

A Comparison Study on the Impact of Organic Nitrogen-Enriched Vermicompost, Non-Modified Vermicompost and Chemical Fertilizers on Corn Plant Growth and Some Soil Biological Indices

Samaneh Ahmadi Geshlagi¹, Nasser Aliasghar zad^{2*} , Adel Reyhanitabar³, Per Bengtson⁴

Received: April 14, 2024

Accepted: October 10, 2024

1-PhD student at University of Tabriz, Tabriz, Iran.

2-Prof., of Soil Biology and Biotechnology, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

3-Prof., of Soil Fertility, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

4-Assoc. Prof., of Biology, Lund University, Sweden

*Corresponding Author Email: n-aliasghar@tabrizu.ac.ir

Abstract

Background & Objective: Nitrogen immobilization in vermicompost leads to its enrichment with organic nitrogen which in turn decreases N losses and enhances nitrogen use efficiency in plants. We hypothesized that the vermicompost enriched with organic-N could promote corn plant nutrition and growth compared to the conventional vermicompost and chemical fertilizers.

Materials & Methods: The experiment was conducted under greenhouse conditions with five treatments including vermicompost (VC), vermicompost mixed with urea (VC-N), vermicompost enriched with organic nitrogen (VC-IN), NPK chemical fertilizer (CF) and control. Each treatment had four replications.

Results: Corn growth and chlorophyll index were significantly enhanced by vermicompost enriched with organic nitrogen, but no significant difference was observed between the CF, VC-IN and VC-N. In VC-IN treatment, the shoot had the highest amounts of phosphorus, potassium, iron, copper, and zinc because of increasing nutrient absorption. However, CF and VC-N had higher shoot nitrogen levels than the VC-IN. Soil analysis after plant harvesting revealed that the VC treatment had a significantly higher nitrogen concentration than other treatments. Concerning the biological properties of the soil, VC-IN showed the highest amount of soil basal respiration and the lowest amount of substrate induced soil respiration among the treatments.

Conclusion: Farmers can improve soil fertility by using vermicompost that is enriched with organic nitrogen, since it aids in the uptake of nutrients and promotes plant growth. Furthermore, in comparison to chemical fertilizers, VC-IN treatment plays a greater role in improving of nitrogen maintaining in the soil.

Keywords: Corn, Enrichment, Growth productivity, Organic agriculture, Organic nitrogen, Vermicompost



This is an open-access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)

Copyright© 2025 Nasser Aliasghar zad Email: n-aliasghar@tabrizu.ac.ir

<https://doi.org/10.22034/saps.2024.61215.3207>



مطالعه مقایسه‌ای تأثیر ورمی کمپوست غنی شده با نیتروژن آلی، ورمی کمپوست معمولی و کود شیمیایی بر رشد گیاه ذرت و برخی شاخص‌های زیستی خاک

سمانه احمدی قشلاقی^۱، ناصر علی‌اصغرزاد^۲، عادل ریحانی تبار^۳، پر بنتسون^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۶	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۹
--------------------------	-------------------------

۱- فارغ التحصیل مقطع دکتری بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، دانشگاه تبریز

۲- استاد بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، دانشگاه تبریز

۳- استاد حاصلخیزی خاک، دانشگاه تبریز

۴- دانشیار بیولوژی، دانشگاه لوند سوئد

*مسئول مکاتبه: Email: n-aliasghar@tabrizu.ac.ir

چکیده

مقدمه و اهداف: غیرمتحرک‌سازی نیتروژن در ورمی کمپوست باعث غنی‌سازی این کود می‌شود که به نوبه خود اتلاف نیتروژن را کاهش و کارایی مصرف نیتروژن در گیاهان را افزایش می‌دهد. به نظر می‌رسد ورمی کمپوست غنی‌شده با نیتروژن آلی، تغذیه و رشد گیاه ذرت را در مقایسه با ورمی کمپوست معمولی و کودهای شیمیایی بهبود بخشد.

مواد و روش‌ها: آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار و چهار تکرار در شرایط گلخانه‌ای با کشت گلدانی ذرت اجرا شد. تیمارها شامل شاهد بدون کود، کود شیمیایی NPK (CF)، ورمی کمپوست غنی شده با نیتروژن آلی (VC-IN)، ورمی کمپوست مخلوط شده با اوره (VC-N) و ورمی کمپوست معمولی (VC) بودند.

یافته‌ها: تیمار VC-IN، رشد گیاه و شاخص کلروفیل را بصورت معنی‌داری افزایش داد ولی اختلاف بین VC-IN، VC-N و VC-IN غیر معنی‌دار بود. همچنین VC-IN جذب عناصر غذایی گیاه را افزایش داد و بیشترین مقدار عناصر غذایی فسفر، پتاسیم، آهن، مس و روی بخش هوایی گیاه مربوط به همین تیمار بود، اما مقدار نیتروژن گیاه در تیمار کود شیمیایی و VC-N بیشتر از تیمار VC-IN بود. غلظت نیتروژن خاک در تیمار VC بصورت معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. از خصوصیات بیولوژیک خاک نیز بیشترین مقدار تنفس پایه و کمترین مقدار تنفس برانگیخته خاک در VC-IN مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: ورمی کمپوست غنی شده با نیتروژن آلی با کمک به جذب عناصر غذایی و افزایش رشد گیاه می‌تواند گزینه مناسبی برای کشاورزان به جای ورمی کمپوست معمولی باشد. علاوه بر این تیمار VC-IN در مقایسه با کود شیمیایی نقش بیشتری در نگهداشت نیتروژن آلی در خاک داشت.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری، ذرت، کشاورزی پایدار، غنی‌سازی، نیتروژن آلی، ورمی کمپوست

مقدمه

نیتروژن یکی از عناصر مهم و پرمصرف در تغذیه گیاهان بشمار می‌رود و مقدار آن در اغلب خاک‌ها عامل محدود کننده رشد گیاهان است. این عنصر یکی از اجزای مهم تشکیل دهنده پروتئین‌ها، آنزیم‌ها، کلروفیل و اسیدهای نوکلئیک در موجودات زنده از جمله گیاهان می‌باشد. بیشتر گیاهان غیرلگوم برای رسیدن به حداکثر عملکردی که در کشاورزی مدرن انتظار می‌رود، نیازمند مصرف نیتروژن زیاد هستند. گیاه ذرت نقش عمده‌ای را در صنعت دامپروری، سوخت‌های زیستی و تغذیه انسان ایفا می‌کند. اگرچه عنصر نیتروژن در افزایش تولید گیاه نقش مهمی دارد و باعث بهبود عملکرد آن می‌شود، اما بدلیل آگاهی کم از کارایی مصرف نیتروژن، مصرف نامتعادل و بیش از حد کودهای شیمیایی نیتروژنه جهت افزایش تولید در واحد سطح، علاوه بر افزایش هزینه‌های تولید و بازدهی کم، می‌تواند تهدید جدی برای پایداری محیط زیست باشد و نگرانی‌های زیادی را به همراه داشته باشد. برای کاهش این مخاطرات باید از منابع نهاده‌هایی استفاده کرد که علاوه بر تامین نیازهای فعلی گیاه، پایداری سیستم‌های کشاورزی را در طولانی مدت به دنبال داشته باشد (آسیبی و همکاران ۲۰۱۹ و اسماعیلی بهبهانی و همکاران ۲۰۱۹). در بین این منابع و نهاده‌ها، ورمی کمپوست و محصولات مشتق شده از آن یک راهکار امیدوارکننده می‌باشد که مزایای بیشماری برای تولید غلات دارد. این کود غنی از نیتروژن و فسفر بوده و بدلیل ساختار خوب، غلظت پایین فلزات سنگین، مقدار هیومیک اسید بالا، هدایت الکتریکی پایین و پایداری بیشتر باعث بهبود سلامت خاک شده و تولید محصول را افزایش می‌دهد (محمود و همکاران ۲۰۱۸). ارزش کودهای آلی بستگی زیادی به مقدار نیتروژن آلی قابل دسترس دارد که می‌تواند معدنی شود و یا به صورت مستقیم مورد مصرف گیاهان و میکروارگانیسم‌ها قرار گیرد. به طور کلی نیتروژن آلی شامل دو بخش غیرقابل حل در اسید و قابل هیدرولیز در اسید شامل

