همه امتیازات این پایان‌نامه به دانشگاه بوعلی تعلق دارد. در صورت استفاده ازتمام یا بخشی از مطالب پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه بوعلی(یا استاد یا اساتید راهنمای پایان‌نامه) و نام دانشجو با ذکر مأخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

دانشکده کشاورزی
گروه گیاه‌پزشکی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته گیاه‌پزشکی

عنوان:

کنترل تلفیقی بیماری پژمردگی آوندی گوجه فرنگی ناشی از قارچ *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* در استان همدان

اساتید راهنما:

دکتر محمد جواد سلیمانی

دکتر غلامرضا خداکرمیان

پژوهشگر:

بهار آزادی

زمستان ۱۳۸۸

چکیده

پژمردگی فوزاریومی گوجه‌فرنگی یکی از بیماری‌های مهم این گیاه محسوب می شود. کنترل این بیماری همانند سایر عوامل بیماری‌زای خاک‌زاد، به‌دلیل شرایط پیچیده خاک و اطراف رایزوسفر، همواره با مشکلاتی مضاعف توام بوده‌است. بنابراین بررسی امکان استفاده از روش‌های بیولوژیکی و تلفیقی در کنترل بیماری‌های خاک‌زاد، مورد توجه قرار می‌گیرد. مطالعه حاضر با استفاده از باکتری‌های آنتاگونیست باسیلوس و سودوموناس، جدایه غیربیماری‌زای *Fusarium oxysporum*، و نیز کاربرد جدایه *Trichoderma harzianum* مورد بررسی قرار گرفت. تعداد ۱۵ جدایه قارچ *F. oxysporum* از ریشه گیاهان گوجه‌فرنگی جدا شد، که در این میان ۵ جدایه متعلق به گونه *F. oxysporum* بودند. در آزمون کشت متقابل هیچ‌کدام از جدایه‌ها قادر به ایجاد هاله بازدارندگی در اطراف قارچ عامل بیماری نبودند و از نظر کاهش رشد میسلیومی تفاوت معنی‌دار بین آن‌ها و تیمار شاهد مشاهده نشد، بنابراین یکی از جدایه‌ها انتخاب و جهت انجام آزمایش‌های گلخانه‌ای مورد استفاده قرار گرفت. تاثیر جدایه آنتاگونیست *F. oxysporum* به دو روش تلقیح هم‌زمان با قارچ بیمارگر و تلقیح به فاصله یک هفته قبل از بیمارگر، بر روی فاکتورهای رشد گیاه و نیز بر شاخص بیماری در شرایط گلخانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از تاثیر معنی‌دار جدایه آنتاگونیست بر افزایش طول بوته و وزن خشک در مقایسه با شاهد آلوده و نیز کاهش معنی‌دار شاخص وقوع بیماری و شدت بیماری بود، ولی بین روش‌های به‌کارگیری جدایه غیربیماری‌زا اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. نتایج کاربرد *T. harzianum* در شرایط گلخانه، به‌طور معنی‌دار سبب افزایش ارتفاع و وزن خشک بوته گوجه‌فرنگی در مقایسه با شاهد سالم و شاهد آلوده گردید. درعین‌حال بین روش‌های کاربرد این قارچ آنتاگونیست (محلول‌پاشی سوسپانسیون قارچ به خاک و آغشته‌سازی نشا) اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. تلفیق قارچ‌کش رورال تی‌اس با جدایه‌های آنتاگونیست قارچی، به دو روش محلول‌پاشی خاک و آغشته‌سازی نشای سه‌برگی گوجه‌فرنگی با مخلوط سوسپانسیون اسپور قارچ و قارچ‌کش صورت گرفت، به‌دلیل اجتناب از اثر سوء غلظت بالاتر قارچ‌کش بر روی جدایه‌های آنتاگونیست، قارچ‌کش تنها با غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام به‌کار رفت. نتایج آزمایش حاکی از تاثیر کنترل‌کنندگی تیمارهای تلفیقی بر روی شدت و وقوع بیماری پژمردگی در مقایسه با شاهد آلوده بود، ولی این بازدارندگی در مقایسه با کاربرد تنهای قارچ‌کش، اختلاف معنی‌داری از نظر آماری نداشته‌است، شاید علت این مشاهده ناشی از کاربرد غلظت پایین‌تر قارچ‌کش باشد که به دلیل ذکر شده در فوق، امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. هم‌چنین تاحدودی می‌تواند به دلیل اثر بازدارندگی قارچ‌کش فوق در غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام بر روی جدایه‌های آنتاگونیست قارچی باشد.

واژه‌های کلیدی: پژمردگی فوزاریومی گوجه‌فرنگی، کنترل تلفیقی، قارچ‌کش رورال تی‌اس، *T. harzianum*

مقدمه ۱

فصل اول: بررسی منابع

۱-۱- موقعیت تاکسونومیکی قارچ *Fusarium oxysporum* ۴
۱-۱-۱- انواع فرم مخصوص قارچ *F. oxysporum* در گیاه گوجه‌فرنگی ۵
الف- *F. oxysporum* f.sp. *radicis- lycopersici* (forl) ۵
ب- *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* (fol) ۵
۱-۲- کنترل بیماری پژمردگی آوندی گوجه‌فرنگی ۵
۱-۳- تعاریف و اصول کنترل بیولوژیک ۶
۱-۳-۱- استفاده از قارچ‌های آنتاگونیست در بیوکنترل بیماری‌های قارچی ۷
۱-۴- کنترل بیولوژیک با استفاده از گونه‌های فوزاریوم غیربیماری‌زا ۷
۱-۵- کنترل بیولوژیک با استفاده از گونه‌های تریکودرما ۹
۱-۵-۱- مکانیسم‌های بیوکنترلی گونه‌های تریکودرما ۹
الف- رقابت ۹
ب- تولید آنتی‌بیوتیک ۱۰
ج- مایکوپارازیتیسم ۱۱
د- تولید آنزیم‌های تخریب‌کننده دیواره سلولی ۱۱
ه- کلونیزاسیون ریشه ۱۱
و- القای مقاومت در گیاهان ۱۲
۱-۶- کنترل بیولوژیک با استفاده از باکتری‌های افزاینده رشد گیاه (PGPR) ۱۲
۱-۶-۱- روش‌های مستقیم بهبود رشد گیاه به‌وسیله باکتری‌های (PGPR) ۱۳
الف- تولید هورمون‌ها یا تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی ۱۳
ب- تثبیت ازت ۱۳
ج- تشکیل سیدروفور ۱۳
۱-۶-۲- روش‌های غیرمستقیم بهبود رشد گیاه به‌وسیله باکتری‌های (PGPR) ۱۳
الف- رقابت ۱۴
ب- آنتی‌بیوتیک ۱۴
ج- سیدروفورها ۱۴
۱-۷- *Bacillus* spp. و نقش آن‌ها در کنترل بیولوژیکی ۱۴
۱-۷-۱- مکانیسم بازدارندگی گونه‌های باسیلوس ۱۵
الف- تولید آنتی‌بیوتیک و مواد ضدقارچی ۱۵
ب- تولید سیدروفور ۱۵

