محور مقاله: بیولوژی خاک و کودهای زیستی

بررسی مقاومت به خشکی جدایه‌های محرک رشد گیاهی قارچ‌های *تریکودرما* جهت استفاده به عنوان یک کود بیولوژیک مناسب در مناطق گرم و خشک

هاجره تب[۱]، پیمان عباس‌زاده دهجی*[۲]، حسین علایی[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

[۲] استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

[۳] دانشیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

چکیده

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که رشد و عملکرد گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد. استفاده از قارچ‌های تریکودرمای مقاوم به خشکی یک راهبرد موثر برای تسهیل رشد گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. بدین منظور تعداد ۴۳ جدایه قارچ از آزمایشگاه بیماری بانک ژن دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان تهیه و میزان مقاومت آنها به خشکی اندازه‌گیری گردید. جهت بررسی مقاومت به خشکی جدایه‌های مختلف از محیط کشت پوتیتو دکستروز براث (PDB) با غلظت‌های ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد پلی‌اتیلن گلیکول[۱] (PEG) که به ترتیب حدود پتانسیل‌های معادل ۰، ۵-، ۱۰-، ۲۰-، ۳۰- بار بود استفاده شد. نتایج نشان داد که مقاومت هریک از جدایه‌های قارچ *تریکودرما* در هر سطح خشکی با یکدیگر متفاوت بود. نتایج حاکی از آن بود که در سطح ۱۰ درصد PEG جدایه T_{11} با داشتن ۹۵ درصد رشد بیشترین میزان رشد در این سطح خشکی را در مقایسه با شاهد (بدون استفاده از PEG) به خود اختصاص داد و مقاوم‌ترین جدایه در این سطح خشکی شناسایی شد. کمترین مقاومت به خشکی در سطح ۱۰ درصد PEG مربوط به T_{36} با ۵۳/۵ درصد رشد بود و حساس‌ترین جدایه نسبت به تنش خشکی در این سطح شناخته شد. در سطح ۲۰ درصد PEG جدایه‌های T_{41} و T_{34} به ترتیب با ۸۹/۸ و ۸۹/۴ درصد رشد بیشترین مقاومت به خشکی را به خود اختصاص دادند و هم‌چنین جدایه‌های T_{16} و T_{36} در این سطح رشد نکردند. در سطح ۳۰ درصد PEG بیشترین مقاومت به خشکی مربوط به جدایه T_{28} با ۷۷/۲ درصد رشد بود و کمترین مقاومت مربوط به جدایه‌های T_4 و T_{15} و T_{16} و T_{36} بود که رشدی نداشتند. در سطح ۴۰ درصد PEG هم بیشترین مقاومت به خشکی مربوط به جدایه T_{28} با ۷۰/۸ درصد رشد در مقایسه با شاهد بود و کمترین مقاومت هم مربوط به T_4 و T_{15} و T_{16} و T_{26} و T_{36} بود که در این سطح رشد نکردند. این آزمایش هم‌چنین نشان داد که دو جدایه T_{28} و T_{30} به تمام سطوح خشکی مقاومت قابل توجهی نشان دادند. لذا با توجه به نتایج این تحقیق و با شناسایی و بررسی صفات محرک رشدی این جدایه‌ها، می‌توان از جدایه‌های برتر به‌عنوان کود بیولوژیک با انجام آزمایش‌های گلخانه‌ای و مزرعه‌ای در شرایط تنش خشکی استفاده کرد.

