

اثر نیتروژن و باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد بر عملکرد و برخی شاخص‌های رشدی آفتابگردان

Effect of Nitrogen and Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Yield and Some Growth Indices of Sunflower (*Helianthus annus L.*)رئوف سیدشریفی^{۱*} و حمید نظری^۲

تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۲/۱۳

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۷/۲۹

چکیده

به‌منظور بررسی اثر نیتروژن و باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد بر عملکرد و برخی شاخص‌های رشدی آفتابگردان، آزمایشی 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، ۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره به‌ترتیب به‌صورت N_0 ، N_{80} و N_{160} و تلقیح بذر با باکتری افزایش‌دهنده رشد در چهار سطح (عدم‌تلقیح، تلقیح بذر با/زئوباکتر کروکوکوم استرین ۵، *Azotobacter chroococcum* strain 5، آزوسپیریلیوم لیپوفروم استرین OF، *Azospirillum lipoferum* strain OF و سودوموناس پوتیدا استرین ۱۸۶، *Pseudomonas putida* strain 186) بودند. نتایج نشان داد با افزایش سطوح کود نیتروژنه و کاربرد باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد، عملکرد کمی و کیفی افزایش یافت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد عملکرد دانه در $N_{160} \times$ عدم‌تلقیح با باکتری و $N_{80} \times$ تلقیح بذر با/زئوباکتر مشابه هم بودند. تلقیح بذر با/زئوباکتر شاخص سطح برگ و ماده خشک کل را افزایش داد. در تمامی ترکیب‌های تیماری شاخص سطح برگ و ماده خشک کل به‌آرامی تا ۴۵ روز بعد از کاشت افزایش یافت. از ۴۵ تا ۹۵ روز بعد از کاشت به‌طور سریعی افزایش یافت. سپس تا ۱۱۵ روز بعد از کاشت به‌دلیل افزایش پیری برگ‌ها، سایه‌اندازی و رقابت بر سر نور و دیگر منابع کاهش نشان داد. به‌نظر می‌رسد به‌منظور افزایش عملکرد دانه و شاخص‌های رشدی، می‌توان پیشنهاد نمود که ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تلقیح بذر با/زئوباکتر به‌کار برده شود.

واژه‌های کلیدی: اوره، زئوباکتر، تلقیح، شاخص‌های فیزیولوژیک

۱ و ۲. به‌ترتیب دانشیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

Email: Raouf_ssharifi@yahoo.com

*: نویسنده مسئول

بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه محقق اردبیلی می‌باشد.

مقدمه

آفتابگردان یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی است که بعد از پنبه‌دانه و سویا بیشترین سهم تولید روغن را در کشور به خود اختصاص داده است. این گیاه پر نیاز و کودپذیر بوده و در طول دوره رشدی خود مقادیر قابل‌توجهی عناصر غذایی از جمله نیتروژن از خاک برداشت می‌کند (سید شریفی، ۱۳۸۸). نیتروژن نقش اساسی در عملکرد و بهبود فرآیندهای حیاتی گیاه دارد و کمبود آن در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد محسوب می‌گردد (زرین کفش، ۱۳۷۱). این گیاه به دلیل بر خورداری از درصد روغن بالا، ترکیب مناسب اسیدهای چرب، تحمل خشکی و سازگاری گسترده با شرایط آب و هوایی مختلف، موجب شده است که سطح کشت آن در کشور به ۷۰۰۰۰ هکتار برسد (فائول، ۲۰۱۲). نتایج بررسی‌های اکبری و همکاران (۱۳۸۸) نشان داد که با افزایش نیتروژن مصرفی، عملکرد دانه و بیولوژیک آفتابگردان افزایش یافت. این در حالی است که شینر^۲ و همکاران (۲۰۰۲) اظهار داشتند که مصرف زیاد نیتروژن، عملکرد کمی را در آفتابگردان به دلیل افزایش رشد رویشی و کیفیت دانه‌ها را به دلیل کاهش درصد روغن تحت تأثیر قرار می‌دهد. استیر و سیلر^۳ (۱۹۹۰) نیز کاهش درصد روغن آفتابگردان را با کاربرد زیاد کودهای نیتروژنه گزارش کردند. ضمن آن‌که استفاده نادرست از کودهای نیتروژنه امروزه یکی از مشکلات مهم آلودگی محیط زیست می‌باشد و این امر ضرورت تجدیدنظر در روش‌های افزایش تولید را بیش از پیش مشخص می‌سازد. در این راستا کاربرد باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه همراه با کودهای شیمیایی می‌تواند به حفظ سلامت محیط‌زیست منجر شوند (پودل^۴ و همکاران، ۲۰۰۲).

بررسی‌های اکبری و همکاران (۱۳۸۸) در آفتابگردان نشان داد که بذره‌های تلقیح شده با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد نسبت به بذره‌های بدون تلقیح از افزایش ۹ درصدی عملکرد دانه و ۸ درصدی عملکرد بیولوژیک برخوردار بودند. روستی^۵ و همکاران (۲۰۰۶) علت احتمالی افزایش عملکرد در پیش‌تیمار بذر با باکتری‌ها را به افزایش جذب مواد غذایی قابل‌دسترس و افزایش سلامتی ریشه در طول دوره‌ی رشد گندم در رقابت با

پاتوژن‌های ریشه نسبت دادند. شاتا^۶ و همکاران (۲۰۰۷) افزایش معنی‌دار درصد روغن آفتابگردان را با کاربرد باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گزارش نمودند. شوکت^۷ و همکاران (۲۰۰۶) بیشترین درصد روغن آفتابگردان را در تلقیح بذر با باکتری /زئوباکتر (۳۰/۳۵٪) و سودوموناس (۲۷/۲۷٪) گزارش نمودند. بررسی‌های سلیمان‌زاده^۸ و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که عملکرد روغن آفتابگردان در بذره‌های تلقیح شده با /زئوباکتر نسبت به بذره‌های تلقیح نشده ۷ درصد بیشتر بود. فاکس و آرساک^۹ (۱۹۹۱) اظهار داشتند که کاربرد باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد در آفتابگردان در مقایسه با تیمار شاهد منجر به افزایش عملکرد دانه، میزان روغن و پروتئین دانه شد. غلامی^{۱۰} و همکاران (۲۰۰۹) افزایش سطح برگ ذرت را در پاسخ به تلقیح با /زئوباکتر براسیلنزی دی-اس-ام، ۱۱۶۹۰ تا حدود ۶۵ درصد گزارش نمودند. سید شریفی (۲۰۱۱) بیشترین شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی ذرت را در تلقیح بذر با /زئوباکتر و کمترین آن را در حالت عدم تلقیح بذر گزارش نمود. چیمنتی^{۱۱} و همکاران (۲۰۰۲) اظهار داشتند که سرعت رشد آفتابگردان پس از رسیدن به مقدار حداکثر به دلیل سایه‌اندازی برگ‌های پایینی، تسریع پیری برگ‌ها و کاهش شدت فتوسنتز به تدریج کاهش پیدا کرده و در نهایت به مقادیر منفی می‌رسد. به دلیل اهمیت آفتابگردان در منطقه و نقش کود نیتروژنه و باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد در بهبود عملکرد کمی و کیفی و کمی بررسی‌هایی انجام شده در خصوص برهم‌کنش توأم باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد و کود نیتروژنه، موجب شد در این راستا تأثیر نیتروژن و تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد بر عملکرد کمی و کیفی و شاخص‌های رشدی آفتابگردان در شرایط اقلیمی اردبیل مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۱۳۵۰ متر اجرا گردید. اقلیم محل اجرای

6. Shata

7. Shaukat

8. Solimanzadeh

9. Fages and Arsac

10. Gholami

11. *Azotobacter brasilense DSM 1690*

12. Chiment

1. F.A.O

2. Scheiner

3. Steer and Seiler

4. Poudel

5. Roesti

سیس وزن خشک کل^۱، شاخص سطح برگ^۲، سرعت رشد نسبی^۳ و سرعت رشد محصول^۴ با استفاده از روابط ۱ تا ۴ و به شرح زیر برآورد شدند (کریمی و عزیزی، ۱۳۷۶؛ کریمی و صدیقی^۲، ۱۹۹۱). در این روابط t زمان بین مراحل نمونه برداری و a، b، c و d ضرایب معادله هستند.

