

تأثیر نوع استفاده از زمین بر توزیع فرم‌های شیمیایی مس و کبالت و ارزیابی خطرات زیستی آنها در بخشی از خاک‌های استان زنجان

علی افشاری^۱ و پریسا علمداری^۲

۱- دانشجوی دکتری، رشته خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان a.afshari66@yahoo.com

۲- استادیار رشته خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

چکیده

مطالعه حاضر با هدف تعیین شکل‌های شیمیایی کبالت و مس در خاک‌های زیر کشت دیم و آبی و ارزیابی خطرات زیستی آنها در استان زنجان انجام گرفت. برای این منظور تعداد ۱۲۰ نمونه خاک (۹۶ نمونه خاک‌های زیر کشت دیم و ۲۴ نمونه خاک‌های زیر کشت آبی) برداشت گردید و بعد از تعیین غلظت کل عناصر، تعداد ۳۶ نمونه با بیشترین تنوع برای تجزیه‌های آزمایشگاهی انتخاب گردید. با توجه به نتایج، غلظت کل و قابل استخراج با DTPA کبالت در کاربری دیم و آبی به ترتیب ۲۵/۶، ۰/۳۵ و ۲۴/۳ و ۰/۳۹ و مس به ترتیب ۲۹/۸، ۲/۱ و ۶۲/۳، ۵/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بدست آمد. توزیع مس در خاک‌های زیر کشت دیم شامل جزء باقیمانده (۰/۷۴/۲)، اکسیدی (۰/۱۰/۵)، آلی (۰/۸/۴)، کربناتی (۰/۴/۶) و محلول+تبادلی (۰/۲/۴) و در خاک‌های زیر کشت آبی به ترتیب جزء باقیمانده (۰/۷۰/۰)، آلی (۰/۱۳/۱)، اکسیدی (۰/۱۰/۱)، کربناتی (۰/۴/۴) و محلول+تبادلی (۰/۲/۳) می‌باشد. توزیع شیمیایی کبالت در دو خاک تفاوتی نشان نداد و فقط در سهم هر یک از اجزاء تفاوت ملاحظه شد و به ترتیب جزء باقیمانده < اکسیدی < کربناتی < محلول+تبادلی < آلی بدست آمد. بالاترین ضریب همبستگی بین جزء متصل به مواد آلی مس با ماده آلی (r=۰/۷۳۱) بدست آمد. فاکتور آلودگی اختصاصی (ICF) برای مس و کبالت در کشت دیم به ترتیب ۰/۳۵ و ۱/۱۱ و در کشت آبی ۰/۵۰ و ۱/۲۸ بدست آمد. فاکتور آلودگی جهانی (GCF) به ترتیب در خاک‌های زیر کشت دیم ۱/۴۶ و آبی ۱/۷۸ بدست آمد. میانگین عدد ارزیابی خطرپذیری (RAC) برای مس و کبالت به ترتیب ۶/۹ و ۲۷/۲۴ درصد مشاهده شد.

واژگان کلیدی: عصاره‌گیری متوالی، خاک‌های زیر کشت دیم، خاک‌های زیر کشت آبی، مس، کبالت، زنجان

مقدمه

اجزاء مختلف فلزات در خاک برای ارزیابی رفتار آنها در محیط و ظرفیت تحرکشان (Mobilization capacity) می‌تواند حائز اهمیت باشد (Olajire et al, 2002). استفاده از تکنیک عصاره‌گیر متوالی برخی اطلاعات ضروری برای فهمیدن رفتار عناصر سنگین در خاک‌ها از قبیل پتانسیل تحرک، زیست‌فراهمی و جذب آنها توسط گیاهان را ارائه می‌دهد (Achiba et al, 2009). همچنین این تکنیک می‌تواند برای طبقه‌بندی مؤثر فلزات در جزء‌های ژئوشیمیایی متفاوت و

وقتی عناصر سنگین به خاک اضافه می‌شود عوامل مختلفی باعث جذب و نگهداشت آن نموده یا باعث رسوب آن می‌شوند و یا از محلولیت‌شان می‌کاهند، که درجه جذب عناصر سنگین بستگی به فاکتورهای محیطی، خصوصیات و مولفه‌های خاک دارد (Jalali and Khanlari, 2008). تعیین غلظت کل عناصر سنگین به تنهایی برای تشخیص کامل تأثیرات محیطی آلودگی خاک کافی نیست (Olajire et al, 2009 and Ashiba et al, 2002). به این دلیل، تعیین

تنفس امکان بروز سرطان دستگاه تنفسی انسان را افزایش می‌دهد (Pais and Jones, 1997).

مطالعات مختلفی در مورد تعیین شکل‌های شیمیایی عناصر از جمله مس و کبالت انجام گرفته است. Olajire et al, 2002 با بررسی شکل‌های شیمیایی مس در خاک‌های جنوب نیجریه، بعد از جزء باقیمانده، جزء متصل به مواد آلی را دارای بیشترین سهم گزارش کردند. این محققین، توزیع عناصری مثل کادمیم، نیکل و سرب را متأثر از غلظت کل آنها در خاک می‌دانند،

در حالی که توزیع مس در جزءهای مختلف، مستقل از غلظت کل بود و بیشترین همبستگی را با درصد مواد آلی نشان می‌داد. کوچی و همکاران (۱۳۸۳) با بررسی شکل‌های شیمیایی برخی عناصر سنگین از جمله مس و کبالت در خاک‌های آبیاری شده با فاضلاب، توزیع کبالت را در تیمار بدون فاضلاب به صورت باقیمانده < کربناتی < تبدلی < آلی و در خاک‌های آبیاری شده با فاضلاب به صورت باقیمانده < کربناتی < آلی < تبدلی گزارش کردند. در هر دو خاک، حدود ۲۵ درصد از کبالت به صورت تبدلی بدست آمد.

توزیع مس را نیز در خاک‌های مورد مطالعه به صورت زیر گزارش کردند: باقیمانده < آلی < کربناتی < تبدلی. تابنده و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی رابطه بین شکل‌های شیمیایی مس و جذب آن توسط گیاه سویا در خاک‌های آهکی استان فارس، فراوانی شکل‌های شیمیایی مس را به ترتیب زیر گزارش کردند: شکل تنمه (۴۸٪) < اکسیدهای آهن کریستالی (۲۸٪) < متصل به مواد آلی (۱۳٪) < اکسیدهای آهن بی‌شکل (۶٪) متصل به کربنات‌ها (۵٪) < اکسیدهای منگنز و تبدلی (ناچیز).

