# تأثیر کاربرد پودر خون بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی خاک‌اره طی فرایند ورمی-کمپوست‌سازی

سمیه قاسمی

دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۲۵/ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۱۳/ چاپ: ۱۳۹۶/۱۲/۲۸

گروه علوم خاک، دانشکدهٔ منابع طبیعی و کشاورزی، دانشگاه یزد، یزد، ایران
*مسئول مکاتبات: s.ghasemi@yazd.ac.ir

**چکیده.** این مطالعه با هدف بازیافت خاک‌اره و پودر خون با استفاده از کرم خاکی *Eisenia foetida* و بررسی روند تغییرات برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی این ضایعات آلی، طی فرایند ورمی‌کمپوست‌سازی انجام شد. پودر خون به مقدار صفر، ۵ و ۱۰ درصد وزنی با خاک‌اره مخلوط شد و به مدت چهار ماه اجازه داده شد تا به ورمی‌کمپوست تبدیل شود. در زمان‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۶، ۸، ۱۲ و ۱۶ هفته پس از اضافه‌کردن کرم خاکی به بسترها، فعالیت میکروبی (تنفس پایه)، pH، هدایت الکتریکی (EC)، مقدار کربن آلی، نیتروژن کل و نسبت C:N اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که تأثیر زمان، پودر خون و اثر متقابل آنها بر تمام پارامترهای تحت بررسی معنی‌دار است. با افزایش زمان انکوباسیون، مقدار تجمعی کربن معدنی‌شده، نیتروژن کل و EC تمام تیمارهای ورمی‌کمپوست در مقایسه با ضایعات اولیه افزایش یافت، اما کربن آلی، C:N و pH روند کاهشی نشان دادند. اضافه‌کردن پودر خون به بستر خاک‌اره باعث افزایش سرعت معدنی‌شدن کربن، EC و نیتروژن کل شد، درحالی‌که pH، کربن آلی و نسبت C:N کاهش یافت. در پایان زمان انکوباسیون، تیمار خاک‌ارهٔ حاوی ۱۰ درصد پودر خون، دارای بیشترین مقدار دی-اکسیدکربن آزادشده (۱۴۲/۱ میکروگرم کربن بر گرم)، EC (۳/۷ دسی‌زیمنس بر متر) و نیتروژن کل (۲/۲۴ درصد) و کمترین مقدار pH (۶/۶)، کربن آلی (۲۲/۵ درصد) و C:N (۱۲/۴) بود. براساس نتایج این مطالعه، فرایند ورمی‌کمپوست‌سازی می‌تواند به‌منزلهٔ روش ایمن و مطمئن، برای دفع خاک‌اره و پودر خون استفاده شود.

**واژه‌های کلیدی.** تجزیه بیوشیمیایی، سرعت تجزیه، ضایعات آلی، کرم خاکی، نسبت کربن به نیتروژن

# The effect of blood powder application on some biochemical properties of sawdust during vermicomposting

Somayeh Ghasemi

Received 14.01.2017/ Accepted 04.12.2017/ Published 19.03.2018

Department of Soil Science, Faculty of Natural Resources and Agriculture, Yazd University, Yazd, Iran
*Correspondent author: s.ghasemi@yazd.ac.ir

**Abstract.** This study aimed to recycle sawdust and blood powder using *Eisenia foetida* earthworm and investigate some biochemical changes of these waste materials during vermicomposting. Blood powder was mixed with sawdust in proportions of 0, 5 and 10% and the mixture was allowed to pass through earthworm guts for four months. At intervals of 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 and 16 weeks, the biological activity (i.e. basal respiration), pH, EC, total organic carbon, total nitrogen and C:N ratio were determined. The results showed that the period of time, the concentration of blood powder and the interaction between these two significantly affected all parameters. As the incubation time increases, the cumulative amount of mineralized carbon, the total nitrogen and EC increase in all vermicompost treatments whereas organic carbon, C:N ratio and pH decreased. Adding blood powder to sawdust bed resulted in an increase in carbon mineralization rate, EC and total nitrogen while pH, organic carbon and C: N ratio decreased. At the end of incubation time, the treatment of sawdust with 10 % blood powder resulted in the highest amount of released $CO_2$ (142.1 µg C $g^{-1}$), EC (3.7 dS $m^{-1}$) and total nitrogen (2.24 %) and the lowest amount of pH (6.6), organic carbon (22.5 %) and C: N ratio (12.4). According to the results, the process of vermicomposting can be used as a safe method for the disposal of sawdust and blood powder.

**Keywords.** analysis speed, biochemical analyses, C:N ratio, earthworm, organic waste

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04 ]
[ DOR: 20.1001.1.24236330.1396.4.4.3.0 ]
[ DOI: 10.29252/nbr.4.4.310 ]

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04 ]
[ DOR: 20.1001.1.24236330.1396.4.4.3.0 ]
[ DOI: 10.29252/nbr.4.4.310 ]

## مقدمه

سالانه تقریباً بیش ا ز ۴۰ میلیون تن ضایعات آلی در سرتاسر جهان تولید می‌شود (Kumar *et al.*, 2013). مدیریت این ضایعات یکی از معضلات جدی دنیا است؛ زیرا دفع غیرعلمی ضایعات از طریق انتشار بوی نامطبوع و آلودگی آب و خاک، بر محیط زیست تأثیر منفی دارد (Garg *et al.*, 2006) و مهم‌تر از همه، سلامت انسان را تهدید می‌کند (Ray *et al.*, 2005; Sharholy *et al.*, 2008). خاک‌اره یکی از مهم‌ترین محصولات فرعی غیر قابل استفاده در کارگاه‌های چوب‌بری است. تولید ضایعات چوب در این کارگاه‌ها اجتناب‌ناپذیر است؛ بنابراین، تلاش برای ارائهٔ راهکارهایی جهت استفاده از این ضایعات اهمیت بسیار زیادی دارد (Zziwa *et al.*, 2006). کاربرد خاک‌اره در اراضی کشاورزی یکی از روش‌های بسیار ساده برای دفع این ضایعات است، اما متخصصان کشاورزی تمایلی به پذیرفتن خاک‌اره به‌منزلهٔ مادهٔ آلی مناسب برای استفاده در اراضی کشاورزی درنقش مالچ یا اصلاح‌کنندهٔ خاک ندارند؛ زیرا استفاده از خاک‌اره در اراضی کشاورزی مشکلاتی به همراه خواهد داشت. سرعت کم تجزیهٔ خاک‌اره و کاهش موقتی غلظت نیتروژن در خاک، از مهم‌ترین دلایل مخالفت برای کاربرد مستقیم خاک‌اره در اراضی کشاورزی است. همچنین، ارزش بسیار پایین خاک‌اره به‌منزلهٔ منبع عناصر غذایی در دسترس برای گیاه، از دیگر معایب این ضایعات آلی محسوب می‌شود (Abd El Halim & El Baroudy, 2014).

