Archive of SID

اثر ورمی‌کمپوست بر سرعت رهاسازی پتاسیم از خاک برخی تاکستان‌های شهرستان ملایر با بافت‌های مختلف

محبوبه ضرابی[1]، مریم کریمی، اکرم فاطمی و زهرا وارسته خانلری

استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر؛ **mzarrabi@malayeru.ac.ir**

دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم ومهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر؛ **maryamkarimi6893@gmail.com**

استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه؛ **a.fatemi@razi.ac.ir**

استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر؛ **z.khanlari93@gmail.com**

دریافت: **99/7/8** و پذیرش: **99/9/26**

چکیده

ورمی‌کمپوست به عنوان یک اصلاح کننده آلی، اثر قابل ملاحظه‌ای بر کیفیت خاک و رشد گیاهان دارد و بیشتر عناصر غذایی موجود در ورمی‌کمپوست برای گیاهان قابل استفاده می‌باشند. هدف از این تحقیق بررسی اثر ورمی‌کمپوست گاوی بر فراهمی و سرعت رهاسازی پتاسیم از شش خاک سطحی (0 تا 30 سانتی‌متر) تاکستان با بافت‌های مختلف (لوم، لوم رسی و لوم شنی رسی) است. مطالعات سینتیکی با استفاده از عصاره‌گیری پی‌درپی با محلول کلریدکلسیم 0/01 مولار، در فاصله زمانی 0/25تا 72 ساعت در خاک‌های شاهد و تیمار شده با دو درصد از ورمی‌کمپوست گاوی انجام شد. افزودن ورمی‌کمپوست گاوی به خاک‌ها باعث افزایش فراهمی پتاسیم در خاک‌ها شد. میانگین پتاسیم تجمعی رهاشده از خاک‌های شاهد و تیمار شده، به ترتیب 526/9 و 547/9 میلی‌گرم برکیلوگرم به‌دست آمد. با توجه به توصیف داده‌های سرعت رهاسازی توسط معادله الوویچ ساده، فرآیند رهاسازی پتاسیم از خاک‌ها احتمالاً متأثر از پدیده پخشیدگی می‌باشد. ثابت سرعت رهاسازی پتاسیم در خاک‌ها بین 34/9 تا 132/1 میلی‌گرم برکیلوگرم در ساعت به دست آمد. یافته‌های تحقیق اثر متفاوتی از ورمی‌کمپوست را بر سرعت رهاسازی پتاسیم در خاک‌های مورد مطالعه نشان داد. افزودن ورمی‌کمپوست به خاک‌های لوم رسی با درصد رس بیشتر، ماده آلی کمتر و توانایی تثبیت پتاسیم موجب افزایش سرعت رهاسازی پتاسیم و در خاک‌های لوم و لوم شنی رسی با درصد رس کمتر، ماده آلی بیشتر و توانایی کمتر تثبیت پتاسیم موجب کاهش سرعت رهاسازی پتاسیم نسبت به خاک شاهد شد. بنابراین ورمی‌کمپوست اثر متعادل کننده بر سرعت رهاسازی پتاسیم در خاک‌های مورد مطالعه داشت. دلیل این امر را می‌توان به برهم‌کنش ورمی‌کمپوست با ذرات خاک به ویژه رس‌ها نسبت داد. با توجه به اهمیت پتاسیم در تغذیه انگور و کمبود پتاسیم در برخی خاک‌ها، مصرف ورمی‌کمپوست در تاکستان‌های شهرستان ملایر توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اصلاح کننده آلی، کود دهی انگور، معادله الوویچ، تثبیت پتاسیم، فراهمی پتاسیم

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در سال‌های اخیر مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی در نظام‌های کشاورزی رایج، موجب بر هم زدن توازن و تعادل اکوسیستم‌های زراعی و حاصلخیزی خاک شده است (چن، 2006؛ سواری و چراغی، 2020). استفاده بیش از اندازه از کودهای شیمیایی علاوه بر تخریب خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، موجب آلودگی محیط زیست نیز می‌شود (مانیوانان و همکاران، 2009). لذا امروزه تاکید زیادی بر بکارگیری روش‌های کشاورزی پایدار می‌شود. ماده آلی خاک از شاخص‌های مهم کیفیت خاک و از ارکان مهم کشاورزی پایدار است (استیونسون، 1994). مطالعات مختلفی اثر مثبت کاربرد ترکیبات آلی بر شاخص کیفیت خاک‌ها را نشان داده است (شارما و همکاران، 2014). با توجه به اهمیت ماده آلی در خاک و از آنجایی که در اکثر خاک‌های تحت کشت کشور ایران، محتوای ماده آلی زیر یک درصد است، امروزه استفاده از ترکیبات آلی مختلف همانند کودهای دامی، بقایای گیاهی و ورمی‌کمپوست در اراضی زراعی توصیه می‌شود (لیم و همکاران، 2015b؛ وی و همکاران، 2020).

ورمی‌کمپوست یک ترکیب آلی یکنواخت، هوموس مانند و پایدار حاصل از فعالیت بیولوژیک نوعی کرم خاکی با نام علمی *Eisenia foetida* می‌باشد (لیم و همکاران، 2012). کاربرد ورمی‌کمپوست در خاک موجب بهبود خواص فیزیکی چون افزایش تخلخل خاک و دانه-بندی، کاهش وزن مخصوص ظاهری، افزایش نفوذپذیری خاک و قابلیت جذب آب می‌شود (آکساکال و همکاران، 2016). ورمی‌کمپوست اثر مثبت بر pH خاک، جمعیت میکروبی و فعالیت آنزیمی دارد (ماسواراپا، 1999) و منبع غنی از عناصر غذایی مثل نیترات، فسفات، کلسیم تبادلی و پتاسیم محلول است (اورازکو و همکاران، 1996). این ترکیب آلی با افزودن ریزموجوداتی مثل باکتری‌های تثبیت کننده ازت، حل کننده فسفات و تجزیه کننده‌های سلولز باعث بهبود شرایط بیولوژیکی و شیمیایی در خاک می‌شود (چالاگین و همکاران، 2017). ورمی‌کمپوست علاوه بر عناصر غذایی پرمصرف مورد نیاز گیاهان، حاوی عناصر میکرو مانند آهن، مس، روی و منگنز؛ آنتی بیوتیک‌ها، آنزیم‌ها و ویتامین‌ها می‌باشد (پرابا، 2009). در مطالعات زیادی اثر مثبت ورمی‌کمپوست بر روی افزایش عملکرد گیاهان از طریق تحریک رشد ریشه، افزایش سهولت جذب عناصر غذایی گزارش شده است (پادماواتیما و همکاران، 2008). بلون و همکاران (2019) با بررسی نتایج ارائه شده در منابع مختلف میانگین افزایش عملکرد، زیست توده کل، اندام هوایی و ریشه در گیاهان مختلف (غلات، لگوم‌ها، سبزیجات، گل‌های زینتی و محصولات زراعی) در اثر استفاده از ورمی‌کمپوست را به ترتیب، 26، 13، 78 و 57 درصد گزارش نمودند. آن‌ها بهترین ماده اولیه برای تولید ورمی کمپوست را کود گاوی معرفی کردند. سلطانی طولارود و همکاران (1398) و دشتی و همکاران (1398) نیز افزایش عملکرد گیاهان را با مصرف ورمی‌کمپوست در خاک گزارش نمودند. همچنین شریفی و همکاران (1398) گزارش نمودند مصرف 5 درصد ورمی‌کمپوست، موجب اصلاح خصوصیات شیمیایی و هیدرولیکی خاک‌های شور- قلیا گردید. یکی از ویژگی‌های مثبت ورمی‌کمپوست که از نظر حاصلخیزی خاک اهمیت زیادی دارد، رهاسازی تدریجی عناصر غذایی مثل نیتروژن در خاک است (ادوارد، 1995). افزایش جذب پتاسیم از خاک تیمار شده با ورمی‌کمپوست توسط گیاه برنج (جاداو و همکاران، 1997) و آناناس (محمود، 2018) نیز گزارش شده است. نجفی قیری (2014) در مطالعه بر روی خاک‌های آهکی استان شیراز، افزایش فراهمی و سرعت رهاسازی پتاسیم از خاک‌ها را با افزودن ورمی‌کمپوست گزارش نمود.