$$TDM = e^{a+bt+ct^2+dt^3} \quad (1)$$

ماده خشک کل (gr.m⁻²)

$$RGR = b + 2ct + 3dt^2 \quad (2)$$

سرعت رشد نسبی (gr/gr.day)

$$CGR = (b + 2ct + 3dt^2) \times e^{(a+bt+ct^2+dt^3)} \quad (3)$$

سرعت رشد محصول (gr.m⁻².day)

$$LAI = e^{(a+bt+ct^2)} \quad (4)$$

شاخص سطح برگ

ضرایب تبیین بالا و معنی دار و توزیع مناسب نقاط واقعی در اطراف منحنی و منطقی بودن روند تغییرات از نظر فیزیولوژیک دلیل اصلی انتخاب صحیح این معادلات برای کلیه تیمارهای مورد بررسی بود. برای اندازه گیری روغن از روش سوکسله و به کمک حلال الی متانول-کلرو فرم (جوشی^۶ و همکاران، ۱۹۹۸) و پروتئین دانه از روش کج‌لدال استفاده گردید. عملکرد روغن از حاصل ضرب درصد روغن در عملکرد دانه و عملکرد پروتئین دانه با ضرب کردن درصد پروتئین در عملکرد دانه برآورد گردید. عملکرد دانه از سطحی معادل یک مترمربع 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 ۸ بوته به صورت تصادفی و از بین بوته‌های رقابت‌کننده برداشت و میانگین داده‌های حاصل به عنوان ارزش آن صفت در تجزیه واریانس مورد استفاده قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS و Excel استفاده گردید.

آزمایش از نوع نیمه‌خشک سرد می‌باشد. متوسط بارش سالیانه آن بر اساس آمار ۳۰ ساله هواشناسی بین ۲۸۰-۳۰۰ میلی‌متر متغیر است. متوسط دما و میزان بارندگی در طول فصل رشد در جدول ۱ و نتایج حاصل از خصوصیات خاکی محل اجرای آزمایش در جدول ۲ آورده شده است. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا گردید. عملیات تهیه زمین شامل شخم بهاره، دیسک و تسطیح بود. هر واحد آزمایشی شامل ۵ ردیف ۵ متری با فاصله بین ردیفی ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر بود. کاشت بذر در عمق ۵ سانتی‌متری، به صورت هیرم کاری و به طریقه دستی و با کشت دو بذر در هر کپه در تاریخ ۲۱ اردیبهشت‌ماه انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل کود نیتروژنه در سه سطح (صفر، ۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب به صورت N₀، N₈₀ و N₁₆₀) از منبع اوره و باکتری‌های افزاینده رشد در چهار سطح (عدم تلقیح، تلقیح بذر با /زئوباکتر کروکوکوم استرین ۵، /آزوسپریلیوم لیپوفروم استرین OF و سودوموناس پوتیدا استرین ۱۸۶) بودند. این باکتری‌ها بومی خاک‌های کشور بوده و مایه تلقیح آن‌ها از بخش تحقیقات بیولوژی مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. برای تلقیح بذرها میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن دارای ۱۰^۷ عدد باکتری زنده و فعال بود، استفاده گردید. همچنین از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها به نسبت ۱۰ درصد وزنی-حجمی استفاده شد. کود نیتروژنه از منبع اوره در سه مرحله به صورت ۱/۳ هم‌زمان با کاشت، ۱/۳ مرحله ۸-۶ برگی و ۱/۳ مرحله رؤیت طبق به کار برده شد. رقم مورد استفاده مستر^۵ بود که مناسب کشت برای مناطق با شرایط اقلیمی سرد است و از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد. در مرحله ۴ برگی نسبت به تنک کردن بوته‌ها اقدام گردید. آبیاری بر اساس شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی انجام گرفت. در طول دوره رشد هیچ علف‌کش و آفت‌کشی مورد استفاده قرار نگرفت. جهت بررسی روند رشد هر ۱۰ روز یک‌بار نمونه برداری به روش تخریبی صورت گرفت. در هر مرحله ۳ بوته از خطوط اصلی هر کرت با رعایت اثر حاشیه برداشت و پس از قرار دادن در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت و یا بیشتر (تا زمان تثبیت وزن خشک نهایی) با ترازوی دیجیتالی با دقت یک‌هزارم گرم توزین شدند. در هر بار نمونه برداری، مساحت هر برگ توسط کاغذ شطرنجی محاسبه گردید.

1. Total Dry mater (TDM)
2. Leaf Area Index
3. Relative Growth Rate (RGR)
4. Crop Growth Rate (CGR)
5. Master
6. Joshi
7. Karimi and Siddigie

جدول ۱: متوسط دما و میزان بارندگی ماهانه منطقه مورد آزمایش طی فصل رشد در سال ۱۳۸۹

Table 1: Minimum and maximum temperatures and rainfall recorded during period of experiment in 2010

میانگین بارندگی ماهانه (میلی‌متر) Mean of monthly rainfall (mm)	میانگین ماهانه دما (° C) Mean of monthly temperature (° C)	میانگین حداقل دما (° C) Mean of minimum temperature (° C)	میانگین حداکثر دما (° C) Mean of maximum temperature (° C)	ماه‌های سال Months
0.48	26.55	10.42	36.97	خرداد June
0.2	28.06	12.19	40.25	تیر July
0.09	29.22	10.68	39.9	مرداد August
0.58	27.06	10.41	37.47	شهریور September

جدول ۲: ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 2: Soil physico-chemical properties at experimental field

پتاسیم قابل جذب (پی پی ام) Absorbable potassium (ppm)	فسفر قابل جذب (پی پی ام) Absorbable phosphorus (ppm)	نیتروژن کل (درصد) Total Nitrogen (%)	کربن (درصد) carbon (%)	بافت (درصد) texture (%)	آهک (درصد) lime (%)	درصد اشباع Saturation percentage (%)	عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر) Sampling depth (cm)
700	20	0.11	1.71	سیلتی - لومی	18.06	46	0-30
700	19.7	0.11	1.69	سیلتی - لومی	17.86	45.5	30-70

نتایج و بحث

بررسی‌های چاکماچی^۳ و همکاران (2007) نشان داد که سطح برگ گندم در اثر تلقیح با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد ۲۸/۸ تا ۴۵/۲ درصد بسته به نوع باکتری افزایش می‌یابد و به تبع آن شاخص سطح برگ افزایش می‌یابد. غلامی و همکاران (2009) افزایش سطح برگ گیاه ذرت را در اثر تلقیح بذر با/زئوباکتر در حدود ۶۵ درصد گزارش نمودند. تأثیر مثبت باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد از جمله باکتری‌های/زئوباکتر و سودوموناس بر افزایش شاخص سطح برگ توسط سید شریفی N₁₆₀ اظهار داشتند که شاخص سطح برگ ذرت در تلقیح با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد به دلیل افزایش سرعت ظهور برگ و کاهش فیلوکرون، افزایش یافت. به نظر می‌رسد در این بررسی نیز باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد با گسترش سطح برگ، منجر به افزایش شاخص سطح برگ شده‌اند.

