

نقش قارچ درون‌رست *Piriformospora indica* در مدیریت بیماری‌های گیاهیحمیدرضا رحمانی، ابراهیم محمدی گل تپه<sup>✉</sup> و ناصر صفایی

دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و دانشیار بیماری‌شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۲۶

رحمانی ر.، محمدی گل تپه ا. و صفایی ن. ۱۳۹۴. نقش قارچ درون‌رست *Piriformospora indica* در مدیریت بیماری‌های گیاهی. دانش بیماری‌شناسی گیاهی ۵(۱): ۴۸-۶۱.

## چکیده

قارچ درون‌رست *Piriformospora indica* از مهمترین ریزجانداران خاک است، که با ایجاد تغییراتی در فیزیولوژی گیاهان میزبان خود، عملکرد آن‌ها را در واحد سطح افزایش می‌دهد و امکان توسعه کشت آن‌ها را در خاک‌های شور، خشک یا اقلیم‌هایی با تنش‌های غیرزیستی و زیستی فراهم می‌آورد. این قارچ از طریق القای مقاومت فراگیر در گیاهان میزبان باعث ایجاد مقاومت به بیمارگرهای گیاهی نیز می‌گردد. همچنین با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در سلول‌های ریشه و افزایش سطح پروتئین‌های مقاومت به خشکی در گیاهان میزبان، باعث افزایش مقاومت آن‌ها نسبت به تنش شوری و خشکی می‌شود. بنابراین می‌توان کاربرد این قارچ را به عنوان جایگزین مناسبی برای کودها و سم‌های شیمیایی در جهت دستیابی به محصول ارگانیک و کشاورزی پایدار پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی: تنش، خشکی، شوری، *Piriformospora*

## مقدمه

تنش‌های ناشی از شرایط محیطی نامساعد و بیماری‌های گیاهی، از عوامل اصلی کاهش عملکرد محصولات کشاورزی، می‌باشند (Waller et al. 2005). روش‌های زیستی مبتنی بر استفاده از توان ریزجانداران مفید خاکزی در برقراری روابط همزیستی با گیاهان، نقش موثری در افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های زنده (بیماری‌ها) و غیرزنده (محیطی) و بازده محصولات کشاورزی دارند (Qiang et al. 2012). از بین گروه‌های مختلف جانداران خاک، باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، حل‌کننده‌های فسفات‌های نامحلول خاک، باکتری‌های محرک رشد گیاه و قارچ‌های همزیست ریشه از اجزای اصلی سیستم پایدار خاک به شمار می‌آیند (Bohnert & Jensen 1996). یکی از

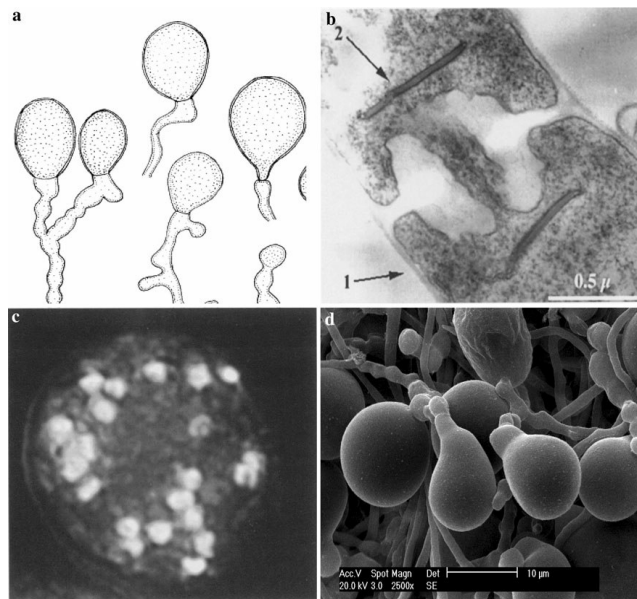
✉مسئول مکاتبه، پست الکترونیک: emgoltapeh@modares.ac.ir

