Archive of SID

نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد هشتم، شماره اول، ۱۳۹۷
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2017.12547.1709

تأثیر جهت و فاصله از کارخانه پرهام‌روی زنجان بر غلظت و فاکتور انتقال روی در ورک و سلمه‌تره

محمد بابااکبری ساری[1]*، رضا عسگری[2]، مهدی تفویضی[3] و تورج خوش‌زمان[4]

[1]استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان، [2]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان، [3]دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان، [4]محقق بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۵/۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۹/۲۱

چکیده

سابقه و هدف: آلودگی خاک و گیاه به عناصر سنگین مانند روی در اثر فعالیت‌های صنعتی بر سلامت انسان‌ها آثار سوء داشته است. کارخانجات صنعتی و معادن، کودها، سموم، فاضلاب‌ها از مهم‌ترین منابع آلاینده آب، خاک و گیاهان به فلزات سنگین به‌شمار می‌آیند. استان زنجان دارای کارخانه‌های تولید روی و فعالیت‌های معدن‌کاوی زیادی بوده که باعث آلودگی خاک، آب و گیاهان شده است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر جهت و فاصله از کارخانه پرهام‌روی زنجان بر غلظت روی در خاک، ریشه و بخش‌هوایی و فاکتور انتقال روی در گیاهان مرتعی غالب منطقه (سلمه‌تره و ورک) اندازه‌گیری شد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گردید. فاکتورها شامل ۳ جهت (شمال‌شرق، شرق و غرب کارخانه)، ٦ فاصله (۲۵۰-۰، ۵۰۰-۲۵۰، ۷۵۰-۵۰۰، ۱۰۰۰-۷۵۰، ۱۲۵۰-۱۰۰۰ و ۱۵۰۰-۱۲۵۰ متری از کارخانه) و دو گیاه سلمه‌تره (*Chenopodium album*) و ورک (*Hulthemia persica*) بود. نمونه‌های گیاه و خاک از مناطق مورد نظر جمع‌آوری شد. نمونه‌های ریشه و بخش‌هوایی گیاه با استفاده از اسید نیتریک غلیظ هضم و روی قابل دسترس خاک با DTPA استخراج گردید. غلظت روی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اثر جهت و فاصله از کارخانه بر غلظت عنصر روی در بخش هوایی و ریشه و فاکتور انتقال معنی‌دار بود ($P<0/01$). بیش‌ترین غلظت روی در بخش هوایی و ریشه گیاه ورک به‌ترتیب ۱۱۲۵ و ۱۳۲۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک در جهت شمال‌شرق و در محدوده ۲۵۰-۰ متری از کارخانه بود. کم‌ترین غلظت روی در بخش هوایی و ریشه گیاه ورک به‌ترتیب ۷ و ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک در جهت غرب و در محدوده ۱۵۰۰-۱۲۵۰ متری از کارخانه بود. بیش‌ترین مقدار فاکتور انتقال (۱/٤٦) در گیاه سلمه‌تره و در محدوده ۱۵۰۰-۱۲۵۰ متری در جهت شمال‌شرق و کم‌ترین مقدار فاکتور انتقال (۰/۲۲) در گیاه ورک و در محدوده ۱۵۰۰-۱۲۵۰ متری در جهت غرب کارخانه مشاهده گردید. اثر متقابل جهت، فاصله و گیاه بر غلظت عنصر روی در بخش هوایی و ریشه و فاکتور انتقال معنی‌دار بود ($P<0/01$).

* مسئول مکاتبه: babaakbari@znu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری: در جهت شمال‌شرق (باد غالب) آلودگی گیاه بیش‌تر تحت‌تأثیر باد قرار داشت اما در فواصل نزدیک به کارخانه در جهت شرق، فاضلاب خروجی و در جهت غرب، پسماند عامل اصلی آلودگی خاک و گیاه بود. گیاه ورک به‌خاطر ریشه‌های ضخیم و گسترده‌تر خود نسبت به گیاه سلمه‌تره روی بیش‌تری را توسط ریشه جذب و به بخش هوایی انتقال داده بود اما در جهت شمال‌شرق عامل ته‌نشست‌های اتمسفری ناشی از کارخانه نقش مهمی در آلودگی خاک و گیاهان داشت. گیاه سلمه‌تره به‌خاطر زیست‌توده گیاهی بالا روی را بیش‌تری در بخش هوایی خود نسبت به گیاه ورک با ساقه زبر و تیغ‌دار از هوا جذب نموده بود، به همین دلیل فاکتور انتقال نیز در گیاه سلمه‌تره در فواصل دورتر در جهت باد غالب بیش‌تر از گیاه ورک بود. ورک در مناطق دپوی پسماندها، روی بیش‌تری به بخش هوایی انتقال داده بود.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، ته‌نشست اتمسفری، فعالیت صنعتی، فاضلاب، دپوی پسماندها

مقدمه

آلودگی خاک[1] و گیاه به فلزات سنگین یکی از مشکلات عمده زیست‌محیطی در جوامع بشری است که علاوه بر کاهش عملکرد و کیفیت محصول، پایداری تولیدات کشاورزی و سلامتی افراد جامعه را به خطر می‌اندازد (٤٢). تجمع فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی با توجه به اثرات مضر آن بر اکوسیستم خاک و به‌دلیل مسائل ایمنی، آلودگی مواد غذایی و خطرات بالقوه بهداشتی، باعث افزایش نگرانی‌های زیست‌محیطی شده است (۱۵). فلزات سنگین تجزیه‌ناپذیر بوده و به‌دلیل پایداری‌شان، در محیط زیست تجمع می‌یابند. این فلزات توسط موجودات زنده خاک قابل‌تجزیه نبوده و زمانی که ظرفیت خاک‌ها برای نگه‌داشت آن‌ها به‌دلیل افزایش غلظت در خاک کاهش می‌یابد به‌راحتی جذب گیاه شده و یا به آب‌های سطحی و زیرزمینی انتقال‌یافته و موجب آلودگی آن‌ها می‌شود (۳۸). فلزات سنگین از طریق فرایندهای خاک‌سازی[2] یا فعالیت‌های انسانی[3] وارد خاک می‌شوند (١٤). استخراج و ذوب فلزات و دود خروجی از کارخانجات صنعتی تخلیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی و مصرف لجن آن‌ها به‌عنوان کود، کاربرد کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها در کشاورزی از جمله مهم‌ترین منابع انسانی آلودگی فلزات سنگین در خاک می‌باشند (۳۲).

روی (Zn) یکی از عناصر ضروری کم‌مصرف بوده اما غلظت‌های بالای آن ایجاد مسمومیت می‌کند. کاباتا- پندیاس و پندیاس (۱۹۸٤) غلظت کل بحرانی برای آلودگی روی را در خاک‌های مختلف بسته به ظرفیت تبادل کاتیونی آن‌ها ۷۰ تا ٤۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیان کرده‌اند (۲۲). غلظت مجاز فلزات بسته به هدف گروه‌بندی، نوع خاک، سطح بهداشت و غیره در مناطق مختلف جهان متفاوت است (۱۱). مقدار غلظت روی به‌خصوص در خاک‌های اطراف کارخانه‌های صنعتی تولید فلز روی معمولاً در دامنه بحرانی گزارش شده است (١٦، ۲۸، ۳۱، ٣٦). غلظت فلزات سنگین در خاک سطحی و گیاهان اطراف مناطق صنعتی به فاصله از کارخانه، مدت زمان قرار گرفتن خاک و گیاه در معرض فلزات سنگین و همچنین به غلظت، میزان، نحوه توزیع و طول مدت انتشار گازها از دودکش، ارتفاع دودکش، تغییرات اتمسفری، سرعت و جهت باد، توپوگرافی زمین، ویژگی خاکی که گیاه در آن رشد کرده و همچنین

1- Soil pollution
2- Soil-building processes
3- Anthropogenic activities

www.SID.ir

Archive of SID

میزان رشد و توسعه گیاهان بستگی دارد (۲۷). آگراوال (۲۰۰۳) نشان داد که تەنشست‌های اتمسفری باعث افزایش غلظت عناصر سنگین در سبزیجات و محصولات مختلف کشاورزی شده است (۲). سانچز و همکاران (۱۹۹٤) رابطه مثبت بین تەنشست‌های اتمسفری و غلظت عناصر سنگین در خاک سطحی و گیاهان مشاهده نمودند (۳۵). سینک و کومار (۲۰۰٦) ثابت کردند که خطر آلودگی خاک و گیاه توسط تەنشست‌های اتمسفری در حد آلودگی با فاضلاب می‌باشد و اثر تەنشست‌های اتمسفری به ریخت‌شناسی و فیزیولوژی گیاهی مربوط می‌شود (۳۹). جسیر و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که غلظت عناصر سنگین در برگ‌های سبزیجات شسته نشده نسبت به برگ‌های شسته شده در اطراف مناطق صنعتی بیش‌تر بود (۳).

