



ترویج گیاهپزشکی

۱۴۰۱ سال چهاردهم

<http://www.ppxt.ir>

---

## مروری بر پتانسیل متابولیت‌های ثانویه گونه‌های تریکودرما علیه عوامل بیمارگر گیاهی

فاطمه سلطانی نژاد<sup>۱</sup> و کامران رهنما<sup>۲</sup>

گروه گیاهپزشکی،<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری بیماری شناسی گیاهی و استاد<sup>۲</sup>

دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مسئول مکاتبه : [soltani\\_f79@yahoo.com](mailto:soltani_f79@yahoo.com)

---

### چکیده

در سال‌های اخیر افزایش مقاومت قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی به قارچ‌کش‌ها و سایر سموم شیمیایی و به تبع آن آلودگی‌های زیست محیطی، دانشمندان را بر آن داشت که به بررسی استراتژی‌های مدیریت غیرشیمیایی و سازگار با محیط زیست بپردازند. گونه‌های قارچ تریکودرما به‌عنوان قارچ‌کش‌های زیستی با توانایی تولید انواع متابولیت ثانویه در دو گروه فرار و غیرفرار، بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. با بررسی روی گونه‌های تریکودرما مشخص شده است که از یک گونه تریکودرما بیش از ۱۰۰ ماده با ساختار شیمیایی مختلف شناسایی شده است. برخی از این گونه‌ها بطور مشترک و با خاصیت مایکوپارازیتسم می‌توانند هم روی ریشه‌ها و هاگ‌های عامل بیماری‌زا و برخی آفات موثر واقع شوند. هدف از این تحقیق معرفی جدیدترین متابولیت‌های ثانویه با خاصیت ضدقارچی بر علیه این عوامل بیمارگر توسط برخی گونه‌های معرفی شده تریکودرما در ایران و جهان است. اطلاعات دقیق در این مورد، درک استفاده کارآمد از آن‌ها و کشف ترکیبات بیولوژیکی جدید را برای مدیریت قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی با فراورده‌های پاک بیشتر فراهم می‌آورد.

واژگان کلیدی: تریکودرما، متابولیت‌های ثانویه، بیمارگرهای گیاهی





## مقدمه

براساس بررسی در سلسله قارچ‌ها بیش از سه میلیون گونه تاکنون برآورد شده است که در طبیعت جهان تنوع وجود دارد. در میان این سلسله حدود ۸۰۰۰ عامل بیماری‌زای گیاهی و جانوری شناخته شده است که دارای خسارت در عرصه‌های کشاورزی و باغبانی هستند. امروزه امنیت غذایی در کشورهای مختلف بر پایه توسعه گیاهان زراعی استراتژیک مانند: برنج گندم، سیب زمینی، سویا و ذرت مسئله مهمی از نظر تولید و اقتصاد به شمار می‌آید. در بین این ۵ محصول مهم برای تغذیه انسان و دام بیشترین تعداد بیماری‌های گیاهی (حداقل ۲۰ بیماری کلیدی و اقتصادی) موجود است که هنوز برخی در سطح همه‌گیری شیوع زیادی هرساله در مزارع مختلف دارند (۱۸). لیکن مهار آفات و بیماری‌ها و حفاظت گیاهان در مزرعه در دوره کاشت، داشت و برداشت از نکات مهم دیگری است که همواره عدم رعایت مدیریت صحیح منجر به افت اقتصادی شدید محصول می‌گردد (۱۸ و ۱۹). در سال‌های اخیر در یکی از موارد مهم در جهت حفاظت مزرعه با کاربرد سموم شیمیایی برای تولید و نگهداری محصول اقتصادی، توصیه‌ها ناموفق بوده است، زیرا ظهور ژن‌های مقاوم در برابر عوامل بیمارگر در اثر توصیه گسترده و رایج نوعی از قارچ‌کش‌های سیستمیک و تظاهر آن‌ها به تدریج در مزارع می‌باشد (۱۸).

