

## اندازه گیری و مقایسه غلظت سرب، مس، روی و منگنز در ریشه گیاه گندم (*Triticum aestivum*) در مجاورت کانسار مس دره زرشک، استان یزد

مائده چیت ساز<sup>۱</sup>، امیرحسین حمیدیان<sup>۲\*</sup>، بابک متشرع زاده<sup>۳</sup>، سید علی اصغر میرجلیلی<sup>۴</sup>، سهراب اشرفی<sup>۵</sup>،

عصمت اسماعیل زاده<sup>۶</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی

۲- دانشیار گروه محیط زیست دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی

۳- دانشیار گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی

۴- کارشناس ارشد HSE طرح معادن مس تفت - شرکت ملی صنایع مس ایران

۵- استادیار گروه محیط زیست دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی

۶- پژوهشگر محیط زیست، امور تحقیق و توسعه مجتمع مس سرچشمه - شرکت ملی صنایع مس ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۴ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۱۱/۳۰)

### چکیده

آلودگی زمین‌های زراعی مشکل گسترده مناطق معدنی است و این احتمال وجود دارد که با انتقال آلاینده‌ها به زنجیره‌ی غذایی موجب تجمع آن‌ها در بافت‌های گیاهی و حیوانی شده و برای سلامتی آن‌ها خطر آفرین گردد. این پژوهش با هدف اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین (سرب، مس، روی و منگنز) در ریشه‌ی نمونه‌های گندم (*Triticum aestivum*) روستاهای محدوده کانسار مس دره زرشک صورت گرفت تا در پایش‌های آینده نیز مورد استفاده قرار گیرد. به این منظور ۴ روستای منطقه برای نمونه‌گیری انتخاب و از هر روستا ۱۰ نمونه برداشت شد. نمونه‌ها به روش هضم خشک آماده‌سازی و اندازه‌گیری فلزات با دستگاه ICP-OES انجام گرفت. با توجه به نرمال بودن داده‌ها که توسط آزمون کولموگروف-اسمیرنوف انجام گرفت برای بررسی تفاوت معنی دار غلظت فلزات روستاها آزمون تجزیه واریانس یک طرفه و همچنین برای مقایسه‌ی میانگین غلظت فلزات روستاها آزمون توکی با کمک نرم افزار SPSS(17) انجام گرفت. غلظت مس، روی، سرب و منگنز در ریشه نمونه‌های گندم روستاهای مختلف در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی داری داشتند. بیشترین غلظت مس، سرب و روی به ترتیب ۶۰/۳، ۱۶۴/۳ و ۱۲۳/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک در ریشه گندم‌های روستای دره زرشک و بیشترین غلظت منگنز ۲۲۴/۸ در ریشه گندم‌های روستای حسن آباد مشاهده شد که نزدیکترین روستاها به کانسار مس منطقه هستند. کمترین غلظت مس، سرب، روی و منگنز به ترتیب ۹/۸، ۲۱/۱، ۴۳/۱ و ۱۱۸/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک در ریشه گندم‌های روستای دره گازه مشاهده شد که تحت تاثیر کانسار نبوده است. نتایج نشان داد با فاصله از کانسار غلظت فلزات در نمونه‌ها کمتر شده است به طوری‌که غلظت مس، سرب و روی در روستای دره زرشک در محدوده بحرانی و در روستای دره گازه در محدوده نرمال قرار دارد.

**کلمات کلیدی:** فلزات سنگین، گندم (*Triticum aestivum*)، پایش، روستای دره زرشک، کانسار مس

## ۱- مقدمه

معدن کاوی ممکن است باعث ناباروری خاک شود یا بدتر از آن، با حفظ باروری خاک و انتقال آلاینده ها به زنجیره ی غذایی موجب تجمع آلاینده ها در بافت های گیاهی و حیوانی گردد. جذب عناصر اصلی و فلزات سنگین از طریق ریشه (مسیر ورود اصلی) و یا از طریق روزنه ی برگ ها پس از رسوب اتمسفری بر آن ها صورت می گیرد. بخشی از عناصر سنگین که توسط ریشه جذب می شوند، می توانند در آن ذخیره شوند یا به سرعت به بخش های هوایی منتقل و در آنجا ذخیره گردند. غلظت عناصر سنگین می تواند در گیاهان رشد کرده در خاک آلوده بالا باشد بنابراین احتمال وجود خطر برای جمعیت آن منطقه وجود خواهد داشت (Romero *et al.*, 2012).

در سراسر جهان تحقیقات گسترده ای بر روی آلودگی خاک و گیاهان به فلزات سنگین انجام گرفته است. Nazemi و همکاران در سال ۲۰۰۹ با بررسی مقدار فلزات سنگین (سرب، کرم، کادمیم، آرسنیک و روی) در سبزیجات پرورشی حومه شهر شاهرود به این نتیجه رسیدند که به جز فلزات روی و آرسنیک میانگین غلظت کروم، کادمیم و سرب بیشتر از حدود استاندارد ارائه شده توسط <sup>۱</sup>FAO و <sup>۲</sup>WHO برای گیاهان می باشد که علت اصلی آلودگی سبزیجات پرورشی استفاده از پسابهای شهری و صنعتی بوده است. Mohamadi و همکاران در سال ۲۰۱۰ با ارزیابی قدرت جذب و اندوزش گیاه یونجه یک ساله در خاک های آلوده به کادمیم به این نتیجه رسیدند که با افزایش غلظت کادمیم در خاک، جذب و تجمع کادمیم در اندام هوایی و ریشه ی گونه ی مورد مطالعه افزایش یافته و این گونه از توانایی بالایی در انتقال عنصر کادمیم به اندام هوایی برخوردار است. در پژوهش Alvarez-

