مجله کشاورزی بوم‌شناختی (۲) ۲ (۱۳۹۱) ۱۵- ۱

عکس العمل معدنی شدن نیتروژن، نیتروژن بیوماس میکروبی و فعالیت اوره آز خاک‌های آلوده شده به کادمیم به کمپوست

لیلا دیانی و فایز رئیسی*

گروه خاکشناسی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

*نویسنده مسئول: f_raiesi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۸/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۳/۱۸

دیانی، ل. و ف. رئیسی. ۱۳۹۱. عکس العمل معدنی شدن نیتروژن، نیتروژن بیوماس میکروبی و فعالیت اوره آز خاک‌های آلوده شده به کادمیم به کمپوست. مجله کشاورزی بوم شناختی. ۲ (۲): ۱۵- ۱.

چکیده

سطوح بالای کادمیم در محیط معمولاً جمعیت، ترکیب و فعالیت ریزجانداران ساکن در خاک ازجمله پویایی نیتروژن و فعالیت آنزیمی را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. به نظر می رسد اضافه کردن مواد آلی به خاک از اثرات زیانبار و نامطلوب کادمیم بر فعالیت‌های میکروبی و ویژگی‌های بیوشیمیایی خاک بکاهد. هدف تحقیق حاضر، بررسی اثرات کمپوست بر معدنی شدن نیتروژن، نیتروژن بیوماس میکروبی و فعالیت آنزیم اوره آز در خاک های آلوده شده به کادمیم بود. این آزمایش به صورت فاکتوریل (۲×۵) شامل کادمیم در پنج سطح (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک) به عنوان فاکتور اول و ماده آلی در دوسطح (۰ و ۲/۵ تن در هکتار) به عنوان فاکتور دوم در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار در شرایط آزمایشگاهی اجرا گردید. اندازه‌گیری کادمیم کل و قابل جذب خاک در پایان انکوباسیون نشان داد که جزء قابل جذب کادمیم همبستگی منفی و قوی تری با شاخص‌های پویایی نیتروژن و فعالیت اوره آز در مقایسه با کادمیم کل داشت. نتایج حاصل از این آزمایش حاکی است که کادمیم بر تمامی شاخص‌های اندازه‌گیری شده اثر منفی و معنی دار داشت. افزودن کمپوست به خاک سبب شد تا از اثرات منفی کادمیم بر اغلب شاخص های مورد بررسی احتمالاً از طریق کاهش زیست فراهمی آن برای ریزجانداران کاسته شود. به طور خلاصه، مصرف مواد آلی در خاک های آلوده به کادمیم سبب تعدیل اثرات منفی و بازدارندگی این عنصر بر شاخص‌های پویایی نیتروژن خاک و در نتیجه افزایش نیتروژن قابل جذب برای گیاه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: عناصر سنگین، فعالیت میکروبی خاک، پویائی نیتروژن، فعالیت آنزیمی، مواد اصلاحی خاک.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

آلودگی خاک و آب توسط عناصر سمی موضوع بسیار مهمی است، چرا که آلودگی این اجزاء اکوسیستم به طور مستقیم و غیر مستقیم سلامت انسان، حیوانات، گیاهان و ریزجانداران را به مخاطره می‌اندازد (Tejada, 2009). در این میان کادمیم به عنوان یکی از فلزات سنگین که عامل ایجاد بسیاری از بیماری ها در انسان و حیوانات است، از اهمیت زیادی برخوردار است، همچنین رشد و ترکیب ریزجانداران خاک و فعالیت آنزیم ها به وسیله غلظت بالای کادمیم تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Landi *et al*., 2000; Wang *et al*., 2004; Renella *et al*., 2005). اثر عناصر سمی بر معدنی شدن نیتروژن خاک به ویژه نیتریفیکاسیون همواره مورد توجه محققان میکروبیولوژی و اکولوژی خاک بوده است. به نظر می‌رسد نیتریفیکاسیون در شرایط مزرعه به حضور عناصر سمی بسیار حساس است (Vig *et al*., 2003) و این عنصر همواره اثر بازدارندگی بر این فرآیند مهم چرخه نیتروژن داشته و شدت اثر آن بسته به نوع خاک و شرایط آلودگی متفاوت است. Dai *et al*. (2004) در یک بررسی روی اثر عناصر سمی (Zn, Pb, Cu, Cd) بر فعالیت‌های میکروبی مشاهده نمودند که معدنی شدن نیتروژن و سرعت آن، همچنین بیوماس نیتروژن همبستگی منفی با غلظت فلزات دارند (Boekhold *et al*.,1993). نتایج مشابهی توسط Effron *et al*. (2004) گزارش شده است. وی با به کار بردن غلظت های ۲۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم کادمیم دریافت که این غلظت ها اثر معنی داری بر کاهش فعالیت اوره آز، فسفاتاز اسیدی و پروتئاز داشته اند. این کاهش برای اوره آز ۳۸ و برای فسفاتاز اسیدی ۳۲ درصد بود که علت آن یا کاهش رشد ریزجانداران در نتیجه حضور فلز یا واکنش متقابل فلز و آنزیم بیان شده است. Lorenz *et al*. (2006) با به کار بردن دو سطح ۳۴ و ۱۳۴ میلی گرم کادمیم به این نتیجه رسید که بر اثر کاربرد کادمیم فعالیت اوره آز ۷۰-۳۰ درصد کاهش یافت. وی علت این کاهش را تغییر جمعیت میکروبی خاک و کاهش تعداد باکتری‌ها دانست. اما این نتایج در تناقض با یافته های دیگر محققان است. برای مثال، Moreno *et al*. (1999) و Karaca *et al*. (2004) دریافتند که فعالیت اوره آز با افزایش سطح کادمیم افزایش می یابد. طبق نتایج Kizilkaya *et al*. (2004) تفاوت در ساختار میکروبی خاک‌های گوناگون که هر کدام حساسیت متفاوتی نسبت به سمیت فلزات سنگین دارند، فاکتور مهمی در توضیح این اختلافات است .

غلظت معمول کادمیم در خاک بین ۱-۰/۱ میلی گرم و در اغلب موارد غلظت بالای ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم برای گیاهان سمی است (Tejada, 2009). خصوصیاتی از خاک که غلظت کادمیم و زیست فراهمی آن را تحت تأثیر قرار می دهند شامل pH خاک، پتانسیل رداکس، بافت خاک، ترکیب معدنی خاک (شامل انواع رس ها، اکسیدهای آهن و منگنز)، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، میزان و نوع ماده آلی خاک، دما و محتوی رطوبت خاک است (Tejada, 2009; Vig *et al*., 2003). در سال های اخیر روش های گوناگون جهت کاهش جذب-کادمیم توسط ریزجانداران خاک و گیاهان بررسی و پیشنهاد شده است که شامل اضافه کردن مواد طبیعی و مصنوعی (سنتزی)، آلی و غیر آلی است. مهمترین این مواد شامل سنگ فسفات، آپاتیت، هیدروکسی آپاتیت، رس های غیر آلی (شامل میکا، ورمی کولایت و ...)، اکسیدهای آهن و منگنز و رس قرمز هستند (Tejada, 2009; Hong *et al*., 2010).

