فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۳، شماره ۶۳، آذر و دی‌ماه ۱۴۰۳ صفحه: ۱-۲۱
https://doi.org/10.22034/13.63.1

مقاله پژوهشی

تأثیر نیتروژن و کودهای زیستی بر روند تغییرات اجزای فلورسانس کلروفیل، عملکرد دانه و برخی صفات گندم رقم چمران

مجتبی یزدانی[1]، غلام عباس اکبری[1] و رئوف سید شریفی[2]
[1] گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکده فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران
[2] گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۸، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۳/۰۳/۱۳)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر نیتروژن و کودهای زیستی بر روند تغییرات اجزای فلورسانس کلروفیل، عملکرد دانه و برخی صفات گندم بهاره رقم چمران، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی کاربرد کودهای زیستی در هشت سطح (شاهد، ازتوباکتر، میکوریزا *Glomus moseae*، میکوریزا *Glomus intradices*، میکوریزا *Glomus moseae* با ازتوباکتر، میکوریزا *Glomus intraradices* با ازتوباکتر، میکوریزا *Glomus moseae* با *Glomus intraradices*، میکوریزا *Glomus moseae* با *intraradices Glomus* به همراه ازتوباکتر) و مقادیر کود نیتروژن در سه سطح (شاهد، کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) را شامل می‌شدند. نتایج نشان داد که کاربرد ازتوباکتر به‌همراه میکوریزا موسهآ و اینترا با ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار، از کم‌ترین هدایت الکتریکی و فلورسانس برخوردار بود. کاربرد کودهای زیستی (ازتوباکتر با میکوریزا موسهآ و اینترا) با ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار، شاخص کلروفیل (۵۶/۳۱ درصد)، محتوای نسبی آب (۶۳/۰۳ درصد)، فلورسانس متغیر (۱۰۱/۸۶ درصد)، فلورسانس حداکثر (۳۸/۵ درصد)، عملکرد کوانتومی (۴۵/۷۷ درصد) و عملکرد دانه (۳۶/۶۸ درصد) را در مقایسه با شاهد (عدم کاربرد نیتروژن و کودهای زیستی) افزایش داد. بیش‌ترین کارآیی مصرف کود در کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار مشاهده شد. بر اساس نتایج این بررسی، کاربرد کودهای زیستی (ازتوباکتر و میکوریزا) و ۲۰۰ کیلوگرم اوره با بهبود اجزای فلورسانس کلروفیل و برخی صفات فیزیولوژیک مانند هدایت الکتریکی و محتوای نسبی آب، عملکرد دانه گندم را ۳۶/۶ درصد در مقایسه با شاهد (عدم کاربرد نیتروژن و کودهای زیستی) افزایش داد.

کلمات کلیدی: تلقیح بذر، باکتری محرک رشد، محتوای نسبی آب، اوره

مقدمه

گندم یکی از گیاهان زراعی مهم از لحاظ سطح زیرکشت و میزان تولید در جهان است. اهمیت اقتصادی و تغذیه‌ایی آن بیش از سایر گیاهان زراعی است. به‌طوری‌که بالغ بر ۵۰ درصد کربوهیدرات، ۳۳ درصد پروتئین و ۵۰ تا ۶۰ درصد ویتامین‌های گروه B از طریق مصرف نان تأمین می‌شود و در مناطقی که به علت شرایط اقلیمی نامناسب، امکان تولید دیگر گیاهان زراعی مقدور نباشد، کشت گندم مقدور است (سیدشریفی و

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: raouf_ssharifi@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-17]
[DOI: DOI: 10.22034/13.63.1]

خلیل‌زاده، ۱۳۹۶).

کود نیتروژن گرچه یکی از عوامل اساسی در بهبود عملکرد کمی و کیفی گندم است و افزایش عملکرد این گیاه با کاربرد کود نیتروژن در آزمایشات مختلفی گزارش شده است (Hatfield and Prueger, 2015; نظریان و همکاران، ۱۴۰۱)، ولی برای توصیه بهینه کود لازم است کارآیی مصرف آن مورد ارزیابی قرار گیرد. چرا که زیادی مصرف نیتروژن، بر کمیت و کیفیت چرخه نیتروژن در محیط زیست اثر گذاشته و ضمن کاهش باروری خاک و تنوع زیستی، موجب آلودگی منابع آبی و خاکی و کاهش کمیت و کیفیت محصولات تولیدی شده و همین امر لزوم کاهش استفاده از کودهای شیمیایی را به اثبات رسانده است (سیدشریفی و نامور، ۱۳۹۵). از این‌رو در شرایطی که خاک بیشتر مزارع به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک، دارای ساختاری ناپایدار بوده و حاوی مقادیر بسیار کمی ماده آلی است (صالح بغدادی و همکاران، ۱۳۹۶)، استفاده از کودهای زیستی به‌منظور بهره‌گیری از مزایای میکروارگانیسم‌ها با هدف دستیابی به کشاورزی پایدار و حفاظت از محیط‌زیست، مهم‌ترین راهبرد برای افزایش تولید محسوب می‌شود (Wu *et al.*, 2008).

کودهای زیستی ریزموجودات باکتریایی و قارچی هستند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و محلول‌کردن فسفر خاک (به‌ویژه در مناطقی با مقادیر بالای کلسیم خاک)، با تولید مقادیر قابل ملاحظه هورمون‌های محرک رشد قادرند در برخی موارد به‌عنوان جایگزین و در اکثر موارد به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی، پایداری تولید را در نظام‌های کشاورزی تضمین کنند (Vessy, 2003). قارچ‌های میکوریزا و ازتوباکتر به‌عنوان کودهای زیستی به‌ویژه در خاک‌های معدنی فاقد هوموس و فقیر از نظر فسفر، نیتروژن و سایر عناصر غذایی، نقش مهمی در تغذیه گیاهان ایفا می‌کنند. این قارچ‌ها می‌توانند فسفر غیرقابل جذب را به شکل قابل استفاده در اختیار گیاهان قرار داده (Cooper and Tinker, 2003) و با بزرگتر کردن منطقه جذب سطحی مواد غذایی، شستشوی مواد مغذی از خاک را کاهش دهند (Cavagnaro *et al.*, 2005). زاد بهتویی و همکاران (۱۳۹۷) در بررسی عملکرد دانه برنج با کاربرد مقادیر مختلف کود نیتروژنه و کودهای زیستی (میکوریز و ازتوباکتر) اظهار داشتند که مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به همراه کاربرد میکوریز و ازتوباکتر، منجر به افزایش ۶۸ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با عدم کاربرد نیتروژن و کودهای زیستی شد.

یکی از معیارهای اندازه‌گیری کارآیی فتوسنتز، فلورسانس کلروفیل است که به طور مستقیم با فعالیت کلروفیل در مرکز واکنش فتوسیستم‌ها ارتباط دارد (Maxwell and Johnson, 2000). قارچ‌های میکوریزا می‌توانند با تأثیر بر اجزای فلورسانس کلروفیل، عملکرد کوانتومی فتوسیستم II را افزایش دهند (Sayar *et al.*, 2008). Sannazzaro و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که گیاهان تلقیح‌شده با میکوریزا گونه *Glomus intraradices* از محتوای کلروفیل بالاتری نسبت به گیاهان بدون تلقیح برخوردار بودند. کمری (۱۳۹۳) اظهار نمود که تلقیح بذور تریتیکاله با باکتری‌های محرک رشد، موجب افزایش ۱۷ درصدی شاخص کلروفیل شد. Shaharoona و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که تلقیح با باکتری‌های محرک رشد منجر به افزایش ۱۶–۵ درصدی محتوای نسبی آب در مقایسه با عدم تلقیح بذر شد.

Sharaan و El-Samie (۱۹۹۹) گزارش کردند کاربرد توأم ازتوباکتر و آزوسپریلیوم با کود نیتروژن، موجب افزایش ۲۶/۳ درصدی تعداد سنبله در واحد سطح و ۲۲ درصدی عملکرد دانه گندم شد. جعفری وفاه و همکاران (۱۳۹۸) گزارش کردند که کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی، ضمن تأمین نیازهای غذایی گندم دیم و افزایش ۴۰ درصدی عملکرد آن، موجب کاهش قابل توجه مصرف کودهای شیمیایی می‌شود. در مطالعه‌ای تلقیح سویه‌های باکتری محرک رشد تحت سطوح مختلف کود نیتروژن بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی گندم رقم مروارید نشان داد که تلقیح ازتوباکتر به همراه ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار، بیشترین عملکرد دانه را تولید کرد (کاویانی، ۱۳۹۴). Biswas و همکاران (۲۰۰۳)، El-Kholy و Gomaa (۲۰۰۰) نشان دادند که کاربرد کودهای زیستی ضمن

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-17]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.1]

افزایش عملکرد، با کاهش ۵۰ درصدی در مصرف مقادیر توصیه‌شده کودهای شیمیایی در ارزن و ذرت همراه بود. آگاهی و همکاران (۱۴۰۱) گزارش کردند که کاربرد توأم قارچ میکوریزا موسهآ موجب افزایش تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته عدس (به‌ترتیب ۴۲/۱۴ و ۹۵/۱۷ درصد) نسبت به شرایط عدم کاربرد میکوریزا شد. Mader و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که تلقیح توأم بذر گندم بـا میکـوریز و سودوموناس، عملکرد را به میزان ۴۱ درصد نسبت به شاهد افـزایش داد. در بررسی کاربرد توأم کود زیستی و کود نیتروژن بر گیاه برنج، بیشترین عملکرد دانه از ترکیب ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن همراه با باکتری *Psedumonas fluorescens* بدست آمد.

اهمیت گندم به عنوان یکی از منابع با ارزش غذایی و تأمین‌کننده بیش از ۵۰ درصد کربوهیدرات و ۳۳ درصد پروتئین مصرفی در انسان (سیدشریفی و خلیل‌زاده، ۱۳۹۶) و از طرفی نقش کودهای زیستی و کود نیتروژن در بهبود شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و عملکرد دانه گندم و بررسی‌های محدود انجام‌شده در مورد برهم‌کنش توأم این عوامل، از جمله مواردی بودند که موجب شد تا برهمکنش نیتروژن و کودهای زیستی بر عملکرد دانه و برخی صفات گندم مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی واقع در ۱۰ کیلومتری شرق اردبیل اجرا شد. محل انجام آزمایش دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد با مختصات جغرافیای ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا است. خاک این اراضی جز خاک‌های لوم رسی است. pH خاک حدود ۷/۷۶ و عمق آن حدود ۴۰ سانتی‌متر است. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ و برخی مشخصات آب و هوایی در طول دوره رشد گندم در جدول ۲ آورده شده است.

تیمارهای آزمایشی شامل کاربرد کودهای زیستی در هشت سطح (شاهد، تلقیح بذر با ازتوباکتر، میکوریزا *Glomus moseae*، میکوریزا *Glomus intraradices*، میکوریزا *Glomus moseae* با ازتوباکتر، میکوریزا *Glomus intraradices* با ازتوباکتر، میکوریزا *Glomus moseae* با *Glomus intraradices*، میکوریزا *Glomus moseae* با *Glomus intraradices* به همراه ازتوباکتر) و کاربرد نیتروژن در سه سطح (شاهد یا عدم کاربرد نیتروژن، کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) بود. گندم بهاره رقم چمران از سازمان جهاد کشاورزی اردبیل تهیه شد. این رقم مناسب کشت در مناطق گرم بوده و بهترین زمان کشت آن نیمه دوم آبان ماه تا اواخر آذر ماه است ولی در مناطق سردسیر در بهار کاشته می‌شود. رقم چمران دارای تیپ رشد بهاره با میانگین ارتفاع ۵۹ سانتی‌متر با تراکم بهینه کاشت ۴۰۰ بذر در متر مربع است. زودرسی و مقاومت به خشکی و گرمای آخر فصل از خصوصیات مهم این رقم است. سویه خالص ازتوباکتر از مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهران تهیه شد. هر گرم از این مایه تلقیح حاوی 10^8 باکتری بود که برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها، از محلول صمغ عربی استفاده شد. در این مخلوط بذرها بعد از قرارگیری در محل خشک و تاریک به مدت دو ساعت، کشت شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم و دیسک بود که بعد از تسطیح، نسبت به کاشت در ۲۴ فروردین ماه اقدام شد. هر واحد آزمایشی شامل پنج خط کاشت به طول چهار متر و فاصله بین ردیفی ۲۰ سانتی‌متر بود. کاشت در عمق ۵-۴ سانتی‌متری با تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع (تراکم مطلوب و توصیه‌شده این رقم) انجام شد. بین هر واحد آزمایشی یک متر و نیم فاصله نکاشت به منظور جلوگیری از نشت کود نیتروژن به کرت‌های مجاور در نظر گرفته شد. اولین آبیاری بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی بسته به شرایط محیطی، نیاز گیاه زراعی و به استناد عرف متداول زارعین محلی انجام شد. با توجه به اینکه آفت و بیماری مشاهده نگردید هیچ‌گونه مبارزه شیمیایی در طول دوره

