تاثیر کاربرد میکروارگانیسم‌های مؤثر (EM) در تجزیه کربن پسماند کمپوست قارچ

حمید خطیبی[۱] و اکبر حسنی[۲]
۱و۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک و استادیار گروه علوم خاک دانشگاه زنجان

چکیده

در این پژوهش تاثیر میکروارگانیسم‌های مؤثر بر سرعت و مقدار کربن تجزیه شده در پسماندهای کمپوست قارچ دکمه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای اعمال شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به صورت T1 : آب دیونیزه بدون مصرف EM، T2 : مصرف مایه تلقیح بدون رقیق‌سازی، T3 : مایه تلقیح با رقیق‌سازی ۱:۵، T4 : مایه تلقیح با رقیق‌سازی ۱:۱۰ و T5 : مایه تلقیح با رقیق‌سازی ۱:۲۰ بود. برای بررسی تجزیه کربن آلی، مقدار دی اکسیدکربن ناشی از تنفس اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج بیشترین کربن تجزیه شده با مقدار ۳۳/۸ میلی‌گرم بر گرم کمپوست به تیمار T2 تعلق داشت. بیشترین سرعت تجزیه (k) به تیمار T5 تعلق داشت و کمترین سرعت تجزیه نیز در تیمار T2 دیده شد. حداکثر کربن قابل معدنی شدن در تیمار T4 (۴۱/۵۱) برآورد شد.

واژه‌های کلیدی: پسماند، کمپوست قارچ، تنفس، باکتری، تجزیه، میکروارگانیسم‌های مؤثر.

مقدمه

یکی از مسائل مهم بشری دفع زباله‌ها و پسماندهای مواد غذایی می‌باشد و برای از بین بردن این مواد در مواردی اقدام به دفن و یا سوزاندن این مواد می نماید که این عمل نیز خود باعث آلوده شدن آب‌های زیرزمینی و هوا می‌گردد. استفاده بی‌رویه بشر از کودهای شیمیایی به منظور تقویت حاصلخیزی خاک و نیز حفظ عملکرد بالا و نیاز روز افزون به مواد غذایی ارگانیک و طبیعی و عاری از مواد شیمیایی انسان را به این فکر انداخته که چه روش‌هایی را به‌کار ببرد که هم زباله‌های مواد غذایی را از بین ببرد و هم تولید محصولات سالم داشته باشد. پسماند کمپوست قارچ خوراکی یکی از پسماندهای مواد غذایی می‌باشد که پس از خروج از سالن‌های پرورش قارچ، مانند پسماندهای دیگر می‌تواند برای انسان و محیط زیست مشکل‌ساز شود. پسماند کمپوست قارچ حاوی مقدار زیادی نیتروژن، فسفر و پتاسیم مورد نیاز گیاه است. علاوه بر آن به علت پاستوریزه بودن، فاقد هر گونه آلودگی میکروبی و بوی نامطبوع است. پسماند کمپوست قارچ می‌تواند به‌عنوان یک مکمل اصلاح کننده ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک در کشاورزی و باغبانی مورد استفاده قرار گیرد. شوری بالا و عدم تجزیه سریع این ماده، یکی از مشکلات اساسی کاربرد پسماند کمپوست قارچ تازه در کشاورزی و باغبانی می‌باشد، از آنجایی که تولید این چنین کودی نیاز به هزینه بالا نداشته و به میزان بسیار زیادی (بیش از ۱۸۰ هزار تن) به‌طور سالانه در کشور تولید می‌شود، بنابراین می‌تواند به عنوان یک کود آلی مناسب جهت کاربرد در عرصه کشاورزی و باغبانی باشد. به عبارتی می‌توان گفت، پسماند کمپوست قارچ یک ظرفیت خوش‌بینانه جهت اصلاح خاک‌های اسیدی، افزایش ظرفیت بهره‌وری خاک و به‌طور کلی بهبود ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌باشد (سلیمی‌و همکاران، ۱۳۸۹).