شارما و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که تەنشست‌های اتمسفری باعث افزایش غلظت روی، سرب، مس و کادمیوم در گونه‌های گیاهی و سبزیجات مختلف شدند و غلظت عناصر سنگین با توجه به جهت و موقعیت نقاط مورد مطالعه نسبت به منبع آلودگی متفاوت بود، مقدار تەنشست‌های اتمسفری بین ٤٤ تا ۲۲۷ میکروگرم در مترمربع در روز متفاوت بود به‌طوری‌که غلظت روی در لوبیا بین ۳۰ تا ۱٦۳ میلی‌گرم در کیلوگرم بود و رابطه مثبت و معنی‌داری بین تەنشست‌های اتمسفری و غلظت روی در بخش هوایی لوبیا مشاهده شد. همچنین ایشان نشان دادند که غلظت عناصر سنگین در گیاهان کشت‌شده با فاضلاب افزایش یافت و تجمع مواد حاوی این عناصر باعث افزایش آلودگی گیاهان گردید (۳۷). انوار و همکاران (۲۰۱٦) نیز مطالعه‌ای را با هدف بررسی و مقایسه فیزیولوژیکی، رشد و پاسخ سبزیجات برگی به فاضلاب انجام دادند، نتایج نشان داد که بالاترین زیست‌توده گیاهی و کم‌ترین غلظت فلزات کادمیوم، مس، سرب و روی در تیمار شاهد (سبزی آبیاری شده با آب سالم) مشاهده شد (۵). شارما و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که تەنشست‌های اتمسفری باعث افزایش غلظت عناصر سنگین در خاک و برگ و میوه گیاهان شد (۳۷). ووستا و همکاران (۱۹۹٦) گزارش کردند که جذب و تجمع فلزات سنگین در گیاهان، تحت‌تأثیر شرایط اقلیمی، تەنشست‌های اتمسفری و غلظت عناصر در خاک می‌باشد (٤۳).

میرشکالی و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که سلمه‌تره و سورگوم می‌تواند عنصر روی خاک آلوده را جذب کنند و جزء گیاهانی می‌باشد که توانایی متوسط تا زیادی در جذب روی خاک دارند. سلمه‌تره در غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی در خاک، بالاترین عملکرد را داشته است در حالی‌که سورگوم سطوح بالای آلودگی (بیش‌تر از ۹۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) را جذب و تحمل نموده است (۲۵). کازینا و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که ارزن‌وحشی به غلظت‌های بالای روی مقاوم بوده و توانایی تجمع روی در ریشه‌ها و ساقه‌های خود را دارد و می‌توان از آن به‌عنوان یک گیاه مناسب برای پالایش سبز در مناطق آلوده به روی استفاده کرد (۲۳). آمر و همکاران (۲۰۱۳) غلظت روی در بخش‌هوایی آتریپلکس را تا بیش از ٤۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش نمودند (٤).

بهمنی و همکاران (۲۰۱۳) مطالعه‌ای را بر روی میزان آلودگی گونه‌های گیاهی ورک، افسانی، فریون شاخه ضخیم، ازمک، خارشتر و جارو در اطراف شهرک صنعتی روی به عناصر سنگین انجام دادند و نشان دادند که بیش‌ترین مقدار روی در ریشه و بخش هوایی گونه گیاهی ازمک و بیش‌ترین مقدار سرب

www.SID.ir

Archive of SID

ریشه در گیاه ورک و بیش‌ترین مقدار سرب تجمع‌یافته در اندام هوایی گیاه ازمک مشاهده شد. میانگین مقدار عناصر سنگین تجمع‌یافته در تمامی نمونه‌های گیاهی بسیار بالاتر از حد مجاز جهانی و بیش‌ترین تجمع عناصر در نمونه‌هایی مشاهده گردید که فاصله کمی با منبع آلودگی داشتند (۷). پری‌زنگنه و همکاران (۲۰۱۰)، غلظت بالای سرب، روی و کادمیوم را در خاک‌های سطحی و گیاهان اطراف شهرک صنعتی روی گزارش کردند، به‌طوری‌که میزان این عناصر بالاتر از محدوده استاندارد ایران بود. منبع اصلی آلودگی خاک و گیاهان مورد مطالعه، مربوط به دود و گاز خروجی از دودکش کارخانجات بود و میانگین غلظت روی معادل کل خاک ۵۶۸/۳۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بیان شد (۳۱). مطالعه‌ای توسط زنگ و همکاران (۲۰۰۷)، بر روی خطر عناصر سنگین جیوه، سرب، روی و مس بر سلامتی ساکنان اطراف کارخانه روی شهر هولوداو[1]، واقع در استان لیائونینگ[2] چین (به‌عنوان بزرگ‌ترین کارخانه تولید روی در آسیا با تولید سالانه ۳۳۰ هزار تن روی)، صورت گرفت. در این آزمایش ۲۰ نمونه انواع سبزی و نمونه‌های خاک از هشت منطقه اطراف کارخانه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که فعالیت‌های ذوب روی به‌طور جدی گیاه، خاک، آب و هوای اتمسفر منطقه مجاور را آلوده نموده است. ایشان دامنه غلظت روی کل خاک را در فاصله ۵۰۰-۰ متری برابر ۴۱۷۲-۸۴۸ میلی‌گرم در کیلوگرم و در فاصله ۱۰۰۰-۵۰۰ متری، ۷۵۹-۲۳۸ میلی‌گرم در کیلوگرم و درفاصله بیش‌تر از ۱۰۰۰ متری ۱۳۳۴-۸۹۹ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش کردند (۴۵). عظیمی و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که غلظت فلزات سنگین در خاک و گیاه عمدتاً به فعالیت‌های صنعتی وابسته بوده و بیش‌تر در مناطق اطراف کارخانجات تجمع‌یافته است به‌طوری‌که سالانه به‌طور متوسط ۲۰ گرم در هکتار سرب و روی وارد خاک مناطق اطراف کارخانه شده است در حالی‌که جنگ و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که برخی از عناصر سنگین مانند سرب و روی ممکن است سالانه تا ۲۴۰ گرم در هکتار از طریق ته نشست‌های اتمسفری ناشی از فعالیت‌های صنعتی وارد خاک مناطق اطراف مراکز صنعتی شود و آلودگی قابل‌توجهی ایجاد کند (۶، ۱۷).

سلمه‌تره یا سلمک با نام علمی *Chenopodium album* گیاهی از خانواده *Chenopodiaceae* که گیاهی یک‌ساله، ایستا و به ارتفاع ۳۰ تا ۱۸۰ سانتی‌متر می‌باشد. سلمه‌تره یکی از علف‌های هرز مشکل‌ساز در اراضی کشاورزی بوده و به‌عنوان یکی از علف‌های هرز عمده در ۴۰ محصول زراعی از جمله مزارع پنبه، چغندرقند، توتون، ذرت، باغ‌های سبزی و صیفی در سطح دنیا شناخته شده است. ورک یا علف خرس یا رز ایرانی با نام علمی *Hulthemia persica* یکی از گونه‌های رز است که جزء گیاهان درختچه‌ای و چندساله که توسط بذر تکثیر می‌یابد. انشعابات جوان تولید برگ‌های تیغ‌دار و زبر می‌نماید. زمان گلدهی ورک فروردین تا تیرماه می‌باشد. این علف هرز به‌طور عمده در اراضی بایر و حاشیه باغ‌ها و جاده‌ها یافت می‌شود و برای تثبیت خاک و کاهش فرسایش در مناطق مشکل‌دار مناسب است (۳۳).

هدف از این پژوهش، بررسی اثر کارخانه پرهام‌روی زنجان بر غلظت روی خاک سطحی و غلظت و فاکتور انتقال روی در گیاهان مرتعی غالب اطراف کارخانه (سلمه‌تره و ورک) در جهات و فواصل مختلف از کارخانه بود.

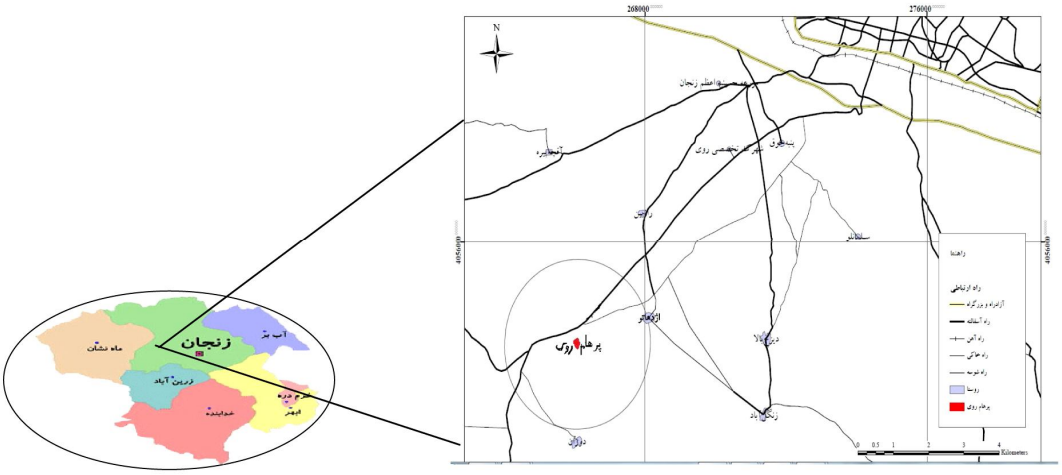
1- Huludao
2- Liaodong

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: استان زنجان با مساحت ۲۲۱٦٤ کیلومترمربع دارای معادن غنی و کارخانه‌های فرآوری عناصر معدنی و یکی از قطب‌های اصلی تولید سرب و روی کشور به‌شمار می‌رود. کارخانه پرهام‌روی زنجان با مساحت یک هکتار در سال ۱۳۷۹ تأسیس شده است، این کارخانه در جنوب‌غربی زنجان در مسیر جاده زنجان به بیجار در ۱۲ کیلومتری از شهر واقع شده است و دارای عرض جغرافیایی ۳٦ درجه و ۳۵ دقیقه جنوبی و طول ٤۸ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی می‌باشد (شکل ۱) باد غالب منطقه در فصول تابستان و پاییز از جهت جنوب‌غرب به‌سمت شمال‌شرق و در فصول زمستان و بهار از جهت غرب به‌سمت شرق می‌باشد (۱۹). در غرب کارخانه دپوی پسماندها قرار دارد و فاضلاب خروجی از سمت شرق کارخانه عبور می‌کند. از جهت جنوب کارخانه به کوه‌ها محدود می‌شود.



