

## محور مقاله: بیولوژی خاک و کودهای زیستی

## بررسی توان حل‌کنندگی ترکیبات نامحلول فسفر و روی توسط ۱۴ جدایه قارچ تریکودرما

عاطفه حسین زینلی<sup>۱</sup>، پیمان عباس‌زاده دهجی<sup>۲\*</sup>، حسین علایی<sup>۳</sup>

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

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

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

## چکیده

تشبیت فسفر و روی بر سطح کانی‌های خاک و رسوب آن‌ها به‌صورت ترکیبات نامحلول یکی از محدودیت‌های تولید محصول می‌باشد. یکی از روش‌هایی که باعث حل‌کنندگی روی و فسفات‌های نامحلول می‌شود، استفاده از قارچ‌های محرک رشد گیاه، مانند قارچ‌های تریکودرما می‌باشد. بدین منظور، در این پژوهش تعداد ۱۴ جدایه قارچ تریکودرما از بانک ژن دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان تهیه گردید و آزمایش توان حل‌کنندگی روی و فسفات بر روی آنها مورد آزمایش قرار گرفتند. جهت بررسی توان حل‌کنندگی فسفر جدایه‌های مختلف از محیط کشت حاوی تری‌کلسیم فسفات (TCP) و جهت آزمایش حل‌کنندگی روی از محیط کشت حاوی ZnO و ZnCO<sub>3</sub> استفاده گردید. نتایج نشان داد که تمامی جدایه‌ها توان حل‌کنندگی فسفر در محیط تری‌کلسیم فسفات را داشتند، به‌طوری‌که توانایی حل‌کنندگی فسفر تمامی جدایه‌های تریکودرما در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. بیشترین میزان حل‌کنندگی مربوط به جدایه‌های T1 و T3 به‌ترتیب با مقدار ۷۵۲ و ۷۸۶ میلی‌گرم بر لیتر بود. همچنین نتایج حاصل از حل‌کنندگی ZnO و ZnCO<sub>3</sub> نشان داد که تمامی جدایه‌ها به‌جز T6 و T12 توانایی حل‌کنندگی را داشتند که توانایی حل‌کنندگی تمامی جدایه‌های تریکودرما در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. بیشترین میزان حل‌کنندگی ZnO جدایه‌های T1 و T3 و T4 با مقدار ۳۸/۰، ۳۷/۸، ۴۱/۳ میلی‌گرم بر لیتر بود و جدایه‌های T6 و T12 توانایی انحلال ZnO را نداشتند. همچنین در مورد حل‌کنندگی ZnCO<sub>3</sub> بیشترین میزان حل‌کنندگی، جدایه‌های T1 و T3 با مقدار ۵۱/۱ و ۴۷/۰ میلی‌گرم بر لیتر بود و جدایه‌های T6 و T12 توانایی انحلال ZnCO<sub>3</sub> را نداشتند. همچنین با آزمایشی که بر روی pH و میزان انحلال فسفر انجام شد، نشان داد که با کاهش pH انحلال فسفر افزایش یافت که بیشترین حل‌کنندگی فسفر با میزان ۷۵۲ و ۷۸۶ میلی‌گرم در لیتر در pH ۳/۲۱ و ۳/۱۳ مشاهده شد. با توجه به توانایی جدایه‌های تریکودرما در انحلال ترکیبات روی و فسفر، می‌توان از جدایه‌های برتر در آزمون گلخانه‌ای و مزرعه‌ای استفاده کرد و در صورت مشاهده پاسخ مثبت آنها را به عنوان کود زیستی مناسب معرفی کرد.