تعیین تأثیرات انسانی بر خاک‌ها، مفید باشد (Bretzel et al, 2006 and Sundaray et al, 2001). گونه‌بندی فلزات با انتخاب عامل‌های عصاره‌گیر (Extracting agents)، اطلاعات اضافی در مورد واکنش‌های بنیادی که رفتار فلزات در خاک را کنترل می‌کند، نشان می‌دهد (Olajire et al, 2002). ترتیب محلولیت فازهای مختلف فلزات به روش Tessier et al, 1979، به صورت؛ محلول+تبدلی < متصل به کربنات‌ها < متصل به اکسیدهای آهن و منگنز < متصل به مواد آلی < باقیمانده می‌باشد (Olajire et al, 2002).

هر یک از عناصر سنگین با توجه به ویژگی‌های ساختاری خود در محیط‌های مختلف در کارهای به خصوص شرکت دارند. در این مطالعه، تغییرات شیمیایی مس و کبالت مورد ارزیابی قرار گرفته است. دسترسی زیستی مس علاوه بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، تحت تأثیر فاکتورهای زیست محیطی مثل اقلیم، جمعیت بیولوژیکی، نوع و منبع آلاینده می‌باشد (Pais and Jones, 1997). این فلز در تماس‌های مستمر به کبد، کلیه و طحال صدمه زده و کم‌خونی ایجاد می‌نماید. تماس پوست با املاح مس نیز ایجاد آگزوما و تاول دانه‌ای می‌کند. لرزش عضلانی، ضعف، خونریزی معده و تهوع در اثر ورود مس اضافی به بدن ایجاد می‌گردد. جذب وریدی املاح مس بسیار خطرناک و سمی است (Pais and Jones, 1997). مقادیر کم کبالت برای بسیاری از موجودات زنده از جمله انسان حیاتی است. وجود ۰/۱۳ تا ۰/۳۰ میلی‌گرم کبالت در خاک برای سلامتی حیوانات علف‌خوار مفید گزارش شده است. این عنصر، جزء اصلی ویتامین کبالمین یا ویتامین B₁₂ می‌باشد (Kabata-Pendias & Mukherjee, 2007). این فلز در صورت تماس مداوم به خصوص از راه

نتایج مطالعه علوی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی شکل‌های شیمیایی مس و ارتباط آنها با پاسخ‌های گیاه و ویژگی‌های خاک در خاک‌های استان گلستان، نشان داد که مس محلول+تبادلی (۰/۳)، کربناتی (۰/۴)، پیوند یافته با مواد آلی (۴/۵)، متصل به اکسیدهای منگنز (۱/۳)، متصل به اکسیدهای آهن بی‌شکل (۲۶)، متصل به اکسیدهای آهن متبلور (۳۰/۳) و باقیمانده (۳۷/۲) درصد از مس کل خاک‌ها را تشکیل می‌دهند. مطالعه دیگری توسط Jalali and Khanlari, 2008 در خاک‌های آهکی استان همدان انجام گرفت، این محققین مس را بیشتر در جزء باقیمانده و آلی گزارش کردند. این مطالعه با هدف تعیین شکل‌های شیمیایی مس و کبالت در خاک‌های زیر کشت دیم و آبی و ارتباط آنها با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و ارزیابی خطرات زیستی آنها در خاک‌های آهکی استان زنجان انجام گرفته است.

روش تحقیق

منطقه مطالعاتی، نمونه‌برداری و آنالیزهای آزمایشگاهی

به صورت کلی تعداد ۱۲۰ نمونه خاک از عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متری از اراضی کشاورزی مرکزی استان زنجان که دارای کشاورزی دیم (۹۶ نمونه) و آبی (۲۴ نمونه) بود، برداشت گردید. غلظت کل عناصر مس و کبالت با استفاده از اسید نیتریک ۵ نرمال (Sposito et al, 1982) در تمام نمونه‌ها تعیین شد. در مرحله بعد، با توجه به تنوع نمونه‌ها در غلظت کل فلزات و پراکنش نمونه‌ها در خاک‌های کشت دیم و آبی، تعداد ۳۶ نمونه خاک برای تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی و تعیین مقدار قابل استخراج با DTPA

(Lindsay and Norvell, 1978) و عصاره‌گیری متوالی (Tessier et al, 1979) عناصر مورد مطالعه، انتخاب گردید. عصاره‌گیری متوالی با روش Tessier et al, 1979 به شرح زیر انجام شد: جزء محلول+تبادلی با کلرید منیزیم یک مولار در pH=۷، جزء متصل به کربنات‌ها با استات سدیم یک مولار با pH=۸، جزء پیوند شده با اکسیدهای آهن و منگنز با هیدروکسیل آمین هیدروکلرید ۰/۰۴ مولار در اسید استیک ۲۵ درصد حجمی، جزء متصل به مواد آلی با اسید استیک ۰/۰۲ مولار و آب اکسیژنه ۳۰ درصد در pH=۲ و استات سدیم ۳/۲ مولار اسید نیتریک ۲۰ درصد حجمی و جزء باقیمانده با مخلوط ۳ به ۱ اسید کلریدریک و اسید نیتریک اندازه‌گیری شد.

در نمونه خاک‌های انتخاب شده، EC و pH در عصاره ۱:۲ خاک به آب، بافت (پیپت)، مواد آلی (والکی-بلاک)، کربنات کلسیم معادل (تیتراسیون) و CEC (استات سدیم) (Burt, 2004) اندازه‌گیری شد. غلظت فلزات با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل Perkin-Elmer: AA 200 قرائت گردید. محاسبات آماری (از جمله تعیین همبستگی‌ها و رگرسیون چندمتغیره گام به گام) با کمک نرم‌افزار SPSS 16.0 صورت گرفت.

ارزیابی خطرات زیستی مس و کبالت در

خاک‌های مورد مطالعه

عدد ارزیابی خطرپذیری (Risk assessment code = RAC) که بر اساس مجموع جزءهای تبادلی و متصل به کربنات‌ها بدست می‌آید (معادله ۱)، دارای ۵ کلاس می‌باشد؛ کمتر از ۱ (بدون خطر)، ۱-۱۰ (خطر پایین)، ۱۱-۳۰ (خطر متوسط)، ۳۱-۵۰ (خطر بالا) و

مطالعاتی به صورت نقطه محل، می‌تواند نشان‌دهنده وضعیت توزیع فلزات باشد. بنابراین نمی‌توان از آن به صورت وسیع برای بررسی تأثیرات آلودگی فلزات در محیط استفاده کرد. در عین حال، این پارامترها می‌توانند در کنار سایر مکانیسم‌های سنجش آلودگی عناصر، حالت تکمیل‌کننده داشته باشند (Ikem et al, 2003 and Naji et al, 2010).

