



## آزمون عصاره‌گیرهای مختلف برای استخراج شکل قابل جذب روی (Zn) در یک خاک آهکی و به شدت آلوده طبیعی

سید مجید موسوی\*<sup>۱</sup>، بابک متشرعزاده<sup>۱</sup>، حسین میرسیدحسینی<sup>۱</sup>، حسینعلی علیخانی<sup>۱</sup>، علی اصغر ذوالفقاری<sup>۲</sup>  
۱- گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تهران ۲- گروه بیابان‌زدایی دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان  
(majidmousavi@ut.ac.ir)

### چکیده

تاکنون عصاره‌گیرهای مختلفی برای تعیین غلظت شکل قابل جذب عناصر نادر/کم مصرف در خاک‌ها پیشنهاد شده است با این وجود، مطالعات انجام شده بر روی خاک‌های آهکی و به شدت آلوده، محدود می‌باشد. به منظور مقایسه‌ی پتانسیل عصاره‌گیرهای  $H_2O$ ،  $Ca(NO_3)_2$ ،  $HNO_3$ ،  $CaCl_2$ ،  $MgCl_2$  و  $DTPA$  آزمایشی بصورت طرح کاملاً تصادفی در شرایط گلخانه و تحت کشت آفتابگردان بر روی یک خاک آهکی با سطح آلودگی بالا اجرا گردید. عصاره‌گیر برتر بر اساس بالاترین ضریب تشخیص ( $R^2$ ) با پاسخ گیاهی (جذب روی در گیاه و عملکرد ماده خشک) انتخاب خواهد شد. نتایج بدست آمده نشان داد که عصاره‌گیر  $MgCl_2$  دارای بالاترین ضریب تشخیص با پاسخ گیاهی می‌باشد ( $R^2 > 0.8$ ) و بعد از آن  $CaCl_2$  ( $R^2 > 0.7$ ) قرار داشت. کمترین ضریب تشخیص نیز به عصاره‌گیرهای نیترات کلسیم ( $R^2 < 0.1$ ) و آب مقطر ( $R^2 < 0.3$ ) اختصاص داشت. با توجه به وجود همبستگی بالا در انتخاب عصاره‌گیر مناسب با عکس‌العمل گیاه، گام بعدی برای تأیید نتایج، انجام آزمایش‌های مزرعه‌ای می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: خاک آهکی، خاک آلوده، عصاره‌گیر، شکل قابل جذب.

### مقدمه

روی عنصری ضروری برای انسان، حیوان و گیاهان است که یا منشأ فعالیت‌های انسانی دارد و یا منشأ زمین‌شناسی. قابلیت جذب این عنصر با افزایش pH و کربنات کلسیم خاک کاهش می‌یابد. مقدار روی در محلول خاک در مقایسه با مقدار کل آن (۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بسیار پایین است (Alloway, 1990). تجمع بیش از حد عنصر روی، بویژه در محلول خاک، از فعالیت‌های انسانی نظیر گسترش شهرنشینی، صنعتی شدن، معدنکاوای و فعالیت‌های کشاورزی ناشی می‌شود (Mousavi et al., 2010; Xiu-Zhen, 2012; Mousavi et al., 2013). آزمون خاک، اطلاعات مفیدی را در خصوص میزان روی قابل استفاده گیاه ارائه می‌کند که این داده‌ها در تعیین نیاز کودی گیاه و یا مدیریت خاک‌های آلوده می‌تواند مفید واقع شود (Sing et al., 1987). انتخاب یک روش شیمیایی یا عصاره‌گیری مناسب برای اندازه‌گیری یا برآورد مقدار عناصر غذایی قابل استفاده در خاک از پایه‌های اصلی هر نظام آزمون خاک بوده و در کارایی آن نقش مهمی دارد. روش‌های عصاره‌گیری اطلاعات مختلفی را در مورد نسبت قدرت پیوند فلزات در فازهای جامد مختلف و پتانسیل واکنش‌پذیری آن‌ها تحت شرایط زیست-محیطی و فیزیکی شیمیایی مختلف ارائه می‌دهند و این اطلاعات برای ارزیابی تحرک و زیست‌فراهمی فلزات سنگین بسیار مفید و ضروری هستند (Lu et al., 2003). اشکال محلول، قابل تبادل و کلات‌شده فلزات در خاک بخش لبایل و قابل دسترس برای گیاه هستند. در آزمایشگاه‌های مختلف از عصاره‌گیرهای مختلفی مانند نمک‌های معدنی (کلرور کلسیم، کلرور منیزیم، نیترات کلسیم)، اسیدهای رقیق‌شده (مانند اسید استیک ۰.۲/۵٪)، اسیدهای قوی (مانند نیتریک اسید) و عصاره‌گیرهای کمپلکس‌کننده (مانند DTPA) استفاده می‌شود (Sabien et al., 2004). طبق نظر Bray (۱۹۴۸) یک عصاره‌گیر خوب بایستی بتواند تمام یا



