مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۳، شماره ۱، ۱۳۹۱ (۱۳۷-۱۲۹)

تأثیر کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

آیدا بهزاد[1*]، داود حبیبی[2]، فرزاد پاک نژاد[3]، احمد اصغرزاده[4] و محمد عبداللهیان نوقابی[5]
۱، ۲، ۳، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار، دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، ۴، استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب، ۵ ، دانشیار عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات چغندرقند کرج، ایران
(تاریخ دریافت: ۹۰/۱/۳۰ – تاریخ تصویب ۹۰/۱۱/۱۹)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه از جمله *Azotobacter chroococcum* ، *Azospirillum lipoferom* و *brasilence* و *Pseudomonas fluorescens* و کود نیتروژن از منبع اوره بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت هیبرید دبل کراس، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار به اجرا در آمد. تیمار باکتری در ۵ سطح شامل B0= عدم تلقیح با باکتری (شاهد)، B1= ازتوباکتر + آزوسپیریلوم، B2= آزوسپیریلوم + سودوموناس، B3= ازتوباکتر + سودوموناس و B4= ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + سودوموناس و کود اوره با مقادیر صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، به عنوان تیمار کود نیتروژن بودند. نتایج نشان دادند که بیشترین افزایش صفات در باکتری‌های محرک رشد گیاه مربوط به تیمار ازتوباکتر + سودوموناس با افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد ردیف در بلال، عملکرد بلال و عملکرد بلال تک‌بوته به ترتیب به میزان ۲۳/۸٪، ۲۲/۷٪، ۶/۲٪، ۲۶/۹٪ و ۱۹/۸٪ و در کود نیتروژن مربوط به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره با افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و وزن هزار دانه به ترتیب به میزان ۱۷/۸٪، ۱۸/۷٪ و ۳/۲٪ بود. در بررسی اثرات متقابل باکتری و کود نیتروژن مشاهده شد که تیمار ازتوباکتر + سودوموناس الزاماً در حضور ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره بیشترین تأثیر را بر اغلب این صفات داشت اما کاربرد توأم ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و سودوموناس بدون نیاز به کود اوره باعث افزایش این صفات شد و مصرف همزمان کود اوره با این تیمار منجر به کاهش کارایی این باکتری‌ها شد.

واژه های کلیدی: آزوسپیریلوم، ازتوباکتر، ذرت، سودوموناس، کود نیتروژن.

مقدمه

ذرت یکی از کهن ترین گیاهان زراعی است که بشر به اهمیت و ویژگی‌های آن پی برده و امروزه حدود ۷۰٪ از غذای بشر را در جهان تأمین می کند (Hochholdinger et al., 2004). در ایران نیز زراعت و تولید آن در دو دهه اخیر اهمیت بیشتری یافته و مورد توجه و استقبال تولید کنندگان محصولات زراعی قرار گرفته است به طوری که سطح زیر کشت ذرت دانه‌ای کشور در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ حدود ۲۲۶ هزار هکتار و میزان تولید آن حدود ۱/۶۴ میلیون تن و راندمان تولید در هکتار در اراضی آبی و دیم به ترتیب ۷۲۸۹/۶۸ و ۴۸۰۸/۰۶ کیلوگرم در هکتار بوده است (www.maj.ir).در پی بحران آلودگی های زیست محیطی ناشی از مصرف فزاینده کودهای شیمیایی،

* نویسنده مسئول: آیدا بهزاد تلفن: ۰۹۱۲-۵۱۹۸۹۸۲ E-mail: aida_1981_2005@yahoo.com

تلاش‌های گسترده‌ای به منظور یافتن راهکارهایی جهت افزایش تولید محصولات کشاورزی همراه با کاهش مصرف کودهای شیمیایی آغاز شده است که بر این مبنا کاربرد کودهای زیستی راه حل مناسبی در راستای کشاورزی پایدار می‌باشد. یکی از انواع کودهای زیستی، باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه[1] است که به طور مستقیم و غیر مستقیم سبب افزایش رشد و عملکرد گیاهان می شوند (Glick, 1995). باکتری‌های جنس ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و سودوموناس از مهم‌ترین باکتری‌های محرک رشد گیاه محسوب می شوند که ضمن تثبیت بیولوژیک نیتروژن و انحلال فسفات خاک، با تولید هورمون‌های محرک رشد به ویژه اکسین، جیبرلین و سیتوکینین، رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می دهند (Zahir et al., 2004). تلقیح گندم و پنبه با باکتری *Azotobacter chroococcum* موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و پارامترهای رشد از قبیل وزن خشک بوته و ارتفاع بوته نسبت به شاهد شد (Narula et al., 2005). همچنین افزایش معنی دار عملکرد دانه و تجمع نیتروژن در دانه برنج با تلقیح سویه ای از *Azospirillum amazonense* با این گیاه مشاهده شد (Rodrigues et al., 2008). در میان باکتری های افزاینده رشد گیاه، *P. fluorescens* به دلیل دامنه وسیعی از ترکیبات کلات کننده آهن، تولید اسیدهای آلی و کنترل زیستی عوامل بیماری‌زای گیاهی، دارای اهمیت فراوان است (Todar, 2004). ذرت تلقیح شده با سه سویه از باکتری *Pseudomonas fluorescens* از لحاظ ارتفاع گیاه، وزن خشک ساقه، عملکرد دانه و محتوای فسفر دانه و ساقه نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) به طور معنی داری بیشتر بود (Fankem et al., 2008).

