



# بهره‌زایی کشاورزی

دوره ۲۴ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۴۰۱

صفحه‌های ۸۳-۶۷

DOI: 10.22059/jci.2021.308522.2439

مقاله پژوهشی:

## تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر عملکرد دانه و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی گندم در سطوح مختلف آبیاری

علیرضا محسنی محمدجانلو<sup>۱</sup>، رئوف سید شریفی<sup>۲\*</sup>، سعید خماری<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲. استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۳. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۷/۲۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۲/۱۷

### چکیده

به منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر عملکرد و برخی صفات گندم در سطوح مختلف آبیاری، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل آبیاری (آبیاری کامل به عنوان شاهد، قطع آبیاری در ۵۰ درصد مراحل خوشه‌دهی و آبستنی)، کودهای زیستی (عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد میکوریز، کاربرد هم‌زمان سودوموناس و فلاوباکتریوم، کاربرد هم‌زمان میکوریز با سودوموناس و فلاوباکتریوم) و محلول‌پاشی پوترسین (محلول‌پاشی با آب به عنوان شاهد، ۰/۵ و یک میلی‌مولار) بودند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حداکثر محتوای نسبی آب برگ پرچم، شاخص کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و عملکرد کوانتومی، در شرایط آبیاری کامل با کاربرد هم‌زمان میکوریز با سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین به دست آمد. محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین در مقایسه با عدم کاربرد پوترسین، عملکرد دانه را حدود ۸/۵ درصد افزایش داد. همچنین بالاترین عملکرد دانه (۷۹۹/۴۴ و ۷۴۶/۳۸ گرم در مترمربع)، به ترتیب با کاربرد هم‌زمان سودوموناس و فلاوباکتریوم و کاربرد هم‌زمان میکوریز با سودوموناس و فلاوباکتریوم در شرایط آبیاری کامل و کم‌ترین آن (۴۰۳/۴۲ گرم در مترمربع) در شرایط قطع آبیاری در آبستنی و عدم کاربرد کودهای زیستی به دست آمد. به نظر می‌رسد کودهای زیستی و پوترسین می‌تواند به دلیل بهبود برخی صفات فیزیولوژیکی، عملکرد دانه گندم را تحت شرایط محدودیت آبی افزایش دهد.

**کلیدواژه‌ها:** پلی‌آمین‌ها، سودوموناس، فلاوباکتریوم، محتوای نسبی آب، محدودیت آبی، میکوریز.

## Effect of Bio Fertilizers and Putrescine on Grain Yield and Some Physiological Indices of Wheat (*Triticum aestivum* L.) at Various Irrigation Levels

Alireza Mohseni Mohammadjanlou<sup>1</sup>, Raouf Seyed Sharifi<sup>2\*</sup>, Saeid Khomari<sup>3</sup>

1. Ph.D. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

2. Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

3. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Received: October 18, 2020

Accepted: May 07, 2021

### Abstract

In order to study the effect of bio fertilizers and putrescine on yield and some traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) at various irrigation levels, a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications at the research farm of University of Mohaghegh Ardabili, during 2018-2019. The factors include irrigation (full irrigation as control, irrigation withholding at 50% of heading and booting stages), bio fertilizers (no bio fertilizer, application of mycorrhiza, both application *Pseudomonas* and *Flavobacterium*, application of mycorrhiza with *Pseudomonas* and *Flavobacterium*) and putrescine foliar application (foliar application with water as control, foliar application with 0.5 and 1 mM of putrescine). Comparison of the means showed that the maximum amount of relative water content of flag leaf, chlorophyll index, stomatal conductance and quantum yield were obtained in full irrigation, application of mycorrhiza with *Pseudomonas* and *Flavobacterium* and foliar application 1 mM of putrescine. Foliar application 1 mM of putrescine increased grain yield of about 8.5% in comparison with no application of putrescine. Also, the highest grain yield (799.44 and 746.38 g.m<sup>-2</sup>) were obtained with application of both *Pseudomonas* and *Flavobacterium*, as well as application of mycorrhiza with *Pseudomonas* and *Flavobacterium*, respectively under full irrigation conditions. In the meantime, the lowest (403.42 g.m<sup>-2</sup>) belongs to the treatment under irrigation withholding in booting stage, without the application of bio fertilizer. It seems that application of putrescine and bio fertilizers can increase grain yield of wheat under water limitation conditions as it improves some physiological traits.

