



Investigating the combined effect of azotobacter and nitrogen fertilizers on the qualitative, morpho-physiological and agronomic characteristics of corn cultivars (*Zea mays* L.)

Nahid Niari Khamssi¹ & Maryam Goodarzi²

¹ Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran.

² Master of Science, Faculty of Agriculture, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran.

Corresponding author. E-mail: khamssi@gmail.com

ABSTRACT

Introduction: If there is enough nitrogen, potassium and phosphorus in the soil, the crops will have vegetative growth, more leaf area and proper performance. Due to the arid and semi-arid nature of Iran, the amount of organic matter in the soils is low and as a result, they have low nitrogen levels. Most plants suffer from nitrogen deficiency in the conditions, so it is necessary to provide nitrogen through chemical and organic fertilizers. Nowadays, due to the problems caused by the excessive use of chemical fertilizers, biological fertilizers have attracted more attention. Biological fertilizers are defined as a set of preservatives with a large number of one or more beneficial soil micro-organisms or their metabolic products, which are mostly consumed to provide the nutrients required by the plant and create suitable physical and chemical conditions for the growth of the plant. Bio-fertilizers are produced in the form of live inoculum for use in the soil or use with seeds.

Materials and methods: The experiment was carried out as a factorial design based on a randomized complete block design with four replications. The factors used included: corn cultivars in two levels (Simon and BC), the second factor was *Azotobacter chroococcum* bacteria in two levels (use of bacteria and no bacteria) and the third factor nitrogen fertilizer in two levels (use of nitrogen and no nitrogen). The attributes of plant height, number of ears per plant and per unit area, number of seeds per ear, ear diameter, weight of seeds per ear, fresh weight, dry weight, hundred seed weight, total harvest index, ear harvest index, seed yield per hectare, leaf area index, chlorophyll a, and chlorophyll b were measured.

Results: Based on the results of mean comparisons, the highest plant height, the number of ears per plant and per unit area, the number of seeds per ear, ear diameter, weight of seeds per ear, fresh weight, dry weight, weight of 100 seeds, total harvest index, seed yield per hectare, leaf area index, chlorophyll a, chlorophyll b were obtained in the treatment of nitrogen and azotobacter in the Simon cultivar, and the lowest amounts were recorded in the control treatment (no nitrogen and no azotobacter) in the B.C. cultivar.

Conclusion: The use of nitrogen fertilizer along with seed inoculation with azotobacter in comparison with no seed inoculation leads to an increase in plant height, number of seeds in a row, ear diameter, number of leaves, harvest index, leaf area index, fresh and dry weight of leaves and finally grain yield. Combining biological and chemical fertilizers seems to be a suitable method for improving the performance and consumption of nitrogen fertilizers. Therefore, to increase grain yield, it could be suggested that azotobacter be used in seed inoculation and optimal use of nitrogen to reduce the consumption of chemical fertilizers.

Keywords: Azotobacter, Harvest Index, leaf area index (LAI), Chlorophyll a, Chlorophyll b, Nitrogen Fertilizer, Mays.

Article Type: Research Article

Article history: Received: 23 Apr 2023, Revised: 20 May 2023, Accepted: 12 Jun 2023, Published online: 22 Jun 2023

Cite this article: Niari Khamssi, N. & Goodarzi, M. (2023). Investigating the combined effect of azotobacter and nitrogen fertilizers on the qualitative, morpho-physiological and agronomic characteristics of corn cultivars (*Zea mays* L.). *Cereal Biotechnology and Biochemistry*, 2(2), 221-242. DOI: [10.22126/cbb.2023.9390.1052](https://doi.org/10.22126/cbb.2023.9390.1052)



© The Author(s).

Publisher: Razi

[10.22126/cbb.2023.9390.1052](https://doi.org/10.22126/cbb.2023.9390.1052)



بررسی اثر تلفیقی کود ازتوباکتر و نیتروژن بر خصوصیات کیفی، مورفوفیزیولوژیک و زراعی ارقام ذرت (*Zea mays* L.)

ناهید نیاری خمسی^۱ و مریم گودرزی^۲

^۱ استادیار، دانشکده کشاورزی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران.

^۲ کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران.

✉ نویسنده مسئول. رایانامه: khamssi@gmail.com

چکیده

مقدمه: در صورت وجود مقدار کافی نیتروژن، پتاسیم و فسفر در خاک، گیاهان زراعی دارای رشد رویشی، سطح برگ بیشتر و عملکرد مناسب خواهند بود. با توجه به خشک و نیمه خشک بودن ایران، میزان مواد آلی خاک‌های آن پایین بوده و در نتیجه دارای سطوح پائین نیتروژن می‌باشند. اغلب گیاهان در چنین مناطقی دچار کمبود نیتروژن می‌شوند و به همین دلیل تأمین نیتروژن از طریق کودهای شیمیایی و آلی ضروری است. امروزه با توجه به مشکلاتی که به دنبال مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به وجود آمده، کاربرد کودهای بیولوژیک مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. کودهای بیولوژیک به مجموعه مواد نگهدارنده با تعداد زیادی از یک یا چند میکروارگانیسم مفید خاکری و یا فرآورده‌های متابولیک آن‌ها اطلاق می‌شود که بیشتر به منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و ایجاد شرایط فیزیکی و شیمیایی مناسب خاک برای رشد و نمو گیاه مصرف می‌شود. کودهای زیستی به صورت مایه تلقیح زنده برای مصرف در خاک و یا مصرف همراه با بذر تولید می‌شوند.

مواد و روش‌ها: آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار به اجرا در آمد. فاکتورهای مورد استفاده شامل: ارقام ذرت در دو سطح (سیمون (Simon) و بی سی (BC))، فاکتور دوم باکتری ازتوباکتر *Azotobacter chroococcum* در دو سطح (عدم مصرف باکتری و مصرف باکتری) و فاکتور سوم، کود نیتروژن در دو سطح (عدم مصرف نیتروژن و مصرف نیتروژن) بود. صفات ارتفاع بوته، تعداد بلال در هر بوته و در واحد سطح، تعداد دانه در بلال، قطر بلال، وزن دانه‌های هر بلال، وزن تر، وزن خشک، وزن صد دانه، شاخص برداشت کل، شاخص برداشت بلال و عملکرد دانه در هکتار، شاخص سطح برگ، کلروفیل a و کلروفیل b اندازه گیری شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین ارتفاع بوته، تعداد بلال در هر بوته و در واحد سطح، تعداد دانه در بلال، قطر بلال، وزن دانه‌های هر بلال، وزن تر، وزن خشک، وزن صد دانه، شاخص برداشت کل، شاخص برداشت بلال و عملکرد دانه در هکتار، شاخص سطح برگ، کلروفیل a و کلروفیل b در تیمار مصرف نیتروژن و ازتوباکتر در رقم سیمون به دست آمد و کمترین مقدار مربوط به تیمار شاهد (عدم مصرف نیتروژن، عدم مصرف ازتوباکتر) در رقم BC بود.

نتیجه‌گیری: کاربرد کود نیتروژن به همراه تلقیح بذر با ازتوباکتر در مقایسه با عدم تلقیح بذر، منجر به افزایش ارتفاع بوته، تعداد دانه در ردیف، قطر بلال، تعداد برگ، شاخص برداشت، شاخص سطح برگ، وزن تر و خشک برگ و برگ و نهایتاً عملکرد دانه ذرت گردید. به نظر می‌رسد به کارگیری تلفیقی دو عامل کود زیستی و شیمیایی روشی مناسب در بهبود عملکرد و مصرف کود نیتروژن است. از این رو به منظور افزایش عملکرد دانه، می‌توان پیشنهاد نمود که ازتوباکتر در تلقیح بذر و توأم با مصرف بهینه نیتروژن جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی به کار برده شود.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر، ذرت، شاخص برداشت، شاخص سطح برگ (LAI)، کلروفیل a، کلروفیل b، کود نیتروژن.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

نوع مقاله دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۰۳ **اصلاح:** ۱۴۰۲/۰۲/۳۰ **پذیرش:** ۱۴۰۲/۰۳/۲۲ **انتشار آنلاین:** ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

استناد: نیاری خمسی، ن. و گودرزی، م. (۱۴۰۲). بررسی اثر تلفیقی کود ازتوباکتر و نیتروژن بر خصوصیات کیفی، مورفوفیزیولوژیک و زراعی ارقام ذرت (*Zea mays* L.).

DOI: [10.22126/cbb.2023.9390.1052](https://doi.org/10.22126/cbb.2023.9390.1052) ، ۲۴۲-۲۲۱، (۲)، ۲۴۲-۲۲۱.



