مجله ترویجی سبزیجات گلخانه‌ای، جلد ششم، شماره ۱، تابستان ۱۴۰۲، صفحات: ۲۱-۹

کاربرد خاک‌های بازدارنده بر پایه کمپوست و ورمی کمپوست در کنترل بیماری‌های خاکزاد محصولات گلخانه‌ای

محمدرضا میرزائی[۱]، الیاس آرزمجو[۲]، غلامرضا توکلی کرقند[۳]، علیرضا مقری فریز[۴] و ناصر ابراهیمی[۵]

۱-استادیار پژوهش بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خوسف، ایران

۲-استادیار پژوهش بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خوسف، ایران

۳-مربی پژوهش بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خوسف، ایران

۴-مربی پژوهش بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خوسف، ایران

۵-کارشناس مرکز جهاد کشاورزی درح، مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان سربیشه، خراسان جنوبی

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mirzaee_mrz@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۱۱

چکیده

تمرکز کشاورزی پایدار بر کاربرد مجموعه عملیاتی است که ضمن افزایش عملکرد بدون اثرات سو محیطی، به طور مستقیم یا غیر مستقیم، جمعیت میکروبی خاک را تعدیل کند تا فشار زیستی ناشی از فعالیت بیمارگرها کاهش یابد. بیمارگرهای گیاهی خاکزاد به طرز فزاینده ای موجب تهدید محصولات کشاورزی از جمله گلخانه‌ای در دنیا شده اند. توسعه بی‌رویه کاشت محصولات گلخانه‌ای موجب تخریب خاک از نظر اسیدی شدن، شوری و تجمعی شدن بیمارگرهای خاکزاد می‌شود. کاربرد خاکهای بازدارنده به عنوان روشی امیدبخش و پایدار جهت کاهش خسارت این بیماری‌ها در قالب برنامه مدیریت تلفیقی بیماری‌های گیاهی در دنیا در حال توسعه است. در این مقاله ضمن معرفی خاک های بازدارنده بیمارگرهای خاکزاد، اهمیت، موارد استفاده در گلخانه‌ها و رویکردهای پژوهشی مورد انتظار بررسی شده است. انتظار می‌رود، در راستای تولید کیفی محصولات گلخانه‌ای، توسعه کاربرد خاک‌های بازدارنده و صنایع جانبی تولید این مواد آلی به صورت دانش محور موجب ترغیب پژوهشگران، بهره برداران و کارشناسان کشاورزی گردد.

واژگان کلیدی: توسعه پایدار، خاک‌های سرکوبگر، مدیریت تلفیقی بیماری

متن مقاله

بیان مساله:

بین خاک سالم، گیاه سالم و سلامتی انسان رابطه تنگاتنگی وجود دارد. به دلیل مصرف بالای سبزیجات و نقش آنها در زندگی و تغذیه انسان، سلامت اجزای تشکیل دهنده آنها اهمیت زیادی دارد. از طرفی با توجه به صنعتی شدن سیستم های کشاورزی و رقابت تولید کنندگان، کاربرد ترکیبات شیمیائی رواج یافته است که بخشی از پیامدهای آن آلودگی مواد غذائی، منابع خاک و آب و افزایش هزینه‌ها است (عامریان و همکاران ۱۳۹۶).

مدیریت بیماری‌های گیاهی خاکزاد چالش مهمی در کشاورزی است، از طرفی کاربرد ترکیبات شیمیائی به نوبه خود آثار زیان بار روی محیط پویای خاک دارد (لابمن و همکاران[1]، ۲۰۱۶). خاکهای بازدارنده یا سرکوبگر بیمارگرهای خاکزاد به طور طبیعی مانع از استقرار این نوع بیمارگرها شده، وقوع بیماری را حتی در حضور میزبان حساس و شرایط مساعد محیطی برای بیمارگر کاهش می‌دهند (دیوران و همکاران[2]، ۲۰۱۷).