مهم‌ترین در طی رابطه همزیستی قارچ‌های آربوسکول‌دار با ریشه گیاهان، قارچ با فراهم نمودن سطح جذب‌کننده وسیع‌تری برای انتقال عناصر غذایی موجود در خاک به ریشه گیاهان، سبب بهبود رشد گیاه و افزایش مقاومت به بیماری‌ها و عملکرد آن‌ها می‌گردد (صدروی ۱۳۹۰، Kirch *et al.* 2000). این قارچ‌ها، همزیست اجباری ریشه هستند و روی محیط‌های غذایی متداول رشد نمی‌کنند و تولید انبوه زادما به آن‌ها تنها روی ریشه گیاهان میزبان مناسب میسر است (Qiang *et al.* 2012). از سوی دیگر قارچ درون‌رست (Endophyte) ریشه *Piriformospora indica* Sav. Verma, Aj. Varma, Rexer, G. Kost & P. Franken همزیست اختیاری می‌باشد و به آسانی در محیط‌های کشت مصنوعی قادر به رشد است (Peskan-Berghofer *et al.* 2004). این قارچ اولین بار در سال ۱۹۹۸ از فراریشه گیاهان خشکی‌پسند کهور *Prosopis juliflora* Sw. DC. و کنار *Zyzyphus nummulara* Wight & Arn. از صحرای تهار (Thar) ایالت راجستان (Rajasthan) در کشور هندوستان جداسازی شده است (Varma *et al.* 1998). این قارچ عضو شاخه‌ی *Basidiomycota* رده‌ی *Agaricomycetes* راسته‌ی *Sebacinales* و تیره‌ی *Sebacinaceae* دامنه میزبانی وسیعی دارد و با ساکن شدن در ریشه آن‌ها سبب تحریک رشد میزبان خود می‌شود. (قاسم‌نژاد و همکاران ۱۳۹۲، Hibbett *et al.* 2007، Qiang *et al.* 2012). این قارچ به صورت داخل و بین سلولی رشد کرده و با تولید کلامیدوسپورهای گلابی‌شکل، در پوست (Cortex) ریشه گیاه میزبان مستقر می‌شود، ولی قادر به نفوذ به قسمت‌های داخلی بافت ریشه نمی‌باشد (Das *et al.* 2012). این قارچ، رشد و تولید توده زنده کل گیاهان مختلف شامل تک‌په‌ای‌ها ( *Zea mays* L., *Oryza sativa* L., *Triticum sativum* Lam., *Sorghum vulgare* Moench دوپه‌ای‌ها *Glycine max* L., *Solanum melongena* L., *Artemisia annua* L., *Nicotiana tabacum* L., ) *Cicer arietinum* L.، درختان چوبی، گیاهان دارویی (*Bacopa*, *Monniera*, *Artemesia annua*) و چندمحصول اقتصادی مهم دیگر را به طور فوق‌العاده‌ای بهبود می‌بخشد (Varma *et al.* 1999). آن جذب مواد غذایی به خصوص فسفر را افزایش داده و باعث افزایش مقاومت گیاه نسبت به تنش‌های محیطی زنده و غیر زنده از قبیل خشکی، شوری و بیماری‌ها می‌شود و می‌تواند به عنوان یک محافظ زیستی در برابر بعضی از عوامل بیماری‌زا استفاده شود ( Baltruschat *et al.* 2008, Ghahfarokhi & Goltapeh 2010, Dolatabadi *et al.* )

2010, Sun *et al.* 2009, Kumar *et al.* 2013, Dolatabadi & Goltapeh 2011). همچنین مقاومت به عناصر سنگین و شوری خاک و تحریک رشد و تولید دانه را در گیاه باعث می‌شود (Oelmuller *et al.* 2009). این قارچ با تحریک رشد ریشه گیاهان باعث افزایش عملکرد و رشد آن‌ها در خاک‌های فقیر و کاهش مصرف آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی می‌شود (Varma *et al.* 1999, Peskan-Berghofer *et al.* 2004).

### ۱- ریخت‌شناسی قارچ *P. indica*

میسیلیوم جوان این قارچ به رنگ سفید است. ریشه‌ها دارای دیواره نازک با بند عرضی ساده با منفذی دولیپوری و پرانتزوم و قطر ۷/ تا ۳/۵ میکرومتر هستند (Waller *et al.* 2008). ریشه‌ها اغلب درهم‌تپیده و در کشت‌های مسن و روی سطح ریشه‌ها، متورم، نامنظم، گره‌دار و به شکل مرجان می‌باشند. در نوک ریشه کلامیدوسپورهای گلابی‌شکل با خاصیت منتشرکننده نور (Auto fluorescence) تشکیل می‌شوند (شکل ۱). کلامیدوسپورها تکی یا خوشه‌ای به طول ۲۵-۱۶ میکرومتر و عرض ۱۷-۱۰ میکرومتر و ۸ تا ۲۵ هسته دارند (Varma *et al.* 2001). این قارچ قوس اتصال و ساختار جنسی ندارد (Varma *et al.* 2012b).



شکل ۱. قارچ *Piriformospora indica*، a: کلامیدوسپورهای گلابی‌شکل، b: بخش‌های بند عرضی ریشه پیکان ۲ نشان‌دهنده منفذ دولیپوری و پرانتزوم و پیکان ۱ نشان‌دهنده دیواره سلولی، c: هسته‌های موجود در کلامیدوسپور، d: تصویر کلامیدوسپورها با میکروسکوپ الکترونی اسکن (Varma *et al.* 2012a).