یکی از بهترین روش‌های فراوری ضایعات آلی، بازیافت آنها به‌صورت کودهای آلی است. درنتیجهٔ این فرایند، علاوه‌بر حفظ سلامت انسان و کاهش مشکلات زیست‌محیطی، مقادیر زیادی کود آلی نیز تولید می‌شود. به‌همین‌دلیل، طی سال‌های اخیر غالباً از روش‌های کمپوست‌سازی و ورمی‌کمپوست‌سازی به‌مثابهٔ روش‌های ایمن و مطمئن برای دفع ضایعات آلی استفاده می‌شود. ورمی‌کمپوست‌سازی، تکنیک تجزیهٔ زیستی یا پایاسازی ضایعات آلی توسط کرم‌های خاکی و میکروارگانیسم‌ها است (Naga-vallemma *et al.*, 2006; Kumar *et al.*, 2013). برخی از گونه‌های کرم خاکی مانند *Eisenia foetida*، *Eudrilus eugeniae*، *Perionyx excavates* و *Lumbricus rubellus* قادرند دامنهٔ وسیعی از منابع مختلف ضایعات آلی را مصرف و تجزیه کنند، اما گونهٔ *E. foetida* به‌دلیل مقاومت زیاد به تغییرات شرایط محیطی مانند pH، دما و رطوبت، مهم‌ترین گونهٔ کرم خاکی است که در فرایند ورمی‌کمپوست‌سازی ضایعات آلی به‌کار می‌رود (Garg *et al.*, 2006; Suthar, 2007; Suthar, 2009; Kumar *et al.*, 2013). کاربرد مؤثر کرم‌های خاکی در مدیریت ضایعات آلی، نیازمند شناخت دقیق تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی سوبسترا بر فعالیت کرم خاکی است. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که فعالیت کرم‌های خاکی تحت تأثیر کیفیت مواد غذایی است (Aira *et al.*, 2006; Tiunov & Scheu, 2004). به‌منظور تأمین غذای مناسب برای کرم‌های خاکی طی فرایند ورمی‌کمپوست‌سازی، کربن (C) و نیتروژن (N) باید با نسبت مناسب در سوبسترا وجود داشته باشند. خاک‌اره یک مادهٔ آلی کربن‌دار است که دارای نسبت C:N بسیار بالا است؛ بنابراین، برای تبدیل این ضایعات به کودهای آلی از طریق روش ورمی‌کمپوست‌سازی، به کاهش C:N آنها نیاز است. تولید ورمی‌کمپوست با استفاده از ترکیب مواد دارای C:N بالا با مواد دارای C:N کم، به‌منظور تهیهٔ سوبسترا با نسبت C:N مناسب، به‌کوشش بسیاری از محققان گزارش شده است (Ndegwa & Thompson, 2000; Suthar, 2009). Kumar و همکاران (2013) دراین راستا مشاهده کردند که ترکیب لجن فاضلاب با کود گاوی و خاک‌اره و تولید ترکیبی با نسبت C:N ۳۰، باعث افزایش سرعت تجزیهٔ کمپوست، افزایش غلظت عناصر غذایی و در نتیجه بهبود کیفیت ورمی‌کمپوست می‌شود. همچنین، Shrimal و Khwairakpam (2010) با تولید ورمی‌کمپوست از ترکیب نسبت‌های مختلف ضایعات سبزیجات و کود گاوی (C:Nهای ۱۶، ۲۰، ۳۰ و ۴۰) نشان دادند که نسبت C:N به‌طور معنی‌داری بر رشد و تکثیر کرم *E. foetida* تأثیر دارد و بیشترین کاهش مقدار کربن آلی و افزایش مقدار نیتروژن در تیمار با نسبت C:N ۳۰ مشاهده شد.

در این مطالعه فرض شد که افزودن پودر خون، به‌منزلهٔ منبع غنی از نیتروژن، به خاک‌اره از طریق افزایش سرعت تجزیه و معدنی‌شدن مواد آلی، باعث تسریع پایاسازی این ضایعات می‌شود. این مطالعه با هدف بررسی امکان استفاده از روش ورمی‌کمپوست‌سازی برای بازیافت خاک‌اره و پودر خون انجام شد. برای این منظور، تأثیر سطوح مختلف پودر خون بر برخی ویژگی‌های

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04 ]
[ DOR: 20.1001.1.24236330.1396.4.4.3.0 ]
[ DOI: 10.29252/nbr.4.4.310 ]

بیوشیمیایی خاک‌اره طی فرایند ورمی‌کمپوست‌سازی تحت بررسی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

### تهیهٔ ورمی‌کمپوست

خاک‌ارّه استفاده‌شده در این مطالعه از نجاری‌های شهر یزد تهیه شد. پودر خون نیز از کشتارگاه صنعتی فساران، واقع در ۴۵ کیلومتری شمال اصفهان تهیه شد. در این کشتارگاه، خون حاصل از کشتار دام‌ها، تحت دما و فشار زیاد به پودر خون تبدیل شد. نمونه‌های پودر خون، قبل از آزمایش‌های در دمای ۴ درجهٔ سلسیوس نگهداری شدند. برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک‌اره و پودر خون مورد استفاده در این آزمایش در جدول ۱ آمده است.

