معرفی ده گونه‌ی مفید *Penicillium*

مهدی صدروی✉ و محیا رحیمی‌زاده

دانشیار و دانشجوی کارشناسی‌ارشد بیماری‌شناسی گیاهی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۷/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۱۱

صدروی م. و رحیمی‌زاده م. ۱۳۹۴. معرفی ده گونه‌ی مفید *Penicillium*. *دانش بیماری‌شناسی گیاهی* ۵(۱):۱۳-۱.

چکیده

گونه‌های *Penicillium*، اغلب به حالت گندرو در بقایای گیاهی در خاک، فرآورده‌های گیاهی، میوه‌های تازه و آبدار آسیب‌دیده یا میوه‌ها و دانه‌های انباری زندگی می‌کنند. این قارچ‌ها را می‌توان براساس ویژگی‌های پرگنه، کنیدیوم‌بر، فیالیدها و کنیدیوم‌ها، روی محیط کشت‌های اختصاصی شناسایی کرد. توانایی بعضی جدایه‌های ده گونه‌ی *P. aurantiogriseum*، *P. bilaiae*، *P. chrysogenum*، *P. citrinum*، *P. funiculosus*، *P. glabrum*، *P. griseofulvum*، *P. oxalicum*، *P. purpurogenum* و *P. simplicissimum* برای مهار بیماری‌های پژمردگی فوزاریومی و ورتیسلیومی گوجه‌فرنگی، کپک سفید و پوسیدگی خاکستری حبوب، پوسیدگی قهوه‌ای و سوختگی سرشاخه هلو، سوختگی دیرهنگام و سیست سیب‌زمینی و یا به عنوان عامل افزایش‌دهنده رشد گیاهان به اثبات رسیده است. خصوصیات ریخت‌شناسی کلیدی این قارچ‌ها در این مقاله شرح داده شده است. اکثر این قارچ‌ها از ایران نیز گزارش شده‌اند، بنابراین شناسایی و کاربرد جدایه‌های موثر آن‌ها برای مبارزه با بیماری‌های گیاهی و یا افزایش رشد گیاهان را می‌توان پیشنهاد کرد.

واژه‌های کلیدی: *Fusarium*، *Globodera*، *Penicillium*، *Verticillium*

مقدمه

گونه‌های *Penicillium*، اغلب به حالت گندرو در بقایای گیاهی در خاک، فرآورده‌های گیاهی، میوه‌های تازه و آبدار آسیب‌دیده یا میوه‌ها و دانه‌های انباری زندگی می‌کنند. تعدادی از این قارچ‌ها توانایی تولید مواد بازدارنده از رشد بیمارگرهای گیاهی را دارند و بعضی به عنوان ریزجانداران افزایش دهنده رشد گیاهان(Plant growth promotion

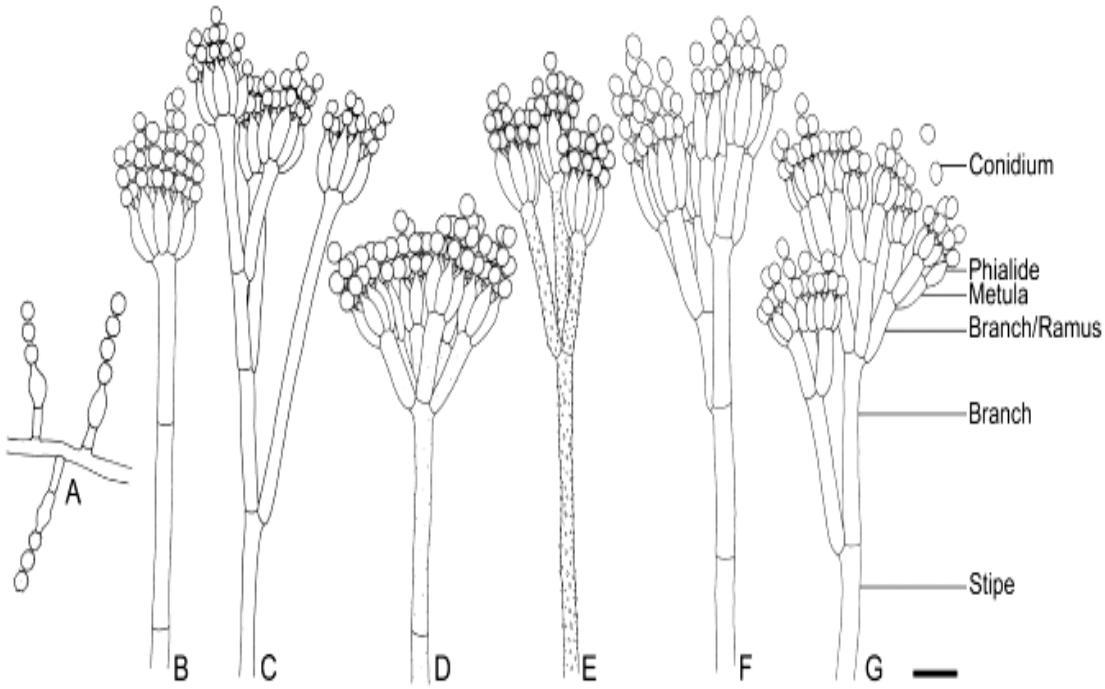
✉ مسئول مکاتبه، پست الکترونیک: msadravi@yu.ac.ir

