تأثیر پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد PGPR بر عملکرد دانه، کارایی مصرف کود و انتقال ماده مجدد ماده خشک آفتابگردان در سطوح مختلف کود نیتروژنه

رئوف سید شریفی[1*] و حمید نظرلی[2]

تاریخ دریافت: 91/3/5 تاریخ پذیرش: 91/9/29

1-دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی

2-دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی

* مسئول مکاتبه : raouf_ssharifi@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی تأثیر پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد PGPR بر عملکرد دانه، کارایی مصرف کود و میزان انتقال مجدد ماده خشک آفتابگردان در سطوح مختلف کود نیتروژنه، آزمایشی در سال زراعی 1389 در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل کود نیتروژنه در سه سطح (صفر،80 و 160 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) از منبع اوره و باکتری های محرک رشد در چهار سطح (عدم پرایمینگ، پرایمینگ بذر با ازتوباکتر کروکوکوم استرین 5، آزوسپریلی وم لیپوفروم استرین OF و سودوموناس استرین 186) بودند. نتایج نشان داد که کود نیتروژنه و باکتری‌های محرک رشد تأثیر معنی‌داری بر روی همه صفات مورد بررسی داشت. با افزایش سطوح کود نیتروژنه و کاربرد باکتری‌های محرک رشد عملکرد دانه، ارتفاع بوته، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، درصد و عملکرد روغن افزایش یافت. واکنش عملکرد دانه به پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد و سطوح کود نیتروژنه یکسان نبود. بیشترین عملکرد به مصرف 160 کیلوگرم در هکتار نیتروژن و پرایمینگ بذر با ازتوباکتر تعلق داشت. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که عملکرد دانه در ترکیب‌های تیماری N_{160} × عدم پرایمینگ با باکتری و N_{80} × پرایمینگ با ازتوباکتر اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. کارایی مصرف نیتروژن با افزایش کود مصرفی کاهش یافت ولی پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش کارایی زراعی مصرف نیتروژن نسبت به عدم پرایمینگ بذر گردید. بیشترین کارایی مصرف نیتروژن (41/7 کیلوگرم در کیلوگرم) به ترکیب تیماری N_{80} × پرایمینگ با ازتوباکتر و کمترین آن (21/09 کیلوگرم در کیلوگرم) به ترکیب تیماری N_{160} × عدم پرایمینگ تعلق داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه (32/98 درصد) در حالت عدم پرایمینگ و عدم مصرف کود نیتروژنه و کمترین آن (21/77 %) در بالاترین سطح از مصرف کود نیتروژنه و پرایمینگ بذر با آزتوباکتر بدست آمد. بنابراین به منظور افزایش عملکرد دانه و کارایی مصرف کود در شرایط اقلیمی اردبیل می‌توان پیشنهاد نمود که 80 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در پرایمینگ بذر با ازتوباکتر به کار برده شود.

واژه‌های کلیدی : آفتابگردان، انتقال مجدد ماده خشک، باکتری های محرک رشد، کارایی مصرف نیتروژن.

Effects of Seed Priming with Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Grain Yield, Fertilizer Use Efficiency and Dry Matter Remobilization of Sunflower (*Helianthus annus* L.) with Various Levels of Nitrogen Fertilizer

R Seyed Sharifi[1*] and H Nazarly[2]

Received: May 25, 2012 Accepted: December 19, 2012
[1]Associate Professor, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
[2]MSc Student, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
*Corresponding Author: E-mail: raouf_ssharifi@yahoo.com

Abstract

In order to evaluate the effects of seed priming with Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on grain yield, fertilizer use efficiency and dry matter remobilization of sunflower with various levels of nitrogen fertilizer, a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications in field experimental University of Mohaghegh Ardabili in 2010. Factors were: nitrogen fertilizer in three levels (0, 80 and 160 kg N ha^{-1}) as urea and seed priming with Plant Growth Promoting Rhizobacteria in four levels containing (without priming as control, seed priming with *Azotobacter chroococcum* strain 5, *Azospirillum lipoferum* strain OF, *Psedomunas*strain 186). Results indicated that nitrogen levels and seed priming with Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) had significant effects on all of characteristics studied. Grain yield, plant height, head diameter, seed number per head, yield and oil percentage increased with increasing of nitrogen fertilizer and seed priming with PGPR. Response of grain yield wasn't the same for various levels of nitrogen fertilizer and seed priming with PGPR. The highest grain yield belonged to application of 160 kg N ha^{-1} and seed priming with *Azotobacter*. Means comparison showed that treatment compounds N_{160} × without priming with PGPR and N_{80} × seed priming with PGPR *Azotobacter* had similar grain yields. Nitrogen use efficiency decreased with increasing of nitrogen application. But, seed priming with plant growth promoting rhizobacteria produced nitrogen use efficiency more than no priming. Maximum nitrogen use efficiency (41.7 kg/kg) was recorded at treatment compound of N_{80} × priming with *Azotobacter* and minimum of it (21.09 kg/kg) was recorded at N_{160} × without priming with PGPR. Means comparison showed that maximum of dry matter remobilization in grain yield (32.98 %) was obtained in no application of nitrogen× without seed priming with PGPR and minimum of it (21.77 %) was recorded at the highest level of nitrogen application× seed priming with *Azotobacter*. Thus, it can be suggested that in order to increasing of grain yield and nitrogen use efficiency be applied 80 kg N/ha in seed priming with *Azotobacter* in climatic conditions of Ardabil.

Key words: Dry matter remobilization, Nitrogen use efficiency, PGPR, Sunflower

مقدمه

آفتابگردان به دلیل مقاوم بودن در برابر خشکی، سازگاری با شرایط مختلف خاکی و آب و هوایی، بالا بودن کیفیت روغن، کوتاهی طول دوره رشد و امکان کشت آن به عنوان محصول دوم بعد از برداشت گندم و جو، سالانه در سطح وسیعی از کشور کشت می شود (سید شریفی 1388). این گیاه پر نیاز و کود پذیر بوده و در طول دوره رشدی خود مقادیر قابل توجهی عناصر غذایی از جمله نیتروژن از خاک برداشت می کند. نیتروژن نقش اساسی در عملکرد و بهبود فرآیندهای حیاتی گیاه دارد و کمبود آن در خاک های مناطق خشک و نیمه خشک، به عنوان یکی از مهمترین عوامل محدود کننده عملکرد آفتابگردان محسوب میگردد (زرین کفش 1371). نتایج بررسی‌های امام و همکاران (1388) نشان داد که با افزایش نیتروژن مصرفی، درصد پروتئین، عملکرد دانه و بیولوژیکی افزایش یافت. گلچین (1379) گزارش نمود که با افزایش مصرف نیتروژن، عملکرد دانه و تعداد دانه در طبق افزایش یافت. ماجدی و خادمی (1999) اعلام کردند که در مقادیر بالاتر کود نیتروژنه، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه بیشتر شد. این در حالی است که شینر و همکاران (2002) اظهار داشتند که مصرف زیاد نیتروژن، عملکرد کمی را به دلیل افزایش رشد رویشی و کیفیت دانه‌ها را به دلیل کاهش درصد روغن تحت تأثیر قرار می‌دهد. استیر و سیلر (1990) نیز کاهش درصد روغن را با کاربرد زیاد کودهای نیتروژنه گزارش کردند.

دو فرآیند فیزیولوژیک، یعنی فتوسنتز جاری و انتقال مجدد ماده انباشته شده قبل از گلدهی عملکرد نهایی را تشکیل می‌دهند. عامری (1377) کاهش انتقال مجدد مواد را در اثر بالا رفتن مصرف نیتروژن گزارش نمود. سوزا و همکاران (1998) اظهار داشتند که با مصرف کود نیتروژنه پس از گلدهی، انتقال مجدد از اندام های هوایی به دانه کاهش می‌یابد. سوزا و همکاران (1998) اظهار داشتند که با افزایش میزان نیتروژن قابل دسترس، سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه کاهش می‌یابد.

