



تأثیر اسید اگزالیک، اسید سیتریک و اسید مالیک بر گونه‌بندی کادمیوم و مس در خاک‌های آهکی

سروناز نجفی، محسن جلالی

دانشجوی دکتری و استاد دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده کشاورزی، گروه خاکشناسی

چکیده

آگاهی از مکانیسم تشکیل کمپلکس فلزات سنگین با اسیدهای آلی با وزن مولکولی پایین در خاک‌های آهکی، به عنوان راهکاری برای محدودسازی آلودگی در خاک، مورد توجه می‌باشد. در این مطالعه تأثیر غلظت‌های پایین و بالای (۰/۱ و ۷۰ میلی‌مول در لیتر) اسید اگزالیک، اسید سیتریک و اسید مالیک بر گونه‌بندی عناصر کادمیوم و مس در دو خاک آهکی بررسی گردید. مقایسه نتایج گونه‌بندی کادمیوم و مس در حضور اسیدهای آلی مختلف نشان داد که در مورد کادمیوم، گونه یونی آزاد (Cd^{2+})، گونه غالب کادمیوم در حضور هر سه اسید آلی و در هر دو خاک بود، در حالی‌که در مورد مس، گونه‌های کمپلکس اسید آلی - مس، غالب بودند.

واژه‌های کلیدی: گونه‌بندی، اسیدهای آلی، کادمیوم، مس

مقدمه

آلودگی فلزات سنگین همیشه در بحث‌های زیست محیطی، در مرکز توجهات قرار داشته و بررسی مکانیسم ترکیب این آلاینده‌ها با اسیدهای آلی با وزن مولکولی پایین، به عنوان راهکاری برای محدودسازی آلودگی در خاک، مورد توجه قرار گرفته است. منبع عمده ورود اسیدهای آلی به خاک، ترشحات ریشه، مواد گیاهی مرده و فرآورده‌های تجزیه میکروبی می‌باشد (جونز، ۱۹۹۸). کودهای آلی نیز حاوی مقادیر زیادی از اسیدهای آلی هستند (بلان و همکاران، ۱۹۹۴). اسیدهای آلی در بسیاری از واکنش‌ها در محلول خاک دخیل بوده و قادر به تشکیل کمپلکس با فلزات کاتیونی هستند (وانگ و همکاران، ۲۰۰۹). اسید-های آلی علاوه بر توانایی تشکیل کمپلکس با فلزات سنگین، پی‌اچ خاک را نیز کاهش می‌دهند (یوان و همکاران، ۲۰۰۷). گونه‌بندی فلزات سنگین در محلول، با تغییر پی‌اچ تغییر کرده و به تبع آن، جذب و دفع آن‌ها بر روی سطوح جامد را تحت تأثیر قرار می‌دهد (بین و همکاران، ۲۰۰۲). سمیت و زیست‌فراهمی فلزات سنگین به گونه‌بندی آن‌ها بستگی دارد و عواملی از قبیل حضور اسیدهای آلی در خاک می‌توانند بر رهاسازی فلزات از خاک و گونه‌بندی آن‌ها در محلول خاک تأثیر بگذارند (ریوورتر و همکاران، ۱۹۹۸). یون فلزی آزاد (هیدراته) دارای حداکثر سمیت می‌باشد، در حالی‌که کمپلکس‌های اسید آلی - فلز، غیرسمی هستند (لیپر، ۱۹۷۸). گزارش شده که اسیدهای آلی همچون ملات، سترات و اگزالات در بسیاری از فرآیندهایی که در ریزوسفر اتفاق می‌افتند، از قبیل جذب عناصر غذایی، سمیت‌زدایی فلزات سنگین، کاهش تنش بی‌هوایی در ریشه‌ها، هوازگی کانی‌ها و جذب میکروب‌ها، دخیل می‌باشند (جونز، ۱۹۹۸). با توجه به مطالب فوق، بررسی نقش اسیدهای آلی بر گونه‌بندی فلزات سنگین در خاک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به دلیل اهمیت تغییر گونه‌بندی فلزات کادمیوم و مس از جنبه‌های سمیت و تغذیه‌ای و تعداد بسیار کم مطالعات موجود در مورد تأثیر غلظت‌های پایین و بالای اسیدهای آلی در خاک و تغییر پی‌اچ متناظر با آن، بر گونه‌بندی عناصر کادمیوم و مس، به ویژه در خاک‌های آهکی، مطالعه حاضر با هدف فوق انجام شد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش، از دو نمونه خاک سطحی (۳۰-۰ سانتی‌متری) از دو ناحیه مختلف از استان همدان استفاده شد. غلظت‌های ۰/۱ و ۷۰ میلی‌مول در لیتر اسیدهای آلی اگزالیک، سیتریک و مالیک، با استفاده از نمک‌های آن‌ها آماده گردیدند.