یکی از مسائل در فرایند کمپوست مدت زمان طولانی است که برای تکمیل فرآیند لازم می‌باشد. برای مثال، در نوعی روش ساخت کمپوست مبتنی بر دسته دسته کردن، در مقیاس کوچک، چهار تا پنج ماه طول می‌کشد تا از مواد آلی خام کمپوست تولید شود (Awasthi et al., 2014). رسیدن به روشی که بتواند فرایند ساخت کمپوست را تسریع کند یکی از چالش‌های این مبحث می‌باشد.

مفهوم میکروارگانیسم‌های مؤثر[۱] (EM) در طول دهه ۱۹۸۰ مطرح گردید و گزارش اثرات مفید این شیوه بر خاک، زمین و محیط زیست در همه‌جا به چشم می‌خورد که این مفهوم به باکتری‌هایی اطلاق می‌شود که از ترکیب آزاد و سودمند

[1] - Effective Microorganisms

میکروارگانیسم‌هایی که اغلب در تولید فرآورده‌های خوراکی بکار می‌روند پدید آمده است (Higa, 1995). این میکروارگانیسم‌ها هنگامی‌که در تماس با مواد ارگانیک قرار می‌گیرند ویتامین‌ها، اسیدهای طبیعی، مواد معدنی و آنتی اکسیدانت‌ها را تولید می-کنند. میکروارگانیسم‌های مؤثر حاوی سه خانواده باکتری‌های‌اسید لاکتیک، مخمرها و باکتری‌های فتوسنتزکننده می‌باشد. این کنسرسیوم، مواد ارگانیک را تخمیر کرده و تولید اسیدهای ارگانیک می‌کنند، همچنین پاتوژن‌ها را تحت فشار قرار می‌دهند و دارای ویتامین‌ها و اسیدهای‌آمینه هستند و در تعادل با دیگر میکروارگانیسم‌های فعال بوده و امکان همزیستی و همکاری با آنها را فراهم می‌سازند. در این پژوهش سعی شده است تاثیر میکروارگانیسم‌های‌مؤثر بر سرعت و مقدار کربن تجزیه شده در پسماندهای‌کمپوست قارچ دکمه‌ای مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