پتاسیم یکی از عناصر غذایی ضروری برای سوخت و ساز قندها و پروتئین‌ها در گیاهان است و موجب فعال شدن آنزیم‌های موثر در مصرف انرژی می‌شود (هاولین و همکاران، 2005). افزودن هرگونه ماده آلی به خاک، ممکن است باعث افزایش قابلیت جذب پتاسیم به وسیله گیاه شود. اسیدکربنیک حاصل از واکنش گاز کربنیک تولید شده از تجزیه ماده آلی با آب، احتمالاً باعث دگرگونی ساختمان کانی‌های پتاسیم‌دار خاک شده و قابلیت جذب پتاسیم در خاک افزایش می‌یابد (ایوانگلو و همکاران، 1986). همچنین ماده آلی، باعث افزایش فعالیت جمعیت میکروبی و به دنبال آن تولید اسیدهای آلی و اسیدی شدن محیط خاک (خادمی و آروسنا، 2008) شده که این امر موجب افزایش حلالیت کانی‌های حاوی پتاسیم در محیط خاک می‌شود. ورمی‌کمپوست نوعی ترکیب آلی با مقدار زیادی پتاسیم محلول است (اورازکو و همکاران، 1996) و در مطالعات مختلف گزارش شده است در طی فرایند تولید ورمی‌کمپوست، مقدار پتاسیم کل و فراهم ماده اولیه افزایش می‌یابد (کاشیک و گارج، 2003). ردی و همکاران (2016) گزارش نمودند، افزایش ورمی‌کمپوست به خاک‌های قلیایی موجب بهبود ساختمان خاک، افزایش فراهمی عناصر غذایی، ظرفیت نگهداری آب و فعالیت میکروبی می‌شود. انگور از محصولات

www.SID.ir

Archive of SID

عمده شهرستان ملایر و از جمله گیاهان پرنیاز به پتاسیم است. حد بحرانی غلظت پتاسیم تبادلی در تاکستان‌ها 250 میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (مستشاری و همکاران، 1395). کریمی (1395) در مطالعات خود بر روی خاک‌های نمونه‌برداری شده از تاکستان‌های شهرستان ملایر، غلظت پتاسیم تبادلی عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم را در 30 درصد از خاک‌ها، کمتر از 250 میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش نمود. معمولا ترکیبات آلی با هدف افزایش نیتروژن به خاک‌ها استفاده می‌شوند و تاکنون مطالعه‌ای بر روی اثر ورمی‌کمپوست بر سرعت رهاسازی پتاسیم از خاک تاکستان‌های شهرستان ملایر انجام نشده است. این تحقیق با هدف بررسی اثر ورمی‌کمپوست گاوی بر فراهمی و سرعت رهاسازی پتاسیم از برخی خاک‌های آهکی تاکستان‌های شهرستان ملایر استان همدان، با بافت متوسط و متوسط ریز و مقادیر متفاوت پتاسیم تبادلی توسط عصاره‌گیری پی‌در پی با کلرید کلسیم 0/01 مولار انجام شد.

مواد و روش‌ها

از ده تاکستان در شهرستان ملایر از عمق 30-0 سانتی‌متر (خاک سطحی) نمونه مرکب خاک تهیه شد. نمونه‌های خاک از سایه انداز گیاه، دامنه پشته و کف جوی از چند نقطه تهیه شد (خوشگفتارمنش، 1386) و سپس با هم ترکیب شده و یک نمونه مرکب به‌دست آمد. نمونه‌های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه هوا خشک شده و جهت مطالعات از الک 2 میلیمتری عبور داده شدند. بافت خاک‌ها به روش هیدرومتر (بایوکاس، 1962) اندازه‌گیری شد. سپس از بین خاک‌ها، شش خاک با بافت متوسط و متوسط ریز، که بافت خاک بیشتر تاکستان‌های شهرستان ملایر است (کریمی، 1395)، برای آزمایشات سینتیکی انتخاب شد. برخی از ویژگی‌های خاک‌های انتخاب شده شامل درصد کربن آلی به روش والکی-بلاک (راول، 1994)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات سدیم (روهادس، 1968)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی سازی با اسید کلریدریک (پیج و همکاران،1982) اندازه‌گیری شد. pH و قابلیت هدایت الکتریکی (EC) خاک‌ها در عصاره 1:5 خاک به آب مقطر به ترتیب با دستگاه pH متر و هدایت‌سنج الکتریکی و غلظت پتاسیم محلول و تبادلی خاک‌ها به ترتیب در نسبت 1:5 خاک به آب مقطر و نسبت 1:20 خاک به استات آمونیوم یک نرمال (راول، 1994) با دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شدند. برای شناسایی کانی‌های جزء رس، جداسازی و آماده سازی جزء رس خاک‌ها به روش کنز و دیکسون (1986) انجام شد و با استفاده از دستگاه پرتو ایکس (XRD) مدل APD-2000 با لامپ مسی در طول موج 1/54 انگستروم و در زوایای 2Θ بین 40-2 رس‌های خاک‌ها شناسایی شدند.

ورمی‌کمپوست تهیه شده از کود گاوی مورد استفاده در این تحقیق که به اختصار در ادامه ورمی-کمپوست نامیده می‌شود، به صورت آماده از فروشگاههای شهر که در دسترس کشاورزان منطقه است تهیه شد. ورمی‌کمپوست استفاده شده دارای مجوزهای وزارت جهاد کشاورزی، سازمان‌های استاندارد ملی و حفاظت محیط زیست می‌باشد. جهت اندازه‌گیری برخی خصوصیات، ابتدا ورمی‌کمپوست از الک 0/5 میلی‌متری عبور داده شد و سپس، pH و EC در عصاره 1:20 نمونه به آب مقطر به ترتیب با دستگاه pHمتر و هدایت‌سنج الکتریکی، بافت به روش هیدرومتر (بایوکاس، 1962) اندازه‌گیری گردید. برای تعیین غلظت پتاسیم محلول و پتاسیم کل در ورمی‌کمپوست به ترتیب از نسبت 1:20 ورمی‌کمپوست به آب مقطر (راول، 1994) و روش هضم اسیدی (اسپارکس و همکاران، 1996) استفاده شد و غلظت پتاسیم در عصاره‌ها با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر تعیین گردید. برای شناسایی گروههای عامل در سطح، ابتدا ورمی‌کمپوست با استفاده از نسبت 20:1 برمید پتاسیم به جاذب، در هاون چینی عقیق ساییده و مخلوط شد و از مخلوط به‌دست آمده قرص شفافی تهیه شده و طیف مادون قرمز نمونه توسط دستگاه طیف سنجی مادون قرمز (Spectrometer Perkin Spectrom 65) در محدوده 4000- 400 cm^{-1} تهیه شد. مورفولوژی و توپوگرافی سطح ورمی‌کمپوست به کمک میکروسکوپ الکترونی روبشی (JEOLJSM 840) و سطح ویژه، حجم کل منافذ و میانگین قطر منافذ آن به روش BET با استفاده از گاز نیتروژن (BELSORP Mini II) تعیین گردید.

جهت مطالعه اثر ورمی‌کمپوست بر فراهمی و رهاسازی پتاسیم، مقدار دو در صد (بر اساس وزن خشک) از ورمی کمپوست به خاک‌ها اضافه شد (لی و همکاران، 2019). خاک‌های تیمار شده همراه با خاک‌های شاهد به مدت 4 هفته در دمای 3±25 درجه سانتی‌گراد انکوباسیون شدند. رطوبت نمونه‌های خاک در تمام مدت انکوباسیون در حد ظرفیت زراعی کنترل شد (پرستش و همکاران، 1398؛ لی و همکاران، 2019). بعد از پایان دوره انکوباسیون نمونه‌های خاک هوا خشک شده، از الک 2 میلیمتری عبور داده شدند و غلظت پتاسیم محلول و تبادلی و pH خاک‌ها (راول، 1994) اندازه‌گیری شد. از آنجایی که یون غالب در محلول خاک‌های آهکی کلسیم

www.SID.ir

Archive of SID

است، و جهت شبیه سازی شرایط خاکی، آزمایشات سینتیکی در خاک‌های شاهد و تیمار شده به روش پیمانه-ای و با استفاده از عصاره‌گیر کلرید کلسیم با غلظت 0/01 مولار انجام شد. جهت مطالعات سینتیکی از نسبت 1:20 خاک به عصاره‌گیر استفاده شد. عصاره‌گیری متوالی در فواصل زمانی، 0/25، 0/5، 1، 3، 6، 10، 48، 72 ساعت انجام شد و سپس غلظت پتاسیم در عصاره‌ها توسط دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد. جهت بررسی سرعت رهاسازی پتاسیم، داده‌های حاصل از سینتیک رهاسازی پتاسیم در خاک‌های شاهد و تیمار شده بر معادله‌های سینتیکی شامل معادله مرتبه صفر، مرتبه اول، مرتبه دوم، الوویچ ساده، توانی و پخشیدگی پارابولیک برازش داده شدند (هاولین و همکاران، 1985؛ اسپارکس، 2013) و معادله الوویچ (1) بهترین معادله توصیف کننده سرعت رهاسازی بر اساس حداقل SE حداکثر R^2 به‌دست آمد.

1) الوویچ ساده $q_t = a + b\ln t$

در این معادله q_t و t به ترتیب نشان دهنده مقدار پتاسیم تجمعی رها شده در هر زمان (میلی‌گرم بر کیلوگرم) و زمان (ساعت) می‌باشند. ضریب b نشان دهنده سرعت رهاسازی (میلی‌گرم بر کیلوگرم بر ساعت) و a بیانگر عرض از مبدا (میلی‌گرم بر کیلوگرم) و نشان دهنده مقدار پتاسیم تبادلی در خاک-ها می‌باشد. ترسیم نمودارها و محاسبه ضرایب معادله به ترتیب با استفاده از نرم افزارهای Excel و 10.0 Sigmaplat انجام شد. تجزیه آماری بر اساس آزمایش فاکتوریل (تیمار و خاک) در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SAS 9.4 صورت گرفت. جهت مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح خطای یک درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

جدول 1 برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. دامنه تغییرpH خاک‌ها بین 7/5 تا 7/9 می‌باشد. خاک‌ها غیر شور بوده و دارای بافت متوسط تا متوسط ریز می‌باشند. بیشترین درصد ماد آلی، پتاسیم محلول، تبادلی و ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک شماره 2 مشاهده شد. خاک شماره 6 در بین خاک‌های مورد مطالعه دارای بیشترین درصد رس و کمترین درصد ماده آلی می‌باشد. درصد و نوع رس، ماده آلی، کربنات کلسیم معادل و مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی از جمله عوامل موثر در فراهمی پتاسیم و ورود آن به فاز محلول می‌باشند (جانستون و همکاران، 1993). در بیشتر گزارش‌ها نقش مهمتر جزء رس خاک در تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه گزارش شده است، با این وجود در بین خاک‌های مورد مطالعه در بعضی از خاک‌ها با وجود درصد بیشتر رس، مقدار پتاسیم تبادلی کمتر از سایر خاک‌ها می‌باشد. این امر را می‌توان به نقش سایر اجزاء خاک در تامین پتاسیم گیاه، از جمله درصد سیلت نسبت داد (توفیقی، 1374).

