19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025
نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴
مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran
۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

بهینه سازی استخراج کربن آلی و نیتروژن کل از کمپوست کود مرغی

ستاره نظری[1*]، حسین شریعتمداری[2]، حمیدرضا عشقی زاده[3]، میثم رحیمی[4]
۱-دانشجوی دکترای خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان
S.Nazari@ag.iut.ac.ir
۲- استاد گروه خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان
۳- استاد گروه فیزیولوژی گیاهی دانشگاه صنعتی اصفهان
۴- دانشجوی دکترای خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده:
استفاده از کودهای آلی در کشاورزی نه تنها خواص شیمیایی و حاصلخیزی را بهبود می‌بخشد، بلکه اثرات مثبتی بر خواص فیزیکی خاک نیز دارد. وجود کربن آلی برای کنترل قابلیت جذب عناصر غذایی در خاک ضروری است. استفاده از بقایای آلی به عنوان کود می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی باشد و به حفظ منابع و بازیافت مواد آلی کمک کند. هدف از این مطالعه، یافتن شرایط بهینه عصاره گیری شامل عصاره گیر، دما و اندازه ذرات برای بازیابی کربن آلی و نیتروژن کل کمپوست کود مرغی است. نتایج نشان داد مقدار کربن آلی استخراج شده عمدتاً تحت تأثیر دما و اندازه ذرات قرار گرفت و بالاترین غلظت کربن آلی، و نیتروژن کل زمانی به‌دست آمد که کوچکترین اندازه ذرات جامد برای عصاره‌گیری استفاده شد، همچنین در دمای نزدیک به ۶۰°C حداکثر محتوای محتوای کربن آلی کل (TOC) ۵۰٪ استخراج شد که نشان‌دهنده آزادسازی ترکیبات آلی آروماتیک و پلیمریزه طی استخراج قلیایی از کمپوست کود مرغی است.

واژه‌های کلیدی: بازیابی کربن آلی، کمپوست زباله، کود مایع، عناصر غذایی

مقدمه

استفاده از کودهای آلی برای حفظ ماده آلی خاک یک عمل رایج در کشاورزی پایدار می باشد. این عمل نه تنها باعث حفظ و بازیابی عناصر غذایی خاک مانند نیتروژن و فسفر می‌شود، بلکه شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک را نیز بهبود می‌بخشد. در این رابطه کودهای دامی تازه یا کودهایی که به خوبی کمپوست نشده باشند، ویژگی‌های نامطلوب زیادی داشته که کاربرد آنها را می تواند محدود نماید (He et al., 2014). استفاده مستقیم از کودهای دامی باعث مشکلات محیطی مانند تصاعد گازهای سمی، آبشویی نیترات و آلودگی‌های زیست محیطی می‌شود. از طرف دیگر حجم نسبتاً زیاد مورد نیاز کمپوست ها و همچنین زمان و شیوه استفاده از این کودها محدودیت ها و مشکلات فراوانی را در عمل ایجاد می‌کند به طوری‌که بسیاری از کشاورزان علی رغم اثرات مفید این کودها مایل به استفاده از آنها نیستند. به همین دلیل کاربرد کودهای آلی مایع مورد توجه روز افزون قرار گرفته است. این کودها با داشتن غلظت مناسبی از مواد مؤثر و همچنین کاهش محدودیت‌های زمان استفاده و ماشین آلات خاص مورد نیاز، می‌توانند به کاهش هزینه‌های تولید کمک نمایند (He et al., 2014). کودهای آلی همچنین باعث کاهش جرم مخصوص خاک و از سوی دیگر افزایش تخلخل آن می‌شوند.

کود آلی مایع نسبت به کمپوست راحت‌تر به وسیله گیاهان و در شکل کنسانتره جذب شده بنابراین این نوع کودها اقتصادی‌تر هستند. با این حال، آنها محتوای قابل توجهی از کربن آلی و عناصر مغذی را دارند که می‌توانند از طریق استخراج جامد/مایع از کمپوست های جامد تهیه شوند (Bloem et al., 2017). این کودها را می‌توان از طریق فرایند کمپوست سازی پایه و با استفاده از حلال‌هایی از قبیل آب و تعدادی فعال کننده‌های زیستی با کیفیت خوبی تولید نمود (Marlinda et al., 2015). طبق نتایج فرناندز دلگادو و همکاران (۲۰۲۲) عصاره گیری با KOH مؤثرتر از آب بود زیرا انحلال پذیری بالاتری دارد و غلظت مواد مغذی عصاره‌گیری شده با KOH ۰/۵ مولار، ۳/۵ برابر بیشتر از زمانی بود که از آب به عنوان عصاره‌گیر استفاده شد. در این پژوهش چگونگی استخراج مواد مؤثر کودی از کمپوست کود مرغی برای ساخت کود آلی مایع مورد بررسی قرار گرفت و بازیابی کربن آلی و نیتروژن کل از پسماند فوق الذکر تحت تیمارهای مختلف مطالعه شد.

