

Effect of Different Sources of Biological and Chemical Fertilizers on Nitrogen and Phosphorus Morphological and Functional Traits of *Triticum Aestivum* L.

Hadi Jahanshahi¹, Hossein Ajam Norouzi^{2*}, Mohamad Reza Dadashi³,
Mohamad Ali Rezaee⁴

¹ Department of Agricultural and Plant Breeding, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran,
Email: hadi_jahanshahi2000@yahoo.com

² Department of Crop Production and Plant Breeding, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran,
Email: ajamnorozei@yahoo.com

³ Department of Crop Production and Plant Breeding, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran,
Email: m.dadashi@gorganiau.ac.ir

⁴ Department of Plant Physiology, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran, Email: mrezaei@yahoo.com

Article type:

Research article

Abstract

Excessive use of chemical fertilizers has degraded agricultural ecosystems. One of the sustainable agricultural programs is to reduce the use of fertilizers and increase their efficiency. In this study, an experiment was conducted to evaluate the effect of different levels of nitrogen and phosphorus sources on some morphological and functional properties of wheat pearl. A factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications in Nokandeh and Gorgan in Golestan province. Experimental factors included nitrogen supply sources at four levels of Azotobacter (12g/100 kg seed), Azospirillum (12g/100 kg seed), urea (200 kg/ha) and an equal combination of three sources and sources of phosphorus at the surface. There were three levels of triple superphosphate (100 kg ha⁻¹), fertile phosphate 2 (12 g / 100 kg seed) and an equal combination of two sources with control. Morphological and functional traits such as plant height, leaf area index, spike number, grain number per spike, spike length, 1000-grain weight, biological yield, grain yield and nitrogen use efficiency were measured. The results showed that the effect of different levels of nitrogen and phosphorous sources on the studied traits was significant. The highest plant height, leaf area index, spike number, spike length, biological yield and grain yield were obtained in equal treatment of three nitrogen sources (33% Azotobacter + 33% Azospirillum + 33% Urea) and highest Nitrogen use efficiency. Seed inoculation with Azotobacter biofertilizer was observed. Application of appropriate biofertilizers can be effective in increasing yield, improving wheat growth characteristics and reducing fertilizer.

Article history

Received: 13.10.2020

Revised: 20.11.2020

Accepted: 24.11.2020

Published: 21.03.2025

Keywords

Azospirillum

Azotobacter

Phosphorus

Yield

Nitrogen

Cite this article as: Jahanshahi, H., Ajam Norouzi, H., Dadashi, M.R., Rezaee, M.A. (2025). Effect of different sources of biological and chemical fertilizers on nitrogen and phosphorus morphological and functional traits of *Triticum aestivum* L. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 77(1): 124-139.



©The author(s)

DOI: <https://doi.org/10.71890/iper.2025.983563>

Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch



فیزیولوژی محیطی گیاهی

شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۷۶۷۱
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۸۹



اثر منابع مختلف کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژن و فسفر بر صفات مرفولوژیکی و عملکردی گندم (رقم مروارید) *Triticum Aestivum* L.

هادی جهانشاهی^۱، حسین عجم نوروژی^{۲*}، محمدرضا داداشی^۳، محمدعلی رضایی^۴

^۱ گروه زراعت، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران. رایانامه: hadi_jahanshahi2000@yahoo.com

^۲ گروه زراعت، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران. رایانامه: ajamnorozei@yahoo.com

^۳ گروه زراعت، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران. رایانامه: m.dadashi@gorganiau.ac.ir

^۴ گروه فیزیولوژی گیاهی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران. رایانامه: mrezaei@yahoo.com

نوع مقاله:	چکیده
مقاله پژوهشی	مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی باعث تخریب اکوسیستم‌های کشاورزی شده است. یکی از برنامه‌های کشاورزی پایدار کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش کارایی آن‌ها می‌باشد. در این راستا آزمایشی به منظور ارزیابی اثر سطوح مختلف منابع تامین کننده نیتروژن و فسفر بر برخی خصوصیات مرفولوژیک و عملکردی گندم رقم مروارید اجرا شد. آزمایش مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان نوکنده و گرگان در استان گلستان به مرحله اجرا در آمد. فاکتورهای آزمایش شامل منابع تامین کننده نیتروژن در چهار سطح ازتوباکتر (۱۲ گرم بر ۱۰۰ کیلوگرم بذر)، آزوسپیریلیوم (۱۲ گرم بر ۱۰۰ کیلوگرم بذر)، اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و ترکیب مساوی از سه منبع و منابع تامین کننده فسفر در سطح سه سطح سوپرفسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، فسفات بارور ۲ (۱۲ گرم بر ۱۰۰ کیلوگرم بذر) و ترکیب مساوی دو منبع به همراه شاهد بود. صفات مرفولوژیکی و عملکردی از قبیل ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که اثر سطوح مختلف منابع تامین کننده نیتروژن و فسفر بر صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. بیشترین میزان ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، تعداد سنبله، طول سنبله، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در تیمار ترکیب مساوی سه منبع تامین کننده نیتروژن (۳۳ درصد ازتوباکتر + ۳۳ درصد آزوسپیریلیوم + ۳۳ درصد اوره) و بیشتر میزان کارایی مصرف نیتروژن در تیمار تلقیح بذر با کود زیستی ازتوباکتر مشاهده شد. کاربرد کودهای زیستی مناسب، می‌تواند در افزایش عملکرد، بهبود ویژگی‌های رشدی گیاه گندم و کاهش کود شیمیایی مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی:

آزوسپیریلیوم

ازتوباکتر

فسفر

عملکرد

نیتروژن

استاد: جهانشاهی هادی، عجم نوروژی، حسین؛ داداشی محمدرضا؛ رضایی، محمدعلی. (۱۴۰۳). اثر منابع مختلف کود های زیستی و شیمیایی نیتروژن و فسفر بر صفات مرفولوژیکی و عملکردی گندم (رقم مروارید). فیزیولوژی محیطی گیاهی، ۷۷(۱)، ۱۳۹-۱۲۴.

DOI: <https://doi.org/10.71890/iper.2025.983563>

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان

© نویسندگان.



مقدمه

استفاده گسترده از کودهای شیمیایی یکی از مشکلات اصلی محیط زیست است که از طریق روش‌های مختلفی مانند تصعید، نیترات‌زایی و آبشویی سبب افزایش هزینه نگهداری آنها می‌گردد (Saravi and Pirdasti, 2013). استفاده گسترده از کود شیمیایی نیتروژن و فسفر، از طریق تخریب ساختمان خاک، موجب کاهش مواد آلی زمین‌های کشاورزی و همچنین تبدیل خاک به‌بافت سخت که منجر به افزایش فرسایش خاک و آلودگی آب‌های زیرزمینی و در نتیجه ایجاد روان‌آب‌ها می‌گردد، بنابراین سری منابع جایگزین همراه با کاربرد کود شیمیایی لازم می‌باشد (Mohsennia and Jalilian, 2012). در حال حاضر کودهای زیستی (باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد) جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی، به منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح می‌باشند (Wu et al., 2005). از جمله باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد می‌توان به ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و باسیلوس اشاره نمود (Zahir et al., 2004). باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گروهی از باکتری‌ها بوده که به صورت کلونی در ریشه گیاهان، سبب افزایش عملکرد می‌گردند (Gholami et al., 2009). باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد در محیط ریشه گیاه توانایی ساخت و ترشح مقداری مواد بیولوژیکی فعال مانند اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتنیک، بیوتین، ویتامین‌های B، اکسین‌ها، جبرلین‌ها و غیره را دارند که در افزایش رشد ریشه نقش مفید و موثری دارند (Kader, 2002). مشکلات زیست محیطی ناشی از کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی، انرژی و هزینه‌های تولید و مصرف آنها و اثرات سوئی که بر چرخه‌های زیستی و خود پایداری بوم نظام‌های زراعی دارند از علل رویکرد به کاربرد کودهای زیستی‌های می‌باشد (Kannayan, 2002). سنتز انواع