به منظور توصیه بهینه کود لازم است کارایی مصرف کود مورد ارزیابی قرار گیرد. امروزه کمی کارآیی مصرف نیتروژن به دلیل استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی برای دستیابی به عملکرد بالا، هدر رفت آن از طریق نیترات زدائی، آبشویی و تصعید آمونیوم می‌باشد. در این راستا کاربرد کودهای بیولوژیک به ویژه باکتری های محرک رشد گیاه مهمترین راهبرد برای افزایش تولید در سیستم های کشاورزی پایدار می باشد (شارما 2003 ؛ ویو و همکاران 2005). نتایج بررسی‌های اکبری و همکاران (1388) در آفتابگردان نشان داد که عملکرد دانه بذرهای تلقیح شده با باکتری‌های افزاینده رشد نسبت به بذرهای بدون تلقیح 9 درصد افزایش دارد. این افزایش احتمالاً ناشی از وجود جمعیت‌های میکروبی در خاک یا ریزوسفر است که با افزایش جذب مواد غذایی موجب رشد گیاه می‌شوند (روستی و همکاران 2006). شاتا و همکاران (2007) افزایش 15 درصدی عملکرد بیولوژیکی را در تیمار 50 درصد کود شیمیایی همراه با کود آلی و زیستی گزارش کردند. یزدانی و همکاران (1389) در بررسی کارایی مصرف کود نیتروژنه در ذرت تحت تأثیر باکتری‌های محرک رشد و کودهای نیتروژنی و فسفره گزارش کردند که کارایی مصرف کود نیتروژن با کاهش50 درصد از کود نیتروژنه و مصرف کامل کود فسفره به همراه کودهای بیولوژیک (PGPR) به طور معنی‌داری نسبت به شاهد بدون تلقیح (NPK) افزایش می‌یابد. شهاتا و خواز (2003) افزایش معنی‌دار درصد روغن آفتابگردان را با کاربرد باکتری-های محرک رشد گزارش نمودند. شوکت و همکاران (2006) در تلقیح باکتری‌های محرک رشد با بذر آفتابگردان به این نتیجه رسیدند که درصد روغن در بیشتر سویه‌های باکتری بکار برده شده افزایش یافت.

بیشترین درصد روغن (30/35%) بـه بـاکتری ازتوبـاکتر تعلق داشت. همچنین افزایش درصد روغن در اثر تلقـیح سویه‌های مختلف باکتری در این آزمایش از 27/27 درصد (مربوط به سویه‌هایی از باکتری سـودوموناس) تـا 18 درصـد (مربـوط بـه سـویه‌هـایی از بـاکتری ازتوباکتر) گزارش شد. سلیمان‌زاده و همکـاران (2010) اظهـار داشـتند کـه تلقـیح بـذر بـا ازتوبـاکتر نسـبت بـه بـذرهای تلقـیح نشـده دارای 7 درصـد عملکـرد روغـن بیشتری بودند. ضمن آنکه ارتفـاع بوتـه، تعـداد دانـه در طبق و عملکـرد بیولـوژیکی در اثـر تلقـیح بـا ازتوبـاکتر نسبت به عـدم تلقـیح از افـزایش معنـی‌داری برخـوردار بود. شهاتا و خواز (2003) گزارش نمودنـد کـه کـاربرد باکتری‌های افزاینده رشـد در مقایسـه بـا تیمـار شـاهد منجر به افزایش عملکرد دانه، میـزان روغـن و پـروتئین دانه گردید. نتایج مشابهی نیز توسط فـاگس و آرسـاک (1991) در بررسی تأثیر دو نـژاد آزوسـپریلیوم و یـک نـژاد اگزانتوموناس در بهبـود عملکـرد کمـی و کیفـی آفتابگردان گزارش شده اسـت. در ایـن راسـتا بررسـی تأثیر پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشـد PGPR برکارایی مصرف کود و سهم فرآیند انتقال ماده خشـک در عملکـرد دانـه آفتـابگردان در سـطوح مختلـف کـود نیتروژنه در شرایط اقلیمی اردبیل از اهداف اصـلی ایـن پژوهش می باشد.

مواد و روش ها

آزمایش در سال زراعی 1389 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی با مختصات جغرافیایی 48 درجه و 30 دقیقه طول شرقی و 38 درجه و 15 دقیقه عرض شمالی با ارتفاع 1350 متر اجرا گردید. اقلیم محل اجرای آزمایش از نوع نیمه خشک سرد می‌باشد. متوسط بارش سالیانه آن بر اساس آمار 30 ساله هوا شناسی بین 300-280 میلی-متر متغیر است. متوسط دما و میزان بارندگی در طول فصل رشد در جدول 1 و نتایج حاصل از خصوصیات خاکی محل اجرای آزمایش در جدول 2 آورده شده است.

جدول 1- متوسط دما و میزان بارندگی ماهانه منطقه مورد آزمایش طی فصل رشد در سال 1389

ماه‌های سال	میانگین حداکثر دما (سانتی‌گراد)	میانگین حداقل دما (سانتی‌گراد)	میانگین ماهانه دما (سانتی‌گراد)	میانگین بارندگی ماهانه (میلی‌متر)
خرداد	36/97	10/42	26/55	0/48
تیر	40/25	12/19	28/06	0/2
مرداد	39/9	10/68	29/22	0/09
شهریور	37/47	10/41	27/06	0/58

جدول2- ویژگی های فیزیکو شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق نمونه برداری (cm)	درصد اشباع (%) Sp	آهک (%)	بافت (%)	کربن (%)	نیتروژن (%)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)
0-30	46	18/06	سیلتی - لومی	1/71	0/11	20	700

عملیات تهیه زمین شامل شخم بهاره، دیسک و تسطیح بود. هر واحد آزمایشی شامل 5 ردیف 5 متری با فاصله بین ردیفی 75 سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف 25 سانتی‌متر بود. کاشت بذر در عمق 5 سانتی متری، به صورت هیرم‌کاری و به طریقه دستی و با کشت 2 بذر در هر کپه در تاریخ 31 اردیبهشت ماه انجام شد. در مرحله 4 برگی نسبت به تنک کردن مزرعه اقدام گردید. در طول دوره رشد هیچ علف‌کش و آفت-کشی مورد استفاده قرار نگرفت. آبیاری بر اساس شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی انجام گرفت. کود نیتروژنه از منبع اوره در سه مرحله، همزمان با کاشت، مرحله 8-6 برگی و مرحله رویت طبق بکار برده شد. رقم مورد استفاده مستر نام داشت که از مرکز تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در 3 تکرار اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل کود نیتروژنه در سه سطح (صفر،80 و 160 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) از منبع اوره و باکتری‌های محرک رشد در چهار سطح (عدم پرایمینگ، بیوپرایمینگ بذر با ازتوباکتر کروکوکوم استرین 5، آزوسپریلیوم لیپوفروم استرین OF و سودوموناس استرین 186) بودند. این باکتری‌ها بومی خاک‌های کشور بوده و مایه تلقیح آن‌ها از بخش تحقیقات بیولوژی موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. برای تلقیح بذرها میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود، استفاده گردید. همچنین از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها به نسبت 10 درصد وزنی حجمی استفاده شد.

شاخص سطح برگ در تیمارهای مختلف با استفاده از رابطه پیشنهادی کریمی و سدیک (1991) به شرح زیر برآورد گردید.

رابطه [1] $LAI= a+bt+ct^2$

در این رابطه t زمان بین مراحل نمونه برداری و a، b و c ضرایب معادله هستند. ضریب تبیین بالا و معنی‌دار و توزیع مناسب نقاط واقعی در اطراف منحنی و منطقی بودن روند تغییرات از نظر فیزیولوژیک دلیل اصلی انتخاب صحیح این معادله برای کلیه تیمارهای مورد بررسی بود. کارایی مصرف نیتروژن به صورت نسبت عملکرد دانه به مقدار نیتروژن مصرفی است که عاملی کلیدی در مدیریت نیتروژن برای تولید گیاهان زراعی محسوب می‌شود (مول و همکاران 1982). کارآیی زراعی مصرف نیتروژن نیز با استفاده از فرمول پیشنهادی گودرود و جلوم (1988) به صورت رابطه 2 برآورد گردید.