تمرکز کشاورزی پایدار بر اعمال مجموعه عملیاتی است که موجب افزایش عملکرد بدون اثرات سو محیطی شود، به طوری که به طور مستقیم یا غیر مستقیم، جمعیت میکروبی خاک را تعدیل کند تا فشار زیستی ناشی از فعالیت بیمارگرها کاهش یابد. بیمارگرهای گیاهی خاکزاد به طور فزاینده‌ای موجب تهدید محصولات کشاورزی در دنیا شده اند. از مهمترین بیماری‌های خاکزاد در گلخانه-های ایران می توان به بیماری پوسیدگی فوزاریومی ریشه و ساقه، پوسیدگی بذر و مرگ گیاهچه ناشی از شبه قارچ‌های پی‌تیوم و فیتوفتورا، قارچ‌های فوزاریوم و رایزوکتونیا، باکتری‌های عامل پوسیدگی نرم و بیماری نماتدی ریشه گرهی در خیار و گوجه فرنگی و پوسیدگی سیاه ریشه توت فرنگی در اثر گونه‌هایی از قارچ رایزوکتونیا اشاره نمود (جلالی و صادقی، ۱۳۸۸، ارجمندیان و احمدی، ۱۳۹۴، نجفی نیا و شهابی، ۱۳۹۸). از طرفی، کاشت بی‌رویه محصولات گلخانه‌ای موجب تخریب خاک از نظر اسیدی شدن، شوری و افزایش جمعیت بیمارگرهای خاکزاد در گلخانه‌ها می‌شود (هووانگ و همکاران[3]، ۲۰۱۶).

برای پیشگیری و کنترل بیماری‌های خاکزاد محصولات گلخانه‌ای، انجام تلفیقی از روش‌های مبتنی بر عملیات زراعی، کنترل شرایط محیطی، کنترل بیولوژیکی (کاربرد ترکیبات زیستی)، ارقام مقاوم، بذر و نشا گواهی شده، مبارزه با آفات، تاریخ کاشت مناسب، زهکشی خاک، حذف علفهای هرز به عنوان میزبان بیمارگرها و آفات، تهویه و آفتاب درمانی توصیه شده است. همچنین تناوب کاشت با گیاهان (مانند یولاف، کلزا) با محصولات گلخانه‌ای که موجب افزایش مواد آلی

[1] Löbmann *et al.*
[2] Durán *et al.*
[3] Huang *et al.*

خاک می‌شود، در برنامه توسعه پایدار محصولات گلخانه‌ای توصیه می‌شود (گریر و دایور[1]، ۱۹۹۹، نجفی نیا و شهابی، ۱۳۹۸، آزاده وار، ۱۴۰۰).

اخیرا، توسعه خاکهای بازدارنده به عنوان روشی امیدبخش و پایدار جهت کاهش خسارت بیماری-های خاکزاد گیاهی پیشنهاد شده است (هووانگ و همکاران، ۲۰۱۶، یوآن و همکاران[2]، ۲۰۲۱).

استفاده از اصلاح کننده‌های آلی مانند انواع کمپوست به دلیل داشتن مقادیر زیادی ماده آلی، راه کار موثری برای بهبود خاکدانه سازی و ساختمان خاک، افزایش جمعیت و تنوع میکروبی، افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک و ظرفیت تبادلی کاتیون‌ها در خاک، کاهش بیمارگرهای گیاهی، بهبود دسترسی به عناصر غذایی، توسعه ریشه‌ها در خاک، کمک به اصلاح خاک در محیط‌های شور و کاهش نیاز به آبیاری و کاهش مصرف کودهای شیمیایی می‌باشد (رشتبری و علیخانی ۱۳۹۱، قربانی و مستعان ۱۳۹۸).

۱- کمپوست چیست؟

کمپوست بقایای تخمیرشده پسماندهای شهری، ضایعات کشاورزی و مواد آلی ناشی از فعالیت هضم میکروبی است که نه تنها برای خاک کشاورزی مضر نبوده، بلکه موجب حاصلخیزی آن نیز می‌شود (ملکوتی ۱۳۷۸، قربانی و مستعان ۱۳۹۸). مواد اولیه کمپوست شامل هرگونه ضایعات گیاهی مانند بقایای سبزیجات، میوه، برگ، علفهای هرز و یا فرآورده‌های جانبی مانند تفاله نیشکر، ضایعات حاصل از هرس درختان، کاه، پسماندهای آبزی مانند برخی از علفهای هرز آبی یا قطعات ماهی حاصل از فرآوری ماهی، ضایعات حیوانی مانند کود و پر و ضایعات چوب مانند پوست یا خاک اره می‌شود (شکل ۴، لندیس و همکاران[3]، ۲۰۱۴، قربانی و مستعان ۱۳۹۸).

۱-۱- اثرات کاربرد کمپوست:

کاربرد کمپوست در بستر کاشت گیاهان مزایای فراوانی دارد که تعدادی از آنها در ذیل به صورت درخت واره ارایه شده است (شکل ۱).