۲- ماده خشک کل: در کلیه ترکیب‌های تیماری سرعت تجمع ماده خشک در اوایل فصل رشد به‌طور آرام و تدریجی بود ولی با گذشت زمان بر اثر گسترش کانوپی گیاهی و سطح برگ، شدت فتوسنتز جامعه گیاهی افزایش و شیب منحنی تجمع ماده خشک شدت بیشتری گرفته و به نقطه اوج رسید و

۱- شاخص سطح برگ: نتایج نشان داد که تغییرات شاخص سطح برگ برای تمامی ترکیب‌های تیماری به‌طور نسبی روند مشابهی داشته است. به‌طوری‌که میزان این شاخص در ۴۵ روز پس از کاشت با شیب کم و از ۴۵ تا ۹۵ روز پس از کاشت با شیب زیاد افزایش یافت و سپس در انتهای فصل رشد به دلیل پیری، خشک شدن و ریزش برگ‌ها روند نزولی پیدا نمود (شکل ۱). بیشترین شاخص سطح برگ (۵/۲۳) در ۹۵ روز پس از کاشت در ترکیب تیماری N₁₆₀ × /زئوباکتر (شکل ۱- C) و کمترین آن (۳/۲۶) در ۹۵ روز پس از کاشت در ترکیب تیماری N₀ × عدم تلقیح مشاهده گردید (شکل ۱- A). افزایش شاخص سطح برگ در ترکیب تیماری N₁₆₀ × /زئوباکتر نسبت به شاهد ۳۷/۶۶ درصد می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که با افزایش سن گیاه در مرحله رویشی، وزن خشک اندام‌های هوایی و شاخص سطح برگ افزایش می‌یابد ولی پس از ورود به مرحله زایشی به علت مسن شدن و ریزش برگ‌ها این شاخص کاهش می‌یابد (کولر^۱ و همکاران؛ باتری^۲ 1969).

1. Koller
2. Battery

3. Cakmakci

مترمربع در روز) و ترکیب تیماری $N_0 \times$ عدم تلقیح (شکل ۳-۳) دارای کمترین مقدار (۲۵/۶۴ گرم بر مترمربع در روز) در این مرحله می‌باشند. از ۶۵ روز بعد از کاشت سرعت رشد محصول کاهش یافت. به نظر می‌رسد علت ناشی از کاهش فتوسنتز و افزایش شدت تنفس باشد (کریمی و عزیز، ۱۳۷۶)؛ زیرا در مراحل اولیه رشد به دلیل کم بودن میزبان‌های ریشی، کامل نبودن پوشش گیاهی و درصد کم جذب نور توسط گیاه مقدار آن اندک است، ولی پس از آن با کامل شدن پوشش گیاهی و استفاده کارآتر از نور خورشید و همچنین افزایش سطح برگ، مقدار آن افزایش می‌یابد تا به حد نهایی برسد. پس از آن به دلیل رقابت بیشتر بین بوته‌ها، کاهش نفوذ نور به داخل سایه‌انداز گیاهی و همچنین پیر شدن اندام‌های فتوسنتزکننده و انتقال مواد غذایی به دانه‌ها، میزان آن کاهش می‌یابد و حتی در برخی موارد منفی می‌شود. راهنما (۱۳۸۶) اظهار داشت در چنین حالتی ممکن است سطح برگ به حدی رسیده باشد که برگ‌های پایینی گیاه نور کافی برای انجام سرعت تبادل CO_2 دریافت نکنند و موجب منفی تر شدن سرعت رشد محصول گردد. پاور^۸ و همکاران (۱۹۷۶) کاهش سرعت رشد محصول تا نزدیکی‌های صفر را به کاهش فتوسنتز خالص نسبت دادند. وو^۹ و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که تلقیح بذره‌های ذرت با باکتری‌های افزاینده رشد موجب افزایش معنی‌دار سرعت رشد محصول می‌شود. آنان دلیل افزایش سرعت رشد گیاه را به بهبود جذب مواد غذایی توسط گیاه تحت چنین شرایطی نسبت دادند. یساری و پاتواردن (۲۰۰۷) گزارش کردند که سرعت رشد محصول در کلزا تحت تأثیر تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد نسبت به عدم تلقیح ۱۰ تا ۱۲ درصد افزایش نشان داد و اظهار داشتند که کاربرد توأم کودهای بیولوژیک با شیمیایی نسبت به استفاده جداگانه و نیز عدم استفاده از آن‌ها، دارای سرعت رشد محصول بیشتری بود. در این بررسی نیز کاربرد توأم کود شیمیایی و تلقیح بذر (شکل‌های B-۳ و C-۳) از سرعت رشد محصول بالاتری در مقایسه با استفاده جداگانه و یا عدم استفاده از تلقیح بذر و کود نیتروژن برخوردار بود.

۴- **سرعت رشد نسبی:** بررسی روند تغییر سرعت رشد نسبی نشان داد که RGR با افزایش سن گیاه به‌طور مداوم کاهش می‌یابد به طوری که در انتهای فصل به کمترین میزان خود می‌رسد (شکل ۴). در ۴۵ روز پس از برداشت بیشترین

سپس به دلیل افزایش سن گیاه و پیری برگ‌ها مقدار ماده خشک کاهش یافت.

بررسی روند تغییرات زیست توده^۱ (شکل ۲) نشان می‌دهد که تا ۴۵ روز پس از کاشت تجمع ماده خشک با سرعت کمی در کلیه ترکیب‌های تیماری افزایش داشته و پس از آن با سرعت زیادی افزایش می‌یابد و در نهایت در ۹۵ روز پس از کاشت به حداکثر مقدار خود رسیده و بعد از آن تا مرحله رسیدگی کاهش می‌یابد. با توجه به شکل‌های مربوطه مشخص شد که با افزایش سطوح کود نیتروژنه زیست توده نیز افزایش می‌یابد. بیشترین افزایش با مصرف بالاترین سطح کودی برآورد گردید (شکل ۲-C). کیسکاسز^۲ و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که با افزایش کود نیتروژنه، زیست توده آفتابگردان در واحد سطح افزایش می‌یابد. افزایش وزن خشک بخش‌های هوایی بوته به واسطه تلقیح بذر با/زتوباکتر (تیلاک^۳ و همکاران، ۱۹۸۲) و آزوسپریلیوم (استانکو^۴ و همکاران، ۱۹۹۲) طی بررسی‌های مختلفی در ذرت گزارش شده است. زهیر^۵ و همکاران (۱۹۹۸) افزایش ۱۸ درصدی وزن خشک بوته ذرت را در تلقیح توأم بذر با/زتوباکتر و سودوموناس گزارش کردند. بیشترین ماده خشک تولیدی (۱۷۵۸/۹۶ گرم در مترمربع) به ترکیب تیماری $N_{160} \times$ زتوباکتر (شکل ۲-C) و کمترین آن (۱۳۱۷/۳۶ گرم در مترمربع) به ترکیب تیماری $N_0 \times$ عدم تلقیح با باکتری (شکل ۲-A) در ۹۵ روز پس از کاشت برآورد گردید. یساری و پاتواردهان^۶ (۲۰۰۷) تأثیر ترکیب تیماری کود بیولوژیک (شامل زتوباکتر و آزوسپریلیوم) و کود شیمیایی (NPK) را بر تجمع ماده خشک کلزا نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود بیولوژیک و شیمیایی) در سطح احتمال یک درصد مثبت و معنی‌دار ارزیابی نمودند.

۳- **سرعت رشد محصول:** در تمامی ترکیبات تیماری در اوایل فصل رشد، ابتدا افزایش یافته و به حداکثر مقدار خود رسید، پس از آن با شیب تندی کاهش یافت (شکل ۳). همان‌طور که ملاحظه می‌شود در سطوح ثابت نیتروژن، پیش‌تیمار بذر با باکتری‌های افزاینده رشد در ۶۵ روز پس از کاشت دارای بیشترین مقدار CGR نسبت به عدم تلقیح بذر با باکتری می‌باشند که در این بین ترکیب تیماری $N_{160} \times$ زتوباکتر (شکل ۳-C) دارای بیشترین مقدار (۳۷/۶۸ گرم بر

1. Biomass
2. Csikasz
3. Tilak
4. Stancheva
5. Zahir
6. Yasari and Patwardhan

7. Carbon Exchange Rate (CER)

8. Power

9. Wu

۶- **قطر طبق:** به صورت معنی‌داری تحت تأثیر فاکتورهای مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ترکیب تیماری $N_{160} \times$ /زتوباکتر دارای بیشترین قطر طبق (۳۱/۸ سانتی‌متر) و ترکیب تیماری $N_0 \times$ عدم تلقیح بذر با باکتری دارای کمترین قطر طبق (۲۰/۹۳ سانتی‌متر) بود (جدول ۴). /حمد^۳ و همکاران (2010)؛ شوکت و همکاران (2006) گزارش نمودند که قطر طبق در اثر استفاده از کودهای بیولوژیک افزایش می‌یابد.