microorganism= PGPM) شناخته شده‌اند(Murali & Amruthesh 2015) .

۱- روش شناسایی گونه‌های *Penicillium*

۱-۱- شناسایی براساس خصوصیات ریختی

اولین صفت مورد مطالعه برای شناسایی این قارچ‌ها، ویژگی‌های پرگنه آن‌ها معمولا روی محیط کشت زاپک مخمر آگار (Czapek yeast autolysate agar=CYA) یا عصاره مالت‌آگار (Malt extract agar=MEA) است. صفت دیگر الگوی انشعاب کنیدیوم‌بر می‌باشد، که از الگوی ساده (فیالیدهای انفرادی) تا الگوهای خیلی پیچیده با سطوح مختلف انشعاب با الگوهای متقارن یا نامتقارن متفاوت است(شکل۱). همچنین خصوصیات متولا، فیالیدها و کنیدیوم‌ها باید مورد مطالعه قرار گیرند(Visagie *et al*. 2014).



شکل ۱. الگوهای انشعاب کنیدیوم‌بر گونه‌های *Penicillium*، A-کنیدیوم‌بر با فیالید انفرادی، B– Monoverticillate، C– Divaricillate، D,E– Biverticillate، F- Terverticillate، G- Quaterverticillate، خط مقیاس= ۱۰ میکرومتر(Visagie *et al*. 2014).

۱-۲- شناسایی براساس خصوصیات مولکولی

روش‌های مولکولی بر اساس نشانگرهای ناحیه رونویسی داخلی(ITS) منطقه rDNA ، ژن کدکننده پروتیین بتا-توبولین (BenA)، ژن کدکننده پروتیین کالمودولین (CaM) و ژن‌های زیرواحد بزرگ RNA پلیمراز ۲ (RPB2) می‌باشند (Mirhendi *et al*. 2007, Visagie *et al*. 2014).

۱-۳-شناسایی بر اساس متابولیت‌ها

متابولیت‌های خاصی در ترشحات و رنگ‌دانه‌های قابل انتشار پرگنه بعضی گونه‌های *Penicillium* وجود دارند، که می‌توانند به شناسایی آن‌ها کمک کنند (Kildgaard *et al*. 2014).

۲- معرفی گونه‌های مفید *Penicillium*

Penicillium aurantiogriseum Dierckx **-۱-۲**

پرگنه روی محیط CYA، با توده هاگ به رنگ سبزآبی تا سبز تیره، گاهی همراه با قطره‌های ریز زرد تا قهوه‌ای روشن، رنگ پشت آن زرد تا قهوه‌ای قرمز رنگ است. کنیدیوم‌برها اغلب Terverticillate، با پایه‌ای (Stipe) به ابعاد ۴ – ۳ × ۴۰۰ – ۱۸۰ میکرومتر، با سطحی کمی زبر، متولاها به ابعاد ۳/۵ – ۲/۸ × ۱۳ – ۱۰ میکرومتر، فیالیدها نیز به ابعاد ۲/۸ – ۲/۵ × ۱۰ – ۷/۵ میکرومتر هستند. کنیدیوم‌ها کروی، تقریبا کروی تا تخم‌مرغی شکل به ابعاد ۴ – ۳ ×۲/۵ – ۳/۵میکرومتر، باسطحی صاف هستند. این قارچ تولید متابولیت‌های فرار Isobutanol، Isopentanol، 3-Heptanol، Octanone -3 و متابولیت‌های نافرار Anacine، Aurantiamin، Auranthine، Penicillic acid، Verrucosidin، Normethylverrucosidin، Pseurotin، Terrestric acid، Viridicatic acid و Nephrotoxic glycopeptides می‌کند(Frisvad & Samson 2004). جدایه‌ای از این قارچ سبب کاهش معنی‌دار شدت بیماری سوختگی دیرهنگام سیب‌زمینی ناشی از *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary شده است (Gupta *et al*. 2004).