**Keywords:** contentwater limitation, flavobacterium, mycorrhiza, polyamin, pseudomonas, Relative water.

## ۱. مقدمه

جبران می‌کنند (Seyed Sharifi & Namvar, 2016). بررسی‌های Jarak *et al.* (2012) نشان دادند که تلقیح هم‌زمان باکتری‌های سودوموناس پوتیدا<sup>۱</sup>، باسیلوس<sup>۲</sup> و ازتوباکتر کروکوکوم<sup>۳</sup> موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه ذرت شد. هم‌چنین Kirchner *et al.* (1993) به وجود فلاوباکتریوم<sup>۴</sup> در ریزوسفر گندم و جو اشاره نموده و افزایش عملکردی معادل ۳۰۰-۵۰۰ کیلوگرم در هکتار را در تلقیح بذر گندم و جو با فلاوباکتریوم گزارش کردند. میکوریزها<sup>۵</sup> نیز به دلیل افزایش سطح جذب ریشه‌ها از راه نفوذ مسیلیوم قارچ در خاک و دسترسی گیاهان زراعی به حجم بیش‌تری از خاک، در افزایش جذب آب و عناصر غذایی بسیار مؤثرند (Seyed Sharifi & Namvar, 2016). Mader *et al.* (2011) گزارش کردند که تلقیح هم‌زمان بذر گندم با میکوریز و سودوموناس، عملکرد و اجزای عملکرد را به میزان ۴۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. این درحالی است که Kheirizadeh Arough & Seyed Sharifi (2016) گزارش کردند که محتوای نسبی آب و عملکرد کوانتومی برگ پرچم ترتیکاله<sup>۶</sup> در شرایط محدودیت آبی، با کاربرد هم‌زمان میکوریز و سودوموناس افزایش یافت.

در سال‌های اخیر استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد مانند پلی‌آمین‌ها<sup>۷</sup> برای کاهش اثر تنش‌های محیطی در گیاهان مطرح شده است. پلی‌آمین‌ها در بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیک نظیر رشد و نمو گل و میوه، پیری برگ، و پاسخ گیاه به تنش‌های زنده و غیرزنده محیطی مؤثر است (Kusano *et al.*, 2008). فیزیولوژی پلی‌آمین‌ها در تنش‌ها

گندم (*Triticum aestivum* L.) از مهمترین گیاهان زراعی است که به دلیل ارزش غذایی بالا، تنوع و مرغوبیت فرآورده‌های آن، تأمین بیش از نصف پروتئین مصرفی، سالانه در سطح وسیعی از مناطق خشک و نیمه‌خشک کشت می‌شود. در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کم‌آبی از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر در کاهش رشد و عملکرد گندم محسوب می‌شود که با کاهش کارایی فتوسنتزی از طریق افزایش فلورسانس کلروفیل، کاهش کلروفیل و محتوای نسبی آب (Monakhova & Chernyadev, 2002)، تولید گونه‌های فعال اکسیژنی و کاهش پایداری غشا بر رشد و عملکرد گیاه تأثیر می‌گذارد (El-Tayeb, 2006). Lawlor & Cornic (2002) گزارش دادند که محدودیت آبی موجب می‌شود انتقال الکترون در فتوسیستم II مختل شده و الکترون اضافی ناشی از فتولیز آب، با تولید اکسیژن فعال و خسارت به غشای سلولی از طریق پراکسیدشدن چربی‌ها و پروتئین‌ها، به کاهش محتوای کلروفیل گیاه منجر شود. Baili *et al.* (2006) کاهش محتوای نسبی آب و عملکرد کوانتومی (Fv/Fm) را، در اثر محدودیت آبی گزارش کردند. برخی پژوهش‌گران کاهش عملکرد دانه را به کاهش محتوای کلروفیل و هدایت روزنه‌ای در گیاه به دلیل کاهش در فتوسنتز نسبت داده‌اند (Liang *et al.*, 2002). بررسی‌های انجام‌شده توسط Miyashita *et al.* (2005) نشان داد که با افزایش محدودیت آبی در لوبیا، عملکرد کوانتومی (Fv/Fm)، سرعت تعرق و هدایت روزنه‌ای کاهش یافت. یکی از راه‌های تعدیل یا کاهش اثرات تنش‌ها، کاربرد باکتری‌های محرک رشد است (Mahdavi-pour *et al.*, 2009). این باکتری‌ها در شرایط تنش نه‌تنها موجب افزایش تحمل‌پذیری گیاهان می‌شوند، بلکه با تکثیر خود بخشی از میکروارگانیسم‌های از دست‌رفته خاک را نیز