در شکل 1 به صورت نمونه، الگوی پراش اشعه ایکس در خاک‌های شماره 2 و 6 آورده شده است. در خاک‌های مورد مطالعه تفاوتی در نوع کانی‌های جزء رس مشاهده نشد و کانی‌های ورمی‌کولیت، اسمکتایت، کائولینیت و میکا به عنوان کانی‌های غالب در خاک‌های مورد مطالعه شناسایی شدند.

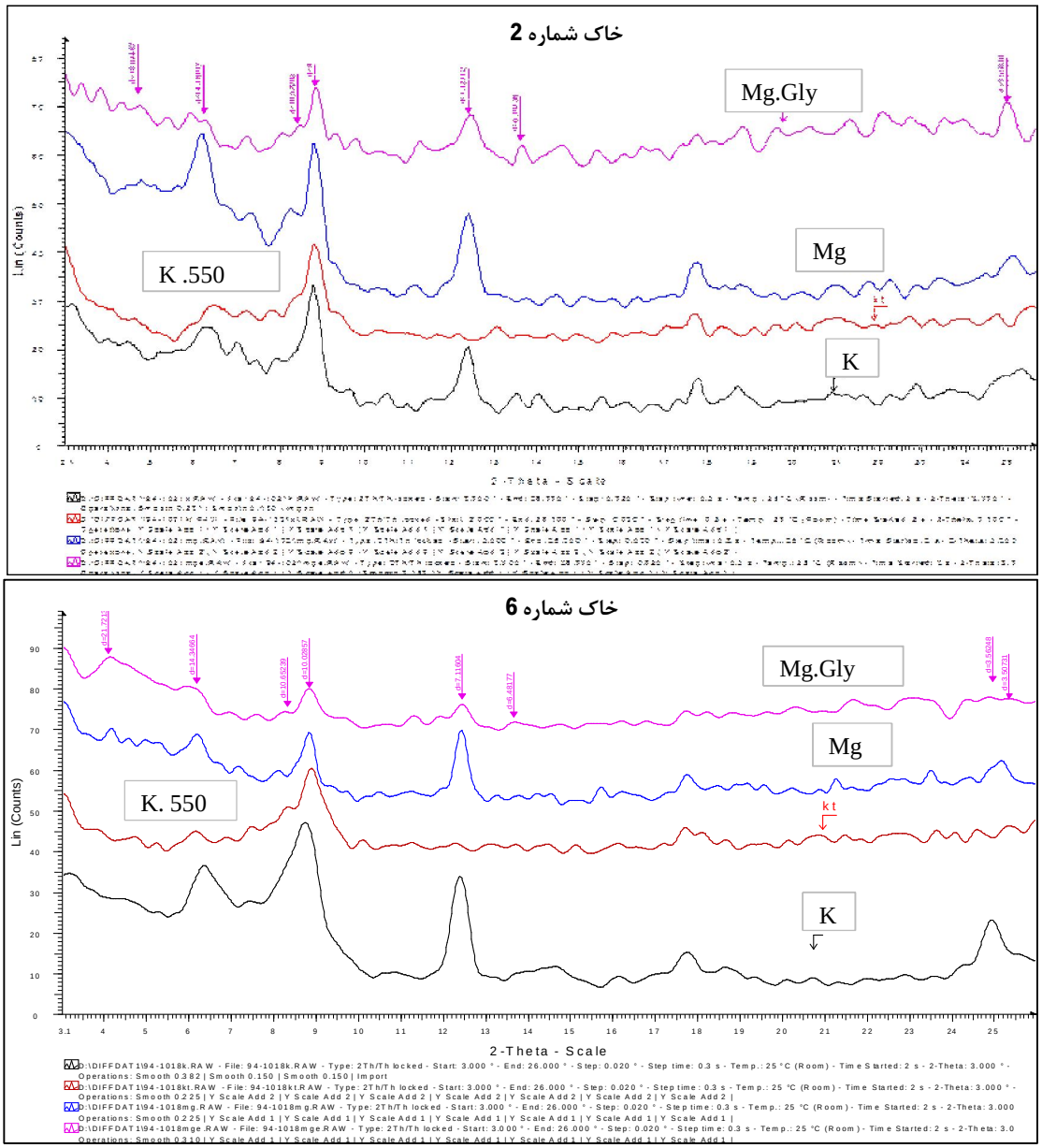
جدول 1- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

شماره خاک	رس	سیلت	شن	بافت	pH*	EC*	OM	ECC	CEC	پتاسیم محلول	پتاسیم تبادلی
	%					$dS\ m^{-1}$	%		$cmol_c\ kg^{-1}$	$mg\ kg^{-1}$	
1	31/0	31/0	38/0	clay loam	7/8	0/16	1/7	36/2	24/5	16/4	171/2
2	27/5	46/0	26/5	sandy clay loam	7/8	0/24	3/1	13/5	27/9	95/5	493/5
3	23/5	32/0	44/5	loam	7/9	0/12	2/3	12/5	24/4	87/7	451/2
4	25/0	47/0	28/0	loam	7/5	0/21	1/8	12/0	23/6	60/2	307/8
5	31/0	51/0	18/0	sandy clay loam	7/8	0/12	2/3	12/2	22/4	15/3	113/1
6	35/0	39/0	26/0	clay loam	7/7	0/17	1/4	12/5	23/7	27/3	251/4

*: در عصاره یک به پنج خاک به آب مقطر، EC: قابلیت هدایت الکتریکی، OM: ماده آلی، ECC: کربنات کلسیم معادل، CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 1- الگوی پراش اشعه ایکس در خاک‌های شماره 2 و 6 (Mg.Gly= اشباع با منیزیم و گلیسرول، Mg= اشباع با منیزیم در دمای معمولی، K.550= اشباع با پتاسیم در دمای 550°C ، K= اشباع با پتاسیم در دمای معمولی)

در جدول 2 برخی از ویژگی‌های ورمی-کمپوست گاوی ارائه شده است. مقدار پتاسیم کل و محلول در ورمی‌کمپوست به ترتیب، 0/4 درصد و 216 میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد. مقدار کل عناصر غذایی موجود در ورمی‌کمپوست به ماده اولیه‌ای که از آن تهیه شده است وابسته است (یادا و کنوار، 2010). از آنجایی که در منابع عنوان شده است، از ورمی‌کمپوست با قابلیت هدایت الکتریکی کمتر از 4 دسی‌زیمنس بر متر (فرناندزبایو و همکاران، 2009) می‌توان به عنوان اصلاح کننده در خاک استفاده نمود، و نسبت C/N کمتر از 20 در ورمی کمپوست نشان دهنده رسیدگی و پایداری آن می‌باشد (پاتناک و اسواتی، 2010)، ورمی‌کمپوست استفاده شده در این تحقیق، قابلیت استفاده به عنوان اصلاح کننده را در خاک‌ها دارد. با استفاده از آزمون BET سطح ویژه، حجم کل منافذ و میانگین قطر منافذ ورمی‌کمپوست به ترتیب 5/29 متر مربع بر گرم و 0/025 مترمکعب بر گرم و 18/81 نانومتر به‌دست آمد.

www.SID.ir

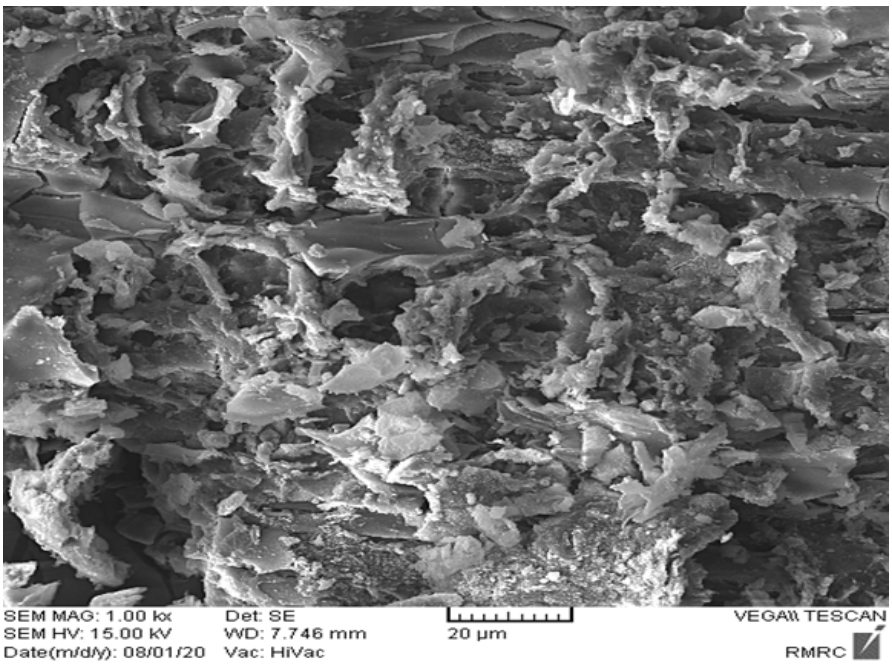
Archive of SID

جدول 2- برخی از ویژگی‌های ورمی‌کمپوست گاوی

پتاسیم محلول	C/N	منیزیم کل	کلسیم کل	نیتروژن کل	فسفر کل	پتاسیم کل	کربن آلی	رس	شن	EC*	pH*
$mg\ kg^{-1}$		%								$dS\ m^{-1}$	
216	20	0/95	2/73	0/82	0/4	0/4	16/4	18/75	71/25	1/8	7

