





دانشگاه شاهرود

دانشکده کشاورزی

گروه آب و خاک

## تأثیر بسترهای مختلف آلی در تکثیر و فعالیت کرم‌های خاکی *Eisenia foetida*

فرناز هوشیار جبل‌کندی

اساتید راهنما:

دکتر علی عباسپور

دکتر میرحسین رسولی صدقیانی

استاد مشاور:

دکتر حمیدرضا اصغری

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۳

پیوست شماره ۲

دانشگاه شاهرود

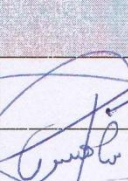
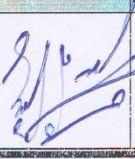
دانشکده کشاورزی  
گروه مهندسی آب و خاک

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم فرناز هوشیار جبل کندی به شماره دانشجویی: ۹۱۰۸۰۱۴  
تحت عنوان:

تأثیر بسترهای مختلف آلی در تکثیر و فعالیت کرم های خاکی *Eisenia foetida*

در تاریخ ۱۳۹۳/۱۱/۲۱ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه عالی مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی:		نام و نام خانوادگی:	حمیدرضا اصغری
نام و نام خانوادگی:	میر حسن رسولی صدقیانی	نام و نام خانوادگی:	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی: هادی قربانی		نام و نام خانوادگی:	
نام و نام خانوادگی: شاهین شاهسونی	ساحسونی	اسماعیل محمودی	

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

آنانکه وجودم برایشان همه نبع بود

و وجودشان برایم همه مهر

در برابر وجود کرامتشان زانوی ادب بر زمین می‌نهم

و بادی ملو از عشق و محبت و خضوع بردستانشان بوسه می‌زنم

سرو وجودشان همیشه سبز و استوار باد

و تقدیم به

خانواده عزیزم

که اگر شکلیابی، تشویق و حمایت ایشان نبود

این کار به سرانجام نمی‌رسید

مشکر و قدردانی:

حمد و سپاس پروردگار بزرگ را که توفیق کسب علم را نصیبم ساخت و سختهایی راه را بر من هموار. اکنون که این تحقیق به مدد یاری خداوند باری تعالی به پایان رسیده بر خود لازم می دانم از خانواده عزیزم قدردانی کنم. امیدوارم که این ناچیزترین تلاشم تنها برای خرید یک محطه شادیشان کافی باشد.

بر خود لازم می دانم از زحمات بی شائبه جناب آقای دکتر علی عباسپور به پاس راهبانی های ارزنده و مساعدت های بی دریغ شان در طی انجام این تحقیق که همواره روشنگر راه و مسیر اینجانب بوده است، کمال تشکر را داشته باشم. از استاد راهبانی فریخته و فرزانه ام جناب آقای دکتر میر حسن رسولی صدقیانی که تا کرامتی همچون خورشید، سرزمین دلم را روشنی بخشید و گلشن سمرای علم و دانش را با راهبانی کارساز و سازنده بارور ساخت؛ تقدیر و تشکر مینمایم. امید توفیق ایشان را از خداوند متعال مسئلت دارم.

از استاد محترم جناب آقای دکتر حمیدرضا صغری که از مشاوره های ایشان استفاده نمودم کمال تشکر و قدردانی را دارم. از اساتید بزرگوارم جناب آقای دکتر هادی قربانی و جناب آقای دکتر شاپور شاهسونی به پاس قبول زحمت داوری و مطالعه متن پایان نامه و ارائه پیشنهادات و راهبانی های ارزشمندشان خاضعانه سپاسگزارم. ضمناً بر خود فرض می دانم که مراتب سپاس و امتنان خود را از تک تک اساتید بزرگوار گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه ارومیه ابراز دارم.

فرناز هوشیار جلی کدی

بهمن ۱۳۹۳

## تعهد نامه

اینجانب فرناز هوشیار جبل کندی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی گرایش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه تأثیر بسترهای مختلف آلی در تکثیر و فعالیت کرم های خاکی *Eisenia foetida* تحت راهنمایی دکتر علی عباسپور متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده ( یا بافتهای آنها ) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاقی انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است ) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

## چکیده

در سالهای اخیر به استفاده از کودهای آلی و زیستی به ویژه ورمی کمپوست در سیستم‌های کشاورزی توجه زیادی گردیده است. شرایط بستر رشد و تکثیر کرم‌های خاکی در زمان تشکیل ورمی کمپوست حائز اهمیت است. این تحقیق به منظور مقایسه مواد آلی مختلف در تکثیر و تشکیل ورمی کمپوست با طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای انجام گردید. برای این منظور از مواد آلی مختلف (کود گاوی + سیوس گندم (CB)، کود گاوی + کاه و کلش (CS)، کود گاوی + لاشبرگ درختان چنار و افرا (CL)، کود گاوی + هرس درختان سیب و انگور (CP)، کود گاوی + ضایعات عرقیات بادرنجبویه (CE)) به همراه یک تیمار شاهد (کود گاوی (C)) به عنوان تیمار در چهار زمان ۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ روز استفاده گردید. همچنین به منظور بررسی تأثیر ورمی کمپوست تولید شده بر روی رشد و عملکرد گیاه گوجه فرنگی آزمایش دیگری در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای اجرا گردید. پس از ۷۵ روز برخی از شاخص‌های رشد (نظیر ارتفاع گیاه، قطر ساقه، کلروفیل، وزن خشک ریشه) و اندام‌هوایی و نیز غلظت عناصر غذایی در اندام‌های هوایی گیاه گوجه فرنگی اندازه‌گیری شد. جمعیت کرم‌های خاکی (بالغ و نابالغ) و تعداد کوکون کرم‌های خاکی با گذشت زمان به دلیل تغذیه و افزایش رشد و توان تکثیر در تیمار کود گاوی + ضایعات عرقیات بادرنجبویه (CE) (جمعیت کرم‌های خاکی بالغ ۳۰۵ کرم در جعبه) و کود گاوی + ضایعات هرس درختان (CP) (جمعیت کرم‌های خاکی بالغ ۲۹۲ کرم در جعبه) بالاترین مقدار را نشان داد. همچنین در طی فرآیند ورمی کمپوست شدن غلظت و قابلیت جذب بسیاری از عناصر غذایی افزایش یافت. بیشترین میزان افزایش نیتروژن در تیمارهای کود گاوی + ضایعات عرقیات بادرنجبویه (CE) (۳٪) و کود گاوی + ضایعات هرس درختان (CP) (۳٪) مشاهده شد. همچنین بیشترین تغییرات کاهش نسبت C/N در تیمارهای ضایعات عرقیات بادرنجبویه (CE) (۸) و ضایعات هرس درختان (CP) (۸/۲) مشاهده گردید. بیشترین مقادیر شاخص‌های رشد اندازه‌گیری شده از جمله ارتفاع گیاه (۴۶/۵ cm)، قطر ساقه (۱/۶ cm)، وزن خشک اندام هوایی (۱۲ گرم در گلدان) در تیمار ضایعات هرس درختان (V.CP) نسبت به تیمار شاهد Cont. (پیت و پرلیت) مشاهده گردید و بیشترین غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در اندام‌هوایی گیاه در تیمار ضایعات عرقیات بادرنجبویه (V.CE) به ترتیب ۱۹۸، ۱۰۳/۲ و ۱۰۱/۶٪ نسبت به شاهد (پیت و پرلیت) افزایش داشت. به طور کلی امکان رشد و فعالیت کرم‌های خاکی در بقایای آلی مختلف وجود دارد و ورمی-کمپوست حاصل می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای غیر ارگانیک باشد.

**کلید واژه:** مواد آلی، کودهای ارگانیک، ورمی کمپوست، *Eisenia foetida*، گوجه فرنگی

## لیست مقالات مستخرج از پایان نامه :

مطالعه تأثیر مواد آلی مختلف به‌عنوان بستر رشد و تکثیر کرم خاکی *Eisenia foetida* در هفتمین

همایش ملی یافته‌های پژوهشی کشاورزی در دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان

بررسی میزان عناصر غذایی ورمی‌کمپوست حاصل از منابع مختلف آلی در سومین کنگره ملی

کشاورزی ارگانیک و مرسوم دانشگاه محقق اردبیلی

بررسی تغییرات کربن و نیتروژن کل در ورمی‌کمپوست حاصل از منابع آلی مختلف در کنگره ملی

خاک و محیط زیست دانشگاه ارومیه

بررسی روند تغییرات عناصر غذایی موجود در ورمی‌کمپوست حاصل از منابع آلی مختلف در کنگره

ملی خاک و محیط زیست دانشگاه ارومیه



## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	<b>فصل اول : مقدمه</b>
۲	۱-۱ مقدمه .....
	<b>فصل دوم : کلیات و بررسی منابع</b>
۸	۱-۲ کرم خاکی .....
۸	۲-۲ خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی کرم‌های خاکی .....
۱۰	۳-۲ اکولوژی کرم‌های خاکی .....
۱۰	۱-۳-۲ کرم خاکی اپیژئیک (Epigeic) .....
۱۱	۲-۳-۲ کرم خاکی اندوژئیک (Endogeic) .....
۱۱	۳-۳-۲ کرم خاکی آنسیک (Anecic) .....
۱۱	۴-۲ تغذیه کرم‌های خاکی .....
۱۴	۵-۲ شرایط محیطی مطلوب برای رشد و تکثیر کرم‌های خاکی .....
۱۴	۱-۵-۲ دما .....
۱۴	۲-۵-۲ رطوبت .....
۱۵	۳-۵-۲ تهویه .....
۱۵	۴-۵-۲ pH .....
۱۵	۶-۲ ورمی کمپوست .....
۱۷	۷-۲ ویژگی های زیستی ورمی کمپوست .....
۱۹	۸-۲ خصوصیات کیفی ورمی کمپوست .....
۲۰	۹-۲ مزایای فرآیند تولید ورمی کمپوست .....
۲۴	۱۰-۲ سیستم های تولید ورمی کمپوست .....
۲۵	۱۱-۲ مواد بستره اولیه .....
۳۱	۱۲-۲ عناصر غذایی موجود در ورمی کمپوست .....
۳۴	۱۳-۲ تأثیر ورمی کمپوست بر روی رشد گیاه .....
۴۱	۱۴-۲ کشاورزی و گوجه فرنگی ارگانیک .....
۴۲	۱-۱۴-۲ گیاه شناسی گوجه فرنگی .....
۴۳	۲-۱۴-۲ تولید گوجه فرنگی در ایران و جهان .....
	<b>فصل سوم : مواد و روش‌ها</b>
۴۸	۱-۳ تهیه کرم خاکی <i>Eisenia foetida</i> .....
۴۸	۲-۳ آماده سازی بقایای آلی مختلف .....
۴۹	۳-۳ تیمارهای آزمایشی .....
۵۰	۴-۳ تعیین جمعیت کرم‌های خاکی .....

۵۰	..... تعیین خصوصیات شیمیایی ورمی کمپوست.....
۵۱	..... ۱-۵-۳ اندازه گیری pH .....
۵۱	..... ۲-۵-۲ قابلیت هدایت الکتریکی (EC) .....
۵۱	..... ۳-۵-۳ تعیین ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) .....
۵۱	..... ۴-۵-۳ تعیین کربن آلی (%OC) .....
۵۲	..... ۵-۵-۳ اندازه گیری نیتروژن کل .....
۵۲	..... ۶-۵-۳ هضم نمونه های ورمی کمپوست و تهیه عصاره .....
۵۲	..... ۷-۵-۳ اندازه گیری فسفر.....
۵۳	..... ۸-۵-۳ اندازه گیری پتاسیم .....
۵۳	..... ۹-۵-۳ اندازه گیری کلسیم و منیزیم .....
۵۴	..... ۱۰-۵-۳ اندازه گیری آهن، روی، مس و منگنز .....
۵۴	..... ۱۱-۵-۳ اندازه گیری نیتروژن معدنی (آمونیم و نترات) .....
۵۵	..... ۶-۳ انتخاب گیاه جهت آزمایش .....
۵۵	..... ۱-۶-۳ عملیات گلخانه ای .....
۵۵	..... ۲-۶-۳ عملیات داشت .....
۵۶	..... ۳-۶-۳ عملیات برداشت و آسیاب کردن نمونه ها .....
۵۶	..... ۴-۶-۳ اندازه گیری خصوصیات ظاهری گیاه .....
۵۶	..... ۵-۶-۳ تعیین محتوای کلروفیل برگ .....
۵۷	..... ۶-۶-۳ تعیین محتوای نسبی آب برگ .....
۵۸	..... ۷-۳ شاخصهای بیولوژیکی .....
۵۸	..... ۱-۷-۳ جمعیت میکروبی .....
۵۸	..... ۲-۷-۳ تنفس میکروبی پایه .....
۵۹	..... ۳-۷-۳ کربن زیست توده میکروبی (MBC) .....
۶۰	..... ۸-۳ تجزیه و تحلیل داده ها .....

#### فصل چهارم : نتایج و بحث

۶۲	..... ۱-۴ نتایج تجزیه شیمیایی بقایای آلی مختلف قبل از تهیه ورمی کمپوست .....
۶۴	..... ۲-۴ بررسی تأثیر بقایای آلی مختلف بر رشد و تکثیر کرم های خاکی <i>Eisenia foetida</i> .....
۷۲	..... ۳-۴ بررسی خصوصیات شیمیایی ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف .....
۷۶	..... ۱-۳-۴ بررسی غلظت عناصر غذایی در ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف .....
۷۷	..... ۱-۱-۳-۴ بررسی تغییرات عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف .....
۸۱	..... ۲-۱-۳-۴ بررسی تغییرات عناصر کلسیم و منیزیم در ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف .....
۸۲	..... ۳-۱-۳-۴ بررسی تغییرات کربن آلی و در ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف .....
۸۳	..... ۴-۱-۳-۴ بررسی تغییرات عناصر میکرو در ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف .....

۴-۴	بررسی تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف بر روی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه گوجه	۸۵
۴-۴-۱	ارتفاع گیاه، قطر گیاه و تعداد شاخه‌های جانبی گیاه	۸۶
۴-۴-۲	محتوی نسبی آب برگ و کلروفیل	۸۸
۴-۴-۳	وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه	۹۱
۴-۵	بررسی تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف روی غلظت عناصر غذایی در اندام هوایی گیاه گوجه	۹۴
۴-۵-۱	بررسی غلظت نیتروژن و فسفر در اندام هوایی گیاه	۹۵
۴-۵-۲	بررسی غلظت پتاسیم، کلسیم و منیزیم در اندام هوایی گیاه	۹۶
۴-۵-۳	بررسی غلظت عناصر میکرو در اندام هوایی گیاه	۹۷
۴-۶	بررسی تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف بر روی شاخص‌های بیولوژیکی	۹۸
۴-۶-۱	تنفس پایه میکروبی (BR)	۹۸
۴-۶-۲	کربن بیومس میکروبی (MBC)	۱۰۰
۴-۶-۳	جمعیت میکروبی	۱۰۱

#### فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادها

۵-۱	نتیجه گیری	۱۰۴
۵-۲	پیشنهادها	۱۰۷
	منابع	۱۰۸

## فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲ مقایسه خصوصیات شیمیایی ورمی کمپوست و کمپوست باغی .....	۲۲
جدول ۲-۲ ترکیب شیمیایی تقریبی ضایعات چوب.....	۲۸
جدول ۱-۴ نتایج تجزیه خصوصیات شیمیایی بقایای آلی مورد استفاده .....	۶۲
جدول ۲-۴ نتایج تجزیه واریانس تأثیر بقایای آلی مختلف در طول مدت زمان بر روی رشد و جمعیت کرم خاکی <i>Eisenia foetida</i> .....	۶۴
جدول ۳-۴ نتایج مقایسه میانگین تأثیر زمان و منابع آلی مختلف بر تعداد کوکون، کرم‌های خاکی نابالغ و کرم‌های خاکی بالغ در جعبه .....	۶۵
جدول ۴-۴ نتایج تجزیه واریانس خصوصیات شیمیایی ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف.....	۷۲
جدول ۵-۴ نتایج تجزیه واریانس غلظت عناصر غذایی در ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف.....	۷۶
جدول ۶-۴ جدول مقایسه میانگین عناصر غذایی موجود در ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف.....	۷۸
جدول ۷-۴ نتایج تجزیه واریانس خصوصیات شیمیایی ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف.....	۸۳
جدول ۸-۴ جدول مقایسه میانگین تأثیرات زمان بر روی عناصر غذایی در ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف.....	۸۴
جدول ۹-۴ نتایج تجزیه واریانس تأثیر کاربرد ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه گوجه فرنگی .....	۸۵
جدول ۱۰-۴ مقایسه میانگین تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی بر روی ارتفاع، قطر گیاه، تعداد شاخه های جانبی و محتوی آب نسبی برگ گیاه گوجه فرنگی .....	۸۶
جدول ۱۱-۴ نتایج تجزیه واریانس تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف بر روی کلروفیل و کاروتنوئید گیاه گوجه فرنگی .....	۸۹
جدول ۱۲-۴ نتایج تجزیه واریانس تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف در غلظت عناصر غذایی گیاه گوجه فرنگی.....	۹۴
جدول ۱۳-۴ نتایج مقایسه میانگین تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف روی میزان عناصر غذایی گیاه گوجه فرنگی .....	۹۵
جدول ۱۴-۴ نتایج تجزیه واریانس تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف بر روی شاخص‌های بیولوژیکی گیاه گوجه فرنگی .....	۹۸

## فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۱۰	شکل ۱-۲ چرخه تولید مثل کرم خاکی <i>Eisenia foetida</i> .....
۶۷	شکل ۱-۴ شکل کوکون کرم خاکی و خروج نوزاد کرم خاکی از کوکون در زمان تهیه ورمی کمپوست.....
۶۹	شکل ۲-۴ کرم‌های خاکی نابالغ و جمعیت آنها در زمان تهیه ورمی کمپوست .....
۷۰	شکل ۳-۴ کرم‌های خاکی بالغ و جمعیت آنها در زمان تهیه ورمی کمپوست .....
۷۳	شکل ۴-۴ اثرات متقابل زمان و بقایای آلی بر میزان pH ورمی کمپوست .....
۷۴	شکل ۵-۴ اثرات متقابل زمان و بقایای آلی بر میزان EC (dS/m) ورمی کمپوست .....
۷۵	شکل ۶-۴ اثرات متقابل زمان و بقایای آلی بر میزان CEC (cmol (+)/kg) ورمی کمپوست .....
۸۷	شکل ۷-۴ تأثیر ورمی کمپوست بقایای آلی بر روی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه گوجه فرنگی.....
۹۰	شکل ۸-۴ مقایسه میانگین تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف بر تغییرات کلروفیل گیاه گوجه فرنگی.....
۹۱	شکل ۹-۴ مقایسه میانگین تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف بر تغییرات کاروتنوئید گیاه گوجه فرنگی.....
۹۲	شکل ۱۰-۴ مقایسه میانگین تأثیر ورمی کمپوست بقایای آلی بر روی وزن خشک اندام هوایی گیاه گوجه فرنگی.....
۹۳	شکل ۱۱-۴ مقایسه میانگین وزن خشک ریشه گیاه گوجه فرنگی تحت تیمار ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف.....
۹۳	شکل ۱۲-۴ تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف بر روی سیستم ریشه گیاه گوجه فرنگی.....
۹۹	شکل ۱۳-۴ مقایسه میانگین تأثیر کاربرد ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف روی تنفس پایه (BR).....
۱۰۱	شکل ۱۴-۴ مقایسه میانگین تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف روی کربن بیومس میکروبی .....
۱۰۲	شکل ۱۵-۴ مقایسه میانگین کاربرد ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف روی جمعیت میکروبی .....

# فصل اول:

مقدمه

رشد فزاینده جمعیت و الگوی زندگی مصرفی، تولید مقادیر بسیار زیادی از ضایعات کشاورزی، صنعتی و پسماندهای جامد را به دنبال دارد، به دلیل کمبود مکان های دفن و قوانین محیطی، دفع این ضایعات با مشکل روبرو است که متأسفانه قسمت اعظم ضایعات کشاورزی در مزارع و باغات سوزانده و یا در گوشه‌ای رها می‌شوند و موجب آلودگی محیط زیست می‌شود. یک راه حل عملی برای این مشکل تبدیل این ضایعات به مواد مفید و با ارزش است، یکی از روش‌هایی که امروزه بسیار مورد استقبال پژوهشگران قرار گرفته، تبدیل این مواد آلی به ورمی‌کمپوست می‌باشد. در سال ۱۹۸۲ در کمیته Brund land در تعریف کشاورزی پایدار یک متغیر جدید نیز وارد گردید و آن این بود که مدیریت مواد زائد نه تنها بایستی کارآمد، بلکه پایدار هم باشد. توافق نسل جدید در بهبود مدیریت مواد زائد با در نظر گرفتن کشاورزی پایدار راهی به سوی اعتلای سنت کمپوست می‌باشد (سماوات، ۱۳۸۹).

تولید ورمی‌کمپوست یک فناوری ترکیبی از دو فرآیند پرورش کرم خاکی و تولید ورمی‌کمپوست می‌باشد. کرم‌های خاکی بعنوان یک گروه کلیدی عملکردی شناسایی شده که با فعالیتهای خود بر خواص بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی مواد اثر داشته (Pulleman و همکاران، ۲۰۰۵). کرم خاکی جزء شاخه کرم‌های حلقوی، رده کم‌تاران و جانوری هرمافرودیت است و از طریق کلیتلوم که علامت بلوغ کرم خاکی است، جفت گیری می‌نماید.

بسیاری از گونه‌های کرم خاکی برای تولید ورمی‌کمپوست استفاده شده‌اند، ولی فقط دو گونه *E.foetida* و *L.rubellus* به دلیل مقاومت به تغییر شرایط محیطی و سرعت زیاد تغذیه و تکثیر، بیشتر استفاده می‌شود (Baker و Kilpin، ۱۹۹۲). کرم‌های خاکی از مواد دارای نیتروژن زیاد مثل کودهای دامی، بیشتر استقبال می‌کنند و به طور معنی‌داری جمعیتشان را افزایش می‌دهند (Evans و همکاران، ۱۹۴۸).

تولید ورمی کمپوست، تکنولوژی استفاده از انواع خاصی از کرم‌های خاکی است که به دلیل توان رشد و تکثیر بسیار سریع و پتانسیل قابل توجه برای مصرف انواع مواد آلی زائد و غالباً مزاحم و آلوده کننده محیط را به کود آلی، با کیفیت ممتاز تبدیل می‌کنند و فرآیندی سازگار با محیط زیست، با ارزش برای مدیریت و بهره برداری از ضایعات آلی طبیعی به منظور بازگرداندن مواد آلی به چرخه غذایی می‌باشد (Suthar, 2007؛ Garg و همکاران، 2006). مسلماً ارزش غذایی ورمی کمپوست تولید شده تا حدود زیادی به نوع و ماهیت مواد اولیه به کار رفته بستگی دارد، لذا منبع غذایی مناسب کرم‌خاکی، بعلاوه مناسب‌ترین درصد اختلاط مواد غذایی مختلف می‌تواند نقش قابل توجهی در سرعت رشد، تکثیر و تغذیه کرم خاکی داشته و در نهایت ورمی کمپوست با کیفیت و مرغوبیت بالا تولید نماید (Maboeta و همکاران، 2003). کرم‌های خاکی ۵ تا ۱۰٪ مواد بلعیده شده را برای رشد و فعالیت متابولیکی جذب و بقیه به صورت کست و ترشحات همراه با مخلوط دیواره روده و میکروبه‌ها دفع می‌شود (Edwards و همکاران، ۱۹۷۲). ورمی کمپوست در حقیقت شامل مواد آلی که به طور جزئی تجزیه شده‌اند، فضولات کرم خاکی، کوکون و کرم خاکی و سایر ریز جانداران می‌باشد که از لحاظ pH تعدیل شده و سرشار از مواد هومیک و عناصر غذایی به فرم قابل جذب برای گیاه و دارای انواع آنزیم‌ها و ویتامین‌ها و هورمون‌های محرک رشد می‌باشد (Tognett و همکاران، 2005).

ورمی کمپوست به مقدار زیادی شبیه پیت تکامل یافته با تخلخل، تهویه، زهکشی و ظرفیت نگهداری آب و فعالیت میکروبی بالا هستند که بوسیله فعل و انفعالات میان کرم‌های خاکی و ریز موجودات در یک فرآیند غیرگرم‌آزا تشکیل می‌شوند (Edwards و Borrows, ۱۹۸۸).

در مطالعاتی که بر روی کست (Cast) کرم‌های خاکی صورت گرفت، مقدار نیتروژن ۱۵ برابر و پتاسیم ۷ برابر و منیزیم ۲ برابر بیشتر از مواد اولیه گزارش شده است (Majlessi و همکاران، 2012) و این بیانگر این مطلب است که ورمی کمپوست از نظر مواد غذایی غنی بوده و در طی فرآیند



ورمی کمپوست عناصر ضروری گیاه مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم موجود در ضایعات آلی به شکل قابل دسترس برای گیاه تبدیل می‌شود (Thompson و Ndegwa، ۲۰۰۱).

Grag و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم در فرآیند ورمی کمپوست شدن ضایعات افزایش می‌یابد، در حالی که pH و کربن آلی کل به تدریج کاسته شده و این کاهش تابعی از طول دوره ورمی کمپوست شدن، می‌باشد.

در اثر فعالیت کرم‌های خاکی و مصرف مواد آلی کربن به صورت  $CO_2$  از محیط خارج و در طول فرآیند ورمی کمپوست، معدنی شدن نیتروژن اتفاق می‌افتد، تبدیل نیتروژن به نترات و آمونیوم، و این باعث افزایش میزان نیتروژن در کست کرم‌های خاکی می‌شود (Chauhan و همکاران، ۲۰۱۰).

پتاسیم و فسفر در اثر آنزیم‌های روده کرم خاکی و فعالیت میکروفلور، در کست کرم‌های خاکی افزایش یافته. از طرفی نسبت C/N در ورمی کمپوست به دلیل مصرف کربن مواد آلی در فعالیت‌های کرم خاکی و سوخت و ساز بدنی و معدنی شدن نیتروژن، کاهش می‌یابد و این باعث افزایش بیشتر فعالیت کرم‌های خاکی و رشد و تولید مثل بیشتر و نیز بیانگر بلوغ ورمی کمپوست و پیشرفت تجزیه مواد می‌باشد (Morais و Queda، ۲۰۰۳).

ورمی کمپوست ساختار دانه‌ای دارد و این باعث افزایش سطح ذرات برای فعالیت میکروبی و حفظ مواد مغذی رشد، می‌گردد (Singh و همکاران، ۲۰۰۸). تحقیقات نشان داده اند ورمی کمپوست دارای فعالیت میکروبی و آنزیمی بالا بوده و حاوی مقادیر زیاد تنظیم کننده‌های رشدی گیاه می‌باشد و استفاده مستمر و کافی با مدیریت مناسب می‌تواند باعث افزایش کربن آلی، انتقال و نگهداری آب خاک شده و با بهبود خصوصیات فیزیکی آن اثرات مفیدی روی رشد و عملکرد گونه‌های گیاهی داشته باشد (Parthasarathi و همکاران، ۲۰۰۸). در مطالعاتی که توسط Lee (۱۹۸۵) انجام گرفت بیان شده است ورمی کمپوست به عنوان ماده بسیار عالی برای افزایش رشد و عملکرد و کیفیت مواد مغذی ذرت علوفه‌ای، می‌باشد. افزایش رشد گیاه بطور کلی با استفاده از ورمی کمپوست بیشتر شده

است (Arancon و همکاران، ۲۰۰۶؛ Zaller، ۲۰۰۷؛ Bachman و Metzger، ۲۰۰۸) و کاربرد غلظت‌های مختلف ورمی‌کمپوست باعث واکنش‌های متفاوت پارامترهای رشد گیاه (Azarmi و همکاران، ۲۰۰۸) همچون افزایش ارتفاع بوته گیاه (Ofosu و Leitch، ۲۰۰۹)، افزایش ماده خشک تولیدی در مقایسه با تیمار بدون ورمی‌کمپوست شد (Mc Callum و همکاران، ۱۹۹۸). انجام آزمایش‌هایی توسط Atiyeh و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که با افزودن ورمی‌کمپوست کود خوکی به بستر گل جعفری و گوجه فرنگی رشد جوانه را در این دو گیاه افزایش می‌دهد. استفاده از ورمی‌کمپوست در بستر گیاهان باعث رشد سریع نهال، موثر در تشکیل ریشه، افزایش سطح برگ، تعداد ساقه گیاه می‌باشد (Chanda و همکاران، ۲۰۱۱).

در تحقیقاتی که اثر ورمی‌کمپوست بر روی رشد گیاه صورت گرفت، همگی نشان دادند که ورمی‌کمپوست‌ها بطور معنی داری، رشد و جوانه زنی گیاه را بهبود می‌بخشند (Atiyeh و همکاران، ۲۰۰۰؛ Wilson و Carlil، ۱۹۸۹). Atiyeh و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که ورمی‌کمپوست می‌تواند به جوانه‌زنی گل‌ها و محصول بیشتر کمک کند، که این تأثیر مستقل از دسترسی عناصر غذایی برای گیاهان می‌باشد. در مطالعه (Tomati و همکاران، ۱۹۸۳) اثر مثبت ورمی‌کمپوست بر روی رشد بگونیا و گیاهان زینتی به ویژه تحریک ریشه‌زائی، زمان گلدهی و فاصله میان گره‌ها شده است. اثرات مثبت ورمی‌کمپوست حاصل از کود گاوی و ضایعات مواد غذایی، افزایش رشد و عملکرد کل گوجه فرنگی و فلفل، افزایش سطح برگ و وزن خشک ساقه گیاه را به همراه داشت (Arancon، ۲۰۰۲).

در طول ورمی‌کمپوست سازی مقدار زیادی اسید هومیک ایجاد می‌شود که طبق گزارشات اثر مثبتی بر روی گیاهان دارد (Manivannan و همکاران، ۲۰۰۹). طی تحقیقاتی نشان داده شد، ورمی‌کمپوست بر روی رشد و تولید انواع گیاهان، غلات، حبوبات و همچنین گیاهان پوششی اثرات مثبتی دارد (Buckerfield و همکاران، ۱۹۹۹).

اهداف کلی این پژوهش عبارتند از:

۱. بررسی تأثیر مواد آلی بر رشد و تولید مثل کرم‌های خاکی
۲. مطالعه ویژگی های ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف
۳. بررسی پتانسیل تکثیر و تولید کوکون توسط کرم‌های خاکی در بسترهای مختلف آلی
۴. بررسی زمان لازم برای تشکیل کمپوست از بقایای آلی مختلف
۵. مطالعه تأثیرات ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی بر روی رشد گیاه گوجه فرنگی در یک

شرایط گلخانه‌ای

## فصل دوم:

### کلیات و بررسی منابع

## ۱-۲ کرم‌های خاکی

کرم‌های خاکی مهمترین جز فون خاک می‌باشند و بیش از نیمی از وزن جانوران خاک را تشکیل می‌دهند. از لحاظ طبقه‌بندی، کرم‌های خاکی متعلق به شاخه *Annelida*، راسته *Haplotaxina*، رده *Clitellata* و زیر رده *Oligochaeta* هستند (Fayolle و همکاران، ۱۹۹۷). در این شاخه حدود ۱۸۰۰ گونه کرم خاکی متعلق به پنج خانواده وجود دارد. کرم‌های خاکی که در مناطق آمریکای شمالی، اروپا و آسیای غربی یافت می‌شوند، اغلب متعلق به خانواده *Lumbricidae* هستند. در این خانواده حدود ۲۲۰ گونه کرم‌خاکی وجود دارد. مهمترین کرم‌های خاکی در خانواده *Lumbricida* متعلق به جنس *Lumbricus* است. در این جنس گونه‌های بسیاری مانند کرم ابریشم (*L. terrestris*) (Dew worms) که در خاک‌های مرتعی مناطق مرطوب یافت می‌شوند و کرم‌های قرمز (*L. rubellus*) که در توده‌های کود دامی یافت می‌شوند، وجود دارد. جنس دیگر در این خانواده *Eisenia* است که گونه‌های مهم این جنس، کرم‌های ببری (*E. foetida*) و کرم‌های ببری قرمز (*E. anderi*) هستند (Buckerfield, ۱۹۹۴).

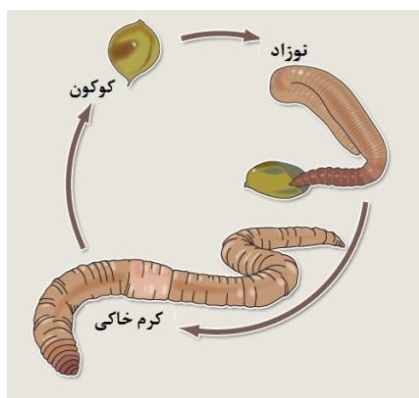
## ۲-۲ خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی کرم‌های خاکی

کرم‌های خاکی جانورانی استوانه‌ای و لوله‌ای شکل هستند. بدن آنها از تعداد زیادی حلقه تشکیل شده است. تعداد حلقه‌ها و طول کرم‌های خاکی در گونه‌های مختلف متفاوت است. تعداد این حلقه‌ها در دامنه‌ای از ۸۰ تا ۱۹۰ تغییر می‌کند. آخرین حلقه، حلقه مقعدی نام دارد و در حلقه اول دهان قرار دارد که عمل گرفتن و فرو بردن غذا را بر عهده دارد. اندازه کرم خاکی از ۲۳ تا ۲۱۰ میلی متر متغییر است (Arancon و Edwards, ۲۰۰۴). سطح پشتی نوارهای قرمز یا قرمز مایل به قهوه‌ای دارد که رنگدانه‌ها قرمز در سطح بیرونی یا پشتی کرم تجمع کرده‌اند. لفظ *foetida* به این دلیل به کار

رفته که وقتی این کرم‌ها تحریک می‌شوند از خود مایع زرد رنگ بو داری را از سوراخ‌های پشتی ترشح می‌کنند. این روش به نظر می‌رسد دفاعی در مقابل شکارچیان باشد. همچنین نوارهای زرد و قرمز نیز هشدار برای شکارچیان به شمار می‌رود (Reinecke و همکاران، ۱۹۹۲).

حلقه خاصی بر روی حلقه‌های کرم خاکی وجود دارد که به آن کلیتلوم یا حلقه جنسی (Clitellum) می‌گویند که در قسمت جلویی بدن قرار دارد. کرم‌های خاکی جزو جانوران هرمافرودیت می‌باشند، یعنی هر کرم اندام‌های نر و ماده را توأمأ دارد، ولی نهایتاً کرم با اتصال به جفت دیگر از طریق دو کلیتلوم و تبادل اسپرم عمل جفت‌گیری را انجام می‌دهد. سپس هر کرم یک کیسه تخم ریزی در کلیتلوم خود تشکیل می‌دهد. کیسه‌های تخم ریزی یا همان کوکون‌ها به رنگ زرد کهربایی بوده و در داخل آن حدود ۳-۷ نوزاد لارو وجود دارد. بنابراین افزایش تعداد، کرم‌ها در هر نسل به صورت تصاعد نسبتاً هندسی، خواهد بود (Gupta، ۲۰۰۳). وزن هر کرم بالغ بین ۰/۵ تا ۱ گرم بوده و در هر کیلوگرم حدود ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ کرم وجود دارد.

حداکثر سرعت تکثیر گونه *E.foetida* در فضولات حیوانی ۳/۸ کرم به ازاء هر کرم در هفته می‌باشد (Bohlen و Edwards، ۱۹۹۶). Reinecke و همکاران (۱۹۹۲) رقم ۰/۳۵ به ازای هر کرم در روز گزارش کرده‌اند. گونه *E.foetida* در سال حدود ۹۰۰ عدد کوکون تولید می‌کند (Tomlin، ۲۰۰۰). هر کوکون و معمولاً از هر کوکون ۱-۲ کرم خارج می‌شود (Reinecke و همکاران، ۱۹۹۲). به نظر Smith (۱۹۹۸) هر کرم از گونه *E.foetida* در مدت ۱۰-۷ روز یک کپسول تولید می‌کند و در هر کوکون از ۲۰-۲ عدد جنین کرم وجود دارد. Garg و Kaushik (۲۰۰۵) در بررسی‌هایی که در مورد رشد و تکثیر کرم‌های خاکی از گونه *E.foetida* بعمل آوردند، تفاوت‌هایی را در سرعت تکثیر این گونه در انواع مختلف کودهای دامی مشاهده نمودند، این محققان همچنین گزارش کردند که تولید کوکون در کودهای گاوی و شتر بعد از ۱۲ هفته، در کودهای گاومیش، الاغ، گوسفند و بز در هفته ۱۳ و در کود اسبی بعد از ۱۴ هفته متوقف می‌شود. شکل ۱-۲ چرخه رشد کرم خاکی را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۲ چرخه تولید مثل کرم خاکی *Eisenia foetida*

### ۳-۲ اکولوژی کرم‌های خاکی

کرم‌های خاکی براساس محیط زیست خود معمولاً به سه گروه Epigeic، Endogeic و Anecic تقسیم بندی می‌شوند (Edwards و Bohlen، ۱۹۹۶).

#### ۱-۳-۲ کرم خاکی اپیژئیک (Epigeic)

کرم‌هایی که در سطح خاک در عمق ۳ الی ۱۰ سانتی‌متری خاک زندگی می‌کنند و از مواد آلی هم‌چون برگ درختان پوسیده یا فضولات تغذیه می‌کنند کرم‌های سطحی یا اپیژئیک نامیده می‌شوند. این نوع کرمها بسیار فعال بوده و ظرفیت تولید مثل بسیار زیادی در مدت زمان بسیار کوتاهی دارند. اپیژئیک‌ها در تجزیه و خرد کردن بقایای گیاهی تأثیر دارند (Edwards و Arancon، ۲۰۰۴). کرم‌های کودی یا اپیژئیک معمولاً بر روی سطح مشاهده می‌گردند و به رنگ قهوه‌ای متمایل به قرمز دیده می‌شوند، در تبدیل مواد آلی به ورمی‌کمپوست نقش به‌سزایی دارند. این موجودات با تجزیه، معدنی کردن ترکیبات آلی قابلیت جذب عناصر غذایی را افزایش می‌دهند. از این گروه به کرم کمپوست *Eisenia foetida* اشاره کرد (Mertus، ۱۹۹۳).

## ۲-۳-۲ کرم خاکی اندوژئیک (Endogeic)

این نوع کرمها دارای اندازه کوچک تا متوسط و به رنگ روشن بوده، حرکت اینها کند است در قسمت‌های عمیق خاک و در عمق بیش از ۱۰ الی ۳۰ سانتی‌متری خاک یافت می‌شوند. و از مواد آلی پروفیل خاک مانند ریشه‌های مرده گیاهان تغذیه می‌نمایند. همچنین از مواد هومیک مخلوط شده با خاک نیز استفاده می‌نمایند. این گروه از کرمها در خاک دالانهای افقی حفر می‌کنند و بدون رنگدانه هستند. *Apporectoeda caliginosa* از این نوع کرم می‌باشد (Bohlen و Edwards، ۱۹۹۶).

## ۳-۳-۲ کرم خاکی آنسیک (Anecic)

این نوع کرم‌های خاکی به انواع حفار معروفند. در اندازه‌های درشت و دارای رنگدانه قرمز بوده، سرعت رشد پایین دارند و در خاک دالانهای عمودی حفر می‌کنند و با این عمل خود در بالا آوردن خاک عمقی و پایین بردن بقایای گیاهی از جمله لاشبرگها موثرند. کرم‌های آنسیک قادر به پیشروی در عمق ۶۰ الی ۹۰ سانتی‌متری از خاک بوده و طی حرکت و جا به جا شدن حفرات تو در تو تشکیل می‌دهند. از این گروه می‌توان به *Lumbricus terrestris* اشاره کرد.

## ۴-۲ تغذیه کرم‌های خاکی

کرم‌های خاکی را عموماً تحت عنوان ساپروفازها (خرده ریزخوارها) می‌نامند، این جانداران می‌توانند براساس عادات غذایی‌شان به دو دسته خرده‌ریزخوار و خاک‌خوارها تقسیم بندی کردند (Lee، ۱۹۸۵). خرده‌ریزخوارها بر روی یا مجاورت سطح خاک تغذیه می‌نمایند و غذای آنها عمدتاً از بقایای برگهای گیاهان یا ریشه‌های مرده و دیگر بقایای آلی که در افقهای سطح خاک بوده و از نظر



مواد آلی غنی می‌باشند و یا روی سطح فضولات پستانداران یافت می‌شوند. این کرم‌ها به عنوان سازندگان هوموس طبقه بندی می‌شوند و اشکال آنسیک و اپی ژئیک را دربردارند. *Eisenia foetida* و *Perionyx excavates* نمونه‌هایی از انواع کرم‌های خرده‌ریزخوار می‌باشند.