**کلمات کلیدی:** تری‌کلسیم فسفات، روی، فراهمی عناصر، قارچ‌های محرک رشد گیاه

## مقدمه

فسفر، یکی از عناصر ضروری مورد نیاز گیاهان زراعی است که به‌دلیل تشبیت توسط یون‌های مغذی نظیر آهن، کلسیم و منیزیم، قابلیت جذب آن توسط گیاه به‌شدت کاهش می‌یابد. یکی از راه‌های تأمین فسفر مورد نیاز گیاه استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم زراعی است (Susana و همکاران، ۲۰۰۶). روی یکی از عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاهان است که نقش‌های زیادی در گیاهان از جمله شرکت در ساختمان آنزیم‌های گیاهی، سوخت و ساز قندها و ساخت تریپتوفان و ایندول استیک اسید ایفا می‌کند (Jiang و همکاران، ۲۰۱۸). یکی از روش‌های افزایش عملکرد درختان و گیاهان زراعی، استفاده از کودهای شیمیایی است که استفاده مداوم از آن‌ها باعث افزایش اسیدی شدن خاک، کاهش خواص فیزیکی و میزان مواد آلی خاک می‌شود (Nottid و همکاران، ۲۰۰۵). به‌همین دلیل استفاده از روش‌های زیستی، همچون گروهی از میکروارگانیسم‌ها مانند ریزوباکتری‌های بهبوددهنده‌ی رشد گیاه (PGPR) و قارچ‌های بهبوددهنده‌ی رشد گیاه (PGPF) که رابطه‌ی همیاری با گیاهان دارند، می‌تواند راه‌کار مناسبی جهت بهبود تغذیه و رشد گیاه در شرایط عادی و تنش باشند. این میکروارگانیسم‌ها می‌توانند با سرکوب عوامل بیمارگر گیاهی، تولید محرک‌های رشد گیاه، کاهش تنش‌های زیستی و غیرزیستی و یا با القای مقاومت سیستمیک (ISR) اثرات مفیدی بر گیاهان داشته باشند (Shoresh

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

<sup>1</sup>Plant Growth Promoting Rhizobacteria

<sup>2</sup>Plant Growth Promoting Fungi

<sup>3</sup>Induced Systemic Resistance



و همکاران، ۲۰۱۰). کودهای زیستی علاوه بر تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، باعث کاهش بیماری‌ها و بهبود ساختمان خاک و در نتیجه تحریک رشد بیشتر گیاه و افزایش کمی و کیفی محصول می‌شوند (Balemy و همکاران، ۲۰۰۷). یکی از روش‌های زیستی جایگزین کودهای شیمیایی، گونه‌های تریکودرما هستند که باعث افزایش عملکرد محصولات کشاورزی می‌شوند (Harman، ۲۰۱۱). گونه‌های قارچ تریکودرما به‌عنوان قارچ‌های افزایش‌دهنده رشد گیاهی PGPF جزء متداول‌ترین گونه‌های قارچی اصلاح‌کننده خاک محسوب می‌شوند (Vinale و همکاران، ۲۰۰۸). گونه‌های جنس تریکودرما از مهم‌ترین قارچ‌های آنتاگونیست هستند که به‌عنوان قارچ ساپروفیت در اغلب خاک‌ها وجود دارند. هم‌چنین اغلب سویه‌های تریکودرما، محیط اطراف خود را با ترشح اسیدهای آلی همچون اسید گلوکونیک، اسیدسیتریک و اسیدفوماریک اسیدی می‌کنند و در نتیجه قادر به انحلال ترکیبات نامحلول و افزایش فراهمی فسفر، آهن، منگنز و منیزیم خواهند بود (Harman و همکاران، ۲۰۰۴). گونه‌های قارچ‌های تریکودرما به‌عنوان قارچ محرک رشد گیاه (PGPF) توان تولید سیدروفور، آنزیم حل‌کنندگی فسفات و فیتوهورمون‌ها را دارند (Doni و همکاران، ۲۰۱۴). توان اسپورزایی بالا، تحمل بالا نسبت به عناصر سنگین خاک، شوری و سایر ترکیبات موجود در محیط خاک و ریشه و رقابت تغذیه‌ای بالا نسبت به عوامل بیماری‌زا در محیط ریزوسفر، از مهم‌ترین خصوصیات گونه‌های مختلف جنس تریکودرما محسوب می‌شوند (Harman و همکاران، ۲۰۰۴). گونه‌های مختلف تریکودرما با استفاده از راه‌کارهایی مانند افزایش جذب عناصر غذایی به دلیل افزایش حلالیت عناصر و تغییر در pH فراریشه و ترشح هورمون‌های رشد، سبب افزایش رشد گیاهان می‌شوند (Contreras-cornejo و همکاران، ۲۰۱۳). گونه‌ی *T.harzianum* قادر به افزایش حلالیت منگنز، روی و فسفات‌های سنگی (خصوصاً فسفات کلسیم) بوده که در نتیجه منجر به افزایش جذب فسفر و چندین ریزمغذی به وسیله گیاهان می‌شود (Altomare و همکاران، ۱۹۹۹). هدف این تحقیق، بررسی حل‌کنندگی روی و فسفات‌های نامحلول توسط ۱۴ جدایه تریکودرما و انتخاب جدایه‌های برتر برای آزمون گلخانه‌ای و مزرعه‌ای می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