## ۲- نقش قارچ در مدیریت بیماری‌های گیاهی

### ۲-۱- بیماری‌های قارچی

در آزمایش‌های گلخانه‌ای شدت بیماری‌های ناشی از *Blumria graminis* Speer. روی برگ، *Pseudocercospora herpotricoides* Fron. روی طوقه، *Fusarium culmorum* Sacc. روی ریشه گندم، با کلنیزه شدن ریشه گیاه با این قارچ به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد، با این‌حال در آزمایش مزرعه‌ای در شدت سفیدک پودری گندم تفاوتی بین تیمار با قارچ و شاهد مشاهده نشد اما شدت بیماری ناشی از *P. herpotricoides* به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Serfling et al. 2007).

آن تأثیر قابل‌توجهی در مهار بیماری پاخوره گندم دارد، به‌طوری‌که وقتی ریشه و بذر گندم با آن مایه‌زنی شدند، گیاه در برابر بیماری مقاوم شده و از رشد خوبی برخوردار شد. همچنین تحت شرایط آزمایشگاهی رشد قارچ‌های خاک‌زی *Rhizoctonia* sp. *Alternaria* sp. *Macrophomina phaseolina* Tassi. و *Fusarium* sp. را کاهش می‌دهد (Varma et al. 2000).

در پژوهشی اثر *P. indica*، *Sebacina vermifera* Pers.، *Trichoderma* spp. علیه بیماری پژمردگی فوزاریومی عدس در شرایط گلخانه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. ارزیابی شاخص‌های مختلف رشدی (ارتفاع گیاه، طول ریشه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه) و شدت بیماری در مرحله گلدهی نشان داد که موثرترین تیمار بر اکثر فاکتورهای رشدی و کاهش شدت بیماری با در نظر گرفتن سه زمان مختلف مایه‌زنی، تیمار (*S. vermifera* + *T. harzianum*) است (دولت‌آبادی و محمدی گل‌تپه ۱۳۸۹).

جوهای کلنیزه شده با *P. indica* تحمل بیشتری به *Fusarium culmorum*، *Cochliobolus sativus*، *Fusarium graminearum* Petch. Ito & Kurib. نشان می‌دهند (Deshmukh & Kogel 2007, Waller et al. 2005). بررسی تعامل بین قارچ‌های *P. indica*، *S. vermifera*، *T. harzianum*، *T. viride* در برابر *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* عامل پاخوره گندم به‌صورت مجزا و ترکیبی نشان داده که این قارچ‌ها تأثیر بسزایی در مهار رشد قارچ عامل بیماری پاخوره گندم دارند (Ghahfarokhi & Goltapeh 2010).

بررسی تأثیر *P. indica* روی تحمل به تنش شوری، مقاومت در برابر بیماری‌ها و میزان محصول گندم نشان داده، نه تنها میزان تحمل گیاه در مقابل شوری افزایش یافته، بلکه با القای مقاومت فراگیر توسط قارچ، گیاه در برابر *Fusarium culmorum* (عامل پوسیدگی و نکروز ریشه) و *Blumeria graminis* مقاومت بالایی از خود نشان می‌دهد. القای مقاومت فراگیر در گیاه با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ناشی از فعال شدن چرخه گلوکوتایون-اسکوربات و در نتیجه افزایش عملکرد دانه همراه بوده است (Waller et al. 2005).

## ۲-۲- بیماری‌های ویروسی

در گوجه‌فرنگی کلنیزه شده با قارچ *P. indica* غلظت ویروس Pepino mosaic virus در شاخه‌های گوجه‌فرنگی تحت شرایط کشت هیدروپونیک کاهش چشمگیری پیدا کرد (Fakhro et al. 2010).

## ۲-۳- بیماری‌های نماتدی

اثر قارچ *P. indica* روی *Arabidopsis thalina* L. و گوجه‌فرنگی، همچنین اثر این قارچ بر نماتد غده ریشه ( *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood) مورد بررسی قرار گرفت. کلنیزه شدن ریشه با این قارچ در یک دوره طولانی منجر به تحریک معنی‌دار رشد گیاه و افزایش عملکرد شد. افزایش مقاومت گیاه آراییدوپسیس کلنیزه شده با *P. indica* در برابر نماتد غده ریشه نیز تأیید شد (Rasmussen 2002). در مطالعه‌ای کاهش جمعیت نماتد *M. incognita* روی ریشه موز را به حضور قارچ *P. indica* نسبت داده‌اند. سه قارچ *G. intraradices* Schenck & Sm.، *G. mosseae* Tul. و *P. indica* باعث مهار نماتد *M. incognita* در شبدر سفید در شرایط گلخانه‌ای از طریق کاهش تعداد غده، تعداد توده تخم و جمعیت نوزاد سن دوم در خاک می‌شوند (سهرابی و همکاران ۱۳۹۱).