اضافه کردن مواد آلی به خاک های آلوده به کادمیم جهت اصلاح به عنوان یک گزینه معمول تلقی می‌شود که این اثر به علت ظرفیت جذب فوق العاده بالای مواد آلی در مقایسه با انواع غیر آلی است (Moreno *et al*., 2003). افزودن لجن فاضلاب، کمپوست آهکی، کود مرغی و سایر مواد آلی باعث توقف حرکت و کاهش اثر منفی کادمیم بر جمعیت میکروبی و فعالیت آنزیمی می شود. در این رابطه Hance *et al*. (2009) با اضافه کردن خرده های چوب ، لجن فاضلاب و علف مرتعی به خاک دریافتند که کادمیم قابل جذب خاک به میزان زیادی کاهش یافت. اما شدت اثر این مواد بر خواص میکروبیولوژیکی و بیوشیمیایی خاک به مقدار زیادی به نوع و میزان مصرف مواد آلی وابسته است (Tejada, 2009). از آن جائی که ریزجانداران خاک جزء جانداران بسیار مفید و از شاخص های حاصل‌خیزی خاک و چرخه عناصر غذائی هستند، بررسی و تحقیق در مورد شرایط بهینه رشد آنها امری اجتناب ناپذیر است. همچنین با توجه به روند افزایش روز افزودن کودهای فسفاته و فعالیت های معدن‌کاوی و کارخانجات ذوب فلزات که از اصلی ترین راه های ورود کادمیم به

Archive of SID

www.SID.ir

خاک هستند، بررسی و تحقیق در مورد راه کارهای لازم جهت جلوگیری و اصلاح خاک پس از آلودگی به کادمیم ضروری به نظر می رسد. با این حال، در مورد اثر آلاینده‌ها بویژه کادمیم بر خواص میکروبیولوژیک و اکولوژیک خاک های آهکی ایران و روش‌های تعدیل این اثرات مطالعات بسیار اندک است و یا حتی گزارش نشده است. از این رو، به نظر می رسد جهت نیل به کشاورزی پایدار، و نیز حفظ کیفیت خاک و محیط زیست لازم است روش های اصلاح خاک پس از آلودگی به کادمیم مورد ارزیابی قرار گیرند. لذا هدف این تحقیق، بررسی اثرات سوء کادمیم بر معدنی شدن نیتروژن، نیتروژن بیوماس میکروبی و فعالیت آنزیم اوره آز خاک و استفاده از کمپوست به عنوان یک راهکار عملی و ساده برای کاهش و یا تعدیل سمیت آن بود.

مواد و روش ها

انتخاب و نمونه برداری خاک

یک نمونه خاک واقع در منطقه دو آب صمصامی بخش چلگرد استان چهارمحال و بختیاری با آهک پایین (کمتر از ٪۵) و بدون سابقه آلودگی به عناصر سنگین و سایر آلاینده ها جهت نمونه‌برداری انتخاب گردید. میانگین درجه حرارت سالانه منطقه ^{o}C ۹/۱ و بارندگی متوسط سالانه آن ۱۴۳۴ میلی متر است. خاک مورد بررسی Pachic Haploxerolls طبقه بندی شده است. نمونه برداری از خاک سطحی (۲۰-۰ سانتی متر) به صورت زیگزاک انجام گرفت و یک نمونه مرکب ۲۰ کیلوگرمی از خاک به آزمایشگاه منتقل و پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی متری عبور داده شد. برای تهیه مواد آلی از لاشبرگ کمپوست شده که جهت تقویت خاک باغچه ها مصرف می شود، استفاده شد. این مواد هم پس از هوا خشک شدن، از الک دو میلی متری عبور داده شد و سپس آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی هم روی کمپوست و هم روی نمونه خاک انجام گردید. آزمایش‌ها شامل اندازه گیری pH، شوری، کربن آلی (روش اکسایش تر)، نیتروژن کل (روش کجلدال)، فسفر قابل جذب (روش اولسن)، پتاسیم قابل جذب (روش عصاره گیری با استات آمونیم، مقدار آهک (روش تیتراسیون) و بافت خاک (روش هیدرومتری) بودند (Black *et al.*, 1965). نتایج آزمایش های معمول خاک و کمپوست در جدول ۱ آمده است. همان طور که در جدول ۱ مشاهده می شود، بافت خاک مورد آزمایش رسی (با میانگین رس حدود ۵۳ درصد) و میزان کادمیم کل و قابل جذب به ترتیب ۱/۵ میلی گرم بر کیلوگرم و ۰/۱۲ میلی گرم بر کیلوگرم است. خاک از شوری کم (EC=۰/۳۱ dSm^{-1}) برخوردار است، درصد کربن آلی آن نیز قابل توجه نیست (OC=۰/۵ %). اما ظرفیت تبادل کاتیونی خاک به علت درصد رس زیاد، نسبتاً بالا (CEC=۴۲/۲ $cmol\ (+)\ kg^{-1}$) است. درصد کربن آلی مواد آلی اضافه شده به خاک در حدود ۹/۲٪، مقدارکادمیم در حدود صفر، CEC و EC آن به ترتیب (CEC=۷۰/۲ $cmol\ (+)\ kg^{-1}$) و (EC=۷/۵ dSm^{-1}) بوده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول شماره۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک و مواد آلی مورد استفاده در آزمایش.

خصوصیت	خاک	ماده آلی (کمپوست)
شن (٪)	۱۰	-
سیلت (٪)	۳۷	-
رس (٪)	۵۳	-
بافت	رسی	-
آهک (٪)	۵	-
واکنش خاک	۶/۹۵	۹/۱
شوری (دسی زیمنس / متر)	۰/۳۱	۷/۵
ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی مول بار مثبت / کیلوگرم)	۴۲/۲	۷۰/۲
نیتروژن کل(درصد)	۰/۱	۱/۵۴
فسفرکل (میلی گرم /کیلوگرم)	۱۲۰/۸	۱۴۳۰
پتاسیم کل (میلی گرم /کیلوگرم)	۳۵۰	۱۱۵۱
کربن آلی خاک (درصد)	۰/۵	۹/۲
کربن / نیتروژن خاک	۵	۵/۹۵
کادمیم کل (میلی گرم / کیلوگرم)	۱/۵	-
کادمیم قابل جذب (میلی گرم / کیلوگرم)	۰/۱۲	-

اضافه‌کردن تیمارهای مختلف به خاک و انکوباسیون

برای به تعادل رسیدن خاک با کادمیم اضافه شده، حدود ۱۰۰ گرم خاک هوا خشک توزین و به داخل ظرف‌های (جار) پلاستیکی یک لیتری منتقل گردید. تیمارهای مختلف کادمیم با استفاده از نمک سولفات کادمیم به صورت محلول به خاک‌ها اضافه و یک ماه در آزمایشگاه قرار داده شدند. در هفته سوم تیمار۲/۵ تن در هکتار ماده آلی اعمال گردید. سپس ظرف‌ها جهت انجام آزمایش‌های میکروبیولوژیکی در انکوباسیون در دمای 25 ± 1^{o} C سانتیگراد خوابانده شدند.