هورمون‌ها مانند ایندول استیک اسید، جبرلین، مواد شبه جبرلین و سیتوکینین توسط سوبیه‌های مختلف ازتوباکتر محرز شده است (Singh et al., 2004). در سالهای اخیر و در مطالعات مختلف بر اهمیت استفاده از کودهای زیستی به‌منظور افزایش عملکرد محصولات کشاورزی بسیار تأکید شده است. Kapulink و همکاران (۱۹۸۳) در آزمایشی بر روی گندم و سورگوم دریافتند که باکتری آزوسپریلیوم می‌تواند موجب بهبود رشد و عملکرد گیاه گردد. Hafeez و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که تلقیح باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی و افزایش جذب نیتروژن در گیاه پنبه شده است. Ilyas و Baho (۲۰۱۰) نشان دادند که تلقیح بذور گندم با باکتری آزوسپریلیوم منجر به افزایش معنی‌دار تعداد سنبله‌ها و تعداد پنجه‌های بارور شد. Arzanesh و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر باکتری آزوسپریلیوم را بر افزایش عملکرد گندم بررسی کردند و نشان دادند که تلقیح این باکتری‌ها باعث افزایش تعداد سنبله، تعداد دانه در هر سنبله و افزایش میزان کلروفیل برگ و پروتئین دانه گندم شد. بیشترین درصد میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات را باکتری‌ها و قارچ‌ها تشکیل می‌دهند. مهمترین باکتری‌های حل‌کننده فسفات نیز *Bacillus pseudomonas*، *Bacillus ciralans* و *Bacillus subtilis* می‌باشند. تحقیقات نشان داد که این باکتری‌ها در ۹۰ درصد از خاک‌ها موجود می‌باشند (Delvasto et al., 2008).

فعالیت اصلی این گونه میکروارگانیسم‌ها نیز تولید اسیدهای آلیو افزایش pH توسط اکسیداسیون ناقص قندها است که باعث کاهش حلالیت فسفر محیط می‌شوند. از طرفی واکنش‌های آنزیمی به ویژه آنزیم‌های گروه فسفاتاز تولید شده توسط برخی از این میکروارگانیسم‌ها بر معدنی شدن فسفر نیز موثر

حاصل شده است. Rashidi و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند کاربرد همزمان کود شیمیایی فسفر و باکتری حل کننده فسفر به دلیل افزایش جذب فسفر و نیتروژن به گیاه گندم موجب افزایش میزان عملکرد، محتوای پروتئین و فسفر دانه گردید.

لذا با توجه به گسترش استفاده از کودهای بیولوژیک همراه با مقادیر کاهش یافته کودهای شیمیایی در نظام‌های کشاورزی، هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی تأثیر مصرف توأم کودهای نیتروژن، فسفر و کودهای بیولوژیک حاوی باکتری‌های حل کننده فسفر و تثبیت کننده نیتروژن بر صفات مرفولوژیک و اجزای عملکرد گندم (رقم مروارید) بود.

است (Kumutha et al., 2004). از طرف دیگر، این باکتری‌ها قادرند شرایط را برای افزایش راندمان استفاده از کود از طریق کاهش تثبیت فسفر فراهم نمایند (Mehnaz and Lazarovits, 2006). در تحقیقی در مورد اثر باکتری‌های حل کننده فسفر روی گندم، مشخص گردید که این میکروارگانیسم‌ها روی صفاتی مانند ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت اثری معنی داری داشته و درصد فسفر و عملکرد دانه نسب به شاهد افزایش معنی داری یافت، بطوریکه مصرف کود شیمیایی همراه با تلقیح با باکتری‌ها ۵۰ درصد کاهش یافت (Mirzaei et al., 2007). نتایج مشابهی در گیاه کنجد (*Sesamum indicum* L.) (Ahmadi Vavsari, 2009) و گیاه ذرت (*Zea mays* L.) (Yazdani et al., 2010) حاصل شد.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل های اجرای طرح

مکان	عمق نمونه ردی (سانتی متر)	بافتن خاک	نس (درصد)	سیلیت (درصد)	شن (درصد)	پتاسیم (پی پی ام)	بر (کیلوگرم)	فسفر (میلی گرم)	نیتروژن (درصد)	کربن (درصد)	TNV (درصد)	اسیدیته (ds/m)	هدایت الکتریکی
گرگان	۰-۳۰	لومی سیلتی	۲۸	۵۲	۲۰	۳۰۰	۵۶/۶	۰/۱۵	۱/۲۶	۵	۷/۸	۱/۴	
نونکده	۰-۳۰	لوم-رسی-سیلتی	۱۶	۵۲	۳۲	۱۸۰	۱۲/۴	۰/۱۳	۱/۰۷	۲۳/۵	۷/۶	۱/۷	

جدول ۲: اطلاعات هواشناسی و میانگین ۲۰ ساله محل های اجرای طرح

ماه	حداکثر دما		حداقل دما		میزان بارندگی (میلی متر)		تشنه	
	(درجه سانتی گراد)		(درجه سانتی گراد)				(مگاژول بر مترمربع)	
	نوکنده	گرگان	نوکنده	گرگان	نوکنده	گرگان	نوکنده	گرگان
دی	۱۴/۹	۱۵/۱	۵/۸	۶/۳	۷۱/۹	۶۶/۸	۷/۱	۶/۵
بهمن	۸	۹/۲	-۲/۳	۳/۴	۱۶/۵	۲۰/۵	۹/۳	۱۰/۳
اسفند	۱۰/۷	۱۰/۲	۰/۴	۱/۲	۵۵/۸	۴۱/۵	۱۰/۴	۹/۸
فروردین	۱۸/۵	۱۹/۸	۶/۱	۵/۸	۳۸/۱	۴۵/۶	۱۴/۳	۱۶/۲
اردیبهشت	۲۳/۵	۲۲/۵	۱۱/۳	۱۲/۴	۲۸/۸	۴۲/۵	۱۳/۹	۱۵/۸
خرداد	۱۶/۶	۱۸/۵	۱۳/۹	۱۴/۵	۲۴/۸	۳۸/۹	۱۹/۲	۲۱/۲
تیر	۲۹/۹	۲۸/۵	۱۸/۵	۱۹/۵	۱۴/۵	۲۰/۵	۲۱	۲۴/۶
مرداد	۳۵/۸	۳۴/۲	۲۰/۶	۱۹/۸	۱۲/۳	۱۹/۵	۲۰/۳	۲۴/۲

دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان، واقع در استان گلستان (36° 51' 54.7" N و 54° 27' ۰۸" E) و

مواد و روش‌ها
این تحقیق در دو مکان مزرعه تحقیقات کشاورزی

۷۹ متر بالاتر از سطح دریا) (مزرعه I)، و شهر نوکنده در غرب استان گلستان، فاصله ۶۰ کیلومتری ("N 36 ° 44' 8.6" و "E 53° 54' 14.3" در ۸ متر بالاتر از سطح دریا) (مزرعه II)، در طول فصل زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۶ اجرا گردید. اطلاعات مربوط خاک و آب و هوا مکان‌های آزمایش در جدول ۱ و ۲ ارائه شد.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و با دو عامل شامل منابع تامین کننده نیتروژن در ۵ سطح عدم مصرف کود (شاهد)، ازتوباکتر (۱۲ گرم بر ۱۰۰ کیلوگرم بذر)، آزوسپیریلیوم (۱۲ گرم بر ۱۰۰ کیلوگرم بذر)، اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) (در سه مرحله ۵۰ درصد قبل از کاشت، ۲۵ درصد در زمان شروع پنجه‌دهی و ۲۵ درصد در شروع ساقه‌دهی)) و ترکیب سه منبع (۳۳ درصد ازتوباکتر + ۳۳ درصد آزوسپیریلیوم + ۳۳ درصد اوره) و منابع تامین کننده فسفر در سه سطح کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، کود زیستی فسفات بارور ۲ (۱۲ کیلوگرم در ۱۰۰ کیلوگرم بذر) و ترکیب مساوی دو منبع تامین کننده فسفر (۵۰ درصد سوپرفسفات تریپل + ۵۰ درصد فسفات بارور ۲) اجرا شد. برای استفاده از کودهای بیولوژیک از دستورالعمل شرکت تولید کننده استفاده شد. پس از برآورد نسبت‌ها و رقت‌های مناسب نسبت به سطح زیر کشت، با رعایت نسبت ۱۰۰ گرم برای یک هکتار، محلول کود زیستی رقت مناسب تهیه شد. ابتداء بذور گندم (*Triticum aestivum* cv. Morvarid) به مدت ۳۰ ثانیه در الکل ۷۰ درصد غوطه‌ور شدند و به مدت ۲ دقیقه توسط هیپوکلریت سدیم ضد عفونی شدند و در نهایت سه بار با آب مقطر شسته شدند. سپس با کودهای بیولوژیک *Azospirillum brasilense* و *Azotobacter chroococcum* و *Phosphate soluble*

