

## ارزیابی باکتری‌های محرک رشد، نیتروژن و فسفر بر کارایی کود و عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) رقم N-80-19 در شرایط ساری

زهرا صابر<sup>۱</sup>، همت‌اله پیردشتی<sup>۲\*</sup>، محمدعلی اسماعیلی<sup>۳</sup> و ارسطو عباسیان<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۷/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۲/۲۰

### چکیده

به منظور بررسی اثر کارایی باکتری‌های حل‌کننده فسفر و تثبیت‌کننده نیتروژن به همراه کودهای شیمیایی سوپرفسفات تریپل و اوره بر کارایی کود و عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) رقم N-80-19، آزمایشی در مزرعه‌ی پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال زراعی ۱۳۸۷-۸۸ انجام شد. آزمایش بصورت اسپلیت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی شامل کود سوپرفسفات تریپل در سه سطح (صفر، ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و کرت‌های فرعی شامل کود نیتروژن از منبع اوره در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) و کرت‌های فرعی شامل باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفر در چهار سطح (عدم تلقیح بذر با باکتری، تلقیح بذر با باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن، تلقیح بذر با باکتری حل‌کننده فسفر، تلقیح بذر با هر دو نوع باکتری) بود. نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که کودهای نیتروژنه، فسفره و بیولوژیک بر اکثر صفات از جمله کارایی کود فسفره و نیتروژنه، تعداد سنبله، ارتفاع بوته، مساحت برگ پرچم، عملکرد و وزن دانه در سطح احتمال یک درصد تأثیری معنی‌دار داشتند. همچنین کودهای بیولوژیک بر هم‌کنش معنی‌داری با کودهای شیمیایی نیتروژنه و فسفره از نظر برخی صفات مهم نظیر کارایی کود نیتروژنه، فسفره و بازده نسبی زراعی کود داشتند. بر اساس نتایج به دست آمده، با مصرف کودهای بیولوژیک، عملکرد دانه به میزان ۴۶/۶ درصد نسبت به تیمار شاهد بدون تلقیح بیشتر شده و با مصرف توأم کودهای بیولوژیک، کارایی کود فسفره و کود نیتروژنه به ترتیب به میزان ۵۸/۴ و ۷۶/۵ درصد نسبت به شاهد بدون تلقیح بهبود یافت. تیمارهای تلفیقی کودهای بیولوژیک بیشترین تأثیر را در افزایش صفات مورد مطالعه داشتند. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که در شرایط این آزمایش کودهای بیولوژیک می‌توانند جایگزین ۵۰ درصد مصرف کود شیمیایی فسفر بدون کاهش قابل ملاحظه‌ای در عملکرد دانه گندم شوند.

**واژه‌های کلیدی:** تعداد سنبله، کود بیولوژیک، کود شیمیایی، مساحت برگ، وزن دانه

### مقدمه

غیراصولی این کودها از سوی دیگر، تفکر استفاده از شیوه‌های زیستی تثبیت نیتروژن برای تقویت رشد محصولات را قوت بخشیده است (Bockman, Gholami & Koocheki, 2002). بر همین اساس، در دو دهه‌ی گذشته طیف گسترده‌ای از باکتری‌های خاک در ریزوسفر شناخته شده‌اند که می‌توانند رشد بسیاری از گونه‌های گیاهی مهم از نظر زراعی را بهبود بخشند. این گروه پراکنده از نظر سیستماتیکی، ریزوباکترهای محرک رشد گیاهان خوانده می‌شوند (Bashan et al., 1997). بنابراین، به منظور جبران کمبود عناصر غذایی و رفع نیاز غذایی گیاهان در جهت افزایش عملکرد، هماهنگی با محیط زیست و نیل به کشاورزی پایدار، استفاده از کودهای بیولوژیک یکی از مؤثرترین شیوه‌های مدیریت بهبود حاصلخیزی خاک می‌باشد (Pallai, 2005).

از زمان جنگ جهانی دوم، کاربرد کودهای شیمیایی، انقلابی در تولید محصولات زراعی به وجود آورد و کشاورزان به طور مداوم در تلاش‌اند تا با رفع کمبود عناصر غذایی خاک و استفاده از مدیریت صحیح تولید، عملکرد را به حد بالقوه ژنتیکی نزدیک کنند، ولی مشکلات اقتصادی ناشی از افزایش رو به رشد هزینه کودهای شیمیایی از یک‌سو و مسائل زیست‌محیطی مرتبط با مصرف

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار، دانشیار و مربی، گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(Email: h.pirdashti@sanru.ac.ir

\*) نویسنده مسئول:

تلقیح با باکتری‌ها ۵۰ درصد کاهش یافت (Mirzaei et al., 2007). در مطالعه‌ای دیگر تلقیح گیاه گندم و سورگوم (*Surghum dura*) (Stapf. با *Azospirillum brasilense*) باعث تسریع خوشه‌دهی و گلدهی و افزایش وزن کل اندام هوایی، ارتفاع گیاه و طول برگ شده است (Asadi Rahmani & Fallah, 2001). نتایج مشابهی در گیاه کنجد (*Sesamum indicum* L.) (Ahmadi Vavsari, 2009) و گیاه ذرت (*Zea mays* L.) (Yazdani et al., 2010) در شرایط مشابه این آزمایش در استان مازندران حاصل شده است. لذا با توجه به گسترش استفاده از کودهای بیولوژیک همراه با مقادیر کاهش‌یافته کودهای شیمیایی در نظام‌های کشاورزی، هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی تأثیر مصرف توأم کودهای نیتروژن، فسفر و کودهای بیولوژیک حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفر و تثبیت‌کننده نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (رقم N-80-19) بود.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه‌ی پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در پاییز سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل کود سوپرفسفات تریپل در سه سطح (صفر، ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار)، کرت‌های فرعی شامل کود نیتروژن از منبع اوره در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) و کرت‌های فرعی شامل باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفر در چهار سطح (عدم تلقیح بذر با باکتری، تلقیح بذر با باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن، تلقیح بذر با باکتری حل‌کننده فسفر، تلقیح با هر دو نوع باکتری) بود. در این آزمایش از کود زیستی فسفات بارور ۲ (شامل دو نوع باکتری حل‌کننده فسفر، از گونه‌های *Bacillus lentus* که با ترشح اسیدهای آلی و گونه‌ای از *Pseudomonas putida* با ترشح اسید فسفاتاز سبب افزایش حلالیت فسفر نامحلول می‌شوند با  $10^8$  سلول زنده در هر گرم) و کود سوپرنیتروپلاس (شامل مجموعه‌ای از گونه‌های مختلف باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، کنترل‌کننده عوامل بیماری‌زای خاکزی و باکتری‌های محرک رشد از جمله *Bacillus subtilis*، *Pseudomonas fluorescens*، *Azospirillum* spp. با  $10^8$  سلول زنده در هر میلی‌لیتر) استفاده شد، که بذور قبل از کاشت به کودهای بیولوژیک آغشته شدند و پس از تلقیح مورد کشت قرار گرفتند. برای تعیین خصوصیات خاک، قبل از اجرای آزمایش اقدام به جمع‌آوری ۱۵ نمونه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک گردید و بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن تعیین شد (جدول ۱).