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه رازی

مقدمه

گیاه ذرت از خانواده Poaceae و جنس *zea* و گونه *Z.mays* می‌باشد. ذرت، بعد از گندم و برنج سومین گیاه زراعی مهم دنیا است. سهم عمده و نقش روزافزون آن در تأمین مواد غذایی مورد نیاز انسان، دام، طیور و مصارف صنعتی، عامل مهمی در توسعه کشت این محصول می‌باشد. ذرت در تمام مناطق معتدل و گرمسیری جهان کشت می‌شود. ایالت متحده، ۴۰ درصد ذرت جهان را تولید می‌کند (Atkin, 1995). به منظور افزایش تولید محصولات کشاورزی در واحد سطح، بیشتر تولیدکنندگان به کودهای شیمیایی روی آورده‌اند و تصور آن‌ها بر این است که هرچه کود بیشتری مصرف کنند، عملکرد بیشتری خواهند داشت. این کودها در درازمدت خصوصیات فیزیکیوشیمیایی خاک‌ها را تخریب کرده و با کاهش نفوذپذیری در خاک، نفوذ ریشه گیاهان را دچار مشکل ساخته و در نهایت کاهش عملکرد را به دنبال خواهند داشت. از طرف دیگر باعث کاهش کیفیت تولیدات کشاورزی و مشکلات زیست‌محیطی و آلودگی آب‌های زیرزمینی نیز می‌شوند (Wu et al., 2004).

ذرت به عنوان منبع مهم تأمین کننده انرژی و پروتئین، قابلیت هضم بسیار بالایی دارد و تهیه سیلوی آن برای دام‌های پرواری و شیرده از کیفیت مطلوبی برخوردار است (Kazemi Erbat, 1999). امروزه بسیاری از کشورهای توسعه یافته به دلیل جلوگیری از اثرات نامطلوب زیست محیطی کودهای شیمیایی و همچنین کشورهای در حال توسعه به دلیل افزایش روز افزون قیمت جهانی کودهای

شیمیایی، به کودهای بیولوژیک روی آورده‌اند (Khavari

et al., 2005).

کودهای بیولوژیک در مقایسه با موادشیمیایی مزیت‌های قابل قبولی دارند؛ از جمله این که در چرخه غذایی، تولید مواد سمی و میکروبی نمی‌نمایند، قابلیت تکثیر خود به خودی دارند، باعث اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شوند، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه و از دیدگاه زیست محیطی قابل پذیرش هستند (Moalem & Eshghizade, 2007).

کودهای زیستی با کودهای بیولوژیک (Biofertilizers) به مجموعه متنوعی از ریز جانداران مفید خاکزی به ویژه باکتری‌های آزادی (Freeliving) و همیار (Associative) از جمله جنس *Azospirillum* و *Azotobacter* که تثبیت کننده زیستی نیتروژن به روش‌های همیاری و همزیستی (Symbiosis) اطلاق می‌گردد که با ترشح هورمون‌های محرک رشد گیاه از جمله اکسین، جیبرلین و سیتوکنین به طور مستقیم سبب بهبود رشد و نمو و افزایش عملکرد محصولات زراعی می‌گردند (Khavari et al., 2005). از تو باکتر یک باکتری آزادی تثبیت کننده نیتروژن است که انرژی مورد نیاز خود را از تجزیه بقایای گیاهی و جانوری تأمین می‌کند. از تو باکترها به طور کلی پلی‌مورفیک هستند و قادر به تثبیت حداقل ۱۰ میلی‌گرم نیتروژن به ازای مصرف هر گرم از کربوهیدرات می‌باشند. از تو باکتر در شرایط مختلف آب و هوایی از منطقه گرم حاره تا مناطق قطبی یافت می‌شود (Tejera et al., 2005).

در این تحقیق سعی گردیده تا از کاربرد تلفیقی ازتوباکتر و کود نیتروژن به عنوان افزایش دهنده مناسبی برای عملکرد ذرت استفاده کرد و از سویی با کاهش استفاده از کودهای شیمیایی، گام مهمی در توجیه اقتصادی استفاده از کودهای بیولوژیک توأم با نیتروژن ارایه کرد و در راستای گام نهادن در مسیر تولید محصولات سالم، اقدام نمود. هدف از این تحقیق امکان تلفیق کود نیتروژن و کود بیولوژیک ازتوباکتر برای دو رقم ذرت به منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی می باشد که این امر باعث افزایش عملکرد در واحد سطح شده و نیز سبب کاهش اثرات مخرب کودهای شیمیایی و سموم کشاورزی، و در نتیجه تولید محصول سالم تر با توجیه اقتصادی بیشتر می گردد که می توان آنرا به کشاورزان توصیه کرد. با توجه به اینکه کشت ذرت بعد از گندم و برنج یکی از کشت های مهم در ایران است، لذا تحقیق روی ارقام با عملکرد بالا بسیار حایز اهمیت است و از طرفی کشت تلفیقی باکتری ازتوباکتر و کود نیتروژن را می توان عامل مناسبی برای افزایش عملکرد ذرت محسوب نموده و از سویی با کاهش استفاده از کودهای شیمیایی، گام مهمی در توجیه اقتصادی استفاده از کودهای بیولوژیک توأم با نیتروژن در راستای تولید محصولات سالم برداشت.

مواد و روش ها

این آزمایش در بهار-تابستان سال ۱۴۰۰ در مزرعه واقع در شهرستان گیلان غرب در استان کرمانشاه به اجرا درآمد. شهرستان گیلانغرب در غرب استان کرمانشاه و در ۳۳ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۵۱

دقیقه طول شرقی واقع شده است. ارتفاع از سطح دریا تمامی اراضی گیلانغرب حدود ۸۰۰ متر و یا کمتر است. حداکثر مطلق دمای ثبت شده در این ناحیه ۵۰ درجه سانتیگراد می باشد. میانگین سالانه بارش در این منطقه از حیث مقدار کم و در عین حال نامنظم است و تقریباً بیشتر بارش در زمستان است. بر اساس اطلاعات آماری ایستگاه هواشناسی گیلانغرب، میانگین بارندگی سالیانه این منطقه ۴۲۰ میلی متر است. ذرت در این منطقه به عنوان کشت دوم مرسوم است. در این آزمایش کشت در اواخر اردیبهشت ماه انجام شد. براساس گزارش اطلاعات ده ساله ایستگاه تحقیقاتی هواشناسی گیلانغرب، میانگین حداکثر و حداقل درجه حرارت ماهانه به ترتیب ۳۷/۲ و ۱۴ درجه سانتیگراد می باشد. میانگین ده ساله گرم ترین ماه سال ۴۰/۵ درجه سانتیگراد و میانگین سردترین ماه سال چهار درجه سانتیگراد بوده است. این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار در شرایط مزرعه اجرا شد. فاکتورهای مورد استفاده شامل:

فاکتور اول (A): ارقام ذرت در دو سطح که عبارتند از: a₁: سیمون (Simon) و a₂: بی سی (BC)؛ فاکتور دوم (B): باکتری ازتوباکتر *Azotobacter chroococcum* در دو سطح که عبارتند از: b₁: عدم مصرف باکتری و b₂: مصرف باکتری و فاکتور سوم (C): کود نیتروژن در دو سطح که عبارتند از: C₁: عدم مصرف نیتروژن و C₂: مصرف نیتروژن.

جهت جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها بسته شد. با رسیدن گیاه به ارتفاع پنج سانتی متری و یا در مرحله ۳-۴ برگی، برای حصول تراکم مناسب (۱۰ بوته در مترمربع) مزرعه تنک شد. کنترل علف هرز توسط وجین دستی در چهار نوبت انجام شد.

با توجه به اهمیت خاک در رشد و نمو گیاهان زراعی، به منظور بررسی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک، از مزرعه محل آزمایش نمونه برداری خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی متری در سه نقطه از زمین صورت گرفت (جدول ۱).

فواصل بین کرت ها نیم متر، ابعاد هر کرت ۳×۳ متر (۹ متر مربع)، فاصله بین دو ردیف ۵۰ سانتی متر و تراکم ۱۰۰۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد.

