نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۲ شماره ۳ / سال ۱۴۰۱/ صفحات ۱۶-۱

Effects of Biofertilizers and Nitrogen on Agronomic Traits and Nitrogen Use Efficiency of Corn

Mehran Karimi[1], Saeed Seifzadeh[1*], Alireza Pazoki[2], Hamidreza Zakerin[1], Ismail Hadidi Masouleh[1]

Received: 13 July 2021 Accepted: 21 December 2021
1- Dept. of Agronomy, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran.
2- Dept. of Agrotechnology, Yadegar-e-Imam Khomeini (RAH) Shahre Rey branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
*Corresponding Author Email: saeedsayfzadeh@yahoo.com

Abstract:
Objectives: This research was carried out in order to evaluate the effect of biofertilizers and nitrogen levels on agronomic traits and nitrogen efficiency indices of corn.

Materials and Methods: This experiment was performed during 2016 and 2017 in the Animal Science Research Farm of Alborz province as a split plot and in the form of a randomized complete block design with three replications. Experimental factors include nitrogen fertilizer at four levels (0, 50, 100, 200 kg.ha^{-1}) as the main plots and biofertilizer at eight levels (no inoculation, Aztobacter, Mycorrhiza, Azospirillum, Aztobacter + Mycorrhiza, Aztobacter + Azospirillum, Mycorrhiza + Azospirillum, Mycorrhiza + Azotobacter + Azospirillum) as sub-plots were considered.

Results: The results of variance analysis showed that the interaction effect of nitrogen fertilizers on fresh forage yield was significant. The highest forage yield belonged to Mycorrhiza + Azotobacter + Azosperium in terms of consumption 200 kg.ha-1 N with an average of 71,200 kg.ha-1. The application of biofertilizers, alone or in combination in all nitrogen treatments resulted to increase forage yield; but the combined effect of biofertilizers had the greatest effect. The highest nitrogen use efficiency was observed in the treatment of 50 kg.ha-1 N in combination with mycorrhiza + Azotobacter + azospirillium with an average of 195.7 kg.ha-1.

Conclusion: Combined application of biofertilizers with less nitrogen fertilizer (100 kg.ha^{-1}) can improve the nitrogen use efficiency in corn production while achieving acceptable grain and forage yield.

Keywords: Biofertilizer, Forage Corn, Forage Yield, Nitrogen, Nitrogen Uptake Efficiency

اثر کودهای زیستی و نیتروژن بر صفات زراعی و کارایی مصرف نیتروژن در ذرت علوفه‌ای

مهران کریمی[۱]، سعید سیف زاده*[۱]، علیرضا پازکی[۲]، حمیدرضا ذاکرین[۱]، اسماعیل حدیدی ماسوله[۱]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۴/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۳۰
۱- گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران
۲- گروه آگروتکنولوژی، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهرری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
* مسئول مکاتبه: saeedsayfzadeh@yahoo.com

چکیده

اهداف: هدف آزمایش ارزیابی تأثیر کودهای زیستی و سطوح نیتروژن بر صفات زراعی و شاخص‌های کارایی نیتروژن در ذرت علوفه‌ای بود.

مواد و روش‌ها: آزمایش طی سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقات علوم دامی استان البرز به‌صورت اسپلیت پلات و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عوامل آزمایش شامل کود نیتروژن در چهار سطح ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره به‌عنوان عامل اصلی و کود زیستی در هشت سطح عدم تلقیح، ازتوباکتر، میکوریزا، آزوسپریلیوم، ازتوباکتر + میکوریزا، ازتوباکتر + آزوسپیریلوم، میکوریزا + آزوسپریلیوم، میکوریزا + ازتوباکتر + آزوسپریلیوم به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند.

نتایج: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل کودهای نیتروژنی بر عملکرد علوفه تر معنادار بود. بیشترین عملکرد علوفه متعلق به تیمار میکوریزا + ازتوباکتر + آزوسپریلیوم در شرایط مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با میانگین ۷۱۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. استفاده از کودهای زیستی، به‌تنهایی یا به‌صورت ترکیبی در تمام کاربردهای کود نیتروژنی، باعث افزایش عملکرد علوفه شد؛ اما اثر ترکیبی کودهای زیستی بیشترین تأثیر را داشت. بیشترین کارایی مصرف نیتروژن در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به همراه کاربرد توأم میکوریزا + ازتوباکتر + آزوسپریلیوم با میانگین ۱۹۵/۷ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: استفاده از ترکیب کودهای زیستی با کود نیتروژن کمتر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) می‌تواند ضمن دستیابی به عملکرد قابل‌قبول دانه و علوفه، کارایی مصرف نیتروژن را در تولید ذرت بهبود بخشد.

واژه های کلیدی: ذرت علوفه‌ای، عملکرد علوفه، کود زیستی، کارایی جذب نیتروژن، نیتروژن

مقدمه

ذرت یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است که بعد از گندم و برنج، مقام سوم اهمیت ازلحاظ کشت را در بین غلات دارد (شیری ۲۰۱۹). این گیاه به دلیل اهمیت بالایی که در تغذیه انسان و دام داشته و سازگاری گسترده‌ای نیز با مناطق آب و هوایی معتدل و گرمسیری دارد، یکی از گیاهان زراعی راهبردی محسوب می‌شود (شیری ۲۰۱۹). علوفه ذرت همواره به‌عنوان یکی از منابع تغذیه حیوانات نشخوارکننده مطرح بوده است که علاوه بر کاهش هزینه‌های مربوط به تغذیه دام‌ها، در رشد مناسب آن‌ها نیز اهمیت زیادی دارد (آنیل و همکاران ۲۰۰۰). بر اساس آمار سازمان خواروبار جهانی (فائو ۲۰۱۹) سطح زیر کشت ذرت حدود ۱۹۷ میلیون و ۲۰۴ هزار هکتار و میزان تولید سالانه این گیاه حدود ۱ میلیارد و ۱۴۸

میلیون تن گزارش شده است. سطح زیر کشت این گیاه در ایران نیز در سال ۲۰۱۹ حدود ۲۰۴ هزار هکتار و تولید سالانه آن در حدود ۱ میلیون و ۴۰۰ هزار تن بوده است (فائو ۲۰۱۹).

یکی از جنبه‌های بسیار مهم مدیریت زراعی، تأمین عناصر غذایی از طریق مصرف کودهای شیمیایی به‌منظور افزایش عملکرد کمی و کیفی است. در این میان نیتروژن یکی از عناصری است که به‌صورت کود شیمیایی در سطح وسیع مورداستفاده قرار می‌گیرد و کمبود آن بیش از سایر عناصر غذایی عملکرد کمی و کیفی گیاهان را محدود می‌کند (عیدی زاده و همکاران ۲۰۱۱). این عنصر اساس تشکیل پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک است (چاندراسکار و همکاران ۲۰۰۵). علی‌رغم فواید مصرف نیتروژن، استفاده نامطلوب از آن منجر به آلودگی ذخایر آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود. مدیریت نامناسب نیتروژن، مصرف بی‌رویه، هدرروی نیتروژن از زمین‌های کشاورزی به شکل آبشویی نیترات، تصعید گاز آمونیاک و اکسیدهای نیتروژن را به همراه دارد. در حال حاضر، آبشویی نیترات و ورود آن به آب‌های سطحی و زیرزمینی ازجمله مشکلات زیست‌محیطی کشورهای توسعه‌یافته است (تینگ و همکاران ۲۰۱۵). افزایش تولیدات کشاورزی برای جمعیت در حال رشد و توجه به مسائل زیست‌محیطی و اقتصادی ازجمله اهداف بلندمدت کشاورزی پایدار است که افزایش کارایی مصرف نیتروژن نقش مهمی در توسعه کشاورزی پایدار ایفا می‌کند (سیدی و رضوی مقدم ۲۰۱۱). بر اساس تعریف کارایی مصرف نیتروژن عبارت است از عملکرد محصول زراعی به ازای هر واحد نیتروژن قابل‌دسترس در خاک (مول و همکاران ۱۹۸۲).

در ذرت، کارایی مصرف نیتروژن تحت تأثیر عوامل پیچیده‌ای ازجمله میزان جذب نیتروژن از خاک، آسیمیلاسیون نیتروژن به اسیدهای آمینه که به‌عنوان ناقل نیتروژن در گیاه عمل می‌کنند و میزان انتقال نیتروژن از بافت‌های منبع به مقصد در طول نمو گیاه به‌ویژه زمان پر شدن دانه، بستگی دارد .با مقایسه عملکرد دانه ذرت و کاربرد کود نیتروژن در سطح جهانی، کارایی مصرف نیتروژن ذرت بین ۲۵ تا ۵۰ درصد تخمین زده شد (تیلمن و همکاران ۲۰۰۲). احمدی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که کاربرد کود نیتروژن به‌شدت بر صفات مربوط به کارایی جذب و مصرف نیتروژن تأثیرگذار بود، به‌طوری‌که با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از ۴۰ به ۷۰ درصد نیاز گیاهی ذرت، کارایی جذب و مصرف نیتروژن افزایش یافت، این در حالی بود که افزایش بیشتر کود از ۷۰ به ۱۴۰ درصد منجر به کاهش ویژگی‌های مذکور شد.