ج-تولید ترشحات مایع خارج سلولی ۱۶
د- تولید ترکیبات فرار ۱۶
۱-۸- سودوموناده‌ای فلورسنت و نقش آن‌ها در کنترل بیولوژیکی ۱۶
۱-۸-۱- مکانیسم‌های بیوکنترل سودوموناده‌ای فلورسنت ۱۷
الف- تولید آنتی‌بیوتیک ۱۷
ب- تولید سیدروفور ۱۷
ج- تولید سیانید هیدروژن (HCN) ۱۸
۱-۹- تاریخچه استفاده از قارچ‌کش ۱۹
۱-۱۰- کنترل بیولوژیکی تلفیقی ۱۹

فصل دوم: مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه و آماده سازی قارچ عامل بیماری ۲۱
۲-۲- خالص‌سازی ۲۱
۲-۲-۱- روش تک اسپور کردن ۲۱
۲-۲-۲- روش نوک‌هیف کردن ۲۱
۲-۳- نگه‌داری ۲۲
۲-۴- شناسایی عامل بیماری ۲۲
۲-۵- محیط کشت‌های مورد استفاده برای جدایه‌های قارچ ۲۲
۲-۵-۱- محیط کشت سیب‌زمینی- دکستروز- آگار (PDA) ۲۲
۲-۵-۲- محیط کشت آب- آگار (WA) ۲۳
۲-۵-۳- محیط کشت برگ میخک-آگار (CLA) ۲۳
۲-۵-۴- محیط کشت (SNA) ۲۳
۲-۶- آزمون اثبات بیماری‌زایی جدایه *F. oxysporum* عامل بیماری پژمردگی آوندی ۲۴
۲-۷- قارچ‌های آنتاگونیست ۲۵
۲-۷-۱- جدایه‌های آنتاگونیست *F. oxysporum* ۲۵
الف- نمونه‌برداری ۲۵
ب- شناسایی جدایه‌های آنتاگونیست *F. oxysporum* ۲۵
ج- آزمون بیماری‌زایی جدایه‌های آنتاگونیست *F. oxysporum* ۲۶
د- آزمون کشت متقابل جدایه‌های آنتاگونیست *F. oxysporum* و جدایه بیمارگر ۲۶
۲-۷-۲- جدایه‌های *Trichoderma* spp. ۲۶
الف- تهیه و آماده‌سازی ۲۶
ب- آزمون کشت متقابل جدایه‌های *Trichoderma* و جدایه بیمارگر ۲۶
ج- تاثیر مواد خارج سلولی در بازداری از رشد میسلیومی جدایه بیمارگر ۲۷

د- تاثیر مواد خارج سلولی فرار در بازداری از رشد میسلیومی جدایه بیمارگر ۲۷
۲-۸- بررسی تاثیر قارچ‌کش‌ها در شرایط آزمایشگاه ۲۸
۲-۸-۱- قارچ‌کش‌های مورد استفاده ۲۸
۲-۸-۲- تهیه سوسپانسیون قارچکش‌ها ۲۸
۲-۸-۳- اختلاط قارچ‌کش و محیط‌کشت ۲۸
۲-۹- باکتری‌های آنتاگونیست ۲۹
۲-۹-۱- جداسازی باکتری‌های آنتاگونیست ۲۹
۲-۹-۲- خالص‌سازی و نگه‌داری جدایه‌های باکتری ۲۹
۲-۹-۳- آزمون کشت متقابل جدایه‌های باکتری و جدایه بیمارگر ۲۹
۲-۱۰- محیط کشت‌های مورد استفاده برای جدایه‌های باکتری ۳۱
۲-۱۰-۱ - محیط کشت آگار مغذی (NA) ۳۱
۲-۱۰-۲ - محیط کشت (King's B) ۳۱
۲-۱۰-۳- محیط کشت شیر بدون چربی- آگار (SMA) ۳۱
۲-۱۰-۴- محیط پایه آیر ۳۱
۲-۱۱- شناسایی جدایه‌های باکتری‌های آنتاگونیست ۳۲
۲-۱۱-۱- آزمون‌های افتراقی جهت تشخیص جنس باکتری‌ها ۳۲
۲-۱۱-۲- آزمون‌های اختصاصی جهت شناسایی باکتری‌های جنس سودوموناس ۳۲
۲-۱۱-۳- آزمون‌های اختصاصی جهت شناسایی باکتری‌های جنس باسیلوس ۳۲
۲-۱۱-۴- متابولیت‌های مؤثر در مکانیسم‌های بازدارندگی باکتری‌ها در آزمایشگاه ۳۲
الف- تولید پروتئاز ۳۲
ب- تولید سیانید هیدروژن ۳۳
ج- تولید سیدروفور ۳۳
د- تولید سلولاز ۳۳
ه- ترکیبات فرار ضدقارچی ۳۴
۲-۱۲- تهیه مایه تلقیح جهت آزمایش‌های گلخانه‌ای ۳۴
۲-۱۲-۱- تهیه مایه تلقیح جدایه‌های قارچ ۳۴
الف- تهیه مایه تلقیح با گندم ۳۴
ب- تهیه سوسپانسیون اسپور ۳۴
۲-۱۲-۲- تهیه مایه تلقیح جدایه‌های باکتری ۳۵
۲-۱۳- بررسی‌های گلخانه‌ای ۳۵
۲-۱۳-۱- تهیه خاک و نشا ۳۵
۲-۱۳-۲- بررسی اثر بازدارندگی جدایه آنتاگونیست *F. oxysporum* بر جدایه بیمارگر ۳۵
۲-۱۳-۳- بررسی اثر بازدارندگی جدایه *T. harzianum* بر جدایه بیمارگر ۳۶
۲-۱۳-۴- بررسی تاثیر قارچ‌کش روی قارچ عامل بیماری ۳۶