کودهای بیولوژیک را با استفاده از ریز موجودات مفید، به صورت آغشته کردن بذور، ریشه و یا خاک بکار می‌برند و این میکروارگانیسم‌های مفید با فعالیت بیولوژیکی، عناصر غذایی را برای گیاهان قابل‌استفاده نموده و با کاهش مصرف کودهای شیمیایی موجب سلامت خاک می‌شوند (Kapulnik et al., 2007; Pan et al., 1999). امروزه بیوتکنولوژی خاک درصدد است تا ضمن تولید کودهای بیولوژیک، از موجودات مفید خاکزی به منظور حذف سموم و سایر آلاینده‌های خاک، تجزیه بقایای گیاهی، بهبود ساختمان فیزیکی خاک، اصلاح خاک‌های فرسوده، کمک به حفظ سلامت گیاه و موارد دیگر استفاده نماید (Arduini et al., 2006). از سوی دیگر، یکی از اصول مهم کشاورزی پایدار، استفاده کارآمد از کودهای شیمیایی و به‌ویژه کودهای فسفاته است. این کودها دارای تحرک کمی در خاک بوده و مقدار زیادی از آن‌ها بعد از ورود به خاک نامحلول شده، بطوریکه در خاک‌های آهکی به ترکیبات نامحلول کلسیم و منیزیم و در خاک‌های اسیدی به فسفات آهن و آلومینیوم تبدیل شده و از دسترس گیاهان خارج شده و کارایی مصرفی آن‌ها کاهش می‌یابد (Delvasto et al., 2008; Han et al., 2004). بنابراین، باید ضمن تجدیدنظر در مدیریت استفاده از کودهای فسفاته به پیشرفت‌های نوین مانند استفاده از نهاده‌های بیولوژیک توجه بیشتری معطوف گردد. در همین زمینه بسیاری از میکروارگانیسم‌های خاکزی شامل باکتری‌ها و قارچ‌ها قادرند ترکیبات مختلف فسفر را حل کرده و فسفر موجود در آن‌ها را آزاد نمایند. بیشترین درصد میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات را باکتری‌ها و قارچ‌ها تشکیل می‌دهند. مهمترین باکتری‌های حل‌کننده فسفات نیز *Bacillus ciralans*، *Bacillus megoterium*، *Bacillus subtilis*، *Pseudomonas phosphaticum* می‌باشند. تحقیقات نشان داد که این باکتری‌ها در ۹۰ درصد از خاک‌ها موجود می‌باشند (Delvasto et al., 2008). فعالیت اصلی این گونه میکروارگانیسم‌ها نیز تولید اسیدهای آلی توسط اکسیداسیون ناقص قندها است که باعث کاهش pH و افزایش حلالیت فسفر محیط می‌شوند. از طرفی واکنش‌های آنزیمی به ویژه آنزیم‌های گروه فسفاتاز تولید شده توسط برخی از این میکروارگانیسم‌ها بر معدنی شدن فسفر نیز مؤثر است (Kumutha et al., 2004). از طرف دیگر، این باکتری‌ها قادرند شرایط را برای افزایش راندمان استفاده از کود از طریق کاهش تثبیت فسفر فراهم نمایند (Mehnaz & Lazarovits, 2006). در تحقیقی در مورد اثر باکتری‌های حل‌کننده فسفر روی گندم (*Triticum aestivum* L.)، مشخص گردید که این میکروارگانیسم‌ها روی صفاتی مانند ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت اثری معنی‌دار داشته و درصد فسفر و عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری یافت، بطوریکه مصرف کود شیمیایی همراه با

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد آزمایش  
Table 1- Physical and chemical characteristics of the studied soil

اسیدیته	هدایت الکتریکی EC (دسی‌زیمنس بر متر) (dS.m <sup>-1</sup> )	پتاسیم Potassium (میلی‌گرم در کیلوگرم) (mg.kg <sup>-1</sup> )	فسفر Phosphorus (میلی‌گرم در کیلوگرم) (mg.kg <sup>-1</sup> )	ماده آلی Organic matter	نیتروژن Nitrogen (درصد) (%)	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	بافت Texture رسی-سیلینی
pH	7.15	2.33	320	12.37	2.92	0.17	6.7	43.23	50

فسفره و نیتروژنه در کارایی زراعی کود فسفره و نیتروژنه، ارتفاع بوته، تعداد سنبله در بوته، مساحت برگ پرچم، تعداد دانه در متر مربع، وزن دانه، تعداد سنبله در متر مربع، کارایی نسبی زراعی و عملکرد دانه، به جز قطر ساقه، در سطح احتمال یک درصد تأثیر به‌سزایی داشت. اثر متقابل باکتری (کود بیولوژیک) و کود نیتروژن در اکثر صفات در سطح احتمال یک درصد و در تعداد سنبله در بوته در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید و در مساحت برگ پرچم، وزن دانه و قطر ساقه از لحاظ آماری معنی‌دار نشد، همچنین بین باکتری (کود بیولوژیک) و کود فسفره از نظر صفات قطر، تعداد سنبله در بوته و مساحت برگ برهمکنش معنی‌داری مشاهده نشد، در حالیکه اثر متقابل بین کود فسفره و کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد در تمامی صفات به جز تعداد سنبله در بوته و قطر ساقه معنی‌دار بود (جدول ۲).

استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفر و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، عملکرد دانه (۷۹۵/۸ گرم در متر مربع) را نسبت به شاهد (۵۳۳/۸ گرم در متر مربع) به طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۴). این نتیجه می‌تواند بیانگر رابطه تقویت‌کنندگی (هم‌افزایی) ترکیب باکتری‌های مذکور با یکدیگر در جهت افزایش عملکرد دانه باشد، همچنین با حذف کامل کود فسفره و بیولوژیک در مقایسه با مصرف ۵۰ کیلوگرم فسفر در هکتار به همراه تلقیح توأم عملکرد دانه به طور معنی‌داری (۴۶/۶ درصد) نسبت به شاهد افزایش یافت. در بررسی اثر متقابل باکتری و فسفر بالاترین میزان کارایی نسبی زراعی کود، تعداد سنبله در متر مربع، دانه در متر مربع و ارتفاع بوته را تلقیح توأم و سطوح ۲۵ و ۵۰ کود فسفره به خود اختصاص دادند، در حالیکه بیشترین میزان کارایی زراعی کود نیتروژنه از تیمار ۲۵ کیلوگرم کود فسفره و تلقیح توأم کودهای بیولوژیک حاصل شد (جدول ۵).