هزینه‌های بالای مصرف کودهای شیمیایی و آلودگی محیط‌زیست از دلایلی است که ایجاب می‌کند تغییراتی در مدیریت کاربرد این کودها به وجود آید. این تغییرات باید باهدف افزایش کارایی مصرف این نهاده‌های باارزش و افزایش عملکرد صورت گیرد (رحمانی ۲۰۱۰). کاربرد کودهای زیستی به‌ویژه باکتری‌های محرک رشد گیاه، مهم‌ترین راهبرد در مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه برای نظام کشاورزی پایدار است (شارما ۲۰۰۳). کودهای زیستی در برخی موارد به‌عنوان جایگزین و همچنین گاهی به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند پایداری تولید نظام‌های کشاورزی را تضمین کنند (اورودا و همکاران ۲۰۱۳). کودهای زیستی متشکل از میکروارگانیسم‌های مفیدی هستند که هر یک به‌منظور خاصی مانند تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم، آهن، جذب عناصر ماکرو و میکرو و غیره تولید می‌شوند و رشد و نمو گیاه را بهبود می‌بخشند (سینگ و همکاران ۲۰۱۱). ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و قارچ‌های میکوریزایی، ازجمله کودهای زیستی می‌باشند که علاوه بر جذب آب و مواد غذایی، رشد گیاه را افزایش داده و مقاومت گیاه را در برابر عوامل زنده و غیرزنده محیطی افزایش می‌دهند و می‌توانند نقش کلیدی در حاصلخیزی خاک و حفاظت محیط ایفا کنند (ساراوان کومار و همکاران ۲۰۱۱؛ ایتلیما و همکاران ۲۰۱۸؛ جوان قلیلو و همکاران ۲۰۲۰). اله-رسانی و رمضانی (۲۰۲۱) گزارش کردند که برهمکنش کودهای زیستی، دامی و شیمیایی سبب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد ذرت سینگل کراس ۵۰۰ گردید. فرنیا و ترکمن (۲۰۱۵) طی پژوهشی، اثرات کودهای زیستی نیتروژنی (نیتروکسین، نیتروکارا و ازتوبارور ۱) و فسفره (فسفات بارور ۲، بیوسوپرفسفات و فسفاتین) را بر صفات رویشی، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت بررسی و مشاهده کردند که کودهای زیستی فوق، سبب

افزایش معنادار تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، عملکرد دانه و شاخص برداشت گیاه ذرت شدند. با توجه به افزایش کشت ذرت علوفه‌ای در استان البرز برای تأمین علوفه دامداری‌های منطقه و افزایش روزافزون مصرف کودهای شیمیایی خصوصاً کودهای نیتروژنی در کشت ذرت، خطرات زیست محیطی تهدیدی جدی محسوب می‌شود. ضمن اینکه در مورد برهمکنش قارچ میکوریزا به همراه باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن با سطوح کود نیتروژن بر شاخص‌های کارایی کود نیتروژن در ذرت علوفه‌ای، مطالعه اندکی انجام شده و اطلاعات در این زمینه کافی نیست. بنابراین هدف از اجرای این تحقیق بررسی تأثیر کودهای زیستی میکوریزا، ازتوباکتر و آزوسپریلیوم بر شاخص‌های کارایی کود نیتروژن و همچنین صفات زراعی ذرت علوفه‌ای در شرایط سطوح مختلف نیتروژن بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقات علوم دامی استان البرز با متوسط بارندگی سالیانه ۲۵۰ میلی‌متر و درجه حرارت متوسط ۱۵ درجه سلسیوس و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۹ دقیقه به اجرا درآمد. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عوامل آزمایش شامل کود نیتروژن در چهار سطح (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان عامل اصلی و کود زیستی در هشت سطح (عدم تلقیح، ازتوباکتر، میکوریزا، آزوسپریلوم، ازتوباکتر + میکوریزا، ازتوباکتر + آزوسپریلوم، میکوریزا + آزوسپریلوم، میکوریزا + ازتوباکتر + آزوسپریلوم) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. قطعه زمین موردنظر در پاییز شخم زده‌شده سایر عملیات زراعی تهیه زمین از قبیل شخم نیمه عمیق، دیسک و ماله‌کشی در بهار سال بعد صورت گرفت. همچنین خاک مزرعه به‌منظور تعیین نیازهای آن، به آزمایشگاه خاک‌شناسی انتقال داده شد. قبل از کشت، اقدام به آماده‌سازی زمین از طریق شخم عمیق و دیسک شد. ابعاد کرت‌ها ۴×۵ در نظر گرفته شد و در هر کرت ۵ ردیف کاشت آماده گردید. قارچ میکوریزا از گونه *Glomus mossae* در زمان کاشت به خاک محل هر بذر (به فاصله ۳-۲ سانتی‌متر بذور) در کرت‌های مورد نظر اضافه گردید. بذور با ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم نیز تلقیح شده و کشت گردید. در هر ۵ گرم از خاک آلوده به میکوریزا ۱۸۰ تا ۲۳۰ هاگ وجود داشت. باکتری‌های ازتوباکتر (*A. chroococcum*) و آزوسپریلیوم (*A.brasilense*) با جمعیت ۱۰۸ و ۲۴ ساعت قبل از کاشت بذرها در باکتری خیسانده شدند. کودهای زیستی مورد نظر در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس جداسازی و تکثیر شد. فاصله کرت‌های آزمایشی از یکدیگر ۷۰ سانتیمتر (به اندازه یک خط نکاشت ۷۰ سانتیمتری توسط ردیف‌کار ذرت) و فاصله بلوک‌ها از همدیگر نیز ۴ متر بود. کود دهی و تغذیه گیاه بر اساس آزمون خاک و توصیه‌های کودی صورت گرفت. بعد از عملیات آماده‌سازی زمین، کودپاشی بر اساس نتیجه آزمون خاک توسط دستگاه سانتریفیوژ کالیبره شده و اجرای نقشه طرح، اقدام به کشت بذرهای ضدعفونی شده گردید. به‌منظور تأمین عناصر غذایی، ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب کود فسفات تریپل و سولفات پتاسیم همزمان با مرحله کاشت مصرف گردید. مصرف کود نیتروژنی از منبع اوره در سه مرحله (۱/۴ پس از سبز شدن + ۱/۲ پس از ۸ برگی + ۱/۴ پس از ظهور گل‌آذین نر) بر اساس تیمارهای مشخص‌شده انجام شد. بذور ذرت علوفه‌ای رقم ۷۰۴ (رقم سازگار با منطقه) با فاصله ردیف ۷۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر در عمق حدود ۵ سانتی‌متری خاک در تاریخ ۱۵ اردیبهشت (در هر دو سال اجرای آزمایش) توسط ردیف‌کار ذرت، پس از کالیبره کردن، بر روی ردیف‌ها (پشته‌ها) کشت شد. پس از کشت، جوی اصلی آبیاری در ابتدای مزرعه آزمایشی و جوی مربوط به زه آب (آب مازاد آبیاری) در انتهای مزرعه آزمایشی توسط نهرکن ایجاد شد. مقدار آب و مراحل آبیاری بستگی به شرایط جوی محیط، بافت خاک و مقدار رطوبت موجود در خاک دارد و با در نظر گرفتن شرایط محیطی می‌بایستی ۷ تا ۱۲ روز یک‌بار آبیاری کرد. حدود یک هفته پس از کاشت، جهت یکنواختی و تسریع در جوانه‌زنی گیاه، اولین آبیاری (مرحله خاک‌آب) توسط سیفون‌های پلاستیکی که آب را از جوی اصلی به‌صورت کنترل‌شده وارد جوی‌های فرعی (جوی‌های کنار پشته-های ذرت) می‌کنند، انجام شد. آبیاری دوم جهت

جلوگیری از تنش ابتدای رویش گیاه، پس از ۷ روز انجام شد و سایر مراحل آبیاری هر ۱۰ روز یک‌بار انجام شد. تیمارهای کودی نیز به شرحی که در بالا گفته شد اعمال گردید.

