اثر آلودگی کادمیم بر تنفس خاک ، معدنی شدن کربن و میزان نیترات در یک خاک آهکی تیمار شده با ورمی‌کمپوست در طی زمان

علی کسراییان، ارمغان صالحیان، و محمود وصال

استادیار علوم خاک، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران؛ دانشجوی سابق کارشناسی ارشد بیوشیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز؛ استاد گروه بیوشیمی، دانشکده علوم، کشاورزی و تکنولوژی‌های نوین، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

alkasra@yahoo.com

چکیده

در پژوهش کنونی، اثر تیمارهای کادمیم (۰، ۲، ۵ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک) بر تنفس خاک و معدنی شدن کربن آلی پس از گذشت ۳، ۷، ۳۱، ۶۲ و ۹۳ روز در یک خاک آهکی و لومی رسی شنی تیمار شده با ۲٪ ورمی‌کمپوست بررسی شد. فاکتورهای آزمایشی (زمان و غلظت کادمیم) به شکل فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار و در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی پیاده‌سازی شد. نتایج نشان داد که تیمارهای کادمیم بر هر دو شاخص تنفس و کربن آلی خاک اثر داشت و با افزایش غلظت کادمیم میزان تجزیه ماده آلی کاهش و تنفس نیز کاهش یافت. از سوی دیگر، زمان خوابانیدن سبب کاهش ماده آلی و افزایش میزان تنفس در خاک شد. غلظت کادمیم در این پژوهش اثری بر میزان نیترات خاک نداشت و تنها گذر زمان سبب تجمع آن پس از ۶۲ روز در خاک شد

واژه‌های کلیدی: آلودگی کادمیم، معدنی شدن کربن ، تنفس خاک، ورمی‌کمپوست

مقدمه

دانش فراوانی در خصوص سمیت کادمیم بر کارکرد زیستی موجودات خاک وجود دارد (بابولا و همکاران، ۲۰۰۹؛ دبی، ۲۰۱۱) و این عنصر در خاک می‌تواند سبب کاهش فعالیت‌های موجودات زنده ریز و درپی آن کاهش معدنی شدن کربن و آزاد سازی عناصر غذایی همانند نیترات شود. معدنی شدن کربن آلی در خاک همراه با آزاد سازی نیتروژن از ساختار ترکیبات آلی و در پی آن افزایش نیترات در خاک است که این مسئله نیز می‌تواند تحت تاثیر شرایط محیطی به‌ویژه سمیت عناصر سنگین قرار گیرد. همچنین ماکوئی و همکاران (۲۰۰۸) با مطالعه عوامل تاثیر گذار بر آنزیم‌های خاک میزان فعالیت آن‌ها را علاوه بر مقدار و نوع ماده آلی به شرایط محیطی مانند نوع خاک، شدت فعالیت موجودات زنده و فرآیندهای زیستی در خاک وابسته دانست. یزدان‌پناه و همکاران (۱۳۸۵) در پژوهش خود با اشاره به اثر زمان و کربنات کلسیم بیان کردند که آلودگی کادمیم و روی سبب ایجاد فاز تاخیری در تنفس حاصل از سوبسترا شد اما پس از آن تنفس در هر دو خاک آهکی و غیر آهکی کاهش پیدا کرد. آنها همچنین بیان کردند که در خاک آهکی میزان تنفس بیشتر از خاک غیر آهکی بوده است که به‌نظر می‌رسد این مسئله به دلیل اثرات آهک بر قابلیت استفاده این عنصر باشد.

شکسته شدن ساختار ترکیبات آلی همراه با آزاد شدن عناصر در آن نقش مهمی در حاصلخیزی و فراهمی این عناصر برای گیاه دارد. بنابراین اندازه‌گیری میزان تنفس خاک بعنوان یک شاخص عمومی از فعالیت میکروارگانیزمها و همچنین تغییر در ماده آلی خاک می‌تواند با آزاد سازی عناصر غذایی در این محیط همبستگی داشته باشد.

