گیاه پالایی خاکهای آلوده به عنصر روی در منطقه ایرانکوه توسط گونه های مرتعی

فرزاد شنبه‌دستجردی،[1*] مسعود تدین‌نژاد و کورش شیرانی

کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان؛ f_dastjerdi@yahoo.com
عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات جهاد و کشاورزی شهرستان اصفهان؛ Masodtadayon@yahoo.com
عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات جهاد و کشاورزی شهرستان اصفهان؛ K_sh424@yahoo.com

چکیده

یکی از مسائل مهم و اساسی در دنیای امروزپاکسازی خاکهای آلوده به آلاینده های آلی و معدنی می باشد. گیاه پالایی یکی از روشهایی است که در دهه های اخیر به آن توجه زیادی شده است. در این روش از گیاهان مقاوم که دارای زیتوده بالا، سیستم ریشه ای قوی و دارای ضریب انتقال عنصر گیاهی بالا داشته باشند استفاده می شود. شناخت گیاهان بومی با زیتوده بالا در پاکسازی خاکهای آلوده به عناصر سنگین بسیار مهم است. بدین منظور جهت مطالعه میزان پالایش خاکهای آلوده به عنصر روی به ترتیب سه جایگاه با درجات مختلف آلودگی عنصر روی (شدید، متوسط و شاهد) در معدن سرب و روی" باما" در منطقه ایرانکوه اصفهان انتخاب گردید. پس از بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکهای منطقه یازده گونه گیاهی از هفت خانواده انتخاب و در سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی در بهار 1383 برداشت شد. خاک ریزوسفری گیاهان از نظر خصوصیات شیمیایی و فرم عصاره گیری شده با DTPA نیز مورد بررسی قرار گرفت. زیست انباشتگی، دامنه تحمل پذیری و فاکتور انتقال عنصر روی در گیاهان مورد بررسی در این تحقیق ارزیابی و بررسی شد . نتایج نشان داد گونه‌های گیاهی *ابنوس استلاتا*[3] و *آستراگالوس گلوکانتوس*[4] با انباشتگی 293/3 و 1/ 195 میلی‌گرم بر کیلوگرم در اندام هوایی و فاکتور انتقال 5/72 و 6/46 به ترتیب گونه‌های گیاهی مناسب جهت توصیه درپالایش خاکهای آلوده به عنصر روی در این منطقه و مناطق مشابه می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: پالایش خاک، گیاه‌پالایی، عصاره‌کشی گیاهی، روی، گیاهان مرتعی

مقدمه

آلودگی خاکها به عناصر سنگین یکی از مسائل جهانی است که توسط فعالیتهای صنعتی، استخراج معادن، آبیاری با فاضلاب، آفت‌کشها، لجن فاضلاب ،کمپوست و غیره افزایش پیدا می کند (حاتمیان، 1379). شناسایی گونه‌های گیاهی مناسب جهت پالایش خاکهای آلوده به عناصر سنگین یکی از مسائل مهم در روشهای گیاه پالایی[5] خاکها می‌باشد. پتانسیل انتقال فلزهای سمی از خاک به اندامهای هوایی در گیاهان عالی خشکزی و انباشتگی این عناصر در اندامهای هوایی توجه بسیاری از دانشمندان را در زمینه تکامل اکولوژی و فیزیولوژی گیاهان جلب کرده است (Brooks, 1998). گیاهان فراانباشت کننده گیاهانی هستند که بیش از 1000 میلی‌گرم بر کیلوگرم عناصری مانند Ni, Co, Cu یا Pb، یا غلظتهای بیش از 10 میلی‌گرم برکیلوگرم Zn یاMn را در اندامهای خود ذخیره نمایند(Brooks, 1998 & Lasat, 2000). گونه‌های فراانباشت کننده به طور معمول مربوط به مناطق خشک و محدود به گونه‌های بومی رشد یافته در خاکهای معدنی این مناطق می‌باشند.

1- نویسنده مسئول، آدرس: اصفهان، شهرک امیرحمزه – صندوق پستی199-81785

* دریافت: 84/9/30 و پذیرش: 86/6/4

3- Ebenus stellata
4- Astragalus glaucanthus
5- Phytoremediation

عنصر روی به عنوان یک عنصر غذایی کم نیاز که در شماری از آنزیمها به عنوان بخش فلزی آنزیم عمل می‌کند مانند آنزیمهای الکل دهیدروژناز،کربنیک آنهیدراز، مس- روی سوپر اکسید دسموتاز و RNA پلیمراز و همچنین به عنوان فعال کننده بعضی از آنزیمها مانند ایزومرازها و دهیدروژنازها مطرح است (Kabata-Sheila,1996 & Pendias,1994). آلودگی خاک با عنصر روی می‌تواند باعث مشکلات کلیوی و ادراری در کارگرانی که در استخراج معادن روی کار می‌کنند نیز بشود (Hutzinger,1980). مقدار کل روی در خاکها به طور متوسط 50 میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده در حالیکه این مقدار در خاکهای آلوده به بیش از 70میلی‌گرم بر کیلوگرم میرسد (Sheila,1996).

در گیاهان آثار سمیت با روی معمولاً در غلظتهای بالاتر از 100 میلی‌گرم بر کیلوگرم در برگ ظاهر می‌شود (Sheila,1996). گیاه پالایی یکی از روشهای زیست پالایی[1] خاکها است که در دهه‌های اخیر به آن توجه زیادی شده است. در این روش از گیاهان بومی و مقاوم جهت پالایش خاکهای آلوده به ترکیبات آلی و معدنی استفاده می‌گردد (Lasat,2000).