گونه‌های تریکودرما از شناخته‌شده‌ترین عوامل بیوکنترل قارچی هستند که به طور موفقیت‌آمیزی به‌عنوان قارچ‌کش و کودهای بیولوژیکی در گلخانه و مزرعه کاربرد زیادی دارند. این گونه‌ها در برهمکنش آنتاگونیستی با بیمارگرهای قارچی، سازوکارهای مختلفی از جمله آنتی بیوز (ترکیبات با فعالیت آنتی‌بیوتیکی)، میکوپارازیتیسیم، رقابت برای مواد مغذی، فعالیت آنزیم‌ها و القای مقاومت سیستمیک به عامل بیمارگر در گیاهان را ابراز می‌نمایند (۵، ۹ و ۲۴). در بین ابزارهای مدیریت بیماری‌های گیاهی، مهار زیستی عوامل بیمارگر توسط محققان بسیاری معرفی شده است (۱، ۲، ۳، ۵، ۷، ۱۰، ۱۷ و ۱۸). زیرا گونه‌های مختلف تریکودرما به دلیل دارا بودن توان ترشح ترکیبات آنتی‌بیوتیکی نظیر هارزینیک‌اسید، تریکودرمین، تریکوتوکسین، گلیوتوکسین و ویریدین قابلیت‌های بسیاری دارند و از سوی دیگر آنزیم‌های مختلف خارج سلولی در خاک نظیر سلولاز، کیتیناز، لامیناریناز و بتا-۱ و ۳ گلوکاناز از پتانسیل گونه‌های مختلف در مهار بیماری و در صنایع تجاری می‌باشد (۳ و ۵). توان بالای کلونیزاسیون در محیط اطراف ریشه، اسپورزایی فراوان در محیط خاک، قدرت همزیستی بالا در سطح ریشه، تحمل بالا نسبت به عناصر سنگین خاک، شوری و سایر ترکیبات موجود در محیط خاک و ریشه فرصت بیشتری را جهت سازگاری آن‌ها با شرایط طبیعی به منظور تکثیر نمودن فراهم نموده است. علاوه بر این رقابت تغذیه‌ای بالا نسبت به عوامل بیماری‌زا و به خصوص غیرقابل جذب کردن آهن از طریق تولید سیدروفور و از همه مهم‌تر توان ایجاد القاء مقاومت و تحریک گیاه به تولید ترکیبات فیتوآلکسین جایگاه ویژه‌ای دارد (۳ و ۷). بسیاری از گونه‌های مهم تریکودرما مانند *Trichoderma virens*، *T. koningii*، *T. atroviride*، *T. asperellum*، *T. hamatum*، *T. harzianum* و *T. viride* به‌طور سودمندی به‌عنوان عوامل قدرتمند بیوکنترلی در سراسر جهان مطالعه و بکار گرفته شده‌اند (۱۰). این گونه‌های قارچی قابلیت کنترل بیولوژیکی فوق‌العاده‌ای در برابر میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا از طریق غیرمستقیم (تلاش برای جذب مواد مغذی، پایداری در شرایط محیطی خشک، تحریک رشد و پاسخ‌های دفاعی در گیاه) یا مستقیم (از طریق پدیده میکوپارازیتیسیم) ایفا می‌کنند (۱، ۷ و ۱۸) و جزء بزرگترین تولیدکنندگان متابولیت‌های ثانویه با فعالیت ضدقارچی در مقابل بسیاری از قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی مانند بادزدگی خوشه گندم *Fusarium graminearum* پوسیدگی پیاز و سوخ در گیاهان زینتی توسط *Botrytis cinerea* و قارچ خاک‌زاد روی گیاهان زراعی و باغی نظیر کلزا، گل کلم و سویا با قارچ





*Sclerotinia sclerotiorum* می‌باشند (۱، ۲، ۳، ۷ و ۸). متابولیت‌های ثانویه موجودات دیکاریوت در فرآیندهای مختلف بیولوژیکی مانند ارتباط بین میکروارگانیسم‌ها با محیط زندگی نقش دارند (۱۶ و ۱۸). بسیاری از ترکیبات مهم شیمی درمانی ضدسرطان، ضدقارچی و ضدباکتریایی، متابولیت‌های میکروبی و یا مشتق‌های نیمه مصنوعی آن‌ها می‌باشند (۵). این قبیل متابولیت‌ها با فعالیت آنتی‌بیوتیکی توسط تریکودرما به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند. متابولیت‌های فرار با وزن مولکولی پایین که در تعاملات پیچیده گیاه و عامل بیماری‌زا شرکت دارند و به چندین گروه شیمیایی نظیر مونو و سسکوئی‌ترین‌ها، الکل‌ها، آلکان‌ها، آلدئیدها، ترکیبات آروماتیک، فوران‌ها، کتون‌ها، لاکتون‌ها، استرها و تعدادی از پلی‌کتیدها نظیر پیرون-ها و بوتنولیدها، ترپن‌های فرار و متابولیت‌های ایزوسیانیدی تعلق دارند (۵). اکثر این ترکیبات نسبتاً غیر قطبی هستند و فشار بخار بالایی دارند، بنابراین می‌توانند به آسانی در محیط خاک حرکت و بر روند فیزیولوژی عامل بیمارگر اثر بگذارند. دسته دیگر، متابولیت‌ها با وزن مولکولی بالا (نظیر پتایبول‌ها) می‌باشند. برخی از این ترکیبات قطبی بوسیله‌ی تماس مستقیم بین ریشه‌های گونه‌های تریکودرما و بیمارگرها در اکوسیستم تراوش شده و برخی دیگر قبل از تماس مستقیم بصورت بخارزا عمل می‌کنند (۲۸، ۳۰ و ۳۳). برخی از این متابولیت‌های تولید شده به‌وسیله تریکودرما در دزهای بالا اثر ضد میکروبی دارند اما در غلظت‌های پایین به‌صورت ترکیبات شبه اکسینی عمل می‌کنند (۳۱). بنابراین قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی که باعث زیان اقتصادی و تولیدی قابل توجهی می‌شوند، یک تهدید جدی برای امنیت غذایی جهان به‌شمار می‌روند. از سویی دیگر با توجه به افزایش مقاومت قارچی و اثرات خطرناک قارچ‌کش‌های شیمیایی برای سلامت انسان و محیط زیست، دانشمندان به دنبال بررسی استراتژی‌های مدیریت غیرشیمیایی و سازگار با محیط زیست هستند. استفاده از عوامل کنترل زیستی و متابولیت‌های ثانویه آن‌ها، یکی از رویکردهای بالقوه مورد استفاده به‌شمار می‌رود. قارچ تریکودرما از جمله عوامل مهار زیستی شناخته شده‌ای می‌باشد که در سطح جهانی و در این تحقیق مورد مطالعه قرار گرفته است.