۷- **درصد روغن:** افزایش روغن از اهداف اصلی تولید دانه‌های روغنی است. ترکیب تیماری $N_{160} \times$ /زتوباکتر بیشترین درصد روغن (۵۲/۴۷٪) و ترکیب تیماری $N_0 \times$ عدم تلقیح بذر با باکتری کمترین درصد روغن (۴۱/۰۲٪) را نشان داد (جدول ۴). /کاظم و آل میسلی^۴ (1992)، /استیر و سیلر (1990) گزارش کردند که با افزایش کاربرد نیتروژن درصد روغن بذر آفتابگردان 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 به کاهش روغن منجر شود. بررسی اکبری و همکاران (۱۳۸۸) نشان داد که در تیمار تلقیح شده با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد درصد روغن نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) افزایش داشت. /سلیمان‌زاده و همکاران (2010) افزایش شش درصدی عملکرد روغن آفتابگردان را در اثر /زتوباکتر گزارش کردند. این پژوهشگران گزارش کردند که تفاوت معنی‌داری در عملکرد روغن بین ۱۰۰ درصد کود نیتروژنه توصیه‌شده (۲/۰۱۵ t/ha) و ۷۵ درصد کود نیتروژنه توصیه‌شده (۱/۹۸۶ t/ha) عملکرد روغن وجود ندارد. /شاتا و همکاران (2007)، شوکت و همکاران (2006) افزایش معنی‌دار درصد روغن آفتابگردان را با کاربرد باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گزارش نمودند که با نتایج به‌دست آمده از این پژوهش مطابقت دارد.

میزان سرعت رشد نسبی به ترکیب تیماری $N_{160} \times$ /زتوباکتر (شکل ۴- C) و کمترین میزان آن به ترکیب تیماری $N_0 \times$ عدم تلقیح بذر با باکتری تعلق داشت (شکل ۴- A). با توجه به شکل‌های ارائه‌شده می‌توان چنین نتیجه گرفت که کاربرد باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد در تمامی سطوح کود نیتروژنه موجب افزایش نسبی ماده خشک به ازای هر گرم در روز نسبت به عدم تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد می‌شود و در این بین /زتوباکتر نسبت به دیگر باکتری‌ها تأثیر بیشتری داشت. /کریم‌زاده اصل و همکاران (۱۳۸۳) علت کاهش سرعت رشد نسبی آفتابگردان با گذشت زمان را به افزایش سایه‌اندازی بخش‌های بالایی کانوپی بر برگ‌های پایینی و افزایش قسمت‌های ساختمانی و غیر مؤثر در فتوسنتز نسبت دادند که در اواخر فصل رشد به علت افزایش برگ‌های پیر و در برخی گیاهان به دلیل ریزش برگ‌ها، مقدار آن حتی منفی می‌شود. /ویلیامز و همکاران^۱ (1998) علت کاهش RGR به صورت خطی با گذشت زمان را به بالا رفتن نسبت بافت‌های ساختمانی به بافت‌های فعال مرستمی، افزایش سن برگ‌ها، کاهش نسبت سطح برگ و میزان جذب خالص نسبت دادند. کاهش میزان سرعت رشد نسبی با افزایش سن گیاه توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (طالعی و همکاران، ۱۳۸۰؛ /سیواکومار و شاول^۲، 1978).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس تأثیر نیتروژن و باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی خصوصیات زراعی آفتابگردان در جدول ۳ حاکی از این است که سطوح مختلف نیتروژن، تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد و اثر متقابل این دو عامل بر بیشتر صفات مورد بررسی به جزء وزن هزار دانه و قطر ساقه تأثیر معنی‌داری دارد.

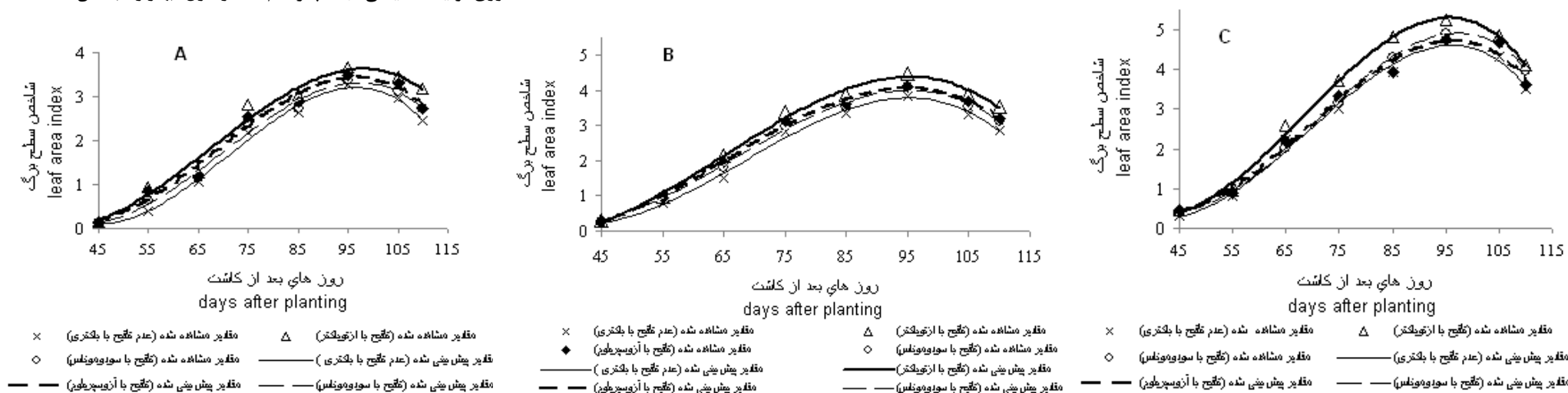
۵- **تعداد دانه در طبق:** با افزایش سطوح نیتروژن، تعداد دانه در طبق افزایش یافت. تعداد دانه در طبق در بذور تلقیح شده با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد نسبت به عدم تلقیح به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد. بیشترین تعداد دانه در طبق (۱۰۵۰/۶) از ترکیب تیماری $N_{160} \times$ /زتوباکتر و کمترین آن (۷۷۵/۶) از ترکیب تیماری $N_0 \times$ عدم تلقیح بذر با باکتری به دست آمد (جدول ۴). این افزایش حدود ۲۶/۱۷ درصد نسبت به تیمار شاهد می‌باشد. /سلیمان‌زاده و همکاران (2010) نتایج مشابهی را گزارش کردند. آن‌ها نسبت افزایش تعداد دانه در طبق را در اثر تلقیح بذر با /زتوباکتر ۷ درصد گزارش نمودند.

