نقش تنوع باکتریایی ورمی‌کمپوست در حاصلخیزی خاک، رشد گیاه و مدیریت ضایعات کشاورزی

حسین صفاری[۱]

استادیار پژوهش، عضو هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب ، سازمان تحقیقات ، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج ،ایران
hosaffary@yahoo.com

دریافت: بهمن ۱۳۹۵ و پذیرش: شهریور ۱۳۹۶

چکیده

تولید ورمی‌کمپوست فرآیندی غیرگرمادوست است که در آن فعالیت کرم‌های خاکی و اکسیداسیون میکروبی توسط باکتریهای همراه ورمی کمپوست دخالت دارند. طی این فرآیند بیولوژیک و تجزیه مواد آلی، کود زیستی ورمی کمپوست تولید می‌شود. ورمی کمپوست شامل فضولات کرم خاکی و محصول نهایی مواد آلی تجزیه شده توسط گونه‌های خاصی از کرم‌های خاکی با مشارکت باکتریهای مفید دستگاه گوارش کرم خاکی می‌باشد. بررسی نتایج تحقیقات متعدد بر روی ویژگیهای منحصر به فرد ورمی کمپوست تولید شده با استفاده از گونه‌های مختلف کرم‌های خاکی(بیش از ۲۰ گونه) بیانگر آنست که جمعیت باکتری‌های خاک تا پنج برابر و جمعیت باکتریهای سیستم گوارش کرم خاکی تا ۱۰۰۰ برابر افزایش می یابد به نحوی که جمعیت باکتریهای مفید تا 10^{10} در هر گرم و متعاقب آن تولید آنزیم‌های متعدد و مفید محرک رشد افزایش معنی‌دار داشته است. عملکرد محصولات مختلف در تیمارهایی که ورمی‌کمپوست مصرف شده افزایش چشمگیر داشته و در بعضی موارد بیشتر از تیمارهایی است که کود شیمیایی مصرف گردیده است. از بعد سلامتی گیاه و تولید محصول سالم مصرف ورمی کمپوست تا ۵۰ درصد موجب افزایش کیفیت محصول و کاهش جذب عناصر سنگین در خاک‌هایی که ورمی کمپوست مصرف شده گردیده است. تنوع باکتریایی در ورمی کمپوست به طور مستقیم با افزایش حلالیت عناصر غذایی، تولید هورمون، تثبیت نیتروژن، معدنی کردن مواد آلی و تشکیل کلات‌های فلزی بر روی ذرات ورمی کمپوست با سطح ویژه بالا و غیره موجب افزایش عملکرد کمی در محصولات مختلف از حداقل ۲۰ تا ۷۰ درصد شده است. کاربرد ورمی کمپوست به‌وسیله افزودن باکتری‌های مفید به خاک منجر به کنترل بیماری‌ها و انواع فیتوپاتوژن‌ها از قبیل رایزوکتونیا، فیتوفترا ، فوزاریوم، ورتیسیلیوم و غیره که باعث افزایش مقاومت گیاهان نسبت به بیماری‌ها و متعاقب آن کاهش مصرف سموم کشاورزی گردیده است. وجود تنوع باکتریایی در ورمی کمپوست به حدی مهم است که در بعضی تحقیقات استفاده از ورمی کمپوست استریل مانع کنترل بیماری‌های مختلف از جمله قارچ فوزاریوم شد. نتیجه اینکه کنترل قارچ بیماری با ورمی کمپوست کاملاً زیستی است و بخش مهمی از اثربخشی ورمی کمپوست متأثر از تنوع باکتریایی زیاد آن می‌باشد و در این راستا ضرورت دارد فرهنگ تولید، مصرف و ترویج کود آلی زیستی ورمی کمپوست بیش از پیش توسعه یابد.

واژهای کلیدی: باکتری‌های مفید، بازدارنده پاتوژن، ضایعات آلی، محرک رشد گیاهی.

۱- آدرس نویسنده مسئول: کرج، میدان استاندارد، خیابان مشکین دشت، بعد از رزکان نو، بلوار امام خمینی (ره)، موسسه تحقیقات خاک و آب

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

باکتری‌های مفید خاک ازجمله باسیلوس، سودوموناس و استرپتومایسس و غیره به‌عنوان تولیدکننده متابولیت‌های ثانویه است که می‌توانند علیه قارچ‌های پاتوژن گیاهی و باکتری‌های پاتوژن انسانی عمل کنند (پاتما و همکاران، ۲۰۱۱). کرم‌های خاکی در طبیعت به عنوان یار کشاورز و شخم‌زننده طبیعت می‌باشند. کرم‌های خاکی قادرند ذرات خاک و خاشاک را همراه با مجموعه باکتریهای همراه آن بلعیده، خرد کرده و منجر به افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی ورمی کمپوست با کمک میکروب‌های هوازی و غیر هوازی گردد (موبوتا و ون رنسبرگ، ۲۰۰۳)

فعالیت کرم‌های خاکی منجر به افزایش میکروفلور مفید و کاهش جمعیت باکتریهای بیماری‌زا می‌گردد. فضولات کرم خاکی در خاک منبع غنی از عناصر غذایی میکرو و ماکرو و آنزیم‌های میکروبی مفید است. به دلیل غنی بودن ورمی‌کمپوست از عناصر غذایی و فعالیت میکروبی زیاد این محصول منجر به افزایش حاصلخیزی خاک، رشد گیاه و کاهش جمعیت عوامل بیماری‌زای گیاهی و آفت می‌شود. ورمی کمپوست در حال حاضر به دلیل کاهش سطح آلاینده‌ها و سطح بالای جمعیت میکربی و عناصر غذایی به‌عنوان یکی از بهترین کودهای زیستی محرک رشد گیاه مطرح است (علیخانی و رشتباری، ۲۰۱٤). این مقاله مروری بر تنوع باکتریایی و وضعیت عناصر غذایی ورمی کمپوست و اهمیت آن در کشاورزی و مدیریت ضایعات دارد.

گروه‌بندی اکولوژیک کرم‌های خاکی و تنوع باکتری‌های همزیست با آن‌ها

باکتریهای لوله گوارش مسئول فعالیت‌های سلولاز و مانوز می‌باشد کرم‌های خاکی با خرد کردن مواد اولیه بلعیده شده سطح ویژه ذرات را برای فعالیت میکروبی و تجزیه آن ها افزایش میدهند و نقش مهمی در ورمی کمپوست شدن بقایا دارند. تعداد اندکی از مخمرها، پروتوزوآها و گروهی از قارچ‌ها از قبیل *Fusarium oxysporum*، *Alternaria solani* به وسیله گونه‌هایی از کرم‌ها مانند *Drawida calebi*، *lumbricus terrestris* و *Eisenia foetida* هضم می‌شود. جمعیت *Bacillus cereus* در ضمن عبور از لوله گوارش کرم کاهش یافته حال آنکه *E.coli* و *Scrratia marcossens* کاملا حذف می‌شود (دومینگویز و ادواردز، ۲۰۰٤). بر اساس طبقه-بندی اکولوژیکی کرم‌های خاکی به سه دسته اپی جئیک، آنسیک و اندوجئیک تقسیم شده‌اند (جدول ۱). کرم‌های سطح‌زی که روی بقایای گیاهی و تبدیل آنها به کود آلی کار می‌کنند تاثیر معنی‌داری بر روی ساختمان خاک ندارند. در مقابل گونه *Lampito mauritti* که جزء گروه آنسیک می‌باشد در حفاری خاک و تولید کمپوست بسیار موثر است (مونولی و همکاران، ۲۰۱۰).

تنوع باکتری‌های همزیست با کرم‌های خاکی

توانایی کرم‌های خاکی در افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی برای گیاه ارتباط تنگاتنگی با فعالیت میکروبی سیستم گوارشی کرم خاکی دارد. کرم‌های خاکی به طور غیرمستقیم دینامیک فرآیندهای شیمیایی را در خاک تحت تاثیر قرار می‌دهد. اثرات متقابل کرم خاکی و باکتریها به نظر پیچیده می‌باشد(صفاری،۱۳۸۰). کرم‌های خاکی باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه از جمله سودوموناس، رایزوبیوم، باسیلوس، آزوسپیریلوم، ازتوباکتر و غیره را می‌بلعند. با توجه به مهیا بودن شرایط در لوله گوارش کرم خاکی جمعیت باکتریهای محرک رشد گیاه (PGPR) افزایش می‌یابد (سین‌ها و همکاران، ۲۰۱۰). این گروه از باکتریها به طور مستقیم با افزایش حلالیت عناصر غذایی، تولید هورمون‌های گیاهی، یک آمینو سیکلوپرپان-یک-کربوکسیلات (ACC) دی آمیناز، تثبیت نیتروژن و به طور غیرمستقیم به وسیله ممانعت از قارچ‌های بیماریزا منجر به تحریک رشد گیاه می‌شوند (کروا و همکاران، ۲۰۰٤).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- گروه بندی اکولوژیکی و محل زیست کرم‌های خاکی و خصوصیات ویژه و مزیت های آنها (براون، ۱۹۹۶ و باتناگار و پالتا، ۱۹۹۶).