الف- تاثیر قارچ‌کش در کاهش بیماری به روش ضدعفونی خاک ۳۷
ب- تاثیر قارچ‌کش در کاهش بیماری به روش ضدعفونی نشا ۳۷
۲-۱۳-۵- بررسی تأثیر جدایه‌های باکتری روی قارچ عامل بیماری ۳۷
۲-۱۳-۶- بررسی اثر تلفیق قارچ‌های آنتاگونیست و قارچ‌کش در کنترل بیماری ۳۸
۲-۱۳-۷- طرح آزمایش و آنالیز نتایج حاصل ۴۱

فصل سوم: نتایج و بحث

۳-۱- تهیه و آماده سازی قارچ بیمارگر *Fusarium oxysporum* ۴۰
۳-۱-۱- آزمون اثبات بیماری‌زایی جدایه بیمارگر ۴۰
۳-۱-۲- ویژگی‌های ماکروسکوپی جدایه بیمارگر ۴۱
۳-۱-۳- ویژگی‌های میکروسکوپی جدایه بیمارگر ۴۱
الف- میکروکنیدیوم ۴۱
ب- ماکروکنیدیوم ۴۲
ج- کلامیدوسپور ۴۲
د- فیالید ۴۲
۳-۲- تهیه، شناسایی و جداسازی قارچ‌های آنتاگونیست ۴۳
۳-۲-۱- قارچ آنتاگونیست *F. oxysporum* ۴۳
الف- آزمون بیماری‌زایی جدایه‌های آنتاگونیست *F. oxysporum* ۴۳
ب- ویژگی‌های ماکروسکوپی جدایه‌های آنتاگونیست *F. oxysporum* ۴۴
ج- ویژگی‌های میکروسکوپی جدایه‌های آنتاگونیست *F. oxysporum* ۴۴
د- کشت متقابل جدایه‌های آنتاگونیست *F. oxysporum* و جدایه بیمارگر ۴۴
۳-۲-۲- جدایه‌های *Trichoderma* spp. ۴۵
الف - آزمون کشت متقابل ۴۵
ب- تاثیر متابولیت‌های خارج سلولی جدایه‌های تریکودرما در بازداری از رشد بیمارگر ۴۸
ج - تاثیر ترکیبات خارج سلولی فرار جدایه‌های تریکودرما در بازداری از رشد بیمارگر ۴۸
۳-۳- باکتری‌های آنتاگونیست ۴۹
۳-۳-۱- آزمون کشت متقابل جدایه‌های باکتری و جدایه بیمارگر ۴۹
۳-۳-۲- شناسایی باکتری‌های آنتاگونیست ۵۲
الف- آزمون‌های افتراقی جهت تشخیص جنس باکتری‌ها ۵۲
ب- آزمون‌های اختصاصی جهت شناسایی باکتری‌های جنس سودوموناس ۵۳
ج- آزمون‌های اختصاصی جهت شناسایی باکتری‌های جنس باسیلوس ۵۴
۳-۳-۳- بررسی مکانیسم‌های بازدارندگی باکتری‌های آنتاگونیست ۵۴
الف- تولید سلولاز ۵۴

ب- تولید سیانید هیدروژن ۵۴
ج- تولید سیدروفور ۵۵
د- تولید پروتئاز ۵۵
ه- ترکیبات فرار ضدقارچی ۵۵
۳-۴- بررسی‌های گلخانه‌ای ۵۷
۳-۴-۱- اثر جدایه آنتاگونیست *F. oxysporum* بر جدایه بیمارگر ۵۷
الف- اثر جدایه آنتاگونیست *F. oxysporum* بر روی ارتفاع بوته ۵۷
ب- اثر جدایه آنتاگونیست *F. oxysporum* بر وزن خشک بوته ۵۸
ج-اثر جدایه آنتاگونیست *F. oxysporum* بر کاهش وقوع بیماری ۵۹
د- اثر جدایه آنتاگونیست *F. oxysporum* بر کاهش شدت بیماری ۶۱
۳-۴-۲- بررسی اثر بازدارندگی جدایه *T. harzianum* بر جدایه بیمارگر ۶۳
الف-اثر جدایه *T. harzianum* بر پارامترهای گیاه ۶۳
ب- اثر جدایه *T. harzianum* بر کاهش وقوع بیماری ۶۵
ج- اثر جدایه *T. harzianum* بر کاهش شدت بیماری ۶۶
۳-۴-۳- بررسی تاثیر قارچ‌کش رورال تی‌اس بر پارامترهای گیاه و کاهش شدت بیماری ۶۷
۳-۵- نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادها ۷۰

منابع ۷۳

فهرست جداول

جدول ۲-۱- شدت بیماری مقیاس (۵-۱) ۲۵
جدول ۲-۲- تیمارهای مورد استفاده در آزمایش‌های گلخانه‌ای ۳۸
جدول ۳- ۱- نتایج آزمون کشت متقابل جدایه‌های تریکودرما و عامل بیماری ۴۷
جدول ۳-۲- تاثیر متابولیت‌های خارج سلولی جدایه‌های تریکودرما در بازداری از رشد بیمارگر ۴۸
جدول ۳-۳- تاثیر ترکیبات خارج سلولی فرار جدایه‌های تریکودرما در بازداری از رشد بیمارگر ۴۹
جدول ۳-۴- اثر جدایه‌های باکتری آنتاگونیست بر رشد جدایه بیمارگر در روش کشت متقابل ۵۰
جدول ۳-۵- تفکیک جدایه‌های باکتری براساس ناحیه بازدارندگی ۵۲
جدول ۳-۶- آزمون‌های افتراقی جهت تشخیص جنس باکتری‌ها ۵۳
جدول ۳-۷- آزمون‌های اختصاصی جهت شناسایی باکتری‌های جنس سودوموناس ۵۳
جدول ۳-۸- آزمون‌های اختصاصی جهت شناسایی باکتری‌های جنس باسیلوس ۵۴
جدول ۳-۹- تاثیر ترکیبات فرار جدایه‌های باکتری بر رشد میسلیومی جدایه بیمارگر ۵۵
جدول ۳-۱۰- مقایسه تیمارهای مختلف جدایه آنتاگونیست *F. oxysporum* بر پارامترهای گیاه ۵۹
جدول ۳-۱۱- اثر جدایه آنتاگونیست *F. oxysporum* بر کاهش وقوع بیماری ۶۰
جدول ۳-۱۲- اثر جدایه آنتاگونیست *F. oxysporum* بر کاهش شدت بیماری ۶۱
جدول ۳-۱۳- مقایسه تیمارهای مختلف *T. harzianum* بر پارامترهای گیاه ۶۴
جدول ۳-۱۴- اثر قارچ *T. harzianum* بر کاهش وقوع بیماری ۶۵
جدول ۳-۱۵- اثر قارچ *T. harzianum* بر کاهش شدت بیماری ۶۶
جدول ۳-۱۶- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف قارچ‌کش بر پارامترهای گیاه ۶۹
جدول ۳-۱۷- اثر قارچ‌کش رورال تی‌اس بر کاهش شدت بیماری ۶۹