شکل ۱. تاثیر کاربرد انواع کمپوست در خاک (رستگار و همکاران، ۱۳۹۱، گریر و دایور[4]، ۱۹۹۹)

سابقه استفاده از بقایای گیاهی در چین به بیش از دو هزار سال بر می‌گردد که بقایای گیاهی را از طریق مخلوط کردن با فضولات انسانی و دامی

[1] Greer and Diver
[2] Yuan *et al.*
[3] Landis *et al.*
[4] Greer and Diver

مورد استفاده قرار می‌داده اند. در اروپا نیز استفاده از کمپوست ضایعات کشاورزی توسط کشاورزان به منظور افزایش حاصلخیزی خاک به زمان رومیان بر می‌گردد (قربانی و مستعان ۱۳۹۸). گزارشات متعددی در مورد اثر بازدارندگی کمپوست‌ها روی بیماری‌های خاکزاد نظیر مرگ گیاهچه و پوسیدگی‌های ریشه (ناشی از قارچ های پی تیوم، فیتوفترا و ریزوکتونیا) و بیماری پژمردگی ناشی از قارچهای فوزاریوم و ورتیسیلیوم در گلخانه‌ها وجود دارد (جدول ۱).

روند واقعی تولید کود کمپوست در ایران مشخص نیست و اغلب واحدهای تولیدی آن با بهره‌های تولید بسیار پایین در حال فعالیت می‌باشند ولی با توجه به اینکه حدود ۷۰ درصد زباله تولیدی کشور از نوع تر است، ظرفیت مناسبی برای تولید آن در کشور وجود دارد (فرزادکیا و همکاران، ۱۳۹۴). در دهه اخیر، در زمینه تاثیر کاربرد کودهای کمپوست و ورمی کمپوست بر بیماری-های گیاهی در کشور مطالعاتی در گلخانه انجام شده است. تاثیر کاربرد کمپوست بر مرگ گیاهچه گوجه فرنگی ناشی از شبه قارچ پی تیوم، پژمردگی ورتیسیلیومی پنبه و تاثیر استفاده از ورمی کمپوست بر نماتد ریشه گرهی گوجه فرنگی و پوسیدگی ریزوکتونیایی لوبیا چیتی مثال‌هایی از کاربرد این دو نوع کود بر چند بیماری گیاهی در ایران می‌باشند (رستمی و اولیا، ۱۳۹۵، زابلی و همکاران، ۱۳۹۶، شبانی و جمالی، ۱۳۹۶، حبیبی و همکاران، ۱۳۹۸).

۲- ورمی کمپوست چیست؟

ورمی کمپوست کودی است که در فرآیندی زیستی، مواد آلی پسماند شامل پسماندهای کشاورزی، خانگی یا کودهای دامی به کمک انواع کرم‌های خاکی و ریز جانداران تجزیه شده به مواد آلی مغذی، باثبات و بدون بو (کمپوست با کیفیت) تبدیل می‌شود (صفرخانلو و ترکمانی، ۱۳۸۶).

۲-۲- اثرات کاربرد ورمی کمپوست

کاربرد ورمی کمپوست در بستر کاشت گیاهان مزایای فراوانی دارد که برخی از اثرات آن در درخت واره ذیل ارایه شده است (شکل ۲):

شکل ۲. تاثیر کاربرد ورمی کمپوست در خاک (باقری و افراسیاب ۱۳۹۶)

میزان تاثیر کاربرد ورمی کمپوست و کمپوست ممکن است با یکدیگر تفاوت داشته باشد. به عنوان مثال، کاربرد ورمی‌کمپوست منداب میزان تاثیر بیشتری نسبت به کمپوست منداب و ورمی-کمپوست کود دامی در بازدارندگی نماتد مولد

گره ریشه خیار داشته است (رستمی و همکاران [1]، ۲۰۲۲). کاربرد ورمی‌کمپوست کیفی بر پایه پسماند گیاهان معطر به میزان ۵ تن در هکتار در مدیریت بیماری‌های باکتریائی و قارچی ریشه گیاه داروئی حسن یوسف موجب کاهش خسارت بیماری فوزاریومی، پژمردگی باکتریائی و بهبود رشد گیاه در گلخانه شده است (سینگ و همکاران [2]، ۲۰۱۲).

نکته: میزان اسیدیته (pH) و شوری در ماده آلی (EC)، دو مولفه مهم در ارزیابی کیفیت و زمان برداشت انواع کمپوست است. در طی فرآیند تولید ورمی کمپوست، اسیدیته از قلیائیت به سمت خنثی شدن می رود. برای کاربرد در خاک، بهترین دامنه اسیدیته ۶ تا ۸/۵ است. در مورد EC، مقدار کمتر از ۴ میلی زیمنس بر سانتی متر و نسبت کربن به نیتروژن (C:N) کمتر از ۱۲ برای کاربرد آن کود مناسب است (بت و همکاران [3]، ۲۰۱۷).