باکتری ازتوباکتر به صورت بذرمال به بذور ذرت اضافه شد. فاکتور کود نیتروژن در دو سطح مصرف و عدم مصرف بکار برده شد کشت بذور ارقام سیمون و بی سی به صورت خشکه کاری با دست در عمق پنج سانتی متری (در هر کپه دو بذور) در اردیبهشت ماه انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کشت انجام شد و آبیاری های بعدی به فاصله هر هفت روز یکبار تا آخر فصل رشد به شیوه نشتی انجام شد و به دلیل داشتن تیمار کودی، انتهای کرت ها

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایش

Table 1- Physical and chemical characteristics of the soil of the experimental field

هدایت الکتریکی (میکرو زیمنس بر سانتی متر) Electrical Conductivity (μs/cm)	pH	مواد آلی خاک (درصد) Organic matter of Soil (%)	بافت خاک Soil Structure	درصد ذرات شن-لای-رس Particles sand-lay-clay (%)	فسفر قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم خاک خشک) Absorbable phosphorus (mg/kg DM)	نیتروژن قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم خاک خشک) Absorbable nitrogen (mg/kg DM)
1.1	7.9	1.25	سیلتی لومی silty loam	24-50-26	7.3	92.4

حجم نمونه بر اساس نوع صفت بین ۱۰ تا ۳۰ بوته و بلال بود.

به منظور اندازه گیری کلروفیل a و b ابتدا ۵۰۰ میلی گرم نمونه از برگ تازه تهیه شده و به روش آرنون (Arnon, 1967) اندازه گیری انجام شد.

از چهار خط میانی هر کرت، از پنج بوته نمونه برداری انجام شد و از هر بوته یک برگ بصورت تصادفی نمونه گیری شد و سپس برای اندازه گیری غلظت کلروفیل با استفاده از اسپکتروفتومتر طبق روش تغییر یافته آرنون

ارتفاع بوته، تعداد بلال در هر بوته و در واحد سطح، تعداد دانه در بلال، قطر بلال، وزن دانه های هر بلال، وزن تر، وزن خشک، وزن صد دانه، شاخص برداشت کل، شاخص برداشت بلال و عملکرد دانه اندازه گیری شد. برای اندازه گیری از هر کرت حداقل پنج نمونه به صورت تصادفی انتخاب شد. شاخص سطح برگ، طول برگ، عرض برگ، تعداد برگ، وزن تر و خشک آن نیز اندازه گیری شد. نمونه گیری در مزرعه بصورت تصادفی و

هورمون نقش به سزایی در افزایش ارتفاع دارد (Leoni et al., 2002). در مطالعه دیگر نشان داده شد که تلقیح بذر سیاهدانه با کودهای بیولوژیک نظیر آزوسپیریلوم و ازتوباکتر باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه، از جمله ارتفاع بوته شده است (Shalan, 2005). اثر تیمار نیتروژن و ازتوباکتر و اثر متقابل آن‌ها بر قطر بلال در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر تیمارهای ازتوباکتر و نیتروژن بر تعداد ردیف بلال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). آزمایشات میرزاخانی و داوری (Mirzakhani & Davari, 2014) نشان داده است که مصرف ازتوباکتر توأم با کود نیتروژن بالاترین مقادیر تعداد ردیف بلال را به خود اختصاص می‌دهد. اثر متقابل ازتوباکتر - نیتروژن در سطح احتمال یک درصد برای تعداد دانه در ردیف معنی‌دار بود (جدول ۲).

برخلاف نتایج آزمایشات محققین (Dhillon et al., 1980; Gholami et al., 1999; Mirzakhani & Davari, 2014) که افزایش وزن هزاردانه را در اثر تلقیح ازتوباکتر توأم با کود نیتروژن گزارش کردند، در این آزمایش هیچ یک از تیمارهای ازتوباکتر، نیتروژن و اثر متقابل ازتوباکتر × نیتروژن روی وزن هزار دانه معنی‌دار نشد (جدول ۲).

اثر باکتری‌های ازتوباکتر و همچنین اثر متقابل ازتوباکتر × نیتروژن در سطح احتمال یک درصد بر تعداد برگ معنی‌دار بود (جدول ۲). باکتری‌های ازتوباکتر تأثیر بسزایی در افزایش تعداد برگ‌های بوته داشته است. این امر را می‌توان به دلیل توان بیشتر هورمون‌های تولید شده و

(Arnon, 1949) استخراج انجام شد و سپس بر اساس فرمول‌های زیر مقادیر کلروفیل به دست آمد:

$$\text{Chlorophyll a (mg)} = (12.7 \times A_{663} - 2.69 \times A_{645}) V/1000W$$

$$\text{Chlorophyll b (mg)} = (29.9 \times A_{645} - 4.69 \times A_{663}) V/1000W$$

$$\text{Chlorophyll b (mg)} = (20.2 \times A_{645} - 8.02 \times A_{663}) V/1000W$$

V = حجم نهایی محلول صاف و استخراج شده (محلول

فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)

$$A = \text{جذب نور در طول موج‌های } ۶۴۳, ۶۴۵ \text{ و } ۴۷۰$$

نانومتر

$$W = \text{وزن تر نمونه بر حسب گرم}$$

برگ‌ها جهت اندازه‌گیری سطح برگ و وزن خشک آن‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند. جهت بدست آوردن سطح برگ از دستگاه Leaf area meter استفاده شد. پس از برر سی نرمال بودن توزیع داده‌ها، تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و MSTAT-C انجام شد. برای انجام مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات نیتروژن، ازتوباکتر و اثر متقابل نیتروژن × ازتوباکتر در سطح احتمال پنج درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). میکروارگانسیم‌های تثبیت کننده نیتروژن از طریق افزایش رشد رویشی و تولید مواد تحریک کننده رشد، سبب افزایش ارتفاع گیاهان به خصوص غلات می‌شوند. از طرفی، ارتفاع بوته صفتی است که تحت تأثیر هورمون‌های رشد به خصوص اکسین قرار گرفته و فعال شدن این

افزایش رشد ریشه توسط ازتوباکتر توجیه نمود. در تحقیق الذینی و همکاران (El- Zieny et al., 2001) افزایش تعداد برگ‌های بوته را ناشی از باکتری ازتوباکتر و نیتروژن می‌دانند. نیتروژن اثر افزایش‌دهی در رشد رویشی و افزایش برگ دارد و از سوی دیگر باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم در ترشح هورمون‌های جیبرلین و اکسین مؤثر هستند و این هورمون‌ها سبب افزایش رشد طولی سلول‌ها و تقسیمات سلولی بیشتر می‌شوند و بدین ترتیب می‌توانند در افزایش برگ‌های بلال مؤثر باشند. هرناندز و همکاران (Hernandez et al., 1995) افزایش تعداد برگ‌های بوته ذرت تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد را گزارش نمودند.

نتایج نشان داد که تیمارهای ازتوباکتر، نیتروژن و اثر متقابل ازتوباکتر × نیتروژن در سطح احتمال یک درصد بر وزن تر برگ معنی‌دار بود (جدول ۲). در پژوهشی اثر سطوح مختلف مصرف نیتروژن بر وزن تر برگ‌های ذرت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و تیمار مصرف ۳۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کود زیستی با میانگین ۱۰۱ گرم نسبت به سایر تیمارها برتر بود (Fallah & Tadayyon, 2009).

نتایج نشان داد که اثر متقابل ازتوباکتر × نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد بر وزن خشک برگ معنی‌دار بود (جدول ۲). باکتری‌های ازتوباکتر به دلیل ترشح هورمون‌های جیبرلین و اکسین تأثیر بسزایی در افزایش وزن خشک برگ داشته است و این امر را می‌توان به دلیل توان بیشتر هورمون‌های تولید شده توسط ازتوباکتر و

افزایش رشد و افزایش فتوسنتز توسط برگ‌ها توجیه نمود (El- Zieny et al., 2001).

طبق نتایج، اثر رقم و اثر متقابل ازتوباکتر × نیتروژن در سطح احتمال یک درصد بر صفت شاخص سطح برگ معنی‌دار بود (جدول ۲). همچنین اثر سطوح نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد بر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود (جدول ۲). نیتروژن عنصر اصلی تشکیل دهنده کلروفیل یا سبزینه گیاه نیز می‌باشد که عامل اساسی در کربن گیری است. محققان گزارش نمودند که با افزایش کود نیتروژن تا ۱۶۸ کیلوگرم در هکتار، زیست توده کل، جذب نیتروژن و شاخص سطح برگ افزایش می‌یابد (Mengel & Kirkby, 2001; Torbert et al., 2001).

اثر نیتروژن در سطح احتمال یک درصد بر کلروفیل a و کلروفیل b برگ ذرت معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای ازتوباکتر و نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). افیفی و همکاران (Afifi et al., 2003) بیان داشتند که تلقیح ذرت با ازتوباکتر به عنوان کود زیستی با نصف غلظت‌های توصیه شده NPK عملکرد دانه ذرت را افزایش داد.

