دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات
دوره پنجم/ شماره سوم/ پاییز ۱۳۹۴ (۲۸۷-۲۷۳)

مطالعه برهمکنش کود زیستی نیتروکسین، نیتروژن معدنی و هیدروپرایمینگ بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت سینگل کراس ۷۰۴

الهام مشهدی[۱] و حمید عباس‌دخت[۲*]

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه صنعتی شاهرود

(تاریخ دریافت: ۹۳/۷/۲- تاریخ پذیرش: ۹۴/۴/۱۵)

چکیده

به منظور بررسی اثر تلقیح بذر با کود زیستی نیتروکسین، هیدروپرایمینگ و سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت سینگل کراس ۷۰۴، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال ۱۳۸۷ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل هیدروپرایمینگ بذر در دو سطح (هیدروپرایمینگ و بدون پرایمینگ) به عنوان فاکتور اصلی و تلقیح بذر با کود زیستی نیتروکسین در دو سطح (تلقیح و بدون تلقیح) و کود شیمیایی نیتروژن در سه سطح (۱۵۰، ۲۵۰ و ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره) به صورت فاکتوریل به عنوان فاکتورهای فرعی آزمایش بودند. نتایج نشان داد که تلقیح بذر با نیتروکسین و هیدروپرایمینگ بذر به طور معنی‌داری موجب افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، طول بلال، قطر بلال، تعداد برگ و ارتفاع بوته ذرت سینگل کراس ۷۰۴ شدند. سطوح نیتروژن نیز به طور معنی‌داری عملکرد و اجزای عملکرد را تحت تاثیر قرار دادند، به طوری که بیشترین عملکرد در سطح ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. اثر متقابل هیدروپرایمینگ × نیتروکسین برای همه صفات به جز ارتفاع بوته، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه و شاخص برداشت معنی‌دار بود، در حالی که اثر متقابل هیدروپرایمینگ × نیتروژن فقط بر وزن بلال و عملکرد دانه و اثر متقابل نیتروکسین × نیتروژن فقط بر ارتفاع بوته، طول بلال، وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود. نتایج این آزمایش نشان داد که هیدروپرایمینگ به همراه تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد گیاه مانند نیتروکسین به طور معنی‌داری موجب افزایش عملکرد دانه ذرت شد. علاوه بر آن، تلقیح بذر در سطوح بالای نیتروژن در مقایسه با تلقیح در سطوح پایین نیتروژن نیز به طور معنی‌داری عملکرد بیشتری تولید کرد.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های محرک رشد، پرایمینگ، تلقیح بذر، درصد جوانه‌زنی

* نویسنده مسئول: habbasdokht@yahoo.com

مقدمه

نیتروژن مهم‌ترین عنصر غذایی مورد نیاز گیاهان است و محور اصلی کودهای شیمیایی را تشکیل می‌دهد. عملکرد دانه ذرت تابع شدت تجمع ماده خشک در واحد زمان و طول دوره رشد آن است. اعمال کوددهی بر مبنای آزمایشات کودی، انتخاب واریته سازگار و مناسب برای منطقه، تاریخ کاشت زودتر و با تراکم مناسب، مبارزه با علف‌های هرز، بیماری‌ها و آفات و سایر عملیات زراعی که می‌توانند شدت و مدت زمان لازم برای تجمع ماده خشک را افزایش دهند (Kazemi Arbat, 2009)، در این رابطه توصیه می‌شوند. مقدار نیتروژن مورد نیاز به عوامل متعددی بستگی دارد. میزان کاربرد کود نیتروژن در ذرت بستگی به راندمان عملکرد، حاصلخیزی خاک، میزان بارندگی، رژیم آبیاری، رطوبت خاک در هنگام کاشت در اراضی دیم، گیاهان پیش کشت، تراکم، هیبرید و زمان و روش افزودن کود دارد. در نظام‌های کشاورزی پایدار، کاربرد کودهای زیستی اهمیت ویژه‌ای در افزایش باروری و حفظ حاصلخیزی پایدار خاک دارد (Sharma, 2003).

اصطلاح کودهای زیستی، منحصراً به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، بقایای گیاهی، کود سبز و غیره اطلاق نمی‌شود، بلکه ریز جانداران باکتریایی و قارچی مفید و مواد حاصل از فعالیت آنها نیز از جمله کودهای زیستی محسوب می‌شوند که باکتری‌های افزاینده رشد گیاه از مهم‌ترین انواع آن‌ها هستند. این گروه از باکتری‌ها علاوه بر افزایش فراهمی زیستی عناصر معدنی خاک، از طریق تثبیت زیستی نیتروژن، مهار عوامل بیماری‌زا و تولید مواد تنظیم کننده رشد گیاه، عملکرد گیاهان زراعی را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Sturz and Christie, 2003) . با توجه به تأثیر افزایندگی این باکتری‌ها بر رشد و نمو گیاهان زراعی، به آنها اصطلاحاً باکتری‌های افزاینده عملکرد نیز گفته می‌شود (Vessey, 2003). امروزه استفاده از جنس‌های مناسب باکتری‌های افزاینده رشد به منظور بهبود رشد گیاه، کاهش آلودگی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها در بسیاری از نقاط دنیا مرسوم می‌باشد که به عنوان مایه تلقیح محرک رشد و یا آفت کش‌های بیولوژیک به فروش می‌رسد (Glick *et al.*, 2001). کاربرد کودهای زیستی به ویژه باکتری‌های افزاینده رشد گیاه، مهم‌ترین راهبرد در مدیریت تلفیقی تغذیه گیاهی برای سیستم کشاورزی پایدار با نهاده کافی به صورت تلفیق مصرف کودهای شیمیایی با کاربرد باکتری‌های مذکور است (Sharma, 2003). باکتری‌های جنس ازوتوباکتر، آزوسپریلیوم و سودوموناس از مهم‌ترین باکتری‌های افزاینده رشد گیاه هستند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر خاک، با تولید مقادیر قابل ملاحظه مواد و هورمون‌های تحریک کننده رشد به ویژه انواع اکسین‌ها و جیبرلین‌ها، رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Zahir *et al.*, 2004).

پرایمینگ بذر به عنوان عاملی سودمند در کیفیت بذر، جوانه‌زنی، استقرار محصول، رشد و عملکرد مطرح است و اثر آن توسط برخی محققین مورد بررسی قرار گرفته است (Khan, 1992; Ashraf and Foolda, 2006). این روش شامل فرآیندهایی است که طی آن بذر آب جذب کرده و پس از خشک کردن بذر، آن را برای مدت معینی در محیطی با دمای ویژه‌ای قرار می‌دهند (Bradford, 1986). این عمل ویگور و سبز شدن همزمان بذرها در نتیجه استقرار گیاهان زراعی را در مزرعه افزایش می‌دهد (Rush, 1991). هریس و همکاران (Harris *et al.*, 1999) اذعان داشتند که پرایمینگ شامل کنترل جذب آب و خشک شدن مجدد بذر است که باعث تغییرات بیوشیمیایی در درون بذر به هنگام جذب آب و همچنین بعد از کاشت می‌شود. سودمندی پرایمینگ در رشد و نمو گیاهان، مربوط به آثار مستقیم و غیرمسقیم این فرآیند است. تأثیر پرایمینگ بر جوانه‌زنی، سبز شدن و سرعت رشد گیاهان از آثار غیرمستقیم این فرآیند است (Harris *et al.*, 1999, 2001). آثار غیرمستقیم پرایمینگ بر رشد و سرعت رشد گیاهان بیش از آثار مستقیم آن است. آثار سودمند پرایمینگ پس از خشک کردن بذر می‌تواند برای یک دوره زمانی معینی حفظ شود (Atherton and Farooque, 1983). چانگ و سانگ (Chang and Sung, 1998) گزارش کردند که بذرهای پرایم نسبت به بذرهای غیرپرایم از طول عمر بیشتری برخوردار هستند. پرایمینگ باعث مقاومت به دمای بالا و کاهش صدمات وارده به بذر نیز می‌شود (Francis and Coolbear, 1988). دمای بالا در زمان جوانه‌زنی اغلب باعث ترمودورمانسی در ذرت، کاهو و اسفناج می‌شود که در این شرایط پرایمینگ بذر مانع آن خواهد شد. پرایمینگ، جوانه‌زنی بذرها را نیز در دمای بالاتر از ۳۰ درجه تسریع می‌کند (Atherton and Farooque, 1983). پرایمینگ با روش‌های مختلفی انجام می‌شود که شامل

هیدروپرایمینگ، اسموپرایمینگ، هالوپرایمینگ، ماتریک‌پرایمینگ و ترموپرایمینگ هستند (Harris *et al.*, 1999, 2001, 2006, 2007). در این پژوهش، روش هیدروپرایمینگ به همراه مقادیر مختلف کود اوره و تلقیح بذر با کود زیستی نیتروکسین مورد بررسی قرار گرفت که هدف از آن بررسی برهمکنش این عوامل بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ بود.