اندازه گیری معدنی شدن نیتروژن

معدنی شدن نیتروژن به صورت میزان نیتروژن معدنی اضافه شده طی انکوباسیون خاک اندازه گیری و محاسبه گردید. برای اندازه گیری این پارامتر میزان آمونیوم و نیترات پس از عصاره گیری با کلرید پتاسیم به دو روش اندازه گیری و نتایج آنها پس از تبدیل به نیتروژن با هم جمع شدند. برای این کار از تیمارهای مختلف که از ماه قبل با کادمیم به تعادل رسیده بودند استفاده شد (جارهای پلاستیکی حاوی ۱۰۰ گرم خاک از هر تیمار).

این آزمایش برای ۱۰ هفته متوالی صورت گرفت. به حدود ۶ گرم خاک از هر تیمار، ۵۰ سی‌سی کلرورپتاسیم ۱ مولار اضافه شد و به مدت نیم ساعت روی دستگاه همزمن الکتریکی قرار داده شد و پس از صاف شدن عصاره ها، مقدار نیتروژن آمونیاکی و نیتراتی به روش رنگ سنجی به ترتیب در طول موج ۶۶۰ و ۴۱۰ نانومتر اندازه گیری شد (Alef and Nannipieri, 1995).

در پایان، میزان نیتروژن معدنی شده تجمعی (N_{min}) بر حسب میلی گرم در کیلوگرم خاک به صورت زیر محاسبه گردید (معادله ۱) :

$$N_{min}(mg\ N\ kg^{-1}) = (NH_4 - N) + (NO_3 - N) \quad (۱)$$

جهت تعیین سرعت معدنی شدن نیتروژن، سرعت آمونیفیکاسیون و نیتریفیکاسیون از مقادیر نیتروژن معدنی شده، آمونیوم و نیترات هر کدام به طور جداگانه استفاده شد. برای مثال سرعت معدنی شدن نیتروژن (NMR) از رابطه زیر استفاده شد (معادله ۲) :

$$NMR\ (mg\ N\ kg^{-1}day^{-1}) = \frac{(N_{min=70} - N_{min=0})}{70} \quad (۲)$$

Archive of SID

www.SID.ir

که در آن *NMR* سرعت معدنی شدن نیتروژن خاک، $N_{min=70}$ نیتروژن معدنی شده طی ۷۰ روز و $N_{min=0}$ نیتروژن معدنی (هر دو بر حسب میلی گرم در کیلوگرم خاک) در ابتدای آزمایش است.

نیتروژن بیوماس میکروبی

برای اندازه گیری نیتروژن بیوماس میکروبی از روش تدخین با کلروفرم - انکوباسیون استفاده شد. به این صورت که نیتروژن بیوماس میکروبی از اختلاف بین نیتروژن معدنی خاک در نمونه های تدخین نشده و تدخین شده طی ۱۰ روز انکوباسیون و سپس عصاره گیری نیتروژن معدنی (میزان آمونیوم و نیترات) بدست آمد (Raiesi, 2004; Alef and Nannipieri, 1995).

سنجش فعالیت آنزیم اوره آز

برای سنجش این پارامتر، حدود ۶ گرم خاک از هر نمونه به درون ارلن ۱۰۰ سی سی توزین شد و ۲/۵ سی سی از محلول اوره به آن اضافه و به مدت ۲ ساعت در انکوباتور در دمای 37^{o} C قرار داده شدند. پس از این مرحله نمونه ها با KCl یک مولار عصاره گیری شدند و میزان آمونیم آزاد شده به روش رنگ سنجی با اسپکترو فتومتر در طول موج ۶۶۰ نانومتر قرائت گردید (Alef and Nannipieri, 1995).

تجزیه های شیمیایی در پایان آزمایش

پس از اتمام آزمایش‌های میکروبیولوژیکی، pH، EC، کادمیم کل و کادمیم قابل جذب در تمام نمونه‌ها مجدداً اندازه گیری شدند (Black *et al.*, 1965). کلیه پارامترها بر اساس وزن آون خشک خاک در دمای 105^{o} C بیان شدند. نتایج به صورت میانگین (n=۳) هر تیمار تنظیم و گزارش شدند.

تجزیه و تحلیل آماری

آنالیز داده ها به کمک جدول تجزیه واریانس (ANOVA) برای پی بردن به منابع تغییرات (اثرات ساده کمپوست و کادمیم، و نیز اثرات متقابل کمپوست و کادمیم) با استفاده از نرم افزار Statistica انجام گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از روش LSD فیشر در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. نمودارها با نرم افزار Excel ترسیم شدند و جهت بدست آوردن همبستگی بین پارامترها از نرم افزار آماری Statistica استفاده گردید. داده‌های خام و باقیمانده آنها برای تأمین پیش فرض‌های تجزیه واریانس (نرمال بودن و همگنی واریانس تیمارها) نیز مورد ارزیابی قرار گرفتند.

نتایج و بحث

اثر کادمیم بر شاخص های میکروبی مورد بررسی

جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس تمامی پارامتر های مورد بررسی را نشان می دهد. کادمیم برآمونیفیکاسیون، نیتریفیکاسیون و به طور کلی بر معدنی شدن نیتروژن اثر معنی‌داری داشته است ($P<۰/۰۰۱$). اثر کادمیم همچنین بر فعالیت آنزیم اوره آز و نیتروژن بیوماس میکروبی کاملا" معنی دار بود ($P<۰/۰۰۱$). در هر دو خاک تیمار شده و تیمار نشده با مواد آلی، کادمیم باعث کاهش معنی‌دار این دو پارامتر شده است (جدول ۳). به نظر می‌رسد کادمیم به وسیله جانشین شدن با یونهای ضروری، بلوکه کردن گروه‌های عامل اصلی و یا با تغییر اشکال فعال مولکول‌های بیولوژیکی از معدنی شدن نیتروژن جلوگیری می‌کند (Doelman, 1994; Li and Tan, 1994). در خاک‌های آلوده به کادمیم، ریزجانداران جهت تطبیق با تنش بوجود آمده جذب نیتروژن را نسبت به اکسایش آن ترجیح می‌دهند (Amlinger and Boltzmann, 1995). همچنین تغییر ساختار میکروبی خاک و افزایش جمعیت قارچ ها، در نتیجه حضور کادمیم باعث می شود که نسبت C:N میکروب‌های باقی مانده افزایش یابد. از این رو غیر متحرک) (ایموبیله) شدن نیتروژن در مقابل معدنی شدن آن افزایش، و این منجر به کاهش فرآیند معدنی شدن می شود. Dai *et al.* (2004) و Hassen *et al.* (1998) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافته اند.

Renella *et al.* (2004) و Lorenz *et al.* (2006) نشان دادندکه کادمیم باعث کاهش فعالیت آنزیم های مؤثر در چرخه P، N و S می شوند که علت آن را پیوند کادمیم با گروه سولفیدریل آنزیم‌ها تشخیص دادند .فعالیت اوره آز که یکی از آنزیم های مؤثر در چرخه نیتروژن است و هیدرولیز پیوندهای C-N در آمیدها و اوره را بر عهده دارد، به عنوان یک شاخص حساس به حضور عناصر سنگین در خاک به شمار می آید. فعالیت این آنزیم بر اثر

Archive of SID

www.SID.ir

حضورکادمیم کاهش معنی دار یافته است (P<۰/۰۰۱) (جدول ۳ و ۲). نتایج مشابهی توسط Effron *et al.* (2004) گزارش شده است. یافته‌های وی نشان داد که غلظت های ۲۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم کادمیم سبب کاهش معنی‌دار فعالیت اوره آز، فسفاتاز اسیدی و پروتئاز داشتند. اما محققان دیگر نتایج متناقضی گزارش کرده‌اند. برای مثال Moren *et al.* (1999) و Karaca (2004) دریافتند که فعالیت اوره آز با افزایش سطح کادمیم افزایش می‌یابد. KIzilkaya *et al.* (2004) عقیده دارند که تفاوت در ساختار و ترکیب میکروبی خاک‌های مختلف با درجه متفاوت حساسیت نسبت به سمیت فلزات، می تواند فاکتور مهمی گزارش نتایج متناقض باشد. کادمیم بر نیتروژن بیوماس میکروبی نیز اثر منفی داشته است، اما در رابطه با اثر این عنصر بر این پارامتر هنوز بین محققان توافق نظری حاصل نشده است.