فهرست شکل‌ها

شکل ۳-۱- علایم بیماری پژمردگی آوندی در نشای گوجه‌فرنگی تلقیح شده با جدایه بیمارگر ۴۰
شکل ۳-۲- کشت جدایه بیمارگر روی محیط کشت PDA ۴۱
شکل ۳-۳- پرگنه جدایه بیمارگر روی محیط کشت PDA ۴۱
شکل ۳-۴- ویژگی‌های میکروسکوپی جدایه بیمارگر ۴۲
شکل ۳-۵- عدم ایجاد بیماری توسط جدایه‌های آنتاگونیست *F. oxysporum* ۴۳
شکل ۳-۶- تلقیح جدایه آنتاگونیست *F. oxysporum* به ساقه گیاه و عدم ایجاد بیماری ۴۳
شکل ۳-۷- ویژگی‌های میکروسکوپی جدایه‌های آنتاگونیست *F. oxysporum* ۴۴
شکل ۳-۸- کشت متقابل جدایه‌های آنتاگونیست فوزایوم و جدایه بیمارگر ۴۵
شکل ۳-۹- آزمون کشت متقابل جدایه‌های تریکودرما و جدایه بیمارگر ۴۶
شکل ۳-۱۰- آزمون کشت متقابل جدایه‌های باکتری با جدایه بیمارگر و تشکیل هاله بازدارندگی ۵۰
شکل ۳-۱۱- درصد بازدارندگی از رشد بیمارگر در روش کشت متقابل با جدایه‌های باکتری ۵۱
شکل ۳-۱۲- اثر جدایه‌های باکتری بر قطر پرگنه بیمارگر در روش کشت متقابل ۵۲
شکل ۳-۱۳- درصد بازداری از رشد جدایه بیمارگر ناشی از ترکیبات فرار جدایه‌های باکتری ۵۶
شکل ۳-۱۴- اثر ترکیبات فرار جدایه‌های باکتری بر رشد میسلیومی جدایه بیمارگر ۵۶
شکل ۳-۱۵- اثر جدایه آنتاگونیست *F. oxysporum* بر روی ارتفاع بوته ۵۷
شکل۳-۱۶- اثر جدایه آنتاگونیست *F. oxysporum* بر ارتفاع بوته در مقایسه با شاهد سالم ۵۸
شکل ۳-۱۷- اثر جدایه آنتاگونیست *F. oxysporum* بر وزن خشک بوته ۵۸
شکل ۳-۱۸- اثر جدایه آنتاگونیست *F. oxysporum* بر کاهش وقوع بیماری ۶۰
شکل ۳-۱۹- اثر جدایه آنتاگونیست *F. oxysporum* در مقایسه با شاهد سالم ۶۱
شکل ۳-۲۰- اثر جدایه *F. oxysporum* آنتاگونیست بر درصد کاهش بیماری ۶۲
شکل ۳-۲۱- اثر جدایه *T. harzianum* بر ارتفاع بوته ۶۳
شکل۳-۲۲ اثر جدایه *T. harzianum* بر وزن خشک بوته ۶۴
شکل ۳-۲۳- اثر جدایه *T. harzianum* بر کاهش وقوع بیماری ۶۵
شکل ۳-۲۴- اثر جدایه *T. harzianum* بر کاهش شدت بیماری ۶۶
شکل ۳-۲۵- اثر قارچ‌کش رورال تی‌اس بر ارتفاع بوته ٦٨
شکل ۳-۲٦- اثر قارچ‌کش رورال تی‌اس بر وزن خشک بوته ٦٨
شکل ۳-۲۷- اثر قارچ‌کش رورال تی‌اس بر کاهش شدت بیماری ۷۳

مقدمه:

گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill) گیاهی دولپه‌ای، گلدار، خودلقاح[1] و از خانواده بادمجانیان[2] است. منشا گیاه گوجه‌فرنگی احتمالا به نواحی آند، یعنی کشورهای پرو، شیلی و اکوادور برمی‌گردد. در این مناطق به‌دلیل وجود گونه‌ها و واریته‌های وحشی متعدد از گوجه‌فرنگی، این گیاه دارای اندازه، رنگ و شکل‌های بسیار متنوعی است. گوجه‌فرنگی تا قرن شانزدهم فقط در نواحی بومی کشت می‌شد تا اینکه توسط جهانگردان اسپانیایی به اروپا راه یافت، ولی تا مدت‌ها به عنوان یک گیاه زینتی مورد استفاده قرار می‌گرفت و در اواخر قرن هجدهم به عنوان یک گیاه با مصرف خوراکی شناخته شد. گوجه‌فرنگی به دلیل وجود انواع ویتامین‌ها از جمله ویتامین C، ویتامین‌های گروه B، و کاروتن (پیش‌ساز ویتامین A) و هم‌چنین املاح معدنی نظیر پتاسیم، آهن، فسفر و کلسیم که به مقادیر زیاد در آن یافت می‌شود، دارای اهمیت فراوان است (قشم و کافی، ۱۳۷۸).

