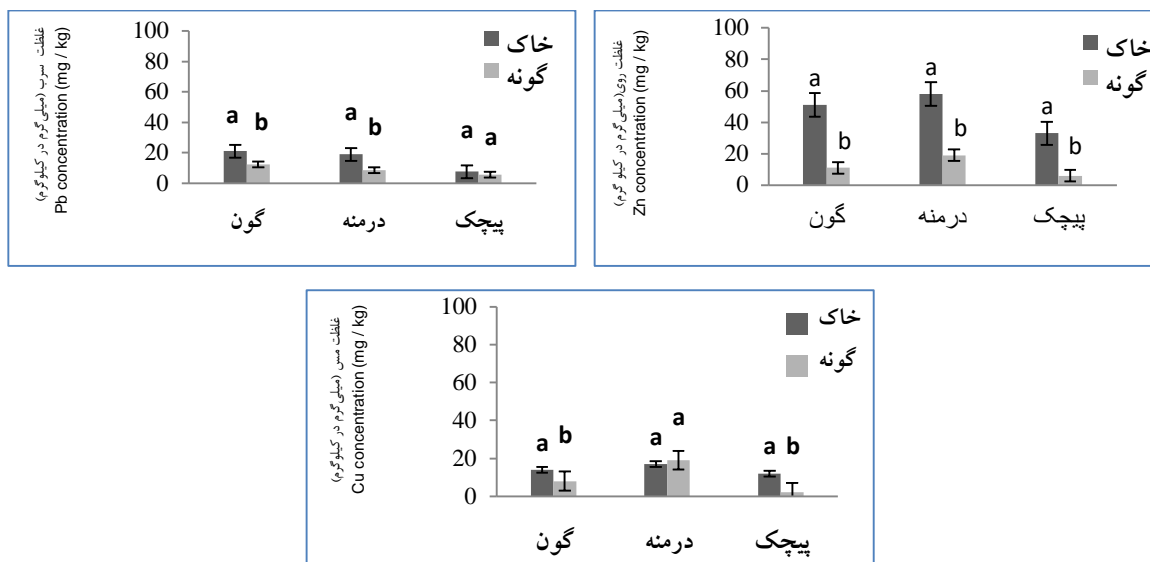
ns: عدم تفاوت معنی دار * تفاوت معنی دار در سطح احتمال پنج درصد ** تفاوت معنی دار در سطح احتمال یک درصد
 ns: No significant difference; *significant difference at 0.05 probability level; **significant difference at 0.01 probability level.

میلی گرم بر کیلوگرم محاسبه شد. در خاک ریزوسفری گونه‌های مورد بررسی، گون ۵۱/۳۱، درمنه ۵۸/۱۷ و پیچک ۳۳/۸۵ میلی گرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد. *Shu et al.* (2002) بیان می‌دارد که مقدار روی در گیاهان بوته‌ای بین ۷-۶۶ میلی گرم بر کیلوگرم نوسان دارد. در نتایج به‌دست آمده از این تحقیق مقدار روی در گونه‌های بوته‌ای بین ۱۱ تا ۱۹ میلی گرم 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 به دلیل 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 معنی داری بین گونه پیچک و خاک پای آن مشاهده نشد ولی گونه‌های درمنه و گون با خاک پایشان دارای اختلاف معنی داری بوده‌اند. در نتایج ناشی از غلظت عنصر مس گونه درمنه نسبت به گونه پیچک و گون اختلاف معنی داری را در مقایسه با خاک ریزوسفری نشان نداده‌اند (شکل ۲). *Moreno et al.* (2009) معتقدند که مقدار روی در خاک در بیشتر موارد

با توجه به شکل ۲ گونه‌های مورد بررسی در میزان تجمع روی اختلاف معنی داری را با خاک ریزوسفری داشته‌اند به طوری که همواره میزان این عنصر در خاک بیشتر از گونه‌های مورد بررسی بوده است. ولی با دور شدن از کارخانه اختلاف معنی داری در غلظت فلز روی در خاک ریزوسفری مشاهده نشد در صورتی که در غلظت گونه‌ها اختلاف معنی دار 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 میلی گرم بر کیلوگرم، به دلیل ایجاد بی‌نظمی‌های عملکردی و ساختاری برای گیاهان سمی است و می‌تواند علائم مختلف مسمومیت گیاهی را به دنبال داشته باشد (*Zeng et al.*, 2011). غلظت اندازه‌گیری شده فلز روی در گونه گون، درمنه و پیچک به ترتیب ۱۱/۳۸، ۱۹/۰۷ و ۶/۸۴

فرآیندهای متابولیکی و فیزیولوژیکی گیاه است و به دلیل متحرک بودن، باعث جذب بیشتر روی نسبت به سایر عناصر می شود (Vejdani Moradkandi *et al.*, 2014).