bacteria مخلوط شدند. چسبندگی کود زیستی به بذور با محلول آب و شکر ۲۰ درصد انجام شد و به مدت ده دقیقه در شیکر قرار گرفت. محلول حاصل در صورت نیاز با پارچه‌ای صاف شده و محلول صاف و رقیق شده کود زیستی به یک سم‌پاش دستی منتقل شد. سپس بذورهای مورد نیاز روی پلاستیک در سایه پهن شده و محلول مزبور روی آن پخش شد تا حدی که بذرها فقط مرطوب شود و یک پوشش یکنواخت از محلول کودی روی بذرها را بپوشاند. سپس بذورهای گندم براساس تیمارهای مورد نظر با کود بیولوژیک تلقیح شده‌اند و در زمینی به مساحت حدود ۴۰۰ مترمربع با ۱۵ کرت در ۳ تکرار انجام کشت شد که اندازه هر کرت به مساحت ۵ متر مربع و به ابعاد ۵*۵ که فواصل بین پلات‌ها ۱ متر در نظر گرفته شد. بلوک‌های آزمایشی در ۵ خط به طول ۵ متر، و با فاصله ۲۰ سانتی متری بین ردیف‌ها و ۴۰ سانتی متری بین تیمارها و بذور با تراکم ۴۰۰ (بوته در مترمربع) کشت شدند. نمونه‌برداری از گیاهان به صورت تصادفی در ۰/۲ متر هر کرت انجام شد.

برداشت نهایی محصول در تاریخ ۲۴ تیر سال ۱۳۹۶ به صورت دستی و با در نظر گرفتن حذف حاشیه از طرفین هر کرت انجام شد. سپس ساقه‌های بریده شده با داس در انتهای همان کرت پهن شد و یک روز در آفتاب و در مجاورت هوا خشک گردید و سپس به وسیله ترازو توزین و مقدار عملکرد بیولوژیک هر کرت، یادداشت شد. سپس ساقه‌ها بوجاری و بذورهای هر کرت جداگانه درون کیسه‌هایی قرار داده شد و دو اتیکت یکی در درون کیسه قرار داده شد و دیگری به دور آن توسط نخ بسته شد و سپس بذور جهت بقیه آزمایش به آزمایشگاه منتقل شد. صفات مورد مطالعه در این آزمایش شامل ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، تعداد سنبله در هکتار، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، طول سنبله،

عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن بود. برای اندازه‌گیری صفات کمی، از مساحت یک مترمربع داخل واحدهای آزمایشی (پس از حذف حاشیه‌ها) ۵ بوته به طور تصادف انتخاب و برای سهولت در امر اندازه‌گیری نشانه‌گذاری گردید و برای کلیه صفات کمی از میانگین مشاهدات ۵ بوته جهت محاسبات آماری مورد استفاده قرار گرفت. کارایی مصرف نیتروژن با استفاده از فرمول پیشنهادی Goodroad و Jellum (1998) و به صورت رابطه زیر برآورد گردید.

جدول ۳: تجزیه واریانس مجزای صفات اندازه‌گیری شده گندم تحت تاثیر منابع تامین‌کننده نیتروژن و فسفر در دو مکان نوکنده و گرگان

میانگین مربعات											منابع تغییرات
درجه آزادی	ارتفاع بوته	شاخص سطح برگ		تعداد سنبله		تعداد دانه		وزن هزار دانه			
		گرگان	نوکنده	گرگان	نوکنده	گرگان	نوکنده	گرگان	نوکنده		
۲	۲۲/۰۸۴ ^{ns}	۹۹/۰۶۱ [*]	۳/۴۶۶ ^{ns}	۰/۹۱۶ [*]	۵۷۴۰۷۰۷۲۲۲۲ ^{ns}	۷۰۵۴۸۶۰۵۵۵۶ ^{ns}	۳۱/۱۰۴ ^{**}	۴/۴۵۱ ^{ns}	۴۶/۸۳۶ ^{**}	۲/۹۹۳ ^{ns}	بلوک
۴	۶۴/۲۴۸ ^{**}	۳۷/۶۹۹ ^{ns}	۲/۹۳۸ ^{**}	۰/۵۹۴ [*]	۲/۰۵۵ ^{**}	۱/۲۳۶ ^{**}	۵۴/۵۸۳ ^{**}	۲۸/۶۸۸ ^{**}	۱۱/۶۹۳ ^{ns}	۱۶/۲۴۱ ^{ns}	نیتروژن
۲	۱/۱۳۲ ^{ns}	۲/۸۴۳ ^{ns}	۰/۳۹۶ [*]	۰/۹۴۸ [*]	۲۰۸۳۸۷۷۲۲۲۲ ^{ns}	۲۳۸۴۱۷۲۲۲۲ ^{ns}	۰/۵۵۲ ^{ns}	۸/۷۸ ^{ns}	۰/۷۲۹ ^{ns}	۴/۲۶۴ ^{ns}	فسفر
۸	۸/۴۸۹ ^{ns}	۲۱/۹۰۱ ^{ns}	۰/۴۰۱ ^{ns}	۰/۱۲۴ ^{ns}	۵۴۶۱۷۸۹۷۲۲۲ ^{ns}	۲۲۲۲۳۴۹۸۶۱۱ ^{ns}	۰/۲۶۸ ^{ns}	۳/۷۲۷ ^{ns}	۱۱/۳۰۵ ^{ns}	۱۲/۱۵۸ ^{ns}	نیتروژن x فسفر
۲۸	۹/۰۸۹	۲۰/۳۶	۰/۶۹۱	۰/۲۰۲	۵۳۰۰۹۸۱۰۳۱۷	۵۲۲۰۹۹۴۴۸۴۱	۳/۵۸۷	۴/۷۸۷	۵/۴۸۵	۹/۸۹۸	خطا آزمایشی
	۲/۸۹	۵/۴۱	۱۱/۴۸	۱۰/۷۴	۴/۵۴	۵/۹۴	۵/۴۳	۶/۴۷	۸/۲۶	۱۰/۸۴	ضریب تغییرات

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ادامه جدول ۳: تجزیه واریانس مجزای صفات اندازه‌گیری شده گندم تحت تاثیر منابع تامین‌کننده نیتروژن و فسفر در دو مکان نوکنده و گرگان

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		طول سنبله		عملکرد بیولوژیک		عملکرد دانه		کارایی مصرف نیتروژن	
		نوکنده	گرگان	نوکنده	گرگان	نوکنده	گرگان	نوکنده	گرگان
بلوک	۲	۰/۹۰۱*	۹/۹۲۶**	۰/۳۸۴ ^{ns}	۰/۰۲۲ ^{ns}	۰/۰۱۸ ^{ns}	۰/۰۰۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۱۸ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۲۳ ^{ns}
نیتروژن	۴	۰/۰۲۴**	۰/۸۷۶*	۴/۸۶۱**	۴/۲۲۳**	۶/۹۷۴**	۰/۹۰۴**	۰/۰۰۰۰۸۴**	۰/۰۰۰۰۹۲**
فسفر	۲	۰/۱۲۱ ^{ns}	۰/۰۳۸ ^{ns}	۰/۱۷۴**	۰/۵۲۹**	۰/۰۸۴**	۰/۰۱۷**	—	—
نیتروژن × فسفر	۸	۰/۱۴۹ ^{ns}	۰/۳۸۱ ^{ns}	۰/۱۸۰ ^{ns}	۰/۲۹۷ ^{ns}	۰/۴۵۲ ^{ns}	۰/۱۱۷ ^{ns}	—	—
خطا آزمایشی	۲۸	۰/۲۳۶	۰/۲۱۷	۰/۴۹۸	۰/۴۱۶	۰/۰۹۰	۰/۰۵۱	۰/۰۰۰۰۱۹	۰/۰۰۰۰۰۲
ضریب تغییرات		۳/۵۷	۳/۴۱	۵/۱۱۳	۷/۷۷	۵/۳۰۸	۵/۰۹	۱۵/۲۳	۱۶/۳۲

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

مقدار کود یا عنصر غذایی مصرف شده/ (عملکرد دانه تولید شده در شاهد - عملکرد دانه تولید شده تحت تیمار کود) = کارایی مصرف کود
تجزیه واریانس اطلاعات با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و SPSS و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) انجام شد.

