بسم الله الرحمن الرحيم

تأییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

اعضای هینت داوران نسخه نهائی پایان نامه خانم سیده مریم خرازی
تحت عنوان: ورمی کمپوست سازی از ضایعات گیاه ذرت جهت تثبیت سازی نیتروژن و فسفر با تلقیح میکروبی

را از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی‌ارشد پیشنهاد می‌کنند.

اعضای هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
۱- استاد راهنما	دکترحبیب الله یونسی	دانشیار	
۲- استاد مشاور	دکترجواد عابدینی طرقبه	مربی	
۳-نماینده‌شورای‌تحصیلات‌تکمیلی	دکتر علیرضا ریاحی	استادیار	
۴- استاد ناظر	دکترعباس اسماعیلی	استاد	
۵- استاد ناظر	دکتر کامیار موقرنژاد	دانشیار	

T.M.U.

آیین‌نامه حق مالکیّت مادّی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیّت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقّق عدالت و کرامت انسان‌ها که لازمهٔ شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادّی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیئت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهش‌های علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرح‌های تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان‌نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آن‌ها متعلّق به دانشگاه می‌باشد ولی حقوق معنوی پدیدآورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به‌صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به‌نام دانشگاه بوده و با تأیید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجوی مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقالهٔ مستخرج از پایان‌نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می‌باشد.

ماده ۳- انتشار کتاب و یا نرم‌افزار و یا آثار ویژهٔ حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی کلیهٔ واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده‌ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده‌ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین‌نامه‌های مصوّب انجام شود.

ماده ٤- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته‌ها در جشنواره‌های ملّی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تأیید رسید و در جلسهٔ مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

نام و نام‌خانوادگی: سیده مریم خرازی

تاریخ و امضاء

۱۳۹۰/۱۲/۹

آیین‌نامه چاپ پایان‌نامه(رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به این‌که چاپ و انتشار پایان‌نامه(رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیت‌های علمی- پژوهشی دانشگاه است. بنابراین به‌منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهّد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان‌نامهٔ(رسالهٔ) خود، مراتب را قبلاً به‌طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده۲: در صفحهٔ سوم کتاب(پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

« کتاب حاضر، حاصل پایان‌نامه ارشد نگارنده در رشته محیط زیست است که در سال ۱۳۹۰ در دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر حبیب الله یونسی و مشاوره جناب آقای مهندس جواد عابدینی از آن دفاع شده است».

ماده ۳: به‌منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب(در هر نوبت چاپ) را به « دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ٤: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به‌عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده۵: دانشجو تعهّد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به‌علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به‌منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل کتاب‌های عرضه شده نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

ماده ٦: اینجانب سیده مریم خرازی دانشجوی رشته محیط زیست، مقطع کارشناسی‌ارشد تعهّد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام‌خانوادگی: سیده مریم خرازی

تاریخ و امضا

۱۳۹۰/۱۲/۹

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور
گروه محیط زیست
پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی

ورمی‌کمپوست‌سازی از ضایعات گیاه ذرت جهت تثبیت‌سازی نیتروژن و فسفر با تلقیح میکروبی

سیده مریم خرازی

استاد راهنما:

دکتر حبیب الله یونسی

استاد مشاور:

مهندس جواد عابدینی طرقبه

اسفند ۱۳۹۰

تقدیم به:

خدایم...

که نعمت بی منت ارزانیم کرد و رحمت بی کرانش بسیار بزرگتر از لیاقتم بوده است...

و تقدیم به:

او که آمدنی است...

و طنین قدم هایش نوید پایان غربت یاس ها و نرگس هاست...

و تقدیم به:

دو گوهر ناب و همیشه سرسبز زندگیم

پدر و مادر عزیزم

که هر چه دارم از ترنم شبنم دعای سبزشان می باشد

و عزیزانم زهرا، سارا و احسان

یاران همیشگی ام

تقدیر و تشکر

سپاس و ستایش پروردگار یکتا را می‌سزد که با عنایت خویش یاریم داد تا در حد بضاعت خود گامی برای تجربه و معرفت اندوزی بردارم. پژوهشی که پیش رو دارید حاصل عملکرد دوساله نگارنده نیست، بلکه جلوه‌گاه تلاش محققان بزرگی است که آثار ایشان دستمایه این حرکت علمی و ارائه این پایان‌نامه شد و برآمده از تابش پرتوهای ژرف فرهیختگانی است که به راستی اگر درک محضر ایشان نمی‌بود، نیل به هدف والای آموزش و پرورش امکان‌پذیر نمی‌شد. گرچه حجم کارهای صورت پذیرفته در کنار تجربه و آگاهی محدود نگارنده قطعا بروز کاستی‌هایی را در پی داشته است، اما مسلما موفقیت آن در سایه تیم کاری اندیشمند و همدلی محقق شده که اعضای آن از هیچ تلاشی در جهت ارتقای سطح علمی این حقیر دریغ ننموده‌اند. ذکر نام این عزیزان تنها ادای گوشه‌ای از دینی است که بر دوش خود احساس می‌کنم. از استاد فرزانه و مهربانم جناب آقای دکتر حبیب الله یونسی که مرا به زیبایی رهنمون و در محضر کریمانه خود درس ادب و فروتنی آموختند و در نهایت سعه صدر و خالصانه مرا حمایت نمودند، خالصانه سپاسگزاری می‌نمایم. از مشاور محترم این پایان‌نامه جناب آقای مهندس جواد عابدینی طرقبه صمیمانه قدردانی می‌نمایم. از استاد بزرگوار و عزیزم جناب آقای دکتر عباس اسماعیلی ساری، استاد علم و اخلاق که در مقام ریاست دانشگاه و مدیر گروه محترم، محیط آرام و علمی با امکانات مطلوب را در دانشکده فراهم نمودند، صمیمانه تشکر می‌کنم. از اساتید فرهیخته و گران قدرم جناب آقای مهندس سید محمود قاسمپوری، جناب آقای دکتر نادر بهرامی فر و جناب آقای دکتر علیرضا ریاحی که همواره با رویی گشاده در بهبود پژوهش مرا مساعدت نمودند، کمال قدردانی و سپاس را دارم. هم‌چنین از جناب آقای دکتر کامیار موقرزاده که با وجود مشغله کاری و کمبود وقت، مسئولیت قضاوت این پایان‌نامه را تقبل نمودند، کمال امتنان را دارم. سلامتی و توفیق روزافزون این عزیزان و خانواده محترمشان را آرزومندم.

از کارشناسان محترم آزمایشگاه خانم منظر حق دوست و آقای مهندس صادق بور به خاطر دلگرمی‌ها و راهنمایی‌های ارزشمندشان صمیمانه تقدیر می‌گردد. مضافا از حمایت‌های مالی شهرداری مشهد کمال تشکر را دارم. مراتب ارادت و حق شناسی خود رانسبت به آقایان مهندس جاوید، صفاری، آرین‌نژاد، حسن‌زاده، بابایی کادر محترم کارخانه کمپوست مشهد و هم‌چنین کادر سالن تولید ورمی‌کمپوست، به خاطر کمک‌های علمی و معنوی ایشان اعلام می‌نمایم. در نهایت از همکاری و هم‌فکری دوستان عزیزم خانم‌ها ملیحه امینی، زهره ابراهیمی، ساناز غفاری، گلشن شیرنشان، معصومه جاوید، ناهید رستگارفر، مینا جعفری، فاطمه کاظمی، زینب شکری، مهرنوش محمدی و فاطمه حیدری و آقایان علی کاظمی، جابر اعظمی، جواد عمارلو، یوسف مجیدی، شریف جورابیان، مهدی ابراهیمی، علی محمد صنعتی، فرشید قربانی و رسول زمانی سایر دوستان عزیزم سپاسگزارم.

هم‌چنین فرصت را غنیمت شمرده، از پدر و مادر عزیز و فداکار خود و نیز از خانواده مهربان و دلسوزم سارا، زهرا، مهدیه و احسان که در تحقق مشقت این راه، گام‌به‌گام و مشوقانه در کنارم بوده‌اند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