در این مطالعه، پودر خون به مقدار صفر، ۵ و ۱۰ درصد وزنی با خاک‌اره مخلوط شد و به‌منظور تجزیهٔ نسبی، به‌مدت چهار هفته در شرایط رطوبتی ۷۵ درصد و دمای ۲±۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شد. سپس حدود چهارکیلوگرم از مواد نیمه‌تجزیه‌شده به سبدهای پلاستیکی انتقال یافت و تعداد ۵۰ عدد کرم جوان و بالغ (دارای حلقهٔ جنسی) گونهٔ *E. foetida* به‌ازای هر کیلوگرم سوبسترا، به بسترها تزریق شد. تمام بسترها به مدت چهار ماه در شرایط رطوبتی ۸۰-۷۵ درصد و دمای ۲±۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

### تجزیهٔ بیوشیمیایی

در زمان‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۶، ۸، ۱۲ و ۱۶ هفته پس از اضافه‌کردن کرم خاکی به بسترها، ۱۰۰ گرم مواد از هریک از بسترها برداشته شد و برای تعیین فعالیت میکروبی (تنفس پایه)، pH، هدایت الکتریکی و مقدار کربن آلی و نیتروژن کل تحت تجزیهٔ قرار گرفت. به‌منظور اندازه‌گیری فعالیت میکروبی، مقدار مشخصی از مواد بسترها در ظروف شیشه‌ای ۴۰۰ میلی‌لیتری ریخته شد و در هر ظرف، یک لوله حاوی ۱۰ میلی‌لیتر سود ۱ نرمال جهت جمع‌آوری گاز دی‌اکسیدکربن قرار داده شد. ظروف مذکور ۲۴ ساعت در انکوباتور با دمای ۱±۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شدند. پس از آن، محتویات لوله‌های آزمایش در ارلن‌های ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد و ۱۰ میلی‌لیتر کلروباریم ۱۰ درصد برای رسوب‌دادن کربنات‌های تولیدشده اضافه شد. سپس، توسط اسیدسولفوریک ۰/۲۵ نرمال در حضور معرف فنول‌فتالئین تیتر شد و از روی میزان اسید مصرفی برای خنثی‌کردن سود اضافی، مقدار دی‌اکسیدکربن تولیدشده توسط هر تیمار اندازه‌گیری شد (Alexander, 1999). با اندازه‌گیری تنفس میکروبی در زمان‌های مقرر، مقادیر تجمعی کربن معدنی در این زمان‌ها محاسبه شد. قابلیت هدایت الکتریکی و pH در عصارهٔ ۱ به ۱۰ (Hesse, 1971) پس از یک ساعت تکان دادن، درصد کربن آلی به‌روش اکسیداسیون تر در مجاورت بی‌کرومات‌پتاسیم و اسیدسولفوریک غلیظ (Nelson & Sommers, 1986) و درصد نیتروژن کل نیز با استفاده از دستگاه اتوکلتک مدل ۳۲۰۰ براساس روش کلدال (Bremmer & Mulvancey, 1982) تعیین شد.

### تجزیهٔ آماری داده‌ها

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام گرفت. تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسهٔ میانگین‌ها براساس آزمون LSD انجام شد و نمودارها در نرم‌افزار اکسل رسم شد.

## نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیهٔ آماری داده‌ها نشان داد که تأثیر زمان و پودر خون بر تمام پارامترهای تحت بررسی در سطح ۰/۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۲). اثر متقابل زمان و پودر خون بر فعالیت میکروبی، pH، EC، نیتروژن کل و نسبت C:N در سطح ۰/۱ درصد و بر کربن آلی نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود.

### فعالیت میکروبی

روند زمانی معدنی‌شدن کربن در تیمارهای تحت مطالعه نشان می‌دهد که بیشترین سرعت معدنی‌شدن کربن آلی طی هفته‌های اول تا چهارم انکوباسیون اتفاق افتاده است و پس از آن، مقدار تجمعی کربن معدنی شده از خاک‌ارهٔ تیمارشده با پودر خون، با سرعت کاهنده افزایش یافت (شکل ۱). سرعت‌های زیاد معدنی‌شدن کربن آلی با زمان طی روزهای اول انکوباسیون مربوط به اجزای محلول کربن آلی است، که به‌مرور زمان، حذف مواد محلول و افزایش نسبی ترکیبات مقاوم مانند سلولز، همی‌سلولز و لیگنین باعث کاهش سرعت معدنی شدن کربن در مراحل بعدی تجزیه می‌شود (Sall *et al.*, 2007; Kosheleva & Trofimov, 2008). نتایج نشان داد که کاربرد پودر خون باعث افزایش معدنی‌شدن کربن آلی خاک‌اره شد، به‌طوری‌که مقدار

**جدول ۱**- برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک‌اره و پودر خون مورد استفاده در این آزمایش.

**Table 1.** Some chemical properties of sawdust and blood powder used in this study.

| ویژگی | خاک اره | پودر خون |
|---|---|---|
| pH (1:10) | ۷/۶ | ۶/۴ |
| هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$) | ۱/۱ | ۹/۲ |
| کربن آلی (٪) | ۵۳/۴ | ۴۲/۰ |
| نیتروژن کل (٪) | ۰/۳۱ | ۱۳/۱ |
| نسبت کربن به نیتروژن | ۱۷۲/۲ | ۳/۲ |
| پروتیئن خام (درصد) | - | ۸۰/۵ |

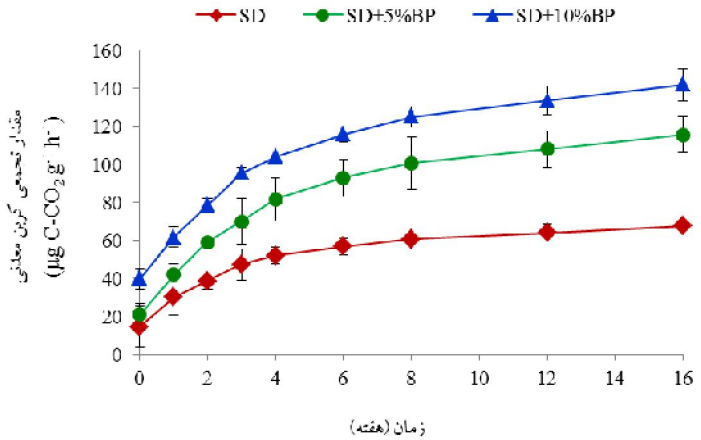
**جدول ۲**- تجزیهٔ آماری تأثیر کاربرد پودر خون بر ویژگی‌های بیوشیمیایی خاک‌اره طی فرایند ورمی‌کمپوست‌سازی.