آمینواسیدها، قندهای آمینه و بخش ناشناخته است (لیو و همکاران ۲۰۱۸). برای اینکه نیتروژن مورد نیاز گیاه به صورت مداوم فراهم شود و کارایی مصرف نیتروژن (NUE) افزایش یابد، تثبیت ۲ نیتروژن به شکل همگون سازی ۳ آن به صورتی که نیتروژن کود شیمیایی وارد مخزن نیتروژن آلی شود، بسیار مهم است. بنابراین از نظر شناخت چرخه جهانی نیتروژن، بهبود کارایی مصرف نیتروژن و شیوه‌های مدیریتی پایدار در کشاورزی، آگاهی نسبت به تغییر شکل‌های نیتروژن در خاک ضرورت دارد. در بسیاری از مطالعات پیشین محققان سعی داشتند بیان کنند که نیتروژن آلی قبل از اینکه مورد مصرف گیاه قرار گیرد، باید معدنی شود (ریگی و همکاران ۲۰۱۵). با این حال بسیاری از محققان پی بردند که بخشی از نیتروژن آلی با وزن مولکولی پایین (همچون آمینواسیدها)، قابلیت جذب مستقیم توسط گیاه را دارند (وارن ۲۰۱۴). یکی از موانع و مشکلات توسعه صنعت ورمی کمپوست، قیمت بالای آن است که باعث شده تا کشاورزان نتوانند در سطح وسیع از آن در مزرعه خود استفاده کنند. کشاورزان ایرانی اغلب خرده‌پا و کم درآمد هستند و قادر به پرداخت هزینه چنین کودهایی نمی‌باشند و بیشتر خریداران این کودها، گلخانه‌داران و باغداران می‌باشند (صحرائی و زرافشانی ۲۰۱۵). درصد نیتروژن در انواع ورمی کمپوست متغیر است. علت این تفاوت‌ها مدت زمان فرایند تولید آن، کیفیت مواد اولیه مورد مصرف کرم‌ها و شرایط تولید می‌باشد (رسایی ۲۰۱۴). میزان نیتروژن ورمی کمپوست حاصل از ترکیب کود گاوی و بقایای گیاهی در حدود ۱ تا ۳ درصد می‌باشد که در صورت غنی سازی و افزایش غلظت عناصر غذایی می‌توان مقدار کود ورمی کمپوست مصرفی را کاهش داد (آدریان و همکاران ۲۰۱۶ و همتی و همکاران ۲۰۱۳). در بیشتر موارد ورمی کمپوست به همراه کودهای شیمیایی مخصوصاً اوره مصرف می‌شود. محققان نشان داده‌اند که یکی از راهکارها برای افزایش کارایی مصرف نیتروژن اوره، ترکیب آن با

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در سال ۱۴۰۲ اجرا شد. ابتدا برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ورمی‌کمپوست معمولی، ورمی‌کمپوست غنی شده با نیتروژن آلی و خاک مورد استفاده، مورد آنالیز قرار گرفت (جدول ۱ و ۲) (احمدی و همکاران ۲۰۲۴). ورمی‌کمپوست مورد استفاده در این تحقیق از کود گاوی در حضور کرم *Eisenia fetida* تهیه شده بود و از شرکت گلدن رویال در آذربایجان شرقی خریداری شد. برخی خصوصیات این کود در جدول ۱ آمده است. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای بکار رفته شامل شاهد، کود شیمیایی (اوره، سوپرفسفات تریپل، سولفات پتاسیم) (CF) کود ورمی کمپوست غنی شده با نیتروژن آلی (VC-IN)، کود ورمی کمپوست مخلوط شده با اوره (VC-N) و ورمی کمپوست (VC) بود. در تیمار VC-N برخلاف VC-IN، انکوباسیون به منظور همگون‌سازی نیتروژن انجام نشد و پس از مخلوط کردن اوره با ورمی‌کمپوست، بلافاصله به خاک گلدان اضافه شد. در این کشت از بذر گیاه ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.) رقم سینگل کراس ۷۰۴ استفاده گردید. بذرها پس از ضدعفونی سطحی بوسیله هیپوکلریت سدیم نیم درصد، در داخل کاغذ صافی جوانه‌دار شدند. هر گلدان دارای شش کیلوگرم خاک لوم شنی بود. مقدار نیتروژن در هر چهار تیمار کود برابر سازی شد و مقدار فسفر و پتاسیم مورد نیاز گیاه در هر چهار تیمار کودی در حد کفایت بود. مقادیر کود نیتروژنه (شیمیایی و ورمی کمپوست) براساس آزمون خاک و توصیه کودی ذرت تعیین شدند (احمدی ۲۰۲۴). در داخل هر گلدان دو عدد بذر ذرت کشت شد و به مدت سه ماه و نیم تحت شرایط گلخانه‌ای با نور طبیعی و تنظیم رطوبت خاک با توزین روزانه، در حدود ۰/۸ رطوبت ظرفیت مزرعه آبیاری شدند. به منظور تعیین شاخص کلروفیل برگ از دستگاه کلروفیل متر دستی هانزاتک^۴ بدون تخریب بافت‌های گیاهی استفاده شد. برای تعیین وزن خشک گیاه و سنجش عناصر معدنی،

گوگرد و موادی با اسید هیومیک بالا همچون لئوناردیت است. اسیدهای هیومیک دارای یکسری خصوصیات شیمیایی همچون ظرفیت تبادل کاتیونی بالا هستند که می‌تواند به نگهداشت آمونیوم و کاهش تصعید آمونیاک کمک کند. همچنین برخی از محققان بیان کرده‌اند که پس از افزودن گوگرد عنصری به کود آلی، طی فرایند اکسیداسیون گوگرد و کاهش pH، میزان اتلاف نیتروژن اوره کاهش می‌یابد (احمدی و همکاران ۲۰۲۴).