مواد و روش:

کمپوست کردن کود مرغی:

کود مرغی از مزرعه تحقیقاتی لورک دانشگاه صنعتی اصفهان تهیه شد. به منظور پوسیده شدن و پیشرفت واکنش‌های هوموسی شدن، کود آزمایشی به مدت سه ماه در دمای محیط و در رطوبت ۶۰ درصد ظرفیت نگهداری،خوابانیده شد. کمپوست تولیدی سپس در معرض هوا خشک شده و برای آزمایش‌های بعدی مورد استفاده قرار گرفت.

عصاره گیری

آزمایش‌های اولیه جهت تجزیه و تحلیل اثر پارامترهای موثر بر استخراج، شامل استفاده از عصاره گیر KOH نیم مولار در دماهای متفاوت ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درجه سانتی‌گراد و اندازه ذرات کمپوست <mix،۲>۲بود.

مشخصه یابی کمپوست تولید شده:

درصد خاکستر و ماده آلی (OM) از طریق توزین نمونه پس از سوختن اندازه‌گیری خواهد شد. نمونه به مدت ۴ ساعت در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس قرار داده شد (Estrella-González 2020) و با استفاده از روابط زیر محاسبات مربوطه انجام شد.

$$OM\ (\%) = (M0-M1/M0) \times 100$$

M0 = وزن نمونه قبل از سوختن؛M1 = وزن نمونه بعداز سوختن

$$OM\ (\%) \div 1.724 = (\%)\ TOC$$

OM= ماده آلی؛ TOC =کربن آلی کل

از دستگاه CHNSO برای تعیین کربن، نیتروژن کل استفاده شد.کل محتوای فسفر، پتاسیم نیز با استفاده از هضم مرطوب در اسید نیتریک غلیظ و روش های طیف سنجی تعیین شد.

به‌منظور بررسی و بهینه‌سازی اثر متغیرهای مؤثر بر فرآیند استخراج، از روش سطح پاسخ Methodology (Response Surface (RSM)با طراحی مرکب مرکزی (Central Composite Design- CCD) استفاده شد. متغیرهای مستقل مورد بررسی شامل دمای ۲۵ ،۵۰، ۷۵ درجه سانتی‌گراد و اندازه ذرات <mix،۲>۲میلی متر بودند. انتخاب این سطوح بر اساس مطالعات پیشین Fernandez-Delgadoو همکاران، ۲۰۲۳؛ Tortosa و همکاران، ۲۰۱۴ صورت گرفت.

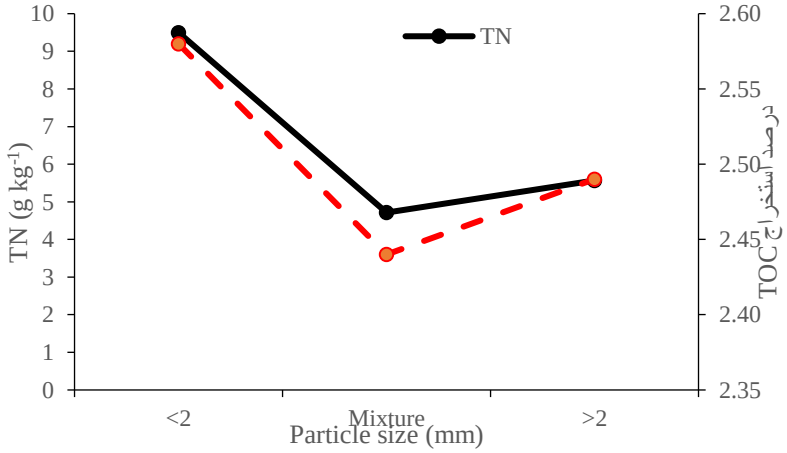
نتایج و بحث

خصوصیات شیمیایی کمپوست کود مرغی و درصد استخراج عناصر مغذی و کربن آلی کل تحت شرایط بهینه عصاره‌گیری در جدول ۱ ارائه شده است. عصاره‌گیری با استفاده از محلول KOH با غلظت ۰٫۵ مولار، دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد و اندازه ذرات کوچکتر از ۲ میلی‌متر انجام شد. بر اساس نتایج جدول، میزان کربن آلی کل در کمپوست برابر با ۲۰٫۹۱ درصد بود که در فرآیند عصاره‌گیری حدود ۲۵٫۹۹ درصد آن بازیابی شد. این امر نشان‌دهنده توانایی نسبی روش قلیایی در آزادسازی بخشی از ترکیبات آلی کمپوست است. در خصوص نیتروژن، مقدار آن در کمپوست ۲٫۴ درصد اندازه‌گیری شد و میزان استخراجی به حدود ۹۵ درصد رسید. این موضوع بیانگر کارایی بسیار بالای شرایط بهینه در آزادسازی ترکیبات نیتروژنی است که می‌تواند نقش مهمی در بهبود قابلیت دسترسی نیتروژن ایفا نماید. همچنین، مقدار فسفر کل در کمپوست ۴۲٫۵ درصد بود که از این میزان حدود ۴۸٫۳۴ درصد در عصاره بازیابی شد.