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-17]
[DOI: DOI: 10.22034/13.63.1]

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک

خصوصیات	آهک	رس	سیلت	شن	کربن آلی	نیتروژن	هدایت الکتریکی	فسفر	پتاسیم	آهن	pH
	درصد						دسی‌زیمنس بر متر	میلی‌گرم بر کیلوگرم			
میزان	۵	۳۹	۳۰	۳۱	۰/۸۵۸	۰/۰۸	۱/۵۴	۱۲/۲	۴۹۵	۵/۱	۷/۷۶

جدول ۲- برخی مشخصات آب و هوایی در طول دوره رشدی گندم

ماه‌های سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد
میزان بارندگی (mm)	۴۴	۵۲/۱	۶/۱	۰/۱	۰/۵
میانگین دما (°C)	۸/۴	۱۲/۳	۱۷/۳	۱۸/۹	۱۹/۶
جمع ساعات آفتابی	۱۷۶	۱۶۰	۲۸۷	۳۴۶	۲۶۷
متوسط رطوبت نسبی (٪)	۶۴	۷۶	۶۵	۶۳	۶۸

رشد انجام نشد. گونه‌های میکوریزا *Glomus moseae* و *Glomus intraradices* از شرکت زیست‌فناوران توران تهیه و به میزان ۲۰ گرم در هر مترمربع خاک به استناد توصیه شرکت مذکور به کار برده شد. به منظور برآورد دقیق وزن ریشه‌ها، قبل از کاشت در ردیف‌های اصلی هر واحد آزمایشی، تعدادی کیسه‌های پلاستیکی در عمق ۴۰-۳۰ سانتی‌متری خاک و هم‌سطح با دیگر قسمت‌های خطوط کاشت در مزرعه قرار داده شد. تراکم کاشت در این کیسه‌ها مشابه تراکم دیگر قسمت‌های کاشته شده بود.

تغییرات برخی صفات فیزیولوژیک شامل شاخص کلروفیل، فلورسانس حداقل و متغیر، فلورسانس حداکثر، عملکرد کوانتومی، در فواصل زمانی هر چهار روز یکبار از مرحله ظهور کامل برگ پرچم (BBCH ۳۹) تا اواسط مرحله دوره پرشدن دانه (BBCH ۷۱)، از هر واحد آزمایشی به‌طور تصادفی و با رعایت اثر حاشیه‌ای بر روی چهار برگ اندازه‌گیری شدند.

شاخص کلروفیل (SPAD) بادستگاه کلروفیل‌سنج (SPAD-502، مینولتای ژاپن) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری شاخص‌های فلورسانس کلروفیل برگ پرچم شامل F_0 (حداقل فلورسانس از برگ سازگارشده با تاریکی)، F_m (حداکثر فلورسانس در برگ سازگارشده با تاریکی)، F_v (فلورساس متغیر از برگ سازگارشده با تاریکی) و F_v/F_m (حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو در شرایط سازگارشده با تاریکی) بودند که توسط دستگاه فلورسانس کلروفیل در فاصله زمانی ساعت۱۰-۸ صبح و بعد از ۲۰ دقیقه تاریکی توسط کلیپس‌های مخصوص اندازه‌گیری شدند (Kheirizadeh Arough *et al*., 2016).

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ پرچم بین ساعت ۱۲-۱۰ روز، بعد از قرارگیری این برگ‌ها در فویل‌های آلومینیومی، داخل کیسه‌های پلاستیکی و روی یخ قرار داده و خیلی سریع به آزمایشگاه منتقل شد و با استفاده از رابطه پیشنهادی Kostopoulou و همکاران (۲۰۱۰) و به صورت زیر اندازه‌گیری شد.

$$RWC = (F_W - D_W) / (T_W - D_W) \times 100$$

در این رابطه RWC محتوای نسبی آب، F_W وزن تر، T_W وزن آماس‌یافته و D_W وزن خشک است. اندازه‌گیری هدایت الکتریکی برگ پرچم در همان شرایط مربوط به اندازه‌گیری درصد محتوای نسبی آب، درفواصل زمانی یادشده، نمونه‌ها در بشرهای محتوی ۲۵ میلی‌لیتر آب‌مقطر (دارای EC مشخص) به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار داده و سپس توسط دستگاه EC متر(مدل Mi 180 Bench Meter) اندازه‌گیری شد. لازم به یادآوری است که سعی شد نمونه‌های برگی از ابعاد یکسانی برخوردار باشد.

کارآیی مصرف نیتروژن با استفاده از رابطه پیشنهادی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-17]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.1]

Goodroad و Jellum (۱۹۹۸) و به‌صورت زیر برآورد شد.

$$Ee = \frac{Ydf - Yef}{F}$$

Y_{df}: عملکرد دانه تولیدشده در کرت حاوی کود دریافتی (کیلوگرم در هکتار)، Y_{ef}: عملکرد دانه تولیدشده در کرت فاقد کود دریافتی (کیلوگرم در هکتار) و F: مقدار کود یا عنصر غذایی مصرف‌شده (کیلوگرم در هکتار) است. در تاریخ ۲۸ مرداد (۱۳۱ روز بعد از کاشت)، عملکرد دانه با برداشت از سطحی معادل ۰/۲ مترمربع انجام شد. با خارج‌سازی ریشه‌ها از کیسه‌هایی که در زمان تهیه زمین در هر واحد آزمایشی قرار داده شده بود، وزن ریشه اندازه‌گیری شد. برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزار $SAS_{9.4}$ استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

شاخص کلروفیل برگ پرچم: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد کودهای زیستی (میکوریزا و باکتری محرک رشد)، کود نیتروژن و اثر برهمکنش این دو عامل بر شاخص کلروفیل برگ پرچم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که با گذشت زمان شاخص کلروفیل برگ پرچم کاهش می‌یابد (جدول ۴). همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود شاخص کلروفیل برگ پرچم در ۵۵ روز پس از کاشت (BBCH ۳۹) در سطح شاهد برابر ۴۴/۳۵ و در ۷۹ روز پس از کاشت (BBCH ۷۱) برابر ۲۸/۸۴ بود یعنی در طی ۲۴ روز، شاخص کلروفیل برگ پرچم حدود ۵۴ درصد کاهش داشت. با این‌حال با کاربرد کودهای زیستی و نیتروژن، این روند کندتر شد. حداکثر شاخص کلروفیل (۴۵/۰۸) در کاربرد توأم ازتوباکتر و قارچ‌های میکوریزا موسهآ و اینترا به‌همراه کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار و حداقل آن (۲۸/۸۴) در سطح شاهد در ۷۹ روز بعد از کاشت به دست آمد. به عبارت دیگر این ترکیب تیماری در مقایسه با سطح شاهد، شاخص کلروفیل برگ پرچم را ۵۶/۳۱ درصد افزایش داد (جدول ۴). از آنجایی‌که نیتروژن یکی از اجزای تشکیل‌دهنده کلروفیل محسوب می‌شود از این‌رو بدیهی است که با کاربرد نیتروژن، شاخص کلروفیل نیز در بیشتر نمونه‌برداری‌ها افزایش یابد. از طرفی بخشی از اثرات مفید کودهای زیستی (میکوریزا و ازتوباکتر) بر افزایش شاخص کلروفیل را، می‌توان به در دسترس بودن بالاتر نیتروژن به واسطه تثبیت نیتروژن توسط باکتری‌های محرک رشد و کمک به افزایش جذب نیتروژن توسط میکوریزا نسبت داد که منجر به بهبود سنتز کلروفیل و افزایش شاخص کلروفیل می‌شوند (سیدشریفی و نامور، ۱۳۹۴). دراین راستا Tang و همکاران (۲۰۰۹) مشاهده کردند که کاربرد قارچ میکوریزا گونه *Glomus mosseae* به‌علت افزایش جذب نیتروژن توسط گیاهان میکوریزایی، منجر به بهبود سنتز کلروفیل و افزایش شاخص کلروفیل ذرت شد. نتایج مشابهی نیز توسط محسنی محمدجانلو و همکاران (۱۴۰۱) مبنی بر افزایش شاخص کلروفیل گندم با کاربرد کودهای زیستی (میکوریز و باکتری‌های محرک رشد) گزارش شده است.

فلورسانس متغیر: کاربرد کودهای زیستی و نیتروژن بر فلورسانس متغیر برگ پرچم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). همان‌طور که مشاهده می‌شود فلورسانس متغیر با گذشت زمان روند نزولی داشت (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین مقدار فلورسانس متغیر (۳۵۶/۳) در ۷۹ روز بعد از کاشت (BBCH ۷۱) در کاربرد توأم ازتوباکتر، قارچ‌های میکوریزا موسهآ و اینترا همراه با ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره بدست آمد که از افزایش ۱/۱۷ برابری نسبت به شرایط عدم کاربرد کودهای زیستی و نیتروژن برخوردار بود (جدول ۶). در ضمن این ترکیب تیماری با کاربرد میکوریزا موسهآ و اینترا به همراه مصرف ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار (۳۴۰/۷) اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نداشت. اصولاً هنگامی که پذیرنده الکترون (کوئینون) در حالت احیا باشد مقدار فلورسانس کلروفیل زیاد است و به این علت مقدار F_v نیز در این حالت زیاد می‌شود؛ ولی زمانی‌که کوئینون در حالت اکسید است مقدار فلورسانس کلروفیل کم می‌شود؛ در نتیجه، میزان F_v کاهش می‌یابد (Paknejad *et al.*, 2007). از آنجایی‌که تنش‌های محیطی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-17]
[DOI: DOI: 10.22034/13.63.1]

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر کاربرد کودهای زیستی و نیتروژن بر روند تغییرات شاخص کلروفیل برگ پرچم گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		شاخص کلروفیل برگ پرچم (روز پس از کاشت)						
		۵۵	۵۹	۶۳	۶۷	۷۱	۷۵	۷۹
تکرار	۲	۵۳۲/۳۶۱**	۱۱/۴۲۸ns	۲۷۰/۷۲۲**	۱۱۶/۸۲۲**	۵۶/۲۵۳**	۹۶/۲۰۰**	۲۶/۹۱۴*
نیتروژن (N)	۲	۱۹۱/۵۵۸**	۴۳۱/۷۳۲**	۲۸۶/۳۶۴**	۳۰۵/۴۸۵**	۴۷۲/۹۳۳**	۲۹۴/۵۱۷**	۲۲۸/۶۸۸**
کودهای زیستی (B)	۷	۱۳۸/۶۴۴**	۱۵۴/۱۲۲**	۹۶/۵۰۸**	۱۲۷/۷۲۲**	۶۸/۲۰۵**	۱۲۵/۵۶۴**	۹۹/۳۴۹**
N×B	۱۴	۱۷/۵۴۱**	۲۴/۱۷۰*	۲۳/۶۰۰**	۲۰/۵۸۲**	۲۶/۵۴۷**	۱۴/۹۵۳**	۱۵/۳۴۲**
خطا	۴۶	۶/۹۴	۱۱/۰۵	۸/۱۰	۸/۴۱	۵/۲۵	۴/۹۵	۶/۵۶
ضریب تغییرات (٪)		۵/۰۹	۷/۰۴	۶/۱۰	۶/۵۴	۵/۴۱	۵/۵۷	۶/۹۴

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۴- مقایسه میانگین برهمکنش کودهای زیستی و نیتروژن بر روند تغییرات شاخص کلروفیل برگ پرچم گندم