نیتروژن از عناصر ضروری و حیاتی در تولید گیاهان زراعی محسوب می شود (Veren, 2001). در بررسی کاربرد توأم کود زیستی و کود نیتروژن بر روی گیاه برنج، بیشترین عملکرد دانه از ترکیب ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن همراه با باکتری *P.fluorescens*، بدون کاربرد *Azospirillum lipoferom* حاصل شد (Rahmati Khorshidi et al., 2011). مصرف نیتروژن به صورت کود شیمیایی موجب افزایش عملکرد محصولات کشاورزی می‌شود، اما حضور نیترات در خاک به مقداری بیش از نیاز گیاه، به دلیل حساسیت این ماده به آبشویی، آلوده شدن آب های سطحی و زیرزمینی و تجمع نیترات در گیاهان مورد استفاده انسان و علوفه دام را در پی خواهد داشت (Khavazi et al., 2005). در همین راستا این پژوهش با هدف بررسی تأثیر کاربرد باکتری های محرک رشد گیاه و تعیین تلفیقی مناسب از این باکتری‌ها به عنوان کود زیستی و بررسی اثرات متقابل آنها با کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت انجام گرفت.

مواد و روش ها

پژوهش حاضر در سال ۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج واقع در ماهدشت کرج با موقعیت ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه عرض جغرافیایی و ۵۱ درجه و ۵۶ دقیقه طول جغرافیایی با ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا اجرا شد. کل میزان بارندگی سالیانه در محل مورد آزمایش ۳۷۱/۱ میلی‌متر گزارش شد. بافت خاک زمین مورد آزمایش لومی و pH آن حدود ۷/۸ بود (جدول ۱). آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری بلوک‌های کاملاً تصادفی در ۴ تکرار در زمینی به مساحت ۱۸۸۷ متر مربع اجرا گردید. گیاه مورد آزمایش ذرت هیبرید دبل کراس (DC.370) از نوع رقم متوسط رس با وزن هزار دانه ۳۵۰ گرم، قوه نامیه ۹۵ درصد و طول مدت رویش ۱۲۰-۱۱۵ روز بود. کودهای زیستی به کار رفته در این طرح شامل باکتری‌های محرک رشد گیاه از جمله *A. chroococcum* سویه (5) *A. lipoferom. A. brasilence*، سویه (OF) و *P. fluorescens* سویه (21)، به ترتیب با جمعیت های ۳×۱۰^{۸} cfu/ml، ۵×۱۰^{۷} cfu/ml و ۵×۱۰^{۹} cfu/ml بودند که به صورت تلقیح بذر با مایه تلقیح مورد استفاده قرار گرفتند. این فاکتور در ۵ سطح شامل B0= عدم تلقیح با باکتری (شاهد)، B1= ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + سودوموناس بود. کود نیتروژن از منبع اوره در ۳ سطح

1. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)

شامل صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و در دو مرحله، یکی به صورت پایه در مرحله کاشت و دیگری در مرحله ۱۱-۱۰ برگی گیاه به کار برده شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه نمونه خاک مورد آزمایش

درصد اشباع S.P	هدایت الکتریکی ds/m	واکنش گل اشباع PH	مواد خنثی شونده ٪T.N.V	کربن آلی ٪O.C	نیتروژن کل ٪N	فسفر P(ava.)p.p.m	پتاسیم K(ava.)p.p.m	نوع بافت خاک
۳۵	۲/۲۴	۷/۸۴	۹/۶۱	۰/۹۳	۰/۰۹	۱۲/۴۶	۲۷۸	لومی

عملیات آماده سازی زمین شامل شخم با عمق متوسط، دیسک جهت خرد کردن کلوخه‌ها و لولر بود. با توجه به توصیه‌های تحقیقاتی، مقدار ۲۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل قبل از کاشت به زمین اضافه و با دیسک در عمق مناسب قرار گرفت. پس از آماده سازی زمین، کشت در ۹ تیر ۱۳۸۶ انجام شد. نیم ساعت قبل از آغاز کاشت، حدود ۳۵۰ میلی لیتر مایع تلقیح باکتریایی از هر یک از تیمارهای باکتری که حاوی صمغ عربی جهت چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذر بود با ۱/۴ کیلوگرم بذر مخلوط گردید و به صورت دستی با استفاده از دستکش‌های یک‌بار مصرف و با رعایت کامل عدم تداخل تیمارها با یکدیگر بر طبق نقشه آزمایش و به صورت کپه‌ای، با قرار دادن ۲ الی ۳ بذر سالم در حفره های واقع در روی پشته‌ها با فاصله ۱۶ سانتی متر از هم کشت شدند. هر کرت آزمایشی شامل ۴ خط کاشت با فاصله ردیف ۷۵ سانتی متر بود. تراکم بوته بر اساس ۸/۵ بوته در متر مربع تنظیم شد. پس از کاشت بذور، مرحله اول کوددهی اعمال شد و اولین آبیاری با رعایت عدم تداخل کرت ها صورت گرفت. کاربرد کود نیتروژن از منبع اوره در مرحله دوم، در ۱۱-۱۰ برگی گیاه انجام شد. ۱۳۰ روز پس از تاریخ کاشت عملیات برداشت صورت گرفت به این ترتیب که از ۴ ردیف خط کاشت در هر کرت، دو خط میانی با حذف ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر خط، اقدام به برداشت گردید. صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، عملکرد بلال، عملکرد بلال تک بوته، عملکرد تک بوته، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال، تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه اندازه گیری شد. جهت اندازه گیری عملکرد دانه، پس از رسیدگی کامل، از دو خط میانی کرت آزمایشی، برداشت گیاهان از مساحت ۶ متر مربع به طور دستی انجام گرفت و با توجه به فرمول ذیل محاسبه گردید.