منبع اصلی غذای این جانداران خاکری بقایای آلی بدست آمده از گیاهان می‌باشد. با وجود اینکه بقایای گیاهان مرده حجم وسیعی از غذای بلعیده شده توسط کرم‌های خاکی را تشکیل می‌دهد ولی میکروارگانیسم‌های زنده، قارچها، ریزموجودات جانوری و گیاهی و بقایای مرده آنها نیز قسمت عمده‌ای از رژیم غذایی این جانداران را تشکیل می‌دهند (Parle, ۱۹۶۳). در دهه ۱۹۸۰ دکتر ادواردز در انگلستان امکان استفاده از کرم‌های خاکی را برای بازیافت ضایعات حیوانی مختلف، ضایعات سبزیجات و برگ درختان بررسی کرد. نتایج این تحقیق نشان داد که کود گاوی معمولی‌ترین محیط برای رشد کرم‌ها بوده، ولی رشد کرم‌ها در کود خوک حداکثر می‌باشد. او اظهار داشت که آمونیاک، املاح معدنی و عناصر سنگین مشکل سازند (Edwards, ۱۹۹۸).

کرم‌های خاکی از محدوده وسیعی از مواد آلی تغذیه می‌کنند و توسط فعالیت مکانیکی خود و برخی توسط فعالیت آنزیمی و میکروارگانیسم‌ها در روده کرم‌ها تخریب می‌شود (Svensson و Friberg, ۲۰۰۷). تکه‌های روزنامه که با دست ریز ریز شده باشند، پیت خزه‌ای و برگ‌های درختان از دیگر مواد در دسترسند (انتشارات شهر بلمونت<sup>۱</sup>، ۲۰۰۰). از روزنامه‌های رنگی نباید برای تغذیه کرم‌های خاکی استفاده کرد زیرا برای کرم‌ها سمی محسوب می‌شوند. روزنامه‌ها به سبب فراوانی و قابلیت زیاد نگهداری آب و سهولت در آماده‌سازی برای اضافه نمودن به بسترها بسیار قابل توجه است (Hirrell و همکاران، ۲۰۰۰). معمولاً بهتر است این مواد با هم مخلوط شوند. از میان کودهای دامی، کرم‌ها به راحتی می‌توانند از کودهای اسبی و گاوی استفاده کنند. در مطالعات Guandi و Edwards (۲۰۰۳) به این نتیجه دست یافتند که رشد گونه *E.foetida* در کود خوک بهتر از کود گاوی است.

---

<sup>۱</sup> City Belmont Fact Sheet

با بررسی نتایج تحقیقات متعدد علمی اظهار کردند که کرم‌های خاکی بقایای گیاهی را انتخاب می‌کنند که حاوی نیتروژن بالایی هستند (Edwards و Bohlen، ۱۹۹۶). در مطالعات Evans و Guild در سال ۱۹۴۸ نشان داده شد که مواد دارای نیتروژن زیاد مثل کودهای دامی به خوبی مورد استقبال کرم‌های خاکی قرار می‌گیرند و به طور معنی‌داری جمعیتشان را افزایش می‌دهند. در مطالعه Mangold در سال ۱۹۵۱ بیان شد برگ‌های غنی از پروتئین با میزان قند بالا به سرعت توسط کرم‌ها مصرف می‌شوند. این مطالب اهمیت مواد قندی را برای افزایش جمعیت کرم‌های خاکی نشان می‌دهد. برخی کرم‌های خاکی میکروارگانیسم‌های موجود در بستر خود را به عنوان یک منبع غذایی مورد استفاده قرار داده و به‌طور انتخابی قادر به هضم برخی میکروارگانیسم‌ها می‌باشند (Cooke و Luxton، ۱۹۸۰).

میر بلوک و همکاران (۱۳۸۷) در مطالعه خود با افزودن ملاس به بستر کرم‌های خاکی مشاهده کردند افزایش معنی‌داری در تعداد کرم‌های بالغ رخ داد، زیرا ملاس به راحتی قابل متابولیسم شدن و به سهولت مورد استفاده کرم‌های خاکی قرار می‌گیرد (Edwards و Burrows، ۱۹۸۸). نتایج حاصل از آزمایش تأثیر ضایعات صنعت قند بر رشد و نمو کرم‌های خاکی *Eudrilus eugeniae* نشان داد که جمعیت کرم‌های خاکی در حضور ۵/۷ تا ۹/۱ مرتبه افزایش یافت (Kuppuswamy و همکاران، ۱۹۸۲). Kapoor و Bansal (۲۰۰۰) نیز نتایج مشابهی را در این مورد بدست آوردند.

در اضافه کردن مواد به بسترهای کرم‌های خاکی باید توجه کرد که مواد تازه (مانند کود گاوی، کود خوک و ضایعات سبزیجات تازه) در هنگام تجزیه گرما ایجاد می‌کنند که ممکن است کرم‌ها را بکشد. برای اطمینان از زنده ماندن کرم‌ها باید سه روز پس از ریختن مواد دمای بستر را با دست کنترل کرده و اگر افزایش دما محسوس نبود، کرم‌ها را می‌توان به بستر اضافه کرد (Smith، ۱۹۹۸).

## ۵-۲ شرایط محیطی مطلوب برای رشد و تکثیر کرم‌های خاکی

۲-۵-۱ دما: دما از مهمترین عوامل محیطی موثر بر رشد و تکثیر کرم‌های خاکی می‌باشد (Edwards, ۱۹۹۵). شرایط محیطی مطلوب تقریباً برای تمامی گونه‌های مناسب برای تولید ورمی‌کمپوست یکسان است. منظور از دما، درجه حرارت داخل توده کمپوست است و دمای هوا اهمیت زیادی ندارد. فرآوری ضایعات در دماهای بین ۱۵-۲۵ درجه سانتی‌گراد سریعتر انجام می‌شود (Dominguez و همکاران، ۱۹۹۷). در سیستم‌های تولید ورمی‌کمپوست دمای داخل توده‌ها باید زیر ۳۵ درجه سانتی‌گراد باشد و بیشترین فعالیت کرم‌های خاکی در دمای بین ۱۵-۲۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده می‌شود (Zajenoc, ۱۹۹۲). کرم‌ها نسبت به تغییرات دما در محیط زیست خود مقاومند. نتایج آزمایش‌ها نشان داده که اگر تغییرات دما تدریجی باشد و در مدت زمان طولانی اتفاق بیفتد، کرم‌ها مقاومت می‌کنند (Pale, ۱۹۹۵).

۲-۵-۲ رطوبت: کرم‌های کمپوستی برای حرکت در داخل مواد بستری و پیشگیری از هدر رفتن آب بدن خود نیاز به محیط مرطوب دارند ولی رطوبت بیش از حد باعث بوجود آمدن شرایط ماندابی و نامناسب می‌شود. کرم‌های کمپوستی قادرند در رطوبت حدود ۴۰٪ رطوبت اشباع به فعالیت خود ادامه دهند. رطوبت مناسب برای رشد گونه *E.foetida* ۸۰-۷۰٪ می‌باشد ( گزارش واحد فناوری ضایعات سبز<sup>۲</sup>، ۲۰۰۰). کرم‌های خاکی مقدار زیادی آب مصرف می‌کنند زیرا در هر روز به اندازه ۶۰٪ وزن بدن خود پیشاب آزاد می‌کنند. ادرار آنها مقدار زیادی نیتروژن دارد و منبع کودی مناسبی است (Elcock و Martens, ۱۹۹۵).

<sup>۲</sup> Green Waste Technology Unit (GTU)

۲-۵-۳ تهویه: کرم‌های خاکی از شرایط بی‌هوایی دوری می‌کنند و هوادهی یک عامل ضروری برای حیات آنهاست (Edwarda و Bohlen، ۱۹۹۶). تنفس کرم‌های خاکی از طریق پوست انجام می‌شود و شدت تنفس آنها به میزان سطح قابل دسترس بدن برای پخشیدگی گازها بستگی دارد (Mendes و Almedia، ۱۹۶۲). کرم‌های نوزاد چون نسبت سطح بدن به وزنشان زیاد است، شدت تنفس بیشتری داشته و اکسیژن بیشتری برای رشد نیاز دارند.

۲-۵-۴ pH مناسب برای بیشتر کرم‌های خاکی بین ۷-۶/۵ است ولی برخی از گونه‌های کرم‌های خاکی نسبت به pH های اسیدی مقاومند. برای کم کردن pH مواد بستری می‌توان از ضایعات طبیعی مانند پیت خزه‌ای، خاک اره کهنه، برگ‌های کاج، برگ‌های یولاف و برگ‌های درختان رشد کرده در خاکهای اسیدی استفاده نمود (Smith، ۱۹۹۸). پوست مرکبات اسیدی است و اضافه کردن آن باعث کاهش pH می‌شود. از سوی دیگر اضافه کردن دولومیت، مواد آهکی و پوست تخم‌مرغ خرد شده باعث افزایش pH خواهد شد.

## ۲-۶ ورمی کمپوست

Vermis ریشه لاتین کلمه worm به معنی کرم می‌باشد. در سال‌های اخیر استفاده از کرم‌های خاکی در تهیه کمپوست مورد توجه قرار گرفته است، این عمل تولید ورمی کمپوست نامیده می‌شود. ورمی کمپوست همان ماده ای است که چارلز داروین طبیعی دان مشهور از آن به عنوان کود گیاهی نام برده و عنوان اولین کتاب در زمینه بیولوژی خاک که بیش از یک قرن از تدوین آن می‌گذرد را به خود اختصاص داده است (Ghilarov و Darwin، ۱۹۸۳).

ورمی کمپوست، فناوری استفاده از انواع خاصی از کرم‌های خاکی است که به دلیل داشتن توان رشد و تکثیر بسیار سریع و قابل توجه برای مصرف انواع مواد آلی زاید، این مواد آلوده کننده محیط را به یک کود آلی با کیفیت ممتاز تبدیل می‌کنند. بسیاری از گونه‌های کرم‌های خاکی برای تولید ورمی کمپوست استفاده شده‌اند، ولی فقط دو گونه *E.foetida* و *L.rubellus* به دلیل مقاومت به تغییر شرایط محیطی و سرعت زیاد تغذیه و تکثیر، در واحدهای بزرگ تجاری پرورش داده می‌شوند (Baker و Kilpin، ۱۹۹۲). عبور آرام، مداوم و مکرر این مواد از مسیر دستگاه گوارش کرم‌خاکی، همراه با خرد کردن، سائیدن، به هم زدن و مخلوط کردن که در بخش‌های مختلف این مسیر انجام می‌گردد، همچنین آغشته کردن این مواد به انواع ترشحات مهم گوارشی مانند ذرات کربنات کلسیم، آنزیم‌ها، مواد مخاطی، متابولیت‌های مختلف میکروارگانیسم‌های دستگاه گوارشی و در نهایت ایجاد شرایط مناسب برای سنتز اسیدهای هومیک، در مجموع موادی را تولید می‌کنند که خصوصیتی به طور کامل متفاوت با مواد خرده شده پیدا می‌کنند (علیخانی و ثواقبی ۱۳۸۵؛ Gupta، ۲۰۰۳).

کرم‌های خاکی از مواد آلی تغذیه کرده و فقط مقدار کمی از این مواد را برای فعالیت‌های سوخت و ساز در بدنشان مصرف می‌کنند، مقدار زیادی از این مواد معدنی به صورت مدفوع یا همان کست کرم خاکی دفع می‌شود (Smith، ۱۹۹۸). این فرآیند شامل فعالیت‌های بیوشیمیایی و فیزیکی- مکانیکی می‌باشد. فرآیند فیزیکی- مکانیکی شامل ترکیب و خرد و ریز کردن بوده در حالیکه فرآیند بیوشیمیایی شامل تجزیه میکروبی در روده کرم‌های خاکی می‌باشد و فعالیت میکروبی را افزایش می‌دهند و سرعت تجزیه مواد را بهبود می‌بخشند. مدفوع کرم با ترشحات مخاطی سیستم گوارشی کرم‌ها و میکروب‌ها مخلوط می‌گردد که این ترشحات باعث افزایش ثبات و قوام مدفوع می‌شود.

وقتی مواد در سنگدان عضلانی کرم‌ها خرد می‌شوند، اندازه ذرات آنها به ۲-۱ میکرون کاهش می‌یابد (Mitra، ۱۹۹۷). محصول نهایی که ورمی کمپوست نامیده می‌شود، در حقیقت شامل فضولات کرم‌های خاکی، مواد آلی که به طور جزئی تجزیه شده‌اند، کوکون، کرم‌های خاکی و سایر ریز جانداران

است که مواد با ساختمان مناسب شبیه پیت با تخلخل زیاد، تهویه، زهکشی و ظرفیت نگهداری آب بالا و همچنین چگالی ظاهری کم است (Edwards, ۱۹۹۸؛ Edwards و Burrows, ۱۹۸۸؛ Shipitalo و Edwards, ۱۹۹۸؛ Atiyeh و همکاران ۲۰۰۱). چون سطح ویژه ورمی کمپوست بسیار زیاد است، قابلیت جذب و نگهداری مواد غذایی آن بالاست (Smith, ۱۹۹۸).

## ۷-۲ ویژگی های زیستی ورمی کمپوست

کاربرد مواد آلی بویژه ورمی کمپوست به طور قابل توجهی بر pH خاک، جمعیت میکروبی و فعالیت آنزیم های خاکی موثرند (Atiyeh و همکاران، ۱۹۹۹). گزارش های زیادی مبین این موضوع است که کودهای آلی می توانند فعالیت زیستی خاک را افزایش دهند (Marinari و همکاران، ۲۰۰۰). ورمی کمپوست از لحاظ تنوع، جمعیت و فعالیت میکروبی غنی است (Subler و همکاران، ۱۹۹۸). گزارش ها نشان می دهد که افزودن مواد آلی به خاک کربن زیست توده، تنفس پایه ای، نسبت کربن زیست توده به کل کربن آلی مواد متابولیک که نشان دهنده ی فعالیت میکروارگانیسم های خاک می باشد را افزایش می دهد (Curry و همکاران، ۱۹۹۵).

محققان دیگر افزایش جمعیت میکروبی و فعالیت را بعد از افزودن مواد آلی به خاک گزارش کردند (Zink و Allen, ۱۹۹۸). افزایش فعالیت و جمعیت میکروبی فاکتورهای کلیدی مؤثر بر سرعت چرخه عناصر غذایی، تولید مواد محرک رشد گیاه و مقاومت گیاه یا تحمل به عامل های بیماری زا و حمله ی نماتد می باشد. با افزایش عناصر غذایی ورمی کمپوست، فعالیت و زیست توده میکروبی بالاتری نسبت به مواد غیر کمپوست شده ایجاد می گردد. در نتیجه کاربرد ورمی کمپوست، جمعیت میکروبی را ۳۹۷٪ و فعالیت میکروبی را ۳۲۳٪ افزایش داد. رایج ترین جنس های مشاهده شده در ورمی کمپوست اسپرژیلوس، فوزاریوم، کلادوسپوریوم، موکور و تریکودرما است. تریکودرما پنسیلیوم

خاصیت آنتی‌بیوتیکی دارند و می‌توانند به عنوان عامل کنترل زیستی عوامل بیماری‌زا ناشی از خاک به کار روند. افزایش معنی‌دار جوامع میکروبی در ورمی‌کمپوست گونه‌های متفاوت کرم‌خاکی پرورش یافته بر روی سوبستراهای مختلف به دلیل:

✓ غلظت بالای عناصر غذایی،

✓ تکثیر میکروبی در حین عبور از سیستم گوارشی کرم‌های خاکی،

✓ رطوبت مطلوب،

✓ سطح ویژه بالا در ورمی‌کمپوست که مناسب تغذیه بهتر و تکثیر میکروبهاست

(Ranganathan و Parthasarathi, ۱۹۹۹).

تأثیر ورمی‌کمپوست بر فعالیت میکروبی ریزوسفر اسفناج توسط Pascual و همکاران (۱۹۹۷ b) بررسی شد، نتایج نشان داد شمار میکروارگانیسم‌ها، انتشار گاز دی‌اکسید کربن، زیست توده‌ی میکروبی و فعالیت دهیدرژناز را افزایش می‌دهد. تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست روی این پارامترها بیش از کود دامی است.

تحقیقات نشان داده است، در طول فرآیند تولید ورمی‌کمپوست جمعیت ریز جانداران بیماری‌زا به مقدار بیشتری کاهش می‌یابد و بعد از ۶۰ روز فعالیت کرم‌های خاکی، جمعیت باکتری‌های کلی فرم از  $39000 \text{ MPN/g}$  به صفر و مقدار باکتری‌های سالمونلا از  $3 \text{ MPN/g}$  به  $1 \text{ MPN/g}$  رسیده است (Dominguez و همکاران، ۱۹۹۷). در اثر مصرف ورمی‌کمپوست کاهش معنی‌داری در بند پایان، شته‌ها، کنه‌ها و کاهش آسیب‌های بوته گیاهان شده است (Sinha و همکاران، ۲۰۱۰ a). در مطالعه‌ی (Edwards و همکاران، ۲۰۰۷) گزارش سرکوب نماتدهای مولد گره در ریشه، سرکوب کنه و عنکبوت در گیاهان، شده است. همچنین بدلیل فرآیندهای هوازی تجزیه، معدنی شدن نیتروژن آلی در ورمی‌کمپوست سریعتر از روش‌های متداول تهیه کمپوست صورت می‌گیرد و در تیمار با کرم‌های خاکی میزان نیترات سازی ۶۵-۵۰٪ بیشتر است. فرآیند هوموسی شدن که معمولاً در طول بلوغ

کمپوست صورت می‌گیرد در ورمی‌کمپوست سریعتر و بیشتر انجام می‌گیرد و درصد کربن در ساختمان اسیدهای هومیک نسبت به اسیدهای فولیک افزایش می‌یابد (Mba, ۱۹۹۶).

## ۲-۸ خصوصیات کیفی ورمی‌کمپوست

ورمی‌کمپوست یک ماده آلی دانه‌ای شکل با رنگ تیره و بدون بو، غیر سمی و یک کود آلی طبیعی می‌باشد که با آبشویی شسته نمی‌شود و حتی گیاهان حساس را نمی‌سوزاند. این خصوصیات ورمی‌کمپوست، آن را به جایگزین مناسبی برای پیت و سایر محیط‌های گلدانی تبدیل کرده است (Dominguez و همکاران، ۱۹۹۷). ورمی‌کمپوست دارای EC بسیار اندک است بطوریکه هیچ گونه محدودیتی در مصرف آن، برای گیاه تحت کشت ایجاد نمی‌کند. یکی از دلایل دیگری که برای افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی در ورمی‌کمپوست می‌توان اشاره نمود این است که ورمی‌کمپوست به دلیل pH تعدیل یافته و نیز خاصیت تامپونی مناسب خود از تغییرات بیش از حد pH که اختلال در جذب عناصر غذایی از خاک توسط گیاه را به دنبال خواهد داشت، جلوگیری می‌کند (Albanell و همکاران، ۱۹۸۸). خاکدانه‌های ورمی‌کمپوست دارای پوشش لعابی از ترشحات دستگاه گوارشی کرم‌های خاکی هستند و دارای جاذب الرطوبه بوده و آب را برای مدت زمان بیشتری نگه می‌دارند. کربن آلی موجود در ورمی‌کمپوست مواد غذایی را به آرامی و به طور یکنواخت در سیستم رشد گیاهی آزاد کرده و گیاه را قادر به جذب این مواد می‌نماید. خاک غنی شده با ورمی‌کمپوست، موادی اضافی فراهم می‌کند که در کودهای شیمیایی غالباً یافت نمی‌شود. به طور خلاصه می‌توان گفت که ورمی‌کمپوست در طولانی مدت و بر اثر استعمال مکرر، باعث ارتقای خواص زیستی، فیزیکی و شیمیایی خاک و گیاه می‌شود (Zende و همکاران، ۱۹۹۸). آن دسته از خواص ورمی‌کمپوست که آنرا به یک کود زیستی ایده آل تبدیل می‌کند عبارتند از :



- ✓ ورمی کمپوست حاوی آنزیم‌های از قبیل پروتئاز، لیپاز، آمیلاز، سلولاز، لیگناز و کیتیناز می‌باشد. این آنزیم‌ها به عملکرد خود در تجزیه زیستی مولکول‌های بزرگ و بقایای کشاورزی در خاک ادامه می‌دهند تا حملات میکروبی بعدی تسریع شود.
- ✓ ورمی کمپوست از نظر ویتامین‌ها، آنتی بیوتیک‌ها و هورمون‌های رشد، ماده‌ای غنی می‌باشد.
- ✓ مدفوع کرم عاری از عوامل بیماری‌زا است.
- ✓ مدفوع کرم دارای ریز جامعه گیاهی (میکروفلور) خاص است که در خاک برای ایجاد محصولات مفید، دارای فعالیت‌های پیوسته‌ای می‌باشند.
- ✓ مدفوع کرم حاوی کوکون‌های کرم خاکی بوده و تعداد این کرم‌ها را در خاک افزایش می‌دهد.
- ✓ افزودن این ماده (ورمی کمپوست) به خاک، باعث ثبات ساختمان خاک می‌گردد.
- ✓ ورمی کمپوست رطوبت هوا را نیز جذب می‌نماید و رطوبت خاک همواره در حد مطلوبی می‌باشد (Atiyeh و همکاران، ۲۰۰۲b).

## ۹-۲ مزایای فرآیند تولید ورمی کمپوست

زباله‌های آلی می‌توانند به سرعت توسط کرم‌های خاکی تجزیه و متلاشی گردند و به ماده‌ای با ساختاری خوب و مناسب تبدیل شوند که این ماده به‌طور بالقوه از ارزش اقتصادی بسیاری به عنوان یک کود ارگانیک برخوردار است. ورمی کمپوست ماده‌ای شبیه به پیت است که به خوبی تغییر فرم یافته و ساختار، تخلخل، زهکشی و ظرفیت نگهداری رطوبت در آن در حد عالی می‌باشد. این کود زیستی دارای سطح ویژه بسیار بالایی می‌باشد که قابلیت جذب و نگهداری فراوانی برای عناصر غذایی فراهم می‌آورد. مطالعات نشان می‌دهد که خاک تیمار شده با ورمی کمپوست به صورت معنی داری جرم مخصوص ظاهری بیشتری داشته و از این رو متخلخل و سبک‌تر است و به ندرت متراکم می‌شود. افزایش تخلخل به افزایش تعداد منافذ در اندازه‌های در دامنه  $30-50\mu\text{m}$  و  $50-500\mu\text{m}$  و کاهش تعداد منافذ بزرگتر از  $500\mu\text{m}$  نسبت داده شده است (Eevera و Vankatesh، ۲۰۰۸). ورمی کمپوست

می‌تواند تعادل مناسبی بین مواد معدنی ایجاد کرده، دسترسی به مواد مغذی را ارتقا بخشیده و به عنوان کود دانه‌ای مخلوط عمل نماید، همچنین وزن مخصوص ظاهری زیاده را به شدت کاهش می‌دهد اگر چه این کار به زمان بیشتر نیاز دارد (علیخانی و ثواقبی، ۱۳۸۵).

فضولات کرم‌های خاکی اغلب دارای نیتروژن، فسفر و پتاسیم به میزان ۱۱-۵ برابر بیشتر از خاکند و در طول فرآیند میزان کلسیم، منیزیم و عناصر کم مصرف نیز افزایش می‌یابد (Smith, ۱۹۹۸؛ Arancon و همکاران، ۲۰۰۵). وجود عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در مقایسه با سایر کودهای آلی و همپنین وجود عناصر میکرو مانند آهن، روی، مس و منگنز از خصوصیات بارز کود ورمی‌کمپوست می‌باشد (Atiyeh و همکاران، ۲۰۰۲b). شواهد زیادی وجود دارد که فعالیت کرم‌های خاکی باعث تسریع معدنی شدن مواد آلی و تجزیه پلی ساکاریدها، افزایش مواد هوموسی، کاهش نسبت کربن به نیتروژن و کاهش قابلیت سودمندی عناصر سنگین می‌شود (Dominguez و همکاران، ۱۹۹۷).

با توجه به اهمیت تناسب زمانی بین آزاد سازی عناصر غذایی و جذب گیاه، مشاهده گردیده که کودهای کندرها عملکرد گیاه را افزایش می‌دهند و سبب کاهش آبشویی عناصر غذایی می‌شوند (Contanazaro و همکاران، ۱۹۹۸). یکی دیگر از مزایای ورمی‌کمپوست خاصیت کندرها بودن این کود است، زیرا در عین حال که ماده آلی از میان دستگاه گوارش کرم عبور می‌کند، یک لایه نازک از چربی بر روی آنها رسوب کرده، این لایه در طی دو ماه فاسد شده و خاصیت خود را از دست می‌دهد، بنابراین گرچه عناصر غذایی در کودهای غیر آلی برای گیاه فوراً قابل استفاده هستند، ولی در کودهای آلی و از جمله ورمی‌کمپوست در یک مدت طولانی‌تر به آهستگی آزاد می‌شوند (Atiyeh و همکاران، ۲۰۰۰ b).

همان گونه که در جدول ۱-۲ مشاهده می شود، ورمی کمپوست نسبت به کمپوست معمولی (باغی) دارای مقادیری بیشتری از عناصر بوده و pH کمتری را دارا می باشد (علیخانی و ثواقبی، ۱۳۸۵).

جدول ۱-۲ مقایسه خصوصیات شیمیایی ورمی کمپوست و کمپوست باغی (علیخانی و ثواقبی، ۱۳۸۵)

پارامترها	کمپوست باغی	ورمی کمپوست
pH	۷/۸	۶/۸
EC(dS/m)	۳/۶	۱۱/۷
نیترژن کل (%)	۰/۸	۱/۹۴
نیترات (mg/kg)	۱۸۶/۵	۹۰۲
فسفر کل (%)	۰/۳۵	۰/۴۷
پتاسیم کل (%)	۰/۴۸	۰/۷
کلسیم کل (%)	۲/۲۷	۴/۴۰
سدیم کل (%)	<۰/۰۱	۰/۰۲
منیزیم کل (%)	۰/۵۷	۰/۴۶
آهن کل (mg/kg)	۱۱۶۹۰	۷۵۶۳
روی کل (mg/kg)	۱۲۸	۲۷۸
منگنز کل (mg/kg)	۴۱۴	۴۷۵
مس کل (mg/kg)	۱۷	۲۷
بر کل (mg/kg)	۲۵	۳۴

عمل اکسایش و پایدار شدن مواد آلی در فرآیند ورمی کمپوست سریعتر از فرایند کمپوست صورت می گیرد (Cavender و همکاران، ۲۰۰۳). از لحاظ کیفی، ماده ای با pH تعدیل شده، سرشار از مواد هومیک و عناصر غذایی به فرم قابل جذب برای گیاه، دارای انواع ویتامین ها، مواد مؤثر بر رشد گیاه مانند اسیدهای هومیک (Masciandaro و همکاران، ۱۹۹۷؛ Senesi و همکاران؛ ۱۹۹۲)، تنظیم کنندگان رشد گیاه مانند اکسین، سیتوکنین و ژبیرلین (Tomati و همکاران، ۱۹۸۸، Grappelli و همکاران، ۱۹۸۷؛ Krishnamoorthy و Vajrabhiah، ۱۹۸۶) که مسئول افزایش رشد گیاه و عملکرد

محصولات زراعی می‌باشد توسط میکروارگانیسم‌ها و کرم‌های خاکی تولید می‌شود. لذا می‌توان این کود را در زمره مواد محرک رشد گیاه (PGPs) قرار داد (Atiyeh و همکاران، ۲۰۰۰ a).

شواهد عملی فزاینده‌ای وجود دارد که نشان می‌دهند ورمی‌کمپوست سبب افزایش رشد و باروری گیاهان مختلف می‌شود (Atiyeh و همکاران، ۲۰۰۰ a). ورمی‌کمپوست رشد گیاهان را بهتر از مواد مغذی معدنی تحریک می‌کند که به دلیل اثرات مستقیم و غیر مستقیم مواد هومیکی موجود در ورمی‌کمپوست است که مانند تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی عمل می‌کنند (Arancon و همکاران، ۲۰۰۳). برتری ورمی‌کمپوست نسبت به کمپوست‌های معمولی در وجود آنزیم‌ها و هورمون‌های رشد بیان شده است (Rigi، ۲۰۰۲). نتایج پژوهش‌های مختلف همگی بیانگر اهمیت کودهای آلی مانند ورمی‌کمپوست بر بهبود رشد و عملکرد گیاهان می‌باشد (Mousavi و همکاران، ۲۰۰۹؛ Gonzalez و Tejada، ۲۰۰۶).

مطالعات مختلف گلخانه‌ای و مزرعه‌ای تأثیر مفید ورمی‌کمپوست‌های مختلف تولید شده از ضایعات آلی مختلف را بر محدوده وسیعی از گیاهان مثل غلات و بقولات، سبزیجات (Griffiths و Chan، ۱۹۹۸)، گیاهان زینتی و گل‌ها (Subler و همکاران، ۱۹۹۸) و گیاهان مزرعه‌ای (Arancon و همکاران، ۲۰۰۲a) نشان داده‌اند. نتایج بیشتر این مطالعات مؤید تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست بر القای رشد بهینه گیاه بود. افزودن ورمی‌کمپوست به خاک و محیط‌های کشت گلدانی باعث بهبود جوانه‌زنی بذر، افزایش رشد نشأ و بهبود رشد و باروری کلی گیاهان می‌شود در تمامی آزمایشات بهترین پاسخ‌های رشدی زمانی بدست آمد که ورمی‌کمپوست بخش نسبتاً کوچکی (۲۰-۱۰٪) از حجم کل محیط رشد را تشکیل می‌دهد (Atiyeh و همکاران، ۲۰۰۰ a). مزایای ورمی‌کمپوست به طور کلی عبارتند از :

✓ دارای کیفیت برتر نسبت به سایر کودها بوده و محدودیت مصرف کودهای شیمیایی را ندارد.

✓ بی بو، کاملاً بهداشتی و فاقد عوارض جانبی کودهای شیمیایی می‌باشد.

- ✓ از نظر عناصر غذایی بسیار غنی و مقوی بوده و در عین حال از حجم کمی برخوردار است و سریع جذب می‌شود.
- ✓ افزایش سبزی‌نگی در برگ‌ها و تسریع کننده رشد اندام‌های هوایی و ریشه‌ها است.
- ✓ محصول را تا ۵۰٪ افزایش می‌دهد.
- ✓ تثبیت کننده خاک بوده و از فرسایش جلوگیری می‌کند.
- ✓ ایجاد پوشش گیاهی در ارتفاعات و شیب‌های تند را ممکن می‌سازد.
- ✓ دارای خاصیت نگهداری آب به میزان ۲ الی ۸ برابر حجم خود بوده و از هدر رفتن آب جلوگیری می‌نماید (Canellas و همکاران، ۲۰۰۰).

## ۱۰-۲ سیستم های تولید ورمی کمپوست

سیستم‌های مختلفی برای تولید ورمی کمپوست در سطوح کوچک و بزرگ پیشنهاد شده است. هر یک از سیستم‌ها در شرایط خاصی کاربرد داشته و نیاز به فناوری ویژه‌ای دارند. سیستم تولید ورمی کمپوست جعبه‌ای (batching) برای مقیاس‌های کوچک و منازل مناسب بوده و طراحی ساده دارد (Slocum, ۱۹۹۸). سیستم توده‌ای در محوطه باز (windrow) سیستمی قدیمی با فناوری پایین بوده که برای سطوح بزرگ قابل استفاده است. در این سیستم مواد آلی در سطح زمین به صورت توده‌ای طویل به ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر پخش شده و کرم‌های حاکی به توده‌ها اضافه می‌شود. این سیستم نسبتاً ناکارآمد است، زیرا مقدار زیادی از عناصر غذایی در اثر تصعید و شستشو از دست می‌رود (Edwards, ۱۹۹۵). سیستم راکتوری یا جریان پیوسته (contineous flow) به هر دو شکل ساده و با فناوری پیشرفته وجود دارد و می‌تواند به صورت دستی یا اتوماتیک طراحی شود. نوع اتوماتیک شامل تسمه‌های نقاله و سرند مخصوص است. در این سیستم جعبه‌های حاوی ورمی کمپوست روی پایه‌هایی بالا برده می‌شوند. سطح پایینی جعبه‌ها مشبک است. در هنگام برداشت، قسمت پایینی ورمی کمپوست توسط میله مخصوصی خرد شده و سرند می‌شود و مواد تازه به

قسمت فوقانی جعبه‌ها اضافه می‌شود. در این سیستم سرعت تولید ورمی کمپوست زیاد بوده و در مدت ۳۰ روز ورمی کمپوست تهیه می‌شود (Edwards و Bater، ۱۹۹۲). این سیستم نیاز به سرمایه گذاری زیادی دارد.

## ۲-۱۱ مواد بستره اولیه

از ویژگی‌های جوامع سنتی آن است که هیچ چیز دور ریخته نمی‌شود. این جوامع بر خلاف جوامع صنعتی سرمایه داری زباله‌ساز نیستند. چرخه مواد در چنین فرهنگ‌هایی در طبیعت گسسته نمی‌شود و هر زباله و نخاله و تفاله بی‌فایده‌ای سودمند می‌گردد و به‌عبارت دیگر به کود تبدیل می‌شود (فرهادی، ۱۳۸۲). یکی از این موارد فضولات دامی است. براساس آمار مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۹۱) سالانه بیش از ۲۰ میلیون تن کود دامی تولید می‌گردد. استفاده از فضولات دامی برای تولید انرژی از طریق گاز زیستی استفاده در تغذیه دام (مهردادفر، ۱۳۶۵؛ هاشمی، ۱۳۷۵) و بستر کشت (محبوب خمایی، ۱۳۸۵) مرسوم است.

درصد مواد غذایی کود حیوانی و کیفیت فیزیکی آن به عواملی مثل نوع حیوان، کیفیت مواد بستری، میزان پوسیدگی کود، تغذیه دام، میزان سدیم و مقدار بذر علفهای هرز، اسپور بیماری‌ها، لارو و تخم حشرات، شن و خاک دارد. درصد ازت کود گاوی بیشتر از کود گوسفندی و مرغی است، ولی درصد فسفر و پتاسیم کود مرغی از کودهای گاوی و گوسفندی بیشتر است.

فراوانی ترکیبات آلی ازت دار ساده در کود حیوانی تازه بسیار مسأله ساز است. تجزیه سریع این مواد سبب آزاد شدن آمونیاک و تجمع آن در مجاورت ریشه‌ها گشته و موجب مسمومیت گیاه می‌گردد. پوسیدگی اولیه کود این مشکل را مرتفع می‌سازد به همین جهت هیچ‌گاه نباید کود حیوانی تازه را به محصول کاشته شده داد. زیادی املاح در کود نیز می‌تواند از طریق ایجاد پتانسیل اسمزی و یا مسمومیت مستقیم گیاه مسأله ساز باشد. بنابراین وجود مقدار متعادلی از عناصر غذایی و عدم

زیادی عناصری مثل سدیم در کود دامی مطلوب می‌باشد. کیفیت مواد بستری نیز نقش مهمی در کیفیت و حالت فیزیکی کود حیوانی دارد. در زراعت‌های کوچک و سنتی کود حیوانی را بصورت کپه‌هائی در مزرعه قرار می‌دهند و سپس آن را با بیل بر سطح خاک پراکنده ساخته و با خاک مخلوط می‌کنند. در زراعت‌های مکانیزه از دستگاه کودپاش حیوانی استفاده می‌نمایند که بعنوان منبع مهم مکمل مواد آلی و بهبود شرایط خاک استفاده می‌شود ولی یک منبع آلودگی محیط زیست می‌باشد، رواناب حاصل از انباشت فضولات حیوانی باعث رشد میکروارگانیزم‌های سمی می‌شود و مؤثر در رشد بیش از حد باکتری‌ها و تجمع نیترات در آب زیر زمینی شده (Reinecke و همکاران، ۱۹۹۲). بدین منظور می‌توان از کودهای حیوانی برای رشد کرم‌های خاکی و نیز به‌عنوان بستر اولیه تولید ورمی‌کمپوست استفاده کرد که در این زمینه مطالعات زیادی صورت گرفته است. استفاده از بستر گاوی (Gunadi و همکاران، ۲۰۰۲؛ Reinecke و Viljoen، ۱۹۹۰a)، خوک (Reeh، ۱۹۹۲)، مرغ (Edwards و همکاران، ۱۹۸۵)، خرگوش (Buchanan و همکاران، ۱۹۸۸؛ Herrera و Mischis، ۱۹۹۵)، گوسفند (Edwards و همکاران، ۱۹۸۵) و بسترهای گیاهی مانند علف هرز رودخانه (Frederickson، ۱۹۹۷)، ضایعات هرس و افرا (Vinceslas-Akpa، ۱۹۹۷)، ضایعات سیب زمینی (Edwards، ۱۹۸۲) سبزیجات (Shanthi و همکاران، ۱۹۹۳) انجام گرفت، بیان کردند که کود گاوی تازه و میوه‌های سالم کرم‌های خاکی ریز فقط می‌توانند ۱ تا ۲ هفته زنده بمانند زیرا دارای EC بالایی می‌باشند و میزان آمونیاک بالایی دارند. در مطالعه (Neuhauser و همکاران، ۱۹۸۸) بیان شد که به دلیل تولید آمونیاک و گاز متان و اسید استیک در ۲ هفته اولیه می‌توان عامل کشته شدن کرم‌های خاکی باشد و در مطالعه (Edwards و همکاران، ۱۹۸۵) با گذر زمان رشد کرم‌ها در مواد جامد خوک بیشتر از گاوی بوده و حداکثر بیومس فردی در حدود ۱۲۰۰ میلی‌گرم می‌باشد. افزودن لایه‌های مواد باروری کرم‌های خاکی را افزایش داده ولی وزن کرم‌ها بعد از ۶۰ هفته کاهش می‌یابد.

بخش عظیمی از محصولات کشاورزی اعم از زراعی، باغی و دامی که با صرف هزینه‌های گران تولید می‌شود به دلایل متعدد در چرخه تولید تا مصرف ضایع شده و از بین می‌رود. میزان این ضایعات

در کشور ما بسیار بالاست و برای محصولات مختلف از ۱۰ تا ۵۰٪ و بیش از آن نیز گزارش شده است (خلاصه مقالات نخستین همایش بررسی ضایعات کشاورزی، ۱۳۸۲)، این مسئله منجر به مشکلات عدیده زیست محیطی و اقتصادی در کشور شده است. اخیراً محققین بر آن شده‌اند تا با یافتن راه حل‌های مناسب، از بقایای آلی و مواد دفعی غیر قابل مصرف، استفاده مفید کرده تا علاوه بر کاهش اثرات سوء زیست محیطی، گام‌های مؤثری نیز برای کنترل و مدیریت ضایعات بر داشته شود. مسلماً برای رسیدن به این اهداف می‌یابد از عملیات جایگزینی استفاده شود که کاملاً متکی به منابع داخلی باشد تا کشاورزی پایداری که در آن افزایش بهره‌وری، بهبود کیفیت و بهینه کردن ساختار اقتصادی، دنبال می‌گردد، فراهم و برقرار شود. بقایای آلی می‌توانند توسط کرم‌های خاکی تجزیه و خرد شده و با تغییرات به عمل آمده، پایدار شده و به محصولات ارزشمند پروتئینی چون بیومس (کرم) و کمپوست زراعی (ورمی کمپوست) با درجه عالی تبدیل شوند که محصول بسیار متفاوت از مواد اولیه بوده که در اثر هومیفیکاسیون و افزایش تجزیه به محصولی تبدیل می‌شود که نمک محلول کمتر و CEC بیشتری دارد (Atiyeh و همکاران، ۲۰۰۲b).

از طرفی سطح زیر کشت باغات در ایران بالا بوده و استان آذربایجان غربی مقام اول را در کشور دارا می‌باشد که این باغات سالانه هرس پاییزه و بهاره می‌شوند و این ضایعات هرس در حاشیه باغات جمع‌آوری و یا سوزانده می‌شوند که سوزاندن این ضایعات الواری و چوبی کربنی اثرات سو بر کیفیت خاک دارد (Shweta, ۲۰۱۱) این ضایعات الواری و چوبی از منابع دیگر برای کمپوست‌سازی هستند اما مطالعات مربوط به کاربرد کمپوست هرس در بین کمپوست‌های تجاری بکار رفته بعنوان سوبسترا کمتر انجام شده است (Gigliotti و همکاران، ۲۰۰۲). در کل شکستن مواد گیاهی تازه به وسیله کرم‌های خاکی و معدنی شدن میکروبی به شدت وابسته به خصوصیات شیمیایی مواد گیاهی است. چندین مطالعه ثابت کردند که مواد گیاهی تازه با نسبت C/N بالا برای کرم‌های خاکی کمتر قابل هضم هستند (Schrandt و Flegel, ۲۰۰۰؛ Curry, ۲۰۰۴). ترکیب شیمیایی تقریبی ضایعات چوب



به صورت جدول ۲-۲ می‌باشد و قسمت عمده چوب را کربن، اکسیژن و هیدروژن تشکیل می‌دهد (صالحی راد و همکاران، ۱۳۹۰).