احمدی و همکاران (۲۰۲۴) در یک آزمایش اثر لئوناردیت با سطوح (L0)، ۲ (L1) و ۴ (L2) درصد وزنی و گوگرد با سطوح (S0)، ۱ (S1) و ۲ (S2) درصد وزنی را بر همگون شدن نیتروژن اوره (U0) و ۱ (U1) درصد وزنی در طول دو ماه انکوباسیون در ورمی کمپوست بررسی نمودند و نهایتاً ترکیب تیماری VC-IN U1S0L1 در روز ۳۰ ام انکوباسیون را بعنوان موثرترین تیمار در همگون شدن نیتروژن اوره در ورمی کمپوست معرفی کردند. این تیمار دارای یک درصد اوره، بدون گوگرد و دو درصد لئوناردیت بود. تیمار غنی شده با نیتروژن آلی (VC-IN) با هدف غنی‌سازی ورمی-کمپوست به شکل پایدار نیتروژن آلی طی فرایند همگون-سازی (در حضور لئوناردیت)، تولید شد. طبق مطالعات صورت گرفته، در این حالت نیتروژن وارد بخش آلی نسبتاً پایدار شده و نیتروژن مورد نیاز گیاه بصورت تدریجی فراهم می‌شود و ضمن کاهش اتلاف نیتروژن، کارایی مصرف آن نیز افزایش می‌یابد.

تحقیق حاضر در ادامه آزمایش فوق الذکر و با هدف بررسی و مقایسه تاثیر کود ورمی کمپوست غنی شده با نیتروژن آلی (VC-IN)، ورمی کمپوست معمولی، ورمی-کمپوست مخلوط شده با اوره (بدون انکوباسیون و بدون تیمار) و کود شیمیایی بر عملکرد و برخی خصوصیات گیاه ذرت و خصوصیات شیمیایی و بیولوژیکی خاک اجرا گردید.

تیتراسیون با اسید (علی اصغر زاد ۲۰۱۰) و خصوصیات شیمیایی خاک نیز همچون pH، EC و نیتروژن کل خاک به روش کجلال (جکسون ۱۹۵۸) و خصوصیات ورمی-کمپوست اولیه و غنی شده که شامل فعالیت دهیدروژناز (بنفیلد و همکاران ۱۹۹۷)، نیتروژن کل (جکسون ۱۹۵۸)، pH، EC (شهبازی و همکاران ۲۰۱۸)، کربن آلی (فائو ۲۰۱۹)، آمونیوم، نیترات (شهبازی و همکاران ۲۰۱۸) و اوره به کمک کیت برتوله (شرکت پارس آزمون) در ابتدای آزمایش اندازه‌گیری شد. در نهایت تجزیه واریانس و مقایسه میانگین ها به وسیله نرم افزار MSTATC با استفاده از آزمون LSD در سطح یک درصد صورت گرفت.

بخش هوایی و ریشه گیاه به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک گردید و با استفاده از روش هضم نمونه‌ها به روش خشک سوزانی غلظت عناصر اندازه‌گیری شد (کانتی ۱۹۸۰). سنجش میزان نیتروژن کل نیز به روش کجلال (جکسون ۱۹۵۸)، پتاسیم با فلیم فتومتر مدل Corning 410 و غلظت عناصر منگنز، مس، آهن و روی با استفاده از دستگاه طیف سنج جذب اتمی مدل، Shimdzu, AA-6300، فسفر به روش رنگ سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Metash-UV-6100 مورد ارزیابی قرار گرفت (کانتی ۱۹۸۰). در زمان برداشت گیاهان از خاک گلدان نیز نمونه‌برداری صورت گرفت. سپس برخی خصوصیات بیولوژیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شدند. سنجش تنفس پایه و برانگیخته خاک به روش جذب دی اکسید کربن در سود و سپس

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی و زیستی ورمی کمپوست اولیه

فعالیت دهیدروژناز ($\mu\text{g TPF/g.day}$)	آمونیم (mg/kg)	نیترات (mg/kg)	کربن آلی (%)	نیتروژن آلی خالص (%)	pH (1:5)	EC (dS/m) (1:5)	C/N	TN (%)	اوره* (mg/kg)
ورمی کمپوست غنی شده	۲۳۱/۱۲	۱۹۶۱/۴	۱۱۷/۳۸	۱۶/۸۳	۱/۸۲	۸/۷۹	۵/۸۲	۸/۲۷	۲/۱
ورمی کمپوست	۶۰/۷۰	۳۹/۶۲	۹۵۰/۲۵	۱۷/۶۶	۱/۲۱	۸/۲۳	۵/۳۲	۱۲/۲۰	۱/۴

* غلظت اوره باقیمانده در ورمی کمپوست پس از ۳۰ روز انکوباسیون. در انتهای ۳۰ روز، نیتروژن آلی کل در ورمی کمپوست با استفاده از مقدار نیتروژن کل و مجموع نیتروژن‌های آمونیومی و نیتراتی محاسبه و مقدار اوره باقیمانده از آن کسر گردید و نیتروژن آلی خالص بدست آمد.

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در کشت گلدانی

pH	EC (dS/m)	CaCO ₃ %	Soil Texture	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Na (mg/kg)	OC%	N %	K (mg/kg)	P (mg/kg)
۸/۳	۱/۲۸	۱۵/۳۵	لوم شنی	۱/۳۳	۲/۰۷	۳/۷۶	۲۱/۸	۶۶	۰/۴۲	۰/۰۴	۱۲۲/۵۶	۵/۰۷

نتایج و بحث

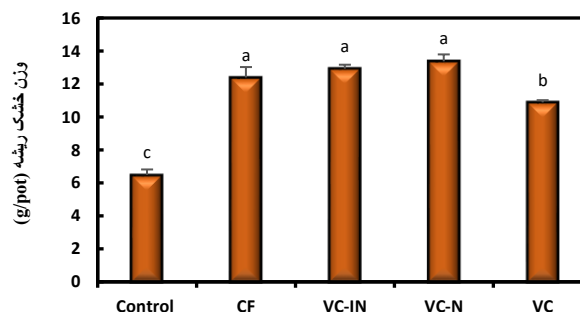
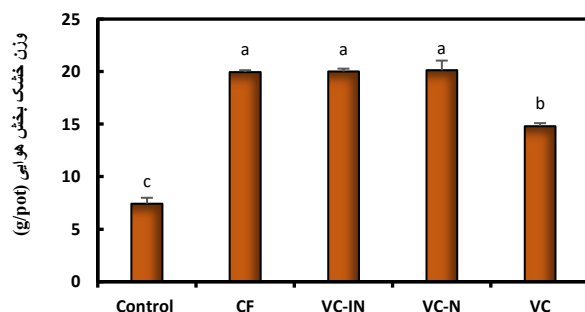
وزن خشک بخش هوایی و ریشه

وزن خشک بخش هوایی و ریشه گیاهان قبل از شروع مرحله زایشی اندازه‌گیری شد. با توجه به نتایج، اثر تیمار بر وزن خشک بخش هوایی و ریشه گیاه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳). مسأله‌ای که آشکار

است، ورمی کمپوست غنی شده بصورت معنی‌داری وزن خشک بخش هوایی و ریشه گیاه ذرت را نسبت به VC افزایش داده است و اختلاف معنی‌داری بین سه تیمار VC-IN، VC-N و CF وجود ندارد (شکل ۱). ورمی-کمپوست غنی شده با نیتروژن آلی نیز یک کود با ارزش برای گیاه می‌باشد. نیتروژن آلی موجود در آن طی فرایند

ترکیبات نیتروژن آلی را مستقیماً توسط ریشه خود جذب کند (لی و همکاران ۲۰۱۴).