*: در عصاره یک به بیست ورمی‌کمپوست به آب مقطر، EC: قابلیت هدایت الکتریکی

با توجه به شکل 2 سطح ورمی‌کمپوست دارای ساختاری تکه تکه و متخلل می‌باشد. لیم و همکاران (2014) نیز گزارش کردند پس از فرایند ورمی‌کمپوست شدن کاه و کلش برنج، ساختار فیبری ماده اولیه به ساختار تکه تکه و متخلل تبدیل شد. به دلیل عبور ترکیبات آلی از سیستم گوارشی کرم خاکی، ماده حاصله دارای ساختار دانه‌ای شکل شده و سطح ویژه آن نیز نسبت به ماده اولیه بیشتر خواهد شد (لیم و همکاران، 2015a). لیم و وو (2015) سطح ویژه ورمی‌کمپوست تفاله پالم را 3/5 متر مربع بر گرم گزارش کردند.

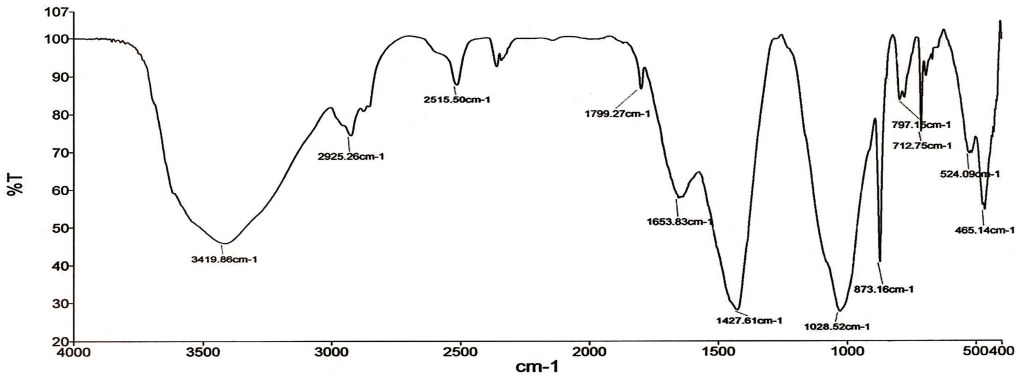


شکل 2- تصویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) ورمی‌کمپوست گاوی

شکل 3 طیف جذبی مادون قرمز ورمی‌کمپوست را نشان می‌دهد. در طیف جذبی مادون قرمز، جذب پهن در ناحیه $3419/86\ cm^{-1}$ با وجود فرکانس کششی C-O در ناحیه $1028/52\ cm^{-1}$ تأئید کننده وجود گروه عاملی O-H است (فلمینگ و ویلیامز، 1966). فرکانس کششی در ناحیه $1653/83\ cm^{-1}$ نشان دهنده گروه عاملی C=C در ساختار ترکیب (شرف و همکاران، 2013) و جذب در ناحیه $1427/61 cm^{-1}$ با وجود فرکانس کششی C-H در ناحیه $2925/26\ cm^{-1}$ نشان دهنده وجود ترکیبات آروماتیکی در ساختار ورمی‌کمپوست است (ادیسون و سیتورامان، 2013). گروه عاملی O-H در ساختار ترکیبات آلی، نشان دهنده وجود بارالکتریکی منفی احتمالی است که توانایی جذب کاتیون‌ها را دارند. شارما و همکاران (2005) و سینگ و همکاران (2008) به این نتیجه رسیدند، افزودن ورمی‌کمپوست به خاک موجب افزایش سطح ویژه و همچنین میکروسایت‌هایی که توانایی نگهداری عناصر غذایی با انرژی زیادی را دارند، می‌شود. این فرایند احتمالا بر روی سرعت تجزیه ترکیبات آلی در خاک و رهاسازی عناصر غذایی مؤثر خواهد بود (گومز براند و دمینگوز، 2014).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 3- طیف جذبی مادون قرمز (FT-IR) ورمی‌کمپوست گاوی

همانند نتایج گوترز و میسل (2007) و دمر (2020) و بر خلاف نتایج آتیه و همکاران (2001) و مانی وانان و همکاران (2009)، در پایان دوره انکوباسیون تغییری در pH خاک‌های شاهد و تیمار شده مشاهده نشد (نتایج نشان داده نشده است). اثر متفاوت ورمی‌کمپوست بر pH خاک را می‌توان به نوع ورمی‌کمپوست و خاک نسبت داد (ودازپراز و همکاران، 2011). فرناندزبایو و همکاران (2009) در خاکهای اسیدی و قلیایی تیمار شده با ورمی‌کمپوست، به ترتیب افزایش و کاهش pH خاک را گزارش نمودند. آن‌ها گزارش کردند، افزودن ورمی-کمپوست به خاک باعث خنثی شدن pH خاک‌ها شد.

در خاک‌های شاهد شماره 1 و 6، بعد از پایان دوره انکوباسیون مجموع مقدار پتاسیم محلول و تبادلی بر خلاف سایر خاک‌ها کاهش یافت (جدول 3). این فرایند احتمالا به دلیل تبدیل شدن پتاسیم فراهم به پتاسیم غیرقابل تبادل و وقوع تثبیت پتاسیم در این خاک‌ها می‌باشد. محمودی (1395) در مطالعه روابط کمیت-شدت پتاسیم در برخی از خاک‌های آهکی تاکستان‌های شهرستان ملایر، مقدار فعالیت نسبی پتاسیم در حالت تعادل را در دامنه $1/5\times10^{-2}$ - $2/5\times10^{-4}$ (مول بر لیتر)$^{1/2}$ و مقدار فعالیت نسبی پتاسیم در حالت تعادل برای خاک-های شماره 1 و 6 را به ترتیب $3/6\times10^{-3}$ و $3/7\times10^{-3}$ (مول بر لیتر)$^{1/2}$ گزارش نمود. چنانچه فعالیت نسبی پتاسیم در حالت تعادل در دامنه 0/01 - 0/006 (مول بر لیتر)$^{1/2}$ باشد، پتاسیم در مناطق لبه‌ای کانی‌ها نگهداری می‌شود (اسپارکس و لیبهاردت، 1981) و نشان دهنده فراهمی کمتر پتاسیم می‌باشد. از آنجایی که خاک‌های شماره 1 و 6 دارای مقدار رس بیشتری می‌باشند، احتمالاً مدیریت ضعیف، تخلیه پتاسیم از کانی‌های این خاک‌ها به دلیل نیاز بالای گیاه انگور به پتاسیم، هوادیدگی بیشتر و وجود کانی‌های تثبیت کننده پتاسیم مثل ورمی‌کولایت در این دو خاک، می‌تواند دلیل فعالیت نسبی کمتر پتاسیم در حالت تعادل و وارد شدن پتاسیم از اجزاء محلول و تبادلی به جزء غیرقابل تبادل در طی دوره انکوباسیون باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 3- تغییرات مقدار پتاسیم محلول و تبادلی در خاک‌های شاهد و تیمار شده بعد از دوره انکوباسیون

شماره خاک	پتاسیم محلول ($mg\ kg^{-1}$)		پتاسیم تبادلی ($mg\ kg^{-1}$)	
	شاهد	تیمار شده	شاهد	تبادلی
1	$^{h}24/5$	$^{h}25/3$	$^{K}154/4$	$^{I}307/2$
2	$^{c}90/7$	$^{a}131/6$	$^{B}602/3$	$^{A}656/7$
3	$^{d}85/7$	$^{b}101/2$	$^{E}468/7$	$^{D}485/9$
4	$^{f}50/4$	$^{e}70/8$	$^{G}352/8$	$^{F}363/9$
5	$^{i}12/9$	$^{g}30/4$	$^{L}128/0$	$^{H}327/7$
6	$^{h}23/5$	$^{g}30/4$	$^{J}227/8$	$^{C}506/7$

