

## ارزیابی صفات رشدی و پایداری عملکرد گندم با کاربرد تریکودرما و اینتروباکتر

فائزه محمدی کشکا<sup>۱</sup>، همت‌اله پیردشتی<sup>۲\*</sup>، یاسر یعقوبیان<sup>۳</sup>، اسماعیل بخشنده<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۹۵/۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۵/۶/۲۳

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
  - ۲- دانشیار گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
  - ۳- دکتری زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
  - ۴- استادیار گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
- \* مسئول مکاتبه: E-mail: h.pirdashti@sanru.ac.ir

### چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر تیمار تریکودرما *هاماتوم* (*Trichoderma hamatum*) و اینتروباکتر (*Enterobacter* sp.) به عنوان محرک رشد گیاه بر صفات رویشی و عملکرد گندم (رقم میلان)، در روستای سوتی شهرستان ساری به صورت کرت‌های خردشده فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. عامل اصلی کود فسفر (سوپرفسفات تریپل) در سه سطح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و عامل فرعی شامل تیمار قارچی در دو سطح عدم تلقیح (شاهد) و تلقیح با تریکودرما و تیمار باکتریایی در دو سطح بدون باکتری (شاهد) و تلقیح با اینتروباکتر بودند. نتایج حاکی از تأثیر مثبت هر دو تیمار قارچ و باکتری بر بیشتر صفات مورد بررسی در گیاه گندم بود. در سطوح فسفر صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، کاربرد اینتروباکتر به ترتیب باعث افزایش حدود ۱۹، ۷ و ۲۶ درصدی عملکرد دانه شد. همچنین، تلقیح تریکودرما افزایش حدود ۱۳ درصدی عملکرد دانه و ۱۰ درصدی زیست‌توده را نسبت به شرایط عدم کاربرد قارچ و باکتری به همراه داشت. تلقیح توأم قارچ و باکتری نیز باعث افزایش تمامی صفات از جمله طول سنبله (حدود چهار درصد)، عملکرد دانه (حدود ۲۱ درصد) و زیست‌توده (حدود ۱۰ درصد) نسبت به شرایط شاهد گردید. بنابراین، با توجه به بهبود صفات مورد بررسی گندم در پی تلقیح با این ریزجانداران در تمامی سطوح فسفر مصرفی نسبت به مصرف تنهای کود شیمیایی فسفره، می‌توان اظهار داشت که استفاده از این نهاده‌های بوم‌سازگار ضمن بهبود عملکرد دانه، می‌تواند باعث کاهش مصرف کودهای شیمیایی فسفره گشته و از نظر زیست‌محیطی نیز بسیار کارآمد می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: حل‌کننده فسفات، زیست‌توده، سوپرفسفات تریپل، عملکرد، گندم

## Evaluation of Growth and Yield Stability of Wheat by Application of *Trichoderma* and *Enterobacter* sp.

Faezeh Mohammadi Kashka<sup>1</sup>, Hemmatollah Pirdashti<sup>2\*</sup>, Yasser Yaghoubian<sup>3</sup>, Esmail Bakhshandeh<sup>4</sup>

Received: May 14, 2016 Accepted: September 13, 2016

1-MSc Student of Agronomy, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran.

2-Assoc. Prof., Dept. of Agronomy, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran.

3-PhD of Agronomy, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran.

4-Assist. Prof., Dept. of Agronomy, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran.

\*Corresponding Author: h.pirdashti@sanru.ac.ir

### Abstract

This study was carried out to study the effect of biopriming using *Trichoderma hamatum* and *Enterobacter* sp. as plant growth promoting on some morphological characteristics and grain yield (GY) of wheat (*Triticum aestivum* L. cv. 'Milan'). A field experiment was conducted in a split factorial arrangement based on randomized complete block design with three replications in Sari (Soteh village) during 2014-2015. Three levels of triple super phosphate (TSP; zero, 50 and 100 kg.ha<sup>-1</sup>) were applied as the main plot and both fungal (inoculation with *Trichoderma hamatum* and uninoculated as control) and phosphate solubilizing bacteria (PSB) inoculations (inoculation with *Enterobacter* sp. and uninoculated as control), were served as the sub-plots. The results indicate a positive effect of both fungal and PSB inoculations on the most studied traits of wheat. *Enterobacter* sp. increased GY by 19, 7, and 26% when used with zero, 50 and 100 kg.ha<sup>-1</sup> of TSP, respectively. In addition, *Trichoderma hamatum* increased GY and biological yield (BY) by 13 and 10%, respectively, as compared to the control conditions. *Enterobacter* sp. inoculation along with *Trichoderma hamatum* enhanced the values of all studied traits such as panicle length (4%), GY (21%) and (10%) as compared to the control. Therefore, these environmental friendly microorganisms can be used as an effective seed inoculants to improve grain yield of wheat and to decrease over application of P fertilizers and also could be useful tools for soil productivity, particularly when were used along with TSP as compared to the application of TSP alone.

**Keywords:** Biomass, Grain Yield, Phosphate Solubilizing Bacteria, Triple Super Phosphate, Wheat

شیمیایی باعث آلودگی آب، هوا، خاک و عامل گسترش سرطان و کاهش درازمدت حاصل خیزی خاک می باشند. کودهای زیستی که از اجزای ضروری کشاورزی ارگانیک هستند، نقش حیاتی در حفظ و پایداری بلندمدت

مقدمه

امروزه ضرورت افزایش تولیدات و کیفیت محصولات کشاورزی منجر به استفاده مکرر از کودهای شیمیایی گردیده است. مصرف بیش از اندازه کودهای

خواهند شد (بخشنده و همکاران ۲۰۱۴ و حسن و بانو ۲۰۱۵).

از سوی دیگر، پیش‌تیمار<sup>۳</sup> بذر به‌عنوان یک راهکار آسان، کم‌هزینه و سریع جهت بهبود رشد و نمو گیاهان پیشنهاد شده است. پیش‌تیمار زیستی<sup>۴</sup> روشی است که در آن به جای تیمار شیمیایی بذر، از ریزجانداران مفید و عوامل زیستی مانند قارچ‌ها و باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد استفاده می‌شود (بنت و ویپس ۲۰۰۸). راج و همکاران (۲۰۰۴) بیان نمودند که پیش‌تیمار زیستی بذرهای ارزن با باکتری *Sordomonas fluorosensis* (سبب بهبود جوانه‌زنی، بنیه گیاهچه، ارتفاع بوته، سطح برگ و در نتیجه عملکرد دانه شد. همچنین، به‌کارگیری این ریزجانداران به‌صورت پیش‌تیمار با بذر سبب افزایش عملکرد دانه، زیست‌توده و وزن هزار دانه جو (میرشکاری و همکاران ۲۰۱۲) و گندم (شاهورانا و همکاران ۲۰۰۸) شد. در ذرت نیز پیش‌تیمار زیستی باعث افزایش تجمع ماده خشک در واحد سطح و عملکرد دانه (شریفی ۲۰۱۱) نسبت به شاهد گردید. چاندرا نائیکا و همکاران (۲۰۱۰) بیان نمودند که پیش‌تیمار زیستی بذر ذرت با تریکودرما علاوه بر کاهش بیماری *Fusarium verticillioides*، سبب افزایش جوانه‌زنی، سبز شدن، وزن هزار دانه و عملکرد دانه نسبت به شاهد شد. به‌کارگیری این گونه قارچ‌ها بهبود رشد و میزان فتوسنتز خالص در گیاهچه برنج (دونی و همکاران ۲۰۱۴)، سویا (جان و همکاران ۲۰۱۰)، لوبیا (سلام و همکاران ۲۰۰۸) و مقاومت به تنش خشکی برنج (شوکلا و همکاران ۲۰۱۲) را به‌دنبال داشت. علاوه بر این، پیش‌تیمار هم‌زمان باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ تریکودرما باعث افزایش جذب عناصر غذایی و عملکرد دانه نخود شد (رودرش و همکاران ۲۰۰۵).