گیاه گوجه‌فرنگی اگر چه بومی ایران نیست، اما در ایران اقلیم مختلفی برای کشت گوجه‌فرنگی وجود دارد و در تمام فصول سال، محصول گوجه‌فرنگی به صورت تازه به بازار عرضه می‌شود. سطح زیر کشت گوجه‌فرنگی در ایران ۱۴۰هزار هکتار و تولید آن ۵ میلیون تن است. ایران رتبه هفتم تولید گوجه‌فرنگی را داراست. فرآورده‌های حاصل از گوجه‌فرنگی و محصولات تبدیلی آن نیز یکی از مهم‌ترین تولیدات صنایع تبدیلی در جهان به شمار می‌آید. به‌طوری‌که سالانه حدود ۳۵-۳۰ میلیون تن گوجه‌فرنگی تازه در کارخانجات فرآوری می‌گردد و رب گوجه‌فرنگی محصول عمده آن‌ها می‌باشد. ۳۷ کشور در جهان امکان فرآوری گوجه‌فرنگی را دارند که ایران در سال ۲۰۰۸ مقام پنجم را پس از آمریکا، ایتالیا، چین و ترکیه دارا بود. (بدون‌نام، ۱۳۸٦)

گوجه‌فرنگی یکی از سبزیجات عمده است که در سراسر دنیا به‌طور وسیع کشت می‌شود، اما کشت آن به‌دلیل بیماری‌های فراوان قارچی، باکتریایی، ویروسی و نماتدها با محدودیت روبرو شده است. جونز[3] و همکاران (۱۹۹۱) مهم‌ترین بیماری‌های گوجه‌فرنگی را ناشی از ۲۴ عامل قارچی، ۷ عامل باکتریایی، ۱۰ عامل ویروسی، ۳ عامل ویروییدی و نماتدهای فراوان بیان کردند. در سال ۲۰۰۰ انجمن بیماری‌شناسی ژاپن ۴۱ قارچ، ۱۰ باکتری، ۱۵ ویروس، ۱۴ نماتد و ۱ فیتوپلاسما را به عنوان بیمارگرهای گوجه‌فرنگی گزارش کردند که بیشتر آن‌ها دارای گسترش جهانی هستند. (آریه و همکاران، ۲۰۰۷).

---

[1] . Self- pollinate
[2] . Solanaceae
[3] . Jones

بیماری‌های قارچی گوجه‌فرنگی عبارتند از:

شانکر آلترناریایی[۴]	*Alternaria alternata*
بلایت زودرس[۵]	*Alternaria solani*
پژمردگی فوزاریومی[۶]	*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 1, 2, 3
پژمردگی ورتیسلیومی[۷]	*Verticillium dahliae*
بلایت دیررس[۸]	*Phytophthora infestans*
خال‌زدگی باکتریایی[۹]	*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*
پژمردگی باکتریایی[۱۰]	*Ralstonia solanacearum*
	Clavibacter michiganensis subsp *michiganensis*
ویروس موزاییک گوجه‌فرنگی	*Tomato mosaic virus* (ToMV)
ویروس پژمردگی نقطه ای گوجه فرنگی	*Tomato spotted wilt virus*
ویروس پیچیدگی برگ زرد گوجه‌فرنگی[۱۱]	*Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV)
نماتدهای مولد گره در ریشه[۱۲]	*Meloidogyne incognita* و *Meloidogyne javanica*

در سیستم جدید مدیریت تلفیقی بیماری‌ها سعی بر این است تا بدون حذف صددرصد عامل بیماری، اینوکولوم عامل بیماری را تا یک سطح خسارت قابل قبول اقتصادی، (سطح خسارت قابل تحمل) کاهش داد. روش کنترل بیولوژیکی به ندرت سبب حذف کامل عامل بیماری شده بلکه از جمعیت این عوامل کاسته و یا قدرت بیماری‌زایی آنها را کاهش می‌دهد؛ بنابراین می‌تواند به طور موفقیت آمیزی درکشاورزی مدرن به کار گرفته شود (آهون‌منش، ۱۳۷۹؛ پاپاویزاس و لامسدن، ۱۹۸۰)[۱۳]. تاکنون میکرو ارگانیسم‌های زیادی با پتانسیل بیوکنترل معرفی شده‌اند که نقش آن‌ها در بیوکنترل بیماری‌های قارچی و باکتریایی ریشه گیاهان زراعی به اثبات رسیده است. از جمله آن‌ها می‌توان به باکتری‌های آنتاگونیست

[4] . Alternaria stem canker
[5] . Early blight
[6] . Fusarium wilt
[7] . Verticillium wilt
[8] . Late blight
[9] . Bacterial speck
[10] . Bacterial wilt
[11] . Yellow leaf curl
[12] . Root knot Nematodes
[13] . Papavizas and Lumsden

مانند *Bacillus* spp.، *Rhizobium* spp.، Fluorescent pseudomonads و قارچ‌های *Trichoderma*، *Gliocladiom* و جدایه‌های غیربیماری‌زای *Fusarium* spp. اشاره کرد که علاوه بر رشد سریع و دوام زیاد، با منطقه رایزوسفر ریشه سازگاری کامل دارند. این آنتاگونیست‌ها عموماً دارای چندین مکانیسم بیوکنترل هستند که شامل تولید آنتی بیوتیک‌ها، تولید سیدروفور، تحریک رشد گیاه و القای مقاومت سیستمیک در گیاه است. همچنین استفاده از نژادهای غیر بیماری‌زای یک پاتوژن برای کنترل آن پاتوژن، بسیار مورد توجه است. چون این عوامل دارای نیازهای یکسان با پاتوژن هستند و از نظر احتیاجات غذایی و مکانی و تحمل شرایط فیزیکوشیمیایی خاک، تا حد امکان با پاتوژن همسان هستند (بهبودی و همکاران، ۱۳۸۵). در این تحقیق، هدف جداسازی و شناسایی عوامل آنتاگونیست ناحیه رایزوسفر گوجه‌فرنگی از جمله باکتری‌ها و قارچ‌های آنتاگونیست و بررسی مکانیسم‌های بازدارندگی آن‌ها بر روی قارچ عامل بیماری است. هم‌چنین اثر چند قارچ‌کش به‌تنهایی و نیز در تلفیق با قارچ‌های آنتاگونیست مورد بررسی قرار می‌گیرد.