جدول ۱- نتیجه آزمایش تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

سال	عمق نمونه‌برداری (cm)	بافت خاک	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	پتاسیم (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	نیتروژن (٪)	آهن (mg/kg)	مس (mg/kg)	روی (mg/kg)	مواد آلی (٪)	pH گل اشباع	هدایت الکتریکی EC (dS/m)
اول	۳۰-۰	سیلت- رس- لوم	۱۸	۴۲	۴۰	۱۸۲	۱۰	۰/۰۵	۱۸	۲	۰/۴۵	۰/۶۹	۷/۷	۱/۱۵
دوم	۳۰-۰	سیلت- رس- لوم	۱۸	۴۲	۴۰	۲۰۲	۸،۵	۰/۰۸	۲۲	۲/۲	۰/۷۱	۰/۷۲	۷/۸	۱/۱۱

جدول ۲- حداکثر و حداقل دما در دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در شهرستان کرج

ماه	۱۳۹۵		۱۳۹۶	
	حداکثر دما (°C)	حداقل دما (°C)	حداقل دما (°C)	حداکثر دما (°C)
اردیبهشت	۲۵،۲	۱۰،۳	۲۶،۵	۹،۸
خرداد	۳۲،۱	۱۶،۲	۳۰،۲	۱۲،۵
تیر	۳۶،۲	۱۹،۵	۳۳،۵	۱۷،۶
مرداد	۳۴،۵	۲۲،۱	۳۱،۲	۱۸،۹
شهریور	۲۸،۲	۱۶،۸	۲۷،۵	۱۱،۶

جهت اندازه‌گیری قبل از برداشت، تعداد ۵ بوته از هر کرت انتخاب شدند و تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه در بلال در بوته‌های نمونه شمارش گردید و حاصل‌ضرب تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف به‌عنوان تعداد دانه در بلال ثبت شد. عملکرد دانه هر کرت، پس از حذف حاشیه‌ها توزین و برحسب کیلوگرم در هکتار ثبت شد. برای به دست آوردن وزن هزار دانه، ۱۰۰ عدد دانه مربوط به بلال‌های ۶ بوته انتخابی از هر کرت توزین شد و سپس عدد به‌دست‌آمده برحسب گرم در عدد ۱۰ ضرب گردید و وزن هزار دانه هر تیمار ثبت گردید.

برای تعیین عملکرد علوفه تازه از یک مترمربع از هر کرت به‌صورت دستی کل اندام هوایی در مرحله شیری خمیری کف بُر شد و در داخل چند گونی ریخته و درنهایت توزین شد. عدد به‌دست‌آمده برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. سپس بعد از باز کردن نمونه‌های مخصوص هر کرت در هوای آزاد، بعد از خشک شدن کامل (حدود یک هفته) عملکرد زیستی به دست آمد.

(فان و همکاران ۲۰۰۴):

[فرمول ۱] مقدار مصرف نیتروژن/عملکرد دانه در تیمار کودی= کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)

(هوگینز و پان ۱۹۹۳):

اندازه‌گیری میزان پروتئین دانه: پس‌ازاینکه نمونه‌ها خشک شد و رطوبت آن به حد ۱۴ درصد رسید، نمونه‌ها کاملاً آسیاب شد تا به‌صورت یک آرد نرم دربیاید. سپس مقدار مشخصی از آن را در داخل پتری مخصوص دستگاه NIR قرار داده شد و با تنظیم دستگاه NIR روی اندازه‌گیری پروتئین، مقدار پروتئین هر نمونه یادداشت شد (جافری ۲۰۰۳).

درصد نیتروژن دانه

در مرحله برداشت نهایی نمونه‌های به آزمایشگاه تجزیه گیاهی منتقل شدند. به‌منظور تعیین درصد نیتروژن دانه، ابتدا نمونه‌ها آسیاب و پس از هضم با اسیدسولفوریک و کاتالیزور، مقدار نیتروژن موجود در عصاره حاصل توسط روش کجدال (جکسون ۱۹۵۸) اندازه‌گیری شد.

[فرمول ۲] مقدار مصرف نیتروژن/ مقدار نیتروژن جذب‌شده توسط گیاه در دانه= کارایی جذب نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)

(لوپز–بلیدو و لوپز الیدو ۲۰۰۱):

[فرمول ۳] مقدار مصرف نیتروژن/عملکرد کرت بدون مصرف نیتروژن– عملکرد با مصرف نیتروژن= کارایی زراعی (کیلوگرم بر کیلوگرم)

تجزیه آماری

تحلیل آماری داده‌ها بر اساس مدل تجزیه مرکب و به کمک نرم‌افزار SAS Ver. 9.1.3 صورت گرفت. قبل از تحلیل داده‌ها، آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها با نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد و بعد از اطمینان از نرمال بودن توزیع داده‌ها نسبت به تجزیه‌وتحلیل آن‌ها اقدام گردید. مقایسه میانگین‌های هر صفت با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد و با نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

صفات زراعی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح نیتروژن و کودهای زیستی بر ارتفاع بوته، تعداد دانه در بوته و پروتئین دانه معنادار بود. اثر متقابل نیتروژن و کودهای زیستی بر صفات وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی، عملکرد علوفه و نیتروژن دانه معنادار بود. همچنین اثر متقابل سال و کود زیستی بر صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در بلال، عملکرد زیستی، عملکرد علوفه تر، درصد پروتئین دانه و نیتروژن دانه معنادار بود (جدول ۳). دلیل معنادار بودن اثرمتقابل سال و کود زیستی بر برخی صفات زراعی می تواند ناشی از واکنش متفاوت کودهای زیستی به تغییرات عناصر غذایی خاک طبق تجزیه شیمیایی خاک طی دو سال اجرای آزمایش باشد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح نیتروژن بر ارتفاع بوته نشان داد که با افزایش مصرف نیتروژن ارتفاع گیاه نیز افزایش یافت. بیشترین ارتفاع بوته متعلق به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص با میانگین ۲۰۶/۹ سانتی‌متر بود (جدول ۴). افزایش مقدار مصرف نیتروژن از طریق افزایش تقسیم سلول‌ها باعث افزایش طول میان‌گره‌ها و ارتفاع ساقه می‌شود (واجد و همکاران، ۲۰۰۷). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر کودهای زیستی بر ارتفاع بوته نشان داد که تیمار ازتوباکتر + میکوریزا + آزوسپریلیوم با میانگین ۲۰۰ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع را در مقایسه با سایر تیمارها داشت (جدول ۴). امام و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند که استفاده از کود زیستی نیتروکسین به دلیل اینکه حاوی ازتوباکتر می‌باشد، سبب افزایش توسعه ریشه و جذب بهتر آب و مواد غذایی می‌شود که به دنبال آن رشد رویشی گیاه افزایش می‌یابد.

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل نیتروژن و کود زیستی بر وزن هزار دانه نشان داد که در شرایط عدم مصرف نیتروژن (شاهد) استفاده از کودهای زیستی باعث افزایش قابل‌توجه وزن هزار دانه گردید؛ اما با افزایش مصرف نیتروژن، تیمارهای تلقیح کود زیستی اختلاف کمتری داشتند؛ به‌طوری‌که این اختلاف در شرایط تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص، در کمترین مقدار خود بود (شکل ۱). یکی از مهم‌ترین دلایل افزایش وزن هزار دانه، به دلیل طولانی‌تر شدن دوره رسیدگی ذرت در اثر تلقیح هم‌زمان بذور با باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و قارچ میکوریزا می‌باشد که امکان انتقال مواد فتوسنتزی بیشتری از مبدأ به مقصد و درنتیجه افزایش وزن هزار دانه را فراهم ساخته است (سلیمانی فرد و همکاران ۲۰۱۳). حمیدی و همکاران (۲۰۰۷) اثر باکتری‌های محرک رشد بر وزن هزار دانه را معنادار دانسته و بیان کردند که باکتری‌های محرک رشد با تولید هورمون‌های محرک رشد و تأمین عناصر غذایی، امکان تداوم بیشتر دوره پر شدن دانه و درنهایت افزایش وزن هزار دانه را فراهم ساخته‌اند.

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح نیتروژن بر تعداد دانه در بلال نشان داد که بیشترین تعداد دانه در بلال در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد تا ۴۰ درصد افزایش نشان داد. همچنین نتایج مقایسه میانگین‌های اثر کودهای زیستی بر تعداد دانه در بلال نشان داد که بیشترین تعداد

دانه متعلق به تیمار ازتوباکتر + میکوریزا + آزوسپریلیوم بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد که در تیمار فوق ترکیب تیماری ازتوباکتر + میکوریزا + آزوسپریلیوم دارای اثرات هم‌افزایی (سینرژیستی) با یکدیگر داشته (مرادی و همکاران ۲۰۱۱) که درنهایت با افزایش دسترسی به عناصر غذایی، تعداد دانه در بلال را افزایش داده است.

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل نیتروژن و کودهای زیستی بر عملکرد دانه نشان داد که در شرایط عدم مصرف نیتروژن (شاهد) استفاده از کودهای زیستی باعث افزایش قابل‌توجه عملکرد دانه شد. در این شرایط بیشترین عملکرد دانه در تیمار ازتوباکتر + میکوریزا + آزوسپریلیوم مشاهده شد که نسبت به سایر تیمارهای تلقیح نیز برتری قابل‌توجهی داشت. نتایج نشان داد که با افزایش مصرف سطوح نیتروژن اختلاف بین تیمارهای کودهای زیستی کمتر شد و کمترین اختلاف بین این تیمارها در شرایط تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص وجود داشت (شکل ۲). نتایج شوقی کلخوران و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که تلقیح بذور با کود زیستی (ازتوباکتر و آزوسپریلیوم) اثر مثبت و معناداری بر عملکرد دانه داشت، به‌طوری‌که در بذور تلقیح شده عملکرد دانه به میزان ۱۰ درصد نسبت به حالت عدم تلقیح حاصل شده بود. احتمالاً این افزایش می‌تواند به‌وسیله ایجاد چرخه مواد غذایی و قابل‌دسترس ساختن و افزایش جذب آن توسط باکتری‌ها به‌دست‌آمده باشد (بهامین ۲۰۱۱).