مزیت عمده این روش نسبت به سایر روشهای پاکسازی خاکها سادگی، ارزان بودن و همچنین بهره‌گیری در سطح وسیع می‌باشد. در این روش انتخاب گونه گیاهی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد که، وابسته به شرایط اقلیمی و درجه آلودگی خاک می‌باشد (Lasat, 2000).

یکی از روشهای ویژه در گیاه پالایی، عصاره کشی گیاهی است. در این روش جذب و جمع‌آوری آلاینده‌ها در بافتهای قابل برداشت مد نظر می‌باشد. در این روش گیاهانی باید مورد استفاده قرار گیرند که در برابر غلظت بالای فلز بردبار باشند، غلظتهای بالایی از فلز را در بخش‌های قابل درو کردن انباشته کنند، سرعت رشد بالایی داشته باشند، دارای پتانسیل تولید بالا (زیتوده بالا) در مزرعه باشند و در نهایت سیستم ریشه‌ای قوی داشته باشند (Garbisu,2001). در بحث عصاره کشی گیاهی دو فاکتور بسیار مهم باید بررسی و ارزیابی گردد یکی دامنه تحمل پذیری گیاه نسبت به عنصر [2] و دیگری فاکتور انتقال[3] یا انتقال عنصر از ریشه به اندام هوایی (Mattina et al, 2003).

این تحقیق در زمین‌های اطراف معدن سرب و روی" باما"(دامنه ایرانکوه اصفهان) که در20 کیلومتری جنوب غربی اصفهان واقع گشته است صورت پذیرفت. بدلیل فعالیت‌های معدن کاوی و استخراج (بصورت روباز) خاکهای این منطقه به سرب و روی آلوده گشته که رویشگاههای گیاهی خاصی در این منطقه بوجود آمده است که می‌تواند در بحث گیاه پالایی و بطور ویژه عصاره کشی گیاهی خاکهای آلوده به عناصر سنگین مفید واقع شود (علامه،1376). هدف از این تحقیق ارزیابی گیاهان مرتعی و بومی منطقه ایرانکوه نسبت به تجمع عنصر روی می‌باشد و یا به عبارتی شناسایی و معرفی گونه‌های گیاهی فراانباشت کننده قوی عنصر روی که جهت پالایش خاکهای آلوده به عنصر روی بتوانند مورد توجه واقع گشته و توصیه گردند.

مواد و روشها

این تحقیق در معدن سرب و روی باما که سومین معدن بزرگ سرب و روی در کشور می‌باشد صورت پذیرفت. معدن باما در 20 کیلومتری جنوب غربی شهرستان اصفهان در دامنه ایرانکوه با ارتفاع 1750 متر از سطح دریا و میانگین با رندگی سالیانه 140 میلی‌متر در سال واقع گشته است. ماده معدنی در کانی ها و سنگهای معدن بیشتر کربنات روی، سرب و کانی‌های هیدرومورفیت و هیدروزونیت می‌باشد (علامه،1376). باطله‌های حاصل از جداسازی کانیها در 50 سال گذشته رویش گاههای گیاهی ویژه‌ای را بوجود آورده است که مناسب جهت مباحث گیاه پالایی فلزهای سنگین است. در این معدن سه جایگاه با درجات مختلف آلودگی روی (با توجه به عکسهای ماهواره‌ای) انتخاب شد (شکل 1). جایگاه الف حداکثر آلودگی، جایگاه ب درجه آلودگی متوسط و جایگاه پ به عنوان شاهد انتخاب گردید. در انتخاب جایگاههای نمونه برداری سعی بر آن شد که جایگاهها از جهت سری خاک، ارتفاع، جهت شیب یکسان انتخاب گردند.

در این بررسی یازده گونه از هفت خانواده گیاهی که مشترک بین سه جایگاه بودند انتخاب گردیدند (جدول 1). گونه گیاهی در هر جایگاه در سه تکرار برداشت گردید. نمونه‌های گیاهی سپس به آزمایشگاه انتقال داده شد.پس از شستشوی نمونه‌های گیاهی با اسیدکلریدریک 0/01 نرمال و آب مقطر اندام هوایی و زیرزمینی جداگشت سپس نمونه‌ها درآون در دمای 70 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت قرار داده شدند و بعد از خشک شدن، نمونه‌ها آسیاب گشته و جهت اندازه‌گیری عنصر روی مهیا گردید.

به منظور نمونه‌برداری از خاک ابتدا در هر جایگاه سه پروفیل به فاصله 25 متر از یکدیگر زده شد و

1- Bioremediation
2- Tolerance Index
3- Translocation Faotor

از دو عمق 20-0 و 40-20 سانتی‌متر (منطقه فعال ریشه) نمونه‌برداری انجام شد. همچنین در هنگام نمونه‌برداری از گیاهان خاک ریزوسفری (خاک پیرامون ریشه) هر گیاه برداشته شد و جهت انجام آزمایشات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه انتقال داده شد. سپس نمونه‌های خاک (پروفیل‌ها و خاک ریزوسفری) پس از هوا خشک شدن، کوبیده واز الک 2 میلی‌متری عبور داده شد و آزمایشهای بافت خاک، پی- اچ، هدایت الکتریکی، کربن آلی، پتاسیم قابل جذب، فسفر، نیتروژن کل خاک، فرم قابل جذب یا عصاره گیری شده با DTPA و کل عنصر روی در نمونه‌ها با توجه به روشهای استاندارد اندازه‌گیری گردید (Carter,1993 & Sparks,1996 & Soon,1978 & Klute,1986).

نمونه‌های گیاهی پس از خشک شدن آسیاب شد و عنصر روی در اندام‌هوایی و زیرزمینی بصورت جداگانه اندازه‌گیری شد. هضم نمونه‌ها به روش اکسیداسیون‌تر توسط اسیدنیتریک، اسید کلریدریک وآب اکسیژنه صورت پذیرفت، سپس روی نمونه‌های گیاهی توسط دستگاه جذب اتمی پرکین المر مدل 200 اندازه گیری گردید (Westerma,1990).

