تأثیر سطوح رطوبتی مختلف بر غنی سازی کود کمپوست گاوی با ضایعات فلزی آهن و روی

سید مصطفی عمادی بالادهی [۱*]، فردین صادق‌زاده [۲]، محمد علی بهمنیار [۳]، بهی جلیلی [۴]

۱*- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۴- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

*ایمیل نویسنده مسئول: mostafaemadibaladehi@gmail.com

تاریخ دریافت : ۱۴۰۱/۱۰/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۳

چکیده

ضایعات فلزی به عنوان اصلی‌ترین ضایعات صنعتی از جمله پسماندهای جامد با ارزش محسوب می‌شوند. کودهای آلی نیز با اینکه دارای عناصر متعدد و میزان کربن آلی بالا هستند اما از نظر بعضی عناصر غذایی از جمله آهن و روی نسبتاً فقیر هستند. از این رو اختلاط این کودها با ضایعات فلزی آهن و روی می‌تواند علاوه بر جلوگیری از اثرات مخرب زیست محیطی، منجر به افزایش غلظت این عناصر در کود شود. در این پژوهش اثر رطوبت‌های مختلف بر افزودن ضایعات فلزی آهن و روی به کود کمپوست گاوی مورد ارزیابی قرار گرفت. به این منظور آزمایشی به صورت اسپلیت پلات- فاکتوریل در طرح پایه بلوک‌های کاملاً تصادفی اجرا گردید. فاکتور اصلی شامل رطوبت در سه سطح اشباع، نصف اشباع و ربع اشباع و فاکتورهای فرعی شامل ضایعات آهن و ضایعات روی در سه سطح ۰ و ۰/۲ و ۲ درصد بودند. پس از اعمال رطوبت‌ها به ۱۰۰ گرم وزن خشک کود کمپوست گاوی درون ظروف پلاستیکی و افزودن درصدهای مختلف ضایعات آهن و روی که دارای فرم فلزی بودند، به مدت ۶۰ روز با حفظ رطوبت اولیه خوابانده شدند. بر اساس نتایج، غلظت آهن قابل جذب کود در رطوبت اشباع بیشترین میزان را در تمامی تیمارها دارا بود. بطوریکه در تیماری که ضایعات آهن ۲ درصد به تنهایی مصرف شده بود، آهن قابل جذب در بیشترین میزان خود ۴/۳ برابر تیمار شاهد در همان رطوبت بود. همچنین مشخص شد کاربرد ضایعات روی سبب کاهش قابل توجه میزان آهن قابل جذب کود به ویژه در تیمارهای دارای ضایعات روی ۲ درصد گردید. در مقابل روی قابل جذب در تیماری که ضایعات روی ۲ درصد به تنهایی بکار رفته بود تا ۴۵۳۸/۶ میلی گرم بر کیلوگرم رسید. از این رو استفاده از ضایعات فلزی آهن و روی به ویژه در رطوبت اشباع جهت غنی سازی کودهای آلی توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی

"ضایعات فلزی"، "رطوبت"، " عناصر کم مصرف"، " انکوباسیون"، " کود آلی"

۱-مقدمه

ضایعات یا قراضه‌های فلزی از مهم‌ترین مواد در زباله‌های شهری و بخصوص صنایع بوده که ۷۰٪ درصد کل زباله‌های صنعتی را تشکیل می‌دهند. افزایش استفاده از فناوری‌های مدرن و طغیان در جمعیت انسانی منجر به تولید روزافزون ضایعات فلزی شده است (Brooks et al, 2019; Harvey, 2021). تحقیقات نشان داده است تجارت ضایعات فلزی منبع اصلی تولید و آلودگی فلزات سنگین در محیط زیست بوده است. علاوه بر این، ضایعات فلزی دارای خاصیت سمیت، بیماری‌زایی، پایایی در محیط (۵۰ تا ۲۰۰ سال) و حتی در پیکره جانداران و همچنین اثر خورندگی می‌باشد. همچنین این فلزات و عناصر سنگین ناشی از آن سبب اثراتی بر انسان مانند آسیب ارگان‌های حساس نظیر کلیه و کبد می‌شوند. از این رو بازیافت ضایعات فلزی می‌تواند از آلودگی هوا، خاک، گیاه و آب نیز جلوگیری کند و همچنین مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را نیز کاهش دهد. با استفاده مجدد از ضایعات فلزی، استخراج سنگ معدن و مواد اولیه کاهش می‌یابد و سبب حفظ منابع معدنی غیرقابل تجدید خواهد شد (Tumova et al, 2020; Conejo et al, 2020)کود کمپوست گاوی به عنوان ماده‌ای که محصول کمپوست شدن کود گاوی بوده دارای ترکیب بسیار متغیری بوده که محدوده عناصر آن به عوامل متعددی همچون تغذیه دام، نوع نگه‌داری و فراوری کود گاوی، نوع کمپوست شدن و غیره بستگی دارد. کمپوست شدن کود گاوی دارای فوایدی همچون تثبیت عناصر، از بین بردن بذور علف هرز و کاهش ریزجانداران مضر است (Christensen and Sommer, 2013). کود کمپوست گاوی حاوی مقادیر قابل ملاحظه‌ای از عناصر غذایی بوده و همچنین منبع مناسبی از موادآلی است که می‌تواند به تأمین نیازهای کودی و افزایش رشد محصول کمک کند و بعلاوه ویژگی‌های فیزیکی، زیستی و شیمیایی خاک را بهبود داده و به طور کلی موجب حفظ حاصلخیزی خاک، بهبود بافت و ساختمان خاک شود (Rayne and Aula, 2020). ولی از سوی دیگر غلظت عناصر کم مصرف مانند آهن و روی در کود گاوی قبل و پس از کمپوست شدن پایین است که این عامل سبب می‌شود که نیاز گیاه به این عناصر هنگام استفاده از این کودها در مزرعه رفع نشود (Kissinger et al, 2007). کشاورزان در گذشته از منابع آلی به عنوان منبع اصلی عناصر غذایی برای کوددهی استفاده می‌کردند، اما با توسعه کودهای شیمیایی توجه به این کودها در اثر افزایش استفاده از انواع پر محصول و کشت فشرده محصولات و همچنین توجه بیشتر به کودهای NPK کاهش یافته که این امر همچنین منجر به کاهش عناصر آهن و روی در خاک شده است (Muraishi et al, 2011; Dhaliwal et al, 2019). از طرفی بخش وسیعی از خاک‌های خشک و نیمه خشک به دلیل آهکی بودن دچار کمبود عناصر کم مصرف نظیر آهن و روی هستند (Wahba et al, 2019). این عناصر با وجود اینکه به مقدار کم مورد نیاز می‌باشند ولی نقش برجسته‌ای در رشد و نمو گیاهان دارند. هر یک از این عناصر نقش خاصی را در گیاه ایفا می‌کند، بطوریکه کمبود یا بیشبود این عناصر محدودکننده جذب سایر عناصر غذایی و رشد گیاه است و همین امر لزوم توجه بیشتر در کاربرد آن‌ها را مشخص می‌کند