خلاصه

تحقیق حاضر در راستای دستیابی به اهداف: الف) بازیافت ضایعات ذرت از طریق تبدیل آن به ورمی‌کمپوست، ب) بهبود کیفیت ورمی‌کمپوست از طریق تغییر نوع بستر و هم‌چنین ج) افزودن لجن فعال فاضلاب به‌عنوان منبعی از باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و باکتری‌های محلول کننده فسفر و تغییر زمان تلقیح آن و کاهش دوره کمپوست‌سازی انجام پذیرفت. در این تحقیق، چهار غلظت لجن فعال فاضلاب (شامل ۰، ۲۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۶۰۰۰ mg/l) در دو زمان تلقیح (شامل ابتدای مرحله پیش‌کمپوست و ابتدای مرحله ورمی‌کمپوست) به سه نوع بستر (۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد ضایعات ذرت) افزوده شدند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در تمامی تیمارها با گذشت زمان مقدار TOC، TVS و C/N مواد بستر کاهش و مقدار EC، TKN، TP، نیترات، فلزات سنگین و سایر عناصر غذایی افزایش یافت. با افزایش میزان ضایعات ذرت موجود در بستر از ۴۰ به ۸۰٪، از میزان TKN (از ۱/۹۶ به ۱/۶۰٪) و نیترات (از ۱۷۸۰/۴۰ به ۱۴۵۸/۲۳ mg/kg) کاسته و به میزان TOC (۲۸/۱۱ به ۳۳/۸۰٪)، TVS (از ۴۴/۴۱ به ۵۱/۹۷٪)، نسبت C/N (از ۱۴/۴۲ به ۲۱/۱۸)، TP (از ۳/۲۰ به ۳/۸۰ g/kg) و EC (از ۲/۹۷ به ۳/۴۸ mS/cm) افزوده شد. افزایش ضایعات ذرت در بستر هم‌چنین به‌دلیل محتوی کم فلزات سنگین، سبب رقیق‌سازی این عناصر در توده ورمی‌کمپوست شد. سدیم و پتاسیم در این مورد استثنا بودند و با افزایش ضایعات ذرت، میزان سدیم تغییری نشان نداد اما میزان پتاسیم افزایش یافت. میزان پتاسیم در تیمارهای با ۴۰ و ۸۰٪ ضایعات ذرت به‌ترتیب برابر با ۹۳۶۹ و ۱۲۳۱۰ mg/kg بود. زمان افزودن لجن فعال فاضلاب، تاثیر معنی‌داری بر کیفیت محصول نهایی نداشت. اما افزایش غلظت لجن فاضلاب از ۰ تا ۶۰۰۰ mg/l ، موجب کاهش میزان TOC (از ۳۲/۷۶ به ۲۹/۹۱٪)، TVS (از ۴۹/۸۵ به ۴۸/۰۲٪) و نسبت کربن به نیتروژن (از ۱۹/۵۹ به ۱۶/۰۶) و افزایش میزان TKN (از ۱/۶۸ به ۱/۸۷٪)، نیترات (از ۱۴۷۶/۷۵ به ۱۶۹۹/۶۰ mg/kg)، TP (از ۱/۶۶ به ۱/۷۷ g/kg) و EC (از ۳/۱۰ به ۳/۴۸ mS/cm) شد. هم‌چنین افزایش غلظت لجن فعال فاضلاب، به‌دلیل تسریع تجزیه مواد آلی، موجب افزایش معنی‌داری در غلظت فلزات سنگین شد. در نهایت نتایج نشان داد که میزان ۸۰٪ ضایعات ذرت در بستر و غلظت ۶۰۰۰ mg/l لجن فعال فاضلاب در میان سایر تیمارها دارای اثرات مطلوب‌تری بر کیفیت ورمی‌کمپوست نهایی بود. بنابراین، تکرارپذیری فرایند و کیفیت محصول نهایی، این امکان را فراهم می‌کند که از روش این آزمایش برای پژوهش‌هایی که نیاز به کاهش جرم مخلوط زایدات کمپوست شده اولیه دارد، استفاده شود.

واژه‌های کلیدی

ورمی‌کمپوست، ضایعات ذرت، لجن فعال فاضلاب، کرم‌های خاکی، فلزات سنگین

فهرست مطالب

فصل اول، مقدمه و کلیات ۱

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ ضرورت استفاده و تولید ورمی‌کمپوست ۲

۱-۳ محاسن ورمی‌کمپوست ۳

۱-۴ کاربردهای ورمی‌کمپوست ۳

۱-۵ معایب ورمی‌کمپوست ۴

۱-۶ بیان مساله ۵

۱-۷ اهداف تحقیق ۶

۱-۸ فرضیه‌ها ۶

فصل دوم، مروری بر مطالعات انجام شده ۷

۲-۱ مقدمه ۷

۲-۲ ویژگی‌های اساسی گونه‌های مناسب کرم‌های خاکی برای تولید ورمی‌کمپوست ۷

۲-۳ نیازهای اساسی کرم‌های خاکی برای تولید ورمی‌کمپوست ۹

۲-۳-۱ بستر مناسب ۹

۲-۳-۱-۱ ارزش غذایی ۱۰

۲-۳-۱-۲ قابلیت جذب آب ۱۱

۲-۳-۱-۳ تخلخل ۱۱

۲-۳-۱-۴ اندازه ذرات ۱۱

۲-۳-۱-۵ نسبت کربن به نیتروژن (C/N) ۱۲

۲-۳-۲ شرایط مناسب محیطی ۱۳

۲-۳-۲-۱ اکسیژن کافی ۱۳

۲-۳-۲-۲ میزان رطوبت ۱۴

۲-۳-۲-۳ دمای بستر ۱۵

۲-۳-۲-۴ pH بستر ۱۵

۲-۴ فلزات سنگین و مواد شیمیایی در ورمی‌کمپوست ۱۶

۲-۵ مقایسه کیفیت کود شیمیایی با کود آلی ورمی‌کمپوست ۱۶

۲-۶ مقایسه خواص کمپوست معمولی و ورمی‌کمپوست ۱۷

۲-۷ اثر پیش‌کمپوست بر فرایند تولید ورمی‌کمپوست ۱۸
۲-۸ تلقیح میکروبی به بستر ورمی‌کمپوست ۱۹
۲-۹ جمع بندی کلی و لزوم انجام تحقیق حاضر ۲۰