3. Ahmad

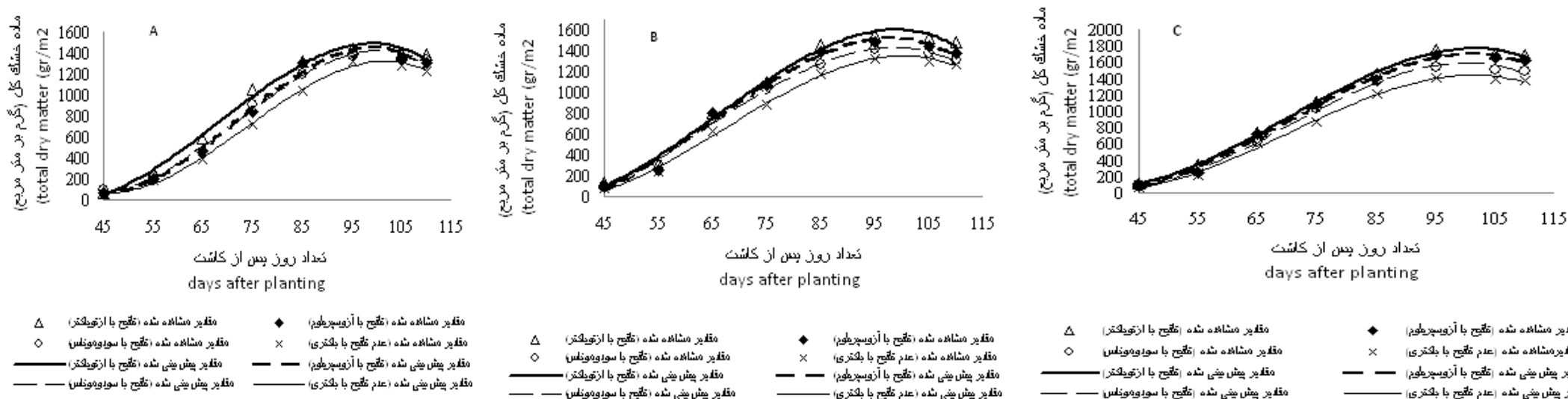
4. Kasem and EL-Mesilby

1. Willams

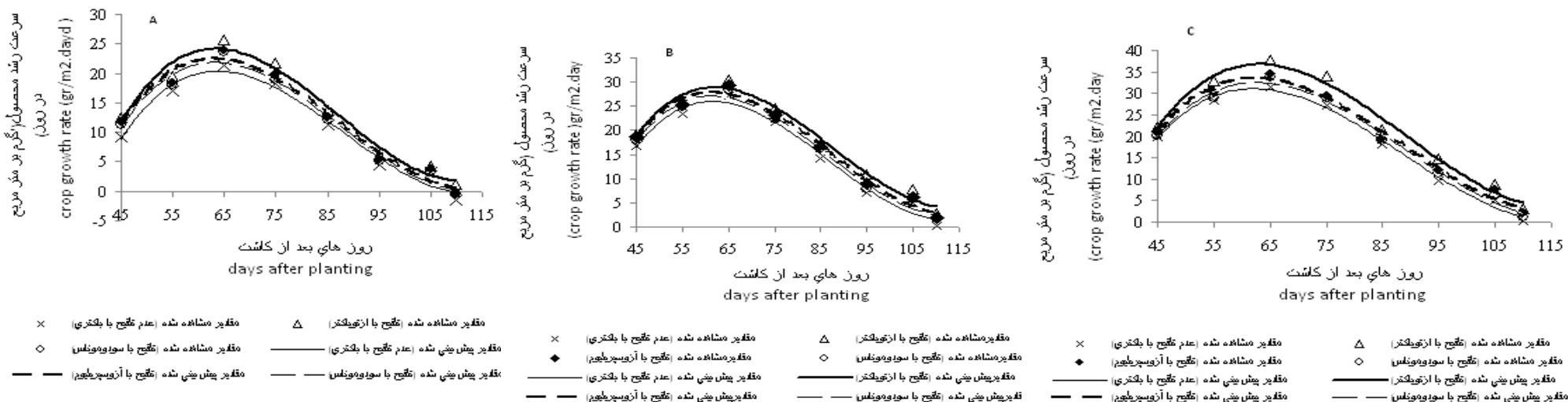
2. Sivakumar and Shaw



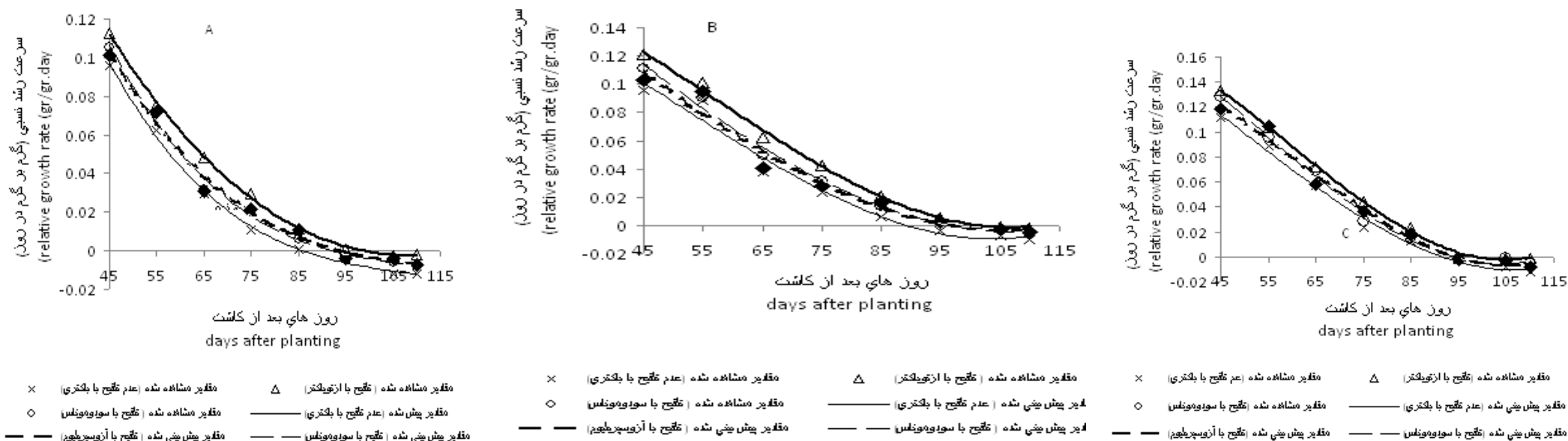
شکل ۱: تغییرات شاخص سطح برگ در تیمارهای ترکیبی شامل بدون کود (A) و مصرف ۸۰ (B) و ۱۶۰ (C) کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تلقیح بذور با باکتری‌های افزایشنده رشد
 Fig. 1: Variations of leaf area index in compound treatments including no fertilizer (A) and application of 80 (B) and 160 (C) kg N/ha with PGPR inoculated seeds



شکل ۲: تغییرات بیوماس کل در تیمارهای ترکیبی شامل بدون کود (A) و مصرف ۸۰ (B) و ۱۶۰ (C) کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تلقیح بذور با باکتری‌های افزایشنده رشد
 Fig. 2: Variations of total dry matter in compound treatments including no fertilizer (A) and application of 80 (B) and 160 (C) kg N/ha with PGPR inoculated seeds



شکل ۳: تغییرات سرعت رشد محصول در تیمارهای ترکیبی شامل بدون کود (A) و مصرف ۸۰ (B) و ۱۶۰ (C) کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تلقیح بذور با باکتری‌های افزایشنده رشد
 Fig. 3: Variations of crop growth rate in compound treatments including no fertilizer (A) and application of 80 (B) and 160(C) kg N/ha with PGPR inoculated seeds



شکل ۴: تغییرات سرعت رشد نسبی در تیمارهای ترکیبی شامل بدون کود (A) و مصرف ۸۰ (B) و ۱۶۰ (C) کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تلقیح بذور با باکتری‌های افزایشنده رشد
 Fig. 4: Variations of relative growth rate in compound treatments including no fertilizer (A) and application of 80 (B) and 160(C) kg N/ha with PGPR inoculated seeds