#### انواع متابولیت‌های گونه‌های تریکودرما

انواع متابولیت‌های ثانویه با خاصیت ضدقارچی در ۱۱ گروه از نظر شیمیایی جای داده شدند که شامل اپی‌پلی‌تیودی‌اکسی-پپرازین، پتایبول، پایرون، بوتنولید، پیریدون، آزافیلون، کونینجینین، استروئید، آنتراکونینون، لاکتون و تریکوتسن می‌باشد (۱۳، ۱۴، ۲۸، ۳۱ و ۳۳).

۱- اپی‌پلی‌تیودی‌اکسی‌پپرازین‌ها (ETPs): دارای پتانسیل واکنش پذیری بالا و یک حلقه دی‌کتوپی‌پرازین (DKPs) که از یک پپتید منشا می‌گیرد و محصول تخریب پروتئین هستند، می‌باشند. اولین دی‌کتوپیپرازین، گلیوتوکسین می‌باشد که از *T. lignorum* جداسازی شد و در سال ۱۹۷۵ آن را از *T. hamatum* نیز گزارش نمودند و سپس آن را از *T. virens* علیه عوامل بیمارگر مانند *P. aphanidermatum*، *Pythium deharanum*، *M. phaseolina*، *Rhizoctonia bataticola* و *Sclerotinia rolfsii* جداسازی نمودند. گلیوویرین یکی دیگر از اعضای این گروه می‌باشد که عمدتاً توسط سویه‌ای از *T. virens* تولید می‌شود.

۲- پتایبول‌ها: پتایبول‌ها پپتیدهای خطی کوچک ۵ تا ۲۰ اسیدآمینوای با ساختار پیچش آلفا و حضور اسید آمینوهای غیر پروتئینی آلفا آمینوایزوبوتریتیک اسید، انتهای آمینی استیله شده و وجود آمینوالکل‌ها در انتهای کربوکسیل، با خاصیت آنتی‌بیوتیکی و به‌عنوان ترکیبات سمی برای بسیاری از قارچ‌ها شناخته می‌شوند. اولین پتایبول، آلامتیسین F30 بود که از قارچ *T. viride* گزارش شد (۲۵). سه پتایبول دیگر (تریکوکونین VI، VII و VIII) از گونه *T. koningii* بدست آمدند که خاصیت ضدقارچی علیه بسیاری عوامل بیمارگر مثل *Botrytis*، *Verticillium dahlia*، *Fusarium oxysporum*، *R. solani* و





*cinerea* نشان دادند. تریکوهارزینین A1 و B1 جدا شده از *T. harzianum* هم قادر به جلوگیری از جوانه‌زنی اسپور و هم رشد میسلیموم بسیاری از عوامل بیمارگر قارچی بوده است. این ترکیبات واکنش‌های دفاعی گیاه را از طریق مسیر سیگنال-دهی سالیسیلات تحریک می‌کنند و منجر به مقاومت اکتسابی سیستمی می‌شوند. اما مشخص نیست که آیا این ترکیبات روی توقف فرایند هاگ‌های جنسی و غیرجنسی عوامل بیمارگر هم تاثیرگذار هستند، لذا نیاز به آزمایش‌های بیشتری در این زمینه می‌باشد.

۳- **پایرون‌ها:** پایرون ۶-پنتیل-H۲-پیرون ۲-اون (PP) 6 که عامل تشکیل ترکیبات آروماتیک یا معطر مانند عطر نارگیل می‌باشد و به‌عنوان عامل ضدقارچ و محرک رشد گیاه گزارش شده است، لیکن جزء متابولیت‌های فرار با وزن مولکولی کم طبقه بندی می‌شوند (شکل ۲). این پایرون اولین بار در محیط کشت مایع *T. viride* و از سایر گونه‌های قارچ *T. koningii* و *T. harzianum* نیز گزارش شده است (۱۲، ۲۵ و ۲۶).

۴- **بوتنولیدها:** دو ترکیب بوتنولیدی بنام هارزینولید و بوتنولید T۳۹ از *T. harzianum*، فعالیت ضدقارچی در برابر قارچ عامل بیماری پاخوره *Gaumannomyces graminis* var. *tritici* نشان دادند که علاوه بر آن باعث ممانعت از رشد عامل مرگ گیاهچه *P. ultimum* و *R. solani* و عامل پوسیدگی میوه و غده پیاز *B. cinerea* نیز شدند (20).

۵- **پیریدون‌ها:** هارزینوپیریدون که برای اولین بار در سال ۱۹۸۹ از *T. harzianum* گزارش شد، فعالیت ضدقارچی قوی در برابر عامل پوسیدگی بذر و یا مرگ گیاهچه *P. ultimum* و سایر قارچ‌ها مانند عامل بیماری پاخوره گندم *G. graminis* var. *tritici* مرگ گیاهچه *R. solani*، *Phytophthora cinnamomi*، *B. cinerea* و عامل بیماری پوسیدگی و شانکر ساقه کلزا *Leptosphaeria maculans* از خود نشان داد (۱، ۲ و ۳). همچنین این ترکیب توانست بیش از ۹۰ درصد از رشد ریشه-های قارچ‌های *R. solani* و *F. oxysporum* را مهار کند (۱۰).

۶- **آزافیلون‌ها:** سه ترکیب آزافیلون بنام هارزیفیلون و فلیفیلون و آزافیلون توسط جدایه T۲۲ از گونه *T. harzianum*، فعالیت ضدقارچی قابل توجهی در برابر بیماری مرگ گیاهچه *P. ultimum*، *G. graminis* var. *tritici* و *R. solani* داشتند و همچنین در دزهای پایین فعالیت ضدقارچی علیه *B. cinerea*، *P. cinnamomi* و *L. maculans* نیز نشان دادند (۳۲).