بحث و نتایج

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

جدول ۱ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در دو خاک مختلف را نشان می‌دهد. با توجه به جدول، خاک‌ها در محدوده خاک‌های قلیایی قرار می‌گیرند و کربنات کلسیم معادل ۲۰/۸ و ۲۲/۱ درصد و pH ۷/۵ و ۷/۳ به ترتیب در خاک‌های زیر کشت دیم و آبی مؤید این مطلب می‌باشد. مقدار ماده آلی و EC در خاک‌های زیر کشت دیم و آبی به ترتیب ۱/۰ و ۲/۵ درصد و ۰/۲۵ و ۰/۵۷ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. مقدار رس در خاک‌های زیر کشت دیم ۲۲/۹٪ و در خاک‌های زیر کشت آبی ۱۹/۷٪ بدست آمد.

آبی								
حدا	۵/۱	۲۲/۱	۱/۱	۱۶/۲	۰/۸	۴/۱	۱۱/۲	۷/۱
قل	۱۵	۰	۷	۲۴/۳	۴/۶	۷۴	۵۰	۳۱
حدا	۱/۱	۱۰/۲	۵/۵	۲۰/۸	۲/۵	۴۹	۳۱	۱۹
کثر	۲۷	۱	۷					
میان	۱/۱	۱۰/۲	۵/۵	۲۰/۸	۲/۵	۴۹	۳۱	۱۹
گین	۲۲	۰	۷					

CCE: کربنات کلسیم معادل، EC: هدایت الکتریکی خاک، CEC: ظرفیت

تبادل کاتیونی، SOM: ماده آلی

بیشتر از ۵۰ (خطر خیلی بالا). (Delgado et al, 2011).

معادله ۱

$$RAC = \sum (F1 + F2) * 100$$
 فاکتور آلودگی اختصاصی (Individual Contamination Factor = ICF) برای یک فلز، برابر مجموع جزء‌های ناپایدار (که برابر با جزء‌های F1، F2، F3 و F4) تقسیم بر جزء پایدار (برابر با جزء F5) است، بدست می‌آید (معادله ۲). فاکتور آلودگی جهانی (Global contamination factor = GCF)، بر اساس مجموع فاکتور آلودگی اختصاصی (ICF) فلزات محاسبه می‌شود (معادله ۳). (Ikem et al, 2003 and Naji et al, 2010).

$$ICF_{metal} = \frac{C_{nonresis\ tant}}{C_{resis\ tant}} \quad \text{معادله ۲}$$

$$GCF = \sum_{i=1}^n ICF_i \quad \text{معادله ۳}$$

در این مطالعه، F1: جزء محلول+تبادلی، F2: جزء متصل به کربنات‌ها، F3: جزء متصل به اکسیدهای آهن و منگنز، F4: جزء متصل به مواد آلی و F5: جزء باقیمانده می‌باشد.

فاکتور آلودگی اختصاصی (ICF) و فاکتور آلودگی جهانی (GCF) حالت مقایسه‌ای با هیچ خط راهنما یا استاندارد ندارند. این پارامترها، در یک منطقه جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در خاک‌های زیر کشت دیم و آبی

Cl ay	Sa nd	Sil t	SO M	CEC	p H	EC	C CE	
%	%	%	%	Cmol(+)/kg	-	dS/m	%	
								دیم
۳/۴	۹/۳	۵/۲۶	۰/۶	۱۰/۳	۱/۷	۱۹/۰	۴/۲	حدا قل
۱/۰	۷/۵۴	۷/۷۳	۱/۷	۲۶/۵	۷/۷	۸۲/۰	۶/۴۱	حدا کثر
۱/۹	۹/۲۹	۲/۴۷	۱/۰	۲۰/۶	۱۰/۵	۲۵/۰	۸/۲۰	میان گین

غلظت کل، قابل استخراج با DTPA و شکل-

های شیمیایی عناصر در خاک‌های مختلف

با توجه به جدول ۲ غلظت مس کل و قابل استخراج با DTPA در کاربری دیم و آبی به ترتیب ۲۹/۸، ۲/۱ و ۶۲/۳، ۵/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. غلظت کبالت کل و قابل استخراج با DTPA در کاربری دیم و آبی به ترتیب ۲۵/۶، ۰/۳۵ و ۲۴/۳، ۰/۳۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد. مقدار قابل استخراج با DTPA برای هر دو فلز، در خاک‌های زیر کشت آبی

بالاست. جزء فلز استخراج شده با DTPA بیشتر وابسته به مقدار غلظت کل فلز می‌باشد (Bretzel et al, 2006). در کنار آن، اندازه ذرات، غلظت مواد آلی و اکسیدهای آهن و منگنز می‌توانند بر زیست‌فراهمی فلزات تأثیر بگذارند (Yu et al, 2011). علوی و همکاران (۱۳۹۱) در خاک‌های استان گلستان، مس عصاره‌گیری شده با DTPA را بین ۱/۰۵ تا ۳/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کردند.

جدول ۲- غلظت کل و قابل استخراج با DTPA عناصر مورد مطالعه در خاک‌های زیر کشت دیم و آبی

کبالت قابل استخراج با DTPA	کبالت کل	مس قابل استخراج با DTPA	مس کل		
۰/۲۶	۱۸/۳	۰/۸	۱۷/۵	حداقل	
۰/۶۲	۳۳/۳	۴/۰	۵۷/۵	حداکثر	دیم
۰/۳۵	۲۵/۶	۲/۱	۲۹/۸	میانگین	
۰/۲۷	۱۷/۰	۱/۵	۳۸/۰	حداقل	
۰/۴۹	۲۸/۳	۲۱/۲	۱۸۵/۵	حداکثر	آبی
۰/۳۹	۲۴/۳	۵/۲	۶۲/۳	میانگین	

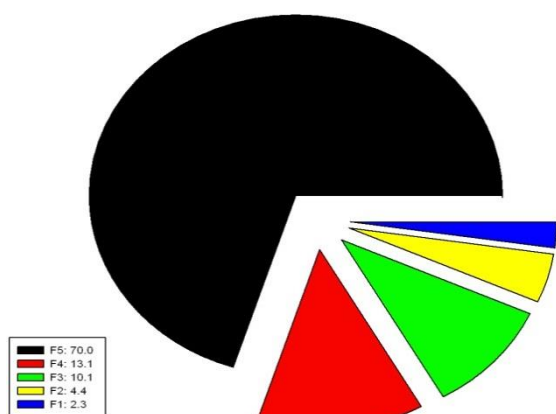
گزارش کردند. درصد بالای فلزات از جمله مس در جزء آلی می‌تواند مربوط به گرایش آسان به جذب سطحی توسط مولکول‌های آلی باشد (Olajire et al, 2002). Fitamo et al, 2007 در خاک‌های آبیاری شده با آب فاضلاب در اتیوپی (Akaki, Ethiopia)، بیشترین درصد مس را در جزء ساده شدنی (Reducible) و کربناته گزارش کردند. از طرف دیگر جزء اکسیدزی (Oxidizable)، جزء مهمی بود (۱۴٪) و ترتیب کلی آن را به صورت ساده شدنی < کربناته < باقیمانده << تبادلی گزارش کردند. Wong et al, 2002 در خاک‌های کشاورزی چین، مس را به طور معنی‌داری وابسته به فاز آلی-سولفیدی و در مرتبه بعدی فاز باقیمانده گزارش کردند. علوی و همکاران

