اثر کود سوپر فسفات بر توزیع کادمیوم و روی در خاک

الهه نادری پیکام[۱] و محسن جلالی[۲]
[۱]دکتری خاکشناسی و [۲]استاد گروه خاکشناسی دانشگاه بوعلی سینا
همدان، دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده کشاورزی، گروه خاکشناسی
enaderipaykam@yahoo.com

چکیده

این مطالعه به منظور ارزیابی اثر کود سوپر فسفات بر توزیع عناصر کادمیوم و روی انجام گردید. سه سطح ۲۰۰، ۶۰۰ و ۱۶۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک از کود سوپر فسفات به خاک اضافه و به مدت ۶۰ روز انکوباسیون گردید و جزءبندی دو عنصر فوق بعد از ۷ روز از زمان انکوباسیون و در پایان دوره انکوباسیون صورت گرفت. نتایج نشان داد که سه سطح کودی اثری بر جزء تبادلی کادمیوم نداشته، در حالی‌که منجر به کاهش معنی دار جزء تبادلی روی شده است. جزءهای کربناتی، اکسیدی و باقیمانده کادمیوم و روی نیز به طور معنی داری افزایش یافته‌اند. اختلاف جزء تبادلی کادمیوم در ابتدا و انتهای انکوباسیون نسبت به خاک شاهد به ترتیب معنی‌دار (در سطح ۵ درصد) و غیرمعنی‌دار می‌باشد. بر خلاف کادمیوم، اختلاف جزء تبادلی روی در انتهای دوره‌ی انکوباسیون نسبت به خاک شاهد معنی‌دار می‌باشد. کاهش جزء تبادلی روی با افزایش غلظت سوپر فسفات، افزایش یافته است.

واژه های کلیدی: سوپر فسفات، فلزات سنگین، جزءبندی

مقدمه

کاربرد وسیع کودهای شیمیایی در اراضی کشاورزی باعث آلودگی خاک‌های کشاورزی به عناصر سنگین مانند کادمیوم، روی، مس و سرب می‌شود. دامنه‌ی غلظت روی، مس، کادمیوم و سرب کودهای شیمیایی به ترتیب بین ۶۰۰-۵۰، ۶۰-۱۰، ۱۰۰-۹ و ۴۰-۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (Adler, 2001). اثر کاربرد متوالی کودهای شیمیایی در بسیاری از مطالعات مورد بررسی قرار گرفته است (Adriano 1996; Jeng and Singh 1995; Loganathan et al., 1995; Morvedt 2005). Lambert etal., (2007) تغییرات غلظت کادمیوم و روی را در حضور مقادیر مختلف کودهای فسفاتی مطالعه کردند. آن‌ها گزارش کردند که کاربرد کودهای فسفاتی باعث افزایش مقدار کادمیوم خاک شده اما در مورد روی این افزایش مشاهده نشد. تجمع عناصر سنگین در خاک در نتیجه‌ی کاربرد کودهای شیمیایی در بسیاری از مطالعات گزارش شده است. با این حال بررسی دقیق سرنوشت عناصر موجود در کودهای شیمیایی به منظور ارزیابی خطر آلایندگی آن‌ها تنها از طریق مطالعات جزءبندی عناصر امکان‌پذیر است. برای ارزیابی پتانسیل آلودگی عناصر سنگین حاصل از کودهای شیمیایی، شناسایی و کمی کردن اشکال مختلف عناصر سنگین در خاک ضروری است. اگر چه نقش کودهای شیمیایی در تجمع عناصر سنگین در خاک های کود داده شده در مطالعات پیشین مورد بررسی قرار گرفته است، با این حال احتمال انتقال و تحرک این فلزات کمتر مورد توجه واقع شده است. این مطالعه به منظور ارزیابی اثر کود سوپر فسفات بر توزیع کادمیوم و روی در خاک صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

اندازه گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک توسط روش‌های معمول اندازه‌گیری گردید (Rowell, 1994). غلظت کل عناصر کادمیوم و روی در خاک و کود سوپر فسفات با استفاده از ترکیب ۱ گرم خاک و یا کود با مخلوطی از اسید نیتریک، اسید کلریدریک و اسید پرکلریک با نسبت ۳:۱:۱ عصاره‌گیری شد (Lu et al., 1999). pH و هدایت الکتریکی کود سوپر فسفات با استفاده از نسبت ۱به ۱ کود به آب مقطر اندازه‌گیری شدند. جزءبندی عناصر سنگین سوپر فسفات نیز توسط روش ارائه شده Kassir et al., (2012) انجام شد.