جدول ۲-۲ ترکیب شیمیایی تقریبی ضایعات چوب (صالحی راد و همکاران، ۱۳۹۰)

ترکیب	درصد(%)
C	۴۱/۲
H	۵/۳
O	۳۴/۵
N	۰/۲۴
S	۰/۰۷
H <sub>2</sub> O	۱۶
خاکستر (ash)	۲/۸

بقایای گندم و یونجه و ذرت و سویا که به صورت کاه بر روی مزارع کشاورزی باقی می‌مانند، از این بین کاه گندم، به علت انعطاف پذیرتر بودن نسبت به دیگر مواد، ترجیح داده می‌شود، کاه و کلش به دلیل نرم بودن سریع خیس خورده و اشباع از آب می‌شود و در نهایت شرایط بی‌هوایی در توده ایجاد می‌شود. کاه و کلش، حاوی هیدرات کربن، سلولز و تمامی مواد غذایی مورد نیاز قارچ می‌باشد. بعنوان مثال کاه گندم حاوی ۳۶٪ سلولز، ۲۵٪ پنتوسان و ۱۶٪ لیگنین می‌باشد. سلولز و پنتوسان هیدرات‌های کربنی هستند که از تجزیه آنها قندهای ساده بوجود می‌آیند. اینگونه قندها انرژی مورد نیاز رشد میکروبی را فراهم می‌نمایند از طرفی لیگنین موجود در کاه و کلش و یا چوب درختان در طی مرحله اولیه کمپوست سازی به ماده‌ای مرسوم به کمپلکس هوموس لیگنین غنی از ازت که منبع پروتئین است تبدیل می‌شود. از طرفی کاه و کلش، بقایای زراعی دارای بخش زیادی پتاسیم هستند، در محل‌هایی که کاه و باقیمانده‌های محصول برای سوخت و یا اهداف دیگر مصرف می‌شوند تخلیه پتاسیم خاک بویژه اگر باقیمانده محصول از مزرعه برداشت و به شکل کود آلی برگردانده نشود سریع است (Pretty و Stangel، ۱۹۸۵؛ Whitbread و همکاران، ۲۰۰۰). برگرداندن بقایای محصولات بعد از برداشت به خاک، مقادیر قابل توجهی پتاسیم قابل جذب برای گیاه فراهم می‌کند (Fageria و

همکاران، ۱۹۹۰؛ Mubarak و همکاران، ۲۰۰۳). Gheyi و Fageria (۱۹۹۹) گزارش کردند که حدود ۷۰ تا ۸۰٪ از پتاسیم کل در بخش‌های رویشی غلاتی نظیر گندم (*triticum aestivum L.*) و برنج (*oryza sativa L.*) باقی می‌ماند. از این‌رو بازگرداندن کاه و کلش غلات به خاک اثر معنی‌داری بر چرخه پتاسیم در سیستم گیاه و خاک خواهد داشت و می‌توان از بقایای محصولات زراعی به‌عنوان بستر اولیه تولید ورمی‌کمپوست استفاده کرد. Suthar در مطالعات خود کود گاوی و ضایعات گیاهی و نیز زباله‌های خانگی را به عنوان بستر تولید ورمی‌کمپوست تعیین کرد و تفاوت در نتایج را به ماهیت مواد غذایی و تغییرات محیط زیست نسبت داد (Suthar، ۲۰۰۷).

سبوس گندم مهمترین محصول فرعی بدست آمده از فرآیند آسیاب کردن گندم برای تولید آرد است (باشتنی و همکاران ۱۳۷۸). بعلت بالا بودن مصرف نان در کشورهای در حال توسعه، سالانه مقدار زیادی سبوس گندم نیز تولید می‌شود که بعلت محدودیت آن در تغذیه طیور، عمده کاربرد آن در تغذیه نشخوارکنندگان می‌باشد. سبوس گندم از نظر ارزش غذایی بویژه مقدار پروتئین، املاح معدنی (خصوصاً فسفر) و ویتامین‌های گروه B (بویژه نیاسین) در درجه بالاتری نسبت به خود دانه گندم و آرد قرار دارد. سبوس گندم حاوی ۹/۲۳٪ فیبر بوده که بخش عمده آن را فیبرهای نامحلول تشکیل می‌دهد (رجب زاده، ۱۳۷۵). این محصول ارزان و فراوان که بعنوان یک فرآورده جانبی از فرآوری گندم حاصل می‌شود به شکل سنتی به مصرف خوراک دام رسیده و یا در محیط زیست نابود می‌شود در حالیکه می‌تواند به عنوان جایگزین چربی در بسیاری از فرمالاسیون‌های غذایی مورد استفاده قرار گیرد اما این محصول ظرفیت نگهداری آب پایین داشته (Grossmann و Galdeano، ۲۰۰۵).

بادرنجبویه (*melissa officinalis L.*) متعلق به تیره‌ی نعناع (*Lamiaceae*) بعنوان یک گیاه دارویی معطر موارد استفاده متنوعی دارد (Ribeiro و همکاران، ۲۰۰۱). در فارماکوپه‌های معتبر از برگ‌ها و پیکر رویشی آن بعنوان دارو یاد شده است (امید بیگی، ۱۳۷۹). بسیاری از اثرات درمانی آن

وابسته به اسانس برگ‌های آن است که غنی از آلدئیدها و الکل‌های ترپنیک می‌باشد (Ribeiro و همکاران، ۲۰۰۱). گیاه بادرنجبویه دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی بوده و حاوی آلفا توکوفرول می‌باشد (اردکانی و همکاران، ۱۳۸۶). این گیاه در اسانس‌گیری به کار می‌رود ولی ضایعات حاصل از واحدهای تولیدی عرقیات گیاهی بسیار زیاد می‌باشد که به مراکز دفن زباله منتقل شده و یا سوزانده می‌شوند. این ضایعات دارای ساختار لیگنین بوده و قابلیت استفاده در فرآیند کمپوست‌سازی را دارد و می‌توان از این ضایعات به عنوان بستر اولیه تولید ورمی‌کمپوست استفاده کرد.

مطالعات زیادی روی تولید ورمی‌کمپوست از ضایعات حیوانی، لجن فاضلاب و ضایعات صنعتی - کشاورزی وجود دارد (Ndegwa و همکاران، ۱۹۹۹). ولی قدم اول برای تبدیل ضایعات آلی به کودهای بیولوژیکی ارزشمند، شناخت فاکتورهای محیطی متداول برای رشد و تولید مثل کرم‌های خاکی است. در مطالعات (Edwards و Gunadi، ۲۰۰۳) بیان کردند کرم‌های خاکی نمی‌توانند در جامدات تازه گاو، مواد جامد تازه خوک جوان، ضایعات میوه و سبزی زنده بمانند. استفاده از کاغذ و ضایعات آلی بعنوان بستر مناسب همراه با ضایعات برگ درختان شرایط رطوبتی مطلوبی برای زنده ماندن کرم‌های خاکی ایجاد می‌کند. ساختار کاغذ و برگ از سلولز و نیاز به زمان بیشتر برای تجزیه شدن دارند. فعالیت کرم‌های خاکی به کیفیت و نوع تغذیه (Lee، ۱۹۸۵)، رطوبت و دما و دیگر فاکتورهای محیطی (Biradar و همکاران، ۱۹۹۹) وابسته است. تعداد کوکون‌ها و جمعیت نوزادان میزان زادآوری کرم‌های خاکی را تعیین می‌کند. تعداد کوکون‌ها نشان دهنده تمایل کرم‌های خاکی به تولید مثل بوده و جمعیت کرم‌های نوزاد نیز نشان دهنده مناسب بودن شرایط موجود در بستر برای تبدیل این کوکون‌ها به کرم‌های خاکی است.

از مهمترین پارامترهایی که در شناخت شرایط مطلوب برای کرم‌های خاکی بکار می‌رود بیومس کرم‌های خاکی می‌باشد افزایش یا کاهش بیومس در تیمارهای مختلف بیانگر این نکته است که تا چه حد شرایط مناسبی برای رشد و تولید مثل کرم‌های خاکی محیا شده است. میر بلوک و همکاران

(۱۳۸۷) در مطالعات خود بیان کردند مقایسه میانگین بیومس کرم‌های خاکی در تیمارهای مختلف آزمایش نشان داد که بیشترین بیومس در تیمار دارای ملاس و هوادهی شده که حدوداً ۱ تا ۱/۵ برابر نسبت به دیگر تیمارها بیومس بیشتری دارد و کمترین بیومس کرم‌های خاکی مربوط به تیمار کود گاوی بود که نشان می‌دهد کود گاوی تنها محیط مناسب برای رشد و نمو کرم‌های خاکی *Eisenia foetida* نیست و وجود مواردی نظیر هوادهی خاک ملاس بیومس کرم‌ها را به مقدار چشم‌گیری افزایش داده است. بعد از زمان ۶۰ روز بیومس کرم‌ها شروع به افت می‌کند که احتمالاً به دلیل کم شدن مواد غذایی در بستر رشد کرم‌ها می‌باشد، دیگر محققین نیز گزارش‌های مشابهی را در مورد روند رشد کرم‌ها با گذشت زمان بیان کردند (Dominguez و همکاران، ۱۹۹۷). با بررسی کلی نتایج این پژوهش مشاهده شد که کود گاوی تنها بستر رشد مناسب برای پرورش کرم‌های خاکی نیست. ملاس چغندر قند به‌عنوان یک ماده غذایی غنی از پروتئین و قند باعث افزایش رشد و نمو کرم‌های خاکی شد و اعمال تیمار هوادهی نیز به دلیل هوازی بودن کرم‌های خاکی شرایط ایده آلی برای رشد و نمو آنها فراهم نمود (میر بلوک و همکاران، ۱۳۸۷).

## ۲-۱۲ عناصر غذایی موجود در ورمی کمپوست

در سالهای اخیر استفاده از کودهای آلی جهت پاسخ‌گویی به نیاز گیاهان به مواد غذایی امری اجتناب ناپذیر می‌باشد که علاوه بر بهبود خصوصیات فیزیکی خاک، خواص شیمیایی و بیولوژیکی را ارتقا می‌دهد (Hetikamp و همکاران، ۲۰۱۱) و نیز باعث بهبود رطوبت خاک، ظرفیت نگهداری آب خاک، افزایش بهره‌وری و بهبود کیفیت محصول می‌شود (Premsekhar و Rajashree، ۲۰۰۹). کود بیولوژیکی فعال آماده‌سازی شده از حیوانات و گیاهان برای تولید پایدار با توجه به اثرات مفید بر جذب مواد غذایی و کنترل آفات و بیماری‌ها می‌باشد و میان این آماده‌سازی‌ها ورمی کمپوست به دلیل داشتن توانایی و پتانسیل قابل توجهی برای اصلاح خاک به رسمیت شناخته شده است (Wei و همکاران، ۲۰۱۲؛ Barrios-Masias و همکاران، ۲۰۱۱). ورمی کمپوست حاوی بسیاری از مواد مغذی

در فرم‌های قابل دسترس گیاه مانند فسفات، کلسیم تبادلی، پتاسیم محلول و سایر درشت مغذی‌ها و مقادیر زیادی میکروارگانیزم‌های مفید، ویتامین‌ها و هورمون‌های رشد که عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Theunissen و همکاران، ۲۰۱۰). درشت مغذی‌ها نقش مهمی در عملکرد محصول دارد براساس نقش که دارد در فعال‌سازی آنزیم‌ها برای سنتز کلروفیل رشد و رسیدن و نگهداری محصول دارند (Dellapenna و Grusak، ۱۹۹۹).

با پیشرفت ورمی‌کمپوست pH کاهش یافته که دلیل بر تولید  $\text{CO}_2$  و اسیدهای آلی در نتیجه سوخت و ساز میکروبی است (Edwards و همکاران، ۱۹۹۶؛ Curry و همکاران، ۱۹۹۵)، تجزیه مواد آلی باعث ایجاد یون  $\text{NH}_4^+$  و اسید هومیک می‌شود (Ham و Komilis، ۲۰۰۶) که اثر مخالف بر روی pH دارند، حضور گروه‌های کربوکسیلیک و فنولیک در اسیدهای هومیک باعث کاهش pH میکروارگانیزم شود اما یون  $\text{NH}_4^+$  باعث افزایش pH شده که تأثیر این دو یون مخالف باعث تنظیم pH به سمت خنثی می‌شود (Fares، ۲۰۰۵). EC محیط افزایش می‌یابد که به دلیل از دست دادن مواد آلی و نمک‌های معدنی مختلف که در فرم‌های قابل استفاده فسفات و آمونیوم و پتاسیم و ... آزاد می‌شوند (Kaviraj و Sharma، ۲۰۰۳). میزان pH مناسب برای ورمی‌کمپوست در مطالعات Edwards و Burrows (۱۹۸۸) بین ۴ تا ۷ گزارش شده است. در مطالعاتی که بر روی ورمی‌کمپوست حاصل از کود گوسفند انجام شد میزان pH در محدوده ۸/۶ بیان شد (Gutierrez-Miceli و همکاران، ۲۰۰۷) و میزان pH ورمی‌کمپوست حاصل از کود گاوی در محدوده ۷/۷۳ بیان شد (Lazcano و همکاران، ۲۰۰۸). در مطالعه ای که توسط Yan و همکارانش (۲۰۱۳) بر روی ضایعات مختلف بقایای گیاهی انجام گرفت، به این نکته اشاره شد که pH در ورمی‌کمپوست ضایعات درخت خرما خنثی و در ضایعات بریده چمن و کاه برنج در حالت کمتر قرار داشت. pH کم و در حد اسیدی باعث کاهش فعالیت باکتری‌ها و کرم‌های خاکی و یا باعث مرگ کرم‌های خاکی می‌شود (Dickerson، ۲۰۰۱) و میزان EC بعد از فرآیند ورمی‌کمپوست شدن مواد به میزان ۳۲/۶٪ کاهش یافت (Indrajeet و همکاران، ۲۰۱۰).

از نظر مواد غذایی ورمی کمپوست غنی بوده، فعالیت میکروبیولوژی که در نتیجه فعل و انفعالات بین کرم‌های خاکی و میکروارگانیسم‌ها در طول مدت زمان که مواد آلی را تجزیه می‌کنند، مشاهده شد (Dominguez, ۲۰۰۴). ورمی کمپوست برخلاف کمپوست در شرایط مزوفیل تولید شده، اگرچه میکروارگانیسم‌ها باعث کاهش ماده آلی بیو شیمیایی می‌شوند. در مطالعه Suhane و همکاران (۲۰۰۸) بیان شده است که ورمی کمپوست حداقل چهار برابر مغذی تر از کمپوست کود گاوی است. در آرژانتین، کشاورزانی که از ورمی کمپوست استفاده کردند ملاحظه نمودند که این نوع کود زیستی هفت برابر غنی تر از کمپوست‌های سنتی از نظر عناصر غذایی و مقادیر مواد محرک رشد می‌باشد (Suhane و همکاران، ۲۰۰۸). در مطالعات دیگر گزارش رشد فوق‌العاده گندم و ذرت نسبت به کمپوست معمولی و کود شیمیایی بیان شده است (Sinha و همکاران، ۲۰۱۰ b؛ Chauhan, ۲۰۰۹).

در مطالعات Bano و Kale (۱۹۸۶) افزایش ۷/۳۷٪ نیتروژن و ۱۹/۵٪ فسفر در ورمی کمپوست بیان شده است و در مطالعه Suhane و همکاران (۲۰۰۸) میزان پتاسیم تبدلی در ورمی کمپوست برابر ۹۵٪ و ورمی کمپوست حاوی کلسیم، منیزیم، روی، منگنز و آنزیم‌های مانند لیپاز، سلولاز و کیتیناز که در تجزیه مواد موجود نقش دارد (Tiwari و همکاران، ۱۹۸۹). Majlessi و همکاران (۲۰۱۲) مطالعاتی را بر روی کست کرم‌های خاکی انجام داده و نتایج نشان دادند که منیزیم به میزان ۲ برابر و نیتروژن ۱۵ برابر و پتاسیم ۷ برابر افزایش داشت. بلوغ نابالغ ورمی کمپوست باعث افزایش کمبود منابع نیتروژن در گیاه و تجزیه سریع کمپوست نابالغ باعث کاهش اکسیژن در اطراف ریشه گیاهان می‌گردد (Chikae و همکاران، ۲۰۰۶؛ Komilis و همکاران، ۲۰۰۹). استفاده از کمپوست نابالغ باعث تولید مواد سمی برای گیاه و تولید آمونیاک و اسیدهای آلی مانع رشد گیاه گردیده (Gomez-Brandon و همکاران، ۲۰۰۸). در طول فرآیند ورمی کمپوست کرم‌های خاکی با مصرف مواد موجود در محیط و عبور از دستگاه گوارشی کرم‌ها و تأثیر ترشحات دستگاه گوارشی کرم‌ها فرآیندهای معدنی شدن عناصر اتفاق می‌افتد که به دلیل معدنی شدن نیتروژن، نیتروژن به فرم نیترات در بستر افزایش می‌یابد (Atiyeh و همکاران، ۲۰۰۰ a).

(کست)، آنزیم‌ها و حتی بافت‌های پوسیده کرم‌های خاکی می‌باشد (Suthar, 2007 a) و در تحقیقات Elvira و همکاران در سال ۱۹۹۸ بیان شد زیست توده میکروبی بالا در کست کرم‌ها موجب آزاد شدن مواد غذایی گردیده و باعث افزایش عناصر مغذی شده است که در مطالعات (Parthasarathi و همکاران، ۱۹۹۹) به نتایج مشابهی دست یافته‌اند.

در مطالعه Plaza و همکارانش (۲۰۰۷) در طی فرآیند ورمی‌کمپوست شدن از کود گاوی و تفاله زیتون، میزان نیتروژن به دلیل معدنی شدن مواد غنی از کربن افزایش داشته و این به دلیل فعالیت باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن می‌باشد و مقدار نهایی نیتروژن به میزان تجزیه و نیتروژن مواد اولیه بستگی دارد و علاوه بر این به ترشحات و مواد دفعی نیتروژن‌دار توسط کرم‌ها مربوط می‌شود (Khwairakpam و Bhargava, ۲۰۰۹؛ Suthar, ۲۰۰۹). افزایش فسفر در فرآیند ورمی‌کمپوست به دلیل معدنی شدن منابع فسفر و فعالیت باکتری‌ها که باعث دفع مواد حاوی فسفاتاز می‌باشد (Edwards و همکاران، ۱۹۷۲). میزان پتاسیم نیز افزایش داشته که به دلیل وجود موجودات ریز و میکروفلور در روده‌های کرم‌ها بود (Sharma و kaviraj, ۲۰۰۳) و کاهش ماده آلی می‌تواند نشان پیشرفت تجزیه مواد باشد (Ananthakrishnasamy, ۲۰۰۹).

مطالعه‌ی Indrajeet و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که نیتروژن ۷۴-۹۶٪ و فسفر ۲۰-۲۴٪ پتاسیم ۴۳-۱۵۳٪ افزایش داشت. در تحقیقاتی که از سوی Garg و Gupta (۲۰۰۶) بر روی ورمی‌کمپوست حاصل از زباله‌های آشپزخانه انجام گرفت غلظت عناصر فسفر، نیتروژن و پتاسیم افزایش یافت Bharadwaj (۲۰۱۰) و Suthar (۲۰۱۰) نیز نتایج مشابهی گزارش نموده‌اند.

## ۲-۱۳ تأثیر ورمی‌کمپوست بر روی رشد گیاه

ورمی‌کمپوست بهترین خاک گلدانی قابل تصور برای گلخانه یا گیاهان خانگی است. همچنین می‌توان از آن در کاشت درختان، بوته‌ها و سبزیجات نیز استفاده نمود. مطالعات نشان می‌دهد که

کرم‌های خاکی ورمی‌کمپوستی را تولید می‌کنند که باعث افزایش رشد و جوانه‌زدن در گیاه می‌شود. تنها اضافه کردن ۰.۵٪ کمپوست به محیط کشت معمولی (۰.۹۵٪) افزایش قابل توجهی در رشد گیاه ایجاد کرده (Edwards, ۱۹۹۵).

Arancon و همکاران (۲۰۰۵) تأثیر ورمی‌کمپوست تولید شده از کود گاوی، ضایعات غذایی و بقایای کاغذ را بر روی رشد و محصول‌دهی فلفل در مزرعه مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که استفاده از ورمی‌کمپوست عملکرد و رشد فلفل را به طور معنی‌داری افزایش داده است. این افزایش شامل افزایش در سطح برگ، افزایش وزن ساقه و میوه می‌باشد. کاربرد ورمی‌کمپوست در خاک همچنین موجب افزایش توده میکروبی و نیز افزایش فعالیت آنزیم دهیدروژناز گردیده است، بعلاوه اینکه در طی مصرف ورمی‌کمپوست مواد هومیک و هورمونهای محرک رشد گیاه نیز توسط میکروارگانیسم‌ها تولید شده است. تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست در افزایش رشد گیاهان به دلایل متعددی است که به آنها اشاره می‌شود:

✓ فضولات کرم‌های خاکی سرشار از عناصر پر مصرف و کم مصرف به فرم قابل استفاده است. بسیاری از عناصر طی این عمل به صورت قابل جذب برای گیاه در می‌آیند مانند نیتراژها، فسفر قابل تبادل، پتاسیم محلول، کلسیم و منیزیم.

✓ کرم‌های خاکی در خاک شرایطی را بوجود می‌آورند که باعث کاهش جمعیت میکروارگانیسم‌های خاک از قبیل حشرات، نماتدها و سایر میکروارگانیسم‌های خاکزی می‌شود.

✓ بسیاری از گونه‌های کرم خاکی، میکروارگانیسم‌های مضر مثل قارچ، باکتری و ... را که پاتوژنهای گیاهی‌اند را می‌بلعند و طی این پروسه باعث افزایش میکروب‌های مفید می‌شوند.

✓ اخیراً کشف شده که کرم‌های خاکی برای تغذیه، اسپورهای میکوریزها (قارچهای مفیدی که به گیاه در جذب مواد غذایی کمک می‌کنند) را می‌بلعند. این اسپورها در مدفوع کرم حفظ می‌شوند و در نتیجه سریع‌تر و راحت‌تر در اختیار ریشه گیاه قرار می‌گیرند. همچنین آنها غنی از باکتریها،



قارچها، اکتینومیسیتها و همچنین باکتریهای تجزیه کننده سلولز می‌باشند. با عبور خاک و مواد آلی از بدن کرم، pH خاک تعدیل می‌یابد.

- ✓ ترشح بعضی از ویتامین‌های در خاک، از جمله ویتامین‌های گروه B و ویتامین‌های گروه D.
  - ✓ وجود مواد تحریک کننده رشد گیاه از قبیل اکسین و سیتوکنین در فضولات کرم.
  - ✓ ورمی کمپوست حاصل تجزیه مواد آلی توسط میکروارگانیسم‌ها و کرم‌های خاکی است این فرآیند عمل تجزیه مواد آلی را تشدید کرده، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مواد را تغییر داده، باعث کاهش نسبت C/N و افزایش سرعت فرآیند هوموس سازی می‌شود.
- در مطالعات Arancon (۲۰۰۴) به این نکته اشاره شد که وزن ساقه خشک در گیاهان تیماری با ورمی کمپوست اصلاحی توسط زباله‌های مواد غذایی نسبت به ضایعات کاغذ افزایش داشت. در مطالعه‌ای دیگر اثرات مثبت ورمی کمپوست بر روی رشد بگونیا و *Coleus* و بویژه تحریک ریشه‌زائی، زمان گلدهی و افزایش میانگرم گیاهان را داشت (Tomati، ۱۹۸۳).

در تحقیقاتی که توسط Premuzic و همکاران (۱۹۹۸) انجام گرفت گزارش کردند که در رشد گوجه فرنگی در بسترهای آلی مثل ورمی کمپوست، در ساختار میوه میزان قابل توجهی کلسیم، ویتامین C نسبت به محیط‌های هیدروپونیک افزایش نشان داد. در مطالعه انجام شده توسط Bachman (۲۰۰۸) اثر مثبت ورمی کمپوست بر وزن خشک جعفری، فلفل، گوجه فرنگی، گندم گزارش شد. در تحقیقات Subler و همکاران (۱۹۹۸) بیان شده است که وزن نهال گوجه فرنگی در اثر استفاده از ورمی کمپوست حاصل از کود خوک افزایش یافته است و در مطالعه دیگر بیان شده است که کاربرد ۱۰ تا ۵۰٪ از ورمی کمپوست حاصل از کود خوک باعث افزایش وزن خشک نهال گوجه فرنگی می‌شود (Atiyeh، ۲۰۰۰ a).

با کاربرد ورمی کمپوست عملکرد کل گوجه فرنگی، سطح برگ و وزن خشک ساقه گیاه و میزان فسفر و آهن و منگنز و مس افزایش یافت. در مقادیر کاربردی کم ورمی کمپوست باعث افزایش

عملکرد و بر روی خصوصیات فیزیکی و فعالیت آنزیمی و تنوع میکروبی و فعالیت و عوامل تغذیه‌ای و رشد گیاه اثر داشته و باعث افزایش شده است (Galli و Tomati، ۱۹۹۵) که در مطالعات Arancon و همکاران (۲۰۰۴) اثرات مثبت ورمی‌کمپوست بر رشد و عملکرد گیاه گزارش شده است و نیز افزایش سطح برگ و وزن خشک و عملکرد گیاه توت فرنگی گردیده و در مطالعه موسوی و همکاران (۱۳۹۱) بیان شد اثر مفید ورمی‌کمپوست بر روی عملکرد برنج مشاهده شد.

تحقیقات نشان داده‌اند ورمی‌کمپوست دارای فعالیت میکروبی و آنزیمی بالایی بوده و حاوی مقادیر زیاد تنظیم‌کننده‌های رشدی گیاه می‌باشد و استفاده مستمر و کافی با مدیریت مناسب می‌تواند باعث افزایش کربن آلی، انتقال و نگهداری آب خاک شده و با بهبود خصوصیات فیزیکی آن اثرات مفیدی روی رشد و عملکرد گونه‌های گیاهی داشته باشد (Parthasarathi و همکاران، ۲۰۰۸)، از طرفی ورمی‌کمپوست دارای جوامع میکروبی بسیار غنی و گوناگون است (Arancon و Edwards، ۲۰۰۴). استفاده از این کود در خاک‌ها باعث افزایش فعالیت و تنوع جوامع ریزموجودات بومی خاک شده و منجر به ایجاد جمعیت میکروبی بسیار بزرگتر، غنی‌تر و متنوع‌تر خاک می‌گردد. برخی ریز موجودات می‌توانند روابط فزاینده در فرا ریشه گیاه در نتیجه توسعه ریشه را به دنبال داشته باشند، بنابراین ظرفیت و توانایی گیاه برای استفاده از رطوبت و عناصر غذایی خاک را افزایش می‌دهند. Arancon و همکاران (۲۰۰۴) با افزودن ۲۰ و ۴۰٪ ورمی‌کمپوست در محیط کشت گوجه فرنگی، فلفل و کلم کاهش معنی‌داری در جمعیت بند پایان و کاهش متعاقب در آسیب گیاهی را گزارش نمودند. کنترل بیماری‌های گیاهی، فعالیت قارچ‌های میکوریز داخلی و کاهش جمعیت نماتدهای بیماری‌زا بر اثر مصرف ورمی‌کمپوست را گزارش کرده‌اند (Atiyeh و همکاران، ۲۰۰۱). در مطالعات Pramanik و همکاران (۲۰۰۷) جمعیت میکروبی ورمی‌کمپوست بدست آمده از پهن گاو و ضایعات جامد شهری (MSW) به عنوان سوبسترا (مواد خام) را مطالعه کرده و متوجه شد که فراوانی جمعیت میکروبی در ورمی‌کمپوست پهن گاوی بالاترین مقدار را داشت. تعداد کل باکتریها  $10^9 \times 7/3$ ، قارچ سلولولیتیک  $10^7 \times 5/9$  و باکتری تثبیت کننده نیتروژن  $10^4 \times 1/6$  بود. این مقادیر در ورمی‌کمپوست

حاصله از MSW کمترین مقدار را داشتند. وی همچنین نشان داد که کاربرد آهک در سوبسترای اولیه، جمعیت همه میکروبهای مذکور را صرفنظر از سوبسترای استفاده شده به منظور تولید ورمی کمپوست افزایش می‌دهد. این محقق همچنین گزارش داد که ورمی کمپوست جذب عناصر غذایی توسط گیاهان را بواسطه تحریک رشد ریشه و افزایش تکثیر ریشه‌های موئین افزایش می‌دهد. در مطالعات Edwards (۱۹۹۸) به این نتیجه دست یافت که ورمی کمپوست سرشار از جمعیت میکروبی، تنوع گونه‌ای به ویژه قارچ باکتری اکتینومیست است (Tomati و همکاران، ۱۹۸۷) همواره گسترش این فعالیت بیولوژیکی می‌تواند کمک مؤثری در سرعت جوانه زنی و رشد و عملکرد بهتر گیاهان باشد (Atiyeh و همکاران، ۲۰۰۰ a) مثل جایگزینی مقدار کمی از ورمی کمپوست در گلدان گیاهان منجر به افزایش قابل توجهی در جوانه‌زنی و رشد گیاهان، گل همیشه بهار و گوجه فرنگی و فلفل در آزمایشات گلخانه‌ای گردید (Atiyeh و همکاران، ۲۰۰۲ b).

Edwards و Burrows (۱۹۸۸) گزارش دادند که ورمی کمپوست، بویژه انواعی که از منابع فضولات دامی حاصل می‌شوند، معمولاً دارای عناصر معدنی بیشتری نسبت به مواد آلی با منشأ گیاهی می‌باشند و مقدار زیادی از این عناصر به اشکالی تبدیل شده‌اند که به سهولت توسط گیاهان جذب می‌شوند. فسفر در ورمی کمپوست ۶۴٪ بیشتر از مواد آلی اولیه بود که این مقدار افزایش فسفر ناشی از افزایش فعالیت فسفاتازها در نتیجه عمل مستقیم آنزیمی روده و به صورت غیر مستقیم، در نتیجه تحریک ریز موجودات می‌باشد. Edwards و Burrows (۱۹۸۸) گزارش دادند که افزایش رشد گیاهان زینتی و سبزیجات در ورمی کمپوست فرآوری و تولید شده از پسماند آلی بواسطه فعالیت تغذیه‌ای کرم‌خاکی *Eisenia foetida* بسیار بالا بوده و این افزایش رشد به تنهایی از طریق تأثیر فعالیت کرم‌خاکی بر روی کیفیت و قابلیت دسترسی عناصر غذایی توسط گیاه قابل تفسیر نمی‌باشد. پاسخهای رشدی معمول، که بعد از تیمار گیاهان با مواد هومیکی حاصل می‌شوند، در برگیرنده افزایش رشد در پاسخ به افزایش مقدار مواد هومیکی می‌باشد، اما در مقادیر بالاتر باعث کاهش رشد می‌گردد (Atiyeh و همکاران، ۲۰۰۰ b).

دیگر محصولات جانبی فعالیتهای میکروبی با عنوان مواد محرک رشد گیاه، شامل آنتی بیوتیک ها، مواد کنترل کننده بیماریها، مواد مؤثر بر رشد گیاهی مانند هورمونها و هوماتها می باشند. پژوهشهای مختلف نشان می دهند که برخی ریزموجودات نظیر باکتریهای جنس سودوموناس کنترل کننده بیماریهای گیاهی هستند و توسط مکانیسم رقابت میکروبی می تواند به سادگی باعث ایجاد مقاومت گیاه به بیماری ها گردند.

مطالعات اخیر نشان داده که برخی کرمهای خاکی، نوعی از ورمی کمپوست را تولید می کنند که باعث افزایش رشد و جوانه زدن در گیاه می شود و تنها اضافه کردن پنج درصد ورمی کمپوست به محیط کشت معمولی افزایش قابل توجهی در رشد گیاه ایجاد کرده است (Arancon و همکاران، ۲۰۰۵). شواهد زیادی وجود دارد که نشان می دهد ورمی کمپوست یا همان کستهای کرمها گاهی اوقات موجب دفع آفات می شوند.

به گزارش Atiyeh و همکاران (۲۰۰۰) جوانه زنی بذر، رشد نشاء و متوسط وزن میوههای گوجه فرنگی با جایگزین کردن محیطهای کشت تجاری توسط ورمی کمپوست بهبود می یابد. از سوی دیگر، اضافه کردن ورمی کمپوست حاصل از کود خوک تا میزان ۹۰٪، رشد رویشی و گلدهی گل جعفری را افزایش می دهد (Atiyeh و همکاران، ۲۰۰۰ b).

در یک مطالعه مقدماتی توسط Edwards و Arancon (۲۰۰۴) نشان داده شد که اثرات اضافه کردن ورمی کمپوست به خاک همانند اثرات اضافه کردن هورمونهای ژبیرلین، IAA، سیتوکنین است. تحقیقات بر روی ریحان (درزی و همکاران، ۱۳۸۷)، بابونه (عزیزی و همکاران، ۲۰۰۸)، توت فرنگی (Arancon و همکاران، ۲۰۰۴) و جو (Singh و همکاران، ۲۰۰۶) نشان داده است که ورمی-کمپوست باعث افزایش رشد و عملکرد در این گیاهان می شود. در طول ورمی کمپوست سازی مقدار زیادی اسید هومیک ایجاد می شود که طبق گزارشات اثر مثبتی بر روی گیاهان دارد (Atiyeh و همکاران، ۲۰۰۲؛ Manivannan و همکاران، ۲۰۰۹). طی تحقیقاتی نشان داده شده است که

ورمی کمپوست بر روی رشد و تولید انواع گیاهان، غلات، حبوبات و همچنین گیاهان پوششی اثرات مثبتی دارد (Buckerfield و همکاران، ۱۹۹۹). نتایج آزمایشی دیگر، تأثیر کودهای آلی ورمی کمپوست و کود شیمیایی بر عملکرد و کیفیت گیاه گوجه فرنگی بر حاصلخیزی خاک، کیفیت محصول پس از برداشت و قابلیت نگهداری بیشتر در انبار را نشان می‌دهد و همچنین بیان می‌دارد استفاده از کودهای آلی می‌تواند به عنوان جایگزین مناسبی برای کود شیمیایی باشد (Savala و همکاران، ۲۰۰۳). Subler و همکاران (۱۹۹۸) با جایگزینی ۱۰ و ۲۰٪ ورمی کمپوست با محیط کشت، بهبود رشد و جوانه زنی گیاهان اطلسی (*Petunia hybrid L.*)، همیشه بهار (*Calendula officinalis L.*)، فلفل (*Capsicum annum L.*)، کلم تکمه ای (*Brassica oleracea*)، گوجه فرنگی (*Lycopersicum esculentum L.*) را گزارش کردند.

Bachman و Metzger (۲۰۰۸) بیان نمودند که کاربرد ورمی کمپوست در غلظت‌های عملی موجب افزایش رشد گیاه گندم یا عملکرد دانه آن می‌گردد. در مطالعه ای که توسط Federico و همکاران (۲۰۰۷) صورت گرفته تأثیر مثبت افزودن ورمی کمپوست به خاک در محصول گوجه فرنگی نشان داده شده است. نتایج بدست آمده از تحقیق عزیزی و همکاران (۲۰۰۸) نیز نشان داد سطوح مختلف ورمی کمپوست تأثیر معنی‌داری بر رشد و عملکرد ریحان دارد به طوری که تیمار ۲۰٪ ورمی کمپوست بالاترین وزن تر و وزن خشک بوته را تولید کرد. در تیمار ۱۵٪ ورمی کمپوست بالاترین میزان اسانس بدست آمد که با شاهد و با بقیه تیمارها در سطح پنج درصد اختلاف معنی داری داشت.

Follet و همکاران (۱۹۸۱) گزارش دادند که محتوای کلروفیل با مقدار عناصر تغذیه‌ای جذب شده توسط گیاه از خاک ارتباط دارد. کودهای آلی (ورمی کمپوست) و غیر آلی (شیمیایی) محتوای عناصر تغذیه ای خاک را افزایش می‌دهد که در نتیجه آن، میزان فراهم‌آوری این عناصر برای گیاه افزایش می‌یابد. تأثیر مثبت تعداد سالهای کوددهی و همچنین معنی‌دار بودن اثر متقابل این عامل با ورمی کمپوست بر ارتفاع و محتوای کلروفیل برنج نیز در مطالعه‌ای دیگر اثبات گردید (Mousavi و

همکاران، ۲۰۰۹). Gonzalez و Tejada (۲۰۰۶) نیز تأثیر بالای کمپوست غنی شده با کود شیمیایی بر افزایش محتوای کلروفیل برنج در مقایسه با تیمار بدون کود را در مطالعه خود اثبات کردند.

Aalok و همکاران (۲۰۰۸) طی تحقیقی گزارش دادند که ورمی کمپوست غنی شده با کود ماکیان باعث افزایش ارتفاع و تعداد برگ در گیاه ذرت می شود. ورمی کمپوست جمعیت میکروارگانیسم های مفید مانند تثبیت کننده های نیتروژن و حل کننده های فسفر و فعالیت آنزیم های نیتروژناز و اوره آز را افزایش می دهد. همچنین تأثیر مثبت کودهای آلی ( ورمی کمپوست سه تن در هکتار+ کود ماکیان ۲/۴۵ تن در هکتار) بر شمار خوشه ها در هر متر طولی و تعداد سرخوشه ها در هر متر مربع و وزن هزار دانه در ذرت گزارش شده است. تیماری که ۵۰٪ ورمی کمپوست + ۵۰٪ کود مرغی دریافت کرده، دارای عملکرد بیشتری نسبت به کود مزرعه، ورمی کمپوست و کود مرغی به تنهایی بود.

## ۲-۱۴ کشاورزی و گوجه فرنگی ارگانیک

افزایش جمعیت انسانی و افزایش در خواست برای کیفیت بهتر محصولات کشاورزی همیشه انگیزه ای برای توسعه کشاورزی بوده است. بدین لحاظ کشاورزی ارگانیک یک روند گریز ناپذیر در کشاورزی آینده است. گوجه فرنگی بخش مهمی از برنامه غذایی مردم را تشکیل می دهد که به صورت تازه خوری و فرآوری شده مصرف می گردد. قبل از گواهی محصول به عنوان محصول ارگانیک، باید یک دوره مدیریت زیستی در مزرعه جهت تبدیل به ارگانیک با رعایت استانداردهای مربوطه اعمال شود همچنین توجه به آموزش و بازاریابی دو رکن اساسی در این سیستم هستند که قبل از آغاز کار باید به آن توجه کرد. در انتخاب واریته برای تولید ارگانیک گوجه فرنگی هر دو تیپ رشدی محدود و نامحدود می تواند انتخاب گردد. با استفاده از مالچ های ارگانیک، کمپوست ها، تناوب با لگومها، گیاهان

پوششی، کودهای سبز، کودهای دامی و سنگهای معدنی می‌توان به مدیریت خاک در تولید ارگانیک این محصول کمک کرد. بهترین سیستم آبیاری برای گوجه فرنگی ارگانیک آبیاری قطره‌ای به همراه مالچ می‌باشد. گوجه فرنگی می‌تواند به طور مستقیم در تاریخ مناسب کشت شود اما این محصول معمولاً در گلخانه حدود ۶ هفته جلوتر به منظور تهیه نشاء کشت می‌گردد مخلوط ارگانیک برای تهیه نشاء می‌تواند شامل مقادیری کمپوست با کیفیت بالا بالاخص ورمی کمپوست باشد.

## ۲-۱۴-۱ گیاه شناسی گوجه فرنگی

گوجه‌فرنگی از خانواده *Solanaceae* و جنس *Lycopersicon* است. تمام گونه‌های این جنس، دیپلوئیدهای علفی یکساله یا چند ساله کوتاه عمر با ۲۴ کروموزوم غیر جنسی هستند. گل‌های گوجه فرنگی کامل بوده و دارای اندام نر (پرچم) و اندام ماده (مادگی) فعال هستند. چندین گل (معمولاً ۸-۴ گل) در هر گل آذین مرکب وجود دارد و هر بوته ممکن است بیش از ۲۰ گل آذین متوالی در طی دوره رشد تولید کند. کاسه گل کوتاه بوده و در زمان رسیدن میوه‌ها به رنگ سبز باقی می‌ماند. ۶ گلبرگ آن به رنگ زرد است و یک سانتیمتر طول دارد. میوه آن یک میوه گوشتی است که در هنگام رسیدن به رنگ قرمز یا زرد درآمده و ممکن است صاف یا با شیارهای طولی همراه باشد. گوجه فرنگی در دما و شرایط رشدی مناسب، دوره تولید مثل خود را در ۹۵ تا ۱۱۵ روز کامل می‌کند با این حال این مدت به نوع رقم بستگی دارد. گوجه فرنگی از لحاظ رشد ساقه به سه دسته رشد محدود، رشد نیمه محدود و رشد نامحدود تقسیم می‌شود. گوجه فرنگی نوع رشد نامحدود در کشت‌های گلخانه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد (Atherton و Rudich، ۱۹۸۷). گوجه فرنگی یک منبع سرشار از مواد معدنی، ویتامین‌ها و ترکیبهای آنتی‌اکسیدانی بوده و از مهمترین محصولات های باغبانی جهان در ارتباط با سلامت و تغذیه انسان به شمار می‌آید و در حال حاضر ۲۵٪ از کل تولیدات سبزی جهان را به خود اختصاص می‌دهد. این محصول به دو صورت کشت در هوای آزاد (جهت مصارف صنعتی) و

کشت در محیط گلخانه (جهت مصارف تازه خوری) پرورش می‌یابد. در کشت گلخانه ای گوجه فرنگی امکان استفاده از سیستم های کشت خاکی و یا بدون خاک وجود دارد. امروزه در اغلب گلخانه‌های مدرن، کشت در محیط بدون خاک به این دلیل است که بستر های خاکی به دلایل متعددی از جمله هزینه‌های بالا جهت آزمایش‌های اولیه تعیین میزان عناصر، عدم کنترل دقیق pH، EC، بیماری‌های خاکزی، علف‌های هرز و مسائل مربوط به تناوب با مشکل بسیاری مواجه هستند. در حالی که در سیستم های کشت بدون خاک، اساس کار بر استفاده از یک بستر جهت نگهداری ریشه و استفاده از محلول غذایی جهت تغذیه استوار است و به این دلیل بسیاری از مشکلات ذکر شده مرتفع می‌گردند (Sainju, 2003). امروزه بهبود کیفیت و عملکرد میوه تازه گوجه فرنگی موضوع مهمی برای پرورش دهندگان گلخانه‌ای است و پرورش‌دهندگان و محققین علوم مرتبط ابزارهای مدیریتی لازم برای بهبود کمیت و کیفیت تولید را شناخته و مورد استفاده قرار دهند (Lai و همکاران، 2007).