Penicillium bilaiae Chalab -۲-۲

پرگنه روی محیط CYA بعد از ۷ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، به قطر ۲/۵ – ۲/۲ سانتی‌متر، به رنگ سبز مایل به خاکستری و رنگ پشت آن سفید مایل به زرد تا زرد–خاکستری است. پرگنه روی محیط MEA بعد از ۷ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، به قطر ۲/۸ – ۲/۵ سانتی‌متر، سبزرنگ و فاقد رنگدانه‌های محلول و رنگ پشت آن سفید مایل به زرد است. کنیدیوم‌برMonoverticillate ، با پایه کوتاه به ابعاد ۲/۴ – ۱/۶× ۴۹/۲ – ۳۱/۷ میکرومتر و فیالیدها در ۸ – ۳ حلقه، به طول ۸/۷ – ۶/۳ میکرومتر هستند کنیدیوم‌ها کروی، تقریبا کروی تا تخم‌مرغی،به ابعاد۲/۴–۲/۸× ۲/۴ – ۲ میکرومتر، با سطحی صاف تا کمی زبر و دیواره نازک می‌باشند. این قارچ به عنوان یک ریزجاندار افزایش‌دهنده رشد گیاهی با افزایش جذب فسفات توسط ریشه عمل می‌کند(Samson *et al.* 1977).

Penicillium chrysogenum Thom -۳-۲

پرگنه روی محیط CYA به رنگ سبزآبی تا سبز تیره، با قطرات ریز زردرنگ، رنگ پشت پرگنه کرم تا زرد قهوه‌ای است. کنیدیوم‌بر اغلب Biverticillate، بعضی Terverticillate یا Quaterverticillate، با پایه‌های به ابعاد ۴ – ۳ × ۳۰۰ – ۲۰۰ میکرومتر، شاخه‌های(Branches,Rami) به ابعاد ۴ – ۳ × ۲۰ – ۱۵ میکرومتر، متولاهای به ابعاد ۴ – ۲/۵ × ۱۲ – ۸ میکرومتر و فیالیدهای استوانه‌ای‌شکل به ابعاد ۲/۵ – ۲/۳ × ۹ – ۷ میکرومتر است. کنیدیوم‌ها سبز رنگ، کروی تا تقریبا کروی تا تخم‌مرغی شکل به ابعاد ۳/۵ – ۲/۳ × ۴– ۲/۵ میکرومتر، با سطحی صاف هستند. این قارچ متابولیت‌های راکفورتین C و D، کریسوژین و پنیسیلین F و G تولید می‌کند(Frisvad & Samson 2004). جدایه‌ای از این قارچ به عنوان بازدارنده از رشد عامل بیماری لکه‌شکلاتی باقلا در شرایط آزمایشگاهی و کاهنده شدت بیماری در شرایط گلخانه گزارش شده است (Jackson *et al*. 1994). همچنین جدایه‌ای از آن به عنوان عامل افزایش‌دهنده رشد خردل چینی شناخته شده است (Phuwiwat & Soytong 2001).

Penicillium citrinum Thom -۴-۲

پرگنه کند رشد با ریسه‌های سفید مایل به خاکستری و توده‌ی هاگ خاکستری– فیروزه‌ای رنگ و رنگدانه‌های

محلول به‌رنگ زرد کم‌رنگ تا قهوه‌ای مایل‌به قرمز است. کنیدیوم‌بر Biverticillate، با پایه‌ای با سطحی صاف، به طول ۳۰۰ – ۱۰۰ میکرومتر، متولا به طول ۱۵ – ۱۲ میکرومتر، واگرا، با حلقه‌هایی از ۵ – ۳ فیالید فلاسکی‌شکل به طول ۱۲ – ۷ میکرومتر و کنیدیوم‌های کروی تا تقریبا کروی به قطر ۳ – ۲/۲ میکرومتربا سطحی صاف تا کمی زبر هستند. این قارچ سبب افزایش رشد گیاه نخود و مهار بیماری پوسیدگی خاکستری با عامل *Botrytis cinerea* Pers. شده است (Meesala *et al*. 2015). این گونه به عنوان یک درون‌رست (Endophyte) از ریشه گیاه *Ixeris repenes* (L.) A. Gray که در تپه‌های فقیر شنی ساحلی رشد می‌کند جدا شده و مشخص شده که با تحریک تولید مقدار بیشتری هورمون جیبرالین سبب افزایش رشد این گیاه می‌شود (Khan *et al*., 2008).