معدنی شدن، نیتروژن قابل دسترس برای گیاه را فراهم می‌کند. همچنین گیاه این توانایی را دارد تا برخی از



شکل ۱- اثر تیمارها بر وزن خشک بخش هوایی و ریشه. شاهد (Control)، کود شیمیایی (CF)، ورمی کمپوست حاوی نیتروژن آلی (VC-IN)، ورمی کمپوست مخلوط شده با اوره (VC-N)، ورمی کمپوست (VC)

کلروفیل نسبت به شاهد گردید (شکل ۲). شاخص کلروفیل ارتباط نزدیک با حاصلخیزی خاک و مقدار نیتروژن دارد (وانگ و همکاران ۲۰۲۱). افزایش عرضه نیتروژن با تاثیر مثبت خود بر تشکیل کلروپلاست در طول رشد برگ، محتوی کلروفیل برگ را افزایش می‌دهد که بدنبال آن فتوسنتز افزایش یافته و عملکرد بیشتر می‌شود (ماندال و همکاران ۲۰۱۷).

شاخص کلروفیل

قبل از برداشت گیاهان، کلروفیل برگ اندازه‌گیری شد. اثر تیمارها بر شاخص کلروفیل در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳). بین سه تیمار VC-IN، کود شیمیایی و VC-N اختلاف معنی‌داری از نظر شاخص کلروفیل وجود ندارد و هر سه اختلاف معنی‌داری با VC دارند. همه تیمارهای کودی باعث افزایش معنی‌دار شاخص

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر وزن خشک بخش هوایی و ریشه

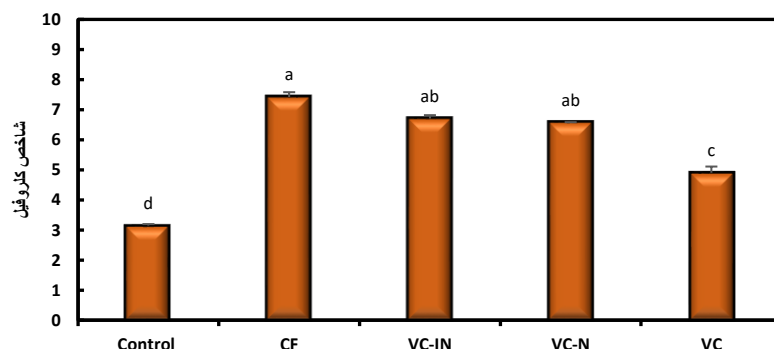
میانگین مربعات			درجه آزادی	منبع تغییر
شاخص کلروفیل	وزن خشک ریشه	وزن خشک بخش هوایی		
۱۱/۸۷**	۳۱/۳۹**	۱۲۲/۴۶**	۴	تیمار
۰/۰۶	۰/۶	۱/۰۸	۱۵	خطای آزمایشی
۲۹/۹	۲۴/۹۸	۳۳/۶۱	-	ضریب تغییرات٪

ns, *, ** بترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ است.

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر مقدار عناصر غذایی در بخش هوایی گیاه

میانگین مربعات							درجه آزادی	منبع تغییر
مس	منگنز	آهن	روی	پتاسیم	فسفر	نیتروژن		
۰/۰۲۵**	۱/۰۶**	۱/۹۶**	۰/۱۱۷**	۱۳۴۵۱۲/۰۸**	۱۹۸/۰۹**	۲۹۳۲۵/۰۵**	۴	تیمار
۰/۰۰۱	۰/۰۲۴	۰/۱۰۳	۰/۰۰۲	۷۹۱/۳۴	۲/۴۹	۸۳	۱۵	خطای آزمایشی
۳۰/۱۸	۳۵/۵	۳۳/۵	۲۴/۳۸	۳۷/۶	۳۰/۰۵	۴۸/۳۸	-	ضریب تغییرات٪

ns, *, ** بترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ است.

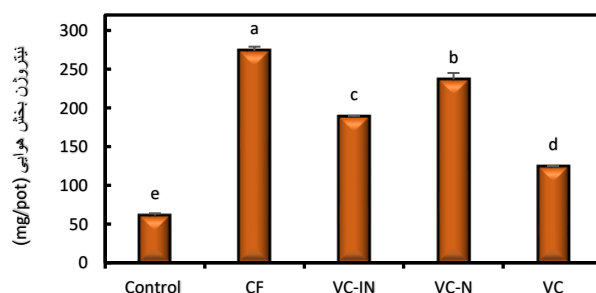
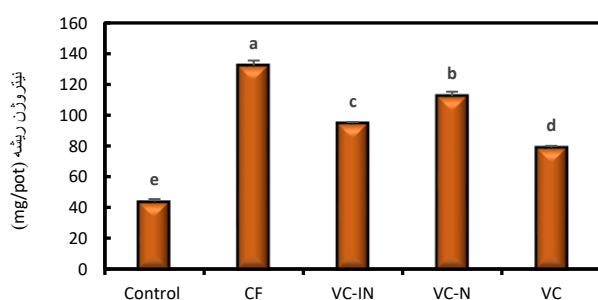


شکل ۲- اثر تیمارها بر شاخص کلروفیل. شاهد (Control)، کود شیمیایی (CF)، ورمی کمپوست حاوی نیتروژن آلی (VC-IN)، ورمی کمپوست مخلوط شده با اوره (VC-N)، ورمی کمپوست (VC)

نیتروژن از کود شیمیایی می‌باشد که سریع ذخیره عناصر غذایی خاک را پر می‌کند درحالی‌که نیتروژن موجود در کود ورمی کمپوست بعد از تجزیه هوموس، جذب گیاه زراعی می‌شود که این خود پروسه زمان‌بری است. علاوه بر قابلیت دسترسی زیاد نیتروژن، دلیل تجمع زیاد نیتروژن در بخش هوایی تیمارهای کود شیمیایی، VC-IN و VC-N نسبت به VC، افزایش معنی-دار رشد بخش هوایی و ریشه در این تیمارها می‌باشد (لین و همکاران ۲۰۲۲).

نیتروژن بخش هوایی و ریشه

طبق نتایج جداول ۴ و ۵ اثر تیمارها بر مقدار نیتروژن بخش هوایی و ریشه گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد. بیشترین مقدار نیتروژن بخش هوایی در کود شیمیایی مشاهده شد. سپس بترتیب تیمار ورمی کمپوست VC-N، VC-IN و VC باعث افزایش معنی‌دار مقدار نیتروژن نسبت به شاهد گردید. در ریشه گیاهان نیز نتایج مشابه با بخش هوایی می‌باشد (شکل ۳). دلیل این موضوع آزاد شدن سریع عناصر غذایی از جمله



شکل ۳- اثر تیمارها بر مقدار نیتروژن بخش هوایی و ریشه گیاه. شاهد (Control)، کود شیمیایی (CF)، ورمی کمپوست حاوی نیتروژن آلی (VC-IN)، ورمی کمپوست مخلوط شده با اوره (VC-N)، ورمی کمپوست (VC)

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر مقدار عناصر غذایی در ریشه گیاه