مواد و روش ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی بسطام دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال ۱۳۸۷ اجرا شد. شهرستان شاهرود در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه طول شمالی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۴۹/۱ متر است. بر اساس تقسیم‌بندی اقلیمی، منطقه بسطام دارای اقلیم سرد و خشک بوده و میانگین بارندگی سالانه آن بین ۱۶۰-۱۵۰ میلی‌متر است و بارندگی‌ها عمدتا در فصل بهار و پاییز رخ می‌دهند. میانگین سالانه دما در این منطقه بر اساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی شاهرود، ۱۴/۴ درجه سلسیوس است. میانگین دما در سال اجرای آزمایش نیز ۱۵/۲ درجه سلسیوس و میزان بارندگی ۱۳۰-۱۲۸ میلی‌متر بوده است. قبل از اجرای آزمایش، به منظور تعیین بافت خاک و وضعیت عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم، از عمق ۲۵-۰ سانتی‌متری خاک در ۱۰ نقطه از مزرعه، نمونه‌برداری‌هایی صورت گرفت. نتایج تجزیه مکانیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ ارایه شده است. با توجه به تجزیه مکانیکی و درصد هر یک از اجزای خاک، بافت خاک از نوع لومی تعیین شد.

در شروع آزمایش، ۱۰۰ عدد بذر پرایم و بدون پرایم در ظروف پتری حاوی کاغذ صافی مرطوب قرار گرفت و ظروف پتری در انکوباتور در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند. شمارش بذرهای جوانه‌زده از اولین روز آزمایش آغاز شد و آخرین شمارش در روز دهم به ثبت رسید. برای محاسبه درصد جوانه‌زنی بذر، تعداد بذرهای جوانه‌زده هر روز شمارش شد. درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی به ترتیب از روابط ۱ و ۲ به دست آمدند:

$$GP = \frac{n}{N} \times 100 \qquad \text{ISTA (2008)} \quad (۱)$$

$$GR = \frac{\sum n_i}{\sum d_i} \qquad \text{Ellis and Roberts (1980)} \quad (۲)$$

در این روابط، GP درصد جوانه‌زنی، GR سرعت جوانه‌زنی، n تعداد کل بذرهای جوانه‌زده تا آخرین روز شمارش، N تعداد کل بذرهای کشت شده، n_i تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز i و d_i روز i ام است.

به منظور آماده‌سازی مزرعه پژوهشی، یک شخم عمیق در پاییز و یک شخم سطحی در بهار انجام شد. سپس معادل ۱۰۰ کیلوگرم کود پایه فسفات آمونیوم و همین مقدار پتاس به زمین اضافه و به کمک دیسک با خاک مخلوط شد. تسطیح مزرعه با لولر انجام شد و در پایان به وسیله فاروئر پشته‌هایی به عرض ۷۰ سانتی‌متر ایجاد شد. زمین مورد نظر در دو جهت گونیا شده و سپس اندازه کرت‌ها در آن مشخص شد. پس از آن جوی‌های آبیاری تعبیه شدند. فاصله بین تکرارها ۳ متر و در هر تکرار ۱۲ کرت فرعی هر یک به مساحت ۲۸ متر مربع (۳/۵×۸ متر) قرار گرفت که هر کرت فرعی شامل ۴ ردیف کاشت بود. فاصله خطوط کشت ۷۰ سانتی‌متر و فاصله دو بوته روی خطوط کشت ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر بلوک به کرت‌های اصلی و فرعی تقسیم شد و مرز بین کرت‌های فرعی با یک پشته نکاشت و کرت‌های اصلی با دو پشته نکاشت مشخص شد.

آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل هیدروپرایمینگ بذر در دو سطح (بدون پرایمینگ و پرایمینگ) در کرت‌های اصلی، تلقیح بذر در دو سطح (بدون تلقیح و تلقیح با نیتروکسین که شامل آزوسپریلیوم + ازتوباکتر است) و نیتروژن به صورت کود اوره در سه سطح (۱۵۰، ۲۵۰ و ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار) به صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی بودند که اثر آنها بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ بررسی شد. تلقیح بذرها با مایه تلقیح نیتروکسین (ازتوباکتر+ آزوسپریلیوم) که هر گرم آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود (بر اساس اطلاعات شرکت تولید کننده کود)، متناسب با تیمارهای مورد نظر یک ساعت قبل از کاشت به صورت بذرمال در سایه (با توجه به شرایط خواسته شده در کاتالوگ مربوطه) انجام گرفت. مایه تلقیح نیتروکسین از شرکت فناوری زیستی مهر آسیا تهیه شد. هیدروپرایمینگ بذر نیز در آزمایشگاه انجام شد، به این صورت که بذرها در ۵۰ درصد وزنی در آب مقطر به مدت ۱۶ ساعت قرار گرفتند (Abbasdokht and Edalatpisheh, 2008).

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی و مکانیکی خاک
Table1. Soil physical and chemical analysis

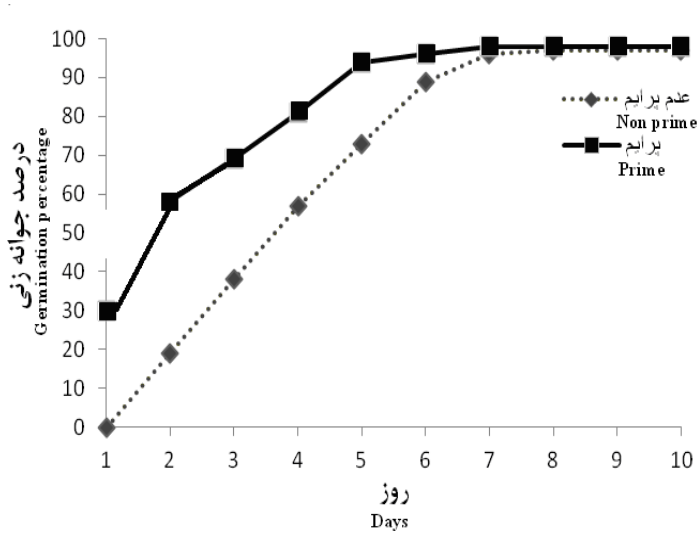
Measured characteristics	خصوصیت اندازه‌گیری شده	مقدار Value
Electrical conductivity	هدایت التریکی	0.69
pH (Hydrogen potential)	اسیدیته	7.99
Organic matter percentage	درصد مواد آلی	0.33
Organic carbon percentage	درصد کربن آلی	0.19
Available calcium ($me.l^{-1}$)	کلسیم قابل جذب (میلی اکی‌والان بر لیتر)	33
Available magnesium ($me.l^{-1}$)	منیزیم قابل جذب (میلی اکی‌والان بر لیتر)	22
Available nitrogen ($me.l^{-1}$)	نیتروژن قابل جذب (میلی اکی‌والان بر لیتر)	0.04
Available phosphorus ($me.l^{-1}$)	فسفر قابل جذب (میلی اکی‌والان بر لیتر)	10
Available potassium ($me.l^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب (میلی اکی‌والان بر لیتر)	264

وجین علف‌های هرز به صورت دستی پس از اولین کوددهی آغاز شد تا به مخلوط شدن کود با خاک نیز کمک کند. در مرحله گلدهی نیز به منظور حذف علف‌های هرز داخل جوی‌های آبیاری، وجین مزرعه مجدداً انجام گرفت. خردل وحشی، تاج‌ریزی، خارشتر و پیچک صحرایی از مهم‌ترین علف‌های هرز موجود در مزرعه بودند. بیماری خاصی هم در طول فصل رشد مشاهده نشد. پس از کاشت ذرت، بلافاصله آبیاری سنگینی به صورت نشتی انجام شد، به صورتی که پشته‌ها کاملاً خیس شدند. آبیاری‌های بعدی هم در طول فصل رشد هر هفت روز انجام شد. با توجه به زمان کاشت، اولین نمونه برداری در اواسط مرداد ماه صورت پذیرفت و نمونه‌گیری‌های بعدی هر ۱۵ روز یکبار انجام شد. در هر مرحله نمونه‌برداری از هر کرت آزمایشی، ۴ بوته با احتساب حاشیه ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر کرت به نحوی انتخاب شدند که بتوانند تا حد زیادی خصوصیات واحد آزمایشی مربوطه را نشان دهند. قطع بوته‌ها از سطح خاک و از ناحیه طوقه انجام گرفت. پس از انجام نمونه‌برداری، بوته‌ها در پاکت‌های کاغذی شماره‌گذاری شده به آزمایشگاه منتقل شدند و پس از تفکیک قسمت‌های مختلف گیاه، صفات مورد نظر شامل عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، طول بلال، قطر بلال، تعداد برگ و ارتفاع بوته اندازه‌گیری شدند برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار MSTATC و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار EXCEL رسیم شدند.