$$\text{عملکرد دانه} = \frac{\text{وزن خشک 500 گرم دانه بلال} \times \text{وزن تر کل دانه بلال در 6 متر مربع}}{5}$$

عملکرد بیولوژیک نیز به صورت ذیل محاسبه شد.

$$\text{عملکرد بیولوژیک} = \frac{\text{وزن خشک 5 بوته} \times \text{وزن تر کل بوته}}{5}$$

شاخص برداشت از محاسبه نسبت عملکرد دانه به وزن کل ماده خشک یا عملکرد بیولوژیک حاصل گردید. جهت ارزیابی اجزای عملکرد و پاره‌ای از صفات، ۱۰ بوته از دو خط میانی هر کرت به طور تصادفی انتخاب و اندازه‌گیری صورت گرفت. برای برآورد وزن هزار دانه، از کل دانه بلال های موجود در۶ متر مربع مساحت برداشت هر کرت، تعداد ۲۵۰ دانه به طور تصادفی شمارش گردید و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار گرفت سپس وزن آن‌ها با ترازوی دیجیتالی دقیق اندازه گیری و جهت محاسبه وزن هزار دانه در عدد ۴ ضرب شد و بر حسب گرم منظور گردید. پس از استخراج داده‌ها، جهت محاسبات آماری از نرم افزار SAS (Ver 9.0) استفاده شد. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی داری ۵٪ انجام شد و کلیه منحنی ها و نمودارها توسط نرم افزار اکسل رسم گردیدند.

نتایج و بحث

باکتری های محرک رشد گیاه

در جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، تأثیر معنی‌دار در رابطه با کاربرد باکتری های محرک رشد گیاه بر روی

عملکرد دانه و وزن هزار دانه در سطح آماری ۱٪ و بر روی عملکرد بیولوژیک، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال، تعداد دانه در بلال، عملکرد بلال تک بوته و عملکرد بلال در سطح آماری ۵٪ مشاهده شد اما کاربرد باکتری‌ها بر روی شاخص برداشت تأثیر معنی‌دار نداشتند.

جدول ۲- تجزیه واریانس آزمایش اثر باکتری های محرک رشد گیاه و کود نیتروژن بر برخی صفات مورد آزمون در ذرت

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)								
		عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف بلال	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه	عملکرد بلال	عملکرد بلال تک بوته
بلوک	۳	۳/۷۲ ns	۴۰/۹۱ **	۵۹/۹۷ ns	۰/۶۸ ns	۹۳/۷۵ **	۲۶۸۲۵/۸۲ **	۳۲/۴۵ ns	۱۴/۳۰ ns	۷۲۶/۷۹ ns
باکتری (B)	۴	۷/۰۹ **	۲۶/۱۳ *	۴۰/۵۱ ns	۱/۵۹ *	۳۳/۶۴ *	۱۴۳۴۱/۴۷ *	۷۱۶/۵۷ **	۲۴/۶۸ *	۱۱۸۶/۶۲ *
کود نیتروژن (N)	۲	۹/۵۰ **	۵۱/۰۹ **	۳۹/۷۶ ns	۱/۶۰ ns	۷/۹۲ ns	۳۸۴۷/۵۹ ns	۳۴۵/۸۲ *	۲۸/۴۵ *	۱۴۰۶/۹۲ *
اثر متقابل B*N	۸	۲/۹۲ ns	۱۷/۰۷ ns	۹۱/۲۵ ns	۱/۱۱ ns	۲۸/۰۱ *	۱۱۷۸۲/۴۵ *	۴۲۲/۱۶ **	۱۰/۰۵ ns	۶۶۱/۶۰ ns
خطا	۴۲	۱/۵۲	۵/۸۱	۸۷/۲۸	۰/۵۵	۱۱/۷۲	۴۰۵۶/۸۹	۸۴/۴۰	۷/۱۸	۳۵۵/۴۱
ضریب تغییرات	-	۱۷/۹۲	۱۹/۲۹	۲۰/۴۸	۴/۷۹	۱۲/۷۰	۱۵/۰۵	۳/۷۵	۲۲/۷۷	۱۶/۶۴

**، * و ns به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم اختلاف معنی دار

بررسی میانگین عملکرد دانه (جدول ۳) مشخص ساخت که تیمار سودوموناس + ازتوباکتر با تولید ۸/۱۲ تن دانه در هکتار بیشترین مقدار عملکرد دانه را با ۲۳/۹ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد دارا بود. و کمترین عملکرد دانه از تیمار شاهد به میزان ۶/۱۸ تن دانه در هکتار حاصل شد. Zahir et al., 1998 و Hamidi, 2007 نیز با تلفیق ازتوباکتر و سودوموناس، بیشترین عملکرد دانه را در ذرت بدست آوردند.