1. Pseudomonas Putida
2. Bacillus
3. Azotobacter chroococcum
4. Flavobacterium
5. Mycorrhiza
6. Triticale
7. polyamines

## ۲. مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۱۹ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ اجرا شد. اقلیم محل اجرای آزمایش براساس طبقه‌بندی آمبرژه از نوع نیمه‌خشک سرد می‌باشد. فاکتورهای مورد بررسی شامل آبیاری در سه سطح (آبیاری کامل به‌عنوان شاهد، قطع آبیاری در ۵۰ درصد مراحل خوشه‌دهی و آبستنی به‌ترتیب به‌عنوان محدودیت ملایم و شدید آبی براساس کد ۵۵ و ۴۳ مقیاس BBCH<sup>۱</sup>) و کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد کودهای زیستی به‌عنوان شاهد، کاربرد میکوریز، کاربرد هم‌زمان سودوموناس و فلاوباکتریوم، کاربرد هم‌زمان میکوریز با سودوموناس و فلاوباکتریوم) و محلول‌پاشی پوترسین در سه سطح (محلول‌پاشی با آب به‌عنوان شاهد، کاربرد ۰/۵ و یک میلی‌مولار) بودند. محلول‌پاشی پوترسین بعد از ساقه‌روی و قبل از قطع آبیاری در مرحله آبستنی انجام شد. مایه تلقیح باکتری‌های موردنیاز از مؤسسه خاک و آب تهران تهیه شد که هر گرم آن دارای ۱۰<sup>۷</sup> عدد باکتری زنده و فعال بود. رقم مورد استفاده، رقم آبی گاسکوژن<sup>۳</sup> بود که از شرکت تعاونی تولیدی پیراقوم اردبیل تهیه شد. این رقم پابلند، با تیپ رشد زمستانه و مقاوم به سرما و خوابیدگی و در گروه ارقام با کیفیت نانویی بسیار خوب قرار دارد. هر واحد آزمایشی دارای پنج ردیف کاشت به طول دو متر با فواصل بین ردیفی ۲۵ سانتی‌متر و تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع بود که تراکم مطلوب و توصیه‌شده برای این رقم است.

به‌درستی شناخته نشده است، ولی به‌دلیل خاصیت پلی‌کاتیونی می‌تواند با اتصال به ماکرومولکول‌های آنیونی شامل فسفولیپیدها، اسیدهای نوکلئیک و پروتئین‌ها موجب پایداری غشا و ساختارهای ماکرومولکولی سلول‌ها شده (Alcázar *et al.*, 2006) و به‌عنوان برداشت‌کننده مؤثر گونه‌های فعال اکسیژن عمل کنند (Mahros *et al.*, 2011). این مواد در تقسیم و بزرگ‌شدن سلول دخالت دارند و چون یک منبع نیتروژنی هستند می‌توانند رشد گیاه را تحریک کنند (Youssef *et al.*, 2004). کاربرد پوترسین<sup>۱</sup> در شرایط تنش خشکی در گندم، تعداد خوشه، وزن خوشه و عملکرد را افزایش داد (Gupta *et al.*, 2012). Verma & Mishra (2005) بیان داشتند که پوترسین قادر است با کم‌کردن میزان تولید پراکسید هیدروژن (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)، نقش آنتی‌اکسیدانی داشته باشد. هم‌چنین پوترسین می‌تواند در حفظ یکپارچگی و بقای غشای سیتوپلاسمی و اندامک‌های سلولی در شرایط تنش خشکی نقش اساسی ایفا کند (Zhang & John, 2005).

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کم‌آبی از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر در کاهش رشد و عملکرد محسوب می‌شود. در چنین مناطقی کاهش عملکرد گندم به‌دلیل مواجه‌شدن بخشی از دوران رشد زایشی آن با محدودیت آبی، امری اجتناب‌ناپذیر است، در این راستا به‌دلیل اهمیت کاربرد کودهای زیستی و پوترسین در تعدیل بخشی از اثر ناشی از خشکی و بررسی‌های محدود انجام‌شده در مورد برهمکنش هم‌زمان این عوامل، از جمله اهدافی بودند که موجب شد تا تأثیر این عوامل بر عملکرد دانه، روند تغییرات شاخص کلروفیل، هدایت روزنه‌ای، عملکرد کوانتومی و محتوای نسبی آب مورد ارزیابی قرار گیرد.

