نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد هفتم، شماره ۲(۲۶)، ۱۳۹۲، صفحه ۱۴۶-۱۲۹

کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژنه در ارقام گندم دوروم

صادق آزادی[۱]، سیدعطاالله سیادت[۲]، رحیم ناصری[۳]، عباس سلیمانی‌فرد[۴]و امیر میرزایی[۵*]

چکیده

به‌منظور بررسی اثر باکتری‌های افزاینده رشد و کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم دوروم، آزمایشی به صورت اسپلیت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دهلران، استان ایلام در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل سه رقم گندم دوروم (یاواروس، کرخه و سیمره)،کود شیمیایی نیتروژن (کود اوره) در ۳ سطح (۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) و کود زیستی در ۳ سطح (عدم تلقیح، تلقیح با ازتوباکترکروکوم *Azotobacter chroococcum* و آزسپریلیوم برازیلنس *Azospirillum brasilense* بودند. نتایج نشان داد که بین ارقام مورد استفاده از نظر صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. رقم یاواروس دارای بیشترین ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک بود. بین سطوح مختلف کود شیمیایی نیتروژن نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. بیشترین ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و پروتئین دانه در سطوح کودی ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد.. کودهای زیستی بر صفات اندازه‌گیری شده تاثیر معنی‌داری داشت. بیشترین ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، تعداد سنبله در متر مربع و عملکرد دانه در تیمارهای عدم تلقیح و تلقیح با کودهای زیستی به‌دست آمد. اثر متقابل رقم در کود شیمیایی نیتروژن بر ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، تعداد سنبله در متر مربع و عملکرد دانه معنی‌دار شد. بیشترین عملکرد دانه در رقم یاوارس و ۱۲۰ کیلوگرم کود نیتروژن و کمترین عملکرد دانه نیز در تیمار رقم سیمره و ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار حاصل شد. اثر متقابل رقم در کود زیستی تنها بر شاخص برداشت معنی‌دار شد. اثر متقابل کود شیمیایی در کودهای زیستی بر تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در متر مربع و عملکرد دانه معنی‌دار شد. اثر متقابل سه‌گانه رقم با کود شیمیایی و کود زیستی نیز تنها بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار گردید. بیشترین عملکرد دانه در رقم یاوارس و ۱۲۰ کیلوگرم کود نیتروژن و تلقیح با آزسپریلیوم و کمترین عملکرد دانه در رقم سیمره با ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و عدم تلقیح مشاهده شد.

واژگان کلیدی: اجزای عملکرد دانه، کود زیستی، گندم، عملکرد.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول
۲- استاد دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین اهواز
۳- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه ایلام
۴- عضو هییت علمی، گروه علمی کشاورزی دانشگاه پیام نور، تهران
۵- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام (نگارنده‌ی مسئول) amir.mirzei53@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۱/۷/۲۲
تاریخ پذیرش: ۹۲/۸/۸

مقدمه

استفاده گسترده از کودهای شیمیایی یکی از مشکلات اصلی محیط زیست است که از طریق روش‌های مختلفی مانند تصعید، نیتراتزایی و آبشویی سبب افزایش هزینه نگهداری آبها می‌گردد (Salantur *et al.*, 2005; Saravi and Pirdasti, 2013). استفاده گسترده از کود شیمیایی فسفر، از طریق تخریب ساختمان خاک، موجب کاهش مواد آلی زمین‌های کشاورزی و همچنین تبدیل خاک به بافت سخت که منجر به افزایش فرسایش خاک و آلودگی آب‌های زیرزمینی و در نتیجه ایجاد روان آبها می‌گردد، بنابراین یک سری منابع جایگزین همراه با کاربرد کود شیمیایی لازم می‌باشد (Park *et al.*, 2009; Mohsennia and Jalilian, 2012). در حال حاضر کودهای زیستی (باکتری‌های افزاینده رشد) جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی، به منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح می‌باشند (Wu *et al.*, 2005). از جمله باکتری‌های افزاینده رشد می‌توان به ازتوباکتر، آزسپریلیوم و سودوموناس اشاره نمود (Zahir *et al.*, 2004). باکتری‌های افزاینده رشد گروهی از باکتری‌ها بوده که به صورت کلونی در ریشه گیاهان، سبب افزایش عملکرد می‌گردند (Gholami *et al.*, 2009). باکتری‌های افزاینده رشد در محیط ریشه گیاه توانایی ساخت و ترشح مقداری مواد بیولوژیکی فعال مانند اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتنیک، بیوتین، ویتامین‌های B، اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و غیره را دارند که در افزایش رشد ریشه نقش مفید و موثری دارند (Kader, 2002). سنتز انواع هورمون‌ها مانند ایندول استیک اسید، جیبرلین، مواد شبه جیبرلین و سیتوکینین توسط سویه‌های مختلف ازتوباکتر محرز شده است (Singh *et al.*, 2004). مشکلات زیست محیطی ناشی از کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی، انرژی و هزینه‌های تولید و مصرف آنها و اثرات سویی که بر چرخه‌های زیستی و خود پایداری بوم نظام‌های زراعی دارند از علل رویکرد به کاربرد کودهای زیستی‌های می‌باشند (Kannayan, 2002). زهیر و همکاران (Zahir *et al.*, 2000) افزایش وزن خشک بوته ذرت در اثر PGPR و جاود و همکاران (Javed *et al.*, 1998) نیز افزایش ۶۸/۴ درصدی وزن خشک بخش هوایی گیاه ذرت در اثر کاربرد PGPR را گزارش کردند. تاثیر مثبت تلقیح بذر گیاهان مختلف با PGPR بر جنبه‌های مختلف رشد و نمو و قابلیت جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه بررسی و مورد تایید قرار گرفت (Biswas *et al.*, 2005). حافیظ و همکاران (Hafeez *et al.*, 2004) نیز سبز کردن سریع‌تر گیاهچه‌های پنبه بر اثر تلقیح بذر با PGPRهای مختلف از جمله ازتوباکتر را گزارش کردند و ترشح اسید ایندول ۳-استیک توسط این باکتری را در پاسخ موثر دانسته‌اند. با توجه به این‌که لازم است مدیریت تغذیه گیاهی درجهت افزایش و پایداری تولید باشد و هم سبب حفظ محیط زیست گردد و از آنجا که تحقیقات در مورد کاربرد کودهای افزاینده رشد بر ارقام گندم دوروم در استان ایلام انجام نشده است، آزمایش حاضر با هدف بررسی اثر کودهای افزاینده رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم دوروم انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر باکتری‌های افزاینده رشد و کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم دروم، آزمایشی به صورت اسپلیت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مرکز خدمات کشاورزی شهرستان دهلران، واقع در استان ایلام با ۴۷ درجه و ۱۵ دقیقه و ۳۵ ثانیه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۲۵ دقیقه و ۴۵ ثانیه عرض شمالی و ارتفاع ۱۸۰ متر از سطح دریا اجرا گردید. عوامل