نتایج و بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که پرایمینگ بذر اگرچه اثر معنی‌داری بر درصد نهایی جوانه‌زنی ارقام ذرت نداشت، ولی سرعت جوانه‌زنی را به طور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۱).

نتایج حاصل از این آزمایش (جدول ۲) نشان داد که ارتفاع گیاه در گیاهان پرایم شده و غیرپرایم دارای اختلاف معنی‌داری بود. ارتفاع گیاه در گیاهان غیر پرایم ۱۸۸/۳ سانتی‌متر و در گیاهان پرایم ۲۰۰/۱ سانتی‌متر بود (جدول . . .). هریس (Harris, 2006) نیز گزارش کرد که پرایمینگ ارتفاع گیاهان را در مقایسه با گیاهان غیرپرایم افزایش می‌دهد که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر متقابل کود نیتروژن × تلقیح بذر بر ارتفاع گیاه معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۲) نیز نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه در شرایط تلقیح و تیمار کودی ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد، اما بین سطوح کودی بالاتر و عدم تلقیح با سطوح کودی پایین‌تر و تلقیح تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. افزایش ارتفاع گیاه در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد گیاه توسط برخی محققین گزارش شده است (Millet and Feldman, 1986). به طور کلی نیتروژن باعث افزایش رشد رویشی و ارتفاع گیاه در گیاهان زراعی می‌شود (Bhaskara Rao and Charyulu, 2005). نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر متقابل هیدروپرایمینگ × تلقیح بذر، هیدروپرایمینگ × نیتروژن و هیدروپرایمینگ × تلقیح بذر × نیتروژن بر ارتفاع گیاه معنی‌دار نبود.



شکل ۱- اثر هیدروپرایمینگ بذر بر درصد جوانه‌زنی گیاه ذرت
Figure 1. The effect of hydropriming on germination percentage of corn

تعداد برگ در گیاهان پرایم و عدم پرایم تفاوت معنی‌داری داشت. در مقایسه میانگین‌ها مشاهده شد که تعداد برگ در گیاهان پرایم بیشتر از گیاهان غیر پرایم می‌باشد. هریس (Harris, 2006) نیز افزایش تعداد برگ را در گیاهان پرایم شده در مقایسه با گیاهان پرایم نشده مشاهده کرد. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که تعداد برگ در شرایط تلقیح و عدم تلقیح دارای اختلاف معنی‌داری بود و مقایسه میانگین‌ها نیز مشخص کرد که گیاهان تلقیح شده نسبت به گیاهان تلقیح نشده تعداد برگ بیشتری داشتند. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که مقادیر کود نیتروژن بر تعداد برگ تاثیر معنی‌داری داشت، به طوری که با افزایش کود نیتروژن تعداد برگ در گیاه افزایش یافت و بیشترین تعداد برگ در گیاه در سطح ۳۵۰ کیلوگرم نیتروژن مشاهده شد (شکل ۳). اثر متقابل هیدروپرایمینگ × تلقیح بذر با کود بیولوژیک نیتروکسین بر تعداد برگ معنی‌دار بود، به نحوی که انجام پرایمینگ به همراه تلقیح بذر در مقایسه با بدون پرایم و بدون تلقیح، به طور قابل ملاحظه‌ای باعث افزایش تعداد برگ شد (شکل ۴).

اثر هیدروپرایمینگ بذر بر وزن بلال معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که وزن بلال در گیاهان پرایم شده در مقایسه با گیاهان غیرپرایم بیشتر بود. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که وزن بلال تحت شرایط تلقیح و عدم تلقیح دارای اختلاف معنی‌داری بود، به طوری که تلقیح بذر با نیتروکسین در مقایسه با تلقیح نکردن بذر، وزن بلال بیشتری تولید کرد. کود نیتروژن نیز اثر معنی‌داری بر وزن بلال داشت، به طوری که نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش میزان کود نیتروژن، وزن بلال افزایش یافت و بیشترین وزن بلال در سطح ۳۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن حاصل شد. اثر متقابل هیدروپرایمینگ × تلقیح بذر نیز بر وزن بلال معنی‌دار شد (شکل ۵). نتایج نشان داد که تلقیح بذر با نیتروکسین، هم در بذرهای پرایم شده و هم در بذرهای غیرپرایم، وزن بلال را افزایش داد که البته افزایش وزن بلال در بذرهای پرایم شده در مقایسه با بذرهای پرایم نشده بیشتر بود. وزن بلال در بذرهای تلقیح شده و پرایم شده ۲۳۰/۲ گرم و در بذرهای تلقیح شده و بدون پرایم ۲۱۷/۲۱ گرم بود، در حالی که بذرهای تلقیح نشده و پرایم شده دارای ۲۱۲/۳۲ گرم و بذرهای تلقیح نشده و بدون پرایم دارای ۱۸۸/۴۶ گرم وزن بلال بودند. اثر متقابل هیدروپرایمینگ × کود نیتروژن بر وزن بلال معنی‌دار بود و بیشترین وزن بلال در شرایط تلقیح و سطح کودی ۳۵۰ کیلوگرم حاصل شد (شکل ۶). جاود و همکاران (Javed *et al.*, 1998) گزارش کردند که وزن بلال، طول بلال، وزن هزار دانه و وزن بخش هوایی بوته بدون بلال در اثر تلقیح بذر با ۱۱ سویه از باکتری‌های افزاینده رشد گیاه به ترتیب ۶/۸، ۲/۲۰، ۱۷/۱۱ و ۲۷/۱ درصد افزایش یافت.

جدول ۲- نتایج تجزیه صفات مورد مطالعه

Table 2. Analysis of variance for the studied traits

Source of variation	منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean squares)					
			ارتفاع بوته Plant height	تعداد برگ Leaf number	وزن بلال Ear weight	طول بلال Ear length	قطر بلال Ear diameter	تعداد ردیف Number of row per ear
Replication	تکرار	3	358.9	5.4	1742	1.43	0.6	3.59
Priming (P)	پرایمینگ	1	2187 *	39.4*	4091.8*	132.6*	7.6*	73.5*
Error (a)	خطای a	3	54.05	0.85	88.2	1.9	0.002	1.51
Inoculation (I)	تلقیح	1	2008.3*	35.8*	6563.2*	69.6*	7.9*	7.6*
P×I	پرایمینگ × تلقیح	1	21.3 ^{ns}	3.25*	355.1*	10.2*	0.17*	0.01 ^{ns}
Nitrogen (N)	نیتروژن	2	1734.1*	17.03*	6047.6*	118.8*	3.95*	55.7*
P×N	پرایمینگ × نیتروژن	2	46.3 ^{ns}	0.1 ^{ns}	168.5 ^{ns}	1.94 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.59 ^{ns}
I×N	تلقیح × نیتروژن	2	66.8*	0.06 ^{ns}	79*	8.92*	0.03 ^{ns}	0.21 ^{ns}
P×I×N	پرایمینگ × تلقیح × نیتروژن	2	59.3 ^{ns}	0.16 ^{ns}	93.7 ^{ns}	2.16 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.08 ^{ns}
Error (b)	خطای b	30	20.65	0.13	44.5	0.78	0.013	0.35
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)	-	17.3	13.2	11.4	10.8	15.4	14.1

^{ns}، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

Table 2. Continued

جدول ۲- ادامه

Source of variation	منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean squares)				
			دانه در ردیف No. of grain per row	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
Replication	تکرار	3	110.3	1808.8	49238.51	1596169.31	198.2
Priming (P)	پرایمینگ	1	172.5*	1223*	1082701.6*	4634171.4*	204.1*
Error (a)	خطای a	3	2.65	22.3	16901.2	68820.1	8.35
Inoculation (I)	تلقیح	1	346.6*	3136.3*	10719115.1*	4456657.9*	204.18*
P×I	پرایمینگ × تلقیح	1	2.82	60.7 ^{ns}	21042.1*	458086*	0.52 ^{ns}
Nitrogen (N)	نیتروژن	2	488.8*	3597.5*	61991.7*	1990223.4*	175.7*
P×N	پرایمینگ × نیتروژن	2	2.89 ^{ns}	76.9 ^{ns}	17577.3*	13882.1 ^{ns}	0.75 ^{ns}
I×N	تلقیح × نیتروژن	2	1.58 ^{ns}	106.5*	6119.2*	9599.9 ^{ns}	0.75 ^{ns}
P×I×N	پرایمینگ × تلقیح × نیتروژن	2	8.8*	189.3*	2302.2 ^{ns}	23093.3 ^{ns}	0.83 ^{ns}
Error (b)	خطای b	30	2.52	32.3	4339.4	28948.3	0.58
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)	-	15.9	8.9	19.5	21.4	17.9