اما وجود ماده آلی در کنار کادمیم در شرایط حضور کربنات کلسیم محیط پیچیده‌ای را در مقابل رفتار کادمیم و تاثیر آن بر شاخص‌های زیستی بجا می‌گذارد. در این تحقیق برآن هستیم که اثر جزئی کادمیم بر معدنی شدن کربن آلی و تنفس خاک را در این شرایط به‌عنوان یک شاخص عمومی زیستی در گذر زمان مورد سنجش قرار دهیم.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش یک نمونه خاک رویین (۳۰-۰ سانتی‌متری) کشاورزی انتخاب شد و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن بر طبق اصول خاک‌شناسی اندازه گیری شد.

تیمارهای آزمایشی به گونه فاکتوریل (غلظت های صفر، ۲ و ۵ میلی گرم کادمیم در کیلوگرم خاک و زمان‌های ۳ ، ۷، ۳۱ ، ۶۲ و ۹۳ روز) در قالب طرح کاملا تصادفی و در سه تکرار پیاده‌سازی شد. درصد شن، سیلت و رس خاک آزمایشی به ترتیب ۴۲/۶، ۴۶ و ۱۱/۴ و درصد کربنات کلسیم معادل شده با اسید کلریدریک ۶۴/۸ درصد بود. خاک گلدان‌ها به اندازه تقریبا ۲ درصد با ورمی‌کمپوست (آمیخته شده و در زمان‌های مشخص (تیمار زمان) ویژگی‌های گوناگون شیمیایی و زیستی خاک مانند درصدکربن آلی به روش احتراق مرطوب، تنفس خاک بوسیله خنثی سازی با سود، و همچنین مقدار نیترات (برمنر و مالوینی ۱۹۸۲) اندازه‌گیری شد. در پایان آنالیز واریانس داده ها و سپس مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند جانبه دانکن در سطح یک درصد و با بسته نرم‌افزاری SAS انجام پذیرفت.

نتایج

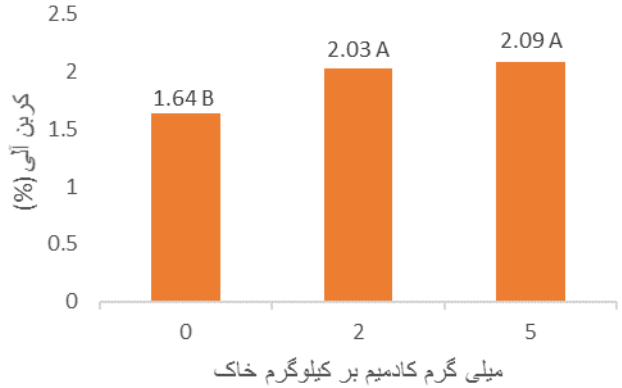
اثر زمان و تیمار کادمیم بر درصد کربن آلی

نتایج نشان داد که درصد کربن آلی خاک به‌ترتیب در پایه آماری ۱ ٪ و ۵ ٪ تحت تاثیر فاکتورهای زمان و کادمیم قرار گرفت (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که بیشترین و کمترین درصد کربن آلی به ترتیب در تیمارهای ۵ و شاهد (صفر) میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک با مقادیر ۲/۱۴ و ۱/۷۸ اندازه‌گیری شد. میانگین درصد کربن آلی در تیمارهای دومیلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم خاک با تیمارهای ۵ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک نیز در یک گروه آماری بود. از سویی، با گذشت زمان درصد کربن آلی خاک نیز کاهش داشت به گونه‌ای که کمترین مقدار اندازه‌گیری شده در ۶۲ روز پس از آغاز آزمایش و به اندازه ۱/۱۴ درصد اندازه‌گیری شد که با ۹۳ روز در یک گروه آماری قرار گرفت. (شکل ۱و۲).

جدول۱-تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر زمان و کادمیم بر تنفس، غلظت نیترات و درصد کربن آلی

