مجله علمی ـ پژوهشی زیست‌فناوری گیاهان زراعی
سال چهارم، شماره نهم، بهار ۱۳۹۴ (۶۴-۴۹)

Crop Biotech.
Spring (2015) 9: 49-64.

بهینه‌سازی تولید سریع کمپوست غنی‌شده از باگاس نیشکر با استفاده از فرایندهای بیوتکنولوژیک

فرید سرکمریان[۱]، غلامرضا صالحی‌جوزانی*[۲]، فواد مرادی[۳]
۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد بیوتکولوژی کشاورزی، گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان
۲. دانشیار بخش تحقیقات بیوتکنولوژی میکروبی و ایمنی زیستی پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران (ABRII)، کرج
۳. استادیار بخش تحقیقات فیزیولوژی مولکولی پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران (ABRII)، کرج
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۱۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹٤/۳/۲۳)

Fast production of enriched biocompost from sugarcane baggase using biotechnological process

Farid Sarkamarian[1], Gholamreza Salehi Jouzani[2*], Foad Moradi[3]
1. M.Sc. student of Agricultural Biotechnology, Agricultural Biotechnology Department, Collegue of Agriculture, Islamic Azad University, Damghan Branch. Damghan, Iran.
2. Associate Professor in Microbial Biotechnology and Biosafety Department, Agricultural Biotechnoloy Research Institute of Iran (ABRII), Karaj, Iran.
3. Assistant Professor in Molecular Physiology Department, Agricultural Biotechnoloy Research Institute of Iran, Karaj, Iran.
(Received: 7 Mar. 2015 - Accepted: 13 Jun. 2015)

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بهینه‌سازی تولید سریع بیوکمپوست از باگاس نیشکر با استفاده از ریزسازواره‌های بومی و سایر پسماندهای قابل دسترس بود. چهار سویه باکتریایی بومی با فعالیت بالای هیدرولازی در شرایط بهینه کشت و تولید شدند. تولید کمپوست در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی در کمپوسترهای آزمایشگاهی اجرا شد. در همه تیمارها (بجز شاهد)، باگاس، فیلتر کیک و ویناس به عنوان مواد پایه استفاده شدند و در هر کدام نیز بوستر میکروبی (۱۰۷-۱۰٦ سلول در گرم پسماند)، کود مرغی یا اوره استفاده شد. تیمارها شامل ۱- کودمرغی و بوستر میکروبی، ۲- کودمرغی، ۳- کود اوره و بوستر میکروبی، ٤- کود اوره، و ٥- فقط باگاس (شاهد) بودند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان افزایش دما (تا ۵۸ درجه)، و بیشترین میزان کاهش C/N (۱۵/۹) و EC در تیمار ۱ روی داد. بالاترین میزان محتویات فسفر (۱/۱ ٪)، پتاسیم (۱٪)، نیتروژن کل (۲٪) و نیترات (۲۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و همچنین پایین‌ترین میزان آمونیوم (٦۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) به ترتیب در تیمارهای ۱ و ۲ مشاهده شد. بررسی سمیت کمپوست نهایی تیمارها بر جوانه‌زنی بذر ترتیزک نیز نشان داد که سریع‌ترین و بیشترین میزان جوانه‌زنی در کمپوست تیمار ۱ و۲ مشاهده شد. ارتفاع، وزن خشک و تر گیاهان گندم کشت شده در کمپوست حاصل از تیمار ۱ بطور معنی‌داری بیش از سایر تیمارها بود. لذا حضور سویه‌های میکروبی و کود مرغی منجر به کاهش معنی‌دار زمان فرایند، بلوغ کامل و افزایش کیفیت کودی کمپوست تولیدی از پسماندهای نیشکر شده است.

واژه‌های کلیدی: باگاس، بوستر میکروبی، کمپوست، کود مرغی، فیلتر کیک، ویناس.

Abstract

The objective of the present study was to optimize fast production of enriched biocompost from sugarcane bagasse using native effective microorganisms and also other available materials. Four native bacterial strains with high hydrolase activities were produced at their optimized fermentation conditions. The compost production experiments were performed in the format of completely randomized design (CRD). Bagasse, filter cake and vinasses were used as base materials in all treatments (exception for control). The microbial cocktail (10^{6}-10^{7} cells/g waste), chicken manure or urea was used as improvers. The treatments were as follows: T1- chicken manure and microbial cocktail, T2-chicken manure, T3- urea and micronial cocktail, T4- urea, and T5-control (only bagasse). The maximum temperature increase (upo to 58°C), the maximum C/N ratio (15.9) and EC reductions was observed for T1, followed by T2. The highest phosphorous (1.1%), potassium (1%), total nitrogen (2%) and nitrate (210 mg/kg) and also the lowest ammonia (67 mg/kg) contents were observed in T1. Evaluation of the phytotoxicity effects of the produced composts on cress (*Lepidium sativum*) seeds germination showed that the fastest and maximum germination was observed for T1 and T2, respectively. The wheats cultured on the compost produced from T1 showed significantly higher height, and fresh and dry weights compared to other treatments. So, the results of the present study showed that the presence of microbial strains ans chicken manure enhanced a significant reduction inprocess period, compost maturity and finally production of high quality compost from sugarcane wastes.

Keywords: Bagasse, Compost, Chicken manure, Effective microorganisms, Filter cake, Vinasses.

* نویسنده مسئول: غلامرضا صالحی جوزانی
E-mail: gsalehi@abrii.ac.ir

مقدمه

یکی از محصولات مهم زراعی که در صنعت شکر دنیا نقش مهمی ایفا می کند، نیشکر می‌باشد. سطح زیر کشت جهانی آن بیش از ۲۵ میلیون هکتار و میزان تولید جهانی آن نیز حدود ۱/۶ میلیارد تن است (Chandel *et al.*, 2012). سطح زیر کشت این محصول در ایران حدود ۱۰۰ هزار هکتار می‌باشد (Hemayati *et al.*, 2011). از مهمترین مشکلات تولید نیشکر و صنایع جانبی آن، تولید پسماندهای مختلف از قبیل باگاس، ملاس، فیلتر کیک، و ویناس است که علی رغم با ارزش بودن، استفاده خاصی از آنها نشده و عموماً باعث بروز مشکلات متعدد مدیریتی و محیط زیستی می‌شوند. باگاس ماده‌ای فیبری (تفاله) است که پس از استخراج شکر از نیشکر صورت قطعات ریز تراشهٔ چوب و به رنگ زرد کاهی بدست آمده، حدوداً ۳۰ تا ۳۲ درصد وزن آن را تشکیل می‌دهد و عموماً دارای رطوبت حدود ۵۵-۵۰ درصد می‌باشد (Hemayati *et al.*, 2011). ساختار باگاس متشکل از سلولز (۳۵٪)، همی سلولز (۲۴٪)، لیگنین (۲۲٪) و حدود ۲۰ درصد خاکستر حاوی سایر مواد معدنی می باشد (Rezende *et al.*, 2011). میزان تولید باگاس در دنیا حدود ۵۰۰ میلیون تن (Chandel *et al.*, 2012; Rezende *et al.*, 2011) و در ایران حدود ۲ میلیون تن می‌باشد که از حدود ۶ میلیون تن نیشکر تولیدی کشور باقی می‌ماند (Hemayati *et al.*, 2011). متأسفانه بخش زیادی از باگاس تولیدی استفاده‌ای نداشته و عموما بصورت خودبخودی یا عمدی سوزانده می‌شود، در صورتی‌که این پسماند می‌تواند برای تولید مواد با ارزش مختلفی از قبیل کمپوست، بیواتانول، نئوپان، علوفه دام، تولید کاغذ، نانوسلولز، کربن فعال، زایلان، حذف رنگ‌ها و آلودگی‌ها و سایر موارد به کار برده شود (Chandel *et al.*, 2012; Li *et al.*, 2012; Said *et al.*, 2012; Dantas *et al.*, 2013; Jayapal *et al.*, 2013; Zayed and Abdel Motaal, 2005).