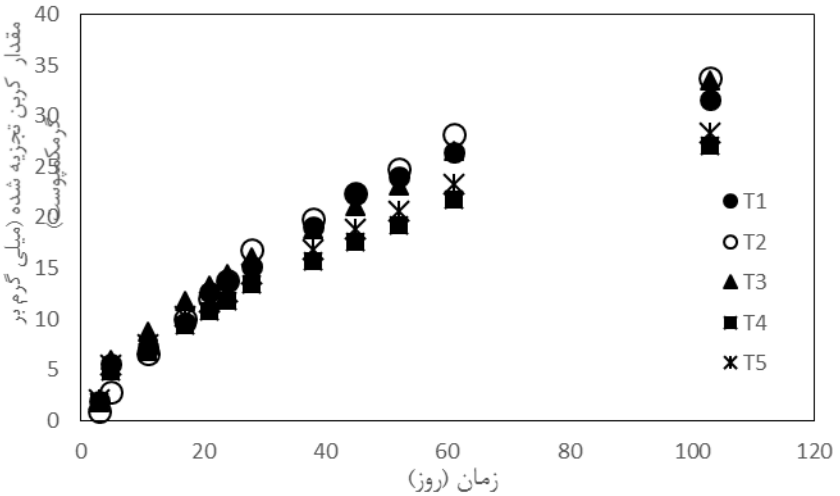
در این پژوهش کنسرسیوم باکتری‌های مؤثر (EM) از شرکت امکان‌پذیر پارس، نماینده سازمان بین المللی EMRO ژاپن در ایران خریداری گردید، نمونه‌ها از ضایعات کمپوست قارچ دکمه‌ای شرکت مجتمع کشاورزی جلگهٔ صدف مستقر در شهر زنجان تهیه شد. نمونه کمپوست تهیه شده در مرحله بعد از برداشت سوم قرار داشت. نمونه تهیه شده پس از هوا خشک نمودن توسط آسیاب پودر شده و در ظرف مخصوص برای آزمایش تنفس نگهداری شد. برای بررسی تجزیه کربن آلی، مقدار دی اکسید کربن ناشی از تنفس به روش Jaggi (۱۹۷۶) اندازه‌گیری شد. مقدار ده گرم نمونه خشک به ظروف پلاستیکی ۱۵۰ میلی‌لیتری اضافه شد. رطوبت نمونه‌ها در طول کل دوره آزمایش در حد ۵۰ درصد وزنی حفظ شد. همراه با ظروف نمونه، یک بشر حاوی ۴۰ میلی‌لیتر محلول هیدروکسیدسدیم یک مولار نیز در درون یک ظرف تنفسی یک لیتری قرار داده شد. تیمارهای اعمال شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به صورت T1 : اضافه کردن ۲۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه بدون مصرف مایه تلقیح EM، T2 : مصرف مستقیم مایه تلقیح بدون رقیق‌سازی به حجم ۲۰ میلی‌لیتر، T3 : مصرف مایه تلقیح با رقیق سازی ۱:۵ و حجم نهایی ۲۰ میلی‌لیتر، T4 : مصرف مایه تلقیح با رقیق‌سازی ۱:۱۰ و حجم نهایی ۲۰ میلی‌لیتر، T5 : مصرف مایه تلقیح با رقیق‌سازی ۱:۲۰ و حجم نهایی ۲۰ میلی‌لیتر بود. پس از اعمال تیمارها درب محفظه‌ها به شدت بسته شد تا هیچ تبادلی با محیط خارج نداشته باشند و در دستگاه انکوباسیون تحت دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار گرفتند. طول دوره آزمایش به مدت ۱۰۲ روز ادامه پیدا کرد. اندازه‌گیری مقدار سود باقی مانده از طریق تیتراسیون در آزمایشگاه انجام گرفت (Anderson and Domsch, 1978). محتویات ظرف حاوی محلول هیدروکسید سدیم بعد از باز کردن درب ظرف تنفس به داخل ظروف مورد نظر ریخته شده و سریعاً عمل تیتر کردن با محلول اسید هیدروکلریک نیم مولار انجام گرفت تا سود مورد نظر با CO_2 محیط واکنش ندهد. برای حذف یون کربنات به ظرف تیتراسیون ۵ میلی‌لیتر محلول باریم کلرید اضافه شد. یک ظرف تنفسی بدون نمونه ولی همراه با محلول هیدروکسید سدیم نیز به عنوان شاهد در کنار ظروف تنفس قرار گرفت تا مقدار گاز دی اکسیدکربن محیط را جذب نماید. مقدار کربن تجزیه شده بر حسب میلی‌گرم بر گرم کمپوست از اندازه‌گیری مقدار دی اکسیدکربن متصاعد شده اندازه‌گیری شد.

داده‌های تنفس با معادله استانفورد و اسمیت از طریق نرم افزار Sigma plot 12 برازش داده شده و نتایج به دست آمده با نرم افزار SAS تجزیه شدند. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد. مقایسه میانگین اثرات اصلی بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