۳- خاکهای بازدارنده (سرکوبگر) بیمارگرهای گیاهی:

خاکهای بازدارنده به دلیل نوع آرایش جمعیت میکروبی و فعالیت آنها، موجب عدم استقرار بیمارگر شده یا در صورت استقرار اولیه بیمارگر موجب کنترل بیمارگر می شوند. این خاک ها، به عنوان بخشی از روش مهار زیستی، موجب بازدارندگی بیمارگرهای گیاهی در نتیجه وجود ساختار ویژه جمعیت های میکروبی می‌شوند. خاکهای بازدارنده که منبع غنی از جمعیت‌های میکروبی هستند به گیاه کمک می کنند تا از بیمارگرهای گیاهی، از طریق بهبود سلامت گیاه، القا شیوه‌های مقاومتی گیاه به طور طبیعی، تولید ترکیبات زیستی ضد میکروبی و رقابت با بیمارگرهای گیاهی، در امان بماند (موسی و ریزادا [4]، ۲۰۱۶، شلاتر و همکاران [2]، ۲۰۱۷).

۳-۱- تقسیم بندی خاکهای بازدارنده بیمارگرهای گیاهی:

۳-۱-۱- خاک های بازدارنده عمومی:

این نوع خاک‌ها، دارای جمعیت پیچیده میکروبی هستند و سطح حفاظت پائینی در برابر بیمارگرهای متنوع دارند. بازدارندگی آنها همبستگی با کمیت و کیفیت مواد آلی خاک (کمپوست، کودهای سبز، گیاهان پوششی) دارد که از طریق بهبود تغذیه میکروب‌های مفید خاک، موجب افزایش جمعیت آنها می‌شوند (موسی و ریزادا، ۲۰۱۶).

۳-۱-۲- خاکهای بازدارنده اختصاصی :

این خاکها دارای جمعیت بالایی از یک یا چند گونه میکروب اختصاصی هستند که حفاظت بالایی در برابر بیمارگر خاص ایجاد می‌کنند که نمودی از مهار زیستی است.

[1] Rostami *et al.*
[2] Singh *et al*.
[3] Bhat *et al.*
[4] Mousa and Raizada
[2] Schlatter et al.

مثال: کنترل بیماری پژمردگی فوزاریومی ناشی از *Fusarium oxysporum*: اسیدیته خاک، جمعیت گونه‌های فوزاریومی غیر بیماریزا و باکتری *Pseudomonas fluorescens* را بهبود بخشیده به نحوی که موجب القا مقاومت در گیاه شده و گونه‌های بیماری‌زا را از رقابت غذائی خارج می‌کنند (موسی و ریزادا، ۲۰۱۶، شلاتر و همکاران[۲]، ۲۰۱۷).

۴- عوامل تاثیرگذار بر توسعه خاکهای بازدارنده

چندین عامل زنده و غیر زنده در توسعه خاکهای بازدارنده نقش دارند که با در نظر گرفتن آنها، مدیریت بیماری ها شکل می‌گیرد (شکل ۳):

شکل ۳. نحوه تاثیر عوامل زنده و غیر زنده بر کارائی خاک های بازدارنده بیماری های خاکزاد (موسی و ریزادا، ۲۰۱۶).

۴-۱- تاثیر عوامل غیر زنده:

عوامل غیر زنده متنوعی (مواد آلی خاک، محتوی رس، اسیدیته و بافت خاک) بر بازدارندگی خاک موثرند و به طور مستقیم یا غیر مستقیم بر ساختار و فعالیت میکروب‌های خاک موثرند.

اصلاح ساختمان و بافت خاک می‌تواند ظرفیت نگهداری آب، مواد غذائی و تبادل گاز را تحت تاثیر قرار دهد (مثلا کاهش تهویه خاک می تواند وقوع بیماری پی‌تیومی را در بر داشته باشد) (کک و همکاران، ۲۰۲۰).

مدیریت تغذیه گیاهی و اصلاح ساختمان خاک موجب بهبود شرایط خاک بازدارنده می شود. به عنوان مثال، کمبود عناصر غذائی موجب کاهش تولید یا کاهش انتقال ترکیبات ضد قارچی به محل آلودگی می‌شود (گیاهان در شرایط کمبود عناصری مثل روی و بور به بیمارگرهایی چون گونه های فوزاریوم، فیتوفترا بیشتر حساس اند).