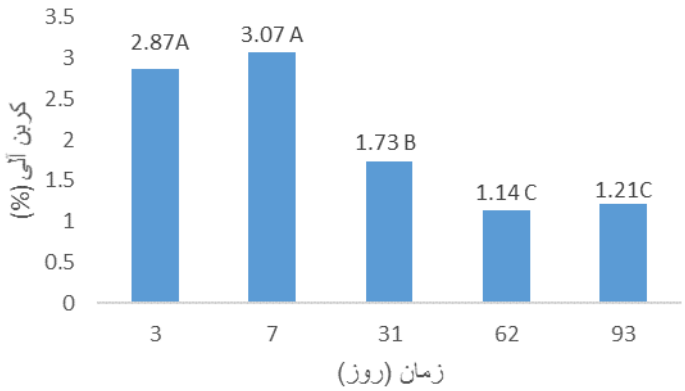
منابع دگرگونی	درجه آزادی	تنفس	ازت نیترات	کربن آلی
زمان	۴	۰/۴۲**	۹/۲۰× ۱۰$^{-۳}$**	۶ /۶۹**
کادمیم	۲	۰ /۲۹**	۸×۱۰$^{-۴}$ ns	۰/۰۹*
زمان×کادمیم	۸	۰ /۰۸**	۱×۱۰$^{-۳}$ ns	۰/۱۹**

ns غیرمعنی‌دار، ** معنی‌دار در سطح ۱٪، * معنی‌دار در سطح ۵٪



شکل۱.اثر تیمارهای کادمیم بر درصدکربن آلی خاک

ارقام داری حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح آماری ۱ ٪ ندارند

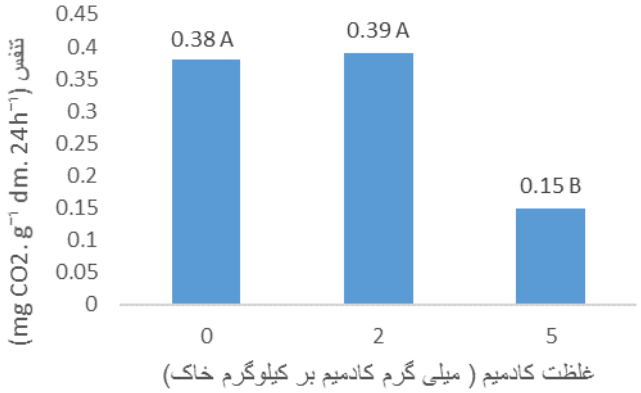


شکل۲.اثر زمان خوابانیدن بر در صد کربن آلی خاک

ارقام داری حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح آماری ۱ ٪ ندارند.

اثر زمان و تیمار کادمیم بر تنفس خاک

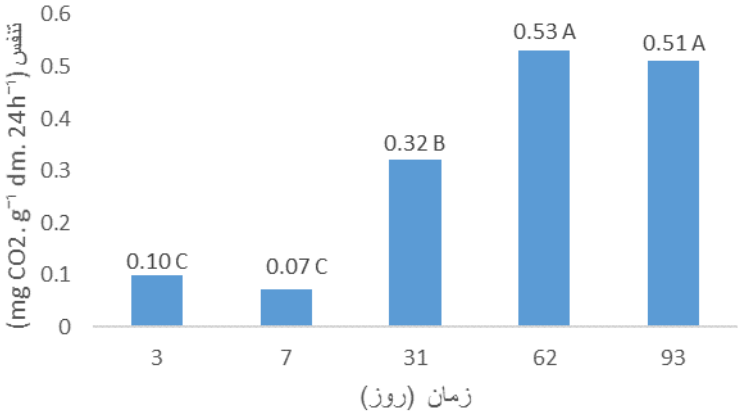
نتایج آنالیز واریانس نشان داد که تنفس خاک در پایه آماری ۱ ٪ وابسته به فاکتورهای زمان و کادمیم و اثرات متقابل آنها بود (جدول ۲). تنش غلظت کادمیم بر تنفس خاک تنها در بیشترین غلظت کاربردی (۵ میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم خاک) دیده شد به‌گونه ای که کاهش ۴۰ درصدی در تنفس خاک در برابر تیمارهای قبل از آن اندازه‌گیری شد. با گذشت زمان تنفس خاک از کمترین مقدار خود در تیمار ۳ روز، ۰/۰۷ ($mg\ CO2.\ g^{-1}\ dm.\ 24h^{-1}$) که از نظر آماری با ۷ روز در یک گروه قرار داشت به بیشترین مقدار در تیمار ۶۲ روز ۰/۵۳ ($mg\ CO2.\ g^{-1}\ dm.\ 24h^{-1}$) که این نیز از نظر آماری با ۶۲ روز در یک گروه قرار داشت رسید (شکل۳و۴).