بخش متناسبی از شکل یا اشکال قابل جذب گیاه را از خاک‌های با خصوصیات مختلف استخراج کند، سریع و دقیق باشد و در نهایت این که مقدار عنصر استخراج شده با عکس‌العمل گیاه در شرایط متفاوت همبستگی خوبی داشته باشد.

بسیاری از روش‌های عصاره‌گیری برای ارزیابی یک عنصر در یک محصول خاک مناسب هستند، برای مثال DTPA برای تجزیه عناصر سنگین آلاینده مفید هستند. کلرور کلسیم برای ارزیابی مقادیر فلزات سنگین مهم مانند سرب و روی و پیشبینی جذب آنها بوسیله گیاه استفاده می‌شوند. برای عناصری مانند روی که رفتار آنها در خاک وابسته به pH است استفاده از عصاره‌گیرهای ضعیف‌تر پیشنهاد می‌شود (Alloway, 1995). مجموع ماده آلی خاک بیشترین تأثیر را بر راندمان عوامل کلات‌کننده قوی نظیر DTPA دارد که نشان می‌دهد فلزاتی که به سستی با مواد آلی خاک پیوند شده‌اند می‌توانند استخراج شوند و بنابراین به راحتی برای گیاهان قابل دسترس هستند (Fang et al., 1990). تاکنون روش‌های متعددی برای تعیین غلظت فرم قابل جذب عناصر نادر (فلزات سنگین و عناصر کم‌مصرف) در خاک‌ها پیشنهاد شده است. با این وجود، مطالعات بر روی خاک‌های با سطوح آلودگی و محتوای آهک بالا محدود می‌باشد. برای مثال، عصاره‌گیر DTPA-TEA (دی-اتیلن تری آمین پنتا استیک اسید-تری اتانول آمین) توسط Lindsay and Norvell (1978) به منظور تعیین غلظت شکل قابل جذب عناصر کم‌مصرف و برای خاک‌های نزدیک به خنثی و آهکی و با سطوح پایین آلودگی به این عناصر پیشنهاد شده است. زیرا در خاک‌های آهکی کمبود عناصر کم‌مصرف دیده می‌شود و باید از ماده‌ای جهت عصاره‌گیری استفاده شود که حلالیت کربنات کلسیم در آن کم باشد و این هدف با استفاده از DTPA همراه با کلرور کلسیم و تنظیم pH محلول محقق می‌شود.

در برخی از جدیدترین مطالعات انجام گرفته بر روی خاک‌های آهکی آلوده تعداد محدودی عصاره‌گیر و نیز در سطوح پایین آلودگی مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته است (Cornu et al., 2014; Martin Calvarro et al., 2014). در مطالعه‌ی Calvarro et al., (2014) یک خاک آهکی با کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عنصر روی بطور مصنوعی آلوده شد. Cornu et al., (2014) نیز با فاضلاب سطحی بطور مصنوعی اقدام به آلودگی خاک کردند و تنها یک عصاره‌گیر (0.005 M CaCl<sub>2</sub>) را از نظر توانایی استخراج شکل قابل جذب عناصر مورد نظر، مورد مطالعه قرار دادند. از این‌رو یکه تحقیق جامع برای مطالعه‌ی رفتار شیمیایی عناصر نادر (برای مثال، قابلیت فراهمی آنها) مورد نیاز بوده و می‌تواند به عنوان ابزاری مفید و کارآمد در تفسیر واکنش‌های شیمیایی میان این عناصر و اجزای خاک‌های آهکی و در شرایط آلودگی شدید مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین نیاز به تعیین غلظت این عناصر در خاک‌ها با هدف اتخاذ سیاست‌های مدیریتی در جهت مرتفع کردن تنش آلودگی به این فلزات امری اجتناب ناپذیر می‌باشد. از این‌رو هدف از این تحقیق ارزیابی و مقایسه‌ی عصاره‌گیرهای مختلف از نظر توانایی استخراج شکل قابل جذب روی در یک خاک آهکی و با سطح آلودگی بالا می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