۷- **کونینجینین‌ها:** برخی از گونه‌های تریکودرما مجموعه‌ای از متابولیت‌های ثانویه‌ای را تولید می‌کنند که کونینجینین‌های A-E و G نامیده می‌شوند. به جز کونینجینین C سایر کونینجینین‌ها در برابر بیمارگرهای قارچی گیاهان، فعال هستند. به عنوان مثال، کونینجینین‌های A، B، D، E، و G فعالیت خود را در برابر *G. graminis* var. *tritici* و نیز کونینجینین D فعالیت ضدقارچی در برابر چندین عامل بیماری‌زای گیاهی مانند *P. cinnamomi*، *Bipolaris sorokiniana*، *F. oxysporum* و *Pythium Middletonii* داشته است. در بررسی دیگر نیز کونینجینین A، B و D برگرفته از *T. koningiopsis*، فعالیت ضدقارچی در برابر عوامل بیماری‌زای *F. solani* و *F. oxysporum* و *Alternaria panax* نشان داد (11).

۸- **استروئیدها:** ترکیبی بنام استیگماسترول فعالیت ضدقارچی در جدایه‌های *T. harzianum* و *T. koningii* علیه *R. solani*، *S. rolfisii* و *M. phaseolina* نشان داد. دو استروئید دیگر نیز بنام ارگوسترول و ۵،۹-تری هیدروکسی ارگوستا-۷،۲۲-دی‌ان-۶-اون از قارچ تریکودرما در مقابل عامل بلاست برنج *C. albicans* *Pyricularia oryzae* و *Aspergillus niger* و *Alternaria alternata* جداسازی شدند (۱۰ و ۱۲).



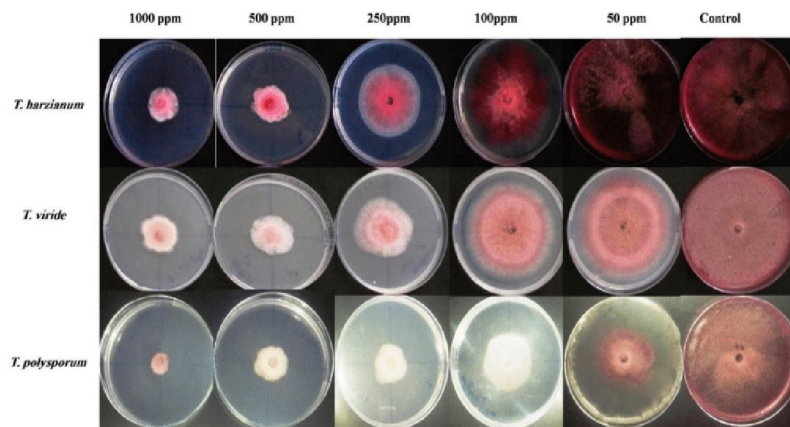


۹- آنتراکوئینونها: سه آنتراکوئینون بنام ۸،۱-دی هیدروکسی-۳-متیل آنتراکوئینون، ۱-هیدروکسی-۳-متیل آنتراکوئینون و ۶-متیل-۸،۳،۱-تری هیدروکسی آنتراکوئینون از *T. harzianum* در مقابل قارچ‌های *M. phaseolina*، *S. rolfii*، *R. solani* و *F. oxysporum* شناسایی شدند (۲۸ و ۳۰).

۱۰- لاکتونها: کرمنولید که از *T. cremeum* جداسازی شد، همزمان با رشد نهال گوجه فرنگی، فعالیت ضدقارچی علیه *R. solani*، *B. cinerea* و *F. oxysporum* نشان داد. لاکتون دیگر بنام آسپینولید از قارچ *T. arundinaceum*، که خاصیت ضدقارچی علیه عامل بیماری‌گر پوسیدگی خاکستری *B. cinerae* و پوسیدگی انباری سیب زمینی *Fusarium sporotrichioides* داشته است، علاوه بر خاصیت آنتی بیوتیکی، نقش مهمی در تحریک مقاومت گیاه در مقابل قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی نشان داده است. ترکیب دیگری بنام سرینولاکتون نیز از عصاره فیلترشده *T. cerinum* با خاصیت ضد میکروبی قوی در مقابل قارچ عامل پوسیدگی ریشه درختان میوه *Rosellinia necatrix* شناسایی گردید (۲۷ و ۳۰).