گندم (*Triticum aestivum* L.) از نظر سطح زیرکشت و تولید جهانی مقام اول را در بین غلات دارد.

حاصل‌خیزی خاک (میشرا و همکاران ۲۰۱۳) و توانایی انحلال عناصر از طریق فرآیندهای زیستی را دارند (کیزلیکایا ۲۰۰۸). بنابراین، استفاده از کودها و آفت‌کش‌های زیستی جایگزینی مناسب برای حفظ و تولید عملکردهای بالاتر به‌همراه کاهش مخاطرات بوم‌شناختی عنوان شده است (هرموسا و همکاران ۲۰۱۲).

گونه‌های قارچ تریکودرما به‌عنوان قارچ‌های افزایش‌دهنده رشد گیاهی (PGPF)<sup>۱</sup> جزء متداول‌ترین گونه‌های قارچی و اصلاح‌کننده خاک می‌باشند که در سطح تجاری تولید می‌شوند (وینال و همکاران ۲۰۰۸ و کایچای و همکاران ۲۰۰۹). پژوهش‌های اخیر نشان داده است که برخی از گونه‌های تریکودرما قادرند به‌طور مستقیم در منطقه ریزوسفر با ریشه گیاهان همزیست شده و به‌عنوان افزایش‌دهنده رشد گیاه، سبب بهبود رشد (شارما و همکاران ۲۰۱۲) و همچنین کنترل زیستی تنش‌های زنده از قبیل قارچ‌های بیماری‌زا (سلام و همکاران ۲۰۰۸ و جان و همکاران ۲۰۱۰) و تنش‌های غیرزنده از جمله خشکی (بائه و همکاران ۲۰۰۹)، شوری (هاشم و همکاران ۲۰۱۴) و فلزات سنگین (اریاگادا و همکاران ۲۰۰۹) شوند.

باکتری‌های ریزوسفری افزایش‌دهنده رشد گیاه (PGPR)<sup>۲</sup> ریزجانداران دیگری هستند که سبب کاهش قابل‌توجه مصرف نهاده‌های شیمیایی در بخش کشاورزی می‌گردند (ورما و همکاران ۲۰۱۳). این ریزجانداران امروزه به‌طور گسترده به‌عنوان کود زیستی در ترکیب با کودهای شیمیایی برای بهبود حاصل‌خیزی خاک و کشاورزی پایدار استفاده می‌شوند (سنگوپتا و همکاران ۲۰۱۵ و بخشنده و همکاران ۲۰۱۵) علاوه بر این، از طریق افزایش فراهمی عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر، آهن و روی و تولید مواد افزایش‌دهنده رشد گیاه (هورمون‌ها) سبب بهبود رشد و عملکرد

3- Priming  
4- Biopriming

1-Plant Growth Promoting Fungi (PGPF)  
2-Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)

این محصول راهبردی بیش از ۴۰ درصد غذای اصلی جمعیت جهان را تأمین می‌کند (آهنگر و همکاران ۲۰۱۵). هرچند غلات به‌عنوان یکی از منابع مهم تأمین‌کننده غذای انسان نیاز زیادی به کودهای شیمیایی دارند ولی آلودگی‌های ناشی از مصرف بیش از حد نهاده‌های شیمیایی باعث ایجاد مشکلات زیست‌محیطی زیادی شده است و علیرغم اینکه بخش اعظمی از زمین‌های زراعی از نظر برخی عناصر غذایی و به‌ویژه عنصر فسفر برای زراعت مناسب بوده و نیاز به استفاده از کودهای شیمیایی نمی‌باشد، اما به دلایلی از جمله عدم آگاهی و فرهنگ‌سازی کافی و همچنین عدم شناخت کشاورزان نسبت به روش‌ها و فنون مورد استفاده در کشاورزی پایدار، سالانه حجم زیادی کودهای شیمیایی به خاک افزوده می‌شود که در نتیجه سبب آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی و افزایش هزینه‌های تولید می‌گردد. بنابراین این پژوهش به‌صورت طرح تحقیقی- تطبیقی در مزرعه کشاورز نمونه شهرستان ساری (استان مازندران) و در شرایط کشاورز انجام شد تا توانایی گونه قارچی *تریکودرما هاماتوم* و باکتری *اینتروباکتر* به‌عنوان افزاینده‌های رشدی "در شرایط واقعی منطقه" مورد مطالعه قرار گرفت.

#### مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در منطقه رودپی شمالی (روستای سوته) از توابع شهرستان ساری، استان مازندران، با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۳/۵ متر از سطح آب‌های آزاد به اجرا درآمد. آزمایش در شرایط زارع و به‌صورت کرت‌های خردشده فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد که عامل اصلی کود فسفر در سه سطح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم (P2O5) در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل و عامل‌های فرعی

شامل تیمار قارچی در دو سطح عدم تلقیح و تلقیح با قارچ *تریکودرما هاماتوم* و تیمار باکتریایی در دو سطح بدون باکتری و کاربرد باکتری *اینتروباکتر* بودند. قبل از کاشت گندم (رقم میلان) آماده‌سازی زمین شامل شخم و دیسک انجام شد. ویژگی‌های خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۱ ارایه شده است. مطابق نتایج آزمون خاک مزرعه و بر اساس توصیه کودی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران (چراتی ۲۰۱۵) برای کشت گندم، میزان کودهای مورد نیاز برای مزرعه آزمایشی شامل سولفات پتاسیم، اوره و سوپرفسفات تریپل به ترتیب صفر، ۲۵۰ و صفر کیلوگرم در هکتار بود که بیانگر عدم نیاز به کودهای شیمیایی پتاسه و فسفره می‌باشد، با این وجود کشاورزان منطقه سعی در مصرف روزافزون این نهاده‌های شیمیایی دارند. بنابراین با توجه به هدف مطالعه حاضر کودهای شیمیایی اوره (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و در سه مرحله کاشت، پنجه‌زنی و ساقه‌روی) و پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم از منبع سولفات پتاسیم) و سه سطح متفاوت فسفر براساس میزان نهاده‌های مصرفی توسط کشاورزان منطقه تعیین و مصرف شدند، تا توانایی این ریزجانداران به‌عنوان افزاینده‌های رشدی در شرایط واقعی منطقه مورد مطالعه قرار گیرد. آمار هواشناسی محل اجرای آزمایش در طول دوره رشد و نمو گیاه در جدول ۲ آورده شده است. مجموع بارندگی سالانه نیز در محل انجام آزمایش به‌میزان ۶۹۶ میلی‌متر بود.