خاک مورد مطالعه در این تحقیق از اطراف شرکت ملی سرب و روی زنجان (۳۰-۰ سانتی‌متر) نمونه‌برداری شد. منطقه مورد مطالعه بین موقعیت جغرافیایی ۳۶° ۳۶' ۴۰" و ۳۶° ۳۸' ۴۰" شمالی و ۴۸° ۳۷' ۳۳" و ۴۸° ۳۸' ۵۴" قرار دارد. نمونه‌ها از الک ۲ میلی‌متر به منظور تعیین برخی خصوصیات فیزیکی [بافت خاک (Gee and Bauder, 1984)] و شیمیایی [pH (Klute, 1986); قابلیت هدایت الکتریکی (Bremner, 1982); ظرفیت تبادل کاتیونی (Sumner and Miller, 1996); درصد کربن آلی (Walkley and Black, 1934); درصد آهک (Loeppert and Suarez, 1996) و غلظت روی کل (Page, 1982) عبور داده شد که نتایج بدست آمده در جدول ۱ ارائه شده است. سپس مقدار روی قابل استفاده‌ی خاک با عصاره‌گیرهای آب مقطر (Abreu et al., 2006) MgCl<sub>2</sub> (Tessier et al., 1979)، CaCl<sub>2</sub> (Houba et al., 2000)، Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (Mench et al., 1994)، DTPA+ TEA (Lindsay and Norvell, 1978) و 0.1M HNO<sub>3</sub> (Chang et al., 1984) عصاره‌گیری و با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Shimadzu, Japan A-670) تعیین شد. به منظور مطالعه‌ی پاسخ گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) رقم آدرگل (تهیه شده از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج) یک آزمایش گلخانه‌ای در ۱۲ تکرار بصورت طرح



کاملاً تصادفی اجرا شد. بذره‌های مورد نظر پس از استریل برای جوانه‌دار کردن آماده شدند. گلدان‌های مورد استفاده در این تحقیق با ۳ کیلوگرم خاک هوا خشک عبور داده شده از الک ۴ میلی‌متر پر و هر گلدان با چهار عدد بذر جوانه‌دار شده مورد نشاء قرار گرفتند که بعد از گذشت یک هفته به دو عدد کاهش داده شد. همچنین اضافه می‌شود که این گلدان‌ها دارای زهکش بودند اما به دلیل انجام آبیاری تا ۰/۷ ظرفیت زراعی با آب مقطر حالت غرقاب و نیز خروج آب از گلدان‌ها اتفاق نیفتاد. بعد از گذشت ۲ ماه از کشت نشاء‌ها، عملیات برداشت گیاه (Jones et al., 1991) و اندازه‌گیری عملکرد ماده خشک و نیز تعیین غلظت روی در گیاه به روش اکسیداسیون خشک انجام و میزان روی جذب شده در گیاه و عملکرد ماده خشک به عنوان پاسخ‌های گیاه مورد استفاده قرار گرفت. همبستگی پاسخ‌های گیاهی با غلظت روی عصاره‌گیری شده با پاسخ‌های گیاهی با استفاده از نرم‌افزار اکسل محاسبه و معادلات رگرسیون مربوطه بدست آمد.

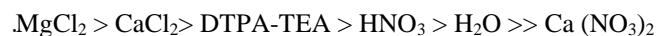
جدول ۱- نتایج برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

واحد	مقدار	خصوصیت
-	لومی	کلاس بافت خاک
-	۷/۵۳	pH
دسی‌زیمنس بر متر	۴/۶۴	قابلیت هدایت الکتریکی
سانتی مول بار بر کیلوگرم	۱۷/۹۴	ظرفیت تبادل کاتیونی
درصد	۰/۳۹	کربن آلی
درصد	۱۵/۲۵	کربنات کلسیم معادل
میلی گرم در کیلوگرم	۷۰۲۷/۵۴	روی کل