ترکیبات تیماری	شاخص کلروفیل برگ پرچم (روز پس از کاشت)						
	۵۵	۵۹	۶۳	۶۷	۷۱	۷۵	۷۹
$N_1 \times B_1$	۴۴/۳۵	۳۸/۰۵	۳۸/۶۵	۳۴/۵۳	۳۳/۷۰	۳۲/۴۶	۲۸/۸۴
$N_1 \times B_2$	۴۵/۷۵	۳۸/۹۱	۳۹/۱۲	۳۵/۸۲	۳۶/۷۳	۳۳/۸۴	۳۱/۶۶
$N_1 \times B_3$	۵۱/۷۸	۴۵/۲۶	۴۸/۴۸	۴۵/۳۸	۴۰/۸۵	۳۳/۰۰	۳۱/۶۳
$N_1 \times B_4$	۴۹/۴۰	۴۶/۱۶	۴۵/۵۹	۴۲/۷۱	۳۸/۹۶	۴۳/۱۴	۳۶/۲۵
$N_1 \times B_5$	۴۲/۱۸	۳۵/۷۴	۳۸/۲۸	۳۸/۳۹	۳۴/۹۱	۳۲/۸۷	۳۰/۷۱
$N_1 \times B_6$	۴۸/۹۰	۴۲/۰۱	۴۰/۷۲	۳۹/۷۶	۳۷/۶۳	۳۳/۷۰	۳۲/۹۱
$N_1 \times B_7$	۵۳/۳۹	۴۳/۷۵	۴۳/۴۷	۴۲/۱۳	۳۴/۷۷	۳۸/۲۸	۳۵/۲۲
$N_1 \times B_8$	۵۲/۲۶	۴۸/۹۲	۴۷/۰۵	۴۵/۰۳	۴۱/۱۲	۴۱/۴۱	۳۹/۶۷
$N_2 \times B_1$	۵۰/۱۱	۳۹/۶۴	۴۱/۵۳	۳۷/۱۵	۳۷/۸۶	۳۲/۹۱	۳۰/۷۶
$N_2 \times B_2$	۵۲/۱۱	۴۵/۴۴	۴۴/۶۷	۴۲/۷۰	۴۲/۰۵	۳۵/۹۸	۳۸/۹۶
$N_2 \times B_3$	۵۲/۱۹	۴۸/۰۷	۴۵/۶۱	۴۱/۱۱	۳۹/۶۳	۳۹/۶۱	۳۵/۴۶
$N_2 \times B_4$	۵۵/۸۲	۵۲/۹۲	۵۱/۳۱	۴۵/۸۲	۴۶/۳۰	۴۵/۴۷	۳۹/۷۸
$N_2 \times B_5$	۴۶/۷۵	۵۰/۳۶	۴۹/۶۸	۴۳/۴۳	۴۶/۴۲	۴۲/۵۷	۴۲/۶۰
$N_2 \times B_6$	۵۰/۶۲	۵۰/۴۷	۴۹/۰۹	۴۷/۳۰	۴۳/۴۱	۴۰/۷۹	۳۷/۱۴
$N_2 \times B_7$	۵۵/۲۷	۵۰/۷۲	۴۹/۲۱	۴۹/۷۹	۴۵/۸۶	۴۲/۱۳	۳۹/۰۵
$N_2 \times B_8$	۵۸/۶۶	۵۳/۹۴	۵۵/۸۹	۵۱/۸۹	۴۸/۰۴	۴۶/۶۰	۴۳/۳۲

N_1، N_2 و N_3 به‌ترتیب عدم کاربرد نیتروژن و کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار.

B_1، B_2، B_3، B_4، B_5، B_6، B_7 و B_8 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد میکوریزا موسه‌آ، میکوریزا اینترا، کاربرد موسه‌آ و اینترا، کاربرد ازتوباکتر، کاربرد ازتوباکتر و میکوریزا موسه‌آ، کاربرد ازتوباکتر و اینترا، کاربرد توأم ازتوباکتر و قارچ‌های موسه‌آ و اینترا. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-17]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.1]

ادامه جدول ۴-

ترکیبات تیماری	شاخص کلروفیل برگ پرچم (روز پس از کاشت)						
	۵۵	۵۹	۶۳	۶۷	۷۱	۷۵	۷۹
$N_3 \times B_1$	۴۸/۳۶	۴۴/۱۲	۴۴/۰۳	۴۲/۲۸	۴۳/۱۷	۳۸/۸۷	۳۳/۹۴
$N_3 \times B_2$	۵۱/۸۸	۴۹/۴۴	۴۷/۳۲	۴۷/۰۲	۴۸/۵۳	۴۲/۵۳	۳۰/۳۴
$N_3 \times B_3$	۴۸/۰۸	۴۸/۱۶	۴۵/۶۲	۴۳/۱۲	۳۷/۱۲	۴۰/۴۹	۳۶/۲۸
$N_3 \times B_4$	۵۷/۹۰	۵۷/۵۹	۵۳/۵۳	۵۱/۶۸	۴۹/۶۷	۴۸/۲۸	۴۱/۰۴
$N_3 \times B_5$	۵۱/۵۳	۴۶/۸۳	۴۷/۸۶	۴۴/۵۶	۴۵/۴۴	۴۱/۴۸	۳۷/۲۳
$N_3 \times B_6$	۵۱/۸۲	۵۴/۸۵	۵۳/۱۱	۵۰/۴۷	۴۷/۹۵	۴۵/۳۰	۴۲/۵۸
$N_3 \times B_7$	۵۹/۳۴	۴۵/۴۵	۴۸/۱۲	۴۷/۴۸	۴۴/۳۵	۳۹/۴۵	۳۵/۳۵
$N_3 \times B_8$	۶۲/۱۳	۵۵/۷۲	۵۱/۶۳	۵۳/۶۱	۵۰/۷۹	۴۷/۱۶	۴۵/۰۸
LSD	۴/۳۳	۵/۴۶	۴/۶۷	۴/۷۶	۳/۷۶	۳/۶۵	۴/۲۱

N_1، N_2 و N_3 به‌ترتیب عدم کاربرد نیتروژن و کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار.

B_1، B_2، B_3، B_4، B_5، B_6، B_7 و B_8 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد میکوریزا موسه‌آ، میکوریزا اینترا، کاربرد موسه‌آ و اینترا، کاربرد ازتوباکتر، کاربرد ازتوباکتر و میکوریزا موسه‌آ، کاربرد ازتوباکتر و اینترا، کاربرد توأم ازتوباکتر و قارچ‌های موسه‌آ و اینترا. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

جدول ۵- تجزیه واریانس تأثیر کاربرد کودهای زیستی و نیتروژن بر روند تغییرات فلورسانس متغیر برگ پرچم گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		فلورسانس متغیر برگ پرچم (روز پس از کاشت)						
		۵۵	۵۹	۶۳	۶۷	۷۱	۷۵	۷۹
تکرار	۲	۵۸۶۵۹/۹**	۶۳۰۱۵/۹**	۵۷۷۰۲/۹**	۳۴۶۲ns	۹۰۷۹/۶**	۲۳۲۷۶/۹**	۱۲۳۴۰/۵**
نیتروژن (N)	۲	۸۴۷۶۷/۹**	۸۹۱۰۲/۵**	۳۸۹۱۴/۱**	۳۳۳۴۳/۵**	۲۶۹۹۲/۹**	۲۳۳۱۱/۱**	۲۰۶۲۵/۶**
کودهای زیستی (B)	۷	۳۸۷۱۷/۲**	۲۲۰۴۸/۳**	۳۲۲۵۲/۳**	۲۴۹۹۱**	۲۰۰۵۳**	۹۴۸۸/۸**	۱۶۲۸۶/۱**
N×B	۱۴	۶۲۰۵/۷**	۶۲۵۹/۲**	۶۹۸۶/۷**	۵۸۱۱/۲**	۴۴۱۲/۸**	۶۴۲۸/۵**	۴۰۲۱/۴**
خطا	۴۶	۲۶۰۰	۲۴۷۵/۶	۱۹۶۹/۳	۱۵۳۹/۶	۱۳۶۶/۳	۲۵۷۸/۴	۱۳۹۲/۷
ضریب تغییرات (٪)		۹/۸۹	۱۱/۴۳	۱۱/۳۵	۱۱/۰۶	۱۱/۳۳	۱۸/۱۱	۱۴/۹۳

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

همانند تنش ناشی از کمبود مواد غذایی، مقدار فلورسانس متغیر را به‌علت ممانعت از فتواکسیداسیون فتوسیستم II کاهش می‌دهد (آقایی و همکاران، ۱۳۹۹). از این‌رو به نظر می‌رسد در کاربرد کودهای زیستی و کود نیتروژن به دلیل سهولت در دسترسی به مواد غذایی و عدم اختلال در انتقال الکترون به فتوسیستم I موجب می‌شود تا مقدار فلورسانس متغیر در مقایسه با عدم کاربرد نیتروژن و کودهای زیستی افزایش یابد.

فلورسانس حداقل: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد توأم کودهای زیستی و نیتروژن بر فلورسانس حداقل در مراحل مختلف نمونه‌برداری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در تمامی ترکیبات تیماری فلورسانس حداقل با گذشت زمان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-17]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.1]

جدول ۶- مقایسه میانگین برهمکنش کودهای زیستی و نیتروژن بر روند تغییرات فلورسانس متغیر برگ پرچم گندم

ترکیبات تیماری	فلورسانس متغیر برگ پرچم (روز پس از کاشت)						
	۵۵	۵۹	۶۳	۶۷	۷۱	۷۵	۷۹
$N_1 \times B_1$	۳۷۷/۵	۲۸۹/۱	۲۷۵	۲۳۴/۵	۲۲۷/۳	۱۷۷	۱۷۶/۵
$N_1 \times B_2$	۵۱۵/۶	۳۶۹/۲	۳۷۷/۹	۲۶۶/۹	۳۳۷/۲	۲۱۸/۸	۲۵۸
$N_1 \times B_3$	۴۵۷	۳۷۸/۸	۴۳۷	۳۷۳/۳	۳۶۰/۴	۳۱۱/۷	۲۵۷/۶
$N_1 \times B_4$	۵۰۴	۳۵۵/۴	۳۷۰/۵	۳۴۰/۶	۲۹۶/۳	۲۳۱/۵	۲۲۸/۷
$N_1 \times B_5$	۳۷۶/۹	۴۷۵/۴	۲۵۸/۵	۳۵۹/۲	۲۲۸/۳	۲۷۹	۱۶۴/۱
$N_1 \times B_6$	۴۱۵	۳۵۱/۵	۳۰۵/۵	۲۷۰	۲۶۶/۶	۲۲۹/۸	۱۸۵/۱
$N_1 \times B_7$	۴۳۰/۳	۳۳۴/۷	۳۲۷/۴	۳۱۵	۲۷۴/۲	۲۹۴	۲۱۶/۷
$N_1 \times B_8$	۵۱۵/۸	۴۰۶/۹	۴۳۰/۹	۳۶۷/۷	۳۳۶/۸	۲۵۲/۷	۲۶۵/۹
$N_2 \times B_1$	۴۱۳/۱	۳۶۲/۲	۲۸۴/۸	۲۵۳/۶	۲۴۶/۳	۲۱۰/۴	۱۷۹/۹
$N_2 \times B_2$	۴۷۳/۵	۴۲۳/۸	۳۸۹/۳	۳۴۱/۸	۳۱۳/۴	۲۶۷/۵	۲۰۳/۹
$N_2 \times B_3$	۴۹۲/۱	۳۸۳/۹	۳۸۲/۴	۳۳۸/۶	۳۱۶	۲۴۳/۳	۲۲۹/۳
$N_2 \times B_4$	۶۱۱/۱	۵۰۹/۱	۴۳۹	۳۸۳/۶	۳۸۷/۴	۳۱۸/۸	۲۹۰/۵
$N_2 \times B_5$	۴۶۲/۱	۴۲۲	۳۰۳/۲	۲۸۱/۲	۲۶۵/۶	۲۶۵/۵	۲۰۴
$N_2 \times B_6$	۵۵۵/۵	۴۴۲/۳	۴۲۳	۳۷۵/۵	۳۴۴/۷	۲۹۶/۳	۲۹۶/۶
$N_2 \times B_7$	۵۷۲/۳	۴۷۶/۴	۴۱۶/۷	۴۱۷/۵	۳۶۹/۲	۲۹۹/۷	۳۰۱/۱
$N_2 \times B_8$	۶۸۱/۷	۵۳۶/۹	۵۳۶/۳	۴۶۸/۹	۳۹۸/۱	۳۳۸/۸	۳۲۰/۳
$N_3 \times B_1$	۴۶۷/۶	۴۳۵/۲	۳۵۸/۲	۳۲۰/۱	۲۹۳/۶	۲۸۱/۱	۲۱۹/۸
$N_3 \times B_2$	۵۶۲	۵۲۸/۹	۴۱۵/۶	۴۰۳/۶	۳۴۶	۳۵۴/۱	۲۵۳/۷
$N_3 \times B_3$	۴۵۷/۹	۴۱۸/۲	۳۴۳/۵	۳۱۵/۲	۲۹۶/۱	۲۳۹/۴	۲۰۷/۶
$N_3 \times B_4$	۶۵۱/۸	۵۵۸/۸	۵۰۳/۶	۴۵۷	۴۴۸/۷	۳۷۲/۲	۳۴۰/۷
$N_3 \times B_5$	۵۴۳/۱	۵۱۰/۳	۴۱۹/۱	۳۵۷	۳۱۸/۸	۳۰۱/۳	۲۴۷
$N_3 \times B_6$	۵۴۸/۷	۴۷۴/۳	۳۷۵/۶	۳۳۷/۲	۳۱۴/۳	۲۷۹	۲۵۲/۹
$N_3 \times B_7$	۶۴۵/۶	۴۰۲/۴	۴۹۱/۴	۴۴۳/۷	۴۱۱/۱	۲۵۳/۵	۳۴۱/۴
$N_3 \times B_8$	۶۳۵	۵۹۹/۲	۵۱۴/۵	۴۸۸/۳	۴۳۲/۲	۴۱۲/۴	۳۵۶/۳
LSD	۸۳/۸	۸۱/۷	۷۲/۹	۶۴/۴	۶۰/۷	۸۳/۴	۶۱/۳

N_1، N_2 و N_3 به‌ترتیب عدم کاربرد نیتروژن و کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار.