فلزات کادمیوم و مس به صورت جداگانه، از طریق افزودن نمک‌های کلریدی آن‌ها با غلظت ۱ میلی‌مول در لیتر، به اسیدهای آلی اضافه گردیدند و از محلول کلرید سدیم ۰/۰۱ مول در لیتر به عنوان الکترولیت زمینه استفاده شد. ۱/۵ گرم از هر خاک در لوله سانتریفیوژ ریخته شده و به هریک، ۳۰ میلی‌لیتر از محلول‌های حاوی غلظت‌های ۰/۱ و ۷۰ میلی‌مول در لیتر اسید اگزالیک، اسید سیتریک و یا اسید مالیک به طور جداگانه و فلز کادمیوم یا مس و کلرید سدیم ۰/۰۱ مول در لیتر، اضافه گردید. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت شیک گردیده و پس از آن به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس عصاره‌های رویی صاف شده و بلافاصله پس از عصاره‌گیری، پی‌اچ آن‌ها قرائت گردید. غلظت عناصر کادمیوم و مس در عصاره‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر جذب اتمی قرائت شد. در این آزمایش، دو تکرار برای هر غلظت از هریک از اسیدهای آلی در هر خاک، در نظر گرفته شد. غلظت کاتیون‌های پتاسیم، سدیم، کلسیم و منیزیم و آنیون‌های کربنات، بی‌کربنات و کلر در عصاره‌ها بر اساس روش‌های استاندارد ارائه شده توسط راول (۱۹۹۴)، تعیین گردید.

برای گونه‌بندی از برنامه گونه‌بندی ژئوشیمیایی مینتک (Visual MINTEQ version 2.30) (آلیسون و همکاران، ۱۹۹۱)، استفاده شد. گونه‌بندی با وارد کردن غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اندازه‌گیری شده در عصاره‌ها و نیز غلظت اسیدهای آلی و پی‌اچ‌های اندازه‌گیری شده، در برنامه مینتک، انجام شد.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه، در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مطالعه شده

شماره خاک	پی‌اچ	هدایت الکتریکی		ظرفیت تبادل کاتیونی		کربنات کلسیم	ماده آلی	شن	سیلت	رس
		(دسی زیمنس در متر)	(سانتی‌مول بار در کیلوگرم)							
۱	۷/۳	۰/۰۹	۱۵/۷	۵/۷	۳/۶	۵۳/۵	۲۸/۰	۱۸/۵		
۲	۸/۱	۰/۱۸	۲۶/۸	۱۷/۲	۲/۶	۱۹/۵	۵۲/۰	۲۸/۵		

نتایج گونه‌بندی عناصر کادمیوم و مس در دو غلظت ۰/۱ و ۷۰ میلی‌مول در لیتر از اسیدهای اگزالیک، سیتریک و مالیک در جداول ۲ تا ۷ ارائه شده است. در مورد کادمیوم، در هر دو خاک و در هر دو غلظت اسید اگزالیک (۰/۱ و ۷۰ میلی‌مول در لیتر)، گونه Cd^{2+} دارای بیشترین درصد بود (جدول ۲). در مورد عنصر مس، در خاک شماره یک، گونه $Cu-Oxalate(aq)$ در غلظت ۰/۱ میلی‌مول در لیتر اسید اگزالیک (پی‌اچ ۶/۴) و گونه Cu^{2+} در غلظت ۷۰ میلی‌مول در لیتر اسید اگزالیک (پی‌اچ ۱/۶)، غالب بود؛ در حالیکه در خاک شماره دو، گونه‌های $CuCO_3(aq)$ و $Cu-(Oxalate)_2^{2-}$ در غلظت ۰/۱ میلی‌مول در لیتر اسید اگزالیک (پی‌اچ ۷/۶) بیشترین درصدها را دارا بوده و در غلظت ۷۰ میلی‌مول در لیتر اسید اگزالیک (پی‌اچ ۵/۹)، گونه $Cu-Oxalate(aq)$ بالاترین درصد را در بین گونه‌های مس داشت (جدول ۳).