نتایج

ارتفاع بوته: براساس نتایج تجزیه واریانس ارتفاع بوته از نظر آماری تحت تأثیر معنی دار مکان و تیمارهای تامین کننده نیتروژن قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر تیمارها نشان داد در بین تیمارهای تامین کننده نیتروژن، کود زیستی آزوسپریلیوم و ترکیب سه

منبع تامین نیتروژن به ترتیب با (۹۵/۸۴ سانتی متر) و (۹۴/۸۷ سانتی متر) بیشترین تاثیر و تیمار شاهد (۹۰/۳۵ سانتی متر) نیز کمترین تاثیر را در ارتفاع بوته داشت. همچنین ارتفاع بوته در نوکنده با میانگین (۱۰۴/۱۸ سانتی متر) بیشتر از گرگان (۸۳/۳۴ سانتی متر) بود (جدول ۴).

جدول ۴: جدول مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای نیتروژن و فسفر بر روی صفات مختلف گندم

تیمار	سطح	ارتفاع بوته	سطح برگ	تعداد سنبله	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	طول سنبله	عملکرد بیولوژیک	عملکرد مصرف	کارایی نیتروژن
نوکنده	۱۰۴/۱۸ ^a	۷/۲۳ ^a	۵۰۶۱۴۷۸ ^a	۳۴/۱۴ ^a	۲۸/۳۲ ^a	۱۳/۶۰ ^a	۱۳/۸۱ ^a	۵/۶۶ ^a	۰/۰۱۷۹ ^a	
مکان	۸۳/۳۴ ^b	۴/۱۹ ^b	۳۸۴۳۶۱۱ ^b	۳۳/۷۸ ^b	۲۹/۰۱ ^a	۱۳/۶۶ ^a	۸/۷۳ ^b	۴/۴۶ ^b	۰/۰۱۷۳ ^b	
ازتوباکتر	۹۴/۰۹ ^a	۶/۰۲ ^a	۴۵۳۴۹۱۷ ^{ab}	۳۴/۸۷ ^a	۲۸/۰۹ ^{ab}	۱۳/۶۰ ^{ab}	۱۱/۵۲۵ ^a	۵/۱۹ ^{ab}	۰/۰۳۴۸ ^a	
آزوسپریلیوم	۹۵/۸۷ ^a	۵/۵۰ ^{ab}	۴۰۸۷۶۶۷ ^{bc}	۳۴/۸۳ ^a	۲۹/۳۵ ^{ab}	۱۳/۵۱ ^{ab}	۱۱/۵۳۵ ^a	۴/۷۹ ^{bc}	۰/۰۲۳ ^b	
منابع	۹۲/۶۶ ^a	۵/۸۱ ^a	۴۶۶۵۸۸۹ ^a	۳۵/۷۸ ^a	۲۷/۵۵ ^b	۱۳/۹۳ ^a	۱۱/۷۳۴ ^a	۵/۲۹ ^{ab}	۰/۰۰۸۵ ^c	
نیتروژن	۹۵/۸۴ ^a	۶/۱۰ ^a	۵۰۰۰۷۷۸ ^a	۳۵/۳۵ ^a	۲۸/۱۶ ^{ab}	۱۳/۸۳ ^a	۱۱/۹۹۰ ^a	۵/۴۶ ^a	۰/۰۲۲ ^b	
شاهد	۹۰/۳۵ ^b	۵/۱۱ ^b	۳۹۷۳۴۷۲۵ ^c	۳۰/۷۳ ^b	۳۰/۱۶ ^a	۱۳/۲۸ ^b	۱۰/۵۸۸ ^b	۴/۵۶ ^c	۰/۰۰۰ ^d	
	۰/۰۵LSD	۲/۵۶	۰/۴۴	۱۵۳۱۶۰	۱/۳۶	۱/۸۵	۰/۳۲	۰/۱۷۸	۰/۰۰۷۴	
سوپرفسفات	۹۳/۷۸ ^a	۵/۷۳ ^a	۴۴۴۴۸۱۷ ^a	۳۳/۹۵ ^a	۲۹/۰۴ ^a	۱۳/۷۰ ^a	۱۱/۳۳ ^a	۵/۰۱ ^a	-	
منابع	۹۳/۹۶ ^a	۵/۶۶ ^{ab}	۴۴۳۴۱۰۰ ^a	۳۴/۶۶ ^a	۲۸/۳۱ ^a	۱۳/۶۰ ^a	۱۱/۳۳ ^a	۵/۰۸ ^a	-	
فسفات بارور	۹۳/۵۵ ^a	۵/۷۴ ^a	۴۴۷۸۷۱۷ ^a	۳۴/۳۴ ^a	۲۸/۶۴ ^a	۱۳/۵۶ ^a	۱۳/۱۴ ^a	۵/۰۸ ^a	-	
فسفر	۰/۰۵LSD	۱/۹۸	۰/۳۴	۱۱۸۶۳۷	۱/۰۵	۱/۴۳	۰/۲۴	۰/۳۵	۰/۱۳	

وجود حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

شاخص سطح برگ: در بین اثرات ساده سطوح مختلف کودی تفاوت بسیار معنی داری بر صفت مورد نظر مشاهده گردید به طوریکه اثرات منابع نیتروژن در نوکنده در سطح یک درصد و در گرگان در سطح پنج درصد و اثرات فسفر در هر دو مکان در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد (جدول ۳). همچنین در مورد اثرات ساده تیمارهای کودی ترکیب سه منبع تامین کننده نیتروژن (۳۳ درصد ازتوباکتر، ۳۳ درصد آزوسپریلیوم و ۳۳ درصد اوره) با میانگین ۶/۱۰ مترمربع و کمترین آن با میانگین ۵/۱۱ مترمربع مربوط به شاهد بود (جدول ۳).

تعداد سنبله در هکتار: نتایج این پژوهش نشان داد که تعداد سنبله در هکتار در دو مکان تحت اثر اصلی منابع تامین کننده نیتروژن در سطح یک درصد معنی دار گردید (جدول ۳). در تجزیه واریانس مرکب نیز تعداد سنبله در هکتار در سطح احتمال یک درصد به طور معنی داری تحت تاثیر مکان و منابع تامین کننده نیتروژن قرار گرفت (جدول ۵). براساس نتایج مقایسه میانگین دو مکان نشان داد که تعداد سنبله در هکتار در منطقه نوکنده بیشتر از گرگان بود. مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد، بیشترین میانگین ۵۰۰۰۷۷۸ تعداد سنبله در هکتار مربوط به تیمار

کودی سه منبع تامین کننده نیتروژن (۳۳ درصد تعداد سنبله در هکتار با میانگین ۳۹۷۳۴۷۲ بدست ازتوباکتر، ۳۳ درصد آزوسپیریلیوم و ۳۳ درصد اوره) می باشد. در شرایط عدم مصرف کود (شاهد) کمترین آمد (جدول ۴).

جدول ۵: نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه گیری شده گندم تحت تاثیر منابع تامین کننده نیتروژن و فسفر

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		ارتفاع بوته	شاخص سطح برگ	تعداد سنبله	تعداد دانه در سنبله
بلوک	۲	۱۰۷/۱۹۴ ^{ns}	۳/۳۱۱ ^{ns}	۴۹۲۸۶۵۰۲۷۷۸ ^{ns}	۹/۰۸۲ ^{ns}
مکان	۱	۹۷۷۳/۹۶ ^{ns}	۲۰۸/۶۶۶ ^{ns}	۳/۳۳۷ ^{ns}	۲۵/۱۷۵ ^{ns}
بلوک × مکان	۲	۱۳/۹۵ ^{ns}	۱/۰۷۰ ^{ns}	۷۸۶۶۹۱۷۵۰۰ ^{ns}	۲۶/۴۷۴ ^{ns}
نیتروژن	۴	۹۷/۹۹۷ ^{ns}	۲/۹۵۷ ^{ns}	۲/۲۱۹ ^{ns}	۷۵/۰۰۹ ^{ns}
فسفر	۲	۱/۲۷۰ ^{ns}	۰/۰۶۲ ^{ns}	۱۶۲۷۳۵۱۹۴۴۴ ^{ns}	۳/۷۵۶ ^{ns}
نیتروژن × فسفر	۸	۷/۶۴۷ ^{ns}	۰/۲۹۲ ^{ns}	۵۳۴۰۱۵۹۹۳۰۶ ^{ns}	۵/۷۱۹ ^{ns}
نیتروژن × مکان	۴	۳/۹۵۰ ^{ns}	۰/۵۷۴ ^{ns}	۷۲۲۹۷۶۹۸۶۱۱ ^{ns}	۸/۲۶۲ ^{ns}
فسفر × مکان	۲	۲/۷۰۵ ^{ns}	۱/۲۸۳ ^{ns}	۶۹۴۹۴۲۵۰۰ ^{ns}	۵/۵۷۶ ^{ns}
نیتروژن × فسفر × مکان	۸	۲۲/۷۴۳ ^{ns}	۰/۲۳۲ ^{ns}	۲۳۴۳۹۷۹۶۵۲۸ ^{ns}	۳/۲۷۶ ^{ns}
خطا آزمایشی	۵۶	۱۴/۷۲۸	۰/۴۴۷	۵۲۶۰۹۸۷۷۵۷۹	۴/۱۸۷
ضریب تغییرات		۴/۰۹۲	۱۱/۷۰۱	۵/۱۵	۵/۹۶۲

ns، * و ** به ترتیب غیره معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ادامه جدول ۵: نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه گیری شده گندم تحت تاثیر منابع تامین کننده نیتروژن و فسفر