## ۲-۱۴-۲ تولید گوجه فرنگی در ایران و جهان

گوجه‌فرنگی و محصولات تبدیلی آن یکی از مهمترین تولیدات صنایع تبدیلی در جهان می‌باشد بطوریکه سالانه حدود ۳۵-۳۰ میلیون تن گوجه فرنگی تازه در کارخانجات فرآوری می‌گردد و رب گوجه فرنگی محصول عمده آنها می‌باشد. در نتایجی که در سالهای اخیر در مراکز تحقیقاتی بهداشتی، پزشکی کشورهای اروپایی و آمریکا بدست آمده ماده *Lycopene* که به وفور در گوجه‌فرنگی و فرآورده‌های آن وجود دارد دارای خواصی از قبیل جلوگیری از اکسیداسیون کلسترول LDL و در نتیجه جلوگیری از بیماری اترواسکلروزیس و بسیاری از بیماری های مربوط به دستگاه گوارش می‌باشد.

طبق آمار معاونت بهبود امور تولیدات گیاهی وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت گوجه فرنگی فضای باز ایران در سال ۱۳۸۷ در حدود ۱۴۷۰۰۰ هکتار، میزان برداشت ۵۳۰۰۰۰۰ تن و



میانگین برداشت در هکتار ۳۶ تن می باشد. ایران پس از کشورهای آمریکا، ایتالیا و چین رتبه سوم تولید گوجه فرنگی را به خود اختصاص داده است. بر خلاف بسیاری از کشورهای تولید کننده بنابر دارا بودن اقلیم های مختلف در تمام فصول، محصول گوجه فرنگی تازه خوری در فصل کشت و خارج از فصل کشت به بازار عرضه می گردد. استان های فارس منطقه جیرفت و کهنوج، خراسان رضوی، هرمزگان، بوشهر و آذربایجان شرقی بزرگترین تولید کنندگان گوجه فرنگی کشور به شمار می روند. بخش محدودی از تولیدات گوجه فرنگی نیز به گلخانه هایی اختصاص یافته است که با برنامه ریزی وزارت جهاد کشاورزی در حال توسعه می باشند. از چالش های عمده در تولید گوجه فرنگی در ایران، عدم وجود تشکل های علمی جهت برنامه ریزی دقیق، وارداتی بودن ۹۰٪ بذور مصرفی، خرده مالکی، محدودیت منابع آبی و بالا بودن نیاز آبی این محصول می باشد. از سوی دیگر میزان تولید گوجه فرنگی در واحد هکتار در ایران پایین است. با استفاده از بذرهایی هیبرید مناسب از جنبه کیفیت محصول، مقاومت بالا نسبت به آفات و بیماری های رایج و میزان برداشت، تغییر روش آبیاری کرتی و سنتی به آبیاری تحت فشار قطره ای و تعیین و تدوین برنامه غذایی مناسب، می توان میزان تولید را به بیش از حد استاندارد افزایش داد.

کلا ۳۷ کشور در جهان امکان فرآوری گوجه فرنگی را دارند و فقط ۱۲ کشور اول ۹۰٪ فرآوری را انجام می دهند که ایران در سال ۲۰۰۸ مقام پنجم را پس از آمریکا، ایتالیا، چین و ترکیه دارا بود و از این ۱۲ کشور فقط ۷ کشور ۹۴٪ بازار صادرات این محصولات را در اختیار دارند که ۶۰٪ از محصولات گوجه فرنگی فرآوری شده را از مراکز کشت و فرآوری به مناطق مصرف صادر نموده اند. در دهه ۲۰۰۷-۱۹۹۷ تولید فرآورده های گوجه فرنگی ۳۳/۷٪ رشد داشته است و مصرف این محصولات هم با افزایش ۳۳٪ در ده سال بموازات تولید رشد داشته است. مصرف سرانه فرآورده های گوجه فرنگی در آمریکای شمالی معادل ۳۱ کیلوگرم گوجه فرنگی تازه، در اروپای غربی ۲۳ کیلوگرم و در اروپای شرقی و کشورهای که در این سالها عضو اتحادیه اروپا شده اند ۱۸ کیلوگرم می باشد و مجموعاً آمریکا و اروپا حدود دو سوم از کل مصرف این تولیدات را بخود اختصاص داده اند در حالیکه مصرف

سرانه این محصول در آسیا ۰/۳ کیلوگرم، در آفریقا ۵ کیلوگرم و در امریکای جنوبی ۴ کیلوگرم و برای ایران معادل ۲۵ کیلوگرم گوجه فرنگی تازه می باشد. پیش بینی می گردد مصرف محصولات گوجه فرنگی فرآوری شده در جهان تا سال ۲۰۱۰ هر سال حدود ۳٪ افزایش یابد.

استفاده از کودهای شیمیایی موجب افزایش عملکرد گیاه گوجه فرنگی می شود، البته استفاده بی‌رویه کودهای شیمیایی طی سالیان متمادی اثرات زیست محیطی و سوئی بر خاک داشته است. از دیر باز استفاده از کودهای حیوانی در مزارع گوجه فرنگی به دلیل افزایش بازدهی محصول رایج بوده است. اخیراً ورمی‌کمپوست نیز به دلیل اثرات مثبت بر روی شاخص‌های رشد و عملکرد گیاهان و بازدهی بیشتر نسبت به کودهای شیمیایی و حیوانی بیشتر مورد توجه قرار گرفته است.



فصل سوم:

مواد و روش ها

این تحقیق از دو آزمایش تشکیل شده بود. در آزمایش اول در حضور کرم‌های خاکی از بقایای مختلف، ورمی‌کمپوست تهیه گردید. خواص و تأثیر آنها در رشد و تکثیر کرم‌های خاکی در فواصل زمانی مختلف بررسی گردید. در آزمایش دوم از ورمی‌کمپوست تولید شده بعنوان بستر رشد گیاه گوجه فرنگی استفاده شد و شاخص‌های رشد گیاه و غلظت عناصر غذایی در اندام‌های هوایی گیاه مورد مطالعه قرار گرفت.

### ۱-۳ تهیه کرم خاکی *Eisenia foetida*

کرم خاکی مورد استفاده از گونه *Eisenia foetida* بود که در فرآیند تولید کود ورمی‌کمپوست از سرعت رشد و تکثیر بالایی برخوردار می‌باشد (Edwards و Bohlen، ۱۹۹۶). کرم‌های خاکی از گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه تهیه گردیدند.

### ۲-۳ آماده سازی بقایای آلی مختلف

بقایای گیاهی مختلف شامل برگ‌های درختان چنار و افرا ( $L_1$  و  $L_2$ ) از محوطه‌ی دانشگاه ارومیه، کاه و کلش گندم (S) از سطح مزارع گندم، ضایعات هرس درختان سیب و انگور ( $P_1$  و  $P_2$ ) از باغات سیب و انگور ارومیه، ضایعات عرقیات بادرنجبویه (E) از واحدهای تولید عرقیات گیاهی، سبوس گندم (B) و کود گاوی (C) از دامپروری دانشگاه ارومیه جمع آوری شدند. برای کاهش میزان EC کود گاوی ابتدا شسته و خشک گردید. برای رفع آلودگی‌های اولیه، سطح برگ‌ها نیز شسته و خشک شدند و در اندازه‌های ۱ الی ۲ میلی‌متر آسیاب شدند.

ضایعات هرس درختان سیب و انگور (عموماً شاخه‌های یک ساله و دوساله) و ضایعات بادرنجبویه توسط دستگاه‌های بزرگ آسیاب (در کارخانه نئوپان ارومیه) بطور مجزا خرد و سپس توسط دستگاه آسیاب کن در اندازه های ۱ الی ۲ میلی‌متر آسیاب شدند.

برای یکسان شدن کلیه بقایای آلی، این مواد بعد از آماده شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند و نمونه هایی برای انجام آزمایشات اولیه به آزمایشگاه منتقل شدند.

### ۳-۳ تیمارهای آزمایشی

برای رشد و تکثیر کرم‌های خاکی و تولید ورمی کمپوست از سیستم جعبه ای استفاده گردید. برای این منظور جعبه‌های چوبی در ابعاد  $20 \times 30 \times 30$  تهیه و مواد اولیه مورد نیاز برای بستر رشد و تکثیر کرم‌های خاکی با نسبت حجمی ۱ به ۳ از بقایای آلی (۱ واحد کود گاوی و ۳ واحد از بقایای آلی) با هم مخلوط و رطوبت اولیه ۷۵٪ رطوبت اشباع یک هفته نگهداری شدند تا گرمای تولید شده از مواد در اثر اختلاط مواد با یکدیگر به کرم های خاکی صدمه ای وارد نکند. آزمایش به صورت اندازه‌گیری‌های تکرار شده در زمان در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با ۶ تیمار و ۳ تکرار در شرایط گلخانه ای انجام گردید و تیمارهای آزمایش شامل:

۱- کود گاوی یا تیمار شاهد (C)

۲- سبوس گندم + کود گاوی (CB)

۳- کاه و کلش گندم + کود گاوی (CS)

۴- بقایای گیاهی درختان چنار و افرا + کود گاوی (CL)

۵- ضایعات هرس درختان سیب و انگور + کود گاوی (CP)

#### ۶- ضایعات عرقیات بادرنجبویه + کود گاوی (CE)

بعد از گذشت ۷ تا ۱۰ روز از آماده سازی تیمارها، تعداد ۴۰ عدد کرم خاکی بالغ و نابالغ با وزن بیوماس یکسان ( $0.2 \pm 0.4$  گرم) از گونه *Eisenia foetida* به هر جعبه افزوده شدند، جعبه‌ها در محوطه گلخانه گروه علوم خاک زیر سایه‌بان با رطوبت ۷۵٪ رطوبت اشباع تنظیم و آب‌پاشی جعبه‌ها برای جلوگیری از خشک شدن سطح جعبه‌ها و حفظ رطوبت در این حد انجام شد و به مدت ۱۸۰ روز نگهداری شد.

#### ۳-۴ تعیین جمعیت کرم‌های خاکی

جمعیت کرم‌های بالغ و نابالغ و تعداد کوکون‌های کرم‌های خاکی هر ۶۰ روز یکبار به مدت ۱۸۰ روز تعیین شدند. در پایان هر دوره زمانی کرم‌های خاکی و کوکون‌ها به روش دستی از مواد داخل جعبه‌ها جداسازی و شمارش گردیدند و نیز در همان زمان‌ها نمونه برداری از مواد در حال تجزیه انجام گردید.

#### ۳-۵ تعیین خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست

مقداری از نمونه‌ها تهیه شده هوا خشک و از الک دو میلی‌متری عبور داده شد و برای آنالیزهای شیمیایی آماده شدند. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ورمی‌کمپوست حاصل از منابع آلی مختلف مانند pH در عصاره ۱:۵ توسط pH متر (Garg و همکاران، ۲۰۰۶)، کربن آلی با روش والکی و بلک (Nelson و Sommers، ۱۹۸۲)، ظرفیت تبدلی کاتیونی ورمی‌کمپوست (Bower و همکاران، ۱۹۵۲)، N به روش کج‌دال (Mulvaney و Bremner، ۱۹۸۲)، هدایت الکتریکی خاک (EC) با دستگاه هدایت‌سنج، آمونیوم و نترات به روش کج‌دال (Keeney و Nelson، ۱۹۸۲) اندازه‌گیری گردیدند.

### ۳-۵-۱ اندازه گیری pH

اسیدیته نمونه‌ها در عصاره ۱:۵ ورمی کمپوست و آب، توسط دستگاه pH متر اندازه‌گیری گردید.

### ۳-۵-۲ قابلیت هدایت الکتریکی (EC)

EC نمونه‌ها در عصاره ۱:۵ (حجمی) ورمی کمپوست و آب توسط دستگاه EC متر اندازه‌گیری

گردید.

### ۳-۵-۳ تعیین ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)

برای تعیین ظرفیت تبادل کاتیونی از روش اشباع با استات سدیم و اندازه‌گیری توسط دستگاه

فلیم فتومتر تعیین گردید (Bower و همکاران، ۱۹۵۲).

### ۳-۵-۴ تعیین کربن آلی (%OC)

برای تعیین کربن آلی، روش والکی و بلک (Nelson و Sommers، ۱۹۸۲) مورد استفاده قرار

گرفت. بدین صورت که ۰/۱ گرم ورمی کمپوست عبور کرده از غربال نیم میلی‌لیتری، به داخل ارلن

مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته و به آن ۱۰ میلی‌لیتر دی‌کرومات پتاسیم یک نرمال و ۲۰ میلی‌لیتر

اسیدسولفوریک غلیظ اضافه گردید. پس از گذشت ۳۰ دقیقه، ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر، ۵ میلی‌لیتر

اسید فسفریک غلیظ و حدود ۱۲ تا ۱۵ قطره معرف ارتوفنا نترولین به آن اضافه شد. سپس

سوسپانسیون به وسیله فروآمونیم سولفات نیم مولار استاندارد شده تیترا گردید. با استفاده از حجم

سولفات فرو مصرفی و رابطه زیر، درصد کربن آلی خاک محاسبه گردید:

$$\text{OC(\%)} = (\text{meq FeSO}_4 - \text{meq K}_2\text{C}_2\text{O}_7) \times 0.003 \times 100 / (\text{جرم خاک خشک}) \quad (۱)$$



### ۳-۵-۵ اندازه گیری نیتروژن کل

بهترین روش اندازه گیری نیتروژن کل خاک استفاده از روش کج‌دال (اکسید کردن مرطوب) می‌باشد. این روش ۳ مرحله دارد (۱ هضم ۲) تقطیر ۳) تیتراسیون. برای این منظور ۰/۳ گرم از ماده خشک ورمی کمپوست آسیاب و در ارلن مایر ۱۰۰ میلی لیتر ریخته، برای عمل هضم برای اندازه گیری ازت به مقدار ۲/۳ میلی لیتر از مخلوط اسیدها اضافه شد، بعد از سپری شدن ۲۴ ساعت نمونه‌ها بر روی هیتر به مدت یک ساعت در دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد. سپس نمونه‌ها از روی حرارت برداشته و بعد از خنک شدن ۵ قطره آب اکسیژنه اضافه کرده و مجدداً حرارت داده شد. این عمل تا بیرنگ شدن نمونه‌ها ادامه داشت. سپس در دستگاه کج‌دال تقطیر شده و مقدار نیتروژن کل بدست آمد (Sommers و Nelson, ۱۹۸۲).

### ۳-۵-۶ هضم نمونه های ورمی کمپوست و تهیه عصاره

برای تهیه عصاره ورمی کمپوست از روش خاکستر کردن خشک استفاده شد. برای این منظور یک گرم ماده خشک ورمی کمپوست آسیاب شده در بوته چینی ریخته و در کوره قرار داده شد و دما به آرامی تا ۵۵۰ درجه سانتی گراد افزایش یافت تا خاکستر سفید رنگی حاصل شود. پس از سرد شدن نمونه‌ها ۲۰ میلی لیتر اسید کلریدریک دو نرمال به هر نمونه اضافه و به مدت نیم ساعت در حمام شن قرار داده شدند. در نهایت نمونه‌ها را به داخل بالن ۱۰۰ میلی لیتری صاف گردیده و به حجم رسانده شد.

### ۳-۵-۷ اندازه گیری فسفر

برای اندازه گیری فسفر از روش کالریمتری، روش زرد (مولیبدات وانادات) استفاده شد. روش کار به این صورت بود که ابتدا معرف زرد تهیه شد. بدین منظور:

- ۱- ۲۲/۵ گرم مولیبدات آمونیوم در ۴۰۰ میلی لیتر آب مقطر گرم در بشر حل شد.
  - ۲- ۱/۲۵ گرم آمونیوم وانادات در ۳۰۰ میلی لیتر آب مقطر داغ حل گردید.
  - ۳- محلول شماره ۲ را سرد کرده و آنگاه ۲۵۰ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ با احتیاط به آن اضافه شد. بعد از سرد شدن، محلول یک و سه با هم مخلوط شده و در یک بالن یک لیتری با استفاده از آب مقطر به حجم رسانده شد. محلول فوق در جای تاریک و خنک نگه داری گردید.
- ابتدا ۲/۵ میلی لیتر از هضم خشک نمونه های ورمی کمپوست تهیه شده، را درون لوله های آزمایش ریخته و ۵ میلی لیتر معرف زرد اضافه شد، با آب مقطر حجم نهایی عصاره ها به ۲۵ میلی لیتر رسید. بعد از ۲۰ دقیقه، محلول به حجم رسانده شده و قرائت فسفر با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر انجام شد. قبل از قرائت نمونه های گیاهی، محلول های استاندارد توسط دستگاه قرائت شده و نمودار آن به دست آمد (Ryan و همکاران، ۲۰۰۱).

### ۳-۵-۸ اندازه گیری پتاسیم

غلظت این عنصر در عصاره های هضم خشک نمونه ای ورمی کمپوست تهیه شده توسط دستگاه فلیم فتومتر تعیین گردید (Ryan و همکاران، ۲۰۰۱).

### ۳-۵-۹ اندازه گیری کلسیم و منیزیم

برای اندازه گیری کلسیم و منیزیم از عصاره هضم خشک نمونه ای ورمی کمپوست استفاده شد و مقادیر آن به کمک روش کمپلکسومتری (تیتراسیون با EDTA) تعیین گردید (Sparks، ۱۹۹۶).

### ۳-۵-۱۰ اندازه گیری آهن، روی، مس و منگنز

غلظت عناصر میکرو در عصاره‌های ورمی کمپوست با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل Shimadzu AA-6300 اندازه‌گیری و گزارش شد. در مورد هر چهار عنصر، آهن، روی، مس و منگنز ابتدا محلول‌های استاندارد تهیه شده و با توجه به طول موج اختصاصی برای هر عنصر، منحنی کالیبراسیون رسم گردیده و سپس اقدام به قرائت نمونه‌ها شد (Ryan و همکاران، ۲۰۰۱).

### ۳-۵-۱۱ اندازه گیری نیتروژن معدنی (آمونیم و نترات)

۱۰ گرم از نمونه های ورمی کمپوست توزین و به داخل ظروف پلاستیکی ریخته شد سپس ۵۰ میلی لیتر KCl ۲ مولار به نمونه‌ها اضافه شد و به مدت یک ساعت شیک شد. بعد از سانتریفوژ عصاره رویی جدا شده و همانند نیتروژن کل با استفاده از دستگاه تقطیر اندازه‌گیری صورت گرفت. برای اندازه‌گیری آمونیوم ۲۰ میلی لیتر از عصاره برداشته و به درون بالن تقطیر ریخته شد. سپس ۰/۲ گرم اکسید منیزیم نیز اضافه شده و در داخل ارلن دیگری ۱ میلی لیتر اسید بوریک به همراه چند قطره معرف ازت ریخته شد و ارلن در زیر لوله دستگاه کج‌لداال قرار داده شد تا حجم محلول داخل ارلن به ۳۰ الی ۴۰ میلی لیتر برسد. در مرحله آخر محلول بدست آمده از تقطیر را با اسید کلریدریک ۰/۰۱ نرمال (HCl) تیتتر کرده تا به رنگ صورتی تغییر رنگ دهد، برای نترات نیز به همان عصاره داخل بالن کج‌لداال ۰/۲ گرم ماده دوار دو اضافه کرده و در داخل ارلن دیگری ۱ میلی لیتر اسید بوریک به همراه چند قطره معرف ازت ریخته شد و ارلن در زیر لوله دستگاه کج‌لداال قرار داده شد تا حجم محلول داخل ارلن به ۳۰ الی ۴۰ میلی لیتر برسد در مرحله آخر محلول بدست آمده از تقطیر را با اسید کلریدریک ۰/۰۱ نرمال (HCl) تیتتر کرده تا به رنگ صورتی تغییر رنگ دهد. در آخر با استفاده از فرمول یعنی ازت کل مقدار آمونیوم و نترات محاسبه شدند (Nelson و Keeney، ۱۹۸۲).

### ۳-۶ انتخاب گیاه جهت آزمایش

در این تحقیق جهت بررسی تأثیر کاربرد انواع ورمی کمپوست حاصل از منابع آلی مختلف بر روی شاخص‌های رشد گیاه گوجه فرنگی رقم محلی استفاده گردید، نشاء گیاه مورد نظر از مرکز تحقیقات کشاورزی استان تهیه شد.

### ۳-۶-۱ عملیات گلخانه ای

آزمایش گلخانه‌ای شامل ۷ تیمار و ۳ تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی با نسبت حجمی ۱ به ۳ آماده شدند. تیمارها شامل: پیت و پرلیت (شاهد)، ورمی کمپوست حاصل از کود گاوی + پیت و پرلیت، ورمی کمپوست حاصل از سبوس + پیت و پرلیت، ورمی کمپوست حاصل از کاه و کلش گندم + پیت و پرلیت، ورمی کمپوست حاصل از بقایای گیاهی درختان چنار و افرا + پیت و پرلیت، ورمی کمپوست حاصل از ضایعات هرس درختان سیب و انگور + پیت و پرلیت، ورمی کمپوست حاصل از ضایعات عرقیات گیاهی + پیت و پرلیت، می باشد. در نتیجه تعداد ۲۸ گلدان از بسترهای فوق آماده کشت گیاه گوجه فرنگی گردیدند.

### ۳-۶-۲ عملیات داشت

بعد از آماده سازی گلدان‌ها نشاء گیاه گوجه فرنگی به گلدان‌ها منتقل گردید و آبیاری گلدان‌ها در زمان‌های لازم به طور یکنواخت روزی یکبار با آب مقطر انجام گرفت.

### ۳-۶-۳ عملیات برداشت و آسیاب کردن نمونه ها

بعد از ۷۵ روز از زمان انتقال نشاها اندام‌های هوایی پس از قطع شدن از سطح بستر و توزین وزن تر اندام هوایی، با آب مقطر کاملاً شسته شده و درون پاکتهای کاغذی تمیز قرار گرفته و در آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد، خشک و وزن خشک اندام هوایی نیز اندازه‌گیری شد. سپس اندام هوایی خشک شده به صورت مجزا توسط آسیاب پودر شده و درون پاکتهای مخصوص به منظور تهیه عصاره گیاهی و انجام آزمایش‌های تجزیه نگهداری شدند. سیستم ریشه‌ای گیاه تا حد ممکن به صورت کامل از بسترها خارج و در تشتی پر از آب قرار گرفت و با آب مقطر شسته شده و در نهایت پارامترهای تر و خشک ریشه اندازه‌گیری شدند.

### ۳-۶-۴ اندازه‌گیری خصوصیات ظاهری گیاه

برای اندازه‌گیری خصوصیات ظاهری گیاه قبل از برداشت، طول اندام هوایی از سطح بستر بر حسب سانتی متر اندازه‌گیری شد. تعداد شاخه‌های جانبی هر بوته به طور دقت شمارش گردید. قطر ساقه توسط کولیس بر حسب میلی متر و از قسمت ساقه، از لبه گلدان اندازه‌گیری شد.

### ۳-۶-۵ تعیین محتوای کلروفیل برگ

کلروفیل رنگدانه‌ای است که نقش اصلی آن دریافت انرژی نور برای فتوسنتز است. کلروفیل a رنگدانه‌ی فتوسنتزی اصلی در تمام گیاهان عالی، جلبک‌ها و سیانوباکترها است. کلروفیل b نیز رنگدانه‌ای است که در تمام گیاهان عالی و جلبک‌های سبز وجود دارد و فقط از نظر ساختاری با کلروفیل a تفاوت دارد. کاروتنوئیدها از طریق تشکیل زانتوفیل‌ها (کاروتن‌های اکسید شده) مانع از تخریب

کلروفیل‌ها می‌شوند. به منظور تعیین میزان کلروفیل برگ از روش (Arnon, ۱۹۹۴) استفاده شد. بدین ترتیب ۰/۲ گرم برگ تازه از هر نمونه توزین و رنگدانه‌های آن توسط استون ۸۰ درصد استخراج شد و بعد از صاف کردن نمونه‌ها با کاغذ صافی واتمن ۴۲، میزان جذب در طول موج‌های ۶۴۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. مقدار کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید با استفاده از روابط زیر بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر نمونه محاسبه گردیدند:

$$\text{Chl a} = 12/7 * A_{663} - 2/69 * A_{645} \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$\text{Chl b} = 22/9 * A_{645} - 6/48 * A_{663} \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$\text{Chl total} = 20/2 * A_{645} - 8/02 * A_{663} \quad (\text{رابطه ۴})$$

$$\text{Carotenoid} = (1000 * A_{470} - 2/270 * \text{Chl a} - 81/4 * \text{Chl b}) / 227 \quad (\text{رابطه ۵})$$

### ۳-۶-۶ تعیین محتوای نسبی آب برگ

جوان‌ترین برگ توسعه یافته هر گیاه (FW) جدا شده و سپس نمونه‌ها به مدت ۶ ساعت در شرایط تاریکی و روی آب مقطر شناور شدند. بعد از طی مدت زمان آب‌گیری، قطعات برگ بلافاصله وزن شدند تا وزن در هنگام تورژسانس (Tw) به دست آید. پس از آن قطعات برگ در آن ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک گردیدند تا وزن خشک (Dw) به دست آید. RWC از طریق رابطه زیر محاسبه گردید (Bertamini و همکاران، ۲۰۰۶).

$$RWC = \left[ \frac{(Fw - Dw)}{(Tw - Dw)} \right] \times 100 \quad (\text{رابطه ۶})$$

Fw: وزن اولیه یا وزن تر

Tw: وزن تورژسانس

Dw: وزن خشک

## ۷-۳ شاخصهای بیولوژیکی

### ۱-۷-۳ جمعیت میکروبی

برای اندازه‌گیری جمعیت میکروبی از روش کشت در محیط‌های غذایی و از محیط کشت Nutrient Agar در پتری‌دیش‌های یک‌بار مصرف استفاده شد (Chen و همکاران، ۲۰۰۴). محیط کشت باکتری‌ها بر اساس روش کشت باکتریایی آگار تهیه شده و در اتوکلاو استریل گردید. ۱۰ گرم از هر نمونه ورمی‌کمپوست ریزوسفری توزین و در ارلن محتوی ۹۵ میلی‌لیتر آب مقطر استریل ریخته شد. ارلن محتوی مخلوط آب و خاک به مدت ۲۰ دقیقه، در تکان‌دهنده با دور ۵۰۰ در دقیقه قرار داده شد. با استفاده از سری‌های رقت غلظت‌های متفاوتی از محلول خاک تهیه شده و کشت باکتری‌ها روی محیط استریل انجام شد. پس از ۷۲ ساعت در دمای اتاق تعداد کلنی‌های تشکیل شده روی پتری‌دیش‌ها شمارش گردید. سپس بر اساس رقت مورد نظر و وزن خشک خاک، تعداد باکتری‌ها موجود در واحد وزن خشک خاک بر اساس رابطه زیر محاسبه شد:

رابطه (۷)

تعداد باکتری در هر گرم خاک خشک = تعداد کلنی در هر پتری دیش × میلی لیتر محلول خاک در هر پتری دیش × عکس رقت ایجاد شده در پتری دیش

### ۲-۷-۳ تنفس میکروبی پایه

تنفس میکروبی یا معدنی‌شدن کربن آلی به  $CO_2$ ، شاخص مهمی در ارزیابی فعالیت جمعیت میکروبی کل می‌باشد (Anderson، ۱۹۸۲). تنفس میکروبی نه‌تنها مشخص‌کننده وضعیت فعالیت میکروب‌های می‌باشد، بلکه مشخص‌کننده روند، تعادل و چگونگی تجزیه ماده آلی، فعالیت آنزیمی و چرخه برخی عناصر غذایی نیز می‌باشد (Nannipieri، ۱۹۹۰). برای اندازه‌گیری تنفس میکروبی از

روش Anderson (۱۹۸۲) استفاده شد. بدین ترتیب که ۱۰ گرم از ورمی کمپوست هر نمونه توزین کرده و به درون ظروف شیشه‌ای درب‌دار ویژه اندازه‌گیری تنفس ریخته شد. سپس لوله آزمایشی حاوی ۱۰ میلی‌لیتر محلول NaOH ۰/۱ نرمال در درون ظروف قرار داده شد. درب ظرفها بطور محکم بسته شد و نمونه‌ها به مدت ۵ روز در دمای محیط نگهداری شدند. تیتراسیون نمونه‌ها با HCl ۰/۱ نرمال پس از ۵ روز انجام شد. در پایان مقدار CO<sub>2</sub> آزاد شده با استفاده از رابطه (۸) محاسبه شد:

(رابطه ۸)

$$BR = \frac{(V_b - V_s) \times 2/2}{W_s}$$

که در آن BR تنفس میکروبی پایه (mg CO<sub>2</sub>-C g<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>)، V<sub>b</sub> حجم اسید کلریدریک مصرفی برای نمونه شاهد، V<sub>s</sub> حجم اسید کلریدریک مصرفی برای هر نمونه، W<sub>s</sub> وزن اولیه نمونه (g) و ۲/۲ فاکتور تبدیل (یک میلی‌لیتر HCl ۰/۱ نرمال معادل ۲/۲ میلی‌گرم CO<sub>2</sub> می‌باشد) است.

### ۳-۷-۳ کربن زیست‌توده میکروبی (MBC)

برای اندازه‌گیری کربن زیست‌توده میکروبی از روش تدخین- استخراج استفاده شد (Ladd و Jenkinson, ۱۹۸۱). بدین ترتیب ۱۰ گرم از هر نمونه ورمی کمپوست با کلروفرم به مدت ۲۴ ساعت تدخین (گازدهی) شده و با محلول سولفات پتاسیم ۰/۵ مولار، استخراج شد. خاک تدخین شده (یک قسمت) با محلول سولفات پتاسیم (پنج قسمت) مخلوط شد. سپس به مدت ۳۰ دقیقه تکان داده شد و صاف شد. مقدار کربن آلی در عصاره‌ها اندازه‌گیری شد. همین روش برای نمونه شاهد (بدون تدخین) نیز انجام شد. برای اندازه‌گیری کربن آلی در عصاره‌ها، ۵ میلی‌لیتر از عصاره‌های نمونه‌ها را برداشته و ۱۰ میلی‌لیتر دی کرومات پتاسیم ۱ نرمال و ۲۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ به



آن‌ها افزوده شد. نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه به‌حال خود رها شدند. سپس ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۰ میلی‌لیتر اسید اورتو فسفریک غلیظ به هریک از نمونه‌ها افزوده شد. ۰/۳ میلی‌لیتر شناساگر ارتوفنا نترولین به هر یک از نمونه‌ها اضافه شد و در پایان تیتراسیون با محلول فرو آمونیوم سولفات انجام شد. از اختلاف مقادیر محاسبه شده برای نمونه‌های تدخین شده و تدخین نشده مقدار کربن زیست‌توده میکروبی محاسبه شد:

$$\text{MBC} = \text{KC} (\text{FC} - \text{uFC}) \quad (\text{رابطه ۹})$$

که در آن MBC کربن زیست‌توده میکروبی ( $\text{mg g}^{-1}$ )، FC کربن معدنی شده یا  $\text{CO}_2$  متصاعد شده در نمونه‌های تدخین شده با کلروفرم ( $\text{mg g}^{-1}$ )، uFC کربن معدنی شده یا  $\text{CO}_2$  متصاعد شده در نمونه‌های تدخین نشده با کلروفرم ( $\text{mg g}^{-1}$ ) و KC ضریب بازیافت (برای تبدیل کربن آلی به کربن میکروبی) که معادل ۲/۶۴ است.

### ۳-۸ تجزیه و تحلیل داده‌ها

نتایج حاصله از داده‌های آزمایشی به کمک نرم افزار SPSS و SAS تجزیه و جدول تجزیه واریانس مربوطه تهیه گردید. همچنین مقایسه میانگین داده‌ها، به روش آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح ۵ درصد توسط نرم افزار MSTAT-C محاسبه شد. نمودارها با استفاده از نرم افزار EXCEL 2007 رسم گردید.

فصل چہارم:

نتیجہ و بحث

#### ۱-۴ نتایج تجزیه شیمیایی بقایای آلی مختلف قبل از تهیه ورمی کمپوست

نتایج تجزیه برخی خصوصیات شیمیایی بقایای آلی مورد استفاده در جدول ۱-۴ ارائه شده

است.

جدول ۱-۴ نتایج تجزیه خصوصیات شیمیایی بقایای آلی مورد استفاده

CEC (cmol(+)/kg)	EC (dS/m)	pH	بقایای آلی
۲۸۵/۸	۲/۴۰	۸/۴	کود گاوی (C)
۲۶۸/۴	۰/۷۱	۶/۳	سبوس گندم (B)
۳۱۲/۱	۲/۱۳	۵/۴	کاه و کلش گندم (S)
۳۱۲/۱	۲/۲۴	۵/۲	بقایای گیاهی درختان چنار (L <sub>1</sub> )
۳۳۸/۳	۲/۳۴	۵/۲	بقایای گیاهی درختان افرا (L <sub>2</sub> )
۳۳۳/۹	۰/۶۲	۵/۳	ضایعات هرس درختان سیب (P <sub>1</sub> )
۳۲۵/۲	۱	۵/۳	ضایعات هرس درختان انگور (P <sub>2</sub> )
۳۰۳/۳	۱/۴	۵	ضایعات عرقیات بادرنجبویه (E)

ادامه جدول ۱-۴ نتایج تجزیه خصوصیات شیمیایی بقایای آلی مورد استفاده

C/N	O.C	Mg	Ca	K	P	N	بقایای آلی
%							
۱۷/۱	۴۰/۲	۰/۶۶	۲/۹	۰/۵	۰/۴۵	۲/۳۳	کود گاوی (C)
۳۱/۳	۴۸/۶	۰/۷۸	۰/۶	۰/۵	۰/۱۰	۱/۵۵	سبوس گندم (B)
۵۳/۸	۴۶/۸	۰/۶	۱/۷	۱/۷	۰/۱۵	۰/۸۷	کاه و کلش گندم (S)
۳۳/۳	۴۸/۴	۰/۷۲	۱/۹	۰/۵	۰/۱۵	۱/۴۵	بقایای گیاهی درختان چنار (L <sub>1</sub> )
۲۸/۱	۴۲/۶	۰/۳۶	۳	۰/۹	۰/۱۵	۱/۵۱	بقایای گیاهی درختان افرا (L <sub>2</sub> )
۵۸/۵	۵۴/۴	۰/۶	۰/۵	۰/۱	۰/۲۱	۰/۹۳	ضایعات هرس درختان سیب (P <sub>1</sub> )
۴۷/۵	۵۱/۲	۰/۶۶	۱/۲	۰/۱	۰/۲۳	۱/۰۷	ضایعات هرس درختان انگور (P <sub>2</sub> )
۳۴/۱	۵۵/۲	۰/۷۲	۲/۵	۰/۴	۰/۳۰	۱/۶۱	ضایعات عرقیات بادرنجبویه (E)

ادامه جدول ۴-۱ ادامه نتایج تجزیه خصوصیات شیمیایی بقایای آلی مورد استفاده

Mn	Cu	Zn	Fe	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	بقایای آلی
mg/kg						
۳۰۵/۱	۲۴/۶	۳۱۱/۵	۱۰۱۸/۱	۲۹/۱۲	۲۸	کود گاوی (C)
۹۹/۶	۱۱/۳	۳۲۴/۷	۱۰۰۲/۵	۸۴	۵۶	سبوس گندم (B)
۸۰/۸	۴/۶	۴۷/۹	۴۷۲/۲	۳۳/۶	۳۹/۲	کاه و کلش گندم (S)
۱۱۵/۳	۷/۲	۲۱/۴	۸۶/۸	۳۹/۲	۴۴/۸	بقایای گیاهی درختان چنار (L <sub>1</sub> )
۱۳۳/۹	۹/۴	۹۰/۹	۲۸۴/۵	۲۸	۳۹/۲	بقایای گیاهی درختان افرا (L <sub>2</sub> )
۱۴/۷	۸/۴	۷۲/۵	۴۷/۷	۲۲/۴	۲۸	ضایعات هرس درختان سیب (P <sub>1</sub> )
۲۳/۷	۱۴/۹	۳۵۸/۱	۱۷۹/۱	۳۹/۲	۴۴/۸	ضایعات هرس درختان انگور (P <sub>2</sub> )
۳۰/۱	۱۳/۶	۱۷۹/۹	۳۴۵/۶	۶۱/۶	۲۸	ضایعات عرقیات بادرنجبویه (E)

نتایج نشان داد در بین بقایای آلی مختلف، بیشترین و کمترین مقدار pH به ترتیب در کود گاوی C (۸/۴) و ضایعات عرقیات بادرنجبویه E (۵) مشاهده گردید و محدوده تغییرات EC در بین بقایای آلی ۲/۴-۰/۶۲ dS/m مشاهده شد که بیشترین مقدار EC مربوط به کود گاوی C بود. بیشترین مقدار نیتروژن در بین بقایای آلی در تیمارهای کود گاوی C (۰/۲٪) و پس از آن در ضایعات عرقیات بادرنجبویه E (۰/۱٪) مشاهده گردید در حالیکه کمترین مقدار آن مربوط به کاه و کلش گندم S (۰/۸٪) بود. میزان کربن آلی در بین بقایای آلی مختلف، ضایعات عرقیات بادرنجبویه E با ۵۵٪ بیشترین و کود گاوی C با ۴۰٪ کمترین مقدار را داشت. کود گاوی کمترین نسبت C/N و ضایعات هرس درختان سیب P<sub>1</sub> بیشترین نسبت C/N را داشت.

## ۲-۴ بررسی تأثیر بقایای آلی مختلف بر رشد و تکثیر کرم‌های خاکی *Eisenia foetida*

جدول ۲-۴ نتایج تجزیه واریانس تأثیر بقایای آلی مختلف در طول مدت زمان تهیه

ورمی‌کمپوست بر روی میزان رشد و تکثیر کرم خاکی را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۴ نتایج تجزیه واریانس تأثیر بقایای آلی مختلف در طول مدت زمان بر روی رشد و جمعیت کرم خاکی *Eisenia foetida*

میانگین مربعات			درجه	منابع تغییرات
کرم خاکی بالغ	کرم خاکی نابالغ	کوکون کرم خاکی	آزادی	
۱۰۰۴۳۳/۲***	۴۷۳۷۰۵۷۶/۶***	۱۰۰۷۹۸/۴***	۳	زمان (T)
۱۳۰۹۸/۵***	۱۳۸۳۴۰۰۲/۷***	۴۹۳۵۱/۶***	۵	ماده آلی (OM)
۶۰۸۱/۱***	۳۷۰۳۶۹۲/۹***	۱۵۰۳۷/۱***	۱۵	T*OM
۱۸۹/۹	۱۰۲۷۶۴۳/۴	۲۱۴۸/۲	۴۸	خطا
۱۶/۷	۲۸/۴	۳۲/۲	-	ضریب تغییرات

\*\*\* تفاوت معنی دار در سطح ۰/۱ درصد می باشد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد، که اثرات بقایای آلی و زمان بر رشد و جمعیت کرم‌های بالغ و نابالغ *Eisenia foetida* و کوکون در سطح احتمال ۰/۱ درصد، معنی دار گردید (جدول ۲-۴). نتایج مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد (جدول ۳-۴) که بیشترین مقدار افزایش جمعیت کرم‌های خاکی نابالغ در بقایای آلی کود گاوی + کاه و کلش گندم CS (۵۷۵۲ کرم در جعبه در ۱۲۰ روز)، کود گاوی + ضایعات هرس درختان CP (۵۵۱۶ کرم در جعبه در ۱۸۰ روز) و کود گاوی + بقایای گیاهی CL (۵۱۲۴ کرم در جعبه در ۱۸۰ روز) و بیشترین مقدار افزایش جمعیت کرم‌های خاکی بالغ در بقایای آلی کود گاوی + ضایعات هرس درختان CP (۲۹۲ کرم در جعبه در ۱۸۰ روز)، کود گاوی + ضایعات عرقیات بادرنجبویه CE

(۳۰۵ کرم در جعبه در ۱۸۰ روز) و کود گاوی + بقایای گیاهی (CL) (۱۷۱ کرم در جعبه در ۱۸۰ روز)

مشاهده گردید.