گونه‌های مختلف قارچ‌های تریکودرما از کلکسیون میکروبی دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) انتخاب شدند. در این پژوهش صفات محرک رشدی قارچ‌های تریکودرما شامل حل‌کنندگی روی و فسفات اندازه‌گیری شد. حل‌کنندگی فسفات‌های نامحلول معدنی

برای این منظور از محیط<sup>۱</sup> NBRIP حاوی مواد زیر بر اساس گرم در لیتر می‌باشد (گلوکز (۱۰)، تری‌کلسیم فسفات (۱۰)،  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  (۵)،  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  (۲۵/۰)، KCl (۲/۰)،  $(NH_4)_2SO_4$  (۱/۰)،  $NH_4NO_3$  (۲/۰) استفاده شد و pH محیط در نهایت روی ۶/۸ تنظیم گردید. در این روش ۱۰۰۰ میکرولیتر سوسپانسیون اسپور قارچ‌ها (۱۰<sup>۸</sup> اسپور در هر میلی‌لیتر) به ۲۵ میلی‌لیتر محیط NBRIP حاوی ۱۰ گرم در لیتر تری‌کلسیم فسفات منتقل شد. سپس ارلن‌های تلقیح داده شده همراه با یک شاهد به مدت ۱۲۰ ساعت در دمای ۲۸ درجه سلسیوس تکان داده و pH آن‌ها قرائت شد. سپس تعلیق قارچ سانتریفیوژ (با ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه) و ۰/۱ میلی‌لیتر محلول رویی با ۳/۹ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱ میلی‌لیتر معرف آمونیوم مولیبدات-وانادات مخلوط شد. پس از بیست دقیقه خواباندن نمونه‌ها در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، میزان جذب نور به وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۴۷۰ قرائت و میزان حلالیت فسفر با مقایسه این جذب با منحنی استاندارد تهیه شده به وسیله  $KH_2PO_4$  محاسبه شد (Saravanakumar و همکاران، ۲۰۱۳).

حل‌کنندگی ترکیبات نامحلول معدنی روی

برای این منظور از محیط مایع (SY) Sucrose-Yeast extract (حاوی ۳۰ گرم سوکروز و دو گرم در لیتر عصاره مخمر) که حاوی دو گرم در لیتر نمک‌های ZnO و  $ZnCO_3$  با pH برابر با ۶/۸ استفاده شد. ابتدا ۱۰۰۰ میکرولیتر از سوسپانسیون اسپور قارچ‌ها (۱۰<sup>۸</sup> اسپور در هر میلی‌لیتر) به ۲۵ میلی‌لیتر محیط SY منتقل شد و نمونه‌ها برای مدت ۱۲۰ ساعت تکان در دمای ۲۸ درجه سلسیوس تکان داده شد و پس از آن pH آن‌ها قرائت شد. سپس محیط کشت حاوی قارچ سانتریفیوژ (با دور ۱۵۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه) و یک میلی‌لیتر از محلول رویی با محیط SY به نسبت ۱:۱۰۰

<sup>۱</sup>Trichoderma

<sup>۲</sup> National Botanical Research Institute Phosphate broth medium

رقیق شد و مقدار روی محلول در نمونه‌های تلقیح شده با قارچ و شاهد با استفاده از دستگاه جذب اتمی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (Altomare و همکاران، ۱۹۹۹).