۲-۵- *Penicillium funiculosum* Thom [Current name: ***Talaromyces funiculosus*** (Thom) Samson, N. Yilmaz, Frisvad & Seifert]

پرگنه زرد- خاکستری رنگ، پشت آن نارنجی قهوه‌ای تا صورتی و قرمز تیره است. کنیدیوم‌برها Biverticillate، با پایه‌ای با سطحی صاف و در انتهای آن‌ها در یک حلقه ۵ تا ۶ متولا، به ابعاد ۳ – ۲ × ۱۳ – ۱۰میکرومتر با ۳ تا۶ فیالید نیزه‌ای و نوک‌تیز، به ابعاد ۲/۵ – ۱/۵ × ۱۲ – ۱۰ میکرومتر وجود دارند. کنیدیوم‌ها تقریبا کروی تا بیضی شکل، به ابعاد ۲/۵ – ۲ × ۳/۵ – ۲/۵ میکرومتر و با سطحی صاف تا کمی زبر هستند. جدایه‌ای از این قارچ شدت بیماری‌های پوسیدگی ریشه فیتوفتورایی آزالیا و پرتقال شیرین (*Citrus sinensis* L.) را در شرایط گلخانه، کاهش داده است (Fang & Tsao 1995).

۲-۶- *Penicillium glabrum* (Wehmer) Westling

پرگنه بعد از ۷ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، به قطر ۴ الی ۵ سانتی‌متر با هاگ‌زایی متوسط تا زیاد، به رنگ سبز روشن تا تیره، گاهی برخی جدایه‌ها ترشحات قهوه‌ای روشن و رنگدانه‌های محلول به‌رنگ زرد روشن تولید می‌کنند. رنگ پشت پرگنه ابتدا زرد و سپس قهوه‌ای تیره می‌شود. کنیدیوم‌برها به رنگ سبز خاکستری، Monoverticillate، پایه با سطحی صاف تا کمی زبر، به ابعاد ۳/۵-۳ ×۱۰۰-۵۰ میکرومتر، در نوک خیلی متورم با یک حلقه ۱۲ – ۱۰ فیالیدی

هستند. فیالیدها فلاسکی‌شکل به ابعاد ۳/۵ – ۳ × ۱۲ – ۸ میکرومتر، کنیدیوم‌ها کروی تا تقریبا کروی، به قطر ۳/۵ – ۳ میکرومتر، با سطحی صاف تا کمی زبر هستند. این قارچ تولید متابولیت سیترومیستین (Citromycetin) می‌کند (Samson *et al.* 2004) . پاشیدن زادمایه جدایه‌ای از این قارچ از سرشاخه‌ها و گل‌های هلو، باعث کاهش معنی‌دار شدت بیماری پوسیدگی قهوه‌ای هلو، ناشی از *Monilinia laxa* (Aderh.& Ruhland)Honey در باغ شده است(Melgarejo *et al*. 1985).

Penicillium griseofulvum Dierckx –۷–۲

پرگنه روی محیط CYA سبز خاکستری رنگ، با قطره‌های ریز به رنگ زرد روشن، رنگ پشت آن کرم تا قهوه‌ای است. کنیدیوم‌بر Terverticillate تا Quaterverticillate، پایه با دیواره صاف به ابعاد ۴ – ۳× ۵۰۰ – ۴۰۰ میکرومتر، با شاخه‌های جانبی به ابعاد ۴ – ۳/۵ × ۲۵ – ۱۵ میکرومتر، متولاهای به ابعاد ۴ – ۳/۵ × ۱۰ – ۷/۵ میکرومتر و فیالیدهای فلاسکی‌شکل به ابعاد ۲/۵ – ۲/۲ × ۶/۵ – ۴/۵ میکرومتر است. کنیدیوم‌ها سبزرنگ با سطحی صاف، بیضی تا تخم‌مرغی‌شکل به ابعاد ۲/۵ – ۲/۲ × ۳/۵ – ۲/۵ میکرومتر هستند. این قارچ متابولیت‌های گریزئوفولوین(Griseofulvin)، اسید سیکلوپیازونیک، پاتولین، راکفورتین C، سیکلوپیامید و سیکلوپیامین تولید می‌کند (Frisvad & Samson 2004, Banani *et al*. 2015). بعضی جدایه‌های این قارچ توانایی مهار بیماری‌های کپک سفید حبوب ناشی از *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary و پوسیدگی خاکستری ساقه و گل‌های عدس ناشی از *Botrytis cinerea* را دارند (Huang & Erickson 2002, Huang *et al*. 2005).