فصل سوم، مواد و روش‌های آزمایش ۲۱
۳-۱ فراوری و آماده سازی مواد اولیه ۲۱
۳-۲ ساخت و آماده سازی تیمارها ۲۴
۳-۳ تلقیح تیمارها توسط کرم‌های خاکی ۲۴
۳-۴ نمونه گیری برای انجام آزمایشات ۲۵
۳-۵ پارامترهای اندازه گیری شده در طی دوره تحقیق ۲۵
۳-۶ جداسازی کرم‌های خاکی و آماده سازی محصول نهایی ۲۶
۳-۷ روش‌های آزمایشگاهی ۲۶
۳-۷-۱ تعیین رطوبت ۲۶
۳-۷-۲ تعیین جامدات فرار کل (TVS) ۲۷
۳-۷-۳ تعیین کربن آلی (TOC) ۲۷
۳-۷-۴ تعیین نیتروژن کل (TKN) ۲۸
۳-۷-۵ تعیین نسبت کربن به نیتروژن (C/N) ۲۸
۳-۷-۶ تعیین نیترات ۲۹
۳-۷-۷ تعیین pH و EC ۲۹
۳-۷-۸ تعیین فسفر کل (TP) ۲۹
۳-۷-۹ تعیین عناصر غذایی و فلزات سنگین ۳۰
۳-۸ تجزیه و تحلیل آماری نتایج ۳۲

فصل چهارم، نتایج، بحث و نتیجه گیری ۳۳
۴-۱ مقدمه ۳۳
۴-۱-۱ بررسی تغییرات pH ۳۳
۴-۱-۲ بررسی تغییرات هدایت الکتریکی (EC) ۳۶
۴-۱-۳ بررسی تغییرات کل کربن آلی (TOC) ۴۰
۴-۱-۴ بررسی تغییرات نیتروژن کل (TKN) و نیترات (NO_3^-) ۴۳
۴-۱-۵ بررسی تغییرات نسبت کربن به نیتروژن (C/N) ۵۱
۴-۱-۶ بررسی تغییرات فسفر کل (TP) ۵۷

۴-۱-۷ بررسی تغییرات جامدات کل فرار (TVS) ۶۲
۴-۱-۸ بررسی تغییرات سایر عناصر غذایی و فلزات سنگین ۶۵
۴- ۱- ۹ بررسی اثرات متقابل فاکتورهای تحقیق ۷۱
۴-۱-۹-۱ بررسی اثرات متقابل فاکتورهای تحقیق در ابتدای آزمایش ۷۱
۴-۱-۹-۲ بررسی اثرات متقابل فاکتورهای تحقیق در انتهای مرحله پیش‌کمپوست ۷۱
۴-۱-۹-۳ بررسی اثرات متقابل فاکتورهای تحقیق در انتهای مرحله ورمی‌کمپوست ۷۱
۴-۲ آزمون فرضیه‌ها ۷۵
۴-۳ نتیجه‌گیری ۷۵
۴-۴ پیشنهادها ۷۶

منابع ۷۸
پیوست ۸۴

فهرست جداول

جدول ۳-۱- مشخصات فیزیکوشیمیایی مواد اولیه مورد استفاده ۲۲
جدول ۳-۲- غلظت عناصر غذایی و فلزات سنگین در مواد اولیه تشکیل دهنده بستر (mg/kg) ۲۲
جدول ۳-۳- مشخصات فیزیکوشیمیایی لجن فعال فاضلاب مورد استفاده ۲۳
جدول ۳-۴- غلظت عناصر غذایی و فلزات سنگین در لجن فعال فاضلاب (mg/l) ۲۳
جدول ۳-۵- معادلات کالیبراسیون و تنظیمات وحد تشخیص دستگاه جذب اتمی شعله ۳۱
جدول ۴-۱- غلظت عناصر غذایی و فلزات سنگین تحت اثر مستقل درصد ذرت بستر و غلظت لجن (mg/kg) ۷۰
جدول ۴-۲- معادلات رگرسیون بدست آمده برای ورمی‌کمپوست تولید شده ۷۵

فهرست اشکال

شکل ۳-۱- مراحل تهیه تیمارها ۲۵

شکل ۳-۲- منحنی کالیبراسیون فلزهای (الف) پتاسیم، (ب) سدیم، کلسیم، آهن و منیزیم، (ج) کروم، نیکل، منگنز و روی و (د) سرب و مس با استفاده از اسپکتروفتومتری جذب اتمی ۳۱