شکل۳.اثر آلودگی کادمیم بر تنفس خاک

شده ($mg\ CO_2.\ g^{-1}\ dm.\ 24\ h^{-1}$)

ارقام داری حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح آماری ۱ ٪ ندارند.



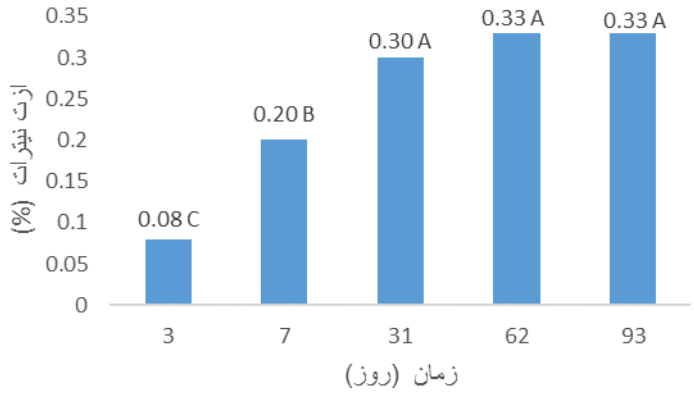
شکل۴.اثر زمان بر تنفس خاک

شده ($mg\ CO_2.\ g^{-1}\ dm.\ 24\ h^{-1}$)

ارقام داری حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح آماری ۱ ٪ ندارند

اثر زمان و تیمار کادمیم بر درصد نیترات

در این پژوهش دیده شد که غلظت نیترات وابسته به غلظت کادمیم خاک نبود اما زمان خوابانیدن بر غلظت آن اثر داشته بطوری که بیشترین غلظت نیترات در ۶۲ و ۹۳ روز پس از آغاز آزمایش اندازه‌گیری شد که از نظر آماری مشابه میانگین‌های غلظت نیترات در روز ۳۱ بود. در طی دوره خوابانیدن غلظت نیترات خاک از آغاز آزمایش چهار برابر شد و میانگین آن از ۰/۰۸ درصد به ۳۳/ ۰درصد در بالاترین گروه های آماری رسید (شکل۶، جدول۲).



شکل۶.اثر زمان بر درصد ازت نیترات خاک

ارقام داری حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح آماری ۱ ٪ ندارند.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که زمان در سطح ۱٪بر تمام ویژگی‌های اندازه‌گیری شده شامل تنفس، کربن آلی و میزان نیترات خاک اثر گذار است. در حالی‌که غلظت‌های کاربردی کادمیم در این پژوهش تنها بر نرخ تنفس، در سطح ۱٪، و درصد کربن آلی ، در سطح ۵٪، معنی‌دار بود. مقایسه اثر کادمیم بر میانگین‌های درصد کربن آلی خاک نشان داد که با افزیش کاربرد کادمیم درصد کربن آلی افزایش یافت به‌عبارت دیگر، با افزایش این عنصر از تجزیه ماده آلی جلوگیری و تجمع بیشتر آن در خاک اندازه‌گیری شد که این یافته همبستگی معنی‌داری با کاهش نرخ تنفس خاک داشت. از سوی دیگر، درصد کربن آلی با گذشت زمان در خاک کاهش یافت و این نیز با افزایش نرخ تنفس در خاک همبستگی نشان داد. مقدار نیترات خاک تحت تاثیر غلظت‌های کاربردی کادمیم قرار نگرفت اما در طول زمان مقدار این آنیون درخاک افزایش یافت و پس از ۶۲ روز به حداکثر مقدار خود رسید. اثر متقابل کادمیم و زمان تنها بر تنفس خاک و درصد کربن آلی به ترتیب در سطح ۱ درصد معنی-دار بود.