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		طول سنبله	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
بلوک	۲	۳/۷۱۰ ^{ns}	۰/۱۴۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۲۴ ^{ns}
مکان	۱	۰/۰۶۹ ^{ns}	۵۷۹/۱۴۶ ^{ns}	۳۲/۴۱۲ ^{ns}
بلوک × مکان	۲	۷/۱۱۷ ^{ns}	۰/۲۶۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۱۲ ^{ns}
نیتروژن	۴	۱/۲۰۸ ^{ns}	۸/۱۱۶ ^{ns}	۲/۴۸۲ ^{ns}
فسفر	۲	۰/۱۴۷ ^{ns}	۰/۳۷۰ ^{ns}	۰/۰۴۹ ^{ns}
نیتروژن × فسفر	۸	۰/۳۰۲ ^{ns}	۰/۲۸۶ ^{ns}	۰/۱۰۷ ^{ns}
نیتروژن × مکان	۴	۰/۶۹۲ ^{ns}	۰/۹۶۸ ^{ns}	۰/۱۶۵ ^{ns}
فسفر × مکان	۲	۰/۰۱۲ ^{ns}	۰/۳۳۴ ^{ns}	۰/۰۰۹ ^{ns}
نیتروژن × فسفر × مکان	۸	۰/۲۲۹ ^{ns}	۰/۱۹۰ ^{ns}	۰/۰۶۶ ^{ns}
خطا آزمایشی	۵۶	۰/۲۲۷	۰/۴۸۰	۰/۰۷۱
ضریب تغییرات		۳/۴۹	۶/۱۴۶	۰/۲۶۴

ns، * و ** به ترتیب غیره معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱

تعداد دانه در سنبله: نتایج حاصل از آنالیز داده ها نشان داد که تعداد دانه در سنبله در مکان نوکنده تحت تاثیر اثر بلوک و منابع تامین کننده نیتروژن در سطح احتمال یک درصد و در مکان دوم تحت تاثیر

اثر اصلی منابع تامین کننده نیتروژن در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۳). همچنین براساس تجزیه واریانس مرکب، تعداد دانه در سنبله به طور معنی داری (سطح احتمال یک درصد) تحت تاثیر مکان و منابع تامین کننده نیتروژن قرار گرفت در حالیکه اثر متقابل مشاهده نشد (جدول ۵). مقایسه میانگین تعداد دانه در سنبله در دو مکان آزمایش نشان داد که در مکان نوکنده بیشتر از گرگان بود. همچنین مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله در تیمار کودی اوره و سه منبع تامین کننده نیتروژن (۳۳ درصد ازتوباکتر، ۳۳ درصد آزوسپیریلیوم و ۳۳ درصد اوره) به ترتیب با میانگین ۳۵/۷۸ و ۳۵/۳۵ اختصاص یافت که با تیمار کودی ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم اختلاف معنی داری نداشت ولی نسبت به شاهد (با میانگین ۳۰/۷۳) تفاوت معنی داری داشت (جدول ۴).

وزن هزار دانه: نتایج تجزیه واریانس وزن هزار دانه نشان داد که اثر تیمارهای کود در هر دو مکان معنی دار نشد. همچنین تجزیه مرکب آزمایش گویای معنی داری اثر منابع تامین کننده نیتروژن و بلوک بر وزن هزار دانه بود (جدول ۵). جدول تجزیه واریانس داده‌های آزمایش برای وزن هزار دانه حاکی از آن است که اثرات ساده تیمارهای کودی نیتروژن و فسفر معنی دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات ساده منابع تامین کننده نیتروژن و فسفر نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه با میانگین‌های ۳۰/۱۶، ۲۹/۰۴ و ۲۸/۶۴ گرم به ترتیب به تیمارهای شاهد، سوپرفسفات تریپل و دو منبع تامین کننده فسفر (۵۰ درصد سوپرفسفات تریپل + ۵۰ درصد فسفات بارور (۲) اختصاص یافت که نسبت به شاهد (۲۵/۱۶) تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۴).

طول سنبله: براساس نتایج حاصل طول سنبله به طور معنی داری تحت تاثیر منابع تامین کننده نیتروژن و

فسفر قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات اصلی بین تیمارهای مختلف کودی نشان می‌دهد که در نتیجه مصرف کود اوره، طول سنبله (با میانگین ۱۳/۹۳ سانتی‌متر) نسبت به دیگر حالت‌ها افزایش بیشتری نشان داد (جدول ۴).

عملکرد بیولوژیک: جدول تجزیه واریانس داده‌های آزمایش برای عملکرد بیولوژیک حاکی از آن است که اثرات ساده و متقابل بین منابع نیتروژن و فسفر در دو مکان غیر معنی دار و اثرات اصلی نیتروژن و فسفر در دو مکان در سطح یک درصد معنی دار شد. جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر مکان در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۳). بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در مکان نوکنده و با توجه به اثرات اصلی تیمارها بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار (۳۳ درصد ازتوباکتر، ۳۳ درصد آزوسپیریلیوم و ۳۳ درصد اوره) با میزان ۱۱/۷۳۴ تن در هکتار بود (جدول ۴).

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه در مکان اول و دوم نشان داد که این صفت تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی منابع نیتروژن و فسفر در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارها نشان داد که بیشترین میزان عملکرد دانه در تیمار ۳۳ درصد ازتوباکتر، ۳۳ درصد آزوسپیریلیوم و ۳۳ درصد اوره با میانگین ۵/۴۶ تن در هکتار و کمترین آن در تیمار شاهد بود (جدول ۵). از طرفی تجزیه واریانس مشاهدات بر اساس تجزیه مرکب آزمایش نیز نشان داد که اثر مکان و منابع نیتروژن بر عملکرد دانه معنی دار شد (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان عملکرد دانه با میانگین ۷/۳۵ تن در هکتار در مکان نوکنده و تیمار حاصل از اثر متقابل ۳۳ درصد ازتوباکتر، ۳۳ درصد آزوسپیریلیوم و ۳۳ درصد اوره با کود بیولوژیک فسفات بارور ۲ بدست آمد (جدول ۴).

کارایی مصرف نیتروژن: براساس جدول تجزیه

واریانس (جدول ۳) کارایی مصرف نیتروژن تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی (منابع تامین کننده نیتروژن) قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین کارایی به تیمار کودی تلقیح بذر با ازتوباکتر (۱۲ گرم بر ۱۰۰ کیلوگرم بذر) با میانگین (۰/۰۳۴۸) و کمترین آن به اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) با میانگین (۰/۰۰۸) تعلق داشت (جدول ۴).

بحث

براساس نتایج این پژوهش خصوصیات مورفولوژیک و عملکردی گندم (رقم مرواید) تحت تاثیر تیمارهای مختلف کود زیستی و شیمیایی قرار گرفته است. بیشترین ارتفاع بوته (۹۵/۸۴ سانتی‌متر) از کاربرد کود زیستی آزوسپیریلیوم به دست آمد، هرچند نسبت به منابع تامین کننده کودی نیتروژن تفاوتی نداشت ولی نسبت افزایش چشم‌گیری داشت. اصولاً علت افزایش ارتفاع در اثر کاربرد اوره را می‌توان به اثر تشدید کنندگی نیتروژن در رشد رویشی و تقسیمات سلولی در اندام گیاه به خصوص ساقه نسبت داد و اشاره کرد که در نتیجه وزن برگ و ساقه افزایش می‌یابد. همچنین انتظار می‌رود مواد فتوسنتزی بیشتری توسط گیاه تولید شود که این مواد شرایط مناسبی را برای طویل شدن ساقه فراهم می‌کند (Normahmadi et al., 2000). Shaalan (2005) نیز نشان داد که تلقیح بذر سیاهدانه با کودهای زیستی نظیر آزوسپیریلیوم، ازتوباکتر و سودوموناس باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه، نظیر ارتفاع گیاه شده است، که علت اصلی این امر افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاه بوده است. نتایج این پژوهش با یافته‌های Poonia و Dhaka (2012) مطابقت دارد. Ahmad baba و همکاران (2018) نیز گزارش کردند که بیشترین ارتفاع گیاه در اثر ترکیب کود زیستی

ازتوباکتر + باکتری حل کننده فسفات + ترکیب NPK بدست آمد که به طور قابل توجهی بیشتر از شاهد بود. آنها دلیل آنرا تولید محتوای کلروفیل بیشتر در تلقیح با نیتروژن، و افزایش تولید تنظیم کننده‌های رشد گیاه توسط باکتری‌ها در ریزوسفر بیان کردند که توسط ریشه جذب می‌شوند.