(Kumar et al, 2022). بنابراین کشاورزان بایستی به کیفیت و کمیت کود آلی، به عنوان منبع عناصر غذایی در خاک توجه نمایند. هدف از غنی سازی کودهای آلی به حداقل رساندن مصرف بیش از حدکودها برای عملکرد مطلوب و افزایش کیفیت محصولات بدون آسیب رساندن به خاک و محیط زیست است (Bhadu et al, 2017). پژوهش‌ها نشان می‌دهد اضافه نمودن و اختلاط منابع مختلف با کودهای آلی سبب افزایش میزان عناصر قابل جذب در کودهای آلی می‌شود که این امر موجب کاهش میزان مصرف کود و افزایش راندمان مصرف کود در خاک و در نهایت برای گیاه خواهد شد (Almeida et al, 2019). به عنوان مثال هولوسی دد و اوزر (۲۰۱۸) دریافتند که با افزودن خاکستر ضایعات کشاورزی به کود مرغی، کود مذکور به طرز قابل توجه‌ای غنی از عناصر غذایی بخصوص عناصر کم مصرف شامل آهن، منگنز و روی شد. با توجه به پایین بودن فراهمی عناصر کم مصرف در کودهای آلی، غنی سازی با منابع آهن و روی می‌تواند باعث افزایش فراهمی این عناصر در این کودها شود که این امر به دلیل وجود مقادیر قابل توجه کربن آلی در کودهای آلی و در نتیجه کلاته شدن و افزایش حلالیت این عناصر در اثر واکنش با مواد آلی می‌باشد (Sharma et al, 2019; Dhaliwal et al, 2019). ترکیبات معدنی و فلزی آهن و روی به خودی خود دارای حلالیت پایینی بوده و تأثیر زیادی در رفع کمبود این عناصر در خاک و گیاه ندارند (Mortvedt, 1986). اما افزودن ترکیبات مختلف آهن و روی همچون ضایعات فلزی آهن و روی به کودهای آلی که منبع مناسبی از موادآلی را در اختیار دارند سبب کلات شدن آهن به وسیله بخش‌های آلی نظیر اسید فولویک و اسید هیومیک که دارای وزن مولکولی پایینی هستند، می‌شود. کلات یا کمپلکس شدن با اجزای آلی کود می‌تواند حلالیت آهن و روی را افزایش دهد که این فرآیند در نتیجه تأثیر موادآلی در ایجاد شرایط احیایی می‌باشد. البته این کلات شدن آهن و روی بوسیله موادآلی بستگی به عواملی همچون اسیدیته، پتانسیل اکسایش و کاهش، مقدار و نوع ترکیبات آلی و نوع ضایعات آهن و روی دارد (Lindsay, 1974; Sekhon, 2003). به عنوان نمونه اشرفی و همکاران (۱۳۸۲) با افزودن ترکیبات معدنی مختلف مانند سرباره و پوسته اکسیدی حاصل از کارخانه فولاد سازی و سولفات آهن به کودهای آلی باعث افزایش قابل توجه عنصر آهن و دیگر عناصر کم مصرف در کود کمپوست گاوی و بخصوص ورمی کمپوست گاوی به علت کمتر بودن pH آن (در حد خنثی) در نتیجه فعالیت کرم‌ها شدند. از سوی دیگر، در اثر افزایش رطوبت و ایجاد شرایط اشباع میزان اکسیژن کود کاهش می‌یابد و توسط ریزجانداران هوازی مصرف می‌شود تا حدی که سبب کاهش پتانسیل ردااکس و ایجاد شرایط احیایی می‌گردد. در این موقعیت ریزجانداران بی هوازی از سایر مواد به عنوان پذیرنده الکترون استفاده می‌کنند و با مصرف پروتون (H^+) باعث تغییر در ظرفیت عناصر مانند آهن سه ظرفیتی و منگنز چهار ظرفیتی به آهن و منگنز دو ظرفیتی خواهند شد. بعلاوه کودهای آلی با داشتن موادآلی بالا سبب کاهش بیشتر پتانسیل ردااکس شده و به تشدید شرایط احیایی و تغییر ظرفیت عناصری نظیر آهن و روی کمک کرده و منجر به افزایش غلظت قابل جذب آن‌ها در کود می‌شوند (Boivin, 2002; Pezeshki, 2001.) امروزه پتانسیل مناسبی برای تولید کودهای آلی غنی شده از آهن و روی وجود دارد. این امر به دلیل وجود حجم عظیم ضایعات آلی از جمله انواع کودهای دامی و کمپوست‌ها و تولید مقادیر فراوان ضایعات معدنی و صنعتی حاوی عناصر آهن و روی از جمله ضایعات فلزی آهن و روی کارخانه‌های آهن و فولاد مانند لجن کنورتور و بقایای گالوانیزه و همچنین ضایعات تولید شده از صنایعی مانند اتومبیل سازی، راه‌آهن و کارگاه‌های مهندسی مانند ضایعات ریخته‌گری، می‌تواند رخ دهد (Jaine, 2012; Chahal et al, 2020). از این رو استفاده مجدد از ضایعات یا قراضه‌های فلزی آهن و روی در غنی سازی کودهای آلی علاوه بر جلوگیری از آلودگی محیط زیست می‌تواند نقش مؤثری در افزایش کیفیت کودهای آلی ایفا کند. هدف از انجام این پژوهش نیز تأثیر رطوبت‌های مختلف بر غنی نمودن کود کمپوست گاوی با استفاده از ضایعات فلزی آهن و روی می‌باشد.

۲-روش انجام تحقیق

- **تولید کود کمپوست گاوی**

کود کمپوست گاوی استفاده شده از این پژوهش در شرکت زراعی دشت ناز ساری واقع در منطقه گهرباران شهرستان ساری تهیه گردید و از کود گاوی و کاه گندم تشکیل شده بود. برای تهیه کمپوست ابتدا کود گاوی تولید شده به مدت سه ماه دپو و پوسانده شد. سپس کودی که نسبتاً تجزیه شده با روش ویندرو (Windrow) به کمپوست تبدیل گردید که نسبت کود گاوی به کاه گندم در آن ۱:۱ بود. در آخر کمپوست تولید شده به منظور خارج نمودن مواد اضافی مانند سنگریزه و تکه چوب از الک ۲ میلی متری عبور داده شد.

- **تعیین خصوصیات کودهای کمپوست گاوی**

پس از تهیه کود کمپوست گاوی، آنالیزهای مربوطه شامل اسیدیته توسط دستگاه pH متر و هدایت الکتریکی کود کمپوست گاوی با دستگاه EC متر با نسبت ۱:۵ اندازه گیری شدند. کربن آلی با روش هضم تر (Nelson and Sommers, 1982) و نیتروژن کل کود به روش کجلدال (Bremner and Mulvaney, 1982) تعیین شدند. برای اندازه گیری فسفر به روش رنگ سنجی زرد (معرف مولیبدات وانادات) و پتاسیم کل با دستگاه فلیم فتومتر پس از تهیه عصاره خاکستر انجام شد. عصاره خاکستر پس از قرار گرفتن کود به مدت ۴ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد در کوره الکتریکی و هضم با HCl ۲ نرمال تهیه شد. مقادیر آهن و روی قابل جذب توسط DTPA و با نسبت ۱:۱۰ عصاره گیری شد (Lindsay and Norvell, 1978). مقادیر کل آهن و روی در عصاره خاکستر و مقادیر قابل جذب آن در عصاره DTPA توسط دستگاه جذب اتمی قرائت شد. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کودهای کمپوست گاوی استفاده شده در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱-برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی کود کمپوست گاوی اولیه