اثر کمپوست بر شاخص‌های میکروبی و بیوشیمیایی خاک

بررسی اثر کمپوست به تنهایی بر تمامی شاخص‌های مورد بررسی در این آزمایش نشان می‌دهد که افزودن این اثر ماده اصلاحی بر تمامی پارامترها مثبت و معنی دار بوده است (P<۰/۰۰۱) (جدول های ۲ و ۳). برای تمامی تیمارها بیشترین اثر کمپوست مربوط به سطح صفر وکمترین مقدار مربوط به سطح ۲۰۰ میلی گرم کادمیم بوده است. در پایان آزمایش تفاوت معنی دار بین شاخص های پویائی نیتروژن در نمونه های تیمار و غیر تیمار مواد آلی بود، به طوری که افزودن مواد آلی باعث افزایش این شاخص ها گردید. بارزترین اثر مواد آلی در مورد شاخص NO_3-N بوده است که افزودن مواد آلی باعث افزایش ۳۹ درصدی آن شده است. با افزایش سطح کادمیم، فعالیت آنزیم اوره آز و نیتروژن بیوماس میکروبی به طور معنی دار کاهش یافت (P<۰/۰۰۱). افزودن مواد آلی باعث کاهش اثر کادمیم بر این دو شاخص گردید به طوری که برای اوره آز ۴۰ و برای نیتروژن بیوماس۵۰ درصد افزایش به همراه داشته است.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر کادمیم و ماده آلی و اثرات متقابل آنها برشاخص های پویائی نیتروژن (اعداد آماره F (فیشر) هستند).

منابع تغییرات	درجه آزادی	پارامترهای مورد بررسی							
		NH_4-N[#] (mgN/kg)	AMR (mg N/kg day)	NO_3-N (mg N/kg)	NIR (mg N/kg day)	Nmin (mg N/kg)	NMR (mg N/kg day)	MBN (mg N/kg)	UR ($\mu g NH_4$-$Ng^{-1}2h^{-1}$)
کادمیم	۴	۶۹۷۶/۶***	۶۱۶۳/۶***	۱۸۷۶/۹***	۱۴۰۶۸/۳***	۱۷۹۴۶/۸***	۱۰۳۳۳***	۳۷/۵***	۶۶۷/۹***
کمپوست	۱	۲۱۹۴/۵***	۱۸۶۷/۸***	۲۵۰۴۳/۶***	۱۸۵۵۱/۸***	۱۳۷۹۳/۹***	۸۰۵۱/۱***	۱۴/۶***	۲۱۶***
کادمیم × کمپوست	۴	۳۰/۱***	۳۵/۹***	۱۰۶۹/۴***	۸۹۷/۶***	۳۳۱/۶***	۲۱۱***	۰/۸۸$^{n.s}$	۱۳/۷***

*P< 0.05=، **P< 0.01 =، ***P<0.001 = ، n.s غیر معنی دار

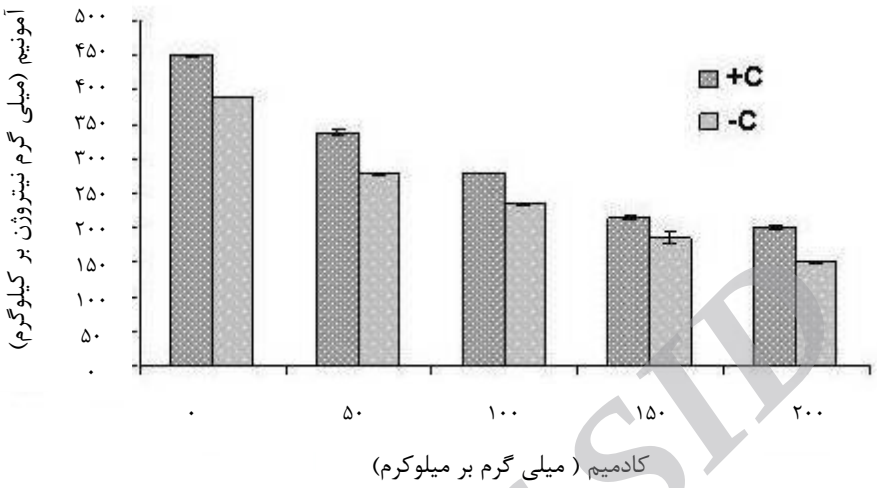
[#] NH_4-N، گرم آمونیاک تولید شده در کیلوگرم خاک،AMR، سرعت تولید آمونیاک NO_3-N،گرم نیترات تولید شده در کیلوگرم خاک،NIR، سرعت تولید نیترات، Nmin، گرم نیتروژن معدنی شده در کیلوگرم خاک، NMR، سرعت معدنی شدن نیتروژن، MBN نیتروژن بیوماس میکروبی،MBN/T.N ،UR ،فعالیت آنزیم اوره آز.

شکل ۱ اثر سطوح مختلف کادمیم را بر آمونیفیکاسیون تجمعی خاک طی ۷۲ روز انکوباسیون در تیمارهای بدون کمپوست (C-) و با کمپوست (C+) نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود در خاک‌های تیمار شده و یا

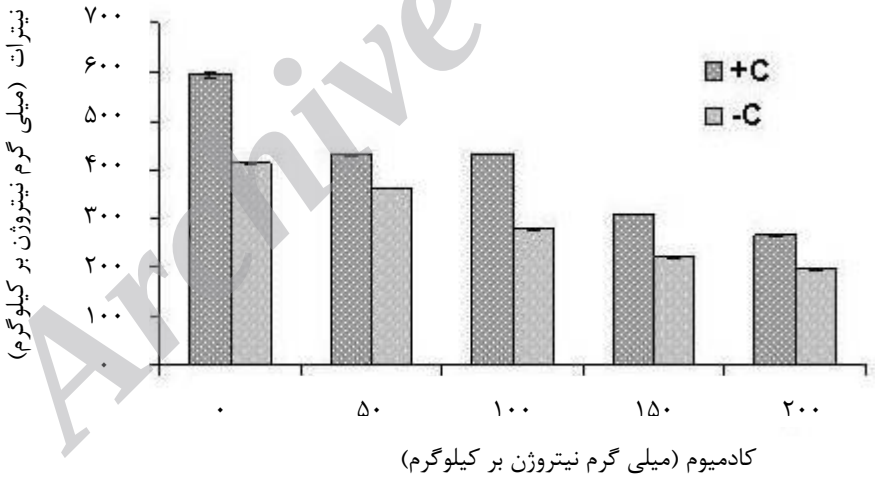
Archive of SID

www.SID.ir

تیمار نشده با کمپوست، در طول دوره انکوباسیون بیشترین مقدار تجمعی آمونیاک تولید شده در خاک شاهد (سطح صفر کادمیم) و کمترین آن در سطح mg $۲۰۰kg^{-1}$ کادمیم مشاهده می‌شود. چنین روندی در مورد نیتریفیکاسیون و معدنی شدن کل نیز قابل مشاهده است (شکل های ۲ و ۳). مقایسه بین نمونه های تیمار شده و تیمار نشده با مواد آلی نشان می دهد که افزودن این مواد باعث افزایش قابل توجه این پارامترها شده است.