آزمایشی شامل ارقام مختلف گندم دوروم (یاواروس، کرخه و سیمره) کود شیمیایی نیتروژن در ۳ سطح (۴۰، ۸۰، ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) و کود زیستی ازتوباکتر و آزسپریلیوم (تهیه شده از موسسه تحقیقات آب و خاک واقع در کرج به صورت سویه‌های خالص) در ۳ سطح (عدم تلقیح، تلقیح با ازتوباکتر کروکوم (*Azotobacter chroococcum*) و آزسپریلیوم برازیلنس (*Azospirillum brasilense*) بود. بذر ارقام مورد استفاده از بخش کنترل و گواهی بذر استان ایلام که در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ از طبق مادری تولید شده بود، تهیه گردید. برای تلقیح بذرها میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال برای هر دو نوع کود زیستی مورد استفاده قرار گرفت. با محلول شکر به غلظت ۲ درصد مرطوب و به نسبت ۲ کیلوگرم ماده تلقیح در ۱۰۰ کیلوگرم بذر، آغشته شد. نتایج حاصل از تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱و آمار هواشناسی منطقه در جدول ۲ ارایه شده است. کاشت در ۱۵ آبان ماه صورت گرفت، مقدار بذر مصرفی برای هر هکتار ۲۰۰ کیلوگرم بوده که با استفاده از سم ویتاواکس ضدعفونی شده بود.

هر کرت آزمایش شامل ۶ خط کاشت با فاصله ۲۵ سانتی‌متر و طول ۴ متر بود. کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر اساس آزمون خاک و نیاز گیاه مورد استفاده قرار گرفتند. بر اساس نتایج آزمون خاک مقادیر ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار K_2O از منبع سولفات پتاسیم به خاک افزوده شد.کودهای شیمیایی فسفر و پتاسیم قبل از کاشت و کود اوره به صورت سه مرحله‌ای یک مرحله قبل از کاشت و دو مرحله در پنجه‌دهی و گلدهی مورد استفاده قرار گرفت. آبیاری کرت‌ها نیز پس از کاشت و به صورت سطحی و در مجموع ۶ نوبت آبیاری انجام گرفت. در طول فصل رشد نیز علف‌های هرز به صورت دستی کنترل شدند. در این آزمایش هیچ‌گونه بیماری و آفتی مشاهده نگردید. برداشت در اواسط اردیبهشت صورت گرفت. صفات مورد اندازه گیری شامل تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته و پروتئین دانه بود. با نزدیک شدن گیاه به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و صفات تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته اندازه‌گیری شد. همچنین جهت اندازه‌گیری تعداد سنبله در متر مربع از کادر یک متر مربعی استفاده گردید. جهت اندازه‌گیری و تعیین وزن هزار دانه، ۱۰۰۰ بذر از هر کرت آزمایشی به صورت تصادفی شمارش و توسط ترازوی دیجیتالی محاسبه شد. به منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه بوته‌های موجود در هرکرت پس از حذف اثرات حاشیه‌ای در ۵ متر مربع به صورت جداگانه کف‌بر و محاسبه گردید. جهت محاسبه عملکرد بیولوژیک پس از برداشت بوته‌های هر کرت آزمایشی و قبل از جدا کردن دانه‌ها، وزن کل بوته‌ها اندازه‌گیری و عملکرد بیولوژیک تعیین گردید. از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک شاخص برداشت به دست آمد. داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم افزار MSTATC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

بین اثرات دوگانه اثر رقم و کود شیمیایی در سطح احتمال ۱٪ و اثر کود شیمیایی و کود زیستی در سطح احتمال ۵٪ بر تعداد سنبله در متر مربع معنی‌دار گردید و اثر رقم و کود زیستی تاثیر معنی‌داری بر تعداد سنبله در متر مربع نداشت (جدول ۳). رقم یاواروس و مصرف ۸۰ کیلوگرم کود نیتروژنه با میانگین ۴۶۳ تعداد سنبله در متر مربع

دارای بیشترین تعداد سنبله در متر مربع بود. البته با تیمار رقم یاواروس و مصرف ۱۲۰ کیلوگرم کود نیتروژن در یک گروه قرار داشت (جدول ۷). در بین اثرات دو گانه کود شیمیایی و کود زیستی مصرف ۱۲۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژنه و تلقیح با کود زیستی آزوسپیریلیوم با ۴۶۰ سنبله در متر مربع بیشترین تعداد سنبله در متر مربع را دارا بود (جدول ۸). اثرات مثبت کاربرد کودهای زیستی را می‌توان به افزایش جذب آب و مواد غذایی به‌واسطه توسعه بیشتر ریشه‌ها و همچنین انجام فرآیند تثبیت زیستی نیتروژن نسبت داد. در آزمایش مرادی و همکاران (Moradi *et al*., 2011) نیز اثر مثبت کودهای زیستی بر تعداد سنبله در متر مربع مثبت ارزیابی شد، آنها دلیل افزایش تعداد سنبله به افزایش جذب آب و مواد غذایی به واسطه توسعه بیشتر ریشه‌ها و انجام فرآیند تثبیت زیستی نیتروژن نسبت دادند. تیمار عدم تلقیح دارای کمترین تعداد سنبله در متر مربع بود، اما تیمارهایی که با باکتری‌های کود زیستی آغشته شدند باعث افزایش تعداد سنبله شدند. به عبارتی، مصرف مقادیر مناسب کود نیتروژن از طریق بهبود فعالیت کودهای زیستی و نیز فراهم شدن جذب بیشتر مواد غذایی سبب افزایش میزان فتوسنتز گردیده که این مسئله در نهایت به افزایش تعداد سنبله و گلدهی می‌انجامد. در رابطه با اثر برهمکنش سطوح مختلف نیتروژن با کودهای زیستی می‌توان گفت که سطوح پایین‌تر نیتروژن همراه باکتری‌ها و سطوح بالاتر نیتروژن همراه باکتری‌های همیار در یک گروه قرار گرفتند، این امر حاکی از فعالیت این باکتری‌ها در قسمت ریزوسفر ریشه و همچنین نشان‌دهنده توانایی آنها در کاهش مصرف کودهای نیتروژن است، این موضوع می‌تواند از سنتز باکتری‌های محرک رشد گیاه و همچنین از تثبیت نیتروژن توسط این باکتری‌ها ناشی شده باشد. افزایش تعداد سنبله در متر مربع در تیمار کود شیمیایی و کود زیستی در محدوده خاک یا ریزوسفر احتمالاً به دلیل ایجاد چرخه مواد غذایی و قابل دسترس ساختن آن، افزایش حفظ سلامتی ریشه در طول دوره رشد در رقابت با پاتوژن‌های ریشه و افزایش جذب مواد غذایی می‌باشد که باعث رشد گیاه از جمله افزایش این صفت می‌گردد (Nezarat and Gholami, 2009; Mohsennia, and Jalilian, 2012). در آزمایش‌های سلیمان و همکاران (Soliman *et al*., 2002) عملکرد دانه خوبی در تلقیح بذور باقلا و گندم با ازتوباکتر و مایکوریزا مشاهده شد و به این نتیجه رسیدند که کودهای زیستی علاوه بر افزایش حاصلخیزی خاک‌های ضعیف، عملکرد و اجزای عملکرد را نیز در گیاهانی که با آنها تلقیح شده‌اند بهبود می‌بخشد.