قارچ *تریکودرما هاماتوم* و جدایه *اینتروباکتر* از پژوهش‌کننده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان تهیه شدند. قارچ در محیط‌کشت PDB<sup>o</sup> و روی شیکر با ۱۲۰ دور در دقیقه در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد به مدت دو هفته کشت شد. در آخر سوسپانسیون با غلظت حدود ۱۰<sup>۹</sup> کلنی زنده در میلی‌لیتر تهیه و از این سوسپانسیون در مراحل بعدی آزمایش استفاده شد. به‌طور مشابه، جدایه باکتری در

متر) و تراکم ۴۰۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شده بود. پس از رسیدگی فیزیولوژیکی گیاه (۱۶۰ روز پس از کاشت)، تعداد ده بوته از هر کرت کف بر و صفات مورفولوژیک شامل تعداد برگ در ساقه اصلی، ارتفاع بوته، طول پدانکل، اکستراژن و سنبله (با استفاده از خطکش)، قطر ساقه (با استفاده از کولیس دیجیتالی)، تعداد سنبله در بوته و نیز عملکرد دانه و زیست توده در بوته (گرم) اندازه‌گیری شد.

آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۹) با روش کولموگروف-اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

محیط نوترینت براث روی شیکر با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت سه روز کشت گردید (بخش‌بندی و همکاران ۲۰۱۴). در انتها از سوسپانسیون با جمعیت باکتری  $10^7$  سلول زنده در میلی‌لیتر جهت تلقیح استفاده شد. یکصد میلی‌لیتر سوسپانسیون قارچ و باکتری به‌طور جداگانه برای تلقیح بذر به ازای هر کیلوگرم بذر گندم استفاده شد. بذرها در زمین اصلی چهار ساعت بعد از استفاده از پیش‌تیمارها کشت شدند. علاوه بر این، جهت به‌کارگیری هم‌زمان قارچ و باکتری از نسبت‌های مساوی سوسپانسیون‌های قارچ و باکتری (۵۰ میلی‌لیتر باکتری + ۵۰ میلی‌لیتر قارچ) برای هر کیلوگرم بذر گندم استفاده شد.

کشت بذرها در اواسط دی‌ماه و به‌صورت دستی انجام شد. مساحت هر کرت شش مترمربع (۲×۳)

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	pH	پتاسیم فسفر		نیترژن کل (درصد)	رس شن (درصد)	سیلت (درصد)	بافت خاک سیلتی - رسی
		(میلی‌گرم در کیلوگرم)					
۰/۴۲	۷/۳	۱۷/۱۱	۳۵۸/۴۷	۰/۱۲	۵	۴۴	

جدول ۲- آمار هواشناسی در طول دوره رشد و نمو گندم در منطقه رودپی شمالی

سال	ماه	دما (درجه سانتی‌گراد)		رطوبت نسبی (درصد)		تعداد روز بارانی	مجموع بارندگی ماهانه (میلی‌متر)
		حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر		
۱۳۹۳	مهر	۹/۴	۳۶/۴	۱۸	۹۸	۱۰	۷۸/۴
	آبان	۲/۴	۲۹/۶	۲۴	۹۸	۹/۰	۶۴/۴
	آذر	-۰/۳	۱۸/۷	۴۰	۱۰۰	۱۴	۵۵/۳
	دی	-۱/۲	۲۴/۸	۲۵	۱۰۰	۵/۰	۱۹/۷
	بهمن	-۱/۸	۲۲/۰	۳۳	۱۰۰	۹/۰	۲۳/۰
	اسفند	۰/۰	۱۸/۸	۲۸	۱۰۰	۱۶	۱۱۸/۸
۱۳۹۴	فروردین	۳/۶	۳۲/۲	۱۹	۱۰۰	۱۴	۱۵/۰
	اردیبهشت	۶/۶	۳۱/۴	۲۶	۹۸	۷/۰	۵/۴
	خرداد	۱۵/۶	۴۲/۵	۱۹	۹۷	۷/۰	۳/۵
	تیر	۱۷/۳	۳۴/۸	۳۳	۹۸	۸/۰	۸۳/۸
	مرداد	۱۹/۶	۳۷/۰	۳۰	۹۸	۴/۰	۳/۶
	شهریور	۱۴/۲	۳۳/۵	۳۱	۹۸	۱۰	۱۱۲/۶
	مهر	۶/۷	۳۷/۵	۲۳	۱۰۰	۸/۰	۱۱۲/۵

## نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر صفات مورد بررسی در گیاه گندم نشان داد که اثر ساده کود فسفر بر صفات قطر ساقه اصلی، عملکرد دانه ( $P < 0.01$ )، تعداد سنبله در بوته و زیست‌توده ( $P < 0.05$ ) و اثر ساده باکتری نیز بر تمامی صفات مورد بررسی به جز تعداد سنبله در بوته، در سطح احتمال یک درصد ( $P < 0.01$ ) معنی‌دار بود (جدول‌های ۳ و ۴). صفت قطر ساقه اصلی نیز در سطح احتمال پنج درصد ( $P < 0.05$ ) تحت تأثیر برهم‌کنش کود فسفر و قارچ قرار گرفت. همچنین، برهم‌کنش کود فسفر و باکتری بر صفات

قطر ساقه اصلی و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد و بر طول سنبله در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. برهم‌کنش قارچ و باکتری نیز بر صفات تعداد برگ در ساقه اصلی، قطر ساقه اصلی، تعداد سنبله در بوته، طول سنبله، عملکرد دانه و زیست‌توده اثر معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) گذاشت. در این آزمایش، صفات تعداد برگ در ساقه اصلی، طول سنبله ( $P < 0.05$ )، قطر ساقه اصلی، تعداد سنبله در بوته، عملکرد دانه و زیست‌توده ( $P < 0.01$ ) به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر برهم‌کنش کود فسفر، قارچ و باکتری قرار گرفتند (جدول‌های ۳ و ۴).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای کود فسفر، قارچ و باکتری بر صفات تعداد برگ در ساقه اصلی،

## ارتفاع بوته، قطر ساقه اصلی و تعداد سنبله در بوته گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد برگ در ساقه اصلی	ارتفاع بوته	قطر ساقه اصلی	تعداد سنبله در بوته
تکرار	۲	۰/۰۰۲	۱۹/۶۳	۰/۰۲	۰/۰۴
فسفر (P)	۲	۰/۲۰	۹۵/۱۱	۰/۵۸**	۰/۳۰*
خطای اصلی	۴	۰/۰۴	۱۹/۲۲	۰/۰۲	۰/۰۱
قارچ (F)	۱	۰/۰۰۸	۱۸/۶۷	۰/۰۰۷	۰/۰۰۵
باکتری (B)	۱	۰/۱۹**	۲۱۳/۸۹**	۰/۳۲**	۰/۰۳
P×F	۲	۰/۰۴	۲۲/۹۵	۰/۰۴*	۰/۰۳
P×B	۲	۰/۰۳	۱۵/۱۷	۰/۰۶**	۰/۰۱
F×B	۱	۰/۳۷**	۲۶/۸۱	۱/۳۱**	۰/۱۳**
P×F×B	۲	۰/۰۶*	۰/۸۲	۰/۱۴**	۰/۱۰**
خطای فرعی	۱۸	۰/۰۱	۱۴/۱۳	۰/۰۰۹	۰/۰۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱/۵	۴/۲	۲/۳	۹/۱

\* و \*\* به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

شاهد گزارش نمودند و بهبود این صفات را به توانایی حل‌کنندگی فسفات نامحلول توسط این ریزجانداران و فراهمی آن برای گیاه نسبت دادند. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، قطر ساقه اصلی تحت تأثیر تیمار تریکودرما به‌ویژه در سطوح پایین فسفر قرار گرفت. مطابق یافته‌های پژوهش حاضر، پژوهشگران دیگر افزایش طول ریشه، ساقه، وزن تر و محتوای فسفر

بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها، تریکودرما هم‌اتوم در شرایط عدم مصرف کود فسفر، سبب افزایش حدود سه درصدی قطر ساقه اصلی نسبت به شرایط شاهد (عدم تلقیح قارچ) گردید (جدول ۵). به‌طور مشابه رودرش و همکاران (۲۰۰۵) نیز در آزمایش مزرعه‌ای، بهبود انحلال فسفر، افزایش شاخه‌دهی و ارتفاع بوته خود تلقیح‌شده با تریکودرما را نسبت به

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای کود فسفر، قارچ و باکتری بر صفات طول سنبله، طول پدانکل، طول اکستراژن، عملکرد دانه و زیست توده گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	طول سنبله	طول پدانکل	طول اکستراژن	عملکرد دانه	زیست توده
تکرار	۲	۰/۴۱	۵/۷۸	۷/۴۳	۰/۰۳	۰/۷۳
فسفر (P)	۲	۰/۳۷	۲/۲۸	۱/۸۴	۱/۳۶**	۲/۸۱*
خطای اصلی	۴	۰/۱۰	۹/۹۵	۶/۸۳	۰/۰۴	۰/۲۲
قارچ (F)	۱	۰/۰۱	۴/۰۲	۳/۶۸	۰/۰۰۶	۰/۰۹
باکتری (B)	۱	۱/۷۳**	۲۲/۹۲**	۱۵/۸۴**	۰/۹۵**	۲/۳۲**
P×F	۲	۰/۳۳	۰/۳۲	۱/۹۷	۰/۰۱	۰/۷۶
P×B	۲	۰/۴۹*	۰/۴۶	۵/۲۶	۰/۱۳**	۰/۲۱
F×B	۱	۳/۲۵**	۰/۴۴	۱/۳۱	۰/۳۵**	۲/۲۶**
P×F×B	۲	۰/۵۵*	۲/۲۲	۳/۰۵	۰/۲۱**	۱/۸۹**
خطای فرعی	۱۸	۰/۱۰	۱/۴۶	۱/۷۷	۰/۰۱	۰/۲۴
ضریب تغییرات (درصد)		۳/۰	۳/۹	۱۰/۴	۶/۴	۱۰/۸

\* و \*\* به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشد.

نسبی و همکاران (۲۰۰۰) افزایش رشد گیاهان تلقیح شده با تریکودرما را وابسته به توانایی زنده ماندن و توسعه این قارچها در منطقه ریزوسفر و افزایش انتقال مواد مغذی از خاک به ریشه گیاهان از طریق و یا نفوذ به بخش داخلی ریشه گیاهان نسبت دادند.

کاربرد اینتروباکتر در تمامی سطوح کود فسفر مصرفی سبب افزایش قابل توجه تمامی صفات نسبت به شرایط شاهد (عدم کاربرد باکتری) گردید (جدول ۶). زمانی که کود فسفر استفاده نشد کاربرد این باکتری صفات قطر ساقه اصلی، طول سنبله و عملکرد دانه را به ترتیب حدود نه، هشت و ۱۹ درصد نسبت به شاهد (بدون کاربرد باکتری) افزایش داد. همچنین، در شرایط مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر، باکتری باعث افزایش حدود دو و سه درصدی به ترتیب صفات قطر ساقه اصلی و طول سنبله نسبت به شاهد گردید. همچنین، حضور اینتروباکتر در زمان مصرف ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر نیز به ترتیب عملکرد دانه را از ۱/۷۰ به ۱/۸۲ (حدود هفت درصد) و از ۲/۰۵ به ۲/۵۹ گرم

لوبیای هندی (بدر و قریشی ۲۰۱۲ a)، گسترش اندام هوایی، تعداد برگ و غلاف در بوته و عملکرد تر غلاف لوبیا (عبدالخیر و همکاران ۲۰۱۰) پس از همزیستی با تریکودرما هامتوم را گزارش نمودند. بدر و قریشی (۲۰۱۲) نیز دلیل افزایش رشد رویشی و محتوای فسفر آفتابگردان تلقیح یافته با گونه تریکودرما هامتوم در طی ۳۰ و ۶۰ روز پس از کاشت در شرایط گلخانه را بهبود جذب مواد معدنی و آزاد سازی مواد معدنی از خاک توسط این گونه قارچی دانستند. چاکون و همکاران (۲۰۰۷) نیز دلیل بهبود رشد قابل توجه گیاهان توتون و گوجه فرنگی تلقیح یافته با تریکودرما هارزیانوم را در نتیجه افزایش تبادل عناصر غذایی و ترشح هورمونهای گیاهی بیان نمودند. به نظر می رسد گونه های تریکودرما قابلیت حل کنندگی فسفات در شرایط قلیایی و تحت تنش فلزات سنگین را دارند (راوات و توری ۲۰۱۱). برخی محققین بر این باورند که گونه های قارچی تریکودرما به دلیل افزایش جذب مواد مغذی از قبیل پتاسیم، فسفر و نیتروژن و حل کنندگی فسفات و عناصر کم مصرف سبب افزایش رشد گیاهان می شوند (سینگ و همکاران ۲۰۱۰).

جدول ۵- مقایسه میانگین صفت قطر ساقه اصلی در گندم در ترکیبات تیماری کود فسفر و قارچ

قطر ساقه اصلی (میلی متر)	تیمار	
	قارچ	فسفر (کیلوگرم در هکتار)
۳/۹۳ <sup>d†</sup>	-Th*	.
۴/۰۵ <sup>c</sup>	+Th**	.
(+۳/۰۵) <sup>††</sup>	-Th	۵۰
۴/۱۱ <sup>bc</sup>	+Th	.
۴/۱۹ <sup>b</sup>	-Th	۱۰۰
(+۱/۹۴)	+Th	.
۴/۴۸ <sup>a</sup>	-Th	.
۴/۳۷ <sup>a</sup>	+Th	.
(-۲/۴۵)	.	.

† در هر ستون میانگین‌های دارای حرف یا حروف مشابه از نظر آماری مطابق آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

\* بدون همزیستی تریکودرما هاماتوم (*Th: Trichoderma hamatum*) و

\*\* همزیستی تریکودرما هاماتوم

†† درصد افزایش (+) یا کاهش (-) نسبت به تیمار شاهد در هر سطح فسفر می‌باشد.

۲۰۱۱ و لاواکوش و همکاران ۲۰۱۴)، استفاده از ریزجانداران محرک رشد را می‌توان به‌عنوان یک راهکار مناسب برای افزایش رشد و نمو گیاهان محسوب کرد (زیدی و همکاران ۲۰۰۳ و لاواکوش و همکاران ۲۰۱۴). افضل و بانو (۲۰۰۸) افزایش محتوای فسفر دانه گندم در زمان به‌کارگیری باکتری حل‌کننده فسفات را گزارش نمودند. پیش‌تیمار جداگانه و/یا هم‌زمان این گونه باکتری‌ها به‌همراه مصرف کود فسفر موجب بهبود ۳۰ تا ۴۰ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با مصرف تنهای کود فسفر شد (افضل و بانو ۲۰۰۸). به‌طور کلی، این ریزجانداران با استقرار در ریشه گیاه و تولید هورمون‌های گیاهی، ویتامین‌ها، سیدروفور، مواد محرک رشد و توانایی انحلال مواد معدنی فسفات و دیگر مواد مغذی موجب بهبود عملکرد گیاه میزبان خواهند شد (ورما و همکاران ۲۰۱۳).