یکی از مهمترین راهکارهای استفاده از باگاس و پسماندهای نیشکر در کشور، تولید بیوکمپوست است که می تواند به عنوان کود آلی و جایگزین کودهای شیمیایی در گلخانه‌ها، باغات و مزارع استفاده شود. مهمترین مشکلات تولید بیوکمپوست از پسماندهای کشاورزی از قبیل باگاس، طولانی بودن زمان فرایند (بین ۶ ماه تا یک سال) و کیفیت پایین آن بدلیل عدم بلوغ کامل فرایند و در نتیجه عدم اقتصادی بودن تولید آن می باشد. دلیل طولانی بودن فرایند، عدم تعادل مواد و عناصر موجود در ترکیب باگاس و همچنین کم بودن جمعیت و فعالیت میکروبی موثر در فرایند می‌باشد (Ellahi, 2005; Mohammadi Goltapeh, 1997; Meunchang *et al.,* 2005; Zayed and Abdel-Motaal, 2005 Ismayana *et al.*, 2013). فرایند کمپوست‌سازی، یک فرایند زیستی می‌باشد که در آن کلیدی‌ترین نقش را ریزسازواره‌ها بر عهده دارند. هر چه ریزسازواره‌های موجود در فرایند از لحاظ قدرت تجزیه کنندگی بالاتر باشند، مدت زمان فرایند کوتاه‌تر و کمپوست تولیدی دارای بلوغ کاملتری خواهد بود. در طی فرایند کمپوست، در حضور رطوبت و ریزسازواره‌ها، مواد آلی (کاه وکلش) در محیط هوازی و شرایط کنترل شده تجزیه شده و دمایی حدود ۶۰ الی ۷۵ درجه سلسیوس تولید می‌نمایند. در صورت کامل شدن فرایند، کمپوست تولیدی به اندازه کافی پایدار بوده و بدون آن که عوارض زیست محیطی در پی داشته باشد، قابل مصرف شدن به عنوان کود آلی می‌باشد. با توجه به این‌که یکی از مهمترین عوامل در فرایند تولید کمپوست، جمعیت میکروبی موجود در فرایند می باشد، لذا نوع فلور میکروبی می تواند نقش بسیار مهمی در کیفیت کمپوست تولیدی داشته باشد. به همین دلیل تحقیقات متعددی در خصوص تعیین ریزسازواره‌های مهم در تبدیل پسماندها به کمپوست انجام شده است. با توجه به اینکه در طی فرایند تولید کمپوست، دما به بالای ۶۰ درجه سلسیوس می‌رسد،

اکثر میکروب‌های فعال از نوع اکستریموفیل و یا مزوفیل می باشند (Tian *et al.*, 2013; Ishii *et al.*, 2000; Atkinson *et al.*, 1996; Pepe *et al.*, 2013). تحقیقات اخیر نشان داده است که می‌توان با افزودن ریزسازواره‌های موثر و همچنین تنظیم ترکیبات اولیه، سرعت فرایند کمپوست در پسماندهای مختلف کشاورزی را زیاد کرده و کمپوستی با کیفیت و پایدار تولید نمود (Kavitha and Subramanian, 2007; Xi *et al.*, 2002; Singh and Sharma, 2002; Formowitz *et al.*, 2007; Jusoh *et al.*, 2013).

علی رغم سطح بالای تولید باگاس در کشور، در خصوص تولید کمپوست از باگاس و فیلتر کیک نیشکر تحقیقات زیادی صورت نگرفته است (Torkashvand *et al.*, 2012; Mohammadian Fard and Askari, 2013). در سطح بین‌المللی تحقیقات بیشتر در خصوص بهینه‌سازی تولید کمپوست از باگاس، شناسایی میکروارگانیسم‌های مختلف موثر در فرایند کمپوست باگاس و تاثیر کمپوست باگاس بر حاصلخیزی مزارع و باغات گیاهان مختلف بوده است. مثل سایر ترکیبات لیگنوسلولزی، تولید کمپوست از باگاس نیشکر یکی از راهکارهای مناسب در جهت تولید کود آلی برای افزایش حاصلخیزی خاک می‌باشد. اما تولید کمپوست از نیشکر بدلیل ساختار لیگنوسلولوزی و غیر قابل محلول آن دارای مشکلات متعددی از قبیل طولانی بودن زمان فرایند کمپوست، عدم تکمیل فرایند و بلوغ کامل و همچنین پایین بودن میزان ازت موجود در آن و در نتیجه پایین بودن کیفیت آن می‌باشد. این موارد منجر به عدم اقتصادی بودن آن می‌شود (Meunchang *et al.*, 2005; Zayed and Abdel-Motaal, 2005; Ismayana *et al.*, 2013). با توجه به موارد فوق، هدف از اجرای تحقیق حاضر تولید سریع بیوکمپوست غنی شده از باگاس نیشکر با استفاده از ریزسازواره‌های موثر بومی و همچنین تنظیم مواد ورودی پسماند بوده است.

مواد و روش‌ها

تهیه کمپوستر

به منظور ساخت کمپوسترهای آزمایشگاهی، جعبه‌های چوبی دو حجره‌ای با اندازه ۱×۰/۷×۰/۷ مترمکعب طراحی و ساخته شد بنحوی که هر حجره به عنوان یک کمپوستر آزمایشگاهی استفاده شد. این جعبه‌ها از ۵ طرف مجهز به توری فلزی بوده که این ویژگی زمینه هوادهی بهتر سیستم را در طی کمپوستینگ فراهم می‌نماید.

تهیه سویه‌های میکروبی

تعداد چهار سویه باکتری بومی جداسازی شده از فرایند کمپوست شامل *Brevibacillus formosus, Bacillus licheniformis, Geobacillus thermodenitrificans, Brevibacillus agri* که در مطالعات قبلی فعالیت هیدرولازی قوی (سلولاز و زایلاناز) و اثرات مثبت آنها در فرایند کمپوست تایید شده بود، استفاده شدند (Pourmazaheri *et al.*, 2013). هر یک از سویه‌ها در ارلن‌های ۲۵۰ میلی لیتری در محیط کشت نوترینت‌براس (NB) در شرایط بهینه دمایی خود (سویه *G. thermodenitrificans* در دمای ۶۰ درجه و سایر سویه‌ها در دمای ۳۰ درجه سلسیوس) به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور با دور rpm ۱۵۰ تا رسیدن به غلظت به میزان $۱۰^{۹}$ سلول در میلی‌لیتر کشت شدند. پس از رشد سویه‌ها، هر یک از سویه‌ها به میزان $۱۰^{۶}$–$۱۰^{۷}$ سلول در گرم باگاس در فرایند کمپوست استفاده شدند.

اندازه‌گیری میزان رطوبت و نسبت کربن به ازت (C/N) اولیه

در این مرحله رطوبت و نسبت C/N اولیه باگاس مورد استفاده در تحقیق اندازه‌گیری شد. میزان رطوبت تیمارها با اندازه‌گیری وزن تر و کسر آن از وزن

خشک (پس از سه روز نگهداری نمونه باگاس در آون تحت دمای ۷۰ درجه سلسیوس) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری درصد کربن، در ابتدا درصد خاکستر مشخص شد. برای محاسبه درصد خاکستر مقداری از نمونه خشک در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۸ ساعت قرار داده شد. درصد خاکستر از تفریق وزن نمونه بعد از احتراق از میزان وزن نمونه خشک قبل از احتراق و تقسیم نتیجه بر وزن نمونه خشک قبل از احتراق ضرب در ۱۰۰ بدست آمد. پس از محاسبه درصد خاکستر میزان درصد کربن مساوی است با میزان درصد خاکستر ضرب در ۱۰۰ تقسیم بر ۱/۸ (Tiquia, 2005; Wu *et al.*, 2001). برای اندازه‌گیری ازت کل از روش کجلدال استفاده شد.

اجرای فرایند کمپوست و تیماربندی توده‌ها

ابتدا باگاس جمع‌آوری شده از شرکت کشت و صنعت امیر کبیر واقع شده در اطراف شهر اهواز به مدت سه روز در آب خیسانده شد تا میزان رطوبت اولیه به بیش از ۷۰ برسد. وزن نهایی هر تیمار حدود ۲۰ کیلوگرم در نظر گرفته شد که در آن مقدار باگاس، فیلتر کیک و ویناس به عنوان پسماندهای نیشکر به صورت صورت ثابت و به ترتیب ۱۰، ۳ و ۳ کیلوگرم در نظر گرفته شد. میزان سایر مواد نیز با توجه به فرمول اشاره شده فوق محاسبه شد. در تیمارها از ریزسازواره‌های بومی و همچنین سایر مواد قابل دسترس شامل کود مرغی و کود اوره به عنوان مواد غنی‌کننده و اصلاح‌کننده ساختار کمپوست استفاده شدند تا میزان نسبت کربن به ازت مورد انتظار به حدود ۳۰ برسد. همچنین جهت تنظیم pH، تبادل گاز و هوای بهتر به هرکدام از تیمارها مقدار ۵۰۰ گرم سنگ گچ اضافه شد. تحقیق در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با ۵ تیمار و سه تکرار در کمپوسترهای آزمایشگاهی به مدت یک ماه اجرا شد (جدول ۱). در طی اجرای فرایند، رطوبت نمونه‌ها هر سه روز یک‌بار اندازه‌گیری و در صورت نیاز رطوبت‌دهی جهت حفظ آن در حدود ۶۰ تا ۷۰٪ انجام شد. هوادهی و همزدن توده‌های داخل جعبه‌ها نیز هر پنج روز یک بار انجام شد.