نتایج مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل نیتروژن و کودهای زیستی بر عملکرد زیستی نشان داد که در کلیه تیمارهای کود نیتروژن، استفاده از کودهای زیستی باعث افزایش عملکرد زیستی شد؛ اما اختلاف بین تیمارهای کود زیستی در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن بیشتر مشهود بود. به‌طورکلی افزایش مصرف نیتروژن باعث افزایش عملکرد زیستی گردید (شکل ۳). افزایش عملکرد زیستی تحت تأثیر کاربرد باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم و قارچ میکوریزا با توجه به اثر آن‌ها بر رشد رویشی و زایشی قابل توجیه است. باکتری‌های محرک رشد با تأثیر بر وزن خشک بوته و تخصیص ماده خشک بیشتر به اندام‌های رویشی سبب افزایش عملکرد زیستی شده‌اند (سلیمانی فرد و همکاران ۲۰۱۳؛ حمیدی و همکاران ۲۰۰۷).

بررسی نتایج مقایسه میانگین اثرمتقابل نیتروژن و کودهای زیستی بر عملکرد علوفه تر نشان داد که افزایش مصرف نیتروژن تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش عملکرد علوفه تر شد. همچنین نتایج نشان می‌دهد استفاده از کودهای زیستی چه به‌صورت تنها و چه به‌صورت ترکیبی در کلیه شرایط مصرف کود نیتروژن، سبب افزایش عملکرد علوفه تر شد؛ اما تأثیر ترکیبی کودهای زیستی بیشترین تأثیر را داشت. از طرفی این افزایش در سطوح پایین‌تر کود نیتروژن خصوصاً در تیمار شاهد (عدم مصرف نیتروژن) بسیار قابل مشهود بود. در شرایط تیمار ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن، اختلاف بین کودهای زیستی کمتر بود (شکل ۴).

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح نیتروژن بر محتوای پروتئین دانه بیانگر این بود که با افزایش مصرف کود نیتروژن تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، درصد پروتئین دانه سیر صعودی داشت (جدول ۴). نیتروژن نقش مهمی در میزان محتوای پروتئین دارد، به‌طوری‌که با افزایش میزان نیتروژن، سنتز آمینواسید در برگ‌ها بیشتر شده و سبب تجمع پروتئین در دانه می‌شود (ابوالحسن و همکاران ۲۰۱۴). از طرفی استفاده از کودهای زیستی نیز سبب افزایش محتوای پروتئین دانه شد. بیشترین درصد پروتئین دانه متعلق به تیمار ازتوباکتر + میکوریزا + آزوسپریلیوم با میانگین ۴/۵۷ درصد بود (جدول ۴). با توجه به اینکه ازتوباکتر و آزوسپریلیوم، باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن هستند و این عنصر ماده اولیه تشکیل پروتئین می‌باشد، احتمالاً یکی از دلایل افزایش درصد پروتئین در تلقیح توأم، همین امر می‌باشد (سلیمانی فرد و همکاران ۲۰۱۳). عمو آقایی و همکاران (۲۰۰۳) نیز گزارش کردند که درصد پروتئین دانه گندم تحت تأثیر باکتری آزوسپریلیوم افزایش یافت.

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح نیتروژن و کودهای زیستی بر محتوای نیتروژن دانه نشان داد که در شرایط مختلف تیماری کود نیتروژن، استفاده از کودهای زیستی سبب افزایش محتوای نیتروژن دانه شد. اختلاف بین تیمارهای کود زیستی در شرایط عدم مصرف نیتروژن بیشتر مشهود بود. همچنین با افزایش

مصرف کود نیتروژن تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار محتوای نیتروژن دانه نیز افزایش نشان داد (شکل ۵). مراحل عمده مصرف نیتروژن در گیاه شامل جذب به درون سلول‌ها و ورود آن به ساختار اسیدهای آمینه و آمیدها است که فراهمی نیتروژن نقش عمده‌ای در تولید و افزایش نیتروژن در گیاه دارد. زمانی که نیتروژن بیش‌ازحد نیاز گیاه برای تولید باشد، درصد نیتروژن براثر افزایش مصرف نیتروژن، افزایش می‌یابد (سرمدنیا و کوچکی ۲۰۰۳). همچنین گزارش شده است که جذب عناصر غذایی و غلظت نیتروژن دانه با مصرف سطوح بالاتر نیتروژن افزایش یافت (مرشد و همکاران ۲۰۰۸).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات زراعی

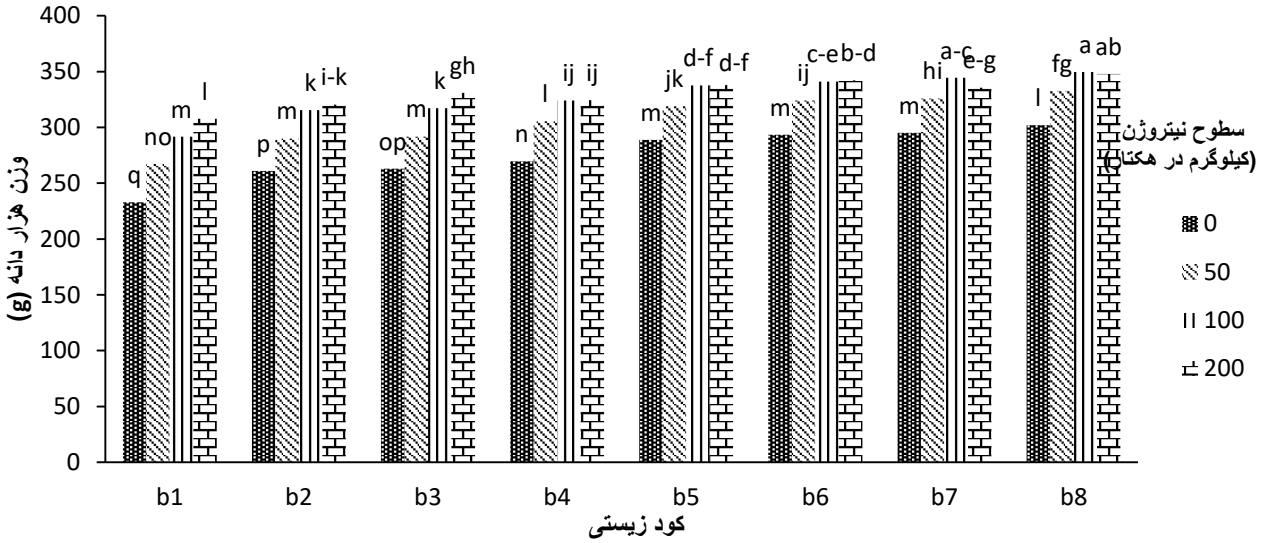
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	وزن هزار دانه	تعداد دانه در بلال	عملکرد دانه	عملکرد زیستی	عملکرد علوفه تازه	پروتئین دانه	نیتروژن دانه
سال	۱	۵۴۳/۳۸۰ ns	۲۱۲۲/۶۸۰ *	۱۰۲۳۴/۵۹۸ ns	۱۷۷۰/۲۵۵ ns	۱۶۴۲۶۲۱۵/۰۰۵ ns	۴۶۹۸۴۴۲۹/۳۸۰ ns	۰/۰۷۵ ns	۰/۰۱۵ ns
بلوک	۴	۴۵۸۰/۰۰۵ *	۴۶۷۶/۷۲۴ **	۱۵۰۸۳۹/۵۲۴ *	۱۰۵۶۶۹۲۳ /۳۸۵ *	۱۳۱۹۹۷۳۰۶/۴۷۴ *	۵۲۳۷۶۳۷۸۷/۱۹۳ *	۲/۰۶۹ *	۰/۲۶۳ *
نیتروژن	۳	۱۷۲۸۷/۳۳۹ **	۳۱۰۰۲/۳۰۳ **	۴۸۷۵۴۹/۵۲۸ **	۵۶۸۱۳۱۵۸/۸۹۴ **	۴۸۳۵۰۱۴۴۹/۹۲۲ **	۱۹۵۱۲۴۴۳۴۷/۲۵۵ **	۱۳/۴۹۸ **	۱/۶۹۶ **
سال × نیتروژن	۳	۱۸۱/۸۳۹ ns	۷۲۴/۸۱۴ ns	۳۳۲۸/۸۰۸ ns	۵۶۸۱۳۱۵۸/۸۹۴ ns	۵۱۵۰۶۳۹/۳۳۹ ns	۱۷۰۴۶۳۱۱/۱۷۲ ns	۰/۰۴۸ ns	۰/۰۱۳ ns
خطا	۱۲	۱۸۱/۸۳۹	۲۶۴/۹۸۳	۴۱۲۳۰/۱۵۲	۲۷۵۳۹۴۶/۳۹۹	۳۰۶۲۶۶۴۰/۴۱۱	۱۷۰۴۶۳۱۱/۱۷۲	۰/۵۳۱	۰/۰۶۹
کود زیستی	۷	۳۹۹۲/۷۳۷ **	۸۹۹۲/۴۷۷ **	۹۱۷۹۶/۰۹۴ **	۱۰۷۱۳۳۳۰/۰۲۹ **	۹۸۹۴۱۴۷۸/۵۷۷ **	۳۸۳۶۷۶۰۲۲/۶۵۴ **	۱/۵۹۱ **	۰/۲۵۷ **
سال × کود زیستی	۷	۱۸/۳۸۰ ns	۱۰۷/۸۰۴ **	۹۵۵/۶۰۹ *	۷۱۳۰۶/۸۵۰ ns	۷۳۴۲۵۶/۷۹۱ *	۳۴۲۴۳۰۶/۳۸۰ **	۰/۰۲۶ **	۰/۰۰۲ *
نیتروژن× کود زیستی	۲۱	۱۳/۲۹۱ ns	۱۸۳/۶۰۵ **	۴۸۳/۸۹۲ ns	۵۶۲۸۲۳/۳۹۴ *	۱۶۵۰۸۰۵/۳۱۹ **	۵۵۵۳۷۸۹/۳۹۸ **	۰/۰۱۱ ns	۰/۰۰۲ *
سال × نیتروژن × کود زیستی	۲۱	۱۶/۳۱۵ ns	۱۰۱/۲۹۷ **	۷۴۴/۳۴۱ **	۶۲۹۰۵/۴۱۰ ns	۳۸۰۴۵۷/۰۲۹ ns	۱۵۲۱۴۳۱/۱۰۸ ns	۰/۰۲۱ **	۰/۰۰۳ **
خطا	۱۱۲	۲۸/۳۲۷	۲۴/۰۵۳	۳۵۹/۵۹۹	۴۰۳۷۵/۱۸۲	۳۴۶۳۶۰/۱۱۲	۱۰۴۲۹۳۶/۰۱۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات (٪)	–	۵/۷۹	۲/۲۲	۷/۴۰	۱۱/۸۹	۱۲/۶	۸/۸۱	۵/۶۹	۵/۷۰