نتایج

جدول 2 مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک جایگاههای نمونه برداری را نشان می‌دهد. پی-اچ نمونه‌های خاک نشان می‌دهد که خاک جایگاههای نمونه برداری جزء خاکهای آهکی بوده و در دامنه نرمال این خاکها می‌باشد (8/0-7/3). خاکهای مورد نظر از نظر ماده آهکی فقیر (کمتر از یک درصد) و با توجه به هدایت الکتریکی عصاره اشباع از گروه خاکهای غیر شور می‌باشند. بافت این خاکها متوسط و به دلیل کمی مواد آلی، ذرات رس در آنها نقش ویژه‌ای دارند.

نتایج تجزیه واریانس مقادیر روی کل و قابل جذب در خاک جایگاههای نمونه برداری نشان داد، که داده های حاصل از غلظت روی کل و قابل جذب در دو عمق نمونه‌برداری در سطح آماری 5 درصد اختلاف معنی‌داری دارند و نیز بین مقادیر کل و قابل جذب روی در بین سه جایگاه در سطح آماری یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول 3).

مقایسه میانگین‌های مقادیر کل و قابل جذب روی در عمق‌های 20-0 و 40-20 سانتی متری از سطح خاک در سه جایگاه نمونه‌برداری اختلاف معنی داری را نشان ندادند (جدول 4). به بیان دیگر از نظر غلظت کل روی بین دو عمق بررسی شده اختلافی وجود ندارد ولی بین روی قابل جذب در دو عمق اختلاف معنی داری وجود دارد به گونه‌ای که غلظت روی قابل جذب در عمق 20-0 سانتی متری بیشتر از عمق 40-20 سانتی‌متری بود (جدول 4).

مقایسه میانگین های مقادیر کل و قابل جذب روی به گونه‌ای بود که بیشترین روی قابل جذب در جایگاه الف و کمترین در جایگاه پ وجود داشت (جدول 5).

اثر گونه گیاهی بر مقادیر روی انباشته شده به ازاء واحد وزن گیاه در سطح احتمال 1 درصد معنی دار شد. (جدول 6).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که گونه‌های گیاهی *بر موس تکتوروم*[1]، *ابنوس استلاتاما*[2]، *اریتمیزیا سیبری*[3]،*استاخیس اینفلاتا*[4] بیشترین زیست انباشتگی روی را به ازاء واحد وزن خود نشان دادند (شکل 2).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر جایگاه نمونه‌برداری بر انباشتگی عنصر روی در گیاهان مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که گیاهان جایگاه الف و پ به ترتیب بیشترین و کمترین انباشتگی روی را به خود اختصاص داده‌اند (جداول 6 و 7).

تجزیه واریانس داده ها نشان داد که بین اندام هوایی و زیرزمینی گیاهان مورد بررسی اختلاف معنی داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. مقایسه میانگین ها به گونه ای بود که بیشترین غلظت روی در اندام هوایی و کمترین غلظت در اندام زیرزمینی گیاهان دیده شد (جداول 8 و 6).

از آنجایی که عکس‌العمل گیاهان مختلف نسبت به مقادیر مختلف آلودگی در جایگاههای نمونه‌برداری متفاوت است به همین دلیل، تأثیر پذیری هر گیاه نسبت به عنصر روی در اندام هوایی و زیرزمینی بصورت جداگانه مورد بررسی و ارزیابی قرارگرفت.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اندام هوایی بر انباشتگی عنصر روی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد (جدول 9).

مقایسه میانگین ها برای مقادیر روی موجود در اندام هوایی گیاهان مورد بررسی نشان داد که گونهٔ گیاهی *ابنوس استلاتا* با میانگین غلظت روی 293/3 میلی‌گرم بر کیلوگرم بیشترین و گونه گیاهی *اسکارایولا اوریتتالیس*[5] با میانگین 87/3 میلی گرم بر کیلوگرم کمترین انباشتگی روی را در اندام هوایی خود نشان دادند (شکل 3).

1 - *Bromus tectorum*
2 - *Ebenus stellata*
3 - *Artemisia siebri*
4 - *Stachys inflata*
5 - *Scariola orientlis*

جدول 10 نتایج تجزیه واریانس اثر اندام زیرزمینی بر انباشتگی عنصر روی را نشان می‌دهد. نتایج نشان دادکه اثر گونه گیاهی بر انباشتگی روی دراندام زیرزمینی در سطح آماری یک درصد معنی دار شد.

مقایسه میانگین ها برای غلظت روی موجود در اندام زیرزمینی گیاهان مورد مطالعه نشان داد که گونه گیاهی *برروموس تکتوروم*[1] با انباشتگی 279/5 بیشترین و گونه *استاراگوس گلوکانتوس* با انباشتگی 23/9 میلی گرم بر کیلوگرم به ترتیب بیشترین و کمترین انباشتگی عنصر روی را در اندامهای زیرزمینی خود نشان دادند (شکل 4).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر گونه گیاهی بر مقدار روی قابل جذب در سطح آماری یک درصد معنی دار است (جدول 11).

مقایسه میانگین‌ها نشان دادکه بیشترین فرم قابل جذب روی در خاک ریزوسفری *توکریوم پولیوم* و کمترین در خاک ریزوسفری گیاهان *آستاراگالوس گلوکانتوس* و *انبوس استلاتا* می‌باشد (جدول 12).