با مقایسه میانگین‌های عملکرد بیولوژیک ملاحظه گردید که تیمار سودوموناس + ازوتوباکتر با ۲۲/۶۸ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد، بیشترین عملکرد بیولوژیک را با مقدار ۱۷/۸۱ تن در هکتار دارا بود و کمترین میزان این صفت از تیمار شاهد به مقدار ۱۳/۷۷ تن در هکتار حاصل شد (جدول ۳). برتری تیمار سودوموناس + ازوتوباکتر نسبت به سایر تیمارهای باکتری بیانگر این است که ترکیب این دو باکتری با توجه به شرایط این آزمایش، همیاری بهتری را نسبت به سایر حالت های ترکیبی داشتند و با توجه به نقش‌های جداگانه هر یک منجر به بیشترین عملکرد بیولوژیک گردیدند.

بررسی Singh et al., 1993 افزایش عملکرد بیولوژیک ذرت در اثر تلقیح با ازتوباکتر را نشان دادند و Zahir et al., 1998 نیز افزایش ۱۸ درصدی وزن خشک بوته ذرت در اثر تلقیح بذر با باکتری های ازتوباکتر و سودوموناس را مشاهده کردند.

بررسی میانگین تعداد ردیف در بلال مشخص ساخت که بیشترین میزان این صفت مربوط به تیمار سودوموناس + ازتوباکتر با ۶/۲۱٪ افزایش نسبت به شاهد و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۳). با کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه، افزایش تعداد ردیف در بلال گزارش شد (Hamidi, 2007). Naserirad et al., 2011 نیز افزایش تعداد ردیف در بلال را با تلقیح بذر ذرت با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم گزارش دادند.

بیشترین میزان عملکرد بلال و عملکرد بلال تک بوته مربوط به تیمار سودوموناس + ازتوباکتر به ترتیب با ۲۶/۹٪ و ۱۹/۸٪ افزایش نسبت به شاهد و کمترین آنها مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۳).

به واسطه نقش مثبت این باکتری‌ها در تولید و تنظیم هورمون‌های محرک رشد گیاه، سطح و عمق ریشه گسترش یافته و جذب آب و عناصر غذایی افزایش می‌یابد که سبب بهبود رشد و افزایش فتوسنتز و تولید مواد پرورده می شود که از یک سو باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شده و از سوی دیگر با افزایش رشد و نمو گیاه منجر به افزایش وزن بلال در تک بوته گردیده و در نتیجه افزایش عملکرد بلال را منجر می شود (German

Molla *et al*., 2001 ; et al., 2000). همچنین از آنجایی که فسفر جزو عوامل مهم در دانه بندی و شکل گیری ردیف دانه ها در ذرت می باشد، به نظر می رسد باکتری‌های محرک رشد با توسعه ریشه در ریزوسفر و سودوموناس با انحلال فسفات، امکان دریافت فسفر را برای گیاه به میزان بیشتری فراهم کرد و نقش موثری در افزایش تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال و تعداد دانه در بلال داشت. در طی کنش‌های متقابل سودوموناس‌ها و سایر ریزوباکتری‌ها، کارایی تثبیت نیتروژن و میزان دسترسی به فسفر توسط فعالیت حل کنندگی فسفات، افزایش یافته و ماده محرک رشد گیاه آزاد می‌شود (Khan & Zaidi, 2007). اثرات مثبت باکتری سودوموناس در انحلال فسفات خاک و نیز کمک به جذب نیتروژن در گیاه و افزایش مقاومت گیاه در کنترل بیمارگرهای گیاهی باعث تقویت خاصیت تثبیت کنندگی نیتروژن در ازتوباکتر شد و همیاری این باکتری‌ها با هم سبب بهبود رشد و افزایش فتوسنتز و تولید مواد پرورده گردیده و در مرحله پرشدن دانه‌ها، اسمیلات بیشتری به دانه‌ها انتقال یافته و منجر به افزایش وزن هزار دانه شد. از آنجایی که عملکرد دانه وابسته به صفات وزن هزار دانه، تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در ردیف بلال است، با بررسی این صفات مشاهده شد که در تیمارهای کاربرد باکتری این صفات افزایش یافتند، بنابراین به احتمال زیاد این باکتری‌ها از طریق بهبود اجزای عملکرد دانه به طور غیر مستقیم افزایش عملکرد دانه را فراهم کردند. از آنجایی که تلقیح بذر ذرت با ترکیب دو باکتری ازتوباکتر و سودوموناس، بیشترین میزان این صفات را حاصل کرد بنابراین به نظر می رسد توانایی ازتوباکتر در فرایند تثبیت نیتروژن و توانمندی سودوموناس در کنترل عوامل بیماری زای گیاهی و نیز انحلال فسفات های نامحلول، به طور مؤثری باعث افزایش این صفات شد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی باکتری های محرک رشد گیاه بر برخی صفات مورد آزمون در ذرت