شکل۴-۱- تغییرات pH در طول دوره فرایند ۳۴

شکل ۴-۲- روند تغییرات EC در طول دوره فرایند تحت تاثیر فاکتور نوع بستر ۳۸

شکل ۴-۳- روند تغییرات EC در طول دوره فرایند تحت تاثیر لجن فعال فاضلاب ۳۹

شکل ۴-۴- روند تغییرات TOC طی فرایند تحت تاثیر نوع بستر ۴۱

شکل ۴-۵- روند تغییرات TOC در طول فرایند تحت تاثیر لجن فعال فاضلاب ۴۲

شکل ۴-۶- روند تغییرات TKN طی فرایند تحت تاثیر نوع بستر ۴۶

شکل ۴-۷- روند تغییرات NO_3^- طی فرایند تحت تاثیر نوع بستر ۴۷

شکل ۴-۸- روند تغییرات TKN طی فرایند تحت تاثیر لجن فعال فاضلاب ۴۸

شکل ۴-۹- روند تغییرات NO_3^- طی فرایند تحت تاثیر لجن فعال فاضلاب ۴۹

شکل ۴-۱۰- روند تغییرات نسبت C/N طی فرایند تحت تیمار نوع بستر ۵۴

شکل۴-۱۱- روند تغییرات نسبت C/N طی فرایند تحت تاثیر لجن فعال فاضلاب ۵۶

شکل ۴-۱۲- روند تغییرات TP طی فرایند تحت تاثیر نوع بستر ۵۹

شکل ۴-۱۳- روند تغییرات TP طی فرایند تحت تاثیر لجن فعال فاضلاب ۶۰

شکل ۴-۱۴- روند تغییرات TVS طی فرایند تحت تاثیر نوع بستر ۶۳

شکل ۴-۱۵- روند تغییرات TVS طی فرایند تحت تاثیر لجن فعال فاضلاب ۶۴

شکل ۴-۱۶- روند تغییرات TOC در ورمی‌کمپوست نهایی تحت اثر متقابل درصد ذرت بستر و غلظت لجن ۷۲

شکل ۴-۱۷- روند تغییرات نیترات تحت اثر متقابل درصد ذرت بستر و غلظت لجن در ورمی‌کمپوست نهایی ۷۲

شکل ۴-۱۸- روند تغییرات C/N تحت اثر متقابل درصد ذرت بستر و غلظت لجن در ورمی‌کمپوست نهایی ۷۳

شکل ۴-۱۹- روند تغییرات TP تحت اثر متقابل درصد ذرت بستر و غلظت لجن در ورمی‌کمپوست نهایی ۷۴

شکل ۴-۲۰- روند تغییرات TVS تحت اثر متقابل درصد ذرت بستر و غلظت لجن در ورمی‌کمپوست نهایی ۷۴

فصل اول
مقدمه و کلیات

۱-۱ مقدمه

امروزه مدیریت مواد زاید جامد، یکی از عمده‌ترین بحران‌های محیط زیستی به شمار می‌رود که به دلیل رشد سریع جمعیت و شهرنشینی بروز کرده است [۱]. علاوه بر این، نگرش جهانی بر بازیافت زایدات آلی برای دستیابی به کشاورزی پایدار و محیط‌زیست عاری از آلودگی می‌باشد و برای توسعه کشاورزی پایدار، غنی‌سازی ضایعات ضروری می‌باشد. استفاده از کرم‌های خاکی برای تجزیه زایدات و تولید ورمی‌کمپوست برای دستیابی به این مقصود، مورد توجه می‌باشد [۲]. تولید ورمی‌کمپوست، روشی آسان برای کاهش ضایعات آلی است که باید در لندفیل‌ها دفن شده یا در زباله‌سوزها سوزانده شده و یا گاهی به اقیانوس‌ها ریخته شوند [۳].

Vermi واژه لاتین کلمه Worm به‌معنای کرم بوده و فرایند تولید ورمی‌کمپوست، شامل استفاده از کرم‌های‌خاکی برای تولید کمپوست از مواد آلی می‌باشد. کود آلی ورمی‌کمپوست، مواد دفعی کرم‌های‌خاکی، محصول نهایی فرایند تولید ورمی‌کمپوست می‌باشد [۴]. در طول این فرایند، موادمغذی مهم مانند نیتروژن، پتاسیم، فسفر و کلسیم موجود در مواد آلی از طریق فعالیت‌های میکروبی به صورت محلول و قابل دسترس برای گیاهان تبدیل می‌شوند [۵]. امروزه با افزایش آگاهی از توانایی کرم‌های‌خاکی در تجزیه و کمپوست نمودن ضایعات و زباله‌های آلی، دید جهانی از صنعت تولید کرم به صنعت تولید ورمی‌کمپوست، تغییر یافته است. در این صنعت، با جداسازی کرم‌های خاکی از زباله‌های فراوری شده (کود نهایی)، دو محصول به بازار ارائه می‌شود که شامل بیوماس کرمی و ورمی‌کمپوست می‌باشد [۶]. در بسیاری از کشورها از جمله کانادا، ایالات متحده، استرالیا، فرانسه و برخی کشورهای جنوب‌شرق آسیا سال‌های متمادی است که از کرم‌های‌خاکی در تثبیت‌سازی ضایعات استفاده می‌شود [۴].