فصل اول: بررسی منابع

۱-۱- موقعیت تاکسونومیکی قارچ *Fusarium oxysporum*

قارچ فوزاریوم ابتدا توسط لینک[1] در سال ۱۸۰۹ نام‌گذاری شد. بوث[2](۱۹۷۱) براساس اسپورهای دوکی شکل[3] گونه *Fusarium roseum* این شبه‌جنس را نام‌گذاری کرد. جنس فوزاریوم در شاخه قارچ‌های ناقص، راسته *Moniliales* و خانواده *Tuberculariaceae* قرار دارد. فرم جنسی آن در برخی گونه‌ها ناشناخته است و در بعضی گونه‌های شناخته شده پریتسیوم تولید می‌کنند که در راسته *Hypocreales* از رده *Sordariomycetes* در شاخه آسکومیست‌ها قرار دارند و اکثرا مربوط به جنس *Necteria* و *Gibberella* هستند. سیستم‌های طبقه‌بندی متعددی برای جنس فوزاریوم ارایه شده ولی در همه این سیستم‌ها، تشخیص جدایه‌ها بر اساس ویژگی‌های ظاهری از جمله شکل ماکروکنیدیوم، وجود یا عدم وجود میکروکنیدیوم و شکل آن، نوع فیالید (مونوفیالید یا پلی‌فیالید)، دارا بودن یا فقدان زنجیر میکروکنیدیوم و سرهای دروغین[4]، رنگ پرگنه قارچ (به‌ویژه سطح زیرین پرگنه)، نحوه رشد پرگنه و وجود یا عدم وجود کلامیدوسپورها صورت می‌گیرد. در سیستم طبقه‌بندی نلسون و همکاران (۱۹۸۳)، فوزاریوم‌ها به ۳۰ گونه تقسیم شده و در ۱۲ بخش[5] قرار می‌گیرند.

گونه *Fusarium oxysporum* متعلق به بخش ELEGANS است. از ویژگی‌های اعضای این بخش، وجود سلول‌های مونوفیالید کوتاه و تشکیل سرهای دروغین در انتهای آن‌ها، میکروکنیدیوم‌های فراوان، ماکروکنیدیوم و کلامیدوسپور را می‌توان نام برد. رنگ سطح زیرین پرگنه در اغلب جدایه‌ها بنفش است. ماکروکنیدیوم‌ها غالباً ۳ جداره‌ای، در دو انتها باریک و سلول انتهایی آن‌ها کمی نوک تیز است. میکروکنیدیوم‌ها به شکل‌های مختلف، غالباً بیضوی و تخم‌مرغی شکل و بیشتر تک سلولی‌اند (چهری، ۱۳۸۴). *F. oxysporum* یک قارچ خاک‌زاد است که در تمام انواع خاک‌ها دارای گسترش جهانی است. تمام استرین‌ها قادر به بقا در خاک و رشد در رایزوسفر بسیاری از گونه‌های گیاهی هستند. بسیاری از استرین‌های این قارچ، بیماری‌زا بوده و در گیاهان مختلف با حمله به سیستم آوندی سبب ایجاد بیماری پژمردگی و کاهش میزان محصول می‌شوند (فراول[6] و همکاران، ۲۰۰۳). بیش از ۱۵۰ فرم مخصوص قارچ *Fusarium oxysporum* توصیف شده است که هر فرم مخصوص، بر روی میزبان یا رقم خاصی

---

1. Link
2. Booth
3. Fusiform
4. False Head
5. Sectoin
6. Fravel

خاصی از گیاه قادر به ایجاد بیماری است (باین و همکاران[1]، ۲۰۰۰)

۱-۱-۱- انواع فرم مخصوص قارچ *F. oxysporum* در گیاه گوجه‌فرنگی

الف- *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis- lycopersici* Jarvis & Shoemaker (forl)

این فرم مخصوص عامل بیماری پوسیدگی ریشه و طوقه (FCRR)[2] در گوجه‌فرنگی است و برای اولین‌بار توسط جارویس[3] و همکاران (۱۹۷۵) از کشت گلخانه‌ای گوجه‌فرنگی گزارش شد. سپس از مزارع گوجه‌فرنگی در مناطق مختلف دنیا از جمله آمریکا و ژاپن توسط سونودا[4] (۱۹۷۶) و روه[5] (۱۹۸۰) گزارش گردید. علامت عمده این بیماری پوسیدگی ریشه و ایجاد زخم‌های قهوه‌ای رنگ در ناحیه طوقه و درنهایت مرگ گیاه است (روبرتز[6] و همکاران، ۲۰۰۱؛ اوزبای[7] و همکاران، ۲۰۰۴).

ب- *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder & Hansen (fol)

این فرم مخصوص عامل بیماری پژمردگی آوندی[8] گوجه‌فرنگی است و اولین بار توسط ماسی[9] در سال ۱۸۹۵ گزارش شده است این بیماری یکی از متداول‌ترین و مخرب‌ترین بیماری‌های گوجه‌فرنگی است و در تمام مناطق کشت گوجه‌فرنگی چه در گلخانه و چه در مزرعه سبب بروز خسارات اقتصادی در این محصول می‌شود. اولین نشانه بیماری بی‌رنگ شدن رگبرگ در برگ‌های جوان است و در برگ‌های مسن دمبرگ‌ها به پایین خم می‌شوند. اگر گیاهان در مرحله گیاهچه‌ای آلوده شوند، در ناحیه طوقه پوسیده شده و می‌میرند. در بعضی از بوته‌ها در یک قسمت از ساقه، برگ‌ها زرد و خشکیده شده‌اند ولی در قسمت دیگر شاخه‌ها سبزند و به رشد خود ادامه می‌دهند. بسیاری از برگ‌ها می‌ریزند، حاشیه برگ‌های باقی‌مانده نکروز و قهوه‌ای رنگ می‌شود، گیاه به‌تدریج پژمرده شده و می‌میرد. در مقطع عرضی ساقه در ناحیه آوندی لکه‌های قهوه‌ای رنگ دیده می‌شود (اگریوس ، ۲۰۰۵).

۱-۲- کنترل بیماری پژمردگی آوندی گوجه‌فرنگی

اکثر گونه‌های وحشی گوجه‌فرنگی، تاحدودی نسبت به بیماری‌های گیاهی مقاومند، به‌عنوان مثال گونه *Lycopersicon peruvianum* و *L. chilense* که از شیلی جمع‌آوری شده‌اند، در مقابل بیماری‌های پژمردگی آوندی، سفیدک پودری و شانکر آلترناریایی ساقه گوجه‌فرنگی مقاوم هستند

[1]. Baayen
[2]. Fusarium Crown and Root Rot
[3]. Jarvis
[4]. Sonoda
[5]. Rowe
[6]. Roberts
[7]. Ozbay
[8]. Fusarium Wilt
[9]. Massee

(اکابه[1] و همکاران، ۲۰۰۵). ارقام تجاری دارای ژن مقاومت نسبت به پژمردگی، از طریق تلاقی ارقام وحشی گوجه‌فرنگی با گوجه‌فرنگی معمولی(گونه *L. esculentum*) به‌دست می‌آیند و به‌عنوان بهترین روش برای کنترل بیماری محسوب می‌شوند (آریه[2] و همکاران، ۲۰۰۷).