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه اطراف کارخانه پرهام‌روی زنجان.

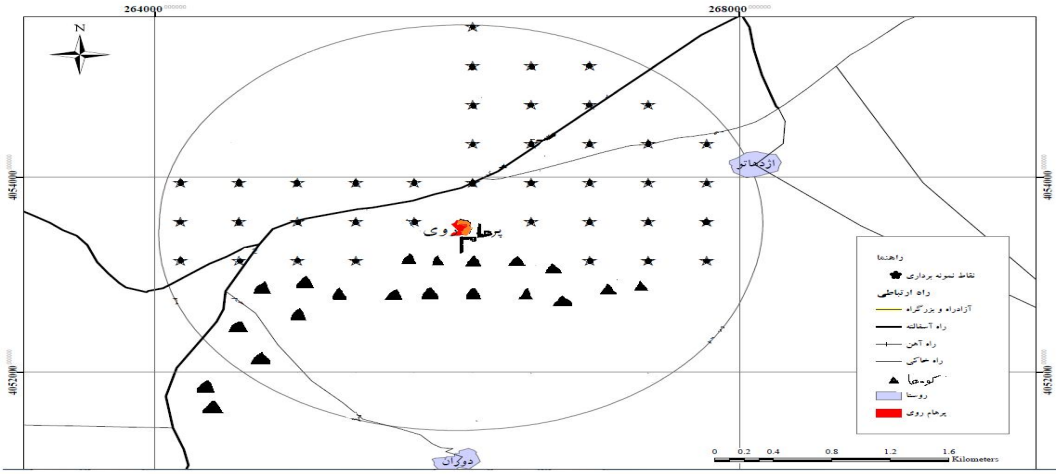
Figure 1. Map of the study area surroundings of the Parham – zinc factory of Zanjan.

نمونه‌برداری: ابتدا موقعیت کارخانه پرهام‌روی زنجان، مزارع، باغات و مراتع اطراف بررسی شد و نمونه‌برداری با توجه به توزیع گونه‌های گیاهی غالب منطقه و با ثبت مختصات جغرافیایی نقاط به‌وسیله GPS[1] در سه جهت شمال‌شرق، شرق و غرب کارخانه و به فواصل (۱۵۰۰-۱۲۵۰، ۱۲۵۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰-۷۵۰، ۷۵۰-۵۰۰، ۵۰۰-۲۵۰، ۲۵۰-۰ متری از کارخانه) انجام شد. ورک و سلمه‌تره ۲ گیاه غالب منطقه بود به‌طوری‌که در فواصل نزدیک کارخانه نیز مشاهده گردید. در هر قطعه، در اواخر شهریورماه ۱۳۹۵ و در مراحل انتهایی رشد، هم‌زمان نمونه‌های گیاه و خاک از دو عمق (۱۰-۰ cm و ۳۰-۱۰ cm) در سه تکرار و به‌صورت تصادفی تهیه شد (۱ و ۲۹). نمونه پسماندهای انباشته‌شده در غرب، لجن فاضلاب و فاضلاب خروجی از شرق کارخانه نیز در سه تکرار تهیه شد (شکل ۲).

1- Global Positioning System

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- نقشه نقاط نمونه‌برداری‌شده.

Figure 2. Map of sampling points.

نحوه انجام آزمایش

نمونه‌های گیاهی: نمونه‌های گیاهی پس از انتقال به آزمایشگاه با آب مقطر شستشو داده شدند. هر یک از نمونه‌های گیاهی به دو بخش ریشه و بخش هوایی جدا شده و در آون و در دمای ۷۰ درجه سیلسیوس به‌مدت ۷۲ ساعت خشک شدند. برای تهیه عصاره به‌منظور اندازه‌گیری عنصر روی در اندام گیاهی، از روش هضم‌تر (اسید نیتریک غلیظ و آب‌اکسیژنه ۳۰ درصد) استفاده شد (۲۱). غلظت روی با دستگاه جذب اتمی (Varian) اندازه‌گیری شد. پس از تعیین غلظت روی در بخش هوایی و ریشه، فاکتور انتقال با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (۱۸).

غلظت عنصر در ریشه / غلظت عنصر در بخش هوایی = فاکتور انتقال (TF)

نمونه‌های خاک: نمونه‌های خاک پس از هواخشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و غلظت روی قابل‌دسترس به روش DTPA استخراج (۲٤) و با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. همچنین غلظت معادل کل و قابل‌جذب (استخراج‌شده با DTPA) روی در لجن فاضلاب و پسماند کارخانه و غلظت کل روی فاضلاب خروجی از کارخانه اندازه‌گیری شد (٤۰). بافت خاک به روش هیدرومتری (۹)، کربن آلی خاک به روش اکسایش تر (٤٤)، قابلیت هدایت الکتریکی خاک در عصاره اشباع با EC متر، pH عصاره اشباع با pH متر (۱۰) و کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون (۳٤) اندازه‌گیری شدند.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های اطراف کارخانه: جدول ۱ برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به مقادیر pH و کربنات کلسیم معادل، خاک‌های مورد مطالعه یک خاک قلیایی و آهکی به‌شمار می‌رود. درصد ماده آلی کم‌تر از یک درصد و هدایت الکتریکی خاک پایین و خاک‌ها غیرشور بود (جدول ۱). میانگین درصد آهک، درصد ماده آلی و هدایت الکتریکی خاک آهکی منطقه مورد مطالعه نزدیک به هم بودند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- میانگین برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه.

Table 1. The mean of Some physical and chemical properties of soil in the study area.

جهت Direct	آهک CCE %	هدایت‌الکتریکی EC ds m^{-1}	واکنش خاک pH	ظرفیت تبادل CEC $cmol_{(+)}/Kg$	ماده آلی OM %	سیلت Silt %	شن Sand %	رس Clay %
شمال‌شرق Northeast	19.3	0.62	7.83	16.3	0.51	38.7	39.1	22.2
شرق East	22.5	0.68	7.78	14.5	0.36	41.7	42	16.3
غرب West	26.7	0.43	7.91	10.26	0.21	45	41.8	13.2

ویژگی‌های پسماند، لجن فاضلاب و پساب تولیدی کارخانه: غلظت روی معادل کل در پسماندهای دپوشده و لجن فاضلاب به‌ترتیب ۳۶۰۰ و ۳۲۵۰ و غلظت روی استخراج‌شده با DTPA به‌ترتیب ۵۹۱ و ۶۵۹ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. غلظت روی پساب خروجی ۰/۳ میلی‌گرم در لیتر بود (جدول ۲).

جدول ۲- میانگین غلظت روی در پسماند، لجن فاضلاب و فاضلاب کارخانه.

Table 2. The mean of zinc concentration in the factory waste, sewage sludge and sewage water.

	پسماند Waste $mg\ kg^{-1}$	لجن فاضلاب sewage sludge $mg\ kg^{-1}$	فاضلاب خروجی sewage water $mg\ L^{-1}$
غلظت معادل کل pseudo Total concentration	3600	3250	0.3
غلظت قابل‌جذب available Concentration	591	659	-

غلظت روی قابل‌دسترس خاک در ۳ جهت: اثر فاصله از کارخانه در هر سه جهت بر غلظت روی استخراج‌شده با DTPA خاک سطحی و زیرسطحی در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). روی قابل‌دسترس خاک تا فاصله ۵۰۰ متری بیش‌تر از سایر محدوده‌ها بود و اختلاف معنی‌داری با مناطق دورتر نشان داد. با توجه به جهت باد غالب (شمال‌شرق)، روی قابل‌دسترس خاک در جهت شمال‌شرق کارخانه تحت‌تأثیر ته‌نشست‌های اتمسفری بود، در جهت شرق، فاضلاب و لجن خروجی و همچنین ته‌نشست‌های اتمسفری و در جهت غرب غلظت روی بیش‌تر تحت‌تأثیر دپوی پسماندها بود. در بیش‌تر نقاط نمونه‌برداری غلظت روی خاک سطحی بیش‌تر از خاک زیرسطحی بود، که به فعالیت‌های صنعتی کارخانه مربوط می‌شود (جدول ۳).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- غلظت روی قابل‌دسترس (میلی‌گرم در کیلوگرم) خاک سطحی و زیرسطحی با توجه به فاصله از کارخانه در سه جهت.

Table 3. Zn concentration available (mg kg $^{-1}$) in surface and subsurface soil according to the distance from factory in three directions.

غرب West		شرق East		شمال‌شرق Northeast		فاصله (متر) / جهت Direct \ Distance (m)
زیرسطحی Subsurface (10-30 cm)	سطحی Surface (0-10 cm)	زیرسطحی Subsurface (10-30 cm)	سطحی Surface (0-10 cm)	زیرسطحی Subsurface (10-30 cm)	سطحی Surface (0-10 cm)	
385.41^{a}	412.66^{b}	360.66^{b}	414.75^{b}	398.31^{a}	503.66^{a}	0-250
499.33^{a}	591.35^{a}	577.66^{a}	659.66^{a}	434.16^{a}	368.33^{a}	250-500
190.27^{b}	227.74^{c}	48.33^{c}	59.33^{c}	94.54^{b}	153.33^{b}	500-750
22.43^{c}	29.32^{d}	35.52^{c}	40.25^{c}	86.12^{b}	67.12^{b}	750-1000
16.47^{c}	19.23^{d}	15.33^{c}	21.66^{c}	21.29^{b}	32.21^{b}	1000-1250
6.33^{c}	8.27^{d}	10.24^{c}	14.24^{c}	29.13^{b}	43.66^{b}	1250-1500
186.70	214.76	174.62	202.48	177.25	194.71	میانگین Mean

در هر ستون، اعدادی که دارای حروف مشترک می‌باشند، ازنظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند.