ویژگی	واحد	مقدار
اسیدیته	–	۷/۸
هدایت الکتریکی	دسی زیمنس بر متر	۲/۴
رطوبت	درصد	۲۴/۱
نسبت کربن به نیتروژن	–	۸/۱

کربن آلی	درصد	۱۵/۴
نیتروژن کل	درصد	۱/۹
فسفر کل	درصد	۰/۳۱
پتاسیم کل	درصد	۰/۸۱
آهن قابل دسترس	میلی گرم بر کیلوگرم	۶۹/۲
روی قابل دسترس	میلی گرم بر کیلوگرم	۳۰/۸
آهن کل	میلی گرم بر کیلوگرم	۲۶۱۸/۶
روی کل	میلی گرم بر کیلوگرم	۱۸۲/۷

- **طرح و تیمارهای آزمایش**

آماده سازی تیمارها بصورت اسپلیت پلات-فاکتوریل در طرح پایه بلوک‌های کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اصلی طرح، رطوبت بود که شامل ۳ سطح رطوبتی اشباع، نصف اشباع و ربع اشباع بود و فاکتورهای فرعی نیز شامل ضایعات آهن و ضایعات روی که هر کدام دارای ۳ سطح با درصدهای ۰، ۰/۲ و ۲ بودند. همچنین تیمارهای فاکتورهای فرعی در ۹ سطح به شرح زیر بودند:

۱-ذرات آهن ۰ درصد + ذرات روی ۰ درصد (شاهد یا بدون کاربرد ضایعات)، ۲-ذرات آهن ۰ درصد + ذرات روی ۰/۲ درصد، ۳-ذرات آهن ۰ درصد + ذرات روی ۲ درصد، ۴-ذرات آهن ۰/۲ درصد + ذرات روی ۰ درصد، ۵-ذرات آهن ۲ درصد + ذرات روی ۰ درصد، ۶-ذرات آهن ۰/۲ درصد + ذرات روی ۰/۲ درصد، ۷-ذرات آهن ۰/۲ درصد + ذرات روی ۲ درصد، ۸-ذرات آهن ۲ درصد + ذرات روی ۰/۲ درصد و ۹-ذرات آهن ۲ درصد + ذرات روی ۲ درصد.

- **آزمایشات انکوباسیون**

جهت تعیین مقدار مصرف آب مقطر جهت اشباع کردن کود، ۱۰۰ گرم ماده خشک کود کمپوست گاوی را با آب مقطر اشباع کرده که حجم آب مقطر برابر ۲۴۰ میلی لیتر بود و رطوبت وزنی آن نیز محاسبه شد که برابر ۲۰۰٪ شد. بر همین اساس برای سطح رطوبت اشباع ۲۴۰ میلی لیتر، سطح رطوبت نصف اشباع ۱۲۰ میلی لیتر (رطوبت برابر ۱۰۰٪) و برای سطح رطوبت ربع اشباع نیز ۶۰ میلی لیتر آب مقطر مصرف شد (رطوبت برابر ۵۰٪). پس از اینکه ضایعات آهن و روی به فرم فلزی (ظرفیت صفر) به ۱۰۰ گرم ماده خشک کود رطوبت داده شده در ظروف پلاستیکی اضافه شدند، به مدت ۶۰ روز در دمای ۳ ± ۲۵ خوابانده شدند. در طی این مدت رطوبت وزنی نمونه‌ها اندازه گیری و به آن‌ها رطوبت دهی شد تا رطوبت اولیه را حفظ کنند. در پایان انکوباسیون، نمونه‌ها هوا خشک شدند و غلظت آهن و روی قابل جذب آن‌ها اندازه گیری شد. تصاویر نمونه‌های کود کمپوست گاوی غنی شده با ضایعات فلزی آهن و روی در زمان انکوباسیون در رطوبت‌های مختلف در شکل ۱ آمده است.

- **تجزیه و تحلیل آماری**

برای تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده، از نرم افزار SAS استفاده شد و مقایسه میانگین با روش حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون LSD صورت پذیرفت.

الف

ب

ج

شکل ۱- نمونه‌های کود کمپوست گاوی غنی شده با ضایعات فلزی آهن و روی در زمان انکوباسیون در رطوبت‌های مختلف.
الف) رطوبت اشباع، ب) رطوبت نصف اشباع، ج) رطوبت ربع اشباع

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر میزان اسیدیته، آهن و روی قابل جذب کود کمپوست گاوی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		اسیدیته	آهن قابل جذب	روی قابل جذب
تکرار	۲	۰/۰۱*	۳۴۵/۹۸۱^{ns}	۳۵۷۹۸/۸^{ns}
رطوبت	۲	۹/۷۷۵**	۲۹۱۹۴۷/۲**	۶۲۴۱۰۹*
خطای اصلی	۴	۰/۰۰۱	۲۶۰/۰۸۹	۵۹۹۸۰/۴
ضایعات آهن	۲	۰/۲۵۳**	۱۴۹۸۲۲/۵**	۲۰۳۸۴۷۰**
ضایعات روی	۲	۰/۰۱^{ns}	۱۸۱۵۸۴/۵**	۱/۲۳^{E}+۰۸**
رطوبت*ضایعات آهن	۴	۰/۰۰۵^{ns}	۸۶۱۰۹/۱۷**	۴۸۳۹۱۳/۲**
رطوبت*ضایعات روی	۴	۰/۰۰۳^{ns}	۵۵۸۵۶/۸۲**	۲۶۴۸۹۴۰**
ضایعات آهن*ضایعات روی	۴	۰/۰۱۲^{ns}	۳۵۳۲۰/۰۵**	۱۱۶۳۰۹*
رطوبت* ضایعات آهن*ضایعات روی	۸	۰/۰۰۳^{ns}	۲۴۲۹۴/۹۶**	۱۴۷۱۶۸/۷**
خطای آزمایش	۴۸	۰/۰۰۹	۱۹۶/۱۹۱	۴۱۷۳۰/۸
ضریب تغییرات (درصد)	–	۱/۲	۱۰/۴۲	۹/۴