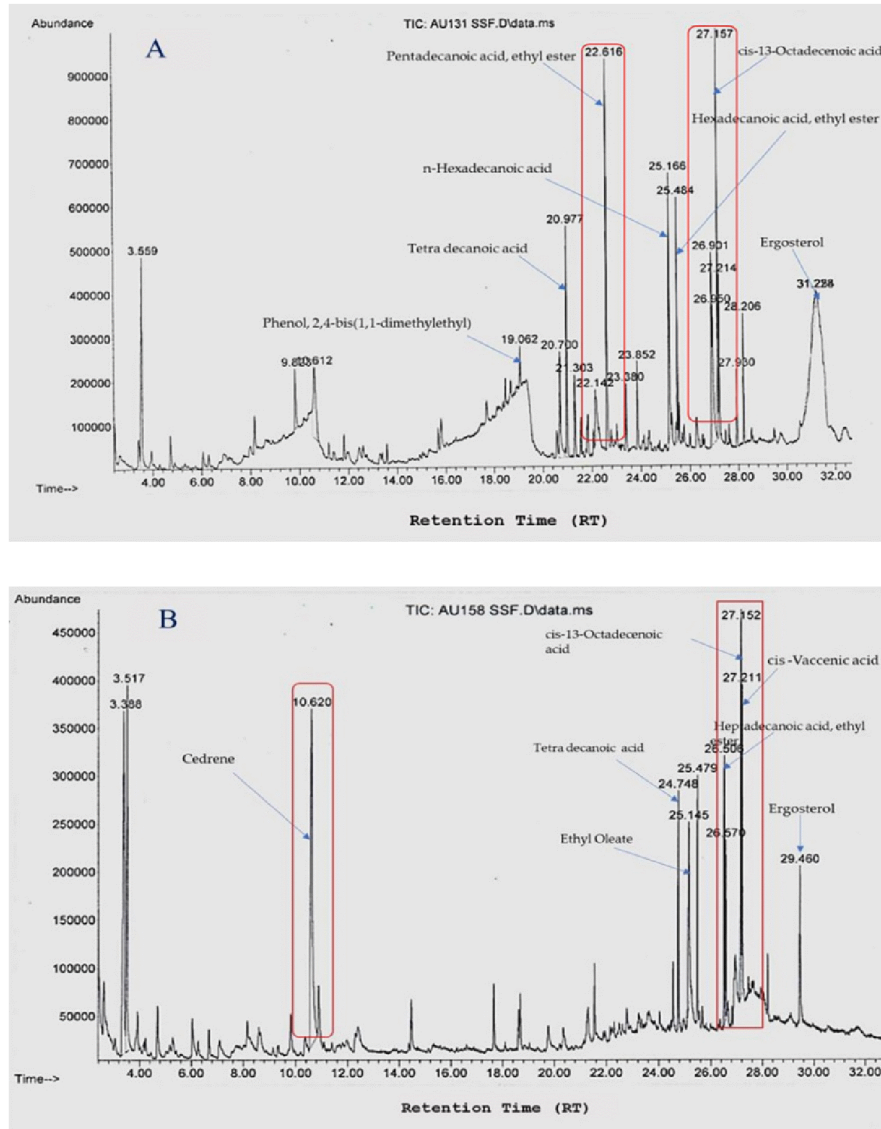
۱۱- تریکوتسن‌ها: تریکوتسن‌ها از مشتقات سسکوئی‌تریپنوئیدها هستند که عمدتاً توسط *Fusarium* و سایر قارچ‌ها مانند *Trichoderma*، *Trichothecium* و *Stachybotrys* تولید می‌شوند و سنتز پروتئین را مهار می‌کنند. تریکودرمین گسترده‌ترین ترکیب ضدقارچی مورد مطالعه بود که اولین بار از *T. brevicompactum* در مقابل قارچ *R. solani*، *B. cinerea* و *Colletotrichum lindemuthianum* و همچنین از *T. harzianum* علیه چندین بیماری‌گر گیاهی مانند *Cochliobolus*، *R. solani*، *Lindemuthianum*، *C. Lindemuthianum*، *R. solani*، *miyabeanus*، *Thanatephorus cucumeris*، *F. oxysporum*، *C. Lindemuthianum*، *R. solani*، *miyabeanus* شناسایی شد (۲۵).

سایر ترکیبات: دسته‌ای دیگر از ترکیبات متعلق به گروه‌های شیمیایی مختلف مانند دیترپن هارزیاندیون از *T. harzianum* و *T. viridae* در مقابل *S. rolfii*، سه ترکیب (۱۰، ۱۱-دی هیدرو سیکلونوتریول، کاتنیوبلین C و سوهیرنون) از *T. viridae*، در مقابل قارچ *C. albicans* و *P. oryzae*، اسید سیکلپنتنون آکرلیک از *T. atroviridae* در مقابل *Phaeosphaerella theae* و همچنین یک اسید تترامیک بنام هارزیانیک اسید با خاصیت ضد میکروبی و محرک رشد گیاه در مقابل عوامل بیماری‌زای خاکزاد از قبیل *P. irregulare*، *S. sclerotiorum* و *R. solani* استخراج شدند (۱۴).



شکل ۱: اثر غلظت‌های مختلف متابولیت‌های ثانویه گونه‌های مختلف *Trichoderma* Spp. بر رشد میسلیوم قارچ عامل پژمردگی و پوسیدگی نخودفرنگی *F. oxysporum* f. sp. *ciceris* پس از ۸ روز (موتاسم و همکاران، ۲۰۲۰).





شکل ۲: کروماتوگرام ترکیبات آلی فرار شناسایی شده از عصاره‌های خام *T. longibrachiatum* AU158 (B) و *T. asperellum* AU131 (A) (مولانو و همکاران، ۲۰۲۲).