2. Biologische Bundesanstalt, bundessortenamt and Chemical industry ; BBCH  
3. Gascogen

1. putrescine

جدول ۱. ویژگی‌های جوی در طول دوره رشدی در سال زراعی ۹۷-۹۸

پارامترهای اقلیمی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد
بارندگی (mm)	۹	۳۵/۸	۳۲/۹	۲۸/۴	۵۹/۷	۲۵/۹	۴۰	۲۹/۵	۱۳	۰/۱	۰
میانگین دما (°C)	۱۴/۱	۷/۶	۵/۷	۱/۸	۲/۷	۴/۱	۸	۱۲/۴	۱۷/۶	۱۸/۸	۱۹/۷
جمع ساعات آفتابی	۱۹۳/۴	۱۲۲/۳	۱۰۱	۱۸۳/۵	۱۷۲/۶	۱۷۳/۶	۱۶۳	۲۵۸/۱	۲۸۷/۷	۳۶۶	۳۱۴/۱
متوسط رطوبت نسبی (%)	۷۶	۸۱	۷۹	۶۸	۷۲	۷۱	۷۳	۶۳	۵۸	۶۲	۶۱

\* مأخذ: اداره کل هواشناسی استان اردبیل

جدول ۲. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

مشخصه	pH	بافت	عصاره اشباع	آهک رس سیلت شن	کربن آلی	نیترژن کل	فسفر	پتاسیم	روی
مقادیر	۷/۸	لومی	۴۹	۱۴/۴	۲۳	۴۲	۳۵	۰/۶۲	۰/۰۶
				(%)	(mg.kg <sup>-1</sup> )				

پرچم در فواصل زمانی هر چهار روز یکبار در سه نمونه از برگ پرچم از ۲۰۶ روز پس از کاشت به ترتیب توسط دستگاه کلروفیل متر (SPAD-502 مینولتای ژاپن) و پرومتر (porometer، دیکاگن آمریکا) اندازه‌گیری شدند. از ۲۰۶ روز پس از کاشت و به فواصل زمانی هر چهار روز یکبار  $F_m$  (حداکثر فلورسانس در برگ سازگار شده با تاریکی)،  $F_v$  (فلورسانس متغیر از برگ سازگار شده با تاریکی)،  $F_v/F_m$  (حداکثر عملکرد کوآنتومی فتوسینتیم II در شرایط سازگار شده با تاریکی) توسط دستگاه (chlorophyll fluorometer; Optic Science-OS-30 USA) از هر کرت به‌طور تصادفی چهار برگ پرچم (در فاصله زمانی ساعت ۸-۱۰ صبح) انتخاب و بعد از ۳۰ دقیقه تاریکی توسط کلیپس یا گیره‌های مخصوص برگ اندازه‌گیری شد (Seyed Sharifi et al., 2016). عملکرد دانه از سطحی معادل یک مترمربع از هر کرت بعد از حذف اثر حاشیه‌ای برآورد شد. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS (نسخه 9.1) و Excel نسخه (2003) استفاده شد. میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

آبیاری کامل براساس نیاز گیاه زراعی و مطابق با عرف متداول و مرسوم زارعین محلی انجام شد. دیگر سطوح آبیاری براساس قطع آبیاری در ۵۰ درصد مرحله آبستنی و خوشه‌دهی انجام شد. به‌منظور اطمینان از عدم تداخل آب آبیاری با کرت‌های مجاور، فاصله بین کرت‌ها یک متر و نیم در نظر گرفته شد. در طول دوره رشد، کنترل علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی انجام شد. شرایط اقلیمی و ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی به ترتیب در جدول‌های (۱) و (۲) آورده شده است.

کارایی همزیستی از رابطه پیشنهادی Beck et al. (1993) محاسبه شد. براساس این رابطه چنان‌که عدد کارایی همزیستی کوچک‌تر یا مساوی ۵۰ درصد باشد غیر مؤثر، بین ۵۰-۷۵ درصد باشد نسبتاً مؤثر، بین ۷۵-۱۰۰ درصد باشد مؤثر و بزرگ‌تر از ۱۰۰ درصد باشد کارایی خیلی مؤثر است. روند تغییرات محتوای نسبی آب بافت برگ پرچم ۲۰۶ روز پس از کاشت (هشت روز بعد از خوشه‌دهی) در فواصل زمانی هر چهار روز یک بار با استفاده از روش Chelah et al. (2011) اندازه‌گیری شد. روند تغییرات شاخص کلروفیل و هدایت روزنه‌ای برگ

تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر عملکرد دانه و برخی شاخص های فیزیولوژیکی گندم در سطوح مختلف آبیاری