## ۳- نقش قارچ *P. indica* در تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی

### ۳-۱- نقش قارچ در تحمل گیاهان به تنش شوری

بررسی تأثیر تلقیح قارچ *P. indica* و باکتری *Azospirillum* sp. بر رشد گندم تحت شرایط تنش شوری نشان داده که قارچ *P. indica* تأثیر مثبت و معنی‌داری بر رشد و میزان توده‌تر و خشک اندام هوایی و کلروفیل در گیاه تلقیح شده تحت شرایط شور و غیر شور دارد، به طوری که کاربرد قارچ منجر به کاهش اثر شوری و بهبود رشد

گندم گردید (حاجی‌نیا و همکاران ۱۳۹۰). مطالعه اثر چهار گونه قارچ آربوسکول‌دار (*Glomus arenarium* Błaszk., Tadych & Madej, *Funneliformis caledonium* (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & A. Schüßler, *F. mosseae* (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & A. Schüßler, *P. irregularis* (Błaszk., Wubet, Renker & Buscot) Walker & Schüßler. و *Rhizophagus irregularis*) روی چهار رقم توت‌فرنگی (Albion, Charlotte, Mara des Bois, Seascape) در شرایط شوری (0-200 mM NaCl) نشان داده ارقام توت‌فرنگی پاسخ‌های متفاوتی به مایه‌زنی این قارچ‌ها دارند. *R. irregularis* نشانه‌های تنش شوری را در همه ارقام کاهش داد و کیفیت میوه را یک درجه بالاتر از سایرین و قارچ *P. indica* رساند. تلقیح ارقام توت‌فرنگی با قارچ‌ها به‌طور معنی‌داری باعث افزایش وزن تر و خشک و مقدار آب ساقه گردید، بجز در رقم Mara des Bois که پاسخ رشدی این رقم نسبت به تمام گونه‌های AMF و *P. indica* منفی بود و تأثیر همه قارچ‌ها از نظر افزایش تولید میوه در ارقام Albion و Seascape, Charloot معنی‌دار اما در رقم Mara des Bois معنی‌دار نبود (Sinclair et al. 2013). تحقیقی در زمینه بررسی مکانیسم‌های بیوشیمیایی (بخصوص آنتی‌اکسیدان‌ها) تحمل به تنش شوری وابسته به قارچ *P. indica* انجام گرفت که در آن نشانگرهای فیزیولوژیک برای استرس نمکی مانند فعالیت متابولیکی، ترکیب اسید چرب، پراکسیداسیون لیپیدی، غلظت اسکوربات و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، دی‌هیدروآسکوربات ردوکتاز و گلوکاتیون ردوکتاز مورد بررسی قرار گرفت. کلنیزاسیون ریشه توسط قارچ *P. indica* باعث افزایش رشد گیاه و کاهش پراکسیداسیون لیپیدی ناشی از NaCl و اسیدهای چرب اشباع در برگ‌های جو رقم حساس به نمک اینگرید، گردید. قارچ به‌طور قابل توجهی مقدار اسید اسکوربیک را بالا و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آنزیم‌ها را در ریشه جو تحت شرایط تنش شوری افزایش داد (Baltruschant et al. 2008). قارچ *P. indica* در در برگ‌های جو در شوری‌های متوسط (۱۰۰ mM) و بالا (۳۰۰ mM) در کشت هیدروپونیک اثر مضر ناشی از شوری ملایم را کاملاً از بین می‌برد و حتی گیاهان تحت تنش شوری ملایم و همزیست با *P. indica* توده زنده بیشتری نسبت به گیاهان شاهد بدون شوری تولید کردند. اگرچه در شوری بالا توده زنده بوته‌های همزیست شده و غیر همزیست به شدت کاهش پیدا کرد (Waller et al. 2005). احتمال می‌رود یکی از مکانیسم‌هایی که باعث می‌شود قارچ بتواند چنین مقاومتی را به گیاه القاء کند ایجاد یک محیط سلولی با ظرفیت‌های بالای آنتی‌اکسیدانی باشد (Oelmuller et al. 2009).