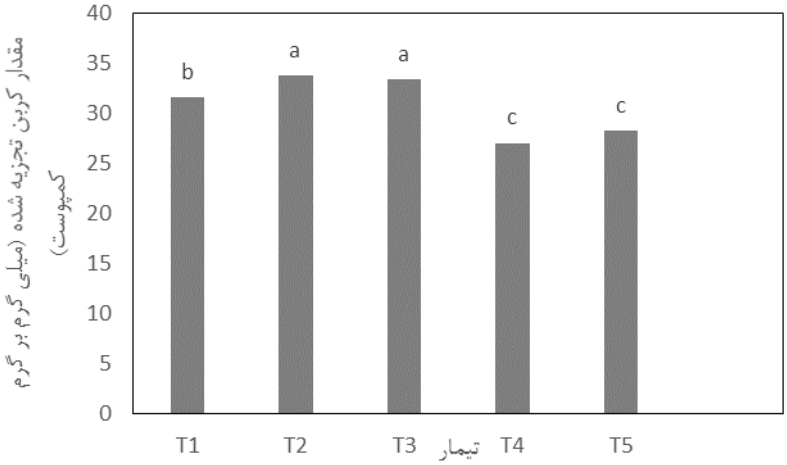
نتایج و بحث

نتایج تنفس تجمعی میکروبی تیمارهای مختلف طی یک دوره ۱۰۳ روزه در شکل ۱ دیده می‌شود. روند تجزیه کربن نشان داد که در روزهای اولیه، تجزیه کربن در تیمار T2 کمتر از سایر تیمارها می‌باشد، اگرچه پس از گذشت زمان کافی، مقدار کربن تجزیه شده در این تیمار افزایش یافته و در نهایت در پایان دوره بیشترین کربن تجزیه شده به این تیمار تعلق داشت (شکل ۲). روند تجزیه کربن نشان داد که سرعت تجزیه در روزهای اولیه به شکل نمایی افزایش یافته و پس از گذشت زمان کافی، در پایان دوره به مقدار ثابتی می‌رسد. مقایسه آماری میانگین کل کربن تجزیه شده در طول دوره نشان داد که کاربرد

میکروارگانیسم‌های مؤثر بدون رقیق‌سازی (T2) و رقیق‌سازی به نسبت ۱:۵ (T3) تاثیر ملایم معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر مقدار کل کربن تجزیه شده داشت و باعث افزایش آن شد. رقیق‌سازی با نسبت‌های ۱:۱۰ (T4) و ۱:۲۰ (T5) منجر به کاهش مقدار کل کربن تجزیه شده نسبت به تیمار شاهد شد.



شکل ۱- مقدار کربن تجمعی تجزیه شده (میلی گرم بر گرم کمپوست) در تیمارهای مختلف در طول دوره آزمایش



شکل ۲- مقدار کل کربن تجزیه شده (میلی گرم بر گرم کمپوست) در تیمارهای مختلف در پایان دوره آزمایش

با توجه به کربن تجزیه شده در طول دوره آزمایش و با برازش داده‌های به دست آمده از تیمارهای مختلف نشان داد که روند تجزیه کربن همبستگی بالایی با رابطه ۱ دارد:

$$C_t = a_0t^2 + a_1t + a_2 \qquad (۱)$$

در این رابطه t زمان، C_t مقدار کربن تجزیه شده در زمان t و هچنین a_0، a_1 و a_2 ضرایب ثابت معادله می‌باشند. این مقادیر برای هر تیمار تفاوت دارد که در جدول ۳ و شکل ۲ همراه با ضریب همبستگی دیده می‌شود. مقدار کربن تجزیه شده با منحنی حاصل از رابطه ۱ تطبیق خوبی داشت و ضریب همبستگی معادله (R^2) با مقدار کربن تجزیه شده در تیمارهای مختلف بیش از ۰/۹۹ بود. بیشترین ضریب همبستگی در تیمار T2 دیده شد که در آن مایه تلقیح EM بدون رقیق‌سازی استفاده شده بود.

شیرانی و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی کمپوست زباله شهری، ورمی‌کمپوست، کود دامی و کمپوست پسته گزارش نمودند که روند تجزیه این ترکیبات در خاک از یک معادله نمایی تبعیت می‌کند. در گزارش آنها همبستگی داده‌های تجزیه با معادله ارائه شده نیز بیش از ۰/۹۸ بود.