****، * و ns به ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد و عدم اختلاف معنی‌دار**

۳- نتایج و بحث

- **اسیدیته کود کمپوست گاوی**

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر میزان اسیدیته کود نشان داد که اثر رطوبت و ضایعات آهن بر اسیدیته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی باقی فاکتورها معنی‌دار نشدند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر ساده رطوبت بر مقدار اسیدیته کود کمپوست گاوی در جدول ۳ مشخص شد اسیدیته کود در رطوبت اشباع بیشتر از دو رطوبت دیگر است. میزان اسیدیته در رطوبت اشباع در بالاترین حد و دارای میانگین ۸/۵ بود. تحقیقات نشان داده اسیدیته تحت تأثیر شرایط اشباع و غرقاب قرار می‌گیرد و همبستگی خوبی بین آن و تغییر شرایط رداکس وجود دارد (Weber et al, 2009; Shaheen and Rinklebe, 2017). به طور کلی با اشباع شدن کود کمپوست مجموعه‌ای از فرآیندهای شیمیایی و الکتروشیمیایی می‌تواند ایجاد شود. به عنوان مثال اسیدیته، پتانسیل رداکس، رسانایی الکتریکی و حلالیت و اشکال عناصر غذایی در محلول کود می‌تواند تغییر کند (Lu et al, 2004; Sachs and Vartapetian, 2007). به محض اینکه کود با آب اشباع می‌شود، عرضه اکسیژن به کود به شدت کاهش می‌یابد زیرا اکسیژن دارای نفوذ بسیار کمتری در آب است (حدود ۱۰۰۰۰ برابر کمتر از انتشار آن در هوا) (Frohne et al, 2015). در نتیجه این کاهش شدید تبادل گاز بین هوا و کود پس از اشباع شدن، عرضه اکسیژن نمی تواند تقاضای موجودات هوازی را برآورده کند. این امر منجر به افزایش جمعیت ریزجانداران بی هوازی در کود می‌شود (Rinklebe and Du Laing, 2011). پس از مدتی، ریزجانداران اختیاری و بی هوازی در کود تجمع می‌یابند و از بسترهای اکسید شده کود به عنوان پذیرنده الکترون در تنفس خود استفاده می‌کنند و سطح اکسیژن مجدداً کاهش می یابد (Maluckov, 2017; Buresh et al, 2008). در پی این شرایط کاهشی که ایجاد می‌شود، یون های پروتون (H^{+}) مصرف شده (به عنوان مثال به دلیل کاهش و احیا اکسیدهای آهن و منگنز) و اسیدیته افزایش می‌یابد (Parnet et al, 2008). همچنین در اثر معدنی شدن نیتروژن در کود کمپوست گاوی و در نتیجه فرآیند آمونیفیکاسیون، نیتروژن به آمونیوم تبدیل می‌شود. اما این فرآیند تا این مرحله متوقف می‌شود زیرا آمونیوم در تجزیه بی هوازی به دلیل عدم وجود اکسیژن که برای تبدیل آمونیوم به نیترات توسط فرآیند نیتریفیکاسیون با کمک باکتری‌های معروف به نیتریفایرها (نیتروباکتر و نیتروزوموناس) مورد نیاز است، تجمع می‌یابد و عدم خروج آن (نه به وسیله رواناب و نه شستشو) و با توجه به وجود مقادیر بالای نیتروژن و موادآلی کود سبب افزایش اسیدیته می‌شود (Skiba, 2008; Vlek and Craswell, 1981). اما میزان اسیدیته کود کمپوست گاوی غنی شده پس از انکوباسیون در رطوبت نصف اشباع کمتر از رطوبت‌های اشباع و ربع اشباع بوده و دارای میانگین ۷/۳ بوده است. این نتایج احتمالاً به این دلیل است که این رطوبت، مناسب فعالیت ریزجاندان بوده و به علت بالا بودن موادآلی کود، باعث تجزیه سریع موادآلی و آزاد شدن اسیدهای آلی از آن شده و توانسته اسیدیته را تقریباً در حد خنثی نگهدارد (Bernal et al, 2009). در رطوبت ربع اشباع نیز اسیدیته کود نزدیک به اسیدیته کود اولیه بود و تغییرات قابل توجه‌ای نداشت. همچنین با مصرف ضایعات آهن به ویژه در سطح ۲ درصد آن، میزان اسیدیته افزایش یافت. این نتیجه احتمالاً به دلیل حلالیت آهن و افزایش میزان آهن قابل جذب در اثر افزایش احیا آهن سه ظرفیتی به دو ظرفیتی و به مقدار کمتر افزایش احیا منگنز چهار ظرفیتی به دو ظرفیتی است. در این شرایط با افزودن ضایعات آهن و به دلیل مصرف پروتون جهت احیای آهن و منگنز میزان اسیدیته کمی افزایش می‌یابد (Patrick and Reddy, 1981). بطور کلی اسیدیته در رطوبت‌های مختلف به ویژه در شرایط اشباع تحت تأثیر

عوامل زیادی قرار دارد که از جمله آن می‌توان به میزان موادآلی، دما و میزان آنیون‌ها و کاتیون‌ها اشاره کرد (Ethan, 2015).

جدول ۳- اثر ساده رطوبت و ضایعات آهن بر مقدار اسیدیته کود کمپوست گاوی

اثر ساده	سطح	اسیدیته
–	اشباع	۸/۵[a]
رطوبت	نصف اشباع	۷/۳[c]
–	ربع اشباع	۷/۷۹[b]
–	۰ درصد	۷/۷۷[c]
ضایعات آهن	۰/۲ درصد	۷/۸۵[b]
–	۲ درصد	۷/۹۷[a]

میانگین‌هایی که در هر تیمار دارای حداقل یک حرف مشابه باشند نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

- **آهن قابل جذب کود کمپوست گاوی**

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر مقدار آهن قابل جذب کود کمپوست گاوی نشان داد که آهن قابل جذب، تحت تأثیر رطوبت، ضایعات آهن و ضایعات روی قرار گرفت. این فاکتورها و اثرات متقابل آن‌ها همگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۲). اثر متقابل رطوبت، ضایعات آهن و ضایعات روی بر میزان آهن قابل جذب قابل در عصاره DTPA در جدول ۴ نشان می‌دهد میزان آهن قابل جذب در رطوبت اشباع بیشتر از دو رطوبت دیگر بود که ممکن است به دلیل احیای آهن سه ظرفیتی به آهن دو ظرفیتی و کاهش پتانسیل ردااکس و به تبع آن افزایش حلالیت ترکیبات فلزی آهن در کود باشد. بدین صورت که زمانی که اکسیژن به سرعت توسط تنفس میکروبی مصرف می‌شود و پتانسیل ردااکس را کاهش می‌دهد، می‌تواند منجر به تغییر وضعیت ظرفیت عناصر (مانند آهن و منگنز) شود که مستقیماً بر حلالیت آن‌ها تأثیر می‌گذارد. در این شرایط که رطوبت زیاد است، مواد آلی محلول به محلول کود انتقال می‌یابند و سبب کاهش پتانسیل ردااکس شده و این کاهش پتانسیل ردااکس منجر به احیا آهن و منگنز، مصرف پروتون ها و افزایش اسیدیته می‌شود. سپس اجزای آلی به عنوان یک عامل کلات کننده عمل می‌کند و کمپلکس‌های آلی-فلزی محلول را با عناصر دفع شده از سطوح کود تشکیل می‌دهد (Ponnamperuma, 1984). از طرفی در رطوبت‌های نصف اشباع و ربع اشباع تفاوت معناداری بین آهن قابل جذب در تیمارها مشاهده نشد که دلیل آن را می‌توان به نبود شرایط احیایی و تغییر نکردن ظرفیت آهن و میزان قابل جذب آن مربوط دانست. نتایج همچنین مشخص کرد با کاربرد ضایعات آهن مقدار آهن قابل جذب به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد که با مصرف بیشتر ضایعات یعنی آهن ۲ درصد و اعمال رطوبت اشباع این افزایش بیشتر نیز شد. بطوریکه در این تیمار (ضایعات آهن ۲ درصد + ضایعات روی ۰ درصد) بیشترین میزان آهن قابل جذب با مقدار ۷۵۶/۲ میلی گرم بر کیلوگرم مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد در همان رطوبت ۳۳۵ درصد افزایش یافت. این نتیجه به دلیل شرایط احیایی ایجاد شده در رطوبت اشباع بوده که در آن آهن موجود در ذرات فلزی آهن اضافه شده که بیشتر به فرم Fe_2O_3 یعنی آهن سه ظرفیتی بود، در اثر شرایط کاهشی به آهن دو ظرفیتی تبدیل و به این صورت سبب افزایش آهن قابل جذب شدند. همچنین قسمت کمتری از ضایعات آهن که به فرم FeO بودند نیز به راحتی در رطوبت اشباع حل شده و به محلول کود اضافه شدند (Kirk, 2004). مللی و شریعتمداری (۱۳۸۶) در پژوهشی در تایید این نتیجه گزارش کردند غنی سازی کود گاوی با تیمار ۵ درصد آهن سرباره و ۱۰ درصد آهن لجن کنورتور بهترین عملکرد را دارا بود و باعث افزایش قابل توجه آهن قابل جذب در کود گردید. بعلاوه از نتایج می‌توان دریافت افزودن ضایعات روی چه به صورت کاربرد مجزا و چه با کاربرد همزمان با ضایعات آهن سبب کاهش غلظت قابل جذب آهن گردید. این کاهش در آهن قابل جذب در سطح بالا یعنی ضایعات روی ۲ درصد به طور محسوس قابل مشاهده بود. این نتیجه ممکن است بدلیل زیادی عنصر روی در مقایسه با عنصر آهن و رقابت عناصر در عصاره DTPA باشد.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل رطوبت، ضایعات آهن و ضایعات روی بر غلظت قابل جذب آهن و روی کود کمپوست گاوی بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم

رطوبت	ضایعات آهن	ضایعات روی	آهن قابل جذب	روی قابل جذب
اشباع	۰ درصد	۰ درصد	۱۷۳/۸[d]	۱۹۰/۷[i]
		۰/۲ درصد	۱۸۰/۰[d]	۶۷۰/۸[gh]
		۲ درصد	۴۵/۲[klm]	۴۵۳۸/۶[c]
	۰/۲ درصد	۰ درصد	۱۸۰/۰[d]	۷۲۲/۳[gh]
		۰/۲ درصد	۲۴۳/۶[c]	۹۲۰/۲[g]
		۲ درصد	۵۶/۹[jkl]	۵۳۸۸/۹[b]
	۲ درصد	۰ درصد	۷۵۶/۲[a]	۸۲۶/۷[gh]

		۰/۲ درصد	۵۸۸/۲^{b}	۱۳۶۸/۵^{f}
		۲ درصد	۶۴/۸^{ijk}	۶۳۶۳/۴^{a}
نصف اشباع	۰ درصد	۰ درصد	۷۴/۸^{hij}	۲۰۶/۵^{i}
		۰/۲ درصد	۸۳/۴^{hi}	۱۵۱۳/۹^{f}
		۲ درصد	۲۸/۹^{m}	۴۰۶۴/۴^{de}
	۰/۲ درصد	۰ درصد	۷۴/۳^{hij}	۶۱۶/۰^{h}
		۰/۲ درصد	۷۶/۸^{hij}	۱۶۸۹/۳^{f}
		۲ درصد	۲۳/۹^{m}	۴۳۳۹/۸^{cd}
	۲ درصد	۰ درصد	۱۳۸/۳^{e}	۷۱۳/۲^{gh}
		۰/۲ درصد	۱۲۳/۰^{ef}	۱۶۹۰/۴^{f}
		۲ درصد	۴۰/۶^{lm}	۴۴۲۴/۳^{c}
ربع اشباع	۰ درصد	۰ درصد	۸۸/۳^{gh}	۲۲۰/۹^{i}
		۰/۲ درصد	۷۷/۳^{hij}	۱۴۳۷/۰^{f}
		۲ درصد	۲۷/۱^{m}	۳۹۶۸/۳^{e}
	۰/۲ درصد	۰ درصد	۹۲/۱^{gh}	۶۷۷/۴^{gh}
		۰/۲ درصد	۸۴/۲^{hi}	۱۶۱۷/۲^{f}
		۲ درصد	۳۵/۰^{lm}	۴۱۹۹/۴^{cde}
	۲ درصد	۰ درصد	۱۲۰/۶^{ef}	۶۱۶/۱^{h}
		۰/۲ درصد	۱۱۱/۰^{fg}	۱۵۸۶/۵^{f}
		۲ درصد	۳۷/۹^{lm}	۴۰۲۸/۳^{de}

ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه باشند نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

- **روی قابل جذب کود کمپوست گاوی**

در جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر مقدار روی قابل جذب کود کمپوست گاوی آمده است. این نتایج بیان می‌کند که روی قابل جذب کود به جز در فاکتور رطوبت و فاکتور اثر متقابل ضایعات آهن و ضایعات روی که در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد، در باقی فاکتورها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. با بررسی اثر متقابل رطوبت، ضایعات آهن و ضایعات روی بر میزان روی قابل جذب در عصاره DTPA در جدول ۴ می‌توان دریافت رطوبت اشباع فقط در تیمارهای ضایعات روی ۲ درصد بر غلظت قابل جذب روی تأثیر گذار بود و سایر تیمارها تحت تأثیر افزایش رطوبت قرار نگرفتند. علت این نتیجه را می‌توان به توزیع اندازه ذرات کوچکتر ذرات روی اضافه شده نسبت داد که با افزایش سطح ناشی از این کوچکتر بودن ذرات علاوه بر اثر پتانسیل رداکس در رطوبت اشباع، در دو رطوبت دیگر نیز میزان حلالیت روی افزایش یافت. کاربرد ضایعات روی به صورت مجزا سبب افزایش میزان قابل جذب روی گردید بطوریکه با افزایش سطح کاربرد، این افزایش نیز بیشتر شد و در تیمار اشباع ضایعات آهن ۰ درصد + ضایعات روی ۲ درصد به میزان ۴۵۳۸/۶ میلی گرم بر کیلوگرم رسید. این نتیجه احتمالاً به دلیل عرضه زیاد ضایعات روی که فرم غالب آن اکسید روی (ZnO) که دارای حلالیت بالا است و به تبع آن برهمکنش بین شرایط احیا و کلات شدن عنصر روی رخ داد. یافته‌های مشابهی در تحقیق سینقانیا و همکاران (۱۹۸۳) گزارش شد که دریافتند افزودن اکسید روی و اکسیدهای فلزی روی به شیرابه کمپوست که به صورت بی هوازی تجزیه شده بود در طی غنی سازی موادآلی مختلف با منابع روی، بهترین نتیجه را دارا بود. پنل و همکاران (۲۰۱۹) نیز عنوان کردند با غنی سازی کود دامی با ترکیبات معدنی روی به مدت ۴۵ روز، میزان روی قابل جذب به طور معنی‌داری افزایش یافت که به دلیل تشکیل کمپلکس و کلات روی در واکنش با مواد آلی کود دامی رخ داد. همچنین مشخص گردید کاربرد ضایعات آهن سبب افزایش میزان روی قابل جذب چه به صورت کاربرد مجزا و چه در اثر متقابل با ضایعات روی شد. این موضوع در تیمارهای اشباع ضایعات آهن ۰/۲ درصد + ضایعات روی ۲ درصد (۵۳۸۸/۹ میلی گرم بر کیلوگرم) و ضایعات آهن ۲ درصد + ضایعات روی ۲ درصد (بیشترین میزان روی قابل جذب کود با ۶۳۶۳/۲ میلی گرم بر کیلوگرم) مشهود است که کاربرد همزمان ضایعات روی و آهن سبب شد که میزان روی قابل جذب در رطوبت اشباع نسبت به تیمار ضایعات آهن ۰ درصد + ضایعات روی ۲ درصد (۴۵۳۸/۷ میلی گرم بر کیلوگرم) که بدون کاربرد ضایعات آهن است به ترتیب ۱۹ و ۴۰ درصد افزایش یابد.