### بحث و نتیجه گیری

در خصوص جنس *Trichoderma* بیش از ۱۰۰۰ متابولیت از آن تاکنون جداسازی شده است که گونه‌های مختلف آن، ترکیبات فرار و غیرفرار مختلفی مانند آلکیل پیرونها، پپتاییدها، پلی‌کتیدها، سسکویی‌ترپنها، سیدروفورها و ترپنوئیدها





ترشح می‌کنند که عوامل مهمی برای مایکوپارازیتسم و آنتی‌بیوزیس هستند (۳۴). متابولیت‌های ثانویه که به‌صورت وسیعی در قارچ‌ها تولید می‌شود، به‌طور مستقیم برای رشد مورد نیاز نمی‌باشند، اما در فعالیت‌های مختلف زیستی نقش مهمی دارند. تاکنون متابولیت‌های ثانویه مختلفی با فعالیت آنتی‌بیوتیکی و ضدقارچی در گونه‌های تریکودرما شناسایی شدند. تاروس و همکاران (۲۰۰۳) پنج ترکیب (۲-فنیل اتانول، تیروسول، ۶-ان-پنتیل-آلفا-پیرئین (6-pp)، سوربیسیلین و ارگوسترول) را در متابولیت‌های ثانویه گونه‌های *T. harzianum* و *T. longibrachatum* جداسازی و شناسایی نمودند و در بررسی‌های زیست‌سنجی این ترکیبات مشخص شد فقط ۶-ان-پنتیل-آلفا-پیرئین و سوربیسیلین اثرات ضدقارچی داشته است (۲۲). وینال و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که اسید هارزینیک با خاصیت ضدقارچی از متابولیت‌های ثانویه *T. harzianum* می‌باشد (۳۱). بررسی متابولیت‌های ثانویه گونه‌های تریکودرما بر علیه عامل بیماریارگر *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* در خود نیز نشان داد که این ترکیبات در شرایط آزمایشگاهی با کاهش چشمگیر رشد میسلومی از ۶٪ تا ۷۶/۹٪ می‌توانند این عامل بیماریارگر را کنترل نمایند و در شرایط طبیعی نیز متابولیت‌های ثانویه در کاهش شدت بیماری بسیار موثر واقع شدند و مقاومت این گیاه از همه بیشتر به ترکیبات پلی‌فنولی، نسبت داده شد (۱۵). از نظر القای مقاومت به بیماری، در بررسی دیگری اثر دو جدایه تریکودرما و متابولیت‌های ثانویه آن‌ها را در برابر سفیدک پودری ناشی از قارچ *Uncinula necator* بررسی کردند و دریافتند که *T. harzianum* و *T. atroviride* میزان پلی‌فنول را در انگور افزایش می‌دهند (۲۱). در تحقیقی بر روی تاثیر متابولیت‌های این قارچ در گیاه چای *Camellia sinensis*، برخی ترکیبات با فعالیت ضدقارچی و ضدباکتریایی شناسایی شدند که فعال‌ترین متابولیت جدا شده از این سویه‌ها ۶-پنتیل-۰-پیرون بود که بیشترین فعالیت ضدقارچی و ضدباکتریایی را نشان داد و رشد قارچ *Armillaria mellea* را توانست کاملاً مهار کند (۲۲). شهیری طبرستانی و همکاران در سال ۱۳۹۶ فعالیت ضدقارچی (۶۰۲۲) *T. atroviridae* را در برابر قارچ‌های بیماریارگر خاکزاد *Macrophomina phaseolina* و *Sclerotinia sclerotiorum* مورد بررسی قرار دادند. از ترکیبات ضدقارچی شناسایی شده در این جدایه ۱-پنتانول، ایزوآمیل‌الکل و ۲-اتیل-۱-هگزانول، پالمیتیک اسید و استیریک اسید، بیس (۲-اتیل هگزیل) فتالات و دی-اناکتیل فتالات بود (۴). همچنین محققان فوق موفق شدند نظر به جستجوی روش مناسب برای جداسازی و خالص بودن عصاره ترکیبات تریکودرما با ساخت نوعی پلیمر نانو درجه خلوص ماده شیمیایی حاصل را نیز بدست آورند (۲۷ و ۲۸).

اطلاعات دقیق در مورد این متابولیت‌ها و درک ساختار شیمیایی آن‌ها و نیز کشف ترکیبات جدید، مدیریت قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی را افزایش می‌دهد. از طرف دیگر با توجه به اینکه استفاده از این قارچ، دارای مشکلاتی همچون ماندگاری کم، میزان بالای دز مصرفی و پایدارای ضعیف در محیط می‌باشد، متابولیت‌های ثانویه این مشکلات را مرتفع می‌سازند. بنابراین از این نظر شناخت ماهیت بیوشیمیایی و نحوه پایداری آن‌ها دارای اهمیت زیادی است و با فرمولاسیون‌های ماده زیستی جدید بر پایه نانو ذرات این متابولیت‌ها، می‌توان برای مهار بیمارگرهای گیاهی و شناخت پایه‌های گیاهی مقاوم، قدم بزرگی برداشته شود.