#### ارتفاع بوته

در ارتباط با ارتفاع بوته گندم، سطوح فسفر ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار در سطوح کودی ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار دارای بیشترین مقادیر بودند. دامنه میانگین‌ها در این صفت از ۷۴/۷۵ سانتیمتر در تیمار شاهد تا ۹۹/۸۷ سانتی‌متر در تیمار ۵۰ کیلوگرم فسفر در هکتار و تلقیح توأم باکتری‌ها متغیر بود (جدول ۳). در اثر متقابل فسفر و کودهای بیولوژیک، تیمارهای تلقیح توأم در سطح فسفر ۵۰ و ۲۵ کیلوگرم دارای بیشترین ارتفاع بوته به ترتیب با ۹۶/۹۰ و ۹۷/۴۴ سانتی‌متر بودند.

مساحت هر کرت ۱۰ متر مربع (به ابعاد ۵×۲ متر) و فواصل بین کرت‌ها ۰/۵ متر بود. هر کرت شامل ۱۰ خط، فاصله روی ردیف ۲۰ سانتیمتر و طول ردیف پنج متر بود، مقدار بذر مصرفی نیز ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. رقم مورد استفاده در این آزمایش N-80-19 بود که در مقابل خشکی، زنگ زرد، سفیدک و فوزاریوم نیمه‌متحمل، ولیکن در برابر آب گرفتگی حساس می‌باشد. همچنین به منظور ارزیابی ارزش واحد کود مصرفی در پاسخ به افزایش تولید از پارامتر کارایی زراعی کود، معادله (۱) استفاده شد (Dordas et al., 2008):

معادله (۱) میزان کود دریافتی/عملکرد دانه حاصل از تیمار شاهد-عملکرد دانه حاصل از تیمار کودی = بازده زراعی کود  
بازده نسبی زراعی (RAE) نیز با استفاده از معادله (۲) تعیین شد (Jagadeeswaran et al., 2005):

معادله (۲) (وزن خشک در سوپرفسفات تریپل-وزن خشک در تیمار شاهد)/(وزن خشک در تیمار مورد نظر-وزن خشک در تیمار شاهد) = RAE%

به منظور بررسی ارتفاع گیاه و تعداد دانه در سنبله ۱۰ بوته به طور تصادفی از هر واحد آزمایشی برداشت و شاخص‌های مورد نظر اندازه‌گیری شدند. برای تعیین تعداد سنبله در متر مربع، پس از حذف حاشیه‌ها برداشت از سطحی معادل یک متر مربع انجام گرفت و صفت مورد نظر تعیین شد. در زمان ظهور سنبله و آغاز گرده‌افشانی، سطح برگ پرچم توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (CL.203, USA) اندازه‌گیری گردید. همچنین صفاتی مانند تعداد سنبله در بوته، وزن دانه یک سنبله، تعداد دانه در متر مربع، قطر ساقه (با استفاده از کولیس دیجیتالی) و عملکرد دانه اندازه‌گیری شدند. به منظور محاسبه عملکرد دانه، بوته‌های سطحی معادل یک متر مربع (۳۵۰ بوته در متر مربع) برداشت و عملکرد دانه بر اساس رطوبت ۱۴ درصد تعیین شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم افزار SAS 6.12 (SAS Institute, 1997) و مقایسه میانگین نیز بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید (Kamaraki & Galavi, 2012).

#### نتایج و بحث

نتایج نشان داد که کودهای بیولوژیک مورد مطالعه، همانند کود

همچنین در شرایط عدم استفاده از فسفر، کاربرد تلقیح توأم باکتری‌ها ارتفاع بوته را به ۹۱/۲۱ سانتی‌متر رساند (جدول ۵). در اثر متقابل نیتروژن و کودهای بیولوژیک تیمار تلقیح توأم باکتری‌ها در سطح کودی ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بالاترین (۹۹/۳۷ و ۹۹/۸۴ سانتی‌متر) ارتفاع بوته را سبب شدند (جدول ۴). چنین بنظر می‌رسد که باکتری‌های حل‌کننده‌ی فسفر و تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن با افزایش میزان حلالیت فسفر و جذب آن توسط گیاه و همچنین تولید هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد سبب افزایش رشد بوته‌ها شده‌اند (Mkhabela & Warman, 2005)، از طرفی، کاربرد مقدار بهینه نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن دانه و ارتفاع گیاه شد (Talaei & Haghparast, 1999).

### تعداد سنبله

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های تعداد سنبله در بوته حاکی از آن بود که بیشترین تعداد سنبله در بوته در تیمار تلقیح توأم به همراه ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن مشاهده شد. از طرفی، در شرایط عدم استفاده از کود نیتروژن و عدم تلقیح با کودهای بیولوژیک کمترین میزان تعداد سنبله در بوته به دست آمد (جدول ۴). بنابراین، می‌توان چنین بیان کرد که سطوح بالاتر نیتروژن تأثیر مثبتی در تعداد سنبله در گیاه گندم دارد. تعداد سنبله در واحد سطح، مهمترین عامل در افزایش عملکرد دانه می‌باشد. عملکرد نهایی دانه را می‌توان به صورت تعداد سنبله در واحد سطح و وزن سنبله بیان نمود (Shanon, Zeng & 2000). قابلیت تولید سنبله در واحد سطح، در زمان حداکثر پنجه‌زنی تعیین می‌گردد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین صفت تعداد سنبله در متر مربع نشان داد که در بررسی اثر متقابل فسفر و نیتروژن، بیشترین مقدار مربوط به سطوح کودی ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم فسفر در هکتار به همراه ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن می‌باشد. در شرایط عدم مصرف کود شیمیایی فسفره و کود نیتروژن کمترین تعداد سنبله در یک متر مربع به میزان ۱۴۱ به دست آمد (جدول ۳). در اثر متقابل فسفر و کود بیولوژیک بیشترین مقدار سنبله (۲۵۱ و ۲۵۰ سنبله) مربوط به تیمارهای ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم فسفر و تلقیح توأم به دست آمد (جدول ۵). همچنین، در بررسی اثر متقابل کود بیولوژیک و نیتروژن بیشترین میزان تعداد سنبله در واحد سطح با مقادیر ۲۶۷ و ۲۶۴ مربوط به تلقیح توأم و فسفات بارور در ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد (جدول ۴). ایوب و همکاران (Ayoub et al., 1994) و ماسداگ و اسمیت (Mossedaq & Smith, 1994) بیان داشتند که استفاده از سطوح بالای نیتروژن تأثیر مثبتی روی تعداد سنبله در متر مربع دارد.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر فسفر، نیتروژن، کودهای بیولوژیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم  
Table 2- Statistical analysis (mean of squares) of phosphorus, nitrogen and biofertilizer effects on wheat yield and yield components