شکل ۱ تا ۴ توزیع شکل‌های شیمیایی مس و کبالت در خاک‌های زیر کشت دیم و آبی را نشان می‌دهد. توزیع مس در خاک‌های زیر کشت دیم به ترتیب شامل جزء باقیمانده (۷۴/۲٪)، متصل به اکسیدهای آهن و منگنز (۱۰/۵٪)، متصل به مواد آلی (۸/۴٪)، متصل به کربنات‌ها (۴/۶٪) و جزء محلول+تبادلی (۲/۴٪) می‌باشد (شکل ۱) و در خاک‌های زیر کشت آبی به ترتیب شامل جزء باقیمانده (۷۰/۰٪)، متصل به مواد آلی (۱۳/۱٪)، متصل به اکسیدهای آهن و منگنز (۱۰/۱٪)، متصل به کربنات‌ها (۴/۴٪) و جزء محلول+تبادلی (۲/۳٪) می‌باشد (شکل ۲). Jain et al, 2008 در بررسی جزءبندی مس در رسوبات رودخانه ناماردا (Narmada) (هند)، بیشترین درصد مس را در جزء باقیمانده و در مرحله بعد، متصل به مواد آلی

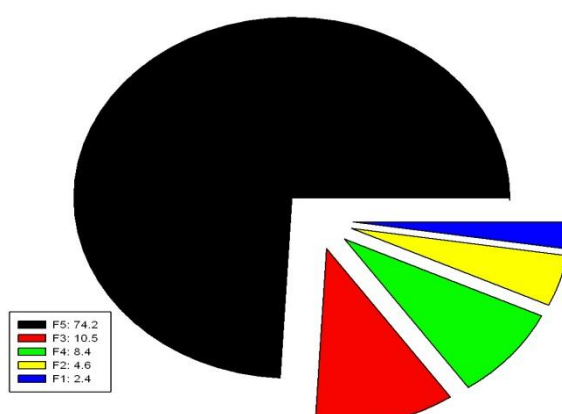
(شکل ۴). Fitamo et al, 2007 در خاک‌های آبیاری شده با آب فاضلاب در اتیوپی، کبالت را به طور عمده وابسته به جزءهای کربناته گزارش کردند. این در حالی است که سهم جزء تبادل‌ی بسیار اندک بود. با این وجود در این مطالعه، کبالت در جزءهای غیرباقیمانده (Nonresidual) (جزء کربناته و ساده شدنی) (Carbonate + Reducible) بیشترین درصد را تشکیل می‌داد. Wong et al, 2002 در خاک‌های کشاورزی چین، بیشترین درصد کبالت را در جزء باقیمانده و متصل به اکسیدهای آهن و منگنز گزارش کردند.

(۱۳۹۱) شکل کربناتی مس را بعد از شکل تبدیلی، کمترین درصد گزارش کردند.

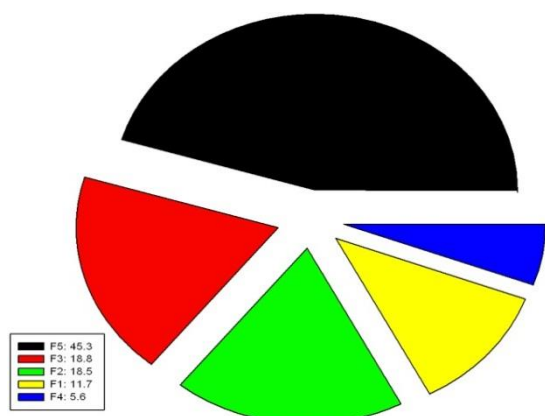
توزیع فرم‌های شیمیایی کبالت در دو خاک تفاوتی نشان نداد و فقط در سهم هر یک از اجزاء تفاوت ملاحظه شد و به ترتیب شامل جزء باقیمانده < جزء متصل به اکسیدهای آهن و منگنز < جزء متصل به کربنات‌ها < جزء محلول + تبدیلی < جزء متصل به مواد آلی بدست آمد که سهم هر یک از اجزاء به ترتیب در خاک‌های زیر کشت دیم، برابر $۵/۵ < ۱۱/۹ < ۱۴/۶ < ۱۸/۷ < ۴۹/۳$ و در خاک‌های زیر کشت آبی، برابر $۵/۶ < ۱۱/۷ < ۱۸/۵ < ۱۸/۸ < ۴۵/۳$ درصد بدست آمد



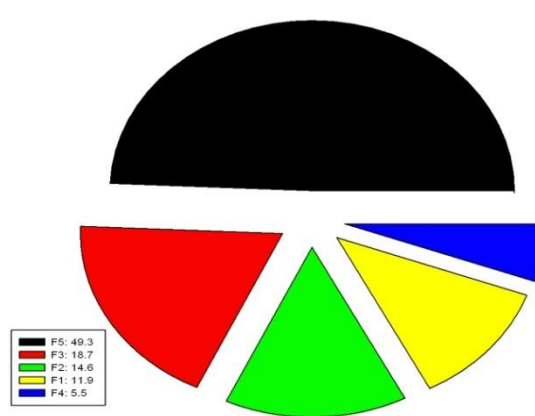
شکل ۲- توزیع فرم‌های شیمیایی مس در خاک‌های زیر کشت آبی



شکل ۱- توزیع فرم‌های شیمیایی مس در خاک‌های زیر کشت دیم



شکل ۴- توزیع فرم‌های شیمیایی کبالت در خاک‌های زیر کشت آبی



شکل ۳- توزیع فرم‌های شیمیایی کبالت در خاک‌های زیر کشت دیم

ارتباط بین شکل‌های مختلف فلزات و خصوصیات خاک

رفتار فلزات متأثر از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک است (Bretzel et al, 2006). جدول ۳ ضرایب همبستگی بین شکل‌های مختلف مس و کبالت با برخی خصوصیات خاک را نشان می‌دهد. با توجه به جدول، بالاترین ضریب همبستگی بین جزء متصل به مواد آلی مس با درصد ماده آلی ($r=0/731$) بدست آمد. مطالعات مختلفی گزارش کردند که عناصر سنگین توسط مواد آلی به شدت جذب می‌شوند (Naji et al, 2010). در مناطق خشک و نیمه خشک،

به خاطر کم بودن درصد مواد آلی خاک‌ها، افزایش مقدار مواد آلی تأثیر به سزایی بر رفتار عناصر در خاک خواهد گذاشت (Jalali and Khanlari, 2008). مواد آلی ذره‌ای، دارای CEC بالا و یون‌های فلزی جدا شده قوی (Strongly sequester metal ions) هستند (Naji et al, 2010). خصوصیتی مانند pH واکنش‌های اکسید و احیا و فرم‌های شیمیایی فلزات در ظرفیت پیوند (Binding capacity) بین جزء متصل به مواد آلی با کربن آلی مهم هستند (Naji et al, 2010).

