نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲، ص. ۴۹-۳۹

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 1, Spring 2013, p. 39-49

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[۱]، همت‌اله پیردشتی[۲*]، محمدعلی اسماعیلی[۳] و ارسطو عباسیان[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۷/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۲/۲۰

چکیده

به منظور بررسی اثر کارایی باکتری‌های حل‌کننده‌ی فسفر و تثبیت‌کننده‌ی 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 ۸۸-۱۳۸۷ 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 فرعی شامل باکتری‌های تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن و حل‌کننده‌ی فسفر در چهار سطح (عدم تلقیح بذر با باکتری، تلقیح بذر با باکتری تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن، تلقیح بذر با باکتری حل‌کننده‌ی 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 برهمکنش 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

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 غیراصولی این کودها از سوی دیگر، تفکر استفاده از شیوه‌های زیستی تثبیت نیتروژن برای تقویت رشد محصولاتی چون غلات را قوت بخشیده است (Bockman, Gholami & Koocheki, 2002 ;1997). 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، هماهنگ با محیط زیست و نیل به کشاورزی پایدار، استفاده از کودهای بیولوژیک یکی از مؤثرترین شیوه‌های مدیریت بهبود حاصلخیزی خاک می‌باشد (Pallai, 2005).

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
(*- نویسنده مسئول: Email: h.pirdashti@sanru.ac.ir)

Archive of SID
www.SID.ir

کودهای بیولوژیک را با استفاده از ریز موجودات مفید، به صورت آغشته‌کردن بذور، ریشه و یا خاک بکار می‌برند و این میکروارگانیسم-های مفید با فعالیت بیولوژیکی، عناصر غذایی را برای گیاهان قابل-استفاده 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 پیشرفت های 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 حل‌کننده‌ی فسفات را باکتری‌ها و قارچ‌ها تشکیل می‌دهند. مهمترین باکتری‌های حل‌کننده‌ی 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 حل‌کننده‌ی 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 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 حل‌کننده‌ی فسفر و تثبیت‌کننده‌ی 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 فرعی شامل باکتری‌های تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن و حل‌کننده‌ی فسفر در چهار سطح (عدم تلقیح بذر با باکتری، تلقیح بذر با باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن، تلقیح بذر با باکتری حل-کننده 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 تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن، کنترل‌کننده‌ی 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).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد آزمایش

Table 1- Physical and chemical characteristics of the studied soil

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

مساحت هر کرت ۱۰ متر مربع (به ابعاد ۲×۵ 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)[1] 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 موردنظر اندازه-گیری 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 دیجیتال) 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 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 فسفر 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 تثبیت-کننده‌ی 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، درحالیکه 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 و۵۰ 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.

1- Relative Agronomic Efficiency

Archive of SID

www.SID.ir

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 تنظیم کننده 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 نیتروژنه 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 نیتروژنه 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