## نتایج و بحث

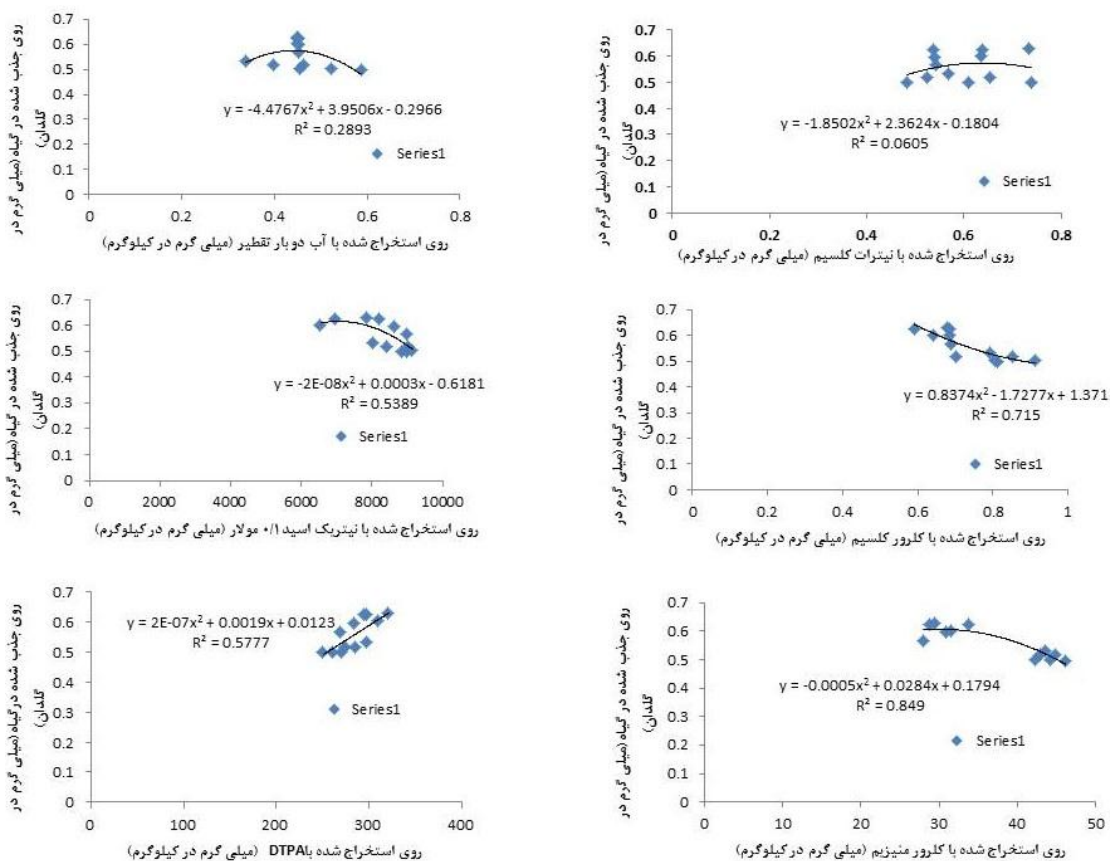
نتایج بدست آمده نشان داد که روی استخراج شده با  $MgCl_2$  بالاترین ضریب تشخیص ( $R^2=0/۸۴۹$ ) را با پاسخ گیاهی (روی جذب شده توسط گیاه) دارد (شکل ۱) در حالی که کمترین ضریب تشخیص به  $Ca(NO_3)_2$  اختصاص داشت ( $R^2=0/۰۶۰۵$ ). نتیجه‌ی تقریباً مشابهی در مورد همبستگی عملکرد ماده‌ی خشک با روی عصاره‌گیری شده با عصاره‌گیرهای مذکور بدست آمد (داده‌ها ارائه نشدند). به دلیل تفاوت در نوع و شرایط عصاره‌گیری از قبیل نسبت محلول به خاک، pH محلول و مدت زمان عصاره‌گیری و نیز نوع شکل‌های استخراج شده‌ی روی، مقادیر متفاوتی از روی توسط عصاره‌گیرها استخراج شده است. عصاره‌گیر آب مقطر کمترین روی و عصاره‌گیر نیتریک اسید ۰/۱ مولار بیشترین روی را استخراج کرد (شکل ۱).