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین شکل‌های شیمیایی عناصر مورد مطالعه و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

		CCE	EC	pH	CEC	SOM	سیلت	شن	رس
مس	F1	-0/028	-0/151	-0/03	0/228	-0/053	-0/117	-0/067	0/272
	F2	0/628**	-0/185	0/421*	-0/281	-0/207	-0/011	-0/098	0/165
	F3	0/063	0/107	0/054	-0/169	-0/008	-0/335*	0/246	0/113
	F4	0/026	0/637**	-0/412*	0/056	0/731**	-0/125	0/159	-0/06
	F5	-0/193	-0/378*	0/127	0/09	-0/386*	0/249	-0/182	-0/085
	DTPA	-0/097	0/665**	-0/362*	0/129	0/634**	-0/229	0/26	-0/062
کبالت	F1	0/107	0/088	-0/054	-0/24	-0/071	-0/262	0/388*	-0/209
	F2	0/538**	0/072	0/271	-0/035	0/214	-0/011	-0/103	0/172
	F3	0/289	-0/208	-0/03	-0/153	0/099	0/346*	-0/537**	0/313
	F4	0/018	-0/044	-0/088	0/316	0/08	0/177	-0/215	0/07
	F5	-0/538**	0/032	-0/128	0/086	-0/19	-0/117	0/253	-0/214
	DTPA	-0/025	0/088	-0/266	0/142	0/378*	0/134	-0/241	0/171

معنی‌دار نشان نداده است. در حالی که با شکل‌های آلی، کربناتی و تتمه مس رابطه مثبت و معنی‌دار داشت. علوی و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه خاک-های استان گلستان، بین pH و شکل‌های اکسیدی منگنز و آهن بی‌شکل رابطه مثبت و معنی‌دار گزارش کردند. در حالی که بین مس پیوند یافته با مواد آلی با هیچ یک از ویژگی‌های خاک همبستگی معنی‌دار گزارش نکردند. تابنده و همکاران (۱۳۹۱) بین مس

جزء متصل به کربنات مس با کربنات کلسیم معادل ($r=0/628$) و pH ($r=0/421$) ارتباط مثبت و معنی‌داری را نشان داد. مس قابل استخراج با DTPA با EC و درصد ماده آلی ارتباط مثبت و معنی‌دار نشان داد. تابنده و همکاران (۱۳۹۱) میانگین مس عصاره-گیری شده با DTPA را در خاک‌های آهکی استان فارس ۱/۹۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کردند که با هیچ یک از ویژگی‌های خاک همبستگی مثبت و

مس قابل استخراج با DTPA با مس متصل به مواد آلی رابطه منفی و معنی دار ($r=0/752$, $P>0/05$) گزارش کردند، که تأثیر منفی مواد آلی بر قابلیت استفاده مس در خاکها را نشان می‌دهد. در مکان‌های آلوده مس بیشتر در جزءهای غیرلیتوژنیک (Non-lithogeneous) حبس می‌شود و مواد آلی اصلی‌ترین جاذب در میان جزء غیرلیتوژنیک می‌باشد (Sundaray et al, 2001). در کبالت، بین جزء باقیمانده با جزء محلول+تبادلی، متصل به کربنات‌ها و متصل به اکسیدهای آهن و منگنز ارتباط منفی و معنی دار مشاهده شد. بین کبالت قابل استخراج با DTPA و جزء متصل به مواد آلی ارتباط مثبت و معنی دار ملاحظه شد. **رزیابی پتانسیل خطر**

زیستی فلزات در خاک‌های مورد مطالعه

دانش در مورد تحرک محیطی گونه‌های شیمیایی فلزات مختلف برای نزدیک شدن به ارزیابی خطرات آنها برای موجودات زنده‌ای که در آن مناطق زندگی می‌کنند، مفید است (Bretzel et al, 2006). درجه آلودگی خاک‌ها در دو کشت دیم و آبی با استفاده از فاکتور آلودگی اختصاصی (ICF) و فاکتور آلودگی جهانی (GCF) محاسبه شد. مقادیر بالای ICF و GCF دارای پتانسیل خطرپذیری بالا برای جامعه حیوانی و گیاهی می‌باشد. فاکتور آلودگی اختصاصی (ICF) با توجه به نتایج جزءبندی شیمیایی فلزات محاسبه می‌شود (Naji et al, 2010). در جدول ۶ خصوصیات آماری فاکتور آلودگی اختصاصی (ICF) و فاکتور آلودگی جهانی (GCF) آورده شده است. میانگین فاکتور آلودگی اختصاصی (ICF) برای مس و کبالت در کشت دیم به ترتیب ۰/۳۵ و ۱/۱۱ و در کشت آبی ۰/۵۰ و ۱/۲۸ بدست آمد. فاکتور آلودگی اختصاصی (ICF) بازتابی از خطر آلودگی بالقوه خاک می‌باشد (Ikem et al, 2003 and Naji et al, 2010).

متصل به مواد آلی با هیچ یک از خصوصیات خاک همبستگی معنی دار گزارش نکردند. در مطالعه آنها، شکل کربناتی مس فقط با مقدار سیلت خاک و مس تنه با کربنات کلسیم معادل و درصد شن، همبستگی مثبت و معنی دار نشان داد. در کبالت، جزء متصل به کربنات با کربنات کلسیم معادل ارتباط مثبت و معنی - دار ($r=0/538$) نشان داد. جزء متصل به اکسیدهای آهن و منگنز با درصد سیلت ($r=0/346$) ارتباط مثبت و معنی دار نشان داد. کبالت قابل استخراج با DTPA با درصد ماده آلی ($r=0/378$) ارتباط مثبت و معنی دار نشان داد. در این مطالعه، بین ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) با هیچ یک از فرم‌های شیمیایی مس و کبالت رابطه معنی داری مشاهده نشد. علوی و همکاران (۱۳۹۱) مشاهده نشدن ارتباط معنی دار بین CEC و شکل‌های مختلف مس در خاک‌های مورد مطالعه را چنین گزارش کردند که، جذب مس به صورت تبادلی و فیزیکی انجام نشده بلکه مس در این خاک‌ها به وسیله کانی‌ها، اکسیدهای مختلف و کربنات‌ها به صورت ویژه جذب شده است. نتایج مربوطه به معادلات رگرسیونی نیز، نتایج مشابهی ارائه داده است (جدول ۴). جدول ۵ ارتباط بین شکل‌های شیمیایی عناصر مورد مطالعه با هم و غلظت کل و قابل استخراج با DTPA را نشان می‌دهد. با توجه به جدول، بین شکل‌های شیمیایی مس، جزء باقیمانده با جزء متصل به کربنات‌ها، متصل به اکسیدهای آهن و منگنز و متصل به مواد آلی ارتباط منفی و معنی دار مشاهده شد. جزء متصل به مواد آلی با جزء متصل به اکسیدهای آهن و منگنز ارتباط مثبت و معنی دار نشان داد. بین مس قابل استخراج با DTPA و جزء متصل به اکسیدهای آهن و منگنز و متصل به مواد آلی ارتباط مثبت و معنی دار و با جزء باقیمانده ارتباط منفی و معنی دار مشاهده شد. علوی و همکاران (۱۳۹۱) بین