با توجه به این که در بحث گیاه پالایی و به طور ویژه در عصاره‌کشی گیاهی نسبت انتقال عناصر از اندام زیرزمینی به اندام هوایی یا همان فاکتور انتقال بسیار مهم و ضروری است در این قسمت نتایج حاصل از این فاکتور در جدول 13 آورده شده است.

با توجه به جدول 13 و مقایسه فاکتور انتقال عنصر روی از اندام زیرزمینی به اندام هوایی گیاهان مورد بررسی، گونه‌های *استارگاکوس گلوکانتوس*، *انبوس استلاتا* و *استاخیس اینفلاتا* بیشترین فاکتور انتقال روی را به ترتیب با مقادیر 6/44، 5/72، 6/94 نشان دادند.

بحث

خاکهای منطقه ایرانکوه (اصفهان) با توجه به رژیم رطوبتی (اریدیک) و وضعیت توپوگرافی و شرایط اقلیمی منطقه جزء خاکهای اریدی سول بوده و رده بندی این خاکها بر پایه رده بندی آمریکایی تا حد فامیل فاین لومی، میگس، ترمیک، تیپیک، هاپلوکسید[2] می باشد (Soil Survey Staff,1999). با توجه به وضعیت آهک (50 تا 40 درصد) و هدایت الکتریکی عصاره اشباع این خاکها، جزء خاکهای آهکی غیر شور بوده و همچنین بافت آنها متوسط تا سبک، دارای ماده آلی کم و به واسطه داشتن ماده آلی کم رسها نقش ویژه‌ای جهت قابلیت دسترسی زیستی عنصر روی برای گیاهان منطقه خواهند داشت. دامنه غلظت نرمال روی در خاکها 50 mg/kg گزارش شده و غلظت سمی شدن این عنصر در خاکها 70 mg/kg -400 می‌باشد (Sheila,1996 & Reeres,1999). با توجه به این موضوع می‌توان گفت مقدار روی در جایگاه الف و ب در دامنه سمیت واقع شده ولی جایگاه پ (شاهد) غیرآلوده بوده است. با توجه به مقدار کل روی در این سه جایگاه و بررسی فرم قابل جذب آن مشاهده شد که بیشترین فرم قابل جذب در جایگاه الف و کمترین غلظت در جایگاه پ می‌باشد (جدول 5).

در بحث گیاه پالایی عناصر سنگین و به ویژه عصاره کشی گیاهی دو فاکتور مهم یکی دامنه تحمل پذیری گیاه و همچنین فاکتور انتقال عنصر از اندام زیرزمینی به اندامهای قابل برداشت باید مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد (Mattina et al,2003). با توجه به این موضوع ابتدا به مقایسه زیست انباشتگی عنصر روی بین یازده گونه گیاهی بین سه جایگاه مختلف نمونه برداری از نظر انباشتگی روی درکل گیاه (حاصل از اندام هوایی و زیرزمینی) صورت پذیرفت یعنی به نوعی دامنه تحمل‌پذیری و زیست انباشتگی در کل گیاه (مقایسه‌ای بین جایگاه با آلودگی شدید و شاهد) مقایسه گردید. میزان انباشتگی (جدول 7) در گیاهان به میزان آلودگی جایگاههای نمونه‌برداری نیز وابسته است و با توجه به نتایج بدست آمده می توان چنین بیان کرد که هر چه آلودگی خاکی نسبت به عناصر سنگین بیشتر باشد احتمال انباشتگی بیشتری از عناصر یاد شده در گیاه وجود خواهد داشت (Brooks,1998). با توجه به این موضوع و شکل 2 گونه‌های گیاهی *برموس تکتوروم*، *انبوس استلاتا*، *ارتیمزیاسیری* و *استاخیس اینفلاتا* گونه‌هایی بودند که بیشترین انباشتگی روی را به ازاء واحد وزن خود داشتند ولی باید به این نکته توجه نمود که این انباشتگی به ازاء واحد وزن نمی تواند کافی باشد یعنی باید به زیتوده گیاهی (زیتوده بالا) نیز دقت نمود و با توجه به زیست انباشتگی عنصر روی در اندام هوایی و فاکتور انتقال، گونه مناسب را شناسایی نمود. بدین منظور پارامترهای دیگر مورد بررسی قرار گرفت.

جدول 8 مقایسه‌ای بین روی موجود در اندام هوایی و زیرزمینی گیاهان مورد بررسی را نشان می‌دهد. مقدار عنصر روی در اندام هوایی بیشتر از اندام زیرزمینی گیاهان مورد بررسی می باشد و با توجه به جدول 6 چنین انتظاری نیز می‌رفت یعنی به نوعی آلودگی عنصر روی در گیاهان نشان داده شده است. از آنجایی که عکس‌العمل گیاهان نسبت به مقادیر آلودگی های متفاوت در جایگاه های نمونه برداری با یکدیگر متفاوت است و گیاهان عکس العمل های خاصی را نشان می‌دهند، بدین منظور برای شناسایی گونه مناسب فراانباشت کننده روی در بحث