جدول۱: خصوصیات شیمیایی کمپوست کود مرغی و درصد استخراج کربن آلی کل، نیتروژن و فسفر

	کربن آلی کل(%)	نیتروژن(%)	فسفر(%)
کمپوست کود مرغی	۲۰٫۹۱	۲٫۴	۵/۴۲
درصد استخراج	۲۵٫۹۹	۹۵	۴۸٫۳۴

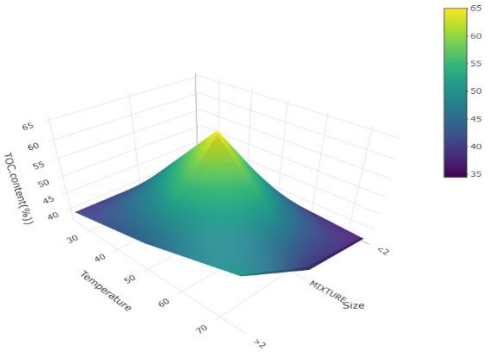
تاثیر اندازه ذرات کمپوست بر مقدار استخراج کربن آلی و نیتروژن کل در شکل ۱ نشان داده شده است. بیشترین نسبت استخراج در اندازه ذرات کمتر از ۲ میلیمتر بدست آمد که برای TOC و TN به ترتیب برابر ۲٫۵۸ درصد و ۹٫۵۰ گرم بر کیلو گرم بود. این عصاره قلیایی کمپوست کود مرغی خواص مطلوبی به عنوان کود آلی مایع نشان داد.



شکل ۱: تاثیر اندازه ذرات بر درصد استخراج TOC و TN

کاهش اندازه ذرات باعث بهبود ناحیه خاص تماس و انتقال جرم در استخراج می شود (Ma and Mu, 2016). همچنین گزارش شده است بالاترین غلظت کربن آلی کل، پتاسیم و نیتروژن کل زمانی به‌دست آمد که از کوچکترین اندازه ذرات جامد برای عصاره-گیری استفاده شد؛ زیرا کاهش اندازه ذرات، مواد آلی را برای هیدرولیز قابل دسترس‌تر می‌کند.(Delgado, 2020),(Lin, 2018)

اثر متغیرهای عملیاتی (دما، اندازه ذرات) با استفاده از یک CCD مبتنی بر RSM تجزیه و تحلیل شد. سطوح پاسخ در شکل ۲ترسیم شده است.



شکل ۲: اثر متغیرهای دما و اندازه ذرات بر محتوای کربن آلی کل در کمپوست کود مرغی

طبق ضرایب مدل‌های خطی و درجه دوم، مقدار کربن آلی استخراج شده تحت تأثیر هر دو متغیر دما و اندازه ذرات قرار گرفت. در حلیکه تاثیر دما شدیدتر بود. و در دمای نزدیک به ۶۰°C مقادیر بهینه محتوای کربن آلی کل ۵۰٪ به دست آمد. با توجه به نتایج بدست آمده مدل پیش‌بینی می‌کند که دمای بهینه برای به حداکثر رساندن هر دو پاسخ در مورد کمپوست کود مرغی، ۶۰ درجه سانتی‌گراد است، این پیش بینی با نتایج (Cristina 2020)و (Hanc 2019) و (Wang 2023) نیز مطابقت دارد.

نتیجه گیری

مقدار کربن آلی کل استخراج شده از کمپوست کود مرغی عمدتاً تحت تأثیر دما و اندازه ذرات قرار گرفته و بالاترین غلظت کربن آلی کل و نیتروژن کل زمانی به‌دست آمد که از کوچکترین اندازه ذرات جامد برای عصاره‌گیری استفاده شد، همچنین دما به طور قابل توجهی بر محتوای کربن آلی کل تأثیر می‌گذارد . ضمن اینکه نتایج تجزیه نشان دادند این عصاره خصوصیات مطلوبی به عنوان کود آلی مایع دارد. عصاره قلیایی کمپوست کود مرغی خواص مطلوبی به عنوان کود آلی مایع نشان داد.