کلمات کلیدی: پوتیتو دکستروز براث، پلی‌اتیلن گلیکول، تنش خشکی، *تریکودرما*

مقدمه

شرایط نامساعد محیطی از جمله خشک‌سالی مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش محیطی است که هر ساله خسارت‌های هنگفتی به محصولات کشاورزی در جهان به‌خصوص ایران که به عنوان کشوری خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود، وارد می‌نماید. در ایران خشکی و کم‌آبی همواره یکی از مهم‌ترین مسائل و مشکلات کشاورزی بوده به‌طوری‌که کشور ما با متوسط نزولات آسمانی معادل ۲۴۰ میلی‌متر در زمره‌ی مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا طبقه‌بندی می‌شود (Modarrees و همکاران، ۲۰۰۷). تنش خشکی رشد و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار داده که باعث کاهش تعرق، هدایت روزنه‌ای، فتوسنتز و جذب آب توسط سیستم ریشه‌ای و به‌هم‌خوردن موازنه‌ی هورمونی در گیاه می‌گردد (Khalafallah و همکاران ۲۰۰۸). به طور میانگین بیش از ۵۰ درصد عملکرد بسیاری از محصولات گیاهی در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد (Zlatev و همکاران، ۲۰۱۲). ضرورت افزایش عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی منجر به استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی شده که آلودگی‌های زیست محیطی جدی را ایجاد کرده است. استفاده از عوامل بیولوژیک که در بهبود استفاده از عناصر غذایی موجود در خاک و تحریک رشد گیاهی نقش دارند جانشین مناسبی

* ایمیل نویسنده مسئول: P.abbaszadeh@vru.ac.ir

[1] Polyethylene glycol

برای افزایش تولید با کم‌ترین اثرات اکولوژیکی می‌باشد (Hermosa و همکاران، ۲۰۱۲). بدون تردید کاربرد کودهای بیولوژیک علاوه بر اثرات مثبتی که بر خصوصیات خاک دارند، از جنبه‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی نیز مثمر ثمر هستند و می‌توانند به عنوان جایگزینی مناسب برای کودهای شیمیایی باشند. در حال حاضر نگرش‌های جدیدی که در ارتباط با کشاورزی تحت عنوان کشاورزی پایدار، ارگانیک و بیولوژیک مطرح است بر مبنای بهره‌برداری از چنین منابعی استوار است (Saleh Rastin، ۲۰۰۱). یکی از راه‌های بیولوژیک افزایش رشد گیاهان در تنش خشکی استفاده از میکروارگانیسم‌هایی مانند قارچ‌های مایکوریز، ریزوبیوم‌ها، ریزوباکتری‌ها و قارچ‌های اندوفیت است که در افزایش رشد گیاه و تعدیل فرآیندهای فیزیولوژیکی نقش مهمی بازی می‌کنند (Ali و همکاران، ۲۰۱۴). *تریکودرما* قارچی است که در ریزوسفر و بسیار نزدیک به ریشه‌های گیاهان یافت می‌شود. کلنیزاسیون گیاهان با قارچ *تریکودرما* سرعت توسعه، افزایش عملکرد و تحمل به شرایط تنش‌های مختلف را در گیاهان فراهم می‌کند (Hashem و همکاران، ۲۰۱۴). این قارچ از طریق مکانیسم‌های مختلفی بر رشد گیاهان تاثیر می‌گذارد و با فعالیت‌های زیستی که در خاک انجام می‌دهد می‌تواند باعث افزایش معدنی شدن عناصر و به‌تبع آن افزایش طول ریشه و تعداد ریشه‌های مویین برای اشغال کردن بیشتر فضای خاک برای جذب عناصر شود. همچنین این قارچ‌ها می‌توانند با تولید عوامل کلات‌کننده آهن مانند سیدروفور و عوامل کنترل کننده پاتوژن‌های گیاهی مانند سیانید هیدروژن باعث افزایش رشد گیاه شوند (Zang و همکاران، ۲۰۱۳). توان ترشح آنزیم‌های مختلف خارج سلولی در خاک، توان بالای کلنیزاسیون فراریشه، قدرت همزیستی در ریشه، توان اسپورزایی زیاد، تحمل به تنش و سایر ترکیبات موجود در محیط خاک و ریشه از خصوصیات مهم گونه‌های مختلف جنس *تریکودرما* به حساب می‌آید (Harman و همکاران، ۲۰۰۴).