تیمار	عملکرد دانه (t/ha)	عملکرد بیولوژیک (t/ha)	شاخص برداشت (%)	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف بلال	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه (g)	عملکرد بلال (t/ha)	عملکرد بلال تک بوته (g)
B0	۶/۱۸ b	۱۳/۷۷ b	۴۳/۳۷ a	۱۵/۰۹ b	۲۵/۲۵ b	۳۸۶/۲۴ b	۲۳۵/۰۱ b	۱۰/۲۰ b	۱۰۰/۹۹ b
B1	۶/۵۷ b	۱۴/۹۹ ab	۴۴/۸۹ a	۱۵/۴۰ ab	۲۵/۵۶ b	۴۰۰/۳۲ b	۲۴۴/۶۸ ab	۱۱/۸۴ ab	۱۰۵/۶۸ ab
B2	۷/۰۸ ab	۱۵/۱۰ ab	۴۷/۱۹ a	۱۵/۵۳ ab	۲۶/۸۰ ab	۴۲۰/۳۲ ab	۲۵۰/۷۲ a	۱۱/۹۹ ab	۱۱۶/۶۷ ab
B3	۸/۱۲ a	۱۷/۸۱ a	۴۷/۷۹ a	۱۶/۰۹ a	۲۹/۳۴ a	۴۷۶/۰۲ a	۲۵۴/۰۵ a	۱۳/۹۷ a	۱۲۵/۹۶ a
B4	۶/۴۴ b	۱۵/۲۵ ab	۴۴/۷۷ a	۱۵/۶۷ ab	۲۷/۷۵ ab	۴۳۲/۸۸ ab	۲۴۰/۰۵ b	۱۰/۸۳ ab	۱۱۷/۰۷ ab

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف غیر مشترک می باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی دار هستند (B0= شاهد، B1= ازتوباکتر + آزوسپیریلوم، B2= آزوسپیریلوم + سودوموناس، B3= ازتوباکتر + سودوموناس، B4= آزوسپیریلوم + ازتوباکتر + سودوموناس)

کود نیتروژن

کاربرد مقادیر مختلف کود نیتروژن از منبع اوره بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در سطح آماری ۱٪ و بر وزن هزار دانه، عملکرد بلال و عملکرد بلال تک بوته در سطح آماری ۵٪ تأثیر معنی دار داشت اما صفات تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال و تعداد دانه در بلال تحت تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن قرار نگرفتند (جدول ۲).

مقایسه میانگین عملکرد دانه نشان داد که تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره با تولید ۷/۶۱ تن دانه در هکتار و با ۱۷/۸۷٪ افزایش نسبت به تیمار شاهد، بیشترین عملکرد دانه و تیمار شاهد با تولید ۶/۲۵ تن دانه در هکتار کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). Uhart و Andrade (۱۹۹۵) و Wilson (۱۹۹۹) نیز اظهار داشتند با افزایش میزان نیتروژن، عملکرد دانه در ذرت افزایش یافت.

بررسی میانگین عملکرد بیولوژیک (جدول ۴) مشخص ساخت که بین تیمارهای ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره اختلاف آماری معنی داری وجود ندارد و تنها با تیمار شاهد دارای اختلاف معنی دار هستند. از

لحاظ عددی حداکثر عملکرد بیولوژیکی از تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به میزان ۱۷/۰۶ تن در هکتار و با ۱۸/۶۹ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد حاصل شد. حداقل عملکرد بیولوژیکی نیز مربوط به تیمار شاهد به میزان ۱۳/۸۷ تن در هکتار بود. در آزمایشی با افزایش میزان نیتروژن، عملکرد بیولوژیک در ذرت افزایش یافت (Anderson et al., 1985).

بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به مقدار ۲۴۸/۵ گرم و با ۳/۲٪ افزایش نسبت به شاهد و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد به میزان ۲۴۰/۳ گرم بود (جدول ۴). Akintoye et al., 1999 اظهار داشتند که افزایش مصرف کود نیتروژن از صفر تا ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار در گیاه ذرت، بر اثر اختصاص بیشتر ماده خشک در مرحله پر شدن دانه ها، منجر به افزایش وزن هزار دانه شد. همچنین کاهش وزن دانه ناشی از کمبود نیتروژن توسط Willson, 1999 گزارش شد. مقایسه میانگین عملکرد بلال و عملکرد بلال تک بوته نشان داد که با افزایش کود نیتروژن این صفات روند صعودی داشتند با این وجود بین تیمار های ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره اختلاف آماری معنی داری وجود نداشت اما از لحاظ عددی بیشترین عملکرد بلال و عملکرد بلال تک بوته مربوط به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره و کمترین آن ها مربوط به تیمار شاهد به ترتیب با ۱۸/۴٪ و ۱۳/۸٪ کاهش نسبت به تیمار برتر بود (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات اصلی کود نیتروژن بر برخی صفات مورد آزمون در ذرت

تیمار	عملکرد دانه (t/ha)	عملکرد بیولوژیک (t/ha)	شاخص برداشت (%)	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف بلال	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه (g)	عملکرد بلال (t/ha)	عملکرد بلال تک بوته (g)
N0	۶/۲۵ b	۱۳/۸۷ b	۴۴/۷۷ a	۱۵/۶۷ a	۲۶/۴۴ a	۴۱۸/۶۹ a	۲۴۰/۳۴ b	۱۰/۵۱ b	۱۰۴/۸۸ b
N100	۶/۷۸ ab	۱۵/۲۲ ab	۴۴/۸۱ a	۱۵/۲۳ a	۲۶/۷۴ a	۴۱۱/۸۷ a	۲۴۵/۸۸ ab	۱۱/۹۱ ab	۱۱۳/۳۰ ab
N200	۷/۶۱ a	۱۷/۰۶ a	۴۷/۲۳ a	۱۵/۷۶ a	۲۷/۶۵ a	۴۳۸/۶۴ a	۲۴۸/۴۹ a	۱۲/۸۸ a	۱۲۱/۶۵ a