جدول ۱. ضرایب ثابت و ضریب همبستگی برازش رابطه ۱ با داده‌های تجزیه کربن در طول دوره آزمایش

تیمار	a_0	a_1	a_2	R^2
T_1	-0.0028	0.586	1.199	0.995
T_2	-0.0032	0.6623	0.4431	0.997
T_3	-0.0022	0.5236	2.630	0.989
T_4	-0.0019	0.4429	1.956	0.993
T_5	-0.0022	0.4747	2.229	0.992

در پژوهشی Stanford و Smith (۱۹۷۲) مقدار نیتروژن قابل معدنی شدن را در گزارش خود مورد بررسی قرار دادند که از این تئوری برای کربن قابل معدنی شدن نیز می‌توان استفاده نمود. بر این اساس کربن قابل تجزیه شدن (C_0) و ثابت نرخ تجزیه آن از انکوباتور نمودن مواد آلی و اندازه‌گیری مقدار کربن تجزیه شده و زمان انکوباسیون به دست می‌آید. آنان گزارش نمودند که تجزیه کربن در دما و رطوبت بهینه از یک معادله سینتیکی درجه اول پیروی می‌کند.

$$-dC / dt = kC \quad (۲)$$

با انتگرال گیری از زمان صفر تا زمان t و آنتی لگاریتم گیری آن به رابطه ۳ حاصل می‌شود.

$$C_t = C_0 e^{-kt} \quad (۳)$$

که در آن Ct برابر با مقدار کربن آلی قابل تجزیه در زمان t (حداکثر کربن قابل تجزیه شدن) می‌باشد و در این حالت در زمان صفر مقدار آن برابر با C_0 می‌باشد. مقدار کربن تجزیه شده (C_{min}) از اختلاف کربن قابل تجزیه اولیه (C_0) و کربن قابل تجزیه در زمان t (Ct) به دست می‌آید:

$$C\ min = C0 - Ct \quad (۴)$$

که با جایگزینی آن با رابطه ۳ در رابطه ۴ مقدار کربن تجزیه شده در زمان t به دست می‌آید :

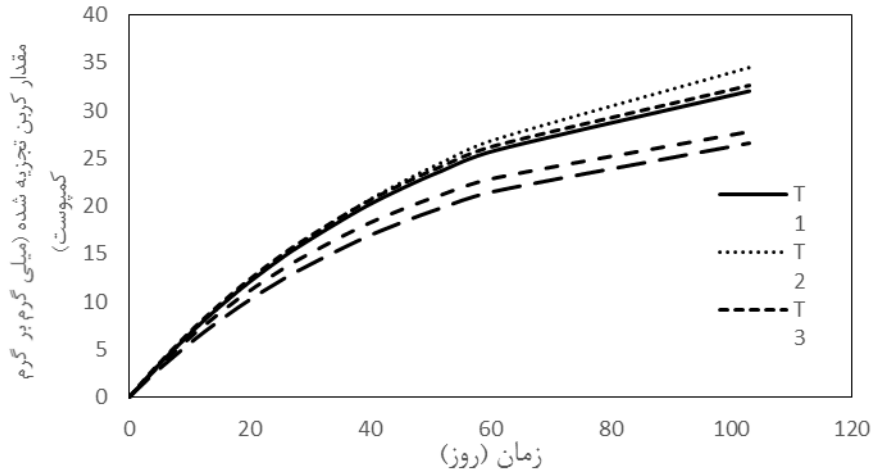
$$C_{mint} = C_0 - C_0e^{-kt} = C0\ (1- e^{-kt}) \quad (۵)$$

که در آن C_{mint} مقدار کربن تجزیه شده در زمان t، C_0 حداکثر مقدار کربن قابل تجزیه شدن (میلی‌گرم کربن در گرم کمپوست)، t زمان (روز) و k نیز ثابت نرخ تجزیه (یک بر روز) می‌باشد. ضرایب این معادله با برازش رابطه ۵ بر داده‌های کربن تجزیه شده (C_{mint}) در مراحل مختلف انکوباسیون توسط نرم‌افزار Sigma plot تعیین شد که در جدول ۲ دیده می‌شود. همبستگی داده‌های حاصل از آزمایش با معادله استانفورد و اسمیت در همه تیمارها بیش از ۰/۹۸ بود و بیشترین همبستگی در تیمار T2 دیده شد.