دوبلار و همکاران (Dobbelaere et al., 2003) افزایش عملکرد دانه را به واسطه کاربرد کودهای زیستی گزارش نموده‌اند. باکتری‌های محرک رشد به دلیل افزایش جذب مواد غذایی می‌توانند عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار دهند. روستی و همکاران (Roesti et al., 2006) علت

افزایش ارتفاع در بوته ذرت در تیمار اثر متقابل ازتوباکتر × نیتروژن احتمالاً به علت افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاه، بهبود خصوصیات خاک نظیر محتوای ماده آلی و افزایش محتوای نیتروژن قابل دسترس خاک بوده است. به طور کلی، در دسترس بودن آب و عناصر غذایی ضروری گیاه از طریق افزایش تعداد گره‌ها و طول میان گره‌ها ارتفاع بوته را تحت تأثیر قرار می‌دهند. به نظر می‌رسد برای صرفه‌جویی و افزایش کارایی مصرف کودهای نیتروژنه، استفاده از باکتری‌های که تثبیت کننده نیتروژن بوده و می‌توانند در طول رشد گیاه، نیتروژن را تثبیت و در اختیار گیاه قرار دهند، امری ضروری باشد (Zaidi et al., 2003). زهیر و همکاران (Zahir et al., 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 به افزایش رشد رویشی و زایشی می‌شوند. ازتوباکتر به عنوان تحریک کننده رشد گیاهی، غیر از تثبیت نیتروژن مولکولی با تولید مواد تنظیم کننده رشد مانند اکسین و سیتوکنین منجر به افزایش تولید تارهای کشنده ریشه و جذب عناصر غذایی از خاک می‌شوند.

افزایش عملکرد توسط کودهای زیستی را به نقش مثبت ازتوباکتر در تنظیم و تولید هورمون‌های محرک رشد و توسعه بهتر ریشه گیاه نسبت دادند که با کمک به جذب بیشتر مواد، به بهبود عملکرد کمک می‌نماید. اثر تیمارهای نیتروژن و ازتوباکتر بر شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). کوهن و همکاران (Cohen et al., 1980) ازتوباکتر و کود نیتروژن با تأثیر بر تسهیم وزن خشک بوته و تخصیص ماده خشک بیشتر به دانه سبب افزایش شاخص برداشت شد. نتایج آزمایش حاضر با تحقیقات میرزاخانی و داوری (Mirzahkani & Davari, 2014) مشابه بود.

اثر ازتوباکتر و نیتروژن در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۲). آزمایشات سلیمانی فرد و ناصری (Soleimanifard & Naseri, 2014) نشان داده است استفاده از باکتری‌های محرک رشد اثر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت نشان دادند. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین ارتفاع بوته (۱۸۶/۴۲ سانتی‌متر) در تیمار مصرف نیتروژن و ازتوباکتر در رقم سیمون به دست آمد که در بالاترین گروه آماری قرار داشت و کمترین ارتفاع بوته (۱۶۸/۵ سانتی‌متر) مربوط به تیمار شاهد (عدم مصرف نیتروژن، عدم مصرف ازتوباکتر) در رقم BC بود (شکل ۱).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده

Table 2 - The results of the analysis of variance for the measured traits

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	تعداد ردیف بلال	تعداد دانه در ردیف	قطر بلال
S.O.V	df	Plant Height	The number of ear rows	The number of seeds in the row	Ears Diameter
بلوک Block	3	21.74	7.125*	16.82	0.01
رقم Cultivar	1	143.44	1.125	21.77	0.05
ازتوباکتر Azotobacter	1	1026.24*	20.12**	26	0.69*
نیتروژن Nitrogen	1	4189.3**	36.12**	59.53*	0.50*
رقم × ازتوباکتر Cultivar × Azotobacter	1	9.28	0.125	2.7	0.00
رقم × نیتروژن Cultivar × Nitrogen	1	56.39	3.125	3.52	0.00
نیتروژن × ازتوباکتر Nitrogen × Azotobacter	1	1002.92*	3.125	299.02**	0.59*
رقم × نیتروژن × ازتوباکتر × Azotobacter Cultivar × Nitrogen	1	62.95	1.125	1.43	0.00
خطا Error	21	196.9	1.98	13.76	0.11
ضریب تغییرات	-	7.98	9.75	8.25	15.49
CV (%)					

ns, **, *: بترتیب بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم وجود تفاوت معنی‌دار

ادامه جدول ۲

Table 2 - Continued

وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن تر برگ Fresh weight of leaves	تعداد برگ Number of leaves	وزن هزار دانه Thousand seed weight	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
0.76	13.06	0.58	5953.88	3	Block بلوک
0.00	11.19	1.19	102.13	1	Cultivar رقم
2.41	113.81**	9.61**	1372.86	1	ازتوباکتر Azotobacter
1.68	109.6**	0.20	3922.39	1	نیتروژن Nitrogen
1.17	5.72	0.05	0.82	1	رقم × ازتوباکتر Cultivar × Azotobacter
0.01	3.15	0.08	314.80	1	رقم × نیتروژن Cultivar × Nitrogen
4.21*	626.24**	3.54**	1189.18	1	نیتروژن × ازتوباکتر Nitrogen × Azotobacter
0.00	13.30	0.37	224.49	1	رقم × نیتروژن × ازتوباکتر × Azotobacter Cultivar × Nitrogen
0.99	10.31	0.412	2195.4	21	Error خطا
7.06	10.14	5.76	13.80	-	ضریب تغییرات CV (%)

ns, **, *: بترتیب بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم وجود تفاوت معنی دار

ادامه جدول ۲

Table 2 - Continued

منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص سطح برگ	کلروفیل a	کلروفیل b
S.O.V	df	LAI	Chlorophyll a	Chlorophyll b
Block بلوک	3	0.44	0.06	0.01
Cultivar رقم	1	2.75**	0.15	0.03
ازتوباکتر Azotobacter	1	0.08	0.12	0.03
نیتروژن Nitrogen	1	1.01*	2.09**	0.52**
رقم × ازتوباکتر Cultivar × Azotobacter	1	0.07	0.00	0.00
رقم × نیتروژن Cultivar × Nitrogen	1	0.26	0.06	0.01
نیتروژن × ازتوباکتر Nitrogen × Azotobacter	1	2.24**	0.08	0.02
رقم × نیتروژن × ازتوباکتر × Azotobacter Cultivar × Nitrogen	1	0.10	0.01	0.00
Error خطا	21	0.226	0.0655	0.0162
ضریب تغییرات CV (%)	-	8.52	29.59	29.59

*, **, ns: بترتیب بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم وجود تفاوت معنی دار

ادامه جدول ۲

Table 2 - Continued

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک
S.O.V	df	Grain Yield	Harvest Index	Biological Yield
Block بلوک	3	95726.53	25.17	2689173.33
Cultivar رقم	1	6802891.37	122.29	2378499.76
ازتوباکتر Azotobacter	1	20059814.31**	1600.5**	22574796.37**
نیتروژن Nitrogen	1	22389864.32**	3774.1**	55276408.37**
رقم × ازتوباکتر Cultivar × Azotobacter	1	2164659.85	172.04	2620448.79
رقم × نیتروژن Cultivar × Nitrogen	1	1888133.08	93.78	602729.7
نیتروژن × ازتوباکتر Nitrogen × Azotobacter	1	20138120.29**	73481.65**	2288385.59
رقم × نیتروژن × ازتوباکتر Cultivar × Nitrogen × Azotobacter	1	361965.82	0.02	1073836.14
Error خطا	21	1746740.07	82.92	2652934.35
ضریب تغییرات CV (%)	-	15.72	17.53	10.04

*, **, ns: بترتیب بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم وجود تفاوت معنی دار

بیشترین قطر بلال به مقدار ۲/۵ میلی متر در تیمار مصرف نیتروژن و ازتوباکتر در ارقام سیمون و بی سی به دست آمد؛ در حالیکه در تیمار شاهد بدون مصرف نیتروژن و ازتوباکتر، کمترین قطر بلال به مقدار ۱/۶ میلی متر حاصل شد (شکل ۲).

نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بالاترین تعداد ردیف بلال در تیمار اثر متقابل ازتوباکتر × نیتروژن در رقم سیمون (۱۷ عدد) و همچنین در مصرف نیتروژن در رقم سیمون (۱۶ عدد) بود و تیمار شاهد (بدون مصرف

نیتروژن و ازتوباکتر در رقم سیمون و بی سی) کمترین تعداد ردیف بلال (۱۲ عدد) بود (شکل ۳).