جدول ۳-۴ نتایج مقایسه میانگین تأثیر زمان و منابع آلی مختلف بر تعداد کوکون، کرم‌های خاکی نابالغ و کرم‌های خاکی بالغ در جعبه

بقایای آلی						زمان	کرم خاکی
CE	CP	CL	CS	CB	C		
۲ h	۲ h	۲ h	۲ h	۲ h	۲ h	روز ۰	
۲۰/۱/۶۶cd	۳۵۶a	۱۵۲de	۳۱۵/۳۳ab	۲/۳۳h	۳۶/۶۶gh	روز ۶۰	کوکون
۱۳۵/۳def	۲۶۴bc	۲۷/۳۳gh	۵۵fgh	۷۵/۶efgh	۲۱gh	روز ۱۲۰	
۹۶efg	۱۲۷/۶def	۷/۶۶h	۲۵gh	۲۱gh	۱۵h	روز ۱۸۰	
۲۰ d	۲۰ d	۲۰ d	۲۰ d	۲۰ d	۲۰ d	روز ۰	
۱۵۳۲/۳bcd	۱۲۲۵/۳ cd	abcd ۲۹۸۵/۳	۳۴۷۹/۶abcd	۰d	۱۷۰۲/۶bcd	روز ۶۰	کرم خاکی نابالغ
۲۵۵۸abcd	۳۷۹۸/۳abcd	۴۲۵۳ abc	۵۷۵۲/۶۶a	۱۳۱۴/۳cd	۲۷۱۲/۶abcd	روز ۱۲۰	
۲۶۷۰/۶abcd	۵۵۱۶a	۵۱۲۴/۶ ab	۴۸۸۹/۶abc	۲۳۳۵/۶abcd	۱۶۰/۳۳d	روز ۱۸۰	
۲۰ f	۲۰ f	۲۰ f	۲۰ f	۲۰ f	۲۰ f	روز ۰	
۴۲/۳۳f	۶۸/۶۶e	۵۱/۳۳f	۴۳/۶۶ f	۳۰f	۲۳f	روز ۶۰	کرم خاکی بالغ
۱۵۱/۳۳c	۸۰e	۷۵/۳۳e	۴۲/۶۶f	۹۳de	۲۲f	روز ۱۲۰	
۳۰۵/۳۳a	۲۹۲ab	۱۷۱/۶۶abc	۹۰de	۱۱۲/۳۳d	۱۶۰/۳۳c	روز ۱۸۰	

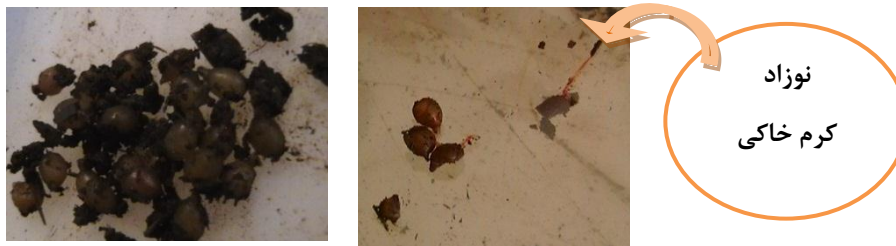
در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.  
 کود گاوی (C)، کود گاوی + سبوس گندم (CB)، کود گاوی + کاه و کلش گندم (CS)، کود گاوی + بقایای گیاهی درختان چنار و افرا (CL)، کود گاوی + ضایعات هرس درختان انگور و سیب (CP) و کود گاوی + ضایعات عرقیات بادرنجبویه (CE).

در زمان اول (۰ روز) به تعداد یکسانی کوکون، کرم خاکی (بالغ و نابالغ) به تیمارها اضافه شد. در زمان دوم (۶۰ روز) کلیه بسترهای رشد، بقایای آلی با کیفیت‌تر، تازه‌تر و با حجم بیشتری در محیط وجود داشت و این باعث تغذیه کرم‌های خاکی از این مواد و افزایش رشد و فعالیت آنها شده است. در تیمار CS جمعیت کرم‌های نابالغ به ۳۴۷۹/۶ افزایش یافت که تقریباً دو برابر جمعیت کرم‌های نابالغ در تیمار شاهد C بود و همچنین در این زمان جمعیت کرم‌های بالغ در تیمار CP به ۶۸/۶ افزایش یافت که تقریباً ۳ برابر جمعیت کرم‌های نابالغ در تیمار شاهد C بوده. در بقایای آلی CP و CE و CL و CS به دلیل وجود درصد بالای کربن آلی اولیه (جدول ۴-۱)، کرم‌های خاکی بالغ و

نابالغ از این مواد بیشتر استفاده کرده و این باعث افزایش بیشتر تعداد این گروه از کرم‌های خاکی در ۶۰ روز شده و از طرفی با فراهمی غذای کافی و رشد و رسیدن کرم‌های خاکی به مرحله تولید مثل باعث افزایش تعداد کوکون کرم‌های خاکی در این محیط‌ها شده است.

در زمان سوم (۱۲۰ روز) جمعیت کرم‌های نابالغ در تیمار CS به ۵۷۵۲/۶ افزایش یافته که تقریباً دو برابر جمعیت تیمار شاهد C بود و نیز جمعیت کرم‌های بالغ در تیمار CE به ۱۵۱/۳ افزایش یافته که ۶ برابر جمعیت کرم‌های خاکی بالغ در تیمار شاهد C بود. در اثر تغذیه کرم‌های خاکی از مواد موجود در محیط و افزایش هر چه بیشتر فعالیت آنها جمعیت کرم‌های خاکی به طور تصاعدی افزایش داشته است. در زمان چهارم (۱۸۰ روز) با گذشت زمان و افزایش هر چه بیشتر تعداد کرم‌های خاکی، در بسترهای مورد آزمایش کمبود منابع غذایی اتفاق افتاده و در این شرایط برخی از کرم‌های خاکی از محیط خارج شده و کرم‌های خاکی باقی مانده در محیط سعی در حفظ بقای خود داشته و از رشد، فعالیت و تحرک آنها کاسته می‌شود. برخی از کوکون کرم‌های خاکی نیز که از زمان‌های دوم و یا سوم ایجاد شده اند به دلیل نبود مواد غذایی کافی رشد و تکامل نیافته و وارد مرحله استراحت شده و اعداد ذکر شده برای کوکون کرم‌های خاکی مربوط به زمان‌های قبل باشد.

در زمان دوم (۶۰ روز) شرایط مناسب رشد از نظر فراوانی کربن آلی فراهم بوده اما در برخی از بسترها همچون کود گاوی و سبوس گندم به دلیل وجود نیتروژن بالا و کربن آلی کمتر، کرم‌های خاکی تمایلی به رشد و تکثیر نداشته و جمعیت کرم‌های خاکی کمتر افزایش یافته، اما در زمان سوم (۱۲۰ روز) احتمالاً با خروج گازها و آمونیاک از محیط و حضور میکروبها و قارچها در محیط باعث ایجاد شرایط بهتر برای فعالیت کرم‌های خاکی نقش داشته و با گذشت زمان، تغذیه کرم‌های خاکی سبب کاهش مواد در بسترها گردید و جمعیت کرم‌های خاکی کمتر افزایش یافته است.



شکل ۴-۱ شکل کوکون کرم خاکی و خروج نوزاد کرم خاکی از کوکون در زمان تهیه ورمی کمپوست

ضایعات عرقیات بادرنجبویه در ابتدای آنالیز دارای ماده آلی بیشتری بوده و از طرفی احتمالاً به دلیل فرآیندهای شیمیایی که در زمان اسانس‌گیری در ساختار این ماده آلی رخ داده است اسانس موجود در بافتهای بادرنجبویه خارج شده و شرایط بهتری را برای فعالیت کرم‌های خاکی ایجاد نموده و همچنین ضایعات هرس درختان، عرقیات بادرنجبویه و بقایای گیاهی درختان دارای بافت چوبی لیگنین و سلولز کمتر و نیز دارای ترکیبات قابل تجزیه بیشتری نسبت به دیگر مواد آلی می‌باشد، کرم‌های خاکی از این مواد آلی بیشتر استفاده کرده و در اثر فرآیند کمپوست‌سازی و با گذشت زمان به کمپلکس هوموس و لیگنین تبدیل می‌شوند و نیز دارای ساختار پروتئینی هستند و می‌توانند در تأمین نیازهای کرم‌های خاکی مؤثر باشند. از طرفی در این محیط‌ها به دلیل حضور لیگنین و سلولز، میزان باکتری‌ها و قارچهایی مثل قارچهای تجزیه کننده لیگنین افزایش یافته و باعث تغییرات بیشتر در ساختار مواد آلی شده و نیز به عنوان یک منبع دیگر غذایی مورد استفاده کرم‌های خاکی قرار گرفت. با توجه به اینکه ترکیبات ضایعات هرس درختان  $P_1$  و  $P_2$  و ضایعات عرقیات بادرنجبویه E دارای ساختار نسبتاً سخت‌تری نسبت به سایر مواد آلی هستند و این امکان را ایجاد می‌کند که کرم‌های خاکی از کست (Cast) تولید شده خود نیز در طول مدت زمان، برای حفظ و بقای خود استفاده کنند، احتمالاً هنوز مقداری مواد کربن دار در کست کرم‌های خاکی موجود بوده که برای تغذیه سایر کرم‌های خاکی در طول مدت زمانهای بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد و این در تعداد کوکون کرم‌های خاکی در طی مدت زمان تهیه ورمی کمپوست مشاهده شده است. با گذشت زمان



تعداد کوکون در کود گاوی + ضایعات هرس درختان CP و کود گاوی + عرقیات بادرنجبویه CE و کود گاوی + بقایای گیاهی درختان CL بیشتر شده و بیانگر این است که مواد آلی علاوه بر ایجاد شرایط مناسبی برای رشد و تکامل کرم‌های خاکی باعث افزایش تولید مثل کرم‌های خاکی شده و این امکان را فراهم می‌آورد که نوزادان تازه خارج شده از کوکون‌ها از مواد موجود در محیط تغذیه نموده و بر تعداد کرم‌های خاکی افزوده شود.

Warman و Anglopea (۲۰۱۰) با مطالعه خود بر روی ورمی‌کمپوست حاصل از مواد اولیه مختلف بعنوان محیط رشد گیاه بیان کردند که ساختار کاغذ و برگ از سلولز می‌باشد و برای تجزیه زمان بیشتری نیاز می‌باشد، کست (Cast) حاصل از فعالیت کرم‌های خاکی می‌تواند به طور کامل هضم نشده و مجدداً مورد استفاده کرم‌های خاکی قرار گیرد و این باعث رشد آنها در زمانهای بعدی می‌شود.

گاه و کلش گندم به دلیل تجمع میزان زیادی پتاسیم در بافتهای خود در زمان برداشت به عنوان یک منبع پتاسیمی بوده و در اثر خیس شدن رطوبت بیشتری در بافتهای خود نگه داشته و بافت نرم‌تر و سبکتری نسبت به سایر بافتها داشته و نیز به دلیل داشتن مواد هیدرات کربنی و در اثر تجزیه قندهای ساده ای تولید می‌شود در نتیجه سبب افزایش میزان باکتری و قارچها در محیط شده. احتمالاً بقایای گاه و کلش گندم به دلیل داشتن ساختار نرم‌تر و ترکیبات قابل تجزیه، بیشتر مورد پسند کرم‌های خاکی نوزاد و نابالغ قرار گرفته و این باعث افزایش جمعیت این گروه از کرم‌های خاکی در زمان‌های ۶۰ و ۱۲۰ روز گردید. از طرفی با گذشت زمان و تغذیه بیشتر کرم‌های خاکی بالغ، افزایش سریع جمعیت آنها، مواد آلی موجود در محیط کاهش یافته و سبب شده کرم‌های موجود تمام توان خود را سعی در حفظ و بقای خود داشته و تمایل کمتری به تولید مثل و افزایش جمعیت نشان دهند. Chaudhari و Badole (۲۰۱۳) گزارش کردند که گاه گندم به دلیل نرم بودن و در اثر گذر زمان و ایجاد فرایند کمپوست شدن نرم‌تر می‌شود و کرم‌های خاکی از این مواد راحتتر و بهتر استفاده می‌کنند.



شکل ۲-۴ کرم‌های خاکی نابالغ و جمعیت آنها در زمان تهیه ورمی‌کمپوست

در بسترهای کود گاوی + بقایای گیاهی درختان CL و کود گاوی + کاه و کلش گندم CS در زمان چهارم (۱۸۰ روز) با پیشرفت تجزیه بقایا و تکامل ورمی‌کمپوست، کمبود مواد غذایی مورد نیاز برای رشد کرم‌های خاکی باعث از بین رفتن و یا فرار کرم‌های خاکی از محیط شده و این امر موجب کاهش جمعیت کرم‌های خاکی بالغ و نابالغ گردیده است، در نتیجه از رشد و تحرک آنها کاسته می‌شود. Neuhauser و همکاران (۱۹۸۸) نیز نتایج مشابهی گزارش نموده‌اند.

سیوس گندم به عنوان یک منبع سرشار از املاح معدنی شناخته شده است و دارای ویتامین‌های مختلف و بافت‌های فیبری و مواد آلی کربن‌دار کمتری نسبت به ضایعات هرس درختان P<sub>۱</sub> و P<sub>۲</sub> و بقایای گیاهی درختان L<sub>۱</sub> و L<sub>۲</sub> می‌باشد و میزان نیتروژن بیشتری داشته و این خود باعث گردید که در اثر اعمال رطوبت دمایی محیط افزایش یافته، بوی نامطبوع از محیط خارج شده. دمایی زیاد و وجود ترکیبات حاوی فیبر در محیط، زیاد مورد پسند کرم‌های خاکی نبوده، با گذشت زمان و اتمام فرآیند گرم‌زایی و خروج برخی املاح از ساختار مواد آلی، افزایش فعالیت باکتری و ایجاد شرایط

هوای کرم‌های خاکی شرایط را پذیرفته و از مواد غذایی تغذیه کرده ولی با گذشت یک دوره زمانی و تغذیه کرم‌های خاکی، محیط با کمبود مواد غذایی روبرو می‌شود. نکته قابل توجه این است که سیوس گندم نمی‌تواند به عنوان یک بستر اصلی در رشد و تکثیر کرم‌های خاکی نقش به‌سزایی داشته باشد ولی می‌تواند به‌عنوان یک مکمل غذایی مورد استفاده کرم‌های خاکی قرار گیرد.

کود گاوی به‌عنوان یک بستر اصلی تولید ورمی‌کمپوست شناخته شده است زیرا دارای بیشترین میزان نیتروژن بوده و در اثر تغذیه کرم خاکی درصد کربن آلی کاهش و سرعت معدنی شدن نیتروژن افزایش یافته و این امر باعث شده که ورمی‌کمپوست حاصل از کود گاوی در مدت زمان کمتری نسبت به سایر بقایای آلی به درجه تکامل برسد و کرم‌های خاکی از نظر غذا دچار مشکل شده و در این حالت فعالیت و رشد کرم‌های خاکی کمتر و یا به عبارتی متوقف می‌شود، در چنین شرایطی یا باید محیط را عوض کرده و مواد غذایی تازه‌ای وارد نمود و یا اینکه برای جلوگیری از مرگ کرم‌های خاکی اقدام به خروج کرم‌های خاکی از محیط کرده و به محیط دیگری منتقل نمود.



شکل ۳-۴ کرم‌های خاکی بالغ و جمعیت آنها در زمان تهیه ورمی‌کمپوست

سایر بقایای آلی استفاده شده به دلیل اینکه شرایط بهتری نسبت به کود گاوی برای فعالیت کرم‌های خاکی ایجاد می‌کنند، سبب شده است که کود گاوی از اهمیت کمتری برخوردار باشد ولی لزوماً برای اینکه به یک نتیجه بهتری از فعالیت کرم‌های خاکی رسیده بهتر است که از روش ترکیب مواد آلی استفاده نمود.

نتایج تحقیقات Suthar و Singh (۲۰۰۸) نشان داد که علاوه بر مقدار مواد آلی، کیفیت بقایای آلی نیز جز متغیرهای مهم برای فراوانی و در نتیجه فعالیت کرم‌های خاکی می‌باشد. این موجودات مواد آلی با کیفیت بهتر (لیگنین و سلولز اندک، C/N پایین) را به مواد آلی با کیفیت پایین برای تغذیه خود ترجیح می‌دهند (Edwards و همکاران، ۲۰۰۴).

در مطالعات Chauhan و همکاران (۲۰۱۰) که بر روی تولید ورمی‌کمپوست با استفاده از کود گاوی و ضایعات سبزیجات انجام گرفته بود، به این نکته اشاره شد که با گذشت زمان جمعیت کرم‌های خاکی *Eisenia foetida* در حدود ۲۰۴٪ افزایش داشته و همچنین تعداد کوکون کرم‌های خاکی به ۲۹۱ رسیده است. در مطالعه Bisen و همکاران (۲۰۱۱) بیان شد که به دلیل ایجاد فرآیند اکسیداسیون و کاهش مقدار کربن آلی، نسبت C/N کاهش می‌یابد و این عامل می‌تواند سبب افزایش جمعیت کرم‌های خاکی باشد.

در مطالعاتی که از سوی Suthar و Singh (۲۰۰۸) بر روی ضایعات مختلف که به عنوان سوستر انتخاب شده بودند، این نتیجه گزارش شد که، تفاوت در نتایج جمعیت کرم‌های خاکی و مقدار عناصر غذایی موجود در ورمی‌کمپوست به ماهیت مواد غذایی و تغییرات محیط‌زیست نسبت داده شده است.

### ۳-۴ بررسی خصوصیات شیمیایی ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف

جدول ۴-۴ نتایج تجزیه واریانس خصوصیات شیمیایی ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی در طول مدت زمان تهیه ورمی کمپوست را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که بین زمان‌های مختلف و همچنین بقایای آلی مختلف در کلیه صفات اندازه‌گیری شده، اختلاف آماری معنی‌داری ( $p < 0/0001$ ) وجود دارد (جدول ۴-۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها اثرات متقابل زمان و بقایای آلی (شکل‌های ۴-۴ و ۵-۴ و ۶-۴) نشان داد که در زمان‌های اول و دوم به دلیل اینکه میزان آمونیوم در محیط کود گاوی C و کود گاوی + سبوس گندم CB بیشتر بوده و این سبب شده که میزان pH در این محیط افزایش یابد و در این حالت بر فعالیت کرم‌های خاکی اثر گذار بوده و باعث کاهش فعالیت کرم‌های خاکی شده است و کمترین تغییرات میزان pH در محیط‌های CS و CP مشاهده شد و جمعیت کرم‌های خاکی افزایش یافت (شکل ۴-۴).

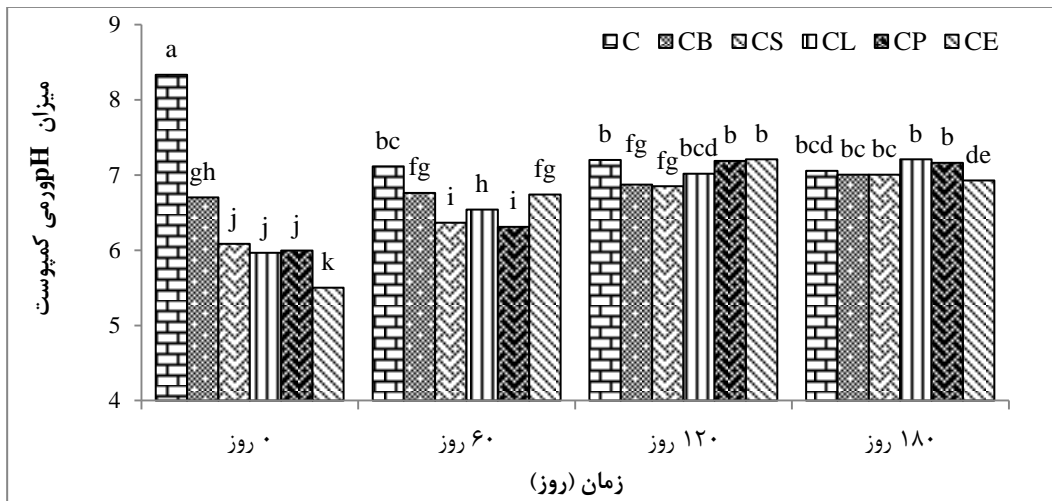
جدول ۴-۴ نتایج تجزیه واریانس خصوصیات شیمیایی ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف

میانگین مربعات			درجه آزادی	منابع تغییرات
CEC	EC	pH		
۳۷۷۹/۳***	۴/۵۷***	۱/۷۶***	۳	زمان (T)
۱۴۷۲/۳***	۳/۸۴***	۱/۲۴***	۵	ماده آلی (OM)
۳۴۶/۹***	۰/۲۴***	۰/۷۳***	۱۵	T*OM
۲۴/۶۴	۰/۶۲	۰/۰۱	۴۸	خطا
۱/۵۶	۴/۵۶	۱/۵۵	-	ضریب تغییرات

\*\*\* و ns به ترتیب تفاوت معنی دار در سطح ۰/۱ درصد و عدم تفاوت معنی دار می باشد.

در زمان دوم بیشترین تغییرات EC (شکل ۴-۵) مربوط به تیمار CL بود و به نظر می‌رسد که احتمالاً از بالا بودن EC اولیه بالا تیمار مورد نظر باشد، ولی به دلیل ساختار قابل تجزیه و شرایط مطلوب و کیفیت مورد پسند مواد غذایی، مشکل خاصی برای کرم‌های خاکی ایجاد نکرده و آنها به راحتی به رشد و فعالیت پرداخته‌اند، همچنین در زمان دوم بیشترین میزان CEC در تیمار CS

مشاهده شد (شکل ۴-۶) و با گذشت زمان و افزایش فعالیت و رشد هر چه بیشتر کرم‌های خاکی بر میزان CEC تأثیر مثبتی داشته و باعث افزایش CEC در کلیه‌ی بقایای آلی شده است.

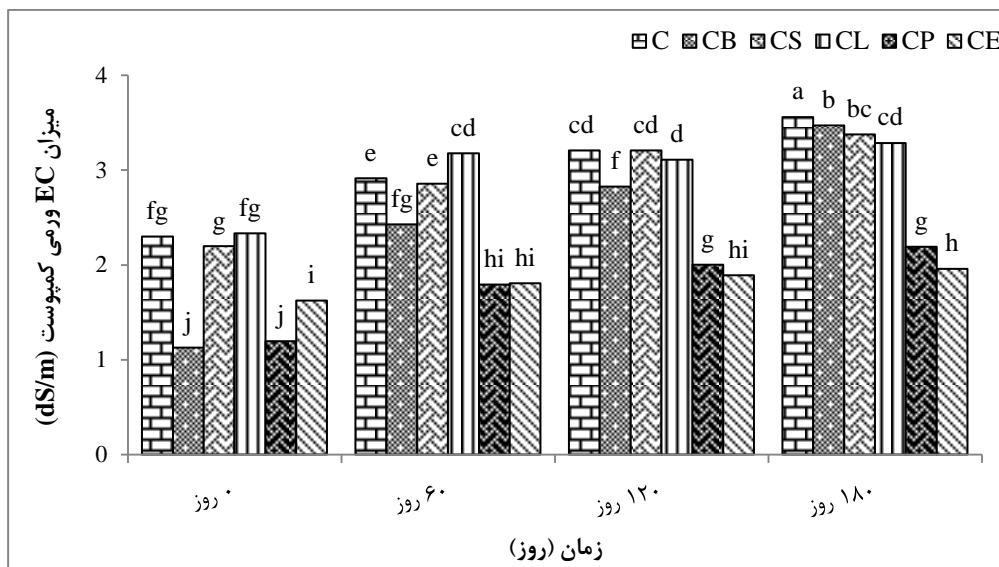


شکل ۴-۴ اثرات متقابل زمان و بقایای آلی بر میزان pH ورمی کمپوست

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

کود گاوی (C)، کود گاوی + سبوس گندم (CB)، کود گاوی + کاه و کلش گندم (CS)، کود گاوی + بقایای گیاهی درختان چنار و افرا (CL)، کود گاوی + ضایعات هرس درختان انگور و سیب (CP) و کود گاوی + ضایعات عرقیات بادرنجبویه (CE).

با گذشت زمان، در زمان‌های دوم و سوم با ایجاد تغییرات در بقایای آلی و کمپوست شدن مواد آلی شرایط را برای فعالیت کرم‌های خاکی تغییر داده باعث افزایش در مقادیر pH و EC در کلیه بقایای آلی شده است. این افزایش در مقادیر pH و EC در زمان چهارم کمتر بوده ولی افزایش در مقادیر pH و EC به این معنا نمی‌باشد که شرایط محیط رو به حالت قلیایی و شور تغییر یافته است.

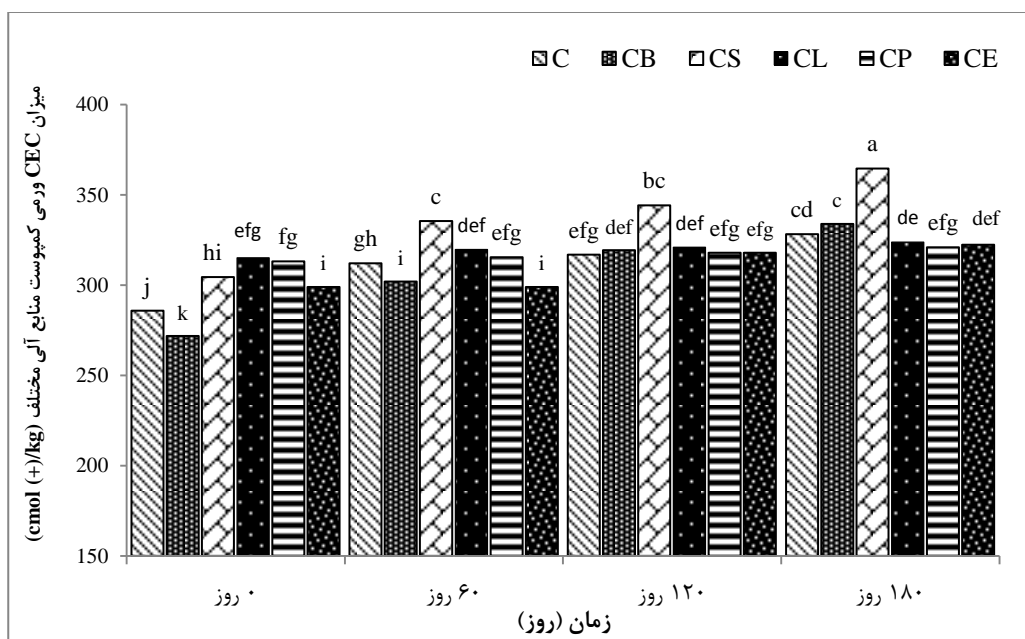


شکل ۴-۵ اثرات متقابل زمان و بقایای آلی بر میزان EC (dS/m) ورمی کمپوست میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

کود گاوی (C)، کود گاوی + سیوس گندم (CB)، کود گاوی + کاه و کلش گندم (CS)، کود گاوی + بقایای گیاهی درختان چنار و افرا (CL)، کود گاوی + ضایعات هرس درختان انگور و سیب (CP) و کود گاوی + ضایعات عرقیات بادرنجبویه (CE).

کرم‌های خاکی موجوداتی هستند که برای بقای خود نیاز به وجود شرایط محیطی مطلوب داشته نظیر وجود رطوبت کافی و وجود  $O_2$  ضروری است. وجود رطوبت کافی برای افزایش فعالیت و جلوگیری از خشک شدن سطح بدن آنها و به دلیل اینکه دارای تنفس پوستی هستند و باید سطح بدن آنها همواره مرطوب باشد، وجود شرایط هوایی در محیط برای آغاز فعالیت‌های میکروبی و سوخت و ساز بدنی آنها مورد نیاز است و از طرفی این شرایط، محیط را برای آغاز فعالیت میکروبه‌ها فراهم کرده و میکروبه‌ها بخشی از جیره غذایی کرم‌های خاکی را تشکیل می‌دهند و در اثر فعالیت‌های سوخت و ساز میکروبی و فعالیت کرم‌های خاکی و مصرف مواد آلی، اسیدهای آلی تولید و در ساختار کست (Cast) کرم‌های خاکی تجمع یافته و یا به دلیل تولید اسیدهای فولیک و هومیک در طول فرآیند تجزیه بر روی pH مؤثر بوده و با گذشت زمان و افزایش جمعیت کرم‌های خاکی، مصرف مواد آلی و تولید اسیدهای آلی به مرور زمان باعث کاهش pH می‌شود ولی از آنجایی که در طول فرآیند ورمی کمپوست شدن باکتری‌ها، قارچها و میکروبه‌ها در محیط افزایش یافته و با مصرف مواد آلی توسط

کرم‌های خاکی و افزایش رشد و فعالیت آنها در اثر بلعیدن مواد آلی و تأثیر آنزیم‌های موجود در دستگاه گوارش کرم‌های خاکی فرآیند معدنی شدن نیتروژن اتفاق افتاده و میزان  $\text{NH}_4^+$  تولیدی بیشتر می‌شود و در این حالت بر روی pH اثر گذار بوده و باعث افزایش pH می‌شود. به دلیل رخ دادن دو فرآیند همزمان و موثر بر تغییرات pH، تغییرات این پارامتر اندک بوده و به سمت تعادل میل می‌کند و یک شرایط ایده آل برای فعالیت بیشتر کرم‌های خاکی می‌باشد.



شکل ۴-۶ اثرات متقابل زمان و بقایای آلی بر میزان CEC (cmol (+)/kg) ورمی کمپوست

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

کود گاوی (C)، کود گاوی + سبوس گندم (CB)، کود گاوی + کاه و کلش گندم (CS)، کود گاوی + بقایای گیاهی درختان چنار و افرا (CL)، کود گاوی + ضایعات هرس درختان انگور و سیب (CP) و کود گاوی + ضایعات عرقیات بادرنجبویه (CE).

در ورمی کمپوست احتمالاً بدلیل تجمع اسیدهای آلی در نتیجه‌ی متابولیسم میکروبی یا به دلیل تولید اسیدهای فولویک و هومیک در طول تجزیه pH کاهش می‌یابد (Eevera و Vankatesh، ۲۰۰۸). در مطالعات Fares و همکاران (۲۰۰۵) گزارش شده است که تجزیه مواد آلی منجر به تشکیل یون آمونیوم شده و pH افزایش می‌یابد، حضور گروه کربوکسیلیک و فنولیک، اسیدهای هومیک باعث کاهش pH شده که اثر این دو یون مخالف باعث تغییر pH به سمت خنثی گردید.



با مصرف مواد آلی موجود در محیط توسط کرم‌های خاکی این مواد آلی به ذرات ریزتری خرد شده و باعث افزایش سطح ویژه ورمی کمپوست می‌شود و محصول نهایی که ورمی کمپوست نامیده می‌شود یک منبع سرشار از مواد آلی است و این بیانگر افزایش ظرفیت تبدلی عناصر غذایی و افزایش میزان عناصر غذایی در محیط می‌باشد و به نظر می‌رسد با افزایش جمعیت و فعالیت کرم‌های خاکی بر افزایش مقدار CEC نقش مؤثری داشته‌اند.

مطالعات Shi-wei و Fu-zhen (۱۹۹۱) نشان داد که ورمی کمپوست دارای سطح ویژه بالایی بوده، همچنین دارای میکروسایتهایی برای فعالیت میکروبی و حفظ مواد مغذی قوی می‌باشد و در مطالعات Moradi و همکاران (۲۰۱۴) به این نکته اشاره شد و اینکه ورمی کمپوست دارای سطح ذرات بیشتری برای تبادل عناصر غذایی می‌باشد.

#### ۴-۳-۱ بررسی غلظت عناصر غذایی در ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف

جدول ۴-۵ نتایج تجزیه واریانس غلظت عناصر غذایی در ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۵ نتایج تجزیه واریانس غلظت عناصر غذایی در ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف

C/N	میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییرات
	O.C	Mg	Ca	K	P	N		
۱۶۲۳/۷ ***	۱۵۸۶/۳ ***	۰/۰۵۲ *	۱۶/۰۲ ***	۲/۵۵ ***	۱/۰۲ ***	۶/۳۹ ***	۳	زمان (T)
۵۸/۲ ***	۱۳۷/۳ ***	۰/۰۰۸ <sup>ns</sup>	۸ ***	۱/۲۵ ***	۰/۴۴۱ ***	۰/۳۸ ***	۵	ماده آلی (OM)
۳۵/۸ ***	۴/۴ ***	۰/۰۱ *	۱/۵۹ ***	۰/۱ ***	۰/۰۵۱ ***	۰/۲۷ ***	۱۵	T*OM
۱/۱	۰/۴۹	۰/۰۰۷	۰/۰۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰۴	۰/۰۳	۴۸	خطا
۷/۱	۲/۱۷	۱۳/۰۱	۶/۶۳	۹/۱۱	۳/۴۲	۷/۶۲	-	ضریب تغییرات

\*\*\*، \*\* و<sup>ns</sup> به ترتیب تفاوت معنی دار در سطح ۰/۱ درصد، ۱ درصد و عدم تفاوت معنی دار می‌باشد.

#### ۴-۳-۱ بررسی تغییرات عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که بین زمان‌های مختلف و همچنین بقایای آلی مختلف در کلیه این صفات اختلاف آماری معنی‌داری ( $p < 0.0001$ ) وجود دارد (جدول ۴-۵). نتایج مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ نشان داد (جدول ۴-۶) که بیشترین مقدار افزایش نیتروژن در بین تیمارها مربوط به کود گاوی + ضایعات عرقیات بادرنجبویه CE و کود گاوی + بقایای گیاهی درختان CL و کود گاوی + ضایعات هرس درختان CP مشاهده گردید. این افزایش مقدار نیتروژن به ترتیب ۱/۹۳، ۲ و ۲/۸۴ برابر مقدار اولیه نیتروژن (زمان ۰ روز) در مواد آلی بود. افزایش جمعیت کرم‌های خاکی و فعالیت بیشتر آنها سبب افزایش سرعت معدنی شدن نیتروژن در بین تیمارها شده و بیشترین تغییرات غلظت نیتروژن در تیمار کود گاوی + ضایعات هرس درختان CP مشاهده شد که در زمان اول ۱/۳۴٪ و در زمان چهارم به ۳/۳۶٪ افزایش یافته است.

در زمان اول (۰ روز) تهیه ورمی کمپوست مواد آلی تازه و با کیفیت، در اختیار کرم‌های خاکی قرار داده شد و در اثر تغذیه کرم‌های خاکی و افزایش رشد و فعالیت آنها، بر جمعیت کرم‌های خاکی اضافه شده و این افزایش جمعیت و رشد کرم‌های خاکی سبب گردید ساختار فیزیکی مواد اولیه دچار تغییر گردد و این تغییرات بر میزان عناصر غذایی موجود در ورمی کمپوست مؤثر بوده و با گذشت زمان باعث افزایش میزان عناصر غذایی شده و ورمی کمپوست حاصل از نظر غذایی غنی شده است.

جدول ۴-۶ مقایسه میانگین عناصر غذایی موجود در ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف

C/N	O.C	Mg	Ca	K	P	N	بقایای آلی	زمان
۱۷/۲۳ d	۳۹/۸ e	۰/۶۶ bcd	۰/۲۹ o	۰/۵۹lm	۰/۴۵i	۲/۳۳ g	C	* روز
۲۷ c	۴۶/۹ c	۰/۷۵ abc	۱/۱۷ n	۰/۵۳m	۰/۱۸ m	۱/۷۴ h	CB	
۳۶/۷۶ a	۴۵/۲ d	۰/۶۲ cd	۱/۹۹ lm	۰/۹۵hi	۰/۲۲ l	۱/۲۳ i	CS	
۲۶/۶۹ c	۴۵/۱ d	۰/۵۹ cd	۲/۵۶ ij	۰/۶۳klm	۰/۲۳ l	۱/۶۹ h	CL	
۳۶/۵۲ a	۴۹/۱ b	۰/۶۳ bcd	۱/۳۶ n	۰/۲۱n	۰/۲۸ k	۱/۳۴ i	CP	
۲۸/۹۹ b	۵۱/۸ a	۰/۷۱ abcd	۲/۶۳ ij	۰/۵۱m	۰/۳۴ j	۱/۷۹ h	CE	
۹/۷۱ hijkl	۲۲/۵ n	۰/۶۴ bcd	۱/۹۳lm	۱/۱۰ gh	۰/۴۸ i	۲/۳۱g	C	۶۰ روز
۱۱/۷ efg	۳۰/۷ gh	۰/۶۲ cd	۱/۷۶ m	۰/۷۱ kl	۰/۲۲ l	۲/۶۲ efg	CB	
۱۱/۳۷ efg	۲۹/۱ ij	۰/۵۴ d	۳/۱۶ gh	۱/۲۸ ef	۰/۹۱ c	۲/۵۵ fg	CS	
۱۲/۲۰ ef	۳۱/۵ g	۰/۶۰ cd	۲/۸۶ hi	۰/۶۱ klm	۰/۷۸ f	۲/۵۸ cde	CL	
۱۲/۷۳ e	۳۲/۸ f	۰/۶۶ bcd	۳/۸۰ def	۰/۶۱ klm	۰/۸۲ c	۲/۵۸ cde	CP	
۱۰/۷۱ fghi	۳۱/۳ g	۰/۶۰ cd	۱/۴۳ n	۰/۶۳ klm	۰/۷۸ f	۲/۹۶ bcd	CE	
۹/۱۵ ijkl	۲۱/۵ no	۰/۵۸ cd	۲/۶۳ ij	۱/۴۴ cd	۰/۷۲ h	۲/۳۴ e	C	۱۲۰ روز
۱۰/۳ fghij	۲۹/۶ hi	۰/۷۷ abcd	۲/۰lm	۱/۱ gh	۰/۲۹ k	۲/۸۷ bcd	CB	
۱۰/۱۳ ghij	۲۶/۱ l	۰/۸۴ a	۳/۵۶ ef	۱/۵۲ c	۰/۹۵ b	۲/۵۸ cde	CS	
۸/۹۲ ijkl	۲۸/۲ jk	۰/۶۸ abcd	۳/۵۳ f	۰/۷۷ jk	۰/۷۷ fg	۳/۱۶ ab	CL	
۱۱/۱۷ efg	۲۸/۷ jk	۰/۶۸ abcd	۴/۹۰ b	۰/۹۴ hi	۰/۹۳ bc	۲/۵۷ cde	CP	
۱۰/۶۴ fghi	۳۰/۳ gh	۰/۶۱ cd	۲/۴۰ jk	۰/۹ ij	۰/۸۷ d	۲/۸۴ bcd	CE	
۸/۱۰ l	۲۰/۸ o	۰/۷۷ abcd	۳/۸۶ cde	۱/۸۵ b	۰/۷۴ gh	۲/۵۶ cde	C	۱۸۰ روز
۹/۶۵ hijkl	۲۸/۷ ijk	۰/۷۲ abc	۲/۲۰ kl	۱/۱۸ fg	۰/۳۴ j	۲/۹۷ bc	CB	
۸/۹۳ ijkl	۲۴/۴ m	۰/۸۴ a	۴/۱۳ c	۲/۳۱ a	۱/۰۲ a	۲/۸۵ bcd	CS	
۸/۵۰ jkl	۲۷/۶ k	۰/۸ ab	۳/۹۶ cd	۰/۹۴ hi	۰/۸۳ c	۳/۲۴ ab	CL	
۸/۲۸ kl	۲۷/۸ jk	۰/۷۲ abc	۵/۹۰ a	۱/۰۴ ghi	۱/۰۱ a	۳/۳۶ a	CP	
۷/۹۷ l	۲۸/۱ jk	۰/۶۶ bcd	۳/۲۰ g	۱/۳۴ de	۰/۹۱ c	۳/۵۳ a	CE	

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

کود گاوی (C)، کود گاوی + سبوس گندم (CB)، کود گاوی + کاه و کلش گندم (CS)، کود گاوی + بقایای گیاهی درختان چنار و افرا (CL)،

کود گاوی + ضایعات هرس درختان انگور و سیب (CP) و کود گاوی + ضایعات عرقیات بادرنجبویه (CE).