**Table 2.** Analysis of variance for the effect of blood powder application on the biochemical properties of sawdust during vermicomposting.

| منابع تغییرات | درجهٔ آزادی | فعالیت میکروبی | pH | هدایت الکتریکی | کربن آلی (C) | نیتروژن کل (N) | C:N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| زمان | ۸ | ۶۹۱۹/۷*** | ۰/۵۳*** | ۱/۴۳*** | ۳۵۱/۷*** | ۰/۴۱۸*** | ۳۴۱۳/۸*** |
| پودر خون | ۲ | ۱۸۱۱۴/۸*** | ۲/۰۷*** | ۱۳/۴*** | ۷۶۵/۵*** | ۱۳/۸*** | ۱۰۲۴۷۷/۹*** |
| زمان × پودرخون | ۱۶ | ۲۵۵/۶*** | ۰/۰۹*** | ۰/۳۲*** | ۱۳/۸** | ۰/۰۶*** | ۷۵۰/۳*** |
| خطای آزمایش | ۵۴ | ۲۵/۸ | ۰/۰۲ | ۰/۰۸ | ۵/۴ | ۰/۰۱ | ۱۳۰/۸ |

**، *** به ترتیب بیانگر معنی‌دار بودن در سطح آماری ۱ و ۰/۱ درصد است.

**p<0.01, ***p<0.001




**شکل ۱**- روند زمانی معدنی‌شدن کربن آلی در خاک‌اره (SD) تیمارشده با سطوح مختلف پودر خون (BP) طی فرایند ورمی‌کمپوست‌سازی.

**Fig. 1.** Mineralization kinetic of organic carbon in the sawdust (SD) treated with different levels of blood powder (BP) during vermicomposting process.

کل دی‌اکسیدکربن متصاعدشده طی چهار ماه انکوباسیون از ۶۷/۵ میکروگرم کربن بر گرم در تیمار خاک اره تا ۱۴۲/۱ میکروگرم کربن بر گرم در تیمار خاک‌اره حاوی ۱۰ درصد پودر خون متغیر بود (شکل ۱). به‌طورکلی، ازآنجا که خاک‌اره از نظر نیتروژن کل

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04 ]
[ DOR: 20.1001.1.24236330.1396.4.4.3.0 ]
[ DOI: 10.29252/nbr.4.4.310 ]

فقیر است و دارای نسبت C:N زیاد است (جدول ۱)، از کیفیت پایین تجزیه‌پذیری برخوردار است؛ بنابراین، مقدار زیاد دی‌اکسیدکربن متصاعدشده از خاک‌ارهٔ تیمارشده با پودر خون می‌تواند مربوط به تجزیه‌پذیری بیشتر این ترکیبات ناشی از مقدار زیاد نیتروژن و نسبت کم C:N (جدول ۱) مربوط باشد.در اغلب مطالعات، هم‌بستگی قوی بین معدنی‌شدن کربن و نیتروژن، با مقدار نیتروژن کل و نسبت C:N مواد آلی، مشاهده شده است. به‌طوری‌که تجزیه با سرعت زیاد در موادی با نیتروژن زیاد و کربن کم انجام می‌گیرد و کم‌بودن مقدار نیتروژن در ساختار ترکیبات آلی، سرعت تجزیه را کند می‌کند (Trinsoutrol *et al.*, 2000; Thuries *et al.*, 2002; Sall *et al.*, 2007).

**pH**

در هفته‌های اول انکوباسیون، pH روند افزایشی نشان داد و پس از گذشت چهارماه از فرایند ورمی‌کمپوست‌سازی، pH در تمام تیمارها به‌طور جزئی کاهش یافت (شکل ۲). افزایش مقدار pH طی مراحل اولیهٔ انکوباسیون ممکن است به‌علت تجزیهٔ ترکیبات آلی و به‌دنبال آن تولید یون‌های آمونیوم باشد (Shrimal & Khwairakpam, 2010). در پایان زمان انکوباسیون، مقدار pH بین ۶/۶ در ورمی‌کمپوست خاک‌ارهٔ حاوی ۱۰ درصد پودر خون تا ۷/۵ در ورمی‌کمپوست خاک‌اره بدون پودر خون متغیر بود. کاهش جزئی pH ورمی‌کمپوست‌ها در مقایسه با ضایعات آلی اولیه، ممکن است به‌علت معدنی‌شدن نیتروژن و فسفر، تجزیهٔ میکروبی مواد آلی و تولید اسیدهای آلی حد واسط مانند اسید فولویک و اسیدهیومیک (Lazcano *et al.*, 2008; Suthar, 2009) و نیز تولید دی‌اکسیدکربن (Elvira *et al.*, 1998; Garg *et al.*, 2006) باشد. اختلاف مشاهده‌شده در pH ورمی‌کمپوست‌های مختلف ناشی از کیفیت ضایعات آلی استفاده‌شده در بستر کرم خاکی است، که بر فرایند معدنی‌شدن و نوع ترکیبات حد واسط تأثیر می‌گذارد. محققان دیگر نیز روند مشابهی برای pH در ورمی‌کمپوست‌های تولیدشده از ضایعات آلی مختلف گزارش کرده‌اند (Ndegwa & Thompson, 2000; Suthar, 2009). در این زمینه، Bisen و همکاران (2011) نشان دادند که pH ورمی‌کمپوست‌های تهیه‌شده از مخلوط ضایعات چای و کود گاوی توسط کرم‌های *Eisenia* و *Eudrilus* به‌طور معنی‌داری کمتر از pH اولیهٔ این ترکیبات بود. همچنین، Chudhary و همکاران (2000) مشاهده کردند که pH ضایعات آشپزخانه طی فرایند ورمی‌کمپوست‌سازی از ۹/۵ به ۷/۶ کاهش یافت.