فلزات سنگین در اغلب خاک ها یافت می شوند و در غلظت های بالا برای سلامتی انسان، گیاه و حیوان مضر می باشند (Zhao *et al.*, 2012). آلودگی خاک با فلزات سنگین یک تهدید جدی برای کیفیت محیط زیست و سلامت انسان است. اگرچه این عناصر می توانند از طریق منابع طبیعی نظیر هوازدگی مواد مادری، فعالیت آتش فشان ها، آتش سوزی جنگل و غیره وارد خاک شوند اما بیشتر ورود آن ها به خاک از طریق منابع انسانی است (Alvarez-Ayuso *et al.*, 2012). فعالیت های انسانی مانند استخراج و ذوب فلز سنگ معدن باعث افزایش آلودگی سطح زمین به فلزات سنگین می شود، به خصوص فعالیت های باز معدن کاوی، اثرات مخرب زیست محیطی بر آب، خاک و رودخانه ها می گذارد. همچنین این مناطق با مشکلات فرسایش شدید ناشی از باد و رواناب مواجه هستند که بافت خاک را تخریب می کنند. عناصر سنگین موجود در باطله های عملیات استخراج و ذوب فلزات اغلب به صورت ذرات معلق یا به صورت محلول در آب یا توسط باد منتشر می شوند. با توجه به روند انتقال، سه نوع آلودگی می تواند منتشر شود: (۱) آلودگی اولیه، که توسط باطله های قرار گرفته در کنار منابع آلودگی ایجاد می شود. (۲) آلودگی ثانویه، به دلیل انتشار فلزات سنگین خارج از منطقه ی تولید آن ها که توسط باد و آب صورت می گیرد. (۳) آلودگی سوم از جابه جایی و تحرک فلزات سنگین ایجاد می شود (García-Lorenzo *et al.*, 2012). در خاک اطراف معدن غلظت برخی عناصر سنگین می تواند تا سه برابر افزایش یابد که خطرات بسیار جدی به همراه دارد به خصوص زمانی که معدن در مناطق کشاورزی قرار دارد (Alvarez-Ayuso *et al.*, 2012). آلودگی زمین های زراعی مشکل گسترده مناطق معدنی می باشد (Chenery *et al.*, 2012). آلودگی ناشی از فعالیت

<sup>1</sup> Food and Agriculture Organization

<sup>2</sup> World Health Organization

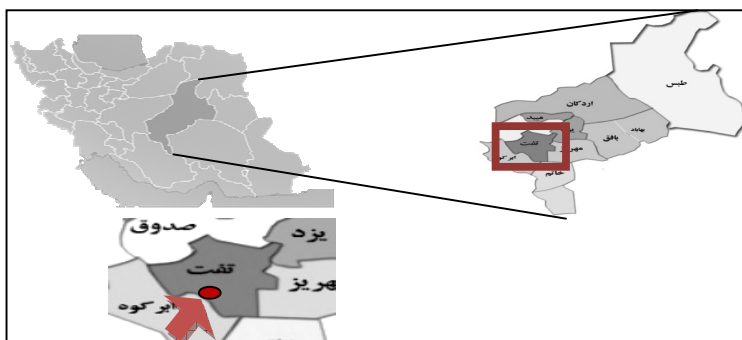
مثبت و ارزشمند مدیریت زیست محیطی آن مجموعه خواهد بود.

## ۲- مواد و روش‌ها

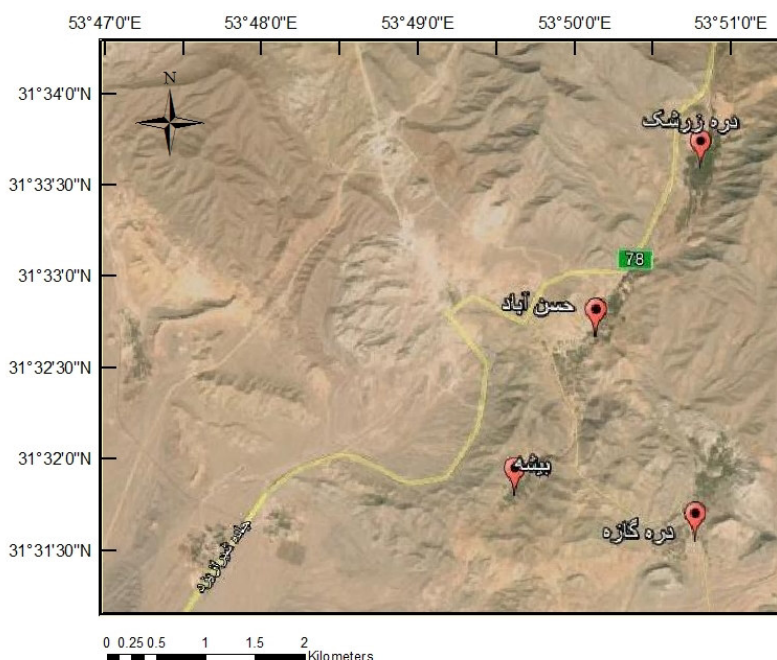
### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه دره زرشک در فاصله‌ی ۶۰ کیلومتری جنوب غربی یزد و ۴۵ کیلومتری جنوب غربی تفت در مسیر جاده‌ی یزد - شیراز و فاصله‌ی ۱۰ کیلومتری معدن مس علی‌آباد واقع شده است. این منطقه در طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۵۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی قرار دارد (شکل ۱ و ۲). معدن مس دره زرشک در محل روستای دره زرشک و در ارتفاع ۲۴۰۰ متری از سطح دریا قرار گرفته و توسط ارتفاعات کوه کله کفترو با ارتفاع ۲۹۳۵ متر در غرب و کوه تمبه مرسوخته با ارتفاع ۲۷۰۰ متر در شرق احاطه گردیده است. اراضی محدوده‌ی مطالعاتی معدن دره زرشک در ارتفاع ۲۴۱۹ متری از سطح دریا قرار گرفته است. کانسار مس دره زرشک بر روی یکی از زون‌های تکتونیکی فعال ایران مرکزی و در حاشیه‌ی غربی گرانیت شیرکوه قرار دارد. این منطقه به دلیل قرار گرفتن در دامنه‌های شیرکوه از آب و هوایی به نسبت خنک در مقایسه با شهر یزد برخوردار است (National Iranian Copper Industries Company, 2011).