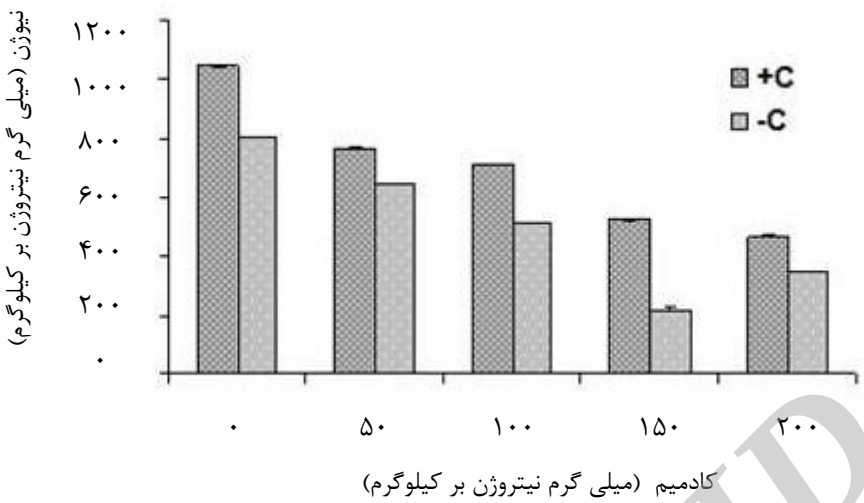
شکل ۱- اثر سطوح مختلف کادمیم بر روند تولید آمونیاک تجمعی در خاک های تیمار شده (+C) و تیمار نشده (-C) با کمپوست.



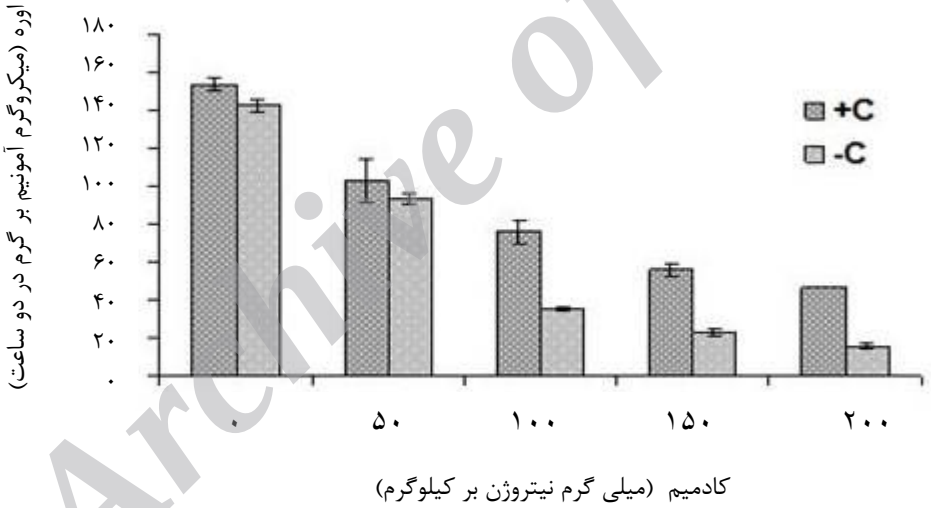
شکل۲- اثر سطوح مختلف کادمیم بر روند تولید نیترات تجمعی در خاک های تیمار شده (+C) و تیمار نشده (-C) با کمپوست.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۳ - اثر سطوح مختلف کادمیم بر روند تولید نیتروژن تجمعی در خاک های تیمار شده (+C) و تیمار نشده (-C) با کمپوست.



شکل۴ - اثر سطوح مختلف کادمیم بر فعالیت اوره آز در خاک های تیمار شده (+C) و تیمار نشده (-C) با کمپوست.

شکل ۴ نیز اثر کادمیم و مواد آلی را بر فعالیت آنزیم اوره آز نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل مشخص است اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطوح بالای کادمیم (بالاتر از ۵۰ میلی گرم) محرزتر و محسوس‌تر از سطوح پایین آن است. با این حال اختلاف بین تیمارهای حاوی کمپوست و فاقد آن کاملا" معنی دار بوده و فعالیت این آنزیم در حضور کمپوست در تمامی سطوح کادمیم افزایش یافته است. علت این افزایش را می‌توان رشد جمعیت میکروبی مقاوم به عناصر سمی در نتیجه افزودن مواد آلی عنوان کرد. می‌توان نتیجه گرفت علاوه بر افزایش در تنوع جمعیت میکروبی که توسط مواد آلی در خاکهای آلوده به کادمیم ایجاد می‌شود، این مواد میل ترکیبی کادمیم را با گروه سولفیدریل آنزیم به وسیله ایجاد کمپلکس‌های کم محلول با آن کاهش داده و باعث

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش سنتز آنزیم توسط میکروبها از طریق افزایش جمعیت آنها می‌شود. دیگر محققان اثر کاشت گیاه را بر کاهش و تعدیل اثر عناصر سمی بر فعالیت‌های آنزیمی خاک بیشتر از افزودن مواد آلی دانسته اند. برای نمونه، Scott (1992) بیان نمود که در خاکهای تحت کشت گیاهان، فعالیت آنزیم‌ها از عناصر سمی تأثیر کمتری می پذیرد و علت آن را جایگزینی این آنزیم ها با آنزیم های مترشحه از ریشه گیاهان و ریزجانداران موجود درریزوسفر گزارش کرده اند.

اثر متقابل کمپوست و کادمیم بر شاخص‌های میکروبی خاک

نتایج گزارش شده در جدول ۲ نشان می‌دهندکه اثر متقابل کادمیم و مواد آلی بر تمام شاخص‌های پویایی نیتروژن (به استثناء مقدار MBN) معنی دار ($P<۰/۰۰۱$) بود. درصد کربن آلی خاک در حدود ۰/۵ ٪ است (جدول۱) و اضافه شدن مواد آلی خاک با کربن آلی حدود ۱۰ ٪ ، میزان کربن آلی خاک را افزایش داده و این باعث ارتقاء و تحریک فرآیند معدنی شدن نیتروژن خاک در این تیمار شده است. درتمام سطوح کادمیم اضافه شده به خاک، مقدار نیتروژن معدنی شده بین تیمارهای با کمپوست و بدون کمپوست اختلاف معنی‌دار ($P<۰/۰۰۱$) با یکدیگر دارند (جدول ۳). افزودن مواد آلی به خاک معدنی شدن نیتروژن خاک را در سطوح مختلف کادمیم افزایش داده است. با این حال، معدنی شدن نیتروژن بین سطوح بالای کادمیم در تیمار فاقد کمپوست اختلاف معنی دار مشاهده نمی‌شود که چنین روندی کم و بیش در مورد سایر شاخص‌ها نیز صادق است. شاید علت آن یکسان بودن تأثیر سطح کادمیم در مقادیر زیاد باشد. اضافه کردن مواد آلی به تنهایی باعث افزایش نیتریفیکاسیون شده است و همچنین تیمار خاک با این مواد باعث شده که از اثر منفی کادمیم بر این فرآیند تا حدودی کاسته شود. Scott (1992) دریافت که اضافه کردن مواد آلی با نسبت C:N پائین به خاک سبب افزایش نیتریفیکاسیون تجمعی شده است. همچنین Kandeler *et al.* (2000) مشاهده نمود بین نیتریفیکاتورهای هتروتروف که مسئولیت عمل نیتریفیکاسیون را بر عهده دارد و کیفیت کربن مواد آلی اضافه شده به خاک اثر متقابل بسیار شدیدی وجود دارد. در این مطالعه نیز اضافه کردن مواد آلی به خاک باعث افزایش این فرآیند شده است.