گونه ها	گروه اکولوژیکی	محل زندگی	خصوصیات ظاهری	ویژگی مهم
Eisenia foetida, Lumbricus rubellus, L. castaneus, L. festivus, Eiseniella tetraedra, Bimastus minusculus, B. eiseni, Dendrodrilus rubidus, Dendrobaena veneta, D. octaedra	اپی جئیک	لایه سطحی خاک، کمپوست، برگ و خاشاک	اندازه کوچک، بدن یکنواخت، دوره زندگی کوتاه، تکثیر زیاد، مقاوم به تنش محیطی، گیاه خوار	تجزیه کننده بیولوژیکی موثر، آزادکننده عناصر، تولیدکننده کمپوست با راندمان بالا و کمک به خرد کردن و تجزیه سریع بقایا
Aporrectodea caliginosa, A. trapezoids, A. rosea, Millsonia anomala	اندوجئیک	خاک سطحی یا عمیق	–	منجر به تغییر ساختمان خاک، فعال در خاک های فقیر و منجر به بهبود خاک فقیر
Octolasion cyaneum, O. lacteum	پلی هیومیک اندو جئیک	افق A1	کوچک، بدون رنگدانه، ایجاد منافذ افقی، خاک خوار قوی	–
Pontoscolex corethrurus, Allolobophora chlorotica	مزوهیومیک اندوجئک	افق A و B	متوسط، بدون رنگدانه، ایجاد منافذ زیاد افقی، خاک خوار	–
Aminthas sp	الیگوهیومیک اندوجئیک	افق B و C	بزرگ، بدون رنگدانه، تغذیه از خاک فقیر و عمق	–
L. terrestris, L. polyphemus, A. longa	آنسیک	در تونل های اعماق خاک	بزرگ، رنگدانه پشت بدن، سازنده کانال های عمودی در عمق، زاد و ولد کم، حساس به تنش، شبگرد، خاک و گیاه خوار	–

آنتی بیوتیک‌ها، رنگدانه‌های فلورسنت، سیدروفورها و آنزیم‌های کیناز و گلوکوناز تجزیه کننده دیواره سلولی قارچی که توسط باکتری‌ها تولید می‌شود از رشد قارچ‌ها جلوگیری می‌نمایند. کرم‌های خاکی با باکتری‌های آزادزی داخل خاک به طور همزیست بوده و گروه حفار خاک را تشکیل می‌دهند. باکتریهای کرم خاکی قادرند مواد آلی را معدنی کرده و کلات کردن یون‌های فلزی را تسهیل نمایند (کانلاس و همکاران، ۲۰۰۲). کرم‌های خاکی موجب افزایش میکروب‌های خاک تا پنج برابر می‌شوند و تعداد باکتری‌ها و اکتینومیست‌ها در مواد هضم شده در حین عبور از سیستم گوارش کرم خاکی تا ۱۰۰۰ برابر افزایش می‌یابد. نتایج مشابه در شمارش باکتری‌های کل با روش شمارش در پلیت باکتریهای پروتئولیتیک و اکتینومیست در حین عبور از سیستم گوارش کرم خاکی مشاهده شد (پاتما و همکاران، ۲۰۱۱).

بیوماس میکروبی پس از عبور از لوله گوارش کرم خاکی ممکن است کاهش یا افزایش یابد و یا بدون تغییر باشد. روده کرم *E.fetida* حاوی باکتری‌های متنوع تثبیت کننده بی‌هوازی مانند کلستریدیوم بوتیریکوم، کلوستریدیوم بی جرنیکی و کلوستریدیوم پاراپوتریفیکیوم می‌باشد. لوله گوارش *Lumbricus rubllus* و *Octolasium Lacteum* حاوی تعداد بیشماری باکتری‌های دنیتریفیکاسیون کننده هوازی و بیهوازی می‌باشند. فهرست باکتری‌های ورمی کمپوست و خواص ویژه هر کدام در جدول دو آمده است. کرم‌های خاکی قادر به پرورش باکتریهای تجزیه کننده و تثبیت کننده نیتروژن در روده خود بوده و آنها را در ترشحات خروجی خود اضافه می‌کند. کرم‌های خاکی قادرند با بهبود تهویه درحفرات داخل خاک جمعیت و فعالیت باکتریهای خاکزی را تشدید نمایند. ورمی‌کمپوست‌سازی قادر است جمعیت اولیه باکتریها در ضایعات اولیه را تغییر دهد. اکتینوباکتریها و گاما پروتئوباکتریها در ورمی‌کمپوست غالب است حال آنکه در کمپوست رایج آلفاپروتئوباکتریها و باکتریوئیدها که جزء گروه‌بندی باکتریها در کمپوست

Archive of SID

www.SID.ir

بهبود نیافته می‌باشد. جمعیت کل باکتریها در ورمی کمپوست تا 10^{10}در هر گرم افزایش می‌یابد که شامل ازتوباکتر، نیتروباکتر، ریزوبیوم، حل کننده فسفات و اکتینو میست‌ها می‌باشد (سوهانه، ۲۰۰۷).

آنالیز مولکولی و محیط کشت جمعیت باکتری‌های ورمی کمپوست حاکی از وجود آلفا، بتا و گاما پروتئوباکتریا، اکتینوباکتریا، پلانکتونوباکتریا و فرمی کوتا می‌شود. مشاهدات زیادی بیانگر افزایش جمعیت اکتیومیست‌ها و باکتریها در کمپوست‌هایی شد که از کرم خاکی استفاده شده است (هاریتا دوی و همکاران، ۲۰۰۹). افزایش جمعیت باکتری در بدن کرم خاکی و ورمی‌کمپوست تولید شده ممکن است به دلیل شرایط مناسب رشد باکتریها در حین گوارش در بدن کرم و فراهم بودن عناصر غذایی موجود در غذای کرم خاکی باشد که انرژی و غذای کافی را تامین می‌نماید. اختلافات در گونه‌های باکتریایی، تعداد و فعالیت متفاوت گونه‌های مختلف کرم خاکی و اثرات متفاوت آنها در خاک منجر به تنوع باکتریایی ورمی‌کمپوست نسبت به خاک می‌شود. گروههای فیلوژنتیکی خاص باکتریها از جمله *Aeromonas hydrophila* در *E.foetida* *Fluorescent pseudomonads* در *L.terrestris* و *Actinobacteria* در *L.rubellus* با جمعیت بالا در سیستم گوارش کرم خاکی، فضولات کرم و حفرات ایجاد شده مشاهده شد.

فضولات کرم خاکی حاوی آنزیمهای متعددی از جمله سلولاز، آمیلاز، اینورتاز، پروتئاز، پراکسیداز، اوره آز، فسفاتاز و دهیدروژناز می‌باشد. حداکثر فعالیت آنزیمهای برون سلولی از جمله سلولاز، آمیلاز، اینورتاز، پروتئاز و اوره آز در دوره ۲۱ تا ۳۵ روز از فرآیند ورمی‌کمپوست و فرآیند کمپوست رایج از روز ٤٢ تا ٤٩ می‌باشد. همچنین جمعیت باکتری و آنزیمهای برون سلولی در ورمی‌کمپوست تولید شده از پالپ میوه، ضایعات سبزی و کود حیوانی، بالاتر از کمپوست معمولی با همین مواد اولیه بوده است (هاریتادوی و همکاران، ۲۰۰۹). باکتریهای *pseudomonas*، *paenibacillus*، *Azoarcus*، *Burkholderia*، *spiroplasm*، *Acaligenes* و *Acidobacterium* در سیستم گوارش کرم خاکی و فضولات کرم به عنوان پتانسیل مهم تجزیه کننده بقایای آلی محسوب می‌شود. باکتریهای متعددی از جمله *Firmicutes* مثل *Bacillus benzoevorans*، *B.cereus*، *B.licheniformis*، *B.megaterium*، *B.pumilis*، *B.subtilis*، *B.macroides* از اکتینوباکتریا مانند *Cellulosimicrobium cellulans*، *Microbacterium spp*، *M.onydans* از پروتئوباکتریا مانند *pseudomonas spp*، *P.libaniensis* از ژنوتیپ-های گروه‌بندی نشده مانند *sphinogomonas sp* و *Williopsis californica* در ورمی‌کمپوست‌های تولیدی گزارش شده است (وازموریرا و همکاران، ۲۰۰۸).