آزمایش‌های انکوباسیون

نمونه‌ی خاک با کود سوپر فسفات در۳ سطح ۲۰۰، ۶۰۰ و ۱۶۰۰ میلی گرم فسفر در کیلوگرم خاک تیمار شدند. آزمایش‌های انکوباسیون در سه تکرار به مدت ۶۰ روز انجام شد. در طی مدت انکوباسیون، رطوبت خاک از طریق وزن کردن ظروف انکوباسیون، در حد ظرفیت زراعی حفظ گردید. نمونه‌برداری از خاک در زمان‌های ۷ و۶۰ روز انجام شد. بعد از تکمیل دوره انکوباسیون نمونه‌ها خرد و از الک ۲ میلیمتری عبور داده و به منظور دستیابی به اشکال مختلف عناصر سنگین، قابلیت دسترسی زیستی و خطرات زیست محیطی، جزءبندی فلزات بر اساس روش Salbu et al., (2001) انجام و غلظت عناصر توسط دستگاه جذب اتمی قرائت گردید.

نتایج و بحث

کود سوپر فسفات دارای pH اسیدی (۲/۵) و با هدایت الکتریکی ۲۹/۱ $dS\ m^{-1}$ بود. غلظت کل عناصر کادمیوم و روی در کود به ترتیب ۷۹/۳ و ۷۵۶۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. دامنه‌ی غلظت عناصر روی و کادمیوم کودهای شیمیایی به ترتیب بین ۶۰۰-۵۰ و ۱۰۰-۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (Adler, 2001). Lambert et al. (2007) دامنه‌ی مقدار کادمیوم و روی کودهای فسفاتی را به ترتیب بین ۲۳۲- ۳/۴ و ۳۵۰۰-۱۱۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کردند. نتایج جزءبندی عناصر سنگین نشان می‌دهد که کادمیوم در جزء اکسیدی و روی در جزء باقیمانده‌ی کود سوپر فسفات غالب می‌باشند (جدول۱). نتایج جزءبندی کودهای فسفاتی توسط Kassir et al., (2012) نشان داد که جزء تبادلی عناصر روی و کادمیوم موجود در کودهای فسفاتی به ترتیب ۶۰/۰ و ۴۱/۹ درصد و جزء کربناتی به ترتیب ۲۷/۷ و ۱۰/۴ درصد و مقدار جزء اکسیدی کادمیوم و روی به ترتیب ۲۷/۰ و ۲۳/۶ درصد می‌باشند. Benredjem et al., (2012) مقدار کادمیوم تبادلی، کربناتی و اکسیدی موجود در کود فسفاتی را به ترتیب ۶/۵، ۱۴/۰ و ۲۳/۰ درصد گزارش کردند.

جدول ۱- جزء های مختلف کادمیوم و روی کود سوپر فسفات ($mg\ kg^{-1}$)

کود	عنصر	تبادلی	کربناتی	اکسیدی	باقیمانده
سوپر فسفات	کادمیوم	۰/۴	۰/۳	۵۱/۵	۲۷/۱
	روی	۱/۹	۳/۷	۱۵۸/۵	۷۴۰۱