(حدود ۲۶ درصد) رساند. پژوهشگران دیگر نیز فسفر دانه گندم در بوته‌های تلقیح‌یافته با باکتری *سودوموناس* و مصرف کود فسفر ( $P_2O_5$ ) را گزارش نمودند (افضل و بانو ۲۰۰۸). لاواکوش و همکاران (۲۰۱۴) بعد از دو سال آزمایش تحت شرایط گلخانه، افزایش تعداد پنجه، ارتفاع بوته، طول پانیکول، عملکرد کاه و دانه برنج تلقیح‌یافته با ترکیب چند سویه از *سودوموناس* در سه سطح صفر، ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر را گزارش نمودند، که دلیل افزایش رشد را به سنتز هورمون اکسین (IAA) و انحلال فسفر نامحلول توسط این باکتری‌ها نسبت دادند. علاوه بر این، به دلیل صرفه اقتصادی بهتر، ترکیب تیمار باکتری و ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر را برای برنج توصیه نمودند. از آنجایی که فسفر به‌عنوان یک عنصر غذایی ضروری بوده و اغلب به‌دلیل تثبیت شدن در خاک غیرقابل‌دسترس برای گیاهان می‌باشد (زیو و همکاران



جدول ۶- مقایسه میانگین صفات قطر ساقه اصلی، طول سنبله و عملکرد دانه در گندم در ترکیبات تیماری

عملکرد دانه (گرم در بوته)	طول سنبله	قطر ساقه اصلی (میلی متر)	تیمار	
			باکتری	فسفر (کیلوگرم در هکتار)
۱/۵۶ <sup>c</sup>	۱۰/۲۸ <sup>c</sup>	۳/۸۱ <sup>c</sup>	-E*	.
۱/۸۶ <sup>c</sup>	۱۱/۱۶ <sup>a</sup>	۴/۱۷ <sup>b</sup>	+E**	.
(+۱۹/۲۳)	(+۸/۵۶)	(+۹/۴۴)		
۱/۷۰ <sup>de</sup>	۱۰/۴۴ <sup>bc</sup>	۴/۱۰ <sup>b</sup>	-E	.
۱/۸۳ <sup>cd</sup>	۱۰/۷۸ <sup>ab</sup>	۴/۲۰ <sup>b</sup>	+E	۵۰
(+۷/۰۵)	(+۳/۲۵)	(+۲/۴۳)		
۲/۰۵ <sup>b</sup>	۱۰/۹۱ <sup>a</sup>	۴/۳۷ <sup>a</sup>	-E	.
۲/۵۹ <sup>a</sup>	۱۱/۰۱ <sup>a</sup>	۴/۴۹ <sup>a</sup>	+E	۱۰۰
(+۲۶/۳۴)	(+۰/۹۱)	(+۲/۷۴)		

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف یا حروف مشابه از نظر آماری مطابق آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. \* بدون اینتروباکتر (*E: Enterobacter sp.*) و \*\* کاربرد اینتروباکتر

ریزجانداران باشد، هرچند این نتیجه با نتایج آزمایشی که در این زمینه روی گیاه فلفل (محمدی کشکا و همکاران ۲۰۱۵) انجام شده بود مطابقت نداشت، چرا که در آزمایش مذکور کاربرد همزمان قارچ و باکتری افزایش نسبی وزن خشک بوته گیاه فلفل را نسبت به کاربرد جداگانه آن‌ها به دنبال داشت. در پژوهش‌های مشابه، تریکودرما سبب بهبود ارتفاع بوته، تعداد برگ، پنجه، طول ریشه و وزن تر ریشه برنج (دونی و همکاران ۲۰۱۴) و باکتری‌های ریزوسفری نیز سبب افزایش وزن خشک ریشه، ساقه و عملکرد دانه نخود (ورما و همکاران ۲۰۱۳) شدند. محمادی کشکا و همکاران (۲۰۱۵) نیز، بهبود حدود دو برابری وزن خشک برگ، اندام هوایی و وزن خشک گیاهچه فلفل پیش‌تیمار شده با تریکودرما و ایرنس و پیریفورموسپورا / ایندیکا را در شرایط کاربرد اینتروباکتر نسبت به شاهد گزارش نمودند. یاداو و همکاران (۲۰۱۵) نیز دلیل افزایش ارتفاع بوته، وزن تر و خشک ساقه، ریشه، محتوای کلروفیل و فسفر ریشه و ساقه آفتابگردان تلقیح‌شده با تریکودرما و پیرییدی و باکتری سودوموناس فلورسنس را افزایش فعالیت آنزیم فسفاتاز گزارش کردند. جواهری و همکاران (۲۰۱۴)

نتایج برهم‌کنش قارچ و باکتری نشان داد، در شرایط به‌کارگیری و عدم به‌کارگیری تیمار اینتروباکتر، تریکودرما هوماتوم سبب افزایش معنی‌دار تمامی صفات نسبت به شرایط شاهد (عدم به‌کارگیری قارچ و باکتری) گردید (جدول ۷). تیمار توأم قارچ و باکتری و تیمار جداگانه قارچ نیز افزایش اکثر صفات مورد بررسی به‌ویژه عملکرد دانه را نسبت به شرایط شاهد به دنبال داشت. کاربرد جداگانه اینتروباکتر نسبت به تریکودرما اثر افزایشی بیشتری نشان داد، به عبارتی، کاربرد جداگانه اینتروباکتر به ترتیب باعث افزایش حدود یک، چهار، چهار، هشت، نه و ۱۶ درصدی در صفات تعداد برگ در ساقه اصلی، قطر ساقه اصلی، طول سنبله، تعداد سنبله در بوته، عملکرد دانه و زیست‌توده نسبت به کاربرد جداگانه تریکودرما شد. بهترین تیمار جهت دستیابی به بالاترین عملکرد دانه به ترتیب در زمان کاربرد جداگانه باکتری و به‌کارگیری توأم این ریزجانداران به مقدار حدود ۳۱ و ۲۱ درصد نسبت به شرایط شاهد به دست آمد. پایین‌تر بودن عملکرد دانه در کاربرد هم‌زمان قارچ و باکتری نسبت به کاربرد جداگانه باکتری می‌تواند به دلیل برهم‌کنش منفی بین این

بررسی داشت. محمدی و همکاران (۲۰۱۱) بهبود قابل توجه محتوای فسفر برگ، دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه و غلاف بارور در بوته خود را در شرایط به کارگیری همزمان باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ تریکودرما را گزارش نمودند.