اثر عوامل آزمایشی بر غلظت و فاکتور انتقال روی در دو گیاه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی جهت و فاصله از کارخانه بر غلظت روی در بخش هوایی و ریشه و فاکتور انتقال در دو گیاه ورک و سلمه‌تره معنی‌دار بود ($P<0/01$)، اما اثر اصلی گیاه بر غلظت روی بخش هوایی و ریشه و فاکتور انتقال معنی‌دار نبود (جدول ٤).

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس اثرات عوامل آزمایش بر فاکتور انتقال، غلظت روی بخش هوایی و ریشه در گیاه ورک و سلمه‌تره.

Table 4. The results of analysis of variance for the effects of experimental treatments on Translocation Factor, Zn concentration in shoot and root of *Hulthemia persica* and *Chenopodium albumin*.

فاکتور انتقال Translocation Factor	میانگین مربعات mean of squares		درجه آزادی Df	منابع تغییرات Source of variation
	ریشه Root	بخش هوایی Shoot		
0.0062^{ns}	57.79^{ns}	645.33^{ns}	1	گیاه Plant
1.2376**	407511.95**	341263.51**	2	جهت Direction
0.1290**	3767222.16**	2874930.08**	5	فاصله Distance
0.0831**	2133.51^{ns}	6735.08^{ns}	2	گیاه * جهت Plant * Direction
0.01543*	1289.85^{ns}	2243.29^{ns}	5	گیاه * فاصله Plant * Distance
0.4155**	230573.58**	238926.93**	10	فاصله * جهت Direction * Distance
0.0247**	13159.84**	9702.04**	10	گیاه * جهت * فاصله Plant * Direction * Distance
0.0055	2360.76	2554.67	72	خطا Error
9.26	10.62	12.73	-	ضریب تغییرات (٪) Coefficient of variation

^{ns} غیرمعنی‌دار، * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

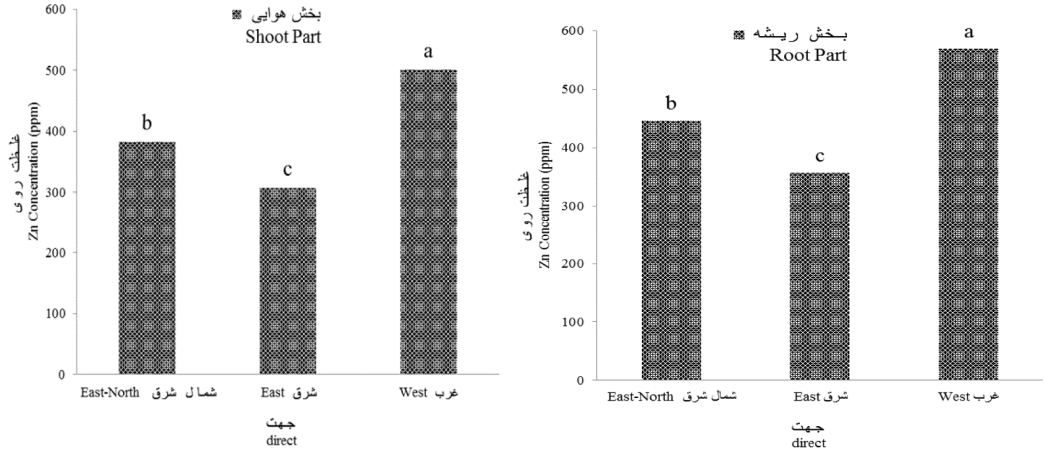
^{ns} no-significant difference, * and ** significant difference at P<0.05 and P<0.01, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

اثر متقابل (گیاه × جهت) و اثر متقابل (گیاه × فاصله) بر فاکتور انتقال به‌ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد در گیاهان ورک و سلمه‌تره معنی‌دار بود، اما بر غلظت روی در بخش هوایی و ریشه معنی‌دار نبود. همچنین اثر متقابل گیاه × جهت × فاصله بر غلظت روی در بخش هوایی، ریشه و فاکتور انتقال روی معنی‌دار بود (P<۰/۰۱).

اثر اصلی جهت بر غلظت روی و TF در دو گیاه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر جهت بر غلظت روی بخش هوایی، ریشه در سطح (P<۰/۰۱) معنی‌دار بود (جدول ٤). میانگین غلظت روی بخش هوایی و ریشه در جهت غرب به‌ترتیب با ۵۰۰ و ٥٦٩ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک بیش‌ترین و در جهت شرق میانگین غلظت روی بخش هوایی و ریشه به‌ترتیب با ۳۰۷ و ۳۵۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک کم‌ترین بود، غلظت بالای روی در جهت غرب به‌علت تجمع و دپوی پسماندهای کارخانه بود (شکل ۳).



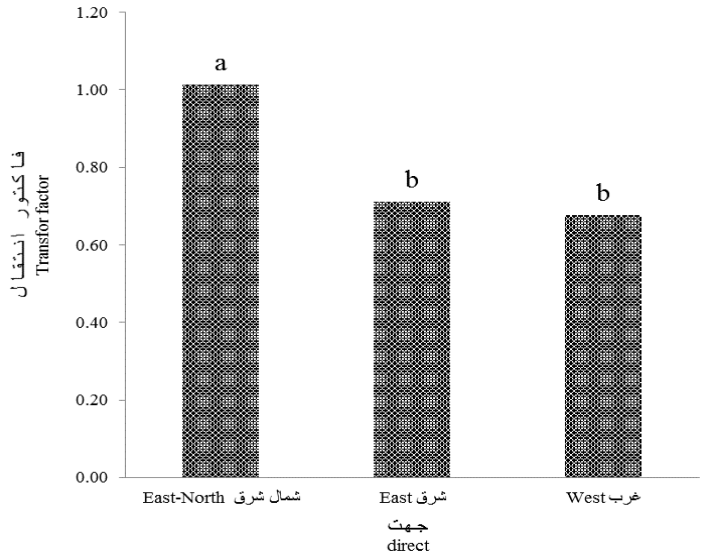
شکل ۳- اثر جهت نسبت به کارخانه بر غلظت روی در گیاهان ورک و سلمه‌تره.

Figure 3. Effects of direction relative to factory on Zinc concentration of *Hulthemia persica* and *Chenopodium albumin*.

جهت گیاه نسبت به کارخانه به‌طور غیرمستقیم و به‌علت تأثیر بر غلظت روی خاک و گیاه بر مقدار TF اثر داشت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر جهت بر فاکتور انتقال در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ٤) به‌طوری‌که میانگین فاکتور انتقال در جهت شمال‌شرق با مقدار ۱/۰۱ بیش‌ترین و در جهت غرب با مقدار ۰/٦۷ کم‌ترین بود (شکل ٤). در جهت شمال‌شرق (باد غالب منطقه) ته‌نشست‌های اتمسفری روی توسط بخش هوایی گیاه در طول دوره رشد جذب شده‌اند و به نوعی باعث افزایش فاکتور انتقال شده‌اند که با نتایج آمر و همکاران (۲۰۱۳) و عظیمی و همکاران (۲۰۰٤) هم‌خوانی داشت (٤ و ٦). شارما و همکاران (۲۰۰۷)، ته‌نشست‌های اتمسفری، جهت و موقعیت نقاط مورد مطالعه نسبت به منبع آلودگی را عامل اصلی افزایش غلظت روی بخش هوایی و فاکتور انتقال در گونه‌های گیاهی دانستند (۳۷).

www.SID.ir

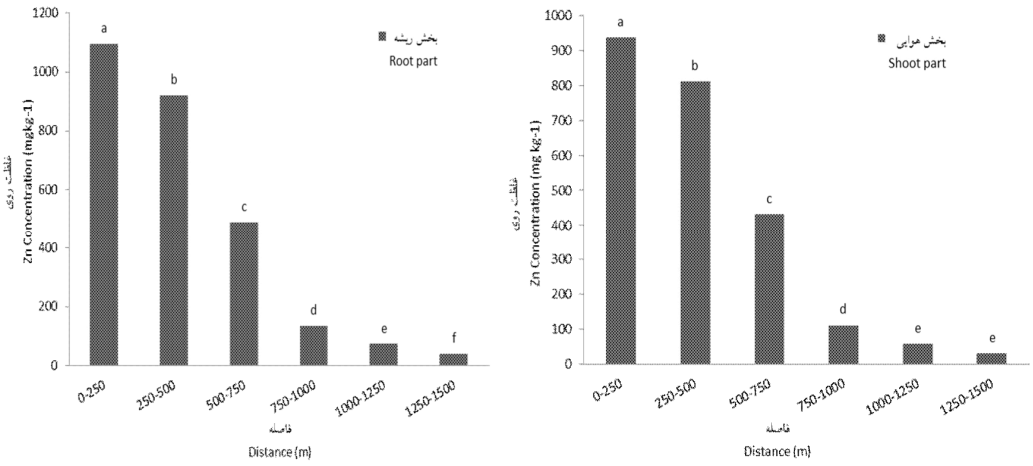
Archive of SID



شکل ٤- اثر جهت نسبت به کارخانه بر میانگین فاکتور انتقال روی.

Figure 4. Effects of direction relative to factory on mean of zinc Translocation Factor.