کارایی نسبی کود	کارایی زراعی کود فسفوره	کارایی زراعی کود نیتروژنه	مساحت برگ	مستطک دانه	وزن دانه در سنبله	تعداد دانه	تعداد سنبله	تعداد سنبله در بوته	ارتفاع بوته	درجه آزادی	منابع تغییرات S.O.V
Relative agronomic efficiency	Relative agronomic efficiency of phosphorus	Relative agronomic efficiency of nitrogen	Flag leaf area	Grain yield	Grain weight per spike	Number of grain	Number of spike	Number of spike per plant	Plant height	df	
0.14 <sup>ns</sup>	0.024 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	1.85 <sup>ns</sup>	149.0 <sup>ns</sup>	0.0014 <sup>ns</sup>	129440 <sup>ns</sup>	6.46 <sup>ns</sup>	0.091 <sup>ns</sup>	0.21 <sup>ns</sup>	2	تکرار (R)
5623.1 <sup>**</sup>	82.28 <sup>**</sup>	4.02 <sup>**</sup>	255 <sup>**</sup>	4909 <sup>**</sup>	10.73 <sup>**</sup>	143323 <sup>**</sup>	40687 <sup>**</sup>	17.24 <sup>**</sup>	1014 <sup>**</sup>	2	فسفر (A)
1.97	0.027	0.0050	2.22	95.34	0.00079	418756	19.13	0.21	18.20	4	خطای a
988.1 <sup>**</sup>	18.03 <sup>**</sup>	152.5 <sup>**</sup>	402 <sup>**</sup>	3801 <sup>**</sup>	0.93 <sup>**</sup>	295034 <sup>**</sup>	43808 <sup>**</sup>	40.74 <sup>**</sup>	3327 <sup>**</sup>	2	نیتروژن (B)
1.05	0.026	0.0049	1.89	86.43	0.00078	399087	18.10	0.14	15.30	12	خطای b
1111.7 <sup>**</sup>	4.38 <sup>**</sup>	7.90 <sup>**</sup>	200 <sup>**</sup>	3459 <sup>**</sup>	0.2 <sup>**</sup>	701181 <sup>**</sup>	4065.3 <sup>**</sup>	14.36 <sup>**</sup>	451.2 <sup>**</sup>	3	کودهای بیولوژیک (C)
44.87 <sup>**</sup>	5.75 <sup>**</sup>	1.27 <sup>**</sup>	33.88 <sup>**</sup>	4744 <sup>**</sup>	0.067 <sup>**</sup>	381084 <sup>**</sup>	1180.3 <sup>**</sup>	0.14 <sup>ns</sup>	9.55 <sup>**</sup>	4	A × B
81.82 <sup>**</sup>	0.15 <sup>**</sup>	0.014 <sup>**</sup>	1.19 <sup>ns</sup>	4048 <sup>**</sup>	0.041 <sup>**</sup>	300784 <sup>**</sup>	448.6 <sup>**</sup>	0.19 <sup>ns</sup>	71.3 <sup>**</sup>	6	A × C
38.63 <sup>**</sup>	0.089 <sup>**</sup>	2.88 <sup>**</sup>	1.52 <sup>ns</sup>	284.3 <sup>**</sup>	0.0008 <sup>ns</sup>	32331 <sup>ns</sup>	222.8 <sup>**</sup>	0.24 <sup>**</sup>	17.4 <sup>**</sup>	6	B × C
6.91 <sup>**</sup>	0.023	0.0035	1.77	57.43	0.00029	375137	14.28	0.10	5.51 <sup>ns</sup>	12	A × B × C
0.97	9.94	2.60	5.04	5.25	2.68	9.79	16.71	9.02	6.32	54	خطای آمایش (CV)

\*، \*\* و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار، \*، \*\* and ns: are significant at 0.05 and 0.01 probability levels and non-significant, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل مقدار نیتروژن و فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم  
Table 3- Means comparison of interaction effects of phosphorus and nitrogen levels on yield and yield components of wheat

کارایی نسبی زراعی کود Relative agronomic efficiency (%)	کارایی زراعی کود فسفره (کیلوگرم دانه بر کیلوگرم کود) Relative phosphorus efficiency of (kg.kg <sup>-1</sup> )	کارایی زراعی کود نیتروژن (کیلوگرم دانه بر کیلوگرم کود) Relative agronomic efficiency of nitrogen (kg.kg <sup>-1</sup> )	مساحت برگ Flag leaf area (m <sup>2</sup> )	تعداد سنبله در متر مربع Number of spike (No.m <sup>-2</sup> )	تعداد دانه (تعداد در متر مربع) Number of grain (No.m <sup>-2</sup> )	وزن دانه (گرم در سنبله) Grain weight (g.spike <sup>-1</sup> )	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع) Grain yield (g.m <sup>-2</sup> )	تیمار	
									مقدار نیتروژن (کیلوگرم بر هکتار) Nitrogen levels (kg.ha <sup>-1</sup> )	مقدار فسفر (کیلوگرم در هکتار) Phosphorus levels (kg.ha <sup>-1</sup> )
24.74f	-	-	20.1e	141.0e	4317d	1.99g	74.75d	520.3g*	0	
28.45e	-	3.33c	25.8cd	188.4d	4746d	1.98a	89.40b	549.0f	50	0
30.70d	-	2.48e	26.0cd	215.0c	5793c	1.64b	89.83b	584.1e	100	
42.75c	1.43e	-	25.1d	212.8c	4786d	1.99g	82.08c	595.1d	0	
50.86b	3.88a	4.40a	26.6c	227.0b	7305b	1.99g	99.40a	793.7b	50	25
55.30a	3.74b	3.09d	31.0a	279.2a	8548a	1.63b	99.88a	866.5a	100	
42.71c	0.72f	-	25.2d	212.6c	4718d	0.97c	82.25c	602.6c	0	
50.82b	1.92d	4.31b	27.9b	227.5b	7308b	0.96c	99.65a	793.6b	50	50
55.30a	2.12c	3.10d	31.3a	279.2a	8806a	0.84d	99.87a	868.8a	100	

\*میانگین‌های دارای حروف مشابه در یک ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

\*\* داده‌هایی که با - نشان داده شده به علت عدم مصرف کود نیتروژن و یا فسفره قابل محاسبه نبودند.

\*Means followed by different letters in each column are significantly different (P < 0.05).

\*\*Data which represented by - are not available.