[1] -*Bromus tectorum*

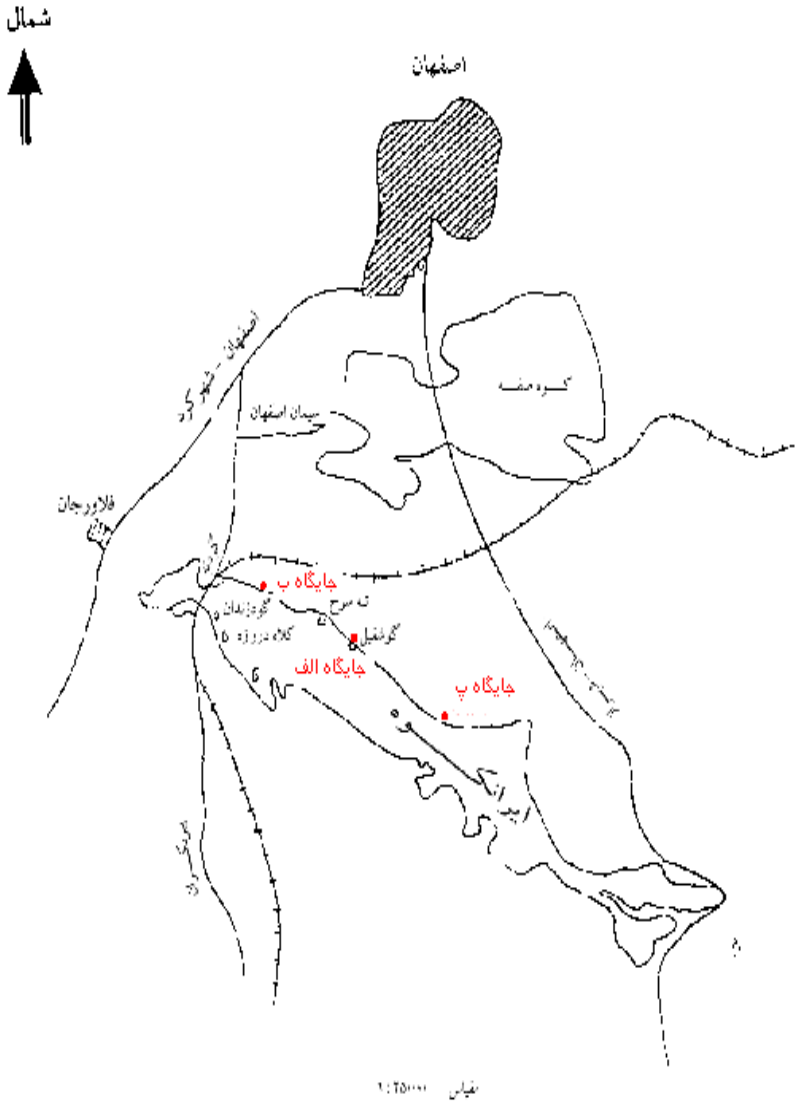
[2] -Fine Loamy, Mixe thermic Typic Haplocalcids

عصاره کشی گیاهی، مقایسه‌ای بین زیست انباشتگی روی در اندام هوایی و زیرزمینی گیاهان مورد بررسی صورت پذیرفت. شکل 2و3 نشان می دهد که گونه گیاهی *ابنوس استلاتا*، *استاخیس اینفلاتا* و *آستاراگالوس گلوکانتوس* بیشترین زیست انباشتگی را در اندام هوایی داشته و به نوعی کمترین انباشتگی عنصر روی را در اندام زیرزمینی دارند. گونه های گیاهی *استاراگالوس گلوکانتوس*، *آکانتولیمون و انبوس استلاتا* بیشترین فاکتور انتقال را در این تحقیق داشتند.

با توجه به کلیه مطالب بحث شده و شرایطی که گیاه باید داشته باشد تا گونه گیاهی مناسب جهت پالایش خاکهای آلوده به عنصر روی باشد (زیتوده بالا، فاکتورانتقال بالا، سیستم ریشه‌ای قوی، بردباری در برابر غلظت بالای عنصر)، می توان گونه‌های گیاهی *ابنوس استلاتا* و *استاراگالوس گلوکانتوس* را به عنوان گونه‌های مناسب جهت پالایش خاکهای آلوده به عنصر روی در این منطقه و مناطق مشابه توصیه نمود.

سپاسگزاری

از کلیه همکاران محترم در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان که در امر این پژوهش همکاری کردند کمال تشکر و قدردانی را دارم.



شکل 1- جایگاههای با درجات مختلف آلودگی به روی

جدول1- برخی از ویژگی‌های گیاهان نمونه‌برداری شده از سه جایگاه نمونه‌برداری

خانواده	نام علمی	نام فارسی	فرم رویشی	کاربرد
Asteraceae	*Artemisia siebri*	درمنه دشتی	بوته‌ای	دارویی- مرتعی
	Scariola orientalis	جاز-جارو	علفی- چندساله	علوفه‌ای
Lamiaceae	*Stachys inflata*	گاوپونه	علفی- چندساله	مرتعی
	Tucrium polium	کلپوره	علفی- چندساله	دارویی
Poaceae	*Stipa barbata*	یال اسبی	علفی- چندساله	مرتعی
	Bromus tectorum	جارو علفی	علفی- یکساله	مرتعی
Brassicaceae	*Alyssum bracteatum*	قدومه	علفی چندساله	دارویی
Plumbaginaceae	*Acantholimon sp.*	کلاه‌میرحسن	بوته‌ای	حفاظتی
Papilionaceae	*Astragalus glaucanthus*	گون اسبی	بوته‌ای	حفاظتی و تا حدودی مرتعی
	Ebenus stellata	جوسیخ	بوته‌ای	مرتعی- حفاظتی
Papaveraceae	*Hypecum pendulum*	شاه‌تره‌ای	علفی- یکساله	مرتعی

جدول 2- برخی از ویژگیهای فیزیکی و شیمیائی خاکهای نمونه‌برداری شده

جایگاه نمونه برداری	عمق	EC_e	pH	%T.N.V	% OC	% Clay	% Silt	% Sand	Texture
الف	20-0	0/43	7/76	45/83	0/50	21/40	42/13	36/47	L
	40-20	0/38	7/96	51/16	0/05	24/04	45/40	30/56	L
ب	20-0	0/44	7/56	51/00	0/16	19/60	33/53	46/87	L
	40-20	0/38	7/83	64/60	0/12	14/26	27/53	58/21	SL
پ	20-0	0/50	7/66	40/50	0/08	21/86	34/06	44/08	L
	40-20	0/52	7/86	52/16	0/01	18/53	24/73	56/74	SL