یکی از اجزای مهم عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله می‌باشد که در این آزمایش تحت اثر دوگانه رقم و کود شیمیایی در سطح احتمال ۱٪ گردید (جدول ۳). تیمار رقم یاواروس و مصرف ۸۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژنه در هکتار با میانگین ۳۰/۴۴ دانه در سنبله دارای بیشترین تعداد دانه در سنبله رقم سیمره و مصرف ۴۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژنه در هکتار دارای کمترین تعداد دانه در سنبله بود (جدول ۷). اثر دوگانه کود شیمیایی و کود زیستی در سطح احتمال ۵٪ بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار گردید (جدول ۳). مصرف ۱۲۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژنه در هکتار و کود زیستی آزوسپیریلیوم با میانگین ۲۵/۶۰ دانه در سنبله دارای بیشترین تعداد دانه در سنبله بود (جدول ۹). این موضوع توانایی کودهای زیستی را در استفاده از سطوح مختلف کود شیمیایی بیان می‌کند که می‌تواند در سطح معینی از کود شیمیایی تعداد دانه قابل قبولی تولید کند. ایندول استیک اسید در کنار سیتوکینین که توسط کودهای زیستی تولید می‌شود

از طریق رشد ریشه‌های جانبی و افزایش وزن برگ و ریشه سبب افزایش مواد پرورده شده که به نوبه خود باعث افزایش رشد رویشی و افزایش سهم اندام‌های زایشی از جمله تعداد دانه در سنبله می‌گردد. سلیمان‌زاده و همکاران (Soleimanzadeh *et al.*, 2010) نقش باکتری‌های محرک رشد را در گیاه آفتابگردان در آزمایش‌های خود مثبت ارزیابی کردند به‌طوری‌که استفاده از باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش ۷ درصدی تعداد دانه در طبق نسبت به تیمار عدم تلقیح شد. این موضوع توانایی کودهای زیستی را در استفاده از سطوح مختلف کود شیمیایی بیان می کند که می‌تواند در سطح معینی از کود شیمیایی نیز تعداد دانه قابل قبولی تولید کند. ایندول استیک اسید در کنار سیتوکینین که توسط ازتوباکتر تولید می‌شود از طریق رشد ریشه‌های جانبی و افزایش وزن برگ و ریشه سبب افزایش مواد پرورده شده که به نوبه خود باعث افزایش رشد رویشی و افزایش سهم اندام‌های زایشی از جمله تعداد دانه در سنبله می‌گردد. غالباً پاسخ ارقام گندم به آلودگی با آزوسپیریلوم اغلب به‌صورت افزایش درصد جوانه‌زنی، فزونی پنجه‌ها، ازدیاد تعداد دانه‌های هر سنبله و افزایش وزن هزار دانه می‌باشد (Bashan *et al.*, 1990).

وزن هزار دانه نیز یکی دیگر از اجزای مهم عملکرد دانه محسوب می‌گردد که اثر کود زیستی در سطح احتمال ۱٪ بر وزن هزار دانه معنی‌دار گردید (جدول ۱). استفاده از کود زیستی نیز دارای اثرات مثبت بر روی وزن هزار دانه بود. کود زیستی آزوسپیریلیوم با وزن هزاردانه ۴۲/۸۰ گرم و شاهد با وزن هزار دانه ۳۲/۲۹ به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین وزن هزاردانه بودند (جدول ۶). علت افزایش وزن هزار دانه می‌تواند به دلیل این باشد که وقتی گیاه شدیداً در حال رشد می‌باشد مواد حاصل از فتوسنتز به ریشه‌ها انتقال می‌یابد، توسعه ریشه شرایط برای جذب عناصر غذایی فراهم می‌شود که این به نوبه خود باعث افزایش فتوسنتز می‌گردد (Nezarat and Gholami, 2009). زمانی‌که گیاه به دوران رسیدگی نزدیک می‌گردد مواد حاصل از فتوسنتز را به اندام‌های زایشی (دانه‌ها) منتقل می‌کند و دانه‌های درشت‌تر را با وزن بشتر تولید و در نتیجه باعث افزایش وزن هزار دانه می‌گردد (Saravi and Pirdasti, 2013). کودهای حل کننده فسفات از طریق تسریع و تقویت این عمل سبب افزایش وزن هزار دانه می‌گردد (Moradi *et al.*, 2011). احتمالاً کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی نیتروژنه شرایط تغذیه‌ای مناسب را برای تکثیر و فعالیت باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم فراهم نموده است، زیرا این باکتری‌ها جهت رشد و نمو و تثبیت نیتروژن نیازمند وجود این عنصر در محیط غذایی هستند. تیمارهای کود زیستی مناسب در مقایسه با تیمار شاهد شیمیایی به مراتب شرایط مناسب‌تری را برای بهبود فعالیت‌های زیستی داخل خاک مهیا کرده و از طریق جذب مواد غذایی توسط ریشه موجب افزایش وزن هزار دانه گردید. ادریس (Idris, 2003) و مرادی و همکاران (Moradi *et al.*, 2011) نیز اثر مثبت این باکتری (ازتوباکتر) را بر وزن هزار دانه گندم تأیید کرده‌اند. همان‌طور که در جدول ۳ تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد عملکرد دانه تحت اثر متقابل دوگانه رقم و کود شیمیایی در سطح احتمال ۱٪ بر عملکرد دانه معنی‌دار گردید. اثر متقابل سه‌گانه رقم×کود شیمیایی×کود زیستی در سطح احتمال ۵٪ بر عملکرد دانه معنی‌دار گردید (جدول ۳). مصرف ۱۲۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژنه در هکتار با عملکرد ۴۶۴۰ کیلوگرم در هکتار و مصرف ۴۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژنه در هکتار با عملکرد ۳۹۸۲ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب دارای بیشترین و