**تعداد دانه در متر مربع**

کودهای بیولوژیک اثر معنی‌داری بر صفت تعداد دانه در متر مربع داشتند، در بررسی اثر متقابل فسفر و نیتروژن، بیشترین مقدار (۸۵۴۸۲ و ۸۸۰۶۱ دانه در متر مربع) مربوط به سطح کودی ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم فسفر در ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن می‌باشد که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند.

همچنین در اثر متقابل فسفر و کود بیولوژیک بیشترین میزان (۸۵۱۵۴ و ۸۶۴۸۳ دانه در متر مربع) مربوط به تیمارهای ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم فسفر در تلقیح توأم حاصل شد. همچنین در شرایط عدم استفاده از کود فسفوره و عدم تلقیح با باکتری‌ها تعداد دانه در متر مربع دارای کمترین میزان ۴۰۰۱۵ دانه در متر مربع و در همین شرایط در نتیجه تلقیح توأم این میزان به ۵۱۹۷۸ دانه در متر مربع ارتقاء یافت (جدول ۵). در بررسی اثر متقابل کود بیولوژیک و نیتروژن بیشترین تعداد دانه در متر مربع به ترتیب با ۹۰۷۲۸، ۸۹۶۱۵ و ۸۸۵۱۵ دانه در متر مربع مربوط به تیمارهای تلقیح توأم، فسفات بارور و سوپرنیتروپلاس در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد، در حالیکه در همین سطح، تیمار عدم تلقیح با ۵۹۴۵۳ دانه در متر مربع دارای کمترین تعداد دانه در واحد سطح بود (جدول ۴).

**وزن دانه**

وزن دانه یکی از مهمترین اجزای عملکرد می‌باشد که نشان‌دهنده اختصاص مواد فتوسنتزی به دانه‌هاست. علاوه بر این، وزن هزار دانه یک صفت ژنتیکی بوده که در واریته‌های مختلف تفاوت داشته و مقدار آن همچنین می‌تواند متأثر از شرایط دوران رسیدگی باشد. شرایط محیطی ممکن است موجب تغییرات ۲۰ تا ۳۰ درصدی در وزن هزار دانه شوند (Koocheki et al., 1994). در مورد صفت وزن دانه سنبله گندم نتایج اثر کودهای مختلف نشان داد که در بررسی اثر متقابل بین کودهای شیمیایی فسفر و نیتروژن، وزن دانه سنبله گندم از ۱/۹۹ گرم در تیمار شاهد (عدم استفاده از کود فسفوره و نیتروژنه) تا ۰/۸۴ گرم در تیمار ۵۰ کیلوگرم کود فسفوره در هکتار به همراه ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار متغیر بود و همچنین در بررسی اثر متقابل کود شیمیایی فسفوره و کودهای بیولوژیک نیز دامنه تغییرات میانگین‌های صفت وزن دانه‌های یک سنبله به ترتیب از مقدار آن ۱/۷۳ گرم در تیمار شاهد (عدم استفاده از کود شیمیایی فسفوره و عدم تلقیح با کودهای بیولوژیک) تا مقدار این صفت در تیمار تلقیح توأم کودهای بیولوژیک به همراه کاربرد ۵۰ کیلوگرم کود فسفوره در هکتار به مقدار ۰/۹۹ گرم متغیر بود (جدول‌های ۳ و ۵)، بنابراین، چنین به نظر می‌رسد که در سطوح پایین نیتروژن به دلیل اختصاص بیشتر مواد به تعداد دانه‌های کمتر وزن آن‌ها نیز افزایش یافته است.

**مساحت برگ پرچم**

برگ پرچم در طول پر شدن دانه، فعال‌ترین برگ از نظر تولید مواد فتوسنتزی می‌باشد. بررسی اثرات متقابل برگ پرچم نشان داد که، اثر متقابل بین نیتروژن و فسفر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). به عبارت دیگر، بالاترین مساحت برگ پرچم گندم مربوط به تیمارهای ۲۵ و ۵۰ فسفر و سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن مشاهده شد، بطوریکه در شرایط عدم استفاده از کود فسفوره و نیتروژنه مساحت برگ پرچم به کمترین میزان خود یعنی ۲۰/۳ متر مربع رسید، اما با مصرف ۲۵ کیلوگرم کود شیمیایی فسفوره و عدم مصرف کود نیتروژنه میانگین مساحت برگ پرچم به میزان ۲۵/۱۳ متر مربع رسید که از لحاظ آماری با زمانیکه فسفر به میزان ۲۵ کیلوگرم در هکتار و نیتروژن به میزان ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۳). به طور کلی، با افزایش میزان نیتروژن سطح برگ پرچم نیز افزایش یافت. همچنین جدول تجزیه واریانس داده‌های آزمایش برای صفت قطر ساقه (جدول ۲) حاکی از آن است که هیچکدام از فاکتورها بر صفت قطر میانگره اول ساقه اصلی تأثیر معنی‌داری نداشتند که این امر می‌تواند به دلیل این مطلب باشد که قطر ساقه بیشتر تحت تأثیر عوامل ژنتیکی می‌باشد (Naseri, 1991).

**عملکرد دانه**

در ارتباط با عملکرد دانه نیز نتایج حاکی از آن بود که اثر متقابل نیتروژن و فسفر، نیتروژن و کود بیولوژیک و فسفر و کودهای بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد در ارتباط با صفت عملکرد دانه معنی‌دار گردیدند (جدول ۲).

در ارتباط با اثر متقابل فسفر و نیتروژن مقدار این صفت از ۵۲۰/۳ گرم در متر مربع در تیمار شاهد (عدم مصرف کودهای شیمیایی) تا ۸۶۸/۸ گرم در متر مربع در تیمار ۵۰ کیلوگرم کود فسفر و ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن متغیر بود که بالاترین میزان عملکرد دانه در تیمارهای ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم کود فسفوره به همراه ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژنه به ترتیب با مقدار ۸۶۶/۵۸ و ۸۶۸/۸۳ گرم در متر مربع به دست آمد (جدول ۳).