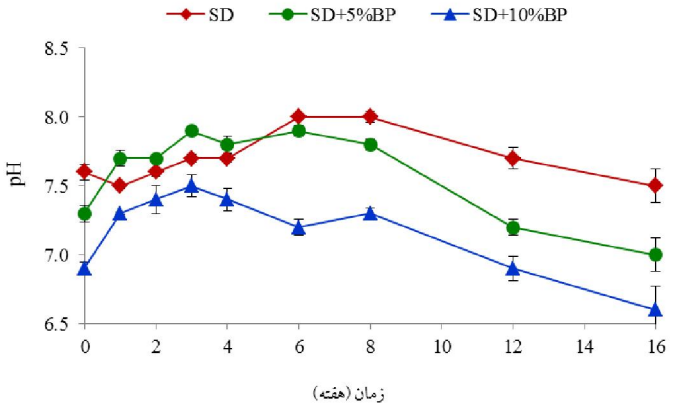
**هدایت الکتریکی (EC)**

افزایش زمان انکوباسیون باعث افزایش EC در تمام تیمارها شد و EC ورمی‌کمپوست‌های تولیدشده بیشتر از ضایعات اولیه بود (شکل ۳). در پایان زمان انکوباسیون، مقدار EC بین ۱/۳ دسی‌زیمنس بر متر در ورمی‌کمپوست خاک‌اره حاوی ۱۰ درصد پودر خون متغیر بود. افزایش مقدار EC به‌ترتیب در ورمی‌کمپوست خاک‌اره حاوی ۱۰ درصد پودر خون (۹۴/۷ درصد)، ورمی‌کمپوست خاک‌اره حاوی ۵ درصد پودر خون (۷۸/۵ درصد) و ورمی‌کمپوست خاک‌اره (۱۸/۲ درصد) بیشتر بود. افزایش مقدار EC ممکن است ناشی از کاهش وزن مواد آلی و آزادسازی نمک‌های معدنی مختلف به‌شکل در دسترس باشد (Garg *et al.*, 2006; Suthar, 2007). نتایج مطالعهٔ حاضر با نتایج Kale (1998)، مبنی بر افزایش نمک‌های محلول و EC طی فرایند ورمی‌کمپوست‌سازی، مطابقت دارد. مقدار EC تحت تأثیر ظرفیت تبادل کاتیونی، تخلخل و اندازهٔ ذرات است. تجزیهٔ مواد آلی طی فرایند ورمی‌کمپوست‌سازی باعث کاهش اندازهٔ ذرات و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و تخلخل می‌شود و درنتیجه مقدار EC افزایش می‌یابد (Grisso *et al.*, 2009). بنابراین، افزایش چشمگیر مقدار EC ورمی‌کمپوست‌های خاک‌ار حاوی پودر خون در مقایسه با ورمی‌کمپوست خاک‌ارهٔ، می‌تواند نشان‌دهندهٔ تأثیر کاربرد پودرخون بر افزایش سرعت معدنی‌شدن خاک‌اره باشد.

**کربن آلی**

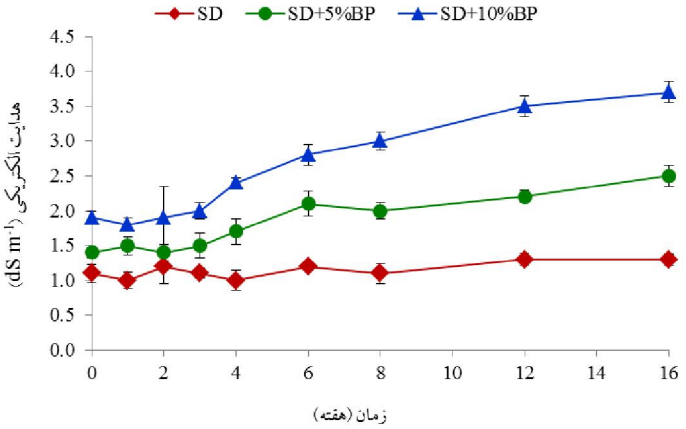
مقدار کربن آلی در تمام تیمارها طی فرایند ورمی‌کمپوست‌سازی کاهش یافت (شکل ۴). کاهش مقدار کربن آلی به‌ترتیب در ورمی‌کمپوست خاک‌ارهٔ حاوی ۱۰ درصد پودر خون (۴۱/۲ درصد)، ورمی‌کمپوست خاک‌ارهٔ حاوی ۵ درصد پودر خون (۳۹/۶ درصد) و ورمی‌کمپوست خاک‌اره (۲۲/۵ درصد) بیشتر بود. در فرایند تولید ورمی‌کمپوست، بخش عظیمی از کربن آلی به‌منزلهٔ منبع انرژی توسط کرم‌های خاکی و میکروارگانیسم‌ها مصرف و به‌صورت گاز دی‌اکسیدکربن آزاد می‌شود که باعث کاهش مقدار کربن آلی در ورمی‌کمپوست نهایی می‌شود (Khwairakpam & Bhargava, 2009). کاهش درصد

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04 ]
[ DOR: 20.1001.1.24236330.1396.4.4.3.0 ]
[ DOI: 10.29252/nbr.4.4.310 ]



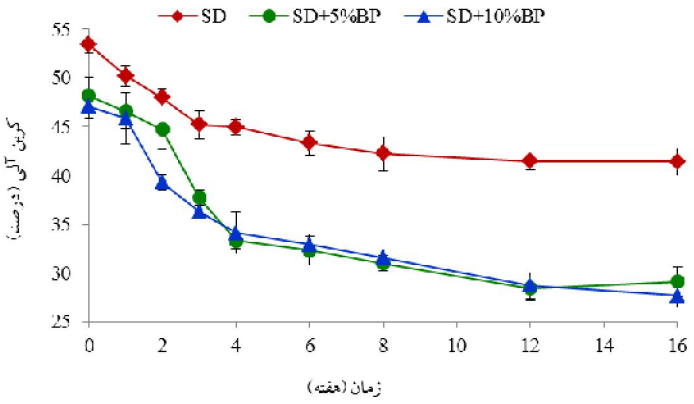

**شکل ۲**- روند زمانی تغییرات pH خاک‌اره (SD) تیمارشده با سطوح مختلف پودر خون (BP) طی فرایند ورمی‌کمپوست‌سازی.

**Fig. 2.** Periodical change in sawdust (SD) pH treated with different levels of blood powder (BP) during vermicomposting process.




**شکل ۳**- روند زمانی تغییرات هدایت الکتریکی خاک‌ارهٔ (SD) تیمارشده با سطوح مختلف پودر خون (BP) طی فرایند ورمی‌کمپوست‌سازی.

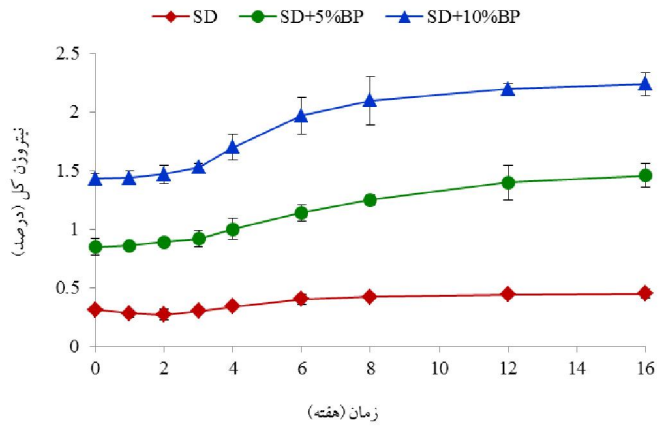
**Fig. 3.** Periodical change in sawdust (SD) electrical conductivity treated with different levels of blood powder (BP) during vermicomposting process.