کمترین عملکرد دانه بودند (جدول ۵). افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی، با کاربرد توأم کودهای شیمیایی و جذب بیشتر آنها توسط گیاه، در نتیجه افزایش رشد و فتوسنتز با افزایش سطح برگ گیاه از عوامل افزایش عملکرد دانه در تیمارهای کود شیمیایی می‌باشد. در بین کودهای زیستی آزوسپیریلیوم با عملکرد ۴۴۱۴ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد دانه بود و شاهد با عملکرد ۴۱۹۲ کیلوگرم در هکتار دارای کمترین عملکرد دانه بود، (جدول ۶). کودهای زیستی به دلیل ترشح مواد تنظیم کننده‌ی رشد گیاه و تحریک کننده‌ی رشد مانند اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سیتوکینین، به دلیل همیاری با ریشه مهم‌ترین ساز و کار برای افزایش رشد و عملکرد دانه است، کودهای زیستی عوامل رشد و نمو را تقویت کرده و از طریق افزایش سرعت و میزان رشد و نمو باعث افزایش عملکرد می‌گردند (Zahir *et al*., 2004; Rezvan Beidokhti *et al*., 2009, Behl *et al*., 2003; Nezarat and Gholami, 2009). اثر دوگانه رقم و کود شیمیایی بر عملکرد دانه معنی‌دار و باعث افزایش عملکرد دانه شد. رقم یاواروس و مصرف ۱۲۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژنه در هکتار با عملکرد ۵۱۸۰ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد دانه بود و کمترین میزان عملکرد دانه را رقم سیمره و مصرف ۴۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژنه در هکتار با عملکرد ۳۷۳۹ کیلوگرم در هکتار داشت (جدول ۷). در بین اثرات متقابل سه‌گانه رقم یاواروس× مصرف ۱۲۰ کیلوگرم کود شیمیایی در هکتار×کود زیستی آزوسپیریلیوم با عملکرد ۵۲۸۸ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد دانه بود و کمترین عملکرد دانه در اثرات متقابل سه‌گانه را رقم سیمره× مصرف ۴۰ کیلوگرم کود شیمیایی در هکتار× شاهد با عملکرد ۳۶۵۴ کیلوگرم در هکتار دارا بود (جدول ۱۰). نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که با تلقیح کودی نه تنها می‌توان عملکرد دانه در واحد سطح را افزایش داد بلکه به‌طور قابل توجهی می‌توان مصرف کود شیمیایی نیتروژن را پایین آورد. افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی، با کاربرد توأم کودهای شیمیایی و جذب بیشتر آنها توسط گیاه، در نتیجه افزایش رشد ریشه و فتوسنتز با افزایش سطح برگ گیاه از عوامل افزایش عملکرد دانه در تیمارهای تلفیقی می‌باشد. ناندا و همکاران (Nanda *et al*., 1995) اظهار داشتند که تلقیح بذرهای ذرت با کودهای زیستی آزوسپیریلوم و ازتوباکتر باعث افزایش معنی‌دار عملکرد علوفه‌ای این گیاه گردید. احتمالاً کود شیمیایی شرایط تغذیه‌ای مناسبی را برای تکثیر و فعالیت کودهای زیستی فراهم نموده است زیرا کودهای زیستی جهت رشد و نمو و تثبیت نیتروژن و فسفر نیازمند وجود این عناصر در محیط غذایی هستند. کودهای زیستی از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید اسیمیلات بیشتر و بهبود رشد گیاه شده و عملکرد دانه نیز افزایش یافته است. راوی و گاور (Rai and Gaur, 1988) اثر ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم را بر رشد و عملکرد گندم بررسی کردند و ازتوباکتر به تنهایی ۸/۲، آزوسپیریلیوم ۹/۱ و مخلوط این دو ۱۳/۹ درصد افزایش عملکرد را نسبت به شاهد بدون تلقیح موجب شد. همچنین تیلاک و همکاران (Tilak *et al*., 1982) اثر تلقیح ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم را بر مقدار ماده خشک بخش هوایی ذرت و سورگوم قابل توجه ذکر کردند، به علاوه اثرات مثبت تلقیح توأم ازتوباکتر و ریزوبیوم بر گره‌بندی سویا، ماش و شبدر معنی‌دار گزارش شده است.

پریرا و همکاران (Pereira *et al*., 1997) افزایش عملکرد در گیاهان تلقیح شده با آزوسپیریلیوم را عمدتاً مربوط به تولید مواد محرک رشد، و همچنین

افزایش میزان جذب عناصر غذایی توسط گیاه تلقیح شده با این باکتری دانسته است. برتولینی و همکاران (Bertolini *et al.*, 1999) با اجرای آزمایش‌های مزرعه‌ای در ارقام ذرت، مشاهده کردند که تلقیح بذر با مایه تلقیح برخوردار از پیت و باکتری آزوسپریلیوم برازیلنس و کشت بذرها تحت تیمارهای مقادیر مختلف مصرف نیتروژنه، سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه می‌شود و در ارقام مختلف از لحاظ افزایش عملکرد بر اثر تلقیح باکتریایی بذر اختلاف معنی‌داری با یکدیگر پیدا کردند.

در بین اثرات متقابل دوگانه نیز اثر کود شیمیایی و کود زیستی در سطح احتمال ۵٪ بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار شد. اثر متقابل سه گانه رقم×کود شیمیایی×کود زیستی در سطح احتمال ۵٪ بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار گردید (جدول ۳). در بین کودهای شیمیایی مصرف ۱۲۰ کیلوگرم کود شیمیایی در هکتار با عملکرد بیولوژیک ۹۷۸۳ کیلوگرم در هکتار و مصرف ۴۰ کیلوگرم کود شیمیایی در هکتار با عملکرد بیولوژیک ۸۲۳۱ کیلوگرم در هکتار به ترتیب دارای بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک بود (جدول ۵). کود زیستی باعث افزایش عملکرد بیولوژیک گردید، به گونه‌ای که آزوسپیریلیوم با عملکرد بیولوژیک ۹۱۶۲ کیلوگرم در هکتار و شاهد با عملکرد بیولوژیک ۸۷۲۷ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک بودند اما از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین شاهد، ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم وجود نداشت و همگی در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۶). نتایج همچنین نشان داد که در بین اثرات متقابل دوگانه کود شیمیایی و کود بیولوژیک مصرف ۱۲۰ کیلوگرم کود شیمیایی در هکتار و ازتوباکتر با عملکرد بیولوژیک ۱۰۱۲۱ کیلوگرم در هکتار و مصرف ۴۰ کیلوگرم کود شیمیایی در هکتار و شاهد با عملکرد بیولوژیک ۷۹۶۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب دارای بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک بودند (جدول ۹). در بین اثرات متقابل سه گانه رقم یاواروس، مصرف ۱۲۰ کیلوگرم کود شیمیایی و ازتوباکتر با عملکرد بیولوژیک ۱۱۸۲۵ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد بیولوژیک بود (جدول ۱۰). استانچیوا و دینو (Stancheva and Dinev, 2003) گزارش کردند که برهمکنش بین سیستم ریشه ذرت و باکتری آزوسپریلیوم برازیلنس، سبب افزایش بیوماس و میزان نیتروژن کل بوته می‌شود. وادیول و همکاران (Vadivel *et al.*, 1999) باکتری آزوسپیریلوم برازیلنس افزایش جذب NPK و وزن خشک بوته ذرت با تلقیح بذر باکتری آزوسپیریلوم را گزارش کردند.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار اثر متقابل دوگانه رقم و کود بیولوژیک در سطح احتمال ۵٪ بر شاخص برداشت بود. سایر اثرات اصلی و اثرات دوگانه و سه‌گانه تاثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت نداشتند (جدول ۳). اثرات متقابل دوگانه رقم و کود بیولوژیک دارای تاثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت بود که رقم سیمره و شاهد با شاخص برداشت ۵۰/۲ و رقم یاواروس و آزوسپیریلیوم با شاخص برداشت ۴۵/۸ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین شاخص برداشت بودند. البته همه تیمارها در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۸). سلیمان و همکاران (Soliman *et al.*, 2002) به این نتیجه رسیدند که کودهای بیولوژیک علاوه بر افزایش حاصلخیزی خاک‌های ضعیف، سبب افزایش عملکرد و شاخص برداشت می‌گردد. بایستی توجه نمود که بین عمکرد اقتصادی و شاخص برداشت یک رابطه مستقیمی وجود دارد، بدین معنی که هرچه قدر عملکرد دانه بیشتر باشد شاخص

برداشت نیز بیشتر خواهد بود، یعنی نسبتی از مواد غذایی که در دانه ذخیره شده بیشتر بوده است.