فناوری تولیدات گیاهی / جلد پانزدهم / شماره اول / بهار و تابستان ۹۴

۱۸۰/۹۷) سانتی‌متر) به ترکیب تیماری $N_{160} \times$ /زئوباکتر و کمترین آن (۱۵۲/۸۷ سانتی‌متر) به ترکیب تیماری $N_0 \times$ عدم تلقیح بذر با باکتری تعلق داشت (جدول ۴). باکتری‌های افزایشنده رشد می‌توانند ارتفاع گیاه و قابلیت تولید را از طریق سنتز فیتوهورمون‌ها، افزایش فراهمی مواد غذایی در یک محل، سهولت جذب مواد غذایی و القای مقاومت سیستماتیک به عوامل بیماری‌زا افزایش دهند (بورد^۳ و همکاران، ۲۰۰۰). زهیر و همکاران (۲۰۰۰) افزایش ۵/۸ درصدی ارتفاع بوته ذرت را به‌واسطه تلقیح آن با /زئوباکتر و سودوموناس گزارش نمودند. آن‌ها تولید اسید ایندول-۳-استیک به‌وسیله سویه‌های مختلف باکتری‌های جنس /زئوباکتر را عامل افزایش قابل‌ملاحظه در رشد و عملکرد گزارش کردند. کادر^۴ و همکاران (۲۰۰۲) تلقیح بذر با /زئوباکتر در سطوح مختلف کود نیتروژن را بر ارتفاع نهایی بوته گندم مثبت و معنی‌دار ارزیابی نمودند. شایان ذکر است که ارتفاع بوته در ترکیب‌های تیماری $N_{160} \times$ عدم تلقیح با باکتری و $N_{80} \times$ /زئوباکتر در یک گروه قرار داشته و از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۴). این نتایج با یافته‌های سلیمان‌زاده و همکاران (۲۰۱۰) در مورد تأثیر کود نیتروژنه و /زئوباکتر بر ارتفاع آفتابگردان مطابقت دارد.

۱۱- عملکرد دانه: مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری پرایمینگ بذر با باکتری‌های افزایشنده رشد و سطوح مختلف کود نیتروژنه حاکی از آن است که بیشترین عملکرد دانه (۳۶۰۳/۳۵) کیلوگرم در هکتار) در تلقیح بذر با /زئوباکتر و مصرف ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه و کمترین آن (۲۵۷۷/۵) کیلوگرم در هکتار) در حالت عدم تلقیح بذر و بدون مصرف کود نیتروژنه به‌دست آمد (جدول ۴). در ضمن عملکرد دانه در ترکیب تیماری $N_{160} \times$ عدم تلقیح با باکتری و $N_{80} \times$ /زئوباکتر اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. این بدان معنی است که با مصرف کم کود نیتروژنه همراه با استفاده از باکتری‌های افزایشنده رشد می‌توان به عملکردی معادل ترکیب تیماری $N_{160} \times$ عدم تلقیح رسید به‌عبارتی به‌نظر می‌رسد با این عمل می‌توان با مصرف کم کود شیمیایی ضمن صرفه‌جویی در هزینه و امکان کاهش آلودگی احتمالی منابع آب زیرزمینی در اثر آنبوئی نیترات، به عملکرد قابل‌قبولی دست پیدا نمود. البته سلیمان‌زاده و همکاران (۲۰۱۰) اثر ترکیب تیماری کود نیتروژنه و /زئوباکتر را بر عملکرد دانه آفتابگردان غیرمعنی‌دار گزارش کردند. آنان علت را به pH خاک و نبودن زمان کافی

۸- عملکرد روغن: 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 (۱۸۸۷/۸۱ kg/ha) مربوط به ترکیب تیماری $N_{160} \times$ /زئوباکتر و کمترین آن (۱۰۵۷/۲ kg/ha) در ترکیب تیماری $N_0 \times$ عدم تلقیح بذر با باکتری برآورد گردید. البته بین ترکیب‌های تیماری $N_{160} \times$ عدم تلقیح بذر با باکتری و $N_{80} \times$ /زئوباکتر اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر در عملکرد روغن وجود نداشت (جدول ۴).

۹- درصد و عملکرد پروتئین: اثر اصلی نیتروژن و متقابل آن در باکتری‌های افزایشنده رشد بر درصد پروتئین دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). درصد پروتئین دانه در ترکیب تیماری $N_{160} \times$ /زئوباکتر نسبت به تیمار شاهد به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۴). بیشترین درصد پروتئین دانه (۲۵/۵۹٪) به ترکیب تیماری $N_{160} \times$ /زئوباکتر و کمترین آن (۲۰/۳۴٪) به ترکیب تیماری $N_0 \times$ عدم تلقیح بذر با باکتری تعلق داشت (جدول ۴). در کلیه دانه‌های روغنی به جز سویا نسبت روغن به پروتئین ۲:۱ است (سید شریفی، ۱۳۸۸) که در این بررسی نیز درصد روغن دو برابر درصد پروتئین به‌دست آمد. زامبر^۱ و همکاران (۱۹۸۴) افزایش درصد پروتئین دانه را در اثر تلقیح با /زئوباکتر به‌همراه کود نیتروژن گزارش نمودند. درحالی‌که زاید^۲ و همکاران (۲۰۰۳) اثر /زئوباکتر را بر درصد پروتئین دانه گندم غیرمعنی‌دار گزارش کردند. مستأجران و همکاران (۱۳۸۴) گزارش کردند که تلقیح بذر گندم قبل از کشت سبب افزایش درصد پروتئین می‌شود هر چند که میزان این تأثیر با اثر متقابل رقم زراعی و سویه‌های باکتری همبستگی مستقیمی داشت. ولی در همه شرایط، رشد در همیاری با باکتری افزایش یافت. رجایی و همکاران (۱۳۸۶) اظهار داشتند که تلقیح بذر گندم با /زئوباکتر، عملکرد دانه و پروتئین را به‌صورت معنی‌داری افزایش داد. تلقیح بذر با هر یک از باکتری‌های افزایشنده رشد موجب افزایش عملکرد پروتئین نسبت به تیمار شاهد گردید. بیشترین عملکرد پروتئین دانه به اثر ترکیب تیماری $N_{160} \times$ /زئوباکتر و کمترین آن در ترکیب تیماری $N_0 \times$ عدم تلقیح بذر با باکتری برآورد گردید (جدول ۴).

۱۰- ارتفاع بوته: مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری فاکتورهای مورد بررسی نشان داد که حداکثر ارتفاع بوته

3. Burd
4. Kader

1. Zamber
2. Zaied

اثر نیتروژن و باکتری‌های افزاینده رشد بر عملکرد و برخی...

حالت عدم تلقیح بذر با باکتری را تولید نماید. از این رو به نظر می‌رسد به‌منظور افزایش عملکرد دانه آفتابگردان، اثر تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد به همراه مصرف کود، بیشتر از مصرف کود اوره به‌تنهایی یا تلقیح بذر با این باکتری‌ها بدون مصرف کود اوره باشد.

برای رسیدن به حداکثر فعالیت ازتوباکتر نسبت دادند. روستی و همکاران (2006) علت افزایش عملکرد توسط باکتری‌های افزاینده رشد به‌همراه کود نیتروژنه را به نقش مثبت باکتری در تنظیم و تولید هورمون‌های افزاینده رشد و توسعه بهتر ریشه گیاه نسبت دادند که با فراهم نمودن شرایط بهینه برای جذب بیشتر به بهبود عملکرد کمک می‌نماید.