پینل و همکاران (۲۰۰۸) وجود همزیست‌های باکتریایی *Verminephenobacter eiseniae* را از گونه کرم *E.fetida* و *Ochrobactrum sp.* را از ترشحات کرم‌های خاکی گزارش کردند. فلور میکروبی روده و فضولات کرم خاکی قادرند ترکیبات متعددی از مواد آلی از قبیل پلی ساکاریدها شامل سلولز، قندها، کیتین، لیگنین، نشاسته و پلی لاکتیک اسیدها را تجزیه نمایند.

نقش ورمی‌کمپوست در بهبود شاخصهای حاصلخیزی خاک و رشد گیاه

تولید ورمی‌کمپوست فرآیند اکسیداسیون بیولوژیکی می‌باشد که در آن مواد آلی به محصولی شبیه به پیت با تخلخل، تهویه، زهکشی و ظرفیت نگهداری آب و فعالیت میکروبی زیاد تبدیل می‌شود. بستر تولید ورمی‌کمپوست ابزار با ارزشی است که برای مدیریت بقایای آلی استفاده می‌شود. ورمی‌کمپوست‌ها به دلیل داشتن عناصر غذایی کم مصرف و پرمصرف، ویتامین‌ها، آنزیمها و هورمونهای متعدد محرک رشد به طور معنی-داری رشد و تولید گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهند. ورمی‌کمپوست‌ها حاوی عناصر غذایی از قبیل نیترات،

Archive of SID

www.SID.ir

فسفر قابل تبادل، پتاسیم محلول، کلسیم و منیزیم به شکل قابل جذب گیاه و سطح ویژه بسیار بالا که محلی برای تجمع باکتریها و فعالیت آنها و نگهداری عناصر غذایی می‌باشد (صفاری، ۱۳۸۵؛ سین ها و همکاران، ۲۰۰۹). تاثیر ورمی کمپوست غنی شده با کود شیمیایی روی شاخص‌های رشد وزن ریشه و ساقه مثبت بود به نحوی که تلفیق کود شیمیایی با ورمی کمپوست بر وزن میوه، اندام هوایی و ریشه معنی‌دار اما روی تعداد میوه اثر معنی-دار نداشت. تیمار ۱۰۰ درصد ورمی کمپوست وزن و تعداد گوجه فرنگی ،وزن اندام هوایی و ریشه را به ترتیب سه، چهار، پنج و نه برابر نسبت به تیمار بدون ورمی-کمپوست افزایش داد(سماوات و همکاران، ۱۳۸۰). نتایج تحقیق بر روی اثر ورمی کمپوست در گوجه فرنگی درختی نشان داد که کود ورمی کمپوست با نسبت ۱۰۰۰ گرم در دو متر مربع باعث افزایش معنی‌دار محصول ، سالم بودن قسمت خارجی میوه و گیاه و عدم ابتلا به امراض و افزایش مقاومت سلولزی شد(صفاری و همکاران، ۱۳۸۷).

در مورد تاثیر ورمی کمپوست بر شاخص‌های رشد گیاهان زینتی از جمله گل اطلسی نتایج نشان دادند که بیشترین وزن تر و خشک ، تعداد برگ، تعداد گل به ترتیب مربوط به محیط‌های کشت حاوی ۲۰ و ٤٠ درصد ورمی کمپوست بود. کاربرد ورمی کمپوست در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری باعث کاهش زمان گلدهی در اطلسی گردید. کاربرد ورمی کمپوست در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری باعث افزایش مقادیر عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم و کلسیم در اندام‌های هوایی گیاه شده ولی این افزایش در مورد کلسیم در سطح پنج درصد معنی‌دار نبود(جعفری، ۱۳۹۲). بررسی اثر سطوح مختلف ورمی کمپوست و تراکم کاشت بر عملکرد بذر و میزان روغن گل مغربی (*Oenothera biennis L.*) نشان داد اثر ساده ورمی کمپوست و تراکم بوته بر تعداد کپسول و تعداد بذرهای کپسول هم در ساقه اصلی و هم در شاخه های جانبی و نیز بر درصد و عملکرد روغن معنی‌دار بود. بالاترین ارتفاع بوته و بالاترین درصد و عملکرد روغن در بالاترین سطح ورمی کمپوست و بالاترین تعداد بذر در کپسول‌های ساقه اصلی و شاخه‌های جانبی بوته در سطوح متوسط ورمی کمپوست برابر با سه و پنج کیلوگرم در متر مربع به دست آمد. (عزیزی ارانی و همکاران، ۱۳۹۳). نتایج بررسی تاثیر کودهای آلی کوکوپیت و ورمی کمپوست در نسبت‌های مختلف به عنوان بستر کاشت نشاء فلفل شیرین رقم کالیفرنیا نشان داد که بیشترین وزن تر و وزن خشک ریشه، وزن تر و وزن خشک شاخساره، قطر نشاء، تعداد میانگره، میزان سطح برگ و ارتفاع نشاء در بستر ورمی کمپوست: کوکوپیت (۱:۳) حاصل شد(غلام نژاد نصیر آبادی و همکاران، ۱۳۹۱). نتایج بررسی تأثیر سطوح مختلف ورمی کمپوست به عنوان یک ماده آلی و جایگزین برای مواد شیمیایی بر خصوصیات نشاء گوجه فرنگی رقم تجاری نشان داد زمان جوانه زدن پس از کاشت در تیمار ۲۵ ٪ به طور معنی‌داری سریعتر از سایر تیمارها بود.

طول، قطر و میزان کلروفیل نشاء در تیمار ۵۰ درصد ورمی کمپوست افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد. شاخص سطح برگ تیمار ۲۵ درصد ورمی کمپوست بیشترین میزان را نشان داد. در جذب عنصر معدنی روی تیمار ۱۰۰ درصد ورمی کمپوست افزایش معنی‌داری نسبت به بقیه تیمارها نشان داد. در جذب عناصر معدنی آهن، مس و منگنز تیمار ۵۰ درصد ورمی کمپوست افزایش معنی‌داری مشاهده شد. ظهور اولین گل در تیمار ۲۵ درصد ورمی کمپوست به طور معنی‌داری سریعتر از بقیه تیمارها بود(دهدشتی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹). نتایج بررسی عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه دارویی رازیانه با استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک نشان داد بیشترین وزن بذر در بوته، وزن ۱۰۰۰ دانه، طول شاخه جانبی، تعداد چتر در بوته در تیمارهای مربوط به تیمار کود دامی و ترکیبی کود دامی، گرانوله گوگردی و شیمیایی بود(گلدانی، ۱۳۹۳). تحقیقات زیادی بر روی هورمونهای گیاهی و ترکیبات تنظیم کننده رشد از قبیل