**شکل ٤**- روند زمانی تغییرات کربن آلی خاک‌ار (SD) تیمارشده با سطوح مختلف پودر خون (BP) طی فرایند ورمی‌کمپوست‌سازی.

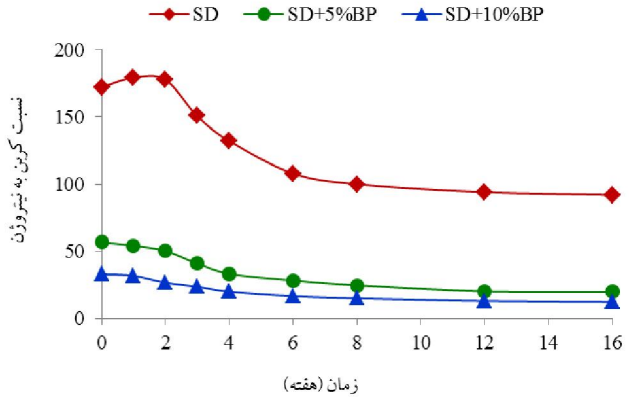
**Fig. 4.** Periodical change in sawdust (SD) organic carbon treated with different levels of blood powder (BP) during vermicomposting process.

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04 ]
[ DOR: 20.1001.1.24236330.1396.4.4.3.0 ]
[ DOI: 10.29252/nbr.4.4.310 ]




**شکل ۵**- روند زمانی تغییرات نیتروژن کل خاک‌ارهٔ (SD) تیمارشده با سطوح مختلف پودر خون (BP) طی فرایند ورمی‌کمپوست‌سازی.

**Fig. 5.** Periodical change in sawdust (SD) total nitrogen treated with different levels of blood powder (BP) during vermicomposting process.




**شکل ٦**- روند زمانی تغییرات نسبت کربن نیتروژن خاک‌ارهٔ (SD) تیمارشده با سطوح مختلف پودر خون (BP) طی فرایند ورمی‌کمپوست‌سازی.

**Fig. 6.** Periodical change in sawdust (SD) carbon to nitrogen ratio treated with different levels of blood powder (BP) during vermicomposting process.

کربن آلی کود گاوی، لجن فاضلاب شهری و کاه برنج طی فرایند ورمی‌کمپوست‌سازی را توسط Das و همکاران (2014) نیز گزارش داده‌اند. در مطالعهٔ حاضر، کاهش بیشتر مقدار کربن آلی در ورمی‌کمپوست خاک‌ارهٔ حاوی ۱۰ درصد پودر خون (۴۱/۲ درصد) در مقایسه با تیمارهای دیگر، ممکن است به‌علت سرعت بیشتر تنفس (Suthar, 2009) باشد. در این زمینه، Kumar و Nayak و همکاران (2013) گزارش کردند که افزودن لجن فاضلاب به کود گاوی و خاک‌اره باعث کاهش بیشتر کربن آلیدر فرایند ورمی‌کمپوست‌سازی می‌شود. همچنین، Shrimal و Khwairakpam (2010) مشاهده کردند که پس از گذشت ۴۳ روز از فرایند تولید ورمی‌کمپوست از مخلوط نسبت‌های مختلف ضایعات سبزیجات و کود گاوی، مقدار کربن آلی در ترکیب‌های با C:N ۲۰، ۳۰ و ۴۰ به ترتیب ۲۰/۲، ۱۷/۴ و ۱۸/۳ درصد کاهش یافت.

**نیتروژن کل**

غلظت نیتروژن کل در تمام تیمارها، طی فرایند ورمی‌کمپوست-سازی افزایش یافت، اگرچه مقدار این افزایش در تیمارهای حاوی پودر خون بیشتر بود (شکل ۵). غلظت نیتروژن کل در پایان زمان انکوباسیون بین ۰/۴۵ درصد در ورمی‌کمپوست خاک‌اره تا ۲/۲۴ درصد در ورمی‌کمپوست مخلوط خاک‌اره و ۱۰ درصد پودر خون متغیر بود. افزایش غلظت نیتروژن به‌ترتیب در ورمی‌کمپوست خاک‌ارهٔ حاوی ۵ درصد پودر خون (۷۱/۸ درصد)، ورمی-کمپوست خاک‌ارهٔ حاوی ۱۰ درصد پودر خون (۵۶/۵ درصد) و ورمی‌کمپوست خاک‌اره (۴۵/۲ درصد) بیشتر بود. افزایش غلظت

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04 ]
[ DOR: 20.1001.1.24236330.1396.4.4.3.0 ]
[ DOI: 10.29252/nbr.4.4.310 ]

نیتروژن در فرایند ورمی‌کمپوست‌سازی، ناشی از آزادشدن نیتروژن توسط کرم‌های خاکی به‌علت تشکیل متابولیت‌های مختلف مانند هورمون‌های محرک رشد و بافت‌های مرده است (Tripathi & Bhardwaj, 2004).

بسیاری از مطالعات انجام‌شده دربارهٔ فرایند ورمی‌کمپوست‌سازی، به افزایش غلظت نیتروژن در پایان زمان انکوباسیون اشاره کرده‌اند. در این زمینه، Warman و AngLopez (2002) مشاهده کردند که بعد از گذشت ۴۵ و ۶۸ روز از انکوباسیون، غلظت نیتروژن در سه نوع ضایعات ورمی‌کمپوست شده، ۸۵-۴۲ درصد افزایش یافت. Suthar (2009) بیان کرد که افزایش ۷۶-۵۱ درصد غلظت نیتروژن کل در ضایعات ورمی‌کمپوست شده، ناشی از معدنی‌شدن مواد آلی طی فرایند ورمی‌کمپوست‌سازی است؛ بنابراین، افزایش بیشتر غلظت نیتروژن در بسترهای حاوی پودر خون در مطالعه حاضر، می‌تواند ناشی از سرعت بیشتر معدنی‌شدن خاک‌اره باشد. این نتایج با کاهش مقدار کربن آلی هم‌خوانی دارد (شکل ۴). Benitez و همکاران (1999) نیز گزارش کردند تولید آنزیم‌های هیدرولیتیک که نقش مهمی در چرخهٔ کربن و نیتروژن در سیستم تجزیهٔ ضایعات آلی دارند، بسیار تحت تأثیر قابلیت دسترسی ترکیبات آلی تجزیه‌پذیر در بستر کرم خاکی است.