ns، * و ** به ترتیب بیانگر غیرمعنادار و معنادار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می‌باشند.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های ارتفاع بوته، تعداد دانه در بلال و درصد پروتئین دانه برای اثر نیتروژن و کودهای زیستی

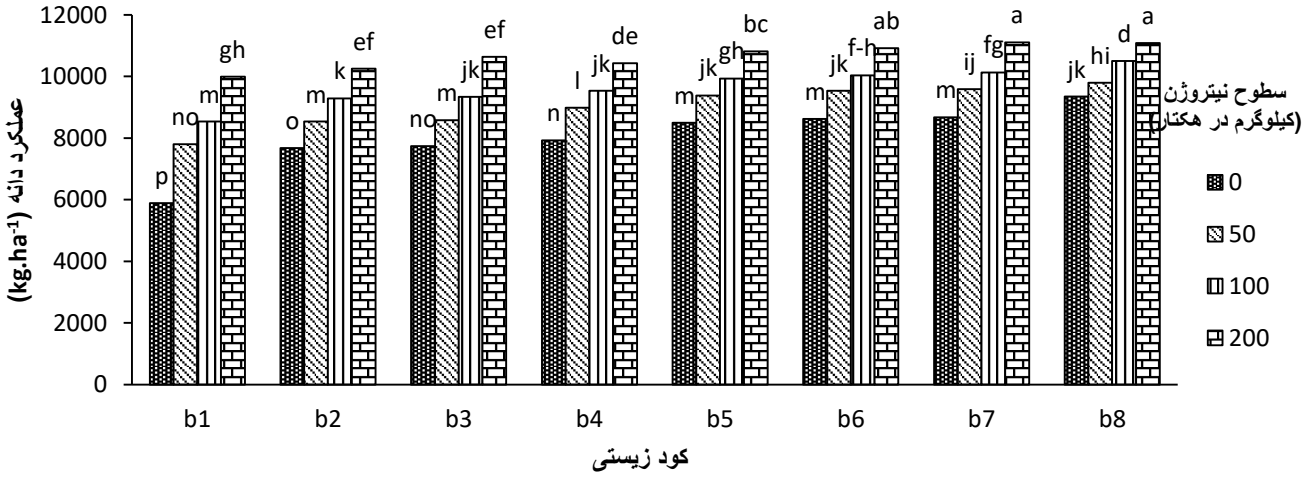
سطوح کود نیتروژن ($kg.ha^{-1}$)	ارتفاع بوته (cm)	تعداد دانه در بلال	پروتئین دانه (%)
۰	۱۶۲/۱ c	۳۷۰/۷ c	۳/۶۵ c
۵۰	۱۸۰/۶ c	۴۵۹/۳ bc	۴/۰۷ b
۱۰۰	۱۹۲/۷ b	۵۲۱/۹ ab	۴/۳۵ b
۲۰۰	۲۰۶/۹ a	۶۰۹/۵ a	۴/۹۱ a
کود زیستی			
عدم مصرف	۱۶۱/۲ f	۳۷۹/۶ h	۳/۷۱ f
ازتوباکتر	۱۷۷/۷ e	۴۴۶/۳ g	۴/۰۷ e
میکوریزا	۱۷۸/۸ e	۴۵۷/۶ f	۴/۱۰ e
آزوسپریلیوم	۱۸۳/۳ d	۴۸۲/۸ e	۴/۱۹ d
ازتوباکتر و میکوریزا	۱۹۲/۵ c	۵۲۴/۹ d	۴/۴۰ c
میکوریزا + آزوسپریلیوم	۱۹۵/۰ bc	۵۳۷/۶ c	۴/۴۵ bc
ازتوباکتر + آزوسپریلیوم	۱۹۶/۱ b	۵۴۳/۱ b	۴/۴۷ b
ازتوباکتر + میکوریزا + آزوسپریلیوم	۲۰۰/۰ a	۵۶۰/۹ a	۴/۵۷ a

سطوح تیماری که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در گروه‌بندی با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ در گروه آماری مشابهی قرار دارند.



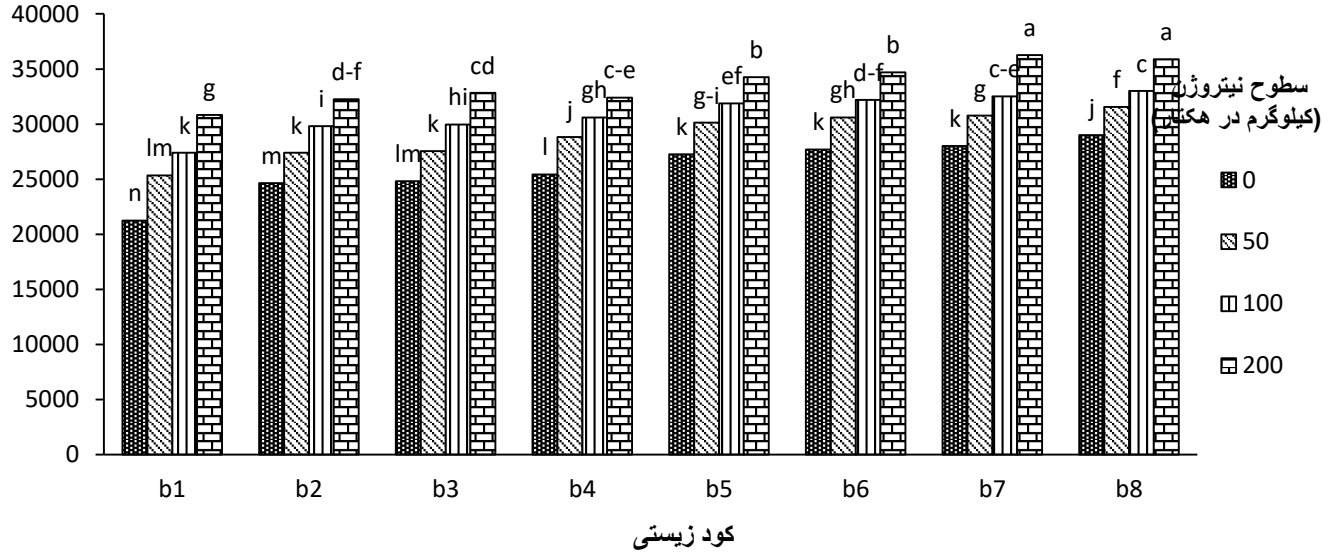
شکل ۱- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سطوح نیتروژن و کود زیستی برای وزن هزار دانه

(**b_1: عدم مصرف، b_2: ازتوباکتر، b_3: میکوریزا، b_4: آزوسپریلیوم، b_5 : ازتوباکتر+میکوریزا، b_6: میکوریزا+آزوسپریلیوم، b_7: ازتوباکتر+آزوسپریلیوم و b_8: ازتوباکتر+میکوریزا+آزوسپریلیوم**).