نتیجه‌گیری

با کاربرد کود نیتروژنه و باکتری‌های افزاینده رشد عملکرد دانه و اکثر صفات موردبررسی افزایش یافت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد دانه در ترکیب‌های تیماری $N_{160} \times$ عدم‌تلقیح بذر با باکتری و $N_{80} \times$ تلقیح با /زتوباکتر اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. به‌عبارتی کاربرد باکتری‌های افزاینده رشد در ترکیب با مقادیر کمتر کود شیمیایی توانست عملکردی معادل با مصرف مقادیر بالای کود شیمیایی ولی در

جدول ۳: تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه آفتابگردان در مقادیر مختلف کود نیتروژنه و تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد

Table 3: Analysis of variance of studied characteristics in various levels of nitrogen fertilizer and seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR)

عملکرد پروتئین Protein yield	درصد پروتئین Protein percentage	عملکرد روغن Oil yield	درصد روغن Oil percentage	قطر طبق Head diameter	ارتفاع بوته Plant height	قطر ساقه Stem diameter	وزن هزار دانه 1000- grain weight	دانه در طبق Seed per head	عملکرد دانه Grain yield	درجه آزادی Df	منابع تغییرات S.O.V.
2615.97**	0.38 ^{ns}	6930.404 ^{ns}	6.24 ^{ns}	1.97*	1.86 ^{ns}	4.41 ^{ns}	3.04 ^{ns}	4299.71**	42760.091**	۲	تکرار Replication
165377.61**	13.05*	906516.753**	110.99**	121.5**	954.1**	5.04 ^{ns}	1.21 ^{ns}	156352.74**	1853991.14**	۲	کود نیتروژنه Nitrogen fertilizer
22464.62**	5.46**	95846.731**	25.41**	23.83**	83.78**	10.9 ^{ns}	2.79 ^{ns}	4820.91**	111312.052**	۳	باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد PGPR
37601.26**	4.88**	192205.775**	28.104**	30.46**	213.15**	5.1 ^{ns}	1.59 ^{ns}	30025.86**	370427.25**	۶	نیتروژنه × باکتری Nitrogen fertilizer × Bacterium
453.18	0.29	4215.591	5.73	0.436	7.16	3.95	1.705	368.328	1961.156	۲۲	خطا Error
3.031	2.47	4.46	5.13	2.66	1.6	7.93	2.33	2.062	1.42	-	ضریب تغییرات (درصد) CV.(%)

*, **, و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار
*, **, and ns are significant at 5 and 1 percent probability levels, respectively

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر تیمارهای ترکیبی سطوح مختلف کود نیتروژنه در تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد بر برخی صفات در آفتابگردان

Table 4: Mean comparison of the effect of nitrogen fertilizer with PGPR inoculated seeds on some sunflower characteristics

عملکرد پروتئین (kg/ha) Protein yield	پروتئین (%) Protein percentage	عملکرد روغن (kg/ha) Oil yield	روغن (%) Oil percentage	قطر طبق (cm) Head diameter	ارتفاع بوته (cm) Plant height	دانه در طبق Seed per head	عملکرد دانه Grain yield (kg/ha)	باکتری bacter	کود fertilizer
524.37 ^g	20.34 ^e	1057.2 ⁱ	41.02 ^e	20.93 ^h	152.87 ^g	775.6 ^f	2577.5 ^h	عدم تلقیح No inoculation	
607.21 ^{ef}	21.65 ^{cd}	1295.24 ^{fg}	46.2 ^{bcd}	23.13 ^{gh}	156.93 ^{fg}	835.36 ^e	2803.93 ^f	ازتوباکتر <i>Azotobacter</i>	
575.58 ^f	21.65 ^{cd}	1160.39 ^{hi}	43.7 ^{de}	21.96 ^{gh}	158.93 ^{ef}	806.27 ^{ef}	2657.07 ^g	آزوسپیریلیوم <i>Azospirillum</i>	بدون کود
578.01 ^f	21.43 ^{cd}	1189.96 ^{gh}	44.13 ^{de}	23.26 ^f	161.9 ^{de}	799.18 ^f	2695.94 ^g	سودوموناس <i>Pseudomonas</i>	No fertilizer
633.27 ^e	21.21 ^{de}	1343.17 ^f	45 ^{cde}	22.06 ^{dgh}	164.1 ^{cd}	891.43 ^d	2984.56 ^e	عدم تلقیح No inoculation	
735.63 ^c	22.04 ^{bcd}	1572.86 ^{cd}	47.13 ^{bcd}	24.66 ^{de}	17 ^b	973.62 ^b	3336.93 ^c	ازتوباکتر <i>Azotobacter</i>	۸۰ کیلوگرم
695.45 ^d	21.71 ^{cd}	1488.54 ^{de}	46.46 ^{bcd}	23.56 ^{ef}	167.1 ^{bc}	948.02 ^{bc}	3202.18 ^d	آزوسپیریلیوم <i>Azospirillum</i>	در هکتار
683.35 ^d	21.76 ^{cd}	1455.23 ^e	46.36 ^{bcd}	23.95 ^{ef}	168.77 ^{bc}	935.54 ^c	3139.15 ^d	سودوموناس <i>Pseudomonas</i>	80 kg /ha
744.15 ^{bc}	22.05 ^{bcd}	1600.85 ^{cd}	47.43 ^{bcd}	25.2 ^d	170.26 ^b	1023.87 ^a	3374.45 ^c	عدم تلقیح No inoculation	
921.98 ^a	25.59 ^a	1887.81 ^a	52.47 ^a	31.8 ^a	180.97 ^a	1050.6 ^a	3603.35 ^a	ازتوباکتر <i>Azotobacter</i>	۱۶۰ کیلوگرم
778.95 ^b	22.46 ^{bc}	1736.5 ^b	50.05 ^{ab}	27.3 ^c	178.87 ^a	1025.66 ^a	3471.12 ^b	آزوسپیریلیوم <i>Azospirillum</i>	در هکتار
779.21 ^b	22.89 ^b	1675.41 ^{bc}	49.3 ^{abc}	29.1 ^b	171.66 ^b	1025 ^a	3400.75 ^{bc}	سودوموناس <i>Pseudomonas</i>	160 kg/ha

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم برای براساس آزمون LSD ندارند ($P \leq 0.01$)

Means with similar letters in each column are not significantly different based on the LSD test ($P \leq 0.01$)