Ayuso در سال ۲۰۱۲ که به منظور بررسی توزیع آنتیموان، آرسنیک و سرب در خاک و گیاهان منطقه‌ی کشاورزی تحت تاثیر فعالیت های سابق معدنی در اسپانیا انجام گرفت، نتایج نشان داد میزان سرب، آنتیموان و آرسنیک تا حد زیادی از میزان قابل تحمل در خاک کشاورزی بیشتر است و ریشه‌ی گندم های منطقه تجمع بالای سرب را نسبت به آرسنیک و آنتیموان داشته اند. در پژوهش دیگری که توسط Romero در سال ۲۰۱۲ به منظور بررسی جذب فلزات سنگین توسط مرکبات در سایت معدنی به شدت آلوده در اسپانیا انجام گرفت نتایج نشان داد غلظت مس، سرب، روی و آرسنیک مناطق مورد مطالعه به علت تاثیر از معدن بیشتر از سایر مناطق بوده و برای فعالیت‌های کشاورزی چندان مناسب نیست. از آنجا که در اطراف معدن آلودگی به فلزات سنگین مشاهده می شود و با توجه به اینکه در منطقه‌ی دره زرشک بهره برداری از معدن مس در دست اقدام می باشد مطالعه حاضر با هدف اندازه گیری غلظت فعلی فلزات سنگین (سرب، مس، روی و منگنز) در ریشه‌ی گندم های روستاهای منطقه صورت گرفته است، همچنین مقایسه‌ی آلودگی گندم روستاها با یکدیگر و با حد نرمال و حد بحرانی غلظت فلزات در گیاه نیز انجام شده است. انجام این گونه پژوهش‌ها جهت مطالعات پایش زیست محیطی به منظور کنترل آلاینده های احتمالی در زمان بهره برداری از معدن بسیار کارآمد و از نقاط



شکل ۱- موقعیت شهرستان های استان یزد و منطقه ی مورد مطالعه در کشور



شکل ۲- موقعیت مناطق نمونه برداری

## ۲-۲- نمونه برداری و آماده سازی نمونه ها

نمونه برداری در فصل تابستان (فصل برداشت محصول در منطقه) صورت گرفت. از بین روستاهای منطقه، چهار روستا برای نمونه برداری انتخاب شدند. به این صورت که ابتدا روستاهای دره زرشک، حسن آباد و بیشه (با فاصله ۲ کیلومتر از یکدیگر) که نزدیک ترین

روستاها به معدن و در جهت باد غالب شمال به جنوب منطقه و در یک راستا بودند، انتخاب شدند، همچنین روستای دره گازه که با فاصله بیشتر به معدن (فاصله ۲ کیلومتر از روستای بیشه) و تقریباً عمود بر راستای سه روستای دیگر و در پشت کوه قرار دارد به عنوان منطقه شاهد انتخاب شد. سپس از هر روستا ۱۰ نمونه ریشه

فلزات روستاها آزمون توکی و به منظور مقایسه غلظت- های به دست آمده با مقادیر طبیعی و بحرانی آزمون تی با یک مقدار ثابت انجام شد ( Zare Chahooki, 2010). کلیه‌ی نمودارها با کمک نرم افزار Excel 2010 ترسیم گردیده است.

### ۳- نتایج

با انجام آزمون کولموگروف- اسمیرنوف نرمال بودن داده ها بررسی شد که تمام داده ها نرمال بودند. میانگین غلظت فلزات سنگین ریشه‌ی گندم روستاهای منطقه و حد نرمال و غلظت بحرانی آن‌ها در گیاه در جدول ۱ و میانگین غلظت فلزات در خاک زراعی منطقه در جدول ۲ آورده شده است. با توجه به اعداد جدول و نتایج تجزیه واریانس بین روستاهای مختلف از نظر میزان مس، روی، سرب و منگنز در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی داری وجود دارد. مقایسه‌ی میانگین هر فلز در روستاهای منطقه در شکل ۲ تا ۵ نشان داده شده است.