نتایج حاکی است اثر متقابل کادمیم و کمپوست بر نیتروژن بیوماس میکروبی معنی دار نبوده است (جدول ۲و ۳)، اما بر فعالیت آنزیم اوره آز این کاملاً معنی دار بود. Moreno *et al.* (2001) نشان داد که اثر سمی کادمیم بر فعالیت اوره آز با افزایش ۲/۳٪ کربن آلی کاهش یافت. نتایج مشابهی توسط Madejon *et al.* (2001) گزارش شده است. وی با افزودن مواد آلی به خاک‌های آلوده به عناصر سنگین مشاهده نمود که فعالیت آنزیم های اوره آز، فسفاتاز و بتا-گلوکوزیداز افزایش چشمگیر یافت.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۳ - اثرسطوح مختلف کادمیم و اصلاح خاک با کمپوست بر شاخص های پویائی نیتروژن و فعالیت آنزیم اوره آز خاک. اعداد میانگین (n=۳) هستند.

کادمیم (mg Cd/kg)	NH_4-N (mg N/kg)	AMR (mg N /kg day)	NO_3-N (mg N/kg)	NIR (mg N/kg day)	N_{min} (mgN/kg)	NMR (mg N/kg day)	MBN (mg N/kg)	UR (µg NH_4-N$g^{-1}2h^{-1}$)
بدون کمپوست (-C)								
۰	۳۸۸/۹ b	۵/۴ b	۳۱۴/۴ c	۵/۷ d	۸۰۲/۶ b	۱۱/۱ b	۶۲/۸a	۱۴۲/۸ b
۵۰	۲۷۷/۴d	۳/۸ d	۳۶۵ d	۵ e	۶۴۲/۴ e	۸/۷ e	۴۳/۹b	۹۳/۷ d
۱۰۰	۲۳۴ e	۳/۲ e	۲۷۷/۵ f	۳/۹ g	۵۱۱/۶ g	۷/۱ Ag	۶/۲d	۳۵/۱ h
۱۵۰	۲۰۰/۲ h	۲/۶ f	۲۱۹ h	۳ i	۴۰۳/۴ i	۵/۶ i	۱۶/۹cd	۲۲/۸ i
۲۰۰	۱۵۰/۵ i	۲/۱ g	۱۹۶/۳ i	۲/۸ j	۳۴۶/۹ j	۴/۸ j	۸/۹d	۱۵/۵ i
میانگین	۲۵۰/۲	۳/۴	۲۹۴	۱/۴	۵۴۱/۳	۷/۵	۲۷/۸	۶۱/۹
با کمپوست (+C)								
۰	۴۴۹/۵ a	۶/۲ a	۵۹۳/۷ a	۸/۳ a	۱۰۴۳/۸ a	۱۴/۵ a	۶۹/۸ a	۱۵۳/۷ a
۵۰	۳۳۷ c	۴/۵ c	۴۳۱/۷ b	۵/۶ c	۷۶۸/۸ c	۱۰/۵ c	۷۰/۷ a	۱۰۲/۸ c
۱۰۰	۲۷۸/۸ d	۳/۸ d	۴۳۲/۴ b	۶/۱ b	۷۱۱/۲ d	۹/۹ ad	۳۲/۵ bc	۷۵/۵ e
۱۵۰	۲۱۳/۶ f	۳ e	۳۰۹/۴ e	۴/۳ f	۵۲۳ f	۷/۳ f	۱۷/۶ cd	۵۵/۵ f
۲۰۰	۱۸۴/۳ g	۲/۸ f	۲۶۶/۳ g	۳/۷ h	۴۶۶/۹ h	۶/۵ h	۱۷/۷ cd	۴۶/۴ g
میانگین	۲۹۵/۸	¼	۴۰۶/۷	۵/۷	۷۰۲/۵	۹/۸	۴۱/۹	۸۶/۸
$LSD_{(0.05)}$	۴/۸۶	۰/۰۷۱	۳/۳۱	۰/۰۵۳	۶/۴۰	۰/۱۲	۱۲/۲	۷/۸۸

*میانگین های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD فیشر فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

یکی از علل کاهش اثرات بازدارندگی کادمیم توسط مواد آلی را می توان چنین توجیه کرد که چون مواد هومیکی دارای گروه‌های عامل بسیار زیادی (شامل گروهای کربوکسیل، فنولیک، الکل و کربونیل) هستند، یون‌های سمی وارد شده به چرخه‌های بیولوژیکی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Datta *et al.*, 2001). به این صورت که برای عناصر سنگین به عنوان یک فاز تراکم (انباشت) عمل کرده و کمپلکس های هومات-فلز (کلات ها) را با درجه تعادلات مختلف ایجاد می‌کنند و ترکیبات کلاته شده غلظت کادمیم قابل عصاره گیری را کاهش می‌دهند و بنابراین باعث کاهش جذب و قابلیت دسترسی آن برای ریزجانداران می شوند (Datta *et al.*, 2001). با این حال، تشکیل کلات ها به ترکیب شیمیایی مواد آلی در خاک وابسته است، و مواد آلی،یونهای سمی چرخه های بیولوژیکی را به وسیله ترکیب شیمیایی خود تحت تأثیر قرار می‌دهند. در این زمینه Tejada *et al.* (2009) در یافتند که درصد بازدارندگی سرب روی فعالیت های آنزیمی در خاک تیمار شده با کود مرغی کمتر از خاک تیمار شده با کمپوست کتان بود.