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر دوگانه کود شیمیایی و کود بیولوژیک نیز در سطح احتمال ۱٪ بر ارتفاع بوته معنی‌دار گردید. سایر اثرات دوگانه و سه‌گانه بر ارتفاع بوته معنی‌دار نگردیدند (جدول ۳). در بین کودهای زیستی آزوسپیریلیوم با ارتفاع بوته ۷۴/۷۴ سانتی‌متر و شاهد با ارتفاع بوته ۷۰/۷۷ سانتی‌متر به ترتیب دارای بیشترین و کمترین عملکرد زیستی بودند، اما از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم وجود نداشت و همگی در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۶). نتایج، همچنین نشان داد در بین اثرات متقابل دوگانه کود شیمیایی و کود زیستی، مصرف ۱۲۰ کیلوگرم کود شیمیایی در هکتار و آزوسپیریلیوم با ارتفاع بوته ۸۰/۶ سانتی‌متر و مصرف ۴۰ کیلوگرم کود شیمیایی در هکتار و شاهد با ارتفاع بوته ۶۶/۱ سانتی‌متر به ترتیب دارای بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک بودند (جدول ۹). در آزمایش‌های نایتو و فرانکبرگر (Nieto and Frankenberger, 1991) نشان داده شد که تیمار تلقیح بذر ذرت با باکتری آزوسپریلیوم، موجب افزایش ۲/۰۷، ۲/۸، ۱/۴۶ و ۱/۷ درصدی ارتفاع بوته، فاصله میان‌گره‌های ساقه و قطر ساقه گردید.

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده تاثیر معنی‌دار اثر متقابل دوگانه رقم و کود شیمیایی در سطح احتمال ۵٪ بر پروتئین دانه بود (جدول ۳). رقم سیمره و مصرف ۱۲۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژنه در هکتار با ۱۲/۱۶ درصد و رقم یاواروس و مصرف ۴۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژنه در هکتار با ۱۰/۲ درصد به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار پروتئین دانه بود (جدول ۷). بهاتارای و هس (Bhattaria and Hess, 1993) اظهار نمودند که برخی از سویه‌های آزوسپیریلیوم تا ۳۹/۵٪ پروتئین خام دانه برخی از ارقام گندم را افزایش می‌دهند. بنابراین، با توجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش به نظر می‌رسد که تلقیح بذر گندم با کودهای زیستی (ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم) علاوه بر تولید هورمون‌های محرک رشد، باعث توسعه سطح فعال سیستم ریشه‌ای و افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی شده که در نهایت عملکرد دانه گندم را افزایش داد. در نهایت با تفسیر نتایج حاصل از این پژوهش مشخص می‌شود که اثرات مثبت کودهای زیستی بر رشد که قبلاً در مورد گیاهان زراعی تایید شده، برای گیاه گندم نیز صادق می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای زیستی، می‌تواند در بهبود خصوصیات رشدی گندم و کاهش کود شیمیایی موثر باشد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Soil physical and chemical properties of experimental site

بافت خاک Soil texture	پتاسیم قابل جذب Available K (PPM)	فسفر قابل جذب Available P (PPM)	ماده خنثی شونده TNV (%)	ماده آلی خاک O.C (%)	هدایت الکتریکی EC (ds/m)	اسیدیته خاک pH	عمق خاک Depth of soil (cm)
Sandy loam	180	5.5	45	0.5	2.4	7.1	0-30
Sandy loam	150	4.5	55	0.4	2.3	7.7	30-60

جدول ۲- مقادیر متوسط ماهانه دما و بارش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دهلران، ایلام در سال زراعی ۹۰ ـ۱۳۸۹

Table 2- Monthly mean value of precipitation and relative temperature in Dehloran station, Ilam in 2010-2011 growing season

سال Year	فروردین April	اردیبهشت May	خرداد June	تیر July	مرداد august	شهریور September	مهر October	آبان November	آذر December	دی Junuary	بهمن February	اسفند March
میانگین دمای ماهانه monthly Mean of temprature	26.9	30.5	35.9	38.9	39.9	38.2	30.7	21.5	15.6	12.3	15.7	18.7
مجموع بارندگی ماهانه Monthly Mean of precipitation	7.2	13.7	0	0	0	0	0.9	55.6	39.9	42.7	43.9	18

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در سطوح کود شیمیایی و کود زیستی

Table 3- Analysis of variance for measured parameters under different levels of chemical fertilizer and bio-fertilizer

منابع تغییرات	S.OV	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares							
			ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه در سنبله Grains.spike^{-1}	وزن هزار دانه 1000 grain weight	تعداد سنبله در متر مربع Spike.m^{-2}	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	پروتئین دانه Grain protein
تکرار	Replication	۲	2555.1	288.48	299.7	1126.5	486541.8	2505473.4	17.86	4.23
رقم	Cultivar (C)	۲	1096.7*	426.03ns	496.4**	24256.03ns	4208740.03ns	39673280*	112.04	13.39**
خطا ۱	Error 1	۴	141.12	171.03	17.98	4696	812522	5927457	21	0.56
کود شیمیایی	Chemical fertilizer (CF)	۲	655.19**	187.17**	268.59**	20358.5**	2932430.8**	16308398.03**	2.38ns	1.20**
کود زیستی	Bio-fertilizer (B)	۲	125.27	42.48**	38.08**	5123.3**	360548**	1381045.5*	3.26ns	0.08ns
رقم× کود شیمیایی	CF×C	۴	21.23*	24.42**	15.12*	1001.1**	211306.04**	611458.57ns	2.60ns	0.05*
رقم × کود زیستی	B×C	۴	5.75ns	2.70ns	1.24ns	221.97ns	3033.49ns	161458.57ns	10.07*	0.01ns
کودشیمیایی× کود زیستی	B×CF	۴	6.03ns	13.29*	8.86ns	412*	18878.27ns	395152.29*	6.31ns	0.01ns
رقم×کود شیمیایی× کود زیستی	B× CF×C	۸	9.31ns	3.40ns	5.29ns	342.15ns	76309.7*	447871.6*	5.31ns	0.07ns
خطا ۲	Error 2	۴۸	10.35	6.78	6.07	281.6	62522.9	383426.2	3.31	0.02ns
ضریب تغییرات ٪	C.V%	-	14.3	11.4	6.11	13.4	15.7	16.8	11.7	7.5

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

ns, * and**: non significant, significant at the 5% and 1% levels, respectively

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر رقم بر عملکرد دانه، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته و پروتئین دانه

Table 4-Mean comparison of effect of cultivar on grain yield, spikes/m^2, number grain per spikes, 1000-grain weight, harvest index, biological yield, plant height and protein content