۱-۲ ضرورت استفاده و تولید ورمی‌کمپوست

مشکل تولید ضایعات از صنایع مختلف، امروزه از مسائل حاد در دنیا به‌شمار می‌رود. برخی از روش‌هایی که برای مواجهه با این مشکل ارائه شده است، موجب بروز مشکلات جدیدتری شده است. سوزاندن زباله‌ها در ظروف سرباز و یا زباله‌سوزهایی با طراحی نامناسب، می‌تواند یکی از منابع آلاینده هوا به شمار رود. از طرف دیگر، مکان‌های دفن غیر بهداشتی نیز می‌تواند آب‌های سطحی و زیرزمینی را آلوده سازد و سلامت عموم را تهدید کند. ضمنا عدم دسترسی به زمین مناسب و هم‌چنین قیمت بالای زمین در حواشی مناطق شهری، دفن زباله را در لندفیل‌های بهداشتی بسیار پرهزینه کرده است. تغذیه چهارپایان و تولیدات کشاورزی که بر مبنای مصرف مقدار زیاد انرژی و مواد شیمیایی می‌باشد نیز موجب تهی شدن خاک از مواد مغذی و مواد آلی شده و آب‌های سطحی و زیرزمینی را آلوده می‌کند [۵]. کودهای آلی و سایر مواد زاید آلی کشاورزی منبع مهمی برای بازگرداندن مواد آلی خاک تلقی شده و می‌تواند موجب حفظ حاصل‌خیزی خاک شود. هم‌چنین استفاده از مواد دفعی تولیدی چهارپایان در صنعت پرورش این حیوانات نیز می‌تواند موجب بهبود شرایط فیزیکی و محیط زیستی خاک شده و مواد مغذی را برای گیاهان تامین می‌کند. چنان‌چه این مواد آلی به‌درستی مدیریت نشوند، شیرابه ناشی از آن‌ها که شامل نیترات، فسفات و آمونیوم می‌باشد، آب‌های سطحی و زیرزمینی را آلوده می‌کند [۴]. یک روش پایدار در مدیریت این ضایعات، جدا کردن زایدات آلی به‌منظور تولید محصولات مفید می‌باشد. کمپوست نمودن، پایدارترین و اقتصادی‌ترین گزینه برای مدیریت مواد زاید آلی می‌باشد [۱]. پروسه تبدیل زباله‌های آلی به کود آلی، تکنیکی در جهت کاهش مشکلات محیط زیستی، افزایش حاصل‌خیزی خاک‌های کشاورزی و کاهش توسعه مکان‌های جدید برای دفن می‌باشد [۵]. کمپوست حرارتی که شامل یک دوره کوتاه با حرارت بالا و سپس یک دوره با حرارت کمتر می‌باشد، منجر به کاهش زباله، تثبیت زباله‌ها و کاهش پاتوژن‌ها می‌شود. با وجود این مزایا، معایبی از قبیل طولانی بودن فرایند، نیاز به اختلاط و هوادهی دائم، کاهش مواد مغذی در طول فرایند و طبیعت هتروژن محصول نهایی گریبان‌گیر این فرایند می‌باشد. کمپوست نمودن ضایعات آلی با استفاده از کرم‌های‌خاکی یا همان فرایند تولید ورمی‌کمپوست، محصولی با کیفیت بالاتر نسبت به

کمپوست نمودن طی فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی تولید می‌کند. کود آلی ورمی‌کمپوست، مواد مغذی مهم گیاهی را در حالت قابل دسترس برای گیاهان فراهم می‌کند [۱].

۱-۳ محاسن ورمی‌کمپوست

کیفیت کمپوست و ورمی‌کمپوست، مهم‌ترین معیار در بازیافت زایدات آلی، بازاریابی کودهای تولیدی و کاربرد این کودها در کشاورزی می‌باشد. تولید ورمی‌کمپوست، ضایعات آلی را کاهش داده و نیاز گیاهان را به مواد مغذی در فرم قابل دسترس آن‌ها تامین می‌کند. مواد دفعی کرم‌های‌خاکی که همان کود آلی ورمی‌کمپوست نام دارد، قابلیت انحلال بالایی در آب داشته و به‌راحتی توسط گیاهان جذب می‌شود. کاربرد ورمی‌کمپوست در زمین‌های کشاورزی، نه‌تنها حاصل‌خیزی خاک را افزایش می‌دهد، بلکه قابلیت نگهداری آب را در خاک افزایش می‌دهد [۴]. ورمی‌کمپوست، محصول تجزیه هوازی غیرگرمازای مواد آلی از طریق ارتباط متقابل کرم‌ها و میکروارگانیسم‌ها، ماده‌ای پیت‌مانند با تخلخل، هوادهی، زهکشی، ظرفیت نگهداری آب و فعالیت میکروبی بالا بوده و شامل اکثر عناصرغذایی مورد نیاز گیاهان می‌باشد [۴]. ورمی‌کمپوست از نظر تنوع، جمعیت و فعالیت میکروبی نیز غنی می‌باشد [۷] و مدفوعات کرم شامل آنزیم‌های مانند پروتئاز، آمیلاز، لیپاز، سلولاز و چیتاز می‌باشند که تجزیه مواد آلی را حتی پس از دفع آن‌ها ادامه می‌دهند [۶]. ورمی کمپوست، کودی یکنواخت بوده و سطح آلودگی کمتری نسبت به سایر کودها دارد و مواد مغذی بیشتری را در مدت زمان طولانی‌تری نگهداری می کند و هم‌چنین اثرات مخرب کمتری بر محیط زیست دارد [۴].