در ارتباط با اثر متقابل بین کود شیمیایی فسفوره و کودهای بیولوژیک نیز دامنه میانگین‌های این صفت از ۵۳۴/۳۳ گرم در متر مربع در تیمار عدم استفاده از کود فسفوره و کودهای بیولوژیک تا ۷۸۳/۴۴ گرم در متر مربع در تیمار کودی ۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر به همراه تلقیح توأم باکتری‌ها به دست آمد که این سطح دارای بالاترین میانگین عملکرد دانه بود (جدول ۵).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل نیتروژن و کود بیولوژیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم  
Table 4- Means comparison of interaction effects between nitrogen and biofertilizer on yield and yield components of wheat

کارایی نسبی زراعی (%) relative agronomic efficiency (%)	کارایی زراعی کود فسفوره (کیلوگرم دانه بر کیلوگرم کود) relative agronomic efficiency of phosphorus (kg.kg <sup>-1</sup> )	کارایی زراعی کود نیتروژنه (کیلوگرم دانه بر کیلوگرم کود) relative agronomic efficiency of nitrogen (kg.kg <sup>-1</sup> )	وزن دانه (گرم در سنبله) Grain weight per spike (g)	تعداد سنبله (تعداد در بوته) Spike number (No.spike <sup>-1</sup> )	تعداد سنبله (تعداد در متر مربع) Spike number (No.m <sup>2</sup> )	تعداد دانه (تعداد در متر مربع) Seed number (No.m <sup>2</sup> )	ارتفاع بوته (سانتی-متر) Plant height (cm)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع) grain yield (g.m <sup>-2</sup> )	تیمار Biofertilizer	مقدار نیتروژن در هکتار Nitrogen levels (kg.ha <sup>-1</sup> )
29.61i	0.47h	-	1.55c	1.88g	178.2h	3111gh	72.66f	533.8g*	عدم تلقیح No inoculation	0
37.85g	0.64g	-	1.66b	2.23f	188.3g	3421g	79.66e	587.0c	فسفات بارور <sup>۲</sup> Phosphate Barvar-2	0
37.78g	0.63g	-	1.68b	2.61e	187.5g	4069f	80.11e	578.6f	سوپرنیتروپلاست Supernitroplast	0
41.70f	1.12f	-	1.72a	3.43d	201.3f	5559e	86.33d	591.3e	تلقیح توام Co-inoculation	0
34.33h	1.50e	2.33e	1.54c	2.68e	189.8g	3912g	91.55c	646.8d	عدم تلقیح No inoculation	50
44.37e	1.86c	4.35b	1.66b	3.77c	219.2e	6472d	96.95b	733.3b	فسفات بارور <sup>۲</sup> Phosphate Barvar-2	50
45.58d	1.87c	4.35b	1.67b	3.76c	217.4e	6367d	96.74b	731.5b	سوپرنیتروپلاست Supernitroplast	50
49.22b	2.50b	4.88a	1.73a	4.55b	230.7d	7728c	99.37a	736.8b	تلقیح توام Co-inoculation	50
37.74g	1.54e	2.19f	1.21g	3.70cd	242.9c	5945de	91.66c	717.0c	عدم تلقیح No inoculation	100
46.46cd	1.70d	2.96d	1.39f	4.65b	264.3ab	8851ab	97.16b	791.1a	فسفات بارور <sup>۲</sup> Phosphate Barvar-2	100
46.58c	1.85c	3.01d	1.42e	4.67b	263.4b	8961ab	97.44b	788.7a	سوپرنیتروپلاست Supernitroplast	100
57.52a	2.71a	3.39c	1.46d	5.63a	267.6a	9072a	99.84a	795.8a	تلقیح توام Co-inoculation	100

\* میانگین‌های دارای حروف مشابه در یک ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.  
\*\* داده‌هایی که با - نشان داده شده، به علت عدم مصرف کود نیتروژنه و یا فسفوره قابل محاسبه نبودند.

\* Means followed by different letters in each column are significantly different (p<0.05).

\*\* Data which represented by - are not available.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل فسفر و کود بیولوژیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم  
Table 5- Means comparison of interaction effect of phosphorus and biofertilizer on yield and yield components of wheat

عملکرد دانه (گرم در متر مربع) Grain yield (g.m <sup>-2</sup> )	کارایی نسبی زراعی کود (%) Relative agronomic efficiency (%)	کارایی زراعی کود فسفره (کیلوگرم دانه بر کیلوگرم کود) Relative agronomic efficiency of phosphorus (kg.kg <sup>-1</sup> )	کارایی زراعی کود نیتروژنه (کیلوگرم دانه بر کیلوگرم کود) Relative agronomic efficiency of nitrogen (kg.kg <sup>-1</sup> )	ارتفاع (سانتی - متر) Plant height (cm)	وزن دانه (گرم در سنبله) Seed weight (g.spike)	تعداد دانه Seed Number (No.m <sup>2</sup> )	تعداد سنبله در متر مربع Spike number of (No.spike)	کود بیولوژیک Biofertilizer	تیمار
									Phosphorus levels (kg.ha <sup>-1</sup> )
534.3f	24.33f	-	1.14g	74.33e	1.73e	40015de	152.66f*	عدم تلقیح No inoculation	
556.3e	27.87e	-	2.08e	86.33d	1.88d	41844d	188.11e	فسفات بارور ۲ Phosphate Barvar-2	0
554.1e	28.00e	-	2.08e	86.77d	1.92b	41924d	192.55de	سوپر نیتروپلاست Supermitroplast	
560.0e	31.66d	-	2.31d	91.21c	1.95a	51978c	197.77d	تلقیح توام Co-inoculation	
678.6d	38.71c	2.33bc	1.71f	90.66c	1.73e	51345c	229.11c	عدم تلقیح No inoculation	
778.3ab	50.60b	2.73a	2.61c	93.66b	1.89cd	72986b	240.00b	فسفات بارور ۲ Phosphate Barvar-2	25
769.6c	50.96b	2.87a	2.64c	93.80b	1.91bc	76455b	247.56ab	سوپر نیتروپلاست Supermitroplast	
780.6ab	58.18a	2.24b	3.01a	96.90a	1.96a	85154a	251.11a	تلقیح توام Co-inoculation	
684.7d	38.65c	1.28e	1.67f	90.77c	0.83h	51997c	229.27c	عدم تلقیح No inoculation	
776.7abc	50.22b	1.48d	2.62e	93.78b	0.93g	72621b	239.77b	فسفات بارور ۲ Phosphate Barvar-2	
775.2bc	51.00b	1.48d	2.63c	93.81b	0.95g	75611b	239.22b	سوپر نیتروپلاست Supermitroplast	50
783.4a	58.58a	2.09c	2.95b	97.44a	0.99f	86483a	250.88a	تلقیح توام Co-inoculation	

\* میانگین‌های دارای حروف مشابه در یک ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

\*\* داده‌هایی که با - نشان داده شده، به علت عدم مصرف کود نیتروژنه و یا فسفره قابل محاسبه نبودند.

\* Means followed by different letters in each column are significantly different (P < 0.05).

\*\* Data which represented by - are not available.



کودهای شیمیایی ممکن است موجب سمیت، کاهش رشد گیاه و جذب عناصر غذایی و سرانجام موجب کاهش کارایی کود گردند (Khavazi et al., 2002).