الف= جایگاه با درجه آلودگی زیاد ب= جایگاه با درجه آلودگی متوسط پ= جایگاه شاهد (غیر آلوده)

جدول 3- نتایج تجزیه واریانس مقادیر کل و قابل جذب عنصر روی تحت اثر جایگاه نمونه برداری، عمق و اثرات متقابل آنها در خاکهای ایرانکوه

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		روی کل	روی قابل جذب
جایگاه نمونه برداری	2	31025/05**	20/645**
عمق	1	10176/88*	3/175*
جایگاه^{x} عمق	2	3543/05^{ns}	2/307 ^{ns}
خطا	12	2349/83	0/65

** نشان دهنده معنی دار بودن در پایه آماری یک درصد

* نشان دهنده معنی دار بودن در پایه آماری پنج درصد

^{ns} نشان دهنده معنی‌دارنبودن در هر سطح آماری

جدول4- مقایسه میانگین‌های مقایر کل و قابل جذب روی در عمق های 20-0 و 40-20 سانتی‌متری در سه جایگاه نمونه‌برداری از خاکهای منطقه ایرانکوه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد

عمق	روی کل (mg/kg)	روی قابل جذب (mg/kg)
0-20	177/56 ^{a}	2/78 ^{a}
20-40	130/00 ^{a}	1/94 ^{b}

وجود حروف مشابه در هر ستون بیانگر نبود تفاوت معنی دار است.

جدول 5- مقایسه میانگین‌های مقادیر کل روی و قابل جذب خاک در جایگاه‌های نمونه‌برداری از منطقه ایرانکوه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد

جایگاه نمونه‌برداری	روی کل (mg/kg)	روی قابل جذب (mg /kg)
الف	207/83 [a]	3/94 [a]
ب	181/33 [a]	2/83 [b]
پ	72/17 [b]	0/32 [c]

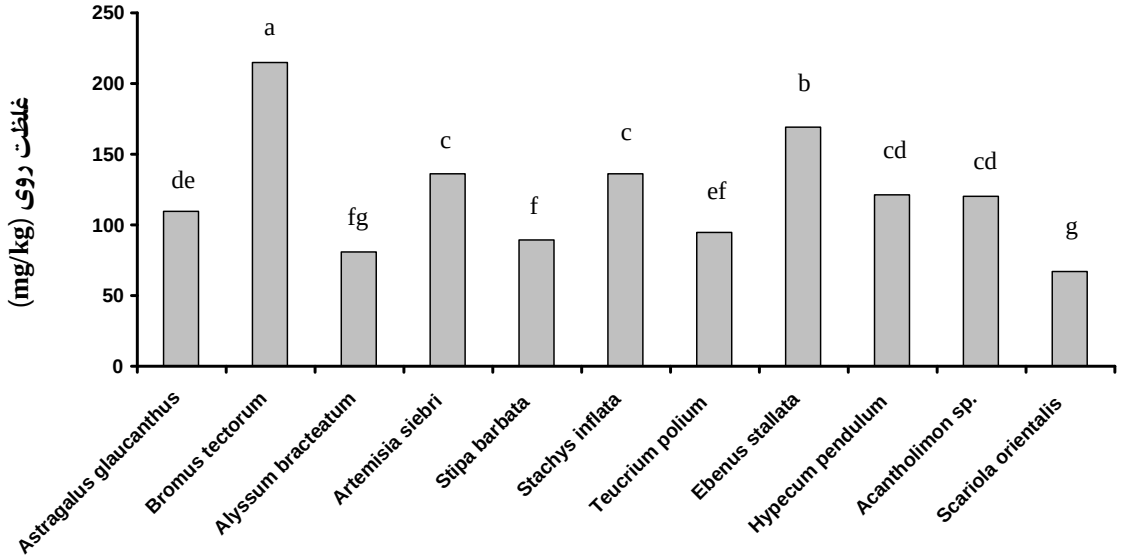
الف= جایگاه با درجه آلودگی زیاد ب= جایگاه با درجه آلودگی متوسط پ= جایگاه شاهد (غیر آلوده)

وجود حروف مشابه در هر ستون بیانگر نبود تفاوت معنی دار است.

جدول 6- نتایج واریانس روی در گیاهان نمونه‌برداری شده تحت اثر نوع گیاه، جایگاه نمونه‌برداری، اندام و اثرات متقابل آنها

منابع تغییرات	درجات آزادی	میانگین مربعات
		روی
گیاه	10	32238/87**
جایگاه نمونه‌برداری	2	553595/07**
اندام	1	466181/13**
گیاه× جایگاه	20	11096/10**
گیاه× اندام	10	53556/00**
خطا	132	639/23

**، نشاندهنده معنی دار بودن در سطح احتمال یک درصد است.



شکل2- مقایسه میانگین های غلظت روی در گونه‌های گیاهی (غلظت متوسط روی به ازای واحد وزن گیاه) مورد بررسی بر پایه آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد(ستون با حروف یکسان ناهمانندی چشم گیری ندارند)

جدول 7- مقایسه میانگین مقادیر روی درگیاهان سه جایگاه نمونه‌برداری شده از منطقه ایرانکوه بر اساس آزمون در سطح احتمال یک درصد

جایگاه نمونه‌برداری	روی (mg/ kg)
الف	218/24 [a]
ب	110/93 [b]
پ	36/03 [c]

الف= جایگاه با درجه آلودگی زیاد ب= جایگاه با درجه آلودگی متوسط پ= جایگاه شاهد (غیر آلوده).