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف غیر مشترک می باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی دار هستند (N0= شاهد، N100= ۱۰۰KgUrea/ha و N200= ۲۰۰KgUrea/ha)

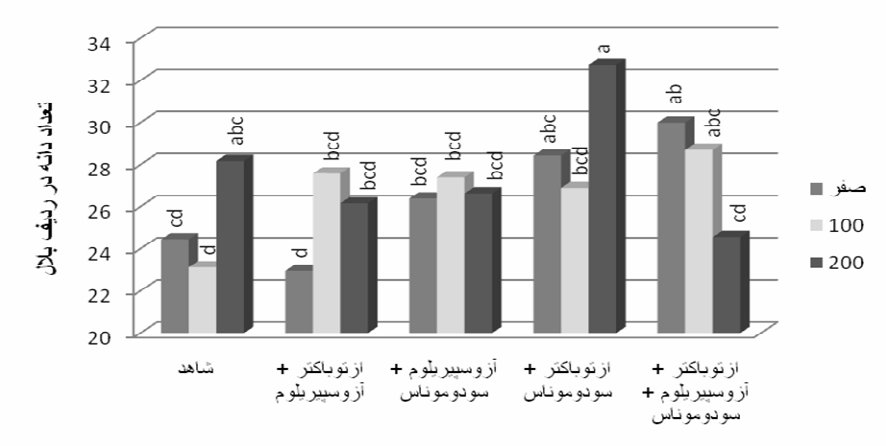
با توجه به این که کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره بیشترین تأثیر را بر کلیه صفات نامبرده داشته است و تیمار شاهد دارای کمترین تأثیر بر این صفات بوده به نظر می رسد که کاربرد کودهای نیتروژنه با توسعه ریشه منجر به جذب بیشتر مواد در دوره رشد و افزایش ماده سازی در گیاه می شود و در نتیجه ماده خشک افزایش می یابد و با توجه به این‌که عدم تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه موجب کاهش رشد و مقدار فتوسنتز و همچنین نقصان تجمع ماده خشک گردیده و تولید در واحد سطح را کاهش می دهد، لذا مشاهده می شود که مصرف کود اوره تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شده است. از آنجایی که وزن هزار دانه به مواد فتوسنتزی جاری و انتقال مجدد مواد ذخیره شده بستگی دارد لذا ممکن است با مصرف بیشتر کود نیتروژنه به دلیل زیاد شدن دوام سطح برگ و تولید ماده خشک بیشتر، مواد فتوسنتزی بیشتری به دانه‌ها منتقل و منجر به افزایش وزن هزار دانه شده باشد. همچنین به نظر می رسد که با افزایش مصرف کود اوره، ماده خشک بیشتری به بلال‌ها در مرحله رشد زایشی گیاه اختصاص یافته و از طریق افزایش عملکرد بلال تک بوته، منجر به افزایش عملکرد بلال شده است. توان بالای ذرت در بکارگیری نیتروژن بیشتر، از اهمیت خاصی برخوردار است و این احتمالاً به وجود سیستم فتوسنتزی C4 گیاه مربوط می شود، لذا افزایش کود نیتروژن تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، از طریق افزایش عملکرد بیولوژیک، عملکرد بلال، تعداد ردیف در بلال و وزن هزار دانه، به طور غیر مستقیم سبب افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد. از سوی دیگر افزایش مصرف نیتروژن از طریق تأثیر بر فرایندهای فیزیولوژیکی، از جمله افزایش شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ، سبب تولید اسیمیلات بیشتر و ماده خشک بیشتر و عملکرد دانه بالاتر می گردد (Asad Pour &

(Fayaz Moghadam, 2007).

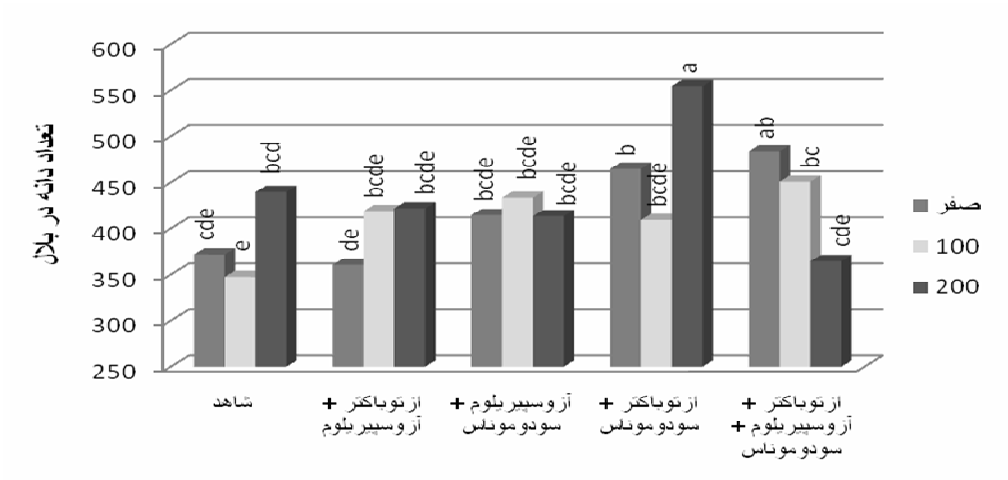
با بررسی اثرات اصلی (کاربرد باکتری و کود نیتروژنه) مشاهده می شود که تلقیح بذر ذرت با ازتوباکتر و سودوموناس در مقایسه با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، درصد افزایش بیشتری را در مقایسه با تیمارهای شاهد در کلیه صفات نشان داده است.