رابطه [2] $E_e= Y_{df} - Y_{ef} / F$

در این رابطه

Y_{df}: عملکرد دانه تولید شده توسط گیاهی که کود دریافت کرده است (کیلوگرم در هکتار)

Y_{ef}: عملکرد دانه تولید شده توسط گیاهی که کود دریافت نکرده است (کیلوگرم در هکتار)

F: مقدار کود یا عنصر غذایی مصرف شده (کیلوگرم در هکتار)

برای برآورد میزان انتقال مجدد مواد از اندام‌های رویشی گیاه به دانه، از زمان پر شدن دانه تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی در خطوط اصلی هر کرت 15 بوته مشابه و یکنواخت علامت گذاری شد و از یک هفته قبل از پر شدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیک، هر چهار روز یک‌بار برداشت نمونه انجام گرفت. بوته‌های برداشت شده به ساقه، برگ، دمبرگ،طبق و دانه تفکیک شدند. پس از خشک کردن (قرار دادن در آون با دمای 75 درجه سانتی‌گراد به مدت 72 ساعت یا بیشتر تا زمان تثبیت وزن خشک نهایی) اندام‌های مختلف توزین، میزان انتقال ماده خشک، سهم فرایند انتقال مجدد از بخش رویشی به دانه و میزان مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه از طریق روابط 3 تا 6 به شرح زیر برآورد گردید (بارنت و پیرسه 1983). در این روابط کاهش

ناشی از تنفس در نظر گرفته نشده است و فرض شده است که تنفس برای شرایط محیطی مورد استفاده در این بررسی یکسان است. اهدایی و ونیز (1996) هم در بررسی‌های مربوط به تنوع ژنتیکی انتقال مجدد در گندم، کاتروباس و همکاران (2004) در گلرنگ؛ لوپز پریرا و همکاران (2008) در آفتابگردان چنین روابطی را به کار برده‌اند.

رابطه [3]

= میزان انتقال ماده خشک (میلی گرم بر بوته)

- حداکثر وزن خشک اندام هوایی در برداشت اول) میزان ماده خشک اندام هوایی به جز دانه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک)

رابطه [4]

$$\text{درصد سهم فرآیند انتقال مجدد ماده خشک در عملکرد دانه} = \frac{\text{میزان انتقال مجدد ماده خشک از کل بوته به دانه}}{\text{عملکرد دانه}} \times 100$$

رابطه [5]

= میزان انتقال ماده خشک ازساقه (میلی گرم بر بوته)

(وزن خشک ساقه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک- حداکثر وزن خشک ساقه در برداشت اول)

رابطه [6]

$$\text{درصد سهم ذخایر ساقه در عملکرد دانه} = \frac{\text{انتقال مجدد مواد ذخیره ای از ساقه به دانه}}{\text{عملکرد دانه}} \times 100$$

برای اندازه‌گیری روغن از روش سوکسله استفاده گردید. عملکرد روغن از حاصل‌ضرب درصد روغن در عملکرد دانه برآورد گردید. عملکرد دانه از سطحی معادل یک متر مربع از خطوط اصلی هر کرت بعد از حذف اثر حاشیه‌ای برآورد گردید. برای برآورد اجزای عملکرد و برخی دیگر از صفات از جمله قطر ساقه، وزن هزار دانه و تعداد دانه در طبق، ارتفاع بوته و قطر طبق از خطوط اصلی هر کرت با رعایت اثر حاشیه 8 بوته به صورت تصادفی و از بین بوته‌های رقابت کننده برداشت و میانگین داده‌های حاصل به عنوان ارزش آن صفت در تجزیه واریانس مورد استفاده قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده ها و رسم نمودارها از نرم افزارهای SAS و Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول 3) نشان داد که انتقال ماده خشک از کل بوته، سهم فرآیند انتقال مجدد در عملکرد دانه، انتقال ماده خشک از ساقه، سهم مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه به صورت معنی-داری تحت تأثیر سطوح کود نیتروژنه، باکتری‌های محرک رشد و اثر ترکیب تیماری این دو عامل قرار گرفت.

انتقال ماده خشک از کل بوته: مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری این دو عامل نشان داد که حداکثر انتقال ماده خشک از کل بوته در ترکیب تیماری N_0 × عدم تلقیح بذر با باکتری و حداقل آن در ترکیب تیماری N_{160} × تلقیح بذر با ازتوباکتر برآورد گردید (جدول 4). به عبارتی با افزایش سطوح کود نیتروژنه میزان انتقال ماده خشک از کل بوته کاهش یافت. عامری (1377) کاهش انتقال مجدد مواد را در اثر بالا رفتن مصرف نیتروژن گزارش نمود. سوزا و همکاران (1998) اظهار داشتند که با مصرف کود نیتروژنه پس از گلدهی انتقال مجدد از اندام‌های هوایی به دانه کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد با افزایش نیتروژن قابل دسترس، منبع به دلیل

جدول 3- تجزیه واریانس تأثیرباکتری‌های محرک رشد و سطوح نیتروژن بر انتقال مجدد ماده خشک و صفات مرتبط با آن

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		انتقال ماده خشک از کل بوته	سهم فرآیند انتقال مجدد در عملکرد دانه	انتقال ماده خشک از ساقه	سهم مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه
تکرار	2	43750800**	73/88*	7979325/7*	14/802*
کود نیتروژنه	2	23560000**	217/43**	9737519/13**	91/69**
باکتری های محرک رشد	3	5257291/67**	23/4*	2183580/18*	9/81**
کود نیتروژنه × باکتری های محرک رشد	6	5717443/18**	46/22**	2366810/24**	19/47**
خطا	22	218865/5	1/68	235819/65	0/712
ضریب تغییرات	-	3/38	4/96	3/53	4/97

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال 5 و یک درصد

جدول 4- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری سطوح مختلف کود نیتروژنه و باکتری‌های محرک رشد بر انتقال مجدد ماده خشک و صفات مرتبط با آن

تیمار	صفات مورد بررسی	انتقال ماده خشک از کل بوته (میلی گرم)	سهم فرآیند انتقال مجدد در عملکرد دانه (درصد)	انتقال ماده خشک از ساقه (میلی گرم)	سهم مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه (درصد)
عدم مصرف کود	عدم تلقیح	23843/3 a	32/98 a	15314/6 a	21/41 a
	ازتوباکتر	22626/7 ab	30/21 b	14512/4 ab	19/58 b
	آزوسپریلیوم	22493/3 bc	30/41 b	14437/1 ab	19/73 b
	سودوموناس	22060 bcd	28/81 b	14166/8 bc	18/7 b
80 کیلوگرم در هکتار	عدم تلقیح	22543/3 bc	28/43 b	14469/6 ab	18/45 b
	ازتوباکتر	21326/7 bcd	25/24 c	13667/4 bcd	16/35 c
	آزوسپریلیوم	21193/3 cd	24/93 c	13592/1 bcd	16/17 c
	سودوموناس	20760 def	23/95 cd	13321/8 cde	15/55 cd
160 کیلوگرم در هکتار	عدم تلقیح	21043/3 ed	23/77 cd	13494/6 cde	15/42 cd
	ازتوباکتر	19260/7 g	21/01 e	12346/8 e	14/64 e
	آزوسپریلیوم	19693/3 fg	21/77 de	12617/1 ef	14/12 de
	سودوموناس	19828 fg	21/97 de	12770/5 def	14/23 de

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

گسترش سطح برگ و افزایش شاخص سطح برگ (شکل 1)، توانایی تولید مواد فتوسنتزی بیشتری را برای مخازن فراهم ساخته و به تبع از آن انتقال مجدد ماده خشک کاهش می‌یابد. غلامی و همکاران (2009) افزایش سطح برگ ذرت در پاسخ به تلقیح با ازتوباکتر براسیلنز دی- س- ام، 1690[1] را تا حدود 65 درصد گزارش نمودند. سید شریفی (2011) در بررسی تغییرات سطح برگ ارقام ذرت تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد، بیشترین شاخص سطح برگ را در پرایمینگ بذر با ازتوباکتر و کمترین آن را در حالت عدم پرایمینگ بذر گزارش نمودند. در این بررسی نیز به دلیل اینکه تلفیق باکتری و نیتروژن، شاخص سطح برگ را افزایش داده (شکل 1) و متعاقب آن فتوسنتز و مواد اندوخته‌ای در گیاه بالا می‌رود. در همچون شرایطی منبع قادر به تامین ظرفیت مخزن خواهد بود و توانایی منبع در تامین نیاز مخزن موجب می شود که انتقال مجدد ماده خشک کاهش یابد.

