



19th Iranian Soil Science Congress
02-04 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۴ تا ۱۳ آذر ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



پاسخ عصاره گیرهای DTPA و $MgCl_2$ به تغییرات سطوح کادمیم در خاک‌های تحت کشت گندم

عاطفه توکلی^{۱*}، احمد گلچین^۲، جعفر صوفیان^۳، سمانه عبداللهی^۴

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. * Atefeh.tavakoli@znu.ac.ir

۲- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۳- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۴- دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی پاسخ عصاره‌گیرهای DTPA و $MgCl_2$ به تغییرات سطوح آلودگی کادمیم در خاک‌های تحت کشت چهار رقم مختلف گندم با استفاده از دو عصاره‌گیر DTPA و کلرید منیزیم ($MgCl_2$) انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار رقم گندم (پیشگام، زارع، میهن و اوروم) و پنج سطح کادمیم (۰، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) در شرایط گلخانه‌ای اجرا گردید. نتایج نشان داد با افزایش غلظت کادمیم، میزان کادمیم قابل استخراج با هر دو عصاره‌گیر به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($p < 0/01$)، به‌طوری‌که در سطح ۱۰۰ میلی‌گرم، غلظت کادمیم استخراج‌شده با DTPA و $MgCl_2$ به ترتیب به $38/53$ و 44 میلی‌گرم بر کیلوگرم رسید. همچنین بیش‌ترین همبستگی بین غلظت کادمیم خاک و جذب کادمیم زیست‌توده گندم، مربوط به عصاره‌گیر DTPA با ضریب تعیین ($R^2 = 0/79$) بود. رقم اوروم بیش‌ترین میزان کادمیم را در خاک پس از کشت باقی گذاشت. این نتایج نشان دهنده کارایی بیشتر DTPA و تأثیر رقم گیاهی و نوع عصاره‌گیر در برآورد بهتر کادمیم قابل جذب در خاک‌های آلوده می‌باشد. و می‌تواند در انتخاب روش‌های ارزیابی آلودگی خاک مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: آلودگی خاک، عصاره‌گیر، کادمیم، گندم.