Penicillium oxalicum Currie & Thom–۸–۲

پرگنه روی محیط CYA با رشد سریع و بعد از ۱۰ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به قطر ۶ – ۳/۵ سانتی‌متر ودمای بهینه برای رشد آن ۳۷ درجه است. سطح پرگنه مخملی که به‌دلیل تولید هاگ‌های فراوان، به رنگ سبز مایل به خاکستری به‌نظر می‌رسد و گاهی قطره‌ای براق در آن دیده می‌شود. رنگ پشت پرگنه زرد کرمی تا زرد زردچوبه‌ای یا صورتی است. کنیدیوم‌بر معمولا Asymmetrically biverticillate، با سطحی صاف،متولا ۴–۲ حلقه به ابعاد

(۳۰)۲۵–۱۵ میکرومتر، فیالیدها استوانه‌ای تا نیزه‌ای (Lanceolate) با نوک باریک به ابعاد(۲۰) ۱۵–۱۰ میکرومتر، کنیدیوم‌ها بزرگ، تخم‌مرغی شکل، (۷)۵ – ۳/۵ میکرومتر، با سطحی صاف تا کمی زبر هستند. این قارچ تولید متابولیت‌های مهمی به نام‌های اسید سکالونیکDوF (Secalonic acid D & F) ورکوفورتینC (Roquefortine C) می‌کند. جدایه‌ای از این قارچ از فراریشه ارزن دم‌روباهی، باعث القای مقاومت به بیماری سفیدک کرکی و افزایش رشد این گیاه شده است(Murali *et al*. 2015). همچنین جدایه‌هایی از آن باعث کاهش شدت بیماری پژمردگی آوندی گوجه‌فرنگی در اثر قارچ‌های *Verticillium dahliae* Kleb و *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* W.C.Snyder & H.N.Hansen در شرایط گلخانه و مزرعه شده‌اند (Larena *et al.* 2003, De Cal *et al*. 1997,2000, De Cal & Melgarejo 2001, Sabuquillo *et al*. 2005). اثر متعارضی جدایه‌ای از آن روی *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl جداشده از برنج در شرایط آزمایشگاهی همراه با نفوذ به درون ریسه و تجزیه کنیدیوم‌برو کنیدیوم‌های آن گزارش شده است (Sempere & Santamarina 2010). جدایه‌هایی از این قارچ سبب مهار زیستی بیماری سیست سیب‌زمینی ناشی از دو نماتد *Globodera pallid* (Stone) Behrens و *Globodera rostochiensis* (Wollenweber) Behrens شده‌اند (Martinez-Beringola *et al*. 2013).

۲-۹- *Penicillium purpureogenum* Stoll [Current name: ***Talaromyces purpureogenus*** Samson, Yilmaz, Houbraken, Spierenb., Seifert, Peterson, Varga & Frisvad]

پرگنه روی محیط MEA بعد از ۷ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به قطر ۴/۱ – ۳/۳ سانتی‌متر، ریسه‌ها سفید تا نارنجی رنگ با هاگ‌زایی متوسط به رنگ سبز تیره، پشت آن به رنگ زرد- قهوه‌ای تا نارنجی- قهوه‌ای است. کنیدیوم‌برها Biverticilate، با پایه‌ای با سطحی صاف و ابعاد ۳/۵ – ۲/۵ × ۲۵۰ – ۱۵۰ میکرومتر، متولاها به ابعاد ۴ – ۲/۵ × ۱۴/۵ – ۱۲ میکرومتر و فیالیدها به ابعاد ۳ – ۲ × ۱۳/۵ – ۱۲ میکرومترهستند. کنیدیوم‌ها با سطحی صاف تا کمی‌زبر، بیضی تا تخم‌مرغی شکل،به ابعاد ۲/۵ – ۲ × ۳/۵ – ۳ میکرومتر و دیواره‌ای نازک هستند

(Yilmaz *et al*. 2012). جدایه‌ای از این قارچ از سرشاخه هلو در مهار بیماری سوختگی سرشاخه هلو ناشی از *M. laxa* با موفقیت استفاده شده است (De Cal *et al*. 1992).