همچنین، عملیات زراعی مثل شخم، پویائی جوامع میکروبی موثر در کنترل بیولوژیک را تحت تاثیر قرار می‌دهد. به دلیل وجود تجمع این جمعیت‌ها در ۱۰ سانتی متری سطح خاک، عملیات بدون شخم بخاطر اجتناب از مخلوط شدن خاک توصیه می‌شود (کک و همکاران، ۲۰۲۰).

۴-۲- تاثیر عوامل زنده:

روش هائی مانند اعمال تناوب گیاهان زراعی، کاربرد کود سبز (مثلا آرد بذر خردل جهت کاهش ریزوکتونیا عامل پوسیدگی ریشه، کود سبز گندم سیاه موجب کنترل بیماری پژمردگی ورتیسیلیومی و اسکب سیب زمینی)، بخاطر تاثیر بر پویائی جمعیت میکروب‌های خاک، بر توسعه خاکهای بازدارنده موثرند (کک و همکاران، ۲۰۲۰). از این رو توسعه عوامل میکروبی به عنوان عوامل زنده در بازدارندگی خاک اهمیت دارد که با سازوکارهای مختلفی ایفای نقش می

کنند (سیفی، ۱۳۹۴، موسی و ریزادا، ۲۰۱۶، کک و همکاران، ۲۰۲۰):

۴-۲-۱- تولید ترکیبات ضدزیستی (آنتی بیوتیک): سازوکار تولید آنتی بیوتیک توسط میکروبهای خاک نقش مهمی در خاک‌های بازدارنده (مثل کمپوست‌های سرکوبگر بیمارگرهای گیاهی) دارد (مثال: تولید آنتی بیوتیک توسط باکتری‌های سودوموناس علیه بیماری‌های ریشه).

۴-۲-۲- زندگی انگلی: خاکهای بازدارنده دارای جمعیت‌های بالاتری از قارچ‌های بازدارنده بیمارگرهای گیاهی مانند گونه‌هایی از تریکودرما هستند. مثلا، خصوصیت بازدارندگی خاک با ترکیبی از کود گوسفندی و جدایه‌هایی از قارچ تریکودرما (به نسبت ۱۰ درصد) علیه بیماری پژمردگی فوزاریومی گوجه فرنگی حاصل شده است.

۴-۲-۳- رقابت: ریزجانداران خاک دارای رقابت برای غذا و فضا هستند که در خاک‌های بازدارنده بین آنها و بیمارگر رقابت به نفع ریزجانداران مفید و در نهایت بازدارندگی بیمارگر های خاکزاد است.

۴-۲-۴- القای مقاومت به بیماری در گیاهان: القای مقاومت به بیماری در گیاهان توسط ریز جانداران مفید موجود در کمپوست، می‌تواند در جهت بهبود و یا توسعه روش‌های کنترل زیستی توسط کمپوست‌های سرکوبگر بیمارگرهای گیاهی موثر باشد.

نتیجه گیری و توصیه ترویجی

برای تولید سبزیجات گلخانه ای سالم و عاری از باقیمانده سموم شیمیایی، علاوه بر استفاده از ترکیبات مهار زیستی، تلفیقی از روش‌های مبتنی بر رعایت اصول فنی احداث گلخانه، رعایت بهداشت گلخانه، آفتاب‌دهی خاک، رعایت زمان مناسب کاشت گیاه، کنترل شرایط محیطی داخل گلخانه، اعمال آبیاری منظم، تغذیه متعادل و کاربرد اصولی ترکیبات مهار کننده شیمیایی ارایه شده است.

همچنین، استفاده از افزودنی‌های آلی، انواع کمپوست و بقایای تازه عاری از بیماری‌های گیاهی که موجب تکثیر جمعیت میکروبهای مفید می‌شود، در برنامه مدیریت تلفیقی بیماری‌های گلخانه‌ها در راستای کشاورزی پایدار توصیه می-شود. اختلاط کود سبز برداشت شده مانند بقایای گیاهان شب بوئیان (کلزا و تربچه روغنی) با خاک گلخانه، که با تولید گازهای سمی موجب بازدارندگی بیمارگرهای خاکزاد می‌شوند، کاشت گیاهان پوششی مانند یولاف و کلزا (زمان لازم برای پوسیدن آنها بین ۱ تا ۲ ماه) به منظور بهبود تغذیه گیاه، افزایش فعالیت میکروبی خاک و بازدارندگی برخی بیمارگرها نیز در برنامه جامع مدیریت بیماری‌های گیاهی محصولات گلخانه‌ای قابل توصیه است.