* ایمیل نویسنده مسئول: Atefeh.tavakoli@znu.ac.ir



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



مقدمه

آلودگی خاک به فلزات سنگین از جمله کادمیم (Cd) یکی از چالش‌های مهم زیست‌محیطی در دهه‌های اخیر به شمار می‌رود. گسترش فعالیت‌های صنعتی، استفاده گسترده از کودهای شیمیایی و فاضلاب‌های شهری و صنعتی، منجر به تجمع فلزات سنگین در خاک شده که نه تنها کیفیت خاک را کاهش می‌دهد، بلکه سلامت گیاهان، جانوران و در نهایت انسان را نیز به خطر می‌اندازد (Wuana and Okieimen, 2011; Alloway, 2013). در میان فلزات سنگین، کادمیم به دلیل تحرک پذیری بالا، قابلیت جذب توسط گیاهان و سمیت شدید آن، مورد توجه بیش‌تری قرار گرفته است (Kabata-Pendias, 2011). برای ارزیابی دقیق خطر زیستی ناشی از حضور کادمیم در خاک، تنها اندازه‌گیری کل این فلز کافی نیست، بلکه تعیین شکل‌های شیمیایی و زیست‌فراهمی آن نیز ضروری می‌باشد. در این راستا، استفاده از عصاره‌گیرهای شیمیایی برای تعیین بخش زیست‌فراهم کادمیم در خاک یکی از روش‌های رایج و مؤثر محسوب می‌شود (McLaughlin et al., 2000). عصاره‌گیرهای مختلف بسته به ترکیب شیمیایی خود می‌توانند بخش‌های متفاوتی از کادمیم را استخراج نمایند، که هر کدام نمایانگر شکل خاصی از کادمیم در خاک از جمله محلول، قابل تبادل، کمپلکس‌های ضعیف و یا کادمیم متصل به کلوئیدهای آلی و معدنی هستند. کلرور منیزیم^۱ ($MgCl_2$) یکی از عصاره‌گیرهای خنثی است که معمولاً برای استخراج کادمیم به فرم قابل تبادل، به کار می‌رود. این عصاره‌گیر به صورت تبادل یون‌های Mg^{2+} با یون‌های Cd^{2+} متصل به سطح ذرات خاک عمل کرده و در نتیجه بخشی از کادمیم که به آسانی برای گیاهان در دسترس است را استخراج می‌کند (Quevauviller et al., 1997). در مقابل، دی‌اتیلن‌تری‌آمین‌پنتااستیک اسید^۲ (DTPA) یک کلات‌کننده قوی است که قابلیت بالایی در انحلال و استخراج کادمیم متصل به ترکیبات آلی و اکسیدهای آهن و منگنز دارد. بنابراین، DTPA نمایانگر شکل‌های نیمه‌پایدار کادمیم در خاک است که در شرایط خاصی می‌توانند وارد چرخه زیستی شوند (Lindsay and Norvell, 1978). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که پاسخ عصاره‌گیرهای مختلف به مقدار، فرم و پایداری کادمیم در خاک متفاوت است. در واقع، استفاده هم‌زمان از چند عصاره‌گیر می‌تواند درک جامع‌تری از رفتار ژئوشیمیایی کادمیم در خاک ارائه دهد و به مدیریت بهینه اراضی آلوده کمک نماید (Ure et al., 1993; Basta et al., 2001). با این حال، تأثیر سطح کادمیم افزوده‌شده بر مقدار استخراج‌شده توسط عصاره‌گیرهای مختلف، به‌ویژه در خاک‌های با ویژگی‌های متفاوت، نیازمند بررسی‌های دقیق‌تر است. این موضوع به‌ویژه در ارزیابی ریسک و طراحی راهکارهای پالایش خاک اهمیت فراوان دارد. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی میزان استخراج کادمیم افزوده‌شده به خاک در سطوح مختلف توسط دو عصاره‌گیر رایج، یعنی $MgCl_2$ و DTPA، طراحی شده است. با مقایسه ظرفیت استخراجی این دو عصاره‌گیر در سطوح مختلف آلودگی، می‌توان اطلاعات ارزنده‌ای در زمینه رفتار کادمیم در خاک، زیست‌فراهمی نسبی آن و مناسب‌ترین روش ارزیابی ریسک ارائه داد. یافته‌های این پژوهش می‌توانند به‌عنوان پایه‌ای برای انتخاب روش‌های مناسب ارزیابی آلودگی و مدیریت اراضی آلوده به فلزات سنگین مورد استفاده قرار گیرند. از طرفی با توجه به این‌که گندم یکی از اصلی‌ترین منابع غذایی انسان است، بررسی فراهمی عناصر سنگین از جمله کادمیم در خاک‌های تحت کشت آن اهمیت زیادی دارد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی پاسخ عصاره‌گیرهای DTPA و $MgCl_2$ به تغییرات سطوح آلودگی کادمیم در خاک‌های تحت کشت چهار رقم مختلف گندم یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً به اجرا درآمد. تیمارها شامل پنج سطح آلودگی خاک به کادمیم (صفر، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک) از منبع سولفات کادمیم $[3Cd(SO_4).8H_2O]$ (عبداللهی و

¹ Magnesium chloride

² Diethylenetriaminepentaacetic acid



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



گلچین، ۱۳۹۷) و چهار رقم گندم (اوروم، پیشگام، زارع و میهن) بودند که در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. نحوه آلوده کردن خاک بدین صورت بود که ابتدا برای هر سطح آلودگی مقدار نمک سولفات کادمیم محاسبه و پس از توزین، در ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل شد و بر روی ۵ کیلوگرم خاک به طور کامل و یکنواخت اسپری شد (عبداللهی و گلچین، ۱۳۹۷). بعد از خشک شدن، نمونه تیمار شده را در گلدان‌های پلاستیکی ریخته و بعد از برچسب زدن، گلدان‌ها با افزودن آب مقطر به رطوبت ظرفیت زراعی (FC) رسانیده شدند و وزن نهایی گلدان‌ها یادداشت گردید. سپس برای به تعادل رسیدن خاک‌های تیمار شده در گلدان‌ها به مدت دو ماه دوره‌های تر و خشک شدن اجرا گردید. بعد از گذشت سه ماه، در پایان رشد رویشی و قبل از به خوشه رفتن گیاه، بخش‌های هوایی و ریشه گیاه به طور جداگانه برداشت و برای اندازه‌گیری فاکتورهای مورد نظر با روش‌های معمول آزمایشگاهی، به آزمایشگاه منتقل شدند. برای تعیین غلظت کادمیم قابل جذب خاک، از دو عصاره‌گیر DTPA و $MgCl_2$ یک مولار استفاده شد. در هر دو روش، عصاره‌گیری با نسبت ۱:۲ انجام شده و نمونه‌ها به مدت دو ساعت بر روی شیکر افقی (دور ۱۲۰ دور بر دقیقه) قرار داده شده‌اند. پس از سانتریفیوژ و صافی، عصاره‌ها برای تعیین غلظت کادمیم با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند. داده‌های به دست آمده از آزمایش به کمک نرم‌افزار آماری SAS در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و جداول تجزیه واریانس تشکیل شد. مقایسه میانگین داده‌ها نیز به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ و ۱ درصد و رسم نمودارها به کمک نرم‌افزار Excel صورت پذیرفت.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