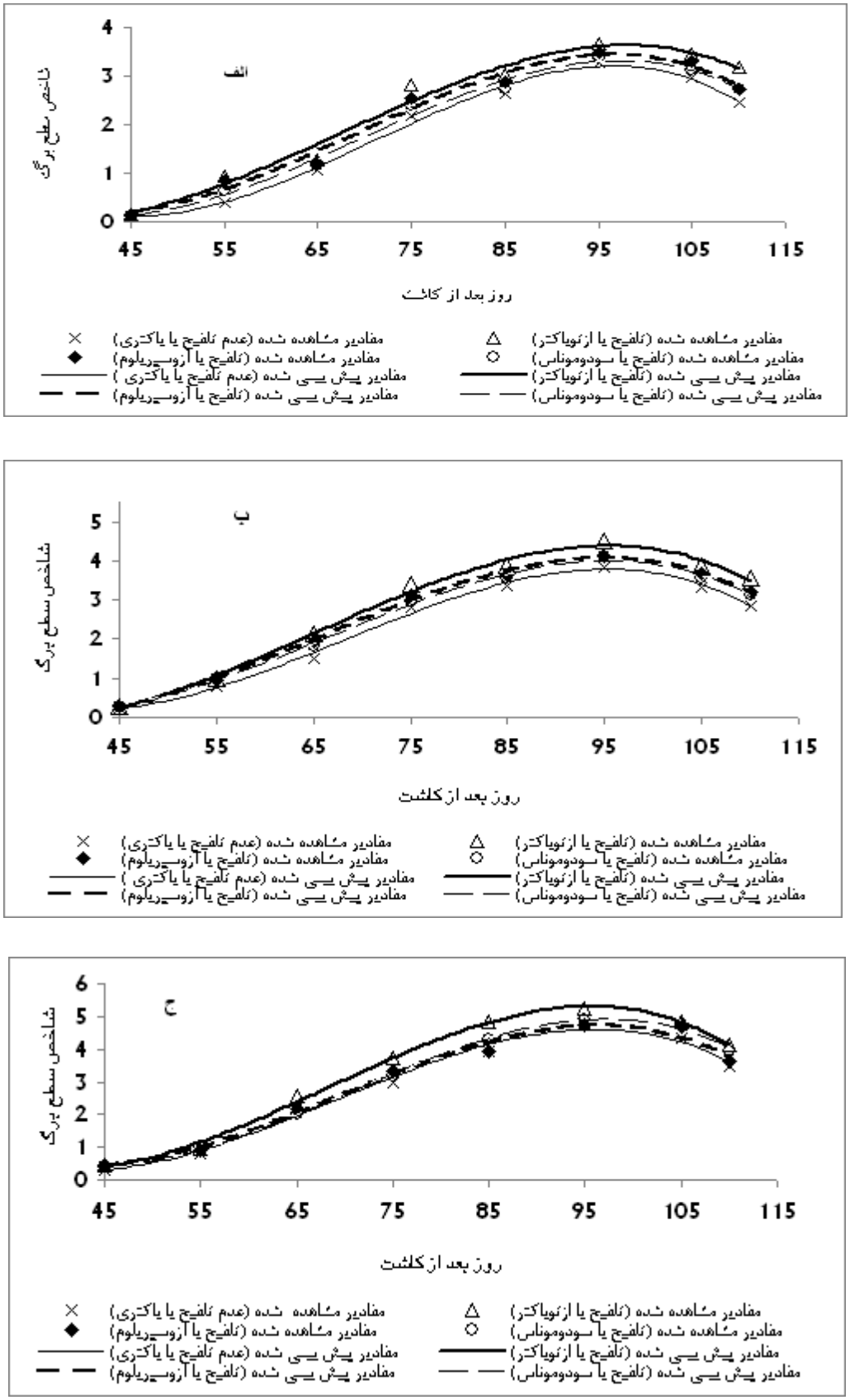
سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه: بیشترین سهم این فرایند در عملکرد دانه (32/98 درصد) در صورت عدم مصرف کود نیتروژنه و عدم تلقیح بذر با باکتری و کمترین مقدار آن (21/01 درصد) در بالاترین سطح کود نیتروژنه به همراه عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد برآورد گردید (جدول 4). بدیهی است که میزان انتقال ماده خشک و سهم این فرایند در عملکرد دانه، بیشتر تحت تاثیر روابط منبع و مخزن و شرایط محیطی قرار می گیرد. به نظر می رسد در شرایط کمبود نیتروژن، قدرت مخزن (فعالیت مخزن × اندازه آن= قدرت مخزن) بیشتر است، بنابراین به دلیل روابط فیزیولوژیکی موجود بین منبع و مخزن (ظرفیت بالای مخزن موجب فعالیت بیشتر منبع میشود)، منبع از طریق افزایش انتقال ماده خشک، مواد مورد نیاز مخزن را فراهم می سازد، ولی در شرایط وجود نیتروژن کافی، چون فتوسنتز جاری بواسطه افزایش شاخص سطح برگ (شکل‌های1) برای مدت زمان طولانی تری تداوم می یابد و می‌تواند مواد مورد نیاز مخازن را تامین نماید در نتیجه تعادل بین مبدا و مقصد تا حدودی حفظ شده و سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه به حداقل می رسد.

میزان مشارکت ذخایر ساقه: میزان مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه با افزایش کود نیتروژنه و کاربرد باکتری‌های محرک رشد کاهش نشان داد (جدول 4). یوهارت وآندراد (1995) معتقدند که به دلیل روابط فیزیولوژیکی موجود بین منبع و مخزن، ظرفیت بالای مخزن موجب تحریک فعالیت منبع می‌شود و منبع از طریق افزایش انتقال ماده خشک مواد مورد نیاز مخزن را فراهم می‌سازد. در این بررسی نیز عدم کاربرد باکتری‌های محرک رشد به همراه کاهش یا عدم مصرف کود نیتروژنه منجر به افزایش انتقال ماده خشک از ساقه به دانه و افزایش سهم مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه گردید (جدول 5). سوزا و همکاران (1998) اظهار داشتند که با افزایش میزان نیتروژن قابل دسترس، سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه کاهش می‌یابد.

انتقال ماده خشک از ساقه به دانه: مقایسه میانگین داده ها (جدول 4) نشان داد که انتقال ماده خشک از ساقه به دانه نیز با کاهش کود نیتروژنه و عدم کاربرد باکتری-های محرک رشد افزایش یافت. حداکثر انتقال ماده خشک از ساقه (15314/6 میلی‌گرم) به ترکیب تیماری عدم مصرف کود نیتروژنه × عدم تلقیح بذر با باکتری و حداقل این انتقال (12346/8 میلی‌گرم) به ترکیب تیماری N_{160} × تلقیح بذر با ازتوباکتر تعلق داشت (جدول 4).

به نظر می‌رسد با افزایش کاربرد کود نیتروژنه به دلیل دسترسی به شاخص سطح برگ بالاتر (شکل 1) و ایجاد شرایط بهینه، بخش عمده‌ای از عملکرد دانه توسط فتوسنتز جاری تأمین شده و بخش کمتری به انتقال ماده خشک تخصیص می یابد. در حالی که در

[1]Azotobacter brasilense DSM 1690



شکل1- روند تغییرات شاخص سطح برگ در ترکیب تیماری عدم مصرف (الف)، مصرف80 (ب) و160 (ج) کیلوگرم نیتروژن در هکتار در بیوپرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد

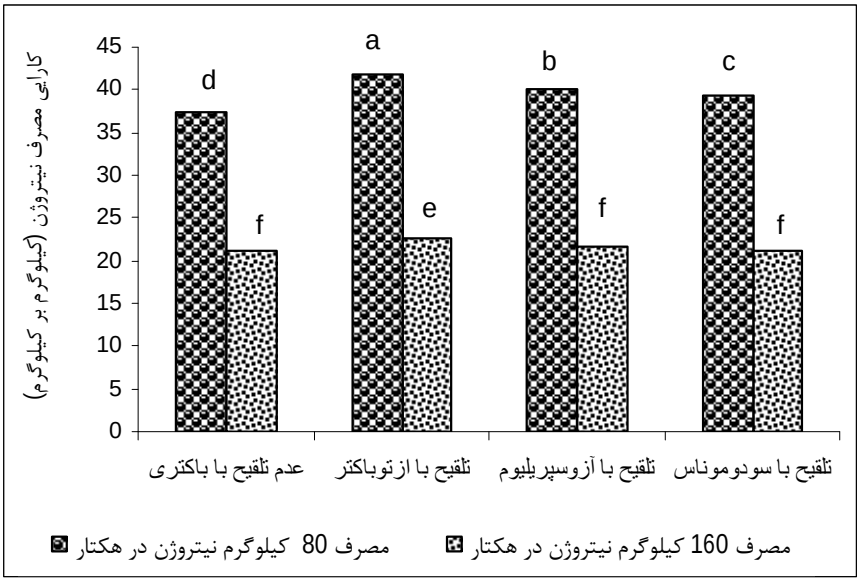
جدول 5- تجزیه واریانس تأثیر نیتروژن و پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد بر کارایی زراعی مصرف نیتروژن آفتابگردان