Archive of SID

www.SID.ir

اکسین، جیبرلین‌ها، سیتوکینین‌ها، اتیلن و اسید آبسزیک که به وسیله باکتریها تولید می‌شود انجام شده است که بیانگر نقش عوامل بیولوژیکی محرک رشد در جوانه زنی و رشد گیاه می‌باشد. مصرف ورمی‌کمپوست با نسبت یک به ۲۰ موجب افزایش معنی‌دار رشد گیاه در شرایط مزرعه و گلخانه‌ای شد (ادواردز و همکاران، ۲۰۰٤) در روده کرم‌های خاکی میلیون‌ها باکتری که قادر به تجزیه بقایای گیاهی هستند زندگی می‌کنند. این باکتریها با تجزیه‌ی بقایای گیاهی و به همراه N،P،K مواد آلی، کودهای با کیفیت عالی، حاوی عناصر غذایی دیگر را تولید می‌کنند که برای گیاهان قابل جذب می‌باشند. فضولات کرم‌های خاکی حاوی پنج برابر نیتروژن، یازده برابر پتاسیم، هفت برابر فسفر، نسبت به مواد اولیه است و تعداد باکتری‌ها در فضولات کرم‌ها ۱۰۰۰ برابر است (حمیدیان و یحیی-آبادی، ۱۳۹٤). عبور مواد آلی از روده کرم خاکی فراوانی بیشتری از باکتریهای گرم مثبت را نسبت به باکتری‌های گرم منفی تحت تاثیر قرار می‌دهد که علت آن ایمن بودن غشاء سلولی باکتری گرم منفی در برابر انواع مواد شیمیایی می-باشد(علیخانی و دیندارلو، ۱۳۹٤). نشان می‌دهد سیتوکینین‌های تولید شده به وسیله باسیلوس و آرتروباکتر در خاکها باعث افزایش قدرت جوانه و نهال شد. جیبرلینهای تولید شده از میکربها رشد و توسعه گیاه را افزایش می‌دهد و اکسین های تولید شده به وسیله *Azospirillium brasilense* رشد گیاهان متعلق به تیره پائوسه را افزایش می‌دهند. تحقیقات متعددی بر روی فعالیتهای بیولوژیکی ترکیبات هوموسی نشان داد که این ترکیبات محرک رشد گیاه است. ترکیبات هوموسی باعث افزایش ماده خشک ذرت و چاودار، تعداد و طول ریشه-های تنباکو، ماده خشک ریشه، ساقه و تعداد غده بادام زمینی سویا و شبدر و رشد رویشی کاسنی و تحریک رشد ریشه و ساقه در محیط کشت بافت شد. (کانلاس و همکاران، ۲۰۰۲). بررسی ورمی کمپوست که مواد هوموسی آن جدا شده از نظر فعالیت بیولوژیکی با ورمی کمپوست حاوی هوموس از نظر هورمونهای محرک رشد یکسان عمل کرد. ترکیبات هوموسی استخراج شده از ورمی کمپوست حاوی مواد شبه اکسین محرک رشد و متابولیسم نیترات در هویج بود. کرم‌های خاکی تنظیم کننده رشد گیاه تولید می‌کنند. کرم‌های خاکی باعث افزایش فعالیت میکربی تا چند برابر می‌شوند. ترکیبات محرک رشد گیاه با منشا میکربی از بافتهای گونه‌های *Lumbericus terrestris*، *Aporrectoda longa*، *Dendrobaena rubidus* و ترکیبات شبیه ایندول از گونه های *Alcaligenes caliginosa*، *L.rubellus* و *E.foetida* جدا شد که باعث تحریک رشد نخود و افزایش ماده خشک چاودار شد. استفاده از فضولات کرم خاکی در بستر گیاه و رشد و توسعه و جلوگیری از کوتوله ماندن گیاه، تحریک ریشه، بلند شدن ریشچه و گلدهی زودرس به دلیل تولید متابولیتهای میکربی در ورمی کمپوست می‌باشد. فضولات کرم خاکی باعث تحریک رشد گیاهان باغی و تشدید تشکیل کلاهک‌های قارچ *Agaricus bisporus* شد(سین‌ها و همکاران، ۲۰۱۰).

استفاده از عصاره ورمی کمپوست باعث افزایش رشد بیشتر در مقایسه با هورمون‌های اکسین، جیبرلین و سیتوکینین‌ها در پتونیا، بگونیا و کولئوس شده و موید آن است که ورمی کمپوست منبع غنی از ترکیبات تنظیم کننده رشد است. همه این شواهد حاکی از آن است که ورمی کمپوست حاوی مقادیری از سیتوکینین‌ها، جیبرلینها و اکسین‌ها می‌باشد. نشاهای ذرت که به عصاره ورمی کمپوست آغشته بود نسبت به آب معمولی دارای طول برگچه بلندتری بود که حاکی از وجود هورمونهای محرک رشد گیاهی در ورمی کمپوست می‌باشد. مقایسه تاثیر عصاره ورمی کمپوست و محلول اوره بر روی جوانه زنی بذر، طول ریشه و ساقه در گیاه *Cyamopsis tertagonoloba* نشان داد که عصاره ورمی کمپوست ترکیبات شبه هورمونی دارد (سوتهار، ۲۰۱۰). استفاده از روش‌های تجزیه دستگاهی HPLC و GC-MS عصاره-های ورمی کمپوست کود گاوی نشان داد که در آن

Archive of SID

www.SID.ir

عصاره مقادیر قابل توجهی ایندول استیک اسید، جیبرلین و سیتوکینین می‌باشد (ادواردز و همکاران، ۲۰۰٤). باکتریهای موجود در لوله گوارش کرم خاکی قادرند ورمی کمپوست را از نظر هورمون‌های رشد گیاهی محلول در آب کرده و ضمن ترکیب با اسید هیومیک و پایدار کردن آنها باعث افزایش ماندگاری بلند مدت آنها در خاک و تاثیر بر رشد گیاه شود همچنین وجود گروه‌هایی از اکسین در عصاره اسید هیومیک تایید شده است (کانلاس و همکاران، ۲۰۰۲).

ورمی کمپوست موجب افزایش جوانه زنی، رشد، گلدهی و میوه‌دهی در طیف وسیعی از محصولات می‌شود. جایگزینی ورمی‌کمپوست در بستر گلدانی به میزان ۲۰-۱۰ درصد موجب افزایش تولید ماده خشک و رشد معنی‌دار گوجه فرنگی شد. خاک حاوی ۲۰ درصد ورمی کمپوست برای تولید نشاء گوجه فرنگی مناسب‌تر است. افزایش ورمی‌کمپوست تا ۵۰ درصد در بستر کاشت باعث افزایش رشد گیاهان زینتی از جمله لاوسون و جونی پروس شد. کاربرد ورمی کمپوست باعث افزایش سطح برگ (۲۳/۱ درصد)، ماده خشک (۲۰/۷ درصد) و توت فرنگی ۳۲/۷ درصد شد (سینگ وهمکاران، ۲۰۰۳). استفاده از ورمی کمپوست به طور مشهودی باعث کاهش عوارض فیزیولوژیکی مانند زرد شدن (۱٦/۱ به ٤/۵ درصد) بدشکلی میوه (از ۱۱/۵ به ٤ درصد) وآلودگی به قارچ خاکستری از ۱۰/٤ به ۲/۱ درصد در توت فرنگی و کاهش ناهنجاری‌های ناشی از کمبود عناصر و پوسیدگی قارچی بوتریتیس شده و در نهایت باعث افزایش بازار پسندی میوه و عملکرد تا ۵۸/٦ درصد افزایش عملکرد با کیفیت خوب شد (سینگ و همکاران، ۲۰۰۸)

میوه‌هایی که در تولید آنها از ورمی کمپوست استفاده شود بافت سفت‌تر، دارای مواد جامد کل بیشتر، اسید اسکوربیک بیشتر و رنگ جذابتر است. پارامترهای کمی و کیفی محصول به میزان مصرف ورمی کمپوست در واحد سطح بستگی دارد که در مورد توت فرنگی بهترین نتایج از مصرف ۷/۵ تن در هکتار حاصل شد. کاربرد ورمی کمپوست باعث افزایش درصد جوانه زنی (۹۳ درصد) و رشد و بهبود عملکرد لوبیا نسبت به شاهد شد. استفاده توام ورمی کمپوست با کود نیتروژن‌دار باعث افزایش ماده خشک (۱٦/۲ گرم در بوته) و عملکرد دانه به میزان ۳/٦ تن در هکتار گندم و بالاترین عملکرد ماده خشک (۰/٦٦ گرم در بوته) گیاه گشنیز در تناوب با گندم شد. عملکرد نخود فرنگی با مصرف ورمی کمپوست تا ۱۰ تن در هکتار افزایش یافت که خیلی بیشتر از تیمار کود شیمیایی NPK بود. مصرف ورمی کمپوست در سورگوم، آفتابگردان، گوجه فرنگی، بادمجان، انگور و گیلاس نتایج مثبت عملکردی در برداشت. ورمی کمپوست کود گاوی باعث تحریک رشد کاهو و گوجه فرنگی شد حال آنکه مواد مادری اولیه تاثیر زیادی نداشت(سینگ و همکاران، ۲۰۰۳).

وقتی از کود شیمیایی به همراه ورمی کمپوست در گیاه برنج استفاده شد جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و منیزیم حداکثر بود. جذب نیتروژن در گیاه کدو وقتی از کود شیمیایی همراه با ۵۰ درصد ورمی کمپوست استفاده شد حداکثر بود. ورمی کمپوست علاوه بر تامین عناصر معدنی گیاه موجب افزایش جمعیت باکتریهای مفید به خاک در محدوده ریشه گیاه می‌شود. موکوس ترشح شده از کرم خاکی در حفرات و منافذ خاک و داخل توده ورمی کمپوست موجب تحریک رقابت بین باکتری‌های مختلف با توانایی تولید انتی بیوتیک و ترکیبات بیوشیمیایی محرک رشد و باکتریهای بیماریزا می‌گردد. (سینگ و همکاران، ۲۰۰۳؛ اسچوورل و همکاران، ۲۰۰۵).