تریکودرما نقش مهمی در آزاد کردن بعضی از متابولیت‌ها مثل فیتوهورمون‌ها دارند که باعث افزایش رشد گیاه تحت تنش خشکی می‌شود (Chepsergon و همکاران، ۲۰۱۴). گونه‌های مختلف *تریکودرما* علاوه بر تولید اکسین، توانایی تولید اسیدهای‌آلی مانند اسیدگلوکونیک، سیتریک و فوماریک را نیز دارند و این قارچ‌ها می‌توانند با تولید این اسیدهای آلی و کاهش pH خاک، فسفات و برخی عناصر مانند آهن، منیزیم و منگنز را به فرم قابل جذب درآورده تا به آسانی در اختیار گیاه قرار گیرند (Benitez و همکاران، ۲۰۰۴). *تریکودرما* با چندین مکانیسم شامل افزایش جذب عناصرغذایی (Harman و همکاران، ۲۰۰۴)، بهبود رشد ریشه، افزایش ظرفیت نگهداری آب در گیاه و ایجاد سازگاری مورفولوژیکی در گیاه (Doni و همکاران ۲۰۱۴)، تولید اکسین و سیدروفور و افزایش رشد ریشه (Rawat و همکاران، ۲۰۱۱)، بیان پروتئین‌های دفاعی در گیاه (Thakur و همکاران، ۲۰۱۳)، حلالیت ترکیبات نامحلول فسفر (Sara-vanakumar و همکاران، ۲۰۱۳) و حفاظت آنتی‌اکسیدانی گیاه علیه خسارت ناشی از کمبود آب (Brotman و همکاران، ۲۰۱۳) می‌تواند رشد گیاه در شرایط خشکی را افزایش دهد.

گزارش شده که مایه‌کوبی فلفل با سویهٔ *T. harzianum* T203 سبب بهبود شاخص‌های رشدی ارتفاع گیاه، طول ریشه و وزن خشک گیاه به ترتیب به میزان ۲۳، ۴۷ و ۲۸ درصد شد و گیاهان مایه‌کوبی شده نسبت به گروه شاهد رشد بهتر، قوی‌تر و کلروفیل بالاتری داشتند (Joshi و همکاران، ۲۰۱۰). Mona و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که تنش خشکی باعث کاهش سطح هورمون‌هایی مانند اکسین و جیبرلین در گیاه گوجه‌فرنگی گردید و تلقیح قارچ *T. harzianum* به گیاه گوجه‌فرنگی تحت تنش خشکی باعث افزایش ۴۰/۰، ۳۸/۵ و ۲۷/۰ درصدی غلظت اکسین، جیبرلین و دیگر فیتوهورمون‌ها تحت تنش خشکی شد. Mastouri و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که تلقیح گیاه گوجه‌فرنگی با قارچ *T. harzianum* باعث کاهش تنش خشکی در این گیاه شد. این محققین افزایش رشد در این گیاه را به افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌دلیل استفاده از قارچ *تریکودرما* نسبت دادند. *تریکودرما* در شرایط تنش خشکی باعث افزایش کلروپلاست و افزایش کارایی فتوسنتز شده و هم‌چنین می‌تواند باعث کاهش خسارت آنیون‌های سوپراکسید و دیگر گونه‌های فعال که در فتوسنتز حضور دارند، شود (Mastouri و همکاران، ۲۰۱۰). *تریکودرما* از طریق افزایش آنزیم‌هایی مانند کاتالاز، سوپراکسیددسموتاز و پراکسیداز سبب افزایش تحمل به خشکی می‌گردد (Shoresh و همکاران، ۲۰۰۸)