۳. نتایج و بحث

(جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح آبیاری، کودهای

زیستی و محلول پاشی با پوترسین بر محتوای نسبی آب برگ پرچم، شاخص کلروفیل، هدایت روزنه‌ای، عملکرد کوانتومی در تمامی مراحل نمونه برداری در جدول های (۴) و (۵) آورده شده است.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر سطوح آبیاری، کودهای زیستی و محلول پاشی با پوترسین بر صفات محتوای نسبی آب برگ پرچم، شاخص کلروفیل، هدایت روزنه‌ای، عملکرد کوانتومی در تمامی مراحل نمونه برداری معنی دار بوده است

جدول ۳. تجزیه واریانس محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل، هدایت روزنه‌ای، عملکرد کوانتوم (Fv/Fm) برگ پرچم در مراحل مختلف نمونه برداری و عملکرد دانه گندم تحت اثر سطوح آبیاری، کودهای زیستی و پوترسین

میانگین مربعات												درجه آزادی	منابع تغییر
مراحل نمونه برداری SPAD (روز پس از کاشت)						مراحل نمونه برداری محتوای نسبی آب (روز پس از کاشت)							
۲۰۶	۲۱۰	۲۱۴	۲۱۸	۲۲۲	۲۲۶	۲۰۷	۲۱۱	۲۱۵	۲۱۹	۲۲۳	۲۲۷		
۴/۰۶ <sup>ns</sup>	۲/۲۷ <sup>ns</sup>	۴۱/۲۶ <sup>ns</sup>	۱۰/۸۳ <sup>ns</sup>	۳۷/۴۶ <sup>ns</sup>	۳۸/۸۱ <sup>ns</sup>	۴/۸۹ <sup>ns</sup>	۱۸/۴۳ <sup>ns</sup>	۸/۸۲ <sup>ns</sup>	۷/۸۳ <sup>ns</sup>	۱۶۴/۵۷ <sup>ns</sup>	۱۶۰/۳۵ <sup>ns</sup>	۲	تکرار
۱۹۹/۶ <sup>ns</sup>	۱۱۸/۸۱ <sup>ns</sup>	۱۵۵/۷۱ <sup>ns</sup>	۴۶/۶۴ <sup>ns</sup>	۲۲۴/۳۵ <sup>ns</sup>	۱۲۳/۴۵ <sup>ns</sup>	۲۱۶/۸۷ <sup>ns</sup>	۵۵۰/۸ <sup>ns</sup>	۷۱۱/۳۵ <sup>ns</sup>	۱۴۴۴/۴۷ <sup>ns</sup>	۱۵۶۶/۹۲ <sup>ns</sup>	۲۷۴۴/۴۶ <sup>ns</sup>	۲	(I) سطوح آبیاری
۳۷/۸۳ <sup>ns</sup>	۳۵/۲۸ <sup>ns</sup>	۶۸/۹۸ <sup>ns</sup>	۶۳/۰۲ <sup>ns</sup>	۳۶/۰۹ <sup>ns</sup>	۲۸/۲۴ <sup>ns</sup>	۹۵/۵ <sup>ns</sup>	۶۵/۲۳ <sup>ns</sup>	۱۰۸/۵۶ <sup>ns</sup>	۱۵۲/۸۴ <sup>ns</sup>	۲۶۹/۸۹ <sup>ns</sup>	۱۵۶/۴۸ <sup>ns</sup>	۳	(B) کود زیستی
۶۹/۵۳ <sup>ns</sup>	۵۵/۷۱ <sup>ns</sup>	۵۹/۹۷ <sup>ns</sup>	۹۷/۷۷ <sup>ns</sup>	۵۹/۸۱ <sup>ns</sup>	۴۸/۴۶ <sup>ns</sup>	۹۸/۶۳ <sup>ns</sup>	۸۹/۵۶ <sup>ns</sup>	۱۱۵/۱۶ <sup>ns</sup>	۱۶۷/۳۶ <sup>ns</sup>	۱۰۵/۱۳ <sup>ns</sup>	۱۲۹/۰۴ <sup>ns</sup>	۲	(P) پوترسین
۲/۵ <sup>ns</sup>	۳/۶۹ <sup>ns</sup>	۳/۵۱ <sup>ns</sup>	۲/۵ <sup>ns</sup>	۶/۱۹ <sup>ns</sup>	۱/۴۳ <sup>ns</sup>	۴/۴۳ <sup>ns</sup>	۱۱/۶۸ <sup>ns</sup>	۲/۳۲ <sup>ns</sup>	۶/۱۵ <sup>ns</sup>	۵/۲۴ <sup>ns</sup>	۰/۹ <sup>ns</sup>	۶	I×B
۴/۸ <sup>ns</sup>	۳/۳۸ <sup>ns</sup>	۲/۹۱ <sup>ns</sup>	۰/۵ <sup>ns</sup>	۰/۴۳ <sup>ns</sup>	۱/۹ <sup>ns</sup>	۴/۵۳ <sup>ns</sup>	۱/۲۴ <sup>ns</sup>	۰/۴۸ <sup>ns</sup>	۲/۸۵ <sup>ns</sup>	۰/۷۱ <sup>ns</sup>	۰/۶۹ <sup>ns</sup>	۴	I×P
۲/۲۶ <sup>ns</sup>	۴/۴۵ <sup>ns</sup>	۳/۵۱ <sup>ns</sup>	۶/۵۵ <sup>ns</sup>	۲/۸۴ <sup>ns</sup>	۱/۸۲ <sup>ns</sup>	۲/۵۲ <sup>ns</sup>	۲/۵۳ <sup>ns</sup>	۵/۶۱ <sup>ns</sup>	۴/۶۱ <sup>ns</sup>	۱/۳۳ <sup>ns</sup>	۶/۸۷ <sup>ns</sup>	۶	B×P
۷/۱۹ <sup>ns</sup>	۱۰/۰۲ <sup>ns</sup>	۸/۵۹ <sup>ns</sup>	۹/۲۱ <sup>ns</sup>	۷/۸ <sup>ns</sup>	۱۹/۱۲ <sup>ns</sup>	۲۲/۲ <sup>ns</sup>	۱۷/۴۱ <sup>ns</sup>	۴۰/۸۹ <sup>ns</sup>	۶۰/۹۳ <sup>ns</sup>	۴۲/۱ <sup>ns</sup>	۴۵/۸۷ <sup>ns</sup>	۱۲	I×B×P
۲/۰۸	۲/۰۷	۲/۰۱	۴/۵۶	۳/۸۳	۲/۶۴	۳/۳۲	۶/۴۱	۱/۵۹	۰/۸۱	۲/۸۸	۲/۰۶	۷۰	خطا
۶/۰۸	۷/۱۱	۶/۴۷	۶/۷۷	۶/۶۶	۹/۶۲	۵/۹۱	۵/۳۳	۸/۶۸	۱۲/۰۴	۱۰/۸۶	۱۳/۹۴	-	ضریب تغییرات (%)