^{ns}، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

اثر هیدروپرایمینگ بذر بر طول و قطر بلال معنی‌دار بود (جدول ۲). در مقایسه میانگین‌ها مشاهده شد که طول و قطر بلال در گیاهان پرایم شده به علت جذب بیشتر نیتروژن و سایر عناصر غذایی، بیشتر از گیاهان غیر پرایم بود. اثر تلقیح بذر بر طول و قطر بلال نیز معنی‌دار بود. تلقیح بذر با کودهای بیولوژیک به طور معنی‌داری افزایش طول و قطر بلال را در پی داشت. اثر میزان کود نیتروژن بر طول و قطر بلال معنی‌دار بود (جدول ۲). در مقایسه میانگین‌ها (شکل ۷) نیز مشاهده شد که با افزایش میزان کود نیتروژن، قطر بلال افزایش می‌یابد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل هیدروپرایمینگ × تلقیح بذر بر طول و قطر بلال معنی‌دار بود (جدول ۲). در

مقایسه میانگین‌ها (شکل‌های ۸ و ۹) مشاهده شد که حداکثر طول و قطر بلال در تیمار هیدروپرایمینگ و تلقیح بذر به دست آمد. مورونگو و همکاران (Murungu *et al.*, 2004) نیز افزایش طول و قطر بلال را در واکنش به هیدروپرایمینگ بذر گزارش کردند. زهیر و همکاران (Zahir *et al.*, 1998) افزایش ۲۰/۶ درصدی طول بلال را در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های جنس ازوتوباکتر و سودوموناس نسبت به شاهد گزارش کردند. اثر متقابل تلقیح بذر × میزان کود نیتروژن بر طول بلال معنی‌دار بود، اما اثر معنی‌داری بر قطر بلال نداشت (جدول ۲). با توجه به مقایسه میانگین‌ها (شکل ۱۰) مشاهده شد که با افزایش میزان نیتروژن طول بلال افزایش یافت، اما این افزایش در گیاهان تلقیح شده به مراتب بیشتر از گیاهان تلقیح نشده بود، به طوری که بیشترین طول بلال در شرایط تلقیح و سطح کودی ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. در مقابل، نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر متقابل هیدروپرایمینگ × نیتروژن و هیدروپرایمینگ × تلقیح بذر × نیتروژن بر طول و قطر بلال معنی‌دار نبود.

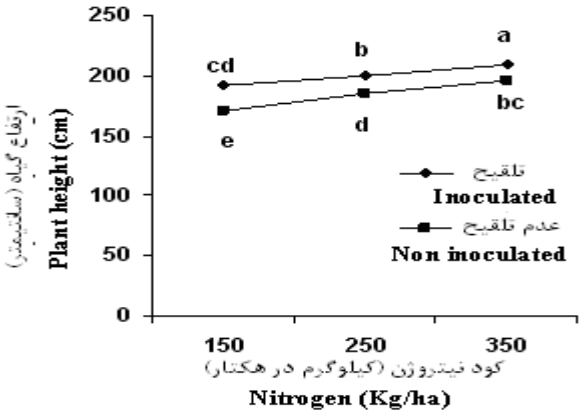
نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر هیدروپرایمینگ بذر بر تعداد ردیف دانه در بلال معنی‌دار بود و تعداد ردیف در بلال در گیاهان پرایم شده به طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان غیرپرایم بود. هریس (Harris, 2006) گزارش کردند که هیدروپرایمینگ بذر باعث افزایش تعداد ردیف در بلال شد. اثر تلقیح بذر نیز بر صفت تعداد ردیف دانه در بلال معنی‌دار شد (جدول ۲) و بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، تعداد ردیف در بلال در گیاهان تلقیح شده به مراتب بیشتر از گیاهان تلقیح نشده بود. بین سطوح مختلف کود نیتروژن نیز از نظر تعداد ردیف دانه در بلال اختلاف معنی‌داری وجود داشت و با افزایش میزان کود نیتروژن، تعداد ردیف در بلال افزایش یافت (شکل ۱۱). تعداد بلال، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف و اندازه دانه تحت تأثیر کاربرد نیتروژن در مراحل مختلف رشد قرار گرفت. کمبود نیتروژن در مراحل اولیه (ارتفاع بوته ۳۰-۲۰ سانتی‌متر) بر تعداد ردیف‌های دانه تأثیر منفی گذاشته (در صورت کمبود شدید، بلال تشکیل نمی‌شود) و رفع کمبود در مراحل بعدی نیز نمی‌تواند تأثیر منفی مراحل اولیه را جبران کند. پیربالوتی و همکاران (Pirbaloti *et al.*, 2006) گزارش کردند که با افزایش میزان کود نیتروژن، تعداد ردیف دانه در بلال افزایش یافت. در بررسی آثار متقابل تیمارهای مورد مطالعه بر تعداد ردیف دانه (جدول ۲)، مشاهده شد که آثار متقابل هیدروپرایمینگ × تلقیح بذر، هیدروپرایمینگ × کود نیتروژن، تلقیح بذر × کود نیتروژن و هیدروپرایمینگ × تلقیح بذر × کود نیتروژن بر تعداد ردیف دانه در بلال معنی‌دار نبود. اثر هیدروپرایمینگ بذر بر تعداد دانه در ردیف نیز معنی‌دار شد (جدول ۲) و تعداد دانه در ردیف در گیاهان پرایم به صورت معنی‌داری بیشتر از گیاهان غیرپرایم بود. تلقیح بذر با نیتروکسین نیز تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در ردیف داشت، به طوری که با مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که تعداد دانه در ردیف در گیاهان تلقیح شده به مراتب بیشتر از گیاهان تلقیح نشده بود. همچنین، نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که تعداد دانه در ردیف تحت تأثیر میزان کود نیتروژن نیز قرار گرفت، به طوری که با افزایش میزان کود نیتروژن، تعداد دانه در ردیف افزایش یافت و بیشترین تعداد دانه در ردیف در این پژوهش در تیمار کودی ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار، مشاهده شد. اثر متقابل سه جانبه تلقیح بذر × هیدروپرایمینگ × کود نیتروژن بر تعداد دانه در ردیف معنی‌دار بود، اما هیچ‌یک از آثار متقابل دو جانبه بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) نشان داد که بیشترین تعداد دانه در ردیف در تیمار هیدروپرایمینگ × تلقیح با نیتروکسین × ۳۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن و کمترین مقدار آن در تیمار غیرپرایم × بدون تلقیح × ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن مشاهده شد. فالچیر و فریونی (Falchieri and Frioni, 1994) افزایش ۵۹ درصدی عملکرد دانه ذرت را به علت افزایش دو برابری تعداد دانه در بلال در اثر تلقیح بذر با باکتری آزوسپریلیوم گزارش کردند. هریس و همکاران (Harris *et al.*, 2007) نیز گزارش کردند که هیدروپرایمینگ بذر باعث افزایش تعداد دانه در ردیف می‌شود.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که پرایمینگ بذر بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۲) و هیدروپرایمینگ باعث افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه نسبت به بذرهای غیرپرایم شد. هریس (Harris, 2006) نیز افزایش وزن هزار دانه را در اثر هیدروپرایمینگ بذر گزارش کرد. نتایج نشان داد که تلقیح بذر با نیتروکسین نیز وزن هزار دانه را به طور معنی‌داری نسبت به شرایط بدون تلقیح افزایش داد. اثر کود نیتروژن نیز بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۲) و با افزایش میزان کود نیتروژن، وزن هزار دانه

به طور معنی‌داری افزایش یافت. کمبود نیتروژن باعث متوقف شدن رشد اندام‌های هوایی به ویژه دانه‌ها می‌شود. دالا سانتا و همکاران (Dalla Santa *et al.*, 2004) نیز افزایش وزن هزار دانه ذرت را در اثر افزایش مصرف کود نیتروژن گزارش کردند. اثر متقابل تلقیح بذر × نیتروژن نیز بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود، به طوری که با افزایش میزان نیتروژن، وزن هزار دانه افزایش یافت، اما این افزایش در گیاهان تلقیح شده به مراتب بیشتر از گیاهان تلقیح نشده بود و بیشترین وزن هزار دانه تحت شرایط تلقیح و سطح کودی ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر متقابل سه جانبه هیدروپرایمینگ × تلقیح بذر × نیتروژن بر وزن هزار دانه معنی‌دار شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نیز مشخص کرد که بیشترین وزن هزار دانه تحت شرایط پرایم شده × تلقیح شده × سطح کودی ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۳). زهیر و همکاران (Zahir *et al.*, 1998) نیز نشان دادند که تلقیح بذر ذرت با باکتری‌های ازوتوباکتر و سودوموناس، وزن هزار دانه را به میزان ۹/۶ درصد افزایش داد. همچنین، مشاهده شد که گیاهان تلقیح شده در سطوح کودی پایین‌تر با گیاهان تلقیح نشده در سطوح کودی بالاتر دارای وزن هزار دانه برابری بودند.