بنابراین با توجه به نقش این قارچ‌های محرک رشد گیاه در افزایش مقاومت به شرایط تنش خشکی و تحریک رشد در این شرایط از آن می‌توان به عنوان یک روش بیولوژیک، مفید و سالم برای افزایش مقاومت گیاهان در شرایط تنش خشکی استفاده کرد. بدین منظور مقاومت به خشکی ۴۳ جدایه *تریکودرمای* محرک رشد گیاه به‌منظور انتخاب چند جدایه مقاوم به خشکی بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی میزان تحمل جدایه‌ها به سطوح مختلف خشکی، ۴۳ جدایه از قارچ *تریکودرما* که قبلا صفات محرک رشدی آنها اندازه‌گیری شده بود از بانک ژن دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان تهیه گردید. محیط کشت PDB[2]با غلظت‌های ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ (PEG) (به ازای هر لیتر محیط کشت PDB) تهیه شد که به ترتیب پتانسیل‌های آبی ۰، ۵-، ۱۰-، ۲۰- و ۳۰- بار را ایجاد می‌کند. توان رشد قارچ‌ها با اندازه‌گیری میزان وزن خشک اسپور و میسلیوم تولید شده توسط قارچ‌ها بعد از ۷۲ ساعت اندازه‌گیری و درصد رشد قارچ در شرایط سطوح مختلف پلی‌اتیلن گلیکول در مقایسه با کنترل (بدون پلی‌اتیلن گلیکول) محاسبه گردید (Asghar و همکاران، ۲۰۱۵). این آزمایش در قالب طرح کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه واریانس تمامی داده‌ها با استفاده از نرم افزارSAS صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. جدول‌ها با استفاده از برنامه‌های Word ارائه شد.

نتایج و بحث

در جدول تجزیه واریانس، تاثیر تنش‌های خشکی در سطوح مختلف برروی جدایه‌های قارچ آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود تاثیر هر چهار سطح خشکی بر درصد رشد جدایه‌های قارچ در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس تاثیر درصدهای مختلف PEG بر درصد رشد جدایه‌های قارچی در مقایسه با شاهد (بدون PEG)

منابع تغییرات	درجه آزادی	۱۰٪	۲۰٪	۳۰٪	۴۰٪
قارچ	۴۲	۳۳۶**	۴۰۴**	۴۴۵**	۵۳۷**
خطا	۸۶	۳۸/۷	۳۷/۰	۲۹/۸	۲۰/۱
ضریب تغییرات		۷/۹۸	۹/۴۲	۱۰/۴	۱۰/۱

** نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر اساس آزمون دانکن

همانطورکه در جدول ۲ مشاهده می‌شود نتایج مقایسه میانگین نشان داد که اکثر جدایه‌ها تا۴۰٪ تنش خشکی را تحمل نموده و رشد کرده‌اند. براساس نتایج بیشترین مقاومت به خشکی مربوط به جدایه T_{28} در سطح ۴۰ درصد PEG با ۷۰/۸ درصد رشد در مقایسه با شاهد (بدون استفاده از PEG) می‌باشد. پس از آن جدایه‌های T_{30}، T_{34} و T_{21} به ترتیب با ۶۷/۱، ۶۵/۴ و ۶۳/۷ درصد رشد در مقایسه با شاهد، بیشترین مقاومت به تنش خشکی را در سطح ۴۰ درصد خشکی داشتند. کمترین مقاومت در این سطح مربوط به جدایه‌های T_4، T_{15}، T_{16}، T_{26} و T_{36} بود که در این سطح خشکی رشد نکردند. در سطح ۳۰ درصد PEG بیشترین رشد مربوط به جدایه T_{28} با ۷۷/۲ درصد رشد بود. جدایه‌های T_4، T_{15}، T_{16} و T_{36} در این سطح خشکی رشد نکردند. در سطح ۲۰ درصد PEG جدایه‌های T_{41} و T_{34} به ترتیب با ۸۹/۸ و ۸۹/۴ درصد رشد در مقایسه با شاهد بیشترین مقاومت را نشان دادند. جدایه‌های T_{40} و T_{30} به‌ترتیب با ۷۹/۳ و ۷۹/۸ درصد رشد در مقایسه با شاهد در رتبه سوم و چهارم مقاوم به خشکی بودند. همچنین جدایه‌های T_{15}، T_{16} و T_{36} در این سطح رشدی نداشتند. در سطح ۱۰ درصد PEG بیشترین مقاومت به خشکی را T_{11} با ۹۵ درصد رشد در مقایسه با شاهد به خود اختصاص داد. همچنین جدایه‌های T_{23}، T_{26}، T_{34}، T_{35}، T_{41}، T_{40}، T_{31}، T_{28}، T_{24} و T_{15} در سطح ۱۰ درصد PEG رشدشان در مقایسه با شاهد بیش