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		کارآیی مصرف نیتروژن	کارآیی زراعی مصرف نیتروژن
تکرار	2	3/42**	1/162**
کود نیتروژن	1	1929/17**	8/055**
باکتری‌های محرک رشد	3	8/91**	1/59**
کود نیتروژنه × باکتری‌های محرک رشد	3	280/42**	2/193**
خطا	14	0/112	0/1202
ضریب تغییرات	-	1/09	6/366

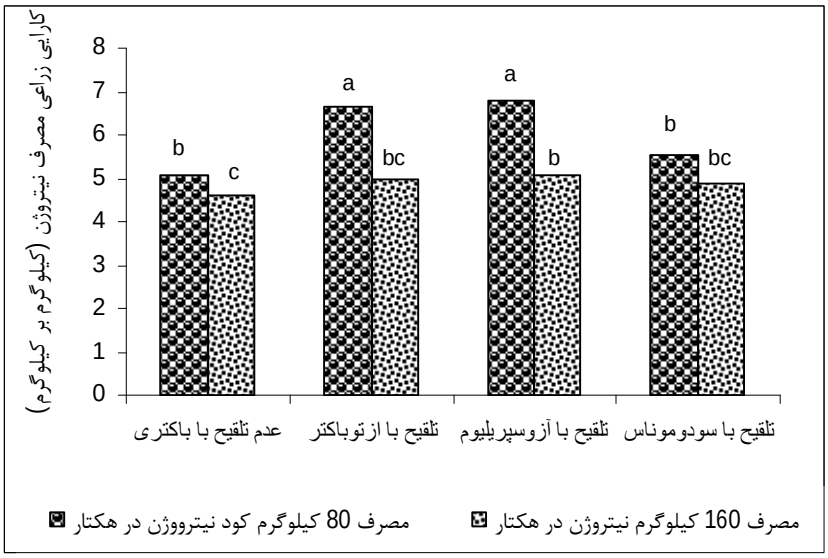
ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال 5 و یک درصد

حالت کمبود نیتروژن به دلیل کاهش سهم فتوسنتز جاری در عملکرد، عدم تعادل بین منبع و مخزن و افزایش فعالیت مخازن، منبع قادر به تامین نیاز مخازن نبوده و در چنین شرایطی سهم انتقال ماده خشک از بخش های مختلف به خصوص ساقه افزایش می‌یابد تا لااقل بخشی از نیاز مخازن را تأمین نماید.

کارایی مصرف نیتروژن: به صورت نسبت عملکرد دانه به مقدار نیتروژن مصرفی در نظرگرفته شده و عاملی کلیدی در مدیریت نیتروژن برای تولید گیاهان زراعی محسوب می‌شود (مول و همکاران، 1982). باتوجه به جدول تجزیه واریانس (جدول 3) کارایی مصرف نیتروژن تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت. بیشترین کارایی مصرف نیتروژن (41/7 کیلوگرم در کیلوگرم) به ترکیب تیماری N_{80} × ازتوباکتر و کمترین آن (21/09 کیلوگرم در کیلوگرم) به ترکیب تیماری N_{160} × عدم تلقیح تعلق داشت (شکل 2). در سطح ثابتی از تلقیح بذر، با افزایش کود مصرفی کارایی کاهش یافت. به عبارتی واکنش گیاه به مصرف کود نیتروژنه از قانون بازده نزولی میچرلیخ تبعیت می‌کند. به این مفهوم که هر چه میزان کود بیشتر شود، میزان عملکرد کمتر افزایش می‌یابد (سینگ و همکاران 1996). گودرود و جلوم (1988) اظهار داشتند که کارایی مصرف نیتروژن تحت تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژنه قرار می‌گیرد، به طوری که بالاترین کارایی با جذب اولین سطح کودی بدست می‌آید و سطوح بعدی مصرف کود، کارایی کمتری دارند. آنان علت این کاهش را فزونی سرعت از دست رفتن نیتروژن از طریق تصعید، دی - نیتریفیکاسیون، آبشویی و یا به علت عدم استفاده موثر از آن نسبت دادند. سید شریفی و همکاران (1385) اظهار داشتند که به تدریج با مصرف مقادیر بالاتر کود، کمبود عناصر غذایی گیاه برطرف می‌شود و از این مرحله به بعد واکنش گیاه در برابر کود مصرفی و به تبع از آن کارایی مصرف کود کاهش می‌یابد. تلقیح بذر با باکتری به همراه کود نیتروژنه در سطوح پایین تر منجر به بهبود کارایی مصرف کود گردید. مانسک و همکاران (2000) دریافتند که استفاده از مایه تلقیح ازتوباکتر با افزایش طول و تراکم ریشه‌ها سبب افزایش کارایی مصرف نیتروژن و عملکرد دانه گندم گردید. یزدانی و همکاران (1389) در بررسی بر روی گیاه ذرت تحت تأثیر باکتری‌های محرک رشد وکودهای ازته و فسفره گزارش کردند که کارایی مصرف کود نیتروژنه با کاهش 50 درصد از کود نیتروژنه و مصرف کامل کود فسفره به همراه کودهای بیولوژیک



شکل 2- مقایسه میانگین ترکیب تیماری سطوح نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد بر کارآیی مصرف نیتروژن در آفتابگردان



شکل 3- مقایسه میانگین ترکیب تیماری سطوح نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد برکارآیی زراعی مصرف نیتروژن در آفتابگردان

(PGPR) به طور معنی‌داری نسبت به شاهد بدون تلقیح (NPK) افزایش می‌یابد.

با معنی‌دار شدن کارایی زراعی مصرف نیتروژن تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن، تلقیح بذر با باکتری های محرک رشد و اثر ترکیب تیماری این دو عامل (جدول3) و مقایسه میانگین‌های مربوطه مشخص گردید بیشترین کارایی زراعی مصرف نیتروژن (6/8 کیلوگرم در کیلوگرم) به ترکیب تیماریN_{80}× ازتوباکتر و کمترین آن (4/6 کیلوگرم در کیلوگرم) به ترکیب تیماریN_{160} × عدم تلقیح تعلق داشت (شکل2). پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش کارایی زراعی مصرف نیتروژن نسبت به عدم پرایمینگ بذر گردید. در بین تیمارهای باکتری، آزوسپریلیوم بیشترین کارایی زراعی را به خود اختصاص داد. به نظر می‌رسد برای صرفه‌جویی وافزایش کارایی مصرف کودهای نیتروژنه، استفاده از باکتری‌های محرک رشد که تثبیت کننده نیتروژن بوده و می‌توانند در طول رشد گیاه، نیتروژن را تثبیت و در اختیار گیاه قرار دهند، امری ضروری باشد (زیدی و محمد، 2006). زهیر و همکاران (2004) اظهار داشتند که باکتری‌های محرک رشد با تغییر در اندازه و مورفولوژی ریشه‌ها به دلیل افزایش توانایی ریشه‌ها در دسترسی به حجم وسیع‌تر خاک، افزایش قابلیت استفاده در جذب عناصر غذایی و آب، در نهایت منجر به افزایش کارایی زراعی مصرف کود و عملکرد بیشتر خواهد شد. بنابراین می‌توان چنین اظهار نمود که تلقیح بذر با باکتری نقش مهمی در افزایش کارایی زراعی نیتروژن داشت به طوری که در سطح ثابت 80 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه، تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد بیشترین کارایی را به خود اختصاص داد. آزوسپریلیوم و ازتوباکتر به عنوان تحریک کننده رشد گیاهی، غیر از تثبیت نیتروژن مولکولی با تولید هورمون‌های رشد مانند اکسین منجر به افزایش تولید تارهای کشنده ریشه و جذب عناصر غذایی از خاک و سبب بهبود کارایی زراعی مصرف کود می‌شوند. نتایج مشابهی نیز توسط انجم و همکاران (2007)، کندی و همکاران (2004)؛ زیدی و محمد (2006) گزارش شده است.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس تأثیر نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی خصوصیات زراعی آفتابگردان در جدول 6 نشان داد که سطوح مختلف نیتروژن، بیوپرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد و اثر ترکیب تیماری این دو عامل بر صفات مورد بررسی تاثیر معنی‌داری داشت.