مقدار	واحد	ویژگی
Sandy loam	-	بافت خاک
۷/۸	-	اسیدیته (گل اشباع)
۰/۹	دسی زیمنس بر متر	هدایت الکتریکی
۰/۴۷	میلی‌گرم بر کیلوگرم	کادمیم قابل جذب

نتایج و بحث

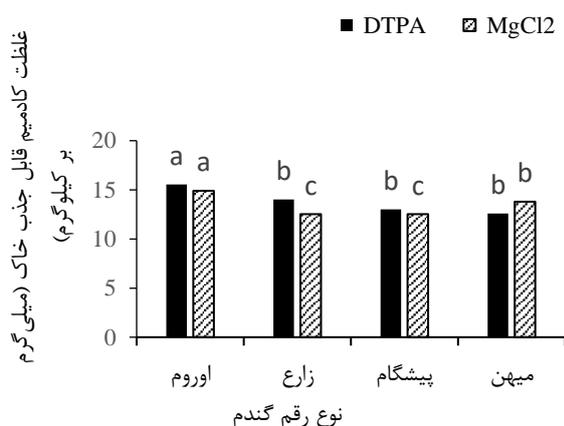
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، نشان داد که افزایش غلظت کادمیم خاک، و نوع رقم گندم اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($p < 0/01$) بر غلظت قابل جذب کادمیم خاک استخراج شده با عصاره‌گیرهای DTPA و کلورور منیزیم ($MgCl_2$) داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های تأثیر سطوح مختلف کادمیم خاک بر غلظت کادمیم بعد از کشت با عصاره‌گیرهای DTPA و کلورور منیزیم ($MgCl_2$) نشان می‌دهد که با افزایش غلظت کادمیم خاک، غلظت کادمیم استخراج شده با این عصاره‌گیرها افزایش یافت. به طوری که غلظت کادمیم استخراج شده با عصاره‌گیرهای DTPA و $MgCl_2$ به ترتیب ۳۲/۴۶ و ۳۵/۸۳ برابر نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (شکل ۱). هم‌چنین بیش‌ترین غلظت کادمیم استخراج شده با عصاره‌گیر DTPA و $MgCl_2$ به ترتیب با میانگین‌های ۱۵/۵۴ و ۱۴/۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم از رقم اوروم به دست آمد (شکل ۲).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای آزمایشی بر غلظت کادمیم قابل جذب خاک بعد از کشت

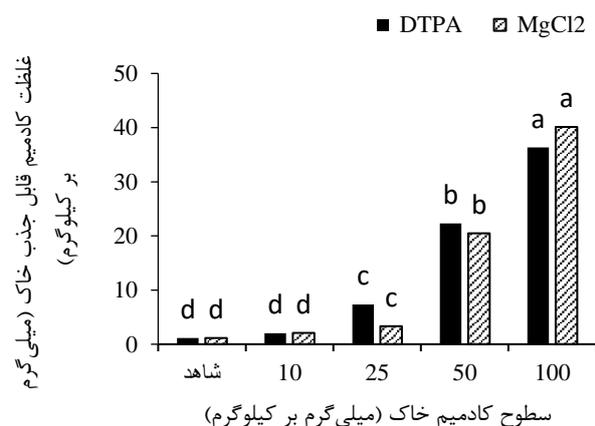
میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییرات
غلظت کادمیم قابل جذب ($MgCl_2$)	غلظت کادمیم قابل جذب (DTPA)		