جدول ۱. تیمارها و نسبت ترکیبات مورد استفاده در تحقیق

شماره	تیمار	باگاس (Kg)	کودمرغی (Kg)	اوره (Kg)	فیلترکیک (Kg)	ویناس (لیتر)	میکروب
1	باگاس+کودمرغی+فیلترکیک+ویناس	10	4	–	3	3	+
2	باگاس+کودمرغی+فیلترکیک+ویناس+میکروب	10	4	–	3	3	–
3	باگاس+اوره+فیلترکیک+ویناس	10	–	0.5	3	3	+
4	باگاس+اوره+فیلترکیک+ویناس+میکروب	10	–	0.5	3	3	–
5	باگاس	10	–	–	–	–	–

اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیکوشیمیایی مواد اولیه و همچنین کمپوست‌ها در حین و پایان فرایند

شاخص‌های فیزیکوشیمیایی شامل محتویات ازت کل، نسبت C/N، آمونیوم، نیترات، فسفر، پتاسیم، هدایت الکتریکی (EC)، pH در حین فرایند کمپوست در تیمارهای مختلف هر ده روز یکبار انجام شد. اندازه‌گیری دما نیز به صورت روزانه و در ساعت مشخص انجام شد. میزان pH در یک محلول به نسبت ۱ به ۱۰ کمپوست و آب اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری EC ابتدا مقداری از کمپوست را با نسبت ۱ به ۱۰ با آب مخلوط کرده و سپس با استفاده از دستگاه EC متر مقدار EC بر حسب دسی زیمنس بر متر تعیین شد. نسبت C/N نیز مطابق روش اشاره

شده در بالا اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان پتاسیم و فسفر از روش هضم در اسیدهای قوی و آنالیز با دستگاه اسپکتروفوتومتر جذب اتمی انجام شد (Nishanth and Biswas, 2008). غلظت آمونیوم با استفاده از دستگاه کلریمتر در حذب ۶۵۰ نانومتر به روش اندازه‌گیری شد (Baethgen and Alley 1989). کل آزمایشات اندازه‌گیری حداقل ۳ بار تکرار شد.

ارزیابی سمیت برای گیاه تره تیزک و همچنین تاثیر بر شاخص‌های رشدی گندم

در آزمایش تست سمیت، از بذرهای گیاه تره تیزک استفاده شدو آزمایش در فیتوترون با دما و شرایط کنترل شده انجام شد. آزمایش در تعداد ۱۵ گلدان در قالب ۵ تیمار و سه تکرار انجام شد. به منظور بررسی تاثیر تیمارهای مختلف کمپوست بر صفات رویشی در اندام‌های هوایی گیاه گندم، آزمایشی گلخانه‌ای فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با مقادیر ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد کمپوست، هر کدام شامل ۳ تکرار کشت انجام و پس از آن نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری ارتفاع، وزن تر و وزن خشک بوته‌ها صورت گرفت.

روش بررسی و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام پذیرفت، نمودارها با استفاده از برنامه Excel و بر اساس نتایج حاصله از مقایسه میانگین‌ها رسم شد.

نتایج و بحث

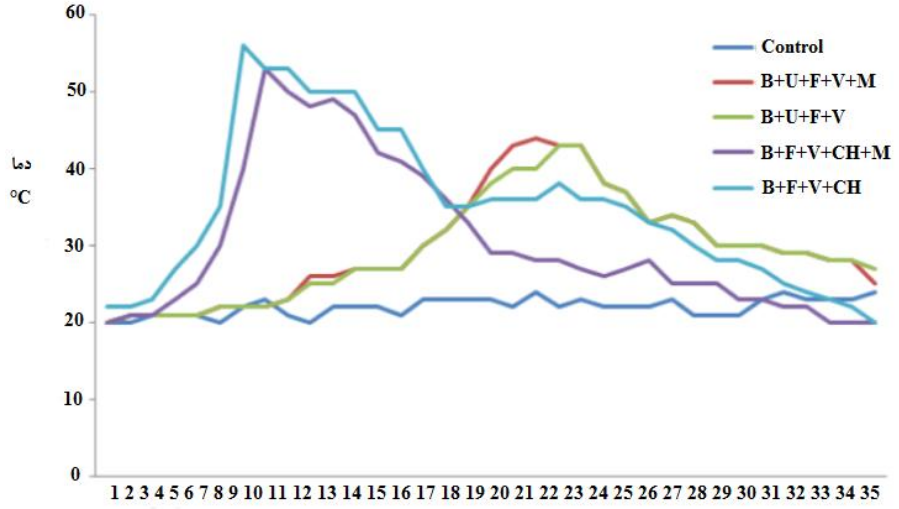
نتایج آنالیز اولیه ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی باگاس، ویناس و فیلتر کیک مورد استفاده در تحقیق (باگاس شرکت کشت و صنعت امیر کبیر) در جدول ۲ آورده شده است. همان‌طورکه در جدول مذکور مشخص می‌باشد سه پسماند اصلی نیشکر دارای خصوصیات فیزیکوشیمیایی متفاوتی می‌باشند و به نحوی می‌توانند تکمیل‌کننده هم باشند. با توجه به خصوصیات فیزیکوشیمیایی این مواد و همچنین مواد قابل دسترس دیگر شامل کود مرغی و اوره (جهت افزایش محتویات ازت و کاهش نسبت کربن به ازت) و استفاده یا عدم استفاده از باکتری‌های موثر در فرایند (بوستر میکروبی)، ۵ تیمار مختلف برای بهینه سازی تولید کمپوست طراحی و اجرا شد.

جدول ۲. خصوصیات فیزیکوشیمیایی باگاس، فیلتر کیک و ویناس مورد استفاده در تحقیق

ماده	رطوبت (٪)	خاکستر (٪)	pH	ازت (٪)	کربن (٪)	C/N	فسفر
باگاس	40.4	1.4	4.1	0.26	24.5	98	–
فیلترکیک	54.7	10.9	6.28	0.46	16	34.8	385 ppm
ویناس	88	–	4.38	5.88	94.1	15.9	7 mg/l

بررسی روند تغییرات دمایی در حین فرایند کمپوست در تیمارهای مختلف نشان داد که تیمارهای مختلف تغییرات دمایی متفاوتی نشان دادند (شکل ۱). در تیمار ۱ که حاوی "باگاس، کودمرغی، فیلترکیک، ویناس و بوستر میکروبی" و همچنین تیمار ۲ که حاوی "باگاس، کود مرغی، فیلتر کیک و ویناس" بودند، فاز تاخیری یا مزوفیل در روزهای اول تا ششم و با دمای ۴۰-۲۰ درجه سلسیوس رخ داد که نسبت به دو تیمار دیگر و تیمار شاهد، بسیار سریع‌تر می‌باشد. به تدریج و در روزهای ۶ الی ۱۲ دمای تیمار ۱ به ۵۸ درجه سلسیوس و در تیمار ۲ به ۵۵ درجه سلسیوس رسید. این موضوع نشان می دهد که بیشتر میزان افزایش دما در در تیمار شماره ۱ رخ داده است که حاوی کود مرغی و بوستر میکروبی