تعداد دانه در طبق : با افزایش سطوح نیتروژن، تعداد دانه در طبق افزایش یافت. تعداد دانه در طبق در بذرهای تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد نسبت به عدم تلقیح به طور معنی‌داری افزایش نشان داد (جدول 7). بیشترین تعداد دانه در طبق (1050/6) از ترکیب تیماری N_{160} × ازتوباکتر و کمترین آن (775/6) از ترکیب تیماری N_0 × عدم تلقیح بذر با باکتری بدست آمد (جدول7). این افزایش حدود 26/17 درصد نسبت به تیمار شاهد می‌باشد. سلیمان‌زاده و همکاران (2010) نتایج مشابهی را گزارش کردند. آن‌ها افزایش تعداد دانه در طبق را در اثر تلقیح بذر با ازتوباکتر 7 درصد گزارش نمودند. حسن‌زاده و همکاران (1386) افزایش 17 درصدی تعداد دانه در سنبله جو را تحت تأثیر باکتری محرک رشد برآورد نمودند. رجایی و همکاران (1386) با بررسی پرایمینگ بذور گندم با ازتوباکتر اظهار داشتند که با وجود اینکه بین مقایسه میانگین ترکیبات تیماری اختلافاتی وجود داشت ولی این اختلاف به لحاظ آماری معنی‌دار نبود.

قطر طبق: به صورت معنی‌داری تحت تاثیر فاکتورهای مورد بررسی قرار گرفت (جدول 6). مقایسه میانگین ها نشان داد که ترکیب تیماری N_{160} × ازتوباکتر دارای بیشترین قطر طبق (31/8 سانتی‌متر) و ترکیب تیماری N_0 × عدم تلقیح بذر با باکتری دارای کمترین قطر طبق (20/93 سانتی‌متر) بود (جدول7). احمد و همکاران

(2010) افزایش قطر طبق را در استفاده از کودهای بیولوژیکی نسبت به شاهد گزارش نمودند. سلیمان‌زاده و همکاران (2010) اثر باکتری و اثر متقابل باکتری در سطوح نیتروژن را بر قطر طبق نسبت به شاهد غیر معنی‌دار گزارش کردند. این در حالی است که شوکت و همکاران (2006) تأثیر باکتری‌های محرک رشد را بر قطر طبق آفتابگردان معنی‌دار گزارش نمودند.

درصد و عملکرد روغن: افزایش روغن از اهداف اصلی تولید دانه‌های روغنی است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول 6) حاکی از آن است که درصد روغن تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت. اثر ترکیب تیماری N_{160} × ازتوباکتر بیشترین درصد روغن (52/47%) و ترکیب تیماری N_0 × عدم تلقیح بذر با باکتری کمترین درصد روغن (41/02%) را نشان داد (جدول 7). تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد تأثیر مثبت و معنی‌داری در افزایش روغن آفتابگردان داشت. کاظم وآل میسلبی (1992)، استیر و سیلر(1990) گزارش کردند که با افزایش کاربرد نیتروژن درصد روغن بذر کاهش می‌یابد. در حقیقت رابطه منفی بین افزایش نیتروژن و درصد روغن وجود دارد. در این آزمایش به نظر می‌رسد مقدار کود نیتروژنه در حدی نبود که بتواند درصد روغن را کاهش دهد.

بررسی اکبری و همکاران (1388) نشان داد که در بذرهای تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد درصد روغن نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) افزایش یافت. شهاتا و خواز (2003) افزایش معنی‌دار درصد روغن آفتابگردان را با کاربرد باکتری‌های محرک رشد گزارش نمودند. شوکت و همکاران (2006) در تلقیح باکتری‌های محرک رشد با بذر آفتابگردان به این نتیجه رسیدند که درصد روغن در بیشتر سویه‌های باکتری‌های بکار برده شده افزایش یافت. بیشترین درصد روغن (30/35%) به ازتوباکتر تعلق داشت. همچنین افزایش درصد روغن در اثر تلقیح سویه‌های مختلف باکتری در این آزمایش نسبت به شاهد بین 0/27 تا 18 درصد براورد گردید که به ترتیب به سویه-هایی از باکتری سودوموناس و ازتوباکتر مربوط می-شد (شوکت و همکاران، 2006).

بررسی‌های سلیمان‌زاده و همکاران (2010) نشان داد که عملکرد روغن در اثر ازتوباکتر به صورت معنی‌داری افزایش یافت. به طوری که بذرهای تلقیح شده با ازتوباکتر نسبت به بذرهای تلقیح نشده دارای 7 درصد عملکرد روغن بیشتری بودند. آن‌ها گزارش کردند که تفاوت آماری معنی‌داری در عملکرد روغن بین 100 و 75 درصد کود نیتروژنه توصیه شده وجود نداشت.

اثر متقابل تیمارهای مورد بررسی عملکرد روغن را نسبت به شاهد به صورت معنی‌داری افزایش داد (جدول 7). با توجه به اینکه درصد روغن و عملکرد دانه در اثر کاربرد تیمارها افزایش یافت، افزایش عملکرد روغن دور از انتظار نبود. بیشترین عملکرد روغن (1887/81 kg/ha) مربوط به ترکیب تیماریN_{160} × ازتوباکتر و کمترین آن (1057/2 kg/ha) در ترکیب تیماری N_0 × عدم تلقیح بذر با باکتری برآورد گردید. البته بین ترکیب‌های تیماری N_{160} × عدم تلقیح بذر با باکتری و N_{80} × ازتوباکتر اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر در عملکرد روغن وجود نداشت (جدول 7).

بررسی‌های سلیمان‌زاده و همکاران (2010) در خصوص تأثیر تلقیح بذر آفتابگردان با ازتوباکتر در سطوح مختلف نیتروژن نشان داد که عملکرد روغن در اثر ازتوباکتر به صورت معنی‌داری افزایش می‌یابد. به طوری که بذرهای تلقیح شده با ازتوباکتر نسبت به بذور تلقیح نشده دارای 7 درصد عملکرد روغن بیشتری بودند. اثر سطوح کود نیتروژنه بر درصد روغن دانه در این آزمایش معنی‌دار بود. بنابراین با اثر مثبت ازتوباکتر بر روی عملکرد روغن، به نظر می‌رسد که استفاده از کودهای بیولوژیک در افزایش عملکرد روغن آفتابگردان به همراه کودهای شیمیایی مهم باشد.

جدول 6- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه آفتابگردان در مقادیر مختلف کود نیتروژنه و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		دانه در طبق	قطر طبق	درصد روغن	عملکرد روغن	ارتفاع بوته	عملکرد دانه
تکرار	2	4299/71**	1/97*	6/24 ns	6930/404ns	1/86 ns	42760/091**
کود نیتروژنه	2	156352/74**	121/5**	110/99**	906516/753**	954/1**	1853991/14**
باکتری‌های محرک رشد	3	4820/91**	23/83**	25/41**	95846/731**	83/78**	111312/052**
نیتروژنه× باکتری	6	30025/86**	30/46**	28/104**	192205/775 **	213/15**	370427/25**
خطا	22	368/328	0/436	5/73	4215/591	7/16	1961/156
ضریب تغییرات (%)	-	7/06	3/66	5/13	4/46	2/6	11/2

*** و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد**

جدول7- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری سطوح مختلف کود نیتروژنه در پیش تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد بر برخی صفات در آفتابگردان

کود	باکتری	دانه در طبق	قطر طبق (cm)	روغن (%)	عملکرد روغن (kg/ha)	ارتفاع بوته (cm)	عملکرد دانه (kg/ha)
عدم مصرف کود	عدم تلقیح	775/6f	20/93h	41/02e	1057/2i	152/87 g	2577/5h
	ازتوباکتر	835/36e	23/13 gh	46/2 bcd	1295/24 fg	156/93 fg	2803/93 f
	آزوسپریلیوم	806/27ef	21/96 gh	43/7 de	1160/39 hi	158/93 ef	2657/07g
	سودوموناس	799/18f	23/26f	44/13de	1189/96gh	161/9de	2695/94g
80 کیلوگرم در هکتار	عدم تلقیح	891/43d	22/06 gh	45cde	1343/17f	164/1cd	2984/56e
	ازتوباکتر	973/62b	24/66 de	47/13bcd	1572/86cd	170b	3336/93c
	آزوسپریلیوم	948/02bc	23/56ef	46/46bcd	1488/54de	167/16bc	3202/18d
	سودوموناس	935/54c	23/95ef	46/36bcd	1455/23e	168/77bc	3139/15d
160 کیلوگرم در هکتار	عدم تلقیح	1023/87a	25/2d	47/43bcd	1600/85cd	170/36b	3374/45c
	ازتوباکتر	1050/6a	31/8 a	52/47a	1887/81a	180/97a	3603/35a
	آزوسپریلیوم	1025/66a	27/3c	50/05ab	1736/5b	178/87a	3471/12b
	سودوموناس	1025a	29/1b	49/3abc	1675/41bc	171/66b	3400/75 bc

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

ارتفاع بوته: مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری فاکتورهای مورد بررسی نشان داد که حداکثر ارتفاع بوته (180/97 سانتی‌متر) به ترکیب تیماری N_{160} × ازتوباکتر و کمترین آن (152/87 سانتی‌متر) به ترکیب تیماری N_0 × عدم تلقیح بذر با باکتری تعلق داشت (جدول 7). باکتری‌های محرک رشد می‌توانند ارتفاع گیاه و قابلیت تولید را از طریق سنتز فیتوکروم‌ها، افزایش فراهمی مواد غذایی در یک محل، سهولت جذب مواد غذایی و القای مقاومت سیستماتیک به عوامل بیماری‌زا افزایش دهند (بورد و همکاران، 2000).