ns, \* و \*\*: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ادامه جدول ۳. تجزیه واریانس محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل، هدایت روزنه‌ای، عملکرد کوانتوم (Fv/Fm) برگ پرچم در مراحل مختلف نمونه برداری و عملکرد دانه گندم تحت اثر سطوح آبیاری، کودهای زیستی و پوترسین

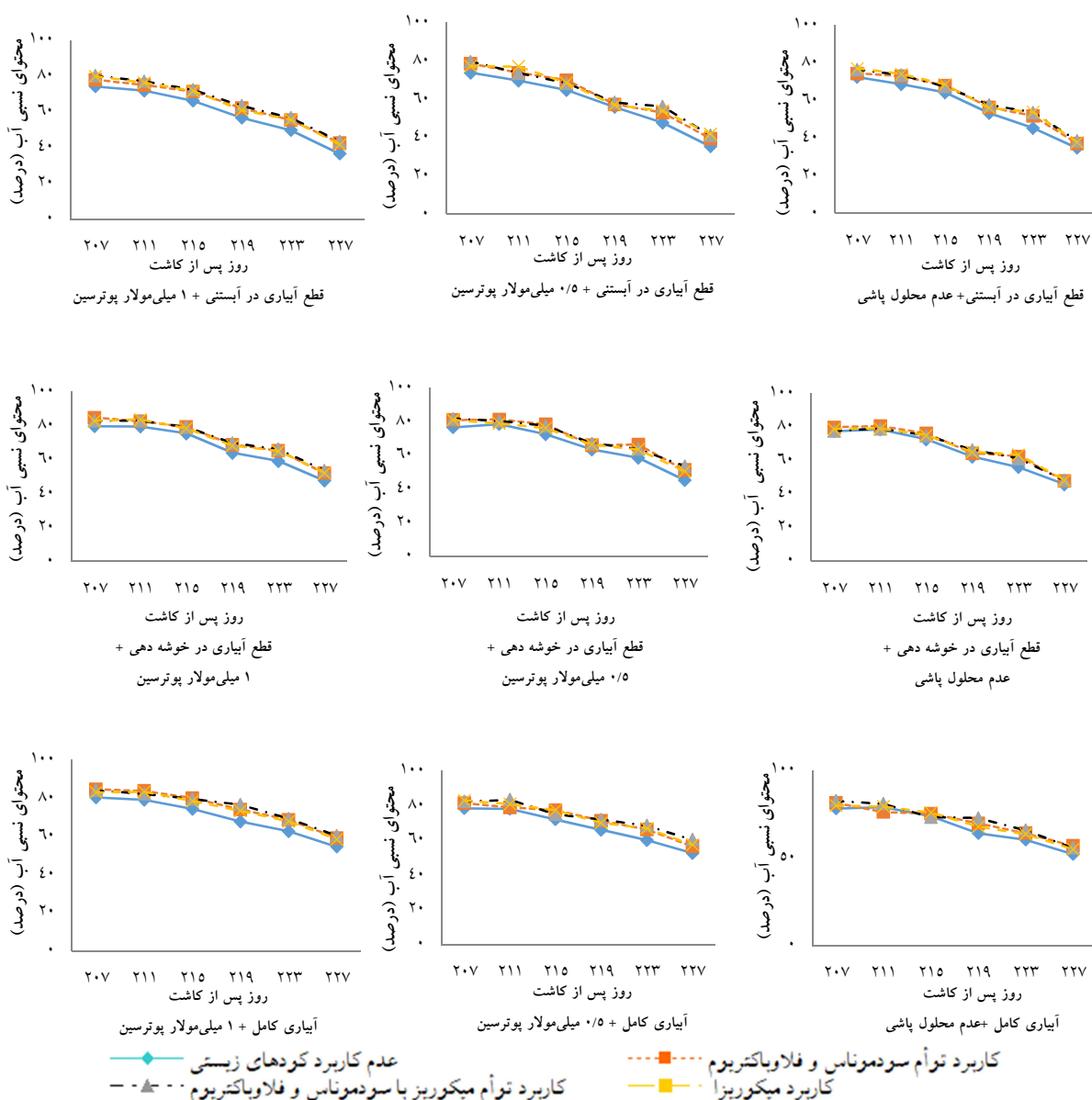
میانگین مربعات												درجه آزادی	منابع تغییر
مراحل نمونه برداری عملکرد کوانتومی (Fv/Fm)						مراحل نمونه برداری هدایت روزنه‌ای (روز پس از کاشت)							
عملکرد دانه	۲۰۶	۲۱۰	۲۱۴	۲۱۸	۲۲۲	۲۰۶	۲۱۰	۲۱۴	۲۱۸	۲۲۲			
۵۴۵۰/۹۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۴ <sup>ns</sup>	۲۵/۰۳ <sup>ns</sup>	۶/۶ <sup>ns</sup>	۶/۲۱ <sup>ns</sup>	۱۱/۶۹ <sup>ns</sup>	۲۹/۶ <sup>ns</sup>	۲	تکرار	
۵۳۶۹۴/۰۹۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۳۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۳۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۰۳ <sup>ns</sup>	۸۷۹/۸۵ <sup>ns</sup>	۱۵۰/۸ <sup>ns</sup>	۱۸۷/۳۱ <sup>ns</sup>	۴۵۸/۴۵ <sup>ns</sup>	۷۸۷/۶۵ <sup>ns</sup>	۲	(I) سطوح آبیاری	
۱۸۸۴۵۲/۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۷۹ <sup>ns</sup>	۴۵۰/۱۴ <sup>ns</sup>	۲۷۸/۹ <sup>ns</sup>	۲۰۸/۵۲ <sup>ns</sup>	۲۳۶/۲۹ <sup>ns</sup>	۱۷۴/۴ <sup>ns</sup>	۳	(B) کود زیستی	