- **مقایسه میزان آهن و روی قابل جذب کود کمپوست گاوی**

با مقایسه میزان آهن و روی قابل جذب کود کمپوست گاوی می‌توان دریافت که روی قابل جذب در بیشترین میزان خود در کاربرد مجزای ضایعات روی در تیمار ضایعات آهن ۰ درصد + ضایعات روی ۲ درصد با ۴۵۳۸/۷ میلی گرم بر کیلوگرم، ۶ برابر (معادل ۵۰۰٪) بیشترین میزان آهن قابل جذب در کاربرد مجزای ضایعات آهن در تیمار ضایعات آهن ۲ درصد + ضایعات روی ۰ درصد با ۷۵۶/۲ میلی گرم بر کیلوگرم بود. این

نتیجه علاوه بر کوچکتر بودن توزیع اندازه ذرات ضایعات روی ممکن است بدلیل این موضوع باشد که پتانسیل الکترود عنصر روی کمتر از عنصر آهن بوده و در این حالت بیشتر الکترون دریافت می‌کند و بیشتر نیز احیا شده و مقادیر قابل جذب آن در کود بالاتر می‌رود (Lide, 2006). بعلاوه با بررسی و مقایسه بین میزان اسیدیته و آهن و روی قابل جذب کود مشخص شد که مقدار آهن و روی قابل جذب تحت تأثیر اسیدیته قرار نگرفت. زیرا رطوبت نصف اشباع کمترین میزان اسیدیته را دارا بود و رطوبت اشباع بیشترین میزان اما میزان آهن و روی قابل جذب در رطوبت اشباع بیشتر بود و رابطه عکس با یکدیگر داشتند. این موضوع از آن جهت دارای اهمیت است که طبق گزارشات هر واحد افزایش در اسیدیته به ترتیب موجب کاهش ۱۰۰۰ و ۱۰۰ برابری در میزان آهن و روی قابل جذب می‌شود (Lindsay, 1995). پس بنظر می‌رسد میزان روی قابل جذب و به طور ویژه‌تر آهن قابل جذب در این تحقیق بیشتر تحت تأثیر پتانسیل رداکس و شرایط احیایی ناشی از افزایش رطوبت قرار گرفتند و اثر اسیدیته در حلالیت ضایعات فلزی آهن و روی احتمالاً در درجات پایین‌تر بود.

٤- نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد که رطوبت اشباع بهترین نتیجه را در افزایش میزان آهن و روی قابل جذب را دارا بود. این موضوع احتمالاً به دلیل شرایط احیایی ایجاد شده در اثر کاهش پتانسیل رداکس بوده است. کاربرد ضایعات آهن در غنی سازی کود کمپوست گاوی به تنهایی، در رطوبت اشباع و با کاربرد غلظت ۲ درصد سبب افزایش آهن قابل جذب تا مقدار ۷۵۶/۲ میلی گرم بر کیلوگرم شد. استفاده از ضایعات روی به صورت مجزا، در رطوبت اشباع و کاربرد غلظت بالا سبب کاهش آهن قابل جذب گردید اما در عوض سبب افزایش ۳۳ برابری روی قابل جذب نسبت به تیمار شاهد شد. همچنین کاربرد همزمان ضایعات روی و آهن در غلظت بالا باعث کاهش میزان آهن قابل جذب و در مقابل افزایش بیشتر میزان روی قابل جذب نسبت به کاربرد مجزای ضایعات روی شد. از این رو می‌توان نتیجه گرفت با توجه به این که ترکیبات فلزی آهن و روی حلالیت کمی دارند و از طرفی کودهای آلی با داشتن مقادیر بالای موادآلی باعث تشکیل کمپلکس و کلاته شدن و همچنین افزایش حلالیت ترکیبات فلزی شده و در نتیجه سبب افزایش چشمگیر میزان آهن و روی قابل جذب می‌شود که این امر در رطوبت های بالا و شرایط احیایی نیز به طور قابل توجه‌ای افزایش می‌یابد. بنابراین استفاده از ضایعات فلزی آهن و روی در رطوبت اشباع تأثیر بسزایی در غنی سازی کودهای آلی از این عناصر داشته و می‌تواند یک راهکار مطلوب در جهت استفاده مجدد از این ضایعات باشد.

منابع

- اشرفی، ا.، شریعتمداری، ح.، رضایی‌نژاد، ی.، نور بخش، ف. ۱۳۸۲. غنی سازی کودهای آلی توسط ترکیبات معدنی آهن. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- مللی، ا.ر.، شریعتمداری، ح. ۱۳۸۶. کاربرد سرباره و لجن کنورتور کارخانه فولاد سازی در غنی سازی کود دامی جهت تغذیه ذرت در شرایط گلخانه. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۱۱، شماره ۴۲، ص ۵۰۵-۵۱۳.

- Almeida, R. F., Queiroz, I. D. S., Mikhael, J. E. R., Oliveira, R. C., Borges, E. N. 2019. Enriched animal manure as a source of phosphorus in sustainable agriculture. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, Vol. 8, P. 203-210.
- Bernal, M., Alburquerque, J., Moral, R. 2009. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment: A review. Bioresource Technology, Vol. 100, P. 5444-5453.
- Bhadu, V., NJ, C., Patel, B. 2017. Influence of organic manure enrichment on growth and yield of crops and soil properties: A review. International Journal of Chemical Studies, Vol. 5, P. 925-928.
- Boivin, P., Favre, F., Hammecker, C., Maeght, J. L., Delariviere, J., Poussin, J. C., Woperris, M. C. S. 2002. Processes driving soil solution chemistry in a flooded ricecropped vertisol: Analysis of long-time monitoring data. Geoderma, Vol. 110, P. 87-107.
- Bremner, J. M., Mulvaney, R. G. 1982. Nitrogen total. In: Page, A. L., Miller, R. H., Keeney, D. R. (eds.) Methods of Soil Analysis. American Society of Agronomy. Madison. WI. P. 575-624.
- Brooks, L., Gaustad, G., Gesing, A., Mortvedt, T. 2019. Ferrous and non-ferrous recycling: Challenges and potential technology solutions. Waste Management, Vol. 85, P. 519-528.
- Buresh, R. J., Reddy, K. R., Kessel, C. V. 2008. American society of agronomy, crop science society of America, Soil Science Society of America, 677 S. Segoe Rd., Madison, WI 53711, USA. Nitrogen in Agricultural Systems, Agronomy Monograph. P. 49.
- Chahal, H. S., Singh, A., Dhillon, I. S., Kaur, J. 2020. Farmyard Manure: A boon for integrated nutrient management. International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology, Vol. 13, P. 483-495.
- Christensen, M. L., Sommer, S. G. 2013. Animal manure recycling: Treatment and management, First Edition. Wiley & Sons, Ltd. P. 384.
- Conejo, A. N., Birat, J. P., Dutta, A. 2020. A review of the current environmental challenges of the steel industry and its value chain. Journal of Environmental Management, Vol. 259.