رابطه بین انواع فرکشن های کادمیم و شاخص های مورد بررسی

در این تحقیق کادمیم قابل دسترس با روش DTPA اندازه گیری شد که این فرکشن محتوای قابل جذب این عنصر را نشان می دهد که به راحتی برای گیاهان و ریزجانداران قابل جذب است و همچنین فاکتور خوبی جهت پیش بینی حرکت و انتقال کادمیم از خاک به ریزجانداران در طولانی مدت است (Vig *et al.*, 2003). جدول ۴ ضرایب همبستگی بین فرکشن‌های مختلف کادمیم و شاخص‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد. به طوری که مشاهده می‌شود تمامی پارامترهای مورد بررسی همبستگی قوی و معنی دار با انواع فرکشن‌های کادمیم نشان می دهند. نکته قابل توجه در این جدول در مورد ضرایب همبستگی بین شاخص‌های pH و EC با پارامترهای میکروبیولوژیکی مورد بررسی است، به طوری که مشاهده می شود pH با تمامی شاخص‌ها به استثناء NO3-N و NIR همبستگی معنی دار دارد در صورتی که تنها ضرایب همبستگی معنی دار برای EC دو شاخص فوق بوده‌اند. علاوه بر این، فعالیت آنزیم مورد بررسی با هر سه شکل کادمیم و pH ارتباط منفی و کاملا" معنی‌دار داشت. ضریب همبستگی بین کادمیم کل در پایان آزمایش و کادمیم اضافه شده در ابتدای آزمایش ** ۰/۹۸ به دست آمده است. به طوری که مشاهده می شود تمامی کادمیم اضافه شده (به طور کامل) در ابتدای آزمایش در پایان آن قابل عصاره گیری نبوده است. به نظر می‌رسد اضافه کردن مواد آلی به خاک باعث شده است که کادمیم در فرکشن‌هایی قرار بگیرد که در پایان آزمایش تمامی آن قابل استخراج نبوده است.

جدول ۴- ضرائب همبستگی (r) بین انواع فرکشن های کادمیم و شاخص های مورد بررسی (n= ۳۰).

پارامتر	Cd add.	Cd tot.	DTPA Cd	pH	EC
Cd add.	۱/۰۰				
Cd tot.	۰/۹۸***	۱/۰۰			
DTPA Cd	۰/۷***	۰/۶۲***	۱/۰۰		
pH	۰/۴۵*	۰/۴۷***	۰/۴۱*	۱/۰۰	
EC	۰/۰۶$^{n.s}$	۰/۱۴$^{n.s}$	-۰/۴۶*	-۰/۱۲$^{n.s}$	۱/۰۰
(mgN/kg) NH_4-N*	-۰/۹۳***	-۰/۹۱***	-۰/۸۱***	-۰/۵۵***	۰/۲۵$^{n.s}$
(mgN/kg day) AMR	-۰/۹۳***	-۰/۹۱***	-۰/۸***	-۰/۵۵***	۰/۲۴$^{n.s}$
(mgN/kg) NO_3-N	-۰/۸۴***	-۰/۸***	-۰/۸۴***	-۰/۳۳$^{n.s}$	۰/۴۱*
(mgN/kg day) NIR	-۰/۸۳***	-۰/۸***	-۰/۸۳***	-۰/۳۳$^{n.s}$	۰/۴۳*
(mgN/kg) Nmin	-۰/۸۹***	-۰/۸۶***	-۰/۸۴***	-۰/۴۳*	۰/۳۵$^{n.s}$
(mgN/kg day) NMR	-۰/۸۸***	-۰/۸۶***	-۰/۸۳***	-۰/۴۳*	۰/۳۶$^{n.s}$
(mgN/kg) MBN	-۰/۸۴***	-۰/۸۱***	-۰/۷۶***	-۰/۵۱***	۰/۱۸$^{n.s}$
(μgNH_4-N$g^{-1}2h^{-1}$) UR	-۰/۹***	-۰/۸۶***	-۰/۸۵***	-۰/۵۷***	۰/۳$^{n.s}$

P< 0.05=، **P< 0.01=**، ***P<0.001 =*** ، ns غیر معنی دار

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵ -همبستگی (r) بین شاخص های مورد بررسی در این آزمایش (n= ۳۰).

پارامتر	NH_4-N (mgN/kg)	AMR (mg N/kg day)	NO_3-N (mg N/kg)	NIR (mg N/kg day)	N_{min} (mg N/kg)	NMR (mg N/kg day)	MBN (mg N/kg)	UR (μgNH_4-$Ng^{-1}2h^{-1}$)
(mgN/kg) NH_4-N*	۱/۰۰							
(mgN/kg day) AMR	۱/۰۰	۱/۰۰						
(mgN/kg) NO_3-N	۰/۹۴***	۰/۹۴***	۱/۰۰					
(mgN/kg day) NIR	۰/۹۴***	۰/۹۴***	۱/۰۰	۱/۰۰				
(mgN/kg) Nmin	۰/۹۸***	۰/۹۸***	۰/۹۹***	۰/۹۹***	۱/۰۰			
(mgN/kg day) NMR	۰/۹۸***	۰/۹۸***	۰/۹۹***	۰/۹۹***	۱/۰۰	۱/۰۰		
(mgN/kg) MBN	۰/۸۹***	۰/۸۹***	۰/۸۳***	۰/۸۱***	۰/۸۶***	۰/۸۵***	۱/۰۰	
(μgNH_4-$Ng^{-1}2h^{-1}$) UR	۰/۹۷***	۰/۹۷***	۰/۹***	۰/۹***	۰/۹۵***	۰/۹۵***	۰/۸۹***	۱/۰۰

*P< 0.05=، **P< 0.01= ، ***P<0.001 = ، ns غیر معنی دار

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه بر تاثیر منفی و محسوس عنصر کادمیم بر تمامی شاخص های میکروبیولوژیک چرخه معدنی شدن نیترون و همچنین فعالیت آنزیم اوره آز دلالت دارد، هر چند محققان زیادی نتایج مختلفی گزارش کرده اند. با این حال، اثر منفی کادمیم بر پویایی نیتروژن خاک حاکی از آن است که این عنصر می‌تواند تا حد زیادی حاصل خیزی و کیفیت بیولوژیک خاک، و در نتیجه رشد گیاه را در دراز مدت تحت الشعاع قرار دهد و یا از طریق جذب به وسیله گیاه و ورود به زنجیره غذائی انسان، باعث بروز خطرات جدی برای سلامت انسان و حیوانات گردد. به نظر می‌رسد افزودن مواد آلی به خاک تا حد زیادی سبب کاهش اثرات سوء و بازدارندگی این عنصر می‌گردد، اما اثر مقدار و نوع ماده آلی مصرفی به تحقیقات بیشتری نیاز دارد. افزودن مواد آلی به منظور افزایش pH و رسوب کادمیم و غنی از عناصر غذایی مورد نیاز ریزجانداران خاک باید از خواص ماده آلی مصرفی باشد. همچنین مواد آلی مصرفی بدلیل عاری بودن از عنصر سمی کادمیم و ایجاد کمپلکس پایدار توانسته اثر مفیدی بر کاهش قابلیت جذب کادمیم داشته باشد.

قدردانی و سپاسگزاری

به خاطر حمایت‌های مالی این پایان نامه از دانشگاه شهرکرد قدردانی و تشکر می‌شود.

منابع

Alef, K. and Nannipieri, P., 1995. Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, London.

Amlinger, F. and Boltzmann, L., 1995. Biowaste compost and heavy metals: a danger for soil and environment. In: de Bertoldi, P.S.M., Lemmes, B., Papi, T. (Eds.), Proceeding of the International Symposium on the Science of Composting. Blakie Academic and Professional, Glasgow, UK.

Black, C.A., Evans, D.D., Ensminger, L.E., White, J. and Clark, F.E., 1965. Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical Analysis. American Society of Agronomy Press, USA.

Boekhold, A.E., Temminghoff, E.J.M. and van der Zee, S.E.A.T.M., 1993. Influence of electrolyte composition and pH on cadmium adsorption by an acid sandy soil. Journal of Soil Science. 44, 85-96.