فرایند معدنی شدن فسفر از ترکیبات فسفر آلی توسط آنزیم‌هایی نظیر فسفاتاز و فیتاز را در حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه مهم دانستند. علاوه بر این بیان نمودند که گونه‌های قارچی تریکودرما هارزیانوم بیشترین فعالیت فسفاتازی اسیدی و قلیایی را در میان قارچ‌های مورد

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات تعداد برگ در ساقه اصلی، قطر ساقه اصلی، طول سنبله، تعداد سنبله در بوته،

عملکرد دانه و زیست‌توده در گندم در ترکیبات تیماری قارچ و باکتری

تیمار	تعداد برگ ساقه اصلی	قطر ساقه اصلی (میلی‌متر)	طول سنبله (سانتی‌متر)	تعداد سنبله در بوته	عملکرد دانه (گرم در بوته)	زیست‌توده	
						قارچ	باکتری
-E	۷/۷۰ <sup>c</sup>	۳/۸۹ <sup>d</sup>	۱۰/۲۶ <sup>c</sup>	۱/۰۸ <sup>b</sup>	۱/۶۶ <sup>d</sup>	۴/۰۷ <sup>b</sup>	-Th
+E	۸/۰۵ <sup>a</sup>	۴/۴۶ <sup>a</sup>	۱۱/۳۰ <sup>a</sup>	۱/۲۷ <sup>a</sup>	۲/۱۸ <sup>a</sup>	۵/۰۸ <sup>a</sup>	+E
	(+۴/۵۴)	(+۱۴/۶۵)	(+۱۰/۱۳)	(+۱۷/۵۹)	(+۳۱/۳۲)	(+۲۴/۸۱)	
-E	۷/۹۳ <sup>ab</sup>	۴/۳۰ <sup>b</sup>	۱۰/۸۳ <sup>b</sup>	۱/۱۸ <sup>ab</sup>	۱/۸۸ <sup>c</sup>	۴/۴۷ <sup>b</sup>	-E
+Th	(+۲/۹۸)	(+۱۰/۵۳)	(+۵/۵۵)	(+۹/۲۵)	(+۱۳/۲۵)	(+۹/۸۲)	+Th
+E	۷/۸۷ <sup>b</sup>	۴/۱۱ <sup>c</sup>	۱۰/۶۶ <sup>b</sup>	۱/۱۲ <sup>b</sup>	۲/۰۱ <sup>b</sup>	۴/۴۸ <sup>b</sup>	+E
	(+۲/۲۰)	(+۵/۶۵)	(+۳/۸۹)	(+۳/۷۰)	(+۲۱/۰۸)	(+۱۰/۰۷)	

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف یا حروف مشابه از نظر آماری مطابق آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

فسفر، صفات قطر ساقه اصلی (\*\*۰/۷۷)، طول سنبله (\*\*۰/۸۵) و زیست‌توده (\*۰/۶۹) همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند. با افزایش کود فسفر به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار، همبستگی صفات قطر ساقه اصلی، طول سنبله و زیست‌توده با عملکرد دانه مثبت، ولی غیرمعنی‌دار بود. محمدی و همکاران (۲۰۱۱)، قادری و همکاران (۲۰۰۹)، احمدی و همکاران (۲۰۱۱) و مهدی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۵) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گندم را گزارش کرده‌اند. همچنین برخی پژوهشگران دیگر انتخاب ژنوتیپ‌های برخوردار از عملکرد بیولوژیک بالا را به‌عنوان یک راه‌حل مناسب جهت بالا بردن میزان عملکرد دانه گندم پیشنهاد نموده‌اند (مهدی‌نژاد و همکاران ۲۰۱۵). با توجه به نتایج همبستگی مثبت و معنی‌دار قطر ساقه با

عملکرد دانه مهم‌ترین صفت مورد ارزیابی در غلاتی مانند گندم است که ناشی از اثرات تجمعی اجزای متشکله آن می‌باشد. با توجه به اینکه عملکرد دانه خود متأثر از این صفات می‌باشد، لذا بیشتر پژوهشگران سعی در گزینش معیارهای دیگری غیر از عملکرد دانه دارند که دارای ثبات بیشتری هستند (طالعی و بهرام‌نژاد ۲۰۰۳). همچنین می‌توان بعد از اعمال هر تیمار آزمایشی با تعیین همبستگی بین صفات مختلف به‌ویژه عملکرد دانه و اجزای عملکرد، نقاط ضعف و قدرت مواد آزمایشی خود را شناخته و جهت تعمیم و رفع نواقص آن‌ها در برنامه‌های آتی اهتمام ورزید. نتایج همبستگی ساده میان کلیه صفات مورد بررسی با عملکرد دانه در بوته در سطوح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر در جدول ۸ ارائه شده است. در شرایط بدون مصرف کود

بر صفات رویشی، عملکرد دانه و زیست‌توده گندم بود. در تمام سطوح فسفر، اینتروباکتر سبب افزایش قابل توجه تمامی صفات از جمله عملکرد دانه نسبت به شرایط عدم کاربرد باکتری شد. هرچند بر اساس نتایج آزمون خاک و کافی بودن فسفر خاک مزرعه برای کشت گندم، عملاً مزرعه نیازی به مصرف کود فسفر نداشته است ولی با اینحال در مجموع بیشترین میزان عملکرد دانه در شرایط کاربرد اینتروباکتر و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر به دست آمد. با اینحال، جهت شناخت بهتر سازوکارهای این ریزجانداران و میزان فسفر مناسب مصرفی برای گندم، نیاز به مطالعات تکمیلی در شرایط آب و هوایی و روی ارقام مختلف می‌باشد. همچنین، جهت اطمینان از عدم بیماری‌زایی این باکتری برای انسان، در ادامه این پژوهش و قبل از توصیه آن به کشاورزان گواهی و تائیدیه‌های مورد نیاز از مراجع ذیصلاح بهداشتی دریافت خواهد شد.

#### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان جهت تأمین قارچ و باکتری و نیز از جناب آقای فرزین گوران جهت در اختیار قرار دادن مزرعه و مساعدت در انجام پژوهش حاضر سپاسگزاری می‌گردد.

عملکرد دانه و از طرفی با توجه به اینکه قطر بیش‌تر ساقه در استحکام و مقاومت به عوامل نامساعد محیطی از قبیل ورس در غلاتی مانند گندم نقش مهمی دارد این نتایج دور از انتظار نمی‌باشد.

با افزایش کود فسفر به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین قطر ساقه اصلی (\* $0/70$ )، طول سنبله (\* $0/59$ ) و زیست‌توده (\* $0/66$ ) با عملکرد دانه مشاهده شد (جدول ۸). مطابق با یافته‌های پژوهش حاضر، افضل و بانو (۲۰۰۸) نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار طول سنبله و عملکرد دانه را گزارش کرده‌اند. حسین و ستار (۲۰۱۴) در آزمایشی مزرعه‌ای در دو مکان مختلف کشور بنگلادش، علاوه بر گزارش افزایش عملکرد دانه و کاه، محتوای فسفر دانه و کاه گندم تلقیح یافته با باکتری *Sorbusomonas* به همراه مصرف ۱۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر، همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با صفات مرتبط با عملکرد از قبیل طول سنبله و تعداد پنجه را نیز گزارش نمودند. این محققین بهبود صفات اجزای عملکرد را دلیل افزایش عملکرد دانه دانستند.

#### نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر نشان‌دهنده تأثیر مثبت تریکودرما *هاماتوم* و اینتروباکتر

جدول ۸- همبستگی بین صفات تعداد برگ در ساقه اصلی، ارتفاع بوته، قطر ساقه اصلی، طول پدانکل، طول اکستراژن، طول سنبله، تعداد سنبله در بوته، زیست توده و عملکرد دانه به تفکیک در سه مقدار کود فسفر (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار).  
(n=۱۲)

کود فسفر (کیلوگرم در هکتار)	صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۰	تعداد برگ در ساقه اصلی	۱								
	ارتفاع بوته	-۰/۲۲	۱							
	قطر ساقه اصلی	۰/۴۱	-۰/۶۵*	۱						
	طول پدانکل	۰/۰۸	۰/۹۲**	-۰/۵۴	۱					
	طول اکستراژن	-۰/۳۹	۰/۸۷**	-۰/۷۵**	۰/۸۱**	۱				
	طول سنبله	۰/۴۴	-۰/۷۹**	۰/۹۵**	-۰/۶۸*	-۰/۸۶**	۱			
	تعداد سنبله در بوته	۰/۰۵	-۰/۲۷	۰/۱۳	-۰/۱۷	-۰/۲۱	۰/۱۰	۱		
	زیست توده	۰/۱۹	-۰/۷۲**	۰/۸۶**	-۰/۶۳*	-۰/۶۹*	۰/۷۹**	-۰/۳۸	۱	
	عملکرد دانه	۰/۴۲	-۰/۸۲**	۰/۷۷**	-۰/۷۳**	-۰/۹۰**	۰/۸۵**	۰/۲۳	۰/۶۹*	۱
۵۰	تعداد برگ در ساقه اصلی	۱								
	ارتفاع بوته	-۰/۱۸	۱							
	قطر ساقه	۰/۵۹*	-۰/۰۹	۱						
	طول پدانکل	-۰/۳۲	۰/۶۳*	-۰/۴۶	۱					
	طول اکستراژن	-۰/۲۹	۰/۸۶**	۰/۰۳	۰/۵۳	۱				
	طول سنبله	۰/۷۳**	-۰/۱۷	۰/۴۸	-۰/۱۸	۰/۰۴	۱			
	تعداد سنبله در بوته	-۰/۲۲	-۰/۰۷	-۰/۲۶	-۰/۲۳	۰/۲۸	-۰/۳۱	۱		
	زیست توده	۰/۱۴	۰/۶۷*	۰/۲۰	۰/۰۶	۰/۷۱**	۰/۴۲	۰/۳۸	۱	
	عملکرد دانه	۰/۴۰	-۰/۱۳	۰/۲۴	-۰/۳۶	-۰/۰۷	۰/۵۴	۰/۳۳	۰/۴۵	۱
۱۰۰	تعداد برگ در ساقه اصلی	۱								
	ارتفاع بوته	-۰/۴۳	۱							
	قطر ساقه	۰/۳۴	-۰/۲۵	۱						
	طول پدانکل	۰/۰۶	۰/۵۸*	۰/۰۱	۱					
	طول اکستراژن	۰/۱۸	۰/۵۰	-۰/۰۲	۰/۹۴**	۱				
	طول سنبله	۰/۲۴	-۰/۲۸	۰/۸۲**	-۰/۱۲	-۰/۱۸	۱			
	تعداد سنبله در بوته	۰/۴۷	-۰/۰۸	۰/۷۸**	-۰/۲۲	۰/۲۳	-۰/۵۴	۱		
	زیست توده	۰/۴۸	-۰/۱۷	۰/۷۶**	-۰/۰۴	-۰/۰۵	۰/۶۲*	۰/۹۳**	۱	
	عملکرد دانه	۰/۶۵*	-۰/۵۱	۰/۷۰*	-۰/۲۷	-۰/۲۸	۰/۵۹*	۰/۵۴	۰/۶۶*	۱

\* و \*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد می باشد.

## منابع مورد استفاده

- Abd-El-Khair H, Khalifa RKM and Haggag KHE, 2010. Effect of *Trichoderma* species on damping off diseases incidence, some plant enzymes activity and nutritional status of bean plants. *Journal of American Science*, 6(9): 486-497.
- Afzal A and Bano A, 2008. *Rhizobium* and phosphate solubilizing bacteria improve the yield and phosphorus uptake in wheat (*Triticum aestivum*). *International Journal of Agriculture and Biology*, 10: 85-88.
- Ahangar L, Babaeizad V, Ranjbar GA, Najafi Zarrini H and Biabani A, 2015. Expression profile of defense-related genes in susceptible and resistant wheat cultivars in response to powdery mildew infection. *Modern Genetics Journal*, 10(1): 33-46. (In Persian).
- Ahmadi J, Khatibi M, Amirshakari H and Amini Dehagi M, 2011. Evaluation of the effective morpho-physiological indices on the yield of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) using multivariate statistical methods. *Journal of Agronomy Science*, 4(4): 55-66. (In Persian).
- Arriagada C, Aranda E, Sampedro I, Garcia-Romera I and Ocampo JA, 2009. Contribution of the saprobic fungi *Trametes versicolor* and *Trichoderma harzianum* and the arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus deserticola* and *G. claroideum* to arsenic tolerance of *Eucalyptus globulus*. *Bioresource Technology*, 100: 6250-6257.
- Badar R and Qureshi SA, 2012(a). Comparative effect of *Trichoderma hamatum* and host-specific *Rhizobium* species on growth of *Vigna mungo*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 2(04): 128-132.
- Badar R and Qureshi SA, 2012(b). Use of *Trichoderma Hamatum* alone and in combination with rhizobial isolates as biofertilizer for improving the growth and strength of sunflower. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 2(6): 6307-6314.
- Bae H, Sicher RC, Kim MS, Kim SH, Strem MD, Melnick RL and Bailey BA, 2009. The beneficial endophyte *Trichoderma hamatum* isolate DIS 219b promotes growth and delays the onset of the drought response in *Theobroma cacao*. *Journal of Experimental Botany*, 60(11): 3279-3295.
- Bakhshandeh E, Rahimian H, Pirdashti H and Nematzadeh GHA, 2014. Phosphate solubilization potential and modeling of stress tolerance of rhizobacteria from rice paddy soil in northern Iran. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 30: 2437-2447.
- Bakhshandeh E, Rahimian H, Pirdashti H and Nematzadeh GHA, 2015. Evaluation of phosphate-solubilizing bacteria on the growth and grain yield of rice (*Oryza sativa* L.) cropped in northern Iran. *Journal of Applied Microbiology*, 119: 1371-1382.
- Bennett AJ and Whipps JM, 2008. Dual application of beneficial micro-organisms to seed during drum priming. *Applied Soil Ecology*, 38: 83-89.
- Chacón MR, Rodríguez-Galán O, Benítez T, Sousa S, Rey M, Llobell A and Delgado-Jarana J, 2007. Microscopic and transcriptome analyses of early colonization of tomato roots by *Trichoderma harzianum*. *International Microbiology*, 10: 19-27.
- Chandra Nayaka S, Niranjana SR, Uday Shankar AC, Niranjan Raj S, Reddy MS, Prakash HS and Mortensen CN, 2010. Seed biopriming with novel strain of *Trichoderma harzianum* for the control of toxigenic *Fusarium verticillioides* and *fumonisin* in maize. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 43: 264-282.
- Cherati A, 2015. Wheat Nutrition Management. Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research Center, Agriculture Education, Extension and Research Organization, Ministry of Jihad-e-Agriculture, Pp: 1-3. (In Persian).
- Doni F, Isahak A, Zain CRCM and Yusoff WMW, 2014. Physiological and growth response of rice plants (*Oryza sativa* L.) to *Trichoderma* spp. inoculants. *AMB Express-a Springer Open Journal*, 4: 2-7.
- Ghaderi MG, Zeinali Khanghah H, Hosseinzadeh AH, Taleei AR and Naghavi MR, 2009. Evaluation of relationships between grain yield, yield components and the other characteristics associated with grain