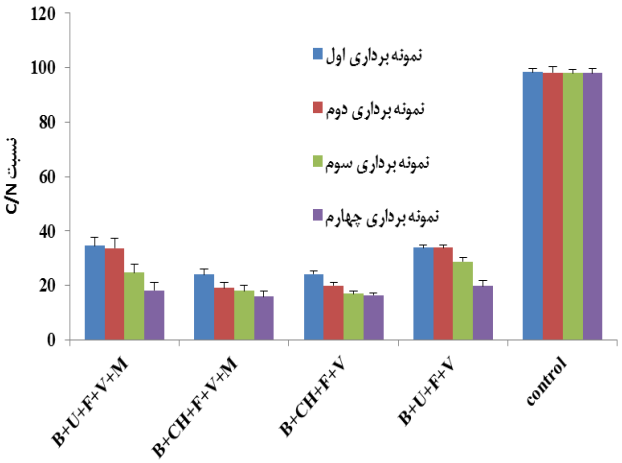
بوده است و این تیمار توانسته است در زمان کمتری به فاز ترموفیل وارد شود. از طرف دیگر کاهش دما و وارد شدن به فاز مزوفیل دوم یا مرحله رسیدگی در تیمارهای ۱ و ۲ از روز دوازدهم به بعد با کاهش دما از ۵۵ به حدود ۲۰ درجه سلسیوس همراه بود. اندازه‌گیری دما در تیمارهای ۳ (باگاس، اوره، فیلترکیک، ویناس و بوستر میکروبی) و ۴ (باگاس، اوره، فیلترکیک و ویناس) نشان داد که فاز مزوفیل در روزهای اول تا هفدهم با دمای ۳۵-۲۰ درجه سلسیوس و فاز ترموفیل بین روزهای ۱۸ الی ۲۳ با دمای ۴۵-۴۰ درجه سلسیوس اتفاق افتاد. مرحله رسیدگی یا مزوفیل دوم در این تیمارها نیز در روزهای ۲۴ الی ۳۵ با کاهش دما از ۴۵ به ۲۰ درجه سلسیوس همراه بود. نتایج دمایی تیمار شاهد نیز نشان داد که این تیمار در طی ۳۵ روز تغییرات بسیار ناچیزی داشته و هنوز زمان زیادی برای طی کردن مراحل لازم جهت تبدیل شدن به یک کمپوست بالغ را نیاز دارد. لذا با توجه به نتایج حاصل از اندازه‌گیری دما، می‌توان اعلام نمود که فرایند کمپوست در تیمار ۱ و ۲ کوتاه و در دوره ای ۳۵ روزه تکمیل شده است و تجزیه مواد آلی در این دو تیمار نسبت به تیمارهای حاوی اوره و شاهد از سرعت بالاتری برخوردار هستند (Pandharipande *et al.*, 2004; Dehghani *et al.*, 2011; Wadkar *et al.*, 2013).



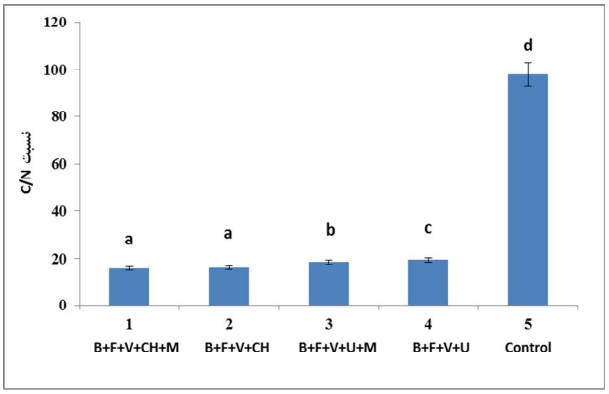
شکل ۱. روند تغییرات دمایی (درجه سلسیوس) در فرایند کمپوست تیمارهای مختلف.
اختصارات: B: باگاس، U: اوره، F: فیلتر کیک، V: ویناس، CH: کود مرغی، و M: بوستر میکروبی.

نتایج حاصل از بررسی تغییرات C/N، نشان داد که تغییرات این شاخص در تمامی تیمارهای مورد آزمایش نسبت به تیمار شاهد روندی کاهشی داشته است (شکل ۲). طبق نتایج بدست آمده کمترین میزان C/N مربوط به تیمارهای ۱ و ۲ بود که این میزان در تیمار ۱ (کودمرغی و بوستر میکروبی) در طی ۳۵ روز از ۲۳/۹ به ۱۵/۹ رسید و در تیمار ۲ (کودمرغی) نیز از ۲۴/۲ به ۱۶/۳ رسید. همچنین در تیمار ۳ (اوره و بوستر میکروبی) از ۳۴/۶ به ۱۸/۱ و در تیمار ۴ (اوره) از ۳۳/۹ به ۱۹/۷ کاهش یافت. نتایج تیمار شاهد (۵) نیز نشان داد با گذشت ۳۵ روز از شروع فرایند کمپوست روند کاهش C/N بسیار ناچیز بوده و در حدود ۹۸ می‌باشد. نتایج آنالیز آماری تغییرات C/N در محصول نهایی کمپوست نیز نشان داد که پایین‌ترین میزان C/N در تیمار ۱ و بالاترین میزان در تیمار ۵ بوده است (شکل ۳). در بین تیمارهای

حاوی اوره نیز، تیمار ۳ (اوره و بوستر میکروبی) که حاوی میکروب بود دارای نسبت C/N کمتری نسبت به تیمار ۴ (اوره) بود (شکل ۳). شاخص نسبت C/N از اساسی‌ترین و مهمترین پارامترهای موثر در فرآیند کمپوست است، زیرا نشان‌دهنده میزان مواد غذایی موجود در کمپوست نهایی می‌باشد. معمولاً حدود ۶۵ درصد کربن در طی کمپوست‌سازی مصرف شده و به صورت گاز CO_2 دفع می‌شود. مابقی در تشکیل ساختمان سلولی با ازت شرکت می‌کند. البته این عملیات هنگامی رخ می‌دهد که میزان C/N پسماند خیلی بالا باشد (مثل باگاس). مدت زمان فرایند کمپوست و همچنین میزان تولید دی اکسید کربن رابطه مستقیم با نسبت C/N پسماند اولیه دارد که این بدان معنی است که هرچه C/N آغازی بیشتر باشد احتمالاً به مدت زمان طولانی‌تری برای تثبیت مواد کمپوست و همچنین تغییر فاز باکتریایی به قارچی نیازمند است. عموماً میزان C/N کمتر از ۲۰ و بیشتر از ۱۵ با پایداری و ثبات بالا در در پایان فرایند نشانگر بلوغ کمپوست می‌باشد (Chang and Hsu, 2008; Raut *et al.*, 2002; Ghaffari *et al.*, 2011). لذا نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که بیشترین میزان بلوغ فرایند در تیمار ۱ و ۲ روی داده است.



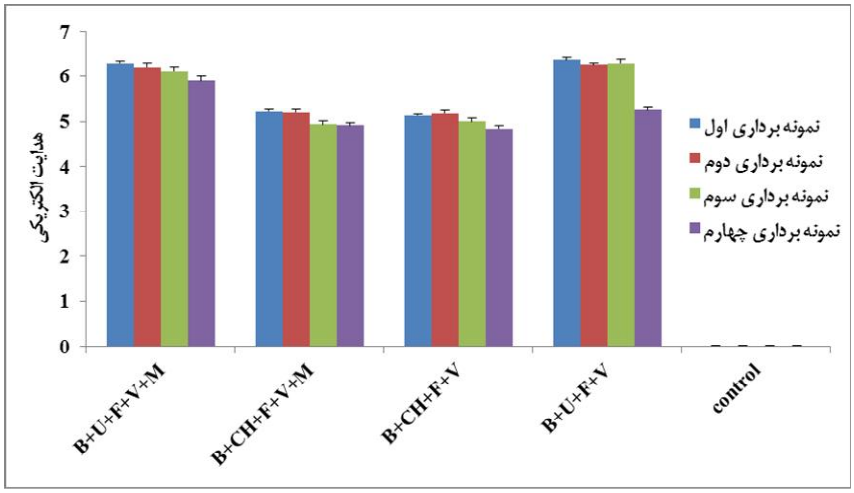
شکل ۲. روند تغییرات نسبت کربن به ازت در طی فرایند کمپوست تیمارهای مختلف.
اختصارات: B: باگاس، U: اوره، F: فیلتر کیک، V: ویناس، CH: کود مرغی، و M: بوستر میکروبی.



شکل ۳. میزان نسبت کربن به ازت در محصول نهایی یک ماهه در تیمارهای مختلف.
اختصارات: B: باگاس، U: اوره، F: فیلتر کیک، V: ویناس، CH: کود مرغی، و M: بوستر میکروبی.