B_1، B_2، B_3، B_4، B_5، B_6، B_7 و B_8 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد میکوریزا موسه‌آ، میکوریزا اینترا، کاربرد موسه‌آ و اینترا، کاربرد ازتوباکتر، کاربرد ازتوباکتر و میکوریزا موسه‌آ، کاربرد ازتوباکتر و اینترا، کاربرد توأم ازتوباکتر و قارچ‌های موسه‌آ و اینترا. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری براساس آزمون LSD با هم ندارند.

روند صعودی داشت (جدول ۸). در ۷۹ روز بعد از کاشت بیشترین فلورسانس حداقل (۱۸۷/۱) در سطح شاهد (عدم کاربرد کودهای زیستی و نیتروژن) و کمترین آن (۱۴۷/۲) در کاربرد توأم ازتوباکتر با قارچ‌های میکوریزا موسه‌آ و اینترا به همراه ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار حاصل شد. به بیانی دیگر در واقع ۷۹ روز پس از روز کاشت، کاربرد توأم کودهای

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-17]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.1]

جدول ۷- تجزیه واریانس تأثیر کاربرد کودهای زیستی و نیتروژن بر روند تغییرات فلورسانس حداقل برگ پرچم گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		فلورسانس حداقل برگ پرچم (روز پس از کاشت)						
		۵۵	۵۹	۶۳	۶۷	۷۱	۷۵	۷۹
تکرار	۲	۱۰۸۹۳**	۱۳۳۲۲**	۱۲۲۴۰/۱**	۱۲۷۴/۷**	۶۹۵۱/۹**	۱۶۵۳۴/۷**	۵۱۹۶/۲**
نیتروژن (N)	۲	۴۶۲۵/۱**	۲۰۰/۸ns	۱۵۷۱/۸**	۱۳۱۸/۷**	۱۳۳۶/۹**	۶۱۸/۹**	۳۴۳/۲**
کودهای زیستی (B)	۷	۲۷۰۸/۱**	۱۴۷۹/۱**	۱۴۹۲/۹**	۱۱۱۸/۹**	۶۹۰/۷**	۲۷۴/۵**	۱۷۵/۸**
N×B	۱۴	۵۴۲/۲**	۱۵۶۶/۵**	۳۳۵/۳**	۳۴۴/۹*	۵۰۸/۸**	۱۲۴/۹**	۱۲۴/۴**
خطا	۴۶	۱۹۰/۱	۳۵۵/۱	۸۶/۷	۱۷۳/۹	۲۱۹	۳۱/۵	۳۱/۸
ضریب تغییرات (٪)		۹/۹۱	۱۲/۶	۶/۱۱	۸/۲	۹/۰۷	۳/۵۹	۳/۶۴

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۸- مقایسه میانگین برهمکنش کودهای زیستی و نیتروژن بر روند تغییرات فلورسانس حداقل برگ پرچم گندم

ترکیبات تیماری	فلورسانس حداقل برگ پرچم (روز پس از کاشت)						
	۵۵	۵۹	۶۳	۶۷	۷۱	۷۵	۷۹
$N_1 \times B_1$	۱۷۱/۷	۱۷۰/۱	۱۷۴/۲	۱۷۷/۴	۱۸۰	۱۸۵/۳	۱۸۷/۱
$N_1 \times B_2$	۱۳۴/۳	۱۳۴	۱۵۷/۱	۱۷۰/۷	۱۵۵/۴	۱۶۳/۱	۱۵۵/۶
$N_1 \times B_3$	۱۵۳/۳	۱۱۵/۱	۱۴۲/۳	۱۵۴/۲	۱۵۵/۲	۱۵۵/۲	۱۵۲/۶
$N_1 \times B_4$	۱۴۲/۳	۱۶۵/۵	۱۶۲/۱	۱۷۲	۱۸۴/۹	۱۵۹/۱	۱۵۴/۵
$N_1 \times B_5$	۱۶۸/۷	۱۳۲/۲	۱۷۴	۱۵۸	۱۶۹/۶	۱۵۳/۹	۱۶۱/۱
$N_1 \times B_6$	۱۶۴	۱۶۳/۸	۱۵۹/۷	۱۷۴/۲	۱۷۱	۱۶۱/۱	۱۵۳/۸
$N_1 \times B_7$	۱۶۲/۶	۱۶۵/۹	۱۶۶/۱	۱۶۷/۶	۱۸۱/۷	۱۵۴/۳	۱۵۵/۵
$N_1 \times B_8$	۱۳۹/۴	۱۶۲/۳	۱۴۷	۱۵۹/۲	۱۶۳/۴	۱۶۰/۲	۱۵۴/۳
$N_2 \times B_1$	۱۶۵/۵	۱۶۳	۱۷۴/۱	۱۷۷/۹	۱۷۹/۶	۱۶۱/۵	۱۵۵/۳
$N_2 \times B_2$	۱۴۹/۴	۱۵۷/۱	۱۵۶/۳	۱۷۱/۱	۱۷۶/۸	۱۵۸/۱	۱۵۳/۳
$N_2 \times B_3$	۱۴۷/۱	۱۶۰/۷	۱۵۸/۸	۱۶۷/۶	۱۷۶/۹	۱۵۹	۱۵۴/۶
$N_2 \times B_4$	۱۱۵/۹	۱۳۵/۵	۱۴۴/۶	۱۵۰/۶	۱۵۰/۲	۱۴۷/۸	۱۵۲/۱
$N_2 \times B_5$	۱۵۵/۱	۱۵۶/۲	۱۶۸/۱	۱۶۸/۷	۱۶۷/۹	۱۵۹	۱۵۲/۹
$N_2 \times B_6$	۱۳۰/۱	۱۵۰	۱۵۰/۹	۱۵۶/۴	۱۵۴/۸	۱۵۲/۲	۱۵۱/۹
$N_2 \times B_7$	۱۲۶	۱۴۲/۵	۱۴۸/۹	۱۵۰/۴	۱۵۵/۴	۱۵۰/۹	۱۵۱/۸
$N_2 \times B_8$	۹۱/۲	۱۲۸/۴	۱۱۵/۶	۱۳۲/۴	۱۴۶/۴	۱۴۸/۸	۱۵۲/۶

N_1، N_2 و N_3 به‌ترتیب عدم کاربرد نیتروژن و کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار.

B_1، B_2، B_3، B_4، B_5، B_6، B_7 و B_8 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد میکوریزا موسه‌آ، میکوریزا اینترا، کاربرد موسه‌آ و اینترا، کاربرد ازتوباکتر، کاربرد ازتوباکتر و میکوریزا موسه‌آ، کاربرد ازتوباکتر و اینترا، کاربرد توأم ازتوباکتر و قارچ‌های موسه‌آ و اینترا. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-17]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.1]

ادامه جدول ۸-

ترکیبات تیماری	فلورسانس حداقل برگ پرچم (روز پس از کاشت)						
	۵۵	۵۹	۶۳	۶۷	۷۱	۷۵	۷۹
$N_3 \times B_1$	۱۵۱/۶	۱۵۳/۴	۱۶۲/۴	۱۷۱/۲	۱۷۳/۳	۱۵۷/۴	۱۵۳/۵
$N_3 \times B_2$	۱۲۷/۳	۱۲۷/۷	۱۴۹/۶	۱۴۶/۶	۱۵۹/۶	۱۴۴/۵	۱۵۲/۶
$N_3 \times B_3$	۱۶۱	۱۸۲/۳	۱۶۱/۷	۱۶۶/۴	۱۶۵/۴	۱۵۸/۹	۱۵۶/۳
$N_3 \times B_4$	۱۰۳/۱	۱۱۷/۸	۱۵۰/۵	۱۳۷/۲	۱۲۹/۵	۱۴۶/۴	۱۵۰/۵
$N_3 \times B_5$	۱۳۳/۱	۱۳۳/۶	۱۵۰/۵	۱۶۲	۱۶۷/۸	۱۵۲/۹	۱۵۴/۹
$N_3 \times B_6$	۱۳۳/۹	۱۹۲	۱۵۳/۳	۱۶۹/۴	۱۶۳/۶	۱۵۵/۹	۱۵۳/۷
$N_3 \times B_7$	۱۰۵	۱۵۳/۲	۱۲۹/۵	۱۳۷/۵	۱۴۷/۸	۱۵۵/۴	۱۵۱/۵
$N_3 \times B_8$	۱۰۶/۳	۱۰۳/۴	۱۱۲۱	۱۲۴/۶	۱۳۵	۱۴۱/۵	۱۴۷/۲
LSD	۲۲/۶	۳۰/۹	۱۵/۳	۲۱/۶	۲۴/۳	۹/۲	۹/۲

N_1، N_2 و N_3 به‌ترتیب عدم کاربرد نیتروژن و کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار.

B_1، B_2، B_3، B_4، B_5، B_6، B_7 و B_8 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد میکوریزا موسه‌آ، میکوریزا اینترا، کاربرد موسه‌آ و اینترا، کاربرد ازتوباکتر، کاربرد ازتوباکتر و میکوریزا موسه‌آ، کاربرد ازتوباکتر و اینترا، کاربرد توأم ازتوباکتر و قارچ‌های موسه‌آ و اینترا. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

جدول **۹- تجزیه واریانس تأثیر کاربرد کودهای زیستی و نیتروژن بر روند تغییرات عملکرد کوانتومی برگ پرچم گندم**

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		عملکرد کوانتومی برگ پرچم (روز پس از کاشت)						
		۵۵	۵۹	۶۳	۶۷	۷۱	۷۵	۷۹
تکرار	۲	۰/۰۱۸**	۰/۰۰۹۷**	۰/۰۰۲۵ns	۰/۰۰۶۷*	۰/۰۱۶**	۰/۰۱۲**	۰/۰۰۶۶**
نیتروژن (N)	۲	۰/۰۳۲**	۰/۰۲۲**	۰/۰۲۴**	۰/۰۲۴**	۰/۰۲۵**	۰/۰۲۴**	۰/۰۲۵**
کودهای زیستی (B)	۷	۰/۰۱۶**	۰/۰۱۱**	۰/۰۲۱**	۰/۰۲**	۰/۰۱۷**	۰/۰۱۱**	۰/۰۱۸**
N×B	۱۴	۰/۰۰۲۸*	۰/۰۰۵۹**	۰/۰۰۴۴**	۰/۰۰۴۷**	۰/۰۰۴۸**	۰/۰۰۶۴**	۰/۰۰۴**
خطا	۴۶	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۱۲
ضریب تغییرات (٪)		۴/۵۲	۵/۹۱	۴/۷۸	۵/۷۴	۶/۳۷	۷/۶۷	۵/۸۴

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

زیستی و ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار در مقایسه با سطح شاهد فلورسانس حداقل را ۲۷/۱ درصد کاهش داد (جدول ۸).