جدول ۴- معادلات رگرسیونی ساده بین اجزاء شیمیایی مس و کبالت

$Cu-EX = -0.370 + 0.718 RAC$	$R^2 = 0.499$
$Co-EX = 0.327 + 0.747 RAC$	$R^2 = 0.774$
$Cu-CAR = -0.806 + 1.191 RAC$	$R^2 = 0.898$
$Co-CAR = -1.841 + 1.373 RAC$	$R^2 = 0.851$
$Cu-Oxid = 10.094 - 1.818 Cu-Re$	$R^2 = 0.758$
$Co-Oxid = 5.308 - 0.721 Co-Re$	$R^2 = 0.575$
$Cu-OM = 11.235 - 2.112 Cu-Re$	$R^2 = 0.850$
-	-
$Cu-Re = 0.5035 - 0.342 Cu-OM$	$R^2 = 0.85$
$Co-Re = 0.729 - 0.540 RAC$	$R^2 = 0.764$
$Cu-Total = 3.146 + 0.228 SOM$	$R^2 = 0.592$
$Co-Total = 3.794 - 0.197 Co-EX$	$R^2 = 0.46$

EX: جزء تبادل، CAR: جزء متصل به کربنات‌ها، Oxid: جزء متصل به اکسیدهای آهن و منگنز، OM: جزء متصل به مواد آلی، Re: جزء باقیمانده، SOM: درصد مواد آلی، Total: غلظت عصاره‌گیری شده با اسید نیتریک ۵ نرمال

جدول ۵- ضرایب همبستگی (پیرسون) بین شکل‌های مختلف مس و کبالت نسبت به هم

		F1	F2	F3	F4	F5
مس	F2	0.056				
	F3	-0.188	0.188			
	F4	-0.051	0.041	0.525**		
	F5	0.001	-0.361*	-0.819**	-0.862**	
	DTPA	-0.216	-0.08	0.608**	0.868**	-0.775**
	کل	-0.061	-0.063	-0.082	0.315	-0.132
کبالت	F2	0.274				
	F3	-0.154	0.196			
	F4	-0.114	-0.170	0.130		
	F5	-0.406*	-0.809**	-0.583**	-0.184	
	DTPA	-0.224	-0.117	0.081	0.368*	0.012
	کل	-0.448**	0.039	0.027	0.139	0.068

F1: جزء محلول+تبادل، F2: جزء متصل به کربنات‌ها، F3: جزء متصل به اکسیدهای آهن و منگنز، F4: جزء متصل به مواد آلی، F5: جزء باقیمانده، DTPA: جزء قابل استخراج با DTPA، کل: غلظت کل عصاره‌گیری شده با اسید نیتریک ۵ نرمال

جدول ۶- خصوصیات آماری فاکتور آلودگی اختصاصی (ICF) و فاکتور آلودگی جهانی (GCF) عناصر مورد مطالعه

آبی			دیم			
میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	
۰/۵۰	۱/۴۹	۰/۲۵	۰/۳۵	۰/۵۰	۰/۲۱	ICF مس
۱/۲۸	۲/۵۱	۰/۸۴	۱/۱۱	۲/۳۲	۰/۵۷	ICF کبالت
۱/۷۸	۲/۷۷	۱/۰۹	۱/۴۶	۲/۸۰	۰/۸۸	GCF کل

عناصری که بیشتر در جزء باقیمانده هستند و درصد پایینی در جزءهای غیرپایدار قرار دارند، در زمان اندک به عنوان آلاینده محسوب نمی‌شوند (Chopin and Alloway, 2007). فاز غیرپایدار برای موجودات زنده به عنوان پتانسیل سمیت می‌باشد، زیرا به آسانی توسط موجودات زنده قابلیت برداشت دارد (Naji et al, 2010). عدد ارزیابی خطرپذیری (RAC) بر اساس درصد فلز پیوند شده با جزءهای محلول+تبادلی و متصل به کربنات‌ها محاسبه می‌شود (Delgado et al, 2011)، و سهم جزءهای مذکور در کبالت بیشتر از مس می‌باشد. فرم متصل به کربنات‌ها در فلزات، بیشتر متأثر از کربنات کلسیم در خاک است و زمانی که مقدار مواد آلی و اکسیدهای آهن و منگنز در خاک فراوانی کمتری داشته باشند، کربنات‌ها با جذب سطحی فلزات، مهمترین نقش را در رسوب عناصر دارند. از طرف دیگر، فرم متصل به کربنات‌ها، دارای پیوندهای ضعیفی هستند که به شرایط محیطی مثلاً تغییرات pH خاک، حساس هستند (Filgueiras et al, 2002).

جدول ۷ ضرایب همبستگی بین عدد ارزیابی خطرپذیری (RAC) و فاکتور آلودگی اختصاصی (ICF) با برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را نشان می‌دهد. در مس، بین عدد ارزیابی خطرپذیری (RAC) با کربنات کلسیم معادل

بنابراین بالاترین خطرپذیری مربوط به مس و کبالت در خاک‌های زیر کشت آبی مشاهده می‌شود. برعکس، کمترین خطر مس و کبالت در خاک‌های زیر کشت دیم مشاهده شد. Naji et al, 2010 متوسط فاکتور آلودگی اختصاصی (ICF) را در رسوبات سطحی رودخانه کلانگ (Klang) (مالزی) برای روی (Zn) بیشتر از کادمیم (Cd) محاسبه کردند. میانگین فاکتور آلودگی جهانی (GCF) محاسبه شده از فاکتور آلودگی اختصاصی (ICF)، به ترتیب در خاک‌های زیر کشت دیم ۱/۴۶ و آبی ۱/۷۸ بدست آمد.