مقایسه‌ی عصاره‌گیرهای مورد مطالعه از نظر میزان ضریب تشخیص با پاسخ گیاهی از روند زیر تبعیت می‌کند (شکل ۱):



روش عصاره‌گیری خاک با DTPA اگرچه روشی شناخته شده برای خاک‌های آهکی محسوب می‌شود اما با این حال برای خاک‌های با سطح آلودگی بالا مناسب نمی‌باشد (Lindsay and Norvell, 1978) زیرا عنصری مانند روی در دامنه وسیعی از pH میل به ترکیب با این عصاره‌گیر را دارد اما مقدار این عنصر در خاک‌های غیرآلوده یا با سطح آلودگی پایین فقط برای اشباع مقدار کمی از DTPA مصرف شده کافی است و به طور کلی در این خاک‌ها فقط ۳/۵٪ درصد از DTPA مصرفی بوسیله‌ی چهار عنصر مس، روی، آهن و منگنز اشباع می‌گردد. بنابراین مقدار زیادی از DTPA در محلول باقی مانده و این مقدار اضافی امکان تأثیر متقابل این کاتیون‌ها بر یکدیگر را کمتر خواهد کرد (Lindsay and Norvell, 1978). پس در شرایطی که سطح آلودگی خاک بالا باشد این انتظار می‌رود که مقدار عصاره‌گیری شده با DTPA نمی‌تواند معیاری از شکل قابل جذب

عنصر مورد نظر باشد. که بر این اساس ضریب تشخیص پایین بدست آمده در این مطالعه برای DTPA قابل توجیه می‌باشد. اضافه می‌گردد که طبق گزارشات Jones et al., (1990) عصاره‌گیر DTPA قابلیت عصاره‌گیری کلی شکل محلول در آب، قابل تبادل و جذب شده و پیوند شده با مواد آلی را دارد، همچنین شکل پیوند شده با اکسیدها و کانی‌های رسی ثانویه را نیز بطور جزئی عصاره‌گیری می‌کند. کلرور کلسیم، کلرور منیزیم، نیترات کلسیم و نیتریک اسید ۰/۱ مولار در استخراج و اندازه‌گیری شکل محلول در آب و قابل تبادل فلزات مختلف مانند روی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Jones et al., 1991) که در شرایط اجرای این تحقیق ضعیف‌ترین عصاره‌گیر نیترات کلسیم تعیین گردید و بعد از آن آب دو بار تقطیر قرار داشت (شکل ۱). آب دو بار تقطیر قابلیت عصاره‌گیری شکل محلول در آب عناصر را دارد و کاملاً روشن است که این شکل از عناصر نمی‌تواند معیاری از زیست‌فراهمی عناصر مذکور باشد (Jones et al., 1991). از کلرور کلسیم و کلرور منیزیم به عنوان عصاره‌گیرهایی پرکاربرد و عمومی در استخراج شکل محلول و قابل تبادل عناصر کم مصرف نام برده می‌شود. توجیه عقلانی استفاده از کلرور منیزیم به عنوان عصاره‌گیر از دو مشخصه مهم بهره می‌برد: یکی ظرفیت تبادل یونی بالای Mg (II) و دیگری پتانسیل تقریباً ناچیز تشکیل کمپلکس یون‌های کلرید. علاوه بر این، بر اساس گزارشات Hubba et al., (2000)، کلرور کلسیم ۰/۱ مولار دارای قدرت یونی مشابه با محلول خاک بوده و این که کلسیم کاتیون اصلی در محلول خاک و بر روی مکان‌های جذب سطحی می‌باشد. یون‌های  $Ca^{2+}$  و  $Mg^{2+}$  ناشی از عصاره‌گیرهای مذکور اثرات مثبتی نیز بر بهبود پایداری خاکدانه‌های خاک بر جا گذاشته در نتیجه آن مواد کلوئیدی خاک در سوسپانسیون حاصله از افزودن عصاره‌گیر به راحتی هم‌آوری می‌شوند. کلرور کلسیم همچنین غیربافر می‌باشد بنابراین، واکنش‌ها و تعاملات مربوطه در pH اولیه‌ی خاک اتفاق می‌افتند. با در کنار هم قرار دادن تمامی دلایل فوق می‌توان این‌گونه بیان کرد که عصاره‌گیرهای کلرور کلسیم و کلرور منیزیم بهتر قادر به استخراج کاتیون‌های جذب سطحی شده در مقایسه با عصاره‌گیرهای دیگر می‌باشند (Houba et al., 2000).