جدول ۲- درصد توزیع گونه‌های کادمیوم و اگزالات در خاک‌ها در غلظت‌های ۰/۱ و ۷۰ میلی‌مول در لیتر اسید اگزالیک

خاک ۲		خاک ۱		غلظت اسید آلی گونه‌ها
۷۰	۰/۱	۷۰	۰/۱	
۵۸/۳۸	۵۱/۹۸	۶۴/۱۵	۵۱/۸۱	Cd ²⁺
۳۰/۰۹	۳۶/۳۲	۳۴/۶۵	۳۶/۴۱	CdCl ⁺
۱۴/۱۸	۳۸/۲۲	۰/۲۴	۳۹/۰۲	Oxalate ²⁻
۰/۳۴	۰/۰۳	۷۰/۳۰	۰/۱۰	H-Oxalate ⁻
-	-	۲۸/۴۶	-	H ₂ -Oxalate
۱/۱۶	۷/۷۵	۰/۱۴	۹/۹۶	Cd-Oxalate (aq)
۶۴/۱۰	۱۵/۷۷	۰/۲۷	۸/۱۴	Ca-Oxalate (aq)
۱۹/۶۹	۳۶/۳۴	۰/۵۸	۴۰/۸۴	Mg-Oxalate (aq)

جدول ۳- درصد توزیع گونه‌های مس و اگزالات در خاک‌ها در غلظت‌های ۰/۱ و ۷۰ میلی‌مول در لیتر اسید اگزالیک

خاک ۲		خاک ۱		غلظت اسید آلی گونه‌ها
۷۰	۰/۱	۷۰	۰/۱	
۳۲/۰۳	۲/۸۹	۹۳/۲۲	۱۱/۱۹	Cu ²⁺
۱۳/۱۵	۳۵/۰۰	-	۵/۴۳	CuCO ₃ (aq)
۳۸/۴۰	۲۴/۳۷	۳/۵۹	۴۸/۲۲	Cu-Oxalate (aq)
۷/۶۶	۳۳/۹۹	۰/۰۳	۳۳/۷۶	Cu-(Oxalate) ₂ ²⁻
۴/۲۹	۲۹/۹۸	۰/۲۱	۱۵/۰۵	Oxalate ²⁻
۰/۰۷	-	۵۷/۷۱	۰/۰۷	H-Oxalate ⁻
-	-	۲۱/۴۳	-	H ₂ -Oxalate
۵۸/۴۵	۷/۷۳	۱۲/۵۹	۲۷/۵۹	Cu-Oxalate (aq)
۲۳/۳۳	۲۱/۵۸	۰/۲۵	۳۸/۶۳	Cu-(Oxalate) ₂ ²⁻
۱/۶۱	۱۳/۲۶	۰/۲۸	۶/۹۱	Ca-Oxalate (aq)
۱۲/۰۵	۲۵/۹۷	۰/۲۷	۱۱/۰۰	Mg-Oxalate (aq)

در حضور اسید سیتریک، در هر دو خاک، گونه Cd²⁺ گونه غالب کادمیوم در غلظت‌های ۰/۱ و ۷۰ میلی‌مول در لیتر اسید فوق بود (جدول ۴). نتایج حاصل از گونه‌بندی مس در حضور اسید سیتریک نشان داد که در غلظت ۰/۱ میلی‌مول در لیتر اسید آلی که به ترتیب متناظر با پی‌اچ‌های ۶/۶ و ۷/۵ در خاک‌های شماره یک و دو بود، گونه Cu-Citrate⁻ (aq)، گونه غالب در هر دو خاک بود. در غلظت ۷۰ میلی‌مول در لیتر اسید سیتریک (پی‌اچ ۲/۴ در خاک یک و ۳/۹ در خاک دو)، گونه Cu²⁺ بیشترین درصد را در بین گونه‌های مس در هر دو خاک داشت (جدول ۵).