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل زمان و بقایای آلی (جدول ۴-۶) نشانگر وجود اختلاف

معنی دار بین بقایای آلی در طول مدت زمان تهیه ورمی کمپوست بود. تغییرات نیتروژن در زمان اول

(۰ روز) بین ۲/۳ - ۱/۲٪ بود که این تغییرات در تیمارهای کود گاوی C و کود گاوی + کاه و کلش

گندم CS مشاهده شد، میزان کربن آلی در زمان اول (۰ روز) در تیمار کود گاوی C (۰.۳۹/۸) و کود گاوی + ضایعات عرقیات بادرنجیویه CE (۰.۵۱/۸) به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار را داشت و به نظر می‌رسد کرم‌های خاکی در محیط‌های که میزان نیتروژن بیشتر و نسبت C/N کمتر باشد تمایل بیشتری به رشد و فعالیت دارند ولی کاهش زیاد میزان کربن آلی نیز سبب توقف رشد و فعالیت کرم‌های خاکی خواهد بود.

کرم‌های خاکی برای رشد و فعالیت خود نیاز به شرایط خاصی دارند، شرایط محیطی مطلوب و مواد اولیه با کیفیت‌تر، فاقد ترکیبات فیبری و میزان نیتروژن بالایی داشته تا امکان تغذیه برای آنها فراهم گردد. با گذشت زمان، تغذیه کرم‌های خاکی از مواد آلی و تجزیه بقایای آلی شرایط برای رشد باکتری‌ها و قارچها فراهم گردیده که با ایجاد تغییرات شیمیایی بر روی ساختار اولیه بقایای آلی، با فعالیت خود نقش مهمی در ورمی‌کمپوست شدن مواد آلی داشته باشند. تغذیه کرم‌های خاکی از بقایای آلی و عبور آنها از دستگاه گوارشی کرم‌های خاکی و تأثیر آنزیم‌های روده کرم‌های خاکی باعث معدنی شدن نیتروژن شده و نیتروژن به فرم‌های معدنی شامل آمونیوم و نیترات در ساختار کست کرم‌های خاکی ظاهر می‌شود و با گذشت زمان و تغذیه کرم‌های خاکی بر میزان آمونیوم و نیترات اضافه شده ولی احتمالاً به دلیل اینکه آمونیوم به صورت آمونیاک از محیط خارج شده و یا سریعاً به نیترات تبدیل شود این افزایش آمونیوم کمتر مشاهده شده است، همچنین معدنی شدن فسفر و فعالیت باکتری‌های که باعث دفع مواد حاوی فسفاتاز می‌شوند و با گذشت زمان و افزایش جمعیت کرم‌های خاکی و افزایش فعالیت آنها روند معدنی شدن عناصر با سرعت بیشتری انجام شده و باعث افزایش عناصر غذایی در کست کرم‌های خاکی شده است (Ndegwa و همکاران، ۲۰۰۱).

در مطالعه Plaza و همکارانش (۲۰۰۷) گزارش شده است در طی فرآیند تشکیل ورمی‌کمپوست از کود گاوی و تفاله زیتون، میزان نیتروژن به دلیل معدنی شدن مواد غنی از کربن افزایش داشته و این به دلیل فعالیت باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن می‌باشد و مقدار نهایی نیتروژن به میزان تجزیه و نیتروژن اولیه مواد بستری بستگی دارد و علاوه بر این به ترشحات و مواد

دفعی نیتروژن دار توسط کرم‌ها مربوط می‌شود (Khawairakpam و Bhargava، ۲۰۰۹؛ Suthar، ۲۰۰۹).

نتایج مقایسه میانگین (جدول ۴-۶) نشان داد که بیشترین مقدار افزایش فسفر در تیمارهای کود گاوی + کاه و کلش گندم CS (۱/۰۲٪) و کود گاوی + ضایعات هرس درختان CP (۱/۰۱٪) و کمترین مقدار افزایش آن در تیمار کود گاوی + سبوس گندم CB (۰/۳۴٪) که به ترتیب ۴/۶، ۴ و ۱/۸ برابر نسبت به مقدار اولیه‌ی آن ( زمان ۰ روز) در بقایای آلی بوده و افزایش کم مقدار فسفر احتمالاً به دلیل تأخیر در فعالیت کرم‌های خاکی، کاهش فعالیت بیولوژیک و معدنی شدن فسفر آلی باشد.

در اثر تغذیه کرم‌های خاکی و عبور مواد آلی از دستگاه گوارشی کرم‌های خاکی و تأثیر آنزیم‌ها و ریز موجودات روده کرم‌های خاکی باعث دفع مواد حاوی فسفاتاز شده و میزان فسفر در کست کرم‌های خاکی افزایش یافته است. در مطالعه Madan و Yadar (۲۰۱۲) بیان شد که به دلیل فعالیت باکتری‌ها و معدنی شدن فسفر با گذشت زمان مقدار فسفر افزایش می‌یابد و این مطلب در مطالعات Edwards و Lofty (۱۹۷۲) گزارش شده است.

نتایج مقایسه میانگین (جدول ۴-۶) نشان داد که بیشترین مقدار افزایش پتاسیم در تیمارهای کود گاوی + کاه و کلش گندم CS (۲/۳۱٪) و کود گاوی C (۱/۸۵٪) و کمترین مقدار افزایش پتاسیم در تیمار کود گاوی + بقایای گیاهی برگ درختان CL (۰/۹۴) که به ترتیب ۲/۴۳، ۳/۱ و ۱/۴۹ برابر نسبت به مقدار اولیه‌ی آن در بقایای آلی بوده است. افزایش بیشتر مقدار پتاسیم در کود گاوی می‌تواند به این دلیل باشد که مقدار اولیه پتاسیم در این تیمار بالا بوده و در نتیجه فعالیت و تأثیر آنزیم‌های روده کرم‌های خاکی این مقدار بیشتر افزایش یافته است.

تأثیر آنزیم‌ها و ریز موجودات موجود در روده کرم خاکی و تولید ترشحات از بدن آنها باعث افزایش فعالیت میکروبی در محیط شده و سبب افزایش مقدار پتاسیم در ورمی‌کمپوست می‌شود

(Parthasarathi و همکاران، ۲۰۰۰). در مطالعات Sharma و kaviraj (۲۰۰۳) افزایش مقدار پتاسیم

به دلیل فعالیت میکروفلور موجود در روده‌های کرم‌ها گزارش گردید.

نتایج مقایسه میانگین (جدول ۴-۶) نشان داد که در کلیه تیمارهای بقایای آلی نسبت C/N کاهش یافته، در تیمارهای کود گاوی C (۸/۱) و کود گاوی + ضایعات عرقیات بادرنجبویه CE (۷/۹) کمترین مقدار این نسبت را داشت. کاهش زیاد نسبت C/N کود گاوی می‌تواند ناشی از این باشد که مقدار نیتروژن اولیه در کود گاوی بیشتر بوده است و سبب شده تا نسبت اولیه C/N در ابتدای فرایند کاهش یابد و با فعالیت کرم‌های خاکی، باکتری‌ها و سایر میکروبه‌ها نیتروژن در محیط افزایش یافته و نسبت C/N کاهش یابد. تغذیه هر چه بیشتر کرم‌های خاکی از بقایای آلی، باعث کاهش کربن آلی محیط شده و در چنین شرایطی که کربن در محیط کاهش می‌یابد در حقیقت گازهای موجود در محیط خارج و بسترها از لحاظ بو فاقد بوی نامطبوع شده و این بر ادامه فعالیت کرم‌های خاکی اثر گذار بوده و با ادامه روند معدنی شدن، نسبت C/N کاهش می‌یابد، ولی هر چقدر جمعیت کرم‌های خاکی بیشتر شده و تغذیه آنها بیشتر، مواد غذایی در محیط کاهش می‌یابد در این شرایط کرم‌های خاکی از محیط خارج شده و یا از فعالیت آنها کاسته می‌شود. Bansal و Kapoor (۲۰۰۰) با مطالعه خود بر روی ورمی‌کمپوست حاصل از کود گاوی در حضور کرم‌های خاکی *Eisenia foetida* بیان کردند نسبت C/N دارای کاهش معنی‌داری بود و میزان نیتروژن افزایش یافته است. مطالعات Ananthakrishnasamy (۲۰۰۹) نشان داد که کاهش در مقدار کربن آلی و افزایش ماده آلی در ورمی‌کمپوست نشان دهنده پیشرفت تجزیه مواد بوده است.

۲-۱-۳-۴ بررسی تغییرات عناصر کلسیم و منیزیم در ورمی‌کمپوست حاصل از بقایای آلی

مختلف

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان دادند که بین زمان‌های مختلف و همچنین بقایای آلی مختلف بر روی عنصر کلسیم اختلاف آماری معنی‌داری ( $p < 0.001$ ) وجود دارد (جدول ۴-۵). نتایج

مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ نشان داد که بیشترین مقدار تغییرات کلسیم مربوط به تیمار کود گاوی + ضایعات هرس درختان CP (۰/۵/۹) و بعد از آن در تیمار کود گاوی + کاه و کلش گندم CS (۰/۴/۱۳) مشاهده گردید (جدول ۴-۶). بیشترین مقدار افزایش کلسیم در تیمارهای کود گاوی + ضایعات هرس درختان CP و کود گاوی + سبوس گندم CB و کود گاوی + کاه و کلش گندم CS به ترتیب ۵/۷، ۳/۳ و ۲/۱۲ برابر نسبت به مقدار اولیه آن در بقایای آلی بوده است و این می‌تواند ناشی از فعالیت کرم‌های خاکی، میکروبه‌ها و قارچها در محیط و تأثیر آنزیم‌های دستگاه گوارش کرم‌های خاکی باشد. مقدار کلسیم در زمان اول ناچیز بوده ولی با تغییرات ایجاد شده و همچنین فعالیت بیشتر کرم‌های خاکی مقدار کلسیم در این تیمارها بیشتر تغییر کرده است.

کرم‌خاکی *Eisenia foetida* جز کرم‌های خاکی epigeic بوده و دارای غدد ترشح کننده کلسیت می‌باشد که تغذیه کرم‌های خاکی از مواد آلی موجود در محیط و تجمع کلسیم اضافی در بدن کرم‌های خاکی فعالیت این غدد آغاز و باعث دفع کلسیم اضافی از بدن کرم‌های خاکی شده و این عمل سبب افزایش میزان کلسیم در ورمی کمپوست می‌شود (Briones و همکاران، ۲۰۰۸). مطالعات Edwards و Bohlen (۱۹۹۶) بر روی بررسی موفقولوژی کرم‌های خاکی بیان کردند، کرم‌های خاکی دارای غده کلسیت هستند که به‌عنوان یک عضو در بدن آنها شناخته شده و در دفع مقدار اضافی کلسیم از بدن کرم‌های خاکی نقش مؤثری دارد.

### ۳-۱-۳-۴ بررسی تغییرات کربن آلی و در ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان دادند که بین زمان‌های مختلف و همچنین بقایای آلی مختلف بر روی کربن آلی اختلاف آماری معنی‌داری ( $p < 0/0001$ ) وجود دارد (جدول ۴-۵) و میزان کربن آلی در طول دوره کمپوست سازی کاهش یافت. نتایج مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای

دانکن در سطح احتمال ۵٪ نشان داد که بیشترین مقدار کاهش درصد کربن آلی در تیمارهای کود گاوی C (۲۰/۸۱٪) و کود گاوی + کاه و کلش گندم CS (۲۴/۴۱٪) بود.

در تیمار کود گاوی C به دلیل اینکه میزان کربن آلی اولیه (۳۹٪) کمترین مقدار و نیتروژن اولیه (۲/۳٪) بیشترین مقدار را در بین تیمارها داشت با فعالیت کرم‌های خاکی و فعالیت میکروبی در محیط بر روی میزان کربن آلی تأثیر داشته و باعث کاهش بیشتر در این تیمار شده است. تغذیه کرم‌های خاکی از مواد آلی باعث کاهش کربن آلی در محیط شده و این به دلیل افزایش تنفس و سوخت و ساز بدن کرم‌های خاکی و میکروبها و همچنین تولید اسیدهای آلی در طول فرآیند تجزیه و معدنی شدن مواد آلی می‌باشد که در حدود ۲۰-۴۳٪ کربن آلی در فرآیند ورمی‌کمپوست از بین می‌رود (Garg و همکاران، ۲۰۰۵) و (Singh و Suthar، ۲۰۰۸) نیز به نتایج مشابهی دست یافته‌اند.

#### ۴-۱-۳-۴ بررسی تغییرات عناصر میکرو در ورمی‌کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان دادند که بین زمان‌های مختلف و همچنین بقایای آلی مختلف بر روی عناصر میکرو، اختلاف آماری معنی‌داری ( $p < 0/0001$ ) وجود دارد (جدول ۴-۷).

جدول ۴-۷ نتایج تجزیه واریانس خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف

میانگین مربعات						درجه	منابع تغییرات
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Mn	Cu	Zn	Fe	آزادی	
۳۸۰/۱ ***	۴۵۹۴/۷ ***	۳۵۹۳۵/۴ ***	۱۷۵۹/۶ ***	۲۶۹۹۵۸/۴ ***	۵۰۸۸۵۴۷/۷ ***	۳	زمان (T)
۱۳۲۲/۱ ***	۹۸/۵ ***	۲۸۲۱۷/۴ ***	۲۶۲/۲ ***	۵۵۸۷۲/۶ ***	۷۱۲۴۷۸/۱ ***	۵	ماده آلی (OM)
۱۷۶/۷ ***	۱۲۳/۴ ***	۶۷۵/۱ ***	۷۴/۸ ***	۱۵۲۸۹/۸ ***	۴۵۱۶۲/۱ ***	۱۵	T*OM
۱۷/۱۰	۱۵/۹	۲/۸۳	۱/۲۱	۴/۴	۵۲۴/۷	۴۸	خطا
۹/۴۷	۷/۵۵	۰/۸۱	۳/۸۸	۰/۵۸	۱/۷۷	-	ضریب تغییرات

\*\*\* تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۱ درصد معنی‌دار می‌باشد.



نتایج مقایسه میانگین در جدول ۴-۸ نشان داد که بیشترین مقدار افزایش عناصر آهن، منگنز، روی و مس و به ترتیب در تیمارهای کود گاوی C و کود گاوی + ضایعات هرس درختان CP مشاهده گردید. با افزایش فعالیت کرم‌های خاکی و ادامه روند تغذیه آنها بر میزان عناصر غذایی میکرو اثر داشته و این عناصر در بافتهای کست کرم‌های خاکی افزایش می‌یابد.

جدول ۴-۸ جدول مقایسه میانگین تأثیرات زمان بر روی عناصر غذایی در ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف

NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Mn	Cu	Zn	Fe	ماده آلی	زمان
mg/kg							
۲۹/۲۲ i	۲۸/۰۴ i	۲۱۴/۹ h	۲۳/۵ g	۳۱۰/۶ r	۱۰۱۸/۱ k	C	۰ روز
۷۰/۳۲ a	۴۹/۴۵ de	۱۴۹ o	۱۳/۹ i	۳۲۰/۶ q	۱۰۰۶/۷ k	CB	
۳۲/۵۱ hi	۳۶/۴۶ gh	۱۳۵/۴ p	۹/۱ k	۱۱۳/۶ v	۶۰۷/۵ m	CS	
۳۲/۵۱ hi	۳۸/۵۶ fgh	۱۶۸/۶ m	۱۲ j	۱۲۰/۳ u	۳۹۳/۱ o	CL	
۳۰/۳۲ hi	۳۴/۵۹ hi	۹۰/۵ r	۱۴/۲ hi	۲۳۸/۴ s	۳۳۸/۱ p	CP	
۵۳/۲۱ cd	۲۹ i	۹۷/۸ q	۱۵/۸ hi	۲۱۱/۸ t	۵۱۲/۸ n	CE	
۳۷/۳۳ fgh	۳۷/۳ fgh	۲۱۴/۷ b	۲۸/۱ e	۳۵۶/۳ o	۱۴۵۵/۱ fg	C	۶۰ روز
۵۹/۷۳ bc	۴۲/۹۳ efg	۲۴۹/۳ e	۱۶/۱ h	۳۵۰/۹ p	۱۲۸۲/۴ h	CB	
۳۷/۳۳ fgh	۴۱/۰۶ fgh	۱۵۵/۴ n	۲۵/۸ f	۴۴۲/۸ i	۸۳۰/۱ l	CS	
۳۷/۳۳ fgh	۴۴/۸۰ ef	۲۲۹/۵ g	۳۵/۲ c	۳۶۷/۸ n	۱۱۳۳/۶ j	CL	
۲۹/۸۶ hi	۳۹/۲۰ fgh	۱۶۶/۸ m	۳۵/۸ c	۶۱۰/۹ c	۱۰۱۸/۲ k	CP	
۲۸ i	۳۹/۲ fgh	۱۴۶/۸ o	۳۳/۳ d	۴۴۲/۵ i	۱۱۹۹/۳ i	CE	
۴۴/۸ ef	۴۸/۵۳ e	۳۰۵/۹ b	۲۷/۹ e	۳۸۷/۲ m	۱۷۱۴/۶ d	C	۱۲۰ روز
۶۵/۳ ab	۴۸/۵۳ e	۲۵۴/۵ d	۲۳/۵ g	۳۹۹/۳ l	۱۷۴۷/۲ d	CB	
۴۲/۹۳ ef	۵۹/۷۳ c	۲۰۰/۵ i	۲۷/۶ e	۴۸۶/۷ e	۱۱۱۴/۶ j	CS	
۴۴/۸ ef	۵۷/۸۶ c	۲۴۴/۵ f	۳۶/۱ c	۴۱۶/۵ k	۱۴۷۳/۱ f	CL	
۴۱/۰۶ efg	۵۷/۸۶ c	۱۸۲/۴ l	۳۸/۱ b	۶۲۲/۳ b	۱۲۹۴/۹ h	CP	
۴۴/۸ ef	۵۶ cd	۱۸۶/۷ k	۳۵/۵ c	۴۵۰/۳ h	۱۴۲۰/۴ g	CE	
۵۹/۷۳ bc	۶۷/۲۰ b	۳۱۰/۴ a	۴۹/۹ a	۴۳۳/۹ j	۲۲۰۹/۸ a	C	۱۸۰ روز
۶۱/۶ b	۵۹/۷۳ c	۲۵۶/۵ d	۳۴/۵ cd	۴۰۲/۱ l	۲۱۹۱/۶ a	CB	
۳۳/۷۸ ghi	۷۰/۹۳ b	۲۱۳/۴ h	۲۹/۱ e	۴۹۵/۵ d	۱۴۸۹/۵ f	CS	
۳۷/۳۳ fgh	۷۰/۹۳ b	۲۶۰/۸ c	۳۷/۹ b	۴۷۱/۷ f	۱۹۵۵/۴ c	CL	
۴۶/۶۶ de	۷۸/۴۰ a	۱۹۵/۵ j	۳۹/۴ b	۶۶۵/۹ a	۱۶۲۲/۷ e	CP	
۴۶/۶۶ de	۸۲/۱۳ a	۲۲۶/۸ g	۳۸/۸ b	۴۶۲/۴ g	۱۹۹۶/۳ b	CE	

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

کود گاوی (C)، کود گاوی + سبوس گندم (CB)، کود گاوی + کاه و کلش گندم (CS)، کود گاوی + بقایای گیاهی درختان چنار و افرا (CL)، کود گاوی + ضایعات هرس درختان انگور و سیب (CP) و کود گاوی + ضایعات عرقیات بادرنجبویه (CE).

نتایج مقایسه میانگین در جدول ۴-۸ نشان داد که بیشترین مقدار افزایش نیترات در تیمارهای CE (۸۲/۱۳ mg/kg) و CP (۷۸/۴ mg/kg) مشاهده گردید. با گذشت زمان و تغذیه کرم های خاکی از بقایای آلی و تأثیر آنزیمهای روده کرم خاکی سبب معدنی شدن نیتروژن شده و بیشترین تغییر در فرم نیترات مشاهده گردید، همچنین بیشترین مقدار افزایش آمونیوم در تیمارهای CB (mg/kg) (۶۱/۶) و C (۵۹/۷ mg/kg) مشاهده شد. افزایش زیاد مقدار یون آمونیوم در این تیمارها احتمالاً به دلیل وجود مقدار اولیه بیشتر یون آمونیوم در این تیمارها بوده که حتی بر روی جمعیت کرمهای خاکی این تیمارها اثرگذار بوده است.

#### ۴-۴ بررسی تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف بر روی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه گوجه فرنگی

جدول ۴-۹ نتایج تجزیه واریانس خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه گوجه فرنگی تحت تیمار ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف را نشان می دهد.

جدول ۴-۹ نتایج تجزیه واریانس تأثیر کاربرد ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه گوجه فرنگی

میانگین مربعات									
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	قطر ساقه	تعداد شاخه جانبی	محتوی نسبی آب برگ	وزن تر گیاه	وزن خشک گیاه	وزن تر ریشه گیاه	وزن خشک ریشه گیاه
ورمی کمپوست	۶	۱۰/۴***	۰/۳***	۲۶/۹***	۹۴/۹***	۳۵۸/۲***	۲/۴***	۱۰۸/۴***	۱/۱***
خطا	۱۴	۰/۶	۰/۲	۰/۵	۱/۹	۹/۸	۰/۲	۳/۱	۰/۵
ضریب تغییرات	-	۱/۸	۱۴/۲	۵/۱	۶/۴	۴/۸	۳	۷/۱	۶/۶

\*\*\* تفاوت معنی دار در سطح ۰/۱ درصد می باشد.

#### ۴-۱-۴ ارتفاع گیاه، قطر گیاه و تعداد شاخه‌های جانبی گیاه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات ارتفاع گیاه، قطر گیاه و تعداد شاخه‌های جانبی گیاه را نشان داد که بین ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف در کلیه این صفات اختلاف آماری معنی‌داری ( $p < 0/0001$ ) وجود دارد (جدول ۴-۹). نتایج مقایسه میانگین با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ نشان داد که ارتفاع گیاه بین ۴۰/۵ تا ۴۶/۵ cm که بیشترین مقدار مربوط به ورمی کمپوست حاصل از ضایعات هرس درختان CP و کمترین مقدار در تیمار شاهد Cont. مشاهده گردید (جدول ۴-۱۰).

جدول ۴-۱۰ مقایسه میانگین تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی بر روی ارتفاع، قطر گیاه، تعداد شاخه‌های جانبی و محتوی نسبی آب برگ گیاه گوجه فرنگی

ورمی کمپوست	ارتفاع گیاه cm	قطر گیاه cm	تعداد شاخه جانبی	محتوی نسبی آب برگ
پیت و پرلیت (Cont.)	۴۰/۵۰ d	۰/۷۱ c	۹ e	۱۱/۴۵ d
کود گاوی (C)	۴۲ c	۰/۸۹ bc	۱۵ c	۱۴/۴۴ c
سبوس گندم (CB)	۴۳/۵۰ bc	۰/۸۶ bc	۱۲/۳ d	۱۶/۶۰ c
کاه و کلش گندم (CS)	۴۳/۱۰ bc	۱ b	۱۳/۳ d	۱۵/۷۴ c
بقایای گیاهی (CL)	۴۲/۵۶ bc	۰/۹۰ bc	۱۴/۶۶ c	۲۱/۴۵ b
ضایعات هرس درختان (CP)	۴۶/۵۶ a	۱/۶۰ a	۱۸/۳۳ a	۲۲/۲۸ b
ضایعات عرقیات بادرنجبویه (CE)	۴۳/۷۶ b	۱/۱۳ b	۱۶/۳۳ b	۲۷/۹۵ a

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

شکل ۴-۷ تأثیر کاربرد ورمی کمپوست حاصل از بقایای مختلف آلی بر روی ارتفاع و همچنین تعداد شاخه‌ی جانبی گیاه به وضوح نشان دهنده‌ی تأثیر ورمی کمپوست بر روی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه گوجه فرنگی می‌باشد.



V.CE      V.CP      V.CL      V.CS      V.CB      V.C      Cont.

شکل ۴-۷ تأثیر ورمی کمپوست بقایای آلی بر روی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه گوجه فرنگی

افزایش ارتفاع گیاه و تعداد شاخه‌های جانبی در ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف بیشتر از تیمار شاهد (پیت و پرلیت) مشاهده شد. تحقیقاتی که توسط Ostos و همکاران (۲۰۰۸) انجام گرفت بیان نمودند که افزایش ارتفاع گیاه را با استفاده از کمپوست زباله شهری اتفاق افتاد، این محققین، دلیل این امر را وجود مقادیر زیاد عناصر غذایی به ویژه نیتروژن و فسفر در کمپوست زباله شهری دانستند. از طرفی میزان این عناصر در ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف بیشتر است، از آنجائی که ورمی کمپوست از نظر عناصر غذایی غنی بوده و عناصر غذایی را به آهستگی در اختیار گیاه قرار داده (Lazcano و Dominguez، ۲۰۱۱) و همچنین به دلیل تولید مواد هومیک و سایر مواد محرک رشد نظیر هورمون‌های رشد گیاهی در طول فرآیند تولید ورمی کمپوست توسط ریز موجودات ایجاد و در نتیجه افزایش زیتوده، فعالیت و تنوع زیستی میکروبی و بهبود فعالیت و رشد گیاه را سبب می‌شود (Uma و Malathi، ۲۰۰۹).

شیخ و همکاران (۱۳۸۴) معتقدند افزایش ارتفاع گیاه بیشتر می‌تواند دلیلی بر وجود تعداد برگ و طول ساقه و در نتیجه سطح فتوسنتز کننده، بالاتر باشد که این عوامل منجر به افزایش تولید مواد فتوسنتزی و رشد گیاه می‌شوند. زمانی که از بقایای آلی مختلف ورمی کمپوست تولید شده، در اثر فعالیت‌های گرم‌های خاکی و موجودات ریز، سبب معدنی شدن عناصر غذایی در محیط شده و این عناصر غذایی به فرم‌های قابل دسترس‌تری تبدیل گردیده و این عامل سبب شده گیاه به راحتی از

عناصر قابل دسترس استفاده کرده و عملکرد و رشد گیاه بهتر شده، در تحقیقات Arancon و همکاران (۲۰۰۵) که تأثیر ورمی کمپوست تولید شده از کود گاوی و ضایعات غذایی و بقایای کاغذ را بر روی رشد و محصول دهی فلفل در مزرعه بررسی کردند و به نتایج مشابهی دست یافتند.

#### ۴-۴-۲ محتوی نسبی آب برگ و کلروفیل

جدول ۴-۹ نتایج حاصل از تجزیه واریانس محتوی نسبی آب برگ را نشان می‌دهد که ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف بر روی محتوی آب نسبی برگ اختلاف آماری معنی داری ( $p < 0/0001$ ) دارد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین مقدار محتوی نسبی آب برگ در ورمی کمپوست حاصل از ضایعات عرقیات بادرنجبویه CE (۲۷/۹) و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد Cont. (۱۱/۴) مشاهده گردید (جدول ۴-۱۰). افزایش مقدار محتوی نسبی آب برگ گیاه احتمالاً به دلیل فعالیت و گسترش سیستم ریشه‌ای گیاه در این تیمارها و همچنین افزایش تبخیر و تعرق گیاه باشد. با فراهمی بیشتر عناصر غذایی در این محیط‌ها سرعت رشد ریشه گیاه افزایش یافته و این گسترش سیستم ریشه‌ای گیاه بر روی خصوصیاتی همچون ارتفاع و کلروفیل گیاه نقش مؤثری داشت.

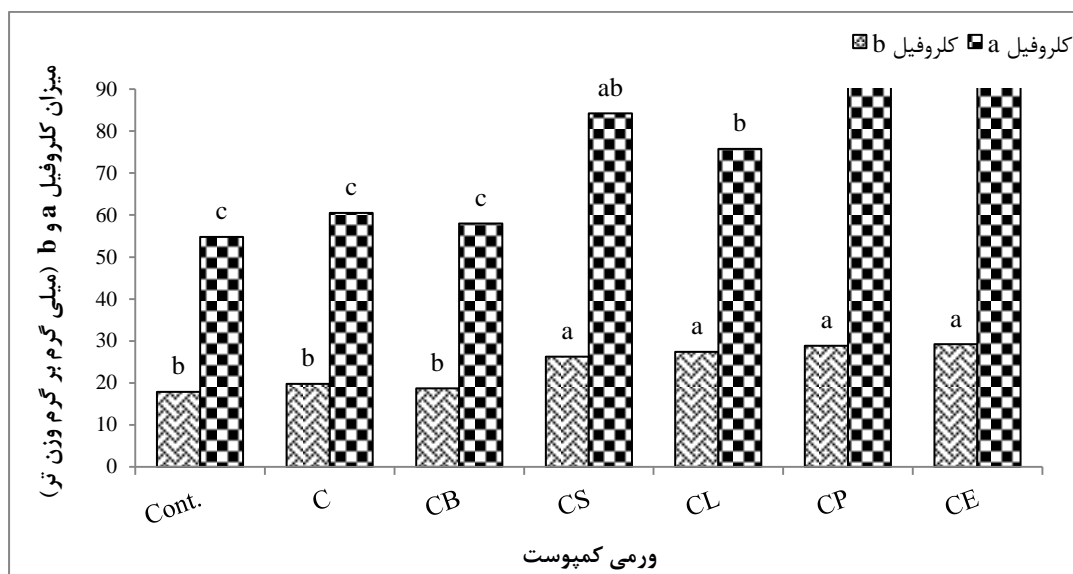
جدول ۴-۱۱ نتایج حاصل از تجزیه واریانس، کلروفیل a و کلروفیل b و کاروتنوئید را نشان می‌دهد که ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف در کلیه صفات اختلاف آماری معنی داری ( $p < 0/0001$ ) وجود دارد. نتایج مقایسه میانگین همچنین نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل a در ورمی کمپوست حاصل از ضایعات هرس درختان CP (۹۱/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و ضایعات عرقیات بادرنجبویه CE (۹۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مشاهده گردید (شکل ۴-۸).

جدول ۴-۱۱ نتایج تجزیه واریانس تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف بر روی کلروفیل و کاروتنوئید گیاه گوجه فرنگی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید
ورمی کمپوست	۶	۷۷۴/۹ ***	۷۵/۸ ***	۰/۰۱ ***
خطا	۱۴	۲۷/۱۱	۹/۱	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات	-	۷/۱	۱۲/۵	۱۸/۴

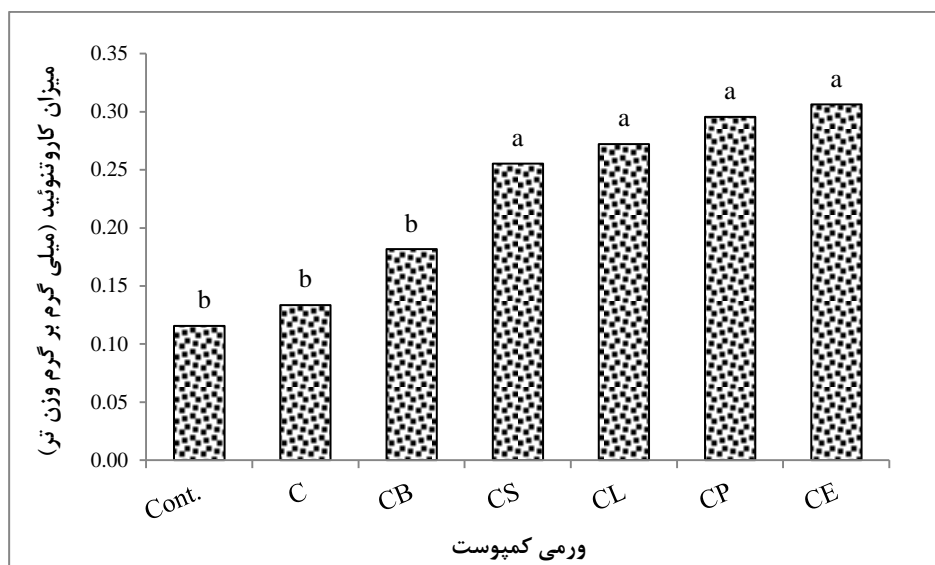
\*\*\* تفاوت معنی دار در سطح ۰/۱ درصد می باشد

به نظر می‌رسد محیط از نظر عناصر غذایی نقش تأمین کننده‌ای در نیازهای گیاه داشته که باعث افزایش تعداد شاخه‌های جانبی و در نتیجه تعداد برگهای گیاه شده، و از آنجائی که ورمی کمپوست حاصل از کود گاوی C و کاه و کلش گندم CS میزان آهن و منیزیم بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشت، ولی به نظر می‌رسد که گیاه توانایی کافی در جذب این عناصر را نداشته و یا به سختی توانسته از این عناصر استفاده کند و میزان کلروفیل در این منابع کمتر افزایش داشته است ولی در ضایعات هرس درختان CP و ضایعات عرقیات بادرنجبویه CE به دلیل بالا بودن مقدار منیزیم، فعالیت بیشتر گیاه برای جذب اکسیژن و افزایش فتوسنتز گیاه که در این حالت میزان کلروفیل افزایش یافته است، از آنجائی که کلروپلاستها برای ساخت کلروفیل نیازمند نیتروژن می‌باشند، سرعت تولید کلروفیل افزایش می‌یابد (Paknejad و همکاران، ۲۰۰۷).



شکل ۴-۸ مقایسه میانگین تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف بر تغییرات کلروفیل گیاه گوجه فرنگی میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. شاهد (پیت و پرلیت) (Cont)، ورمی کمپوست حاصل از: کود گاوی (C)، سبوس گندم (CB)، کاه و کلش گندم (CS)، بقایای گیاهی درختان چنار و افرا (CL)، ضایعات هرس درختان انگور و سیب (CP) و ضایعات عرقیات بادرنجبویه (CE).

در مطالعات Karanatsidis و Berova (۲۰۰۸) مشاهده کردند با استفاده از ورمی کمپوست رنگدانه‌های فتوسنتزی و تبادل گازی در برگهای فلفل افزایش یافته. در مطالعات Golchin و همکاران (۲۰۰۶) گزارش شده است شاخص سطح برگ و مقدار کلروفیل برگهای پسته در تیمارهای ورمی کمپوست نسبت به تیمارهای فاقد ورمی کمپوست بالاتر بود. عناصر غذایی نظیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منگنز، آهن و مس که در صورت استفاده از ورمی کمپوست به آسانی در دسترس گیاه قرار می‌گیرد و در ساخت کلروفیل استفاده می‌گردد (Theunissen و همکاران، ۲۰۱۰).



شکل ۴-۹ مقایسه میانگین تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف بر کاروتنوئید گیاه گوجه فرنگی میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. شاهد (پیت و پرلیت) (Cont)، ورمی کمپوست حاصل از: کود گاوی (C)، سبوس گندم (CB)، کاه و کلش گندم (CS)، بقایای گیاهی درختان چنار و افرا (CL)، ضایعات هرس درختان انگور و سیب (CP) و ضایعات عرقیات بادرنجبویه (CE).

شکل ۴-۹ مقایسه میانگین تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف بر روی کاروتنوئید را نشان می‌دهد، ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی باعث افزایش بیشتر کاروتنوئید در گیاه نسبت به شاهد بود، این می‌تواند نشان دهنده نقش مؤثر ورمی کمپوست در ساختار گیاه و فعالیت‌های بیولوژیکی گیاه باشد.

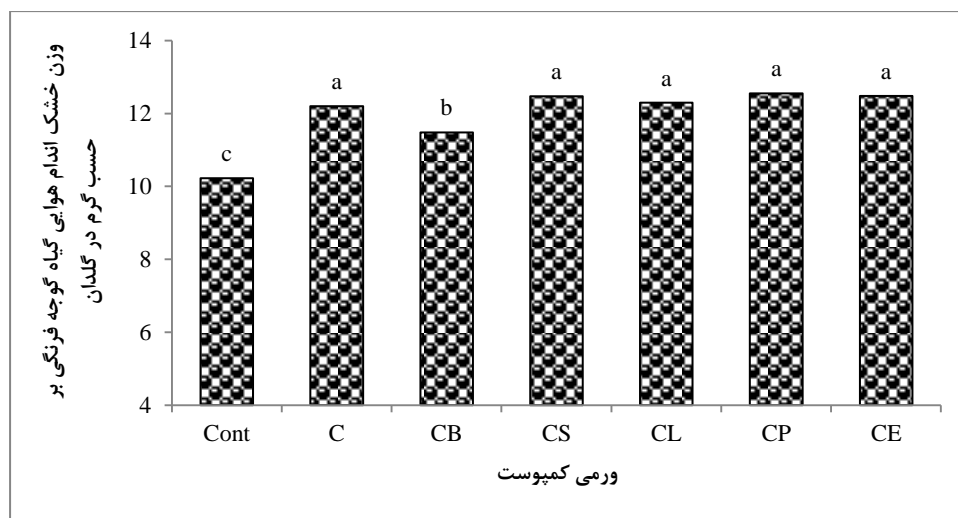
#### ۴-۳-۴ وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف از نظر صفات وزن خشک اندام هوایی گیاه و وزن خشک ریشه در سطح احتمال ۰/۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴-۹). مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی گیاه در منابع ضایعات هرس درختان CP به مقدار ۲۲٪ و در ضایعات عرقیات بادرنجبویه CE به مقدار ۲۲٪ نسبت به تیمار شاهد Cont. افزایش داشت (شکل ۴-۱۰). نتیجه مقایسه میانگین وزن خشک ریشه در ضایعات عرقیات بادرنجبویه

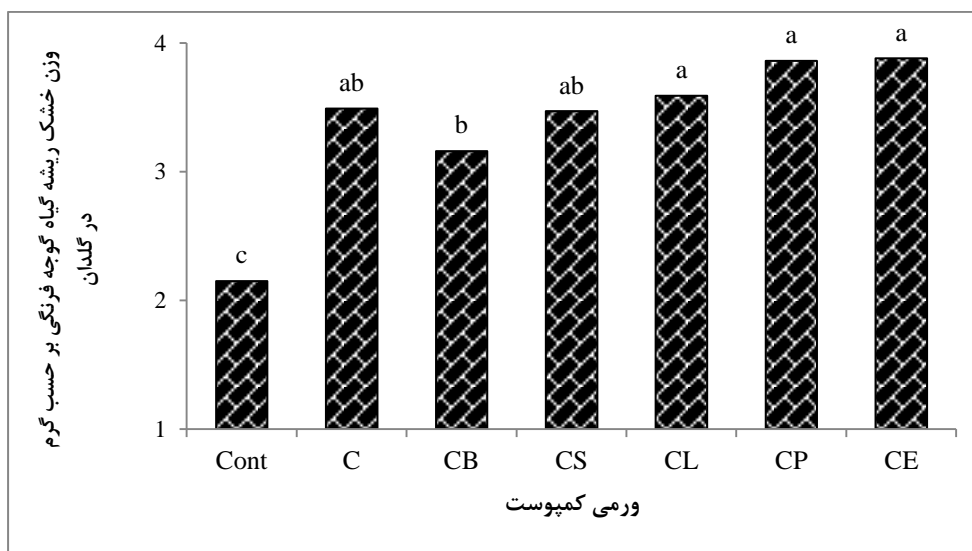


CE به مقدار ۱/۸۰٪ و در ضایعات هرس درختان CP به مقدار ۱/۷۹٪ نسبت به شاهد Cont. افزایش داشتند (شکل ۴-۱۱). Asciutto و همکاران (۲۰۰۶) مشاهده کردند با افزایش مقدار ورمی کمپوست در بستر کشت وزن خشک اندام هوایی و ریشه افزایش می‌یابد.

در بررسی‌های انجام شده بر روی اندام هوایی و ریشه گیاه مشاهده گردید به دلیل وجود عناصر غذایی غنی و همچنین وجود باکتری‌ها و قارچها در ورمی کمپوست سبب شده که سیستم ریشه‌زایی در گیاه افزایش یافته و ریشه‌ها دارای سطح ویژه بیشتری نسبت به تیمار شاهد بوده و این افزایش میزان ریشه در جذب هر چه بیشتر عناصر غذایی از محیط مؤثر بوده و تأثیر آن بر روی ارتفاع و وزن و تعداد شاخه‌های جانبی گیاه مشاهده می‌گردد.



شکل ۴-۱۰ مقایسه میانگین تأثیر ورمی کمپوست بقایای آلی بر روی وزن خشک اندام هوایی گیاه گوجه فرنگی میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. شاهد (پیت و پرلیت) (Cont)، ورمی کمپوست حاصل از: کود گاوی (C)، سبوس گندم (CB)، کاه و کلش گندم (CS)، بقایای گیاهی درختان چنار و افرا (CL)، ضایعات هرس درختان انگور و سیب (CP) و ضایعات عرقیات بادرنجبویه (CE).



شکل ۴-۱۱ مقایسه میانگین تأثیر ورمی کمپوست بقایای آلی بر روی وزن خشک ریشه گیاه گوجه فرنگی میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. شاهد (بیت و پرلیت) (cont)، ورمی کمپوست حاصل از: کود گاوی (C)، سبوس گندم (CB)، کاه و کلش گندم (CS)، بقایای گیاهی درختان چنار و افرا (CL)، ضایعات هرس درختان انگور و سیب (CP) و ضایعات عرقیات بادرنجبویه (CE).

شکل ۴-۱۲ تأثیر ورمی کمپوست بقایای آلی مختلف بر روی سیستم ریشه‌زایی و گسترش ریشه گیاه گوجه فرنگی را نشان می‌دهد. در اثر مصرف ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف میزان رشد و گسترش ریشه در گیاه تیمار شده با ورمی کمپوست بیشتر و وسیعتر از گیاه شاهد بود.