منابع:

He, X.-S.,Xi, B.D., Pan, H.W., Li, D., Cui, D.Y., Tang, W.B., Yuan, Y., (2014a). Characterizing the heavy metal-complexing potential of fluorescent water-extractable organic matter from composted municipal solid wastes using fluorescence excitation–emission matrix spectra coupled with parallel factor analysis. Environ. Sci. Pollut. Res. 21: 7973-7984.

Wang, K., Mao, H., Wang, Z., and Tian, Y., (2018). Succession of organics metabolic function of bacterial community in swine manure composting. J. hazard. mater. 360: 471-480.

Bloem, E., Albihn, A., Elving, J., Hermann, L., Lehmann, L., Sarvi, M., Schaaf, T., Schick, J., Turtola, E., Ylivainio, K., (2017). "Contamination of organic nutrient sources with potentially toxic elements, antibiotics and pathogen microorganisms in relation to P fertilizer potential and treatment options for the production of sustainable fertilizers: a review. Sci.Total Environ. 607: 225-242.

Marlinda, (2015). Effect of addition of EM4 and promi bioactivators in the manufacture of organic liquid fertilizer from household waste, Conversion, 4 (2): 1-2.

Ma, M.M., Mu, T.H., (2016). Effects of extraction methods and particle size distribution on the structural, physicochemical, and functional properties of dietary fiber from deoiled cumin. Food Chem. 194, 237e246. https://doi.org/10.1016/ j.foodchem.2015.07.095.

Lin, L., Li, R.-h., and Li, X.-y., (2018). Recovery of organic resources from sewage sludge of Al-enhanced primary sedimentation by alkali pretreatment and acidogenic fermentation. J.Clean. Prod. 172: 3334-3341.
Fernández-Delgado, M., del Amo-Mateos, E., Lucas, S., García-Cubero, M. T., and Coca, M., (2020). Recovery of organic carbon from municipal mixed waste compost for the production of fertilizers. J. Clean. Prod. 265: 121805.
Cristina, G., Camelin, E., Ottone, C., Fraterrigo Garofalo, S., Jorquera, L., Castro, M.,Fino, D., Schiappacasse, M.C., Tommasi, T., (2020). Recovery of humic acids from anaerobic sewage sludge: Extraction, characterization and encapsulation in alginate beads. Int. J. Biol. Macromol. 164, 277–285. https://doi.org/10.1016/j. ijbiomac.2020.07.097.
Wang, R., Li, D., Zheng, G., Cao, Z., Deng, F., (2023). Co-production of water-soluble humic acid fertilizer and crude cellulose from rice straw via urea assisted artificial humification under room temperature. Chem. Eng. J. 455, 140916 https://doi.org/ 10.1016/j.cej.2022.140916.

Hanc, A., Enev, V., Hrebeckova, T., Klucakova, M., Pekar, M., (2019). Characterization of humic acids in a continuous-feeding vermicomposting system with horse manure.Waste Manag. 99, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.08.032.

ortosa, G., Alburquerque, J.A., Bedmar, E.J., Ait-Baddi, G., Cegarra, J., (2014). Strategies to produce commercial liquid organic fertilisers from “alperujo” composts. J. Clean. Prod. 82, 37–44. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.083.
Estrella-González, M., Suárez-Estrella, F., Jurado, M., López, M., López-González, J., Siles-Castellano, A., Muñoz-Mérida, A., and Moreno, J., (2020). Uncovering new indicators to predict stability, maturity and biodiversity of compost on an industrial scale. Bioresour. Technol. 313: 123557.

Optimization of total organic carbon extraction from poultry manure compost

Setateh Nazari[1], Hossein Shariatmadari[2], Hamid Reza Eshghizadeh[3], Meisam Rahimi[4]

1. PhD. Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan Iran
E-mail: S.Nazari@ag.iut.ac.ir ORCID:0009-0000-7501-179X

2. Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan Iran
3. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan Iran
4. PhD. Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan Iran

Abstract

The application of organic fertilizers in agriculture not only enhances soil chemical properties and fertility but also exerts beneficial effects on soil physical characteristics. The presence of organic carbon is essential for regulating nutrient availability in soils. The utilization of organic residues as fertilizers can serve as a sustainable alternative to chemical fertilizers, contributing to resource conservation and the recycling of organic matter. This study aimed to identify the optimal extraction conditions including extractant type, temperature, and particle size for the recovery of organic carbon and total nitrogen from poultry manure compost. The findings indicated that the amount of extracted organic carbon was primarily affected by temperature and particle size. The highest concentrations of organic carbon and total nitrogen were obtained when the smallest particle size was used for extraction. Furthermore, at approximately 60 °C, up to 50% of the total organic carbon (TOC) was recovered, which suggests the release of aromatic and polymerized organic compounds during alkaline extraction from poultry manure compost.

Keywords: Organic carbon recovery, waste compost, Liquid fertilizer, Nutrient Element