## منابع

۱. اکبری، ر.، طلیعی، ف.، رهنما، ک. و وکیلی، ز. ۱۳۹۷. ارزیابی دو گونه‌ی بومی تریکودرما علیه قارچ *Plenodomus lingam* عامل ساق سیاه کلزا در شرایط گلخانه. پژوهش‌های کاربردی در گیاهپزشکی. (۴)۷.
۲. باغانی، ف.، رهنما، ک.، آقاجانی، م. ع. و دهقان، م. ع. ۱۳۹۱. کنترل بیولوژیکی بیماری فوزاریوم سنبله گندم ناشی از *Fusarium graminearum* با استفاده از سه گونه‌ی بومی تریکودرما در زمان‌های مختلف اسپورپاشی در شرایط مزرعه. پژوهش‌های تولید گیاهی. ۱۹(۲): ۱۲۳-۱۳۹.
۳. حبیبی، ر.، رهنما، ک. و تقی نسب، م. ۱۳۹۴. ارزیابی کارایی گونه‌های بومی تریکودرما در تولید آنزیم‌های خارج سلولی هنگام برهمکنش با عامل بیماریارگر *Fusarium oxysporum*. پژوهش کاربردی در گیاهپزشکی، دانشگاه تبریز، ایران. (۲)۴: ۷۳-۸۵.
۴. شهپیری طبرستانی، م.، رهنما، ک.، جهانشاهی، ک.، نصرالله نژاد، س. و فاطمی، م. ح. ۱۳۹۶. استخراج و شناسایی متابولیت‌های ثانویه (6022) *Trichoderma atroviridae* و بررسی اثرات ضدقارچی آن‌ها. پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران. ۳۱(۱): ۱۳۱-۱۴۱.
۵. رهنما، ک. ۱۳۹۴. مقدمه‌ای بر بیوتکنولوژی قارچ‌ها (ترجمه: میلتن رایت). انتشارات نوروزی گرگان.
۶. صیدمحمدخانی، ح.، تاجیک، م. ع. و بابائی زاد، و. ۱۳۹۱. بررسی متابولیت‌های ثانویه *Trichoderma atroviridae* سومین همایش ملی بیوتکنولوژی کشاورزی ایران (گیاهی، دامی و صنعتی)، مشهد. ۲۱۷۴ ص.
۷. رهنما، ک. ۱۴۰۱. راهنمای عملی شناسایی و مدیریت بیماری‌های ریشه و طوقه مزارع غلات. کلینیک گیاهپزشکی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. انتشارات نوروزی. ۶۴ ص.
۸. کیا، ش. و رهنما، ک. ۱۳۹۵. بررسی کارایی جدایه‌های *Trichoderma spp* در کنترل بیماری پوسیدگی زغالی سویا ناشی از *Macrophomina phaseolina* در شرایط گلخانه. مجله مهار زیستی در گیاهپزشکی. ۴(۱): ۱-۱۰.
۹. ناصری پور، ت.، شهبازی، س.، نصراله نژاد، س. و رهنما، ک. ۱۳۹۶. مطالعه الگوی بیان آنزیم‌های موثر در مهار زیستی بوسیله برخی از جدایه‌های وحشی و جهش یافته قارچ *Trichoderma viridae*. مجله کنترل بیولوژیک آفات و بیماری‌های گیاهی. ۶(۲): ۱۳۹-۱۵۳.
۱۰. نوروزی، ز.، رهنما، ک.، ربانی نسب، ح. آ. و تقی نسب، م. ۱۳۹۳. ارزیابی کارایی جدایه‌های تریکودرما و باسیلوس در کنترل بیولوژیک عامل پژمردگی خربزه. مهار زیستی در گیاه پزشکی. ۱(۲): ۴۳.

11. Ahluwalia, V., Walia, S., Sati, O.P., Kumar, J., Kundu, A., Shankar, J. and Paul, Y.S. 2013. Isolation, characterisation of major secondary metabolites of the Himalayan *Trichoderma koningii* and their antifungal activity. *Phytopathology and Plant Protection*. 47(9): 1063-1071.
12. Ahluwalia, V., Jitendra, K., Virendra, S.R., Om, P.S. and Walia, S. 2015. Comparative evaluation of two *Trichoderma harzianum* strains for major secondary metabolite production and antifungal activity. *Natural Production Research*. 29: 914-920.
13. Bhardwaj, N. and Kumar, J. 2017. Characterization of volatile secondary metabolites from *Trichoderma asperellum*. *Journal of Applied and Natural Sciences*. 9: 954-959.
14. Khan, R.A.A., Najeeb, S., Hussain, S., Xie, B. and Li, Y. 2020. Bioactive secondary metabolites from *Trichoderma spp.* against Phytopathogenic Fungi. *Microorganisms*. 8(6).