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد سنبله در بوته Number of spike per plant	تعداد سنبله Number of spike	تعداد دانه Number of grain	وزن دانه درسنبله Grain weight per spike	مساحت برگ پرچم Flag leaf area	قطر ساقه Stem diameter	عملکرد دانه Grain yield	کارایی زراعی کود نیتروژنه Relative agronomic efficiency of nitrogen	کارایی ز راعی کود فسفره Relative agronomic efficiency of phosphorus	کارایی نسبی زراعی کود Relative agronomic efficiency
تکرار (R)	2	0.21 ns	0.091 ns	6.46 ns	129440 ns	0.0014 ns	1.85 ns	0.046 ns	149.0 ns	0.004 ns	0.024 ns	0.14 ns
فسفر (A)	2	1014**	17.24**	4068**7	143323**	10.73**	255**	0.063ns	4909**	4.02**	82.28**	5623.1**
خطای a	4	18.20	0.21	19.13	418756	0.00079	2.22	0.38	95.34	0.0050	0.027	1.97
نیتروژن (B)	2	3327**	40.74**	43808**	295034**	0.93**	402**	0.026 ns	3801**	152.5**	18.03**	988.1**
خطای b	12	15.30	0.14	18.10	399087	0.00078	1.89	0.18	86.43	0.0049	0.026	1.05
کودهای بیولوژیک (C)	3	451.2**	14.36**	4065.3**	701181**	0.2**	200**	0.037 ns	3459**	7.90**	4.38**	1111.7**
A ×B	4	9.55**	0.14 ns	1180.3**	381084**	0.067**	33.88**	0.004 ns	4744**	1.27**	5.75**	44.87**
A × C	6	71.3**	0.19 ns	448.6**	128851**	0.0023**	1.19 ns	0.049 ns	4048**	0.014**	1.68**	81.82**
B × C	6	17.4**	0.24*	222.8**	300784**	0.041**	31.19 ns	0.007 ns	750.7**	2.88**	0.15**	38.63**
A × B× C	12	5.51**	0.08 ns	129.7**	32331 ns	0.0008 ns	1.52 ns	0.018 ns	284.3**	0.050**	0.089**	6.91**
خطای آزمایش	54	14.45	0.10	14.28	375137	0.00029	1.77	0.026	57.43	0.0035	0.023	0.97
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		6.32	9.02	16.71	9.79	2.68	5.04	3.14	5.25	2.60	9.94	2.32

*و**: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

*, ** and ns: are significant at 0.05 and 0.01 probability levels and non-significant, respectively.

Archive

www.SID.ir

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 agronomic efficiency of phosphorus (kg.kg^{-1})	کارایی زراعی کود نیتروژنه (کیلوگرم دانه بر کیلوگرم کود) Relative agronomic efficiency of nitrogen (kg.kg^{-1})	مساحت برگ پرچم (متر مربع) Flag leaf area (m^2)	تعداد سنبله در متر مربع Number of spike (No.m^{-2})	تعداد دانه (تعداد در متر مربع) Number of grain (No.m^{-2})	وزن دانه (گرم در سنبله) Grain weight (g.spike^{-1})	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع) Grain yield (g.m^{-2})	تیمار Treatment مقدار نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen levels (kg.ha^{-1})	مقدار فسفر (کیلوگرم در هکتار) Phosphorus levels (kg.ha^{-1})
24.74f	–	–	20.1e	141.0e	4317d	1.99a	74.75d	520.3g*	0	0
28.45e	–	3.33c	25.8cd	188.4d	4746d	1.98a	89.40b	549.0f	50	
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	1.99a	82.08c	595.1d	0	25
50.86b	3.88a	4.40a	26.6c	227.0b	7305b	1.99a	99.40a	793.7b	50	
55.22a	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
50.82b	1.92d	4.31b	27.9b	227.5b	7308b	0.96c	99.65a	793.6b	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 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.