جدول ۴- درصد توزیع گونه‌های کادمیوم و سیترات در خاک‌ها در غلظت‌های ۰/۱ و ۷۰ میلی‌مول در لیتر اسید سیتریک

خاک ۲		خاک ۱		غلظت اسید آلی گونه‌ها
۷۰	۰/۱	۷۰	۰/۱	
۶۰/۳۷	۵۳/۲۰	۶۲/۱۵	۵۲/۴۷	Cd ²⁺
۳۱/۵۴	۳۷/۶۰	۳۶/۵۴	۳۷/۲۹	CdCl ⁺
۰/۱۲	۴/۷۹	-	۵/۸۸	Citrate ³⁻
۱۱/۶۳	۰/۴۲	۰/۱۳	۱/۴۵	H-Citrate ²⁻
۳۸/۸۱	-	۱۸/۰۸	۰/۰۱	H ₂ -Citrate ⁻
۴/۳۶	-	۸۰/۴۰	-	H ₃ -Citrate (aq)
۰/۰۸	۶/۶۵	-	۱۴/۲۷	Cd-Citrate ⁻
۱۱/۲۴	۲۸/۷۰	-	۴۱/۲۲	Ca-Citrate ⁻
۲۲/۹۰	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۶	CaH-Citrate (aq)
۲/۰۷	۵۸/۷۸	-	۳۶/۱۵	Mg-Citrate ⁻

جدول ۵- درصد توزیع گونه‌های مس و سیترات در خاک‌ها در غلظت‌های ۰/۱ و ۷۰ میلی‌مول در لیتر اسید سیتریک

خاک ۲		خاک ۱		غلظت اسید آلی گونه‌ها
۷۰	۰/۱	۷۰	۰/۱	
۶۴/۶۰	۲/۵۵	۹۸/۴۵	۳/۹۳	Cu ²⁺
۲۵/۸۱	۰/۲۶	-	۰/۰۸	CuHCO ₃ ⁺
۰/۷۳	۲۹/۱۲	-	۱/۱۶	CuCO ₃ (aq)
۶/۲۳	۶۵/۵۶	۰/۰۲	۹۳/۶۹	Cu-Citrate ⁻ (aq)
۰/۰۲	۳/۰۰	-	۲/۵۷	Citrate ³⁻
۱۲/۴۵	-	۱۸/۶۰	-	H ₂ -Citrate ⁻
۱/۷۲	-	۷۶/۹۶	-	H ₃ -Citrate (aq)
۵۶/۰۵	۲۶/۴۱	۰/۱۷	۴۸/۶۲	Cu-Citrate ⁻
۱۶/۲۷	-	۱/۴۶	۰/۰۳	CuH-Citrate (aq)
۱/۸۶	۴۰/۳۲	-	۲۱/۸۴	Ca-Citrate ⁻
۰/۵۸	۲۹/۶۲	-	۲۵/۱۶	Mg-Citrate ⁻

گونه‌بندی کادمیوم در حضور اسید مالیک نشان داد که در هر دو غلظت (۰/۱ و ۷۰ میلی‌مول در لیتر) و در هر دو خاک، گونه Cd²⁺ گونه غالب، بود (جدول ۴). در مورد عنصر مس، در خاک شماره یک، در غلظت ۰/۱ میلی‌مول در لیتر (پی‌اچ ۶/۶)، گونه‌های Cu²⁺ و Cu-Malate (aq)، دارای بالاترین درصدها در بین گونه‌ها بودند، در حالیکه در خاک شماره دو، گونه CuCO₃ (aq) بیشترین درصد را در غلظت فوق (پی‌اچ ۷/۶)، دارا بود. در غلظت ۷۰ میلی‌مول در لیتر اسید مالیک (پی‌اچ ۲/۶ در خاک شماره یک و ۵/۳ در خاک شماره دو)، در هر دو خاک گونه Cu²⁺ غالب بود (جدول ۵).