جدول 8- مقایسه میانگین های روی در اندامهای هوائی و زیر زمینی گیاهان منطقه ایرانکوه بر پایه آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد.

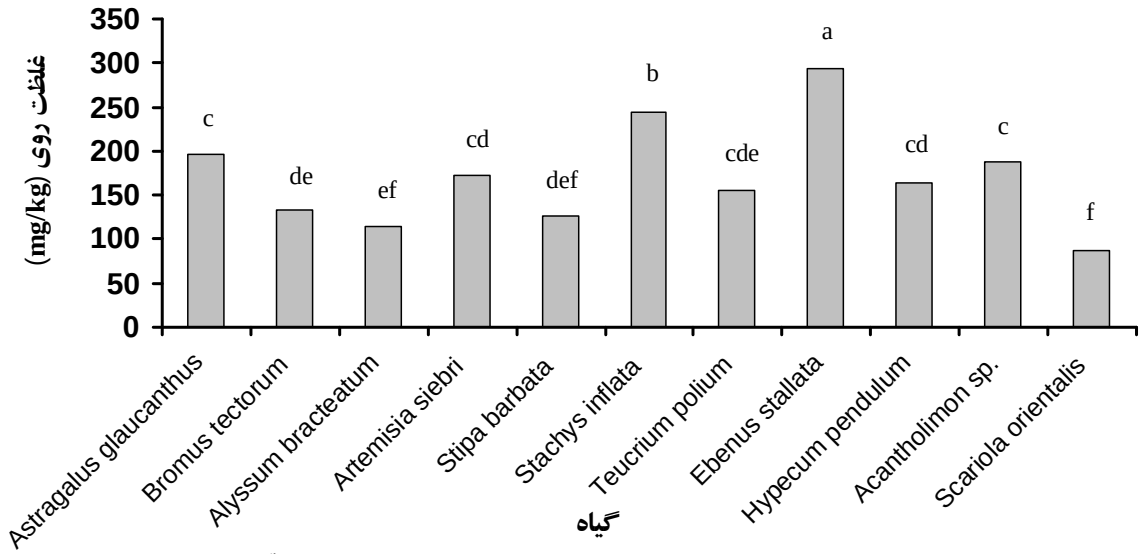
اندام	روی(mg/kg)
هوائی	170/27 [a]
زیر زمینی	73/21 [b]

وجود حروف مشابه در هر ستون بیانگر نبود تفاوت معنی دار است.

جدول 9- نتایج تجزیه واریانس مقادیر روی در گیاهان نمونه‌برداری شده در منطقه ایرانکوه تحت اثر اندام هوایی، جایگاه نمونه‌برداری و اثرات متقابل آنها

منابع تغییرات	درجات آزادی	میانگین مربعات
		روی
اندام هوایی	10	31561/5**
جایگاه نمونه‌برداری	2	587414/5**
اندام هوایی× جایگاه نمونه‌برداری	20	20122/1**
خطا	66	1089/1

** نشان دهنده معنی دار بودن در سطح احتمال یک درصد است

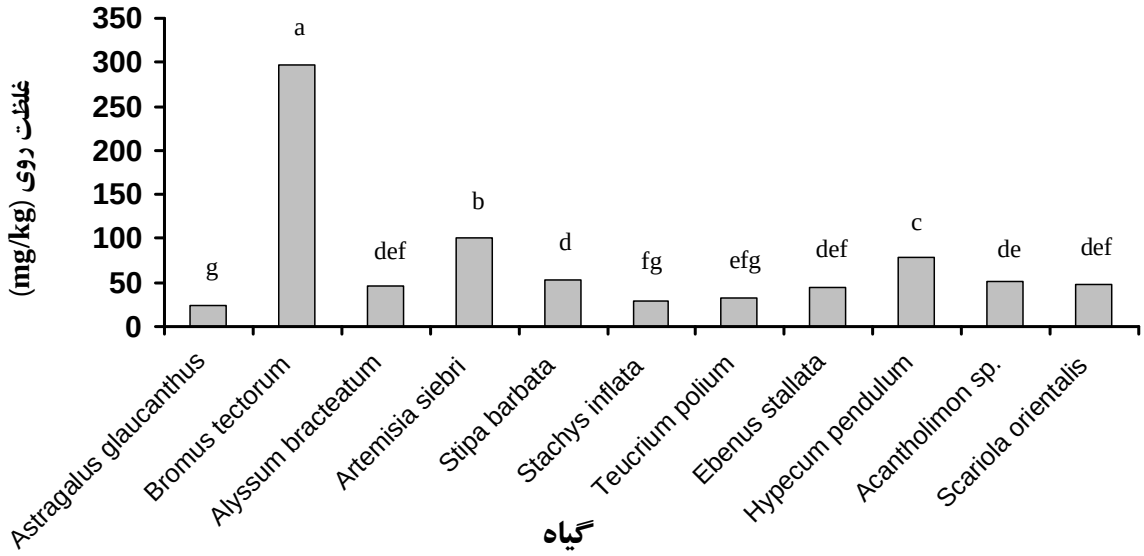


شکل 3- مقایسه میانگین ها برای انباشتگی روی در اندام هوائی گیاهان بررسی شده بر پایه آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد (ستون با حروف یکسان ناهمانندی چشم گیری ندارند)

جدول10 - نتایج تجزیه واریانس مقادیر روی در گیاهان نمونه‌برداری شده از منطقه ایرانکوه تحت اثر اندام زیرزمینی، جایگاه نمونه‌برداری و اثرات متقابل آنها

منابع تغییرات	درجات آزادی	میانگین مربعات روی
اندام زیرزمینی	**10**	54233/4 **
جایگاه نمونه برداری	**2**	82209/2 **
اندام زیرزمینیx جایگاه نمونه‌برداری	**20**	13799/17 **
خطا	**66**	189/2