15. Moutassem, D., Belabid, L. and Bellik, Y. 2020. Efficiency of secondary metabolites produced by *Trichoderma* spp. in the biological control of Fusarium wilt in chickpea. Journal of Crop Protection. 9(2): 217 - 231.
16. Mona, S. A., Hashem, A., AbdAllah, E. F., Alqarawi, A. A., Soliman, D. W. K., Wirth, S. and Egamberdieva, D. 2017. Increased resistance of drought by *Trichoderma harzianum* fungal treatment correlates with increased secondary metabolites and proline content. Journal of Integrative Agriculture, 16 (8): 1751 -1757.
17. Mulatu, A., Megersa, N., Tolcha, T., Alemu, T. and Vetukuri, R. R. 2022. Antifungal compounds, GC-MS analysis and toxicity assessment of methanolic extracts of *Trichoderma* species in an animal model. PLoS ONE 17(9).
18. Moosavian, M. and Darvishnia, M. 2016. Role of biological agent in plant diseases management. Journal of Bio safety. 9 (4): 127-139.
19. Naseripour, T., Nasrollah-Nejad, S., Shabazi, S. and Rahnama, K. 2017. Investigation and Optimization of extracellular cellulase production by *Trichoderma harzianum*. Medical Laboratory Journal. 1(11).
20. Keswani, C., Mishra, S., Sarma, B. K., Singh, S. P. and Singh, H. B. 2014. Unraveling the efficient applications of secondary metabolites of various *Trichoderma* spp. Applied microbiology and Biotechnology. 98: 533-544.
21. Pascale, A., Vinale, F., Manganiello, G., Nigro, M., Lanzuise, S., Ruocco, M. and Lorito, M. 2017. *Trichoderma* and its secondary metabolites improve yield and quality of grapes. Crop Protection. 92: 176-181.
22. Tarus, P.K., Long at-Thoruwa, C.C., Wanyonyi, A.W. and Chhabra, S.C. 2003. Bioactive metabolites from *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma longibrachiatum*. Bulletin of the chemical society of Ethiopia. 17(2): 185-190.
23. Tang, X.X., Liu, S.Z., Sun, Y.Y., He, F.M., Xu, G.X., Fang, M.J. and Qiu, Y.K. 2020. New cyclopentenoneacrylic acid derivatives from a marine-derived fungus *Trichoderma atroviride* H548. Natural Product Research. 35(21).
24. Rahnama, K. and Nejad-nasrolah, F. 2010. The antagonistic effect of *Trichoderma* species from Iranian soil on *Sclerotinia sclerotiorum*, the causal agent of white stem rot disease in oilseed rape. 6th Australian Soil borne Disease symposium. August, P.79.
25. Rahimi Tamandegani, P., Zafari, D., Marik, T., Szekeres, A., Vagvologi, C. and Kredics, L. 2017. Isolation and identification of new sequences of peptaibol antibiotics trichotoxins A-50 and trichobrachsins by on-line liquid chromatography– electrospray ionization mass spectrometry. the 3<sup>rd</sup> Iranian Mycological Congress, 26-28 August, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. (in Persian).
26. Seyd Mohamad khani, H., Tajik, A. and Babai zade, V. 2012. Evaluation of Secondary Metabolites of *Trichoderma atroviridae*. the 3<sup>rd</sup> international Biotechnology congress of Islamic Republic of Iran. (in Persian).
27. Shahiri Tabarestani, M., Rahnama, K., Jahanshahi, M., Nasrollah-Nejad, S. and Fatemi, M.H. 2016. Synthesis of Nanoporous molecularly imprinted polymers dibutyl phthalate extracted from *Trichoderma harzianum*. Journal of Nano struct. 6(3): 245-249.
28. Shahiri Tabarestani, M., Rahnama, K., Jahanshahi, M. and Amiri, A. 2016. Extraction of the antifungal compounds in *Trichoderma atroviridae* (1-3) secondary metabolites Via nanoporous molecularly imprinted polymers. 22<sup>th</sup> Iranian plant protection, Karaj, Iran. (in Persian)
29. Shahiri Tabarestani, M., Rahnama, K., Jahanshahi, M., and Nasrolah nezhad, S., and Fatemi, M.H. 2016. Identification of volatile organic compounds of *Trichoderma* spp. using static headspace gas chromatography-mass spectrometry. Mycologia Iranica 3(1): 47 – 55.
30. Shentu, X.P., Zhan, X.H., Ma, Z., Yu, X.P. and Zhang, C.X. 2014. Antifungal activity of metabolites of the endophytic fungus *Trichoderma brevicompactum* from garlic. Brazilian journal of microbiology. 45(1): 248– 254.





ترویج گیاهپزشکی

۱۴۰۱ سال چهاردهم

<http://www.ppect.ir>

- 
31. Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E.L., Marra, R., Barbetti, M.J., Li, H., Woo, S.L. and Lorito, M. 2008. A novel role for *Trichoderma* secondary metabolites in the interactions with plants. *Physiological and Molecular plant pathology*. 72: 80–86.
  32. Vinale, F., Ghisalberti, E.L., Sivasithamparam, K., Marral, R., Ritieni, A., Ferracane, R., Wool, S. and Lorito, M. 2009. Factors affecting the production of *Trichoderma harzianum* secondary metabolites during the interaction with different plant pathogens. 48(6): 705–711.
  33. Vinale, F., Nigro, M., Sivasithamparam, K., Flematti, G., Ghisalberti, E. L., Ruocco, M. and Lorito, M. 2013. Harzianic acid: a novel siderophore from *Trichoderma harzianum*. *FEMS microbiology Letters*. 37(2): 123-129.
  34. Zeilinger, S., Gruber, S., Bansal, R. and Mukherjee, P. K. 2016. Secondary metabolism in *Trichoderma* - Chemistry meets genomics. *Fungal Biology Reviews*. 30(2): 74 -90.





---

## A review of the potential of secondary metabolites of *Trichoderma* species against plant pathogens

Soltaninezhad.F<sup>1</sup>, Rahnama, K.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ph.D student <sup>2</sup>Professor of plant pathology, Department of Plant Protection, Faculty of plant production, Gorgan University of Agricultural sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: Email:soltani\_f79@yahoo.com

---

### Abstract:

In recent years, the increase in the resistance of plant pathogenic fungi to fungicides and other chemical poisons and, as a result, environmental pollution, prompted scientists to investigate non-chemical management strategies compatible with pay the environment *Trichoderma* mushroom species have received much attention as biological fungicides with the ability to produce a variety of secondary metabolites in both volatile and non-volatile groups. By examining the species of *Trichoderma*, it has been determined that more than 100 substances with different chemical structures have been identified from one species of *Trichoderma*. Some of these species, jointly and with the property of mycoparasitism, can be effective on the filaments and spores of pathogenic agents and some pests. The purpose of this research is to introduce the newest secondary metabolites with antifungal properties against these pathogenic agents by some introduced *Trichoderma* species in Iran and the world. Detailed information in this case provides an understanding of their efficient use and the discovery of new biological compounds for the management of plant pathogenic fungi with more clean products.

**Key words:** *Trichoderma*, secondary metabolites, plant pathogens