## ۳-۲- نقش قارچ در تحمل به تنش خشکی

در یک پژوهش، توان قارچ اندوفیت *P. indica* در بهبود رشد و افزایش مقاومت گیاه جو به تنش خشکی مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد که قارچ سبب افزایش زیست‌توده اندام‌های هوایی و ریشه گیاهان تلقیح شده نسبت به گیاهان شاهد می‌شود، به طوری که وزن خشک اندام هوایی و ریشه در گیاهان تلقیح شده نسبت به شاهد به ترتیب ۳۹ و ۴۶ درصد افزایش نشان داد (قبولی و همکاران ۱۳۸۹، سپهری و همکاران ۱۳۸۸). دلیل افزایش هیدرولیکی سیستم ریشه‌ای گیاهان همزیست نسبت به دیگران در شرایط خشکی را ناشی از افزایش سطح و یا طول ریشه‌های کلنیزه شده دانسته‌اند (Troeh & Loyachan 2003).

از آنجا که قارچ *P. indica* از بیابان جداسازی شده است، این احتمال می‌رود که توانایی القای مقاومت به خشکی را داشته باشد (Oelmuller et al. 2009). بررسی اثر *P. indica* در مقاومت به خشکی در آرایه‌دوپیسیس به این نتیجه رسیده که در مجاورت تنش خشکی متوسط، گیاهچه‌های همزیست شده با قارچ به رشد خود ادامه دادند حال آنکه گیاهچه‌های بدون همزیستی پژمرده شدند و رشد نکردند. در مورد گیاهچه‌هایی که ابتدا در معرض خشکی قرار گرفتند و سپس به خاک منتقل شدند، بسیاری از گیاهچه‌های دارای همزیستی به مرحله گلدهی رسیدند اما تعداد بسیار کمی از گیاهچه‌های بدون همزیستی به این مرحله رسیدند. آن‌ها همچنین در بررسی پروتیین‌هایی که در انتقال سیگنال‌ها یا بیان ژن‌های مقاومت به خشکی در گیر هستند دریافتند که پس از قرار گرفتن گیاه در معرض تنش خشکی، در برگ گیاهانی که با *P. indica* همزیست بودند ارسال این سیگنال‌ها سریع‌تر و افزایش سطوح پروتیین‌های مقاومت به خشکی بیشتر بود (Sherameti et al. 2008). در پژوهشی روی کلم چینی (*Brassica campestris* L. ssp. *Chinensis*) تحت شرایط تنش خشکی همزیستی با قارچ *P. indica* باعث افزایش رشد رویشی و مقاومت گیاه به خشکی شده است (Sun et al. 2010).

## ۳-۳- نقش قارچ در تحمل به تنش دمایی

اگرچه این قارچ در اصل از بیابان‌های هند (بیشینه دمای  $42 \pm 2$ ) جدا شده اما این قارچ می‌تواند به طور قابل توجهی با پوشش گیاهی در بیابان‌های سرد (کمینه دما  $20 \pm 4$ ) همزیستی داشته باشد (Varma et al. 2011). رشمی و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که قارچ *P. indica* کاملاً غیر متحرک (غیرسیستمیک) بوده و بینه جوانه‌زنی

دانه‌های ذرت خوشه‌ای را حتی بعد از گذشت ۹۰ روز از مرحله کشت در گلدان‌ها در دمای پایین (۴°C)، زمانی که از آن به‌عنوان مایه تلقیح در کشت‌های گلدانی استفاده شد، حفظ می‌نماید.

### نتیجه‌گیری

قارچ *P. indica* با جذب آب و عناصر غذایی بخصوص فسفر باعث افزایش رشد گیاهان و همچنین از طریق القای مقاومت فراگیر (SAR) در گیاهان میزبان موجب مقاومت به بیماری‌ها و تنش‌های محیطی می‌گردد. برتری آن نسبت به سایر قارچ‌های همزیست ریشه سهولت کشت و تکثیر آن روی محیط‌های کشت مصنوعی است. در هنگام استفاده از این قارچ باید به کافی بودن زادمایه، مناسب بودن ژنوتیب گیاه میزبان، تلقیح و استقرار آن قبل از حمله بیمارگر، مناسب بودن شرایط فیزیکی خاک و محیط برای حداکثر کارایی آن توجه داشت. بنابراین می‌توان تلقیح آن به گیاهان میزبان، به‌عنوان جایگزین مناسب مصرف کودها و سم‌های شیمیایی، برای دستیابی به محصول‌های ارگانیک و کشاورزی پایدار را پیشنهاد کرد.