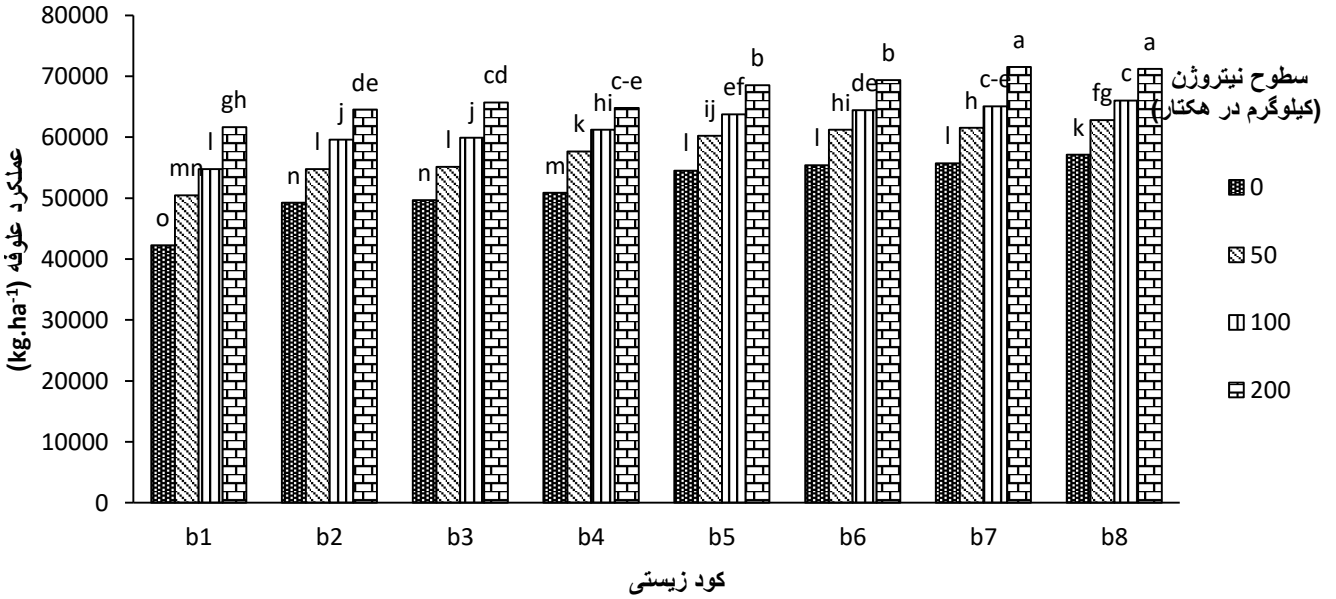
شکل ۲- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سطوح نیتروژن و کود زیستی برای عملکرد دانه

(b_1: عدم مصرف، b_2: ازتوباکتر، b_3: میکوریزا، b_4: آزوسپریلیوم، b_5 : ازتوباکتر+میکوریزا، b_6: میکوریزا+آزوسپریلیوم، b_7: ازتوباکتر+آزوسپریلیوم و b_8: ازتوباکتر+میکوریزا+آزوسپریلیوم).



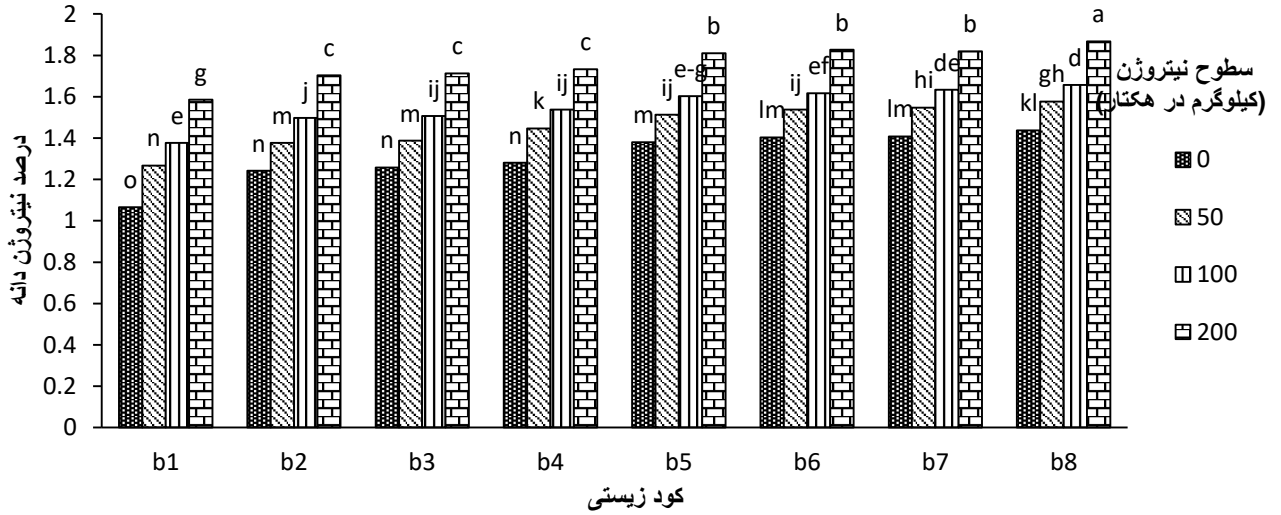
شکل ۳- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سطوح نیتروژن و کود زیستی برای عملکرد زیستی

(b_1: عدم مصرف، b_2: ازتوباکتر، b_3: میکوریزا، b_4: آزوسپریلیوم، b_5 : ازتوباکتر+میکوریزا، b_6: میکوریزا+آزوسپریلیوم، b_7: ازتوباکتر+آزوسپریلیوم و b_8: ازتوباکتر+میکوریزا+آزوسپریلیوم).



شکل ۴- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سطوح نیتروژن و کود زیستی برای عملکرد علوفه

(b_1: عدم مصرف، b_2: ازتوباکتر، b_3: میکوریزا، b_4: آزوسپریلیوم، b_5 : ازتوباکتر+میکوریزا، b_6: میکوریزا+آزوسپریلیوم، b_7: ازتوباکتر+آزوسپریلیوم و b_8: ازتوباکتر+میکوریزا+آزوسپریلیوم).



شکل ۵- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سطوح نیتروژن و کود زیستی برای محتوای نیتروژن دانه

(b_1: عدم مصرف، b_2: ازتوباکتر، b_3: میکوریزا، b_4: آزوسپریلیوم، b_5 : ازتوباکتر+میکوریزا، b_6: میکوریزا+آزوسپریلیوم، b_7: ازتوباکتر+آزوسپریلیوم و b_8: ازتوباکتر+میکوریزا+آزوسپریلیوم).