از ورمی کمپوست به دلیل قیمت نسبتاً پایین، عناصر غذایی مفید و کامل و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی مناسب به عنوان بستر گلدان استفاده می‌شود. ارزیابی مصرف کود آلی و شیمیایی در رشد تمشک نشان داد که ورمی کمپوست پتانسیل بافری بالا داشته که قادر است خسارت ناشی از زیادی عناصر غذایی و سمیت آن برای گیاه را اصلاح و بر طرف نماید.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- تنوع زیستی باکتریهای ورمی‌کمپوست و ویژگیهای آنها (پاتما و ساکتی ول، ۲۰۱۲)

گونه کرم خاکی	نام باکتری	ویژگی باکتری	مرجع
Pheretima sp.	*Pseudomonas oxalaticus*	تجزیه کننده اکسالات	Khambata and Bhat, 1953
Unspecified	*Rhizobium trifolii*	تثبیت کننده نیتروژن و رشد بقولات	Buckalew et al. 1982
Lumbricus rubellus	*R. japonicum, P. putida*	افزایش رشد گیاه	Madsen and Alexander 1982
L. terrestris	*Bradyrhizobium japonicum*	افزایش گره زایی ریشه لوبیا	Rouelle, 1983
Aporrectodea trapezoids *A. rosea*	*P. corrugata 214OR*	جلوگیری ازقارچ *Gaeumannomyces graminis var. Tritd*	Doube et al. 1994
A. trapezoids *Microscolex dubius*	*R. meliloti L5-30R*	افزایش گره زایی و تثبیت نیتروژن در بقولات	Stephens et al. 1994b
Eisenia foetida	*Bacillus spp., B. megaterium* *B. pumilus, B. subtilis*	کنترل عوامل بیماریزا انتروکوکوس و استافیلوکوکوس	Vaz-Moreira et al. 2008
L. terrestris	*Fluorescent pseudomonads* *Filamentous actinomycetes*	کنترل فوزاریوم در گوجه فرنگی و مارچوبه و ورتیسیلیوم در بادمجان	Elmer, 2009
Eudrilus sp.	*Free-living N2 fixers* *Azospirillum, Azotobacter* *Autotrophic Nitrosomonas* *Nitrobacter, Ammonifying* *bacteria, Phosphate solubilizers* *Fluorescent pseudomonads*	افزایش رشد به وسیله نیترات سازی و حل کردن فسفات	Gopal et al. 2009
E. foetida	*Proteobacteria, Bacteroidetes* *Verrucomicrobia, Actinobacteria* *Firmicutes*	کنترل قارچهای *Colletotrichum coccodes,* *R. solani,* *P. ultimum,* *P. capsici* *F. moliniforme*	Yasir et al. 2009a
Unspecified	*Eiseniicola composti YC06271*	کنترل قارچ *F. moniliforme*	Yasir et al. 2009b

در خاکی که ورمی کمپوست استفاده شود کیفیت میوه و سبزی تولید شده حاوی عناصر سنگین کمتری نسبت به خاکی است که کود شیمیایی مصرف شده است (دومینینگوز و ادواردز، ۲۰۰٤).

نقش باکتریهای ورمی‌کمپوست در مدیریت بیولوژیکی پسماند میکربی و پزشکی[2]

امروزه توجه به مدیریت زباله شهری و بیمارستانی با روش ارزان، ساده و راحت و کم خطر و سالم اهمیت دو چندان دارد. با کمپوست‌سازی بیولوژیکی تغییر و تبدیلات مفیدی در ضایعات رخ داده و ضمن پایدار شدن مواد آلی احتمال خطر آلودگی و انتقال عوامل بیماریزا به حداقل می‌رسد (صفاری، ۱۳۸۸؛ هاسن و همکاران، ۲۰۰۱). اما شواهدی در دست است که نشان می‌دهد فرایند ورمی کمپوست در کمال تعجب موجب کاهش قابل توجه عوامل بیماریزا ازجمله سالمونلا، کلی فرم‌های روده‌ای و لارو بیماریزا در زباله‌های بیولوژیکی می‌شود. فرآیند ورمی کمپوست باعث کاهش کلی فرم‌های روده‌ای تا حد صفر شد (دومینگوز و ادواردز، ۲۰۰٤). ورمی کمپوست زباله شهری باعث حذف کلی فرمها و سالمونلا به ترتیب از ۳۹۰۰۰MPN/g و ۳ MPN/g به صفر و یک شد. از طرفی در فرایند ورمی کمپوست لجن فاضلاب تعداد سالمونلا و اشرشیاکولی در ابتدا به ترتیب ۱۷*۱۰^{3}cfu/g و ۱٤*۱۰^{2}پس از ۷۰ روز از فرایند ورمی کمپوست به طور کامل حذف شد. فعالیت کرم خاکی در لجن فاضلاب میزان پاتوژنها و بوی نامطبوع آن را کاهش و باعث پایداری لجن فاضلاب شد. کاهش یا حذف جمعیت باکتریهای روده‌ای در انتهای فرآیند ورمی کمپوست با نوع باکتریهای روده کرم خاکی و توانایی آنها در جذب این میکرب‌ها همبستگی بالا دارد (گانش کومار و همکاران، ۲۰۰۵).

1- Biomedical wastes

Archive of SID

www.SID.ir

کرم‌های خاکی باعث رشد باکتریهای تجزیه کننده در لجن فاضلاب شده که می‌توانند به عنوان تهویه کننده، خرد کننده و تجزیه کننده ترکیبات شیمیایی و فعال کننده بیولوژیکی عمل کنند (سین‌ها و همکاران، ۲۰۱۰). به علاوه بدن کرم‌های خاکی به عنوان فیلتر بیولوژیکی عمل کرده و باعث کاهش تقاضای بیولوژیکی اکسیژن (BOD)، تقاضای اکسیژن شیمیایی (COD)، ذرات جامد محلول کل (TDS) و ذرات معلق کل (TSS) از فاضلاب به ترتیب به میزان ۹۰، ۹۰-۸۰، ۹۲-۹۰ و ۹۵-۹۰ درصد می‌گردد (سین‌ها و همکاران، ۲۰۰۹). فرایند ورمی کمپوست نقش اساسی در مدیریت صحیح و بی‌خطر ضایعات بیولوژیکی جامد و زباله‌های حاصل از فاضلاب دارد و آنها را به کمپوست مطلوب و عاری از باکتریهای مضر تبدیل می‌کند. بسته به نوع کرم خاکی مورد استفاده در فرایند ورمی کمپوست سطوح مختلف عوامل بیماریزا از قبیل *Salmonella entriditis*، *Esherichia coli*، عوامل بیماری‌زای انسانی، پارازیتهای روده‌ای و تخم انگل و ویروس‌های بیماریزا قابل کنترل و حذف شدن می‌باشد. روش مستقیم کاهش عوامل بیماریزا در سیستم گوارشی کرم خاکی به دلیل کاهش تعداد تحت تاثیر آنزیم‌های گوارشی و خرد شدن و هضم و روش غیر مستقیم تحت تاثیر شرایط مطلوب هوازی بوده که کلی فرمها را به شدت کاهش می‌دهد (مونروی و همکاران، ۲۰۰۹؛ ادواردز، ۲۰۱۱).