[2] Potato Dextrose Broth

از ۸۰ درصد بود. Daniel و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند قارچ *تریکودرما* باعث کاهش تنش محیطی و بالا بردن مقاومت به استرس خشکی در گیاه از طریق افزایش نفوذپذیری ریشه در پروفیل خاک می‌شود. انتخاب جدایه‌های مقاوم به خشکی یکی از مهمترین عواملی است که در کاربرد قارچ‌های *تریکودرما* در شرایط خشکی باید درنظر گرفت. قارچ‌های *تریکودرما* می‌توانند با مکانیسم‌های مختلفی باعث افزایش رشد گیاهان شوند. این مکانیسم‌ها شامل ساخت فیتوهورمون‌ها، افزایش دسترسی گیاه به فسفر را از طریق تجزیه‌ی آنزیمی و غیر آنزیمی فسفات‌های نامحلول آلی و معدنی، گسترش سیستم ریشه‌ای، فعالیت‌های آنزیمی چون ACC-دآمیناز، افزایش گره‌زایی و تثبیت زیستی نیتروژن مولکولی می‌باشد (Antoun و همکاران، ۲۰۰۱). در گیاهان برنج تلقیح شده با *Trichoderma harzianum* t35 تحمل به خشکی، فعالیت آنزیم آنتی اکسیدان، سوپر اکسید دسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT) و آسکوربیک اسید پراکسیداز (APX) افزایش یافت و از این راه از آسیب اکسیداتیو برنج با حذف سریع اکسیژن فعال (ROS) جلوگیری به‌عمل آمد (Gusain و همکاران، ۲۰۱۴). تلقیح گیاهان با *تریکودرما* در شرایط تنش خشکی می‌تواند باعث افزایش طول ساقه، طول ریشه، مقدار پرولین و پروتئین در گیاه شود (Mona و همکاران، ۲۰۱۷). زمانی‌که گیاهان در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرند، مقدار ROS در گیاه افزایش می‌یابد و به حد سمی می‌رسد (Mittler، ۲۰۰۲). در این شرایط قارچ *تریکودرما* می‌تواند غلظت ROS را از طریق بیان ژن‌های ترکیب دهنده‌ی آنزیم‌ها کاهش دهد (Chepsergon و همکاران، ۲۰۱۴).

جدول۲- نتایج مقایسه میانگین درصد رشد قارچ‌های مختلف *تریکودرما* در درصدهای مختلف PEG در مقایسه با شاهد