گندم به روش کاملاً تصادفی برداشته شد. از آنجا که کشت اکثر زمین های زراعی در این منطقه گندم و یونجه است، گیاه گندم که مصرف خوراکی برای مردم منطقه دارد برای این تحقیق انتخاب شد. همچنین از هر منطقه سه نمونه خاک از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری سطح خاک برداشت شد. به منظور به دست آوردن وزن خشک نمونه‌ها، نمونه‌های گیاهی پس از انتقال به آزمایشگاه در آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و سپس برای خاکستر شدن در کوره در دمای ۵۵۰ درجه به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند. عصاره گیری توسط اسید نیتریک و اسید کلریدریک با نسبت ۳:۱ انجام گرفت (تیزاب سلطانی) و بر روی هات پلیت تبخیر، سپس با اسید نیتریک ۱٪ به حجم ۲۵ میلی لیتر رسانده و از صافی واتمن ۴۲ عبور داده شدند ( Demirezen and Aksoy, 2004). آماده‌سازی نمونه‌های خاک برای تعیین غلظت کل فلزات سنگین نیز با استفاده از روش هضم خشک اسیدی با محلول تیزاب سلطانی (۳/۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک و ۱۰/۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک) استفاده شد (Sola et al., 2004). اندازه گیری فلزات سنگین توسط دستگاه<sup>۳</sup> ICP-OES انجام گرفت.

### ۲-۳- تجزیه و تحلیل آماری

برای انجام تجزیه‌های آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ استفاده شد. نرمال بودن داده ها توسط آزمون کولموگروف- اسمیرنوف انجام گرفت و برای بررسی تفاوت معنی دار غلظت فلزات روستاها آزمون تجزیه واریانس یک طرفه، برای مقایسه‌ی میانگین غلظت

<sup>3</sup> Inductively Coupled Plasma-Optical Emission spectroscopy

جدول ۱- میانگین غلظت فلزات سنگین ریشه گندم‌های منطقه بر اساس وزن خشک نمونه‌ها به mg/kg در سال ۱۳۹۱ و حد نرمال و غلظت بحرانی آن‌ها در گیاه به mg/kg (Alloway, 1995)

غلظت بحرانی در گیاه	حد نرمال در گیاه	دره گازه	بیشه	حسن آباد	دره زرشک	فلز
۲۰-۱۰۰	۵-۲۰	۹/۸±۰/۸۱	۱۶/۶±۰/۹۸	۲۱/۹ ±۰/۸۶	۵۸/۶ ± ۵/۹۳	مس
۳۰-۳۰۰	۰/۲-۲۰	۲۱/۱±۳/۰۴	۹۰/۲±۱۳	۸۶/۶ ± ۳/۹۱	۱۵۶/۷ ± ۲۰/۳۷	سرب
۱۰۰-۴۰۰	۱-۴۰۰	۴۳/۱±۲/۸۸	۷۱/۱±۹/۱	۱۰۳/۴ ± ۴/۲۵	۱۲۵/۴ ± ۱۲/۸۱	روی
۳۰۰-۵۰۰	۲۰-۱۰۰۰	۱۱۸/۱±۱۰/۹۲	۲۰۰/۶±۱۷/۲۵	۲۳۲/۳±۱۶/۴۶	۱۹۳/۱ ± ۲۹/۹۴	منگنز

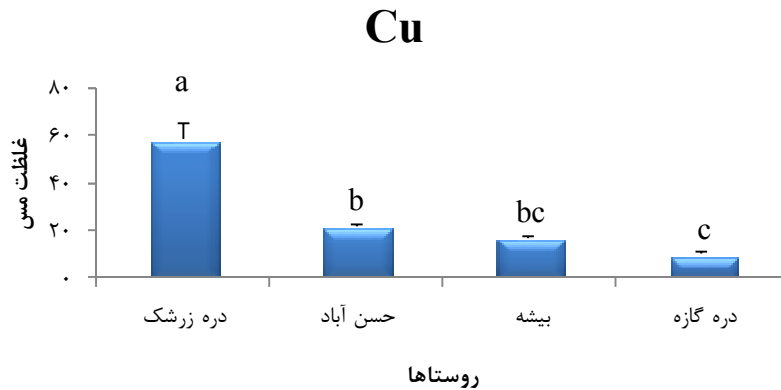
جدول ۲- میانگین غلظت فلزات سنگین خاک زراعی منطقه به mg/kg در سال ۱۳۹۱ و حد نرمال و غلظت بحرانی آن‌ها در خاک به mg/kg (Alloway, 1995)

منگنز	روی	سرب	مس	غلظت
۳۶۷/۴۱ ± ۱۰/۳۳	۱۷۰/۳۳ ± ۲۱/۶۲	۱۹۲/۸۶ ± ۳۱/۲۷	۳۶/۸۷ ± ۴/۲۵	غلظت در منطقه
۲۰-۱۰۰۰۰	۱-۹۰۰	۲-۳۰۰	۲-۲۵۰	حد نرمال در خاک
۱۵۰۰-۳۰۰۰	۷۰-۴۰۰	۱۰۰-۴۰۰	۶۰-۱۲۵	غلظت بحرانی در خاک

### ۳-۱- مس (Cu)

با توجه به جدول ۱ و همان‌طور که در نمودار مشخص است، بیشترین غلظت مس مربوط به روستای دره زرشک و کمترین غلظت آن مربوط به روستای دره گازه است. با توجه به نتایج تجزیه واریانس و مقایسه‌ی میانگین توسط آزمون توکی، بین غلظت مس در ریشه‌ی گندم روستای دره زرشک با سایر روستاها و همچنین روستای حسن آباد با روستای دره گازه تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ وجود دارد ( $F=۵۰/۶۹۸$ ).