۲-۱۰-*Penicillium simplicissimum* (Oudem.) Thom

پرگنه روی محیط CYA بعد از ۷ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، به قطر ۵/۳ – ۴/۷ سانتی‌متر، به رنگ سبز مایل به خاکستری، فاقد رنگدانه‌های محلول، رنگ پشت پرگنه زرد مایل به خاکستری تا خاکستری مایل به نارنجی است. کنیدیوم‌برها، اغلب Biverticillate، بعضی Monoverticillate یا Terverticillate، پایه به ابعاد ۳۱۶ – ۳۰۸ × ۲/۸ – ۱/۶ میکرومتر، با سطحی کمی زبر تا زبر و دیواره‌ای کم و بیش ضخیم، متولا به ابعاد ۱۶/۶ – ۶/ ۹ × ۲/۸ – ۱/۲ میکرومتر، فیالیدها در ۶–۲ حلقه، کشیده و نوک‌تیز، به ابعاد ۱۱/۶ – ۸ ×۲/۸ – ۲ میکرومتر هستند. کنیدیوم‌ها تقریبا کروی، بعضی بیضی،تخم‌مرغی، تا گلابی‌شکل،به ابعاد ۳/۸ – ۲/۴ × ۳/۳ – ۲ میکرومتر، بادیواره‌ی ضخیم و سطحی زبر می‌باشند. جدایه‌ای از این قارچ سبب مهار زیستی بیماری پوسیدگی فیتوفتورایی ریشه آزالیا شده است (Ownley & Benson 1992).

نتیجه‌گیری

بعضی جدایه‌های ده گونه‌ی *Penicillium* ، که اغلب به حالت گندرو در بقایای گیاهی در خاک، فرآورده‌های گیاهی، میوه‌های تازه و آبدار آسیب‌دیده یا میوه‌ها و دانه‌های انباری زندگی می‌کنند، توانایی تولید مواد بازدارنده از رشد بیمارگرهای گیاهی و کاهش شدت بیماری‌هایی مانند پوسیدگی فیتوفتورایی ریشه پرتقال و آزالیا ، کپک سفید و خاکستری حبوب، پوسیدگی قهوه‌ای هلو، سوختگی دیرهنگام و سیست سیب‌زمینی را دارند و بعضی به عنوان ریزجانداران افزایش دهنده رشد گیاهان شناخته شده‌اند. از بین این قارچ‌ها *P. aurantiogriseum* ، *P. chrysogenum* ، *P. citrinum*، *P. funiculosum* ، *P. glabrum* ،*P. griseofulvum* ، *P. oxalicum* و *P. purpureogenum* از روی بادام‌زمینی، ذرت، کنجد و جو در ایران گزارش شده‌اند(ارشاد ۱۳۸۸)، بنابراین شناسایی و کاربرد جدایه‌های موثر آن‌ها برای مبارزه با بیماری‌های گیاهی و یا افزایش رشد گیاهان را می‌توان **پیشنهاد** کرد.

References

منابع

۱. ارشاد ج. ۱۳۸۸. قارچ‌های ایران. موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، تهران، ایران، ۵۳۱ص.