جزءبندی کادمیوم و روی در خاک‌های انکوباسیون شده

جزءبندی کادمیوم

توزیع کادمیوم در خاک شاهد به صورت زیر می‌باشد: جزء باقیمانده > کربناتی > اکسیدی > آلی > تبادلی. نتایج نشان می‌دهد افزودن کود سوپر فسفات اثری بر جزء تبادلی کادمیوم نداشته، در حالی‌که منجر به افزایش جزءهای اکسیدی، آلی و باقیمانده در انتهای دوره انکوباسیون شده است (جدول ۲). اگر چه افزایش جزءهای پایدار در تمام سطوح کودی مشاهده می‌شود، با این حال بالاترین مقدار افزایش جزءهای کربناتی، اکسیدی و باقیمانده در سطح ۱۶۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم مشاهده شد. فسفر، جذب ترجیحی کادمیوم توسط اکسیدهای آهن و آلومینیوم را افزایش می‌دهد (Xie and Mackenzie 1988). Cao et al. (2003) گزارش کردند که افزودن کود فسفری به دلیل تشکیل شکل نامحلول فسفات فلزات باعث تغییر جزء تبادلی روی، سرب و مس به جزء باقیمانده می‌شود (Xie and Mackenzie, 1988; Cotter-Howells, 1996). کاهش غلظت کادمیوم تبادلی همزمان با افزایش جزء باقیمانده و اکسیدی در حضور غلظت بالای سوپر فسفات (بیشتر از ۸۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نیز توسط Chen et al., (2006) گزارش گردید. جلالی و محرمی (۲۰۱۰) افزایش جزء تبادلی و کربناتی عناصر کادمیوم، روی، نیکل و مس و کاهش جزء تبادلی سرب را در حضور محلول‌های منو و دی‌آمونیوم فسفات گزارش کردند. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که اختلاف بین مقدار کادمیوم جزء تبادلی تیمارها و خاک شاهد در انتهای دروه انکوباسیون معنی‌دار نمی‌باشد. در حالی که تغییرات مشاهده شده در جزءهای دیگر کادمیوم بین خاک شاهد و تیمار شده با کود در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین اجزاء مختلف روی ($mg\ kg^{-1}$) در خاک شاهد و تیمار شده در دو زمان ۷ و ۶۰

کود	mg kg^{-1}	جزء تبادلی			جزء کربناتی			جزء اکسیدی			جزء آلی			جزء باقیمانده		
		شاهد	۷	۶۰	شاهد	۷	۶۰	شاهد	۷	۶۰	شاهد	۷	۶۰	شاهد	۷	۶۰
	۲۰۰	<۰/۱^{a}	۰/۳^{b}	۰/۱^{a}	۰/۸^{a}	۰/۴^{bc}	۱/۴^{c}	۰/۳^{a}	۱/۷^{c}	۲/۳^{b}	۰/۲^{a}	۱/۱^{b}	۱/۱^{b}	۱/۷^{a}	۵/۰^{b}	۵/۶^{a}
SP*	۶۰۰		۰/۲^{b}	<۰/۱^{a}		۰/۵^{b}	۱/۴^{c}		۲/۲^{d}	۲/۶^{c}		۱/۸^{d}	۱/۵^{c}		۷/۷^{c}	۸/۰^{b}
	۱۶۰۰		۰/۲^{b}	<۰/۱^{a}		۰/۸^{a}	۱/۶^{b}		۱/۴^{b}	۲/۹^{d}		۱/۵^{c}	۱/۵^{c}		۸/۶^{d}	۱۰/۰^{c}

مقادیر با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون مقایسه میانگین دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند؛ * کود سوپر فسفات

تغییرات جزءهای مختلف کادمیوم خاک‌های تیمار شده با کود سوپر فسفات در دو زمان انکوباسیون ۷ و ۶۰ روز نسبت به خاک شاهد در حضور سطوح مختلف کود سوپر فسفات بررسی شد. در تیمارهای سوپر فسفات اختلاف جزء تبادلی در ابتدای انکوباسیون در سطح ۵ درصد معنی‌دار و با گذشت زمان از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۲). افزودن کودهای فسفاتی حاوی کلسیم و نیتروژن به دلیل پایین بودن pH ترکیبات مورد نظر، منجر به افزایش شکل زیست‌فراهم عناصر می‌شود. افزایش جزء تبادلی در ابتدا و کاهش آن در انتهای انکوباسیون حاصل کاهش pH و سپس افزایش آن در نتیجه‌ی قدرت بافری خاک می‌باشد. افزایش جزء کربناتی، اکسیدی، آلی و باقیمانده با گذشت زمان در تیمارها مشاهده گردید.

به طور کلی غلظت کادمیوم تبادلی در خاک‌های تیمار شده با سوپر فسفات بعد از ۶۰ روز کاهش یافته است. با این حال کاهش در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر کمتر از دو سطح دیگر می‌باشد (جدول ۲). این مسئله را می‌توان به pH خاک‌های تیمار شده با غلظت‌های مختلف نسبت داد. Hong et al., (2008) گزارش کردند که در خاک‌های انکوباسیون شده با غلظت کمتر از ۴۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سوپر فسفات، pH خاک کاهش یافته در حالی‌که با افزایش مقدار کود بیش از ۴۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، pH به دلیل تبادل لیگاندی بین گروه‌های هیدروکسیلی و یون فسفات (جذب اختصاصی یون فسفات) افزایش می‌یابد.