تجزیه و تحلیل آماری

این آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تجزیه واریانس تمامی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. هم‌چنین داده‌های بدست آمده از نرم افزار و جدول‌ها و نمودارهای مربوطه با استفاده از برنامه‌های Excel و Word ارائه شد.

## نتایج و بحث

مطابق نتایج تجزیه واریانس جدول ۱ توانایی حل‌کنندگی فسفر، ZnO و ZnCO<sub>3</sub> تمامی جدایه‌های تریکودرما در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تاثیر جدایه‌های تریکودرما بر میزان

حل‌کنندگی فسفر، ZnO, ZnCO<sub>3</sub>

ZnCO <sub>3</sub>	ZnO	فسفر	درجه آزادی	منابع تغییرات
۷۱۲**	۵۴۳**	۱۹۵۷۸۱**	۱۳	قارچ
۷/۸۵	۷/۴۹	۸۴۰	۲۷	خطا
۱۳/۹	۱۲/۸	۱۳/۵		ضریب تغییرات

\*\* نشان دهنده معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر اساس آزمون دانکن

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد تمامی جدایه‌ها قادر به انحلال ترکیبات نامحلول فسفر بودند. با توجه به نتایج به‌دست آمده، بیشترین مقدار انحلال فسفر جدایه‌های T1 و T3 به ترتیب با میزان ۷۵۲ و ۷۸۶ میلی‌گرم بر لیتر و کمترین میزان انحلال جدایه‌های T6, T8, T10, T11, T12, T14 به ترتیب با میزان ۵۳/۷، ۳۱/۰، ۲۹/۳، ۷۷/۳، ۲۶/۳ و ۵۲/۷ میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد. Harman و همکاران (۲۰۰۴) طبق پژوهشی گزارش کردند که جدایه‌های تریکودرما محیط اطراف خود را با ترشح اسیدهای آلی همچون اسید گلوکونیک، اسید سیتریک اسیدی می‌کنند که در نتیجه باعث حل شدن فسفات و ریزمغذی‌ها می‌شوند. همچنین Doni و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند که جدایه‌های تریکودرما به‌عنوان قارچ محرک رشد گیاه (PGPF) توان تولید سیدروفور و حل‌کنندگی فسفات را دارند. Altomar و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند که جدایه‌های تریکودرما قادر به افزایش حلالیت روی و فسفات‌های سنگی (خصوصاً فسفات کلسیم) بوده که در نتیجه منجر به افزایش جذب فسفر و روی به‌وسیله گیاهان شدند. Yadidia و همکاران (۲۰۰۱) طبق آزمایشی گزارش کردند، هنگامی که خاک با جدایه‌های تریکودرما تیمار شد، جوانه‌زنی بذرها ۳۰ درصد، وزن خشک ۸۰ درصد، طول ساقه ۴۰ درصد و غلظت فسفر ۹۰ درصد افزایش یافت. Zhao و همکاران (۲۰۱۴) اثرات تریکودرما در بهبود کیفیت خاک و رشد گیاه از طریق تبدیل منابع آلی به فرم معدنی از جمله فسفر، نیتروژن و آهن نشان دادند. Rudresh و همکاران (۲۰۰۵) طی پژوهشی نشان دادند که تریکودرما از طریق حل‌کنندگی فسفات باعث افزایش جذب عناصر غذایی و عملکرد دانه نخود شد و همچنین در آزمایش مزرعه‌ای افزایش غلظت فسفر در بوته‌ی نخود تلقیح شده با تریکودرما را نسبت به شاهد گزارش کردند.