اگرچه درحال حاضر ارقام مقاوم نسبت به نژادهای ۱ و ۲ این بیمارگر وجود دارد، اما وقوع نژادهای جدیدی از پاتوژن در کشورهای مختلف گزارش شده‌است. بنابراین روش‌های کنترل جایگزین ضروری به‌نظر می‌رسد.

۱-۳- تعاریف و اصول کنترل بیولوژیک

کنترل بیولوژیک عبارت است از کاهش اینوکولوم یا فعالیت بیماری‌زایی یک بیمارگر از طریق یک یا چند موجود زنده، به همراه گیاه میزبان و بدون دخالت انسان. واژه آنتاگونیسم در میکروب شناسی اولین بار توسط روبرتس[3] در سال ۱۸۷۴ با نشان دادن فعالیت‌های آنتاگونیستی میکروارگانیسم‌ها در محیط کشت مایع و بین قارچ *Penicillium glaucum* و باکتری‌ها، به دنیای علم معرفی گردید. اولین کاربرد مستقیم آنتاگونیست‌ها جهت کنترل بیمارگرهای گیاهی در سال ۱۹۲۱ توسط هارتلی[4] انجام گرفت. وی در آزمایشی از ۱۳ قارچ بیوکنترلی به صورت تلقیح خاک، جهت کنترل بیماری سبزخشک (*P. debaryanum*) بوته‌های کاج استفاده کرد. بعد از دهه ۱۹۶۰ به علت نگرانی‌های زیست محیطی، ظهور مقاومت بعضی بیمارگرها به برخی آفت‌کش‌ها، فقدان مقاومت کافی و قابل اعتماد نسبت به تعداد زیادی از بیمارگرها و تمایل به کشاورزی گسترده با تناوب زراعی کمتر، تحقیقات مربوط به کنترل بیولوژیکی افزایش چشمگیری داشته است (کوک و بیکر[5]، ۱۹۸۳ d). امروزه جهت کنترل بیولوژیکی، موارد مختلفی مد نظر است که ۵ مورد عمده آن عبارتند از: ۱- کاستن غلظت اینوکولوم عامل بیماری قبل ازکاشت میزبان. ۲- جایگزین کردن ساپروفیت‌ها به‌جای پاتوژن‌های مستقر در بقایای گیاهی قبل از کاشت میزبان. ۳- ممانعت از تکثیر، رشد یا دخالت در بیماری‌زایی عامل بیماری از طریق مکانیسم‌هایی چون رقابت، آنتی بیوزیس[6]، پارازیتیسم یا شکار و غیره قبل یا بعد از کاشت میزبان. ۴- حفظ منطقه ای که احتمال آلودگی آن می‌رود (میدان آلودگی[7]) از طریق اشغال آن مناطق با غیرپاتوژن‌ها و یا

[1]. Okabe
[2]. Arie
[3]. Roberts
[4]. Hartley
[5]. Cook and Baker
[6]. antibiosis
[7]. infection court

پاتوژن‌های ضعیف بعد از کاشت میزبان. ۵- تحریک ایجاد مقاومت در میزبان از طریق آلوده کردن آن با سویه یا نژاد غیر بیماری‌زا یا ضعیف پاتوژن. این مورد بیشتر در کنترل ویروس‌ها و بیمارگرهای آوندی که بیشتر چرخه زندگی خود را درون میزبان می‌گذرانند، صادق است (حسن زاده، ۱۳۷۱).

۱-۳-۱- استفاده از قارچ‌های آنتاگونیست در بیوکنترل بیماری‌های قارچی

بیکر در سال ۱۹۸۷ تاریخچه‌ای از کنترل بیولوژیکی بیمارگرهای گیاهی را تشریح کرد. او اولین استفاده از واژه کنترل بیولوژیکی را به وانتوبوف[1] در سال ۱۹۱۴، اولین گزارش از خاک‌های بازدارنده را به آتکینسون[2] در سال ۱۸۲۹، اولین سابقه استفاده از آنتی‌بیوتیک‌های تولید شده توسط آنتاگونیست‌ها در کنترل بیماری‌های گیاهی را، به ویدلینگ[3] در سال ۱۹۳۲ و اولین مورد استفاده از مواد آلی برای کنترل بیمارگرهای گیاهی (جهت فراهم کردن شرایط مناسب برای افزایش جمعیت ساپروفیت‌ها) را به سانفورد[4] در سال ۱۹۲۶ نسبت می‌دهد. در بین قارچ‌های موثر در کنترل بیولوژیکی بیماری‌های قارچی، گونه‌های تریکودرما گستردگی و کارایی بیشتری داشته‌اند که علت آن را باید در رشد سریع و دامنه میزبانی گسترده آن‌ها دانست (ویپس و لامسدن[5]، ۲۰۰۱). هم‌چنین تحقیقات در مورد بیوکنترل بیمارگرهای قارچی توسط گونه‌های غیربیماری‌زای پی‌تیوم مخصوصا *P. oligandrum*، گونه‌های غیر بیماری‌زای فوزاریوم، جدایه‌های دو هسته‌ای و غیربیماری‌زای رایزوکتونیا و قارچ‌های مایکوریزایی مانند *Glomus intraradices* سیر صعودی داشته است (ویپس، ۲۰۰۱).

۱-۴- کنترل بیولوژیک با استفاده از گونه‌های فوزاریوم غیربیماری‌زا[6]

سه فرضیه برای توضیح مکانیسم‌های بازدارندگی فوزاریوم غیربیماری‌زا وجود دارد که منجر به کاهش وقوع بیماری ناشی از فوزاریوم بیمارگر می‌شود:

۱. رقابت غذایی: لارکین و فراول[7] (۱۹۹۹)، هم‌چنین کوگودا و گاریبالدی[8] (۱۹۸۷) با مقایسه کلونیزاسیون ریشه، جوانه‌زنی کلامیدوسپور و جمعیت فعال فوزاریوم در خاک بازدارنده و غیربازدارنده

[1]. Vanthubuf
[2]. Atkinson
[3]. Widlling
[4]. Sanford
[5]. Whipps and Lumsden
[6]. Nonpathogenic *Fusarium* spp.
[7]. Larkin and Fravel
[8].Cuguda and Garibaldi

نتیجه گرفتند که ویژگی بازدارندگی، ناشی از رقابت غذایی بین فوزاریوم ساپروفیت و فوراریوم بیمارگر است.