ارقام Cultivar	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد دانه در سنبله Grains.spike-^{1}	وزن هزار دانه 1000 grain weight (g)	تعداد سنبله در متر مربع Spike.m^{-2}	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)	پروتئین دانه Grain protein (%)
Yavarous	80.59a	27.44a	45.19a	455a	4771a	10361a	46.15a	10.47b
Karkheh	69.96b	21.11a	36.63b	407a	4161a	8493b	49.19a	11.29ab
Symareh	69.18b	19.66a	41.25ab	400a	4032a	8089b	49.08a	11.87a

میانگین‌هایی که در هر ستون، دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means in each column, fallowed by similar letters are not significant different at the %5 probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

جدول ۵- اثر سطوح کود شیمیایی نیتروژن بر میانگین صفات فنولوژیک، مورفولوژیک و عملکرد دانه

Table 5- Mean comparison of effect of chemical fertilizer on grain yield, phonological and morphological traits

کود نیتروژن Nitrogen fertilizer ($kg.ha^{-1}$)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد دانه در سنبله Grins.spike^{1}	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	تعداد سنبله در متر مربع Spike.m^{-2}	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)	پروتئین دانه Grain protein (%)
40	68.29c	19.7b	37.80b	393b	3982b	8231b	48.68a	10c
80	73.29b	24.07a	41.16ab	423a	4342a	8928b	48.90a	11.20b
120	78.14a	24.37a	44.11a	447a	4640a	9783a	47.78a	11.42a

میانگین‌هایی که در هر ستون، دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means in each column, fallowed by similar letters are not significant different at the %5 probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

جدول ۶- اثر کودهای بیولوژیک بر میانگین عملکرد دانه و اجزای آن

Table 6- Effect of bio-fertilizer on comparison of grain yield and it components

کود بیولوژیک Bio-fertilizer	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد دانه در سنبله Grins.spike^{-1}	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	تعداد سنبله در متر مربع Spike.m^{-2}	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)	پروتئین دانه Grain protein (%)
Non-inoculation	70.77b	21.29b	39.29b	405b	4192b	8727a	48.32a	11.7a
Azotobacter	74.22a	23.37a	40.98a	426a	4358a	9053a	48.55a	11.18a
Azospirillum	74.74a	23.55a	42.80a	431a	4414a	9162a	48.49a	11.27a

میانگین‌هایی که در هر ستون، دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means in each column, fallowed by similar letters are not significant different at the %5 probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

جدول ۷- ترکیب تیمارهای ارقام و میزان کود نیتروژن بر عملکرد دانه و اجزای آن

Table 7- Treatment combination effect of cultivar and nitrogen chemical fertilizer on grain yield and it components

تیمار	treatment	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد دانه در سنبله Grins.spike^{-1}	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	تعداد سنبله در متر مربع Spike.m^{-2}	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)	پروتئین دانه Grain protein (%)
Yavarous	40	75.77b	23.23b	41.42bc	414bc	4268bc	9343bc	45.78bc	10.27g
	80	81.44a	30.44a	45.16ab	463a	4866a	10322b	47.22abc	10.44g
	120	84.55a	28.55a	49.01a	489a	5180a	11418a	45.43c	10.68f
Karkheh	40	63.88d	18.55c	33.41e	387cd	3938cd	7901de	49.98ab	11.14e
	80	71.11bc	20.66bc	35.84de	410bc	4213bc	8551cde	49.36abc	11.30de
	120	74.88b	24.11b	40.63c	425b	4330b	9026c	48.22abc	11.42cd
Symareh	40	65.22d	17.44c	38.58cd	377d	3739d	7450e	50.28a	11.58c
	80	67.33cd	21.11bc	42.47bc	395bcd	3947cd	7911de	50.13a	11.86b
	120	75b	20.44bc	42.70bc	429b	4410b	8905cd	49.67abc	12.16a

میانگین‌هایی که در هر ستون، دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means in each column, fallowed by similar letters are not significant different at the %5 probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

جدول ۸- ترکیب تیمارهای ارقام و کودهای بیولوژیک بر میانگین صفات فنولوژیک، مورفولوژیک و عملکرد دانه

Table 8- Treatment combination of cultivar and bio-fertilizer on grain yield, phonological and morphological traits

تیمار	Treatment	ارتفاع بوته Plnt heght (cm)	تعداد دانه در سنبله Grins.spike^{-1}	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	تعداد سنبله در متر مربع Spike.m^{-2}	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)	پروتئین دانه Grain protein (%)
Yavarous	Non-inoculation	77.55b	25.66ab	43.03ab	443c	4686a	10156a	46.22a	10.44c
	Azotobacter	81.22ab	28a	45.55a	458b	4829a	10460a	46.37a	10.44c
	Azospirillum	83a	28.66a	47a	465	4799a	10467a	45.85a	10.52c
Karkheh	Non-inoculation	67.88c	20c	35.12e	387g	4022b	8308b	48.50a	11.23b
	Azotobacter	71.44c	22.11bc	36.45de	419d	4207	8596b	49.18a	11b
	Azospirillum	70.55c	21.22c	38.31cde	416de	4253b	8574a	49.89a	11.36b
Symareh	Non-inoculation	66.88c	18.22c	39.73bcd	386g	3868b	7718b	50.24a	11.83a
	Azotobacter	70c	20c	40.93bc	402f	4037b	8104b	50.09a	11.84
	Azospirillum	70.66c	20.7c	43.10ab	413e	4191b	8444b	49.74	12.92a

میانگین‌هایی که در هر ستون، دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means in each column, fallowed by similar letters are not significant different at the %5 probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

جدول ۹- ترکیب تیمارهای کودهای شیمیایی و کودهای بیولوژیک بر میانگین صفات فنولوژیک، مورفولوژیک و عملکرد دانه

Table 9- Treatment combination of nitrogen chemical fertilizer and bio-fertilizer on grain yield, phonological and morphological traits

تیمار	Treatment	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد دانه در سنبله Grins.spike^{-1}	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	تعداد سنبله در متر مربع Spike.m^{-2}	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)	پروتئین دانه Grain protein (%)
	Non-inoculation	66.11f	19.88b	37.03e	383f	3877e	7060e	48.85a	10.96d
40	*Azotobacter*	69.77def	19.3b	37.73de	400e	4041de	8214de	49.50a	10.98d
	Azospirillum	69ef	20.11b	38.64cde	395e	4028de	5820cde	47.69a	11.06cd
	Non-inoculation	71.11cde	21.88ab	38.93cde	406d	4222cde	8801bcde	48.26a	11.16bcd
80	*Azotobacter*	74.22bcd	25.40a	41.68bcd	424c	4337bcd	8826bcde	49.44a	11.18bcd
	Azospirillum	74.55bcd	24.80a	42.86abc	439b	4467abc	9158abcd	49.01a	11.26abc
	Non-inoculation	75.11bc	22.11ab	41.91bcd	428c	4477abc	9421abc	47.85a	11.39ab
120	*Azotobacter*	78.66ab	25.30a	43.52ab	455a	4695ab	10121a	46.70a	11.39ab
	Azospirillum	80.66a	25.60a	46.90a	460a	4749a	9807ab	48.78a	11.49a

میانگین‌هایی که در هر ستون، دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means in each column, fallowed by similar letters are not significant different at the %5 probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

جدول ۱۰- ترکیب تیمارهای رقم× کود شیمیایی × کود زیستی بر میانگین عملکرد دانه واجزای آن