اما بین روستای حسن آباد و بیشه همچنین بیشه و دره گازه از نظر غلظت مس تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. پس از انجام آزمون تی با یک مقدار ثابت ( $p < ۰/۰۵$ ) مشخص شد که غلظت مس در روستاهای دره زرشک و حسن آباد در محدوده بحرانی و در روستاهای بیشه و دره گازه در محدوده نرمال قرار دارد. همچنین میانگین غلظت مس در خاک زمین‌های کشاورزی منطقه در محدوده نرمال قرار دارد.

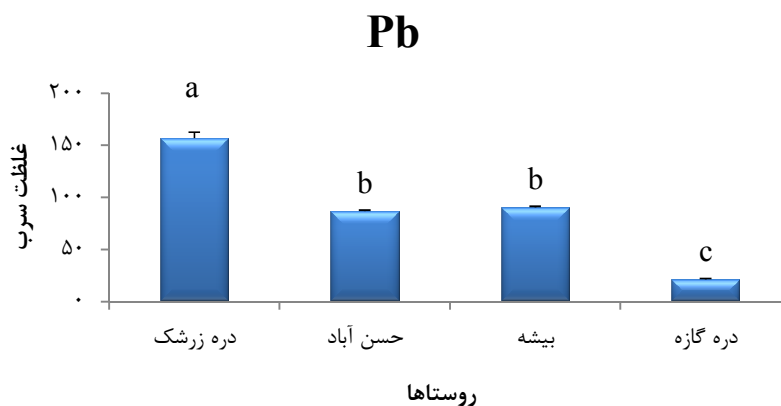


شکل ۲- نمودار میانگین مس ریشه‌ی گندم روستاهای منطقه بر حسب mg/kg

بیشه اختلاف معنی داری وجود ندارد. پس از انجام آزمون تی با یک مقدار ثابت ( $p < 0/05$ ) مشخص شد که غلظت سرب در روستاهای دره زرشک، حسن آباد و بیشه در محدوده بحرانی و در روستای دره گازه در محدوده نرمال قرار دارد. میانگین غلظت سرب در خاک زمین‌های کشاورزی منطقه در محدوده بحرانی قرار دارد.

### ۲-۳- سرب (Pb)

با توجه به جدول ۱ و همان طور که در نمودار مشخص است، بیشترین غلظت سرب مربوط به روستای دره زرشک و کمترین غلظت آن مربوط به روستای دره گازه است. در مقایسه‌ی غلظت سرب در ریشه‌ی گندم، بین روستای دره زرشک با سایر روستاها و همچنین روستاهای حسن آباد و بیشه با روستای دره گازه اختلاف معنی داری در سطح ۰/۰۵ وجود دارد.

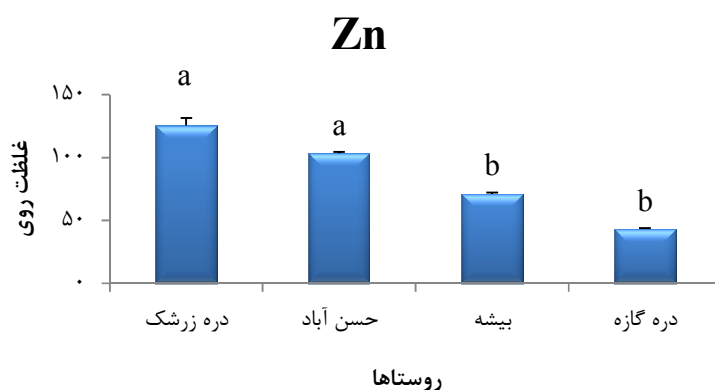


شکل ۳- نمودار میانگین سرب ریشه‌ی گندم روستاهای منطقه بر حسب mg/kg

### ۳-۳- روی (Zn)

( $F=19/152$ ) اما بین غلظت روی روستای دره زرشک و حسن آباد و همچنین بیشه و دره گازه اختلاف معنی داری وجود ندارد. پس از انجام آزمون تی با یک مقدار ثابت ( $p < 0/05$ ) مشخص شد که غلظت روی در روستاهای دره زرشک و حسن آباد در محدوده بحرانی و در روستاهای بیشه و دره گازه در محدوده نرمال قرار دارد. میانگین غلظت روی در خاک زمین‌های کشاورزی منطقه در محدوده بحرانی قرار دارد.

با توجه به جدول ۱ و همان طور که در نمودار مشخص است، بیشترین غلظت روی مربوط به روستای دره زرشک و کمترین غلظت آن مربوط به روستای دره گازه است. در مقایسه‌ی غلظت روی در ریشه‌ی گندم، بین روستای دره زرشک با روستاهای بیشه و دره گازه و همچنین روستای حسن آباد با روستاهای بیشه و دره گازه اختلاف معنی داری در سطح ۰/۰۵ وجود دارد