هم‌سو بودن مقدار ماده آلی و برخی شاخص‌های زیستی خاک، مانند تنفس و افزایش غلظت نیترات، در طی زمان یک فرآیند طبیعی بوده اما آلودگی کادمیم می‌تواند سبب تاخیر یا کلا توقف این فرآیند شود. تجادا (۲۰۰۹) نشان داد که غلظت-های بالای کادمیم (۱۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک) اثر بازدارندگی بر زیست توده میکروبی، جمعیت کرم-های خاکی و شمار نماتدها دارد. ویلیامز و همکاران(۱۹۷۷)همچنین یانگن و همکاران (۲۰۰۶) در آزمایش‌های جداگانه نشان دادند که عناصر روی ، کادمیم و مس اثر بازدارندگی بر تنفس و زیست توده خاک دارند. آنها نیز گزارش کردند که کمترین اندازه تنفس در ابتدای آزمایش اندازه‌گیری شد و با گذشت زمان اندازه تنفس نیز افزایش یافت که با یافته‌های این پژوهش هم‌خوانی داشت. از سوی دیگر، دیازراوینا و بت (۱۹۹۶) گزارش کردند که در روزهای نخست پس از آلودگی خاک به سرب، برخی از شناسه‌ها، مانند تنفس پایه و تنفس برانگیخته، در غلظت‌های پایین سرب حتی اندکی افزایش یافتند ولی با افزایش اندازه آلودگی این شناسه‌ها نیز کاهش نشان دادند. با گذشت زمان خوابانیدن غلظت‌های پایین‌تر سرب هم سبب کاهش شناسه‌های میکروبی شدند. در این پژوهش همبستگی معنی‌داری بین غلظت نیترات و تیمار کادمیم وجود نداشت و این به-رغم آن بود که پژوهش‌گران مختلف به اثر بازدارندگی کادمیم بر فرآیند نیترات سازی خاک اشاره نمودند جین‌لانگ و همکاران (۲۰۱۳). مشاهده متفاوت پاسخ نیترات در این پژوهش می‌تواند به دلیل غلظت کم کادمیم در این تیمارها و جذب همین غلظت کم در بخش‌های مختلف خاک و کم اثر شدن آن باشد. در همین راستا، مفتون و همکاران (۲۰۰۴) با اشاره به تاثیر بخش معدنی در کاهش قابلیت استفاده کادمیم اضافه کردند که کربنات کلسیم سبب رسوب کادمیم و کاهش قابلیت استفاده آن در خاک به شکل کربنات کادمیم (اکتاویت) می‌شود. صفری سنجانی و جعفری (۲۰۱۶) نیز به تاثیر بخش معدنی بر کاهش قابلیت استفاده کادمیم اشاره کردند. اگلی و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان دادند که ماده آلی یک عامل استراتژیک خوب در زدودن خاک آلوده به فلزهای سنگین است، به ویژه ماده آلی که دارای اندازه فراوانی از هومیک اسید باشد.

در این پژوهش مشخص شد که تنفس میکروبی خاک به‌عنوان یک شاخص عمومی از فعالیت کلیه موجودات خاک و معدنی شدن کربن آلی تحت تاثیر غلظت‌های کادمیم قرار گرفت اما به‌طور اختصاصی، فرآیند معدنی شدن نیتروژن که در پی آن به افزایش نیترات خاک منتهی می‌شود تحت تاثیر تیمارهای کادمیم قرار نگرفت. همچنین مشخص شد تنها میزان تنفس و معدنی شدن کربن آلی تحت تاثیر تیمار کادمیم در طول زمان قرار داشت. بنابراین به‌نظر می‌رسد تنها شکسته شدن ساختار کربن آلی در خاک تحت تاثیر تیمارهای کادمیم در این پژوهش قرار گرفته باشد. ویژگی‌های شیمیائی خاک از جمله ماده آلی و کربنات کلسیم اثرات متفاوتی بر شاخص‌های بیولوژیکی اندازه گیری در غلظت های کم کادمیم در این آزمایش داشته اما برای تشخیص بهتر چگونگی اثر هر یک از این عوامل از جمله کربنات کلسیم بر شاخص‌های بیولوژیکی، مطالعات ویژه‌ای نیاز است.

منابع

احیایی، م. بهبهانی‌زاده، ع. ا. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک، نشریه فنی شماره۸۹۳. موسسه تحقیقات خاک و آب، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران. صفحه ۱۵۰.

کسرائیان، ع. کریمیان، ن. و غفوری. ۱۳۹۱. ارزیابی توزیع مکانی و تعیین نقاط بحرانی آلودگی کادمیم در بخشی از زمین های کشاورزی غرب شیراز به روش کریجینگ. نشریه آب و فاضلاب. شماره ۴، ۴۴ تا ۵۰.