- Dhaliwal, S. S., Naresh, R. K., Mandal, A., Singh, R., Dhaliwal, M. K. 2019. Dynamics and transformations of micronutrients in agricultural soils as influenced by organic matter build-up: A review. Environmental and Sustainability Indicators, Vol. 1, P. 1-14.
- Dhaliwal, S. S., Naresh, R. K., Mandal, A., Walia, M. K., Gupta, R. K., Singh, R., Dhaliwal, M. K. 2019. Effect of manures and fertilizers on soil physical properties, build-up of macro and micronutrients and uptake in soil under different cropping systems: a review. Journal of Plant Nutrition, Vol. 42, P. 2873-2900.
- Ethan, S. 2015. Effect of flooding on chemistry of paddy soils: a review. International Journal of Innovative Science Engineering and Technology, Vol. 2, P. 414-420.
- Frohne, T., Diaz-Bone, R. A., Du Laing, G., Rinklebe, J. 2015. Impact of systematic change of redox potential on the leaching of Ba, Cr, Sr, and V from a riverine soil into water. Journal of Soils Sediments, Vol. 15, P. 623–633.
- Harvey, L. D. D. 2021. Iron and steel recycling: Review, conceptual model, irreducible mining requirements, and energy implications. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 138.
- Hulusi Dede, O., Ozer, H. 2018. Enrichment of poultry manure with biomass ash to produce organomineral fertilizer. Environmental Engineering Research, Vol. 23, P. 449-455.
- Jaine, P. K. 2012. Recycling of metal scraps a positive concept leading to augmentation of reserve base. Mineral Economics, Vol. 25, P. 45-51.
- Kirk, G. 2004. The biogeochemistry of waterlogged soils. Wiley, New York. P. 304.
- Kissinger, W. F., Koelsch, R. K., Erickson, G. E. 2007. Klopfenstein TJ. Characteristics of Manure Harvested from Beef Cattle Feedlots. Applied Engineering in Agriculture, Vol. 23, P. 357-365.
- Kumar, D., Punetha, A., Verma, P. P. S., Padalia, R. C. 2022. Micronutrient based approach to increase yield and quality of essential oil in aromatic crops. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, Vol. 26.
- Lide, D. R. 2006. CRC Handbook of Chemistry and Physics. 87th Edition. CRC Press. Boca Raton. P. 2608.
- Lindsay, W. L. 1974. Role of chelation in micronutrient availability. In the plant root and its environment, edited by E. E. Carson. Charlottesville: University Press of Virginia. P. 507-524.
- Lindsay, W. L.
- 1995. Chemical reaction in the rhizosphere thet affect iron availability to plants. 7th International symposium of iron nutrition and interaction in plant. Zaragoza, Spain.
- Lindsay, W. L., Norvell, W. A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of America Journal, Vol. 42, P. 421-428.
- Lu, S. G., Tang, C., Rengel, Z. 2004. Combined effects of waterlogging and salinity on electrochemistry, water-soluble cations and water dispersible clay in soils with various salinity levels. Plant and Soil, Vol. 264, P. 231–245.
- Maluckov, B. S. 2017. The catalytic role of Acidithiobacillus ferrooxidans for metals extraction from mining - metallurgical resource. Biodiversity International Journal, Vol. 1, P. 109-119.
- Mortvedt, J. J. 1986. Iron source and management practices for correcting iron chlorosis problems. Journal of Plant Nutrition, Vol. 9, P. 94-97.
- Muraishi, C. T., Alves, M. C., Da Silva Junior, A., De Souza, Z. M. 2011. Chemical attributes of a Savannah Typic Hapludox soil under management systems. Acta Scientiarum-Agronomy, Vol. 33, P. 551-557.
- Nelson, D. W., Sommers, L. E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Page. A. L., Miller. RH. Keeney. D.R. (eds). Methods of Soil Analysis. Part II. 2th ed. ASA. SSSA. Madison. WI. P. 539-579.
- Parnet, C., Capell, N., Berger, A., Crevecoeur, M., Dat, J. F. 2008. An overview of plant responses to soil waterlogging. Plant Stress, Vol. 2, P. 20-27.
- Patrick, W. H., Reddy, C. N. 1978. Chemical changes in rice soils, Soils and rice. Intrenational Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. 1978. P. 291.
- Penel, S. M., Amin, A. U., Patel, H. B., Patel, J. A. 2019. Impact of FYM enriched with iron and zinc on nutrient uptake, yield, quality and economcs of fennel cultivation. International Journal of Seed Spices, Vol. 9, P. 21-28.
- Pezeshki, S. R. 2001. Wetland plant responses to soil flooding. Environmental and Experimental Botany, Vol. 46, P. 299- 312.
- Ponnamperuma, F. N. 1984. Effect of flooding on soils. In: Kozlowski, T.T. (ed.). Flooding and Plant Growth. Academic Press Inc. Orlando, FL. P. 9-45.

- Rayne, N., Aula, L. 2020. Livestock Manure and the Impacts on Soil Health: A Review. Soil System, Vol. 4, P. 1-26.
- Rinklebe, J., Du Laing, G. 2011. Factors controlling the dynamics of trace metals in frequently flooded soils. Dynamics and Bioavailability of Heavy Metals in the Rootzone. CRC Press. P. 245–270.
- Sachs, M., Vartapetian, B. 2007. Plant anaerobic stress. I: Metabolic adaptation to oxygen deficiency. Plant Stress, Vol. 1, P. 123-135.
- Sekhon, B. S. 2003. Chelates for micronutrient nutrition among crops. Resonance, Vol. 8, P. 46–53.
- Shaheen, S. M., Rinklebe, J. 2017. Sugar beet factory lime affects the mobilization of Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, and Zn under dynamic redox conditions in a contaminated floodplain soil. Journal of Environmental Management, Vol. 186, P. 253–260.
- Sharma, B., Vaish, B., Mahajan, M., Sing, U. K., Singh, P., Singh, R. P. 2019. Recycling of organic wastes in agriculture: An environmental perspective. International Journal of Environmental Research, Vol. 13, P. 409-429.
- Singhania, R. A., Rietz, E., Söchtig, H., Sauerbeck, D. R. 1983. Chemical transformation and plant availability of zinc salts added to organic manure. Plant and Soil, Vol. 73, P. 337–344.
- Skiba, U. 2008. Nitrification and denitrification in submerged soil. Encyclopedia of Ecology, Vol. 46, P. 866-871.
- Tumova, K., Szakova, J., Najmanova, J., Tlustos, P. 2020. Scrap Metal Deposits as Potential Sources of Enhanced Risk in Soil and Vegetation. Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 29, P. 841-852.
- Vlek, P. L. G., Craswell, E. T. 1981. Ammonia volatilization from flooded soils. Fertiliser Research, Vol. 2, P. 227-245.
- Wahba, M. M., Labib, F., Zaghloul, A. 2019. Management of calcareous soils in arid region. International Journal of Environmental Pollution and Environmental Modelling, Vol. 2, P. 248-258.
- Weber, F. A., Voegelin, A., Kretzschmar, R. 2009. Multi-metal contaminant dynamics in temporarily flooded soil under sulfate limitation. Geochimica et Cosmochimica Acta. Vol. 73, P. 5513–5527.