Dai, J., Becquer, T., Rouiller, J.H., Reversat, G., Bernhard-Reversat, F. and Lavelle. P., 2004. Influence of heavy metals on C and N mineralization and microbial biomass in Zn-, Pb-, Cu-, and Cd-contaminated soils. Applied Soil Ecology. 25, 99-109.

Datta, A., Sanyal, S.K. and Saha, S., 2001. A study on natural and synthetic humic acids and their complexing ability towards cadmium. Plant and Soil. 235, 115-125.

Doelman, P., Jansen, E., Michels, M. and Van Til, M., 1994. Effects of heavy metals in soils on microbial diversity and activity as shown by the sensitivity-resistance index, an ecologically relevant parameter. Biology and Fertility of Soils. 17,177-184.

Effron, D., de La Horra, A.M., Defrieri, R.L., Fontanive, V. and Palma, R.M., 2004. Effect of cadmium, copper and lead on different enzyme activities in a native forest soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 35,1309-1321.

Hanc, A., Tlustos, P., Szakova, J. and Habert, J., 2009. Changes in cadmium mobility during composting and after soil application. Waste Management. 29, 2282-2288.

Hassen, A., Jedidi, N., Cherif, M., M'Hiri. A., Boudabous, A. and van Cleemput, O., 1998. Mineralization of nitrogen in a clayey loamy soil amended with organic wastes enriched with Zn, Cu and Cd. Bioresource Technology. 64, 39-45.

Hong, C.O., Kim S.Y., Gutierrez J., Owens V.N. and Kim P.J., 2010. Comparison of oyster shell and calcium hydroxide as liming materials for immobilizing cadmium in upland soil. Biology and Fertility of Soils 46, 491-498.

Kandeler, E., Tscherko, D., Bruce, K.D., Stemmer, M., Hobbs, P.J., Bardgett, R.D. and Amelung, W., 2000. Structure and function of the soil microbial community in microhabitats of a heavy metal polluted soil. Biology and Fertility of Soils. 32, 390-400.

Karaca, A., 2004. Effect of organic wastes on the extractability of cadmium, copper, nickel and zinc in soil. Geoderma. 122 , 297-303.

Kizilkaya, R., Askin, T., Bayrakli, B. and Saglam, M., 2004. Microbiological characteristics of soils contaminated with heavy metals. European Journal of Soil Biology. 40, 95-102.

Landi. L., Renella, G., Moreno, J.L., Falchini, L. and Nannipier, P., 2000. Influence of cadmium on the metabolic quotient, L-: D-glutamic acid respiration ratio and enzyme. Biology and Fertility of Soils. 32, 8-16.

Li, F. and Tan, T.C., 1994. Effects of heavy metal ions on the efficacy of a mixed bacilli BOD sensor. Biosensor Bioelectron. 9, 315-324.

Lorenz, N., Hintemann, T., Kramarewa, T., Katayama, A., Yasuta, T., Marschner, P. and Kandeler, E., 2006. Response of microbial activity and microbial community composition in soil to long–term

Archive of SID

www.SID.ir

arsenic and cadmium exposure. Soil Biology and Biochemistry. 38, 1430-1437.

Madejon, E., Burgos, P., Lopez, R. and Cabrera, F., 2001. Soil enzymatic response to addition of heavy metals with organic residues. Biology and Fertility of Soils. 34, 144-150.

Moreno, J.L., Garcia. C., Landi, L., Falchini, L., Pitremellarra, G. and Nannipieri, P., 2001. The ecological does value (ED_{50}) for assessing Cd toxicity on ATP content and dehydrognase and urease activity of soil. Soil Biology and Biochemistry. 33, 483-789.

Moreno, J.L., Hernandez, T. and Garcia. C., 1999. Effects of cadmium-contaminated sewage sludge compost on dynamics of organic matter and microbial activity in an arid soils. Biology and Fertility of Soils. 28, 230-237.

Moreno, J.L., Hernandez, T. and Garcia, C., 2003. Toxic effects of cadmium and nickel on soil enzymes and the influence of adding sewage sludge. European Journal of Soil Biology. 54, 377-386.

Raiesi, F., 2004. Soil properties and N application effects on microbial activities in two winter wheat cropping systems. Biology and Fertility of Soils. 40, 88-92.

Renella, G., Mench, M., van der Lelie, D., Pietramellara, G., Ascher, J., Ceccherini, M.T., Landi, L. and Nannipieri, P., 2004. Hydrolase activity microbial biomass and community structure in long-term Cd-contaminated soils. Soil Biology and Biochemistry. 36,443-451.

Renella,G., Mench, M., Landi, L. and Nannipieri, P., 2005. Microbial activity and hydrolase synthesis in long-term Cd-contaminated soils. Soil Biology and Biochemistry 37,133-139.

Scott, H., 1992. The influence of wheat straw on the accumulation of nitrates in the soil. Agronomy Journal. 3,233-258.

Tejada, M., Hernandez, T. and Garcia, C., 2007. Application of two organic wastes in a soil polluted by lead. Journal of Environmental Quality. 36, 216-225.

Tejada, M., 2009. Application of different organic wastes in a soil polluted by cadmium: Effects on soil biological properties. Geoderma. 153, 254-268.

Vig, K., Megharaj, M., Sethunathan, N. and Naidu, R., 2003. Bioavailability and toxicity of cadmium to microorganisms and their activities in soil: a review. Advances in Environmental Research. 8, 121-135.

Wang, A., Chen, J. and Crowley, D.E., 2004. Changes in metabolic and structural diversity of a soil bacterial community in response to cadmium toxicity. Biology and Fertility of Soils. 39, 452-456.

Archive of SID

www.SID.ir

The response of N mineralization, microbial biomass N and urease activity in Cd-contaminated soils to compost addition

Leila Dayani and Fayez Raiesi*
Department of Soil Science, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

*Corresponding author: f_raiesi@yahoo.com

Abstract

A high level of cadmium (Cd) in the environment generally influences the population, activity and composition of soil microorganisms, especially N dynamics and enzyme activities, with a consequence for nutrient cycling and availability. The addition of organic materials to the Cd-polluted soils may reduce the detrimental effects of Cd on microbial activities and biochemical properties. The objective of the current study was to examine the effect of compost as a soil amendment on N mineralization, microbial biomass N and urease activity in soils spiked with fresh Cd. A 2×5 factorial experiment consisting of two levels of compost (0 and 2.5 t ha^{-1}) and five levels of Cd (0, 50, 100, 150 and 200 mg Cd kg^{-1}) arranged in a completely randomized design with three replicates was carried out under laboratory conditions. Measured total and available cadmium at the end of incubation period indicated a stronger (and negative) correlation between the available fraction of Cd with soil N mineralization, microbial biomass N and urease activity than the total Cd level. Results showed that increasing Cd level had a significant, negative effect on all the measured soil properties. However, compost addition to soils contaminated with Cd resulted in a reduction of Cd toxicity on indicators of N dynamics, most likely through decreasing its bioavailability to soil biota. In brief, the application of organic materials in Cd-contaminated soils could alleviate the unfavorable and inhibitory effects of Cd on soil N dynamics and subsequently N availability to plant may increase.

Keywords: Heavy metals, Soil microbial activity, Soil N dynamic, Enzyme activity, Compost, Soil amendments.

Archive of SID

www.SID.ir