Table 10 Treatment combination of effect of × cultivar chemical× bio-fertilizer on grain yield and its components

تیمار	treatment		ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد دانه در سنبله Grins.spike^{-1}	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	تعداد سنبله در متر مربع Spike.m^{-2}	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)	پروتئین دانه Grain protein (%)
Yavarous	40	Non-inoculation	73.01efgh	24.3defg	39.70a	414j	4266fghijk	9026ghi	47.27abcdef	10.27n
	40	*Azotobacter*	77.7def	23.3defghi	41.83a	416j	4312fghij	9332defg	47.25bcdef	10.25n
	40	*Azospirillum*	77.3de	22.6defghi	42.73a	414j	4227fghijkl	9670defg	43.82f	10.30n
	80	Non-inoculation	77.3de	27.3bcd	41.53a	449e	4797bcde	10458bcd	45.92cdef	10.43lmn
	80	*Azotobacter*	82.6abc	31.6ab	46.66a	463d	4918abc	10222cdef	48.28abcdef	10.39mn
	80	*Azospirillum*	84.3ab	32.3a	47.30a	478c	4881abcd	10287cde	47.47abcdef	10.51mn
	120	Non-inoculation	82.3bc	25.3cde	47.86a	467d	4995ab	10984abc	45.46def	10.61klm
	120	*Azotobacter*	84ab	29.30abc	48.16a	495b	5256a	11825a	44.59ef	10.67kl
	120	*Azospirillum*	87.3a	31.1ab	50.96a	504a	5288a	11444ab	46.25bcdef	10.77k
Karkheh	40	Non-inoculation	63kl	18.3ij	31.90a	369n	3711m	7653jk	48.53abcde	11.07j
	40	*Azotobacter*	64.2jkl	18hij	33.40a	401k	4065ghijklm	7976ijkl	51.04a	11.10ij
	40	*Azospirillum*	64.1jkl	19.3defghi	34.93a	391l	4039ghijklm	8073hijkl	50.36abc	۱۱11.25ghij
	80	Non-inoculation	68.1hij	19defgi	34.96a	383m	3973hijklm	8063hijkl	49.40abcd	11.22hij
	80	*Azotobacter*	73.2efgh	22.6fghi	35.93a	414j	4216fghijkl	8513ghijk	49.64abcde	11.33fghi
	80	*Azospirillum*	71.1ghi	20.3defghi	36.63a	434g	4451defgh	9078fghi	49.05abcde	11.35fghi
	120	Non-inoculation	72.3fghi	22.6cde	38.50a	411j	4382efghi	9207efgh	47.56abcdef	11.42efgh
	120	*Azotobacter*	77.3def	19.88def	40.03a	442f	4339efghi	9299efg	46.86abcdef	11.35fghi
	40	*Azospirillum*	75.2defg	25.6defgh	43.36a	424i	4270fghijk	8571ghij	50.25abc	11.48efg
Symareh	40	Non-inoculation	62.1l	24de	39.53a	367n	3654m	7200l	50.75ab	11.54ef
	40	*Azotobacter*	68.1hijk	17j	37.96a	383m	3747lm	7334l	51.20c	11.57ef
	40	*Azospirillum*	65.7jkl	17j	38.26	381m	3817klm	7816kl	48.87abcde	11.63de
	80	Non-inoculation	67.3ijkl	18.3ghij	40.30a	385m	3897ijklm	7882jkl	49.45abcd	11.84cd
	80	*Azotobacter*	67.9ijkl	19.3de	42.46a	396k	3876jklm	7742jkl	50.40abc	11.82cd
	80	*Azospirillum*	67.4ijk	22efghi	44.66a	406k	4069ghijklm	8110jkl	50.52abc	11.92bc
	120	Non-inoculation	71.2ghi	22cd	39.36a	405k	4054ghijklm	8071hijkl	50.53abc	12.3ab
	120	*Azotobacter*	75.8defg	18.3ef	42.36a	429h	4490cdefg	9237efgh	48.66abcde	12.14ab
	40	*Azospirillum*	79.6cd	21e	46.36a	452e	4688bcdef	9407efgh	49.83abcd	12.22a

میانگین‌هایی که در هر ستون، دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means in each column, fallowed by similar letters are not significant different at the %5 probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

References منابع مورد استفاده

- Bashan, Y., K. Harrison, and R.E. Witimoyer. 1990. Enhanced growth of wheat and soybean plants inoculated with *Azospirillum brasilense* is not necessarily due to general enhancement of mineral uptake. *App. Environ. Microb*. 56:769-775.
- Behl, R.K., H. Sharma, V. Kumar, and K.P. Singh. 2003. Effect of duel inoculation of V A micorrhyza and *Azotobacter chroococcum* on above flag leaf characters in wheat. *Agronomy and Soil Science*. 49(1): 25-31.
- Bertolini, M., M. Bressaan, M. Snidaro, C. Fogher, and A. Morocco. 1999. Inoculation with *Azospirillum* and nitrogen fertilizer application in maize. *Informatore Agrario*. 46: 51-53.
- Bhattaria, T. and Hess, D. 1993. Yield response of Nepales spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars to inoculation with *Azospirrilum spp* of Nepales region. *Plant and Soil*. 151:67-76
- Biswas, J.C., J.K. Ladha, S.A. Bath, O.V.S. Thenua, B.G. Shivakumar, and J.K. Malik. 2005. Performance of summer green gram (*Vigna radiate* L. Wilczek) as influenced by biofertilizers and phosphorus nutrition. *Haryana Journal of Agronomy*. 21: 203-205.
- Gholami, A., S. Shahsavani, and S. Nezarat. 2009. The Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. *World Academy of Science, Engin and Techn*. 49: 19-24.
- Hafeez, F.Y., M.E. Safdar, A.U. Chaudry, and K.A. Malik. 2004. Rhizobial inoculation improves seedling emergence, nutrient uptake and growth of cotton. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 44:617-622.
- Idris, M. 2003. Effect of integrated use of mineral, organic N and Azotobacter on the yield, yield components and N-nutrition of wheat (*Triticum aestivum*). *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 6 (6): 539-543.
- Javed, M., M. Arshad, and K. Ali, 1998. Evaluation of rhizobacteria for their growth promoting activity in maize. *Pakistan Journal of Soil Science*. 14: 36-42.
- Kader, M.A. 2002. Effects of Azotobacter inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. *Journal of Biological Sciences*. 2: 259-261.
- Kannayan, S. 2002. Biofertilizers for sustainable crop production. Biothecnology of biofertilizers. Ed., Kannayan, Narosa Publishing House, New Delhi, India. pp:9-49.
- Mohsennia, O., and J. Jalilian. 2012. Effect of drought and fertilizer resources on yield and its components of safflower (*Carthamus tinctorious* L.). *Journal of Agroecology*. 4(3): 235-245.
- Moradi, M., S.A. Siadat, K. Khavazi, R.Naseri, A. Maleki, and A. Mirzeai. 2011. Effect of application of biofertilzers and phosphorus fertilizers on qualitative and quantitative traits of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Crop and Weed Ecophysiology*. 5 (18): 51-66. (In Persian).