عملکرد کوانتومی (Fv/Fm): تأثیر کودهای زیستی و کود نیتروژن برعملکرد کوانتومی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین، اثرات توأم این دو عامل بر عملکرد کوانتومی در مرحله اول نمونه‌برداری (۵۵ روز پس از کاشت) در سطح احتمال پنج درصد و در دیگر مراحل نمونه‌برداری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۹). همان‌طور که مشاهده می‌شود در ۷۹ روز بعد از کاشت، کاربرد توأم قارچ‌های موسه‌آ و اینترا همراه با کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار به‌ترتیب ۳۹/۳۸ و ۴۵/۷۷ درصد عملکرد کوانتومی را در مقایسه با سطح شاهد افزایش داد (جدول ۱۰).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-17]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.1]

جدول ۱۰- مقایسه میانگین برهمکنش کودهای زیستی و نیتروژن بر روند تغییرات عملکرد کوانتومی برگ پرچم گندم

ترکیبات تیماری	عملکرد کوانتومی برگ پرچم (روز پس از کاشت)						
	۵۵	۵۹	۶۳	۶۷	۷۱	۷۵	۷۹
$N_1 \times B_1$	۰/۶۸۷	۰/۶۲۹	۰/۶۱۲	۰/۵۶۹	۰/۵۵۸	۰/۴۸۸	۰/۴۸۵
$N_1 \times B_2$	۰/۷۸۷	۰/۷۳۴	۰/۷۰۳	۰/۶۰۹	۰/۶۷۸	۰/۵۷۳	۰/۶۱
$N_1 \times B_3$	۰/۷۴۴	۰/۷۶۲	۰/۷۴۹	۰/۷۰۴	۰/۶۹۵	۰/۶۵۷	۰/۶۲۳
$N_1 \times B_4$	۰/۷۷۹	۰/۶۸۳	۰/۶۹۵	۰/۶۶۴	۰/۶۱۷	۰/۵۴۹	۰/۵۹۷
$N_1 \times B_5$	۰/۶۸۸	۰/۷۷۲	۰/۵۹۷	۰/۶۸۹	۰/۵۷۲	۰/۶۳۶	۰/۵۰۶
$N_1 \times B_6$	۰/۷۱۵	۰/۶۸۲	۰/۶۵۶	۰/۶۰۷	۰/۶۰۹	۰/۵۸۸	۰/۵۴۶
$N_1 \times B_7$	۰/۷۲۵	۰/۶۶۸	۰/۶۶۳	۰/۶۵۶	۰/۶۰۲	۰/۶۴۹	۰/۵۸۱
$N_1 \times B_8$	۰/۷۸۶	۰/۷۱۴	۰/۷۴۶	۰/۶۹۷	۰/۶۷۳	۰/۶۱۲	۰/۶۳۲
$N_2 \times B_1$	۰/۷۱۳	۰/۶۸۹	۰/۶۲	۰/۵۸۷	۰/۵۷۸	۰/۵۶۷	۰/۵۳۷
$N_2 \times B_2$	۰/۷۵۹	۰/۷۲۹	۰/۷۰۷	۰/۶۶۴	۰/۶۳۹	۰/۶۲۹	۰/۵۷
$N_2 \times B_3$	۰/۷۶۹	۰/۷۰۵	۰/۷۰۶	۰/۶۶۸	۰/۶۴۲	۰/۶۰۵	۰/۵۹۷
$N_2 \times B_4$	۰/۸۴	۰/۷۸۹	۰/۷۵۳	۰/۷۱۸	۰/۷۲	۰/۶۸۴	۰/۶۵۵
$N_2 \times B_5$	۰/۷۴۷	۰/۷۲۸	۰/۶۴۳	۰/۶۲۵	۰/۶۱۱	۰/۶۲۵	۰/۵۷۲
$N_2 \times B_6$	۰/۸۱	۰/۷۴۷	۰/۷۳۴	۰/۷۰۴	۰/۶۹	۰/۶۶	۰/۶۶۱
$N_2 \times B_7$	۰/۸۱۹	۰/۷۷	۰/۷۳۶	۰/۷۳۵	۰/۷۰۴	۰/۶۶۶	۰/۶۶۴
$N_2 \times B_8$	۰/۸۸۲	۰/۸۰۷	۰/۸۲۳	۰/۷۸	۰/۷۳۱	۰/۶۹۵	۰/۶۷۶
$N_3 \times B_1$	۰/۷۵۴	۰/۷۳۹	۰/۶۸۸	۰/۶۵۱	۰/۶۲۸	۰/۶۴۱	۰/۵۸۹
$N_3 \times B_2$	۰/۸۱۲	۰/۸۰۶	۰/۷۳۵	۰/۷۳۳	۰/۶۸۴	۰/۷۱۱	۰/۶۲۴
$N_3 \times B_3$	۰/۷۲۹	۰/۶۹۶	۰/۶۷۲	۰/۶۴۴	۰/۶۳۲	۰/۵۹	۰/۵۶
$N_3 \times B_4$	۰/۸۶۴	۰/۸۲۷	۰/۸۰۱	۰/۷۶۹	۰/۷۷۶	۰/۷۱۸	۰/۶۹۲
$N_3 \times B_5$	۰/۸۰۳	۰/۷۹۱	۰/۷۳۴	۰/۶۸۷	۰/۶۵۵	۰/۶۶۴	۰/۶۱۴
$N_3 \times B_6$	۰/۷۹۹	۰/۷۰۹	۰/۷۰۲	۰/۶۵۶	۰/۶۴۷	۰/۶۱۸	۰/۶۰۷
$N_3 \times B_7$	۰/۸۶	۰/۷۰۸	۰/۷۹۲	۰/۷۶۳	۰/۷۳۶	۰/۶۰۸	۰/۶۹۱
$N_3 \times B_8$	۰/۸۵۷	۰/۸۵۳	۰/۸۱	۰/۷۹۷	۰/۷۶۲	۰/۷۴۴	۰/۷۰۷
LSD	۰۵۸۱	۰/۰۷۱۹	۰/۰۵۶	۰/۰۶۴۴	۰/۰۶۹۲	۰/۰۸۰۱	۰/۰۵۸۴

N_1، N_2 و N_3 به‌ترتیب عدم کاربرد نیتروژن و کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار.

B_1، B_2، B_3، B_4، B_5، B_6، B_7 و B_8 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد میکوریزا موسه‌آ، میکوریزا اینترا، کاربرد موسه‌آ و اینترا، کاربرد ازتوباکتر، کاربرد ازتوباکتر و میکوریزا موسه‌آ، کاربرد ازتوباکتر و اینترا، کاربرد توأم ازتوباکتر و قارچ‌های موسه‌آ و اینترا. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

کاهش دسترسی به نیتروژن به‌دلیل اختلال در انتقال الکترون فتوسیستم دو، موجب تخریب فتوسیستم دو و کاهش فلورسانس متغیر می‌شود، چرا که معمولاً میزان مبادله دی‌اکسید کربن برگ پرچم در زمان باز بودن روزنه‌ها رابطه مثبتی با غلظت نیتروژن دارد (Coming and Zang, 2000). نتایج بدست آمده در این پژوهش با نتایج دیگر محققان مبنی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-17]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.1]

بر اینکه تنش‌های محیطی همانند تنش ناشی از کمبود مواد غذایی، عملکرد کوانتومی را کاهش می‌دهد (آقایی و همکاران، ۱۳۹۹)، هماهنگ است. محسنی محمدجانلو و همکاران (۱۴۰۱) افزایش عملکرد کوانتومی گندم را با کاربرد میکوریز و باکتری‌های محرک رشد گزارش کردند.

فلورسانس کلروفیل به‌طور مستقیم به فعالیت کلروفیل در مراکز واکنش فتوسیستم‌ها ارتباط دارد و وجود هر گونه آشفتگی و یا دگرگونی ساختار و تغییر در رنگدانه‌های فتوسیستم و یا تشکیل کلروفیل گیاهان که نیتروژن یکی از عناصر مهم گیاه است (Francheboud and Leipner, 2003)، می‌تواند از علل اصلی کاهش عملکرد کوانتومی باشد. همچنین بخشی از علت کاهش عملکرد کوانتومی در شرایط کمبود نیتروژن می‌تواند با کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه مرتبط باشد که این کاهش در نتیجه تقلیل‌یافتن سنتز آنزیم‌های کلیدی در فرآیند فتوسنتز است (Seyed Sharifi *et al.*, 2017) که مهم‌ترین آن آنزیم رابیسکو (ریبولوز ۱ و ۵ بیس فسفات کربوکسیلاز) است، ولی تأمین مقادیر کافی از نیتروژن در گیاه، با بهبود فرایند فتوسنتز (Seyed Sharifi *et al.*, 2017)، موجب افزایش عملکرد کوانتومی می‌شود (Hongju *et al.*, 2013). در این راستا Sayar و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند عملکرد کوانتومی فتوسیستم II توسط قارچ‌های میکوریزا به‌واسطه بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاهان افزایش می‌یابد. برخی محققان بهبود عملکرد کوانتومی را به تأثیر میکوریزا در عنصر فسفر که نقش مهمی در فتوسنتز دارد نسبت داده‌اند (Kloepper *et al.*, 1989).

محتوای نسبی آب برگ پرچم: براساس نتایج جدول تجزیه واریانس تأثیر کودهای زیستی، مقادیر نیتروژن و اثر متقابل این دو عامل بر محتوای نسبی آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حداکثر و حداقل محتوای نسبی آب برگ پرچم (به ترتیب ۷۵/۱۶ و ۴۶/۱ درصد) در ترکیب تیماری کاربرد توأم ازتوباکتر و قارچ‌های میکوریزا موسهآ و اینترا همراه با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار و در سطح شاهد مشاهده شد. به بیان دیگر، کاربرد توأم قارچ‌های میکوریزا موسهآ و اینترا به همراه ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، موجب افزایش ۶۳/۰۳ درصدی محتوای نسبی آب نسبت به شرایط عدم کاربرد کودهای زیستی و نیتروژن (شاهد) شد (جدول ۱۲). به نظر می‌رسد که میکوریزا از طریق کمک به افزایش وزن ریشه (جدول ۱۲) و تغییر در مورفولوژی و حجم توسعه ریشه گیاه میزبان می‌شود و افزایش هیف‌ها احتمالاً با افزایش سطح جذب، موجب می‌شود آب بیشتری در اختیار گیاه قرار گرفته و موجب بهبود روابط آبی گیاه می‌شود (محسنی محمدجانلو و همکاران، ۱۴۰۱). Guo و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که ریشه‌های تلقیح‌شده با قارچ مایکوریزا می‌توانند در حجم وسیعی از خاک پراکنده شوند و این قارچ‌ها با کمک هیف‌های خود ضمن بهبود جذب آب و مواد غذایی از خاک، به افزایش محتوای نسبی آب (جدول ۱۲) کمک کنند. از طرفی افزایش کاربرد نیتروژن از طریق افزایش سنتز پروتئین و ضخامت دیواره سلولی موجب جذب بیشتر آب توسط پروتوپلاسم، بهبود محتوای نسبی آب برگ می‌شود (Namvar and Khandan, 2015). به‌طوری‌که Namvar و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که گیاهان نخودی که کود نیتروژن بیشتری دریافت کردند به دلیل توانایی بالاتر در حفظ پتانسیل فشاری برگ، از محتوای نسبی آب برگ بیشتری نیز برخوردار بودند. Shaharoona و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که تلقیح با باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش ۱۶–۵ درصدی محتوای نسبی آب نسبت شاهد (عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد) در ذرت شد.

هدایت الکتریکی: کاربرد کودهای زیستی (قارچ‌های میکوریزا و باکتری محرک رشد)، کود نیتروژن و برهمکنش کود زیستی× کود نیتروژن بر هدایت الکتریکی برگ پرچم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱۱). بیشترین میزان هدایت الکتریکی برگ (۸۷/۹۶ میکروزیمنس بر متر) در سطح شاهد (عدم کاربرد کود زیستی و نیتروژن) و کمترین آن (۶۳/۷۶ میکروزیمنس بر متر) در ترکیب تیماری کاربرد توأم ازتوباکتر و قارچ‌های میکوریزا موسهآ و اینترا به همراه ۲۰۰

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-17]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.1]

جدول ۱۱- تجزیه واریانس تأثیر کودهای زیستی و نیتروژن بر هدایت الکتریکی، محتوای نسبی آب، عملکرد دانه و وزن ریشه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		هدایت الکتریکی	محتوای نسبی آب	عملکرد دانه	وزن خشک ریشه
تکرار	۲	۵۶۹۹**	۶۶۹**	۲۶۷۷۳**	۷۹۳۸**
نیتروژن (N)	۲	۳۵۹**	۳۳۹**	۸۵۳۳**	۴۱۸۰**
کودهای زیستی (B)	۷	۱۴۱**	۳۷۵**	۸۲۸۸**	۶۱۳**
N×B	۱۴	۵۷**	۴۴**	۹۲۸*	۴۱۰*
خطا	۴۶	۱۵	۱۳	۴۶۶	۱۷۳
ضریب تغییرات (٪)		۵/۲	۶	۵	۸/۱

*** و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد**

جدول ۱۲- مقایسه میانگین برهمکنش کودهای زیستی و نیتروژن بر هدایت الکتریکی، محتوای نسبی آب، عملکرد دانه و وزن ریشه

ترکیبات تیماری	هدایت الکتریکی برگ	محتوای نسبی آب برگ	عملکرد دانه	وزن ریشه
	(میکروزیمنس بر متر)	(درصد)	(گرم در مترمربع)	
$N_1 \times B_1$	۸۷/۹۶	۴۶/۱	۳۶۱/۴۷	۱۵۰/۶۷
$N_1 \times B_2$	۷۴/۲۳	۴۹/۶۶	۴۳۸/۱۷	۱۶۳/۸۷
$N_1 \times B_3$	۸۲/۴	۵۴/۴۳	۳۸۷/۹۷	۱۸۹/۱۳
$N_1 \times B_4$	۷۷/۷۸	۶۱	۴۴۵/۵	۱۶۷/۰۷
$N_1 \times B_5$	۸۵/۳	۶۳/۲۶	۳۷۲/۹	۱۵۶/۷
$N_1 \times B_6$	۷۷/۵۶	۵۸/۱	۳۸۳/۹۳	۱۸۱/۶
$N_1 \times B_7$	۸۰/۱	۶۰/۱	۳۹۸/۲۳	۱۶۳/۲۷
$N_1 \times B_8$	۷۴/۶۶	۶۶/۳	۴۶۵/۳۷	۱۷۶/۴۳
$N_2 \times B_1$	۸۳/۳۳	۵۰/۹۶	۳۷۸/۲۷	۱۹۲/۵۷
$N_2 \times B_2$	۷۱/۲۶	۶۳/۳	۳۹۳	۱۸۲/۸۳
$N_2 \times B_3$	۷۶/۸	۵۹/۲۶	۴۱۳/۶۳	۱۷۲/۵۷
$N_2 \times B_4$	۷۰/۶۷	۶۸/۹	۴۴۱/۶	۱۹۶/۷
$N_2 \times B_5$	۸۰/۸۶	۵۳/۳	۴۰۲/۷۳	۱۷۹/۶۷
$N_2 \times B_6$	۷۳/۶	۶۳/۸۶	۴۳۵/۹	۱۷۵/۱۷
$N_2 \times B_7$	۷۲/۱۳	۶۵/۷	۴۳۲/۵۳	۱۹۱/۴۳
$N_2 \times B_8$	۷۰/۰۳	۷۲/۸۶	۴۶۶/۵۳	۲۰۲/۱۷

N_1، N_2 و N_3 به‌ترتیب عدم کاربرد نیتروژن و کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار.