2. Banani H., Marcet-Houben M., Ballester A. R., Abbruscato P., González-Candelas L., Gabaldón T. & Spadaro D. 2015. Genome sequencing and secondary metabolism of the postharvest pathogen *Penicillium griseofulvum. BioMediCentral Genomics* 17:19.
3. De Cal A. & Melgarejo P. 2001. Repeated applications of *Penicillium oxalicum* prolongs biocontrol of *Fusarium* wilt of tomato plants. *European Journal of Plant Pathology* 107**:**805–811.
4. De Cal A., Garcia-Lepe R. and Melgarejo P. 2000. Induced resistance by *Penicillium oxalicum* against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*: Histological studies of infected and induced tomato stems. *Phytopathology* 90:260-268.
5. De Cal A., M-Sagasta E. & Melgarejo P. 1990. Biological control of peach twig blight (*Monilinia laxa*) with *Penicillium frequentans*. *Plant Pathology* 39:612–618.
6. De Cal A., Pascual S. & Melgarejo P. 1997. Involvement of resistance induction by *Penicillium oxalicum* in the biocontrol of tomato wilt. *Plant Pathologey* 46:72–79.
7. De Cal, A., Pascual S. & Melgarejo P. 1992. Nutritional requirements of antagonists to peach twig blight, *Monilinia laxa*, in relation to biocontrol. *Mycopathologia* 121: 21-26.
8. Fang J. G. & Tsao P. H. 1995. Efficacy of *Penicillium funiculosum* as a biological control agent against *Phytophthora* root rots of azalea and citrus. *Phytopathology* 85:871-878.
9. Frisvad J. C. 1981. Physiological criteria and mycotoxin production as aids in identification of common asymmetric Penicillia. *Applied and Environmental Microbiology* 41:568-579.
10. Frisvad J. C. & Samson R. A. 2004. Polyphasic taxonomy of *Penicillium* subgenus *Penicillium*. A guide to identification of food and air-borne terverticillate Penicillia and their mycotoxins. *Studies in Mycology* 49:1–174.
11. Frisvad J. C. Andersen B. & Thrane U. 2008. The use of secondary metabolite profiling in fungal taxonomy. *Mycological Research* 112:231–240.

12. Guijarro B., Larena I., Melgarejo P. & De Cal A. 2006. Effect of drying on conidial viability of *Penicillium frequentans*, a biological control agent against peach brown rot disease caused by *Monilinia* spp. *Biocontrol Sci. Technol.* 16:257–269.
13. Guijarro B., Melgarejo P. & De Cal A. 2007 Relationship between shelf-life of *Penicillium frequentans*, a biological agent against brown rot disease, and its efficacy against peach brown rot. *Int. J. Food Microbiol*. 113:117–124.
14. Guijarro B., Melgarejo P., Torres R., Lamarca N., Usall J. & De Cal A. 2007. Effects of different biological formulations of *Penicillium frequentans* on brown rot of peaches. *Journal of Biological Control* 42: 86–96.
15. Gupta, H., Singh B.P. & Mohan J. 2004. Biocontrol of late blight of potato. *Potato Journal* 31(1-2):39–42.
16. Huang H. C. & Erickson R. S. 2002. Biological control of *Botrytis* stem and blossom blight of lentil. *Plant Pathology Bulletin* 11:7- 14.
17. Huang H. C., Erickson R. S., Chang C., Moyer J. R., Larney F. J. & Huang J. W. 2005. Control of white mold of bean caused by *Sclerotinia sclerotiorum* using organic soil amendments and biocontrol agents. *Plant Pathology Bulletin* 14:183-190.
18. Jackson A. J., Wal Ters D. R. & Marshall G. 1994. Evaluation of *Penicillium chrysogenum* and its antifungal extracts as potential biological control agents against *Botrytis fabae* on faba beans. *Mycology Researches* 98(10):1117-1126.
19. Khan S. A., Hamayun M., Yoon H., Kim H. Y., Suh S. J., Hwang S. K Kim J. M., Lee I. J., Choo Y. S., Yoon U. H., Kong W.S., Lee B. M. & Kim J. G. 2008. Plant growth promotion and *Penicillium citrinum. BMC Microbiology* 8:1-10.
20. Klitgaard A., Iversen A., & Andersen M. R. 2014. Aggressive dereliction using UHPLC-DAD-QTOF–screening extracts for up to 3000 fungal secondary metabolites. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 406:1933–1943.
21. Larena I., Sabuquillo P., Melgarejo P. & De Cal A. 2003. Biocontrol of *Fusarium* and *Verticillium* wilt of tomato by *Penicillium oxalicum* under greenhouse and field conditions. *Journal of Phytopathology* 151:507–512.
22. Lund F. 1995. Differentiating *Penicillium* species by detection of indole metabolites using a filter paper method. *Letters in Applied Microbiology* 20:228-231.

23. Martinez-Beringola M. L., Salto T., Vázquez G., Larena I., Melgarejo P. & De Cal A. 2013. *Penicillium oxalicum* reduces the number of cysts and juveniles of potato cyst nematodes. *Journal of Applied Microbiology* 115(1):199-206.

24. Mathew J. A. & Jayachandran K. 2010. Endophytic *Penicillium citrinum* Thom. from *Scoparia dulcis* Linn. *Indian Journal of Microbiology* 50:99–102.