در طی فرایند کمپوست در تیمارهای مختلف، pH روند کاهشی ناچیز و تدریجی نشان داد. به طوری که در تیمار ۱ از مقدار اولیه ۷/۹۸ به ۷/۹۱، و در تیمار ۲ از ۷/۹۷ به ۷/۹۴ رسید. همچنین در تیمارهای ۳ و ۴ به ترتیب از ۸ به ۷/۹۷ و از ۸/۰۱ به ۷/۹۸ رسیده است. تغییرات این شاخص در تیمار شاهد با گذشت ۳۵ روز بسیار ناچیز و اختلاف چندانی با مراحل اولیه کمپوست نداشت. با توجه به مطالعات سایر محققین pH مطلوب برای کمپوست بین ۶ تا ۹ باشد (Sundberg and Jönsson, 2008; Iqbal *et al.*, 2002; Pathak *et al.*, 2012). لذا تیمارهای ۱ تا ۴ از نظر اسیدیته در حد قابل قبولی می‌باشند. pH نهایی کمپوست شدیداً تحت تأثیر مواد آلی، مراحل تجزیه کمپوست و افزایش مواد اصلاحی است. کاهش pH در تیمارهای ۱ تا ۴ به دلیل تولید اسیدهای آلی توسط ریزسازواره ها در طی فرآیند و همچنین اسیدیته ناشی از کاهش آمونیوم باشد. از طرف دیگر در طول فرآیند نیتریفیکاسیون باکتری‌های تثبیت‌کننده ازت با آزادسازی عامل ازتی به داخل کمپوست باعث کاهش pH ترکیب می‌شوند (Iqbal *et al.*, 2002; Pathak *et al.*, 2012).

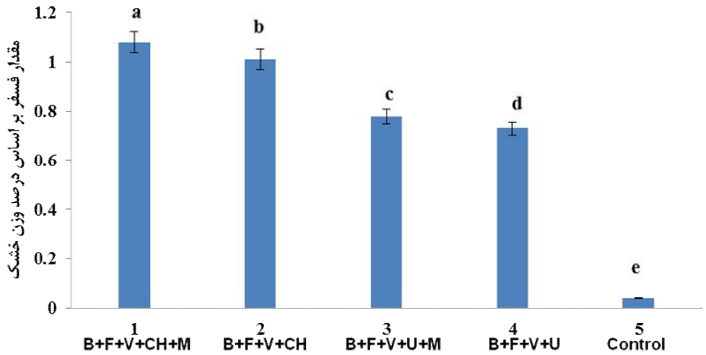
نتایج حاصل از بررسی مراحل تغییرات هدایت الکتریکی در مراحل مختلف کمپوستینگ نشان داد که در تمامی تیمارها مقدار EC نسبت به مقدار اولیه در مجموع روند کاهشی و نسبت به تیمار شاهد افزایش یافته است (شکل ۴). از طرف دیگر تیمار ۱ و ۲ از EC پایین تری نسبت به ۳ و ۴ برخوردار بودند. پس از گذشت ۳۵ روز این مقدار در تیمار ۲ برابر با ۴/۸۳ و در تیمار ۱ برابر با ۴/۹۱ دسی زیمنس بر متر بود. مقادیر این پارامتر در تیمار ۴ (اوره) حدود ۵/۲۵، و در تیمار ۳ (اوره و بوستر میکروبی) برابر با ۵/۹ دسی زیمنس بر متر بود (شکل ۴). EC در اصل قابلیت رسانایی یک محلول را نشان می‌دهد که به غلظت و نوع یون‌ها وابسته است. این فاکتور ارتباط مستقیمی با میزان رهاسازی مواد سهل الهضم به داخل محلول دارد. تحقیقات قبلی انجام شده در این زمینه توصیه می‌کنند که EC باید بین ۲ و ۳ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر باشد تا بتوان آن را به عنوان کود در صنعت کشاورزی استفاده کرد (Fernández *et al.*, 2008; Moore *et al.*, 2009). استفاده از کودهای با EC بالاتر از ۴ دسی زیمنس بر متر برای گیاهان حساس به شوری و همچنین خاک‌های قلیایی با EC بالا توصیه نمی‌شود.



شکل ۴. روند تغییرات هدایت الکتریکی در تیمارها مختلف (dS/m).

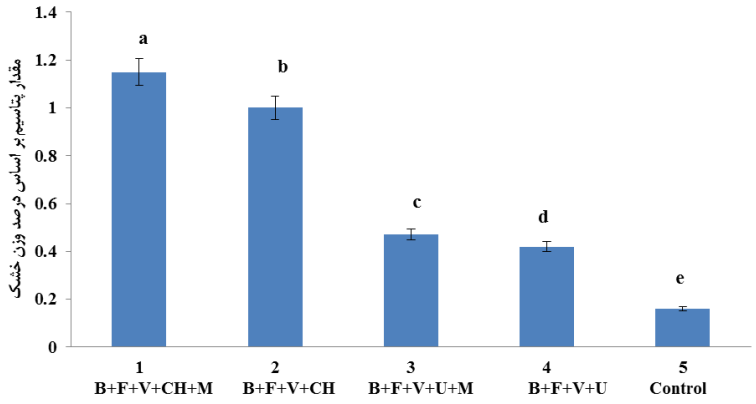
اختصارات: B: باگاس، U: اوره، F: فیلتر کیک، V: ویناس، CH: کود مرغی، و M: بوستر میکروبی.

نتایج بررسی تغییرات میزان درصد فسفر نشان داد که میزان غلظت فسفر در طی فرایند کمپوست در تمامی تیمارها به جز تیمار شاهد روند افزایشی داشت. میزان فسفر در تیمارهای حاوی کود مرغی بالاتر از تیمارهای حاوی اوره بیشتر بود (شکل ۵). در تیمار ۱، غلظت فسفر از ۰/۶۲ به ۱/۰۸ و در تیمار ۲ از ۰/۶ به ۱/۰۱ درصد افزایش یافت. این میزان در تیمار ۳ از ۰/۵۷ به ۰/۷۳ و در تیمار ۴ از ۰/۵۹ به ۰/۷۸ رسید. همچنین تغییرات فسفر در طی مدت زمان ۳۵ روز در تیمار شاهد بسیار ناچیز و در حدود ۰/۰۴ بود. بررسی میزان فسفر در محصول نهایی (بعد از ۳۵ روز) نشان داد که محصول تیمار ۱ دارای بالاترین میزان محتویات فسفر بوده و تیمار ۲ و سپس تیمار شماره ۳ در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (شکل۵). کمترین میزان هم در تیمار شاهد مشاهده شد.



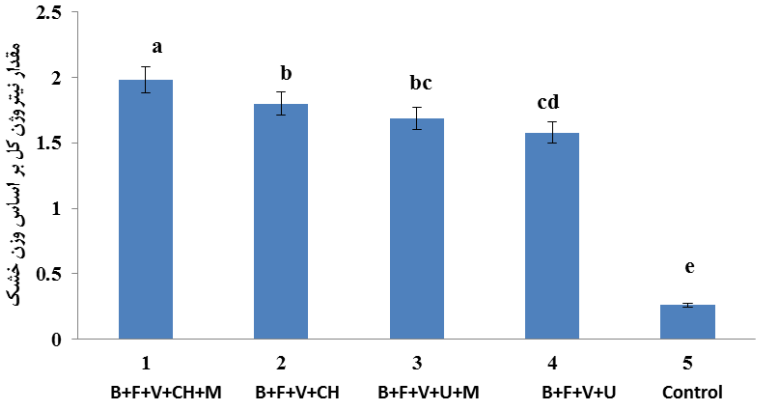
شکل ۵. میزان محتویات فسفر در کمپوست نهایی تیمارهای مختلف (بر اساس درصد وزن خشک).
اختصارات: B: باگاس، U: اوره، F: فیلتر کیک، V: ویناس، CH: کود مرغی، و M: بوستر میکروبی.

بررسی میزان محتویات پتاسیم در حین فرایند نیز نشان داد که در طی فرایند میزان پتاسیم در همه تیمارها روند افزایشی داشت اما میزان این افزایش در تیمارهای حاوی میکروب (۱ و ۳) بیش از سایر تیمارها بود (شکل ۶). همچنین در محصول نهایی بالاترین میزان پتاسیم در تیمار شماره ۱ مشاهده شد که نسبت به تیمار ۲ و همچنین سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار نشان داد (شکل ۶). میزان غلظت عنصر پتاسیم در کمپوست به دلیل در دسترس بودن آن و همچنین نقش حیاتی آن در فرایندهای بیوشیمیایی گیاهان، بسیار مهم می‌باشد. این در حالی است که تنها بخشی از فسفر، کلسیم و منیزیم کل در نمونه‌های کمپوست قابل استفاده گیاه می‌باشد. غلظت بیش از ۱٪ پتاسیم می‌تواند در نقش تغذیه‌ای کمپوست نقش اساسی داشته باشد (Iqbal *et al.*, 2002; Pathak *et al.*, 2012 Nishanth and Biswas, 2008). نتایج تحقیق حاضر نشان می دهد مقادیر فسفر و پتاسیم در تمامی تیمارها روند افزایشی داشته که این مقادیر بدست آمده در تمامی نمونه‌ها متناسب با استاندارد ملی کمپوست ایران می‌باشد. علت افزایش درصد فسفر و پتاسیم در طی کمپوست احتمالاً می‌تواند از دست رفتن کربن فرار و یا ازت در طی فرایند کمپوست و یا خارج شدن این عناصر از حالت کلاته و تبدیل شدن به فرم محلول و آزاد و قابل استفاده برای گیاه می‌باشد. دلیل محلول شدن این عناصر احتمالاً به خاطر فعالیت سویه‌های میکروبی اضافه شده به فرایند کمپوست می‌باشد، زیرا بسیاری از باکتری‌ها و حتی قارچ‌های خاک‌زی توانایی حل کنندگی فسفر و پتاسیم را دارند و عموماً به عنوان کود زیستی استفاده می‌شوند (Jeong *et al*., 2012; Abbasi *et al*., 2015).