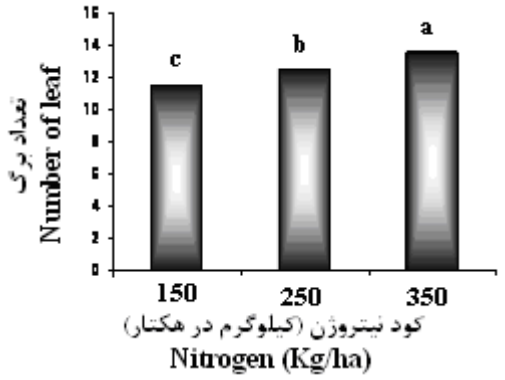
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که عملکرد دانه به طور معنی‌داری تحت تاثیر هیدروپرایمینگ بذر قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که پرایمینگ بذر موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گیاهان در مقایسه با گیاهان غیرپرایم شد. هریس و همکاران (Harris *et al.*, 2001) نیز گزارش کردند که هیدروپرایمینگ بذر به طور معنی‌داری موجب افزایش عملکرد دانه در ذرت شد. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر تلقیح بذر با نیتروکسین به طور معنی‌داری افزایش عملکرد دانه را در پی داشت. همچنین، نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین اثر سطوح کود نیتروژن بر عملکرد دانه بود. مقایسه میانگین سطوح مختلف کود نیتروژن نشان داد که با افزایش کود نیتروژن، عملکرد دانه افزایش یافت و بالاترین میزان عملکرد دانه مربوط به سطح کودی ۳۵۰ کیلوگرم نیتروژن بود. اثر متقابل هیدروپرایمینگ × تلقیح بذر بر عملکرد دانه معنی‌دار شد. مطابق شکل ۱۲ هیدروپرایمینگ به همراه تلقیح بذر با نیتروکسین در مقایسه با عدم پرایم و عدم تلقیح، به طور قابل ملاحظه‌ای باعث افزایش عملکرد دانه شد. حسین و همکاران (Hossain *et al.*, 1987)، سانچوا و همکاران (Stancheva *et al.*, 1992) و جاود و همکاران (Javed *et al.*, 1998)، افزایش عملکرد دانه ذرت را در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های ازتوباکتر کروکوکوم، آزوسپیریلوم برازیلنس و سودوموناس فلورسنس گزارش کردند. جاود و همکاران (Javed *et al.*, 1998) با اجرای یک آزمایش مزرعه‌ای افزایش ۱۸/۹ درصدی عملکرد دانه ذرت را در اثر تلقیح بذر با ۱۱ سویه از باکتری‌های افزاینده رشد گیاه مشاهده کردند. ترشح هورمون‌های تحریک کننده رشد مانند اکسین (Fallik *et al.*, 1989) و جیبرلین (Lucangeli and Bottini, 1997) توسط آزوسپریلیوم و نیز ترشح اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سیتوکنین‌ها به وسیله ازتوباکتر (Martin *et al.*, 1976) به علت همیاری این باکتری‌ها با ریشه ذرت، مهم‌ترین ساز و کار برای افزایش رشد و عملکرد دانه ذرت گزارش شد. البته نظر به قابلیت تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر خاک توسط باکتری‌ها، نمی‌توان افزایش عملکرد در اثر بهبود تغذیه گیاه را نادیده گرفت.

نتایج این پژوهش نشان داد که اثر متقابل هیدروپرایمینگ × کود نیتروژن بر عملکرد دانه ذرت نیز معنی‌دار بود (جدول ۲)، به گونه‌ای که بیشترین عملکرد دانه در تیمار هیدروپرایمینگ با سطح کودی ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به دست آمد (شکل ۱۳). کمبود نیتروژن باعث متوقف شدن رشد اندام‌های هوایی به ویژه دانه‌ها می‌شود. کمبود کود نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیک ذرت تأثیر منفی دارد، به طوری که در مشاهده شده است که با افزایش میزان کود نیتروژن، وزن دانه در بلال، طول بلال، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در ذرت به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (Monneveux *et al.*, 2005). همچنین گیاهان پرایم شده در سطوح کودی پایین‌تر نسبت به گیاهان پرایم نشده در سطوح کودی بالاتر دارای عملکرد دانه برابر یا بیشتری بودند.



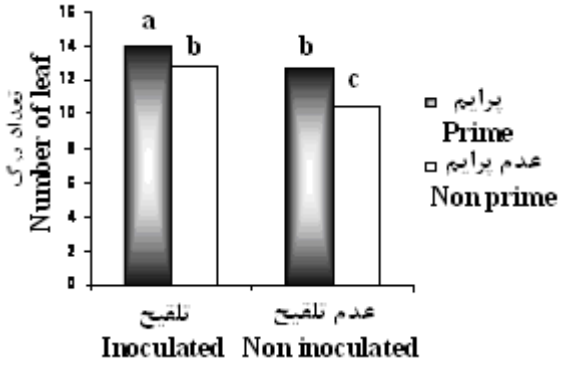
شکل ۲- اثر متقابل تلقیح بذر × میزان کود نیتروژن بر ارتفاع گیاه

Figure 2. Interaction between seed inoculation × nitrogen on plant height



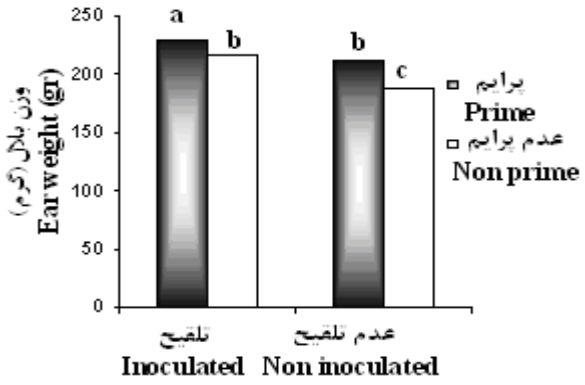
شکل ۳- تأثیر میزان کود نیتروژن بر تعداد برگ در گیاه

Figure 3. Effect of nitrogen on the number of leaf per plant



شکل ۴- اثر متقابل پرایمینگ × تلقیح بذر بر تعداد برگ در گیاه

Figure 4. Interaction between priming × seed inoculation on the number of leaf per plant



شکل ۵- اثر متقابل هیدروپرایمینگ × تلقیح بذر بر وزن بلال

Figure 5. Interaction between priming × seed inoculation on ear weight

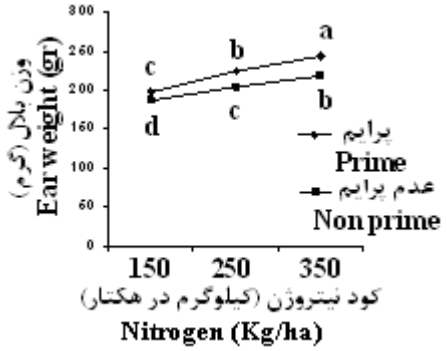
جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تلقیح بذر × هیدروپرایمینگ × کود نیتروژن بر تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه ذرت

Table 3. Mean comparison of the effect of seed inoculation × hydropriming × nitrogen interactions on the number of grain per row and 1000-grain weight

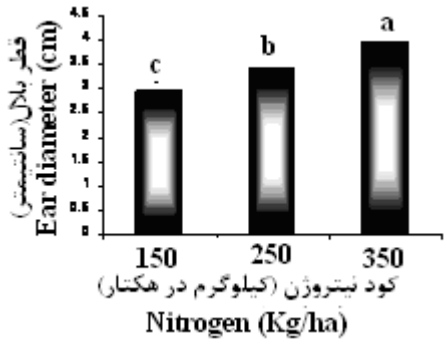
پرایمینگ Priming	تلقیح بذر Seed inoculation	نیتروژن Nitrogen	تعداد دانه در ردیف Number of seed per row	وزن هزار دانه 1000-grain weight
پرایم Priming	تلقیح Inoculate	150	39.75 de	264.5 de
		250	45.1 b	276.5 bc
		350	52 a	293.8 a
	عدم تلقیح Not- inoculate	150	96.35 f	252 f
		250	40.4 cd	264.5 de
		350	45.73 b	276.5 bc
بدون پرایم Not- priming	تلقیح Inoculate	150	37.56 ef	258.8 ef
		250	42.28 c	270.8 cd
		350	47 b	280.5 b
	عدم تلقیح Not- inoculate	150	29.5 g	227.1 g
		250	37.5 ef	256.5 ef
		350	42.25 c	271.3 cd

تیمارهای با حروف مشابه تفاوت آماری معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Treatments followed by similar letters are not significantly different by Duncan's test at 5% probability level.