نقش ورمی‌کمپوست در مدیریت بیماریها و آفات گیاهی

نتایج تحقیقات محققین زیادی حاکی از نقش بازدارنده کمپوست ترموفیل در کنترل بیماریها و انواع فیتوپاتوژنها از قبیل رایزوکتونیا، فیتوفترا و فوزاریوم دارد. اثرات مثبت میکربی ممکن است یکی از دلایل کنترل بیماری‌ها باشد چرا که با افزودن مواد آلی به خاک جمعیت و تنوع میکربی به خاک افزوده می‌شود و اثرات آنتاگونیستی افزایش یابد(سینگ و همکاران، ۲۰۰۳). مواد غذایی خورده شده به وسیله کرم خاکی باعث کاهش پاتوژنهایی مانند فوزاریوم و ورتیسلیوم و افزایش جمعیت سودوموناس فلورسنت و اکتینومیستها و ثابت ماندن جمعیت باسیلوس و تریکودرما می‌شود. فعالیت کرم‌ها باعث کاهش بیماری‌های ریشه‌ای غلات از جمله ریزوکتونیا می‌شود. کرم‌های خاکی همچنین باعث کاهش شیوع بیماریهای مزرعه از جمله غلات، شبدر و انگور آلوده به رایزوکتونیا و گومونومالیس شد. گونه‌هایی از کرم خاکی *Aporectalea trapezoids* و *A.rosea* به‌عنوان میزبان *Pseudomonas corrugae* بوده که به‌عنوان کنترلگر زیستی بیماری بوته میری گندم است. مطالعات گلخانه‌ای نشان داد که کاربرد کرم خاکی *L.terrestris* در خاکهای آلوده به عوامل بیماریزا باعث کاهش معنی‌دار *Fusarium oxysporum* و *F.proliferatum* در گونه‌های حساس مارچوبه و *Verticillium dahlia* در بادمجان و *F.sp.lycopersici* و *F.oxysporum* در گوجه فرنگی شد. مخلوط کردن خاک با ورمی‌کمپوست باعث کاهش موثر بیماری *R.solani* در گندم، فایتوفترا و فوزاریوم در گوجه فرنگی، پیتیوم و رایزوکتونیا در خیار و تربچه و بوتریتیس و ورتیسلیوم در توت فرنگی شد (ادواردز و همکاران، ۲۰۰٤). جایگزینی ورمی کمپوست در بستر کشت باعث کاهش بیماری قارچی به وسیله *R.solani*، *P.drechsleri* و *F.oxysporum* در گل ژربرا شد. کاربرد ۱۰ تا ۳۰ درصد ورمی کمپوست در بستر کشت گلخانه‌ای و باغی باعث کاهش معنی‌دار پیتیوم و رایزوکتونیا در شرایط گلخانه‌ای شده است. پوسیدگی کلم با قارچ *P.brassicae* وقتی ریشه کلم با مخلوط رس و ورمی کمپوست آغشته شد کنترل گردید همچنین سیب زمینی کشت شده با تیمار ورمی کمپوست مقاومت بیشتری نسبت به کود شیمیایی در برابر بیماری *P.infestus* داشت. عصاره ورمی کمپوست مانع رشد *B.cineria* و *Sclerotinia sclerotiorum*، *Corticium rolfsii*، *R.solani* و *F.oxysporum* درجو و باقلا در شرایط مزرعه شد (سینگ و همکاران، ۲۰۰۳).

Archive of SID

www.SID.ir

تاثیر بازدارندگی ورمی کمپوست بر علیه قارچ فوزاریوم بیانگر آن است که کنترل قارچ بیماری کاملا زیستی است نه شیمیایی چراکه وقتی ورمی کمپوست استریل می‌شود تاثیر کنترل کنندگی آن از بین می‌رود زیرا فاقد عوامل میکربی کنترل کننده بیماری است. استفاده از ورمی کمپوست در کنترل بیماری بوته میری با *R.solani* در مزرعه کدو تنبل نشان داد که بازدارندگی ورمی کمپوست به میزان مصرف و دما بستگی دارد . ورمی کمپوست غنی از عناصر غذایی و حاوی هومات کلسیم به عنوان پیوند دهنده است که مانع خشک شدن سریع ورمی کمپوست و باعث بهبود تلقیح باکتری‌های مفید از قبیل تریکودرما، سودوموناس و اسپورهای میکوریز می‌گردد. فعالیت کرم خاکی باعث افزایش جمعیت باکتری‌های گرم مثبت می-شود. وجود باکتریهای تجزیه کننده کیتین (Chitinolytic) ازقبیل *Nocardioides oleivorans*، گونه های زیادی از *Streptomyces* و *Staphylococcus epidermidis* در ورمی کمپوست دارای اثرات بازدارندگی روی عوامل بیماریزا از جمله *R.solani*، *Colletotrichum coccodes*، *Pythium ultimum*، *P.capsici* و *Fusarium moniliforme* می‌باشد(ریورا و همکاران، ۲۰۰٤) .

نقش ورمی‌کمپوست در کنترل آفت بندپایان و نماتدها

افزودن مواد اصلاح کننده به بستر کشت منجر به کنترل آفت حشرات از جمله لارو ذرت خوار اروپایی، شته‌ها و سوسک‌های آفت ذرت و میوه خوارها شد (هولسزمن و همکاران، ۲۰۰۰). گزارشهای متعددی حاکی از مصرف ورمی کمپوست و کاهش جمعیت آفت‌هایی از جمله شته‌ها، زنجره، برگخوارها و پسیل‌ها در بادام زمینی و تیره بقولات گرمسیری شد. مصرف ورمی کمپوست باعث کاهش آفات مکنده در شرایط مزرعه و کاهش خسارت حشره چهار نقطه‌ای (*Tetranychus spp.*)، شته (*Myzus persica*) و شپشک آردی (*Pseudococcus spp.*) در شرایط گلخانه‌ای شد. استفاده از ورمی کمپوست به میزان کمتر از ۵۰ درصد در محیط کشت بدون خاک باعث کاهش خسارت آفت *M.persica* و *Pseudococcus spp.* در گوجه فرنگی و فلفل و حشره برگخوار (*Pieris brassicae L.*) در کلم شد. استفاده تلفیقی از ورمی کمپوست و محلول پاشی عصاره ورمی کمپوست باعث کنترل و کاهش معنی‌دار خسارت تریپس و لارو برگخوار فلفل شد (ادواردز و همکاران، ۲۰۱۰).

ورمی کمپوست مانع حمله آفت *Meloidogyne incognita* در تنباکو، فلفل، توت فرنگی و گوجه فرنگی شد. همچنین مصرف ورمی کمپوست باعث کاهش تعداد گال و تخم ریزی *Meloidogyne javanica* گردید (آرانکون و همکاران، ۲۰۰۵).

افزودن مواد آلی به خاک و بستر رشد باعث تحریک جمعیت انواع قارچ‌ها و باکتری‌ها ازجمله سودوموناس، تریکودرما و باکتریهای کیتینولیتیک و نماتدهای شکارگر دیگر نماتدها از قبیل حشرات نماتد دوست مانند*Hypoaspis calcuttaensis*، *Collumbola* و دیگر بندپایان که اختصاصا از نماتدهای بیماریزا تغذیه می‌کنند. مصرف ورمی کمپوست از طرفی باعث افزایش جمعیت قارچ‌های شکارگر نماتد و مخرب کیست‌های نماتد می‌باشد و از طرف دیگر باعث افزایش جمعیت باکتریهای ریزوبیومی محرک رشد که تولید کننده آنزیم-های سمی برای نماتدهای بیماریزا می‌باشد. افزودن ورمی کمپوست به خاکهای زیر کشت گوجه فرنگی، فلفل، توت فرنگی و انگور باعث کاهش معنی‌دار جمعیت نماتدهای بیماریزا و افزایش جمعیت نماتدهای قارچ خوار و باکتری خوار در مقایسه با تیمار کودهای شیمیایی شد. عوامل زنده از جمله تولید ترکیبات نماتدکش شامل سولفید هیدروژن، آمونیاک، نیترات و اسیدهای آلی که در فرآیند ورمی کمپوست شدن آزاد می‌شود همچنین کاهش نسبت C/N تاثیر مستقیم معکوس و خصوصیات فیزیک و شیمیایی خاک از جمله وزن مخصوص ظاهری خاک، تخلخل، ظرفیت نگهداری آب خاک، PH، CEC، EC و

Archive of SID

www.SID.ir

تغذیه اثرات غیرمستقیم معکوس روی نماتدهای بیماریزا گیاهی می‌گذارد (آرانکون و همکاران، ۲۰۰۵).