بررسی اثر متقابل کودهای بیولوژیک و تلقیح با باکتری‌های حل-کننده‌ی فسفر و نیتروژن نشان داد که تلقیح باکتری سبب افزایش کارایی زراعی کود نیتروژنه شده که این نتیجه می‌تواند بیانگر رابطه هم‌افزایی ترکیب باکتری‌های مذکور با یکدیگر در جهت افزایش رشد ریشه و جذب مواد غذایی توسط بوته‌های گندم باشد که در آزمایش ظهیر و همکاران (Zahir et al., 2004) نیز به آن اشاره شده است. گزارش‌ها نشان می‌دهد که *آزوسپیریوم* و *ازتوباکتر* به عنوان محرک کننده رشد گیاهی، غیر از تثبیت نیتروژن مولکولی، با تولید هورمون‌ها و انواع مواد تحریک‌کننده رشد مانند اکسین، اسید پنتوتیک، اسید بیوتیک و ... شده که با افزایش تولید تارهای کشنده ریشه و جذب عناصر غذایی از خاک سبب بهبود کارایی کود می‌شوند که کنده‌ی همکاران (Kennedy et al., 2004) در بررسی‌های خود به آن اشاره نمودند. کاهش ۵۰ درصد از کود فسفره و کاربرد کودهای بیولوژیک، سبب افزایش معنی‌دار کارایی کود فسفره شد. بدین ترتیب، با کاربرد باکتری‌های حل‌کننده‌ی فسفات علاوه بر بهره‌مندی از سایر اثرات مفید این باکتری‌ها از جمله توانایی تبدیل عناصر غذایی اصلی از فرم غیرقابل دسترس به فرم قابل دسترس طی فرآیندهای بیولوژیکی، توسعه سیستم ریشه‌ای و جوانه‌زنی بهتر بذور که نتیجه آن افزایش رشد گیاه در مقایسه با کود شیمیایی است (Zahir et al., 2004)، می‌توان با افزایش مصرف این میکروارگانیسم‌های تحریک‌کننده رشد، کارایی کود فسفره را افزایش و مصرف آن را تا ۵۰ درصد کاهش داد (Bard, 2006). بر اساس نتایج به دست آمده در این آزمایش، بنظر می‌رسد که کاربرد توأم کودهای بیولوژیک می‌تواند معادل ۵۰ کیلوگرم کود فسفره، بر عملکرد گندم تأثیر بگذارد، همچنین بین سطوح ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم کود فسفره هیچ تفاوت معنی‌داری دیده نشد، درحالی‌که این تفاوت بین سطوح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در اکثر صفات چشمگیر بود. این امر نشان می‌دهد که مصرف باکتری نتوانسته کاهش ۵۰ درصدی کود نیتروژنه را جبران نماید و با توجه به اینکه ۵۰ درصد کود فسفره برابر با میزان مصرف کامل کود فسفره بوده است، به نظر می‌رسد که بتوان جهت کاشت گندم چنین ترکیب کودی را توصیه کرد.

افزایش عملکرد دانه گندم تحت تأثیر کودهای بیولوژیک حل-کننده‌ی فسفر و باکتری‌های تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن نیز توسط کومار و همکاران (Kumar et al., 2007) و شهرونا و همکاران (Shaharoon et al., 2006) گزارش شده است. پاندی و همکاران (Pandey et al., 1998) نیز گزارش کردند که تلقیح باکتری‌های *Azotobacter chroocum* و *Azospirillum spp.* با ذرت سبب افزایش رشد و عملکرد آن گردیده است.

پژوهش‌های اخیر مشخص ساخته‌اند که تولید ایندول استیک اسید و سیتوکینین با استفاده از اسید آمینه‌های تریپتوفان و آدنین ترشح شده از ریشه، هیدرولیز پیش ماده اتیلن، ۱-آمینو سیکلو پروپان-۱-کربوکسیلیک دی آمیناز-۷ و تولید مواد هورمونی در اثر واکنش نیتريت ACC بوسیله آنزیم ACC دامیناز<sup>۱</sup> اسید حاصل از تنفس نیتراتی با اسید اسکوربیک مهمترین سازوکارهای تأثیر این باکتری‌ها محسوب می‌شوند (Zahir et al., 2004). از آنجا که عملکرد دانه برآیندی از صفات مختلف گیاهی نظیر وزن هزار دانه، تعداد خوشه در بوته، عملکرد بیولوژیک می‌باشد. بنابراین، بنظر می‌رسد که همزیستی گیاه از طریق افزایش این صفات سبب افزایش عملکرد دانه نسبت به عدم تلقیح گردیده است (Darzi et al., 2009). بسیاری از محققین نظیر ایوب و همکاران (Ayoub et al., 1994)، کمبراتا و بک (Camberato & Back, 1996) و زیارس و شرید (Zebarth & Sheard, 1992) ابراز داشتند که افزایش عملکرد به همراه سطوح بالای نیتروژن مربوط به افزایش تعداد دانه در متر مربع، تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله می‌باشد.

### کارایی کود

بررسی اثرات مقایسه میانگین‌ها در ارتباط با کارایی کود نشان داد که مصرف کود بیولوژیکی کارایی نسبی زراعی کود را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۳). از طرف دیگر، تلقیح باکتری‌های تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن و حل‌کننده‌ی فسفر کارایی زراعی کودهای فسفره و نیتروژنه را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد، همچنین در تیمارهایی که کود فسفره به میزان ۵۰ درصد کاهش یافت و به جای آن از کود بیولوژیک استفاده شد، کارایی زراعی کود نسبت به شاهد بدون تلقیح به طور معنی‌داری بهبود یافت (جدول‌های ۴ و ۵). در همین راستا، نتایج مطالعه‌ای نشان داد که وجود عناصر سنگین مانند بور و کادمیوم با مقادیر اضافی در مصرف

### منابع

- Ahmadi Vavsari, F. 2009. Effect of phosphate solubilizing microorganisms and *Thiobacillus* on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.). MSc Thesis in Agronomy. Sari Agricultural Sciences and Natural