جدول ۶- درصد توزیع گونه‌های کادمیوم و مالات در خاک‌ها در غلظت‌های ۰/۱ و ۷۰ میلی‌مول در لیتر اسید مالیک

خاک ۲		خاک ۱		غلظت اسید آلی گونه‌ها
۷۰	۰/۱	۷۰	۰/۱	
۵۹/۱۸	۵۴/۴۰	۶۰/۴۵	۵۴/۷۴	Cd ²⁺
۲۹/۰۷	۳۸/۵۴	۳۸/۱۲	۳۸/۵۸	CdCl ⁺
۱۰/۲۹	۱/۵۹	-	۱/۸۶	CdHCO ₃ ⁺
۲۳/۶۶	۸۳/۲۵	۰/۰۷	۷۹/۵۹	Malate ²⁻
۲۵/۱۵	۰/۴۰	۱۳/۹۱	۱/۰۰	H-Malate ⁻
۰/۹۱	-	۸۵/۰۹	-	H ₂ -Malate (aq)
۳۸/۱۷	۴/۰۲	۰/۰۲	۱۰/۴۸	Ca-Malate (aq)

جدول ۷- درصد توزیع گونه‌های مس و مالات در خاک‌ها در غلظت‌های ۰/۱ و ۷۰ میلی‌مول در لیتر اسید مالیک

خاک ۲		خاک ۱		غلظت اسید آلی گونه‌ها
۷۰	۰/۱	۷۰	۰/۱	
۴۴/۰۶	۶/۲۷	۹۸/۴۰	۳۸/۰۸	Cu ²⁺
۲۷/۹۳	۰/۴۷	-	۱/۴۲	CuHCO ₃ ⁺
۲۱/۶۳	۷۷/۷۵	-	۲۳/۵۳	CuCO ₃ (aq)
۵/۶۶	۵/۸۴	۰/۰۸	۳۲/۰۳	Cu-Malate (aq)
۱۸/۶۶	۷۳/۹۳	۰/۰۸	۶۳/۷۰	Malate ²⁻
۵/۸۶	۰/۱۵	۱۴/۴۷	۱/۳۰	H-Malate ⁻
۰/۰۶	-	۸۱/۹۰	-	H ₂ -Malate (aq)
۴۸/۱۲	۳/۳۱	۰/۷۰	۱۹/۹۰	Cu-Malate (aq)
۲۱/۷۹	۱۰/۱۱	۰/۰۴	۹/۲۴	Ca-Malate (aq)
۳/۸۹	۱۰/۲۴	-	۳/۸۴	Mg-Malate (aq)

مقایسه نتایج گونه‌بندی کادمیوم و مس در حضور اسیدهای آلی مختلف نشان داد که در مورد کادمیوم، گونه یونی آزاد (Cd²⁺)، گونه غالب کادمیوم در حضور هر سه اسید آلی و در هر دو خاک بود، در حالیکه در مورد مس، گونه‌های کمپلکس اسید آلی- مس، غالب بودند و هریک از سه اسید آلی، تأثیر متفاوتی بر گونه‌بندی عنصر فوق در خاک‌ها داشتند. لیگاند‌های آلی فراهمی فلزات را برای گیاهان افزایش داده و در برخی موارد، اثر سمیت اشکال یونی فلزات را کاهش داده و یا از بین می‌برند (واسی و همکاران، ۱۹۹۸). یون فلزی آزاد (هیدراته) دارای حداکثر سمیت می‌باشد، در حالیکه کمپلکس‌های اسید آلی- فلز، غیرسمی هستند (لیپر، ۱۹۷۸). ژو و همکاران (۲۰۰۳) گونه‌بندی کادمیوم در حضور اسیدهای آلی را بررسی و بیان نمودند که در حضور اسید سیتریک، در پی‌اچ‌های کمتر از ۵، Cd-HCit به عنوان شکل غالب کمپلکس کادمیوم وجود داشت و Cd-Cit⁻ کمپلکس غالب در پی‌اچ‌های بالای ۶ بود. همچنین این محققین بیان نمودند که در حضور اسید سیتریک، یون‌های کادمیوم در محلول ظاهر شدند و نیز، با افزایش پی‌اچ، غلظت یون کادمیوم به آهستگی کاهش یافت که ممکن است به دلیل بالا بودن ثابت کمپلکس Cd و Cit³⁻ باشد. در مطالعه ویریچ (۲۰۰۰)، گونه CdOx در پی‌اچ‌های بالای ۵، بیشترین غلظت را