تیمار ترکیب مساوی سه منبع تامین کننده نیتروژن (۳۳ درصد ازتوباکتر + ۳۳ درصد آزوسپیریلیوم + ۳۳ درصد اوره) بیشترین تعداد برگ را داشت. نیتروژن اصلی‌ترین عناصر تشکیل دهنده ساختمان بافت گیاه و یکی از اجزای مهم تشکیل دهنده بسیاری از مولکول‌های مهم ازجمله پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، برخی هورمون‌ها، کلروفیل و انواع دیگری از مواد سازنده اولیه و ثانویه گیاهان است. بنابراین؛ کاربرد مقادیر کافی نیتروژن باعث بهبود رشد رویشی گیاه شده و شاخص سطح برگ را افزایش می‌دهد (Imam and Niknejad, 2010). در پژوهشی مشخص شد که سطح برگ در بوته‌های کلزای تلقیح شده با سویه‌های ازتوباکتر به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، این اثرات می‌تواند به‌واسطه تأثیر ازتوباکتر بر افزایش میزان نیتروژن قابل استفاده برای گیاه و هورمون‌های گیاهی باشد که منجر به افزایش سطح برگ و عملکرد گیاه می‌شود (Zaied et al., 2003). Biari و همکاران (2011) در گیاه ذرت و Zaied و همکاران (2007) در گیاه چغندر قند اعلام کردند که کاربرد مایه تلقیح ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم بر سطح برگ تأثیر معنی‌داری داشته است. بررسی‌های Cakmakci و همکاران (2007) نشان داد که سطح برگ گندم در اثر تلقیح با باکتری‌های افزایشنده رشد ۲۸/۸ تا ۴۵/۲ درصد با توجه به نوع باکتری افزایش می‌یابد و به تبع آن شاخص سطح برگ افزایش می‌یابد.

بیشترین تعداد سنبله در هکتار (با میانگین ۵۰۰۰۷۷۸) در تیمار ترکیب مساوی سه منبع تامین

کننده‌ی نیتروژن (۳۳ درصد ازتوباکتر + ۳۳ درصد آزوسپیریوم + ۳۳ درصد اوره) مشاهده شد. مصرف مناسب کودهای شیمیایی اوره، باکتری ازتوباکتر و کوم و آزوسپیریوم از طریق فراهم آوردن جذب بیشتر مواد غذایی سبب افزایش میزان فتوسنتز گردیده که این مسئله در نهایت به افزایش تعداد سنبله در متر مربع و میزان گلدهی می‌انجامد (Moradi, 2009). Azadi و همکاران (2012) نتیجه گرفتند که مصرف کود زیستی بر پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل عملکرد دانه، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته گندم دوروم اثر آماری معنی‌داری داشت. Khosravi و Mahmodi (2012) نیز گزارش دادند که تعداد و وزن سنبله‌های گندم در اثر مصرف همزمان باکتری و ماده آلی به مراتب بیشتر از مایه تلقیح به تنهایی بوده است.

افزایش تعداد دانه در سنبله در تیمار کودهای زیستی (ازتوباکتر و آزوسپیریوم) نسبت به شاهد و در حالیکه از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با کود اوره و ترکیب سه منبع نیتروژن نداشت و این موضوع توانایی کودهای زیستی را در استفاده از سطوح مختلف کود شیمیایی بیان می‌کند که می‌تواند در سطح معینی از کود شیمیایی تعداد دانه قابل قبولی تولید کند. ایندول استیک اسید در کنار سیتوکینین که توسط کودهای زیستی تولید می‌شود از طریق رشد ریشه‌های جانبی و افزایش وزن برگ و ریشه سبب افزایش مواد پرورده شده که به نوبه خود باعث افزایش رشد رویشی و افزایش سهم اندام‌های زایشی از جمله تعداد دانه در سنبله می‌گردد. Sujatha و همکاران (2008) گزارش کردند که مصرف توأم کودهای آلی و زیستی نسبت به مصرف جداگانه آنها، با تأمین بهتر عناصر غذایی و در کنار بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، شرایط را برای افزایش جذب این عناصر، بهبود

تولید و عرضه مواد پرورده به بلال به عنوان اصلی‌ترین مخزن گیاه فراهم می‌آورد. Soleimanzade و همکاران (2010) نقش باکتری‌های محرک رشد را در گیاه آفتابگردان در آزمایش‌های خود مثبت ارزیابی کردند. به طوری که استفاده از باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش ۷ درصدی تعداد دانه در طبق نسبت به تیمار عدم تلقیح شد. این موضوع توانایی کودهای زیستی را در استفاده از سطوح مختلف کود شیمیایی بیان می‌کند که می‌تواند در سطح معینی از کود شیمیایی نیز تعداد دانه قابل قبولی تولید کند. ایندول استیک اسید در کنار سیتوکینین که توسط ازتوباکتر تولید می‌شود از طریق رشد ریشه‌های جانبی و افزایش وزن برگ و ریشه سبب افزایش مواد پرورده شده که به نوبه خود باعث افزایش رشد رویشی و افزایش سهم اندام‌های زایشی از جمله تعداد دانه در سنبله می‌گردد.

نتایج تجزیه واریانس برای وزن هزار دانه حاکی از آن است که اثرات ساده تیمارهای کودی نیتروژن و فسفر معنی‌دار نشد. وزن هزار دانه یکی از مهمترین اجزای عملکرد می‌باشد که نشان‌دهنده اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه‌هاست. علاوه بر این وزن هزار دانه یک صفت ژنتیکی بوده که در واریته‌های مختلف فرق دارد و مقدار آن متأثر از شرایط دوران رسیدگی نیز می‌باشد. شرایط محیطی ممکن است موجب تغییراتی بین ۲۰ تا ۳۰ درصد در وزن هزار دانه شوند (Kochaki and Sarmadnya, 2000).

مقایسه میانگین اثرات اصلی بین تیمارهای مختلف کودی نشان می‌دهد که در نتیجه مصرف کود اوره، طول سنبله (با میانگین ۱۳/۹۳ سانتی‌متر) نسبت به دیگر حالت‌ها افزایش بیشتری نشان داد که با نتایج Hosseini و همکاران (2011) مطابقت دارد. به دلیل مصرف مقدار بیشتر کود اوره رشد و نمو گندم نیز افزایش خواهد یافت و گیاه قادر خواهد بود تعداد

سنبله بیشتری را در سنبله تولید نماید و در نتیجه با افزایش تعداد سنبله طول سنبله نیز بیشتر خواهد شد (Soughi et al., 2009). در تحقیق دیگر، تأثیر منابع مختلف مصرف نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم بیشترین طول سنبله در تیمار مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بود اوره بود (Seyedi and Rezvani moghaddam, 2011).