اثر اصلی فاصله بر غلظت روی و TF در دو گیاه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی فاصله بر غلظت روی بخش هوایی و ریشه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ٤). میانگین غلظت روی بخش هوایی و ریشه در محدوده ۲۵۰-۰ متری به‌ترتیب با ۹۳۷ و ۱۰۹۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک بیش‌ترین و در محدوده ۱۵۰۰-۱۲۵۰ متری میانگین غلظت روی بخش هوایی و ریشه به‌ترتیب با ۲۹ و ۳۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک کم‌ترین بود، غلظت بالای روی در محدوده ۲۵۰-۰ متری در بخش ریشه به‌دلیل تأثیر فاضلاب و دپوی پسماندهای کارخانه و در بخش هوایی علاوه بر تأثیر فاضلاب و دپوی پسماندها به‌دلیل غلظت بالای روی در ته‌نشست‌های اتمسفری بود (شکل ۵).



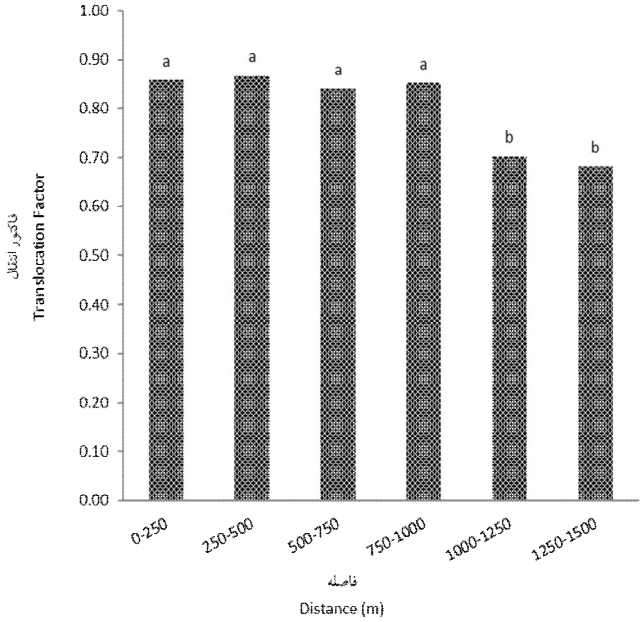
شکل ۵- اثر فاصله از کارخانه بر میانگین غلظت روی در بخش‌هوایی و ریشه ورک و سلمه‌تره.

Figure 5. Effect of distance from factory on Zinc concentration in shoot and root of *Hulthemia persica* and *Chenopodium albumin*.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی فاصله بر فاکتور انتقال در سطح ٪۱ معنی‌دار بود (جدول ٤) به‌طوری‌که میانگین فاکتور انتقال در محدوده ۲۵۰-۰ متری با مقدار ۰/۸٦ بیش‌ترین بود اما تا فاصله ۱۰۰۰ متری اختلاف معنی‌داری بین فاکتور انتقال وجود نداشت ولی فاکتور انتقال در فواصل ۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ متری کاهش معنی‌داری در سطح ٪۱ نشان داد. به‌عبارتی تا فاصله ۱۰۰۰ متری غلظت روی بخش هوایی هم تحت‌تأثیر روی جذب شده از خاک و هم روی ناشی از ته‌نشست‌های اتمسفری و انتقال از طریق هوا بوده است اما احتمالاً در فواصل دورتر فاکتور انتقال کم‌تر تحت‌تأثیر این عوامل بوده است و فعالیت کارخانه باعث افزایش یا بیش‌برآورد TF به‌ویژه در جهت شمال‌شرق شده است (شکل ٦).



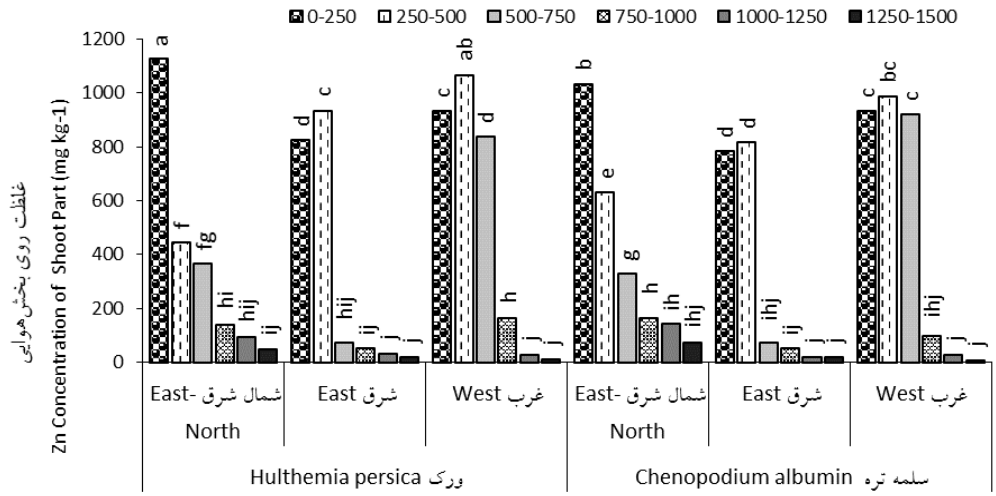
شکل ٦- اثر فاصله از کارخانه بر فاکتور انتقال روی.

Figure 6. Effect of distance from factory on zinc Translocation Factor.

اثرات متقابل فاصله، جهت و گیاه بر غلظت روی در بخش‌هوایی، ریشه و TF: اثر متقابل (گیاه × جهت × فاصله) در سطح احتمال ٪۱ بر غلظت روی در بخش هوایی، ریشه و فاکتور انتقال معنی‌دار بود. همان‌طور که بیان گردید اثر متقابل (گیاه × جهت) و اثر متقابل (گیاه × فاصله) در سطح احتمال ٪۱ بر فاکتور انتقال معنی‌دار بود اما بر غلظت روی در بخش هوایی و ریشه گیاهان ورک و سلمه‌تره معنی‌دار نبود. غلظت روی در هر سه جهت با افزایش فاصله از کارخانه در بخش هوایی و ریشه گیاهان ورک و سلمه‌تره کاهش یافت (جدول ٤ و شکل ۷). افزایش غلظت روی در گیاه در فواصل ۵۰۰-۰ متری کارخانه هم تحت‌تأثیر ته‌نشست‌های اتمسفری و هم غلظت روی قابل‌دسترس در خاک اطراف کارخانه می‌باشد (جدول ۲).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷- غلظت روی در بخش هوایی گیاهان ورک و سلمه‌تره در فواصل مختلف.

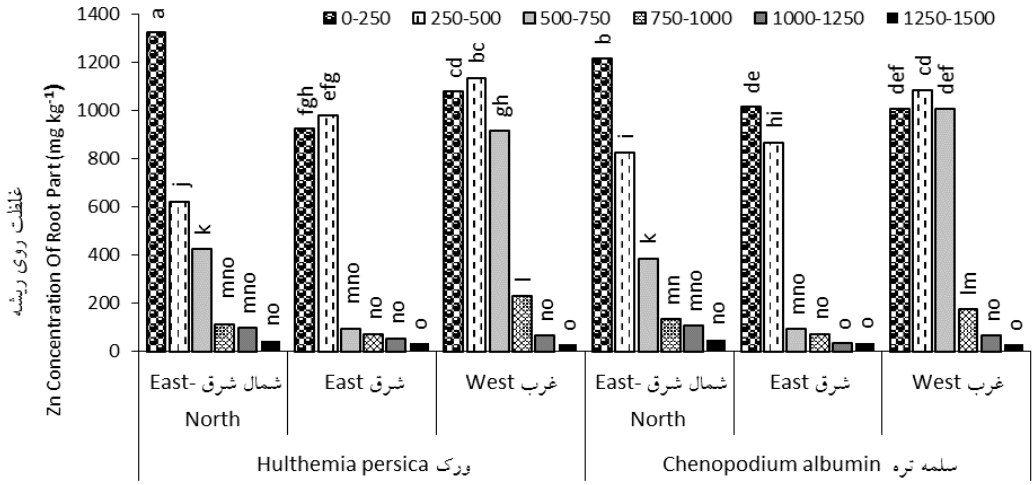
Figure 7. Zinc concentration in shoot of *Hulthemia persica* and *Chenopodium albumin* in different distance.

بیش‌ترین غلظت روی در بخش هوایی در گیاه ورک (۱۱۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در جهت شمال‌شرق و کم‌ترین غلظت روی در گیاه سلمه‌تره (۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در جهت غرب کارخانه مشاهده شد (شکل ۷). غلظت روی در بخش هوایی گیاهان ورک و سلمه‌تره بر اساس نتایج و استانداردهای کابتا و پندیاس (۱۹۸٤) در جهت شمال‌شرق تا فاصله ۱۲۵۰ متری، در جهت غرب تا ۱۰۰۰ متری و در جهت شرق تا ۵۰۰ متری کارخانه بیش‌تر از حد مجاز (۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) بود (شکل ۷) اما اگر استاندارد ارایه شده توسط اوندر و همکاران (۲۰۰۷) در نظر گرفته شود (۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) تا فواصل بیش‌تر غلظت روی گیاه بیش‌تر از حد بحرانی خواهد بود (۳۰).

نتایج پژوهش‌های چن و همکاران (۲۰۱۵) در اطراف کارخانه‌ای در چین با نتایج این پژوهش مطابقت داشت به‌طوری‌که با افزایش فاصله از کارخانه در جهت باد غالب غلظت عناصر در بخش هوایی گیاهان منطقه مورد مطالعه کاهش نشان داد و همچنین عناصر سنگین در گیاهان با زیست‌توده بیش‌تر در مقایسه با گیاهان دیگر به نسبت بیش‌تری از طریق اتمسفر جذب شده بودند (۱۳). زنگ و همکاران (۲۰۰۷) در کارخانه روی شهر هولادو چین نشان دادند که انتقال سرب به گیاه از طریق هوا بیش‌تر از انتقال روی بوده است (٤٥). بیش‌ترین غلظت روی (۱۳۲۲/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) در بخش ریشه گیاه ورک در جهت شمال‌شرق در محدوده ۲۵۰-۰ متری از کارخانه بود. کم‌ترین غلظت روی (۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) در بخش ریشه گیاه سلمه‌تره در جهت غرب در محدوده ۱۵۰۰-۱۲۵۰ متری از کارخانه بود (شکل ۸).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸- غلظت روی در بخش ریشه گیاهان ورک و سلمه‌تره با افزایش فاصله از کارخانه.