دارا بود. وانگ و همکاران (۲۰۰۹) پس از گونه‌بندی مس در محلول به هنگام افزودن اسید اگزالیک، اسید سیتریک و اسید مالیک (غلظت ۱ میلی‌مول در لیتر و پی‌اچ‌های ۴/۵ و ۵/۵)، مشاهده نمودند که گونه‌های Cu-Oxalate، Cu-Citrate- و Cu-Malate به ترتیب گونه‌های غالب کمپلکس مس در حضور اسیدهای فوق بودند و بخش زیادی از مس محلول با اسیدهای آلی، کمپلکس شده بود. کیم و همکاران (۲۰۱۳)، گونه‌بندی مس را در غلظت‌های ۱ و ۱۰۰ میلی‌مول در لیتر اسید اگزالیک انجام دادند و دریافتند که گونه‌های Cu^{2+} ، Cu(OX) و $\text{Cu}(\text{OX})_2$ ، گونه‌های غالب مس را در محلول تشکیل می‌دادند.

منابع

- Allison J.D., Brown D.S. and Novo-Gradac K.J. 1991. MINTEQA2/PRODEFA2, Geochemical Assessment Model for Environmental Systems: Version 3.11 Databases and Version 3.0 User's Manual. Environmental Research Laboratory, US-EPA, Athens, Georgia.
- Bolan N.S., Naidu R., Mahimairaja S. and Baskaran S. 1994. Influence of low-molecular-weight organic-acids on the solubilization of phosphates. *Biology and Fertility of Soils*, 18: 311-319.
- Jones D.L. 1998. Organic acids in the rhizosphere- A critical review. *Plant and Soil*, 205: 25-44.
- Kim J.O., Lee Y.W. and Chung J. 2013. The role of organic acids in the mobilization of heavy metals from soil. *KSCCE Journal of Civil Engineering*, 17: 1596-1602.
- Leeper G.W. 1978. *Managing the heavy metals on the land*. Marcel Dekker Inc.
- Rieuwerts J.S., Thornton I., Farago M.E. and Ashmore M.R. 1998. Factors influencing metal bioavailability in soils: preliminary investigations for the development of a critical loads approach for metals. *Chemical Speciation and Bioavailability*, 10: 61-75.
- Rowell D.L. 1994. *Soil Science: Method and Application*. Longman Group, Harlow.
- Wang Y.J., Chen J.H., Cui Y.X., Wang S.Q. and Zhou D.M. 2009. Effects of low molecular-weight organic acids on Cu(II) adsorption onto hydroxyapatite nanoparticles. *Journal of Hazardous Materials*, 162: 1135-1140.
- Wasay S.A., Barrington S.F. and Tokunaga S. 1998. Remediation of soils polluted by heavy metals using salts of organic acids and chelating agents. *Environmental Technology*, 19: 369-380.
- Weirich D.A. 2000. Influence of organic ligands on the adsorption of copper, cadmium, and nickel on goethite. Ph.D. Thesis, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich.
- Yin Y., Impellitteri C.A., You S.J. and Allen H.E. 2002. The importance of organic matter distribution and extract soil:solution ratio on the desorption of heavy metals from soils. *Science of the Total Environment*, 287: 107-119.
- Yuan S., Xi Z., Jiang Y., Wan J., Wu C., Zheng Z. and Lu X. 2007. Desorption of copper and cadmium from soils enhanced by organic acids. *Chemosphere*, 68: 1289-1297.
- Zhou D.M., Chen H.M., Wang S.Q. and Zheng C.R. 2003. Effects of organic acids, o-Phenylenediamine and pyrocatechol on cadmium adsorption and desorption in soil. *Water, Air, and Soil Pollution*, 145: 109-121.

Effects of citric, malic and oxalic acids on cadmium and copper speciation in calcareous soils

S. Najafi, M. Jalali

Ph.D. student and professor of Bu-Ali Sina University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science

Abstract

Knowledge of the mechanisms of heavy metals complex formation with low molecular weight organic acids in calcareous soils has attracted attention as a useful way for reducing soil pollution. The effects of low and high concentrations (0.1 and 70 mM) of citric, malic and oxalic acids on the speciation of cadmium (Cd) and copper (Cu) in two calcareous soils was investigated. The results of Cd and Cu speciation showed that in the case of Cd, the free ionic species (Cd^{2+}) was dominant in the presence of three organic acids in both soils, while for Cu, the complex species of Cu-organic acids had highest percentages between species.

Keywords: Speciation, organic acids, cadmium, copper