در مطالعه حاضر بیشترین عملکرد بیولوژیک با میانگین ۱۱/۷۳ تن در هکتار در تیمار ترکیب مساوی سه منبع تامین کننده نیتروژن (۳۳ درصد ازتوباکتر، ۳۳ درصد آزوسپریلیوم و ۳۳ درصد اوره) حاصل شد. رهاسازی عناصر غذایی در اثر تجزیه مواد آلی به وسیله ریزجانداران خاک مرتبط دانست که به همراه نیتروژن کافی باعث می شود گیاه گندم با تغذیه بهتر، ماده خشک تجمع یافته در اندام هوایی خود را افزایش دهد. مواد آلی از طریق بهبود فعالیتهای فیزیکی و شیمیایی خاک نیز می توانند عملکرد بیولوژیک را افزایش دهند. احتمالاً یکی از دلایل دیگری که ازتوباکتر در حضور کود دامی اثر بهتری بر عملکرد بیولوژیک دارد این است که، این باکتری از گروه باکتری های هتروتروف می باشد که برای رشد و فعالیت نیاز به منابع ساده کربنی دارد و در حضور ماده آلی، این مهم محقق می شود. بنابراین باکتری در این شرایط رشد و تکثیر یافته و با تولید متابولیت های مختلف و تثبیت نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک مؤثر است (Khosrani and Mahmoodi, 2012). در آزمایشی Golchin و همکاران (2003) گزارش نمودند، مصرف کودهای زیستی باعث افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک گندم گردید. Moradi و همکاران (2010) نیز گزارش کردند، تیمار کود زیستی در مقایسه با تیمار عدم تلقیح با کود زیستی موجب افزایش عملکرد بیولوژیک در گیاه گندم گردید. نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان

داد که بیشترین میزان عملکرد دانه در تیمار سه ترکیب مساوی از منابع تامین کننده نیتروژن با میانگین ۵/۴۶ تن در هکتار و کمترین آن در تیمار شاهد حاصل شد. افزایش عملکرد دانه گندم تحت تأثیر کودهای بیولوژیک حل کننده فسفر و باکتری های تثبیت کننده نیتروژن نیز توسط Kumar و همکاران (2007) و Shaharoon و همکاران (2006) گزارش شده است. Pandey و همکاران (1998) نیز گزارش کردند که تلقیح باکتری های *Azotobacter chroococcum* و *Azospirillum spp.* با ذرت سبب افزایش رشد و عملکرد آن گردیده است.

تلقیح بذر با باکتری های محرک رشد کارایی مصرف نیتروژن را به طور معنی داری نسبت به عدم تلقیح افزایش داد. Manske و همکاران (2000) دریافتند که استفاده از مایه تلقیح ازتوباکتر با افزایش طول و تراکم ریشه ها موجب افزایش کارایی مصرف نیتروژن و عملکرد دانه گندم می گردد. Yazdani و همکاران (2011) در ارزیابی باکتری های محرک رشد و کودهای نیتروژنه و فسفره بر ذرت گزارش کردند که کارایی مصرف کود نیتروژن دار با کاهش ۵۰ درصد از کود نیتروژن دار و مصرف کامل کود فسفره به همراه کودهای بیولوژیک (PGPR) به طور معنی داری نسبت به شاهد بدون تلقیح (NPK) افزایش می یابد. به نظر می رسد برای صرفه جویی و افزایش کارایی مصرف کودهای نیتروژن دار، استفاده از باکتری های محرک رشد که تثبیت کننده نیتروژن بوده و می توانند در طول رشد گیاه، نیتروژن را تثبیت و در اختیار گیاه قرار دهند، امری ضروری باشد (Zahir et al., 2004; Zaiedi et al., 2007). باکتری های محرک رشد با تغییر در اندازه و مورفولوژی ریشه ها به دلیل افزایش توانایی ریشه ها در دسترسی به حجم وسیع تر خاک، افزایش قابلیت استفاده از جذب عناصر غذایی و آب در نهایت منجر

به افزایش کارایی زراعی مصرف کود و عملکرد بیشتر خواهد شد (Zahir et al., 2004).

نتیجه گیری نهایی

به طور کلی، نتایج پژوهش نشان داد که کاربرد کودهای زیستی می تواند در افزایش عملکرد و بهبود ویژگی های رشدی گندم مؤثر باشد. کود شیمیایی اوره دارای تحرک بالایی بوده و از طرق مختلف از دسترس ریشه خارج می گردد و همچنین کاربرد بی رویه کودهای شیمیایی سبب آلودگی آب های زیرزمینی می شود. چون در این پژوهش تیمار مصرف ترکیب مساوی سه منبع تامین کننده نیتروژن (۳۳

درصد ازتوباکتر + ۳۳ درصد آزوسپیریلوم + ۳۳ درصد اوره) دارای عملکرد و اجزای عملکرد بالا توصیه می شود که با کاهش میزان مصرف کود شیمیایی نیتروژن و استفاده از کودهای زیستی می توان به عملکرد مناسبی دست یافت. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، کاربرد کودهای زیستی مناسب، می تواند در افزایش عملکرد، بهبود ویژگی های رشدی گیاه گندم و کاهش کود شیمیایی مؤثر باشد. بنابراین می توان با استفاده ۳۳ درصد کود شیمیایی اوره توصیه شده به علاوه تلفیق ازتوباکتر و آزوسپیریلوم در کاهش مصرف کود صرفه جویی و به عملکرد مناسبی در گندم دست یافت.

References

- Abdel-Fattah, G.M. and Asrar, A. (2012). Arbuscular mycorrhizal fungal application to improve growth and tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) plants grown in saline soil. *Acta Physiologia Plant.* 34: 267-277.
- Aminifard, M. and ghaderi, H. (2020). Effects of different levels of humic acid and planting density on antioxidant activity and biochemical properties of *Trigonella foenum-graecum* L. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants.* 8(1): 77-89.
- Aminifard, M., gholamy, M., Bayat, H. and Moradinezhad, F. (2019). Effect of fulvic acid and amino acid on phenol, flavonoids, antioxidant activity and pigments of coriander medicinal plant (*Coriandrum sativum* L.). *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants.* 7(1): 25-39.
- Anwar, F, Hussain, A., Sherazi, S. and Bhanger, M. (2009). Changes in composition and antioxidant and antimicrobial activities of essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* mill.) fruit at different stages of maturity. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants.* 15(2): 187-202.
- Aslani, Z., Hassani, A., Rasooli Sadagiyani, M., Sefidkon, F., Barin, M. and Gheibi, S. (2010). Effect of symbiosis with mycorrhiza fungi on some physiological characteristics of basil (*Osimum basilicum*) under drought stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences.* 2(2): 109-117.
- Bagheri, S., Ebrahimi, M. A., Davazdah Emami, S. and Minooyi Moghadam, J. (2014). Terpenoids and phenolic compounds production of mint genotypes in response to mycorrhizal bio-elicitors. *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences.* 4(4): 339-348.
- Bakry, B.A., Elewa, T.A., El-kramany, M F. and Wali, A M. (2013). Effect of humic and ascorbic acids foliar application on yield and yield components of two Wheat cultivars grown under newly reclaimed sandy soil. *International Journal of Agronomy and Plant Production.* 4(6): 1125-1133.
- Bates L.S., Waldran R.P. and Teare I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water studies. *Plant Soil.* 39: 205-207.
- Bayan, M., Amini, F. and Askari, M. (2014). Effect of salicylic acid on organic osmolites accumulation and antioxidant activity of nitraria shoberi under drought stress conditions. *Journal of Plant Production.* 20(4): 177-188.
- Belkhadi, A., Hediji, H., Abbes, Z., Nouairi, I., Barhoumi, Z., Zarrouk, M., Chaibi, W. and