بررسی مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بالاترین تعداد دانه در ردیف در تیمار اثر متقابل ازتوباکتر × نیتروژن در رقم سیمون تعداد ۴۸ دانه بود و تیمار شاهد (بدون مصرف نیتروژن و ازتوباکتر در رقم سیمون و بی سی) کمترین مقدار تعداد دانه در ردیف ۴۲ دانه را داشت (شکل ۴). تأمین به موقع عوامل اثرگذار مانند نیتروژن، می‌تواند با افزایش تعداد دانه در ردیف به افزایش عملکرد دانه کمک کند. پال (Pal, 1998) با مصرف کود زیستی و نیتروژنه، افزایش تعداد دانه در ردیف بلال ذرت را گزارش نمود.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها در تیمار مصرف نیتروژن × ازتوباکتر در رقم سیمون، بیشترین وزن هزار دانه (۳۶۰ گرم) در بالاترین گروه آماری قرار داشت و کمترین وزن هزار دانه ذرت (۳۱۹ گرم) مربوط به تیمار شاهد بدون مصرف نیتروژن و ازتوباکتر در ارقام سیمون و بی سی بود (شکل ۵).

مورچی و همکاران (Murchie et al., 2002) بیان کردند علت بیشتر بودن وزن هزار دانه ذرت در مصرف توأم ازتوباکتر و نیتروژن در طول دوره رشد می‌باشد که موجب بالا نگه داشتن میزان کلروفیل برگ‌های انتهایی و تأخیر در پیری برگ می‌گردد، که این موضوع موجب افزایش میزان مواد فتوسنتزی و سرعت فتوسنتز در اندام‌های فتوسنتز کننده و سپس افزایش وزن دانه خواهد شد.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها در تیمار مصرف نیتروژن و ازتوباکتر در رقم سیمون و بی سی، بیشترین تعداد برگ (۱۳ عدد) در بالاترین گروه آماری قرار داشت و کمترین تعداد برگ (۹ عدد) مربوط به تیمار شاهد بدون مصرف نیتروژن و ازتوباکتر در رقم سیمون بود (شکل ۶). حمیدی و همکاران (Hamidi et al., 2009) نشان دادند که در اثر تلقیح بذر ذرت علوفه‌ای با کود زیستی، تعداد برگ‌های بالایی بلال و تعداد برگ در هر بوته افزایش یافته است. آن‌ها نیز دلیل این امر را وجود روابط مثبت بین گیاه و باکتری دانسته و اعلام داشتند که این موضوع در نهایت منجر به افزایش عملکرد علوفه سیلویی شده است. همچنین، اظهار داشتند که احتمالاً باکتری محرک رشد از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد، عملکرد و ویژگی‌های مرتبط با آن را در ذرت علوفه‌ای تحت تأثیر قرار داده است. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها در تیمار مصرف نیتروژن و ازتوباکتر در رقم سیمون، بیشترین وزن تر برگ (۳۵.۱۳ گرم) در بالاترین گروه آماری قرار داشت و کمترین وزن تر برگ (۲۵ و ۲۷ گرم) مربوط به تیمار شاهد بدون مصرف نیتروژن و ازتوباکتر در هر دو رقم سیمون و بی سی بود (شکل ۷). محققان افزایش وزن تر برگ‌های بوته را ناشی از باکتری ازتوباکتر و نیتروژن می‌دانند (Torbert et al., 2001). نیتروژن اثر افزایش‌دهی در رشد رویشی و افزایش برگ دارد. محققان گزارش نمودند که مصرف کود زیستی توأم با کود نیتروژن تا ۱۶۸ کیلوگرم در هکتار زیست توده کل و وزن برگ را افزایش می‌دهد (Torbert et al., 2001).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها در تیمار مصرف نیتروژن و ازتوباکتر در رقم سیمون، بیشترین عملکرد دانه (۱۰۸۵۵/۱) کیلوگرم در هکتار در بالاترین گروه آماری قرار داشت و کمترین عملکرد دانه ذرت (۶۴۶۳/۸) و مصرف نیتروژن و ازتوباکتر در هر دو رقم سیمون و بی سی بود (شکل ۱۲).

گزارش‌های متعددی در مورد اثر کود ازتوباکتر به ویژه همراه با افزودن کود نیتروژن روی محصولاتی مانند گندم، ذرت و همچنین ارزن توسط مشرام و شند (Meshram & Shende, 1982) گزارش شده است.

نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بالاترین شاخص برداشت در تیمار اثر متقابل ازتوباکتر و نیتروژن در رقم سیمون ۵۹ درصد بود و تیمار شاهد (بدون مصرف نیتروژن و ازتوباکتر در رقم سیمون) کمترین مقدار شاخص برداشت ۴۵ درصد را داشت (شکل ۱۳).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها در تیمار مصرف نیتروژن و ازتوباکتر در هر دو رقم سیمون و بی سی، بیشترین عملکرد بیولوژیک (۱۸۳۲۵/۰۱) کیلوگرم در هکتار در بالاترین گروه آماری قرار داشت و کمترین عملکرد بیولوژیک (۱۴۸۶۳/۳۸) و (۱۳۱۰۴/۹۳) کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار شاهد بدون مصرف نیتروژن و ازتوباکتر در هر دو رقم سیمون و بی سی بود (شکل ۱۴). آزمایشات نشان داد که که مصرف کود زیستی توأم با کود نیتروژن عملکرد دانه، زیست توده کل افزایش می‌دهد (Torbert et al., 2001).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها در تیمار مصرف نیتروژن و در تیمار ازتوباکتر، بیشترین وزن خشک برگ (۱۴/۷ و ۱۴/۶ گرم) در بالاترین گروه آماری قرار داشت و کمترین وزن خشک برگ (۱۳ گرم) مربوط به تیمار شاهد بدون مصرف نیتروژن و ازتوباکتر در هر دو رقم سیمون و بی سی بود (شکل ۸).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها در تیمار مصرف نیتروژن و ازتوباکتر در رقم سیمون، بیشترین شاخص سطح برگ در بالاترین گروه آماری قرار داشت و کمترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار شاهد بدون مصرف نیتروژن و ازتوباکتر در رقم بی سی بود (شکل ۹).

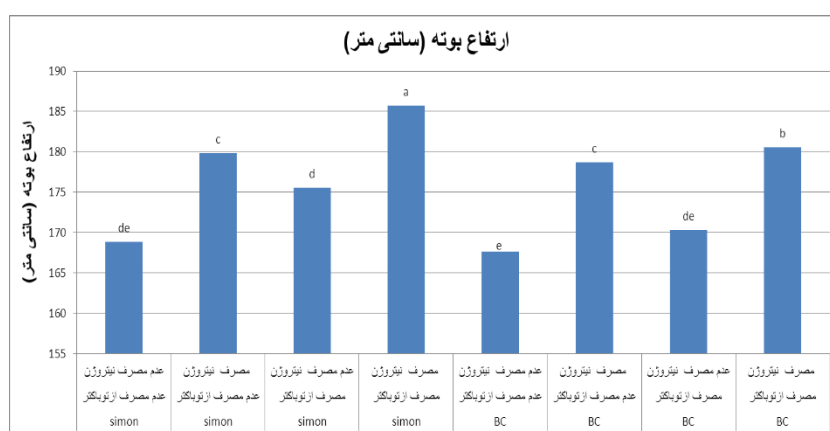
بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها در تیمار مصرف نیتروژن و ازتوباکتر در رقم سیمون، بیشترین کلروفیل برگ ذرت (۱/۱۱۷۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در بالاترین گروه آماری قرار داشت و کمترین کلروفیل برگ ذرت (۰/۴۰۰۷۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) مربوط به تیمار شاهد بدون مصرف نیتروژن و ازتوباکتر در رقم سیمون بود (شکل ۱۰).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها در تیمار مصرف نیتروژن و ازتوباکتر در رقم سیمون، بیشترین کلروفیل برگ ذرت (۰/۵۵۸۷۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در بالاترین گروه آماری قرار داشت و کمترین کلروفیل برگ ذرت (۰/۲۰۰۳۷۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) مربوط به تیمار شاهد بدون مصرف نیتروژن و ازتوباکتر در رقم سیمون بود (شکل ۱۱).

ترشح اُکسین‌ها، جیبرلین و سیتوکینین‌ها به وسیله ازتوباکتر به دلیل همیاری این باکتری‌ها با ریشه ذرت، مهمترین ساز و کار برای افزایش رشد و عملکرد دانه ذرت گزارش شده است.