چاندراسکار و همکاران (2005) افزایش ارتفاع ارزن را بر اثر تلقیح با ازتوباکتر و آزوسپریلیوم همراه با کاربرد اوره گزارش دادند. زهیر و همکاران (2000) افزایش 5/8 درصدی ارتفاع بوته ذرت را به واسطه تلقیح آن با ازتوباکتر و سودوموناس گزارش نمودند. آن‌ها تولید اسید ایندول-3- استیک به وسیله سویه‌های مختلف باکتری‌های جنس ازتوباکتر را عامل افزایش قابل ملاحظه در رشد و عملکرد گزارش کردند. کادر و همکاران (2002) تلقیح بذر با ازتوباکتر در سطوح مختلف کود نیتروژن را بر ارتفاع نهایی بوته مثبت و معنی‌دار ارزیابی نمودند. بدوی و آمر (1997) نیز به افزایش 24 درصدی ارتفاع بوته به واسطه تلقیح بذر با ازتوباکتر اشاره نمودند.

شایان ذکر است که ارتفاع بوته در ترکیب‌های تیماری N_{160}× عدم تلقیح با باکتری و N_{80} × ازتوباکتر در یک گروه قرار داشته و از لحاظ آماری معنی‌دار نبودند (جدول7). این نتایج با یافته‌های سلیمان‌زاده و همکاران (2010) در مورد تأثیر کود نیتروژنه و ازتوباکتر بر ارتفاع آفتابگردان مطابقت داشت.

عملکرد دانه: مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد و سطوح مختلف کود نیتروژنه حاکی از آن است که بیشترین عملکرد دانه (3603/35 کیلوگرم در هکتار) در پرایمینگ بذر با ازتوباکتر و مصرف 160 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه و کمترین آن (2577/5 کیلوگرم در هکتار) در حالت عدم پرایمینگ بذر و بدون مصرف کود نیتروژنه برآورد گردید (جدول 7). در ضمن عملکرد دانه در ترکیب تیماریN_{160} × عدم تلقیح با باکتری و N_{80} × پرایمینگ بذر با ازتوباکتر اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. این بدان معنی است که با مصرف کم کود نیتروژنه همراه با استفاده از باکتری‌های محرک رشد می‌توان به عملکردی معادل ترکیب تیماری N_{160} × عدم تلقیح رسید به عبارتی به نظر می‌رسد با این عمل می-توان با مصرف کم کود شیمیایی ضمن صرفه جویی در هزینه و امکان کاهش آلودگی احتمالی منابع آب های زیرزمینی در اثر آبشویی نیترات، به عملکرد قابل قبولی دست پیدا نمود. البته سلیمان‌زاده و همکاران (2010) اثر ترکیب تیماری کود نیتروژنه و ازتوباکتر را بر عملکرد دانه آفتابگردان به دلیل pH پایین خاک و نبودن زمان کافی برای رسیدن به حداکثر فعالیت ازتوباکتر غیر معنی‌دار گزارش کردند. به نظر می‌رسد این افزایش عملکرد ناشی از افزایش جمعیت‌های میکروبی در خاک یا ریزوسفر است که به وسیله 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 موجب بهبود رشد گیاه و در نهایت افزایش عملکرد می‌شوند. روستی و همکاران (2006) علت افزایش عملکرد توسط باکتری‌های محرک رشد به همراه کود نیتروژنه را به نقش مثبت باکتری در تنظیم و تولید هورمون‌های محرک رشد و توسعه بهتر ریشه گیاه نسبت دادند که با افزایش امکان جذب بیشتر به بهبود عملکرد کمک می‌نماید. نتایج بررسی‌های اکبری و همکاران (1388) نشان داد که عملکرد بذرهای تلقیح شده آفتابگردان با باکتری‌های افزاینده رشد نسبت به عملکرد بذرهای بدون تلقیح از افزایش 9 درصدی برخوردار بودند. کلوپر و بیوچاپ (1992) گزارش کردند که عملکرد گندم بین 30 تا 40 درصد در تلقیح با باکتری‌های محرک رشد افزایش می‌یابد. کلوپر و

همکاران (1980a,b) اظهار داشتند که عملکرد گیاهانی همچون برنج، ذرت و نیشکر در تلقیح با باکتری‌های محرک رشد10 تا 30 درصد افزایش می‌یابند. زهیر و همکاران (1998) افزایش 19/8 درصدی عملکرد دانه ذرت را بر اثر تلقیح بذر با باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم گزارش کردند.

نتیجه‌گیری

با افزایش سطوح کود نیتروژنه و کاربرد باکتری-های محرک رشد عملکرد دانه و اکثر صفات مورد بررسی افزایش یافت. بین سطوح کود نیتروژنه، مصرف 160 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و در بین پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد، ازتوباکتر بیشترین عملکرد را به خود اختصاص دادند. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که عملکرد دانه در ترکیب تیماری مصرف 160 کیلوگرم نیتروژن در هکتار درحالت عدم تلقیح، با ترکیب تیماری مصرف 80 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در پیش تیمار بذر با ازتوباکتر اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. به عبارتی کاربرد باکتری‌های محرک رشد در ترکیب با مقادیر کمتر کود شیمیایی اوره توانست عملکردی معادل با مصرف بالای کود شیمیایی ولی در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری را تولید نماید. ضمن انکه بیشترین کارایی زراعی مصرف نیتروژن به سطح کودی 80 کیلوگرم در هکتار و پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد تعلق داشت. به نظر می‌رسد به کارگیری توأم باکتری و کود شیمیایی در بهبود عملکرد و کارایی مصرف کود آفتابگردان تأثیر مثبتی داشته و بجای مصرف مداوم کود شیمیایی می‌توان با استفاده بهینه از نهاده‌های زیستی در راستای کشاورزی پایدار و کاهش آلودگی ناشی از مصرف کود شیمیایی گام برداشت.

منابع مورد استفاده

اکبری پ، قلاوند ا و مدرس ثانوی س ع، 1388. اثرات سیستم های مختلف تغذیه و باکتری‌های افزاینده رشد بر فنولوژی، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد دوم، شماره سوم، صفحات: 134-119.

امام ی، سلیمی کوچی س و شکوفا آ، 1388. تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن‌دار بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم (*Triticum aestivum*) در شرایط آبی و دیم. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد 7. شماره1. صفحات 332-321.

حسن‌زاده ا، مظاهری د، چایچی م ر و خاوازی ک ، 1386. کارایی مصرف باکتری‌های تسهیل کننده جذب فسفر و کود شیمیایی فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد جو. مجله پژوهش و سازندگی، شماره 75، صفحات 118-111.

رجایی س، علیخانی ح ع و رئیسی ف، 1386. اثر پتانسیل‌های محرک رشد سویه‌های بومی ازتوباکتر کروکوکوم روی رشد، عملکرد و جذب عناصر غذایی در گندم. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال یازدهم. شماره چهل و یکم. صفحات 296-285.

زرین‌کفش م، 1371. حاصلخیزی خاک و تولید. انتشارات دانشگاه تهران. صفحات 189 -197.

سید شریفی ر، 1388. گیاهان صنعتی. انتشارات عمیدی تبریز. چاپ دوم. صفحات 133- 107.