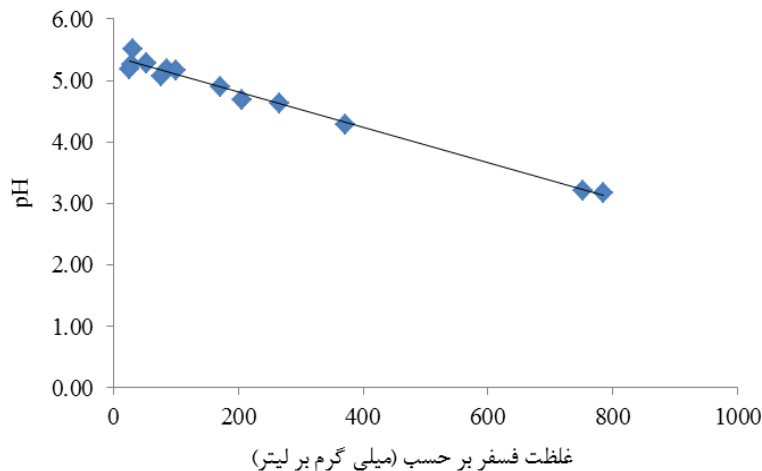
با توجه به نتایج بدست آمده جدول ۲ تمامی جدایه‌ها به جز T6 و T12 توانایی حل‌کنندگی ZnO را داشتند که بیشترین حل‌کنندگی مربوط به سویه‌های T1, T3, T4 به ترتیب با میزان ۳۸/۰، ۳۷/۸، ۴۱/۳ میلی‌گرم بر لیتر و کمترین حل‌کنندگی مربوط به سویه‌های T2, T8, T10, T11 و T14 به ترتیب میزان ۱۱/۴، ۱۵/۴، ۱۳/۳، ۱۵/۲ و ۱۴/۹ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. همچنین با توجه به نتایج بدست آمده از جدول ۲ تمامی سویه‌ها به جز T6 و T12 توانایی حل‌کنندگی ZnCO<sub>3</sub> را داشتند که بیشترین حل‌کنندگی در جدایه‌های T1 و T3 به ترتیب با میزان ۵۱/۱ و ۴۷/۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد. کمترین حل‌کنندگی در جدایه‌های T2, T8, T10, T11 و T14 با میزان ۹/۶۰، ۹/۹۰، ۱۴/۶، ۱۱/۹، ۱۱/۶ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شد. Anuradha و همکاران (۲۰۱۶) طی پژوهشی میزان حل‌کنندگی ZnO و ZnCO<sub>3</sub> را در محیط پیکوسکی PKV توسط قارچ‌های تریکودرما را به ترتیب ۲۹۳ و ۱۸۷ میلی‌گرم بر لیتر گزارش کردند. همچنین Vaid و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که تریکودرما برخی از اسیدهای آلی مانند اسید گلوکونیک، سیتریک اسید و فوماریک اسید را در ریزوسفر تولید می‌کند که با کاهش pH خاک، باعث افزایش حلالیت ترکیبات نامحلول مانند Zn و جذب آن توسط گیاه شود. Azarmi و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که جدایه‌های تریکودرما با انحلال Zn و تولید IAA شد باعث افزایش

رشد و جذب مواد مغذی در گیاهان شدند. همچنین Jayant (۲۰۱۲) طی پژوهشی انحلال Zn به وسیله تریکودرما و جذب آن توسط گیاه را نشان دادند.