۲. افزایش مقاومت سیستمیک: حضور استرین‌های غیربیماری‌زای C5 و C14 فوزاریوم در میزبان، سبب افزایش مقاومت سیستمیک نسبت به *F. oxysporum* f.sp. *cucumerinum* و *Colletotrichom lagenarium* می‌شود. جدایه‌های C14 توانایی نفوذ به بافت سالم ریشه، کلونیزه کردن میزبان و القای واکنش‌های دفاعی در میزبان را داراست و توانایی بیوکنترلی آن از این جهت است. هم‌چنین کاهش قابل توجه در جوانه‌زنی کلامیدوسپورهای این قارچ بیمارگر در رایزوسفر خیار که با جدایه‌های C5 و C14 تلقیح شده بود، وجود داشت. (مندیل و بیکر[1]، ۱۹۹۱؛ گسلر و کوک[2] ۱۹۸۲؛ بنهامو و گاراند[3] ۲۰۰۱).

۳. رقابت بر سر سایت‌های آلودگی[4]: اشنایدر[5] در سال ۱۹۸۴ پیشنهاد کرد کاهش وقوع پژمردگی فوزاریومی در کرفس که توسط فوزاریوم‌های غیربیماری‌زا القا می‌شود، مستقیما در ارتباط با رقابت بر سر سایت‌های آلودگی در سطح ریشه است.

یگیت و دیکیلیتاس[6] (۲۰۰۷) مخلوطی از ایزوله غیربیماری‌زای قارچ فوزاریوم، یک ایزوله از باکتری سودوموناس و ایزوله *T. harzianum* T-22 را در کنترل بیماری پژمردگی فوزاریومی گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه بررسی کردند.

استفاده از گونه‌های فوزاریوم ساپروفیت در کاهش بیماری پژمردگی فوزاریومی، در محصولات مختلفی از جمله در ریحان (*Ocimum basilicum* L.)، هندوانه (*Citrullus lanatus* Nakai)، نخود (*Cicer arietinum* L.)، بادمجان (*Solanum melongena* L.)، خیار (*Cucumis sativus* L.) و گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon escolentum* Mill)، هم‌چنین در گل‌های زینتی مانند سیکلامن (*Cyclamen persicum* Mill) و ژربرا (*Gerbera jamesonii* Hook) گزارش شده‌است. (پوستما و راتینک[7]، ۱۹۹۲؛ یاماگوشی[8] و همکاران، ۱۹۹۲؛ هرواس[9] و همکاران، ۱۹۹۵؛ مینوتو[10] و همکاران؛ ۱۹۹۵؛ لارکین و فراول، ۱۹۹۹؛ مندیل و بیکر، ۱۹۹۱ و هی[11] و همکاران، ۲۰۰۲).

---

1. Mandeel and Baker
2. Gessler and Kuc
3. Benhamou and Garand
4. Infection Sites
5. Schneider
6. Yigit and Dikilitas
7. Postma and Rattink
8. Yamagushi
9. Hervas
10. Minuto
11. He

۱-۵- کنترل بیولوژیک با استفاده از گونه‌های تریکودرما

گونه‌های تریکودرما از جمله هیفومیست‌های[1] خاکزی هستند که پراکنش جغرافیایی وسیعی داشته و از سراسر دنیا گزارش شده‌اند. گونه‌های این جنس اغلب قارچ‌های خاک‌زی و پوساننده چوب و از اجزای مهم میکروفلور خاک به شمار می‌آیند. فرم جنسی جدایه‌های مختلف این جنس، در راسته *Hypocreales* قرار می‌گیرد (کلین و اولیف[2]، ۱۹۹۸؛ موتومیناکشی[3]، ۱۹۹۶). این قارچ انواع مواد با خاصیت آنتی‌بیوتیکی تولید می‌کند. هم‌چنین با میکروارگانیسم‌های دیگر برای تصاحب غذا و مکان و مصرف ترشحات ریشه (که محرک جوانه‌زنی پروپاگول قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی در خاک است)، رقابت می‌کنند (هاول ،۲۰۰۳). تحقیقات متعددی وجود دارد که القای مقاومت موضعی و سیستمیک در گیاه توسط گونه‌های تریکودرما را تایید می‌کند. بنابراین اکثر گونه‌های تریکودرما، آنتاگونیست قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی هستند و به دلیل موفقیت آن‌ها در این زمینه، امروزه به‌طور وسیع و به‌عنوان مهم‌ترین عامل قارچی در کنترل بیولوژیک مورد توجه قرار گرفته‌اند (هارمن[4] و همکاران، ۲۰۰۴).

۱-۵-۱- مکانیسم‌های بیوکنترلی گونه‌های تریکودرما

الف- رقابت

رقابت برای غذا: کمبود مواد غذایی عمومی‌ترین عامل مرگ میکروارگانیسم‌هاست، بنابراین رقابت برای محدود کردن مواد غذایی مورد نیاز بیمارگرهای گیاهی، یکی از مکانیسم‌های کنترل بیولوژیکی است. به عنوان مثال، اکثر قارچ‌های بیمارگر به میزان زیادی آهن برای زنده ماندن نیاز دارند. برخی جدایه‌های تریکودرما که در کنترل بیولوژیکی کاربرد زیادی دارند، به میزان زیادی سیدروفور تولید می‌کنند که برای کلاته کردن آهن و در پی آن توقف رشد قارچ بیمارگر ضروری است (چت و اینبار[5]، ۱۹۹۴). هم‌چنین جدایه‌های تریکودرما زمانی‌که در خاک تلقیح می‌شوند، ترکیبات ضدقارچی[6] تولید می‌کنند که آن‌ها را در شرایط رقابتی شدید با سایر میکروارگانیسم‌ها، قادر به ادامه بقا می‌سازد. جدایه‌های تریکودرما به‌طور طبیعی نسبت به بسیاری از ترکیبات سمی مانند علف‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و ترکیبات فنلی، مقاوم هستند و تحت غلظت‌های کمتر از میزان کشندگی بعضی از این ترکیبات ، جمعیت

---

1. Hyphomycetes
2. Klein
3. Muthumeenakshi
4. Harman
5. Inbar
6. fungistasis