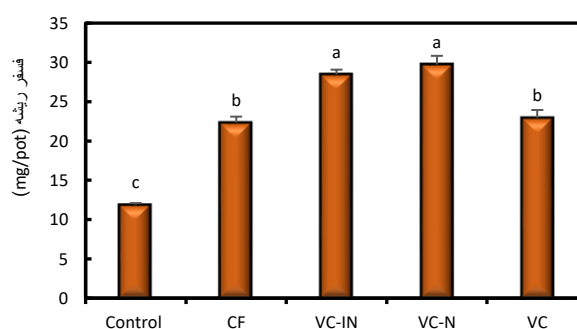
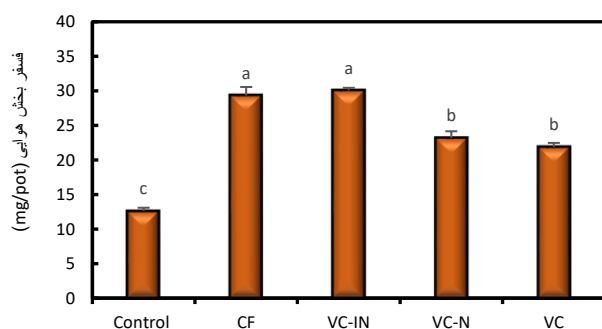
منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		نیتروژن	فسفر	پتاسیم	روی
تیمار	۴	۴۵۴۳/۳۲**	۱۹۸/۸۱**	۱۱۷۰۵/۸۱۲۹**	۰/۰۸۳**
خطای آزمایشی	۱۵	۱۸/۱۳	۲/۵۰	۱۰۰/۹۷	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات %	-	۳۶/۴	۳۰/۵۳	۳۸/۶	۲۳/۴

ns, *, ** بترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

مقدار فسفر بخش هوایی و ریشه

با توجه به جداول ۴ و ۵ اثر تیمارها بر مقدار فسفر بخش هوایی و ریشه گیاه ذرت در سطح احتمال ۱٪ معنی دار می باشد. کود ورمی کمپوست غنی شده و کود شیمیایی بیشترین اثر معنی دار را بر افزایش مقدار فسفر

بخش هوایی نسبت به شاهد داشتند. تیمار VC و VC-N نیز در رتبه بعدی باعث افزایش معنی دار جذب فسفر شده است. در ارتباط با ریشه گیاهان VC-IN و VC-N بیشترین تاثیر معنی دار را در جذب فسفر داشته است (شکل ۴).



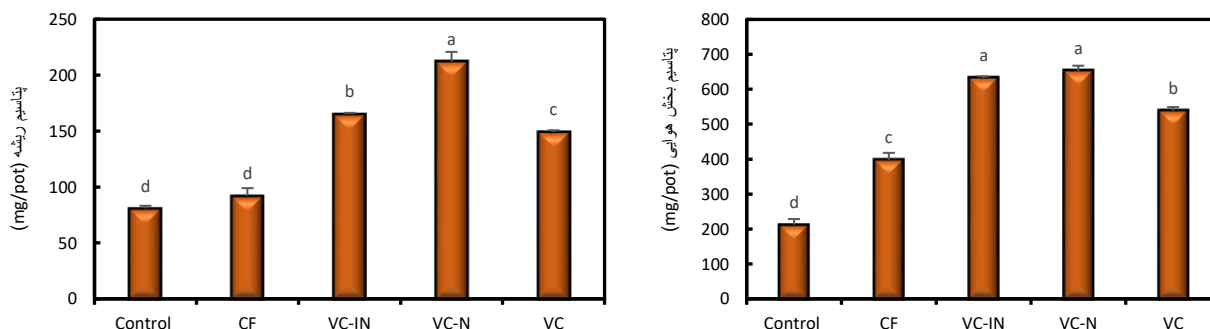
شکل ۴- اثر تیمارها بر مقدار فسفر بخش هوایی و ریشه گیاه. شاهد (Control)، کود شیمیایی (CF)، ورمی کمپوست حاوی نیتروژن آلی (VC-IN)، ورمی کمپوست مخلوط شده با اوره (VC-N)، ورمی کمپوست (VC)

در سطح احتمال یک درصد معنی دار می باشد و تیمار VC-IN و VC-N نیز باعث افزایش معنی دار پتاسیم در بخش هوایی و ریشه گیاه نسبت به سایر تیمارها شده است (شکل ۵). اولووکائی و همکاران (۲۰۲۱) نیز در تحقیقات خود مشاهده کردند که مقدار پتاسیم قابل دسترس خاک وقتی ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بشکل ورمی کمپوست به خاک اضافه می شود، بصورت معنی داری بیشتر از تیمار کود شیمیایی (۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) می باشد (آکانبی و توقون ۲۰۰۲).

با اضافه شدن ورمی کمپوست بدلیل افزایش فعالیت آنزیمی خاک اشکال غیر قابل دسترس فسفر و سایر عناصر غذایی به حالت قابل دسترس درمی آید. ورمی کمپوست جذب فسفر را از طریق افزایش انحلال فسفر طی فعالسازی ریزموذرات با ترشح اسیدهای آلی نظیر سیتریک، گلوتامیک، سوکسینیک، لاکتیک، اگزالیک، مالیک و فوماریک اسید و یا افزایش فعالیت آنزیم فسفاتاز افزایش می دهد (همتی ۲۰۱۳).

مقدار پتاسیم بخش هوایی و ریشه

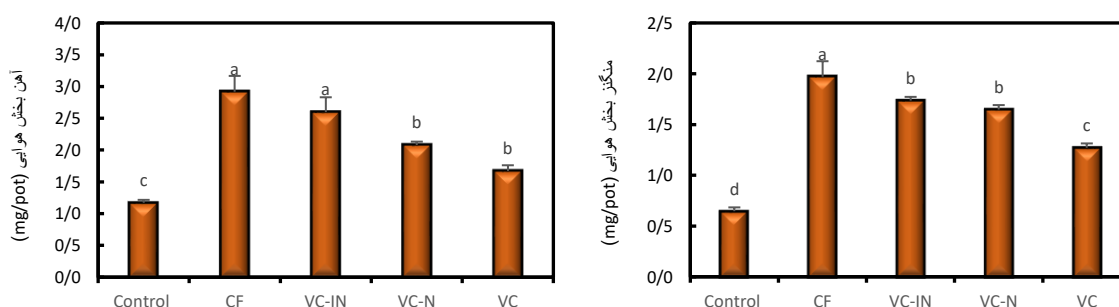
جداول تجزیه واریانس (جداول ۴ و ۵) نشان می دهد که اثر تیمارها بر مقدار پتاسیم بخش هوایی و ریشه گیاه



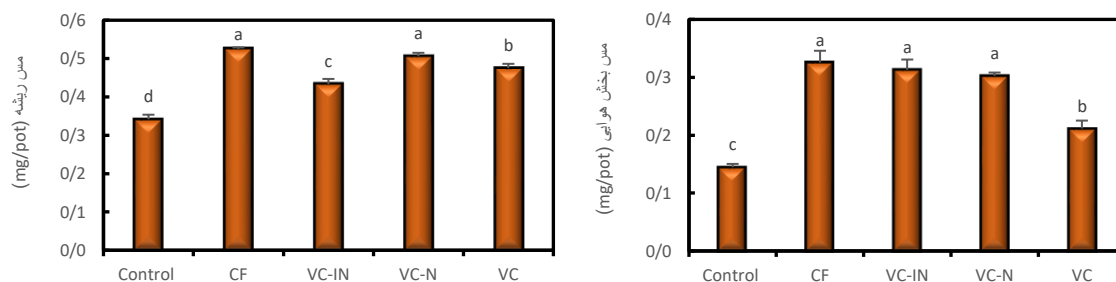
شکل ۵- تاثیر تیمارها بر مقدار پتاسیم بخش هوایی و ریشه گیاه. شاهد (Control)، کود شیمیایی (CF)، ورمی کمپوست حاوی نیتروژن آلی (VC-IN)، ورمی کمپوست مخلوط شده با اوره (VC-N)، ورمی کمپوست (VC)