جدول ۲- مقایسه میانگین مقدار حل کنندگی فسفر، ZnO، و ZnCO<sub>3</sub> توسط جدایه های مورد آزمایش و pH محیط تری کلسیم فسفات

pH	میانگین مقدار حل کنندگی	میانگین مقدار حل کنندگی	میانگین مقدار حل کنندگی	شماره جدایه
	ZnCO <sub>3</sub>	ZnO	فسفر	
	mg L <sup>-1</sup>			
۳/۲۱	۵۱/۱a	۳۸/۰a	۷۵۲a	<i>T.harzianum</i> T1
۵/۱۸	۹/۶۰d	۱۱/۴d	۸۶/۰e	<i>T.harzianum</i> T2
۳/۱۳	۴۷/۰a	۳۷/۸a	۷۸۶a	<i>T.atroviride</i> T3
۴/۲۹	۲۳/۱c	۴۱/۳a	۳۷۲b	<i>T.harzianum</i> T4
۵/۱۶	۲۴/۷c	۲۹/۷b	۱۰۱e	<i>T.awreoviridae</i> T5
۵/۲۷	۰/۰۰e	۰/۰۰e	۵۳/۷ef	<i>T.harzianum</i> T6
۴/۸۹	۲۲/۵c	۳۱/۴b	۱۷۲d	<i>T.harzianum</i> T7
۵/۵۰	۹/۹۰d	۱۵/۴d	۳۱/۰f	<i>T.harzianum</i> T8
۴/۶۳	۲۳/۴c	۲۲/۰c	۲۶۶c	<i>T.viride</i> T9
۵/۲۶	۱۴/۶d	۱۳/۳d	۲۹/۳f	<i>T.harzianum</i> T10
۵/۰۷	۱۱/۹d	۱۵/۲d	۷۷/۳ef	<i>T.harzianum</i> T11
۵/۱۹	۰/۰۰e	۰/۰۰e	۲۶/۳f	<i>T.harzianum</i> T12
۴/۶۹	۳۲/۶b	۲۸/۱b	۲۰۶d	<i>T.awreoviridae</i> T13
۵/۲۸	۱۱/۶d	۱۴/۹d	۵۲/۷ef	<i>T.awreoviridae</i> T14
۶/۴۰	۰/۱۵e	۰/۱۰e	۵/۶۵g	شاهد بدون قارچ

در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن می باشند



شکل ۱- نمودار رابطه همبستگی بین حلالیت فسفر و pH محلول حاوی تری کلسیم فسفات



همچنین نتایج شکل ۱ نشان داد رابطه منفی بین حلالیت فسفر و pH محیط تری کلسیم فسفات وجود دارد و با کاهش pH محیط تری کلسیم فسفات حلالیت فسفر افزایش پیدا کرد. رابطه منفی بین pH و میزان فسفر حل شده توسط محققین بسیاری گزارش شده است که با کاهش pH انحلال فسفر افزایش پیدا کرد (Richardson و همکاران، ۲۰۰۱؛ Esiken و همکاران، ۲۰۱۰؛ Yu و همکاران، ۲۰۱۱).

### نتیجه گیری

فسفر یکی از عناصر ضروری گیاهان است و هم چنین عنصر روی که نقش زیادی در گیاهان از جمله سوخت و ساز قندها و شرکت در ساختمان آنزیم های گیاهی ایفا می کند، اما در بیشتر خاک های آهکی این عناصر که بیشتر به صورت نامحلول در خاک وجود دارند که باعث کاهش جذب و در نتیجه باعث کاهش رشد گیاهان می شوند. نتایج این تحقیق نشان داد که سویه های قارچی *Trichoderma* نقش موثری در انحلال ترکیبات نامحلول روی و فسفر داشتند. احتمالاً استفاده از این جدایه ها در شرایط خاکی می تواند نقش موثری در افزایش فراهمی عناصر روی و فسفر در خاک داشته باشند. در بین قارچ های مورد بررسی، سویه های T1 و T3 که به ترتیب مربوط به قارچ *T.harzianum* و *T.atroviride* موثرترین به منظور استفاده در کشت های گلخانه ای و مزرعه ای به منظور بررسی نقش آنها در افزایش فراهمی عناصر در خاک و رشد گیاهان می باشند. در صورت موثر بودن این جدایه ها در شرایط گلخانه و همچنین مزرعه، می توان از این جدایه ها به عنوان کود زیستی در جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی استفاده کرد.