Figure 8. Zinc concentration in root of *Hulthemia persica* and *Chenopodium albumin* in different distance.

غلظت روی در بخش ریشه گیاهان بیش‌تر از بخش هوایی بود چون روی تحرک کمی در گیاه دارد و بیش‌تر در ریشه گیاهان تجمع می‌یابد و بر اساس نتایج و استانداردهای کابتا و پندیاس (۱۹۸٤) گیاه ورک در جهت غرب، شمال‌شرقی و شرق به‌ترتیب تا فاصله ۱۰۰۰، ۷۵۰ و ۵۰۰ متری غلظت بالای حد مسمومیت (۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) داشت (شکل ۸).

جهت باد غالب در فصول پاییز و زمستان به‌سمت شرق بوده و به مرور زمان باعث آلودگی خاک اطراف شده است، از طرفی خروج فاضلاب، این جهت را بیش‌تر تحت‌تأثیر قرار داده و خاک و گیاهان منطقه را تحت‌تأثیر قرار داده است. غلظت روی بخش هوایی و ریشه گیاه ورک و بخش‌هوایی سلمه‌تره درجهت شرق و غرب در محدوده ۵۰۰-۲۵۰ متری از کارخانه نسبت به فاصله ۲۵۰ متری افزایش نشان داد که علت این امر به‌خاطر تحت‌تأثیر قرار گرفتن گیاهان ورک و سلمه‌تره از فاضلاب (شرق) و در جهت غربی دپوی بلندمدت و تجمع پسماندهای کارخانه بود. غلظت روی ریشه سلمه‌تره هم در جهت غرب در محدوده ۵۰۰-۲۵۰ متری از کارخانه نسبت به فاصله ۲۵۰-۰ متری افزایش نشان داد (شکل‌های ۷ و ۸).

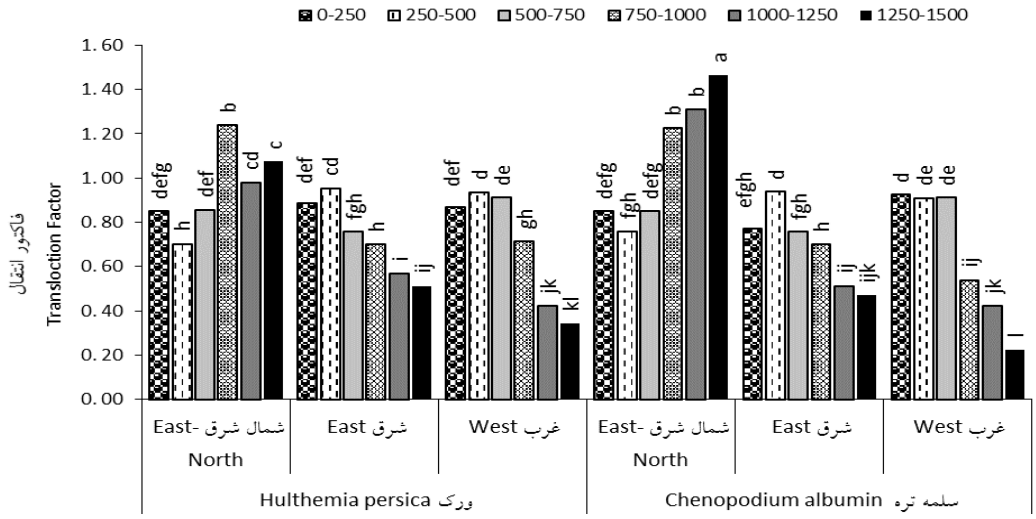
نتایج پژوهش‌های ناظمی و همکاران (۲۰۱۰)، بیگدلی و سیلیس‌پور (۲۰۰۸) و چاری و همکاران (۲۰۰۸) با نتایج این پژوهش در جهت شرق کارخانه هم‌خوانی داشت، به‌طوری‌که ایشان لجن فاضلاب یا پساب‌های شهری و صنعتی را عامل اصلی آلودگی گیاهان در مناطق مورد مطالعه به فلزات سنگین بیان نمودند و تفاوت در جذب فلزات سنگین را به نوع و مقاومت گونه گیاهی نسبت دادند (۸، ۱۲ و ۲٦). همچنین نتایج پژوهش‌های جو و نوابو (۲۰۱۲) و بهمنی و همکاران (۲۰۱۳) با نتایج این پژوهش در جهت غرب کارخانه هم‌خوانی داشت به‌طوری‌که در مناطقی که ضایعات و دپوی کارخانه تجمع‌یافته بود خاک و نمونه‌های گیاهی به‌شدت به عناصر روی، سرب و کادمیوم آلوده شده بودند (۷ و ۲۰).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر جهت و فاصله بر فاکتور انتقال در دو گیاه ورک و سلمه‌تره در سطح ۱٪ معنی‌دار بود، اما اثر گیاه معنی‌دار نبود. فاکتور انتقال در گیاهان ورک و سلمه‌تره در جهت

www.SID.ir

Archive of SID

شمال‌شرق (باد غالب) با افزایش فاصله از کارخانه روند افزایشی و در جهت‌های شرق و غرب روند کاهشی نشان داد. بیش‌ترین فاکتور انتقال (۱/٤٦) در گیاه سلمه‌تره در جهت شمال‌شرق در محدوده ۱۵۰۰–۱۲۵۰ متری از کارخانه بود به‌عبارتی بخشی از عنصر روی از طریق ته‌نشست‌های اتمسفری به بخش هوایی گیاه منتقل شده است. کم‌ترین فاکتور انتقال (۰/۲۲) در گیاه سلمه‌تره در جهت غرب در محدوده ۱۵۰۰–۱۲۵۰ متری از کارخانه بود و به‌عبارت دیگر غلظت روی گیاه در جهت غرب کم‌تر تحت‌تأثیر ته‌نشست‌های اتمسفری بود (شکل ۹).



شکل ۹- تأثیر فاصله از کارخانه بر فاکتور انتقال روی در ورک و سلمه‌تره.

Figure 9. Effect of distance from factory on zinc translocation factor in *Hulthemia persica* and *Chenopodium albumin*in.

با توجه به این‌که جهت وزش باد در فصول زمستان و بهار به‌سمت شرق بوده و نمونه‌برداری در اواخر شهریور صورت گرفت بنابراین احتمالاً خاک این جهت قبل از رشد گیاه به عنصر روی آلوده شده بود (جدول ۲). غلظت روی قابل‌دسترس در هر سه جهت تا فاصله ۷۵۰ متری بیش‌تر از سایر محدوده‌ها بود. غلظت روی ریشه و بخش هوایی در جهت باد غالب تا فاصله ۷۵۰ متری تحت‌تأثیر روی قابل‌دسترس خاک و ته‌نشست‌های اتمسفری اطراف کارخانه بوده اما با توجه به تحرک پایین و تجمع روی در ریشه گیاهان، فاکتور انتقال کم‌تری نسبت به فواصل دورتر نشان داد. به‌عبارتی غلظت روی بخش هوایی در فواصل دورتر بیش‌تر تحت‌تأثیر ته‌نشست‌های اتمسفری قرار داشت. در نهایت می‌توان بیان نمود که هم خاک و هم گیاه منطقه (در سال رشد) تحت‌تأثیر فعالیت کارخانه بود و آلودگی از طریق اتمسفر و دود ناشی از کارخانه عامل اصلی افزایش روی بخش هوایی گیاهان نزدیک تا فاصله ۷۵۰ در جهت باد غالب کارخانه بوده است. غلظت روی قابل‌دسترس خاک و روی در ریشه گیاهان در جهت غرب کارخانه به‌دلیل دپوی پسماندها در فواصل نزدیک‌تر کارخانه بیش‌تر بوده و فاکتور انتقال در این فواصل پایین بود (شکل ۹).

www.SID.ir

Archive of SID

فاکتور انتقال روی در جهت باد غالب در فواصل دورتر (بیش‌تر از ۷۵۰ متر) در اثر کاهش غلظت روی قابل‌دسترس خاک و همچنین افزایش جذب روی از طریق هوا، روند افزایشی نشان داد اما در جهت شرق و غرب به‌خاطر کاهش انتقال آلودگی از طریق جریان هوا جذب در بخش هوایی کاهش یافته و در نتیجه فاکتور انتقال روند کاهشی داشت (شکل ۹).

نتایج این پژوهش نشان داد که ته‌نشست‌های اتمسفری در جهت باد غالب باعث افزایش غلظت روی در گیاهان ورک و سلمه‌تره شده است که با نتایج شارما و همکاران (۲۰۰۷)، ووستا و همکاران (۱۹۹٦)، آگراوال (۲۰۰۳)، سینک و کومار (۲۰۰٦) و سانچز و همکاران (۱۹۹٤) هم‌خوانی داشت (۲، ۳۵، ۳۷، ۳۹ و ٤۳).

بررسی همبستگی بین غلظت روی در خاک، گیاه و TF: نتایج آزمون همبستگی نشان داد که همبستگی بین غلظت روی خاک سطحی و خاک زیرسطحی با غلظت روی بخش هوایی و ریشه در سطح یک درصد و با فاکتور انتقال روی در گیاه ورک در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). همبستگی بین غلظت روی خاک سطحی و زیرسطحی با غلظت روی بخش هوایی و ریشه در گیاه سلمه‌تره معنی‌دار اما با فاکتور انتقال معنی‌دار نبود (جدول ٦). به‌عبارتی گیاه سلمه‌تره به‌خاطر زیست‌توده بالا، توانایی بیش‌تری در جذب روی از اتمسفر توسط بخش هوایی نسبت به ورک داشت. این نتایج با نتایج سینک و کومار (۲۰۰٦) مطابقت داشت (۳۹).