**نسبت کربن به نیتروژن (C:N)**

طی فرایند ورمی‌کمپوست سازی، تغییرات چشمگیری در نسبت C:N تیمارها مشاهده شد (شکل ۶). نسبت C:N در تمام تیمارها با گذشت زمان کاهش یافت. در پایان زمان انکوباسیون، نسبت C:N بین ۱۲/۴ در ورمی‌کمپوست خاک‌ارهٔ حاوی ۱۰ درصد پودر خون تا ۰/۹۲ در ورمی‌کمپوست خاک‌اره متغیر بود. درواقع، افزایش غلظت نیتروژن ناشی از ترکیبات نیتروژنه تولیدشده توسط کرم‌های خاکی و همچنین تلفات کربن آلی به‌صورت دی‌اکسیدکربن ناشی از فعالیت میکروبی، باعث کاهش نسبت C:N ورمی‌کمپوست‌های نهایی می‌شود. در مطالعات متعدد به کاهش نسبت C:N طی فرایند ورمی‌کمپوست‌سازی اشاره شده است (Bansal & Kapoor, 2000; Gupta & Garg, 2008). در مطالعهٔ حاضر، کاربرد پودر خون باعث تسریع در کاهش نسبت C:N ورمی‌کمپوست خاک‌اره شد که این امر مبین سرعت بیشتر تجزیه و معدنی‌شدن مواد آلی است. نسبت C:N شاخصی از درجهٔ تجزیهٔ مواد آلی شناخته می‌شود (Atiyeh *et al.*, 2000). در مطالعه‌ای Tripathi و Bhardwaj (2004) گزارش کردند که ترکیبات با نسبت C:N پایین برای تغذیهٔ کرم‌های خاکی مناسب‌تر هستند و باعث افزایش سرعت تجزیهٔ مواد آلی می‌شوند. همچنین، Gunadi و همکاران (2003) مشاهده کردند که کاربرد کودهای گاوی و خوکی با نسبت‌های C:N پایین در فرایند ورمی‌کمپوست‌سازی، باعث افزایش سرعت رشد و تکثیر کرم خاکی گونهٔ *E. foetida* شد. در مطالعهٔ حاضر مشاهده شد که نسبت C:N خاک‌ارهٔ حاوی ۵ درصد پودر خون از ۵۶/۷ به ۱۹/۹ و خاک‌ارهٔ حاوی ۱۰ درصد پودر خون از ۳۲/۹ به ۱۲/۴ کاهش یافت. براساس نتایج Morais و Queda (2003)، کاهش نسبت C:N به مقادیر کمتر از ۲۰، مبین درجهٔ پیشرفتهٔ تثبیت مواد آلی است و نشان می‌دهد که ضایعات آلی به‌اندازهٔ کافی تجزیه شده‌اند. همچنین، در مطالعهٔ حاضر مشاهده شد که ورمی‌کمپوست‌های تهیه‌شده از مخلوط خاک‌اره و پودر خون پس از گذشت چهار ماه، تیره‌تر و یکنواخت‌تر بودند. این می‌تواند نشان‌دهندهٔ تأثیر مثبت پودر خون بر افزایش تجزیه خاک‌اره باشد.

## نتیجه‌گیری

نتایج مطالعهٔ حاضر نشان داد که پودر خون می‌تواند از طریق افزایش سرعت تجزیهٔ خاک‌اره طی فرایند ورمی‌کمپوست‌سازی، باعث ایجاد تغییرات زیادی در ویژگی‌های بیوشیمیایی ورمی‌کمپوست خاک‌اره شود. به‌طورکلی، افزایش زمان انکوباسیون در فرایند تولید ورمی‌کمپوست، باعث افزایش مقدار تجمعی کربن معدنی‌شده، نیتروژن کل و EC و کاهش کربن آلی، نسبت C:N و pH تمام تیمارهای ورمی‌کمپوست در مقایسه با ضایعات اولیه شد و شدت این تغییرات بیوشیمیایی در تیمارهای حاوی پودر خون بیشتر بود. اگرچه با اضافه‌کردن پودر خون به بستر خاک‌اره، امکان بازیافت این ضایعات به ورمی‌کمپوست فراهم می‌شود، قبل از کاربرد این کودها در کشاورزی، نیاز به مطالعات تکمیلی در بارهٔ تأثیر آنها بر ویژگی‌های خاک و رشد و عمل‌کرد گیاهان وجود دارد.

## سپاسگزاری

از کارشناسان آزمایشگاه خاک‌شناسی و بیولوژی و میکرو-بیولوژی خاک دانشگاه یزد قدردانی می‌شود.

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04 ]
[ DOR: 20.1001.1.24236330.1396.4.4.3.0 ]
[ DOI: 10.29252/nbr.4.4.310 ]

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04 ]
[ DOR: 20.1001.1.24236330.1396.4.4.3.0 ]
[ DOI: 10.29252/nbr.4.4.310 ]

## REFERENCES


**Abd El Halim, A.A. and El Baroudy, A.A.** 2014. Influence addition of fine sawdust on the physical properties of expansive soil in the Middle Nile Delta, Egypt. – J. Soil Sci. Plant Nutr. 14: 483-490.

**Aira, M., Monroy, F. and Domínguez, J.** 2006. C to N ratio strongly affects population structure of *Eisenia foetida* in vermicomposting systems. – Eur. J. Soil Biol. 42: 127-131.

**Alexander, M.** 1999. Biodegradation and Bioremediation. 2th ed. – Academic Press, NY.

**Atiyeh, R.M., Subler, S., Edwards, C.A., Bachman, G., Metzger, J.D. and Shuster, W.** 2000. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticulture container media and soil. – Pedobiologia 44: 579-590.

**Bansal, S. and Kapoor, K.K.** 2000. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. – Bioresource Technol. 73: 95-98.

**Benitez, E., Nogales, R., Elvira, C., Masciandaro, G. and Ceccanti, B.** 1999. Enzyme activities as indicators of the stabilization of sewage sludge composting with *Eisenia foetida*. – Bioresource Technol. 67: 297-303.

**Bisen, J.S. Singh, A.K. Kumar, R. Bora, D.K. and Bera, B.** 2011. Vermicompost quality as influenced by different species of earthworm bedding material. – Two Bud. 58: 137-140.

**Bremmer, J.M. and Mulvancey, C.S.** 1982. Total nitrogen. In: Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. (eds.), Method of soil analysis. 2: 599-622. – Aragon Monogr, 9, ASA and SSSA, Madison, WI.

**Chudhary, P.S., Pal, T.K., Bhattachrjee, G. and Dey, S.K.** 2000. Chemical characterization of kitchen waste vermicompost processed by *Perionyx excavatus*. – Environ. Ecol. 18: 902-904.

**Das, D., Powell, M., Bhattacharyya, P. and Banik, P.** 20014. Changes of carbon, nitrogen, phosphorous, and potassium content during storage of vermicomposts prepared from different substrates. – Environ. Monit. Assess. 186: 8827-8832.