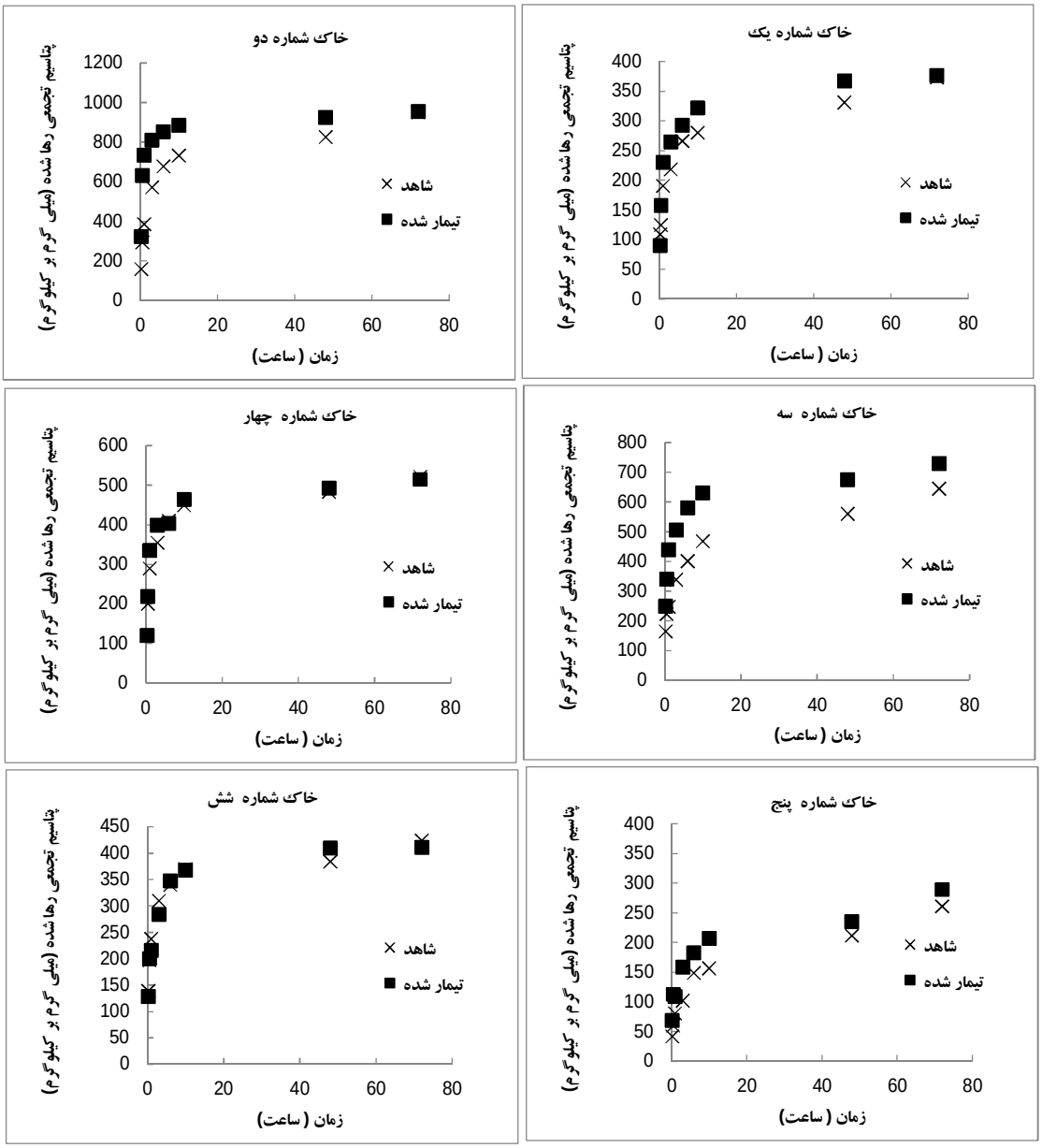
حروف انگلیسی کوچک (پتاسیم محلول) و حروف انگلیسی بزرگ (پتاسیم تبادلی) مشابه نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح خطای 0/01 می‌باشند.

در همه خاک‌های تیمار شده در پایان دوره انکوباسیون مقدار پتاسیم محلول و تبادلی افزایش یافت که آن‌را می‌توان به مقدار زیاد پتاسیم محلول در ورمی-کمپوست نسبت داد (جدول 3). بین میانگین غلظت پتاسیم محلول و همچنین میانگین غلظت پتاسیم تبادلی در خاک‌های شاهد و تیمار شده بجز میانگین غلظت پتاسیم محلول در خاک شماره 1 شاهد و تیمار شده، تفاوت معنی‌دار در سطح خطای 0/01 درصد مشاهده شد. با افزودن کودهای پتاسیمی و ترکیبات آلی به خاک، قسمت قابل توجهی از پتاسیم وارد مکان‌های جذبی و مقداری نیز وارد محلول خاک می‌شود (جانسون و گلدینگ، 1990). آنگلووا و همکاران (2013) و دمر (2020) نیز افزایش پتاسیم محلول و تبادلی را در خاک‌های تیمار شده با ورمی‌کمپوست گزارش نمودند. از آنجایی که افزودن ورمی‌کمپوست به خاک باعث افزایش درصد ماده آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک می‌شود (او و همکاران، 2010)، افزایش مکان‌های جذبی در خاک‌ها می‌تواند دلیل افزایش مقدار پتاسیم تبادلی در خاک‌ها باشد.

شکل 4 روند رهاسازی تجمعی پتاسیم را در خاک‌های شاهد و تیمار شده در مدت زمان 72 ساعت توسط عصاره‌گیر کلریدکلسیم 0/01 مولار، نشان می‌دهد. اگرچه غلظت پتاسیم عصاره گیری شده در هر زمان در خاک‌های تیمار شده بیشتر از خاک‌های شاهد است، تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های تجمعی رها شده در خاک‌های شاهد و تیمار شده مشاهده نشد. رهاسازی پتاسیم در زمان‌های اولیه (10 ساعت اول) در تمام خاک دارای شیب تند و در ادامه با شیب کم تا زمان 72 ساعت ادامه می‌یابد. رهاسازی تند اولیه را می‌توان به رهاسازی پتاسیم‌های سطحی که با انرژی کمتری نگهداری می‌شوند نسبت داد. در خاک‌های شاهد و تیمار شده، بیشترین و کمترین مقدار پتاسیم تجمعی رها شده به ترتیب در خاک‌های شماره 2 و 5 مشاهده شد و افزودن ورمی-کمپوست موجب افزایش مقدار پتاسیم تجمعی رهاشده از خاک‌ها شد. مقدار پتاسیم تجمعی رهاشده در خاک‌های شاهد در دامنه 260/6 تا 951/3 با میانگین 526/9 میلی‌گرم بر کیلوگرم و در خاک‌های تیمار شده در دامنه 288/8 تا 954/8 با میانگین 547/9 میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد. تفاوت در میزان رهاسازی پتاسیم در خاک-های تیمارشده مختلف را، می‌توان به نوع و مقدار کانی‌ها، میزان پتاسیم فراهم اولیه خاک‌ها، مقدار پتاسیم اضافه شده به خاک‌ها توسط ورمی‌کمپوست و گروههای عامل موجود نسبت داد. حسین‌پور و همکاران (2014) در مطالعه خود بر روی ویژگی‌های آزادسازی پتاسیم در تعدادی از خاک‌های سطحی آهکی با استفاده از عصاره-گیری متوالی با کلرید کلسیم 0/01 مولار به مدت 2017 ساعت، حداقل و حداکثر مقدار پتاسیم عصاره‌گیری شده را به ترتیب 111 و 411 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بدست آوردند. رائو و همکاران (2000)، در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند، که هرچه میزان میکا در بخش سیلت و رس خاک بالا باشد، پتاسیم رهاشده بالا خواهد بود. سیمارد و همکاران (1992) نیز به این نتیجه رسیدند که علاوه بر رس‌های موجود در بخش رس، میکا و فلدسپارهای موجود در بخش شن و سیلت نیز نقش مهمی در رهاسازی پتاسیم دارند. نتایج طیف‌سنجی مادون قرمز نشان داد که، در سطح ورمی‌کمپوست گروه‌های عامل هیدروکسیل و آروماتیک وجود دارد. وجود این گروه‌های عامل در ساختار ورمی‌کمپوست افزوده شده به خاک ممکن است باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک شده (چاداری و همکاران، 2004) و بر جذب یون پتاسیم توسط خاک و آزاد سازی آن اثرگذار باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 4- پتاسیم تجمعی رهاسازی شده از خاک‌های شاهد و تیمارشده با ورمی‌کمپوست گاوی

با توجه به ضریب تبیین (R^2) و خطای معیار تخمین (SE)، معادله الوویچ ساده به‌خوبی توانست رهاسازی تجمعی پتاسیم را از خاک‌های شاهد و تیمار شده توصیف کند (جدول 4). هاولین و همکاران (1985) با مطالعه سرعت رهاسازی تجمعی پتاسیم توسط رزین کلسیمی در مدت زمان 7000 ساعت به این نتیجه رسیدند که معادلات الوویچ، توانی و دیفیوژن پارابولیکی به خوبی می‌توانند رهاسازی پتاسیم را توصیف کنند. به‌دلیل توصیف بهتر داده‌های سینتیک رهاسازی با معادله الوویچ ساده، احتمالا فرآیند رهاسازی پتاسیم از خاک‌ها متأثر از پدیده پخشیدگی می‌باشد. جدول 4 پارامترهای حاصل از برازش داده‌ها بر معادله الوویچ ساده را نشان می‌دهد. میانگین عرض از مبداء به دست آمده از برازش داده‌ها بر معادله الوویچ ساده که نشان دهنده مقدار پتاسیم تبادلی اولیه موجود در خاک‌ها می‌باشد، در خاک‌های شاهد و تیمار شده به ترتیب 230/32 و 311/95 میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد و با افزودن ورمی‌کمپوست مقدار پتاسیم تبادلی در خاک‌ها افزایش یافته است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 4- پارامترهای حاصل از برازش داده‌های پتاسیم تجمعی رهاشده از خاک‌های شاهد و تیمار شده بر معادله الوویچ ساده ($q_t=a+b\ lnt$)