B_1، B_2، B_3، B_4، B_5، B_6، B_7 و B_8 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد میکوریزا موسه‌آ، میکوریزا اینترا، کاربرد موسه‌آ و اینترا، کاربرد ازتوباکتر، کاربرد ازتوباکتر و میکوریزا موسه‌آ، کاربرد ازتوباکتر و اینترا، کاربرد توأم ازتوباکتر و قارچ‌های موسه‌آ و اینترا. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری براساس آزمون LSD با هم ندارند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-17]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.1]

ادامه جدول ۱۲-

ترکیبات تیماری	هدایت الکتریکی برگ	محتوای نسبی آب برگ	عملکرد دانه	وزن ریشه
	(میکروزیمنس بر متر)	(درصد)	(گرم در مترمربع)	
$N_3 \times B_1$	۷۷/۲۶	۵۵/۱۳	۴۰۸/۳	۱۸۶/۷۳
$N_3 \times B_2$	۷۹/۷۶	۶۲/۷۳	۴۴۵/۶۷	۱۷۳/۷۳
$N_3 \times B_3$	۶۸/۵۶	۶۱/۰۳	۴۴۵/۳۷	۱۹۹
$N_3 \times B_4$	۷۴/۵	۷۲/۱۳	۴۸۶/۵	۲۰۵/۸
$N_3 \times B_5$	۷۰/۰۶	۶۱/۸۳	۴۲۱/۹	۱۹۴/۴۷
$N_3 \times B_6$	۷۸/۹	۵۸/۶۳	۴۰۳/۱۷	۱۷۷/۷
$N_3 \times B_7$	۶۶/۵۶	۷۱/۴۶	۴۴۶/۹۷	۲۰۲/۳۳
$N_3 \times B_8$	۶۳/۷۶	۷۵/۱۶	۴۹۴/۰۷	۲۱۴/۶
LSD	۶/۵۱۳	۶/۰۹۴	۳۵/۴۹۳	۲۱/۶۱۹

N_1، N_2 و N_3 به‌ترتیب عدم کاربرد نیتروژن و کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار.

B_1، B_2، B_3، B_4، B_5، B_6، B_7 و B_8 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد میکوریزا موسه‌آ، میکوریزا اینترا، کاربرد موسه‌آ و اینترا، کاربرد ازتوباکتر، کاربرد ازتوباکتر و میکوریزا موسه‌آ، کاربرد ازتوباکتر و اینترا، کاربرد توأم ازتوباکتر و قارچ‌های موسه‌آ و اینترا. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری براساس آزمون LSD با هم ندارند.

کیلوگرم اوره در هکتار به‌دست آمد که از کاهش ۳۷/۹۵ درصدی نسبت به تیمار شاهد برخوردار بود (جدول ۱۲). Evelin و همکاران (۲۰۱۲) کاهش میزان نشت الکترولیت در برگ شنبلیله میکوریزایی را به تغییرات القاشده در اثر تغذیه فسفری این گیاهان نسبت دادند که آثار آن در سطح فسفو لیپیدهای غشا و تغییر در خواص نفوذپذیری غشا نمایان می‌شود. Naghashzadeh (۲۰۱۴) بیان داشت کاربرد قارچ مایکوریزا با افزایش جذب مواد غذایی، توسعه سیستم ریشه‌ای و بهبود وضعیت آبی، موجب ثبات غشای سلولی در گیاه ذرت می‌شود. نتایج مشابهی نیز مبنی بر کاهش هدایت الکتریکی به واسطه تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در مقایسه با عدم تلقیح، توسط دیگر محققان گزارش شده است (Sandhya *et al.*, 2010؛ آقایی و همکاران، ۱۴۰۱).

فلورسانس حداکثر: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد کودهای زیستی و کود نیتروژن بر فلورسانس حداکثر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثرات توأم کودهای زیستی و نیتروژن در سه مرحله (۵۵، ۵۹ و ۷۵ روز پس از کشت) در سطح احتمال پنج درصد و در سه مرحله دیگر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱۳). بر اساس مقایسه میانگین‌ها در ۷۹ روز بعد از کاشت، بیشترین مقدار فلورسانس حداکثر (۵۰۳/۶) به کاربرد توأم ازتوباکتر، قارچ‌های میکوریزا موسه‌آ و اینترا همراه با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار تعلق داشت که از افزایش ۵۴/۸۱ درصدی فلورسانس حداکثر نسبت به سطح شاهد (عدم کاربرد کودهای زیستی و نیتروژن) برخوردار بود (جدول ۱۴). در این بررسی به نظر می‌رسد کاربرد کودهای زیستی به دلیل استفاده بهتر از رطوبت خاک و افزایش محتوای نسبی آب (جدول ۱۲)، شاخص کلروفیل (جدول ۴) و کاهش هدایت الکتریکی برگ پرچم (جدول ۱۲)، موجب کاهش فلورسانس حداقل (جدول ۸) و افزایش فلورسانس متغیر(جدول ۶)، فلورسانس حداکثر (جدول ۱۴) و عملکرد کوانتومی برگ پرچم (جدول ۱۰) و بهبود فعالیت فتوسنتزی گندم شده است. نتایج مشابهی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-17]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.1]

جدول ۱۳- تجزیه واریانس تأثیر کاربرد کودهای زیستی و نیتروژن بر روند تغییرات فلورسانس حداکثر برگ پرچم گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		فلورسانس حداکثر برگ پرچم (روز پس از کاشت)						
		۵۵	۵۹	۶۳	۶۷	۷۱	۷۵	۷۹
تکرار	۲	۸۰۳۰۶**	۱۱۶۷۵۲**	۱۱۹۵۸۵**	۵۴۱ns	۱۴۹۰۵**	۶۹۴۰۷**	۲۷۵۳۵**
نیتروژن (N)	۲	۴۹۷۹۲**	۸۱۲۵۵**	۲۴۹۶۸**	۲۱۴۴۳**	۱۶۴۷۵**	۱۶۵۲۸**	۱۵۹۷۴**
کودهای زیستی (B)	۷	۲۱۰۳۳**	۱۴۲۴۱**	۲۰۰۲۹**	۱۵۶۴۳**	۱۳۷۷۳**	۶۷۲۹**	۱۳۸۲۲**
N×B	۱۴	۳۱۲۱*	۳۲۵۷*	۴۵۶۲**	۳۷۷۱**	۲۳۶۰**	۵۱۳۷*	۴۱۰۰**
خطا	۴۶	۱۵۱۲	۱۳۶۸	۱۳۰۳	۶۵۸	۸۲۱	۲۱۲۳	۱۴۱۷
ضریب تغییرات (٪)		۵/۹۴	۶/۳۳	۶/۶۴	۶/۰۲	۵/۸۵	۱۰/۵۶	۹/۲۹

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

نیز مبنی بر بهبود فلورسانس حداکثر با کاربرد کودهای زیستی (میکوریزا و باکتری محرک رشد) توسط دیگر محققان گزارش شده است (Kheirizadeh Arough *et al.*, 2016). برخی محققین اظهار داشتند که پس از قرارگرفتن برگ در مقابل نور تابانده‌شده توسط دستگاه، مراکز احیای فتوسیستم II به تدریج بسته می‌شوند. برای همین، در اولین ثانیه تابش نور به برگ، عملکرد فلورسانس کلروفیل بالا رفته، فلورسانس از مقدار کمینه (F_0) به مقدار بیشینه خود (F_m) ارتقا می‌یابد. این افزایش نشان‌دهنده افزایش تدریجی عملکرد فلورسانس و کاهش سرعت واکنش‌های فتوشیمیایی است (Baker and Rosenqvist, 2004).

وزن ریشه: کاربرد کودهای زیستی (قارچ‌های میکوریزا و باکتری محرک رشد) و کود نیتروژنه بر وزن ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن خشک ریشه (۲۱۴/۶ گرم در مترمربع) در کاربرد توأم ازتوباکتر، قارچ‌های میکوریزا موسه‌آ و اینترا و کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کمترین آن (۱۵۰/۶۷ گرم در مترمربع) در عدم کاربرد کودهای زیستی و نیتروژن حاصل شد (جدول ۱۴). به بیانی دیگر کاربرد توأم قارچ‌های میکوریزا، موسه‌آ و اینترا همراه با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن موجب افزایش ۴۰/۴۵ درصد وزن ریشه نسبت به تیمار عدم کاربرد کودهای زیستی و نیتروژن شد (جدول ۱۴). پژوهشگران اظهار داشتند که ترشح مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه و تولید هورمون‌های محرک رشد توسط قارچ‌ها و باکتری‌های محرک رشد با تحریک توسعه و گسترش ریشه و همچنین تیمارهای قارچی نسبت به تیمارهای باکتریایی، با فراهم‌آوردن تناسب صحیح بین نیتروژن و سایر عناصر کم‌تحرک، مانند فسفر و عناصر کم‌مصرف موجب افزایش وزن خشک ریشه شد (محمودزاده و همکاران، ۱۳۹۴). Banerjee و همکاران (۲۰۰۶) بیان کردند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد با تولید مواد تنظیم‌کننده رشد مانند ایندول استیک اسید و تأثیر آن بر رشد ریشه از طریق افزایش وزن و انشعابات ریشه، کاهش ضخامت ریشه و افزایش تارهای مویین سطح ریشه، موجب افزایش وزن ریشه شد. کاربرد کودهای زیستی با تولید مواد تنظیم‌کننده رشد و تأثیر آن بر رشد ریشه از طریق افزایش وزن و انشعابات ریشه، موجب افزایش حجم ریشه می‌شود (سیدشریفی و نامور، ۱۳۹۵). در بررسی علت افزایش وزن ریشه گندم در مایه‌زنی بذر با ازتوباکتر اظهار شد که ایندول استیک اسید در کنار سایتوکینین که توسط ازتوباکتر تولید می‌شود از طریق رشد ریشه‌های جانبی، موجب افزایش وزن ریشه می‌شود (Narula *et al.*, 2001). محققان اظهار داشتند که تأثیر مواد تنظیم‌کننده رشد تولیدشده به‌وسیله (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) PGPR بر رشد ریشه از طریق پارامترهایی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-17]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.1]

جدول ۱۴- مقایسه میانگین برهمکنش کودهای زیستی و نیتروژن بر روند تغییرات فلورسانس حداکثر برگ پرچم گندم