Naji et al, 2010 بالاترین مقادیر فاکتور آلودگی جهانی (GCF) را در نقطه محل‌هایی گزارش کردند که در بالادست، رودخانه به گونه‌ای متأثر از فعالیت‌های انسانی (کشاورزی و صنعت) بودند.

مقدار عدد ارزیابی خطرپذیری (RAC) برای مس با حداقل ۳/۸ و حداکثر ۱۰/۹ و میانگین ۶/۹ درصد و کبالت به ترتیب ۱۲/۸، ۳۷/۹ و ۲۷/۲ درصد بدست آمد (جدول مربوطه نیامده است). مس در تمام نمونه‌ها در دامنه ۱۰-۱٪ (دامنه خطر پایین) قرار می‌گیرد. در حالی که در کبالت، ۶۴٪ از نمونه‌ها در دامنه ۳۰-۱۱٪ (دامنه خطر متوسط) و ۳۶٪ در دامنه ۳۱/۵۰٪ (دامنه خطر بالا) قرار می‌گیرد. نتایج نشان می‌دهد که میزان خطرپذیری کبالت در خاک‌های منطقه مطالعاتی به نسبت بیشتر از مس می‌باشد.

مقدار ماده آلی و EC در خاک‌ها می‌شود (Achiba et al, 2009) (متقیان و همکاران، ۱۳۹۱). از طرف دیگر این افزودنی‌ها غلظت‌های بالایی از عناصر سنگین از جمله مس را در خود دارند (Jalali and Khanlari, 2008 and Acosta et al, 2011). در کبالت، عدد ارزیابی خطرپذیری (RAC) و فاکتور آلودگی اختصاصی (ICF) تنها با کربنات کلسیم معادل ارتباط مثبت و معنی‌دار نشان داد.

($r=0/550$) و pH ($r=0/367$) ارتباط مثبت و معنی‌دار مشاهده می‌شود. بین فاکتور آلودگی اختصاصی (ICF) با EC ($r=0/500$) و درصد ماده آلی ($r=0/488$) ارتباط مثبت و معنی‌دار دیده می‌شود. این ارتباط تأثیر نوع مدیریت را در خاک‌های کشاورزی دیم و آبی به خوبی نشان می‌دهد. استفاده از کودهای حیوانی و لجن‌فاضلاب در کشاورزی (به خصوص کشاورزی آبی در مناطق نیمه‌خشک) باعث افزایش

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین فاکتور آلودگی اختصاصی (ICF) و عدد ارزیابی خطرپذیری (RAC) با برخی خصوصیات فیزیکی و

شیمیایی خاک

رس	شن	سیلت	SOM	CEC	pH	EC	CCE		
۰/۰۱۷	۰/۲۳۲	-۰/۲۵۴	۰/۴۸۸**	-۰/۰۳۶	-۰/۲۱۶	۰/۵۰۰**	۰/۱۰۴	ICF	مس
۰/۲۵۵	-۰/۱۱۵	-۰/۰۵۵	-۰/۲۰۷	-۰/۱۶۴	۰/۳۶۷*	-۰/۲۲۶	۰/۵۵۰**	RAC	
۰/۲۲۶	-۰/۲۶۷	۰/۱۲۳	۰/۲۲۱	-۰/۰۵۹	۰/۰۹۲	-۰/۰۲۶	۰/۵۳۸**	ICF	کبالت
۰/۰۶	۰/۰۶۸	-۰/۱۱۲	۰/۱۴۷	-۰/۱۲۳	۰/۲۰۲	۰/۰۹۲	۰/۴۸۳**	RAC	

آهن و منگنز بیشترین خصوصیات مهم خاک هستند که بر زیست‌فراهمی و جذب بیولوژیکی عناصر سنگین تأثیر می‌گذارند. این دلایل باعث شده است که میزان خطرات زیستی عناصر مورد مطالعه در خاک‌های زیر کشت آبی نسبت به دیم، بیشتر باشد.

منابع

تابنده، ل.، بخشی، م.ب.، و کریمیان، ن.ع. ۱۳۹۱. بررسی رابطه بین شکل‌های شیمیایی مس و جذب آن توسط گیاه سویا در چند خاک آهکی استان فارس. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، جلد سوم، شماره اول، صص ۱۸۳-۱۹۸.

علوی، س.ه.، بارانی‌مطلق، م.، و دردی‌پور، ا. ۱۳۹۱. تعیین شکل‌های شیمیایی مس و ارتباط آنها با پاسخ‌های گیاه و ویژگی‌های خاک در برخی خاک-

نتیجه‌گیری

تجمع بیش از اندازه عناصر سنگین در خاک‌های کشاورزی شاید نه تنها نتیجه‌اش آلودگی محیط باشد بلکه با افزایش جذب توسط محصولات کشت شده، بر ایمنی و کیفیت غذا تأثیر می‌گذارد. نتایج نشان می‌دهد که نوع استفاده از زمین علاوه بر اینکه بر غلظت کل عناصر تأثیر می‌گذارد، بلکه قابلیت زیست‌فراهمی و توزیع ژئوشیمیایی آنها نیز متأثر از این، خواهند بود. استفاده بیشتر از افزودنی‌های آلی مثل لجن‌فاضلاب و کودهای شیمیایی و حیوانی و آفت-کش‌ها در کشت آبی نسبت به دیم باعث افزایش غلظت عناصر سنگین و زیست‌فراهمی آنها می‌شود. در این مطالعه، حتی برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مثل مواد آلی، pH، EC و CEC تا حدی متأثر از این قضیه می‌باشند. از طرف دیگر، بافت خاک (غلظت رس)، pH، مواد آلی و اکسیدهای