۲۱۵۰۹/۵۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۴۹ <sup>ns</sup>	۳۶۶/۵۱ <sup>ns</sup>	۲۳۰/۱۱ <sup>ns</sup>	۲۵۳/۲۷ <sup>ns</sup>	۲۱۵/۴۲ <sup>ns</sup>	۲۰۵/۳۹ <sup>ns</sup>	۲	(P) پوترسین	
۱۵۷۰۴/۶۳ <sup>ns</sup>	ns ۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۳/۸۲ <sup>ns</sup>	۵/۷۲ <sup>ns</sup>	۶/۱۱ <sup>ns</sup>	۵/۶۳ <sup>ns</sup>	۲/۲۱ <sup>ns</sup>	۶	I×B	
۱۰۶۶/۱۹ <sup>ns</sup>	ns ۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰ <sup>ns</sup>	۷/۷۳ <sup>ns</sup>	۴/۶ <sup>ns</sup>	۱۰/۴۱ <sup>ns</sup>	۰/۷۷ <sup>ns</sup>	۰/۹۹ <sup>ns</sup>	۴	I×P	
۱۳۶۰/۰۹ <sup>ns</sup>	ns ۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۵ <sup>ns</sup>	۱۷/۷۸ <sup>ns</sup>	۱۱/۶۳ <sup>ns</sup>	۱۵/۵۵ <sup>ns</sup>	۶/۹۸ <sup>ns</sup>	۱۰/۹۶ <sup>ns</sup>	۶	B×P	
۵۷۹۰/۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۱۹/۵۷ <sup>ns</sup>	۱۳/۸۳ <sup>ns</sup>	۱۰/۷۵ <sup>ns</sup>	۱۰/۷۴ <sup>ns</sup>	۷/۸۶ <sup>ns</sup>	۱۲	I×B×P	
۱۲۹۷/۹۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۵	۲/۶۳	۰/۶۵	۳/۱۴	۱/۴	۰/۹۲	۷۰	خطا	
۱۲/۸۴	۴/۳۳	۴/۹۵	۳/۶	۷/۸۲	۸/۸۲	۸/۸۳	۸/۴۶	۹/۲	۱۰/۵۸	۱۱/۳۳	-	ضریب تغییرات (%)	