### References

### منابع

۱. حاجی‌نیا س.، زارع م. ج.، محمدی گل‌تپه ا. و رجالی ف. ۱۳۹۰. بررسی سودمندی قارچ اندوفیت *Piriformospora indica* و باکتری *Azospirillum sp.* در افزایش تحمل گندم سرداری (*Triticum aestivum*) به تنش شوری. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی* ۴: ۲۳-۲۱.
۲. دولت‌آبادی ح. و محمدی گل‌تپه ا. ۱۳۸۹. اثر بیولوژیکی *Piriformospora indica* *Sebacina vermifera* و *Trichoderma spp.* علیه بیماری پژمردگی فوزاریومی عدس در شرایط گلخانه‌ای. *گیاهپزشکی* ۲: ۱۴۳-۱۲۷.
۳. سپهری م.، صالح راستین ن.، حسینی سالکده ق. و خیام نکویی م. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر قارچ اندوفیت *Piriformospora indica* بر بهبود رشد و افزایش مقاومت گیاه جو *Hordeum vulgare* L. به تنش شوری. *مجله علمی پژوهشی مرتع* ۳: ۵۱۸-۵۰۸.
۴. سهرابی م.، فدایی تهرانی ع. ا.، رضایی دانش ی. و جمالی زواره ع. ۱۳۹۱. بررسی اثرات متقابل دو قارچ میکوریز



۵. آربوسکولار (*Glomus intraradices* و *Glomus mosseae*) و نماتد ریشه گرهی *Meloidogyne*

*javanica* در گوجه‌فرنگی. بیماری‌های گیاهی ۴۸: ۴۰۱-۳۹۳.

۶. صدروی م. ۱۳۹۰. نقش قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در مدیریت بیماری‌های گیاهی. دانش بیماری‌شناسی

گیاهی ۱(۱): ۱-۱۳.

۷. قاسم‌نژاد ع، باقری فرد ا.ا، نصرالله‌نژاد س. و باقری‌نجف‌آباد ع. ۱۳۹۲. تاثیر قارچ *Piriformospora indica*

بر عملکرد گیاهان. دانش بیماری‌شناسی گیاهی ۳(۱): ۸۷-۸۳.

۸. قبولی م، شهریار ف. ا، سپهری م، مرعشی ح. و حسینی سالکده، ق. ۱۳۹۰. تأثیر قارچ اندوفیت

*Piriformospora indica* بر برخی خصوصیات جو (*Hordeum vulgare* L.) در شرایط تنش خشکی.

بوم‌شناسی کشاورزی ۳: ۳۳۶-۳۲۸.

9. Baltruschat H., Fodor J., Harrach B. D., Niemczyk E., Barna B., Gullner G., Janeczko A., Kogel K., Schafer P. & Schwarczinger I. 2008. Salt tolerance of barley induced by the root endophyte *Piriformospora indica* is associated with a strong increase in antioxidants. *New Phytologist* 180:501-510.

10. Bohnert H. J. & Jensen R. G. 1996. Strategies for engineering water-stress tolerance in plants. *Trends in Biotechnology* 14:89-97.

11. Das A., Kamal S., Shakil Najam A., Sherameti I., Oelmuller R., Dua M., Tuteja N., Johri Atul K. & Varma A. 2012. The root endophyte fungus *Piriformospora indica* leads to early flowering, higher biomass and altered secondary metabolites of the medicinal plant, *Coleus forskohlii*. *Plant Signaling & Behavior* 7:1-10.

12. Deshmukh S. & Kogel K. 2007. *Piriformospora indica* protects barley from root rot disease caused by *Fusarium*. *Journal of Plant Disease Protection* 114:263-268.

13. Dolatabadi H. & Goltapeh E. M. 2013. Effect of inoculation with *Piriformospora indica* and *Sebacina vermifera* on growth of selected brassicaceae plants under greenhouse conditions. *Journal of Horticultural Research* 21:115-124.

14. Dolatabadi H. K., Goltapeh E. M., Moieni A., Jaimand K., Sardrood B. P. & Varma A. 2011. Effect of *Piriformospora indica* and *Sebacina vermifera* on plant growth and essential oil yield in *Thymus vulgaris* in vitro and in vivo experiments. *Symbiosis* 53:29-35.