شماره خاک	شاهد				تیمار شده			
	a	b	R^2	SE	a	b	R^2	SE
	mg kg^{-1}	mg $kg^{-1}h^{-1}$			mg kg^{-1}	mg $kg^{-1}h^{-1}$		
1	172/7	^{e}45/3	0/98	21/8	193/1	^{e}47/3	0/94	29/2
2	387/8	^{a}132/1	0/97	58/9	638/7	^{b}88/9	0/78	102/9
3	264/9	^{c}82/1	0/99	25/1	405/9	^{c}79/8	0/96	44/3
4	259/4	^{d}66/7	0/94	42/1	278/9	^{d}63/4	0/89	54/3
5	81/2	^{f}36/5	0/97	16/3	120/7	^{f}34/9	0/97	13/1
6	215/9	^{e}47/6	0/97	23/1	234/4	^{e}50/0	0/95	23/1

حروف انگلیسی مشابه نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح خطای 0/01 می‌باشند.

بین میانگین‌های ضریب سرعت رهاسازی در هر خاک شاهد با خاک تیمار شده، بجز خاک شماره 2، تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. برخلاف سایر خاک‌ها ضریب سرعت رهاسازی پتاسیم حاصل از معادله الوویچ ساده در خاک‌های تیمار شده شماره 1 و 6 بیشتر از خاک‌های شاهد به‌دست آمد (جدول 4). با توجه به تثبیت یون‌های پتاسیم در خاک‌های شاهد شماره 1 و 6 پس از پایان دوره انکوباسیون، احتمالاً افزودن ورمی‌کمپوست حاوی پتاسیم، موجب پر شدن مکان‌های تخلیه شده بر روی کانی‌های این خاک‌ها شده است. از آنجایی که مکان‌های تبادلی در ترکیبات آلی در سطح قرار دارند (استیونسون، 1994) و دسترسی به آن‌ها نسبت به مکان-های تبادلی در کانی‌هایی مثل ورمی کولیت و اسمکتایت آسان‌تر است (وانگ و هانگ، 2001)، لذا احتمالاً افزودن ورمی‌کمپوست حاوی پتاسیم محلول موجب پر شدن مکان‌های خالی و قرار گیری پتاسیم در مکان‌های قابل دسترس‌تر در سطح ورمی‌کمپوست شده است. این امر موجب افزایش رهاسازی پتاسیم در خاک‌های تیمار شده نسبت به شاهد شده است.

در خاک‌های شاهد شماره 2 تا 5 ضریب سرعت رهاسازی پتاسیم (36/5 تا 132/1 میلی‌گرم بر کیلوگرم بر ساعت) بیشتر از خاک‌های تیمار شده با ورمی‌کمپوست (34/9 تا 88/9 میلی‌گرم بر کیلوگرم بر ساعت) به‌دست آمد. اثر ترکیب آلی بر جذب و نگهداری پتاسیم در خاک، علاوه بر مقدار و خصوصیات ترکیب آلی به برهم‌کنش ترکیب آلی با کانی‌های خاک نیز بستگی دارد (وانگ و هانگ، 2001). برهم‌کنش ترکیب آلی با ذرات خاک، موجب تشکیل خاکدانه شده و موجب طولانی‌تر شدن مسیر پخشیدگی پتاسیم‌های جذب شده در سطح ذرات خواهد شد (وانگ و هانگ، 2001) و در نتیجه سرعت رهاسازی پتاسیم از خاک‌ها کاهش می‌یابد. احتمالاً وجود ماده آلی و سیلت بیشتر در خاک‌های شماره 2 تا 5 موجب تشکیل خاکدانه بیشتر و در نتیجه طولانی‌تر شدن مسیر پخشیدگی پتاسیم‌های موجود در مکان‌های تبادلی و سرعت رهاسازی کمتر شده است. از طرفی، سرعت رها سازی کمتر پتاسیم از خاک‌های تیمار شده با ورمی‌کمپوست را می‌توان به اتصال یون پتاسیم به اسید هیومیک موجود در ورمی کمپوست نسبت داد. ورمی-کمپوست حاوی مقدار زیادی اسید هیومیک است (مانی وانان و همکاران، 2009؛ روبرتس و همکاران، 2007).

اسید هیومیک موجود در ورمی کمپوست عناصر غذایی مثل پتاسیم، کلسیم، آهن، گوگرد و فسفر را جذب می‌کند. این عناصر به شکل قابل جذب توسط اسید هیومیک نگهداری می‌شوند و هنگام نیاز گیاه آزاد شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرند (کانلاس و همکاران، 2002؛ زاندوناتی و همکاران، 2007؛ ادیکیاری، 2012). یافته‌های تحقیق، اثر متفاوتی از ورمی‌کمپوست را بر سرعت رهاسازی پتاسیم در خاک‌های مورد مطالعه نشان داد. افزودن ورمی‌کمپوست در خاک‌های داری رس بیشتر و ماده آلی کمتر (خاک‌های شماره 1 و 6) موجب افزایش سرعت رهاسازی پتاسیم و در خاک‌های دارای رس کمتر و ماده آلی بیشتر (خاک‌های شماره 2 تا 5) موجب کاهش سرعت رهاسازی پتاسیم شد. پارتاساراتی و همکاران (2008) نیز اثر ورمی‌کمپوست بر فراهمی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در خاک رسی لومی را بیشتر از خاک شنی لومی گزارش نمودند. اگرچه افزایش سرعت رهاسازی عناصر مختلف از خاک از جمله مزایای افزودن ورمی‌کمپوست به خاک‌ها می‌باشد، اثر آن بر کاهش سرعت رهاسازی عناصر از جنبه زیست محیطی و سلامتی گیاه نیز دارای اهمیت است. به‌طور مثال ادوارد (2004) و را (2002) بروز کمتر

www.SID.ir

Archive of SID

بیماری‌های گیاهی را در خاک، به رهاسازی تدریجی عناصر غذایی مثل نیتروژن از ورمی کمپوست نسبت دادند. بهاتاچارجی و همکاران (2001) و مسی اندارو و همکاران (2010) کاهش آبشویی عناصر غذایی از خاک-های تیمار شده با ورمی کمپوست را گزارش نمودند. در مطالعات مختلف نیز به دلیل همزمانی بین نیاز گیاه به عناصر غذایی و معدنی شدن ورمی‌کمپوست، افزایش در زیتوده گیاهی و بازده گزارش شده است (چاو و همکاران، 2003؛ روی و همکاران، 2010). کومار (2005) نیز در تحقیقات خود به این نتیجه رسید که، اگرچه فراهمی عناصر غذایی در ورمی‌کمپوست بالا است، با این وجود رهاسازی تدریجی عناصر باعث ذخیره سازی این عناصر برای گیاهان بعدی و کاهش آبشویی از خاک می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به‌دست آمده نشان دهنده اثر متفاوت ورمی‌کمپوست گاوی بر سینتیک رهاسازی پتاسیم از خاک‌های لومی، لوم رسی و لوم شنی رسی می‌باشد. نتایج مطالعات سینتیکی نشان داد، افزودن ورمی‌کمپوست به خاک‌های دارای رس بیشتر، ماده آلی کمتر (لوم رسی) و دارای توانایی تثبیت پتاسیم می‌تواند موجب افزایش سرعت رهاسازی پتاسیم و در خاک‌های دارای رس کمتر، ماده آلی بیشتر (لوم و لوم شنی رسی) و توانایی کمتر در تثبیت پتاسیم موجب کاهش سرعت رهاسازی شود. بدین ترتیب ورمی‌کمپوست گاوی استفاده شده در این تحقیق اثر تعدیل کننده در فراهمی پتاسیم در خاک‌های مورد مطالعه دارد. از آنجایی که ترکیبات آلی غالبا با هدف تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه در مزارع و تاکستان‌ها استفاده می‌شوند، نتایج این تحقیق نشان داد ورمی-کمپوست بر فراهمی و واکنش‌های پتاسیم در خاک (به عنوان یک عنصر پرمصرف مورد نیاز انگور) اثرگذار است. اثر ورمی‌کمپوست بر فراهمی و سرعت رهاسازی یون‌های پتاسیم، به نوع کانی‌های خاک و وضعیت اولیه پتاسیم در خاک‌های مورد مطالعه وابسته است. با توجه به کمبود پتاسیم در برخی از تاکستان‌های مورد مطالعه، مصرف کود ورمی‌کمپوست گاوی توصیه می‌شود. جهت به‌دست آوردن نتایج دقیق‌تر مطالعات مزرعه‌ای و یا گلخانه‌ای در مدت زمان طولانی‌تر توصیه می‌شود.