The effect of different moisture levels on the enrichment of cow manure compost with iron and zinc metal scraps

Seyed Mostafa Emadi Baladehi[*1], Fardin Sadeghzadeh[2], Mohammad Ali Bahmanyar[3], Bahi Jalili[4]

[*]1- Graduated M.Sc. Student, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Crop Sciences, Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

2 -Associate Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Crop Sciences, Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

3- Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Crop Sciences, Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

4- Assistant Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Crop Sciences, Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

[*]Email Address: mostafaemadibaladehi@gmail.com

Abstract

Introduction

Metal scrap is one of the most important materials in urban and especially industrial waste, which constitutes 70% of the total industrial waste. Metal scrap trade has been the main source of heavy metal production and pollution in the environment. In addition, metal scrap has properties of toxicity, pathogenicity, reliability in the environment and even in the body of living beings and corrosiveness. Therefore, by reusing these metals, environmental pollution will be prevented, and energy consumption and greenhouse gas emissions will be reduced. Also, metal scrap recycling can prevent the extraction of ore and raw materials and preserve non-renewable mineral resources. On the other hand, cow manure compost, as a material that is a product of cow manure composting, has a very variable composition, the range of its elements depends on several factors such as livestock feeding, type of keeping and processing of cow manure, type of composting. Organic fertilizers have high amounts of macronutrients such as nitrogen and potassium, but they are relatively poor in terms of micronutrients. Accordingly, mixing organic fertilizers with metal scraps of iron and zinc can lead to an increase in the concentration of these elements in the fertilizer by forming complexes and chelates in the fertilizer. Adding metal scraps of iron and zinc to organic fertilizers causes iron to be chelated by the organic parts of the fertilizer, such as fulvic acid and humic acid, which have low molecular weight. This process occurs as a result of the effect of organic materials in creating reductive conditions, which depends on factors such as acidity, oxidation and reduction potential, the amount and type of organic compounds, and the type of iron and zinc scraps. Furthermore, as a result of increasing moisture and creating saturated conditions, the amount of oxygen in the fertilizer decreases and is consumed by aerobic microorganisms to the extent that it reduces the redox potential and creates reductive conditions. In this situation, anaerobic microorganisms use oxidized substrates as electron acceptors and change the capacity of elements such as trivalent iron and tetravalent manganese to divalent iron and manganese by consuming protons. Organic fertilizers, having high organic matter, cause a further decrease of the redox potential and facilitate the aggravation of the reduction conditions and the change of the element capacity. The purpose of this research is the effect of different moisture levels on the enrichment of cow manure compost by using metal scraps of iron and zinc.

Methodology

To study this research, a split-plot-factorial experiment was conducted in the basic design of completely randomized blocks with 3 replications. The main factor of the design was moisture, which included 3 moisture levels of saturation, half saturation, and quarter saturation, and the secondary factors included iron scrap and zinc scrap, each of which had 3 levels with percentages of 0, 0.2, and 2. Also, the treatments of sub-factors in 9 levels were as follows:

1- iron particles 0% + zinc particles 0% (control), 2- iron particles 0% + zinc particles 0.2%, 3- iron particles 0% + zinc particles 2%, 4- iron particles + 0.2% 0% zinc particles, 5-2% iron particles + 0% zinc particles, 6-0.2% iron particles + 0.2% zinc particles, 7-0.2% iron particles + 2% zinc particles, 8-particles 2% iron + 0.2% zinc particles and 9-2% iron particles + 2% zinc particles.

The cow compost manure used in this research consisted of cow manure and wheat straw. To prepare the compost, the cow manure produced was stored and decomposed for three months, then the manure that was relatively decomposed was composted using the Windrow method. After that, the produced compost was passed through a 2 mm sieve to remove extra materials such as gravel and wood pieces. To prepare the treatments, first, 100 grams of dry matter of cow manure compost was saturated with distilled water, the volume of distilled water was equal to 240 ml, and its weight humidity was equal to 200%. Accordingly, 120 ml of distilled water was used for the half-saturated moisture level (humidity equal to 100%) and 60 ml of distilled water was used for the quarter-saturated moisture level (humidity equal to 50%). Then iron and zinc scraps that had a metallic form were added to 100 grams of compost dry matter that was moistened in plastic containers. In the following, the samples were incubated for 60 days at a temperature of 25 ± 3 and and during this period, the weight moisture of the treatments was measured every 5 days and the treatments were moisturized to maintain the initial moisture. At the end of the incubation, the treatments were air-dried and their available iron and zinc concentrations were measured.

Results and Discussion

The results show that the amount of available iron in saturated moisture was higher than the other two moistures, which is probably due to the reduction of trivalent iron to divalent iron and the reduction of redox potential and, consequently, the increase in the solubility of iron metal compounds in fertilizer. On the other hand, no significant difference between available iron in the treatments was observed in half-saturated and quarter-saturated moistures, which can be attributed to the lack of reduction conditions and no change in iron capacity and its available amount. The results also indicated that with the use of iron scrap, the amount of available iron increases significantly, which increased with the use of more scrap i.e. 2% iron and the application of saturated moisture. Thus, in the treatment of 2% iron particles + 0% zinc particles, the highest amount of available iron was observed with the amount of 756.2 mg/kg, which increased by 335% compared to the control treatment at the same moisture. The addition of zinc scrap, either as a separate application or with simultaneous application with iron scrap, caused a decrease in the available concentration of iron. This result is probably due to the high content of zinc compared to iron and the competition of elements in the DTPA extract. From the obtained data, it can be concluded that the saturated moisture had an effect on the available concentration of zinc only in 2% zinc scrap treatments, and other treatments were not affected by the increase in moisture. The use of zinc scrap separately increased the available amount of zinc, qua in the saturation treatment of 0% iron particles + 2% zinc particles, it reached 4538.7 mg/kg. Probably due to the large supply of zinc scrap, the predominant form of which is zinc oxide, which has high solubility, and as a result, the interaction between the conditions of reduction and chelation of zinc element occurred. It was also found that the use of iron scrap increased the amount of available zinc either as a separate application or in interaction with zinc scrap. This is the case in the treatments of 0.2% iron particles + 2% zinc particles (5388.9 mg/kg) and 2% iron particles + 2% zinc particles (the highest amount of available zinc in fertilizer with 6363.2 mg/kg).

Conclusion

The results of this research indicate the positive effect of adding metal scraps of iron and zinc in saturated moisture to cow manure compost. The application of iron and zinc scraps separately caused a significant increase in the available amount of iron and zinc in the fertilizer. However, their simultaneous application caused a decrease in available iron and a further increase in available zinc in fertilizer. Due to the fact that metal scraps of iron and zinc have low solubility and on the other hand, organic fertilizers with high amounts of organic matters cause the formation of complexes and chelation, as well as increase the solubility of metal scraps, and as a result, it causes a significant increase in the amount of available iron and zinc, which This increases significantly in high moisture and reduction conditions. Therefore, the use of metal scraps of iron and zinc in saturated moisture has a significant effect on the enrichment of organic fertilizers with these elements and can be a good solution for the reuse of metal scraps.

Keywords

Metal scrap, Moisture, Micronutrients, Incubation, Organic fertilizer