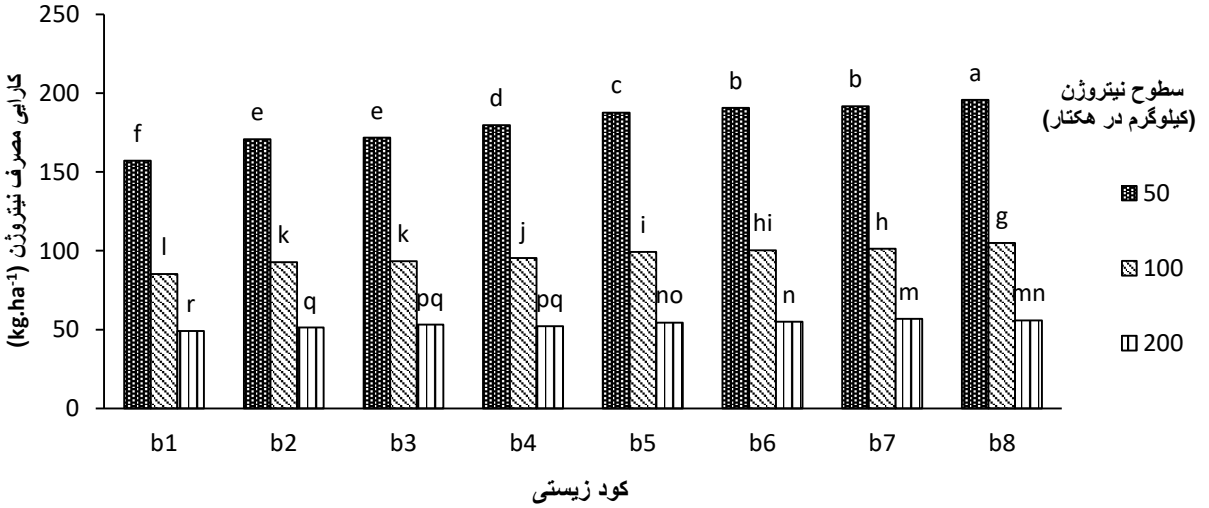
شاخص‌های کارایی نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن و اثر کود زیستی بر کارایی جذب نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن و کارایی زراعی نیتروژن معنادار بودند. همچنین اثر متقابل نیتروژن و کود زیستی بر کارایی جذب نیتروژن و کارایی مصرف نیتروژن معنادار بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین-های اثر متقابل نیتروژن و کود زیستی بر کارایی مصرف نیتروژن نشان داد که در شرایط مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص استفاده از کودهای زیستی سبب افزایش کارایی مصرف نیتروژن شد، به‌طوری‌که بیشترین کارایی مصرف نیتروژن در تیمار ازتوباکتر+میکوریزا+آزوسپریلیوم مشاهده شد. همچنین این نتایج نشان می‌دهد که با افزایش مصرف نیتروژن اختلاف بین تیمارهای کود زیستی کاهش یافت (شکل ۶). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر کودهای زیستی بر کارایی زراعی نیتروژن نشان داد که تیمار عدم مصرف کود زیستی بیشترین کارایی زراعی نیتروژن را به خود اختصاص داد و تیمارهای ازتوباکتر+میکوریزا، میکوریزا+آزوسپریلیوم و ازتوباکتر+میکوریزا+آزوسپریلیوم کمترین کارایی زراعی نیتروژن را داشتند (شکل ۷). نتایج همچنین نشان داد که بیشترین کارایی جذب نیتروژن در تیمار ازتوباکتر+میکوریزا+ آزوسپریلیوم مشاهده شد. این نتایج نشان می‌دهد که در شرایط حداقل مصرف نیتروژن (۵۰ کیلوگرم در هکتار) اختلاف بین تیمارهای کودهای زیستی بیشتر مشهود بود، به‌طوری‌که استفاده توأم کودهای زیستی بیشترین کارایی جذب نیتروژن را داشتند. با افزایش مصرف نیتروژن اختلاف بین تیمارهای کود زیستی کاهش یافت و به حداقل خود رسید. به‌طورکلی بیشترین کارایی جذب نیتروژن در سطح کمتر مصرف نیتروژن اتفاق افتاد (شکل ۸). بالاترین کارایی زراعی مصرف نیتروژن معمولاً با مصرف اولین واحد کود حاصل می‌شود و با افزایش مصرف کود نیتروژن، واحدهای اضافی بعدی فزایش کمتری را موجب می‌شوند (سرخوش و ابوطالبیان ۲۰۱۳) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. به نظر می-رسد که کاهش کارایی مصرف نیتروژن در مقادیر بالای کود نیتروژن، افزایش سرعت از دست رفتن عنصر مذکور از طریق آبشویی و تصعید و درنتیجه عدم استفاده مؤثر از نیتروژن باشد (موجادم ۲۰۰۸).

جدول ۵- تجزیه واریانس شاخص‌های کارایی نیتروژن

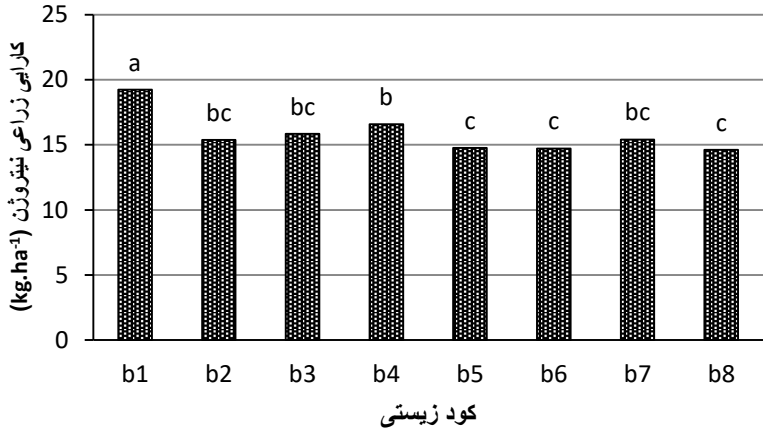
منابع تغییر	درجه آزادی	کارایی مصرف نیتروژن	کارایی زراعی نیتروژن	کارایی جذب نیتروژن
سال	۱	۰/۰۲۳ ns	۳۴۴/۴۷۴ ns	۰/۰۰۰۱ ns
بلوک	۴	۵۷۳/۳۲۲ *	۱۲۹/۳۵۲ ns	۰/۵۶۳ *
نیتروژن	۲	۲۰۰۶۳۵/۴۴۱**	۳۹۷/۲۰۹ns	۳۵/۷۴۷ns
سال × نیتروژن	۲	۰/۲۷۶ns	۴۱/۵۱۶ns	۰/۰۰۰۱
خطا	۸	۸۲/۳۶۲	۲۲۵/۱۷۳	۰/۰۹۳
کود زیستی	۷	۹۵۰/۱۱۰ **	۴۲/۰۱۴ **	۰/۸۵۳ **
سال × کود زیستی	۷	۰/۹۳۵ ns	۹/۷۰۱ *	۰/۰۰۲ ns
نیتروژن× کود زیستی	۱۴	۱۸۵/۵۷۶ **	۷/۹۱۹ ns	۰/۱۳۱ **
سال × نیتروژن × کود زیستی	۱۴	۱/۵۹۰ ns	۵/۴۰۶ ns	۰/۰۰۲ ns
خطا	۸۴	۱/۵۷۴	۴/۵۵۹	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات (٪)	–	۱/۱۴	۱۳/۵۰	۲/۱۱

ns، * و ** به ترتیب بیانگر غیرمعنادار و معنادار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می‌باشند.



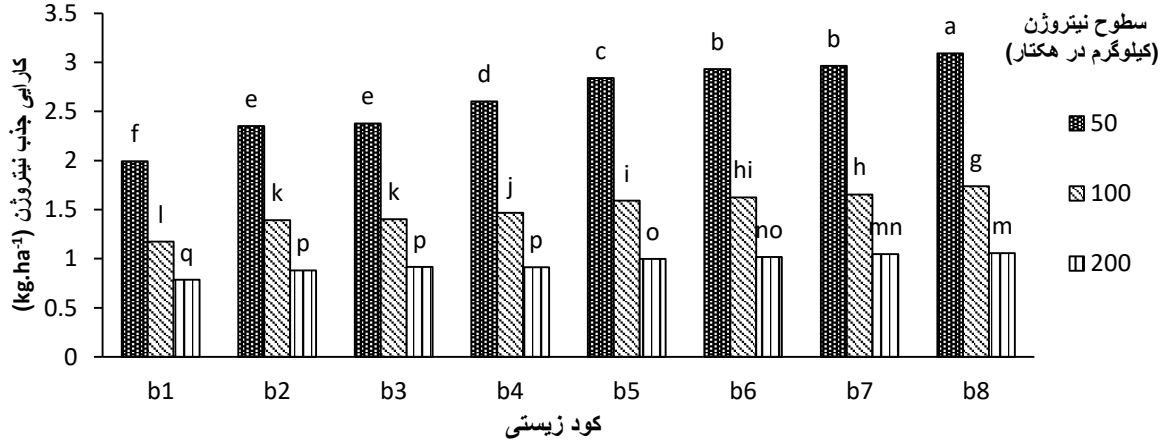
شکل ۶- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سطوح نیتروژن و کود زیستی برای کارایی مصرف نیتروژن

(b_1: عدم مصرف، b_2: ازتوباکتر، b_3: میکوریزا، b_4: آزوسپریلیوم، b_5 : ازتوباکتر+میکوریزا، b_6: میکوریزا+آزوسپریلیوم، b_7: ازتوباکتر+آزوسپریلیوم و b_8: ازتوباکتر+میکوریزا+آزوسپریلیوم).



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر کود زیستی بر کارایی زراعی نیتروژن

(b_1: عدم مصرف، b_2: ازتوباکتر، b_3: میکوریزا، b_4: آزوسپریلیوم، b_5 : ازتوباکتر+میکوریزا، b_6: میکوریزا+آزوسپریلیوم، b_7: ازتوباکتر+آزوسپریلیوم و b_8: ازتوباکتر+میکوریزا+آزوسپریلیوم).