- Nanda, S.S., K.C. Swain, S.C. Panda, A.K. Mohanty, and M.A. Alim. 1995. Effect of nitrogen and biofertilizers in fodder rainfed upland conditions of Orisa. *Current Agricultural Research*. 8: 45-47.
- Nesmith, D.S. and J.T. Ritchi. 1992. Short and long term response of corn to a pre-anthesis soil water deficit. *Agronomy Journal*. 84: 107-113.
- Nezarat, S. and A. Gholami. 2009. The effects of co-inoculation of *Azospirillum* and *Pseudomonas* rhizobacteria on nutrient uptake of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agroecology*. 1 (1): 25-32
- Nieto, K.F., and W.T. Frankenberger, 1991. Influence of adenine, isopenthyl olchol and *Azotobacter chroococcum* on the vegetative growth of *Zea Mays*. *Plant and Soil*. 135: 213-221.
- Park, K.H., C.Y. Lee, and H.J. Son. 2009. Mechanism of insoluble phosphate solubilization by Pseudomonas fluorescens RAF15 isolated from ginseng rhizosphere and its plant growth-promoting activities. *Letters in Applied Micro*. 222–228.
- Pereira, J.A.R., V.A. Cavalcarte, and J. Doberiner, 1997. Field inoculation of sorghum and rice with *Azosprillum*. *Plant and Soil*. 1100: 269-274.
- Rai, S.N., and A.C. Gaur. 1988. Charaeterization of *Azotobactor spp*. and effect of Azotobactor and Azospirillum as inoculation the yield and N-uptake of wheat crop. *Plant and Soil*. 109: 131-134.
- Rezvan Beidokhti, S., A. Dashtban, M. Kafi, and S. Sanjani. 2009. Evaluating the effect of some *Pesodomonas* bacteria strains on wheat yield and its components at various levels of phosphorus fertilization. *Journal of Agroecology*. 1 (1): 33-40.
- Salantur. A., A. Ozturk, S. Akten, F. Sahin, and F. Donmez. 2005. Effect of inoculation with non-indigenous and indigenous rhizobacteria of Erzurum (Turkey) origin on growth and yield of spring barley. *Plant and Soil*. 275: 147–156.
- Saravi, S.H., and H. Pirdasti. 2013. Estimation the application of PGPR and PSM on yield and its components of wheat (N80 cultivar) at different levels of N and under green house condition. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 10(4): 681-689. (In Persian).
- Singh, R., R.K. Singh, K.P. Jain, and P. Narula, N. 2004. Performance and gone effects for wheat yield under inoculation of Arbuscular Mycorhize Fungi and *Azotobacter chroococcum Haryana* Agricultural University. *Hisar, India. Plant Soil Environ*. 50(9): 409-415.
- Soleimanzadeh, H., D. Habibi, M.R. Ardakani, F. Paknejad, and F. Rejali. 2010. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to inoculation with Azotobacter under different nitrogen levels. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*. 7 (3): 265-268.
- Soliman, S., A.M. El-Gala, Y.Z. Ishac, and I.A. El- Ghandour. 2002. Biofertilizer of cereal and legume crops for increasing soil labile P uptake using nuclear technique. [on line]: Available.

- Stancheva, I., and N. Dinev, 2003. Effect of inoculation of maize and species of tribe Triticeae with *Azospirillum brasilense*. *Journal of Plant Physiology*. 4: 550-552.
- Tilak, K.V.B., C.S. Singh, V.K. Roy, and N.S.S. Rao. 1982. *Azospirillum* brasilense and *Azotobacter chroococcum* inoculum .effect on yield of maize and sorghum. *Soil Biology and Biochemistry*.14: 417-418.
- Vadivel, N., P. Subbian, and A. Velayantham, 1999. Effect of sources and levels of N on the dry matter production and nutrient uptake in rainfed maize. *Madras Agricultural Journal*. 86: 498-499.
- Wu, S.C., Z.H. Caob, Z.G. Lib, K.C. Cheunga, and M.H. Wong, 2005. Effects of bio-fertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma*. 125: 155–166.
- Zahir, A.Z., S.A. Abbas, A. Khalid, and M. Arshad. 2000. Substrate dependnd microbially derived plant hormones for improving growth of maize seedlings. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 3: 289-291.
- Zahir, A.Z., M. Arshad, and W.F. Frankenberger. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. *Advances in Agronomy*. 81: 97-168.

Effect of Integrated Application of *Azotobacter chroococcum* and *Azospirillum brasilense* and Nitrogen Chemical Fertilizers on Qualitative and Quantitative of Durum Wheat

Azadi, S.[1], S.A. Siyadat[2], R. Naseri[3], A. Soleimani Fard[4], and A. Mirzaei[5]

Received: October 2012, Accepted: 30 October 2013

Abstract

To study the effect of plant growth promoting bacteria (PGPR) and mineral nitrogen fertilizer on yield and yield components of three durum wheat cultivars, an experiment was conducted as a split factorial based on randomized complete block design with three replications in Dehloran Research Station in Ilam, Iran in 2011-2012 cropping season. Experimental factors consisted of durum wheat (Yavaroosm, Kharkheh and Simareh) was assigned to main plot and nitrogen fertilizers at 3 levels (40, 80 and 120 kg.ha^{-1}) and bio-fertilizer (non-inoculation, inoculating with *Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum brasilense*) to sub plot. Results of analysis of variance showed that among cultivars studied there were significantly differences at traits under study. Yavaroos had the highest plant height, 1000- grain weight, and biological yield. The highest plant height, 1000- grain weight, biological yield and protein content was obtained by application of 120 kg/ha nitrogen fertilizer, but there were not different effect between 80 and 120 kg/ha nitrogen fertilizer. Traits under study were affected by using bio-fertilizer. The highest plant height, number grain per spike, 1000- grain weight, grain yield were obtained from inoculation plants with bio-fertilizer. The effect of cultivar by nitrogen chemical fertilizer interaction had significant effect on plant height, number of grain per spike, 1000-grain weight, and spike per meter squared and grain yield. The highest grain yield was obtained from Yavaroos using 120 kg/ha and the lowest grain was observed from Simareh cultivar and 40 kg/ha. Interaction effect of cultivar and bio- fertilizer had significant effect on harvest index only. Nitrogen fertilizer by bio- fertilizer interaction had significant effect on only grain yield, spike/m^{-2} and grain yield. The highest grain yield was obtained from Yavaroos cultivar when it were inoculation with *Azospirillum* 120 kg/ha and the lowest grain yield observed Simareh cultivar when it was treated with 40 kg/ha.

Key words: Bio-fertlizer, Durum wheat, Grain yield, Yield components.

1-. Former Msc. Student of Agronomy, Dezful Branch, Islamic Azad University, Dezful, Iran.
2- Prof., University of Ramin Agriculture and Natural Resources, Ahvaz, Iran.
3- Former Ph.D. Student of Crop Physiology, University of Ilam, Ilam, Iran.
4- Staff Member, Department of Agriculture, University of Payame Nour, Tehran, Iran.
5- Agricultural and Natural Resources Research Center, Ilam, Iran.
Corresponding Author: *amir.mirzei53@yahoo.com*