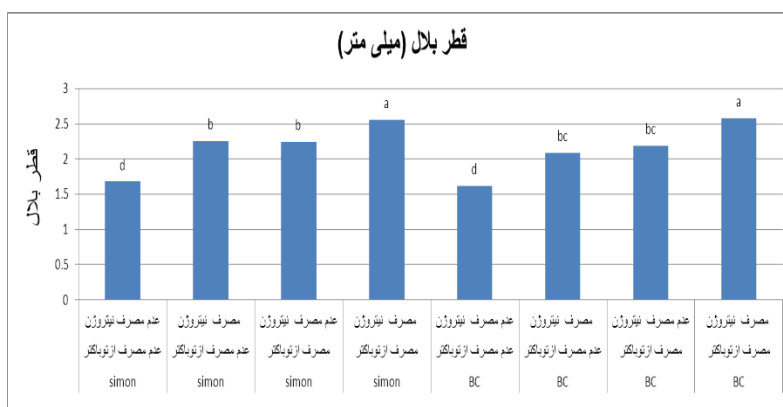
آزمایش‌های پژوهشگران نشان داده که تلقیح بذره‌های ذرت با باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم سبب افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گردیده است (Soleymanifard *et al.*, 2013).

ترشح مواد تنظیم‌کننده و تحریک‌کننده رشد رشد گیاه مانند اُکسین‌ها و جیبرلین توسط آزوسپیریلیوم، همچنین



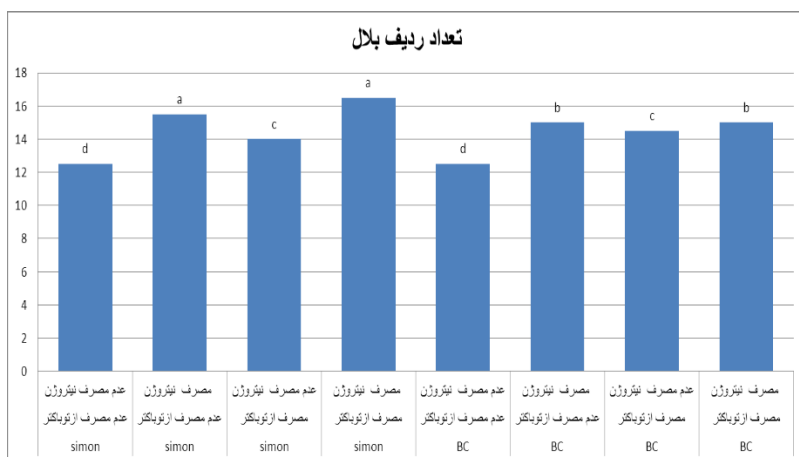
شکل ۱- مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی برای ارتفاع بوته ذرت

Figure 1. Mean comparison of the experimental treatments for corn plant height (cm)



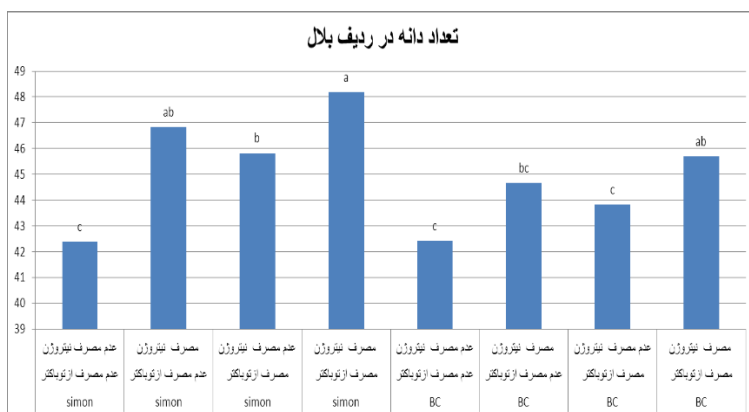
نمودار ۲ - مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی برای قطر بلال ذرت (میلی متر)

Figure 2. Mean comparison of the experimental treatments for the diameter of corn cobs (mm)



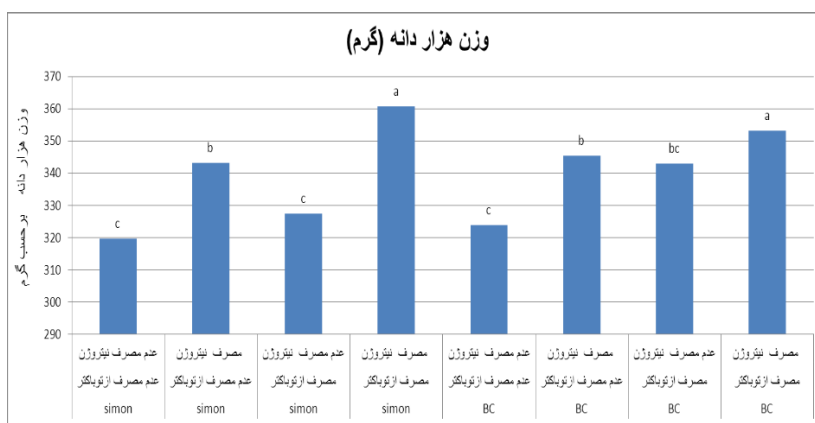
نمودار ۳ - مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی برای تعداد ردیف بلال

Figure 3. Mean comparison of experimental treatment for the number of cob rows



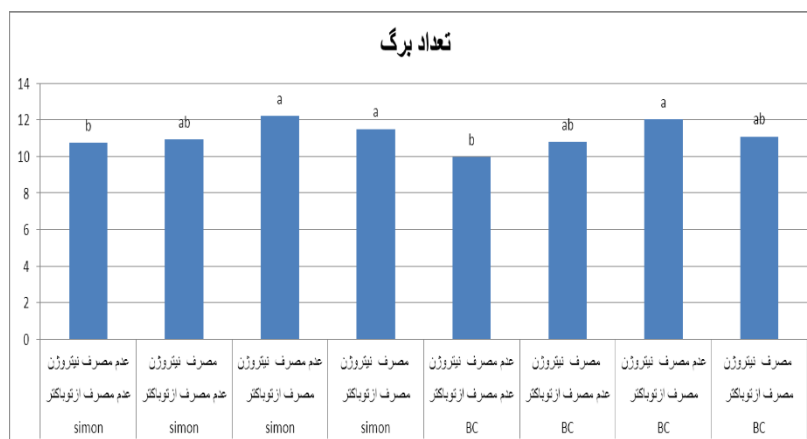
نمودار ۴ - مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی برای تعداد دانه در ردیف

Figure 4. Mean comparison of the experimental treatments for number of seeds in the row



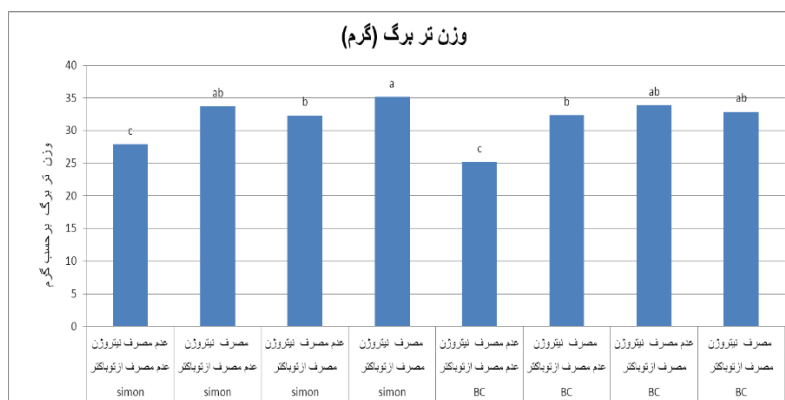
نمودار ۵ - مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی برای وزن هزار دانه (گرم)

Figure 5. Mean comparison of the experimental treatments for the weight of 1000 grains (gr)



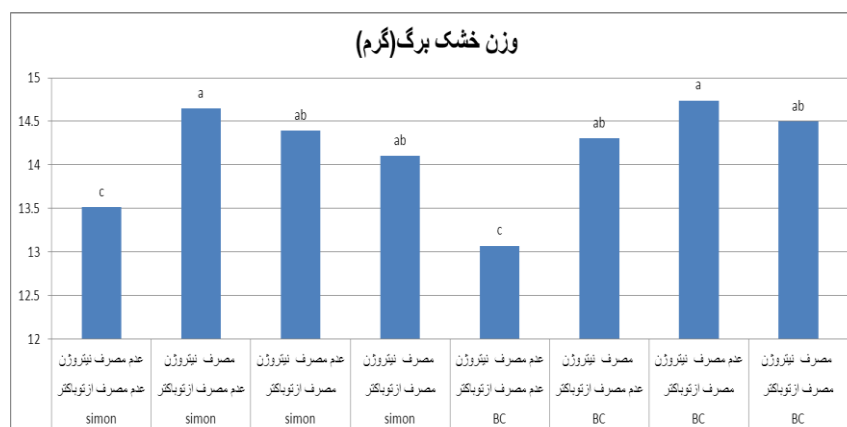
نمودار ۶ - مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی برای تعداد برگ