منابع

- اکبری، پ.، قلاوند، ا. و مدرس ثانوی، س. ع. م. ۱۳۸۸. اثرات سیستم‌های مختلف تغذیه و باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد بر فنولوژی، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، جلد ۲، شماره ۳: ۱۳۴-۱۱۹.
- رهنما، ا. ۱۳۸۶. فیزیولوژی گیاهی. انتشارات پوران پژوهش. چاپ اول، ۱۳۹-۱۲۳.
- رجایی، س.، علیخانی، ح. ع. و رئیس، ف. ۱۳۸۶. اثر پتانسیل‌های افزایش‌دهنده رشد سویه‌های بومی / *زئوپاکتر کروکوکوم* روی رشد، عملکرد و جذب عناصر غذایی در گندم. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۱۱. شماره ۴۱: ۲۹۶-۲۸۵.
- زرین کفش، م. ۱۳۷۱. حاصلخیزی خاک و تولید. انتشارات دانشگاه تهران، ۱۸۹-۱۹۷.
- سید شریفی، ر. ۱۳۸۸. گیاهان صنعتی. چاپ دوم. انتشارات عمیدی تبریز، ۱۳۳-۱۰۷.
- سید شریفی، ر. و خاوازی، ک. ۱۳۹۱. تأثیر پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد بر فیلوکرون و سرعت ظهور برگ ذرت (*Zea mays L.*) مجله زیست‌شناسی ایران. جلد ۲۵ شماره ۱: ۱۱-۲.
- طالعی، ا.، پوستینی، ک. و دوازده امامی، س. ۱۳۸۰. اثرات الگوی کاشت روی برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی ارقام لوبیا. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۱: ۴۷۷-۴۸۴.
- کریمی، م. و عزیزی، م. ۱۳۷۶. آنالیزهای رشد گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۵۶-۲۵۰.
- کریم‌زاده‌اصل، خ.، مظاهری، د. و پیغمبری، س. ع. ۱۳۸۳. اثر چهار دور آبیاری بر روند رشد، شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکرد سه رقم آفتابگردان. مجله بیابان. جلد ۹، شماره ۲: ۲۶۶-۲۵۶.
- مستأجران، ا.، عموآقائی، ر. و امتیازی، گ. ۱۳۸۴. اثر *آزوسپیریلیوم* و اسیدیته قلیائی آب آبیاری بر عملکرد دانه و میزان پروتئین ارقام زراعی گندم. مجله زیست‌شناسی ایران. جلد ۱۸، شماره ۳: ۲۶۰-۲۴۸.
- Ahmed, A. G., Orabi, S. A. and Gaballah, M. S. 2010. Effect of bio-N-P fertilizer on the growth, yield and some biochemical components of two sunflower cultivars. *Agronomy Journal*, 2 (4): 271-277.
- Battery, B. R. 1969. Analysis of the growth of soybean as affected by planting production and fertilizer. *Canadian Journal of Plant Science*, 49: 675-689.
- Burd, G. I., Dixon, D. G. and Glick, B. R. 2000. Plant growth promoting Rhizobacteria that decrease heavy metal toxicity in plants. *Canadian Journal of Microbiology*, 33: 237-245.
- Cakmakci, R., Erat, M., Erdoman, U. G. and Donmez, M. F. 2007. The influence of PGPR on growth parameters, antioxidant and pentos phosphate oxidative cycle enzymes in wheat and spinach plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170: 288-295.
- Chimenti, C. A., Pearson, J. and Hall, A. J. 2002. Osmotic adjustment and yield maintenance under dry conditions. *Agriculture Science*, 43: 313-328.
- Csikasz, T., Alfoldi, Z., Jozsa, S. and Treitz, M. 2002. Use of growth analysis to evaluate genetic mechanism effecting achene yield formation of sunflower. *European Journal of Agriculture*, 3: 3-4.
- Fages, J. and Arsac, J. F. 1991. Sunflower inoculation with *Azospirillum* and other plant growth promoting Rhizobacteria. *Plant and Soil*, 137: 87-90.
- Food and Agriculture Organization. 2012. Statistics: FAOSTAT agriculture, Retrieved June 10, 2013. from <http://fao.org/crop/statistics>.
- 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 World Academy of Science. Engineering and Technology*, 37: 2070-3740.
- Kader, M. A., Main, M. H. and Hoque, M. S. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. *Pakistan Journal of Biological Science*, 2: 259-261.
- Kasem, M. M. and EL-Mesilby, M. A. 1992. Effect of rates and application treatments of nitrogen fertilizer on sunflower (*Heliantus annuus L.*). 1. Growth characters. *Annals Agriculture Science*, 30: 653-663.
- Koller, H. R., Nyquist, W. E. and Chorush, I. S. 1981. Growth analysis of soybean community. *Crop Science*, 10: 407-412.
- Joshi, N. L., Mali, P. C. and Sexena, A. 1998. Effect of nitrogen and sulphur application on yield and fatty acid composition of mustard (*Brassica juncea L.*). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 180: 59-63.
- Poudel, D. D., Hoawath, W. R., Lanini, W. T., Temple, S. R. and VanBruggen, A. H. C. 2002. Comparison of soil N availability and conventional farming systems in northern California. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2: 186-196.
- Power, J. F., Willis, W. O., Grunes, D. L. and Reichman, G. A. 1976. Effect of soil temperature, phosphorus, and plant age growth analysis of barley. *Agronomy Journal*, 59: 231-234.
- Roesti, D., Gaur, R., Johri, B. N., Imfeld, G., Sharma, S., Kawaljeet, K. and Aragno, M. 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bio inoculation of *Arbuscular mycorrhizal* fungi and plant growth promoting

- Rhizobacteria affect the Rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. *Soil Biology and Biochemistry*, 38: 1111-1120.
- Scheiner, J. D., Gutierrez-Boem, F. H. and Lavado, R. S. 2002. Sunflower nitrogen requirement and ¹⁵N fertilizer recovery in Western Pampas, Argentina. *European Journal of Agronomy*, 17: 73-79.
- 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). *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10 (3-4): 630-635.
- Shata, S. M., Mahmoud, A. and Siam, S. 2007. Improving calcareous soil productivity by integrated effect of intercropping and fertilizer. *Journal of Agricultural Science*, 3 (6): 733-739.
- Shaukat, K., Afrasayad, S. and Hasman, S. 2006. Growth responses of *Helianthus annuus* to plant growth promoting rhizobacteria used as a biofertilizer. *Journal of Agriculture Research*, 1: 573-581.
- Sivakumar, M. V. K. and Shaw, R. H. 1978. Methods of growth analysis in field grown soybean (*Glycine max* L.). *Annals of Botany*, 42:213-222.
- Soleimanzadeh, H., Habibi, D., Ardakani, M. R., Paknejad, F. and Rejali, F. 2010. Response of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) to inoculation with *Azotobacter* under different nitrogen levels. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science*, 7 (3): 265-268.
- Stancheva, I., Dimitrev, I., Kuloyanova, N., Dimitrova, A. and Anyelove, M. 1992. Effect of inoculation with *Azospirillum brasilense*, photosynthetic enzyme activities and grain yield in maize. *Agronomy Journal*, 12: 319-324.
- Steer, B. T. and Seiler, G. I. 1990. Changes in fatty acid composition of sunflower seeds in response to time of nitrogen application, supply rates and defoliation. *Journal of Science and Food Agriculture*, 51: 11-26.
- Tilak, K. V., Singh, C. S., Roy, V. K. and Rao, N. S. S. 1982. *Azospirillum brasilense* and *Azotobacter chroococcum* inoculum: effect on yield of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor*). *Soil Biology and Biochemistry*, 14: 417-418.
- Williams, W. A., Loomis, R. S. and Duncan, W. J. 1988. Canopy architecture at various population densities and the growth and yield of corn. *Crop Science*, 8: 308-311.
- Wu, S. C., Cao, Z. H., Li, Z. G., Cheng, K. C. and Wong, M. H. 2005. Effect of biofertilizers containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma*, 125: 155-166.
- Yasari, E. and Patwardhan, A. M. 2007. Effects of *Azotobacter* and *Azospirillum* inoculation and chemical fertilizers on growth and productivity of canola. *Asian Journal of Plant Science*, 6: 77-82.
- Zahir, A. Z., Abbas, S. A., Khalid, A. and Arshad, M. 2000. Substrate dependent microbially derived plant hormones for improving growth of maize seedling. *Pakistan Journal of Biological Science*, 3: 289-291.
- Zaied, K. A., Abd-El-Hady, A. H., Afify, A. H. and Nassef, M. A. 2003. Yield and nitrogen assimilation of winter wheat inoculated with new recombinant inoculants of *Rhizobacteria*. *Pakistan Journal of Biological Science*, 6: 344-358.
- Zamber, M. A., Konde, B. K. and Sonar, K. R. 1984. Effect of *Azotobacter chroococcum* and *Azospirillum brasilense* inoculation under graded levels of nitrogen on growth and yield of wheat. *Plant and Soil*, 79: 61-67.

Effect of Nitrogen and Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Yield and Some Growth Indices of Sunflower (*Helianthus annus L.*)

Seyed Sharifi^{1*}, R. and Nazarly², H.

Abstract

In order to study the effects of nitrogen and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and some growth indices of sunflower (*Helianthus annus L.*), a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications. Factors were: nitrogen fertilizer in three levels (0, 80 and 160 kg N ha⁻¹) from urea as N₀, N₈₀ and N₁₆₀ respectively and seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria in four levels containing, without inoculation (as control), seed inoculation with *Azotobacter chroococcum* strain 5, *Azospirillum lipoferum* strain of, *Pseudomonas putida* strain 186. Results indicated that quantitative and qualitative yield increased with increasing of nitrogen fertilizer and application of PGPR. Means comparison showed that N₁₆₀×without inoculation with PGPR and N₈₀×seed inoculation with *Azotobacter* had similar grain yields. Seed inoculation with *Azotobacter* increased leaf area index and total dry matter. In all of treatment compounds, leaf area index and total dry matter increased slowly until 45 days after sowing. From 45 days after sowing till 95 days after sowing increased rapidly. Then till 115 days after sowing, it decreased due to increasing aging of leaves, shading and competition for light and the other resources. So, it seems that in order to increasing of grain yield and growth indices, it can be suggested that be applied 80 kg N/ha × seed inoculation with *Azotobacter*.

Keywords: *Azotobacter*, Inoculation, Urea, Physiological indices

1 and 2. Associate Professor and MSc Student Respectively, Department of Agronomy and Crop Breeding, Faculty of Agriculture Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabili, Iran

*: Corresponding author Email: Raouf_ssharifi@yahoo.com