ترکیبات تیماری	فلورسانس حداکثر برگ پرچم (روز پس از کاشت)						
	۵۵	۵۹	۶۳	۶۷	۷۱	۷۵	۷۹
$N_1 \times B_1$	۵۴۹/۳	۴۵۹/۳	۴۴۹/۳	۴۱۲	۴۰۷/۳	۳۶۲/۳	۳۶۳/۶
$N_1 \times B_2$	۶۵۰	۵۰۳/۳	۵۳۵	۴۳۷/۶	۴۹۲/۶	۳۸۲	۴۱۳/۶
$N_1 \times B_3$	۶۱۰/۳	۴۹۴	۵۷۹/۳	۵۲۷/۶	۵۱۵/۶	۴۶۷	۴۱۰/۳
$N_1 \times B_4$	۶۴۶/۳	۵۲۱	۵۳۲/۶	۵۱۲/۶	۴۸۱/۳	۳۹۰/۶	۳۸۳/۳
$N_1 \times B_5$	۵۴۵/۶	۶۰۷/۶	۴۳۲/۶	۵۱۷/۳	۳۹۸	۴۳۳	۳۲۵/۳
$N_1 \times B_6$	۵۷۹	۵۱۵/۳	۴۶۵/۳	۴۴۴/۳	۴۳۷/۶	۳۹۱	۳۳۹
$N_1 \times B_7$	۵۹۳	۵۰۰/۶	۴۹۳/۶	۴۸۲/۶	۴۵۶	۴۴۸/۳	۳۷۲/۳
$N_1 \times B_8$	۶۵۵/۳	۵۶۹/۳	۵۷۸	۵۲۷	۵۰۰/۳	۴۱۳	۴۲۰/۳
$N_2 \times B_1$	۵۷۸/۶	۵۲۵/۳	۴۵۹	۴۳۱/۶	۴۲۶	۳۷۲	۳۳۵/۳
$N_2 \times B_2$	۶۲۳	۵۸۱	۵۴۵/۶	۵۱۳	۴۹۰/۳	۴۲۵/۶	۳۵۷/۳
$N_2 \times B_3$	۶۳۹/۳	۵۴۴/۶	۵۴۱/۳	۵۰۶/۳	۴۹۳	۴۰۲/۳	۳۸۴
$N_2 \times B_4$	۷۲۷	۶۴۴/۶	۵۸۳/۶	۵۳۴/۳	۵۳۷/۶	۴۶۶/۶	۴۴۲/۶
$N_2 \times B_5$	۶۱۷/۳	۵۷۸/۳	۴۷۱/۳	۴۵۰	۴۳۳/۶	۴۲۴/۶	۳۵۷
$N_2 \times B_6$	۶۸۵/۶	۵۹۲/۳	۵۷۴	۵۳۲	۴۹۹/۶	۴۴۸/۶	۴۴۸/۶
$N_2 \times B_7$	۶۹۸/۳	۶۱۹	۵۶۵/۶	۵۶۸	۵۲۴/۶	۴۵۰/۶	۴۵۳
$N_2 \times B_8$	۷۳۳[a]	۶۶۵/۳	۶۵۲	۶۰۱/۳	۵۴۴/۶	۴۸۷/۶	۴۷۳
$N_3 \times B_1$	۶۱۹/۳	۵۸۸/۶	۵۲۰/۶	۴۹۱/۳	۴۶۷	۴۳۸/۶	۳۷۳/۳
$N_3 \times B_2$	۶۸۹/۳	۶۵۶/۶	۶۵۶/۳	۵۵۰/۳	۵۰۵/۶	۴۹۸/۶	۴۰۶/۳
$N_3 \times B_3$	۶۱۹	۶۰۰/۶	۵۰۵/۳	۴۸۱/۶	۴۶۱/۶	۳۹۸/۳	۳۶۴
$N_3 \times B_4$	۷۵۵	۶۷۶/۶	۶۲۸/۶	۵۹۴/۳	۵۷۸/۳	۵۱۸/۶	۴۹۱/۳
$N_3 \times B_5$	۶۷۶/۳	۶۴۴	۵۶۹/۶	۵۱۹	۴۸۶/۶	۴۵۴/۳	۴۰۲
$N_3 \times B_6$	۶۸۲/۶	۶۶۶/۳	۵۲۹	۵۰۶/۶	۴۷۸	۴۳۵	۴۰۶/۶
$N_3 \times B_7$	۷۵۰/۶	۵۵۵/۶	۶۲۱	۵۸۱/۳	۵۵۹	۴۰۹	۴۹۳
$N_3 \times B_8$	۷۴۱/۳	۷۰۲/۶	۶۳۵/۶	۶۱۳	۵۶۷/۳	۵۵۴	۵۰۳/۶
LSD	۶۳/۹۱	۶۰/۷۹	۵۹/۳۴	۵۰/۸۸	۴۷/۰۹	۷۵/۷۴	۶۱/۸۷

N_1، N_2 و N_3 به‌ترتیب عدم کاربرد نیتروژن و کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار.

B_1، B_2، B_3، B_4، B_5، B_6، B_7 و B_8 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد میکوریزا موسه‌آ، میکوریزا اینترا، کاربرد موسه‌آ و اینترا، کاربرد ازتوباکتر، کاربرد ازتوباکتر و میکوریزا موسه‌آ، کاربرد ازتوباکتر و اینترا، کاربرد توأم ازتوباکتر و قارچ‌های موسه‌آ و اینترا. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری براساس آزمون LSD با هم ندارند.

بروز می‌کند که مهم‌ترین آن‌ها افزایش وزن و انشعابات ریشه، کاهش ضخامت ریشه و افزایش تارهای مویین سطح ریشه هستند که از میان آن‌ها افزایش وزن ریشه بر اثر کاربرد PGPR عمومی‌تر است (Banerjee *et al*., 2006; Vessey and Buss, 2002). Ryder و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که کودهای زیستی از طریق سنتز هورمون‌های محرک رشد و افزایش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-17]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.1]

جدول ۱۵- تجزیه واریانس تأثیر کاربرد کودهای زیستی و نیتروژن بر کارآیی مصرف کود گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات کارآیی مصرف کود
تکرار	۲	۷/۶۴۵**
نیتروژن (N)	۱	۱۳۶/۳۹۴**
کودهای زیستی (B)	۷	۰/۴۳۵ns
N×B	۷	۰/۰۷۸ns
خطا	۳۰	۰/۳۳۶
ضریب تغییرات (٪)	-	۴/۶

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۱۶- مقایسه میانگین تأثیر سطوح کود نیتروژن بر کارآیی مصرف کود گندم

سطوح کود نیتروژن	کارآیی مصرف کود (کیلوگرم بر کیلوگرم)
N_2	۱۴/۲۷
N_3	۱۰/۹
LSD	۰/۳۴۱

N_2 و N_3 به‌ترتیب کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار.

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

تقسیمات سلولی، ضمن افزایش ریشه‌زایی و کمک به گسترش ریشه، در نهایت موجب افزایش وزن ریشه می‌شوند. باکتری‌های محرک رشد به‌عنوان یک تحریک‌کننده رشد گیاهی، غیر از تثبیت نیتروژن مولکولی با تولید اکسین و افزایش تارهای کشنده ریشه ضمن کمک به جذب عناصر غذایی از خاک منجر به بهبود رشد گیاه می‌شوند. Pacovsky (۱۹۹۰) بیشترین وزن ریشه را از کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم کود نیتروژن‌دار در تلقیح با ازتوباکتر و کمترین آن را در عدم کاربرد نیتروژن و عدم تلقیح بذر با باکتری گزارش کردند.

کارآیی مصرف کود نیتروژن: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عامل نیتروژن بر کارآیی مصرف آن کود توسط گندم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۱۵). براساس جدول مقایسه میانگین کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از بیش‌ترین کارآیی مصرف کود (۱۴/۲۷) و از افزایش ۳۰/۹۱ درصدی نسبت به کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن برخوردار بود (جدول ۱۶). به‌نظر می‌رسد در مصرف مقادیر بالاتر نیتروژن، به‌دلیل خارج‌شدن آن از دسترس گیاه در اثر آبشویی، تصعید و نیز از نظر تئوری با بزرگ‌شدن مخرج کسر، کارآیی مصرف نیتروژن نیز کاهش می‌یابد (Gan *et al*., 2008). Khan و همکاران (۲۰۱۷) طی بررسی در گندم دریافتند که با افزایش کود نیتروژن، کارآیی مصرف آن کاهش یافت. به‌طور کلی زمانی که گیاه به عناصر غذایی نیاز دارد، به افزایش آن‌ها در خاک واکنش مثبت نشان می‌دهد. با رفع تدریجی نیاز گیاه، واکنش آن به مقادیر بیشتر کودی کمتر می‌شود. از این‌رو با وجود مصرف مقادیر بالای کود، کارآیی مصرف عناصر غذایی بعد از رفع نیاز گیاه کمتر می‌شود.

نتیجه‌گیری

کاربرد کودهای زیستی و کود نیتروژنه منجر به افزایش شاخص کلروفیل، اجزای فلورسانس کلروفیل (بجز فلورسانس

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-17]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.1]

حداقل) و در نهایت عملکرد کوانتومی شد. همچنین به کارگیری مقادیر بالای کود نیتروژنه به همراه ازتوباکتر و میکوریزا موسهآ و اینترا موجب بهبود محتوای نسبی آب و کاهش هدایت الکتریکی شد. در کل به نظر می‌رسد اثربخشی کود نیتروژن برای صفات مختلف در مقادیر بالاتر کود در حضور کودهای زیستی مشهودتر است اما وقتی بدون حضور کود زیستی مصرف شود اثر بخشی آن پایین‌تر است و احتمالاً مابقی آن هدر می‌رود. با افزایش مقادیر کود مصرفی نیتروژن، کارآیی مصرف کود کاهش یافت به‌طوری‌که بالاترین کارآیی مصرف کود در اولین واحدهای مصرفی از کود نیتروژن بدست آمد. تحت شرایط مورد بررسی کاربرد کودهای زیستی (ازتوباکتر و میکوریزا) و ۲۰۰ کیلوگرم اوره عملکرد دانه گندم را ۳۶/۶ درصد در مقایسه با شاهد (عدم کاربرد نیتروژن و کودهای زیستی) افزایش داد.

منابع

آقایی، فاطمه، سیدشریفی، رئوف، و فرزانه، سلیم (۱۴۰۱). تغییرات القاءشده در شاخص‌های فیزیولوژیک و عملکرد تریتیکاله (*Triticosecale* Wittmack) تحت تنش کم آبی به‌وسیله برخی تعدیل‌کننده‌های تنش. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*، *۱۵*(۱)، ۸۵۰-۸۷۰. https://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2024.6128.2197

آقایی، فاطمه، سیدشریفی، رئوف، خماری، سعید، و نریمانی، حامد (۱۳۹۹). تأثیر متانول بر عملکرد دانه، شاخص های فلورسانس کلروفیل و برخی ویژگی های فیزیولوژیک گندم در شرایط قطع آبیاری. *مجله تولید گیاهان زراعی*، *۱۳*(۴) ، ۱۷۲-۱۵۱. DOI:10.22069/ejcp.2021.18631.2382

آگاهی، روانبخش، سیدشریفی، رئوف، و نریمانی، حامد (۱۴۰۱). تأثیر میکوریزا و نانواکسید آهن و روی بر گره‌زایی و عملکرد کمی و کیفی عدس دیم. *نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی*، *۶۵*(۳)، ۱۱۰-۹۳. Doi: 10.30495/iper.2022.690263

جعفری‌وفا، همایون، حیدری، غلامرضا، و خالص‌رو، شیوا (۱۳۹۸). اثر آبیاری تکمیلی و کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم. *دانش کشاورزی و تولید پایدار*، *۲۹*(۲)، ۱۸۷-۱۷۳.

زاد بهتویی، مهشید، سیدشریفی، رئوف، و خلیل‌زاده، راضیه (۱۳۹۷). کاربرد نیتروژن و کودهای زیستی بر عملکرد، کارایی مصرف نیتروژن و برخی صفات مورفوفیزیولوژیک برنج. *نشریه تحقیقات غلات*، *۸*(۴)، ۴۲۱-۴۰۹. doi: 10.22124/c.2019.10772.1407

سیدشریفی، رئوف، و خلیل‌زاده، راضیه (۱۳۹۶). تولید غلات. انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی.

سید شریفی، رئوف، و نامور، علی (۱۳۹۵). کودهای زیستی در زراعت. انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی.

صالح بغدادی، امیر، کاشانی، علی، گل زردی، فرید، و ایلکایی، محمد نبی (۱۳۹۶). مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک برای بهبود عملکرد علوفه ذرت. *نشریه پژوهش‌های کاربردی زراعی*، *۳۰*(۲)، ۹۰-۷۵.

کاویانی، بهزاد (۱۳۹۴). اثر تلقیح سویه‌های باکتری محرک رشد تحت سطوح مختلف کود نیتروژن بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی گندم رقم مروارید. *نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی*، *۱۰*(۳۹)، ۷۸-۶۶.

کمری، حسین (۱۳۹۳). تأثیر تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشدی و نانو اکسید روی بر عملکرد، دوره پر شدن دانه و برخی صفات مورفوفیزیولوژیک تریتیکاله. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه محقق اردبیلی.

محمودزاده، مهدی، رسولی صدقیانی، محمدحسن، و عسگری لجایر، حمایت (۱۳۹۴). تأثیر باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه و قارچ‌های آربوسکولار میکوریزا بر خصوصیات ریخت‌شناسی و غلظت عناصر پرمصرف گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) در شرایط گلخانه. *علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای*، *۶*(۲۴)، ۱۶۷-۱۵۵.