- yield in bread wheat using multivariate statistical analysis. Iranian Journal of Field Crop Research, 7(2): 573-582. (In Persian).
- Hashem A, Abd\_Allah EF, Alqarawi AA, Al Huqail AA and Egamberdieva D, 2014. Alleviation of abiotic salt stress in *Ochradenus baccatus* (Del.) by *Trichoderma hamatum* (Bonord.) Bainier. Journal of Plant Interactions, 9(1): 857-868.
- Hassan TU and Bano A, 2015. Role of carrier-based biofertilizer in reclamation of saline soil and wheat growth. Archives of Agronomy and Soil Science, 61: 1719-1731.
- Hermosa R, Viterbo A, Chet I and Monte E, 2012. Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. Microbiology, 158: 17-25.
- Hossain MB and Sattar MA, 2014. Effect of inorganic phosphorus fertilizer and inoculants on yield and phosphorus use efficiency of wheat. Journal of Environmental Science and Natural Resources, 7(1): 75-79.
- Javaheri T, Lakzian A, Khorasani R and Taheri P, 2014. Acid and alkaline phosphatase enzyme activities of different strains of soil fungi in the presence of organic compounds of phosphorus (phytic acid and sodium glycerophosphate). Journal of Soil Biology, 2(1): 1-11. (In Persian).
- John RP, Tyagi RD, Prévost D, Brar SK, Pouleur S and Surampalli RY, 2010. Mycoparasitic *Trichoderma viride* as a biocontrol agent against *Fusarium oxysporum* f. sp. *adzuki* and *Pythium arrhenomanes* and as a growth promoter of soybean. Crop Protection, 29: 1452-1459.
- Kaewchai S, Soyong K and Hyde KD, 2009. Mycofungicides and fungal biofertilizers. Fungal Diversity, 38: 25-50.
- Kızılkaya R, 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. Ecological Engineering, 33: 150-156.
- Lavakush Yadav J, Verma JP, Jaiswal DK and Kumar A, 2014. Evaluation of PGPR and different concentration of phosphorus level on plant growth, yield and nutrient content of rice (*Oryza sativa* L.). Ecological Engineering, 62: 123-128.
- Mahdinezhad N, Omid M, Jalal Kamali MR, Naghavi MR and Fakhri B, 2015. Effect of salinity stress on some agronomic characteristics, grain yield and its components in Seri/Babax recombinant inbred lines wheat. Iranian Journal of Field Crop Science, 46(1): 37-48. (In Persian).
- Mirshekari B, Hokmalipour S, Sharifi RS, Farahvash F and Ebadi-Khazine-Gadim A, 2012. Effect of seed biopriming with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and dry matter accumulation of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) at various levels of nitrogen and phosphorus fertilizers. Journal of Food Agriculture and Environment, 10(3&4): 314-320.
- Mishra DJ, Rajvir S, Mishra UK and Kumar SS, 2013. Role of bio-fertilizer in organic agriculture: a review. Research Journal of Recent Sciences, 2: 39-41.
- Mohammadi H, Ahmadi A, Moradi F, Abbasi AR, Poustini K, Joudi M and Fatehi F, 2011. Evaluation of critical traits for improving wheat yield under drought stress. Iranian Journal of Field Crop Science, 42(2): 373-385. (In Persian).
- Mohammadi K, Ghalavand A, Aghaalikhani M, Heidari G and Sohrabi Y, 2011. Introducing a sustainable soil fertility system for chickpea (*Cicer arietinum* L.). African Journal of Biotechnology, 10(32): 6011-6020.
- Mohammadi Kashka F, Pirdashti H, Yaghoobian Y and Bahari Saravi SH, 2015. Effect of *Trichoderma virens* and *Piriformospora indica* coexistence with phosphate solubilizing bacteria (*Enterobacter* sp.) on growth of pepper (*Capsicum annuum* L.) plant. 2<sup>th</sup> National Conference of Planning, Protecting and Conservation, Environmental Protection, Sustainable Development. 15 February, Tehran, Iran. Pp: 10. (In Persian).
- Naseby DC, Pascual JA and Lynch JM, 2000. Effect of biocontrol strains of *Trichoderma* on plant growth, *Pythium ultimum* populations, soil microbial communities and soil enzyme activities. Journal of Applied Microbiology, 88: 161-169.

- Raj SN, Shetty NP and Shetty HS, 2004. Seed bio-priming with *Pseudomonas fluorescens* isolates enhances growth of pearl millet plants and induces resistance against downy mildew. *International Journal of Pest Management*, 50(1): 41-48.
- Rawat R and Tewari L, 2011. Effect of abiotic stress on phosphate solubilization by biocontrol fungus *Trichoderma* sp.. *Current Microbiology*, 62: 1521-1526.
- Rudresh DL, Shivaprakash MK and Prasad RD, 2005. Tricalcium phosphate solubilizing abilities of *Trichoderma* spp. in relation to P uptake and growth and yield parameters of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Canadian Journal of Microbiology*, 51: 217-222.
- Sallam Nashwa MA, Abo-Elyousr KAM and Hassan MAE, 2008. Evaluation of *Trichoderma* species as biocontrol agent for damping-off and wilt diseases of *Phaseolus vulgaris* L. and efficacy of suggested formula. *Egyptian Journal of Phytopathology*, 36(1-2): 81-93.
- Sengupta C, Bhosale A and Malusare S, 2015. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on seed germination and seedling development of *Zea mays*. *International Journal of Research in Advent Technology Special Issue, National Conference on Advances and Challenges in Green Technology*. 13-14 February, Pune, India. Pp: 9.
- Shaharoona B, Naveed M, Arshad M and Zahir ZA, 2008. Fertilizer-dependent efficiency of *Pseudomonads* for improving growth, yield, and nutrient use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Applied Microbiology and Biotechnology*, 79: 147-155.
- Sharifi RS, 2011. Grain yield and physiological growth indices in maize (*Zea mays* L.) hybrids under seed bioprimering with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). *Journal of Food Agriculture and Environment*, 9(3&4): 393-397.
- Sharma P, Patel AN, Saini MK and Deep S, 2012. Field demonstration of *Trichoderma harzianum* as a plant growth promoter in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agricultural Science*, 4(8): 65-73.
- Shukla N, Awasthi RP, Rawat L and Kumar J, 2012. Biochemical and physiological responses of rice (*Oryza sativa* L.) as influenced by *Trichoderma harzianum* under drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 54: 78-88.
- Singh V, Singh PN, Yadav RL, Awasthi SK, Joshi BB, Singh, RK, Lal RJ and Duttamajumder SK, 2010. Increasing the efficacy of *Trichoderma harzianum* for nutrient uptake and control of red rot in sugarcane. *Journal of Horticulture and Forestry*, 2(4): 66-71.
- Taleei A and Bahramnejad B, 2003. A Study of relationship between yield and its components in landrace populations of wheat from western parts of Iran using multivariate analysis. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 34(4): 949-959. (In Persian).
- Verma JP, Yadav J, Tiwari KN and Kumar A, 2013. Effect of indigenous *Mesorhizobium* spp. and plant growth promoting rhizobacteria on yields and nutrients uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under sustainable agriculture. *Ecological Engineering*, 51: 282-286.
- Vinale F, Sivasithamparam K, Ghisalberti EL, Marra R, Woo SL and Lorito M, 2008. *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry*, 40: 1-10.
- Yadav A, Yadav K and Aggarwal A, 2015. Impact of arbuscular mycorrhizal fungi with *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* on growth, yield and oil content in *Helianthus annuus* (L.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 18(2): 444-454.
- Zaidi A, Saghir Khan MD and Amil MD, 2003. Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *European Journal of Agronomy*, 19: 15-21.
- Zhu F, Qu L, Hong X and Sun X, 2011. Isolation and characterization of a phosphate-solubilizing halophilic bacterium *Kushneria* sp. YCWA18 from Daqiao Saltern on the coast of Yellow Sea of China. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2011: 1-6.