شکل ۶. میزان محتویات پتاسیم در کمپوست نهایی تیمارهای مختلف (بر اساس درصد وزن خشک).
اختصارات: B: باگاس، U: اوره، F: فیلتر کیک، V: ویناس، CH: کود مرغی، و M: بوستر میکروبی.

نتایج بررسی تغییرات میزان ازت کل در تیمارها نشان داد که این میزان در همه تیمارها بجز تیمار شاهد بطور معنی‌داری روند افزایشی داشته و در پایان فرایند به شکل ثابت درامد. این میزان در محصول نهایی تیمار ۱ دارای بیشترین مقدار (۱/۹۶ درصد) و تیمار ۲ در رتبه بعدی قرار داشت (۱/۹۲ درصد). همچنین تیمارهای ۳ و ۴ به ترتیب با مقادیر ۱/۸۸ و ۱/۸۳ درصد دارای مقدار کمتری نسبت به نمونه‌های حاوی کود مرغی بودند (شکل ۷). مقدار نیتروژن کل کمپوست‌ها بستگی به شرایط کمپوست‌سازی، بلوغ، شرایط انبارداری و نوع ماده اولیه دارد. نیتروژن کل مجموعی از نیتروژن آلی باضافه نیتروژن معدنی است. مواد با نسبت C/N پایین از قبیل کود مرغی، باعث افزایش نیتروژن برای رشد میکروبی و آزاد سازی آمونیوم می‌شوند که می‌تواند به صورت گاز آمونیاک در اتمسفر تبخیر شود (Finstein and Morris, 1975). از طرف دیگر، مواد با نسبت بالای C/N، نیتروژن کافی برای حمایت از رشد میکروبی را دارا نخواهند بود، لذا سرعت تجزیه پایین می‌آید. افزایش میزان ازت در فاز ترموفیلیک تیمارها، می‌تواند نتیجه بالاتر بودن دما و فعالیت بهتر ریزسازواره‌ها باشد که باعث تجزیه درصد بالایی از کربن می‌شوند و این در حالی است که فقط ۲۰ درصد از نیتروژن مصرف می‌شود.



شکل ۷. میزان ازت کل در کمپوست نهایی تیمارهای مختلف (بر اساس درصد وزن خشک).
اختصارات: B: باگاس، U: اوره، F: فیلتر کیک، V: ویناس، CH: کود مرغی، و M: بوستر میکروبی.

مقدار آمونیوم در تمامی تیمارها در ابتدای فرآیند زیاد بوده و در طول فرآیند کاهش معنی‌داری پیدا کرد. بیشترین کاهش در تیمار ۱ (از ۲۳۵ به ۶۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در تیمار ۲ (از ۲۳۰ به ۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد. همچنین در تیمارهای ۳ و۴ این میزان بترتیب از ۲۰۰ به ۸۰ و از ۲۱۰ به ۸۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم کاهش قابل توجهی داشتند، در صورتیکه این روند کاهشی در تیمار شاهد مشاهده نشد. نیتروژن آمونیومی (NH_4^+-N)، نیتروژنی است که در ترکیب کمپوست بصورت کاتیون آمونیوم (NH_4^+) می‌باشد و در صورتیکه به عنوان منبع منحصر به فرد نیتروژن بکار رود علایم مسمومیت در برخی از گیاهان بوجود می‌آورد (Dev *et al*., 2002). در کمپوست بالغ میزان نیترات بیشتر از آمونیوم است. هنگامی که نسبت C/N متعادل باشد، ازت به صورت آمونیاک آزاد شده و تحت شرایط خاصی بخشی از آن به صورت NO_3 اکسیده می‌شود. کمپوست‌های نابالغ با غلظت‌های آمونیوم بیشتر از ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌تواند آمونیاک محلول در آب را در حد سمیت برای گیاه بالا ببرد. غلظت بالای نیتروژن آمونیومی در کمپوست نشان دهنده ناپایداری، و نباید از ۰/۰۴ درصد در کمپوست بالغ تجاوز کند (Zucconi and Bertoldi, 1987).

نتایج بررسی تغییرات در میزان نیترات نیز نشان داد که بیشترین میزان تغییرات در تیمار ۱ و بعد از آن در تیمار ۲ رخ داده است. مقدار نیترات پس از طی مراحل کمپوستینگ در تیمار ۱ حدود ۲۱۰ و در تیمار ۲ حدود ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که نسبت به مقدار اولیه افزایش چشمگیری داشته است. مقادیر نیترات در تیمار ۳ به مقدار ۱۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در تیمار ۴ به مقدار ۱۷۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود در حالیکه این میزان در تیمار شاهد کمتر از ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود.

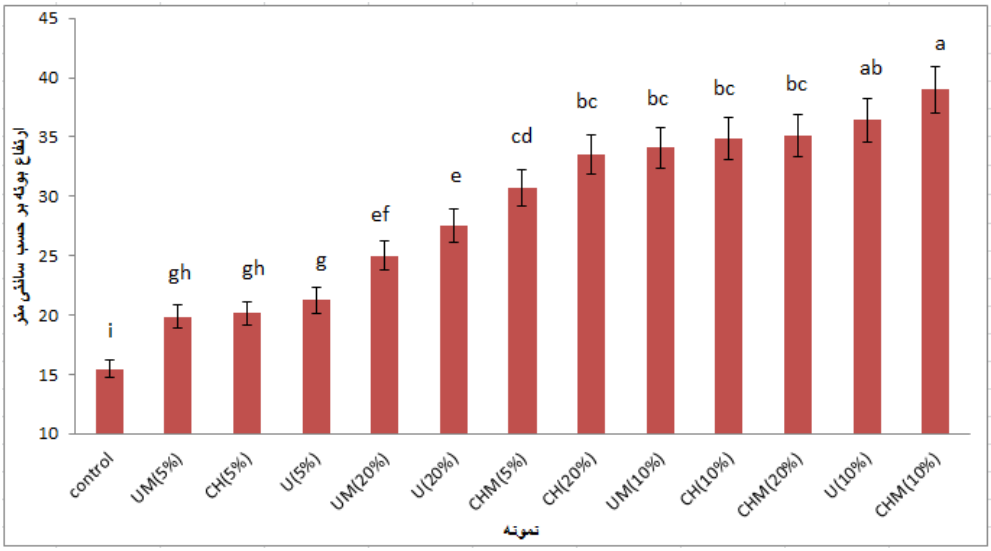
آزمایشات بررسی سمیت کمپوست‌ها بر روی گیاه تره تیزک نشان داد که تیمارهای حاوی کود مرغی (تیمارهای ۱ و ۲) در این آزمون از سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردار بودند به طوری که بذور کشت شده بر روی کمپوست تیمار ۱ پس از گذشت ۳ روز بیش از ۸۹ درصد جوانه‌زنی داشتند و بطور معنی‌داری بیش از تیمار ۲ بود (جدول ۳). بعد از این دو تیمار نیز تیمارهای (۳) و (۴) بودند. در روز پنجم بذور کشت شده بر روی محصولات چهار تیمار بیش از ۹۰ درصد رشد جوانه‌زنی داشتند که بیشترین میزان مربوط به تیمار ۱ بود و کمترین میزان برای شاهد (حدود ۷۲ درصد جوانه‌زنی) بود (جدول ۳).