میلی گرم بر کیلوگرم			
۳۴۳۵/۴۵**	۲۷۶۰/۹۴**	۴	سطوح کادمیم
۱۹/۹۲**	۲۵/۹۶**	۳	نوع رقم گندم
۹/۱**	۹/۵۹ ^{ns}	۱۲	سطوح کادمیم × نوع رقم گندم
۰/۸۷	۳/۳۲	۴۰	خطای آزمایش
۶/۹۳	۱۳/۲۱	-	ضریب تغییرات (%)

** و * به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی دار و ns اختلاف معنی دار نیست.



شکل ۲- تأثیر نوع رقم گندم بر غلظت قابل جذب کادمیم خاک استخراج شده با عصاره گیرهای DTPA و MgCl₂ بعد از کشت

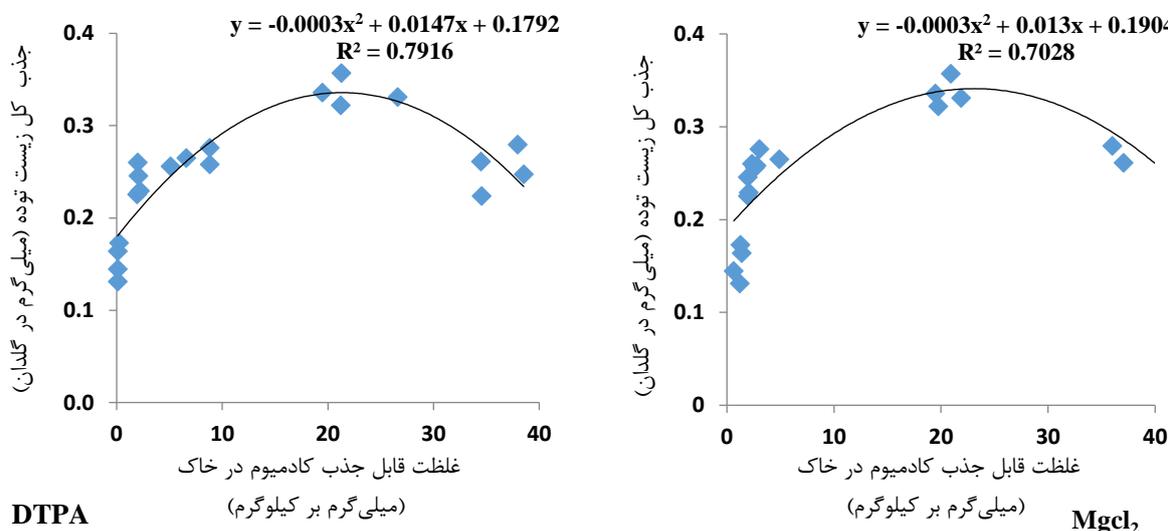


شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف کادمیم خاک بر غلظت کادمیم قابل جذب با عصاره گیرهای DTPA و MgCl₂ بعد از کشت

همبستگی بین غلظت قابل جذب کادمیم استخراج شده با عصاره گیرهای DTPA و MgCl₂ با جذب کادمیم کل زیست توده گیاه گندم

پس از برداشت گیاه و اندازه گیری مقدار جذب کادمیم کل زیست توده گیاه گندم همبستگی بین غلظت قابل جذب کادمیم حاصل از هر یک از عصاره گیرهای DTPA و MgCl₂ با جذب کادمیم کل زیست توده آن گلدان مقایسه شد. نتایج همبستگی ساده بین غلظت قابل جذب کادمیم و جذب کادمیم کل زیست توده این عناصر توسط گیاه گندم در شکل ۳ ارائه شده است. همان طور که مشاهده می شود با افزایش غلظت کادمیم قابل جذب استخراج شده با عصاره گیرهای DTPA و MgCl₂، جذب کادمیم کل زیست توده گیاه نیز افزایش یافته است. ولی در غلظت های بالاتر از ۲۵ میلی گرم کادمیم بر

کیلوگرم خاک، جذب کادمیم کل زیست توده کاهش یافت. این امر نشان می‌دهد که گیاه تا اندازه‌ای قادر به جذب کادمیم از خاک بوده و در غلظت‌های بسیار بالاتر کادمیم خاک، رشد گیاه به شدت کاهش یافته و این امر سبب کاهش جذب کادمیم کل زیست توده گیاه گندم شده است. هم‌چنین بیش‌ترین همبستگی بین غلظت کادمیم قابل جذب و مقدار جذب کادمیم کل زیست توده گیاه گندم با عصاره‌گیر $DTPA$ ($R^2 = 0.79$) به دست آمد (شکل ۳)، که نشان دهنده کارایی بهتر عصاره‌گیر $DTPA$ برای استخراج کادمیم قابل جذب از خاک مورد بررسی می‌باشد. جلالی و خانلری^۱ (۲۰۰۸) در بررسی اشکال شیمیایی کادمیم در خاک‌های آهکی بیان کردند، عصاره‌گیر $DTPA$ بیش‌ترین همبستگی را با جزء تبادلی کادمیم خاک ($R^2 = 0.82$) در سطح احتمال یک درصد داشت.