25. Meesala S., Subramaniam G., Torunn M. M., Nebojsa S., Per B., Mamta S., Vadlamudi S. & Gottumukkala A. 2015. Biological control of *Botrytis cinerea* and plant growth promotion potential by *Penicillium citrinum* in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Biocontrol Science and Technology* 25:729-755.

26. Melgarejo P., Carrillo R. M. & Sagasta E. 1985. Mycoflora of peach twigs and flowers and its possible significance in biological control of *Monilinia laxa*. *Transactions of the British Mycological Society* 85:313–317.

27. Melgarejo P., Carrillo R. M. & Sagasta E. 1986. Potential for biological control of *Monilinia laxa* in peach twigs. *Crop Protection* 5:422–426.

28. Mirhendi H., Diba K., Kordbacheh P., Jalalizand N. & Makimura K. 2007. Identification of Pathogenic *Aspergillus* species by a PCR-restriction enzyme method. *Journal of Medical Microbiology* 56 (11): 1568-70.

29. Murali M. & Amruthesh K. N. 2015. Plant growth-promoting fungus *Penicillium oxalicum* enhances plant growth and induces resistance in pearl millet against downy mildew disease. *Journal of Phytopathology* 163:743–754

30. Ownley B. H. & Benson D. M. 1992. Evaluation of *Penicillium janthinellum* as a biological control of *Phytophthora* root rot of Azalea. *Hort. Sci.* 117(3):407-410.

31. Phuwiwat W. & Soytong, K. 2001. The effect *of Penicillium notatum* on plant growth. *Fungal Diversity* 8:143-148.

32. Sabuquillo P., De Cal A. & Melgarejo P. 2005. Dispersal improvement of a powder formulation of *Penicillium oxalicum*, a biocontrol agent of tomato wilt. *Plant Disease* 89:1317–1323.

33. Samson R. A., Hadlok R. & Stolk A. C. 1977. A taxonomic study of the *Penicillium chrysogenum* series. *Antonie van Leeuwenhoek* 43(2):169–175.

34. Samson R.A., Hoekstra E.S. & Frisvad J.C. 2004. Introduction to Food- and Airborne Fungi. 7th ed. CBS, Netherlands, 389p.

35. Sempere F. & Santamarina M. P. 2010. Study of the interactions between *Penicillium oxalicum* Currie & Thom and *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler. *Brazilian Journal of Microbiology* 41: http://dx.doi.org/10.1590/S1517-83822010005000003

36. Visagie C. M., Houbraken J., Frisvad J. C., Hong S.B., Klaassen C.H., Perrone G., Seifert K. A., Varga J., Yaguchi T. & Samson R. A. 2014. Identification and nomenclature of the genus *Penicillium*. *Study in Mycology* 78:343-371.

37. Yilmaz N. , Houbraken J., Hoekstra E. S. ,Frisvad J. C. , Visagie C. M. & Samson R.A. 2012. delimitation and characterisation of *Talaromyces purpurogenus* and related species. *Persoonia* 29:39–54.

Ten Useful *Penicillium* Species

MEHDI SADRAVI ✉ & **MAHYA RAHIMIZADEH**

Associate Professor & M.Sc. Student of Plant Pathology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran

(✉Corresponding author: msadravi@yu.ac.ir)

Received: 12.10.2015 Accepted: 01.03.2016

Sadravi M. & Rahimizadeh M. 2016. Ten useful *Penicillium* species. *Plant Pathology Science* 5(1):1-13.

Abstract

Penicillium species have saprophytic live on plants debris, in the soil and also on some plant products, fresh and juicy damaged fruits as well as the storage fruit and grains. They can characterized by studying the features of their colony, conidiophores, phialids and conidia on selective culture media. The ability of some isolates of *P. aurantiogriseum*, *P. bilaiae*, *P. chrysogenum*, *P. citrinum*, *P. funiculosus*, *P. glabrum, P. griseofulvum*, *P. oxalicum*, *P. purpurogenum* and *P. simplicissimum* to control plants diseases such as *Fusarium* and *Verticillium* wilt of tomato, pulse white and gray molds, brown rot and blight twig of peach, late blight and cyst of potato has been proved. They also can act as plant growth promoter. Key morphological characteristics of these ten species of *Penicillium* is described in this paper. Most of these species are reported from Iran, thus identification and use of the efficient isolates of them can be suggested in management of plants diseases or in enhancement of plants growth programs.

Key words: *Fusarium*, *Globodera*, *Penicillium*, *Verticillium*