	۰٪	٪۱۰	٪۲۰	٪۳۰	٪۴۰
T_1	۱۰۰a	۵۶/۴qr	۶۱/۳jp	۵۲/۲hk	۴۱/۳jk
T_2	۱۰۰a	۷۰/۳kp	۶۱/۳FM	۵۵/۱FJ	۴۷/۷hj
T_3	۱۰۰a	۷۸/۱em	۷۲/۱bd	۴۵/۱jl	۲۷/۶mo
T_4	۱۰۰a	۶۳/۹nr	۰/۰۰s	۰/۰۰s	۰/۰۰s
T_5	۱۰۰a	۷۴/۰hn	۵۶/۰kp	۵۱/۷hk	۲۴/۴o
T_6	۱۰۰a	۸۶/۱ah	۶۲/۳em	۵۴/۲gj	۴۸/۰gj
T_7	۱۰۰a	۵۹/۲pr	۴۸/۸nq	۳۴/۷ln	۲۳/۸o
T_8	۱۰۰a	۷۱/۰kp	۴۹/۳nq	۳۷/۷lm	۳۲/۴lo
T_9	۱۰۰a	۹۰/۶ad	۵۰/۶mq	۲۶/۶n	۲۶/۵nq
T_{10}	۱۰۰a	۶۸/۲lp	۵۷/۰jo	۳۵/۵ln	۲۷/۲mo
T_{11}	۱۰۰a	۹۵/۰a	۶۸/۷bi	۳۵/۰ln	۳۰/۹lo
T_{12}	۱۰۰a	۶۱/۶or	۵۸/۷hn	۴۳/۷kl	۳۰/۱lo
T_{13}	۱۰۰a	۷۴/۷ck	۴۱/۲q	۳۶/۷ln	۲۸/۳mo
T_{14}	۱۰۰a	۷۴/۷g	۵۴/۶kp	۴۳/۵kl	۳۴/۹kn
T_{15}	۱۰۰a	۸۴/۶aj	۰/۰۰s	۰/۰۰s	۰/۰۰s
T_{16}	۱۰۰a	۶۶/۹nq	۰/۰۰s	۰/۰۰s	۰/۰۰s
T_{17}	۱۰۰a	۶۹/۱kp	۴۶/۸oq	۴۱/۷Lm	۳۵/۱kn
T_{18}	۱۰۰a	۷۵/۲gn	۵۱/۵۱q	۳۸/۳lm	۳۳/۶kn
T_{19}	۱۰۰a	۷۲/۶jo	۶۰/۲gn	۵۷/۳di	۵۳/۲ei
T_{20}	۱۰۰a	۷۸/۴dm	۶۳/۰el	۵۵/۶fj	۴۹/۱gj
T_{21}	۱۰۰a	۸۸/۵fe	۶۹/۲bh	۶۶/۷be	۶۳/۷ad
T_{22}	۱۰۰a	۷۵/۷gn	۷۰/۶bh	۵۹/۴di	۵۶/۵dg

T_{23}	۱۰۰a	۹۰/۸ac	۷۰/۰bh	۶۵/۴bf	۴۹/۷gi
T_{24}	۱۰۰a	۸۵/۴ah	۶۲/۱em	۵۴/۹fj	۵۴/۱ei
T_{25}	۱۰۰a	۷۷/۰fm	۶۶/۴dk	۵۳/۲hk	۴۶/۳ij
T_{26}	۱۰۰a	۹۱/۷ac	۶۶/۸cj	۵۶/۵ei	۰/۰s
T_{27}	۱۰۰a	۸۰/۲cl	۷۷/۶bd	۶۲/۳bh	۵۵/۷dh
T_{28}	۱۰۰a	۸۶/۵ag	۷۸/۵bc	۷۷/۲a	۷۰/۸a
T_{29}	۱۰۰a	۶۸/۱mp	۶۴/۰ek	۵۷/۷di	۵۴/۲ei
T_{30}	۱۰۰a	۸۹/۰fe	۷۹/۸ab	۷۱/۷ab	۶۷/۱ab
T_{31}	۱۰۰a	۸۶/۷ag	۶۸/۲bi	۴۳/۷kl	۳۵/۶km
T_{32}	۱۰۰a	۷۹/۶cl	۷۳/۶be	۶۷/۶ad	۶۱/۰be
T_{33}	۱۰۰a	۷۰/۳kp	۶۹/۲bh	۶۴/۶bg	۵۸/۷cf
T_{34}	۱۰۰a	۹۲/۵ab	۸۹/۴a	۷۰/۷ac	۶۵/۴ac
T_{35}	۱۰۰a	۹۰/۳ae	۷۳/۰bf	۶۰/۸ci	۵۱/۹fi
T_{36}	۱۰۰a	۵۳/۵r	۰/۰۰s	۰/۰۰s	۰/۰۰s
T_{37}	۱۰۰a	۷۱/۲ko	۶۶/۴dk	۵۴/۳gj	۳۷/۲kl
T_{38}	۱۰۰a	۷۹/۵cl	۶۱/۳fm	۵۶/۱fi	۵۳/۲ei
T_{39}	۱۰۰a	۸۵/۲ci	۷۷/۹bd	۵۷/۷di	۵۲/۳fi
T_{40}	۱۰۰a	۸۹/۴ae	۷۹/۳ab	۶۵/۲bf	۳۳/۹kn
T_{41}	۱۰۰a	۹۲/۵ab	۸۹/۸a	۵۰/۹ik	۴۵/۸ij
T_{42}	۱۰۰a	۷۳/۱io	۶۱/۹em	۵۴/۳gj	۴۸/۰gj
T_{43}	۱۰۰a	۷۷/۱fm	۴۴/۷pq	۳۲/۸mn	۲۸/۹lo