نتیجه گیری

نتایج تحقیقات متعدد و اثرات مفید ورمی کمپوست نشان داد روده کرمهای خاکی به عنوان فیلتر انتخابی باکتری‌ها عمل می‌کند و جامعه باکتریهای تخصصی در مواد دفعی کرمهای خاکی مشاهده می‌شود. اثرات مستقیم کرم‌های خاکی بر تنوع باکتریایی تحت تاثیر عواملی غیر از مواد اولیه ازقبیل گونه کرم خاکی می‌باشد. این تنوع باکتریایی نقش بسزایی در حاصلخیزی خاک و رشد گیاه ، افزایش عملکرد کمی (حداقل ۲۰ تا ۷۰ درصد) و عملکرد کیفی و سلامت محصول(تا ۵۰ درصد) و تولید هورمون‌های محرک و تنظیم کننده رشد دارد. جایگزینی ورمی‌کمپوست در بستر گلدانی به میزان ۲۰-۱۰ درصد موجب افزایش تولید ماده خشک و رشد معنی - دار گیاه شد. خاک حاوی ۲۰ درصد ورمی کمپوست برای تولید نشاء مناسبتر است. افزایش ورمی‌کمپوست تا ۵۰ درصد در بستر کاشت باعث افزایش رشد گیاهان زینتی از جمله لاوسون و جونی پروس شد. تلفیق کود شیمیایی با حداقل ۲۰ درصد ورمی کمپوست موجب افزایش شاخص‌های رشد و اثربخشی بیشتر کود شیمیایی اغلب گیاهان می‌شود. کرم‌های خاکی باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه از جمله سودوموناس، رایزوبیوم، باسیلوس، آزوسپیریلوم، ازتوباکتر و غیره را می‌بلعند و جمعیت باکتریهای محرک رشد گیاه (PGPR) افزایش می‌یابد از اینرو در آزمایش‌های متعدد اثبات شده که تاثیر عصاره ورمی کمپوست نسبت به کود شیمیایی بر شاخص‌های رشد ناشی از تولید هورمون‌های محرک رشد و متابولیتهای میکربی می‌باشد. در فرآیند ورمی کمپوست سطوح مختلف عوامل بیماریزا از قبیل *Salmonella entriditis*، *Esherichia coli*، عوامل بیماری‌زای انسانی، پارازیتهای روده‌ای و تخم انگل و ویروس‌های بیماریزا قابل کنترل و حذف شدن می‌باشد. کمپوست‌های رایج باکتری‌های انتخابی محدودی به خاک اضافه کرده در حالی که ورمی کمپوست غنی از منابع میکربی با تنوع بالا از قبیل*Pseudomonas corrugae* بوده که به‌عنوان کنترل کننده زیستی قارچ‌های مولد بیماری عمل می‌باشد. کنترل کنندگی ورمی کمپوست در اغلب موارد مشابه و یا موثرتر از مواد شیمیایی بوده با این مزیت که موجب سلامت محصول و محیط زیست هم می‌گردد. کاربرد ۱۰ تا ۳۰ درصد ورمی کمپوست در بستر کشت گلخانه‌ای و باغی باعث کاهش معنی‌دار پیتیوم و رایزوکتونیا در شرایط گلخانه‌ای می‌شود. از طرفی نتایج تحقیقات نشان داد که مصرف ورمی کمپوست با نسبت یک به ۲۰ موجب افزایش معنی‌دار رشد گیاه در شرایط مزرعه و گلخانه‌ای شد. استفاده از ورمی کمپوست به میزان کمتر از ۵۰ درصد باعث کاهش خسارت آفت *M.persica* و *Pseudococus spp.* در گوجه فرنگی و فلفل و حشره برگخوار (*Pieris brassicae L.*) کلم شد. چای ورمی کمپوست در مقادیر بالا باعث مرگ و میر آفات شد. تلفیقی از ورمی کمپوست و محلول پاشی عصاره ورمی کمپوست باعث کنترل معنی‌دار خسارت تریپس و لارو برگخوار فلفل شد. در نهایت با توجه به نتایج تحقیقات انجام شده چنین استنباط می‌شود که بخش اعظم اثرات مفید ورمی کمپوست در خصوص تاثیر بر کمیت و کیفیت محصول و کنترل آفات و بیماریها متاثر از وجود تنوع باکتریایی سیستم گوارش کرم خاکی و درون توده ورمی کمپوست مصرفی می‌باشد. چرا که مصرف ورمی کمپوست استریل به دلیل نداشتن باکتری مفید همراه هیچ تاثیری بر کنترل بیماری‌ها ندارد. بنابراین ضرورت دارد در خصوص تاثیر تنوع میکربی ورمی کمپوست تحقیقات تکمیلی بیشتری صورت گیرد.

رهیافت ترویجی

با توجه به نتایج تحقیقات تکمیلی و نوین بر روی نقش تنوع باکتریایی و اثرات آن در مدیریت و تبدیل ضایعات کشاورزی، رشد گیاه و افزایش کمی و کیفی

Archive of SID

www.SID.ir

محصول، حاصلخیزی خاک و مدیریت آفات و بیماریهای گیاهی از قبیل کنترل بیماری‌های قارچی، نماتد و غیره رهیافت‌های ترویجی زیر پیشنهاد می‌گردد:

اجرای طرحهای پایلوت تحقیقی ترویجی و آموزش در مزرعه در خصوص نشان دادن عملی اثرات مثبت ورمی کمپوست در کاهش آفات و بیماریها و کاهش مصرف سم در راستای دستیابی به محصول سالم.

تهیه نشریات و دستورالعمل های ترویجی در خصوص توصیه مصرف ورمی کمپوست، اثر بخشی آن در افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی و تاثیر آن بر تقویت حاصلخیزی خاک و تولید پایدار محصول و کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی.

با وجود فعالیت زیاد محققان کشور در زمینه پرورش کرم خاکی و تولید ورمی کمپوست هنوز برنامه مدونی برای نشان دادن خواص مصرف و اهمیت آن به عنوان کود زیستی برای استفاده در کشاورزی ارگانیک و زیست پالایی خاک صورت نگرفته است که فرهنگ سازی عمومی برای ترویج کودهای زیستی و ارگانیک ضرورت دارد.

کمک به کاهش آلودگی‌های زیست محیطی با استفاده از فرایند تولید ورمی کمپوست و استفاده مستقیم از گونه مناسب کرم خاکی در لجن فاضلاب و زباله‌های شهری و بیماریزا و نشان دادن نتایج حاصل به دستگاه‌های مسئول.

با توجه به تولید مستمر کودهای دامی، زباله‌های خانگی، ضایعات کشاورزی و بقایای گیاهی و زباله شهری و بیماریزا تبدیل آن به ورمی کمپوست وتوصیه به مصرف آن در خاک نه تنها یک انتخاب، بلکه یک ضرورت می‌باشد.

فهرست منابع

۱. دهدشتی‌زاده،ب. آروئی، ح. عزیزی ارانی، م. و داوری نژاد، غ. ۱۳۸۹. بررسی اثر سطوح مختلف ورمی-کمپوست و عنصر معدنی فسفر بر رشد و نمو و جذب برخی از عناصر غذایی در نشاء گوجه فرنگی، علوم باغبانی، دوره ٤٠، شماره ۳، صفحات ٤٩-٥٨.

۲. جعفری، ا.۱۳۹۲. بررسی تاثیر کاربرد ورمی‌کمپوست بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گل اطلسی رقم*Dream Neon Rose* ، ویژه نامه سازمان پارکها و فضای سبز شهرداری بندرعباس.

۳. حمیدیان، ا.ح. و یحیی آبادی. م. ۱۳۹٤. کاربرد نشانگرهای زیستی در پایش سلامت اکوسیستم خاک (با تأکید بر کرم‌های خاکی)، نشریه مدیریت اراضی، جلد ۳، شماره ۲.

٤. سماوات،س.۱۳۸۰.تاثیر ورمی‌کمپوست بر روی شاخصهای رشد گیاه گوجه فرنگی، نشریه علوم و صنایع کشاورزی، دوره۱۵، شماره۲.

۵. صفاری، ح. ۱۳۸۰. تولید ورمی‌کمپوست برای بهسازی خاکهای زراعی، مجله علمی-ترویجی کشاورز، شماره ۲٦۸.

٦. صفاری، ع. عابدینی طرقبه ،ج. وجاوید، ن.۱۳۸۷. بررسی اثر ورمی‌کمپوست در افزایش محصول تولیدی گوجه فرنگی درختی در کشت گلخانه ای در مقایسه با کود دامی، اولین کنگره ملی فناوری تولید و فرآوری گوجه فرنگی، مشهد، ایران.

۷. صفاری، ح. ۱۳۸۵. فن‌آوری تولید ورمی‌کمپوست از پسماندهای خانگی، کشاورزی و دامی به منظور حفظ محیط زیست و توسعه پایدار، مجموعه مقالات همایش خاک، محیط زیست و توسعه پایدار.

Archive of SID

www.SID.ir

۸. صفاری، ح. ۱۳۸۸. بازیافت ضایعات کشاورزی با استفاده از فناوری تولید ورمی‌کمپوست به منظور اصلاح الگوی مصرف و ارتقائ کیفیت محصول، همایش علمی تخصصی اصلاح الگوی مصرف و ارتقائ کیفیت تولید.

۹. عزیزی ارانی،م. نعمتی دربندی،ه. و آروئی،ح.۱۳۹۳. بررسی تأثیر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و تراکم کاشت بر میزان و اجزای روغن گیاه دارویی گل مغربی *(Oenothera biennis L.)*، پژوهشهای زراعی ایران دوره ۱۱، شماره ٤، صفحات ٦٠٨-٦١٧.