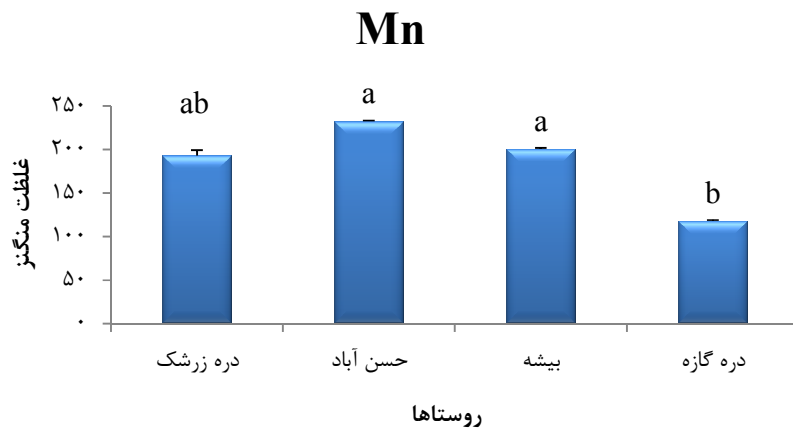
شکل ۴- نمودار میانگین روی ریشه گندم روستاهای منطقه بر حسب mg/kg

### ۳-۴- منگنز (Mn)

( $F=5/915$ ) اما بین غلظت منگنز روستای دره زرشک و حسن آباد، دره زرشک و بیشه همچنین حسن آباد و بیشه اختلاف معنی داری وجود ندارد. پس از انجام آزمون تی با یک مقدار ثابت ( $p < 0/05$ ) مشخص شد که غلظت منگنز در هر چهار روستا در گیاه و خاک زمین‌های کشاورزی منطقه در محدوده نرمال قرار دارد.

با توجه به جدول ۱ و همان طور که در نمودار مشخص است، بیشترین غلظت منگنز مربوط به روستای حسن آباد و کمترین غلظت آن مربوط به روستای دره گازه است. در مقایسه‌ی غلظت منگنز در ریشه‌ی گندم، بین روستاهای حسن آباد و بیشه با روستای دره گازه اختلاف معنی داری در سطح ۰/۰۵ وجود دارد





شکل ۵- نمودار میانگین منگنز ریشه گندم روستاهای منطقه برحسب mg/kg

به اینکه در راستای محل کانسار و در جهت باد غالب قرار دارد انتقال این فلز به روستا صورت گرفته و باعث شده غلظت این عنصر در نمونه های این روستا بالاتر از روستای بیشه و دره گازه و حد نرمال در گیاه باشد و همانند روستای دره زرشک در محدوده‌ی بحرانی قرار گیرد. غلظت مس در روستای بیشه به نسبت کمتر از دو روستای دیگر است و در محدوده‌ی نرمال قرار دارد که دلیل آن می‌تواند فاصله‌ی بیشتر روستای بیشه به کانسار مس منطقه و در نتیجه انتقال کمتر فلز به این روستا باشد همچنین به دلیل قرار نداشتن روستای دره گازه در راستای کانسار، کمترین غلظت مس در نمونه های روستای دره گازه مشاهده شده است. میانگین غلظت مس در خاک زمین‌های کشاورزی روستاها نیز بالا است اما در محدوده بحرانی قرار ندارد. در این راستا Harmanescu و همکارانش در سال ۲۰۱۱ در رومانی با ارزیابی خطر سلامتی فلزات سنگین از طریق مصرف سبزیجات کشت شده در منطقه‌ی معدنی در رومانی مشاهده کردند غلظت مس، سرب و روی در ریشه‌ی سبزیجات منطقه معدنی بیشتر از مناطق دورتر بود که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد.

#### ۴- بحث و نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده بیشترین غلظت عناصر مس، سرب و روی مربوط به روستای دره زرشک و پس از آن مربوط به روستای حسن آباد است. غلظت منگنز در سه روستای دره زرشک، حسن آباد و بیشه تا حدودی مشابه است و کمترین غلظت هر چهار عنصر در روستای دره گازه به دست آمده است. با توجه به نمودارها و با مقایسه‌ی غلظت عناصر روستاها با حد نرمال و غلظت بحرانی فلزات مس، سرب، روی و منگنز نتایج تحقیق حاضر را می‌توان اینگونه تفسیر کرد: بالا بودن غلظت عنصر مس در نمونه های روستای دره زرشک نسبت به سایر روستاها و قرار داشتن در محدوده‌ی بحرانی می‌تواند به این دلیل باشد که این روستا در محل کانسار مس منطقه قرار دارد و در آینده به منطقه‌ی معدنی تبدیل خواهد شد، پس از روستای دره زرشک بالاترین غلظت مس مربوط به روستای حسن آباد است که این روستا بعد از دره زرشک نزدیکترین روستا به کانسار مس منطقه است و با توجه

قرار دارد. با توجه به اینکه روستای دره گازه که در راستای کانسار قرار ندارد و دورتر از سایر روستاها به کانسار نیز می‌باشد کمترین غلظت روی در نمونه های این روستا مشاهده شده است. میانگین غلظت روی در خاک زمین‌های کشاورزی روستاها نیز بالا است و در محدوده بحرانی قرار دارد. در تحقیقی که توسط Romero و همکارانش در سال ۲۰۱۲ به منظور بررسی جذب فلزات سنگین توسط مرکبات در سایت معدنی در اسپانیا انجام گرفت نتایج نشان داد غلظت مس، سرب، روی مناطق معدنی بیشتر از سایر مناطق و حد آستانه شان بود که به علت تاثیر از معدن بوده است و با توجه به اینکه در منطقه‌ی دره زرشک، روستاهای نزدیک معدن غلظت بیشتری از عناصر مس، سرب و روی را به نسبت روستاهای دورتر نشان داده اند، تحقیق آن‌ها با تحقیق حاضر همخوانی دارد. غلظت فلز منگنز در نمونه های روستاهای دره زرشک، حسن آباد و بیشه تقریباً مشابه است و همانند سایر فلزات کمترین غلظت آن مربوط به نمونه های روستای دره گازه است اما غلظت آن در تمامی روستاها در گیاه و خاک در محدوده‌ی نرمال قرار دارد، از آنجا که معدن در حال احداث منطقه معدن مس می‌باشد و در اکثر مطالعات آلودگی معادن فلزات مس، سرب و روی به دلیل رفتار مشابه مس و روی و همچنین افزایش حمل و نقل و افزایش سرب در منطقه معدنی، باهم مشاهده شده‌اند ( Romero *et al.*, 2011; Harmanescu *et al.*, 2012) و با وجود جاده یزد-شیراز در منطقه، غلظت این سه فلز در منطقه بالا و در مجاورت معدن در محدوده بحرانی قرار دارد اما فلز منگنز که منبعی برای تولید و افزایش آن در منطقه وجود ندارد در حال حاضر در محدوده نرمال قرار دارد.