جدول ۵- همبستگی غلظت روی خاک سطحی و زیرسطحی با غلظت روی بخش هوایی و ریشه و فاکتور انتقال در گیاه ورک.

Table 5. Correlation between zinc concentrations in Surface and Subsurface soil with translocation factor, zinc concentration in shoot and root of *Hulthemia persica*.

	سطحی Surface (0-10 cm)	زیرسطحی Subsurface (10-30 cm)	بخش هوایی Shoot	ریشه Root	فاکتور انتقال Translocation factor
سطحی Surface (0-10 cm)	1	-	-	-	-
زیرسطحی Subsurface (10-30 cm)	0.984**	1	-	-	-
بخش هوایی Shoot	0.893**	0.863**	1	-	-
ریشه Root	0.885**	0.863**	0.993**	1	-
فاکتور انتقال Translocation factor	0.341*	0.328*	0.394*	0.344*	1

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٦- همبستگی غلظت روی خاک سطحی و زیرسطحی با غلظت روی بخش هوایی و ریشه و فاکتور انتقال در گیاه سلمه‌تره.

Table 6. Correlation between zinc concentrations in Surface and Subsurface soil with translocation factor, zinc concentration in shoot and root of *Hulthemia persica*.

	سطحی Surface (0-10 cm)	زیرسطحی Subsurface (10-30 cm)	بخش هوایی Shoot	ریشه Root	فاکتور انتقال Translocation factor
سطحی Surface (0-10 cm)	1	-	-	-	-
زیرسطحی Subsurface (10-30 cm)	0.984**	.1	-	-	-
بخش هوایی Shoot	0.871**	0.857**	1	-	-
ریشه Root	0.863**	0.855**	0.991**	1	-
فاکتور انتقال Translocation factor	0.191^{ns}	0.185^{ns}	0.244^{ns}	0.176^{ns}	1

نتایج آزمون همبستگی (جدول‌های ٥ و ٦) نشان داد که بخش‌هوایی گیاه سلمه‌تره به‌خاطر زیست‌توده بالا نسبت به ورک توانایی بیش‌تری در جذب روی از اتمسفر دارد اما در مواردی که روی بیش‌تر از طریق خاک به گیاه منتقل می‌شود گیاهان با ریشه ضخیم و گسترده‌تر (ورک) توانایی بیش‌تری در جذب روی توسط ریشه و انتقال به بخش هوایی دارد. فاکتور انتقال روی در گیاهان در جهت شرق و غرب در مناطق تحت‌تأثیر فاضلاب و محل تجمع پسماندها بالاتر بود. مطابق با این نتایج، تابنده و طاهری (۲۰۱۵)، پری‌زنگنه و همکاران (۲۰۱۰)، میرشکالی و همکاران (۲۰۱۳) و زنگ و همکاران (۲۰۰۷) بالاترین غلظت روی در خاک و سبزیجات را در نمونه‌های تحت‌تأثیر فاضلاب و بیش‌ترین فاکتور انتقال را در گیاه مرزه (با ریشه گسترده‌تر) گزارش نمودند. همچنین بسیاری از پژوهشگران نشان دادند که روی جذب‌شده از طریق هوا در سبزیجات برگی با زیست‌توده بالا، بیش‌تر از سایر سبزیجات بود (۲۵، ۳۱، ٤١ و ٤٥).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که غلظت روی قابل‌دسترس (استخراج‌شده با DTPA) در خاک و همچنین غلظت روی در گیاه در فواصل نزدیک کارخانه، به‌علت فعالیت‌های کارخانه بسیار بیش‌تر از حدود مجاز و استانداردهای داخلی و خارجی بود به‌طوری‌که فاضلاب خروجی در جهت شرق، تجمع بلندمدت پسماندها در جهت غرب و ته‌نشست‌های اتمسفری در جهت شمال‌شرق کارخانه (باد غالب) از مهم‌ترین منابع آلودگی خاک و گیاهان بودند.

گیاه سلمه‌تره نسبت به گیاه ورک در فواصل دورتر از کارخانه در جهت باد غالب، روی بیش‌تری از طریق جریان هوا جذب نموده بود اما در خاک‌های آلوده شده در اثر فاضلاب یا دپوی پسماند کارخانه در

www.SID.ir

Archive of SID

فواصل نزدیک‌تر به کارخانه، انتقال روی در گیاه ورک نسبت به گیاه سلمه‌تره بیش‌تر بود. سلمه‌تره با زیست‌توده گیاهی بالاتر نسبت به ورک توانایی بیش‌تری در جذب روی از هوا داشت. در خاک‌های آلوده شده توسط فاضلاب یا پسماند کارخانه و با غلظت روی قابل‌دسترس بالاتر ورک به‌خاطر ریشه ضخیم و گسترده خود نسبت به گیاه سلمه‌تره، توانایی بالاتری در جذب روی از خاک داشته و می‌توان برای پالایش خاک‌های آلوده به عنصر روی از گیاه ورک و برای مناطق در معرض ته‌نشست‌های اتمسفری از سلمه‌تره استفاده کرد.

پیشنهادات

پیشنهاد می‌شود که در فواصل نزدیک کارخانه، غلظت سایر عناصر سنگین در محصولات کشاورزی و باغی و شاخص‌های سلامت بررسی شود و در صورتی‌که فلزات سنگین در این محصولات بیش‌تر از حدود استاندارد باشد، کشت در این فواصل و در مجاورت پسماندها و خروجی فاضلاب کارخانه به‌ویژه در جهت باد غالب حتی در فواصل دورتر انجام نشود و بررسی‌های بیش‌تری در مورد غلظت عناصر سنگین در خاک و سایر گیاهان در این مناطق انجام گیرد.

منابع

1.Afshari, A., Khademi, H., and Delavar, M.A. 2015. Evaluation of Heavy Metal Contamination Using Pollution Factor in Soil Land with Different Uses in the Central District of Zanjan Province. J. Water Soil Cons. 25: 4. 41-52. (In Persian)

2.Agrawal, M. 2003. Enhancing Food Chain Integrity: Quality Assurance Mechanism for Air Pollution Impacts on Food and Vegetable System. Final Technical Report (R7530) Submitted to Department for International Development, United Kingdom.

3.Al-Jassir, M.S., Shaker, A., and Khaliq, M.A. 2005. Deposition of heavy metals on green leafy vegetables sold on roadsides of Riyadh city, Saudi Arabia. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 75: 1020-1027.

4.Amer, N., Chami, Z.A., Bitar, L.A., Mondelli, D., and Dumontet, S. 2013. Evaluation of Atriplex halimus, Medicago lupulina and Portulaca oleracea for phytoremediation of Ni, Pb and Zn. Inter. J. Phytoremed. 15: 498-512.

5.Anwar, S., Nawaz, M.F., Gul, S., Rizwan, M., Ali, S., and Kareem, A. 2016. Uptake and distribution of minerals and heavy metals in commonly grown leafy vegetable species irrigated with sewage water. Environmental monitoring and assessment. 188: 541.

6.Azimi, S., Cambier, P., Lecuyer, I., and Thevenot, D. 2004. Heavy metal determination in atmospheric deposition and other fluxes in Northern France agrosystems. Water, Air and Soil Pollution. 157: 295-313.

7.Bahmani, B., Delavar, M.A., and Safari, Y. 2013. Geostatistical analysis and risk assessment of soil and plant contaminated by lead and zinc in Zanjan zinc industrial area. M.Sc. Thesis on Dept of Soil Science, University of Zanjan. (In Persian)

8.Bigdeli, M., and Seilsepour, M. 2008. Investigation of metals accumulation in some vegetables irrigated waste water in Shahre Rey-Iran and toxicological implications. American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 4: 1. 86-92.

9.Bouyoucos, C.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. Agron. J. 54: 464-465.

10.Burt, R. 2004. Soil survey laboratory methods manual: soil survey investigations report No. 42 Version 4.0. Nebraska: United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.