شکل ۴-۱۲ تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف بر روی سیستم ریشه گیاه گوجه فرنگی

کاربرد ورمی کمپوست اثرات مثبتی روی رشد و عملکرد گیاه و جذب عناصر غذایی توسط گیاه دارد که این اثرات مطلوب احتمالاً به دلیل مقادیر نسبتاً بالاتر عناصر غذایی و فراهمی بیشتر عناصر غذایی ماکرو و میکرو می‌باشد (Jat و Ahlawat، ۲۰۰۸). علاوه بر عناصر غذایی و مواد آلی، ورمی کمپوست دارای مقادیر زیادی مواد هومیکی می‌باشد که این مواد از طریق بهبود زیست فراهمی عناصر غذایی خاص، بویژه آهن و روی (Chen و همکاران، ۲۰۰۴) و اثر مستقیم بر متابولیسم گیاهی (Nardi و همکاران، ۲۰۰۲) باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌گردند (Tartoura، ۲۰۱۰). ورمی کمپوست به دلیل داشتن قارچ، باکتری، مخمر و اکتینومیست‌ها فعالیت میکروبی بالایی دارد که این ریز جانداران می‌توانند از طریق تولید تنظیم کننده‌های رشد گیاهی نظیر اکسین‌ها، جیبرلین‌ها، سیتوکنین‌ها و اتیلن و آبسزیک اسید تأثیر مثبتی روی رشد و عملکرد گیاه داشته باشند (Joshi و Palvig، ۲۰۱۰).

#### ۵-۴ بررسی تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف روی غلظت عناصر غذایی در اندام هوایی گیاه گوجه فرنگی

جدول ۴-۱۲ نتایج تجزیه واریانس غلظت عناصر غذایی در اندام هوایی گیاه گوجه فرنگی تحت تیمار ورمی کمپوست تولید شده از بقایای آلی را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱۲ نتایج تجزیه واریانس تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف در غلظت عناصر غذایی گیاه گوجه فرنگی

میانگین مربعات									درجه	منابع تغییرات
Mn	Cu	Zn	Fe	Mg	Ca	K	P	N	آزادی	
۷۰/۵***	۶۱/۸***	۹۹/۱***	۶۰۸/۱***	۱/۳۵***	۲/۶***	۲/۴***	۰/۱***	۱/۶***	۶	ورمی کمپوست
۰/۱۷	۰/۴۲	۰/۳۷	۳/۴۸	۰/۰۱۵	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۱۴	خطا
۱/۱	۲/۷	۱/۴	۴/۲۱	۶/۱	۴/۵	۵/۳	۲/۸	۵/۱	-	ضریب تغییرات

\*\*\* تفاوت معنی دار در سطح ۰/۱ درصد می‌باشد.

#### ۴-۵-۱ بررسی غلظت نیتروژن و فسفر در اندام هوایی گیاه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس عناصر نیتروژن و فسفر نشان داد که بین ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف در کلیه صفات اختلاف آماری معنی داری ( $p < 0.0001$ ) وجود دارد (جدول ۴-۱۲)، نتایج مقایسه میانگین نشان داد که میزان نیتروژن اندام هوایی گیاه بین ۱/۱ و ۳/۱٪ که بیشترین مقدار مربوط به ضایعات عرقیات بادرنجبویه CE و کمترین مقدار در شاهد Cont. (۱/۱٪) مشاهده شد (جدول ۴-۱۳).

جدول ۴-۱۳ نتایج مقایسه میانگین تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف روی میزان عناصر غذایی گیاه  
گوجه فرنگی

Mn	Cu	Zn	Fe	Mg	Ca	K	P	N	ورمی کمپوست
(mg/kg)				%					
۲۹/۱۳ g	۱۸/۶ f	۳۵/۶۳ f	۳۰/۰۱ f	۱/۳۳ e	۳/۰۶ f	۲/۴۹ c	۰/۳۴ d	۱/۱ d	Cont.
۳۰/۸ f	۱۹/۷۶ e	۳۸ e	۳۳/۹۵ e	۱/۶ d	۴/۳۰ d	۴/۲۰ b	۰/۴۲ c	۲/۱ b	C
۳۲/۵۶ e	۱۹/۸۳ e	۳۷/۸ e	۳۰/۳ f	۱/۴۱ de	۳/۴۶ e	۴/۱۳ b	۰/۴۰ c	۱/۵ c	CB
۳۵/۱۶ d	۲۱/۳ d	۴۲/۴۶ d	۴۰/۳۳ d	۱/۹۵ c	۴/۵ cd	۴/۷۶ a	۰/۶ b	۲/۱ b	CS
۳۸/۰۳ c	۲۶/۰۶ c	۴۵/۰۳ c	۴۶/۳۳ c	۲/۱۶ c	۴/۶۶ c	۴/۸۷ a	۰/۶۱ b	۲/۲ b	CL
۴۰/۵۳ b	۲۸/۱۳ b	۴۸/۳۳ b	۵۸/۶۶ b	۲/۷۵ b	۵/۱۳ b	۴/۹۶ a	۰/۶۷ a	۳ a	CP
۴۱/۶۶ a	۲۹/۸ a	۵۰/۷۶ a	۶۶/۳۳ a	۳/۰۶ a	۵/۸۳ a	۵/۰۲ a	۰/۶۹ a	۳/۱ a	CE

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

شاهد (پیت و پرلیت) (Cont)، ورمی کمپوست حاصل از: کود گاوی (C)، سبوس گندم (CB)، کاه و کلش گندم (CS)، بقایای گیاهی درختان چنار و افرا (CL)، ضایعات هرس درختان انگور و سیب (CP) و ضایعات عرقیات بادرنجبویه (CE).

در طی فرآیند ورمی کمپوست شدن بقایای آلی توسط کرم‌های خاکی، عناصر غذایی به فرم‌های قابل دسترس برای گیاه تبدیل می‌شوند. نیتروژن به فرم‌های آمونیوم و نترات و فسفر به صورت اورتوفسفاتاز، معدنی‌شدن عناصر باعث می‌شود تا عناصر آسان‌تر در دسترس گیاه قرار گیرند و یکی از ویژگی‌های مهم ورمی کمپوست، عناصر غذایی را کندتر رها می‌کند (Lazcano و همکاران، ۲۰۰۹)، این باعث می‌شود که عناصر به مرور زمان، مداوم و در حد نیاز گیاه در اختیار آن قرار گرفته و مانع از تصعید و یا آبشویی عناصر غذایی موجود در محیط می‌شود (lazcona و همکاران، ۲۰۱۱) با این حال

میزان مواد مغذی بسته به مواد اولیه، زمان پردازش و میزان بلوغ ورمی کمپوست دارد (Campitelli و Ceppi، ۲۰۰۸).

در مطالعات Chamani و همکاران (۲۰۰۸) گزارش شده است با افزایش مقدار ورمی کمپوست در محیط کشت مقدار نیتروژن، فسفر و کلسیم و روی در اندام هوایی گیاه افزایش می‌یابد. ورمی کمپوست جذب فسفر را از طریق افزایش انحلال آن از طریق فعالسازی ریز موجودات با ترشح اسیدهای آلی نظیر سیتریک، گلوتامیک، اگزالیک، مالیک و اسید فوماریک و یا تحریک فعالیت فسفاتاز افزایش می‌دهد (Azarmi و همکاران، ۲۰۰۸). افزایش جذب عناصر غذایی در تیمارها می‌تواند به دلیل وجود هورمون‌های خاص گیاهی، تولید شده توسط ریزموجودات باشد و مقادیر بالای آنزیم‌ها و مواد آلی و ریز موجودات در کست (Cast) کرم‌های خاکی شرایط مناسبی را در محیط برای انتقال سریع عناصر غذایی فراهم می‌آورد (Surindra، ۲۰۰۹).

#### ۴-۵-۲ بررسی غلظت پتاسیم، کلسیم و منیزیم در اندام هوایی گیاه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم نشان داد که بین ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف در کلیه صفات اختلاف آماری معنی‌داری ( $p < 0.0001$ ) وجود داشت (جدول ۴-۱۲)، نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین مقدار پتاسیم، کلسیم و منیزیم مربوط به ضایعات عرقیات بادرنجبویه CE (به ترتیب ۵، ۵ و ۳٪) بود. همه تیمارها دارای پتاسیم، کلسیم و منیزیم بیشتری نسبت به شاهد Cont. بودند (جدول ۴-۱۳). kalantari و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند استفاده از ورمی کمپوست باعث افزایش مقدار عناصر غذایی اندام هوایی می‌گردد. Perz-Murcia و همکاران (۲۰۰۶) افزایش قابل ملاحظه‌ی پتاسیم و فسفر در اندام هوایی گوجه فرنگی، خیار و توت فرنگی، در نتیجه‌ی افزودن کمپوست و ورمی کمپوست به محیط رشدی را

مشاهده کردند. افزایش جذب پتاسیم ممکن است به دلیل افزایش دسترسی پتاسیم از طریق تبدیل اشکال پتاسیم محلول باشد (Azarmi و همکاران، ۲۰۰۸).

در مطالعات Yan و همکارانش (۲۰۱۳) بیان شد که کرم‌های خاکی دارای غده کلسیت می‌باشند که به‌عنوان یک عضوی در بدن کرم خاکی فعالیت دارد و مانع تجمع کلسیم زیاد در بدن کرم خاکی شده. مواد آلی در اثر تغذیه کرم‌های خاکی و عبور از دستگاه گوارشی کرم‌های خاکی، دارای آنزیم‌ها و جمعیت میکروبی غنی و فعال بوده و از آنجائی که وجود پتاسیم برای فعالیت آنزیم‌ها لازم است در ورمی‌کمپوست مقدار پتاسیم افزایش می‌یابد و همچنین وجود ریز موجودات در ورمی‌کمپوست باعث افزایش جذب پتاسیم، کلسیم و منیزیم توسط گیاه شده است.

#### ۴-۵-۳ بررسی غلظت عناصر میکرو در اندام هوایی گیاه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس عناصر میکرو نشان داد که بین ورمی‌کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف در کلیه صفات اختلاف آماری معنی داری ( $p < 0/0001$ ) وجود داشت (جدول ۴-۱۲)، نتایج مقایسه میانگین نشان داد که مقدار آهن، روی، مس و منگنز در تیمار ضایعات هرس درختان CP نسبت به شاهد به ترتیب ۱/۲۱، ۴۲، ۶۰ و ۴۳ درصد، افزایش یافت (جدول ۴-۱۳).

ورمی‌کمپوست به‌عنوان یک کود ارگانیک مطرح است که دارای مقدار زیادی ماده آلی و متعاقب آن افزایش CEC و دسترسی و جذب عناصر میکرو را بالا می‌برد (Keramati و همکاران، ۲۰۱۰)، ورمی‌کمپوست به دلیل داشتن تمامی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه باعث بهبود و توازن مقدار عناصر در گیاه شده و نقش مهمی در بهبود شاخص‌های رشد و عملکرد گیاه ایفا می‌کند (Khan و Ishaq، ۲۰۱۱)، به همین دلیل در تمامی تیمارها به جز تیمار شاهد افزایش جذب عناصر میکرو مشاهده شد. افزایش جذب آهن و روی توسط گیاه به مقدار آن در ورمی‌کمپوست حاصل از بقایای

آلی مختلف، معدنی شدن عناصر و تولید اسیدهای آلی در محیط و افزایش تشکیل کمپلکس‌های عناصر غذایی ریز مغذی می‌باشد (Azarmi و همکاران، ۲۰۰۸).

#### ۶-۴ بررسی تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف بر روی شاخص‌های

#### بیولوژیکی بستر کشت گیاه گوجه فرنگی

جدول ۴-۱۴ نتایج تجزیه واریانس تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف بر روی شاخص‌های بیولوژیکی بستر کشت گیاه گوجه فرنگی را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱۴ نتایج تجزیه واریانس تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف بر روی شاخص‌های بیولوژیکی بستر کشت گیاه گوجه فرنگی

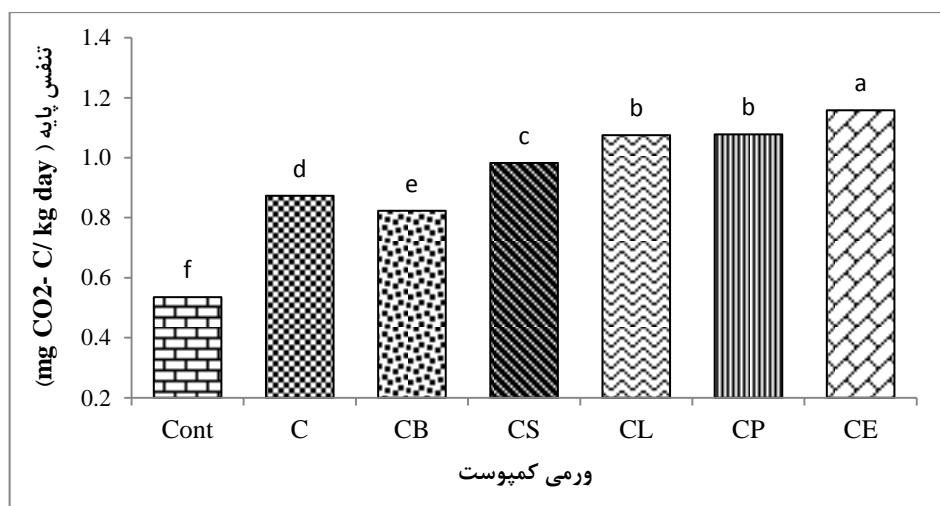
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		MBC	BR
ورمی کمپوست	۶	۰/۰۰۱***	۰/۱۳۴***
خطا	۱۴	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۷
ضریب تغییرات	-	۳/۴۸	۲/۸۶
جمعیت میکروبی		۸۰۴۸۸/۸***	۱۰۸۰/۹

\*\*\* تفاوت معنی دار در سطح ۰/۱ درصد می‌باشد.

#### ۶-۴-۱-۶ تنفس پایه میکروبی (BR)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس تنفس پایه میکروبی نشان داد که بین ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف، اختلاف آماری معنی‌داری ( $p < 0/0001$ ) وجود داشت (جدول ۴-۱۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تنفس پایه میکروبی در کلیه تیمارها افزایش یافت و بیشترین مقدار آن

در بستر کشت حاصل از ضایعات عرقیات بادرنجبویه  $1/158$  CE ( $\text{mg CO}_2\text{-C/kg day}$ ) مشاهده شد که  $2/16$  برابر نسبت به تیمار شاهد Cont. ( $0/5$   $\text{mg CO}_2\text{-C/kg day}$ ) افزایش داشت (شکل ۴-۱۳). کرم‌های خاکی در اثر فعالیت، بسیاری از ریز موجودات را می‌بلعند و این امر سبب تحریک فعالیت میکروبی در محیط شده و نیز باعث افزایش تنفس میکروبی می‌شود و از طرفی ریشه‌ها برای جذب عناصر و فعالیت و نیز ترشحات ریشه‌ای بر روی تنفس پایه مؤثر بوده. با افزایش مواد آلی در محیط میزان تنفس میکروبی افزایش یافته و از طرف دیگر ریشه‌ها جز منابع تولید کننده کربن، برای میکروبه‌ها هستند، در نتیجه افزایش تراوشات ریشه‌ای فعالیت میکروبی در محیط را سرعت می‌بخشند و با آزاد شدن ترکیبات آلی از ریشه، عامل مهم در فراهم کردن کربن در محیط ریزوسفر می‌باشد (Dai و همکاران، ۲۰۰۴).



شکل ۴-۱۳ مقایسه میانگین تأثیر کاربرد ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف روی تنفس پایه (BR)

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

شاهد (پیت و پرلیت) (Cont)، ورمی کمپوست حاصل از: کود گاوی (C)، سبوس گندم (CB)، کاه و کلش گندم (CS)، بقایای گیاهی درختان چنار و افرا (CL)، ضایعات هرس درختان انگور و سیب (CP) و ضایعات عرقیات بادرنجبویه (CE).

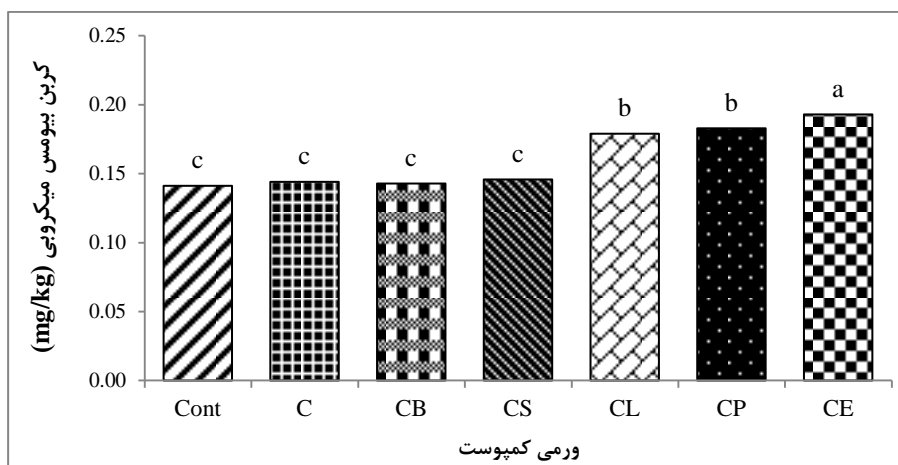


در اثر فعالیت کرم‌های خاکی جمعیت میکروبی افزایش یافته و این عامل باعث می‌شود ورمی‌کمپوست از نظر آنزیم و جمعیت میکروبی فعال بوده و بر روی سیستم ریشه‌ای مؤثر و سبب افزایش بیومس ریشه گیاه می‌شود و نیز باعث افزایش تنفس پایه می‌گردد (Binet و همکاران، ۱۹۹۸).

#### ۴-۶-۲ کربن بیومس میکروبی (MBC)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس کربن بیومس میکروبی نشان داد که بین ورمی‌کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف، اختلاف آماری معنی‌داری ( $p < 0.0001$ ) وجود داشت (جدول ۴-۱۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد، کربن بیومس میکروبی در ورمی‌کمپوست حاصل از بقایای ضایعات عرقیات بادرنجبویه CE (۰/۱۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) دارای بیشترین مقدار افزایش نسبت به شاهد Cont. (۰/۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود، این افزایش تقریباً ۳۶٪ می‌باشد بود (شکل ۴-۱۴). حضور گیاه در این محیط‌ها و اثر ترشحات ریشه‌ای برای جذب عناصر غذای سبب تشدید فعالیت زیستی شده و در نتیجه با افزایش بیومس میکروبی در تیمارها، نقش بسزایی دارد.

از طرفی در ورمی‌کمپوست حاصل از بقایای ضایعات عرقیات بادرنجبویه CE، نسبت C/N کمتر بود و نیز دارای جمعیت میکروبی بالایی می‌باشد که این عوامل باعث افزایش کربن بیومس میکروبی شده است (Pashanasi و همکاران، ۱۹۹۶). کربن بیومس میکروبی با ترشحات حاصل از فرآیندهای دستگاه گوارش کرم‌های خاکی افزایش می‌یابد (Devligher و Verstraete، ۱۹۹۷).

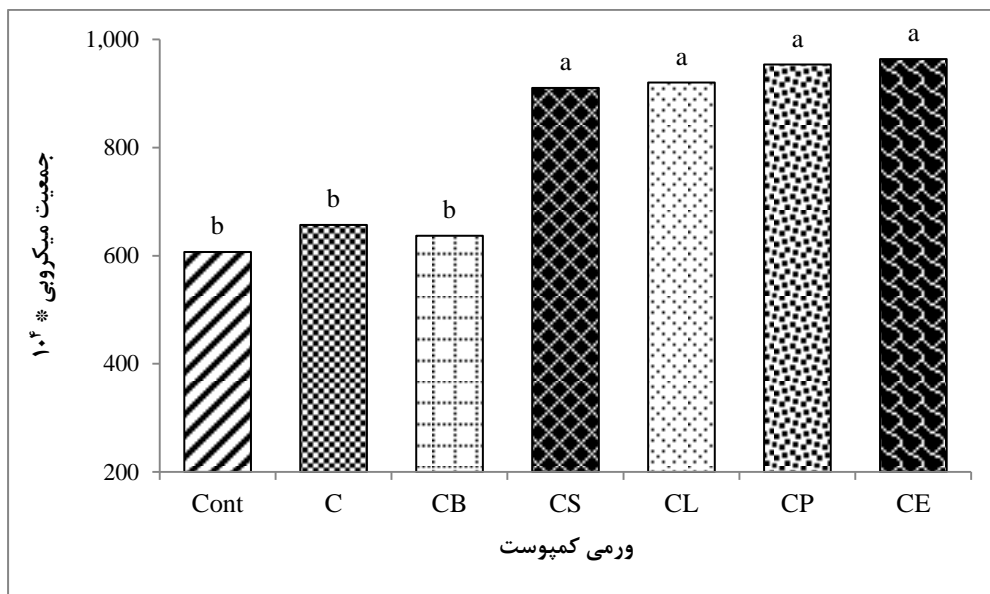


شکل ۴-۱۴ مقایسه میانگین تأثیر ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف روی کربن بیومس میکروبی میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. شاهد (پیت و پرلیت) (Cont)، ورمی کمپوست حاصل از: کود گاوی (C)، سبوس گندم (CB)، کاه و کلش گندم (CS)، بقایای گیاهی درختان چنار و افرا (CL)، ضایعات هرس درختان انگور و سیب (CP) و ضایعات عرقیات بادرنجبویه (CE).

#### ۳-۶-۴ جمعیت میکروبی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس جمعیت میکروبی نشان داد که بین ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف، اختلاف آماری معنی‌داری ( $p < 0/0001$ ) وجود داشت (جدول ۴-۱۴).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد جمعیت میکروبی در اکثر تیمارهای مورد بررسی افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد (پیت و پرلیت) داشت (شکل ۴-۱۵). ترشحات ریشه‌ای از جمله اسیدهای آمینه و آلی در ریزوسفر به‌عنوان منابع سهل الوصول کربن و انرژی برای میکروبه‌ها بوده و باعث افزایش فعالیت و جمعیت میکروبی می‌گردد (Landi و همکاران، ۲۰۰۶). مواد آلی به‌عنوان منبع تغذیه برای کرم‌های خاکی مصرف می‌شود و در اثر فعالیت ریز موجودات و آنزیم‌های دستگاه گوارش کرم خاکی جمعیت میکروبی در کست کرم‌های خاکی افزایش یافت، از طرفی با رشد گیاه در این محیط‌ها و تأثیر ترشحات ریشه‌ای باعث افزایش فعالیت و جمعیت میکروبی می‌شود.



شکل ۴-۱۵ مقایسه میانگین کاربرد ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف روی جمعیت میکروبی میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. شاهد (پیت و پرلیت) (Cont)، ورمی کمپوست حاصل از: کود گاوی (C)، سبوس گندم (CB)، کاه و کلش گندم (CS)، بقایای گیاهی درختان چنار و افرا (CL)، ضایعات هرس درختان انگور و سیب (CP) و ضایعات عرقیات بادرنجبویه (CE).

فصل پنجم:

نتیجہ گیری و پیشہاوا

## ۵-۱ نتیجه گیری

نتایج بدست آمده از این تحقیق بیانگر نقش مفید کرم‌های خاکی *Eisenia foetida* در تغذیه از منابع آلی مختلف و پایداری ورمی‌کمپوست می باشد.

نتایج پژوهش نشان داد تغذیه کرم‌های خاکی از مواد آلی مختلف که سبب افزایش و رشد جمعیت کرم‌های خاکی می‌شود و تغییراتی که توسط موجودات میکروسکوپی بر روی مواد آلی ایجاد می‌شود، باعث پایداری و تولید ورمی‌کمپوست با ارزش و غنی از عناصر غذایی شده، برتری ورمی‌کمپوست به دلیل داشتن کرم‌های خاکی ریز، کوکون کرم‌های خاکی، لاشه بدن کرم‌های خاکی مرده، موجودات میکروسکوپی و اسیدهای آلی مختلف و همچنین خاصیت کند رهاسازی عناصر غذایی می‌باشد. کاربرد بقایای آلی مختلف همچون ضایعات هرس درختان و ضایعات عرقیات بادرنجبویه و کاه و کلش گندم علاوه بر کاهش آلودگی زیست محیطی سبب تغذیه کرم‌های خاکی از این منابع آلی و افزایش رشد و جمعیت آنها می‌شود و در نتیجه کست کرم‌های خاکی تحت تأثیر آنزیم‌های روده کرم‌های خاکی غنی از مواد غذایی و اسیدهای آلی می‌شود.

بنابراین تلاش برای استفاده و جایگزینی کودهای زیستی به جای کودهای شیمیایی آغاز شد. مطالعات مختلف و متعددی بر روی استفاده از کرم‌های خاکی جهت تولید کودهای زیستی و بهبود عملکرد انجام شده است. تحقیق حاضر نیز تلاشی در همین راستا بوده است. در میان منابع مواد آلی، ورمی‌کمپوست پتانسیل بالایی در جذب و نگهداری عناصر غذایی دارد. این فرایند به دلیل داشتن نسبت C/N پایین می‌تواند نقش مهمی در ایجاد شرایط مطلوب برای رشد گیاهان داشته باشد و یک امر مهم در کشاورزی پایدار محسوب می‌شود. استفاده از کودهای آلی ورمی‌کمپوست به دلیل اثرات بلند مدت بر روی تامین عناصر غذایی کم‌مصرف و پرمصرف و ایجاد و حفظ شرایط بیولوژیکی مناسب برای رشد و توسعه ریشه می‌تواند از لحاظ اقتصادی قابل توجه باشد.

در کل می توان نتایج زیر را از این تحقیق برشمرد:

- نتایج کلی تحقیق نشان دهنده تأثیر مثبت منابع آلی مختلف بر رشد و جمعیت کرم های خاکی *Eisenia foetida* می باشد، در اثر استفاده کرم های خاکی از مواد آلی چون ضایعات هرس درختان، ضایعات عرقیات بادرنجیویه و کاه و کلش گندم علاوه بر افزایش رشد و جمعیت کرم های خاکی، تولید مثل آنها نیز افزایش یافت. در اثر تغذیه کرم های خاکی از مواد بستر بهتر است با گذشت زمان و رسیدگی ورمی کمپوست اقدام به تعویض مواد بستر نمود.

- نتایج تحقیق نشان داد مدت زمان تهیه ورمی کمپوست در بقایای آلی مختلف متفاوت می باشد، در بقایای آلی که دارای ساختار نرم تر هستند در زمان کمتر از ۱۲۰ روز ورمی کمپوست به درجه تکامل و رسیدگی می رسد. با افزایش مدت زمان کمپوست سازی فعالیت و جمعیت کرم های خاکی کاهش می یابد و این باعث از بین رفتن کرم های خاکی می شود.

- از مواد آلی مختلف موجود در طبیعت می توان به عنوان بستر و منبع تغذیه کرم های خاکی استفاده نمود. برخی از منابع آلی مانند کاه و کلش گندم به دلیل داشتن ساختار نرم و تجزیه پذیری سریع در اثر تغذیه کرم های خاکی سریعاً محیط با کمبود مواد غذایی روبرو شده و برای جلوگیری از خروج کرم های خاکی و یا مرگ آنها براین اساس باید اقدام به افزودن مواد غذایی و یا خروج و انتقال کرم های خاکی به محیط جدید نمود. همچنین سبوس گندم به دلیل داشتن میزان بالایی آمونیوم در اثر جذب رطوبت فرایند تصعید رخ می دهد و دمای محیط افزایش می یابد در نتیجه به عنوان بستر مناسب برای کرم های خاکی نخواهد بود و باید به همراه سایر مواد آلی ترکیب شود.

- ورمی کمپوست حاصل از بقایای آلی مختلف در اثر گذشت زمان، تأثیر جمعیت کرم های خاکی و تغذیه آنها تأثیر معنی داری بر میزان عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف موجود در ورمی کمپوست داشت. تیمارهای کود گاوی + ضایعات هرس درختان CP و کود گاوی + عرقیات

بادرنجبویه CE دارای بالاترین مقدار عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف نسبت به شرایط اولیه مواد آلی داشتند.

- نتایج تحقیق نشان دهنده تأثیر قابل ملاحظه و مثبت کودهای بیولوژیک ورمی‌کمپوست بر روی شاخص‌های مورفوفیزیولوژیکی از قبیل ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی و ریشه‌ای، محتوی نسبی آب برگ و کلروفیل نسبت به تیمار شاهد می‌باشد، ورمی‌کمپوست حاصل از ضایعات هرس درختان CP و عرقیات بادرنجبویه CE دارای بالاترین مقدار نسبت به شاهد Cont بود.

- مقدار عناصر غذایی در اندام‌هوایی گیاه گوجه‌فرنگی در ورمی‌کمپوست حاصل از ضایعات هرس درختان CP و عرقیات بادرنجبویه CE دارای افزایش معنی‌دار نسبت به شاهد Cont (پیت و پرلیت) داشت.

- در این تحقیق نشان داده شد که برای افزایش تمامی شاخص‌های رشد گیاه گوجه‌فرنگی استفاده از ورمی‌کمپوست حاصل از منابع آلی مختلف همچون ضایعات هرس درختان CP و عرقیات بادرنجبویه CE برای بستر کشت مناسب باشد

ورمی‌کمپوست حاصل از منابع آلی کاه و کلش گندم و بقایای گیاهی درختان دارای نتایج قابل توجهی بودند.

## ۵-۲ پیشنهادها

- ۱- پیشنهاد می‌گردد استفاده از ضایعات آشپزخانه و ضایعات میوه و سبزیجات بر روی رشد و جمعیت کرم‌های خاکی *Eisenia foetida* بررسی گردد.
- ۲- پیشنهاد می‌گردد از سایر گونه‌های کار آمد کرم‌های کمپوست در گلخانه‌ها همزمان با کشت گیاه استفاده شود.
- ۳- پیشنهاد می‌گردد خواص آنزیم‌ها، تنظیم کنندگان رشد گیاه و تنوع میکروارگانیسمی ورمی کمپوست بررسی گردد.
- ۴- پیشنهاد می‌گردد نقش ورمی کمپوست در کنترل آفات و بیماری‌ها و مقاومت گیاهان به بیماری بررسی گردد.
- ۵- پیشنهاد می‌گردد تأثیر کودهای زیستی بر روی رشد و عملکرد گیاهان مختلف در شرایط مزرعه‌ای نیز مورد بررسی قرار گیرد.



## منابع :

- اردکانی م. عباس زاده ب. شریفی عاشور آبادی الف. لباسچی م ح و پاک نژاد ف، (۱۳۸۶). "بررسی اثر کمبود آب بر کمیت و کیفیت گیاه بادرنجبویه". فصلنامه‌ی علمی - پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. شماره ۲۳، دوره ۲: ص ۲۶۱-۲۵۱.
- امید بیگی ر، (۱۳۷۹). "تولید و فرآوری گیاهان دارویی". انتشارات آستان قدس رضوی. جلد سوم، صفحه ۳۹۷.
- باشتنی م، (۱۳۷۸). "اثر جیره های با سبوس گندم بالا و منابع پروتئینی مختلف بر تولید و ترکیب شیر گاوهای هلشتاین". پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد. خلاصه مقالات نخستین همایش ملی بررسی ضایعات محصولات کشاورزی. ۱۳۸۲. ۲۹ مهر ماه. پیشگفتار. دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.
- درزی م. سید هادی م ر و رجالی ف، (۱۳۸۹). "تأثیر کاربرد ورمی کمپوست و کود فسفات زیستی بر عملکرد و اجزا عملکرد گیاه دارویی انیسون (*Pimpinella anisum L.*)". فصلنامه علمی و پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر. شماره ۲۶، دوره ۴: ص ۴۶۵-۴۵۲.
- رجب زاده ن، (۱۳۷۵). "تکنولوژی آماده سازی و نگهداری غلات". انتشارات آستان قدس رضوی. ص ۳۷-۳۹.
- سماوات س. لکزیان الف و ضمیرپور عناصر غذایی، (۱۳۸۹). "امکان تولید کمپوست و ورمی کمپوست از ضایعات چغندر قند مصرفی کارخانه قند". مجله علوم و صنایع کشاورزی. شماره ۵، دوره ۲: ص ۸۳-۸۹.
- شیخ ف. تورچی م. ولیزاده م. شکیبا ر و پاسبان اسلام ب، (۱۳۸۴). "ارزیابی تحمل به خشکی ارقام بهاره کلزا". مجله دانش کشاورزی، شماره ۲، دوره ۲: ص ۱۰-۱.
- صالحی راد ر، (۱۳۹۰)، پایان نامه ارشد " بررسی تهیه کمپوست از ضایعات هرس درختان به کمک بقایای سرخس آزولا"، دانشکده کشاورزی. دانشگاه ارومیه.
- عزیزی م. رضوانی ف. حسن نژاد م. لکزیان الف و نعمتی ح، (۱۳۸۷). "تأثیر سطوح مختلف ورمی کمپوست و آبیاری بر خصوصیات موفولوژیک و میزان اسانس بابونه آلمانی (*Matricaria recutita*)". فصلنامه علمی و پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر. شماره ۲۴، دوره ۱: ص ۹۳.

علیخانی ح. ثوابی غ، (۱۳۸۵). "تولید ورمی کمپوست برای کشاورزی پایدار (ترجمه)". مرکز نشر  
جهاد دانشگاهی. ص ۲۶۸.

فرهادی مرتضی، (۱۳۸۲). "کشتکاری و فرهنگ، چون و چراهایی بر کشاورزی صنعتی و شیوه های  
سنتی بهورزی و بهداری و توان بخشی زمین در ایران". موسسه پژوهش های برنامه ریزی و  
اقتصاد کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی.

محبوب خماسی ع، (۱۳۸۳). "اثر کود بیولوژیکی مایع (ورمی واش) بصورت اسپری برگی بر تغذیه و  
شاخص های رشد دیفن باخیا و آگلونما". پژوهشنامه علوم کشاورزی (۴)، ص ۱۷۵-۱۸۷.  
مهردادفر م، (۱۳۶۵). "تغذیه دام با استفاده از کود دامی (ترجمه)". کمیته علمی تغذیه و امور دام  
معاونت امور طرحهای تولیدی و کشت و صنعت ها. شرکت سهامی کشت و صناعات و دامپروری  
مغان.

موسوی م. بهمنیار م ح و پیردشتی ه، (۱۳۹۱). "واکنش گیاه برنج به کاربرد چند ساله ورمی کمپوست  
به صورت جداگانه و غنی شده با کود شیمیایی مختلف". مجله الکترونیک تولید گیاهان  
زراعی. جلد ۵ شماره ۲. ص ۱۹-۳۵.

میربلوک آ. لکزیان الف و حق نیا غ، (۱۳۸۷). "تأثیر هوادهی خاک و ملاس چغندر قند بر رشد و نمو  
کرم خاکی *Eisenia fetida* در بستر کود گاوی". مجله آب و خاک (علوم و صنایع  
کشاورزی)، جلد ۲۲، شماره ۲.

هاشمی م، (۱۳۷۵). "کاربرد فضولات حیوانی در تغذیه دام، طیور و ماهی". انتشارات فرهنگ جامع  
تهران. ایران.

Aalok A. Tripathi A K and Soni P. (2008). "Vermicomposting: A Better Option for  
organic solid waste management". **J. Hum. Ecol.**, 24, 1, pp 59-64.

Albanell E. Plaixats J. and Cabrero T. (1988). "Chemical changes during  
vermicomposting (*Eisenia fetida*) of sheep manure mixed with cotton industrial  
wastes". **Biology and Fertility of Soils**, 6, pp 266-269.

Ananthkrishnasamy S. (2009). "American-Eurasian". **J. Agric. & Environ. Sci.**, 5 ,6,  
pp 720-724.

Anderson J.P.E. (1982). "Methods of Soil Analysis". **Chemical and Micro Biological  
Properties, American Society of Agronomy, WI**, 2, pp 831-871.

Arancon N.Q. Edwards C.A. and Lee S. (2002a). "Management of plant parasitic  
nematode populations by use of vermicomposts". **Proc. Brigh. Conference –  
Pests and Diseases.**, 8B-2, pp 705-716.

Arancon N.Q. Edwards C.A. Bierman P. Metzger J. Lee S. and Welch C. (2002b).  
"Applications of vermicomposts to tomatoes and peppers grown in the field and  
strawberries grown under high plastic tunnels". **Proceedings of the International  
Earthworm Symposium, Cardiff Wales.**

- Arancon N. Q. Edwards C. A. Bierman P. Metzger J. D. Lee S. and Welch C. (2003). "Effects of vermicomposts on growth and marketable fruits of field-grown tomatoes, peppers and strawberries". **Pedobiologia**, **47**, pp 731-735.
- Arancon N. Q. Edwards C. A. Bierman P. Welch C. and Metzger J. D. (2004). "Influence of Vermicomposts on field strawberries: effect on growth and yields". **Bioresource Technology**, **93**, pp 145-153.
- Arancon N. Q. Edwards C. A. Bierman P. Metzger J. D. and Lucht C. (2005). "Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field". **Pedobiologia**, **49**, pp 297-306.
- Arancon N. Q. Edwards C. A. and Bierman P. (2006). "Influences of vermicomposts on field strawberries: effects on soil microbial and chemical properties". **Bioresource Technology**, **97**, pp 831-840.
- Arnon A. N. (1994). "Method of extraction of chlorophyll in the plant". **J. Agronomy**, **23**, pp 112-121.
- Asciutto K. Rivera MC. Wright ER. Morisigue D. and López MV. (2006). "Effect of vermicompost on the growth and health of *Impatiens wallerana*". **Int. J. of Exp. Bot.**, **75**, pp 115-123.
- Atiyeh R.M. Subler S. Edwards C.A. and Metzger J. (1999). "Growth of tomato plants in horticultural media amended with vermicompost". **Pedobiologia**, **43**, pp 724-728.
- Atiyeh R.M. Arancon N. Edwards C.A. and Metzger J. D. (2000a). "Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes". **Bioresource Technology** **75**, **3**, pp 175– 180.
- Atiyeh R.M. Edwards C.A. Subler S. and Metzger J. D. (2000b). "Earthworm-processed organic wastes as components of horticultural potting media for growing marigold and vegetable seedlings". **Compost Sci. and Util.**, **8**, **3**, pp 215–223.
- Atiyeh R.M. Edwards C.A. Subler S. and Metzger J.D. (2001). "Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth". **Bioresource Technology**, **78**, pp 11-20.
- Atiyeh R.M. Lee S.S. Edwards C.A. Arancon N.Q. and Metzger J. (2002). "The influence of humic acid derived from earthworm-processed organic waste on plant growth". **Bioresource Technology**, **84**, pp 7–14.
- Atiyeh R. M. Lee S. S. Edwards C. A. Arancon N. Q. and Metzger J. D. (2002b). "The influence of humic acid derived from earthworm processed organic wastes on plant growth". **Bioresource Technology**, **84**, pp 7–14.
- Azarmi R. Giglou M. T. and Taleshmikail D. (2008). "Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato (*Lycopersicum esculentum*) field". **J. Afric. of Biotec.**, **7**, **14**, pp 2397-2401.
- Bachman G. R. and Metzger J. D. (2008). "Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost". **Bioresource Technology**, **99**, pp 3155-3161.
- Baker G. and Kilpin G. (1992). "CSIRO's Double Helix Science Club, Earthworm Identifier". **CSIRO Publication. East Melborn**.
- Bansal S. and Kapoor K. K. (2000). "Vermicompost of crop residues and cattle dung with *Eisenia fetida*-Nutrient content of vermicompost". **Bioresource technology**, **73**, **2**, pp 95-98.