- Djebali, W. (2010). Effects of exogenous salicylic acid pre-treatment on cadmium toxicity and leaf lipid content in *Linum usitatissimum* L. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 73(5): 1004-1011.
- Canellas, L. P., Silva, S. F. and Olivares, F. L. (2015). Foliar application of *Herbaspirillum Seropedicae* and humic acid increase maize yields. *Journal of Food Agriculture and Environment*. 13: 146-153.
- Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M. and Chern J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*. 10(3): 178-182.
- Darvizheh, H., zahedi, M. and Abbaszadeh, B. (2019). Effects of foliar application of salicylic acid and spermine on the growth and root morphological characteristics of purple coneflower (*Echinacea purpurea* L.) under drought stress. *Plant Process and Function*. 8(30): 225-242 - 39
- Demir, S. (2004). Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological, growth parameters of pepper. *Turkish Journal of Biology*. 28: 85-90.
- Ebrahimi, M., Kiarostami, Kh. and Nazem Bokaei, Z. (2019). Effect of salicylic acid on antioxidant properties of in vitro proliferated shoots of *Melissa officinalis* L. *Nova Biologica Reperta*. 5: 420-427.
- Esmaeelpoor, B., Jalilvand, P. and Hadian, J. (2013). Effect of drought stress and arbuscular mycorrhizal fungi on some morphophysiological characteristics and yield on savory (*Satureja hortensis* L.). *Journal of Agroecology*. 5(2): 169-177.
- Farsari, S. and Moghaddam, M. (2019). Effect of mycorrhizal fungi and foliar application of putrescine on some biochemical characteristics and biomass of basil (*Ocimum ciliatum* L.) in two different harvesting times. *Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research*. 14(53): 47-58.
- Fathi, Sh. and Najafian, Sh. (2020). Morpho-physiological and biochemical properties of (*Carum copticum* L.) effects of salicylic acid. *Iranian Journal of Plant Physiology*. 10(2): 3103- 3112.
- Gorgini, H., khorasaninejad, S., abbasi, M. and tabasi, A. (2018). The effects of irrigation period and humic acid on morpho-physiological and biochemical traits of thyme (*Thymus vulgaris*). *Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research*. 13(51): 67-82.
- Gorni, P., Pacheco, A., Moro, A., Silva, J., Moreli, R., Miranda, G., Pelegri, J., Daleck Spera, K., Bronzel Junior, J. and Silva, R. (2020). Salicylic acid foliar application increases biomass, nutrient assimilation, primary metabolites and essential oil content in *Achillea millefolium* L. *Scientia Horticulturae*. 270: 109436.
- Heidari, M. and Minaei, A. (2014). The effect of drought stress and humic acid on flower yield and concentration of high nutrients in borage (*Borago officinalis* L.). *Journal of Plant Production Research*. 21(1): 167-182.
- Hosseinian, S., Ebrahimipak, N., Yusefi, A. and Egdarnzhad, A. (2019). Effect of water stress and humic acid foliar application on morpho-physiological characteristics of *Satureja hortensis*. *Journal of Water and Soil Conservation*. 26(1): 219-232.
- Inanloofar, M., Omid, H., and Pazoki, A. (2013). Morphological, agronomical changes and oil content in purslane (*Portulaca oleracea* L.) under drought stress and biological / chemical fertilizer of nitrogen. *Journal of Medicinal Plant*. 12(48): 170-184.
- Irigoyen, J. J., Emerich D. W. and Sanchez- Dias, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago Sativa*) plants. *Plant Physiology*. 84: 55-60.
- Kapoor, R., Giri, B. and K. G. Mukerji. (2002). *Glomus macrocarpum*: a potential bioinoculant to improve essential oil quality and concentration in Dill (*Anethum graveolens* L.) and Carum (*Trachyspermum ammi* Sprague). *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 18(5): 459-463.
- Khalvandi, M., Amerian, M., Pirdashti, H., Baradaran Firoozabadi, M. and Gholami, A. (2019). Study the physiological and biochemical properties of peppermint (*Mentha pipertis* L.) in

- response to salt stress and coexistence with *Piriformospora indica* fungi. *Journal of Plant Production Research*. 26(1): 1-19.
- Khan, A., Khan, M. Z., Hussain, F., Akhtar, M. E., Gurmani, A. R. and Khan, S. (2013). Effect of humic acid on the growth, yield, nutrient composition, photosynthetic pigment and total sugar contents of peas (*Pisum sativum*). *Journal of the Chemical Society of Pakistan*. 35: 206-211
- Kheiri, Z., Moghaddam, M. and Moradi, M. (2020). Study the effect of different mycorrhizal fungi on some growth indices, photosynthetic pigments, flavonoids and carotenoid content of pot marigold flower. *Horticultural Plants Nutrition*. 3(1): 37-50.
- Mafakheri, S. and Asghari, B. (2018). Effect of seaweed extract, humic acid and chemical fertilizers on morphological, physiological and biochemical characteristics of *Trigonella foenum-graecum* L. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 20: 1505-1516
- Malekian, M., Hemmati, K., Ghasemnezhad, A. and Barzali, M. (2014). Effect of salicylic acid on quantitative and qualitative traits of German chamomile ecotypes. *Journal of Crops Improvement*. 16(1): 185-196.
- Mirzaei, M., Ladan Moghadam, A., Hakimi, L. and Danaee, E. (2020). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) improve plant growth, antioxidant capacity, and essential oil properties of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) under water stress. *Iranian Journal of Plant Physiology*. 10(2): 3155-3166.
- Mohammadzadeh Toutounchi, P., Pirzad, A. and Jalilian, J. (2019). Effect of biofertilizers and vermicompost on yield and forage quality of chicory under rainfed condition. *Journal of Crops Improvement*. 21(2): 195-207.
- Mozaffari, S., Khorasaninejad, S. and gorgini shabankareh, H. (2017). The effects of irrigation regimes and humic acid on some of physiological and biochemical traits of Common Purslane in greenhouse. *Journal of Crops Improvement*. 19(2): 401-416.
- Neumann, K. H., Kumar, A. and Imani, J. (2009). *Plant cell and tissue culture. A tool in biotechnology*. Springer, Verlag Berlin Heidelberg. 333pp.
- Pacheco, A. C., Cabral, C., Fermino, E. S. and Aleman, C. C. (2013). Salicylic acid-induced changes to growth, flowering and flavonoids production in marigold plants. *Global Journal of Medicinal Plant Research*. 1: 95-100.
- Porcel, R. and Ruiz-Lozano, J. M. (2004). Arbuscular mycorrhizal influence on leaf water potential, solute accumulation, and oxidative stress in soybean plants subjected to drought stress. *Journal of Experimental Botany*. 55: 1743-1750.
- Razavi Nasab, A., Fotovat, A., Astaraie, A. and Tajabadipour, A. (2017). Effect of organic and chemical amendment matters and humic acid on morpho-physiologic parameters of pistachio seedlings in field conditions. *Journal of Agricultural Engineering Soil Science and Agricultural Mechanization. Scientific Journal of Agriculture*. 40(1): 107-124.
- Rezaei Chiyaneh, E. and Pirzad, A. (2014). Effect of salicylic acid on yield, component yield and essential oil of black Cumin (*Nigella sativa* L.) under water deficit stress. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 12(3): 427-437.
- Sadeghian, F., Hadian, J., Hadavi, M., Mohamadi, A., Ghorbanpoure, M., and Ghafarzadegan, R. (2013). Effects of exogenous salicylic acid application on growth, metabolic activities and essential oil composition of *Satureja khuzistanica* Jamzad. *Journal of Medicinal Plants*. 12 (47): 70-82.
- Salehi, K., Solouki, M., Tanha, M. (2017). Study the effects of Plant Growth Promoting Bacteria and salicylic acid in green mint (*Mentha spicata* L.) under drought stress conditions. *Modern Genetics Journal*. 12 (2): 241-252.
- Schiavon, M., Pizzeghello, D., Muscolo, A., Vaccaro, S., Francioso, O. and Nardi, S. (2010). High molecular size humic substances enhance phenyl propanoid metabolism in maize (*zea mays* L.). *Journal of Chemical Ecology*. 36: 662-669.
- Soraya, E., Gohari, G., Motallebi Azar, A. and Alizadeh Saletah, S. (2021). The effects of zinc oxide nanoparticles on sterilization, establishment, and proliferation of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research*. 15(60): 48-60.

- Soroori, S., Danaee, E., Hemmati, K. and Ladan Moghadam, A. (2021). Effect of foliar application of proline on morphological and physiological traits of *Calendula officinalis* L. under drought stress. *Journal of Ornamental Plants*. 11(1): 13-30.
- Sun, C., Johnson, J.M., Cai, D., Sherameti, I., Oelmüller, R. and Lou, B. (2010). Piriformospora indica confers drought tolerance in Chinese cabbage leaves by stimulating antioxidant enzymes, the expression of drought-related genes and the plastid-localized CAS protein. *Journal of Plant Physiology*. 167: 1009-1017.
- Wang, Z., Ma, L., Zhang, X., Xu, L., Cao, J. and Jiang, W. (2015). The effect of exogenous salicylic acid on antioxidant activity, bioactive compounds and antioxidant system in apricot fruit. *Scientia Horticulture*. 181: 113-120.
- Weitzel, C. and Petersen, M. (2011). Cloning and characterisation of rosmarinic acid synthase from *Melissa officinalis* L. *Phytochemical*. 72: 572-578.
- Yaghoobian, Y. Siadat, S., Moradi talavat, M. and Pirdashti, H. (2016). Quantify the response of growth and chlorophyll fluorescence parameters of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) medicinal plant to cadmium concentration in the soil. *Journal of Plant Production Research*. 23(2): 165-185.
- Yazdan panah gohari, A., Ghanbari Jahromi, M. and Zarrin nia, V. (2021). Effect of some mycorrhizal fungi species on quantitative and qualitative properties of two landraces of Chicory in greenhouse conditions. *Journal of Crops Improvement*. doi: 10.22059/jci.2021.314730.2484.