تاثیر کاربرد خاک های بازدارنده بر پایه کمپوست و ورمی کمپوست بر دامنه وسیعی از بیماری‌های گیاهان گلخانه‌ای شامل قارچی، باکتریائی و نماتدی گزارش شده است (جدول ۱).

شکل ۴. تولید کمپوست A- بر پایه منابع کود دامی و بقایای گیاهی (محصول زرشک)، B- دامی (شکل اصلی)

جهت ثبات و افزایش کارایی کمپوست‌ها، کاربرد ترکیبات زیستی مانند باکتری‌ها (فرمولاسیون باسیلوس یا سودوموناس فلورسنت) و قارچ‌های مهار کننده زیستی به خاک توصیه می‌شود. در صورت آلودگی‌های شدید به بیمارگرهای خاکزاد، روش آفتاب درمانی نیز اعمال گردد و بعد از ضدعفونی خاک نیز از کمپوست استفاده شود.

توصیه می‌شود کارگاه‌هایی برای تولید ورمی کمپوست کیفی (میزان اسیدیته، شوری و نسبت کربن به نیتروژن مطلوب)، با اخذ گواهی کیفیت محصول با تاییدیه موسسه تحقیقات خاک و آب کشور (شماره ثبت کودی)، ایجاد شوند.

با توجه به اهمیت کاربرد خاکهای بازدارنده در کنترل بیمارگرهای گیاهی خاکزاد، نقش در القا مقاومت گیاهان، کمک به رفع برخی مسمومیت-های خاک، تاثیر بر صفات رشدی گیاهان گلخانه ای و کاهش مخاطرات زیست محیطی، اجرای پروژه‌های کاربردی در راستای تولید و کاربرد کمپوست و ورمی‌کمپوست با لحاظ کیفیت و درجه‌بندی کیفی و توسعه صنایع جانبی تولید این مواد آلی توصیه می‌شود.

نام بیماری	پایه خاک بازدارنده	تاثیر کاربرد کمپوست/ورمی کمپوست	منبع
مرگ گیاهچه ناشی از شبه قارچ پی تیوم خیار گلخانه ای	کمپوست ضایعات برگ یا زباله شهری	کاهش ۶۰ درصدی شدت بیماری	نوبل و کونتری، ۲۰۰۵
پوسیدگی فوزاریومی طوقه گوجه فرنگی	کمپوست بقایای گوجه فرنگی	کنترل معنی دار بیماری	نوبل و کونتری، ۲۰۰۵
پژمردگی فوزاریومی خیار و پوسیدگی فیتوفترائی فلفل و خیار	کمپوست لجن فاضلاب	کاهش معنی دار شدت بیماری ها	نوبل و کونتری، ۲۰۰۵
پژمردگی باکتریائی گوجه فرنگی	زباله شهری همراه با آفتاب درمانی	کاهش جمعیت باکتری	نوبل و کونتری، ۲۰۰۵
بیماری قارچی آنتراکنوز خیار	کمپوست پوست کاج	کنترل بیماری بالای ۳۵ درصد	نوبل و کونتری، ۲۰۰۵
پژمردگی فوزاریومی گوجه فرنگی	تفاله انگور	کنترل بیماری تا ۹۳ درصد	نوبل و کونتری، ۲۰۰۵
پوسیدگی ساقه و ریشه ناشی از قارچ فوزاریوم خیار	میوه، ساقه و برگ گوجه فرنگی	کنترل بیماری تا حدود ۸۰ درصد	نوبل و کونتری، ۲۰۰۵
پوسیدگی ساقه و ریشه ناشی از قارچ فوزاریوم خیار	کود گاوی	کنترل بیماری تا ۴۷ درصد	نوبل و کونتری، ۲۰۰۵
مرگ گیاهچه خیار گلخانه ای	کود گاوی	کنترل بیماری تا ۸۵ درصد	نوبل و کونتری، ۲۰۰۵
پوسیدگی فیتوفترائی توت فرنگی	ضایعات گیاهان	کنترل بیماری تا ۶۶ درصد	نوبل و کونتری، ۲۰۰۵
پژمردگی فوزاریومی ریحان	کود مرغ، کود گاوی و کاه	کنترل بیماری تا ۴۲ درصد	نوبل و کونتری، ۲۰۰۵
نماتدهای بیمارگر گیاهی	کمپوست حاصل از پسماند جامد شهری با عصاره کمپوست های سبز	افزایش جمعیت کنه های شکارگر، قارچ ها و باکتری های کنترل کننده نماتدها	ان تالی و همکاران، ۲۰۲۰
نماتدهای سیستی	ورمی کمپوست حاصل از پسماند شهری	کاهش جمعیت تخم، سیست و لارو	ان تالی و همکاران، ۲۰۲۰
نماتد ریشه گرهی خیار/گوجه فرنگی	ورمی کمپوست بوته های منداب	کاهش معنی دار جمعیت و نرخ تکثیر	رستمی و همکاران، ۲۰۲۲