شکل ۱- همبستگی عصاره‌گیرهای مختلف با میزان روی جذب شده توسط گیاه



نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان داد که در خاک مورد مطالعه عصاره‌گیرهای کلرور منیزیم و کلرور کلسیم بالاترین ضریب تشخیص را با پاسخ گیاهی (میزان روی جذب شده در بافت گیاهی و عملکرد ماده خشک) به خود اختصاص دادند و در رقابت با سایر عصاره‌گیرهای مورد ارزیابی موفق ظاهر شدند. از جمله عوامل اثرگذار دیگر در موفقیت یا عدم موفقیت یک عصاره‌گیر در استخراج مقدار متناسب یک عنصر با جذب گیاهی، نوع گیاه تحت کشت می‌باشد که لزوم اجرای آزمایشات بیشتر در این زمینه پیشنهاد می‌گردد. بطور کلی باید افزود که اگرچه یکی از مشخصه‌های عصاره‌گیر خوب داشتن همبستگی بالا با عکس‌العمل گیاه (در اینجا میزان روی جذب شده توسط گیاه و عملکرد ماده خشک) می‌باشد اما با این حال برای توصیه و تأیید نتایج بدست آمده در این تحقیق انجام مطالعات بیشتر در شرایط مزرعه‌ای و بر روی عصاره‌گیرها، عناصر و گیاهان دیگر و همچنین مطالعه‌ی دیگر پاسخ‌های گیاهی در این قبیل خاک‌ها توصیه می‌گردد.

## منابع

- Abreu C.A., Angela A.M., Furlani C., Furlani P.R., Abreu M.F. and Bataglia O.C. 2006. Quest of water extract analysis of micronutrients in soilless organic substrates. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 37: 2327-2338.
- Alloway, B.J. 1990. Heavy metals in soils. Blakie and son Ltd, 339 pp.
- Alloway, B.J. 1995. Heavy metals in soils. John Wiley and Sons. Inc. New York. USA.
- Bray R.H. 1948. Requirements for successful soil tests. *Soil Sci.*, 66: 83-89.
- Bremner J.M. 1982. Total nitrogen: Methods of soil analysis. In: Miller A.L. and Keeney D.R., (Ed.), American Society of Agronomy, (pp 1162-1165).
- Chang A.C., Warneke J.E., Page A.L. and Lund L.J. 1984. Accumulation of heavy metals in sewage sludge-treated soils. *Environ. Qual. J.*, 13: 87-91.
- Cornu J.Y., Elhabiri M., Ferret C., Geoffroy V.A., Jezequel K., Leva Y., Lollier M., Schalk I.J. and Lebeau T. 2014. Contrasting effects of pyoverdine on the phytoextraction of Cu and Cd in a calcareous soil. *Chemosphere*, 103: 212-219.
- Fang J., Wen B., Shan X., Lin J. and Owens G. 1990. Is and adjusted rhizosphere based method valid for field assessment of metal phytoavailability? Application to non-contaminated soils. *Environ. Pollut.*, 150: 209-217.
- Gee G.W. and Bauder J.W. 1986. Particle Size Analysis, in Klute A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogy Methods*, 2nd ed., (pp. 383-412), SSSA, Madison, WI, USA.
- Houba V.J.G., Temminghoff E.J.M., Gaikhorst G.A. and van Vark W. 2000. Soil Analysis Procedures Using 0.01 M Calcium Chloride as Extraction Reagent. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 31(9-10): 1299-1396.
- Jones J., Wolf B. and Mills H.A. 1991. *Plant Analysis Handbook: A Practical Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation Guide*. Micro-Macro Publishing, Athens, GA, USA.
- Lindsay W.L. and Norvell W.A., 1978. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42: 421-428.
- Loeppert R.H. and Suarez D.L. 1996. Carbonate and gypsum, in: Sparks D.L., Page A.L., Sumner M.E., Tabatabai M.A. and Helmke P.A. (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 3-Chemical Methods*. Soil Science Society of America Inc. (pp. 437-474), Madison, WI, USA.
- Lu Y., Gong Z., Zhang G. and Burghardt W. 2003. Concentration and chemical speciation of Cu, Zn, Pb and Cr of urban soils in Nanjing, China. *Geoderma*, 115: 101-111.
- Martin Calvarro L., de Santiago-Martín A., Quirós Gómez J., González-Huecas C., Quintana J., Vázquez A., L. Lafuente A., M. Rodríguez Fernández T. and Ramírez Vera R. 2014. Biological activity in metal-contaminated calcareous agricultural soils: the role of the organic matter composition and the particle size distribution. *Environ Sci Pollut Res.*, 21 (9): 6176- 6187.
- Mench M., Vangronsveld J., Didier V. and Clijsters H., 1994. Evaluation of metal mobility, plant availability and immobilization by chemical agents in a limed-silty soil. *Environ. Pollut.*, 86: 279-286.
- Mousavi S.M., Bahmanyar M.A., Pirdashti H. and Gillani S.S. 2010a. Trace metals distribution and uptake in soil and rice grown on a 3-year vermicompost amended soil. *African journal of biotechnology*, <http://www.academicjournals.org/AJB>.
- Mousavi S.M., Bahmanyar M.A., Pirdashti H. 2013. Phytoavailability of some micronutrients (Zn and Cu), heavy metals (Pb, Cd), and yield of rice affected by sewage sludge perennial application. *Commun Soil Sci Plan.*, 44: 3246-3258.
- Page A.L. 1982. *Methods of soil analysis, Part 2- Chemical and microbiological properties*. Soil Science Society of America.