اثرات متقابل باکتری‌های محرک رشد گیاه و کود نیتروژن

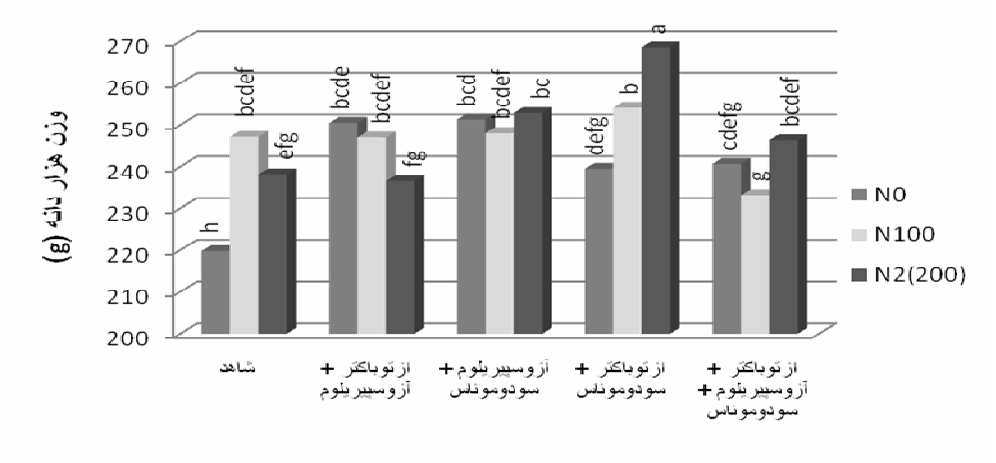
اثرات متقابل کاربرد باکتری های محرک رشد گیاه و کود نیتروژن بر روی وزن هزار دانه در سطح احتمال ۱٪ و بر روی تعداد دانه در ردیف بلال و تعداد دانه در بلال در سطح احتمال ۵٪ تأثیر معنی داری را نشان داد (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان می دهد، تیمار سودوموناس + ازتوباکتر و کاربرد ۲۰۰kg/ha کود اوره بیشترین تأثیر را بر روی این صفات دارد (نمودار ۱و۲و۳)، اما نکته قابل توجه این است که در صفات تعداد دانه در ردیف بلال و تعداد دانه در بلال (نمودار ۱و۲)، تیمار ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + سودوموناس بدون مصرف کود اوره بالاتر از تیمار های ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + سودوموناس و ۱۰۰kg/ha کود اوره و ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + سودوموناس و ۲۰۰kg/ha کود اوره بوده است که بیانگر این مطلب است که تلفیق توأم سه رایزوباکتر با هم همراه با مصرف کود اوره باعث کاهش کارایی این باکتری ها شده است که احتمال می رود به دلیل افزایش شدید تثبیت نیتروژن در خاک توسط این باکتری ها بوده که همراه با کاربرد کود اوره، حجم زیادی نیتروژن در اختیار گیاه قرار گرفته و باعث ایجاد حالت سمیت در گیاه شده است.



نمودار ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری‌های محرک رشد گیاه و کود نیتروژن (منبع اوره، kg/ha) بر تعداد دانه در ردیف بلال ذرت



نمودار ۲- مقایسه میانگین اثر باکتری های محرک رشد گیاه و کود نیتروژن (منبع اوره، kg/ha) بر تعداد دانه در بلال ذرت



نمودار ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری های محرک رشد گیاه و کود نیتروژن (منبع اوره، kg/ha) بر وزن هزار دانه ذرت

نتیجه گیری

بر اساس یافته های حاصل از این آزمایش نتیجه‌گیری می شود که در شرایط این پژوهش، با کاربرد دو باکتری ازتوباکتر و سودوموناس، جهت افزایش صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در ردیف بلال و تعداد دانه در بلال نیاز به کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره نیز می باشد اما کاربرد توأم ازتوباکتر، سودوموناس و آزوسپیریلوم بدون نیاز به کاربرد کود اوره باعث افزایش صفات تعداد دانه در ردیف بلال و تعداد دانه در بلال شد. بنابراین با مصرف بهینه کود، باکتری های افزاینده رشد، نقش خود را موثرتر ایفا نمودند.

بر این اساس به نظر می رسد کاربرد مایه تلقیح مناسب باکتریایی به عنوان کود زیستی در زراعت ذرت می تواند مؤثر واقع شده و با رواج آن در کشور به صورت مصرف توأم با کودهای نیتروژنه در جهت کاهش کاربرد این کودها و یا به عنوان جایگزین مناسبی برای این کودها نقش داشته باشد زیرا ضمن افزایش عملکرد در این گیاه، افزایش امنیت خاک‌های زراعی و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی را در راستای کشاورزی پایدار به ارمغان می آورد.