- Barrios-Masias F. H. Cantwell M. I. and Jackson L. E. (2011). "Cultivar mixtures of processing tomato in an organic agroecosystem". **Organic Agriculture.**, **1**, pp 17-30.
- Benito M. Masaguer A. Moliner A. Arrigo N. and Palma R. M. (2003). "Chemical and microbiological parameters for the characteristics of the stability of pruning waste compost". **J. of biology and fertility of soils.**, **37,3**, pp 184-189.
- Berova M. and Karanatsidis G. (2008). "Physiological response and yield of pepper plants (*Capsicum annum* L.) to organic fertilization". **J. Central Eur. Agric.**, **9,4**, pp 715-722.
- Bertamini M. L. Zulini K. and Nedunchezian. (2006). "Effect of water deficit on photosynthetic and other physiological response in grapevine (*Vitis Viniera* L. cv. Riesling) plants". **Photosynthetica.**, **44,1**, pp 151-154.
- Bharadwaj A. (2010). "Management of kitchen waste material through vermicomposting". **ASIAN J., EXP. BIOL. SCI.**, **1,1**, pp175-177.
- Binet F. Fayolle L. and Pussard M. (1998). "Significance of earthworms in simulating soil microbial activity". **Biology and Fertility of Soils.**, **27**, pp 79-84.
- Biradar V. R. Amoji S. D. Shagoti U. M. and Biradar P. M. (1999). "Seasonal Variations in growth and reproduction of the earthworms *Perionyx excavatus* (oligochaeta: Megascolecidae)". **Biol. Fertil. Soil.**, **28**, pp 389-392.
- Bisen J S. Singh A. K. Kumar R. Bora D. K. and Bera B. (2011). "Vermicompost quality as influenced by different species of earthworm and bedding material". **Two and Bod.**, **85**, pp 137-140.
- Bower C. A. Reitemeier R. F. and Fireman M. (1952). "Exchangeable cation analysis of saline and alkali soil". **Soil Sci.**, **73**, pp 251-261.
- Briones M. J. I. Ostle N. J. and Pearce T. G. (2008). "Stable isotopes reveal that the calciferous gland of earthworms is a CO<sub>2</sub> fixing organ". **Soil Biol. Biochem.**, **40**, 554-557.
- Buchanam M. A. Rusell E. Block S. D. (1988). "Chemical characterization and nitrogen mineralization potentials of vermicompost derived from differing organic wastes". In: Edwards, C.A., Neuhauser, E.F. (Eds.), *Earthworms in Environmental and Waste Management*. **SPB Academic Publishing, The Netherlands**, pp. 231-240.
- Buckerfield J. C. (1994). "Appropriate earthworms for agriculture and vermiculture". **Technical Report.**, **2**, CSIRO Australia, Division of Soils, Adelaide.
- Buckerfield J. C. Flavel T. C. Lee K. E. and Webster K. A. (1999). "Vermicompost in Solid and Liquid Forms as a Plant-Growth Promoter". **Pedobiologia.**, **43**, pp 753-759.
- Campitelli P. and Ceppi S. (2008). "Chemical, physical and biological compost and vermicompost characterization: A chemometric study". **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems.**, **90**, pp 64-71.
- Canellas P. L. Olivares F. L. Okorokova A. L. and Facanha A. R. (2000). "Humic acid isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral emergence, and plasma membrane H<sub>p</sub>-ATPase activity in maize roots". **Plant Physiology.**, **130**, pp 1951-1957.
- Cavender N. D. Atiyeh R. M. and Michael K. (2003). "Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of *Sorghum bicolor* at the expense of plant growth". **Pedobiologia.**, **47**, pp 85-89.

- Chamani E. Joyce D.C. and Reihanytabar A. (2008). "Vermicompost effects on the growth and flowering of petunia hybrida 'Dream Neon Rose". **J. Agric. and Environ. Sci.**, **3, 3**, pp 506-512.
- Chan P. L. S. and Griffiths D. A. (1988). "Chemical composting of pretreated pig manure". **Biol. Waste** **24**, pp 57-69.
- Chanda G. K. Bhunia G. and Chakraborty S. K. (2011). "The Effect Of Vermicompost And Other Fertilizers On Cultivation Of Tomato Plants". **J. Horti. and Forestry.**, **3, 2**, pp 42-45.
- Chaudhari R. S. and Badole W. P. (2013). "Effect of composting of different organic wastes with earthworm species on C: N ratio". **J. Afric. and Verter. Scie.**, **16,4**, pp 01-03.
- Chauhan K. (2009). "A Comprehensive Study of Vermiculture Technology: Potential for its Application in Solid Waste and Wastewater Management, Soil Remediation and Fertility Improvement for Increased Crop Production; Report of 40 CP Honours Project for the Partial Fulfillment of Master of Environmental Engineering Degree". **Griffith University, Australia (Supervisors: Dr. Rajiv K. Sinha and Dr. Sunil Heart)**.
- Chauhan A. Kumar S. Singh A. P. and Gupta M. (2010). "Vermicomposting of Vegetable Wastes with Cowdung Using Three Earthworm Species *Eisenia foetida*, *Eudrilus eugeniae* and *Perionyx excavates*". **Nature and Science.**, **8,1**, pp 34-42.
- Chen Y. De-Nobili M. and Aviad M. (2004). "Stimulatory effects of humic substances on plant growth. Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture". **CRC Press, Boca Raton, Florida.**, pp 103-129.
- Chikae M. Ikeda R. Kerman K. Morita Y. Tamiya E. (2006). "Estimation of maturity of compost from food wastes and agro-residues by multiple regression analysis". **Bioresour Technol.**, **97**, pp 1979-1985.
- Contanazaro C. J. Williams K. A. and Sauve R. J. (1998). "Slow release versus water soluble fertilization affects nutrient leaching and growth of potted chrysanthe mum". **J. Plant Nutr.**, **21**, pp 1025-1036.
- Cooke A. and Luxton M. (1980). "Effect of microbes on the food selection by *L. terrestris* Rev". **Ecology. Boilogy. Soil.**, **17**, pp 365- 370.
- Curry J. P. Byrne D. and Boyle K. E. (1995). "The earthworm of winter cereal field and its effects on soil and nitrogen turnover". **Biol. Fertil. Soil.**, **19**, pp 166-172.
- Curry J. P. (2004). "Factors affecting the abundance of earthworms in soil. In: Edwards, CA, Earthworm Ecology, seconded". **CRC Press**, pp.91-113.
- Dai J. T. Becquer J. H. Rouiller G. Reversat F. Bernhard- Reversat J. Nahmani and Lavelle P. (2004). "Influence of heavy metals on C and N mineralization and microbial biomass in Zn, Pb, Cu and Cd contaminated soils". **Applied Soil Ecology.**, **25**, pp 99-109.
- Devliegher W. and Verstraete W. (1997). "The effect of *Lumbricus terrestris* on soil in relation to plant growth: effects of nutrient-enrichment processes (NEP) and gut-associated processes (GAP)". **Soil Biology and Biochemistry.**, **29**, pp 341-346.
- Dickerson G. W. (2001). "Vermicomposting, Extension Horticulture Specialist, Guide H-164", **Cooperative Extension Service College of Agriculture and Home Economics**, pp. 1- 4.
- Dominguez J. Edwards C.A. and Subler S. (1997). "A comparison of vermicomposting and composting methods to process animal wastes". **Biocycle.**, **38**, pp 57-59.

- Dominguez J. (2004). "State of the art and new perspectives on vermicomposting research. In: C.A. Edwards (Ed.). *Earthworm Ecology* (2nd edition)". **CRC Press LLC.**, pp 401-424.
- Edwards C. A. Lofty J. R. (1972). "Biology of Earthworms". **Chapman and Hall, London.**
- Edwards C. A. (1982). "Production of earthworm protein for animal feed from potato waste. In: Ledward, D. A., Taylor, A. J., Lawrie, R. A. (eds) *Upgrading Waste for Feed and Food*". **Butterworth's Publisher, London.**, pp 153–162.
- Edwards C. A. Burrows I. Fletcher K. E. and Jones B.A. (1985). "The Use of Earthworms for Composting Farm Wastes". In **JKR Gasser (Ed.) Composting Agricultural and Other Wastes; Elsevier, London and New York.**, pp 229-241.
- Edwards C. A. and Burrows I. (1988). "The potential of earthworm composts as plant growth media. In: C. A. Edwards, & Neuhauser (Eds.), *Earthworms in Environmental and Waste Management*" **The Netherlands: SPB Academic Publishers.**, pp 211-220.
- Edwards C. A. Bater J. E. (1992). "The use of earthworm in environmental management". **Soil Biol. Biochem.**, **24**, pp 1683–1689
- Edwards C. A. (1995). "Commercial and Environmental potential of vermicomposting a historical overview". **Biocycle, June.**, pp 2-63.
- Edwards C. A. and Bohlen P. J. (1996). "Biology and Ecology of Earthworms (3rd Ed.)". **Chapman and Hall, London, U.K.**
- Edwards C. A. (1998). "The use of earthworm in the breakdown and management of organic waste. In: *Earthworm Ecology*". **ACA Press LLC, Boca Raton, FL.**, pp 327– 354.
- Edwards C. A. Dominguez J. and Arancon N. Q. (2004). "The influence of vermicomposts on plant growth and pest incidence. In Shakir, S.H. and W.Z.A. Mikhail (Eds.)". **Soil Zoology for Sustainable Development in the 21st Century, Self-Publisher; Cairo, Egypt.**, pp 397-420.
- Edwards C.A. and Arancon N. (2004). "Vermicompost Suppress Plant Pests and Diseases Attacks". In rednova news: <http://www.rednova.com/display/?id=55938>.
- Edwards C. A. Arancon N. Q. Emerson E. and Pulliam R. (2007). "Suppressing plant parasitic nematodes and arthropod pests with vermicompost teas". **BioCycle.**, **12**, pp 38-39.
- Elcock G. and Martens J. (1995). "Composting with red wiggler worm". **City Farmer. Office of Urban Agriculture, Canada.**
- Elvira C. Sampedro L. Benitez E. and Nogales R. (1998). "Vermicomposting of sludges from paper mill and dairy industries with *Eisenia andrei*: a pilot scale study". **Bioresour. Technol.**, **63**, pp 205–211.
- Evans A. C. Guild W. J. and Mc L. (1948). "Studies on the Relationship Between Earthworms and Soil Fertility IV. On the Life Cycles of Some British *Lumbricidae*". **Annals of Applied Biology.**, **35**, **4**, pp 471-84.
- Fageria N. K. Baligar V. C. and Edward D. G. (1990). "Soil-Plant Nutrient Relationships at Low pH Stress. In: *Crops as enhancers of nutrient use*, V.C. Baligar and R.R. Duncan (Eds.)". **New York: Academic Press.**, pp 475–507.
- Fageria N. K. and Gheyi H. R. (1999). "Efficient Crop Production". **Campina Grande, Brazil: Federal University of Paraiba.**
- Fares F. Albalkhi A. Dec J. Bruns M. A. and Bollag J. M. (2005). "Physicochemical characteristics of animal and municipal wastes decomposed in air soils". **J. Environ. Qual.**, **34**, pp 1392-1403.

- Fayolle L. H. Michaud D.C. and Stawiecki J. (1997). "Influence of temperature and food source on the life cycle of the earthworm *Dendrobaena veneta* (Oligochaeta)". **Soil Biol. Biochem.**, **29**, 3/4, pp 747–750.
- Federico A. Borraz J.S. Molina J.A.M. Nafate C.C. Archila M.A. and Oliva L.M. (2007). "Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*)". **Bioresource Technology.**, **98**, **15**, pp 2781–2786.
- Flegel M. and Schrader S. (2000). "Importance of food quality on selected enzyme activities in earthworm casts (*Dendrobaena octaedra*, *Lumbricidae*)". **Soil Bio. Biochem.**, **32**, pp 1191-1196.
- Follet R. Donahue R. and Murphy L. (1981). "Soil and Soil Amendments". **Prentice-Hall, Inc., New Jersey.**
- Frederickson J. Butt K. R. Morris R. M. and Daniel C. (1997). "Combining vermiculture with traditional green waste composting systems". **Soil Biology and Biochemistry.**, **29**, pp 725–730.
- Galdeano M. C. and Grossmann M. V. E. (2005). "Effect of Treatment with Alkaline Hydrogen Peroxide Associated with Extrusion on Color and Hydration Properties of Oat Hulls". **Brazilian Archives of Biology Technology.**, **48**,**1**, pp 63-72.
- Garg P. and Kaushik V.K. (2005). "Vermistabilization of textile mill sludge spiked with poultry droppings by an epigeic earthworm *Eisenia foetida*". **Bioresour. Technol.**, **96**, pp 1063–1071.
- Garg P. Gupta A. and Satya S. (2006). "Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study". **Biores. Technol.**, **97**, pp 391-395.
- Ghilarov M. Darwin S. (1983). "formation of vegetable moulds its physiological basis, in: Earthworm ecology, from Darwin to vermiculture, satchel". **J.E. chapman and HDL.**, **20**, pp 1-4.
- Gigliotti G. Kaiser K. Guggenberger G. and Haumaier L. (2002). "Differences in the chemical composition of dissolved organic matter from waste materials of different sources". **Boil. Fert. Soils.**, **36** , pp 321-329.
- Golchin A. Nadi M. and Mozaffari V. (2006). "The effects of vermicomposts produced from various organic solid wastes on growth of pistachio seedlings". **Acta Hort.**, **726**, pp 301-306.
- Gomez-Brandon M. Lazcano C. and Domingueza J. (2008). "The evaluation of stability and maturity during the composting of cattle manure". **Chemosphere.**, **70**, pp 436–444.
- Grag P. Gupta A. and Satya S. (2006). "Vermin stabilization of textile mill sludge spiked with poultry droppings by epigeic earthworm *Eisenia fetida*". **Bioresource Tech.**, **96**, pp 1063-1071.
- Grappelli A. Galli E. and Tomati U. (1987). "Earthworm casting effect on *Agaricus bisporus* fructification". **Agrochimica.**, **21**, pp 457–462.
- Grusak M. A. and DellaPenna D. (1999). "Improving the nutrient composition of plants to enhance human nutrition and health". **Annual Review of Plant physiology and Plant Molecular Biology.**, **50**, pp 133-161.
- Gunadi B. Edwards C. A. and Arancon N. A. (2002). "Changes in trophic structure of soil arthropods after the application of vermicomposts". **J. Soil bio.**, **38**, pp 161-165.
- Gunadi B. and Edwards C. A. (2003). "The effects of multiple applications of different organic wastes on the growth, fecundity and survival of *Eisenia fetida* (Savigny) (*Lumbricidae*)". **Pedobiologia.**, **47**, **4**, pp 321–329.

- Gupta P. K. (2003). "A handbook of soil, fertilizers and manure 2nd ed" . **Agrobios (India)**., pp 313-329.
- Gutiérrez-Miceli F. A. Santiago-Borraz J. Montes Molina J. A. Nafate C.C. Abdud-Archila M. Oliva Llaven M. A. Rincón-Rosales R. and Deendoven L. (2007). "Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*)". **Bioresource Technology**., **98**, pp 2781-2786.
- Heitkamp F. Raupp J. and Ludwig B. (2011). "Soil organic matter pools and crop yields as affected by the rate of farmyard manure and use of biodynamic preparations in a sandy soil". **Organic Agriculture**., **1**, pp 111-124.
- Herrera J. A. D. de Mischis C. C. (1995). "The influence of feeding in the biological cycle of *Eisenia foetida* (Savigny) (*Annelida, Oligochaeta, Lumbricidae*)". **Megadrilologica**., **Part II**., **6**, pp 47-50.
- Hirell S. S. Riley T. and Anderson G. R. (2000). "Composting". **University of Arkansas, Cooperative Extension Service, Publication NO . FSA 2087**.
- Indrajeet. Rai S. N. and Singh J. (2010). "Vermicomposting of farm garbage in different combination". **J. of Recent Advances in Applied Sciences**., **25**, **5**, pp 15-18.
- Jat R. S. and Ahlawat I. P. S. (2008). "Direct and residual effect of vermicompost, biofertilizers and phosphorus on soil nutrient dynamics and productivity of chickpea-fodder maize sequence". **J. Sust. Agri.**, **28**, **1**, pp 41-54.
- Jenkinson D. S. and Ladd J. N. (1981). "Microbial biomass in soil measurement and turnover, In: Paul E.A., Ladd, J.N. (Eds)". **Soil Biochemistry, Marcel Dekker, Inc., NY**. pp 415-471.
- Joshi R. and Palvig. (2010). "A: Effect of Vermicompost on Growth, Yield and Quality of Tomato (*Lycopersicum esculentum* L)". **J. Basic and Applied Sci.**, **2**, **3-4**, pp117-123.
- Kalantari S. Hatami S. Ardalan M. M. Alikhani H. A. and Shorafa M. (2010). "The effect of compost and vermicompost of yard leaf manure on growth of corn". **Afr. J. Agri. Res.**, **5**, **11**, pp 1317-1323.
- Kale R. D. Bano K. (1986). "Field trials with vermicompost (vee comp. E.83 UAS) an organic fertilizer". In Dash, M. C., Senapati, B. K. and Mishra, P. C. (Ed.) Proceeding National Seminar Org. Waste Utiliz Vermicompost Part B: verms and vermicomposting. Five Star Printing Press. Burla, Orissa. pp 151-156.
- Kaviraj A. and Sharma S. (2003). "Municipal solid waste management through vermicomposting employing exotic and local species of earthworms". **Bioresour. Technol.**, **90**, pp 169-173.
- Keramati S. H. Hoodaji M. and Kalbasi M. (2010). "Effect of biosolids application on soil chemical properties and uptake of some heavy metals by *Cercis siliquastrum*". **Afr. J. Biotechnol.**, **9**, **44**, pp 7477-7486.
- Keeney D. R. and Nelson D.W. (1982). "Nitrogen inorganic forms. In: page al, Miller R.H. Keeney D.R. methods of soil analysis, part 2". **Chemical and microbiological properties**, **2<sup>nd</sup>** . **ASA, SSSA, Madison, Wis.**, pp 648-649.
- Khan A. and Ishaq F. (2011). "Chemical nutrient analysis of different composts (Vermicompost and Pitcompost) and their effect on the growth of a vegetative crop *Pisum sativum*". **J. of Asian Plant Sci.** **1**, **1**, 116-130.
- Khwairakpam M. and Bhargava R. (2009). "Vermitechnology for sewage sludge recycling". **J. Hazard. Mater.**, **161**, **2-3**, pp 948-954.



- Komilis D. P. and Ham R. K. (2006). "Carbon dioxide and ammonia emissions during composting of mixed paper, yard waste and food waste". **Waste Management.**, **26**, pp 62–70.
- Komilis D. P. and Tziouvaras I.S. (2009). "A statistical analysis to assess the maturity and stability of six composts". **Waste Manage.**, **29**, pp 1504–1513.
- Krishnamoorthy R. V. and Vajrabhiah S. N. (1986). "Biological activity of earthworm casts: an assessment of plant growth promoter levels in casts". **Proceedings of the Indian Academy of Sciences (Animal Science)** **95**, pp 341–351.
- Kuppuswamy G. Jeyabal. A. and Llakshmanan A. R. (1982). "Effect of enriched biogas slurry and farm yard manure on growth and enriched biogas slurry and farm yard manure on growth and yield of rice". **Agri. Digest.**, **12**, pp 101-104.
- Lai A. Santangelo E. Soressi G. P. and Fantoni R. (2007). "Analysis of the main secondary metabolites produced in tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) epicarp tissue during fruit ripening using fluorescence techniques". **Postharvest Biology and Technology.**, **43**, pp 355- 342.
- Landi L. Valori F. Ascher J. Renella G. Falchini L. and Nannipieri P. (2006). "Root exudate effects on the bacterial communities, CO<sub>2</sub> evolution, nitrogen transformations and ATP content of rhizosphere and bulk soils". **Soil Biology & Biochemistry.**, **38**, pp 509–516.
- Lazcano C. Gómez-Brandón M. and Domínguez J. (2008). "Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure". **Chemosphere.**, **72**, pp 1013-1019.
- Lazcano C. Arnold J. Tato A. Zaller J. G. and Dominguez J. (2009). "Compost and vermicompost as nursery pot components: effects on tomato plant growth and morphology". **Span J. Agric. Res.**, **7**, 4, pp 944-951.
- Lazcano C. and Dominguez J. (2011). "The use of vermicompost in sustainable agriculture: impact on plant growth and soil fertility". **Scie. Public. ISBN.**, **978**, pp 23.
- Lee K. E. (1985). "Earthworms: Their ecology and relationship with soil and land use". Academic Press, Sdyney, **Australia**, pp 411.
- Maboeta M. S. Van Rensburg L. (2003). "Vermicomposting of industrially produced wood chips and sewage sludge using *E. foetida*, *Ecotoxicol*". **Eniron. Saf.**, **56**, pp 256–270.
- Madan S. Yadar A. (2012). "Vermicomposting of distillery sludge with different wastes by using *Eisenia fetida*". **Pelagia research Library.**, **3**, 6, pp 3844-3847.
- Majlessi M. Eslami A. Nagafi Saleh H. Mirshafieean S. and Babii S. (2012). "Vermicomposting of food waste; assessing the stability and maturity". **J. Envir.Heal.Scie. and Engi.**, **9**, pp 25.
- Mangold O. (1951). "Experiments in analysis of the chemical senses of earthworms". I. Methods and procedure for leaves of plants. 2001. **J. b.**, **62**, pp 441-512.
- Manivannan S. Balamurugan, Parthasarathi, G. Gunasekharan and Ranganathan R. (2009). "Effect of vermicompost on soil fertility and crop productivity - beans (*Phaseolus vulgaris*)". **J. Environ. Biol.**, **30**, pp 275-281.
- Marinara S. Masciandaro G. Ceccanti B. and Grego S. (2000). "Influence of organic and mineral fertilizers on soil". **Plant and soil.**, **106**, pp 253-263.
- Masciandaro G. Ceccanti B. and Gracia C. (1997). "Soil agro-ecological management: fetigation and vermicompost treatments". **Bioresource Technology.**, **59**, pp 199–206.

- Mba C. C. (1996). "Treated-cassava peel vermicomposts enhanced earthworm activities and cowpea growth in field plots". **Resources, Conservation and Recycling**, **17**, pp 219–226.
- Mc Callum K. R. Keeling A. A. Beckwith C. P. and Kettlewell P. S. (1998). "Effects of green waste compost on spring wheat emergence and early growth". **Acta Hort.**, **467**, pp 313-318.
- Mendes E. G. and Almedia A. M. (1962). "The respiratory metabolism of tropical earthworms. The influence of oxygen tension and temperature". **Bol. Fac. Filos. Cienc. E. Letras Univ. S. Paulo Zool.**, **24**, pp 43 – 65.
- Mertus J. (1993). "Earthworm" [Onlion], availablein: <http://earthworm.mertus.org/gardening>.
- Mitra A. (1997). "Vermiculture and vermicomposting of non-toxic organic soil wastes application in aguaculture". **Proceedings of the international Bioethics workshop.**, pp 16-19
- Moradi H. Fahramand M. Sobhkhia A. Adibian M. Noori M. Abdollahi S. and Rigi K. (2014). "Effect of vermicompost on plant growth and its relationship with soil properties". **Inte. J. farm and allisic.**, **3,3**, pp 333-338.
- Morais F. M. C. and Queda C. A. C. (2003). "Study of storage influence on evolution of stability and maturity properties of MSW compost". In Advances for a sustainable Society **Part II: Proceedings of the fourth International Conference of ORBIT association on Biological Processing of Organics. Perth, Australia.**
- Mousavi S. M. Bahmanyar M. A. Pirdashti H. A. Gillani S. S. Firouzi F. A. and Ghasempour O. A. (2009). "Investigation the influence of vermicompost alone and enriched on some agronomic properties of rice at flowering stage". In: Proceeding of the 1th National., **Soil Sciences Congress, Gorgan, Iran**, pp 1359-1361 (In Persian).
- Mubarak A. R. Rosenani A. B. Anuar A. R. and Zauyah D. S. (2003). "Effect of incorporation of crop residues on a maizergroundnut sequence in the Humid tropics. I. Yield and nutrient uptake". **J. Plant Nutrition.**, **26**, pp 1841– 1858.
- Mulvaney C. S. and Bremner J. M. (1982). "Methods of soil analysis". **Chemical and microbiological properties. Part 2**, pp 595- 624.
- Nannipieri P. Grego S. and Caccanti B. (1990). "Ecological significance of the biological activity in soil. In :Bollag, S. J. M. & G. Stotzky. (eds)". **Soil Biochemistry. Marcel Dekker, New York.**, pp 293-355.
- Nardi S. Pizzeghello D. Muscolo A. and Vianello A. (2002). "Physiological effects of humic substances on higher plants". **Soil Biol. Biochem.**, **34**, pp 1527-1536.
- Ndegwa P. M. Thompson S. A. and Das K. C. (1999). "Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids". **Biores technol.**, **71**, pp 5-12.
- Ndegwa P. M. and Thompson S. A. (2001). "Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids". **Biores technol.**, **76**, pp 107-112.
- Nelson D. W. and Sommers L. E. (1982). "Total carbon, organic carbon and organic matter". In A.L. Page et al. (ed.) **Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. SSSA Book Ser. 5. SSSA, Madison, WI.** pp. 539–579.
- Neuhauser E. F. Loehr R. C. Makecki M. R. (1988). "The potential of earthworms for managing sewage sludge". In: Edwards, C. A., Neuhauser, E. F. (Eds), **Earthworm in waste and environmental management. SPB Academic Publishing, The Hague.**, pp 9-20.

- Ofosu-A. J. and Leitch M. (2009). "Relative efficacy of organic manures in spring barley (*Hordeum vulgare* L.) production". **Australian Journal of Crop Science.**, **3**, **1**, pp **13-19**.
- Ostos J. C. Lopez-Garrido R. Murillo J. M. and Lopez R. (2008). "Substitution of peat for municipal solid waste and sewage sludge-based composts in nursery growing media: Effects on growth and nutrition of the native shrub *Pistacia lentiscus* L". **Bioresource Tech.**, **99**, pp **1793-1800**.
- Paknejad F. Nasri M. and Tohidi Moghadam H. R. (2007). "Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars". **J. Bio. Sci.**, **7**, **6**, pp **841-847**.
- Parle J. N. (1963a). "Microorganisms in the intestine of the earthworm". **J. Gen. Microbiol.**, **31**, pp **1-11**.
- Parle J. N. (1963b). "A microbial study of earthworm casts". **J. Gen. Microbiol.**, **31**, pp **13-23**.
- Pale D. B. (1995). "The burrow environmental requirements". [Online], Available in: [http://gnv.fdt.net/windle/ environ.html](http://gnv.fdt.net/windle/environ.html)
- Parthasarathi K. Ranganathan L. S. (1999). "Longevity of microbial and enzyme activity and their influence on PK content in pressmud vermicasts". **Eur. J. Soil Biol.**, **35**, pp **107-113**.
- Parthasarathi K. and Ranganathan L. S. (2000). "Chemical characteristics of mono and polycultured soil worms casts by tropical earthworms". **Environ. Ecol.**, **18**, pp **742-746**.
- Parthasarathi K. Balamurugan M. and Ranganathan L. S. (2008). "Influence of vermicompost on the physio-chemical and biological properties in different types of soil along with yield and quality of the pulse crop-blackgram". **Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng.**, **5**, **1**, pp **51-58**.
- Pascual C. Falsen E. Akervall E. Sjoden B. and Collins M. D. (1997 b). "Actinomyces graevenitzii sp. Nov, Isolated from human clinical specimens". **Int. J. Bac.**, **44**, pp **885-888**.
- Pashanasi B. Lavelle P. and Allegre J. (1996). "Effect of inoculation with the endogeric earthworm *pontocolex corethrurus* on soil chemical characteristics and plant growth in a low-input agricultural system of Peruvian Amazonia". **Soil Boil. Biochen.**, **28**, pp **801-810**.
- Perz-Murcia M. D. Moral R. Moreno-Caselles J. Perez-Espinosa A. and Paredes C. (2006). "Use of composted sewage sludge in growth media for broccoli". **Bioresour. Technol.**, **97**, **1**, pp **123-130**.
- Plaza C. Nogales R. Senesi N. Benitez E. and Polo A. (2007). "Organic matter humification by vermicomposting of cattle manure alone and mixed with two-phase olive pomace". **Bioresour., Technol.**
- Pramanik P. Ghosh G. K. Ghosal P. K. and Banik P. (2007). "Changes in organic C, N, P and K and enzyme activities in vermicompost of biodegradable organic wastes under liming and microbial inoculants". **Bioresource Technology.**, **98**, pp **2485-2494**.
- Premsekhar M. and Rajashree V. (2009). "Influence of Organic Manures on Growth, Yield and Quality of Okra". **American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture.**, **3**, **1**, pp **6-8**.
- Premuzic Z. Bargiela M. Garcia A. Rendina A. and Iorio A. (1998). "Calcium, iron, potassium, phosphorus and vitamin C content of organic and hydroponic tomatoes". **HortSci.**, **33**, pp **255-257**.

- Pretty K. M. Stangel P. J. (1985). "Current and future use of world potassium. In: Munson RD, ed. Potassium in agriculture". **American Society of Agronomy**, pp 99–128.
- Pulleman M. M. Six J. Uyl A. Marinissen J. C. Y. Jongmans A. G. (2005). "Earthworms and management affect organic matter incorporation and microaggregate formation in agricultural soils". **Appl. Soil Ecol.**, 29, pp 1–5.
- Reeh U. (1992). "Influence of population densities on growth and reproduction of the earthworm *Eisenia andrei* on pig manure". **Soil Biology and Biochemistry.**, 24, pp 1327–1331.
- Reinecke A. J. Viljoen S. A. (1990a). "The influence of feeding patterns on growth and reproduction of the vermicomposting earthworm *Eisenia fetida* (Oligochaeta)". **Biology and Fertility of Soils.**, 10, pp 184–187.
- Reinecke A. J. Viljoen S. A. Saayman R. J. (1992). "The suitability of *Eudrilus eugeniae*, *Perionyx excavatus* and *Eisenia fetida* (Oligochaeta) for vermicomposting in southern Africa in terms of their temperature requirements". **Soil Biol. Biochem.**, 24, 12, pp 1295–1307.
- Ribeiro M. A. Bernardo-Gil M. G. and Esquivel M. M. (2001). "Melissa officinalis, L.: Study of antioxidant activity in supercritical residues". **J. of Supercritical Fluids.**, 21, pp 51-60.
- Rigi M. (2002). "Evaluation the influence of 3 type vermicompost and nitrogen on growth and chemical compound of corn and rice". **M.Sc. Thesis, Shiraz University.**, pp 159 (In Persian).
- Ryan J. George Estefan and Abdul Rashid. (2001). "Soil and Plant Analysis Laboratory Manual". **Second Edition. Available from ICARDA, Aleppo, Syria.**, pp 172.
- Sainju U. M. Dris R. and Singh B. (2003). "Mineral nutrition of tomato". **Agriculture and Environment.**, 2, pp 176-183.
- Savala C. N. E. Kithome M. and Woomer P. L. (2003). "Vermicomposting for kale production". **Afric. Scie. Conference.**, 6, pp 489-496.
- Senesi N. Saiz-Jimenez C. and Miano T. M. (1992). "Spectroscopic characterization of metal-humic acid-like complexes of earthworm-composted organic wastes". **The Science of the Total Environment.**, 117,118, pp 111–120.
- Shanthi N. R. Bhoyar R. V. Bhide A. D. (1993). "Vermicomposting of vegetable wastes". **Compost Science and Utilization.**, 1, pp 27–30.
- Shi-wei Z. and Fu-zhen H. (1991). "The nitrogen uptake efficiency from N labeled chemical fertilizer in the presence of earthworm manure. In: Veersh, G.K., Rajgopal, D., Viraktamath, C.A. (Eds.), *Advances in Management and Conservation of Soil Fauna*". **Oxford and IBH publishing Co., New Delhi, Bombay**, pp 539–542.
- Shweta R. K. (2011). "Bioresource technology enhancement of wood waste decomposition by microbial inoculation prior to vermicomposting". **Bioresource Technol.**, 102, pp 1475-1480.
- Singh R. Asrey R. Kumar S. (2006). "Effect of plastic tunnel and mulching on growth and yield of strawberry". **Indian Journal of Horticulture.**, 63, 1, pp 18–21.
- Singh R. Sharma R. R. Kumar S. Gupta R. K. and Patil R. T. (2008). "Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria xananassa* Duch)". **Bioresource Technology.**, 99, 17, pp 8507-8511.

- Sinha R. K. Agarwal S. Chauhan K. and Valani D. (2010a). "The wonders of earthworms and its vermicompost in farm production: Charles Darwin's 'friends of farmers', with potential to replace destructive chemical fertilizers from agriculture". **Agricultural Science., 1, 2**, pp 76-94.
- Sinha R. K. Valani D. Chauhan K. and Agarwal S. (2010b). "Embarking on a second green revolution for sustainable agriculture by vermiculture biotechnology using earthworms: Reviving the dreams of Sir Charles Darwin". **Agricultural Science., 2, 7**, pp 113-128.
- Slocum K. (1998). "Myriad worms: choosing the right one for the job". **Worm Digest., 19**, pp 1-5.
- Smith k. (1998). "Practical guide to raising earthworm ( basic vermiculture information) k and w rabbit and worm".
- Sparks D. L. (1996). "Methods of soil analysis". **Part 3. Chemical methods. Soil science society, Americcan Inc. American society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA.**
- Subler S. Edwards C. A. and Metzger J. D. (1998). "Comparing composts and vermicomposts". **Biocycle., 39**, pp 63-66.
- Suhane R. K. Sinha K. R. and Singh K. (2008). "Vermicompost, Cattle-dung Compost and Chemical Fertilizers: Impacts on Yield of Wheat Crops". **Communication of Rajendra Agriculture University, Pusa, Bihar, India .**
- Surindra S. (2009). "Impact of vermicompost and composted farmyard manure on growth and yield of garlic (*Allium stivum* L.) field crop". **Inter. J. Plant Produc., 3,1**, pp 6814-1735.
- Suthar S. (2007a). "Vermicomposting potential of *Perionyx sansibaricus* (Perrier) in different waste materials". **Bioresource Tech., 98**, pp 1231-1237.
- Suthar S. (2007b). "Nutrient changes and biodynamicfs of epigeic earth-worm *Perionyx excavatus* (Perrier) during recycling of some agricul-tural waste". **Bioresour. Technol., 98**, pp 1608-1614.
- Suthar S. and Singh S. (2008). "Feasibility of vermicomposting in biostabilization of sludge from a distillery industry". **Sci. Total Environ., 394**, pp 237–243.
- Suthar S. (2009). "Vermicomposting of vegetable-market solid waste using *Eisenia fetida*: impact of bulking material on earthworm growth and decomposition rate". **Ecol. Eng., 35, 5**, pp 914–920.
- Suthar S. (2010). "Recycling of agro-industrial sludge through vermitechology". **Ecol. Eng., 36**, pp 1028–1036.
- Svensson K. and Friberg H. (2007). "Changes in active microbial biomass by earthworms and grass amendments in agricultural soil". **Biol. Fertil. Soils., 44, 1**, pp 223-228.
- Tartoura A. H. (2010). "Alleviation of oxidative-stress induced by drought through application of compost in wheat (*Triticum aestivum* L.) plants". **American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci., 9,2**, pp 208-216.
- Tejada M. and Gonzalez J. (2006). "Effect of foliar application of beet vinasse on maize yield". **Biological Agric. Hort., 24**, pp 197-214.
- Theunissen J. Ndakidemi P. A. and Laubscher C. P. (2010). "Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production". **Int J Physic Sci., 5, 13**, pp 1964-1973
- Tiwari S. C. Tiwari B. K. and Mishra R. R. (1989). "Microbial populations, enzyme activities and nitrogenphosphorus- potassium enrichment in earthworm casts and

- in surrounding soil of a pineapple plantation”. **J. of Biology and Fertility of Soils.**,**8**, pp 178-182.
- Tognetti C. Laos F. Mazzarino M. J. and Hernández M. T. (2005). “Composting vs. vermicomposting: A comparison of end product quality”. **Compost Science and Utilization**, **13**, pp 6-13.
- Tomati U. Grappelli A. Galli E. (1983). “Fertility factors in earthworm humus. In: Proceedings of the International Symposium on Agricultural Environment. Prospects in Earthworm Farming”. **Publication Ministero della Ricerca Scientifica e Tecnologia, Rome**, pp 49–56.
- Tomati U. Grapelli A. Galli E. (1987). “The presence of growth regulators in earthworm-worked waste. In: Bonvicini Paglioi. A.M., Omodeo, P (Eds.), On Earthworms”. **Proceedings of International Symposium on Earthworms, Selected Symposia and Monographs, Union Zoologica Italian, 2. Mucchi, Modena**, pp 423-435.
- Tomati U. Grappelli A. Galli E. (1988). “The hormone like effect of earthworm casts on plant growth”. **Biology and Fertility of Soils.**, **5**, pp 288–294.
- Tomati V. and Galli E. (1995). “Earthworms, Soil Fertility and Plant Productivity”. **Acta Zoologica Fennica.**, **196**, pp 11-14.
- Tomlin A. D. (2000). “Raising earthworms”. **Agriculture and Agrifood. Canada**.
- Uma B. and Malathi M. (2009). “Vermicompost as a soil supplement to improve growth and yield of Amaranthus species”. **Res. J. Agri. and Bio. Sci.**, **5, 6**, pp 1054-1060.
- Vankatesh R. M. and Eevera T. (2008). “Mass reduction and recovery of nutrients through vermicomposting of fly ash”. **Appl Ecol Env Res.**, **6**, pp 77-84.
- Vinceslas-Akpa M. and Loquet M. (1997). “Organic matter transformations in lignocellulosic waste products composted or vermicomposted (*Eisenia fetida andrei*) chemical analysis and <sup>13</sup>C CPMAS NMR spectroscopy”. **Soil Biology and Biochemistry.**, **29**, pp 751–758.
- Wei Y. Y. Aziz N. A. A. Shamsuddin Z. H. Mustafa M. Aziz S. A. and Kuan T. S. (2012). “Enhancement of plant nutrient contents in rice straw vermicompost through the addition of rock phosphate”. **Acta Biologica Malaysiana.**, **1,1**, pp 41-45.
- Warman P. R. Anglopea M. J. (2010). “Vermicompost derived from different feed stocks as a plant growth medium”. **Bio. Tech.**, **101**, pp 4479-4483.
- Whitbread A. M. Blair G. J. and Lefroy R. D. B. (2000). “Managing legume leys, residues and fertilisers to enhance the sustain ability of wheat cropping systems in Australia” .**Soil and Tillage Research.**, **54** ,pp 77-89.
- Wilson D. P. and Carlile W.R. (1989). “Plant growth in potting media containing worm-worked duck waste”. **Acta Horticulture.**, **238**, pp 205-220.
- Yan Y. W. Nor Azwady A. A. Shamsuddin Z. H. Muskhazli M. Suraini A. and Teng S. K.(2013). “Comparison of plant nutrient contents in vermicompost from selected plant residues”. **J. afric. Bio.**, **12,17**, pp 2207-2214.
- Zajenoc I. 1992. “Chov zizal a vyroba vermikumpostu”. **Animapress, Povoda, okres Dunajska strda 59p**.
- Zaller, J. G. (2007). “Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties”. **Science of Horticulture**, **112**, 191-199.
- Zende G. K. Ruikar S. K. and Joshi S. N. (1998). “Effect of application of vermicomposts along with chemical fertilizers on sugar cane yield and juice quality”. **Indian Sugar.**, **48**, pp 357-369.

Zink T. A. and Allen M.F. (1998) . “The effects of organic amendments on the restoration of a disturbed coastal sage scrub habitat”. **Restor. Ecol.**, **6**, pp **52-58**.

## **Absrtrac**

In recent years, much attention has been paid to the use of organic and bio-fertilizers particularly vermicompost in agricultural systems. Growth and reproduction of earthworms is important in vermicompost production. This research was conducted to compare different organic materials in Proliferation and the formation of vermicompost as a completely randomized design with 3 replications under controlled greenhouse conditions. For this purpose different organic materials (manure+wheat bran (CB), manure+wheat straw (CS), manure+plant residues sycamore and maple trees (CL), manure+apple trees and grape pruning waste and manure (CP), manure+ lemon balm (badranjbv) distillates waste (CE)) were used as treatments in 4 times 0, 60, 120 and 180 days. In order to investigate the effect of vermicompost on growth and yield of tomato plants, other test was conducted in a completely randomized design with 3 replications in greenhouse conditions. After 75 days of growth, some parameters such as (plant height, stem diameter, chlorophyll, dry weight of roots and shoots) and nutrient concentrations in plant tissues of tomatoes was measured. Population of earthworms (adult and immature) and the number of earthworms cocoons over time showed the highest value in the manure+ lemon balm distillates waste (CE) (earthworms population of 305 adult worm thread in the box) and manure+pruning waste (CP) (population 292 adult earthworms thread worm box) treatmentes due to nutrition and growth enhance and the ability of proliferation. Also concentration and ability of many nutrients absorption increased during vermicomposting. The highest nitrogen levels was observed in the manure+ lemon balm distillates waste (CE) (3%) and manure+pruning waste (CP) (3%) treatmentes. The most changes in reduction of C/N ratio were observed in the lemon balm distillates waste (CE) (8) and manure+pruning waste CP (8.2) treatments. The highest values of the growth parameters such as plant height (46.5 cm), stem diameter (1.6cm), shoot dry weight (12 g per pot) were observed in manure+pruning waste (V.CP) treatment compared to control Cont. (Peat and perlite) and the highest concentrations of nutrients nitrogen, phosphorus and potassium in the plant tissues were found in the manure+ lemon balm distillates waste (V.CE) treatment, respectively, 198, 103.2 and 101.6% compared to control (peat and perlite). Generally there is a possibility of growth and activity of earthworms in organic residues and Vermicompost can be a good alternative to non-organic fertilizers.

**Keywords:** Organic materials, Organic fertilizers, Vermicompost, *Eisenia foetida* populations, Tomatoes





**University Shahrood**

Faculty of Agriculture

Department of Water and Soil

**Effect of Different Organic Substrates in Reproduction and  
Activity of Earthworms (*Eisenia foetida*)**

**Farnaz Houshyar-Jabal Kandi**

Supervisors:

**Dr. A. Abbaspour**

**Dr. MH. Rasouli-Sadaghiani**

Advisor:

**Dr. H.R. Asghari**

**February 2015**