Figure 6. Mean comparison of the experimental treatments for number of leaves



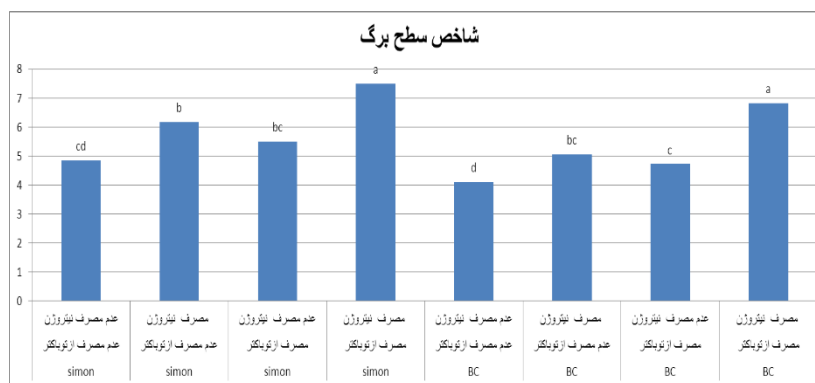
نمودار ۷ - مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی برای وزن تر برگ (گرم)

Figure 7. Comparison of mean experimental treatments for leaf fresh weight (gr)



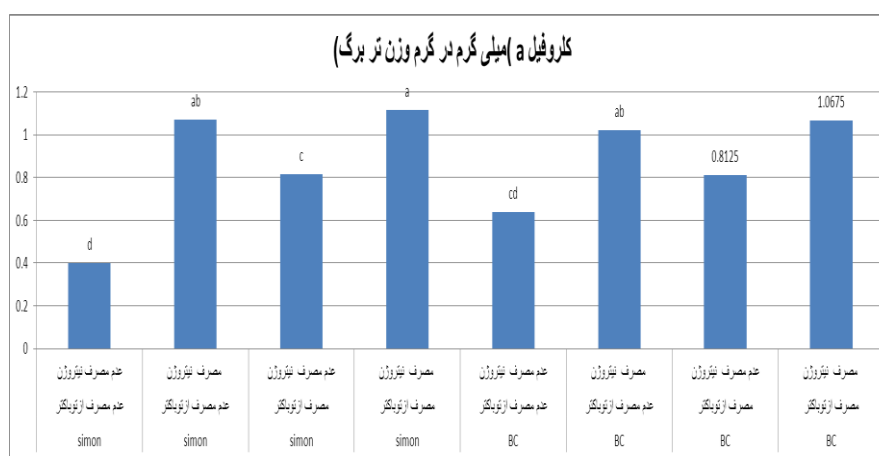
نمودار ۸ - مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی برای وزن خشک برگ (گرم)

Figure 8. Mean comparison of the experimental treatments for leaf dry weight (gr)



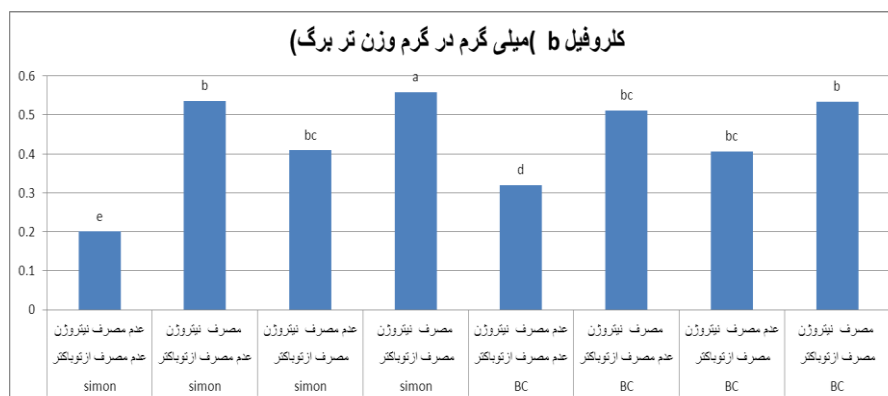
نمودار ۹ - مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی برای شاخص سطح برگ

Figure 9. Mean comparison of the experimental treatments for leaf area index



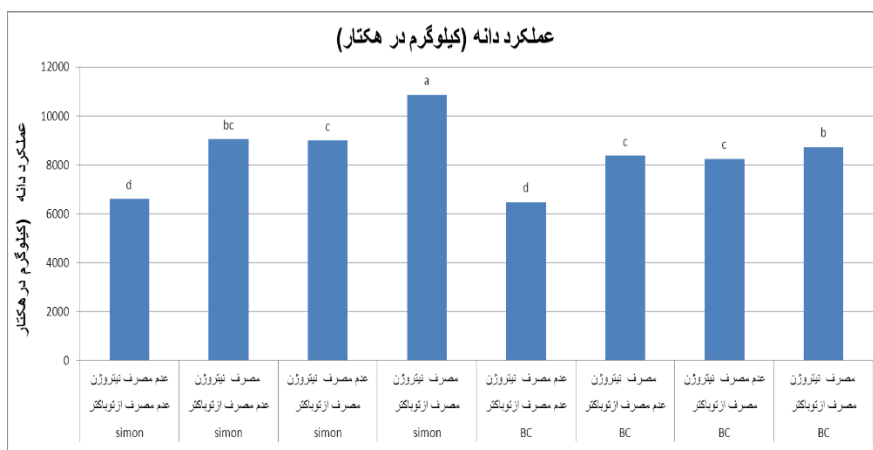
نمودار ۱۰ - مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی برای کلروفیل a برگ (میلی گرم در گرم)

Figure 10. Mean comparison of the experimental treatments for leaf chlorophyll a (mg/g)



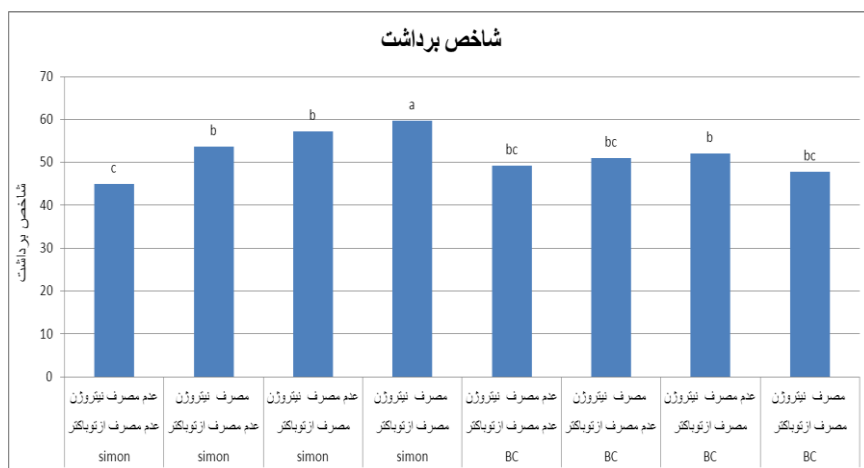
نمودار ۱۱ - مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی برای کلروفیل b برگ (میلی گرم در گرم)

Figure 11. Mean comparison of the experimental treatments for leaf chlorophyll a (mg/g)



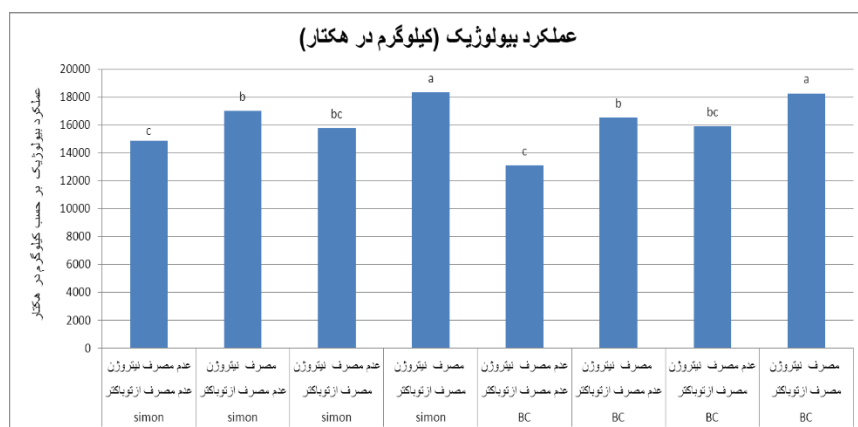
نمودار ۱۲- مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی برای عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)