جدول ۲- برآورد ضرایب معادله استانفورد و اسمیت (۱۹۷۲) و همبستگی آن با داده‌های حاصل از آزمایش

تیمار	C_0	k	R^2
T1	36.73 b	0.0199 b	0.992
T2	41.51 a	0.0172 c	0.995
T3	37.35 b	0.0200 ab	0.984
T4	30.23 c	0.0205 ab	0.990
T5	30.85 c	0.0222 a	0.988

بر اساس نتایج به دست آمده اثر تیمارهای مختلف بر حداکثر کربن قابل معدنی شدن و سرعت تجزیه کربن معنی‌دار بود. بیشترین سرعت تجزیه (k) به تیمار T5 تعلق داشت و کمترین سرعت تجزیه نیز در تیمار T2 دیده شد. حداکثر کربن قابل معدنی شدن در تیمار T2 برآورد شد.



شکل ۲- مقدار کل کربن تجزیه شده (میلی‌گرم بر گرم کمپوست) بر اساس معادله استانفورد و اسمیت در تیمارهای مختلف در پایان دوره آزمایش

منابع

سلیمی، ح. عباس دخت، ح. اصغری، ح. عارف بیگی، م. ۱۳۸۹. ارزیابی پسماند کمپوست قارچ خوراکی جهت کاربرد در کشاورزی و باغبانی. اولین کنگره چالش‌های کود در ایران، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.

شیرانی، ح. ابوالحسنی زراعت‌کار، م. لکزیان، ا. اخگری، ع، ر. ۱۳۹۰. سرعت تجزیه مواد آلی کمپوست زباله شهری، ورمی کمپوست، کود دامی و کمپوست پسته در بافت و شوری های متفاوت خاک در شرایط آزمایشگاهی. نشریه آب و خاک، جلد ۲۵، شماره‌ی ۱، صفحه‌های ۸۴ تا ۹۳.

Anderson J.P.E., and Domsch K.H. 1978. Mineralization of bacteria and fungi in chloroform-fumigated soils. Soil Biol. Biochem. 10: 207-213.

Awasthi M. K., Pandey A. K., Khan J., Bundela P. S., Wong J. W., and Selvam A. 2014. Evaluation of thermophilic fungal consortium for organic municipal solid waste composting. Bioresource technology, 168, 214-221.

Jaggi W., 1976. Die bestimmung der CO2-bildung asl MaB der bodenbiologischen aktivitat. Schw Landw Forsch 15:371-380.

Higa T. 1995. What is EM technology. Okinawa, Japan: University of Ryukyus, College of Agriculture.

Stanford G., and Smith S.J. 1972. Nitrogen mineralization potentials of soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 36: 465-472.

Effect of effective microorganisms (EM) on carbon decomposition of spent mushroom substrate

H. Khatibi[1] and A. Hassani[2]

1 and 2- M.S. Student and Assistant Professor of Soil Science, Department of Soil Science, University of Zanjan, Iran

Abstract

In this study, the effect of effective microorganisms on the rate and the amount of carbon decomposition was investigated in the spent mushroom substrate. Treatments applied in a randomized complete block design with three replications of T1: de-ionized water without the use of EM, T2: the use of inoculants without dilution, T3: inoculants at a dilution of 1:5, T4: inoculants at a dilution of 1:10 and T5: inoculated with a 1:20 dilution. To evaluate the decomposition of organic carbon, the amount of carbon dioxide resulting from respiration was measured. Based on the results, the most carbon decomposition belonged to treatment T2 by the amount of 33.8 mg per gram compost. The highest decomposition rate was related to the T5 treatment and the least decomposition rate was observed for the T2 treatment. The maximum mineralizable carbon was estimated from the T4 treatment (41.51).

Keywords: waste, spent mushroom substrate, bacteria, decomposition, effective microorganisms