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون دانکن می‌باشد

نتیجه‌گیری کلی

در اکثر مناطق ایران مشکل کم‌آبی یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش دهنده‌ی رشد گیاه است. با توجه به این‌که که تعدادی از جدایه‌ها مانند T_{21}، T_{28} و T_{30} توانایی بالایی در مقاومت به خشکی در سطوح مختلف PEG داشتند، احتمالا استفاده از این جدایه‌ها می‌تواند نقش موثری در افزایش رشد گیاهان در شرایط تنش خشکی داشته باشند. به منظور اثبات این فرضیه انجام آزمون گلخانه‌ای و مزرعه‌ای الزامی می‌باشد.

منابع

Ali, S., Charles, T, C. and Glick, B. R. 2014. Amelioration of high salinity stress damage by plant growth-promoting bacterial endophytes that contain ACC deaminase. Plant Physiology and Biochemistry, 80, 160-167.

Antoun, H., and Kloepper, J. W. 2001. Plant growth promoting rhizo-bacteria. Encyclopedia of Genetics, Academic, New York 1477-1480.

Benitez, T., Rincón, A. M. Limón, M. C. and Codon, A. C. 2004. Bio-control mechanisms of *Trichoderma* strains. International microbiology, 7(4): 249-260.

Brotman, Y., Landau, U. Cuadros-Inostroza, A, Takayuki T, Fernie AR. 2013. Trichoderma-plant root colonization: escaping early plant defense responses and activation of the antioxidant machinery for saline stress tolerance. PLoS Pathog 9(3):e10032

Chepsergon, J., Mwamburi, L. and Kassim, M. K. 2014. Mechanism of drought tolerance in plants using *Trichoderma* spp. International Journal of Science Research, 3(11): 1592-1595.

Daniel, L., A. E., Praveen Kumar, G., Desai, S. and Mir Hassan, A. S. K. 2011. In-vitro Characterization of *Trichoderma viride* for Abiotic Stress Tolerance and Field Evaluation against Root Rot Disease in *Vigna mungo* L. Journal of Agricultural Science and Food Research, 2 (3):1-5

Doni, F., Isahak, A., Zain, CRCM., Ariffin, SM., Mohamadand, WNW. And Yusoff, WMW. 2014a. Formulation of Trichoderma sp. SL2 inoculants using different carriers for soil treatment in rice seedling growth. Springer Plus, 3-532

Gusain, Y. S., Singh, U. S. and Sharma, A. K. 2014. Enhance activity of stress related enzymes in rice (*Oryza sativa* L.) induced by plant growth promoting fungi under drought stress. African Journal of Agricultural Research, 9(19): 1430-1434

Harman, GE., Howell, CR., Viterbo, A., Chet, I. and Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Reviews, 2, 43-56.

Hashem, A., Abd Allah, EF. and Alqarawi, AA .2014. Alleviation of abiotic stress in Ochradenus baccatus (Del.) by Trichoderma hamatum (Bonord.) Bainier. Journal of Plant Interactions, 9: 857–86.

Hermosa, R., Viterbo, A., Chet, I. and Monte, E. 2012. Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. Microbiology, 158: 17-25.

Joshi, BB., Bhatt, RP. and Bahukhandi, D. 2010. Antagonistic and plant growth activity of *Trichoderma* isolates of Western Himalayas. Journal of Environmental Biology 31(6): 921-928.