### منابع

- Altomare, C., Norvell, W. A., Bjorkman, T. and Harma, G. E. 1999. Solubilization of phosphates and micronutrients by the Plant-Growth-Promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. *Applied and Environmental Microbiology*, 65(7), 2926-2933.
- Anuradha, P. and Syed, I. 2016. Evaluation of zinc solubilization capacity of different microbial strain and their effect on *bt* cotton. *Journal of Agriculture Sciences*, 24, 1474-1477.
- Azarmi, R., Hajiegrari, B. and Giglou, A. 2011. Effect of *Trichoderma* isolates on tomato seedling growth response and nutrient uptake. *African Journal of Biotechnology*, 10(31), 5850-5855.
- Balemy, T., Pal, N. and Saxena, A.K. 2007. Response of onion (*Allium cepa* L.) to combined application of biological and chemical nitrogenous fertilizers. *Acta agric Slovenica*, 89, 107-114.
- Contreras-Cornejo, H. A., Ortiz-Castro, R. and Lopez-Bucio, J. 2013. Promotion of plant growth and the induction of systemic defence by *Trichoderma* Physiology, genetics and gene expression. *Trichoderma Biology and Applications*, 175-196.
- Doni, F., Isahak, A., Zain, C. R. C. M. and Yusoff, W. M. W. 2014. Physiological and growth response of rice plants (*Oryza sativa* L.) to *Trichoderma* spp. inoculants. *AMB Express-a Springer Open Journal*, 4, 2-7.
- Esitken, A., Yildiz, H.E., Ercisli, S. M. F. Donmez, M. Turan and Gunes, A. 2010. Effects of plant growth promoting bacteria (PGPB) on yield, growth and nutrient contents of organically growth strawberry, *Scientia Horticulture*, 124, 62-66.
- Harman, G. E. 2011. *Trichoderma*-not just for biocontrol anymore. *Phytoparasitica*, 39,103-108.
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I. and Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species opportunistic, a virulent plant symbionts. *Natural Review Microbiology*, 2, 43-56.
- Jayant, R. 2012. International conference on Biological and Life Sciences IPCBEE, 40, 83-90.
- Jiang, Y., Gao, W.W., Zhao, J.L, Chen, Q., Liang, D., Xu, C., Huang, L.S. and Ruan, L.m.2018. Analysis of influencing factors on soil Zn content using generalized additive model. *Scientific Reports*, 8: 15567.
- Nottidge, D.O., Ojeniyi, S.O. and Asawalam, D.O. 2005. Comparative effects of plant residues and NPK fertilizer on soil properties in a humid Ultisol. *Nigerian Journal of Soil Science*, 15, 9-13.
- Richardson, A.E. 2001. Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorous by plants, *Australian Journal of Plant Physiology*, 28(9), 897-906.
- Rudresh, D. L., Shivaprakash, M. K. and Prasad, R. D. 2005. Effect of combined application of Rhizobium, phosphate solubilizing bacterium and *Trichoderma* spp. on growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer aritenium* L.). *Applied Soil Ecology*, 28, 139-146.