سید شریفی ر، راعی ی و اصغری ر ، 1385. تأثیر تراکم و سطوح کود ازته بر عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن در سورگوم علوفه‌ای اسپیدفید. گزارش طرح پژوهشی مصوب دانشگاه محقق اردبیلی. صفحات 118-115.

عامری ع، 1377. بررسی اثرات مراحل مختلف برداشت علوفه بر استفاده از نیتروژن در کشت دو منظوره جو رقم نومار. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

گلچین ا، 1379. بررسی اثرات سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد آفتابگردان. انتشارات مرکز تحقیقات کشاورزی زنجان. صفحه 50.

یزدانی م، پیردشتی ه، اسماعیلی م ع و بهمن یار م ع ،1389. اثر تلقیح باکتری‌های حل کننده فسفر و محرک رشد بر کارایی مصرف کودهای ازته و فسفره در کشت ذرت سینگل کراس 604. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی جلد سوم. شماره دوم. تابستان 89 . صفحات 80-65.

Ahmed AG, Orabi SA and Gaballah MS, 2010. Effect of bio-N-P fertilizer on the growth, yield and some biochemical components of two sunflower cultivars. Inter. J. Agric. Res. 2(4): 271-277.

Anjum MA, Sajjad MR, Akhtar N, Qureshi MA, Iqbal A, Jami AR and Hasan M, 2007. Response of cotton to Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) inoculation under different levels of nitrogen. Agric. Res. 45: 135-143.

Badawy FH and Amer SB, 1977. The effect of inoculation with Azotobacteron the growth of wheat and tomato plants. Libyan J. Agric. 3: 141-143.

Barnett KH and Pearce RB, 1983. Source-sink ratio alternation and its effect on physiological parameters in maize. Crop Sci. 23:294-299.

Burd GI, Dixon DG and Glick BR, 2000. Plant growth promoting rhizobacteria that decrease heavy metal toxicity in plants. Can. J. Microbiol. 33: 237-245.

Chandrasekar BR, Ambrose G and Jayabalan N, 2005. Influence of biofertilizers and nitrogen source level on the growth and yield of *Echinochloa frumentacea* (Roxb) Link. J. Agric. Technol.1: (2).223-234.

Ehdaie B and Wanies JG, 1996. Genetic variation for contribution of preanthesis assimilates to grain yield in spring wheat. J. Gentic and Breeding. 50: 47-56.

Fages J and Arsac JF, 1991. Sunflower inoculation with *Azospirillum* and other plant growth promoting rhizobacteria. Plant and Soil. 137: 87-90.

Goodroad LL and Jellum MD, 1988. Effect of N fertilizer rate and soil pH on N efficiency in corn. Plant and Soil. 106: 85-89.

Golami A, Shasavani S and Nezarat S, 2009. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) germination, seedling growth and yield of maize. Proceedings of Word Academy of Science. Engineer and Techno. 37: 2070-3740.

Kader MA, Main MH and Hoque MS, 2002. Effects of *Azotobacter* inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. J. Biol. Sci. 2: 259-261.

Karimi MM and Siddigue KHM, 1991. Crop growth and relative growth rate of old and modern wheat cultivars. Aust J. Agric Res, 42: 13- 20.

Kasem MM and EL-Mesilby MA, 1992. Effect of rates and application treatments of nitrogen fertilizer on sunflower (*Heliuntus annuus* L.). 1.Growth characters. Annals. Agric. Sci. Moshtohor. 30: 653-663.

Kennedy IR, Choudhury AT and Kecskes ML,2004. Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promotion be better exploited? Soil. Biol. Biochem. 36: 1229-1244.

Kloepper J and Beauchamp W, 1992. A review of issues related to measuring of plant roots by bacteria. Can. J. Microbiol. 38: 1219-1232.

Kloepper JW, Leong L and Teintze Mand Schroth MN, 1980a. Enhanced plant growth by siderophores produced by PGPR. Nature. 268: 885-886.

Kloepper JW, Schroth MN and Miller TD, 1980b. Effect of rhizosphere colonization by plant growth promoting rhizobacteria on potato plant development and yield. Phytopatol. 70: 1078-1082**.**

Koutroubas SD, Papacosta DK, Doitsinis A, 2004. Cultivar and seasonal effects on the contribution of pre-anthesis assimilates to safflower yield. Field Crops Res. 90: 263–274.

López Pereira M, Berney A, Hall AJ, Trápani N, 2008. Contribution of pre-anthesis photoassimilates to grain yield: Its relationship with yield in Argentine sunflower cultivars released between 1930 and 1995 . Field Crops Res. 105 (1-2): 88-96.

Majedi R and Khademi Z, 1999. Effect of placement of potassium and phosphorus fertilization crop yield. International symposium on balanced fertilization and crop response to potassium. Soil and Water. Res. Tehran, Iran, pp. 3-5.

Manske GB, Luttger A, Behi RK, Vlek PG and Cimmit M, 2000. Enhancement of mycorhiza (VAM) infection, nutrient efficiency and plant growth by *Azotobacter chroococum* in wheat. Plant Breed. 13: 78-83.

Moll RH, Kamprath EJ and Jackson WA, 1982. Analysis and interpretation of factor which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agron. J. 74: 262-264.

Seyed Sharifi R, 2011. Study of grain yield and some of physiological growth indices in maize (*Zea mays* L.) hybrids under seed biopriming with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). J. Food, Agric and Environ. 9 (3&4): 393-397.

Roesti D, Gaur R, Johri BN, Imfeld G, Sharma S, Kawaljeet K and Aragno M,2006. Plant growth stage, fertilizer management and bioinoculation of Arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. Soil. Biol. Biochem., 38: 1111–1120.

Scheiner JD, Gutierrez-Boem FH and Lavado RS, 2002. Sunflower nitrogen requirement and ^{15}N fertilizer recovery in Western Pampas, Argentina. Eur. J. Agron. 17: 73-79.

Sharma AK, 2003. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India.

Shata SM, Mahmoud A and Siam S, 2007. Improving calcareous soil productivity by integrated effect of intercropping and fertilizer. Res. J. Agric. Biol. Sci. 3: 6.733-739.

Shaukat K , Afrasayad S, Hasman S, 2006. Growth responses of *Helianthus annuus* to plant growth promoting rhizobacteria used as a bio fertilizer. J. Agric. Res. 1: 573-581.

Shehata MM and EL-Khawas SA, 2003. Effect of two biofertilizers on growth parameters, yield characters, nitrogenous components, nucleic acids content, minerals, oil content, protein profiles and DNA banding pattern of sunflower yield. Pak. J. Biol. Sci. 6: 14. 1257-1268.

Singh R, Sharma RK and Singh M, 1996. Effect of P, Zn, Fe, $CaCo_3$ and farm yard manure application on yield and quality of sunflower *(Helianthus annuus* L.*)*. Ann. Biol. 12: 267-272.

Soleimanzadeh H, Habibi D, Ardakani M, Paknejad F and Rejali F , 2010. Response of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) to inoculation with *Azotobacter* under different nitrogen levels. Amer-Eur J. Agric. & Environ Sci, 7(3): 265-268.

Souza SR, Mariam E, Stark LM and Fernandes MS, 1998. Nitrogen remobilization during the reproductive period in two Brazilian rice varieties. J. Plant Nutr. 21: 2049-2053.

Steer BT and Seiler GI, 1990. Changes in fatty acid composition of sunflower seeds in response to time of nitrogen application, supply rates and defoliation. J. Sci. Food Agric. 51: 11-26.

Uhart SA and Andrade HF, 1995. Nitrogen defoliation in maize. I: Effecton crop growth development, dry matter partitioning and kernel set. Crop Sci. 35:1376-1383.

Wu SC, Cao ZH, Li ZG and Cheung KC, 2005. Effect of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a green house trial. Geoderma. 125: 155-166.

Zahir AZ, Abbas SA, Khalid A and Arshad M, 2000. Substrate dependent microbially derived plant hormones for improving growth of maize seedling. Pak. J. Bio. Sci. 3: 289-291.

Zahir AZ, Arshad M and Khalid A, 1998. Improving maize yield by inoculation with Plant Growth Promoting Rhizobacteria. Pak. J. Soil. Sci. 15: 7-11.

Zahir AZ, Arshad M and Frankenberger WF , 2004. Plant growth promoting rhizobacteria. Adv Agron. 81: 97-168.

Zaidi A and Mohammad S, 2006. Co-inoculation effects of phosphate solubilizingmicro-organisms and glomus fasciculatum on green gram-bradyrhizobium symbiosis. Agric Sci. 30: 223-230.