۱۰. علیخانی ،ح. دیندارلو، ن.١٣٩٤. ورمی تکنولوژی (فناوری کرمهای خاکی)فرصتی در جهت نیل به کشاورزی پایدار(مروری) دومین همایش یافته های نوین در محیط زیست و اکوسیستم های کشاورزی.

۱۱. غلام نژاد نصیر آبادی، س. آروئی، ح. و نعمتی،ح.۱۳۹۱. بررسی تاثیر نسبت های کوکوپیت و ورمی‌کمپوست به عنوان بسترکاشت بر سبز شدن و برخی ویژگیهای کمی و کیفی نشاء فلفل شیرین، علوم باغبانی، دوره ۲۵ ، شماره ٤ ، صفحات ۳۷۵-۳٦۹.

۱۲. گلدانی، م . ۱۳۹۳. ارزیابی اثر کودهای شیمیایی، ورمی‌کمپوست و دامی بر اجزای عملکرد گیاه داروئی رازیانه، هشتمین کنگره علوم باغبانی.

13. Arancon NQ, Edwards CA, Lee S (2002) Management of plant parasitic nematode populations by use of vermicomposts. In: Proceedings Brighton Crop Protection Conference – Pests and Diseases, vol 8B-2. pp 705–716
14. Alikhani, H. A. & Rashtbari, M (2014). Effects of Different Enrichment Treatments on
15. Chemical Properties of Vermicompost during Maturation.Bull. Environmental Pharmacology Life Sciience, 3(5), 119-124.
16. Arancon NQ, Galvis PA, Edwards CA (2005) Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicomposts. Bioresource Technology 96:1137–1142
17. Buckalew DW, Riley RK, Yoder WA, Vail WJ (1982) Invertebrates as vectors ofendomycorrhizal fungi and Rhizobium upon surface mine soils. West Virginia ,Proceedings of the National Academy of Sciences **54:1**
18. Bhatnagar RK, Palta RK (1996) Earthworm-Vermiculture and Vermicomposting.Kalyani Publishers, New Delhi
19. Brown GG (1995) How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity? Plant and Soil 170:209–231
20. Canellas LP, Olivares FL, Okorokova FAR (2002) Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence and plasma membrane H+− ATPase activity in maize roots. Plant Physiology 130:1951–1957
21. Correa JD, Barrios ML, Galdona RP (2004) Screening for plant growth promoting rhizobacteria in Chamaecytisus proliferus (tagasaste), a forage tree-shrub legume endemic to the Canary Islands. Plant and Soil 266:75–84
22. Dominguez J, Edwards CA (2004) Vermicomposting organic wastes: A review. In: Shakir Hanna SH, Mikhail WZA (eds) Soil Zoology for sustainable Development in the 21st century. Cairo, pp 369-395
23. Edwards CA (2011) Human pathogen reduction during vermicomposting. In: Edwards CA, Arancon NQ, Sherman R (eds) Vermiculture technology: earthworms, organic wastes and environmental management. CRC Press,Boca Raton, pp 249–261

Archive of SID

www.SID.ir

24. Edwards CA, Arancon NQ, Bennett MV, Askar A, Keeney G (2010) Effect of aqueous extracts from vermicomposts on attacks by cucumber beetles (Acalymna vittatum) (Fabr.) on cucumbers and tobacco hornworm (Manduca sexta) (L.) on tomatoes. Pedobiologia 53:141–148
25. Edwards CA, Arancon NQ (2004) Vermicomposts suppress plant pest and disease attacks. BioCycle 45:51–53
26. Edwards CA, Dominguez J, Arancon NQ (2004) The influence of vermicomposts on pest and diseases. In: Shakir Hanna SH, Mikhail WZA (eds) Soil Zoology for Sustainable Development in the 21st centuary. Cairo, pp 397–418
27. Ganesh kumar A, Sekaran G (2005) Enteric pathogen modification by anaecic earthworm, Lampito Mauritii. journal of applied science and environmental management 9:15–17
28. Haritha Devi S, Vijayalakshmi K, Pavana Jyotsna K, Shaheen SK, Jyothi K, Surekha Rani M (2009) Comparative assessment in enzyme activities and microbial populations during normal and vermicomposting.Journal of Environmental Biology 30:1013–1017
29. Hassen A, Belguith K, Jedidi N, Cherif A, Cherif M, Boudabous A (2001) Microbial characterization during composting of municipal solid waste. Bioresoure Technology 80:217–225
30. Herms DA (2002) Effects of fertilization on insect resistance of woody ornamental plants. Environmental Entomology 31:923–933
31. Huelsman MF, Edwards CA, Lawrence JL, Clarke-Harris DO (2000) A study of the effect of soil nitrogen levels on the incidence of insect pests and predators in Jamaican sweet potato (Ipomoea batatus) and Callaloo (Amaranthus). Proc Brighton Pest Control Conference: Pests and Diseases 8D–13:895–900
32. Khambata SR, Bhat JV (1953) Studies on a new oxalate-decomposing bacterium, Pseudomonas oxalaticus. Journal of Bacteriology 66:505–507
33. Khambata SR, Bhat JV (1953) Studies on a new oxalate-decomposing bacterium, Pseudomonas oxalaticus. Journal of Bacteriology 66:505–507
34. Maboeta MS, Van Rensburg L (2003) Vermicomposting of industrially produced wood chips and sewage sludge utilizing Eisenia foetida. Ecotoxicology and Environmental Safety 56:265–270
35. Monroy F, Aira M, Domínguez J (2009) Reduction of total coliform numbers during vermicomposting is caused by short-term direct effects of earthworms on microorganisms and depends on the dose of application of pig slurry. Science of The Total Environment 407:5411–5416
36. Pathma J , Sakthivel N (2012) Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential SpringerPlus 1:26.
37. Pathma J, Kamaraj Kennedy R, Sakthivel N (2011) Mechanisms of fluorescent pseudomonads that mediate biological control of phytopathogens and plant growth promotion of crop plants. In: Maheswari DK (ed) Bacteria in Agrobiology: Plant Growth Responses. SpringerVerlag, Berlin, pp 77–105
38. Pinel N, Davidson SK, Stahl DA (2008) Verminephrobacter eiseniae gen. nov. sp.nov. a nephridial symbiont of the earthworm Eisenia foetida (Savigny). International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 58:2147–2157
39. Rivera AMC, Wright ER, López MV, Fabrizio MC (2004) Temperature and dosage dependent suppression of damping-off caused by Rhizoctonia solani in vermicompost amended nurseries of white pumpkin. Phyton 53:131–136

Archive of SID

www.SID.ir

40. Rouelle J (1983) Introduction of an amoeba and Rhizobium Japonicum into the gut of Eisenia fetida (Sav.) and Lumbricus terrestris L. In: Satchell JE (ed) Earthworm Ecology: From Darwin to Vermiculture. Chapman and Hall, NewYork, pp 375–381
41. Singh R, Sharma RR, Kumar S, Gupta RK, Patil RT (2008) Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (Fragaria x ananassa Duch.). Bioresource Technology 99:8507–8511
42. Singh UP, Maurya S, Singh DP (2003) Antifungal activity and induced resistance in pea by aqueous extract of vermicompost and for control of powdery mildew of pea and balsam. Journal of Plant Diseases and Protection 110:544–553
43. Sinha RK, Agarwal S, Chauhan K, Valani D (2010) 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 sciences 1:76–94
44. Stephens PM, Davoren CW, Ryder MH, Doube BM (1994b) Influence of the earthworm Aporrectodea trapezoides (Lumbricidae) on the colonization of alfalfa (Medicago sativa L.) roots by Rhizobium melilotti strain LS-30R and the survival of L5-30R in soil. Biology and Fertility of Soils 18:63–70
45. Suhane RK (2007) Vermicompost. Publication of Rajendra Agriculture University, Pusa, 88
46. 40-Suthar S (2010) Evidence of plant hormone like sub-stances in vermiwash: An ecologically safe option of synthetic chemicals for sustainable farming. Journal of Ecological Engineering 36:1089–1092
47. Szczech M, Smolinska U (2001) Comparison of suppressiveness of vermicomposts produced from animal manures and sewage sludge against Phytophthora nicotianae Breda de Haan var. nicotiannae. Journal of Phytopathology 149:77–82
48. Vaz-Moreira I, Maria E, Silva CM, Manaia Olga C, Nunes (2008) Diversity of Bacterial Isolates from Commercial and Homemade Composts. Journal of Phytopathology 55:714–722

Archive of SID

www.SID.ir