نظریان، رامین، صمیم، نوراحمد، صحابی، حسین، و فیضی، حسن (۱۴۰۱). تأثیر منابع تأمین نیتروژن بر عملکرد کمّی و کیفی ارقام گندم (*Triticum aestivum* L.). *نشریه بوم‌شناسی کشاورزی*، *۱۴*(۲)، ۳۷۷-۳۶۳.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-17]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.1]

محسنی محمدجانلو، علیرضا، سیدشریفی، رئوف، و خماری، سعید (۱۴۰۱). تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر عملکرد دانه و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی گندم در سطوح مختلف آبیاری. *مجله به‌زراعی کشاورزی*، ۲۴(۱)، ۸۳-۶۷. DOI: 10.22059/jci.2021.308522.2439.

Baker, N. R. & Rosenqvist, E. (2004). Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: An examination of future possibilities. *Journal of Experimental Botany*, *55* (403), 1607-1621. https://doi.org/10.1093/jxb/erh196

Banerjee, M. R., Yesmin, L., & Vessey, J. K. (2006). Plant-growth-promoting rhizobacteria as biofertilizers and biopesticides. In: Handbook of Microbial Biofertilizers (ed. Rai, M. K.) Pp. 137-181. Food Production Press, U.S.A.

Biswas, P., Hosain, D., Ullah, M., Akter, N., & Bhuiya, M. A. A. (2003). Performance of groundnut under different levels of bradyrhizobial inoculum and nitrogen fertilizer. *SAARC Journal of Agriculture*, *1*, 61-68.

Cavagnaro, T. R., Jackson, L. E., Six, J., Ferris, H., Goyal, S., Asami, D., & Scow, K. M. (2005). Arbuscular mycorrhizas, microbial communities, nutrient availability, and soil aggregates in organic tomato production. *Plant and Soil*, *282*, 209-225. https://doi/10.1007/s11104-005-5847-7

Coming, L. & Zang, U. (2000). Photosynthetic CO_2 assimilation chlorophyll fluorescence and photoinhibiton as affected by nitrogen deficiency in maize plants. *Journal Plant Science*, *15*, 135-143. https://doi.org/10.1016/S0168-9452(99)00207-1

Cooper, K. M. & Tinker, P. B. (2003). Translocation transfer of nutrients in vesicular-arbuscularmycorrhiza. Uptake translocation of phosphorus, zinc sulphur. *New Phytology*, *81*, 43-52. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1978.tb01602.x

El-Kholy, M. A. & Gomaa, A. M. (2000). Biofertilizers and their impact on forage yield and N-content of millet under low level of mineral fertilizers. *Annals of Agriculture Science*, *38*(2), 813-822.

Evelin, H., Giri, B., & Kapoor, R. (2012). Contribution of *Glomus intraradices* inoculation to nutrient acquisition and mitigation of ionic imbalance in NaCl-stressed *Trigonella foenum-graecum*. *Mycorrhiza*, *22*, 203-217. DOI: 10.1007/s00572-011-0392-0

Francheboud, Y. & Leipner, J. (2003). The application of chlorophyll fluorescence to study light, temperature and drought stress. *Plant Physiology*, *100*, 214-223.

Gan, Y., Malhi, S., Brandt, S., Katepa-Mupondwa, F., & Stevenson, C. (2008). Nitrogen use efficiency and nitrogen uptake of Juncea canola under diverse environments. *Journal of Agronomy*, *100*, 285-295. https://doi.org/10.2134/agronj2007.0229

Goodroad, L. L. & Jellum, M. D. (1998). Effect of nitrogen fertilizer rate and soil plt on nitrogen use efficiency in corn. *Plant and Soil*, *106*, 85-89.

Guo, Y., Ni, Y., & Huang, J. (2010). Effects of rhizobium, arbuscular mycorrhiza and lime on nodulation, growth and nutrient uptake of lucerne in acid purplish soil in China. *Tropical Grasslands*, *44*, 109-114.

Hatfield, J. L. & Prueger, J. H. (2015). Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*, *10*, 4-10. https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001

Hongju, Q. I., Jiangtao, W., & Zhaoyu, W. (2013). A comparative study of the senility of F_V/F_M to phosphorus limitation on four Marin Algae. *Journal Ocean Univiversity China*, *12*(1), 77-84. DOI: 10.1007/s11802-011-1975-5

Khan, A., Khan, A., Li, J., Ahmad, M. I., Sher, A., Rashid, A., & Ali, W. (2017). Evaluation of wheat varietal performance under different nitrogen sources. *American Journal of Plant Sciences*, *8*, 561-573. 10.4236/ajps.2017.83039

Kheirizadeh Arough, Y., Seyed Sharifi, R., Sedghi, M., & Barmaki, M. (2016). Effect of zinc and bio fertilizers on antioxidant enzymes activity, chlorophyll content, soluble sugars and proline in triticale under salinity condition. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *44*(1), 116-124. DOI:10.15835/nbha44110224

Kloepper, J. W., Lifshitz, R., & Zablotowicz, R. M. (1989). Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. *Trends in Biotechnology*, *7*, 39-44. http://dx.doi.org/10.1016/0167-7799(89)90057-7

Kostopoulou, P., Barbayiannis, N., & Basile, N. (2010). Water relations of yellow sweet clover under the synergy of drought and selenium addition. *Plant and Soil*, *330*, 65-71. DOI:10.1007/s11104-009-0176-x

Kumar, J. & Abbo, S. (2001). Genetics of flowering time in chickpea and its bearing on productivity in semiarid environments. *Advance Agronomy*, *72*, 107-138.

Mader, P., Kaiser, F., Adholeya, A., Singh, R., Uppal, H. S., Sharma, A. K., Srivastava, R., Sahai, V., Aragno, M., Wiemken, A., Johri, B. N., & Fried, P. M. (2011). Inoculation of root microorganisms for sustainable wheat-rice and wheat-black gram rotations in India. *Soil Biology and Biochemistry*, *43*, 609-619.

Maxwell, K. & Johnson, G. N. (2000). Chlorophyll fluorescence ea practical guide. *Journal of Experimental Botany*, *51*, 659-668. https://doi.org/10.1093/jexbot/51.345.659

Naghashzadeh, M. R. (2014). Response of relative water content and cell membrane stability to mycorrhizal

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-17]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.1]

biofertilizer in Maize. *Electronic Journal of Biology*, *10*(3), 68-72.

Namvar, A. & Khandan, T. (2015). Inoculation of rapeseed under different rates of inorganic nitrogen and sulfur fertilizer: Impact on water relations, cell membrane stability, chlorophyll content and yield. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *61*, 1137-1149. https://doi.org/10.1080/03650340.2014.982550

Namvar, A., Seyed Sharifi, R., Khandan, T., & Jafari Moghadam, M. (2013). Organic and inorganic nitrogen fertilization effects on some physiological and agronomical traits of chickpea in irrigated condition. *Journal of Central European Agriculture*, *14*, 28-40. DOI: https://doi.org/10.5513/JCEA01/14.3.1281

Narula, N., Kumar, V., Behl, R. K., Deubel, A., Gransee, A., & Merbach, W. (2001). Effect of P-solubilizing *Azotobacter chroococcum* on N, P and K uptake in P- responsive wheat genotypes grown under greenhouse conditions. *Journal of Plant Nutrtion*, *163*, 393-398.

Pacovsky, R. S. (1990). Development and growth effects in sorghum-Azospirillum association. *Journal of Applied Bacteriology*, *68*, 555-563. https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1990.tb05220.x

Paknejad, F., Majidi Heravan, E., Noor Mohammadi, Q., Siyadat, A., & Vazan, S. (2007). Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, *5*(4), 162- 169. doi:10.3923/jbs.2007.841.847

Ryder, M. H., Nong, Y. Z., Terrace, T. E., Rovira, A. D., Hua, T. W., & Correll, R. L. (1999). Use of strains of Bacillus isolated in China to suppress take-all and Rhizoctonica root rot, and promotes seedling growth of glasshouse-grown wheat in Australian soils. *Soil Biology and Biochemistry*, *31*, 19-29. https://doi.org/ 10. 1016/S0038-0717(98)00095-9

Sandhya, V., Ali, S. K. Z., Grover, M., Reddy, G., & Venkateswaralu, B. (2010). Effect of plant growth promoting *Pseudomonas* spp. on compatible solutes antioxidant status and plant growth of maize under drought stress. *Plant Growth Regulation*, *62*(1), 21-30. DOI:10.1007/s10725-010-9479-4

Sannazzaro, A. I., Ruiz, O. A., Alberto, E. O., & Menendez, A. B. (2006). Alleviation of salt stress in lotus glaber by *Glomus intradices. Plant and Soil*, *285*, 279-287. DOI:10.1007/s11104-006-9015-5

Sayar, R., Khemira, H., Kameli, A., & Mosbahi, M. (2008). Physiological tests as predictive appreciation for drought tolerance in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Agronomy Research*, *6*(1), 79-90.

Seyed Sharifi, R., Khalilzadeh, R., & Vatandoost, M. (2017). Study of nitrogen fertilizer and cycocel on Fv/Fm and dry matter mobilization to grain yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cercetari Agronomice in Moldova*, *1*(169), 5-17. DOI: 10.1515/cerce-2017-0001

Shaharoona, B., Arshad, M., & Zahir, Z. A. (2006). Effect of plant growth promoting rhizobacteria containing ACC-deaminase on maize (*Zea mays* L.) growth under axenic conditions and on nodulation in mung bean (*Vigna radiata* L.). *Letters in Applied Microbiology*, *42*(2), 155-159. DOI: 10.1111/j.1472-765X.2005.01827.x

Sharaan, A. N. & El-Samie, F. S. (1999). Response of wheat varietiers to some environmental influences.1. Effect of seeding rates and N fertilization levels on growth and yield of two wheat varieties (*Triticum aestivum* L.). *American Agriculture Science*, *44*, 589-601. DOI:10.22124/CJES.2022.5764

Tang, M., Chen, H., Huang, J. C., & Tian, Z. Q. (2009). Arbuscular mycorrhiza fungi effects on the growth and physiology of (*Zea mays* L.) seedlings under diesel stress. *Soil Biology Biochemistry*, *41*, 936-940. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.11.007

Vessey, J. K. & Buss, T. J. (2002). Bacillus cereus UW85 inoculation effects on growth, nodulation, and Naccumulation in grain legumes. Controlled-environment studies. *The Canadian Journal of Plant Science*, *82*, 282-290. DOI:10.4141/P01-047

Vessy, K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizars. *Plant and Soil*, *255*, 571-586.

Wu, S. C., Cao, H., & Cheung, K. C. (2008). Effect of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: agreen house trial. *Geoderma*, *125*, 155-166. DOI:10.1016/j.geoderma.2004.07.003

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-17]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.1]

Effects of nitrogen and biofertilizers on the trend of changes in chlorophyll fluorescence components, yield and some traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) var. Chamran

Mojtaba Yazdani[1], Golamabbas Akbari[1], Raouf Seyed Sharifi[2]*

[1] Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran
[2] Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
(Received: 2024/01/08, Accepted: 2024/06/02)

Abstract

In order to study the effects of nitrogen and biofertilizers on the trend of changes in chlorophyll fluorescence components, grain yield and some traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) var. Chamran, an experiment as factorial, was conducted based on a randomized complete block design with three replications at the research farm of the Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabil, in 2021–2022. The experimental factors included the application of biofertilizer at eight levels (control, *Azotobacter*, *Glomus moseae*, *Glomus intradices*, *Glomus moseae* with *Azotobacter*, *Glomus intradices* with *Azotobacter*, *Glomus moseae* and *Glomus intradices*, *Glomus moseae* and *Glomus intradices* with *Azotobacter*) and nitrogen rates at three levels (no application of nitrogen as a control, application of 100 and 200 kg urea/ha). The results showed that *Azotobacter sp.* and Mycorrhiza (*Glomus moseae* and *Glomus intradices*) and 200 kg urea/ha had the lowest electrical conductivity and minimum fluorescence. Biofertilizer application (*Azotobacter*, *Glomus moseae* and *intradices*) increased the chlorophyll index (56.31%), relative water content (63.03%), variable fluorescence (101.86%), maximum fluorescence (38.5%), quantum yield (45.77%) and grain yield (36.68%) in comparison with no application of nitrogen and biofertilizers. The maximum nitrogen use efficiency was observed in the application of 100 kg nitrogen/ha. Based on the results of this study, it seems that the application of biofertilizers (*Azotobacter* and *Mycorrhiza*) and 200 kg urea/ha by improving chlorophyll fluorescence components and some physiological traits such as electrical conductivity and relative water content increased the grain yield of wheat by about 36.6% in comparison with control (no application of nitrogen and biofertilizers).

Keywords: Plant growth promoting rhizobacteria, Relative water content, Seed inoculation, Urea

Corresponding author, Email: j.khara@urmia.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-17]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.1]