۱-۴ کاربردهای ورمی‌کمپوست

کود آلی ورمی‌کمپوست به‌دلیل دارا بودن هورمون‌های رشد گیاهی و آنزیم‌های خاک و هم‌چنین ساختار فیزیکی مناسب و جمعیت میکروبی غنی، موجب افزایش عملکرد محصولات زراعی می‌گردد. ورمی‌کمپوست موجب افزایش وزن خشک گیاهان می‌شود [۸]. افزایش قابلیت دسترسی نیتروژن، کربن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم درمدفوع بیشتر از مواد مغذی در مواد اولیه می‌باشد [۹]. مواد

مغذی در مدفوع کرم‌های‌خاکی در ابتدا به‌طور فیزیکی حفاظت می‌شوند، چرا که ساختار متراکم مدفوع، به‌مرور زمان سست می‌شود [۱۰]. Dominguez [۱۱] به اهمیت منطبق بودن میزان رهاسازی مواد مغذی و میزان جذب گیاهی اشاره کرده است و بیان داشته است که آزادسازی آهسته تر عناصر غذای توسط کود آلی ورمی‌کمپوست منجر به افزایش محصولات زراعی و کاهش از دست رفتن مواد مغذی می شود.

نقش کرم‌های‌خاکی در رشد گیاهان، به‌دلایلی علاوه‌بر حضور موادمغذی میکرو و ماکرو در مدفوعات کرمی می‌باشد. کرم‌های‌خاکی، متابولیت‌های مشخص، ویتامین‌ها و مواد مشابهی را در خاک تولید می‌کنند که احتمالاً در ویتامین‌های گروه D و B جای می‌گیرد [۱۲]. رشد گیاهان با ورمی‌کمپوست همان‌طور که توسط Dominguez [۱۱] اشاره شده تحت تأثیر کاهش قابلیت دسترسی فلزات سنگین و حذف پاتورژن ها نیز می‌باشد [۱۳]. کیفیت خاک تحت تأثیر میزان متراکم شدن آن بوده و این تراکم، اغلب توسط میزان نگهداری و جابجایی آب، انتشار گازها، رشد و توسعه ریشه گیاهان در خاک تعیین می‌شود. کرم‌های‌خاکی نقش حیاتی در جلوگیری از فرسایش خاک و متراکم شدن آن ایفا می‌کنند [۱۴].

۱-۵ معایب ورمی‌کمپوست

مهم‌ترین اشکال فرایند ورمی‌کمپوست این است که در مقایسه با کمپوست متداول (که باکتری‌های ترموفیل دما را تا بیش از ۷۰ درجه بالا می‌برند)، دما باید در طول فرایند ورمی‌کمپوست زیر ۳۵ درجه سانتیگراد نگهداری شود؛ چرا که در دمای بالاتر، کرم‌ها از بین خواهند رفت [۵، ۱۵]. در نتیجه دمای ورمی‌کمپوست در حین فرایند به اندازه ای بالا نمی‌رود که تا حد قابل قبول، پاتوژن‌ها نابود شوند [۵]. البته لازم به‌ذکر است که کرم‌های کمپوستی با عبور کلیه موادآلی از سیستم گوارشی خود، برخی عوامل بیماری‌زا را از بین می‌برند [۶]. حسن عدم وجود مرحله ترموفیلیک در فرایند تولید ورمی‌کمپوست، فعالیت میکروبی بیشتر و حفظ تنوع میکروبی بیشتر در کود ورمی‌کمپوست نسبت به کمپوست معمولی می‌باشد [۶] ولی محصول نهایی طبق راهبردهای EPA نخواهد بود [۵]. در

مطالعه‌ای نیز که در هند انجام شده، بیان شده است که برخی کرم‌های‌خاکی زباله‌خوار نیاز به زباله-های پیش تجزیه شده دارند [۱۶]. از دیگر محدودیت‌های تولید ورمی‌کمپوست می‌توان به حساسیت بالای کرم‌های‌خاکی نسبت به شرایط محیطی اشاره نمود. چنان‌چه شرایط محیطی مناسبی در بستر تولید ورمی‌کمپوست فراهم نباشد، کرم‌های‌خاکی از محیط فرار کرده و یا از بین خواهند رفت. از مهم‌ترین مواردی که باید در این زمینه به آن توجه نمود، وجود اکسیژن کافی و تهویه مناسب برای ایجاد شرایط هوازی و هم‌چنین رطوبت مناسب در بستر مواد آلی می‌باشد. دمای بهینه در محدوده تحمل کرم‌های‌خاکی و pH در محدوده خنثی از دیگر مواردی است که باید به آن توجه نمود [۴، ۱۷]. نسبت C/N مواد آلی بستر نیز باید در حدود ۲۵ باشد تا بتوان حداکثر تجزیه میکروبی و فعالیت کرم‌های خاکی را در اختیار گرفت [۱۸]. نیروی انسانی مورد نیاز برای تامین شرایط محیطی مناسب و هم‌چنین جدا کردن کرم‌های‌خاکی از ورمی‌کمپوست تولید شده قبل از مصرف نهایی از دیگر معیب این فناوری محسوب می‌شود [۱۹].