فهرست منابع:

1. پرستش، ف.، ح. علیخانی.، ح. اعتصامی.، و م. حسندخت. 1398. اثر ورمی‌کمپوست غنی شده با باکتری‌های حل کننده فسفات بر فراهمی فسفر، pH و شاخص‌های زیستی در یک خاک آهکی. مدیریت خاک و تولید پایدار. 9(3). 25-46.
2. توفیقی، ح. 1374. سینتیک آزاد شدن پتاسیم از خاک‌های شالیزاری شمال ایران. 1- مقایسه و ارزیابی معادلات سینتیک مرتبه اول، مرتبه صفر و دیفیوژن پارابولیکی. مجله علوم کشاورزی ایران. 41. 16-27.
3. خوشگفتارمنش، الف.، و عرب زادگان، ح. 1386. ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه و مدیریت بهینه کودی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. 168 صفحه.
4. دشتی، م.، م. دهستانی اردکانی.، م. شیرمردی.، و ع. مومن‌پور. 1398. اثر کود دامی و ورمی‌کمپوست بر افزایش تحمل شوری گیاه باران طلایی. پژوهش و توسعه جنگل. 5 (4). 541-556.
5. سلطانی طولارود، ع.، ک. عبدالهی.، و ب. اسماعیل‌پور. 1398. تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست و پوترسین بر شاخص‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی خیار (). نشریه علوم سبزی‌ها. 3(1). 39- 51.
6. شریفی، پ.، م. شرفا.، و م.ح. محمدی. 1398. مقایسه تأثیر کود گاوی، ورمی‌کمپوست و آزولا بر ویژگی‌های شیمیایی و هیدرولیکی خاک شور-سدیمی. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. 26(2). 177-194.
7. کریمی، کریمی، م. 1395. سینتیک رهاسازی پتاسیم از خاک باغات انگور شهرستان ملایر. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه ملایر. 142 صفحه.
8. محمودی شناس، م. 1395. روابط کمیت-شدت پتاسیم در برخی از خاک‌های آهکی تاکستان‌های شهرستان ملایر. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه ملایر. 117 صفحه.

www.SID.ir

Archive of SID

9. مستشاری، م.، الف، خسروی.، الف، بای‌بوردی.، م. بصیرت.، الف، اخیانی.، م.ح. سدری.، و ع. مجیدی. 1395. راهنمای تغذیه گیاهی انگور. نشر آموزش کشاورزی. موسسه تحقیقات خاک و آب. 53 صفحه.
10. Adhikary, S. 2012. Vermicompost, the story of organic gold: A review.
11. Aksakal, E.L., Sari, S., and Angin, I. 2016. Effects of vermicompost application on soil aggregation and certain physical properties. Land Degradation & Development. 27, 983-995.
12. Angelova, V., Akova, V., Artinova, N., and Ivanov, K. 2013. The effect of organic amendments on soil chemical characteristics. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 19, 958-971.
13. Atiyeh, R., Edwards, C., Subler, S., and Metzger, J. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. Bioresource technology. 78, 11-20.
14. Bhattacharjee, G., Chaudhuri, P., and Datta, M. 2001. Response of paddy (Var. TRC-87-251) crop on amendment of the field with different levels of vermicompost. Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences. 3, 191-196.
15. Blouin, M., Barrere, J., Meyer, N., Lartigue, S., Barot, S., and Mathieu, J. 2019. Vermicompost significantly affects plant growth. A meta-analysis. Springer.
16. Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils1. Agronomy Journal. 54, 464-465.
17. Canellas, L.P., Olivares, F.L., Okorokova-Façanha, A.L., and Façanha, A.R. 2002. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H+-ATPase activity in maize roots. Plant physiology. 130, 1951-1957.
18. Chaoui, H.I., Zibilske, L.M., and Ohno, T. 2003. Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. Soil Biology and Biochemistry. 35, 295-302.
19. Chaudhary, D. R., Bhandari, S. C., and Shukla, L. M. 2004. Role of vermicompost in sustainable agriculture–A review. Agricultural Reviews. 25(1), 29-39.
20. Chaulagain, A., Gauchan, D., and Lamichhane, J. 2017. Vermicompost and its role in plant growth promotion. International Journal of Research. 4, 850-864.
21. Chen, J.-H. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility, International workshop on sustained management of the soil-rhizosphere system for efficient crop production and fertilizer use. Citeseer, pp. 1-11.
22. Demir, Z. 2020. Alleviation of Adverse Effects of Sodium on Soil Physicochemical Properties by Application of Vermicompost. Compost Science & Utilization. 28, 100-116.
23. Edison, T.J.I., and Sethuraman, M. 2013. Biogenic robust synthesis of silver nanoparticles using Punica granatum peel and its application as a green catalyst for the reduction of an anthropogenic pollutant 4-nitrophenol. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 104, 262-264.
24. Edwards, C.A. 1995. Historical overview of vermicomposting. Biocycle. 36, 56-58.
25. Edwards, C.A. 2004. The importance of earthworms as key representatives of the soil fauna. Earthworm ecology. 2, 3-11.
26. Evangelou, V., Karathanasis, A., and Blevins, R. 1986. Effect of soil organic matter accumulation on potassium and ammonium quantity-intensity relationships. Soil Science Society of America Journal. 50, 378-382.

www.SID.ir

Archive of SID

27. Fernández□Bayo, J., Nogales, R., and Romero, E. 2009. Assessment of three vermicomposts as organic amendments used to enhance diuron sorption in soils with low organic carbon content. European journal of soil science. 60, 935-944.
28. Fleming, I., and Williams, D.H. 1966. Spectroscopic methods in organic chemistry. Springer.
29. Gómez-Brandón, M., and Domínguez, J. 2014. Recycling of solid organic wastes through vermicomposting: microbial community changes throughout the process and use of vermicompost as a soil amendment. Critical Reviews in Environmental Science and Technology. 44, 1289-1312.
30. Gutiérrez-Miceli, F.A., Santiago-Borraz, J., Molina, J.A.M., Nafate, C.C., Abud-Archila, M., Llaven, M.A.O., Rincón-Rosales, R., and Dendooven, L. 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (Lycopersicum esculentum). Bioresource Technology. 98, 2781-2786.
31. Halvin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L., and Nelson, W. L. 2005. Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management. Pretice Hall, New Jersey.
32. Havlin, J., Westfall, D., and Olsen, S. 1985. Mathematical models for potassium release kinetics in calcareous soils. Soil Science Society of America Journal. 49, 371-376.
33. Hosseinpur, A.R., Raisi, T., Kiani, S., and Motaghian, H.R. 2014. Potassium-release characteristics and their correlation with bean (Phaseolus vulgaris) plant indices in some calcareous soils. Communications in soil science and plant analysis. 45, 726-740.
34. Jadhav, A., Talashilkar, S., and Powar, A. 1997. Influence of the conjunctive use of FYM, vermicompost and urea on growth and nutrient uptake in rice. Journal of Maharashtra Agricultural Universities. 22, 249-250.
35. Johnston, A., and Goulding, K. 1990. The use of plant and soil analyses to predict the potassium supplying capacity of soil, Development of K-fertilizer recommendations. Proceedings of the 22nd Colloquium of the International Potash Institute, International Potash Institute Bern Switzerland, pp. 177-204.
36. Johnston, A., Goulding, K., and Mercer, E. 1993. Potassium leaching from a sandy loam soil. Potash review. 1-16.
37. Kaushik, P., and Garg, V. 2003. Vermicomposting of mixed solid textile mill sludge and cow dung with the epigeic earthworm Eisenia foetida. Bioresource technology. 90, 311-316.
38. Khademi, H., and Arocena, J. 2008. Kaolinite formation from palygorskite and sepiolite in rhizosphere soils. Clays and Clay Minerals. 56, 429-436.
39. Kumar, A.V. 2005. Vermitechnology. APH Publishing Corporation: New Delhi, India.
40. Kunze, G., and Dixon, J.B. 1986. Pretreatment for mineralogical analysis. Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods. 5, 91-100.
41. Li, J., Hoang, K. T. K., Hassan, N., and Marschner, P. 2019. Vermicompost Influences Soil P Pools and Available N—Effect of Placement and Combination with Inorganic Fertiliser. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 19(4), 900-905.
42. Lim, P.N., Wu, T.Y., Clarke, C., and Daud, N.N. 2015a. A potential bioconversion of empty fruit bunches into organic fertilizer using Eudrilus eugeniae. International journal of environmental science and technology. 12, 2533-2544.
43. Lim, S. L., Wu, T. Y., Lim, P. N., and Shak, K. P. Y. 2015b. The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. Journal of the Science of Food and Agriculture. 95(6), 1143-1156.
44. Lim, S.L., Wu, T.Y. 2015. Determination of maturity in the vermicompost produced from palm oil mill effluent using spectroscopy, structural characterization and thermogravimetric analysis. Ecological Engineering. 84, 515-519