شکل ۳- نمودارهای همبستگی غلظت قابل جذب کادمیم خاک (میلی‌گرم بر کیلوگرم) با جذب کادمیم کل زیست توده (میلی‌گرم

در گلدان) با عصاره‌گیرهای $DTPA$ و $MgCl_2$

افزایش غلظت کادمیم استخراج‌شده با عصاره‌گیرهای $DTPA$ و $MgCl_2$ در این تحقیق نشان می‌دهد که بخشی از کادمیم وارد شده به خاک وارد فازهای تبادلی و محلول شده و برای گیاه قابل دسترس بوده است. عصاره‌گیر $DTPA$ که کلات‌کننده‌ای با قدرت بالاست، توانایی استخراج بخش‌های بیشتری از کادمیم از جمله کادمیم متصل به مواد آلی، اکسیدهای آهن و منگنز را دارد (Lindsay and Norvell, 1978). در حالی که $MgCl_2$ عمدتاً کادمیم تبادلی را استخراج می‌کند که به سرعت در دسترس گیاه قرار دارد (McLaughlin et al., 2000). بنابراین، استفاده هم‌زمان از این دو عصاره‌گیر می‌تواند دیدی جامع‌تر از پویایی کادمیم در خاک ارائه دهد. تأثیر معنی‌دار نوع رقم گندم نیز در افزایش یا کاهش غلظت کادمیم خاک پس از کشت مشاهده شد. رقم اوروم بیش‌ترین کادمیم قابل جذب را برجای گذاشت، که احتمالاً به دلیل توان بالای این رقم در استخراج و ترشح ترکیبات آلی حل‌کننده فلزات سنگین در ریزوسفر است. مطالعاتی مانند تحقیقات Zhao و همکاران (2003) نیز تأیید کرده‌اند که ارقام گیاهی مختلف از نظر ترشح ترکیبات کلات‌کننده و جذب فلزات سنگین تفاوت‌های معنی‌داری دارند. این تفاوت‌ها به

¹ -Jalali and Khanlari



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



ترکیب ژنتیکی، فعالیت‌های متابولیک ریشه و مکانیسم‌های مقاومت یا تحمل گیاه در برابر فلزات سنگین مرتبط است (Lux et al., 2011).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق به روشنی نشان داد که غلظت‌های مختلف کادمیم افزوده شده به خاک، نوع رقم گندم، تأثیر قابل توجهی بر غلظت کادمیم قابل جذب در خاک پس از کشت دارند. به طور خاص، افزایش سطوح کادمیم خاک منجر به افزایش معنی‌دار غلظت کادمیم استخراج شده توسط هر دو عصاره‌گیر DTPA و $MgCl_2$ گردید، اما شدت پاسخ به این افزایش در دو عصاره‌گیر متفاوت بود. عصاره‌گیر DTPA در تمامی سطوح کادمیم، همبستگی قوی‌تری با میزان جذب کل کادمیم در زیست‌توده گیاه گندم نشان داد ($R^2 = 0.79$) که بیانگر دقت بالاتر این عصاره‌گیر در تخمین کادمیم فراهم‌زیستی در خاک است. در مقابل، $MgCl_2$ که عمدتاً کادمیم تبادلی را استخراج می‌کند، به طور مؤثری تأثیر تیمارها را بازتاب داد ولی همبستگی پایین‌تری با جذب گیاهی داشت.

همچنین مشخص شد که نوع رقم گندم نقش مهمی در تغییر فراهمی و پویایی کادمیم در خاک ایفا می‌کند. رقم «اوروم» بیش‌ترین غلظت کادمیم قابل جذب را پس از کشت در خاک برجای گذاشت. این تفاوت‌ها ممکن است ناشی از اختلاف در جذب ریشه‌ای، ترشحات ریزوسفری و تحمل به سمیت کادمیم بین ارقام مختلف باشد.