- Resources University. (In Persian with English Summary)
- 2- Arduini, I., Masoni, A., Ercoli, L., and Mariotti, M. 2006. Grain yield, dry matter, nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. *Agronomy Journal* 25: 309-318.
  - 3- Asadi Rahmani, H., and Fallah, A. 2001. Production and Extension of Plant Growth Promoting Rhizobacteria. Soil and Water Research Institute Press. Jihad-e-Agriculture Ministry, Tehran, Iran. (In Persian)
  - 4- Ayoub, M., Guertin, S., Lussier, S.L., and Smith, D.L. 1994. Timing and level of nitrogen fertility effects on spring wheat yield in eastern Canadian. *Crop Science* 34: 348-756.
  - 5- Bard, M.A. 2006. Efficiency of k-feldspar combined with organic materials and silicate dissolving bacteria on tomato yield. *Applied Sciences Research* 2: 1191-1198.
  - 6- Bashan, Y., and Holguin, G. 1997. *Azospirillum*-plant relationship: environmental and physiological advances (1990-1996). *Canadian Journal of Microbiology* 43: 103-121.
  - 7- Bockman, O.C. 1997. Fertilizers and biological nitrogen fixation as sources of plant nutrients: perspectives for future agriculture. *Plant and Soil* 194: 303-334.
  - 8- Camberato, J.J., and Back, B.R. 1996. Spring wheat response to enhanced ammonium supply. II: Tillering. *Agronomy Journal* 82: 467-473.
  - 9- Darzi, M., Ghalavand, A., and Rejali, F. 2009. Effect of biofertilizers application on N, P, K uptake and seed yield in medicinal plants of fenel. *Iranian Journal of Medicinal Plants* 25(1): 1-19. (In Persian with English Summary)
  - 10- Delvasto, P., Valverde, A., Ballester, Amunoz, J. A., Gonzalez, F., Blazquez, M., Ligul, J.M., and Balbo, C.G. 2008. Diversity and activity of phosphate bioleaching bacteria from a high-phosphorus iron ore. *Hydrometallurgy* 92: 124-129.
  - 11- Dordas, C.A., Lithourgidis, A.S., Matsi, T., and Barbayiannis, N. 2008. Application of liquid cattle manure and inorganic fertilizers affect dry matter, nitrogen accumulation, and partitioning in maize. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 80: 283-296.
  - 12- Gholami, A., and Koocheki, A. 2001. Mycorrhizae in Sustainable Agriculture. Shahroud University Press, Semnan, Iran 212 pp. (In Persian)
  - 13- Han, H.S., Supanjani, and Lee, D.K. 2004. Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Agronomy Journal* 24: 169-176.
  - 14- Jagadeeswaran, R., Murugappan, V., and Govindaswamy, M. 2005. Effect of slow release NPK fertilizer sources on the nutrient use efficiency in turmeric (*Curcuma longa* L.). *World Journal of Agricultural Science* 1: 65-69.
  - 15- Kamaraki, H., and Galavi, M. 2012. Evaluation of foliar Fe, Zn and B micronutrients application on quantitative and qualitative traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Agroecology Journal* 4(3): 201-206. (In Persian with English Summary)
  - 16- Kapulnik, Y., Okon, Y., and Henis, Y. 2007. Changes in root morphology of wheat caused by *Azospirillum* inoculation. *Microbiology* 31: 881-887.
  - 17- Kennedy, I.R., Choudhury, A.T.M., and Kecskes, M.L. 2004. Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promoting be better exploited? *Soil Biology and Biochemistry* 36: 1229-1244.
  - 18- Khavazi, K., Asadi Rahmani, H., and Malakouti, M.J. 2002. Necessity for the Production of Biofertilizers in Iran. Agricultural Education Press, Iran 460 pp. (In Persian)
  - 19- Koocheki, A., and Banayan Aval, M. 1994. Crop Yield Physiology. Mashhad University Press, Iran 287 pp. (In Persian)
  - 20- Kumar, B., Trivedi, P., and Pandey, A. 2007. *Pseudomonas corrugates*: A suitable bacterial inoculants for maize grown under rain fed conditions of Himalayan region. *Soil Biology and Biochemistry* 39: 3093-3100.
  - 21- Kumutha, K., Sempaulan, J., and Krishnan, P.S. 2004. Effect of insoluble phosphate and dual inoculation on soybean. In: Kannaryan, S., Kumar, K., Gouidarajan, K. (eds.), *Biofertilizer*, pp: 354-358.
  - 22- Mehnaz, S., and Lazarovits, G. 2006. Inoculation effects of *Pseudomonas putida*, *Gluconacetobacter azotocaptans*, and *Azospirillum lipoferum* on corn plant growth under greenhouse conditions. *Microbial Ecology* 51: 326-335.
  - 23- Mirzaei, M.A., and Maleki, A. 2007. Evaluating the effect of phosphate biofertilizer and different phosphate fertilizer on yield and yield components of wheat. In: *Proceedings of 10<sup>th</sup> Soil Science Conference*. Karaj, Iran 157 pp. (In Persian)
  - 24- Mkhabela, M.S., and Warman, P.R. 2005. The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus ability and uptake by two vegetable crops growth in a Pugwash sandy loam soil in Nora Scotia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104: 57-67.
  - 25- Mossedaq, F., and Smith, D.H. 1994. Timing nitrogen application to enhance spring wheat yields in a Mediterranean climate. *Agronomy Journal* 86: 221-226.
  - 26- Naseri, F. 1991. Oilseeds. Astan Quds Razavi Press, Mashhad, Iran 817 pp. (In Persian)
  - 27- Pallai, R. 2005. Effect of plant growth-promoting rhizobacteria on canola (*Brassica napus* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medik.) plants. MSc. University of Saskatchewan, Saskaton 157 pp.
  - 28- Pan, B., Bai, Y.M., Leiboritch, S., and Smith, D.L. 1999. Plant growth promoting rhizobacteria and kinetin as ways to promote corn growth and yield in shoot growing season area. *Agronomy Journal* 11: 179-186.
  - 29- Pandey, A., Sharma, E., and Palni, L.M.S. 1998. Influence of bacterial inoculation on maize in upland farming systems of the Sikkim Himalaya. *Soil Biology and Biochemistry* 30: 379-384.
  - 30- SAS Institute, Inc. 1997. SAS/STAT User's Guide, Version 6.12. SAS Institute, Inc., Cary, NC.

- 31-Shaharoon, B., Arshad, M., Zahir, A., and Azeem, K. 2006. Performance of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 2971-2975.
- 32-Talaei, A., and Haghparast, R. 1999. Effect of different nitrogen rate on grain yield and uptakes of P and K in some tolerant dry land wheat. *Seed and Plant Journal* 15: 159-156. (In Persian)
- 33-Yazdani, M., Pirdashti, H., Esmaeili, M.A., and Bahmanyar, M.A. 2010. Effect of inoculation phosphate solubilization microorganisms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on nutrient use efficiency in corn (*Zea mays* L.) cultivation. *Electronic Journal of Crop Production* 3(2): 65-80. (In Persian with English Summary)
- 34-Zahir, A.Z., Arshad, M., and Frankenberger, W.F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria. *Advances in Agronomy* 81: 97-168.
- 35-Zebarth, B.J., and Sheard, R.W. 1992. Yield and protein response of hard red winter wheat to rate of nitrogen fertilization and previous legume. *Canadian Journal of Plant Science* 72: 13-19.
- Zeng, L., and Shanon, M.C. 2000. Salinity effects on seedling growth and yield components of rice. *Crop Science* 40: 996-1003.