15. Fakhro A., Andrade-Linares D. R., Barga S., Bandte M., Buttner C., Grosch R., Schwarz D. & Franlen P. 2010. Impact of *Piriformospora indica* on tomato growth and on interaction with fungal and viral pathogens. *Mycorrhiza* 20:191–200.
16. Ghahfarokhi R. M. & Goltapeh E. M. 2010. Potential of the root endophytic fungus *Piriformospora indica*; *Sebacina vermifera* and Trichoderma species in biocontrol of take-all disease of wheat *Gaeumannomyces graminis* var. tritici in vitro. *Journal of Agricultural Technology* 6:11-18.
17. Hibbett D. S., Binder M., Bischoff J. F., Blackwell M., Cannon P. F., Eriksson O. E., Huhndorf S., James T., Kirk P.M. Lucking R., Lumbsch H. T., Lutzoni F., Matheny P. B., McLaughlin D. J., Powell M. J., Redhead S., Schoch C. L. Bandte M., Niemczyk E., Barna B., Gullner G., Menon C. & Zhang N. 2007. A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. *Mycology Research* 111:509–547.
18. Kaldorf M., Koch B., Rexer K. H., Kost G. & Varma A. 2005. Patterns of interaction between *Populus Esch* and *Piriformospora indica*: a transition from mutualism to antagonism. *Plant Biology* 7:210–218.
19. Kirch H. H., Vera-Estrella R., Golldack D., Quigley F., Michalowski C. B., Barkla B. J. & Bohnert H. J. 2000. Expression of water channel proteins in *Mesembryanthemum rystallinum*. *Plant physiology* 123:111- 124.
20. Kumar M., Yadav V., Tuteja N. & Johri A. K. 2009. Antioxidant enzyme activities in maize plants colonized with *Piriformospora indica*. *Microbiology* 155:780–790.
21. Kumari R., Kishan H., Bhoon Y. K. & Varma A. 2003. Colonization of cruciferous plants by *Piriformospora indica*. *Current Science* 85:1672.
22. Oelmuller R., Sherameti I., Tripathi S. & Varma A. 2009. *Piriformospora indica*, a cultivable root endophyte with multiple biotechnological applications. *Symbiosis* 49:1–17.
23. Peskan-Berghofer T., Shahollari B., Giong Ph., Hehl S., Markert C., Blanke V. 2004. Association of *Piriformospora indica* with *Arabidopsis thaliana* roots represents a novel system to study beneficial plant- microbe interactions and involves early plant protein modifications in the endoplasmatic reticulum and at the plasma membrane. *Physiologist Plant* 122:465–477.

24. Pham H. G., Kumari R., Singh A., Malla R., Prasad R., Sachdev M., Kaldorf M., Buscot F., Oelmueller R., Hampp R., Saxena A. K., Rexer K. H., Kost G. & Varma A. 2004. Axenic Cultures of *Piriformospora indica*. pp. 593–613. In: Varma A, Abbott L. K., Werner D. R. Hampp (ed.). Plant Surface Microbiology. Springer, Germany.
25. Qiang X., Weiss M., Kogel K. H. & Schafer P. 2012. *Piriformospora indica*-a mutualistic basidiomycete with an exceptionally large plant host range. *Molecular plant pathology* 13:508-518.
26. Rai M. & Varma A. 2005. Arbuscular mycorrhiza-like biotechnological potential of *Piriformospora indica*, which promotes the growth of *Adhatoda vasica* Nees. *Electronic Journal of Biotechnology* 8:1-6.
27. Rai M., Acharya D., Singh A. & Varma A. 2001. Positive growth responses of the medicinal plants *Spilanthes calva* and *Withania somnifera* to inoculation by *Piriformospora indica* in a field trial. *Mycorrhiza* 11:123-128.
28. Rashmi K., Latha J. N. L., Sowjanya T. N., Kirannayi P., Rao M. V., Menon C. & Mohan P. M. 2003. Colonization of cruciferous plants by *Piriformospora indica*. *Current Science* 85:1672.
29. Rasmussen H. N. 2002. Recent developments in the study of orchid mycorrhiza. *Plant & soil* 244:149-163.
30. Serfling A., Wirsel S. G., Lind V. & Deising H. B. 2007. Performance of the biocontrol fungus *Piriformospora indica* on wheat under greenhouse and field conditions. *Phytopathology* 97:523-531.
31. Sherameti I., Shahollari B., Venus Y., Altschmied L., Varma A. & Oelmüller R. 2008. The endophytic fungus *Piriformospora indica* stimulates the expression of nitrate reductase and the starch-degrading enzyme glucan-water dikinase in tobacco and *Arabidopsis* roots through a homeodomain transcription factor which binds to a conserved motif in their promoters. *The Journal of Biological Chemistry* 280: 2641-2647.
32. Sinclair G., Charest C., Dalpé Y. & Khanizadeh S. 2013. Influence of Colonization by arbuscular mycorrhizal fungi and a root endophyte on selected strawberry cultivars under salt conditions. *Canadian Journal of Plant Science* 93:1-3.