**، نشاندهنده معنی دار بودن در سطح احتمال یک درصد است



شکل 4- مقایسه میانگین ها برای انباشتگی روی در اندام‌های زیرزمینی گیاهان بررسی شده بر پایه آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد (ستون با حروف یکسان ناهمانندی چشم گیری ندارند)

جدول 11- نتایج تجزیه وارانس مقادیر روی فراهم در خاک ریزوسفری گیاهان مورد بررسی تحت اثر نوع گیاه، جایگاه نمونه‌برداری و اثرات متقابل آنها

منابع تغییرات	درجات آزادی	میانگین مربعات روی
جایگاه نمونه‌برداری	2	667/58**
گیاه	10	34/89**
گیاهx جایگاه	20	11/24**
خطا	66	3/01

** نشان دهنده معنی دار بودن در سطح احتکال یک درصد است.

جدول12- مقایسه میانگین مقادیر روی قابل جذب در گونه‌های گیاهی مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد وجود حروف مشابه در ستون‌ها نشانه نبود تفاوت معنی دار است

نام گیاه	روی(mg/kg)
Astragalus glaucanthus	3/36 g
Bromus tectorum	8/90 ab
Alyssum bracteatum	8/24 abc
Artemisia siebri	6/71 cde
Stipa barbata	5/60 def
Stachys inflata	7/28 bcd
Teucrium polium	9/76 a
Ebenus stallata	5/38 ef
Hypecum pendulum	8/12 abc
Acantholimon sp.	4/34 fg
Scariola orientalis	6/25 de

جدول 13- نسبت غلظت عنصر روی در اندام هوایی به اندام زیرزمینی در گیاهان مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد وجود حروف مشابه در هر ستون بیانگر نبود تفاوت معنی‌دار است

گیاه	فاکتور انتقال
Astragalus glaucanthus	6/46
Acantholimon sp	4/41
Ebenus Stellata	5/72
Srachys inflata	6/94
Artemisia siebri	1/49
Teucrium polium	5/07
Stipe barbata	2/24
Alyssum bradeatum	2/36
Scariola orientlis	1/57
Hypecum pendulum	2/81
Bromus tectorum	0/60

فهرست منابع:

1. حاتمیان زارعی، ا.1379. *زیست سالم سازی خاک‌های آلوه به هیدروکربن‌ها (آروماتیک و جذب حلقه‌ای)*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس.
2. علامه، ا. 1376. *گزارش اکتشاف معدن گوشفیل*. شرکت باما. اصفهان. 150 صفحه.
3. Blaster, P., S. Zimmermann, J. Luster and W. Shotyk., 2000. “Critical examination of trace element enrichment and depletion in soils: As, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn in swiss forest soil”. Sci. Total. Environ. 249: 257- 280.
4. Brooks, R. R., 1998. “Plants that hyperaccumlate heavy metal”. CAB Intenational, Newyork, 380 P.
5. Carter, M. R. (Ed)., 1993. “Soil sampling and method of analysis”. Canadian Society of Soil Science, Lewis Publishers.
6. Garbisu, C. and I. Alkorta., 2001. “Phytoextraction: acost- effective plant based technology for the removal of metals from the environment”. Bioresource Technology, 779 (2001) Pp: 229- 236.
7. Hutzinger, O., 1980. “The hand book of envionmental chemistry”. Vol. 3 part. A. Pp: 59-107.

8. Kabata-Pendias, A. and H. Pendias., 1994. “Trace element in soils and plant”. CRC press Boca Raton Ann Arbor Landon. P. 223.
9. Klute, A., 1986. “Method of soil analysis.” Part1: physical methods. Soi. Sci SOC. Ameri. J. Pp: 432-449.
10. Lasat, M. M., 2000. “Phytoextoraction of metals from contuminated soil: a review of plant/ soil/ metal. Interaction and assessment of pertinent agronomic issues”. Journal of Hazardosus Substance Research. 2: 1- 25.
11. Mattina, M . J.I., Lannucci-Berger,W.,Musante. C., White,J .C.,2003. Concurrent plant uptake of havey metal and persistent organic poiiutants from soil. Enviromental Pollution 124,375-378.
12. Reeres, R. D., and A. J. M baker., 1999. Metal-accunulating plant. In phytorememediation of toxic metals: using plants to clean up the environment, eds. I.Raskin and B. D. Ensley, PP 1930229, John Wiley& Sons Inc, New York, NY.
13. Schnoor, J. L., 1997. “Phytoremediution”. The University of Iowa, Departement of Civil and Environmental Enginering and Center for Global and Regional Environmental Research.
14. Shaw, A. J., 1989. “Heavy metal tolerance in plants: evolutionary aspects”. CRC Press, INC. florida. 299 P.
15. Sheila, M. T., 1996. “Toxic metal in soil- plant systems Wily& Sons. Newyork. 469 P.
16. Soil Survey Staff. 1999. “Soil taxonomy basic system of soil classification for making and interpreting soil survey”. 2d ed. Agric. Handb. No. 436. USDA-NRCS, p. 869.
17. Soon, U. K., and Abboud., 1978. “Soil sampeling and methods of analysis, in Cadmium, Chromium. Nickel and Lead”. Canadian Society of Soil Science, chapter: 13, PP:101-107.
18. Sparks, D. L., and J. M. Bartels., 1996. “Methods of soil Analysis.” Part3: Chemical Methods. G. W. Thomas, 1984. Soi. Scisoc. Ameri. J. No. 5 Pp: 475-490.
19. Westerma., R. E. L., 1990. “Soil testing and plant analysis”., SSSA. Madison wisconsin, USA.