یزدان پناه، ن. فتوت، ا. لکزیان، ا. حق نیا، غ. ۱۳۸۷. تاثیر فلزات سنگین روی و کادمیم بر فر آیند تنفس میکروبی در دو خاک آهکی و غیر آهکی. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). دوره ۲۲، ۵۹ تا ۶۸.

Aceves M., Grace C., Ansorena J., Dendooven L. and Brookes P.C. 1999. Soil microbial biomass and organic C in gradient of zinc concentrations in soil around a mine spoil tip. Soil. Biology and Biochemistery. 31: 867-876.

Anderson J.P.E. 1982. Soil respiration. p. 831-871. In: A.L.Page and R.H Miller (eds.) Methods of soil analysis. Part2. Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, Madison, WI.

Babula P., Ryant, P. and Adam, V. 2009. The role of sulphur in cadmium ions detoxification demonstrated in invitro model: Dionaea muscipula. Environment Chemistry 7: 353-361.

Bremner JM. Mulvaney CS. 1982. Nitrogen total. Pp. 595-624. In: Page AL (ed). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Methods. ASA and SSSA, Madison, WI

Diaz-Ravina M. and Bååth E. 1996. Development of metal tolerance in soil bacterial communities exposed to experimentally increased metal levels. Applied and Environmental Microbiology 62: 2970-2977.

Dubey R. 2011. Metal toxicity, oxidative stress and antioxidative defense system in plants, in Reactive Oxygen Species and Antioxidants in Higher Plants. S. D. Gupta, Ed., pp. 177–203.

Jinlong, Y., Guixiang, Q. and Cheng, D. 2013. Effects of the combined pollution of lead and cadmium on soil urease activity and nitrification. Procedia Enviromental Sciences 18: 78-83.

Maftoun M.F., Rassooli Z. Ali Nejad. and Karimian. 2004. Cadmium sorption behavior in some highly calcareous soils of Iran. Communications in Soil Science and Plant analysis. 35: 1271- 1282.

Rock R.C., Walker W.G. and Jennings C.D. 1986. Nitrogen Metabolites and Renal Function. In: Textbook of Clinical Chemistry. Edited by NW Titez. WB Saunders. Philadelphia, USA.

Safari Sinegani A.A. and Jafari M. 2016. Chemical speciation and bioavailability of cadmium in the temperate and semiarid soils treated with wheat residue.Environmental Science and Pollution Research.

Tejada M. 2009. Application of different organic wastes in a soil polluted by cadium. Effect on soil biological properties. Geoderma, 153: 254-268. DOI:10.1016/j.biortech2007.06.002.

Williams C.T., Mc-Neilly T. and Wellington E.M.H. 1977. The decomposition of vegetation growing on metal mine waste. Soil Biology and Biochemistry 9: 271–275.

Yuangen Y. Campbell C.D. Clark L., Cameron C.M. and Paterson E. 2006. Microbial indicators of heavy metal contamination in urban and rural soils. Chemosphere 63: 1942-1952.

The effect of cadmium contamination on soil respiration, carbon mineralization and nitrate concentration in a calcareous vermicompost -treated soil over time

A. Kasraian1, A. Salehian and M. Vessal
Ph.D. Assistant Professor of Soil Science, Young Researchers and Elite Club, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran. Alkasra@yahoo.com
Former Student of Biochemistry, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran, yasgood42@yahoo.com
Ph.D. Professor of Biochemistry, Biochemistry Department, Faculty of Science and Agriculture, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran , mahmoodvessal@yahoo.ca

Abstract

In the present research, the effect of 0, 2, and 5 mg Cd kg^{-1} soil on organic matter decomposition and soil respiration as two general microbial indices, and soil nitrate concentration at specified times 3, 7, 31, 62 and 93 days were studied in a sandy clay loam soil containing 2% vermicompost. Factors examined included time and the concentration of cadmium under controlled condition. A completely randomized design (CRD) with three replications were employed. The results indicated that cadmium affected only the soil respiration and soil organic matter content and, didn't have any effect on the soil nitrate concentration. Incubation at different time intervals effect on respiration, the percent of organic matter content and the nitrate concentration. The highest nitrate concentration was measured on 62 days after incubation time.

Keywords: Cadmium Concentration, Carbon mineralization, Soil respiration, Nitrate, Vermicompost