منابع آلی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک تاثیر می‌گذارد که به نوبه خود با فراهم کردن محیط بهتر برای رشد ریشه و افزودن ریز مغذی‌ها به خاک، به تغذیه ریز مغذی‌های گیاه کمک می‌کند. با تشکیل کمپلکس فلزات با مواد آلی غلظت کاتیون‌های آزاد در محلول خاک کاهش پیدا می‌کند اما انحلال این کمپلکس‌ها در نزدیک ریشه دسترسی گیاه را به فلزات افزایش می‌دهد. کلیت مواد آلی با آهن و روی نقش زیادی در افزایش دسترسی به این فلزات را برای گیاه دارد و از تشکیل اشکال نامحلول مانند کربنات و اکسیدها در خاک جلوگیری می‌کند (دالی‌وال ۲۰۱۹).

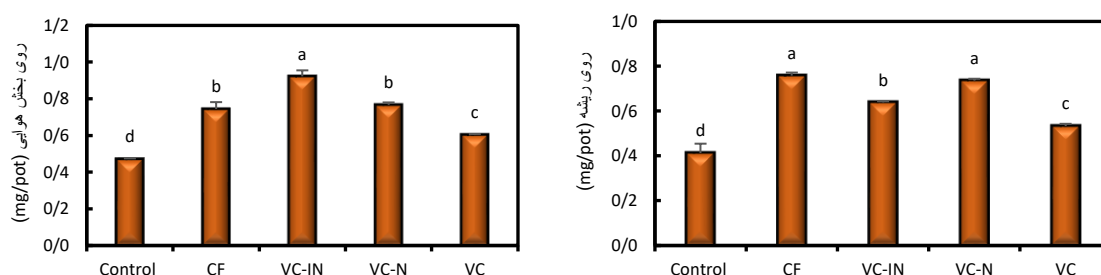
مقدار عناصر غذایی منگنز، آهن، مس و روی در گیاه اثر تیمارها بر مقدار هر چهار عنصر غذایی میکرو منگنز، روی، مس و آهن در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است (جدول ۴ و ۵). تیمار ورمی کمپوست غنی شده بیشترین اثر معنی‌دار را در بین تیمارهای کودی بر مقدار عنصر آهن، روی و مس در بخش هوایی دارد. در ارتباط با منگنز نیز ورمی کمپوست غنی شده پس از کود شیمیایی باعث افزایش معنی‌دار شده است (اشکال ۶، ۷ و ۸). قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی میکرو در خاک به خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک از جمله pH، مقدار ماده آلی و درصد کربنات بستگی دارد. استفاده از



شکل ۶- تاثیر تیمارها بر آهن و منگنز بخش هوایی گیاه. شاهد (Control)، کود شیمیایی (CF)، ورمی کمپوست حاوی نیتروژن آلی (VC-IN)، ورمی کمپوست مخلوط شده با اوره (VC-N)، ورمی کمپوست (VC)



شکل ۷- تاثیر تیمارها بر مقدار مس بخش هوایی و ریشه گیاه. شاهد (Control)، کود شیمیایی (CF)، ورمی کمپوست حاوی نیتروژن آلی (VC-IN)، ورمی کمپوست مخلوط شده با اوره (VC-N)، ورمی کمپوست (VC)



شکل ۸- تاثیر تیمارها بر مقدار راس بخش هوایی و ریشه گیاه. شاهد (Control)، کود شیمیایی (CF)، ورمی کمپوست حاوی نیتروژن آلی (VC-IN)، ورمی کمپوست مخلوط شده با اوره (VC-N)، ورمی کمپوست (VC)

نتایج آنالیز خاک پس از برداشت گیاه

مقدار pH و EC خاک

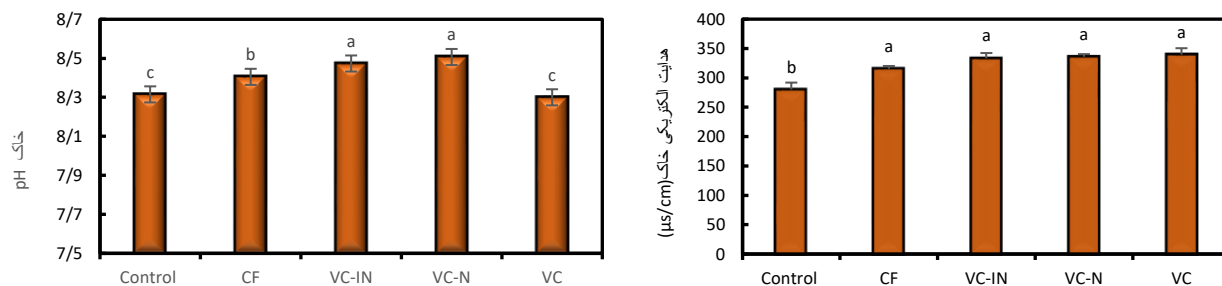
با توجه به جدول ۶ اثر تیمارها بر pH و EC خاک در سطح احتمال ۱٪ معنی دار می باشد. بیشترین pH مربوط به تیمار ورمی کمپوست غنی شده و VC-N می باشد. همچنین همه تیمارهای کودی مقدار EC را بصورت معنی داری در خاک افزایش دادند (شکل ۹). در تیمار کود شیمیایی، اوره در طی فرایند هیدرولیز خود در خاک و تولید آمونیوم، pH را افزایش می دهد (داری و همکاران ۲۰۱۹). همچنین در ورمی کمپوست غنی شده و مخلوط

شده با اوره نیز اوره در طی تبدیل خود به کربنات آمونیوم توسط آنزیم اوره آن، محیط بستر را قلیایی می کند (آدامتی و همکاران ۲۰۰۹). دلیل افزایش مقدار هدایت الکتریکی در این تیمارها نسبت به شاهد، افزایش قابلیت دسترسی به عناصر غذایی و افزایش غلظت یون های محلول در خاک می باشد. در سایر مطالعات نیز افزایش هدایت الکتریکی خاک پس از اضافه شدن کودهای شیمیایی و یا ترکیب کمپوست و کود شیمیایی گزارش شده است (ساتو و همکاران ۲۰۲۲).