REFERENCES

1. Akintoye, H.A., Lucas, E.O. & Kliny, J. G. (1999). Grain yield and yield components of single, double and synthetic maize lines grown at four nitrogen levels in three ecological zones of west Africa. *Tropical Agriculture*, 76, 51-56.
2. Anderson, E. L., Kamprath, E. J. & Moll, R. H. (1985). Prolificacy and nitrogen fertilizer effects on yield and nitrogen utilization in maize. *Crop Science*, 25, 598-602.
3. Asad Pour, sh. & Fayaz Moghadam, A. (2007). Effects of different planting date and nitrogen levelse on corn forage yield and relevant characteristics to quality (VAR.SC704). *Journal of Agricultural Science*, 17(1), 39-49. (In Farsi)
4. Fankem, H., Ngo Nkot, L., Deubel, A, Quinn, J., Merbach, W & Etoa, F. X. (2008). Solubilization of inorganic phosphates and plant growth promotion by strains of *Pseudomonas fluorescens* isolated from acidic soils of Cameroon. *African Journal of Microbiology Research*, 2, 171-178.
5. German, M. A., Burdman, S., Okon, Y. & Kigel, J. (2000). Effects of *Azospirillum brasilense* on root morphology of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under different water regimes. *Biology and Fertility of Soils*, 32, 259-264.
6. Glick, B.R. (1995). The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Canadian Journal of Microbiology*, 41, 109-117.
7. Hamidi, A., Ghalavand, A., Dehghan Shoar, M., Malakuti, M. J., Asgharzadeh, A. & Chokan, R. (2007). The effects of application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on the yield of fodder maize (Zea mays L.). *Pajouhesh & Sazandegi*, 70, 16-22. (In Farsi)
8. Hochholdinger, F., Woll. K., Sauer. M & Dembinsky. D.(2004). Genetic dissection of root formation in maiz (Zea mays) reveals root type specific developmental programmes. *Annals of Botany*, 93,359-368.
9. Http://www.maj.ir/portal/Home/Default.aspx?CategoryID=20ad5e49-c727-4bc9-9254-de648a5f4d52
10. Khan, M. S. & Zaidi., A. (2007). Synergistic Effects of the Inoculation with Plant Growth-Promoting

Rhizobacteria and an Arbuscular Mycorrhizal Fungus on the Performance of Wheat. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31, 355-362.

11. Khavazi, K., Asadi-Rahmani, H. & Malakouti, M. J. (2005). *Necessity for the production of biofertilizers in Iran* (2th ed). Tehran: Sana. (In Farsi)
12. Molla, A. H., Shamsuddin, Z. H., Halimi, M. S., Morziah, M. & puteh, A. B. (2001). Potential for enhancement of root growth and nodulation of soybean co-inoculation with Azospirillum and Bradyrhizobium in laboratory systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 33, 457-463.
13. Narula, N., Kumar, V., Singh, B., Bhatia, R. & Lakshminarayana. K. (2005). Impact of biofertilizers on grain yield in spring wheat under varying fertility conditions and wheat-cotton rotation. *Archives of Agronomy and Soil Sscience*, 51(1), 79-89.
14. Naserirad, H., Soleymanifard, A & Naseri, R. (2011). Effect of Integrated Application of Bio-fertilizer on Grain Yield, Yield Components and Associated Traits of Maize Cultivars. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science*, 10 (2), 271-277.
15. Parsad, K. & Singh, P. (1990). Response of promising rain fed maize (*Zea mays* L.) varieties to nitrogen application in north- western Himalayan region. *Indian Journal of Agricultural Science*, 60(7), 475-477.
16. Rahmati Khorshidi, Y., Ardakani, M. R., Ramezanpour, M. R., Khavazi, K & Zargari, K. (2011). Response of Yield and Yield Components of Rice (*Oryza sativa* L.) to *Pseudomonas flouresence* and *Azospirillum lipoferum* under Different Nitrogen Levels. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science*, 10 (3): 387-395.
17. Rodrigues, E. P., Santos Rodrigues, L., Martinez de Oliveira, A. L., Baldani, V. L. D., Teixeira, K., Urquiaga, S. & Reis, V. M. (2008). Azospirillum amazonense inoculation: Effects on growth, yield and N2 fixation of rice (*Oryza sativa* L.). *Plant and Soil*, 302, 249-261.
18. Todar, K. (2004). Pseudomonas and its relatives, from htpp://www. Text book of bacteriology. Net/pseudomonas. Etc. html.
19. Uhart, S. A & Andrad. F. H. (1995). Nitrogen deficiency in maize: Effect on crop growth, development, dray matter partitioning and kernel set. *Crop Science*, 35, 1376-1380.
20. Veren, C. (2001). Yield response and N-fertilizer recovery of rainfed wheat growing in the mediterranean region. *Field Crops Resarch*, 71, 113-122.
21. Wilson, S. (1999). Crop yield response to deficit irrigation. *Plant Cell Invironment*, 19, 75-84.
22. Zahir, A. Z., Arshad, M. & Frankenberger , W. F. (2004). Plant growth promoting rhizobacteria: Applications and perspectives in agriculture. *Advances in Agronomy*, 81, 97-168.
23. Zahir, A. Z., Arshad, M. & Khalid. A. (1998). Improving yield by inoculation with plant growth promoting rizobacteria. *Pakistan Journal of Soil Science*, 15, 7-11.