فهرست منابع

1. عبداللهی، س.، گلچین، ا. (۱۳۹۷). مقایسه توان تولید زیست‌توده و جذب و انتقال کادمیم در سه رقم کلم. نشریه تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۹ (۲): ۲۴۳-۲۵۹.
2. Alloway, B. J. (2013). Heavy metals in soils: Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability (Vol. 22). Springer Science & Business Media.
3. Basta, N. T., Gradwohl, R., Snethen, K. L., Schroder, J. L. (2001). Chemical immobilization of lead, zinc, and cadmium in smelter-contaminated soils using biosolids and rock phosphate. *Journal of Environmental Quality*, 30(4), 1222-1230.
4. Jalali, M., Khanlari, Z.V. (2008). Cadmium availability in calcareous soils of agricultural lands in Hamadan, Western Iran. *Soil and Sediment Contamination* 17, 256-268.
5. Kabata-Pendias, A. (2011). Trace elements in soils and plants. CRC press.
6. Lindsay, W. L., Norvell, W. A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42(3), 421-428.
7. Lux, A., Martinka, M., Vaculík, M., White, P. J. (2011). Root responses to cadmium in the rhizosphere: a review. *Journal of Experimental Botany*, 62(1), 21-37.
8. McLaughlin, M. J., Zarcinas, B. A., Stevens, D. P., Cook, N. (2000). Soil testing for heavy metals. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 31(11-14), 1661-1700.
9. Quevauviller, P., Rauret, G., López-Sánchez, J. F., Rubio, R., Ure, A., Muntau, H. (1997). Certification of trace metal extractable contents in a sediment reference material (CRM 601) following a three-step sequential extraction procedure. *Science of the Total Environment*, 205(2-3), 223-234.
10. Ure, A. M., Quevauviller, P., Muntau, H., Griepink, B. (1993). Speciation of heavy metals in soils and sediments: An account of the improvement and harmonization of extraction techniques undertaken under the



19th Iranian Soil Science Congress
02-04 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۴ تا ۱۳ آذر ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



auspices of the BCR of the Commission of the European Communities. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 51(1-4), 135–151.

11. Wuana, R. A., & Okieimen, F. E. (2011). Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and be

st available strategies for remediation. *International Scholarly Research Notices*, 2011(1), 402647.

12. Zhao, F. J., Lombi, E., & McGrath, S. P. (2003). Assessing the potential for zinc and cadmium phytoremediation with the hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*. *Plant and soil*, 249(1), 37-43.

Responses of DTPA and MgCl₂ Extractants to Cadmium Level Changes in Soils under Wheat Cultivation

Atefeh Tavakoli^{*1}, Ahmad Golchin², Jafar Sufian³, Samaneh Abdollahi⁴

1-Ph.D.Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.*

Atefeh.tavakoli@znu.ac.ir

2- Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

3- Ph.D.Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

4 - Ph.D. Graduate, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

Abstract

This study was conducted to investigate the response of DTPA and MgCl₂ extractants to changes in cadmium contamination levels in soils cultivated with four different wheat cultivars using two extractants: DTPA and magnesium chloride (MgCl₂). The experiment was carried out as a factorial in a completely randomized design with four wheat cultivars (Pishgam, Zare', Mihan, and Orum) and five cadmium levels (0, 10, 25, 50, and 100 mg/kg of soil) under greenhouse conditions. The results showed that with increasing cadmium concentration,

* Corresponding author, Email: atefeh.tavakoli@znu.ac.ir



19th Iranian Soil Science Congress
02-04 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۴ تا ۱۳ آذر ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



the amount of extractable cadmium with both extractants significantly increased ($p < 0.01$), such that at the 100 mg level, the cadmium concentration extracted with DTPA and $MgCl_2$ reached 38.53 and 44 mg/kg, respectively. Also, the highest correlation between soil cadmium concentration and cadmium uptake by wheat biomass was related to the DTPA extractant with a coefficient of determination ($R^2 = 0.79$). The Orum cultivar left the highest amount of cadmium in the soil after cultivation. These results indicate the higher efficiency of DTPA and the influence of plant cultivar and type of extractant in better estimating bioavailable cadmium in contaminated soils, and can be used in selecting soil contamination assessment methods.

Keywords: Soil contamination, extractant, cadmium, wheat.