جدول ۳. درصد جوانه‌زنی بذور کشت شده گیاه ترتیزک بعد از گذشت ۳ و ۵ روز

تیمار	درصد جوانه‌زنی تا روز سوم	درصد جوانه‌زنی تا روز پنجم
T1	89 ± 5^{a}	100^{a}
T2	85 ± 4^{a}	97 ± 3^{ab}
T3	17 ± 2^{b}	95 ± 3^{b}
T4	15 ± 2^{b}	93 ± 4^{b}
T5 (control)	11 ± 2^{b}	72 ± 3^{c}

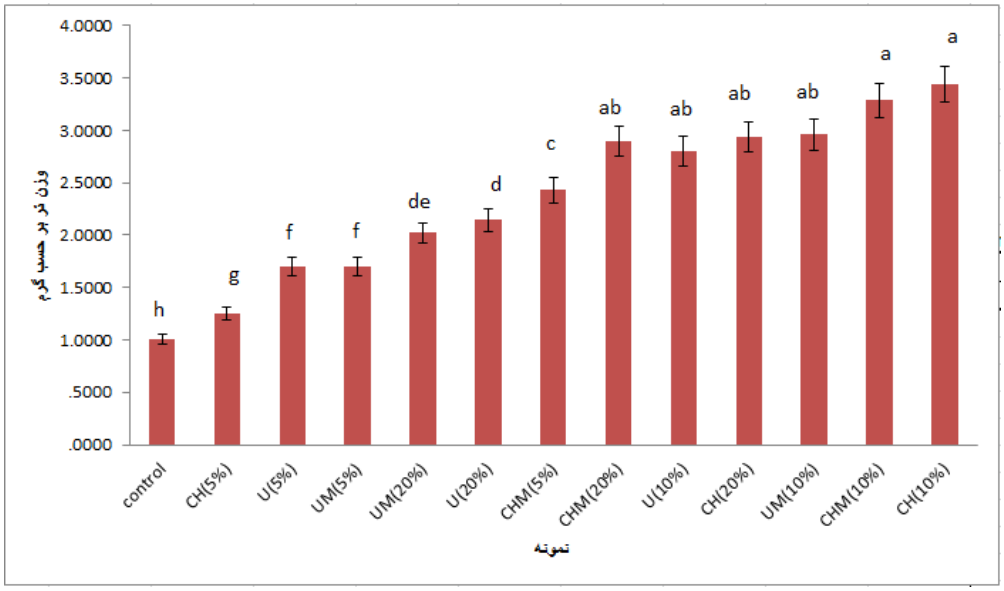
شاخص جوانه‌زنی یکی از حساس‌ترین شاخص‌های ارزیابی بلوغ، پایداری و سمیت کمپوست می‌باشد (Wang *et al*., 2004; Oleszczuk, 2008). گزارش شده که وقتی شاخص جوانه‌زنی بیش از ۸۰ درصد باشد کمپوست عملاً عاری از هر گونه مواد سمی برای گیاهان (فیتوتوکسیک) می‌باشد (Wei *et al*., 2000). نتایج آزمایشات گلخانه ای نشان داد که کمپوست ۱۰٪ حاصل از تیمار ۱ (کود مرغی، میکروب) منجر به ایجاد بالاترین میزان ارتفاع گندم شد بعد از آن کمپوست ۱۰٪ تیمار ۴ (اوره بدون

میکروب) بود (شکل ۸). پایین‌ترین میزان ارتفاع نیز مربوط به تیمار شاهد بود. تیمارهای حاوی کمپوست ۱۰٪ حاصل از تیمارهای ۱ و ۲ منجر به ایجاد بالاترین میزان وزن تر گندم شدند. سایر تیمارها نیز منجر به ایجاد وزن تر کمتری شدند و پایین ترین میزان وزن تر مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۹). همچنین کمپوست ۱۰٪ حاصل از تیمار ۱ (حاوی کودمرغی و میکروب) منجر به ایجاد بالاترین میزان وزن خشک گندم شد و سایر تیمارها به شکل معنی‌داری پایین‌تر از این میزان بودند (شکل ۱۰).



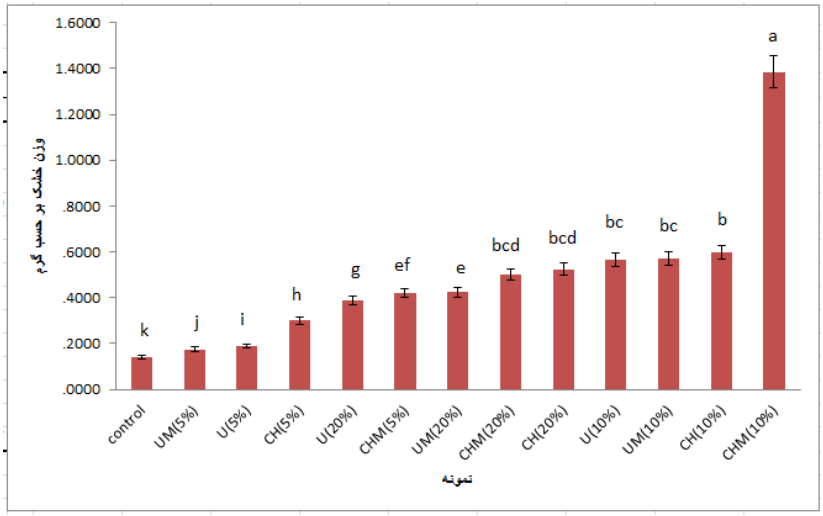
شکل ۸. تاثیر کمپوست های حاصل از تیمارهای مختلف بر ارتفاع گیاه گندم (cm).

اختصارات: U: اوره، CH: کود مرغی، و M: بوستر میکروبی.



شکل ۹. تاثیر کمپوست های حاصل از تیمارهای مختلف بر وزن تر گیاه گندم.

اختصارات: U: اوره، CH: کود مرغی، و M: بوستر میکروبی.



شکل ۱۰. تاثیر کمپوست‌های حاصل از تیمارهای مختلف بر وزن خشک گیاه گندم.
اختصارات: U: اوره، CH: کود مرغی، و M: بوستر میکروبی.

در پایان به عنوان جمع‌بندی می‌توان اشاره نمود که حضور بوستر میکروبی و کود مرغی در ترکیب با پسماندهای نیشکر توانست منجر به کاهش معنی‌دار زمان اجرای فرایند کمپوست (فرایند کامل در ۳۵ روز)، افزایش سریع تغییرات دمایی، کاهش معنی‌دار نسبت کربن به ازت، pH و EC، افزایش نسبت نیترات به آمونیوم و محتویات عناصر مهم شامل ازت، فسفر و پتاسیم در کمپوست تولیدی شد. از طرف دیگر حضور بوستر میکروبی و کود مرغی باعث افزایش خصوصیات کودی کمپوست حاصل از پسماندهای نیشکر شده و منجر به افزایش معنی‌دار در شاخص‌های جوانه‌زنی بذر تره تیزک و شاخص‌های رشد گندم شامل وزن تر و خشک و همچنین ارتفاع آن شد.

سپاسگزاری

تحقیق حاضر در قالب پروژه تحقیقاتی پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران با شماره مصوب ۹۲۱۰۳-۰۵-۰۵-۴ و با سفارش و حمایت مالی موسسه تحقیقات، آموزش و توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان انجام شد. بدینوسیله نویسندگان از همکاران موسسه تحقیقات، آموزش و توسعه نیشکر و صنایع جانبی آقایان دکتر حمدی و دکتر شمیلی بابت حمایت و همکاری صمیمانه تقدیر و تشکر می‌نمایند. نویسندگان همچنین از همکاری صمیمانه آقای مهندس ابراهیم کریمی در اجرای پروژه تشکر و قدردانی می‌کنند.

REFERENCES

Abbasi MK, Musa N, Manzoor M (2015) Mineralization of soluble P fertilizers and insoluble rock phosphate in response to phosphate-solubilizing bacteria and poultry manure and their effect on the growth and P utilization efficiency of chilli (*Capsicum annuum* L.). Biogeosci. 12: 4607-4619.

Atkinson CF, Jones DD, Gauthier JJ (1996) Biodegradabilities and microbial activities during composting of oxidation ditch sludge. Compost. Sci. Utiliz. 4: 84-96.

Baethgen WE, Alley MM (1989) A manual colorimetric procedure for measuring ammonium nitrogen in soil and plant Kjeldahl digests. Commun. Soil Sci. Plant Ana. 20: 961-969.

Chandel AK, Silvio S da Silva, Carvalhoa W, Om V Singhb (2012) Sugarcane bagasse and leaves: foreseeable biomass of biofuel

and bio-products. J Chem. Technol. Biotechnol. 87: 11-20

Chang JI, Hsu TE (2008) Effects of compositions on food waste composting. Bioresour. Technol. 99: 8068–8074.

Dantas GA, Legey LF, Mazzone A (2013) Energy from sugarcane bagasse in Brazil: An assessment of the productivity and cost of different technological routes. Renew. Sustain. Energy Rev. 21: 356-364.