جدول ۱. نمونه‌هایی از کاربرد خاک‌های بازدارنده بیمارگرهای خاکزاد گیاهی محصولات گلخانه‌ای

منابع

آزاده‌وار، م. ۱۴۰۰. مدیریت تلفیقی بیماری‌ها برای تولید سبزیجات گلخانه‌ای سالم. مجله ترویجی سبزیجات گلخانه‌ای، ۲: ۳۵-۵۱.

ارجمندیان، ا.، و احمدی، ر. ۱۳۹۴. مدیریت و کنترل آفات و بیماریهای مهم خیار گلخانه‌ای. انتشارات مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی، ۴۲ صفحه.

باقری، ح.، و افراسیاب، پ. ۱۳۹۶. اثر سوپرجاذب، ورمی‌کمپوست در سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر برخی ویژگیهای شیمیایی خاک. نشریه دانش آب و خاک. ۲۷: ۲۲۷-۲۳۸.

جلالی، ص.، و امامی، م. س. ۱۳۸۸. کنترل پوسیدگی سیاه ریشه توت فرنگی در کشت‌های هیدروپونیک در گلخانه‌ها. اولین کنگره ملی هیدروپونیک و تولیدات گلخانه‌ای، اصفهان.

حبیبی، آ.، صفایی فراهانی، ب.، و مستوفی زاده قلمفرسا، ر. ۱۳۹۸. اثر کمپوست بر وقوع مرگ گیاهچه گوجه فرنگی ناشی از *Pythium aphanidermatum* در گلخانه. علوم و فنون کشت‌های گلخانه ای. ۱۰: ۶۹-۷۸.

رستگار، ا.، جنیدی جعفری، ا.، فرزادکیا، م.، رضایی کلانتری، ر.، و اله آبادی، ا. ۱۳۹۱. بررسی تاثیر کمپوست مواد زائد شهری بر میزان نشت و جذب فلزات سنگین از خاک شنی رسی لومی. مجله دانشگاه علوم پزشکی سبزوار. ۳: ۲۷۷-۲۸۶.

رستمی، م.، اولیا، م. ۱۳۹۵. کنترل بیماری‌زایی نماتد ریشه‌گرهی گوجه فرنگی *Meloidogyne javanica* با استفاده از فرآورده‌های کرم خاکی *Eisenia foetida* در شرایط گلخانه. نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی). ۳۰: ۴۲-۵۳.

زابلی، م.، بصیرنیا، ط.، و موسوی، س. م. ر. ۱۳۹۶. تاثیر کودهای پتاسیم، سیلیس و ورمی کمپوست بر کنترل بیماری پوسیدگی ریزوکتونیایی (*Rhizoctonia solani*) لوبیا چیتی. دو فصلنامه تحقیقات بیماری-های گیاهی. ۵: ۲۳-۳۸.

سیفی، س. ۱۳۹۴. کنترل زیستی عوامل بیماری زای خاکزاد با استفاده از کمپوست های سرکوبگر. دومین کنفرانس بین المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش ها با محوریت کشاورزی ، منابع طبیعی، محیط زیست. تبریز.

شبانی، ف.، و جمالی، ع. ۱۳۹۶. اثرات سه نوع کمپوست بر بیماری پژمردگی ورتیسیلیومی پنبه *Verticillium dahliae* در شرایط گلخانه. پژوهش های کاربردی در گیاه پزشکی. ۶: ۴۱-۵۱.

صفرخانلو، ل.، و ترکمانی بجدنی، ح. ۱۳۸۶. تولید ورمی کمپوست: روش نوین مدیریت پسماند. سومین همایش ملی مدیریت پسماند. تهران، ۴۷۷-۴۸۹.

عابدی، م.، . احمدوند، ر. ۱۳۹۸. آشنایی با آفات و بیماریهای گوجه فرنگی. انتشارات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، ۹۵ صفحه.