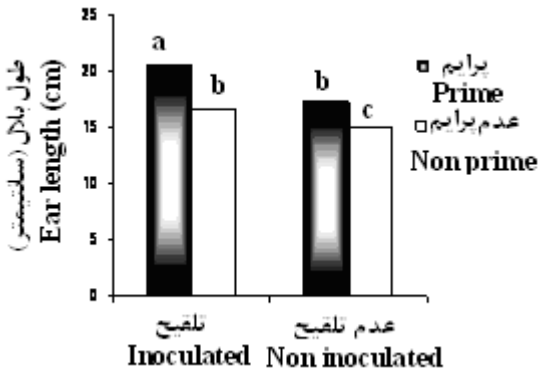
شکل ۶- اثر متقابل هیدروپرایمینگ × کود نیتروژن بر وزن بلال
Figure 6. Interaction effect of priming × nitrogen on ear weight



شکل ۷- تأثیر میزان کود نیتروژن بر قطر بلال
Figure 7. Effect of nitrogen on ear diameter

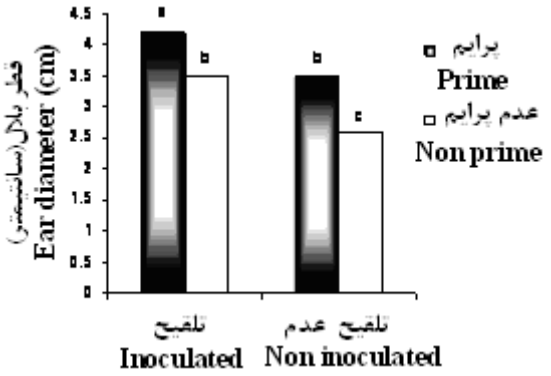
هریس و همکاران (Harris *et al.*, 2001) گزارش کردند که رشد اولیه خیلی سریع گیاهان پرایم و گسترش ریشه‌های آن، باعث می‌شود که گیاهان پرایم نیتروژن بیشتری از خاک جذب کنند. پرایمینگ بذر باعث جوانه‌زنی سریع‌تر، استقرار بهتر و افزایش عملکرد تعدادی از محصولات در شرایط مختلف شد و همچنین عملکرد دانه و کاه کلش را در جو افزایش داد (Rashid *et al.*, 2006). نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر متقابل تلقیح بذر × کود نیتروژن بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها با افزایش میزان نیتروژن عملکرد دانه افزایش یافت، اما این افزایش در گیاهان تلقیح شده به مراتب بیشتر از گیاهان تلقیح نشده بود (شکل ۱۴). به عبارت دیگر، بیشترین عملکرد دانه در شرایط تلقیح و سطح کودی ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. همچنین مشاهده شد که گیاهان تلقیح شده در سطوح کودی پایین‌تر نسبت به گیاهان تلقیح نشده در سطوح کودی بالاتر دارای عملکرد دانه برابر یا حتی بیشتر بودند. کاربرد کود نیتروژن، موجب بهبود فعالیت میکروارگانیسم‌ها و در نتیجه افزایش جذب عناصر غذایی شد. در مقابل، نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر متقابل هیدروپرایمینگ × تلقیح بذر × کود نیتروژن بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود.

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که بین گیاهان پرایم و غیرپرایم اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد بیولوژیک وجود داشت. مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک نشان داد که گیاهان پرایم شده در مقایسه با گیاهان بدون پرایم از عملکرد بیولوژیک بالاتری برخوردار بودند. هریس و همکاران (Harris *et al.*, 2001) نیز گزارش کردند که گیاهان پرایم شده ذرت در مقایسه با گیاهان غیر پرایم دارای عملکرد بیولوژیک بالاتری بودند. نتایج این پژوهش نشان داد که اثر تلقیح بذر نیز بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۲) و موجب افزایش عملکرد بیولوژیک شد. باکتری‌های محرک رشد با سنتز انواع ویتامین‌ها و اسیدهای‌آمینه باعث افزایش رشد و کیفیت محصول می‌شوند. سانیتا-گوپتا و همکاران (Sanhita-Gupta *et al.*, 1995) نیز افزایش رشد رویشی و عملکرد گوجه فرنگی را در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و سودوموناس گزارش کردند. نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که بین سطوح مختلف کود نیتروژن نیز از نظر عملکرد بیولوژیک اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به طوری که بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن حاصل شد (شکل ۱۵). کودهای نیتروژنه باعث افزایش عملکرد علوفه و کیفیت آن (افزایش پروتئین) می‌شوند. بنابراین افزایش عملکرد بیولوژیک در اثر افزایش مصرف کود اوره دور از انتظار نیست. اثر متقابل هیدروپرایمینگ × تلقیح بذر نیز بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار شد (جدول ۲) و بیشترین عملکرد بیولوژیک در گیاهان پرایم شده و تلقیح شده (شکل ۱۶) به دست آمد. همچنین تفاوت معنی‌داری بین گیاهان پرایم شده در شرایط بدون تلقیح و گیاهان تلقیح شده در شرایط بدون پرایم مشاهده نشد.



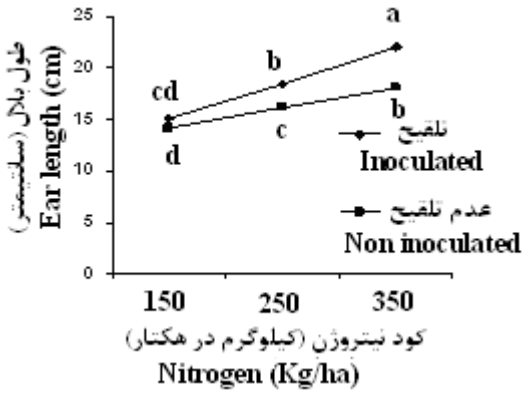
شکل ۸- اثر متقابل هیدرو پرایمینگ × تلقیح بذر بر طول بلال

Figure 8. Interaction effect of priming × seed inoculation on ear length



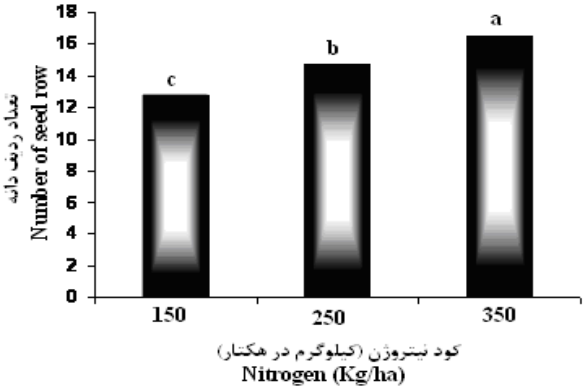
شکل ۹- اثر متقابل هیدروپرایمینگ × تلقیح بذر بر قطر بلال

Figure 9. Interaction effect of priming × seed inoculation on ear diameter



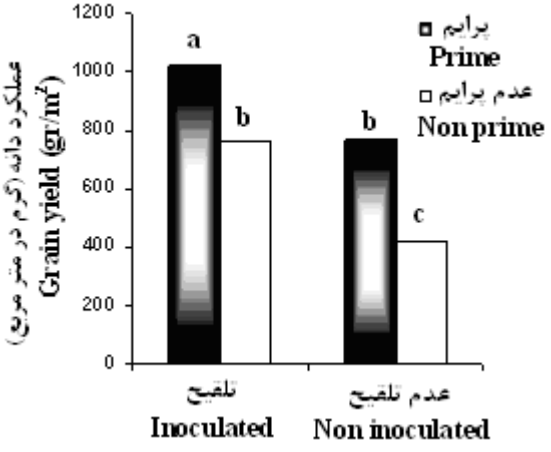
شکل ۱۰- اثر متقابل تلقیح بذر × کود نیتروژن بر طول بلال