جزءبندی روی

توزیع روی در خاک شاهد به صورت زیر است: جزء باقیمانده > اکسیدی > آلی > کربناتی > تبادلی. کود سوپر فسفات منجر به کاهش جزء تبادلی روی و افزایش جزءهای اکسیدی، آلی و باقیمانده در انتهای دوره انکوباسیون شده است. بالاترین مقدار افزایش جزء باقیمانده در سطح ۱۶۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کود سوپر فسفات مشاهده و بیشترین مقدار افزایش جزء آلی در حضور سطح کودی ۶۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد. کاهش جزء تبادلی در انتهای دوره انکوباسیون را می‌توان به جذب توسط کانی‌های خاک نسبت داد (Cao et al., 2009). همچنین کاهش جزء تبادلی روی با اضافه کردن کود فسفاتی را می‌توان به تشکیل کمپلکس روی– فسفر و یا جذب عنصر روی توسط سطوح نسبت داد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اجزاء مختلف روی ($mg\ kg^{-1}$) در خاک شاهد و تیمار شده در دو زمان ۷ و ۶۰

کود	mg	جزء تبادلی			جزء کربناتی			جزء اکسیدی			جزء آلی			جزء باقیمانده		
	kg^{-1}	شاهد	۷	۶۰	شاهد	۷	۶۰	شاهد	۷	۶۰	شاهد	۷	۶۰	شاهد	۷	۶۰
	۲۰۰	۰/۷^{a}	۰/۷^{a}	۰/۳^{b}	۳/۴^{a}	۹/۳^{c}	۵/۲^{c}	۱۸/۸^{a}	۴۰/۰^{c}	۲۰/۰^{c}	۵/۷^{a}	۸/۱^{b}	۱۰/۵^{b}	۱۲۷/۹^{a}	۱۶۵/۱^{b}	۱۷۰/۶^{b}
SP*	۶۰۰		۰/۵^{b}	۰/۲^{bc}		۹/۱^{b}	۷/۱^{d}		۴۰/۰^{c}	۴۰/۰^{d}		۹/۵^{c}	۴۰/۰^{d}		۱۷۰/۱^{c}	۱۸۰/۰^{c}
	۱۶۰۰		۰/۳^{c}	۰/۱^{c}		۹/۶^{d}	۳/۷^{b}		۱۵/۴^{b}	۱۷/۲^{b}		۱۲/۸^{d}	۱۳/۹^{c}		۱۸۵/۱^{d}	۱۹۰/۰^{d}

مقادیر با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون مقایسه میانگین دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند؛ * کود سوپر فسفات

اختلاف بین مقدار جزء تبادلی روی در خاک شاهد و خاک‌های تیمار شده با کود سوپر فسفات به جزء تیمار ۲۰۰ میلی-گرم بر کیلوگرم در ابتدای انکوباسیون، معنی‌دار می‌باشد و کاهش جزء تبادلی مشاهده می‌شود (جدول ۳). اختلاف بین جزء کربناتی، اکسیدی، آلی و باقیمانده خاک شاهد و خاک‌های انکوباسیون شده با کود سوپر فسفات در دو زمان انکوباسیون در سطح ۵ درصد معنی دار می‌باشد و افزایش این جزءها در تمام سطوح کودی مشاهده می‌شود. میزان افزایش جزء اکسیدی و باقیمانده در تیمار ۱۶۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر کود سوپر فسفات بیشتر از دو تیمار دیگر می‌باشد. بالاترین مقدار افزایش جزء آلی در تیمار ۶۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده گردید.

کاهش جزء تبادلی روی با افزایش غلظت سوپر فسفات، افزایش یافته است. مطابق جدول ۳ مشاهده می‌شود که در هر دو زمان انکوباسیون اختلاف بین مقدار جزء باقیمانده در سطوح مختلف کودی با خاک شاهد در سطح ۵ درصد معنی‌دار و با افزایش مقدار کود به کار رفته، جزء باقیمانده افزایش می‌یابد. بیشترین مقدار جزء کربناتی و اکسیدی روی در تیمار ۶۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سوپر فسفات مشاهده گردید.