www.SID.ir

Archive of SID

45. Lim, S.L., Wu, T.Y., and Clarke, C. 2014. Treatment and biotransformation of highly polluted agro-industrial wastewater from a palm oil mill into vermicompost using earthworms. Journal of agricultural and food chemistry. 62, 691-698.
46. Lim, S.L., Wu, T.Y., Sim, E.Y.S., Lim, P.N., and Clarke, C. 2012. Biotransformation of rice husk into organic fertilizer through vermicomposting. Ecological Engineering. 41, 60-64.
47. Maheswarappa, H., Nanjappa, H., and Hegde, M. 1999. Influence of organic manures on yield of arrowroot, soil physico-chemical and biological properties when grown as intercrop in coconut garden. Annals of Agricultural Research. 20, 318-323.
48. Mahmud, M., Abdullah, R., and Yaacob, J.S. 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, 183.
49. Manivannan, S., Balamurugan, M., Parthasarathi, K., Gunasekaran, G., and Ranganathan, L. 2009. Effect of vermicompost on soil fertility and crop productivity-beans (Phaseolus vulgaris). Journal of environmental biology. 30, 275-281.
50. Masciandaro, G., Macci, C., Doni, S., and Ceccanti, B. 2010. Use of earthworms (Eisenia fetida) to reduce phytotoxicity and promote humification of pre-composted olive oil mill wastewater. Journal of the Science of Food and Agriculture. 90, 1879-1885.
51. Najafi-Ghiri, M. 2014. Effects of zeolite and vermicompost applications on potassium release from calcareous soils. Soil and Water Research. 9(1), 31-37.
52. Oo, A.N., Banterng, P., Polthanee, A., and Trelo-Ges, V. 2010. The effect of different fertilizers management strategies on growth and yield of upland black glutinous rice and soil property. Asian journal of plant sciences. 9, 414.
53. Orozco, F., Cegarra, J., Trujillo, L., and Roig, A. 1996. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm Eisenia fetida: effects on C and N contents and the availability of nutrients. Biology and fertility of soils. 22, 162-166.
54. Padmavathiamma, P.K., Li, L.Y., and Kumari, U.R. 2008. An experimental study of vermi-biowaste composting for agricultural soil improvement. Bioresource Technology. 99, 1672-1681.
55. Page, A., Miller, R., and Keeney, D. 1982. Methods of soil analysis. Part 2. American Society of Agronomy. Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.
56. Parthasarathi, K., Balamurugan, M., and Ranganathan, L. 2008. Influence of vermicompost on the physico-chemical and biological properties in different types of soil along with yield and quality of the pulse crop-blackgram. Journal of Environmental Health Science & Engineering. 5, 51-58.
57. Pattnaik, S., and Reddy, M.V. 2010. Nutrient status of vermicompost of urban green waste processed by three earthworm species—Eisenia fetida, Eudrilus eugeniae, and Perionyx excavatus. Applied and Environmental Soil Science.
58. Prabha, M. 2009. Waste management by vermitechnology. Indian Journal of Environmental Protection. 29, 795-800.
59. Rady, M., Abd El-Mageed, T., Abdurrahman, H., and Mahdi, A. 2016. Humic acid application improves field performance of cotton (Gossypium barbadense L.) under saline conditions. The Journal of Animal & Plant Sciences. 26, 487-493.
60. Rao, C.S., Rao, A.S., and Rupa, T. 2000. Plant mobilization of soil reserve potassium from fifteen smectitic soils in relation to soil test potassium and mineralogy. Soil science. 165, 578-586.
61. Rao, K.R. 2002. Induced host plant resistance in the management of sucking insect pests of groundnut. Annals of Plant Protection Sciences. 10, 45-50.

www.SID.ir

Archive of SID

62. Rhoades, J. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods. 5, 417-435.
63. Roberts, P., Jones, D.L., and Edwards-Jones, G. 2007. Yield and vitamin C content of tomatoes grown in vermicomposted wastes. Journal of the Science of Food and Agriculture. 87, 1957-1963.
64. Rowell, D.L. 1994. Soil science: methods and applications. Longman Scientific & Technical.
65. Roy, S., Arunachalam, K., Dutta, B.K., and Arunachalam, A. 2010. Effect of organic amendments of soil on growth and productivity of three common crops viz. Zea mays, Phaseolus vulgaris and Abelmoschus esculentus. Applied Soil Ecology. 45, 78-84.
66. Savari, M., and Gharechaee, H. 2020. Utilizing the theory of planned behavior to predict Iranian farmers' intention for safe use of chemical fertilizers. Journal of Cleaner Production.263, 121512.
67. Sharaf, S., Higazy, A., and Hebeish, A. 2013. Propolis induced antibacterial activity and other technical properties of cotton textiles. International Journal of Biological Macromolecules. 59, 408-416.
68. Sharma, K., Sharma, S., Bawa, S., Singh, S., Chandrika, D.S., Sharma, V., Khokhar, A., Grace, J.K., Rao, C.S., and Maruthi Sankar, G. 2015. Combined effect of tillage and organic fertilization on soil quality key indicators and indices in alluvial soils of Indo-Gangetic Plains under rainfed maize–wheat system. Archives of Agronomy and Soil Science. 61, 313-327.
69. Sharma, S., Pradhan, K., Satya, S., and Vasudevan, P. 2005. Potentiality of earthworms for waste management and in other uses–A review. The Journal of American Science. 1, 4-16.
70. Simard, R., Zizka, J., and De Kimpe, C. 1992. Release of potassium and magnesium from soil fractions and its kinetics. Soil Science Society of America Journal. 56, 1421-1428.
71. Singh, R., Sharma, R., Kumar, S., Gupta, R., and Patil, R. 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (Fragaria x ananassa Duch.). Bioresource Technology. 99, 8507-8511.
72. Sparks, D. L., and Liebhardt, W. C. 1981. Effect of long□term lime and potassium applications on quantity□intensity (Q/I) relationships in sandy soil. Soil Science Society of America Journal. 45(4), 786-790.
73. Sparks, D., Page, A., Helmke, P., and Loeppert, R. 1996. Methods of Soil Analysis, Part 3—Chemical Methods; Sparks, DL, Ed. Soil Science Ssociety of American: Madison, WI, USA.
74. Sparks, D.L. 2013. Kinetics of soil chemical processes. Academic press.
75. Stevenson, F.J. 1994. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. John Wiley & Sons.
76. Valderrama, C., Arevalo, J.A., Casas, I., Martinez, M., Miralles, N., and Florido, A. 2010. Modelling of the Ni (II) removal from aqueous solutions onto grape stalk wastes in fixed-bed column. Journal of Hazardous Materials. 174, 144-150.
77. Wang, F., and Huang, P. 2001. Effects of organic matter on the rate of potassium adsorption by soils. Canadian Journal of Soil Science. 81, 325-330.
78. Wei, X. X., Xiong, J. F., Li, T., Wen, J., Zeng, X. B., and Yu, D. H. 2020. Effects of different organic amendments on soil organic carbon and its labile fractions in the paddy soil of a double rice cropping system. Ying Yong Sheng tai xue bao= The Journal of Applied Ecology. 31(7), 2373-2380.
79. Yadav, K.D., Tare, V., and Ahammed, M.M. 2010. Vermicomposting of source-separated human faeces for nutrient recycling. Waste Management. 30, 50-56.

www.SID.ir

Archive of SID

80. Zandonadi, D.B., Canellas, L.P., and Façanha, A.R. 2007. Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H+ pumps activation. Planta. 225, 1583-1595.
81. Ziadi, N., Simard, R., and Tran, T. 2001. Models for potassium release kinetics of four Humic Gleysols high in clay by electro-ultrafiltration. Canadian Journal of Soil Science. 81, 603-611.

www.SID.ir

Archive of SID

Vermicompost Effect on Potassium Release Rate from Some Vineyard Soils of Malayer Area with Different Textures

M. Zarabi[1], M. Karimi, A. Fatemi, and Z. Varasteh Khanlari

Assistant Professor, Malayer University; E-mail: mzarrabi@malayeru.ac.ir
MSc student, Malayer University; E-mail: maryamkarimi6893@gmail.com
Assistant Professor, Razi University; E-mail: a.fatemi@razi.ac.ir
Assistant Professor, Malayer University; E-mail:z.khanlari93@gmail.com

Received: September 2020 and Accepted: December 2020

Abstract

Vermicompost, as a nutrient-rich organic amendment, contains most nutrients in plant-available forms and can influence soil fertility and plant growth significantly. The objective of this study was to investigate the availability and release rate of potassium (K) in six vineyard topsoil (0-30 cm) with different textures (loam, clay loam, and sandy clay loam) treated with 2 % of cattle manure vermicompost (VC), through successive extractions with 0.01 mol L^{-1} $CaCl_2$ over periods of 0.25-72 hours. The results showed that VC addition to soils increased the K availability. The average cumulative K released after 72 h from the control and treated soils was 526.9 and 547.9 mg kg^{-1}, respectively. Due to the conformity of data to the Simple Elovich Equation, it was suggested that K release from soils was affected by diffusion processes. Simple Elovich rate constant values in soils ranged from 34.9 to 132.1 mg $kg^{-1}h^{-1}$.The VC had different effects on K release rate in soils. In clay loam soils with high clay content, low organic matter and K fixation capacity, VC increased K release rate, while in loam and sandy clay loam soils with low clay, high organic matter, and low K fixation capacity, it decreased K release rate. Overall, VC had a balancing effect on K release rate. It could be related to VC interaction with soil particles, especially clays. Due to the importance of K in grape nutrition and K deficiency in some soils, the use of VC in vineyards is recommended.

Keywords: Organic amendment, Grape nutrition, Elovich Equation, K fixation,K availability

[1]. Corresponding author: Department of Soil Science and engineering, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran

www.SID.ir