Figure 10. Interaction effect of seed inoculation × nitrogen on ear length



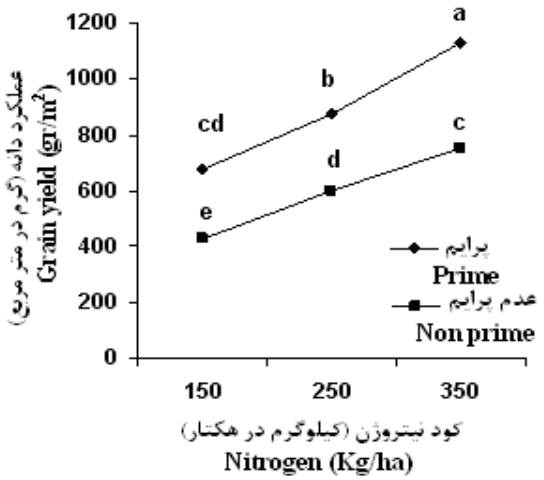
شکل ۱۱- تأثیر میزان کود نیتروژن بر تعداد ردیف در بلال

Figure 11. Effect of nitrogen on the number of row per ear



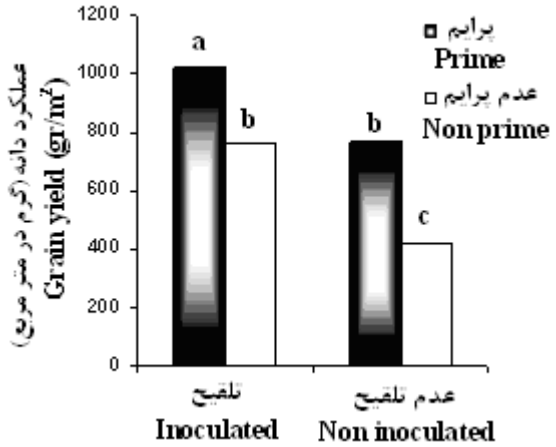
شکل ۱۲- اثر متقابل تلقیح بذر × هیدروپرایمینگ بر عملکرد دانه

Figure 12. Interaction effect of seed inoculation × priming on grain yield

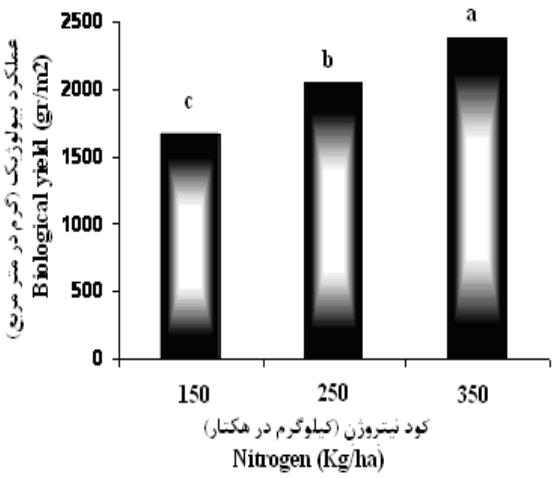


شکل ۱۳- اثر متقابل هیدروپرایمینگ × کود نیتروژن بر عملکرد دانه

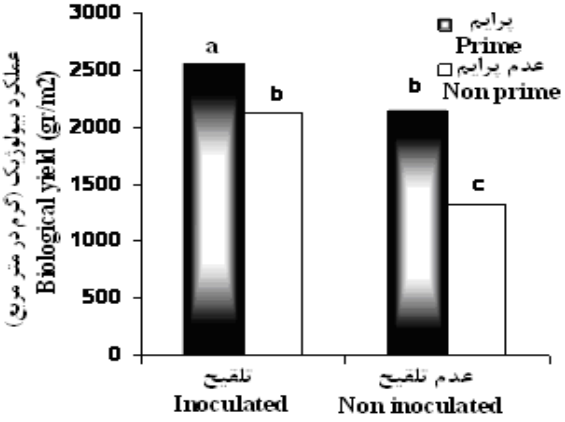
Figure 13. Interaction effect of priming × nitrogen on grain yield



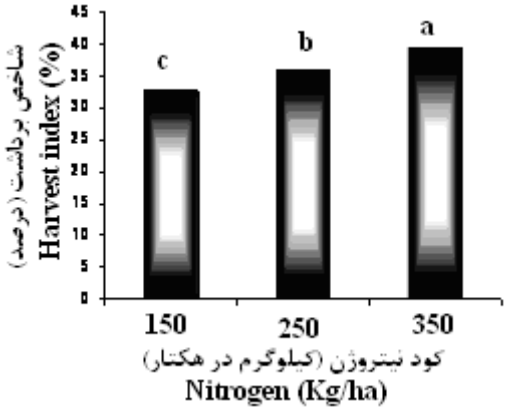
شکل ۱۴- اثر متقابل تلقیح بذر × کود نیتروژن بر عملکرد دانه
Figure 14. Interaction effect of seed inoculation × nitrogen on grain yield



شکل ۱۵- تأثیر میزان کود نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک
Figure 15. Effect of nitrogen on biological yield



شکل ۱۶- اثر متقابل پرایمینگ و تلقیح بذر بر عملکرد بیولوژیک
Figure 16. Interaction effect of priming × seed inoculation on biological yield



شکل ۱۷- تأثیر میزان کود نیتروژن بر شاخص برداشت
Figure 17. Effect of nitrogen on harvest index

نتایج مطالعات حمیدی و همکاران (Hamidi *et al.*, 2005) با کاربرد مایه تلقیح سویه‌هایی از باکتری‌های افزاینده رشد گیاه برای تلقیح دورگ‌های دیررس ذرت مشخص کرد که به طور کلی این باکتری‌ها قابلیت جوانه‌زنی بذر، رشد ریشه، بنیه و استقرار گیاهچه، فنولوژی، روند تجمع ماده خشک، شاخص‌های رشد، عملکرد علوفه سیلویی، عملکرد دانه و اجزای آن و تسهیم ماده خشک دورگ‌های مورد بررسی را به گونه‌ای تحت تأثیر قرار دادند که رشد و نمو و عملکرد به نحو قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت.

شاخص برداشت معیاری برای نشان دادن درصد انتقال مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن است. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر هیدروپرایمینگ بذر بر شاخص برداشت معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که گیاهان پرایم شده در مقایسه با گیاهان پرایم نشده از شاخص برداشت بالاتری برخوردار بودند. اثر تلقیح بذر نیز بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین شاخص برداشت نشان داد که بیشترین شاخص برداشت در شرایط تلقیح بذر به دست آمد. بین سطوح مختلف کود نیتروژن نیز از لحاظ شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری وجود داشت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها (شکل ۱۷) نیز مشخص کرد که بیشترین شاخص برداشت (به میزان ۳۹/۴۴ درصد) در سطح کودی ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کمترین شاخص برداشت (به میزان ۳۲/۸۱درصد) در تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم حاصل شد. در مقابل، سایر آثار متقابل بین فاکتورها بر این صفت معنی‌دار نبود.

به طور کلی، نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که هیدروپرایمینگ و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد گیاه از عوامل مهمی هستند که موجب استقرار بهتر گیاهان زراعی و در نتیجه افزایش عملکرد می‌شوند. در این پژوهش نیز به نظر می‌رسد که استقرار مناسب و رشد سریع گیاهان پرایم شده در مقایسه با گیاهان غیرپرایم، موجب افزایش عملکرد محصول در این گیاهان شد. بنابراین، از هیدروپرایمینگ بذر به عنوان یک روش کلیدی و ارزان می‌توان جهت افزایش عملکرد گیاهان در شرایط محیطی مختلف استفاده کرد. باکتری‌های محرک رشد گیاه نیز در افزایش عملکرد نقش موثری ایفا کردند.

سطوح مختلف کود نیتروژن نیز اگرچه خود دارای اثر معنی‌داری بر کلیه صفات مورد مطالعه بودند، اما اثر متقابل آن با پرایمینگ و تلقیح بذر نتیجه بهتری داد، به طوری که بیشترین میزان صفات مورد مطالعه در سطح ۳۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در گیاهان پرایم و در شرایط تلقیح بذر مشاهده شد. بنابراین، اثر متقابل هیدروپرایمینگ و تلقیح بذر با کودهای بیولوژیک به همراه کاربرد مقادیر مناسب کودهای شیمیایی در مقایسه با بدون پرایمینگ و تلقیح، به طور قابل ملاحظه‌ای می‌تواند در افزایش عملکرد دانه موثر باشد.

References

Abbasdokht, H. and Edalatpisheh M. R. 2008. Priming and its role in agronomy. Proceeding of first Iranian Seed Technology Conference, November 12-13, Gorgan, Iran. (In Persian).

Ashraf, M. and Foolda, M. R. 2006. Pre-sowing seed treatment: A shotgun approach to improve germination, plant growth and crop yield under saline and non-saline conditions. **Advanced Agronomy** 88: 223-271.

Atherton, J. G. and Farooque, A. M. 1983. High temperature and germination in spinach. II. Effect of osmotic priming. **Scientia Horticulture** 19: 221-227.