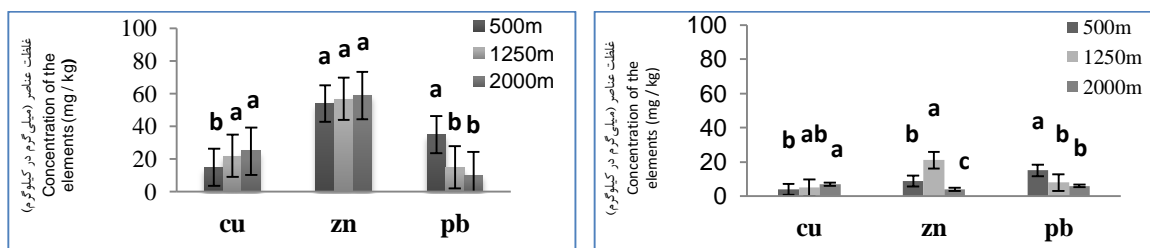
بیشتر از مس است. نتایج این تحقیق با بررسی های انجام شده همراستا است. همچنین بیشترین غلظت در گونه های مورد نظر مربوط به فلز روی است. روی عنصر حیاتی و ضروری در



شکل ۲- مقایسه میانگین عناصر سرب، روی و مس در خاک و گونه های مورد بررسی
Fig. 2- Compare means of lead, zinc and copper in soil and species studied

کوچک تر فاصله بیشتری را طی کرده و در منطقه ای دورتر ته نشین می شوند بر این اساس ذرات بزرگتر از ۱ میلی متر کمتر پراکنده شده و موجب افزایش غلظت فلزات در نزدیکی منبع آلودگی می شوند، در حالی که ذرات کوچکتر از این مقدار در فاصله ای دورتر پراکنده می شوند (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 افزایش دهنده غلظت فلزات را فعالیت های صنعتی در منطقه عنوان کردند (Delijani *et al.*, 2009).

نتایج نشان داد که با افزایش فاصله غلظت مس در خاک و گونه ها افزایش معنی داری داشته است. همچنین با دور شدن از کارخانه اختلاف معنی داری در غلظت فلز روی در گونه ها ملاحظه شد ولی از روند خاصی پیروی نکرده است. تغییرات سرب در خاک ریزوسفر و گونه ها دارای اختلاف معنی دار بوده و از روند کاهشی تبعیت کرده است (شکل ۳). ذرات پراکنده شده در منطقه بر اساس اندازه در فواصل مختلف نشست می کنند. بر این اساس ذرات درشت تر فاصله کمتری را پیموده و بنابراین پس از خروج در نزدیک ترین محل نشست می کنند، در حالی که ذرات



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

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 معمولاً با افزایش غلظت این عنصر در خاک افزایش می‌یابد (Kribek et al., 2014)، که با نتایج حاصل از این تحقیق مغایرت دارد.

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 (جدول ۳). Einollahi (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

جدول ۳- آنالیز واریانس عناصر سنگین خاک در فواصل بررسی‌شده

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

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

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

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 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

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

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 نمونه‌برداری شده، 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

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 نسبتاً 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 ترتیب ۵۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (Samarghandi *et al.*, 2007). با توجه به غلظت اندازه‌گیری شده 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 تحت‌تأثیر 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 بخش‌های 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 طوری که فاکتور تجمع زیستی برای درمنه دشتی بیشتر از درمنه کوهی بوده است (Dalvand *et al.*, 2016).

سپاسگزاری

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

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.

منابع

- Aazami, J., Moradpour, H. and KianiMehri, 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., 2011. 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.,

- 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-propanol 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., Manzano, M.R., Carpena-Ruiza, R., Gamarrab, O. and Estebana, R., 2009. Heavy Metals Distribution in Soils Surrounding an Abandoned 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 Technologies. 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., Nasser, 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 accumulation 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 (*elaecarpus decipens*) in abandoned mine soils in southern china. *journal of Environmental sciences*. 21(3), 340-345.

- 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 Reshquoeieih, 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).





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 Montazeri¹, Mohamadreza Tatian¹ and Ghorban Vahab Zadeh²

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

² Watershed Mngement 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

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.