www.SID.ir

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 و۵۰ 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 فسفره 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 فسفره و نیتروژنه) تا ۰/۸۴ گرم در تیمار ۵۰ کیلوگرم کود فسفره در هکتار به همراه ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار متغیر بود و همچنین در بررسی اثر متقابل کود شیمیایی فسفره 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 شمیایی فسفره و عدم تلقیح با کودهای بیولوژیک) تا مقدار این صفت در تیمار تلقیح توأم کودهای بیولوژیک به همراه کاربرد ۵۰ کیلوگرم کود فسفره 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 فسفره و نیتروژنه مساحت برگ پرچم به کمترین میزان خود یعنی ۲۰/۳ متر مربع رسید، اما با مصرف ۲۵ کیلوگرم کود شیمیایی فسفره 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 فسفره 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 فسفره و کودهای بیولوژیک نیز دامنه میانگین‌های این صفت از ۵۳۴/۳۳ گرم در متر مربع در تیمار عدم استفاده از کود فسفره 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).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤- 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 کود (٪) relative agronomic efficiency (%)	کارایی زراعی کود فسفره (کیلوگرم دانه بر کیلوگرم کود) relative agronomic efficiency of phosphorus (kg.kg^{-1})	کارایی زراعی کود نیتروژنه (کیلوگرم دانه بر کیلوگرم کود) relative agronomic efficiency of nitrogen (kg.kg^{-1})	وزن دانه (گرم در سنبله) Grain weight per spike (g)	تعداد سنبله (تعداد در بوته) Spike number (No.spike^{-1})	تعداد سنبله (تعداد در متر مربع) Spike number (No.m^{-2})	تعداد دانه (تعداد در مترمربع) Seed number (No.m^{-2})	ارتفاع بوته (سانتی-متر) Plant height (cm)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع) grain yield (g.m^{-2})	Treatment کود بیولوژیک Biofertilizer	تیمار مقدار نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen levels (kg.ha^{-1})
29.61i	0.47h	–	1.55c	1.88g	178.2h	3111gh	72.66f	533.8g*	عدم تلقیح Noinoculation	0
37.85g	0.64g	–	1.66b	2.23f	188.3g	3421g	79.66e	587.0e	فسفات بارور ۲ Phosphate Barvar-2	
37.78g	0.63g	–	1.68b	2.61e	187.5g	4069f	80.11e	578.6f	سوپرنیتروپلاس Supermitroplast	
41.70f	1.12f	–	1.72a	3.43d	201.3f	5559e	86.33d	591.3e	تلقیح توأم Co-inoculation	
34.33h	1.50e	2.33e	1.54c	2.68e	189.8g	3912g	91.55c	646.8d	عدم تلقیح Noinoculation	50
44.37e	1.86c	4.35b	1.66b	3.77c	219.2e	6472d	96.95b	733.3b	فسفات بارور ۲ Phosphate Barvar-2	
45.58d	1.87c	4.35b	1.67b	3.76c	217.4e	6367d	96.74b	731.5b	سوپرنیتروپلاس Supermitroplast	
49.22b	2.50b	4.88a	1.73a	4.55b	230.7d	7728c	99.37a	736.8b	تلقیح توأم Co-inoculation	
37.74g	1.54e	2.19f	1.21g	3.70cd	242.9c	5945de	91.66c	717.0c	عدم تلقیح Noinoculation	100
46.46cd	1.70d	2.96d	1.39f	4.65b	264.3ab	8851ab	97.16b	791.1a	فسفات بارور ۲ Phosphate Barvar-2	
46.58c	1.85c	3.01d	1.42e	4.67b	263.4b	8961ab	97.44b	788.7a	سوپرنیتروپلاس Supermitroplast	
57.52a	2.71a	3.39c	1.46d	5.63a	267.6a	9072a	99.84a	795.8a	تلقیح توأم 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 ($p \leq 0.05$).

**Data which represented by - are not available.

www.SID.ir

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل فسفر و کود بیولوژیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

Table 5- Means comparison of interaction effectsof phosphorus and biofertilizer on yield and yield components of wheat

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

* 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.

www.SID.ir

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 (Shaharoona et al., 2006) گزارش شده است. پاندی و همکاران (Pandey et al., 1998) نیز گزارش کردند که تلقیح باکتری‌های *Azotobacter chrooccum* 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 نیتریت ACC بوسیله آنزیم ACC دآمیناز[1] 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 می-رسد 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 زبارس 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 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 همکارن (Zahir et al., 2004) نیز به آن اشاره شده است. گزارش‌ها نشان می‌دهد که *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر* به عنوان تحریک کننده رشد گیاهی، غیر از تثبیت نیتروژن مولکولی، با تولید هورمون‌ها و انواع مواد تحریک‌کننده رشد مانند اکسین، اسید پنتونتیک، اسید بیوتیک و ... شده که با افزایش تولید تارهای کشنده ریشه و جذب عناصر غذایی از خاک سبب بهبود کارایی کود می‌شوند که کندی و 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 قابل‌دسترس 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 فسفر، بر عملکرد گندم تأثیر بگذارد، همچنین بین سطوح ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم کود فسفر 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.

منابع

1- 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

1- ACC Deaminase

Archive of SID

www.SID.ir

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 diazothrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promoting be better expoited? 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 Eduction 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., Sempaualan, 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 10th 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.

Archive of SID

www.SID.ir

31- Shaharoona, 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.

Archive of SID

www.SID.ir