Bhaskara-Rao, K. V. and Charyulu, P. B. B. N. 2005. Evaluation of effect of inoculation of *Azospirillum* on the yield of *Setaria italica* (L.). **African Journal of Biotechnology** 4 (9): 989-995.

Bradford, K. J. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. **Horticulture Science** 21: 1105-1112.

Chang, S. M. and Sung, J. M. 1998. Deteriorative changes in primed shrunken-2 sweet corn seeds during storage. **Seed Science and Technology** 26: 613-626.

Dalla Santa, O. R., Soccol, C. R., Junior, P. R., Hernandez, R. F., Michelena Alvarez, G. L., Dalla Santa, H. S. and Pandey, A. 2004. Effects of inoculation of *Azospirillum sp.* in maize seeds under field conditions. **Food, Agriculture and Environment** 2 (1): 238-242.

Ellis, R. H. and Roberts, E. H. 1980. Towards a rational basis for testing seed quality in seed production. Butterworths, London. pp: 605-635.

Falchieri, M. and Frioni, L. 1994. *Azospirillum* inoculation on maize (*Zea mays* L.): Effect on yield in a field experiment in central Argentina. **Soil Biology and Biochemistry** 26: 921-923.

Fallik, E., Okon, Y., Epstin, E., Goldman A. and Fisher, M. 1989. Identification and quantification of IAA and IBI in *Azospirillum braziliens* inoculated maize roots. **Soil Biology and Biochemistry** 21: 147-153.

Francis, A. and Coolbear, P. 1988. Change in the fatty acid content of the lipid fraction of tomato seeds induced by ageing and/or low temperature pre-sowing treatment. **Seed Science and Technology** 16: 87-95.

Georghiou, K., Thanos, C. A. and Passam, H. C. 1987. Osmoconditioning as a means of counteraction the ageing of pepper seeds during high temperature storage. **Annual Botany** 60: 279-285.

Glick, B. R., Penrose, D. and Wenbo, M. 2001. Bacterial promotion of plant growth. **Biotechnology Advances** 19: 135-138.

Hamidi, A., Ghalavand, A., Dehghanshoar, D., Malakouti, M. J., Chogan, R. and Asgharzadeh, A. 2005. The effect of PGPR bacteria on grain yield and some of characteristics related to corn hybrids. Proceeding of First Forage Crops Conference. August 9-11, Tehran, Iran. (In Persian).

Harris, D. 2006. Development and testing of ‘on-farm’ seed priming. **Advanced Agronomy** 90: 129-178.

Harris, D., Joshi, A., Khan, P. A., Gothkar, P. and Sodhi, P. S. 1999. On-farm seed priming in semi-arid agriculture: Development and evaluation in maize, rice and chickpea in India using participatory methods. **Experimental Agriculture** 35: 15-29.

Harris, D., Pathan, A. K., Gothkar, P., Joshi, A., Chivasa, W. and Nymaudeza, P. 2001. On-farm seed priming: Using Participatory methods to revive and refine a key technology. **Agriculture Systems** 69: 151-164.

Harris, D., Rashid, A., Miraj, G., Arif, M. and Shah, H. 2007. On-farm' seed priming with zinc sulphate solution—A cost-effective way to increase the maize yields of resource-poor farmers. **Field Crops Research** 102 (2): 119-127.

Hossain, A., Arshad, M., Hussain, A. and Hussain, F. 1987. Response of maize (*Zea mays*) to Azotobacter inoculation under fertilized and unfertilized conditions. **Biology and Fertility of Soils** 4: 73-77.

Javed, M., Arshad, M. and Ali, K. 1998. Evaluation of rhizobacteria for their growth promoting activity in maize. **Pakistan Journal of Soil Science** 14: 36-42.

Kazemi Arbat, H. 2009. Cereal anatomy and morphology. Tabriz University Publications. (In Persian).

Khan, A. A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. In: Janick, J. (Ed.). Horticultural reviews. John Wiley and Sons. New York. pp: 131-181.

Lucangeli, C. and Bottini, R. 1997. Effect of *Azospirillium spp.* on endogenous gibberellin content and growth of maize (*Zea mays* L.) treated with uniconazol. **Symbiosis** 23: 63-71.

Martin, J. H., Leonard, W. H. and Stamp, D. L. 1976. Principles of field crop production. (3rd ed.). Collier Macmillan.

Millet, E. and Feldman, M. 1986. Yield response of a common spring wheat cultivar to inoculation with *Azospirillum brasilense at* various levels of nitrogen fertilization. **Plant and Soil** 80: 255-259.

Monneveux, P., Zaidi, P. H. and Sanehez, C. 2005. Population density and low nitrogen affects yield associated traits in tropical maize. **Crop Science** 45: 535-545.

Murungu, F. S., Chiduza, C., Nyamugafata, P., Clark, L. K. and Whalley, E. R. 2004. Effects of 'on-farm seed priming' on consecutive daily sowing occasions on the emergence and growth of maize in semi-arid Zimbabwe. **Field Crops Research** 89: 49-57.

Pirbaloti, A., Akbari, Gh., Nasiri Mahallati, M. and Golpasror, A. 2006. The effect of different levels of nitrogen on nitrogen harvest index, seed protein, yield and yield components of corn. Proceeding of 9th Iranian Crop Production and Plant Breeding Congress. August 27-29, Karaj, Iran. (In Persian).

Rashid, A., Hollington, P. A., Harris, D. and Khan, P. 2006. On-farm seed priming for barley on normal, saline-sodic soils in North West Frontier Province, Pakistan. **European Journal of Agronomy** 24 (3): 276-281.

Rush, C. M. 1991. Comparison of seed priming techniques with regard to seedling emergence and Pythium damping-off in sugar beet. **Phytopathology** 81: 878-882.

Sanhita-Gupta, D., Dilp, K., Arora., K. D. and Srivastava, K. 1995. Growth promotion of tomato plants by rhizobacteria and imposition of energy stress on *Rhizoctonia solani*. **Soil Biology and Biochemistry** 27: 1050-1058.

Sharma, A. K. 2003. Biofertilizer for sustainable agriculture. Agrobios. India.

Stancheva, I., Dimitrev, I., Kaloyanova, N., Dimitrova, A. and Angelov, M. 1992. Effects of inoculation with *Azospirillum brasilense*, photosynthetic enzyme activities and grain yield in maize. **Agronomie** 12 (4): 319-324.

Sturz, A. V. and Christie, B. R. 2003. Beneficial microbial allelopathies in the root zone: The management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. **Soil and Tillage Research** 72: 107-123.

Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. **Plant and Soil** 255: 571-586.

Zahir, A. Z., Arshad, M. and Khalid, A. 1998. Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. **Pakistan Journal of Soil Science** 15: 7-11.

Zahir, A. Z., Arshad, M. and Frankenberger, W. F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: Application and perspectives in agriculture. **Advances in Agronomy** 81: 97-168.

Interaction effect of nitroxin biologic fertilizer, mineral nitrogen fertilizer and hydropriming on grain yield and yield components of maize, SC704

Elham Mashhadi[1] and Hamid Abbasdokht[2*]

1, 2. M. Sc. Student and Assoc. Prof., respectively, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Shahrood Industrial University, Iran

(Received: September 24, 2014- Accepted: July 6, 2015)

Abstract

To study the seed inoculation, hydropriming and different levels of nitrogen on yield and yield components of corn, an experiment was carried out as split plot factorial based on randomized complete block design with four replications in Agricultural Research Station of Shahrood Industrial University, during 2007-2008. The treatments were seed priming at two levels (priming and non-priming) in main plots and seed inoculation at two levels (inoculated and non-inoculated) and nitrogen levels (150, 250, 350 kg/ha) as factorial in sub plot. Results showed that seed inoculation and seed priming significantly increased seed yield, biological yield, harvest index, number of row per ear, number of seed per row, 1000-grain weight, ear length, ear diameter, number of leaf per plant and plant height in maize, SC704. Nitrogen levels significantly affected yield and yield components, so that 350 $Kg.ha^{-1}$ nitrogen produced the highest grain yield. The priming × inoculation interaction effect was significant on the all studied traits except plant height, number of row per ear, number of grain per row, 1000-grain weight and harvest index. The priming × nitrogen interaction effect was also significant on ear weight and grain yield and the inoculation × nitrogen interaction effect was significant on plant height, ear length, 1000-grain weight and grain yield. Results of this research indicated that the hydropriming together with seed inoculation and growth stimulator bacteria including nitroxin significantly increased maize grain yield. Also, seed inoculation together with higher levels of nitrogen fertilizer significantly resulted higher grain yield than the seed inoculation with lower levels of nitrogen.

Keywords: Germination percentage, Growth stimulator bacteria, Priming, Seed inoculation

[*]Corresponding author: habbasdokht@yahoo.com