**Elvira, C., Sampedro, L., Benítez, E. and Nogales, R.** 1998. Vermicomposting of sludges from paper mill and dairy industries with *Eisenia andrei*: a pilot-scale study. – Bioresource Technol. 63: 205-211.

**Garg, P., Gupta, A. and Staya, S.** 2006. Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study. – Bioresource Technol. 97: 391-395.

**Grisso, R., Aller, M., Holshouser, D. and Thomason, W.** 2009. Precision farming tools: soil electrical conductivity. – Virginia Cooperative Extension Publication, pp 442-508.

**Gunadi, B., Edwards, C.A. and Blount, C.** 2003. The influence of different moisture levels on the growth, fecundity and survival of *Eisenia foetida* (Savigny) in cattle and pig manure solids. – Eur. J. Soil Biol. 39:19-24.

**Gupta, R. and Garg, V.K.** 2008. Stabilization of primary sewage sludge during vermicomposting. – J. Hazard. Mater. 153: 1023-1030.

**Hesse, P.R.** 1971. A Text Book of Soil Chemical Analysis. – John Murray, London.

**Kale, R.D.** 1998. Earthworms: nature's gift for utilization of organic wastes. In: Edwards C.A. (ed.), Earthworm Ecology pp: 355-376. – CRC Press, Boca Raton, Fla.

**Khwairakpam, M. and Bhargava, R.** 2009. Vermitechnology for sewage sludge recycling. – J. Hazard. Mater. 161: 948-954.

**Kosheleva, Y.P. and Trofimov S.Y.** 2008. Characteristics of the biochemical composition of plant litter at different stages of decomposition (According to thermal analysis data). – Biol. Bull. 35: 64-69.

**Kumar, D.S., Kumar, P.S., Kumar, V.U. and Anbuganapathi, G.** 2013. Impact of biofertilizers on growth and reproductive performance of *Eisenia fetida* (Savigny 1926) during flower waste vermicomposting process. – Annu. Rev Res. Biol. 3: 574-583.

**Kumar, N.A., Sudharsan Varm, V. and Kalamdhad, A.S.** 2013. Effect of various C/N ratios during vermicomposting of sewage sludge using *Eisenia foetida*. – J. Environ. Sci. Technol. 6: 63-78.

**Lazcano, C., Gómez-Brandón, M. and Domínguez, J.** 2008. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. – Chemosphere 72: 1013-1019.

**Morais, F.M.C. and Queda, C.A.C.** 2003. Study of storage influence on evolution of stability and maturity properties of MSW composts. In: Proceeding of the fourth International Conference of ORBIT association on Biological Processing of Organics: Advances for a Sustainable Society part II. Perth, Australia.

**Nagavallemma, K.P., Wani, S.P. and Stephane, L.** 2006. Vermicomposting: recycling wastes into valuable organic fertilizer. – J. Sat Agr. Res. 2: 1-17.

**Ndegwa, P.M. and Thompson, S.A.** 2000. Effects of C-to-N ratio on vermicomposting of biosolids. – Bioresource Technol. 75: 7-12.

**Nelson, D.W. and Sommers, L.P.** 1986. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Page, A.L. (ed.), Method of soil analysis. 2: 539-579. – Am. Soc. Agron. Madison. WI. USA.

**Ray, M.R., Roychoudhury, S., Mukherjee, G., Roy, S. and Lahiri, T.** 2005. Respiratory and general health impairments of workers employed in a municipal solid waste disposal at open landfill site in Delhi. – Int. J. Hyg. Envir. Heal. 108: 255-262.

**Sall, S., Bertrand, I., Chotte J.L. and Recous, S.** 2007. Separate effects of the biochemical quality and N content of crop residues on C and N dynamics in soil. – Biol. Fert. Soils 43: 797-804.

**Sharholy, M., Ahmad, K., Mahmood, G. and Trivedi, R.C.** 2008. Municipal solid waste management in Indian cities: A review. – Waste Manage. 28: 459-467.

**Shrimal, S. and Khwairakpam, M.** 2010. Effect of C/N ratio on vermicomposting of vegetable waste. – Dyn. Soil Dyn. Plant. 4: 123-126.

**Suthar, S.** 2007. Vermicomposting potential of *Perionyx sansibaricus* (Perrier) in different waste materials. – Bioresource Technol. 98: 1231-1237.

**Suthar, S.** 2009. Vermicomposting of vegetable-market solid waste using *Eisenia foetida*: Impact of bulking material on earthworm growth and decomposition rate. – Ecol. Eng. 35: 914-920.

**Thuries, L., Pansu, M., Larre-Larrouy, M.C. and Feler, C.** 2002. Biochemical composition and mineralization kinetics of organic inputs in a sandy soil. – Soil Biol. Biochemi. 34: 239-250.

**Tiunov, A.V. and Scheu, S.** 2004. Carbon availability control the growth of detritivores (Lumbricidae) and their effect on nitrogen mineralization. – Oecologia 138: 83-90.

**Trinsoutrol, I., Recouse, S., Bents, B., Lineres, M., Cheneby D. and Nicolardot, B.** 2000. Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics under nonlimiting nitrogen condition. – Soil Sci. Soc. Am. J. 64: 918-926.

**Tripathi, G. and Bhardwaj, P.** 2004. Comparative studies on biomass production life cycles and composting efficiency of *Eisenia foetida* (Savigny) and *Lampito mauritii* (Kinberg). – Bioresource Technol. 92: 275-283.

**Warman, P.R. and Anglopez, M.J.** 2002. The chemical properties of vermicompost derived from different feed stocks, proceeding of international composting and compost science symposium, Columbus, Ohio. 6-8 June.

**Zziwa, A., Kizito, S., Banana, A.Y., Kaboggoza, J.R.S., Kambugu, R.K. and Sseremba, O.E.** 2006. Production of composite bricks from sawdust using portland cement as a binder. – Uganda J. Agri. Sci. 12: 38-44.

*****

**How to cite this article:**

**Ghasemi, S.** 2018. The effect of blood powder application on some biochemical properties of sawdust during vermicomposting. – Nova Biologica Rep. 4: 310-319.

**قاسمی، س.** ۱۳۹۶. تأثیر کاربرد پودر خون بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی خاک‌اره طی فرایند ورمی-کمپوست‌سازی. – یافته‌های نوین در علوم زیستی ۴: ۳۱۹-۳۱۰.

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04 ]
[ DOR: 20.1001.1.24236330.1396.4.4.3.0 ]
[ DOI: 10.29252/nbr.4.4.310 ]