Khalafallah, A. A. and Abo-Ghalia, H. H. 2008. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the metabolic products and activity of antioxidant system in wheat plants subjected to short-term water stress, followed by recovery at different growth stages. Journal Application Science Research, 4(5): 559-569.

Mastouri, F., Björkman, T. and Harman, G.E. 2010. Seed treatment with *Trichoderma harzianum* alleviates biotic, abiotic, and physiological stresses in germinating seeds and seedlings. Phytopathology, 100: 1213-1221.

Mastouri, F., Bjorkman, T. and Harman, G. E. 2012. *Trichoderma harzianum* enhances antioxidant defense of tomato seedlings and resistance to water deficit. Molecular plant-microbe interactions, 25(9): 1264-1271.

Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends in plant science, 7(9): 405-410.

Mona, S. A., Hashem, A., Abd_Allah, E. F. and Alqarawi, A. A. 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.

Rawat, R., Tewari, L. 2011. Effect of abiotic stress on phosphate solubilization by biocontrol fungus *Trichoderma* sp. Curr Microbiol, 62: 1521–1526

Saleh Rastin, N. (2001). Biofertilizers and their role in order to reach to sustainable agriculture. A compilation of papers of necessity for the production of biofertilizers in Iran 1-54 pp.

Shoresh, M. and Harman, G. E. 2008. The molecular basis of shoot responses of maize seedlings to *Trichoderma harzianum* T22 inoculation of the root: a proteomic approach. Plant physiology, 147(4): 2147-2163.

Zlatev, Z., and Lidon, F.C. 2012. An overview on drought induced changes in plant growth, water relations and photosynthesis. Emirates Journal of Food and Agriculture, 24(1): 57-72.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Soil Biology and Biofertilizers

The investigation of drought resistance of plant growth promoting *Trichoderma* isolates for use as an appropriate biological fertilizer in hot and dry areas

Teb, H[1]., Abbaszadeh-Dahaji, P[*2]., Alaei, H.[3] Hoseini, F. [1]

[1] M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University Of Rafsanjan, Iran
[2] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University Of Rafsanjan, Iran
[3] Associate Prof., Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

Abstract

Drought stress is one of the most important environmental stresses which affect plant growth and yield. The use of drought resistant *Trichoderma* fungi is an effective strategy to facilitate the growth of plants in arid and semi-arid regions. For this purpose, 43 isolates of *Trichoderma* were obtained from the gene bank of Vali-e-Asr University of Rafsanjan and their resistance to drought stress was measured. In order to evaluate their resistance to drought, different isolates were isolated in potato dextrose broth (PDB) with concentration of 0, 10, 20, 30 and 40% of polyethylene glycol (PEG) has approximately potential of 0, -5, -10, -20, -30 MPa used. The results indicated that the resistance of each of the isolates of *Trichoderma* was different at each drought level. The results show that at 10% level of PEG, T11 isolate with 95% of growth had the highest growth rate at this drought level compared to control (without using of PEG), and was identified as the most resistant isolate at this level of drought. The lowest drought resistance at this level was recorded for T36 with 53.5% of growth which is the most sensitive isolate for drought stress at this level. T41 and T34 isolates with 89.8% and 89.4% of growth, respectively, had the highest drought resistance at 20% of PEG level, and T16 and T36 isolates did not grow at this level. The highest drought resistance was observed for T28 isolate with 77.2% growth and the least resistance was observed for T4, T15, T16 and T36 isolates that did not grow at the level of 30% of PEG. At 40% level, the highest drought resistance was recorded for T28 isolate with 70.8% of growth compared to the control and the least resistance was found for T4, T15, T16, T26 and T36, which did not grow at this level. This experiment also showed that T28 and T30 isolates had significant resistance to all levels of drought. Therefore, according to the results of this study and by identifying and investigating the growth traits of these isolates, superior isolates can be used as biological fertilizers by conducting greenhouse and field experiments under drought stress conditions.

Keywords: Potato dextrose broth, polyethylene glycol, drought stress, *Trichoderma*

[*] Corresponding author, Email: P.abbaszadeh@vru.ac.ir