Figure 12. Mean comparison of the experimental treatments for grain yield (kg/ha)



نمودار ۱۳ - مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی برای شاخص برداشت ذرت

Figure 13. Mean comparison of the experimental treatments for grain yield (kg/ha)



نمودار ۱۴ - مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)

Figure 14. Mean comparison of the experimental treatments for biological yield (kg/ha)

نتیجه‌گیری

در تلقیح بذر وتوأم با مصرف بهینه نیتروژن جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی به کار برده شود. با توجه به کاشت گسترده ذرت در منطقه، پیشنهاد می‌شود از سایر ارقام ذرت و دیگر کودهای بیولوژیک در منطقه استفاده شود. با توجه به تأثیر عوامل محیطی و اقلیمی، پیشنهاد می‌شود این آزمایش به صورت تحقیقات چند ساله در چند مکان دیگر تکرار شود. همچنین، پیشنهاد می‌شود این آزمایش با تاریخ کشت‌های مختلف رایج در منطقه نیز تکرار شود.

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که کاربرد کود نیتروژن به همراه تلقیح بذر ازتوباکتر در مقایسه با عدم تلقیح بذر، منجر به افزایش ارتفاع بوته، تعداد دانه در بلال، تعداد ردیف بلال، قطر بلال، عملکرد دانه، شاخص برداشت، شاخص سطح برگ، وزن تر و خشک برگ و کلروفیل a و b برگ ذرت گردید. به نظر می‌رسد به کارگیری تلفیقی دو عامل کود زیستی و شیمیایی روشی مناسب در بهبود عملکرد و مصرف کود نیتروژن است. از این رو، به منظور افزایش عملکرد دانه، می‌توان پیشنهاد نمود که ازتوباکتر

References

- Afifi, M.H., Manal, F.M., & Gomaa, A.M. 2003. Efficiency of applying biofertilizers to maize crop under different levels of mineral fertilizers. *Annul Agricultural Science*, 41 (4), 1411-1420. <https://doi.org/10.1093/oed/9476065983>.
- Arnon, A. N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23, 112-121. <https://doi.org/10.3390/agronomy>
- Atkin, M. 1995. The international grain trade (2nd ed.). Science Direct Ltd. <https://doi.org/10.1016/b978-1-85573-202-5.50006-2>
- Cohen, E., Oken, Y., Kigel, J., Nur, I., & Henis, Y. 1980. Increase in dry weight and total nitrogen content in *Zea mays* and *Setaria italica* associated with nitrogen fixing *Azospirillum* spp. *Plant Physiology*, 66, 746-749. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-668609-8.50001-6>.
- Dhillon, G.S., Kler, D.S., Walia, A.S., & Chahal, V.P.S. 1980. Effect of *Azotobacter chroococcum* and seed size on growth and yield of maize. *Indian Journal of Agronomy*, 25, 244-249. <https://doi.org/10.59797/ija>.
- Dobbelaere, S., Vanderleyden, J., & Yaacov Okon, Y. 2003. Plant growth promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Plant Science*, 2, 107-149. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110221>.
- El- Zieny, O.A.H., El- Behari, U.A. & Zaky, V. 2001. Influence of biofertilizer on growth, yield and fruit quality of tomato grown under plastic house. *Journal of Agricultural Science*, 26(3):1749-1763. <https://doi.org/10.1093/obo/9780199363445-0129>.
- Fallah, S., & Tadayyon, A. 2009. Effects of plant density and nitrogen rates on yield, nitrate and protein of silage maize. *Electronic Journal of Crop Production* 2(1): 105-121. [In Persian].
- Gholami, A., Kochaki, A., Mazaheri, D., & Qalavand, A. 1999. Evaluation of the effect of different species of *mycorrhizal* fungi of the vesicular arbuscola type on the growth characteristics of corn. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 1(3), 47-45. [In Persian].

- Hamidi, A., Chaokan, R., Asgharzadeh, A., Dehghanshoar, M., Ghalavand, A., & Malakouti, M.J. 2009. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on phonology of late maturity maize (*Zea mays* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Science, 11(3), 249-270. [In Persian].
- Hernandez, A.N., Hernandez, A., & Heydrich, M. 1995. Selection of rhizobacteria for use in maize cultivation. Cultivos Tropicales, 6, 5-8. <https://doi.org/10.18271/ria.2017.272>.
- Kazemi Arbat, H. 1999. Private Agriculture University Publishing Center of Tehran. Book. [In Persian].
- Khavari, K., Asadi Rahmani, H., & Malakuti, M.J. 2005. The necessity of industrial production of biological fertilizers in the country. Ministry of Agricultural Jihad, Agricultural Research and Training Organization, Soil and Water Research Institute, [In Persian].
- Leoni, L., Ambrosi, C., Petrucca, A., & Visca, P. 2002. Transcriptional regulation of pseudobactin synthesis in the plant growth promoting pseudomonas B10. FEMS Microbiology Letters, 208, 219-225. <https://doi.org/10.1111/fml.2012.337.issue-2>.
- Mengel, K., & Kirkby, E.A. 2001. Principles of Plant Nutritions. Kluwer Academic Pub. Paper back 849 pp Misbustin, E.N. and shilnikova, V.K. Biological Fixation o, Atmospherie Nitrogen, macmillan, London.
- Meshram, S.U., & Shende. S.T. 1982. Response of maize to *azotobacter chroococcum*. Plant and Soil, 69, 265 – 273. <https://doi.org/10.17221/3581-pse>.
- Mirzakhani, M., & Daruri, M.R. 2014. The effect of inoculation with Azotobacter and consumption of nitrogen levels on yield and yield components of corn in multi-ship system simultaneously with legumes. Journal of Agricultural Ecology, 63 (9): 24-29 [In Persian].
- Moalem, A.H. & Eshghizadeh, H.R. 2007. The use of biological fertilizers: advantages and limitations. Summary of papers of the second national ecology conference of Iran, Gorgan, [In Persian].
- Murchie, E.H., Yang, J., Hubbart, S., Horton, P., & Peng, S. 2002. Are there associations between grain-filling rate and photosynthesis in the flag leaves of field-grown rice. European Science, 53, 2217-2224. <https://doi.org/10.4337/9781782545514.00008>.
- Pal, S.S. 1998. Interaction of an acid tolerant strain of phosphate solubilizing bacteria with a few acid tolerant crops. Plant Soil and Environment, 198, 169-177. <https://doi.org/10.17221/pse>.
- Roesti, D., Gaur, R., Johri, B.N., Imfeld, G., Sharma, S., Kawaljeet, K., & 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 Biology and Biochemistry, 38, 1111-1120.
- Shalan, M.N. 2005. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth yield and seeds quality of (*Nigella sativa* L.) plants. Egyptian Journal of Agricultural Research, 83, 811-828.
- Soleimani Fard, A., & Naseri, R. 2013. The effect of urea, Azotobacter and Azospirillum fertilizer levels on the physiological characteristics of grain corn (*Zea mays* L.) in the Khash region. Scientific Research Journal of Crop Plant Ecophysiology, 8, 31-301, [In Persian].
- Tejera, N., Lluch, C., Martinez-Toledo, M.V., & Gonzalez-Lopez, J. 2005. Isolation and characterization of Azotobacter and Azospirillum strains from the sugarcane Rhizosphere. Plant and Soil, 270, 223-232.
- Torbert, H.A., Potter, K.N., & Morrison, J.E. 2001. Tillage system, fertilizer nitrogen rate and timing effect on corn yields in the Texas Blackland prairie. Agronomy Journal, 93, 1119-1124.

- Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C., & Wong, M.H., 2004. Effect of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth. *Geoderma*, 125, 155-166.
- Zahir, Z.A., Arshad, M.G., & Frankenberger, W.T. 2004. Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Applications and Perspectives In Agriculture. *Advances in Agronomy*, 81, 97-168. DOI: [10.1016/S0065-2113\(03\)81003-9](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(03)81003-9)
- Zaidi, A., Khan, M.S., & Amil, M.D., 2003. Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *European Journal of Agronomy*, 19, 15-21.