با توجه به قرار گرفتن روستای دره زرشک در محدوده اصلی کانسار مس و بالا بودن عناصر مورد مطالعه بدلیل عوامل طبیعی و زمین زاد و قرار گرفتن آنها در محدوده

در مورد فلز سرب هم بالاترین غلظت آن در روستای دره زرشک و پس از آن در روستای بیشه و حسن آباد و کمترین غلظت آن در روستای دره گازه مشاهده شده است. میانگین غلظت سرب در خاک زمین‌های کشاورزی روستاها نیز بالا است و در محدوده بحرانی قرار دارد. یکی از دلایل سرب موجود در نمونه‌ها می‌تواند ناشی از عبور جاده‌ی یزد - شیراز از منطقه باشد از اینرو غلظت سرب در نمونه های روستای دره زرشک که در محل اصلی کانسار است بیشتر از سایر روستاها بوده و در محدوده‌ی بحرانی قرار دارد. غلظت سرب در روستای بیشه و حسن آباد نیز که دورتر از کانسار قرار دارند ولی به جاده نزدیک هستند بالا است و در محدوده‌ی بحرانی قرار دارد اما روستای دره گازه با توجه به قرار نداشتن در راستای کانسار و دورتر بودن این روستا به جاده نسب به سایر روستاها، کمترین میزان سرب در منطقه را داراست و غلظت سرب نمونه های این روستا در محدوده‌ی نرمال قرار دارد. Bech و همکارانش در سال ۲۰۱۲ به شناسایی و توصیف گونه‌های گیاهی بردبار در برابر آلودگی فلزات سنگین در اطراف معدنی در پرو پرداختند. در این مطالعه مشخص شد که گیاهان واقع در مناطق دارای فعالیت‌های حمل و نقل بیشتر، نسبت به گیاهان واقع در سایر مناطق غلظت‌های قابل توجهی از سرب را نشان می‌دهند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

غلظت روی همانند غلظت مس در نمونه های روستای دره زرشک که در محل کانسار واقع شده از سایر روستاها بیشتر است و در محدوده‌ی بحرانی قرار دارد. نمونه های روستای حسن آباد که بعد از دره زرشک نزدیکترین روستا به کانسار است غلظت بالای روی را دارا هستند که مانند روستای دره زرشک در محدوده‌ی بحرانی قرار دارد. نمونه های روستای بیشه با فاصله بیشتر از کانسار، غلظت روی کمتری نسبت به دو روستای دیگر نشان داده است و در محدوده‌ی نرمال

است و غلظت مس، سرب و روی منطقه نیز در حال حاضر در محدوده‌ی بحرانی قرار دارد، لازم است ضمن بهره برداری از این کانسار عظیم، کلیه استانداردهای زیست محیطی لحاظ و فعالیت های بهبود و بهسازی محیط زیست مورد توجه مدیران شرکت ملی صنایع مس ایران و کارشناسان سازمان حفاظت محیط زیست قرار گیرد تا در حد توان با اقدامات مدیریتی مناسب از انتقال آلودگی های زیست محیطی به سایر نقاط جلوگیری بعمل آید.

بحرانی، اصولا کشاورزی و زراعت در این منطقه چندان مناسب نبوده و توصیه نمی گردد. از آنجا که روستای دره زرشک در آینده به منطقه‌ی معدن تبدیل خواهد شد و روستای حسن آباد نیز از ساکنین خریداری شده و در مایملک شرکت ملی صنایع مس قرار خواهد گرفت و فقط فضای سبز آن صرفا جهت تلطیف هوا و حفظ محیط زیست منطقه نگاه داشته خواهد شد، نگرانی در این خصوص احساس نخواهد شد اما باید توجه داشت نظر به این که معدن مس در منطقه در حال احداث