11.Cariny, T. 1995. The Reuse of Contaminated Land. John Wiley and Sons Ltd. Pub., USA, 219p.

www.SID.ir

Archive of SID

12.Chary, N.S., Kamala, C.T., and Raj, D.S.S. 2008. Assessing risk of heavy metals from consuming food grown on sewage irrigated soils and food chain transfer. Ecotoxicology and environmental safety. 69: 3. 513-524.
13.Chen, M., Qin, X., Zeng, G., and Li, J. 2016. Impacts of human activity modes and climate on heavy metal "spread" in groundwater are biased. Chemosphere. 152: 439-445.
14.Chukwuji, M.A.I., Nwajei, G.E., and Osakwe, S.A. 2005. Recycling waste in agriculture: Efficacy of composting in ameliorating trace metal availability and soil borne pathogens. Europ. J. Sci. Res. 11: 572-577.
15.Cui, Y.J., Zhu, Y.G., Zhai, R.H., Chen, D.Y., Huang, Y.Z., Qiu, Y., and Liang, J.Z. 2004. Transfer of metalsfrom soil to vegetables in an area near a smelter in Nanning, China. Environment International. 30: 6. 785-791.
16.Diani, M., Mohammadi, J., and Naderi, M. 2009. Geostatistical Analysis of Pb, Zn and Cd concentration in soil of Sepahanshahr suburb (south of Esfahan). J. Water Soil. 23: 4. 67-76. (In Persian)
17.Geng, J., Wang, Y., and Luo, H. 2015. Distribution, sources and fluxes of heavy metals in the Pearl River Delta, South China. Marine pollution bulletin. 101: 914-921.
18.Gilmour, J.T., and Kittrick, J.A. 1979. Solubility and equilibria of zinc in a flooded soil. Soil Sci. Soc. Amer. J. 43: 5. 890-892.
19.Heydari, H. 2003. Research project of Zanjan wind Atlas. Departmant of meterology of Zanjan Province. (In Persian)
20.Jo, O.W., and Nwabue, F.I. 2012. Heavy Metals effect due to Contamination of Vegetables from Enyigba Lead Mine in Ebonyi State, Nigeria, Environment and Pollution. 2: 1. 19-26.
21.Jones, Jr.J.B., and Case, V.W. 1990. Sampling, handling and analyzing plant tissue samples. Sampling handling and analyzing plant tissue samples. 3: 389-427.
22.Kabata-Pendias, A., and Pendias, H. 2001. Trace elements in soils and plants. Third Ed. CRC press. Boca Raton, London, 432p.
23.Kaznina, N.M., Titov, A.F., Laidinen, G.F., and Talanov, A.V. 2009. Setaria Viridis tolerance of high zinc concentrations. 36: 6. 575-581.
24.Lindsay, W.L., and Norvell, W.A. 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of America, Proceedings. 42: 421-428.
25.Mirshekali, H., Hadi, H., Khodaverdiloo, H., and Amirnia, R. 2014. Assessing the Efficiency of Sorghum (*Sorghum Bicolor*) and Common Lambsquarter (*Chenopodium Album*) in Phytoremediation of Zn from Soil. JWSS. 18: 67. 1-9.
26.Nazemi, S., Asgari, A.R., and Raei, M. 2010. Survey the amount of heavy metals in cultural vegetables in suburbs of Shahroud. Iran. J. Health Environ. 3: 2. 195-202. (In Persian)
27.Nikolić, D., Milošević, N., Živković, Ž., Mihajlović, I., Kovačević, R., and Petrović, N. 2011. Multi-criteria analysis of soil pollution by heavy metals in the vicinity of the Copper Smelting Plant in Bor (Serbia). J. Serbian Chem. Soc. 76: 4. 625-641.
28.Nimrozi, A., and Moaf Porian, G. 2011. Evaluation of heavy metals distribution in soil of Ab-Barik Industrial area in Shiraz province. The 31th meeting of Earth Sciences, Pp: 1-7. (In Persian)
29.Nourian, M., Delavar, M.A., Shekari, P., and Abdollahi, S. 2012. Study of distribution of soil pollution by heavy metals with geostatistics and fuzzy clusterin g in Dizajabad area, Zanjan Province, J. Water Soil Cons. 21:1. 125-143.
30.Onder, S., Dursun, S., Gezgin, S., and Demirbas, A. 2007. Determination of heavy metal pollution in grass and soil of city centre green areas (konya, Turkey). Polish J. Environ. Stud. 16: 1. 145-154.
31.Parizanganeh, A., Hajisoltani, P., and Zamani, A. 2010. Assessment of heavy metal pollution in surficial soils surrounding Zinc Industrial Complex in Zanjan-Iran. Procedia Environmental Sciences. 2: 162-166.

www.SID.ir

Archive of SID

32. Raicevic, S., Perovic, V., and Zouboulis, A.I. 2009. Theoretical assessment of phosphate amendments for stabilization of (Pb + Zn) in polluted soil. Waste Management. 29: 5. 1779-1784.
33. Rastgar, M.A. 1998. Weeds and their control methods. University of Tehran Press, 414p. (In Persian)
34. Richards, L.A. 1969. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. US Salinity Laboratory Staff. Agricultural Handbook. No 60. USDA. US, 160p.
35. Sanchez-Camazano, M., Sanchez-Martin, M.J., and Lorenzo, L.F. 1994. Lead and cadmium in soils and vegetables from urban gardens of Salamanca (Spain). Science of the Total Environment. 146: 163-168.
36. Shakeri, A., Modaberi, S., Ghasemi, M., and Sayare, A. 2008. Pollution and Distribution of heavy metals in soils of Hashtgerd area, North West of Tehran. The 34th National and the 2nd International Geosciences Congress, Pp: 1-5. (In Persian)
37. Sharma, R.K., Agrawal, M., and Marshall, F.M. 2007. Heavy metals contamination of soil and vegetables in suburban areas of Varanasi, India. Ecotoxicology and environmental safety. 66: 258-266.
38. Sharma, S., and Prasad, F.M. 2010. Accumulation of Lead and Cadmium in soil and vegetable crops along major highways in Agra (India). J. Chem. 7: 4. 1174-1183.
39. Singh, S., and Kumar, M. 2006. Heavy Metal Load of Soil, Water and Vegetables in Peri-Urban Delhi. Environmental Monitoring and Assessment. 120: 1. 79-91.
40. Sposito, G., Land, L.J., and Chang, A.C. 1982. Trace metal chemistry in aird-zone field soils amended with sewage sludge: I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd and Pb in solid phases. Soil Sci. Soc. Amer. J. 46: 2. 260-264.
41. Tabande, L., and Taheri, M. 2016. Assessment of Pollution and Relationship between Heavy Metals Concentration in Soil and Leafy Vegetables in Zanjan Province. Iran. J. Soil Res. 30: 1. 49-60. (In Persian)
42. Türkdoğan, M.K., Kilicel, F., Kara, K., Tuncer, I., and Uygan, I. 2003. Heavy metals in soil, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey. Environmental toxicology and pharmacology. 13: 3. 175-179.
43. Voutsa, D., Grimanis, A., and Samara, C. 1996. Trace elements in vegetables grown in an industrial area in relation to soil and air particulate matter. Environmental pollution. 94: 3. 325-335.
44. Walkley, A., and Black, I.A. 1934. Examination of the degtjareff method determination soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 34: 29-38.
45. Zheng, N., Wang, Q., Zhang, X., Zheng, D., Zhang, Z., and Zhang, S. 2007. Population health risk due to dietary intake of heavy metals in the industrial area of Huludao city, China. Science of the Total Environment. 387: 1. 96-104.

www.SID.ir

Archive of SID

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 8(1), 2018
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2017.12547.1709

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Effect of direction and distance from the Parham-Zinc factory of Zanjan on zinc concentration and translocation factor in *Hulthemia persica* and *Chenopodium album*

***M. Babaakbari Sari[1], R. Asgari[2], M. Tafvizi[3] and T. Khoshzaman[4]**

[1]Assistant Prof., Dept. of Soil Science, University of Zanjan, [2]M.Sc. Student, Dept. of Soil Science, University of Zanjan, [3]Ph.D. Student, Dept. of Soil Science, University of Zanjan, [4]Researcher of Soil and Water Research Department, Zanjan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zanjan, Iran

Received: 07/23/2017; Accepted: 12/12/2017

Abstract

Background and Objectives: Contamination of soil and plants with heavy elements including zinc, due to industrial activities, might have significant adverse effects on human health. Industrial factories and mines, fertilizers, pesticides and waste water are the most important sources of water, soil and plants contaminations. In Zanjan province, there is a wide range of zinc processing and production factories and mining activities that can contaminate soil, water and plants. The aim of this study was to investigate the zinc concentration of the soil, shoot and root and zinc translocation factor (TF) in dominant rangeland plants (*Hulthemia persica* and *Chenopodium album*) in different distances and directions from factory.

Materials and Methods: This study was conducted as factorial in a completely randomized design with three replication. The experimental treatments included three directions (northeast, east and west of the factory), six different distances from the factory (0-250, 250-500, 500-7500, 750-1000, 1000-1250, 12500-1500 meters) and two plants (*Hulthemia persica* and *Chenopodium album*). The soil and plant samples were collected from the selected sites. Shoot and root samples were digested by concentrated nitric acid and available zinc in soil was extracted by DTPA. The zinc concentrations were measured by atomic absorption spectroscopy.

Results: The results showed that the effect of direction and distance from the factory was significant on zinc concentration of shoot and root and also translocation factor, ($P<0.01$). The highest zinc concentration in shoot and root was 1125 and 1322 (mg/kg dry matter) in the northeast direction, in the range of 0 to 250 meters from the factory. The lowest zinc concentration in the shoot and roots was 7 and 30 (mg/kg dry matter) in the west, in the range of 1250 to 1500 meters from the factory. The highest amount of TF (1.46) was observed in *Chenopodium album* in the range of 1250-1500 meters in the northeast and the lowest TF (0.22) was in *Hulthemia persica*, in the range of 1250-1500 meters in the west direction. The directions×distances×plants interaction on zinc concentration of shoot, root and also TF were significantly ($P<0.01$).

Conclusion: In the northeast direction (dominant wind), plant and soil pollution was mostly influenced by wind. The main contamination factors of the soil and plant at distances close to the factory were waste water and waste in the east and west direct, respectively. *Hulthemia persica*, with a broad and thick root system, was able to absorb more zinc and transfer it to the shoot part. But in the northeast direction, the atmospheric deposition of the factory played an important role in soil and plant contamination. *Chenopodium album* with high vegetation biomass absorbed more zinc from the air in its shoot than *Hulthemia persica* with rough and blubber stems. For this reason, in the dominant wind direction, the TF was also found in the *Chenopodium album* at as far from distances higher than *Hulthemia persica*. Therefore, the absorption of atmospheric zinc was higher in *Chenopodium album*. In waste disposal areas, *Hulthemia Persica* had a more translocation factor.

Keywords: Atmospheric deposition, Contamination, Industrial activities, Waste disposal, Waste water

* Corresponding Author; Email: babaakbari@znu.ac.ir

www.SID.ir