بر اساس مطالعه حاضر کود سوپر فسفات علیرغم دارا بودن مقدار قابل توجه عناصر کادمیوم و روی، خطری برای آلودگی آب‌های زیرزمینی ندارد چرا که عناصر ورودی از کودهای فسفاتی عمدتا در جزءهای اکسیدی و باقیمانده تجمع می‌یابند. با این حال بر اثر تغییر شرایط محیطی امکان تغییر گونه‌بندی عناصر همواره وجود دارد.

منابع

Adler L. S., Karban R., and Strauss S. Y. 2001. Direct and indirect effects of alkaloids on plant fitness via herbivory and pollination. Ecology, 82: 2032-2044.

Adriano DC. 1986. Trace elements in the terrestrial environment. Springer-Verlag, New York.
Benredjem Z. Delimi R. and Khelalfa A. 2012. Phosphate ore washing by Na2EDTA for cadmium removal: Optimization of the operating conditions. Polish Journal of Chemical Technology. 14: 15-20.
Cao R. X., Ma L. Q., Chen M., Singh S. P., and Harris W. G. 2003. Phosphate-induced metal immobilization in a contaminated site. Environmental Pollution. 122: 19-28.
Chen G., He Z., Stoffelia P., Yang X., Yu S., and Calvert D. 2006.Use of dolomite phosphate rock (DPR) fertilizers to reduce phosphorus leaching from sandy soil. Environmental Pollution. 139: 176-182.
Cotter-Howells J., and Caporn S. 1996. Remediation of contaminated land by formation of heavy metal phosphates. Applied Geochemistry. 11: 335-342.
Hong C. O., Lee D. K., and Kim P. J., 2008. Feasibility of phosphate fertilizer to immobilize cadmium in a field. Chemosphere. 70: 2009-2015.
Jalai M., and Moharami S. 2010. Redistribution of cadmium, copper, lead, nickel, and zinc among soil fractions in a contaminated calcareous soil after application of nitrogen fertilizers. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 173: 237-244.
Jeng A. S., and Singh B. R. 1995. Cadmium status of soils and plants from a long-term fertility experiment in southeast Norway. Plant Soil. 175: 67-74.
Kassir L. N., Darwidh T., Shaban A., Oliver G., and Ouaini N. 2012. Mobility and bioavailability of selected trace elements in Mediterranean red soil amended with phosphate fertilizers: Experimental study. Geoderma. 189: 357-368.
Lambert R., Grant C., and Sauve S. 2007. Cadmium and zinc in soil solution extracts following the application of phosphate fertilizers. Science of the Total Environment. 378: 293-305.
Loganathan P., Mackay A., Lee J., and Hedley M. 1995. Cadmium distribution in hill pastures as influenced by 20 years of phosphate fertilizer application and sheep grazing. Soil Research. 33: 859-871.
Lu R. K. 1999. Analytical methods for soils and agricultural chemistry. Agricultural Science and Technology Press, Beijing China.
Morvedt J. J. 2005. Heavy metals in fertilizers: their effects on soil and plant health. Proceedings No 575 The International Fertilizer Society York UK.
Rowell DL. 1994. Soil science: methods and applications. Longman Scientific & Technical, Harlow.
Salbu B., and Krekling T. 1998. Characterization of radioactive particles in the environment. Analyst. 123: 843–849.
Xie R., and Mackenzie A. 1988. The pH effect on adsorption-desorption and fractions of zinc in phosphate treated soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 19: 873-886.

The effect of superphosphate on cadmium and zinc distribution in soil

E, Naderi Peikam[1], and Mohsen Jalali[2]

Department of Soil Science, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran

Abstract

This study evaluates the effect of superphosphate on the soil metal fractionation. Soil was incubated with three level of superphosphates (200, 600 and 1600 mg P kg^{-1}) for 60 days. Results showed that cadmium (Cd) and zinc (Zn) concentrations were higher in fertilized soils than that of the control soil. Cadmium in exchangeable fraction did not change significantly, while a significant decrease was observed in exchangeable fraction of Zn in all treatments. The carbonate, oxide and residual fractions of Cd and Zn increased significantly. There was not significant difference in exchangeable fraction of Cd between control and fertilized soils at the beginning of incubation while it decreased significantly at the end of incubation. Exchangeable fraction of Zn decreased significantly at the beginning and end of incubation. Higher decrease in Zn and Cd exchangeable fractions was observed with increasing superphosphate content.

Keywords: Fractionation, Heavy metal, Superphosphate