33. Smith S. E. & Read D. J. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. 3<sup>rd</sup> ed. Elsevier, UK, 815p.
34. Sun C. A., Johnson J., Cai D. G., Sherameti I., Oelmuller R. & Lou B. G. 2010. *Piriformospora indica* confers drought tolerance in Chinese cabbage leaves by stimulating antioxidant enzymes, the expression of drought-related genes and the plastid-localized CAS protein. *Journal of Plant Physiology* 167:1009–1017.
35. Varma A., Bakshi M., Lou B., Hartmann A. & Oelmuller R. 2012 a. *Piriformospora indica*: A novel plant growth-promoting mycorrhizal fungus. *Agricultural Research* 1:117-131.
36. Varma A., Rai M. K. Sahay N. S. 2000. Microbial-biotechnology: New paradigms and role in sustainable agriculture. Microbial biotechnology for sustainable development and productivity. Pp. 22-37. Scientific Publishers, New Delhi, India.
37. Varma A., Singh A., Sahay N. S., Sharma J., Roy A., Kumari M., Rana D., Thakran S., Deka D. & Bharti K. 2001. *Piriformospora indica*: an axenically culturable mycorrhiza-like endosymbiotic fungus. Pp:125-150, *In*: Fungal Associations. Springer, Berlin Heidelberg, Germany.
38. Varma A., Tripathi S., Prasad R., Das A., Sharma M., Bakshi M., Arora M., Rastogi K., Agrawal A., Kharkwal A. C., Tsimilli-Michael M., Strasser R. J., Bagde U. S., Bisaria V. S., Upadhyaya C. P., Malla R., Kost G., Joy K., Sherameti I., Chen Y. & Oelmuller R. 2012 b. The Symbiotic Fungus *Piriformospora indica*: update. *In*: B. Hock (ed.). The Mycota XXL. Springer, Berlin, in press.
39. Varma A., Verma S., Sudah S. N. & Franken P. 1999. *Piriformospora indica*, a cultivable plant growth-promoting root endophyte *Applied and Environmental Microbiology* 65:2741–2744.
40. Varma S., Varma A., Rexer K. H., Hassel A., Kost G. & Sarabhoy A. 2011. *Piriformospora indica*, gen. et sp. nov., a new root-colonizing fungus. *Mycologia* 90:896–903.
41. Verma S., Varma A., Rexer K. H., Hassel A., Kost G., Sarbhoy A., Bisen P., Bütchorn B., Varma A., Verma S., Sahay N. S., Butehorn B. & Franken P. 1998. *Piriformospora indica* a cultivable plant growth-promoting root endophyte. *Applied and Environmental Microbiology* 65:2741–2744.

42. Waller F., Achatz B., Baltruschat H., Fodor J., Becker K., Fischer M., Heier T., Hückelhoven R., Neumann C. & von Wettstein D. 2005. The endophytic fungus *Piriformospora indica* reprograms barley to salt-stress tolerance, disease resistance, and higher yield. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102:13386-13391.
43. Waller F., Mukherjee K., Deshmukh S. D, Achatz B., Sharma M., Schaefer P. & Kogel K. H. 2008. Systemic and local modulation of plant responses by *Piriformospora indica* and related Sebaciales species. *Journal of Plant Physiology* 165:60-70.
44. Weiss M., Selosse M. A., Rexer K. H., Urban A. & Oberwinkler F. 2004. Sebaciales: a hitherto overlooked cosm of heterobasidiomycetes with a broad mycorrhizal potential. *Mycology Research* 108:1003-1010.
45. Troeh, Z. I. & Loynachan T. E. 2003. Endomycorrhizal fungal survival in continuous corn, soybean & fallow. *Agronomy Journal* 95:224-230.

## The Role of Endophytic Fungus *Piriformospora indica* in Plant Disease Management

HAMIDREZA RAHMANI, EBRAHIM MOHAMMADI GOLTAPEH✉  
& NASER SAFAIE

M.Sc. Student, Professor & Associate Professor of Plant Pathology, Faculty of  
Agriculture, Trabiati Modares University, Tehran, Iran  
(✉Corresponding author, E. mail: emgoltapeh@modares.ac.ir)

Received: 11.05.2015

Accepted: 17.10.2015

Rahmani H. R., Mohammadi Goltapeh E. & Safaie N. 2015. The role of endophytic fungus *Piriformospora indica* in plant disease management. *Plant Pathology Science* 5(1):48-61.

### Abstract

*Piriformospora indica* as the one of the most important soil endophytic microorganism, can increase yield of plants per unit area, by modifying the physiological characteristics of the host plants. It also provide the possibility of crop production in saline and arid soils or even in some conditions with biotic and abiotic stresses. It grants resistance to plant against diseases, through the induction of systemic resistance. Also the fungus can cause an increase in resistance to salinity and drought, through the increase in antioxidant capacity of root cells and levels of resistance proteins in their host plants. In order to adopt organic farming and achieve sustainable agriculture, this fungus can be used as a suitable alternative for chemical fertilizers and pesticides.

**Key words:** Stress, Drought, Salinity, *Piriformospora*