## REFERENCES

- Alloway, B.J. 1995. Heavy metals in soils. Second edition: 368 pp.
- Álvarez-Ayuso, E. V, Otones.A, Murciego.A, García-Sánchez.I, Santa Regina. 2012. Antimony, Arsenic and lead distribution in soils and plants of an agricultural area impacted by former mining activities. *Science of the Total Environment*. 439: 35-43.
- Bech, J. Duran, P. Roca, N. Poma, W. Sanchez, I. Barcelo, J. Boluda, R. Roca-Perez, L. Poschenrieder, C. 2012. Shoot accumulation of several trace elements in native plant species from contaminated soils in the Peruvian Andes. *Journal of Geochemical Exploration*, 113: 106 – 111.
- Chenery, S.R. M, Izquierdo. E, Marzouk. B, Klinck. B, Palumbo-Roe. A.M, Tye. 2012. Soil–plant interactions and the uptake of Pb at abandoned mining sites in the Rookhope catchment of the N. Pennines, UK —A Pb isotope study. *Science of the Total Environment*. 433: 547-560.
- Demirezen, Dilek and Ahmet, Aksoy. 2004. Accumulation of heavy metals in *Typhaangustifolia* (L.) and *Potamogetonpectinatus* (L.) living in Sultan Marsh (Kayseri, Turkey). *Chemosphere*, 56: 685-696.
- García-Lorenzo, M.L. C, Pérez-Sirvent.M.J, Martínez-Sánchez.J, Molina-Ruiz. 2012. Trace elements contamination in an abandoned mining site in a semi-arid zone. *Journal of Geochemical Exploration*. 113: 23-35.
- Harmanesco, Monica. Liana, Maria Alda.Despina, Maria Bordean. Ioan, Gogoasa and IosifGergen. 2011. Heavy metals health risk assessment for population via consumption of vegetables grown in old mining area; a case study: Banat County,Romania. *Chemistry Central Journal*, 5-64.
- Mohammadi, M. D, habibi. M, Ardakani and A, Asgharzadeh. 2010. Assessment uptake power and accumulate of *Medicago scutellata* in soil contaminated with Cadmium. *Crop Ecophysiology*, The second, number three.
- National Iranian Copper Industries Company, Taft Copper mine project. 2011. Darreh zereshk mine project Environmental impact assessment report.
- Nazemi,S. A, Asgari and M, rayi. 2010. Study of heavy metals in vegetables farmed in Shahrood countryside. *Iranian Journal of Health and Environment*. The third, number two: 195-202.
- Romero, A.I, González. E, Galán. 2012. Trace elements absorption by citrus in a heavily polluted mining site. *Journal of Geochemical Exploration*. 113: 76-85.
- Sola, C.; Burgos, M.; Plazuelo, A.; Toja, J.; Plans, M. and Prat, N. 2004. Heavy metal bioaccumulation and macroinvertebrate community changes in a mediterranean stream affected by acid mine drainage and an accidental spill (Guadamar river, SW Spain). *Science of the Total Environment*, 333: 109-126.
- SPSS Statistics, release 17.0.0, (2008). Copyright (1993-2007) Polar Engineering andConsulting
- Zarechahooki, mohammadali. 2010. Data analysis in natural resources research using SPSS software. First edition. Jahad publications, Tehran, 310.
- Zhao, H. B, Xia. C, Fan. P, Zhao. S, Shen. 2012. Human health risk from soil heavy metal contamination under different land uses near Dabaoshan Mine, Southern China. *Science of the Total Environment*.417-418: 45-54.

# Measured concentrations of lead, copper, zinc, manganese in roots of wheat (*Triticum aestivum*) near copper mine Darreh Zereshk Region, Yazd Province

Maedeh Chitsaz<sup>1</sup>, Amir Hossein Hamidian<sup>2\*</sup>, Babak Moteshare Zadeh<sup>3</sup>,  
Seyed Ali Asghar Mirjalili<sup>4</sup>, Sohrab Ashrafi<sup>5</sup>, Esmat Esmail Zade<sup>6</sup>

1- M.Sc. Graduated, Department of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

2- Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

3- Associate Professor, Department of Soil Science Engineering, Faculty of Agricultural Engineering & Technology, University of Tehran

4- M.Sc. HSE, Taft Copper Mine Project, National Iranian Copper Industries Company

5- Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

6- Environmental Researcher, Research and Development, Sarcheshmeh Copper Complex

Received: 25-Dec.-2013 Accepted: 19-Feb-2014

## Abstract

Pollution of agricultural lands is a widespread problem in mine regions. The transport of the pollutants through the food chain, causes their accumulation in tissues of plants and animals which endangers their health. This study aimed to measure the concentrations of heavy metals (lead, copper, zinc and manganese) in wheat roots (*Triticum aestivum*) of Darreh Zareh villages which might be used for future environmental monitoring. Ten wheat samples, were collected from each of four villages. After dry acid digestion, the metal concentrations were measured using an ICP-OES instrument. According to data normality by the Kolmogorov - Smirnov test was performed, to check for significant metal concentrations in villages one- way ANOVA and For comparison of mean metal concentrations villages Tukey test was performed by using SPSS(17) software. Concentration of Cu, Zn, Pb and Mn in the roots of wheat samples collected from different villages were significantly different. The highest concentrations of copper, lead and zinc, were observed in wheat roots of Darreh Zereshk village (60.3, 164.3, 123.1, 197.8) mg/kg dry weight, respectively and the highest concentrations of manganese were observed in wheat roots of Hasan Abad village (224.8) mg/kg dry weight. The lowest concentrations of copper, lead, zinc and manganese were observed in wheat roots of Darreh Gazeh village (9.8, 21.1, 43.1 and 118.1) mg/kg dry weight, respectively. Results showed that metal concentrations in the samples decreased with distance from the mine. The concentrations of Cu, Pb and Zn are in critical range in Darreh Zereshk village and in normal range in Darreh Gazeh village.

**Keywords:** Heavy metals, wheat (*Triticum aestivum*), monitoring, Darreh zereshk village, Copper mine

---

\* Corresponding Author: E-mail: a.hamidian@ut.ac.ir

Phone: +98-9109774245