- partitioning in environmental solid samples. *Environmental Monitoring Assessment*, 4: 823-857.
- Fitamo, D., Itana, F., and Olsson, M. 2007.** Total contents and sequential extraction of heavy metals in soils irrigated with wastewater, Akaki, Ethiopia. *Environmental Monitoring Assessment*, 39: 178-193.
- Ikem, A., Egiebor, O.N., and Nyavor, K. 2003.** Trace elements in water, fish and sediment from Tuskegee Lake, southern USA, Water, Air, and Soil Pollution, 149: 51-75.
- Jain, C.K., Gupta, H., and Chakrapani, G.J. 2008.** Enrichment and fractionation of heavy metals in bed sediments of River Narmada, India. *Environmental Monitoring Assessment*, 141: 35-47.
- Jalali, M., and Khanlari, Z.V. 2008.** Effect of aging process on the fractionation of heavy metals in some calcareous soils of Iran. *Geoderma*, 143: 26-40.
- Kabata-Pendias, A., and Mukherjee, A.B. 2007.** Trace elements from soil to human. Springer. 561 Pages.
- Lindsay, W.L., and Norvell, W.A. 1978.** Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of American Journal*, 42: 421-428.
- Naji, A., Ismail, A., and Ismail, A.R. 2010.** Chemical speciation and contamination assessment of Zn and Cd by sequential extraction in surface sediment of Klang River, Malaysia. *Microchemical Journal*, 95: 285-292.
- Olajire, A.A., Ayodele, E.T., Oyedirdan, G.O., and Oluyemi, E.A. 2003.** Levels and speciation of heavy metals in soils in of industrial southern Nigeria. *Environmental Monitoring Assessment*, 85: 135-155.
- Pais, I., and Jones, J.B. 1997.** The handbook of trace elements. St. Lucie Press. St. Lucie Press, Boca Raton, Florida. USA. 223 Pages.
- Sposito, G., Laud, L.J., and Chang, A.C. 1982.** Trace metal chemistry in arid-zone field soils amended with sewage sludge: I, Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd and Pb in solid phases. *Soil Science Society of American Journal*, 46, 260-264.
- Sundaray, S.K., Nayak, B.B., Lin, S., and Bhatta, D. 2011.** Geochemical speciation and risk assessment of heavy metals in the river estuarine sediments – A case study: Mahanadi basin, India. *Journal of Hazardous Materials*, 186: 1837-1846.
- Tessier, A., Campbell, P.G.C., and Bisson, M. 1979.** Sequential extraction procedures for the speciation of particulate trace metals. *Analytical Chemistry*, 51: 844-851.
- Wong, S.C., Li, X.D., Zhang, G., Qi, S.H., and Min, Y.S. 2002.** Heavy metals in agricultural soils of the Pearl River Delta, south China. *Environmental Pollution*, 119: 33-44.
- Yu, G.B., Liu, Y., Wu, S.C., Leung, A.O.W., Luo, X.S., Xu, B., Li, H.B., and Wong, M.H. 2011.** Inconsistency and comprehensiveness of risk های استان گلستان. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. جلد ۱۹، شماره ۳، صص ۴۳-۶۲.
- کوچی، م.، فتوت، ا.، حق‌نیا، غ.ح.، و لکزیان، ا. ۱۳۸۳. بررسی شکل‌های شیمیایی عناصر سنگین سرب، کبالت، کادمیم، نیکل، روی و مس در خاک-های آبیاری شده با فاضلاب. مجله علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۲۰، شماره ۲.
- متقیان، ح.ر.، حسین‌پور، ع.، محمدی، ج.، و رئیس، ف. ۱۳۹۱. ارتباط شکل‌های شیمیایی مس با پاسخ‌های گندم (*Triticum aestivum L.*) در خاک-های آهکی تیمار شده با لجن‌فاضلاب. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، الف، جلد ۲۶، شماره ۴، صص ۳۳۷-۳۳۷.
- Achiba, W.b., Gabteni, N., Lakhdar, A., Laing, G.D., Verloo, M., Jedidi, N., and Gallali, T. 2009.** Effects of 5-year application of municipal solid waste compost on the distribution and mobility of heavy metals in a Tunisian calcareous soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 130: 156-163.
- Acosta, J.A., Faz, A., Martinez-Martinez, S., and Arocena, J.M. 2011.** Enrichment of metals in soils subjected to different land uses in a typical Mediterranean environment (Murcia City, southeast Spain). *Applied Geochemistry*, 26: 405-414.
- Bretzel, F., and Calderisi, M. 2006.** Metal contamination in urban soils of coastal Tuscany (Italy). *Environmental Monitoring Assessment*, 118: 319-335.
- Burt, R. (Ed.). 2004.** Soil Survey Laboratory Methods Manual, Soil Survey Investigations, Report No. 42, Version 4.0, USDA, Natural Resources Conservation Service, Lincoln, NE, USA. 735 Pages.
- Chopin, E.I.B., and Alloway, B.J. 2007.** Trace element partitioning and soil particle characterization around mining and smelting areas at Tharsis, Riotinto and Huelva, SW Spain. *Science of the Total Environment*, 373: 488-500.
- Delgado, J., Barba-Brioso, C., Nieto, J.M., and Boski, T. 2011.** Speciation and ecological risk of toxic element in estuarine sediments affected by multiple anthropogenic contributions (Guadiana saltmarshes, SW Iberin Peninsula): I. Surficial sediments. *Science of the Total Environment*, 409: 3666-3679.
- Filgueiras, A.V., Lavilla, I., and Bendicho, C. 2002.** Chemical sequential extraction for metal

assessments for heavy metals in urban surface sediments. *Chemosphere*, 85: 1080-1087.

The Effect of Land Use on the Distribution of Chemical Forms of Copper and Cobalt, and their Biological Risk Assessment in Soils of Zanzan Province

The Effect of Land Use on the Distribution of Chemical Forms of Copper and Cobalt, and their Biological Risk Assessment in Soils of Zanzan Province

Ali Afshari¹ and Parisa Alamdari²

1- PhD. Student, Department of Soil Science, College of Agriculture, University of Zanzan, Iran. Email: a.afshari66@yahoo.com

2- Assistant Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, University of Zanzan, Iran

Abstract

This study aimed to determine the chemical forms of cobalt and copper in soil under rain fed and irrigated cultivation and their biological risk assessment in Zanzan province. For this purpose, 120 samples (96 rain fed soil samples and 24 soil samples irrigated) were taken and after determination concentration of all the elements, 36 samples with maximum variation were selected for laboratory analysis. The results showed that the concentrations of total and DTPA-extractable cobalt under rain fed and irrigated land uses for Co were 25.6, 0.35 and 24.3 and 0.39 and for Cu were 29.8, 2.1 and 62.3, 5.2 mg/kg respectively. Copper distribution in the rain fed soil included residual fraction (74.2%), oxide fraction (10.5%), organic matter fraction (8.4%), carbonate fraction (4.6%) and soluble+exchangeable fraction (4/2%) and in irrigated soil included residual fraction (70%), organic matter (13.1%), oxide (10.1%), carbonate (4.4%) and soluble+exchangeable (2.3%). Chemical distribution of cobalt in soils showed no significant difference in the proportion of each fraction in order of residual fraction>oxidized>carbonate>soluble+exchangeable>organic fraction achieved. The highest correlation coefficient was found between bound to organic matter fraction of Cu with organic matter ($r=0.731$). Individual contamination factors (ICF) for copper and cobalt in rain fed and irrigated conditions were 0.35 and 1.11 and 0.50 and 1.28 respectively. Global contamination factor (GCF), under rain fed and irrigated were 1.46 and 1.78 respectively. Risk assessment code (RAC) for copper and cobalt was 6.9 and 27.24% respectively.

Keywords: sequential extraction, rain fed soils, irrigated soils, Cu, Co, Zanzan