جدول ۶- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر خصوصیات شیمیایی و زیستی خاک

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		نیتروژن کل	pH (1:5)	EC (1:5)	تنفس پایه
تیمار	۴	۰/۰۲۲**	۰/۰۳۴**	۲۴۰۹/۵۷**	۱۲/۲۲**
خطای آزمایشی	۱۵	۰	۰/۰۰۱	۳۰۱/۱۳	۰/۱۷
ضریب تغییرات %	-	۱۳/۶۲	۱/۰۹	۷/۶	۲۶/۰۴

ns، *، ** بترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

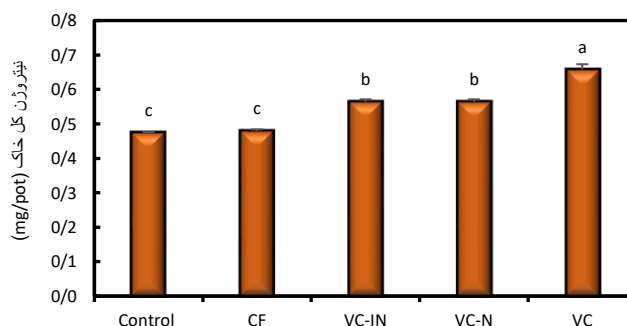


شکل ۹- تاثیر تیمارها بر pH و هدایت الکتریکی خاک. شاهد (Control)، کود شیمیایی (CF)، ورمی کمپوست حاوی نیتروژن آلی (VC-IN)، ورمی کمپوست مخلوط شده با اوره (VC-N)، ورمی کمپوست (VC)

به کود شیمیایی باشد که در نهایت تضمین کننده اثر باقی مانده‌ی^۵ طولانی آن می‌باشد. آزادسازی عناصر غذایی از مواد آلی یک فرایند بیوشیمیایی است که طی ایجاد تعادل بین فرایند معدنی شدن و غیرمحرک‌سازی^۶ اتفاق می‌افتد. درحالی‌که آزادسازی عناصر غذایی از مواد معدنی یک فرایند فیزیکیوشیمیایی هست که طی فرایند جذب-واذب و رسوب و انحلال صورت می‌گیرد. وقتی مواد معدنی موجود در خاک عناصر غذایی را به خاک آزاد نمی‌کند معدنی شدن، غلظت عنصر غذایی را در محلول خاک بصورت مستقیم کنترل می‌کند. این نتایج مطابق با تحقیقات اولووکائی و همکاران (۲۰۲۱) می‌باشد.

مقدار نیتروژن کل خاک

براساس نتایج جدول ۶ تاثیر تیمار بر نیتروژن کل خاک در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد. تیمارهای حاوی کود شیمیایی و تیمار شاهد کمترین و تیمار ورمی کمپوست بیشترین مقدار نیتروژن را دارد. تیمار کود ورمی کمپوست غنی شده و مخلوط شده با اوره نیز باعث افزایش معنی‌دار مقدار نیتروژن کل خاک نسبت به تیمار شاهد و کود شیمیایی گردید. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش مقدار ورمی کمپوست مقدار نیتروژن باقیمانده در خاک افزایش پیدا می‌کند (شکل ۱۰). دلیل این امر می‌تواند آزادسازی بسیار کند نیتروژن موجود در مواد آلی و ذخیره شدن طولانی مدت آن در خاک نسبت

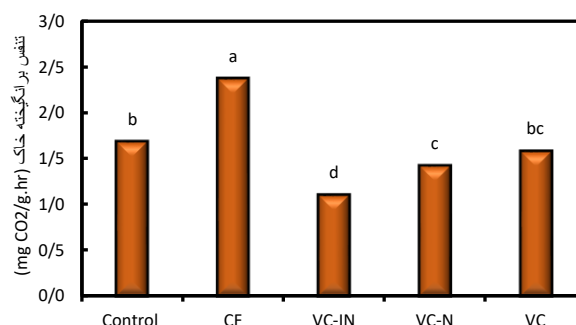
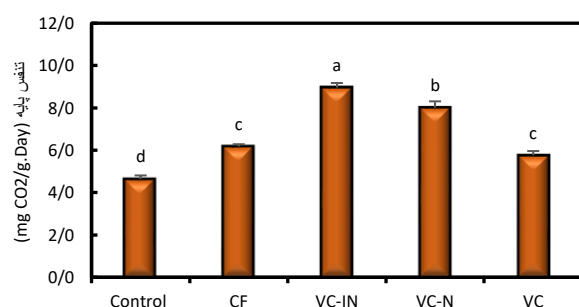


شکل ۱۰- تاثیر تیمارها بر غلظت نیتروژن خاک. شاهد (Control)، کود شیمیایی (CF)، ورمی کمپوست حاوی نیتروژن آلی (VC-IN)، ورمی کمپوست مخلوط شده با اوره (VC-N)، ورمی کمپوست (VC)

تنفس پایه و برانگیخته خاک

تأثیر تیمارها بر تنفس پایه و برانگیخته خاک در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۱۰). تیمار VC-IN و VC-N بیشترین مقدار تنفس پایه را دارد. اما تنفس برانگیخته در تیمارهای حاوی کود شیمیایی بیشترین مقدار می‌باشد و در تیمار ورمی‌کمپوست غنی شده بصورت معنی‌داری کمتر از همه تیمارها است (شکل ۱۱). دلیل افزایش تنفس پایه در تیمارهای کودی اضافه شده افزایش ماده آلی و عناصر غذایی در خاک می‌باشد که باعث تحریک فعالیت میکروبی و همچنین چرخه بیوماس میکروبی می‌شود که در نهایت باعث افزایش تنفس پایه

شده است. در ارتباط با تنفس برانگیخته خاک نیز اضافه کردن کود شیمیایی باعث افزایش نیتروژن قابل دسترس برای میکروارگانیسم‌های خاک می‌شود و پس از اضافه شدن گلوکز نیز باعث افزایش تنفس برانگیخته خاک می‌شود. نسبت کربن به نیتروژن جمعیت میکروبی خاک در حدود ۱۰ می‌باشد (بنتسون ۲۰۰۴ و براست ۲۰۱۹). بنظر می‌رسد کود ورمی‌کمپوست غنی شده VC-N بدلیل نسبت کربن به نیتروژن کمتر از ۱۰، باعث محدودیت در رشد و کاهش بیوماس جمعیت میکروبی فعال در خاک شده است.



شکل ۱۱- تأثیر تیمارها بر تنفس پایه و برانگیخته خاک. شاهد (Control)، کود شیمیایی (CF)، ورمی‌کمپوست حاوی نیتروژن آلی (VC-IN)، ورمی‌کمپوست مخلوط شده با اوره (VC-N)، ورمی‌کمپوست (VC)

نتیجه‌گیری کلی

ورمی‌کمپوست غنی‌شده با نیتروژن آلی همانند تیمار ورمی‌کمپوست مخلوط شده با اوره و کود شیمیایی عملکرد گیاه ذرت و شاخص کلروفیل را بصورت معنی‌داری افزایش داد و اختلاف بین این سه تیمار غیرمعنی‌دار بود. همچنین این کود غنی‌شده باعث افزایش معنی‌دار جذب عناصر غذایی گردید و حتی در بسیاری از موارد جذب عناصر غذایی بیشتر از تیمار ورمی‌کمپوست، ورمی‌کمپوست مخلوط شده با اوره و کود شیمیایی بود. یکی از اثرات مثبت دیگر تیمار ورمی‌کمپوست غنی شده افزایش نگهداشت نیتروژن در خاک پس از اتمام کشت

می‌باشد. بطوریکه علیرغم یکسان‌سازی نیتروژن در تیمارهای کودی قبل از شروع کشت، غلظت نیتروژن خاک در تیمار ورمی‌کمپوست غنی‌شده بصورت معنی‌داری بیشتر از تیمار کود شیمیایی بود.