- Saravanakumar, K., Arasu, V.S. and Kathiresan, K. 2013. Effect of *Trichoderma* on soil phosphate solubilization and growth improvement of *Avicennia marina*. *Aquatic Botany*, 104, 101–105.
- Shoresh, M. G., Harman, E. and Mastouri, F. 2010. Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. *Annual Review Phytopathol*, 48, 21–43.
- Susana, B., Rosas, J.A., Andre, M.R. and Nestor, S.C. 2006. Phosphatesolubilizing *Pseudomonas putida* can influence the rhizobia–legume symbiosis. *Soil Biol. Biochem*, 38, 3502-3505.
- Vaid, S.K., Kumar, B., Sharma, A., Shukla, A.K. and Srivastava P.C. 2014. Effect of zinc solubilizing bacteria on growth promotion and zinc nutrition of rice. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 14(4), 889-910.
- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E. L., Marra, R., Woo, S. L. and Lorito, M. 2008. *Trichoderma*–plant–pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry*, 40, 1-10.
- Yadidia, I., Srivastva, A. K., Kapulnik, Y. and Chet, I. 2001. Effect of *Trichoderma harizanum* on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. *Plant and Soil*, 235, 235-242.
- Yu, X., Liu, X., Zhu, T.H, Liu, G.H and Mao, C. 2011. Isolation and characterization of phosphate solubilizing bacteria from walnut and their effect on growth and phosphorus mobilization, *Biology and Fertility of Soils*, 47(4), 437-446.
- Zhao, L., Wang, F., Zhang, Y and Zhang, J. 2014. Involvement of *Trichoderma asperellum* strain T6 in regulating iron acquisition in plants. *Journal Basic Microbiology*, 54, 115-124.



# 16<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress

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



**Topic for submission: Soil Biology and Biofertilizers**

## **The investigation of solubilization of insoluble phosphorus and zinc compounds by 14 Trichoderma isolates**

Hossein zeynali, F<sup>1</sup>., Abbaszadeh-Dahaji, P<sup>\*2</sup>., Alaei, H.<sup>3</sup> Hoseini, F.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University Of Rafsanjan, Iran

<sup>2</sup> Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University Of Rafsanjan, Iran

<sup>3</sup> Associate Prof., Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

### **Abstract**

The fixation of phosphorus and zinc on soil minerals and their precipitation as insoluble compounds is one of the limitations of yield production. One of the methods that solubilize the insoluble zinc and phosphates is application of plant growth stimulating fungi, such as Trichoderma. To this end, 14 isolates of drought stress-resistant Trichoderma were selected from the Gene Bank in Department of Agriculture of Vali-e-Asr University of Rafsanjan. The isolates were then tested for zinc and phosphate solubility. To determine the solubility of phosphorus by different isolates, the medium containing tricalcium phosphate (TCP), and for evaluating Zn solubility the medium including ZnO and ZnCO<sub>3</sub> media were used. The results showed that all isolates had phosphorus solubility in tricalcium phosphate medium; so, the ability of phosphorus solubility of all isolates of Trichoderma was significant at 1% level. The highest ability for dissolution was recorded for T1 and T3 isolates up to 752 and 786 mg L<sup>-1</sup> respectively. Also, the results of ZnO and ZnCO<sub>3</sub> solubility indicated that all isolates had the ability to solubilize except for T6 and T12 that this ability was significant for all Trichoderma isolates at 1% level. The highest ZnO dissolution was observed for isolates of T1, T3 and T4 isolates with 38.0, 37.8, 41.3 and 41.3 mg L<sup>-1</sup>, and T6 and T12 isolates did not have the ability to dissolve ZnO. Also, for ZnCO<sub>3</sub> solubility, the highest solubility was related to T1 and T3 isolates with 51.1 and 47.0 mg L<sup>-1</sup>, and T6 and T12 isolates did not have the ability to dissolve ZnCO<sub>3</sub>. Also, with a test on pH and dissolution rate of phosphorus, it was shown that by decreasing pH, the solubility of phosphorus increased and the highest solubility of phosphorus was observed at 752 and 786 mg L<sup>-1</sup> at pH 3.13 and 3.21. Regarding the ability of Trichoderma drought resistant isolates to dissolve zinc and phosphorus compounds, superior isolates can be used in greenhouse and field tests, and, if viewed as positive, they were introduced as suitable biological fertilizer.

**Keywords:** Tricalcium Phosphate, Zinc, availability of nutrient, Plant Growth Promoting Fungi

---

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