عامریان، م.، علی محمدیان، ل.، و ملک حسینی، ا. ۱۳۹۶. ارزیابی دلایل بی توجهی و غفلت کشاورزان ازعوارض سوء مصرف کودهای شیمیایی (به ویژه کود ازته) به روش بحث متمرکز گروهی. علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۱۹: ۳۵-۴۷.

فرزادکیا، م.، فلاح ج.کندان، س.، یگانه بادی، م. ۱۳۹۴. مدیریت کمپوست در ایران: فرصت‌ها و چالش-ها. مهندسی بهداشت محیط. ۳: ۲۱۱-۲۲۳.

قربانی، ا.، و مستعان، ا. ۱۳۹۸. پتانسیل های تولید کمپوست از ضایعات نخل خرما. نشریه فنی پژوهشکده خرما و میوه های گرمسیری. ۳۴ صفحه.

نجفی‌نیا، م.، و شهابی، ا. ۱۳۹۸. بیماری پوسیدگی فوزاریومی ریشه و ساقه خیار گلخانه‌ای و مدیریت کنترل آن. مجله ترویجی سبزیجات گلخانه‌ای. ۲: ۶۳-۷۲.

Bhat, S.A., Singh, J. and Vig, A.P. 2017. Instrumental characterization of organic wastes for evaluation of vermicompost maturity. Journal of Analytical Science Technology. 8: 2.

Coque, J. J. R., Álvarez-Pérez, J. M., Cobos, R., González-García, S., Ibáñez, A. M., Diez Galán, A., CalvoPeña, C. 2020. Advances in the control of phytopathogenic fungi that infect crops through their root system. Advances in Applied Microbiology. 111: 123–170.

Durán, P., Jorquera, M., Viscardi, S., Carrion, V.J., Mora, M.L. and Pozo, MJ. 2017. Screening and Characterization of Potentially Suppressive Soils against *Gaeumannomyces graminis* under Extensive Wheat Cropping by Chilean Indigenous Communities. Front. Microbiol. 8:1552.

Greer, L. and Diver, S. 1999. ATTRA Technical Specialist. Compiled from magazine articles, Extension bulletins, and product literature. 34 pp.

Huang, X., Liu, L., Wen, T., Zhang, J., Shen, Q. and Cai Z. 2016. Reductive soil disinfestations combined or not with Trichoderma for the treatment of a degraded *and Rhizoctonia solani* infested greenhouse soil. Scientia Horticulturae. 206: 51-61.

Landis, T.D., Jacobs, D.F., Wikinson, K.M. and Luna, T. 2014. Growing media. In Wilkinson, K. M., Landis, T. D., Haase, D. L., daley, B. F. and Dumroese, R. K., eds. Tropical nursery Manual: a guide to starting and operating a nursery for native and traditional plants. United States Department of Agriculture.

Löbmann, M.T., Vetukuri, R.R., de Zinger, L., Alsanius, B.W., Grenville-Briggs, L.J. and Walter, A.J. 2016. The occurrence of pathogen suppressive soils in Sweden in relation to soil biota, soil properties, and farming practices. Appl Soil Ecol 107:57–65.

Mousa, W.K. and Raizada, M.N. 2016. Encyclopedia of Food Grains: Second Edition (New York: Academic Press).

Noble, R. and Coventry, E. 2005. Suppression of soil-borne plant diseases with composts: A review, Biocontrol Science and Technology, 15:1, 3-20.

Ntalli, N., Adamski, Z., Doula, M. and Monokrousos, N. 2020. Nematicidal Amendments and Soil Remediation. Plants, 9: 429.

Rostami, M., Karegar, A. and Ghorbani, A. 2022. Effects of Arugula Vermicompost on the Root-Knot Nematode (*Meloidogyne javanica*) and the Promotion of Resistance Genes in Tomato Plants. The Plant Pathology Journal. 38: 261-271.

Schlatter D, Kinkel L, Thomashow L, Weller D, Paulitz T. 2017. Disease Suppressive Soils: New Insights from the Soil Microbiome. Phytopathology. 107:1284-1297.

Singh, R., Soni, S.K., Awasthi, A. and Kalra, A. 2012. Evaluation of vermicompost doses for management of root-rot disease complex in *Coleus forskohlii* under organic field conditions. Australian Plant Pathology. 41:397–403.

Yuan, X., Hong, S., Xiong, W., Raza, W., Shen, Z., Wang, B., Li., R., Ruan, Y., Shen, Q. and Dini Andreote, F. 2021. Development of fungal-mediated soil suppressiveness against *Fusarium* wilt disease via plant residue manipulation. Microbiome. 9: 200.