سپاسگزاری

بدین وسیله نگارندگان وظیفه خود می‌دانند مراتب سپاس و قدردانی خود را از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF) (کد طرح: ۹۹۰۲۵۹۰۰) در حمایت مالی از این طرح اعلام دارند.

منابع مورد استفاده

- Adamtey N, Cofie O, Ofosu-Budu GK, Danso SKA and Forster D. 2009. Production and storage of N-enriched co-compost. *Waste Management*, 29(9): 2429–2436. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.04.014>
- Adrian PB, Priya OV and Chip A. 2016. Nitrogen Dynamics of Vermicompost Use in Sustainable Agriculture. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 7(11): 173–183. <https://doi.org/10.5897/JSSEM2016.0587>
- Ahmadi S. 2024. Application of leonardite and elemental sulfur to improve microbial nitrogen assimilation in urea-enriched vermicompost. PhD. Thesis University of Tabriz.
- Akanbi WB and Togun AO. 2002. The influence of maize–stover compost and nitrogen fertilizer on growth, yield and nutrient uptake of amaranth. *Scientia Horticulturae*, 93(1): 1–8. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(01\)00305-3](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(01)00305-3)
- Aliasgharzad N. 2010. Methods in Soil Biology. University of Tabriz. (In (In Persian with English Abstract). with English Abstract).
- Asibi AE, Chai Q and Coulter JA. 2019. Mechanisms of Nitrogen Use in Maize. *Agronomy*, 9(12): 775. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120775>
- Benefield C. B. Howard P. J. A. & Howard D. M. 1977. The estimation of dehydrogenase activity in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 9 (1): 67-70. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(77\)90063-3](https://doi.org/10.1016/0038-0717(77)90063-3)
- Bengtson P. 2004. Microbial mobilization and immobilization of soil nitrogen. PhD. Thesis University of Lund.
- Brust GE. 2019. Chapter 9 - Management Strategies for Organic Vegetable Fertility. In: D. Biswas and S. A. Micallef (Eds), *Safety and Practice for Organic Food*. Pp. 193–212. Academic Press.
- Cottenie A. 1980. Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendations. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Dari B, Rogers CW and Walsh OS. 2019. Understanding Factors Controlling Ammonia Volatilization from Fertilizer Nitrogen Applications. University of Idaho Extension. Bul 926: 1–4.
- Dhaliwal SS, Naresh RK, Mandal A, Singh R and Dhaliwal MK. 2019. Dynamics and transformations of micronutrients in agricultural soils as influenced by organic matter build-up: A review. *Environmental and Sustainability Indicators*, 1–2: 100007. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2019.100007>
- Esmaili Behbahani R, Fateh E and Ayneband, A. 2019. Evaluation of Growth Characteristics of Flax. (*Linum usitatissimum* L.) With Application of Organic and Nitrogen Fertilizers. *JOURNAL of AGRICULTURAL SCIENCE and SUSTAINABLE PRODUCTION*, 29(1): 137-150. (In (In Persian with English Abstract). with English Abstract). https://sustainagriculture.tabrizu.ac.ir/article_8759.html
- Fao. 2019. Standard operating procedure for soil organic carbon Walkley-Black method Titration and colorimetric method.
- Hemati A, Alikhani HA, Pourbabaee AA and Bagheri Marandi G. 2013. Enriching Vermicompost by Nitrogen Fixing and Phosphate Solubilizing Bacteria, 23(3): 117-128. (In (In Persian with English Abstract). with English Abstract). https://journals.tabrizu.ac.ir/article_1559.html
- Hemati A. 2013. Effect of Humic Acid from Enriched Vermicompost, Commercial for and Phytohormone IAA on growth indices of Canola. M.Sc. Thesis University of Tehran. (In (In Persian with English Abstract). with English Abstract).
- Jackson ML. 1958. Soil chemical analysis. Constable and Co. Ltd.
- Li S, Wang Z, Miao Y and Li S. 2014. Soil Organic Nitrogen and Its Contribution to Crop Production. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(10): 2061–2080. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60847-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60847-9)
- Lin S, Pi Y, Long D, Duan J, Zhu X, Wang X, He J and Zhu Y. (2022). Impact of organic and chemical nitrogen fertilizers on the crop yield and fertilizer use efficiency of soybean–maize intercropping systems. *Agriculture*, 12(9): 1428. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091428>

- Liu D, Huang Y, Yan H, Jiang Y, Zhao T and An S. 2018. Dynamics of soil nitrogen fractions and their relationship with soil microbial communities in two forest species of northern China. PLoS ONE, 13(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196567>
- Mahmud M, Abdullah R. and Yaacob JS. 2018. Effect of Vermicompost Amendment on Nutritional Status of Sandy Loam Soil, Growth Performance, and Yield of Pineapple (*Ananas comosus* var. MD2) under Field Conditions. *Agronomy*, 8(9): 183. <https://doi.org/10.3390/agronomy8090183>
- Mondal T, Datta JK and Mondal NK. 2017. Chemical fertilizer in conjunction with biofertilizer and vermicompost induced changes in morpho-physiological and bio-chemical traits of mustard crop. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(2): 135–144. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.05.001>
- Olowoake AA, Wahab AA, Lawal OO and Subair SK. 2021. Impact of Vermicompost and Its Residual Effect on Soil Properties, Nutrient Uptake and Yield of Cucumber (*Cucumis sativus* L.). *The International Journal of Organic Agriculture Research and Development*, 17(1): 1–19. <https://www.ijoardjournal.org/index.php/ijoardjournal/article/view/249>
- Rasaei NM. 2014. Vermicompost production from different wastes with *Eisenia foetida*. M.Sc. Thesis University of Gonbad Kavous. (In Persian with English Abstract). with English Abstract).
- Rigby H, Clarke B, Pritchard D, Meehan B, Beshah F, Smith S and Porter N. 2015. A critical review of nitrogen mineralization in biosolids-amended soil, the associated fertilizer value for crop production and potential for emissions to the environment. *The Science of the Total Environment*, 541: 1310–1338. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08.089>
- Sahraee M and Zarafshani K. 2015. Determining the Constraints and Challenges of Vermicompost Technology Development: The Case of Active Sites in the Kermanshah Province, 2(3): 319-336. (In Persian with English Abstract). with English Abstract). <https://doi.org/10.22048/rdsj.2015.15043>
- Sato M, Tállai M, Kovács AB, Vágó I, Káta J, Matsushima MY, Sudo S and Inubushi K. 2022. Effects of a new compost-chemical fertilizer mixture on CO₂ and N₂O production and plant growth in a Chernozem and an Andosol. *Soil Science and Plant Nutrition*, 68(1): 175–182. <https://doi.org/10.1080/00380768.2021.1987139>
- Shahbazi K, Davudi M H, Feyzollahzade Ardabili M. 2018. Methods of Fertilizer Analysis. Soil and Water Research Institute of Iran.
- Wang N, Fu F, Wang H, Wang P, He S, Shao H, Ni Z and Zhang X. 2021. Effects of irrigation and nitrogen on chlorophyll content, dry matter and nitrogen accumulation in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Scientific Reports*, 11(1): 16651. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95792-z>
- Warren CR. 2014. Organic N molecules in the soil solution: what is known, what is unknown and the path forwards. *Plant and Soil*, 375: 1–19. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1939-y>