Dehghani R, Charkhloo E, Mostafaii GH, Asadi MA, Mousavi GA, Saffari M, Pourbabaei M. (2011) A study on the variations of temperature, moisture, pH and carbon to nitrogen ratio in producing compost by stack method. J.Kashan Univ. Medical Sci. 15: 359-365.

Dev TB, Kronzucke HJ (2002) NH_4^+ toxicity in higher plants: a critical review, J. Plant Physiol., 159: 567–584.

Ellahi M (2005) Baggase and filter cake; an organic fertilizer for sugarcane. Dissertation (pedology), Shahid Chamran University (Persian).

Fernández JM, Hernández D, Plaza C, Polo A (2007) Organic matter in degraded agricultural soils amended with composted and thermally-dried sewage sludges. Sci. Total Environ. 378: p. 75-80.

Finstein MS, Morris ML (1975) Microbiology of municipal solid waste composting. Adv. Appl. Microbiol. 19: 113-151.

Formowitz B, Elango F, Okumoto S, Müller T, Buerkert A (2007) The role of “effective microorganisms” in the composting of banana residues. J. Plant Nutr. Soil Sci. 170: 649-656.

Ghaffari S, Akhavan AS, Razavi MR, Malekzadeh F, Haydarian H (2011) Effectiveness of inoculation with isolated *Anoxybacillus sp.* MGA110 on municipal solid waste composting process. African J. Microbiol. Res. 5: 5373-5378.

Hemayati S, Hamdi H, Taleghani D, Amili H (2011) National strategic plan of sugarcane research. Sugar beet Seed Institute (SBSI) and Sugarcane and byproducts Research, Education and Development Institute (Persian).

Iqbal MK, Khan A, Nadeem A, Hussnain A (2012) Comparative study of different techniques of composting and their stability evaluation in municipal solid waste. J. Chem. Soc. Pakistan. 34: 273-274.

Ishii K, Fukui M, Takii S (2000) Microbial succession during a composting process as evaluated by denaturing gradient gel electrophoresis analysis. J. Appl. Microbiol. 89: 768-777.

Ismayana A, Siswi Indrasti N, Sane T (2013) Co-composting process of bagasse and sludge from sugarcane industry with influence of difference initial C/N value and aeration. Proceedings of Bogor Agricultural University (http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/67800).

Jayapal N, Samanta AK, Kolte AP, Senani S, Sridhar M, Suresh KP, Sampath KT (2013) Value addition to sugarcane bagasse: Xylan extraction and its process optimization for xylooligosaccharides production. Ind. Crops Prod., 42, 14-24.

Jeong S, Moon HS, Nam K, Kim JY, Kim TS (2012) Application of phosphate-solubilizing bacteria for enhancing bioavailability and phytoextraction of cadmium (Cd) from polluted soil. Chemosphere, 88, 204-210.

Jusoh MLC, Manaf LA, Latiff PA (2013) Composting of rice straw with effective microorganisms (EM) and its influence on compost quality. Iranian J. Eenviron. Health Sci. Eng. 10: 17-17.

Kavitha R, Subramanian P (2007) Bioactive compost- a value added compost w microbial inoculants and organic additives, J. Appl. Sci. 7: 2514-2518.

Li J, Wei X, Wang Q, Chen J, Chang G, Kong L, Liu Y (2012) Homogeneous isolation of nanocellulose from sugarcane bagasse by high pressure homogenization. Carbohydrate Polymers. 90: 1609-1613.

Meunchang S, Panichsakpatana S, Weaver RW (2005) Co-composting of filter cake and bagasse; by-products from a sugar mill. Bioresour. Technol. 96: 437-442.

Mohammadi Goltapeh A (1997) Production of organic fertilizer from sugarcane baggase. Sugar Journal (Shekar Shekan), 13 and 14.

Mohammadian Fard Z, Askari Bezayeh H (2013) Production of compost and vermicompost from sugarcane wastes. In: Proceeding of the Second National Congerss on Food Science and Technology (Persian).

Moore JE, Watabe M, Stewart A, Cherie

Millar B, Rao JR (2009) A novel challenge test incorporating irradiation((60)co) of compost sub-samples to validate thermal lethality towards pathogenic bacteria. Ecotoxicol. Environ. Safety 72: 144-153.

Nishanth D, Biswas DR (2008) Kinetics of phosphorus and potassium release from rock phosphate and waste mica enriched compost and their effect on yield and nutrient uptake by wheat (Triticum aestivum). Bioresour. Technol. 99: 3342-3353.

Oleszczuk P (2008) The toxicity of composts from sewage sludges evaluated by the direct contact tests phytotoxkit and ostracodtoxkit. Waste Manage. 28: 1645-1660.

Pathak AK, Singh MM, Kumara V, Arya S, Trivedi AK (2012) Assessment of physico-chemical properties and microbial community during composting of municipal solid waste (Viz. Kitchen waste) at Jhansi City, UP (India). Recent Res. Sci. Technol. 4: 10-14.

Pepe O, Ventorino V, Blaiotta G (2013) Dynamic of functional microbial groups during mesophilic composting of agro-industrial wastes and free-living (N 2)-fixing bacteria application. Waste Manage. 33: 1616-1625.

Pourmazaheri H, Salehi Jouzani Gh, Khayam Nekouei SM, Tabatabaei M, Maali Amiri R, Soheilivand S, Karimi E, Ghanavati H, Mirdamadian SH (2013) Evaluation of some native bacteria isolated during the composting process. J. Agri. Biotechnol. 5: 1-11 (Persian).

Raut MP, Prince SP, William M, Bhattacharyya JK, Chakrabarti T, Thompson WH (2002) Test methods for the examination of composting and compost. Composting Council Research and Education Foundation, Washington, DC USDA.

Rezende CA, de Lima MA, Maziero P, deAzevedo ER, Garcia W, Polikarpov I (2011) Chemical and morphological characterization of sugarcane bagasse submitted to a delignification process for enhanced enzymatic digestibility, Biotechnol. Biofuels 4: 54.

Said AEAA, Aly AA, El-Wahab MMA, Soliman SA, El-Hafez AAA, Helmey V, Goda MN (2012). Potential application of propionic acid modified sugarcane bagasse for removing of basic and acid dyes from industrial wastewater. Resour. Environ. 2: 93-99.

Singh A, Sharma S (2002) Composting of a crop residue through treatment with microorganisms and subsequent vermicomposting. Bioresour. Technol. 85: 107-111.

Sundberg C, Jönsson H (2008) Higher pH and faster Decomposition in Biowaste Composting by Increased Aeration. Waste Manage. 28: 518-526.

Tian W, Sun Q, Xu D, Zhang Z, Chen D, Li C, Shen B (2013). Succession of bacterial communities during composting process as detected by 16S rRNA clone libraries analysis. Int. Biodeterior. Biodeg. 78: 58-66.

Tiquia SM (2005) Microbiological parameters as indicators of compost maturity. J. Appl. Microbiol. 99: 816-828.

Torkashvand A, Mohammadi A, Radmehr S, Nadian H (2012) The use of Thricoderma fungi with nitrogen and pH treatments in the compost Production of cane organic wastes. In: Proceeding of the [1]th International and the [4]th National Congress on Recycling of Organic Waste in Agriculture.

Wadkar DV, Modak PR, Chavan VS (2013) Aerobic thermophilic composting of municipal solid waste. Int. J. Eng. Sci. 5: 716-718.

Wang CM, Changa CM, Watson ME, Dick WA, Chen Y, Hoitink HAJ (2004) Maturity indices of composted dairy and pig manures. Soil Biol. Biochem. 36:767-776

Wei YS, Fan YB, Wang MJ, Wang JS (2000) Composting and compost application in China. Resour. Conserv. Recycl. 30: 277-300.

Wu L, Ma LQ, Martinez GA (2001) Comparison of methods for evaluating stability and maturity of biosolids compost. J. Environ. Qual. 29: 424-429.

Xi BD, Liu HL, Zeng GM, Huang GH, Bai QZ (2002) Composting MSW and sewage sludge with effective complex microorganisms. J. Environ. Sci. 14: 264-268.

Zayed G, Abdel-Motaal H (2005) Bio-production of compost with low pH and high soluble phosphorus from sugar cane bagasse enriched with rock phosphate. World J.

Microbiol. Biotechnol. 21: 747-752.
Zucconi F, de Bertoldi M (1987) Compost specification for production and characterisation of compost from municipal soild waste. In: de Bertoldi, M., Ferranti, M., L Hermit, P., Zucconi, F. (Eds.), Compost, production, Quality and Use. Elsevier, London, 30-50.