شکل ۸- مقایسه میانگینترکیبات تیماری سطوح نیتروژن و کود زیستی برای کارایی جذب نیتروژن

(b_1: عدم مصرف، b_2: ازتوباکتر، b_3: میکوریزا، b_4: آزوسپریلیوم، b_5 : ازتوباکتر+میکوریزا، b_6: میکوریزا+آزوسپریلیوم، b_7: ازتوباکتر+آزوسپریلیوم و b_8: ازتوباکتر+میکوریزا+آزوسپریلیوم).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از آزمایش نشان می‌دهد بیشترین عملکرد دانه و علوفه از تیمارهای تلقیح ازتوباکتر+ میکوریزا+آزوسپریلیوم و سطوح نیتروژن ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. بیشترین کارایی زراعی نیتروژن در کمترین سطح کاربرد نیتروژن (۵۰ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد و با افزایش مصرف نیتروژن، کارایی زراعی کاهش یافت. اختلاف بین تیمارهای کود زیستی در شرایط تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار بیشتر مشهود بود و با افزایش مصرف نیتروژن کمترین اختلاف بین این تیمارها وجود داشت. به نظر می‌رسد با افزایش مصرف نیتروژن کودهای زیستی تأثیر کمتری بر کلیه صفات زراعی و همچنین کارایی زراعی و جذب نیتروژن دارند؛ با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، مصرف توأم کودهای زیستی (ازتوباکتر+میکوریزا+آزوسپریلیوم) همراه با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن

مناسب‌ترین تیمار جهت توصیه به کشاورزان است که می‌توان ضمن دستیابی به حداکثر بهره‌وری زراعی و کمترین خطرات محیط‌زیستی، در جهت اصول کشاورزی پایدار گام نهاد.

سپاسگزاری

باکمال احترام بدین‌وسیله از تمام کسانی که به‌نوعی در انجام این پژوهش یاریگر بنده بودند، به‌ویژه جناب آقای دکتر محسن یوسفی، نهایت قدردانی و سپاسگزاری را دارم و از خداوند متعال آرزوی سربلندی و سلامتی برای ایشان دارم.

منابع مورداستفاده

Abou El-Hassan, WH, Hafez EM, Ghareib A, Freeg MR and Seleiman MF. 2014. Impact of nitrogen fertilization and irrigation on water utilization efficiency, N accumulation, growth and yields of (*Zea mays* L.). Journal of Food, Agriculture and Environment, 12(3): 217-222.

Ahmadi M, Mondani F, Khorramivafa M, Mohammadi G, Shirkhani A. 2018. Evaluation of Nitrogen Uptake and Productivity of Maize Cultivars (*Zea mays* L.) under Kermanshah Climate Condition, Journal of Agroecology, 10(1), pp. 234-247.

Alahresani M, Ramazani S. 2021. Effects of Biological, Chemical and Animal Fertilizers on Photosynthetic Pigments, Yield and Yield Components of Corn 500 Single cross, journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 31(1), pp. 125-143.

Anil L, Park J and Phipps RH. 2000. The potential of forage-maize intercrops in ruminant nutrition. Animal Feed Science and Technology, 85: 157-164.

Arrudaa L, Beneduzi A, Martins A, Lisboa B, Lopes C, Bertolo F, Passaglia Maria LMP and Vargas KL. 2013. Screening of Rhizobacteria isolated from maize (*Zea mays* L.) in Rio Grande do Sul State (South Brazil) and analysis of their potential to improve plant growth. Applied Soil Ecology, 63: 15- 22.

Bahamin S. 2011. Effect of Biological, Livestock and Chemical Fertilizers on Quantitative and Qualitative Function of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). Master's thesis for Agro-ecology, Birjand University. (In Persian).

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. Journal of Agricultural Science and Technology, 1(2), 223-234.

Edi Zadeh KH, Mahdavi Damghani ASM, Ibrahim Por F and Sabahi H. 2011 Effects of amount and method of application of bio fertilizers in combination with chemical fertilizer on yield and yield components of corn, Electronic Journal of Crop Production, 4 (3): 21-35. (In Persian).

Emam Y and Eilkaee MN. 2002. Effects of plant density and chlormequat chloride (CCC) on morphological characteristics and grain yield of winter oilseed rape cv. Talayeh. Agronomy Science Journal, 1:18.

FAOSTAT. 2019. http://www.fao.org/

Fan X, Lin F and Kumar D. 2004. Fertilization with a new type of coated urea evaluation for nitrogen efficiency and yield in winter wheat. Journal of Plant Nutrition, 25: 853-865.

Farnia A and Torkaman H. 2015. Effect of different bio-fertilizers on yield and yield components of maize (*Zea mays* L.). Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences, 4: 75-79.

Hamidi A, Asgharzadeh A, Chokan R, Dehghan Shoar M, Ghalavand A, and Malakouti MJ. 2007. Rhizobacteria (PGPR) biofertilizer application in maize (*Zea mays* L.) cultivation by adequate input. Environmental Science, 4(4): 1-20.

Huggins DR and Pan WL. 1993. Nitrogen efficiency components analysis: an evaluation of cropping system differences in productivity. Agronomy Journal, 85(4): 898- 905.

Itelima JU, Bang WJ, Onyimba IA, Sila MD and Egbere OJ. 2018. Bio-fertilizers as key player in enhancing soil fertility and crop productivity: (A Review). Direct Research Journal of Agriculture and Food Science, 6 (3):73-83.

Jackson ML. 1958. Soil chemical analysis, Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey. USA. pp: 498.

Jafari AV, Connolly V, Frolich A and Walsh EK. 2003. A note on estimation of quality in perennial ryegrass by near infrared spectroscopy. Irish journal of Agricultural and Food Research, 42: 293-299.

Javan Gholiloo M, Yarnia M, Hassanzadeh Ghorttapeh A, Farahvash F, Daneshian A. 2020. The Reaction of Valerian to the Application of Bio-Fertilizers under Drought Stress. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 30(4), 59-72.

Lopez-Bellido RJ and Lopez-Bellido L. 2001. Efficiency of nitrogen in wheat under Mediterranean conditions: effect of tillage, crop rotation and N fertilization. Field Crop Research. 71: 31-46.

Mojadam M. 2008. Effects of water deficit stress and nitrogen management on dry matter distribution and some morphological characteristics of corn. Journal of Environmental Stresses in Plant Science, 1(2): 123-136.

Moll RH, Kamprath EJ, and Jackson WA. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agronomy Journal, 74: 562–564.

Moradi M, Siadat AA, Kazazi K, Naseri R, Maleki A and Mirzaei A. 2011. Effect of application of bio-fertilizers andphosphorus fertilizers on qualitative and quantitative traits offspring wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Crop and Weed Ecophysiology, 5(18): 51-66. (In Persian).

Morshed RM, Rahman MM and Rahman MA, 2008. Effect of nitrogen on seed yield, protein content and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*). Journal Agriculture Rural Development, 6(1, 2): 13-17.

Rahmani, H. (2010). Sustainable agriculture and healthy production challenges. Isfahan: Nasooh Publishing. (In Persian).

Saravanakumar D, Kavino M, Raguchander T, Subbian P and Samiyappan R. 2011. Plant growth promoting bacteria enhance water stress resistance in green gram plants. Acta Physiol Plant, 33: 203–209.

Sarkhosh A and Aboutalebian M. 2013.Nnitrogen use efficiency, yield and some agronomic characteristics of maize under on-farm seed priming and times of nitrogen application. Journal of crops improvement (Journal of Agriculture), 15(3), 117-128.

Sarmadnia Gh and Kouchaki A. 2003. Crop Physiology (Translation). Publications University of Mashhad. (In Persian).

Syeidi M and Rezvani Moghaddam P. 2011. Study yield, its components and nitrogen use efficiency using of compost mushroom, biological and urea fertilizer in wheat. Journal of Agroecology, 3: 313–323. (In Persian).

Sharma AK. 2003. Bio-fertilizer for sustainable agriculture. Agro-bios (India). 218 pp.

Shiri MR, Moharramnejad S, Emaratpardaz J and Zadehesfahlan MR. 2019. Assessment of Different Maize (*Zea mays* L.) Hybrids under Moghan Climate. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 29: 59-71. (In Persian).

Shoghi Kalkhoran Q, Qalavand A, Modares Sani SAM and Akbari P. 2010. Effect of nitrogen fertilizer and bio fertilizer on yield and quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Agricultural Sciences of Iran. 12 (4), 481-467. (In Persian).

Singh JS, Pandey VC and Singh DP. 2011. Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. Agriculture Ecosystems and Environment, 140: 339–353.

Soleimani Fard A, Naseri Rad H, Naseri R, Piri A. 2013. The effect of growth-promoting bacteria on phenology, yield and grain yield components of maize hybrids (*Zea mays* L.). Eco Physiology of Crops (Agricultural Sciences), pp: 89-71.

Tilman D, Cassman KG, Matson PA, Naylor R and Polasky S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature, 418: 671–677.

Ting LZ, Yang JY, Drury CF and Hoogenboom G. 2015. Evaluation of the DSSAT-CSM for simulating yield and soil organic C and N of a long-term maize and wheat rotation experiment in the Loess Plateau of Northwestern China. Agricultural Systems, 135: 90-104.

Wajid A, Ghaffar A, Maqsood M, Hussain K and Nasim W. 2007. Yield response of maize hybrids to varying nitrogen rates. Pakistanian Journal of Agricultural Science, 44(2): 217- 220.