- Sabiene N., Brazauskienė D.M. and Rimmer, D. 2004. Determination of heavy metal mobile forms by different extraction methods. *Ecologija*, 1: 36-41.
- Sing K.U.C., Shukla, S.P.S. and Karwasra, F. 1987. Chemical assessment of the zinc status of some soils of the semiarid region of India. *Fertilizer Research*, 13: 191-197.
- Sumner M.E. and Miller W.P. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients. In: *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods*. (Ed. D.I. Sparks). Soil Sci. Soc. Am. Madison. WI.
- Tessier A., Campbell P.G.C. and Blsson M. 1979. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Anal. Chem.*, 52: 45-53.
- Walkley A. and Black I.A. 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.*, 37: 29-38.
- Xiu-Zhen H., Dong-Mei Z., Dan-Dan L. and Ping J. 2012. Growth, Cadmium and Zinc Accumulation of Ornamental Sunflower (*Helianthus annuus* L.) in Contaminated Soil with Different Amendments. *Pedosphere*, 22(5): 631-639.

### Testing different extractants for extraction of Zn available form in a calcareous and natural heavily contaminated soil

S. M. Mousavi<sup>\*1</sup>, B. Motesharezadeh<sup>1</sup>, H. Mirseyed Hosseini<sup>1</sup>, H. Alikhani<sup>1</sup> and A. A. Zolfaghari<sup>2</sup>

1- Soil science department, University of Tehran, Tehran, Iran, (\*corresponding author, Email: majidmousavi@ut.ac.ir), 2- Faculty of Desert Studies, University of Semnan, Semnan, Iran

#### Abstract

So far it is suggested different extractants to determinate the available form concentration of trace/micro elements in the soils however, it is limited the conducted studies on calcareous heavily contaminated soils. In order to comparison the potential of H<sub>2</sub>O, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub>, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub> and DTPA extractants it was conducted a research as randomized complete design with 12 replications under sunflower cropping on a calcareous soil with high level of soil contamination. The superior extractant will be selected based on the highest determination coefficient (R<sup>2</sup>) with plant response (Zn uptake by plant and dry yield). The obtained results showed that MgCl<sub>2</sub> have the highest determination coefficient with plant response (R<sup>2</sup>>0.8) and followed by CaCl<sub>2</sub> (R<sup>2</sup>>0.7). The lowest determination coefficient also belonged to Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (R<sup>2</sup><0.1) and H<sub>2</sub>O (R<sup>2</sup><0.3) extractants. Pay attention to the high correlation of the superior extractants with the plant response, the next step to confirm these results is conduction the field experiments.

**Keywords:** calcareous soil, contaminated soil, extractant, available form.