۱-۶ بیان مساله

متاسفانه با وجود اثرات مفید کرم‌های خاکی در افزایش سرعت معدنی شدن و هوموسی شدن بقایای آلی، فرایند تولید ورمی‌کمپوست در کشور ما گسترش چندانی نیافته است. لذا با توجه به حجم عظیم زایدات آلی در شهرهای بزرگ، صنایع و کشاورزی و هم‌چنین مشکل کمبود مواد آلی در خاک‌های کشور، لزوم فرهنگ‌سازی و انجام تحقیقات گسترده در این زمینه بیش از پیش احساس می‌گردد. لذا در این تحقیق سعی شده است که به سوالات زیر پاسخ داده شود:

۱- آیا تلقیح میکروارگانیسم به ضایعات گیاه ذرت، موجب اختلاف معنی‌داری در کیفیت کود آماده شده و افزایش مقدار N، P و K و کاهش نسبت C/N نسبت به کود بدون تلقیح خواهد شد؟

۲-.....آیا تلقیح میکروارگانیسم در مرحله پیش کمپوست نسبت به تلقیح آن در مرحله ورمی-کمپوست، اختلاف معنی‌داری در بهبود کیفیت کود حاصل خواهد داشت ؟

۱-۷ اهداف تحقیق

هدف از این تحقیق استفاده از ضایعات گیاه ذرت برای تولید ورمی‌کمپوست و افزایش مقدار مواد - مغذی آن به‌وسیله تلقیح میکروبی توسط لجن فعال فاضلاب می‌باشد. در حین برداشت گیاه ذرت در مزارع ذرت، مقادیر بسیاری پسماند و ضایعات با C/N بالا باقی می‌ماند که می‌توان از آن‌ها برای این منظور بهره گرفت. تا کنون، عمل تلقیح مخلوطی از میکروارگانیسم‌ها در قالب لجن فعال تصفیه‌خانه‌ها به بستر تولید ورمی‌کمپوست، انجام نشده است. لذا تحقیق حاضر به‌دلیل استفاده از ضایعات ذرت برای تبدیل هم‌زمان بیولوژیکی به کود و ورمی‌کمپوست‌سازی و هم‌چنین به‌دلیل استفاده از تلقیح میکروبی در قالب لجن فعال فاضلاب جدید می‌باشد.

۱-۸ فرضیه‌ها

۱-.....تلقیح میکروارگانیسم به ضایعات گیاه ذرت، موجب اختلاف معنی‌داری در کیفیت کود آماده شده و افزایش مقدار N، P و K و کاهش نسبت C/N نسبت به کود بدون تلقیح خواهد شد.

تلقیح میکروارگانیسم در مرحله پیش‌کمپوست نسبت به تلقیح آن در مرحله ورمی‌کمپوست، اختلاف معنی‌داری در بهبود کیفیت کود حاصل خواهد داشت.

فصل دوم
مروری بر مطالعات انجام شده

۲-۱ مقدمه

رشد سریع شهرنشینی و صنعتی شدن منجر به تولید حجم زیاد ضایعات می‌شود. مقدار زیادی از این ضایعات، در لندفیل‌ها دفن شده و باعث آلودگی آب‌ها و هم‌چنین انتشار گازهای لندفیل می‌شود. بهترین گزینه برای جلوگیری از ایجاد این آلودگی‌ها، استفاده از فناوری تولید ورمی‌کمپوست می‌باشد. ورمی‌کمپوست اساسا تولید کمپوست به‌وسیله کرم بوده و فرایندی غیرگرمازا می‌باشد و کود حاصل، غنی از مواد مغذی مورد نیاز گیاهی و فاقد بو می‌باشد [۴]. روده کرم‌های‌خاکی مانند یک بیورآکتور عمل کرده که عمل خرد و تخریب کردن و تبدیل زیستی مواد آلی و معدنی کردن عناصر مختلف موجود در بستر در آن‌جا اتفاق می‌افتد [۴]. در روده این جانوران، میکروارگانیسم‌ها، هورمون‌ها و آنزیم‌های زیادی وجود دارند، این مواد نیمه تجزیه شده پس از دفع به سرعت تجزیه شده و در مدت کوتاهی تبدیل به ورمی‌کمپوست می‌شوند [۶]. کرم‌های خاکی در سه دسته : اپیژیک[1]، اندوژیک[2] و آنسیک[3] طبقه بندی می‌شوند. کرم‌های اپیژیک یا کرم‌های مستقر در لاشبرگ‌های سطحی، در سطح خاک زندگی می‌کنند و از مواد آلی سطح خاک تغذیه می‌کنند. کرم‌های اندوژیک یا کرم‌های مستقر در لایه‌های زیر سطحی خاک، بیشتر اوقات در لایه‌های معدنی نزدیک سطح خاک دیده می‌شوند. کرم‌های آنسیک یا کرم‌های مستقر در لایه‌های عمقی خاک، سوراخ‌های زیرزمینی عمودی حفر می‌کنند. از کرم‌های اپیژیک و آنسیک می‌توان در فرایند تولید ورمی‌کمپوست استفاده نمود [۶].

۲-۲ ویژگی‌های اساسی گونه‌های مناسب کرم‌های خاکی برای تولید ورمی‌کمپوست

[1] Epigeic
[2] Endogeic
[3] Anecic