ns, \* و \*\*: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

### ۳.۱. محتوای نسبی آب برگ پرچم

در شرایط قطع آبیاری در مرحله آبستنی روند کاهش محتوای نسبی آب برگ پرچم نسبت به قطع آبیاری در خوشه‌دهی و آبیاری کامل قابل توجه بود (شکل ۱)، به طوری که بیشترین محتوای نسبی آب برگ پرچم (۸۴/۱۸) و (۸۴/۷ درصد) در ترکیب‌های تیماری آبیاری کامل با کاربرد

هم‌زمان سودوموناس و فلاوباکتریوم، آبیاری کامل با کاربرد هم‌زمان کودهای زیستی (میکوریز با سودوموناس و فلاوباکتریوم) در ۲۰۷ روز پس از کاشت و کم‌ترین آن (۳۴/۷۸ درصد) در عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی پوترسین در شرایط قطع آبیاری در مرحله آبستنی در ۲۲۷ روز پس از کاشت به دست آمد (جدول ۴).



شکل ۱. تأثیر سطوح آبیاری، کودهای زیستی و پوترسین بر روند محتوای نسبی آب برگ پرچم گندم

تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر عملکرد دانه و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی گندم در سطوح مختلف آبیاری

جدول ۴. مقایسه میانگین شاخص کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ تحت اثر سطوح آبیاری، کودهای زیستی و پوترسین

شاخص کلروفیل یا SPAD در مراحل مختلف نمونه‌برداری (روزپس از کاشت)												تیمارها
درصد محتوای نسبی آب در مراحل مختلف نمونه‌برداری (روز پس از کاشت)												
۲۲۷	۲۲۳	۲۱۹	۲۱۵	۲۱۱	۲۰۷	۲۲۶	۲۲۴	۲۲۰	۲۱۴	۲۱۰	۲۰۶	
۳۴/۷۸	۴۵/۳۲	۵۳/۲۵	۶۴/۲۷	۶۸/۵۸	۷۲/۴۷	۳۱/۸۳	۳۷/۲۶	۴۱/۰۶	۴۰/۰۳	۴۰/۰۶	۳۹/۱۳	I <sub>1</sub> ×B <sub>1</sub> ×P <sub>1</sub>
۳۷/۱۹	۵۱/۸۱	۵۶/۴۲	۶۷/۸۹	۷۲/۹۱	۷۴/۳۶	۳۵/۷	۳۹/۴	۴۳/۱۶	۴۳/۱۶	۴۱/۳	۴۲/۷۶	I <sub>1</sub> ×B <sub>2</sub> ×P <sub>1</sub>
۳۸/۵۶	۵۳/۵۸	۵۷/۶۳	۶۷/۴۳	۷۳/۵۱	۷۶/۴	۳۳/۱۳	۳۹/۰۳	۴۲/۴۶	۴۲/۵	۴۲/۲۳	۴۱/۵۶	I <sub>1</sub> ×B <sub>3</sub> ×P <sub>1</sub>
۳۷/۸۳	۵۳/۸۵	۵۶/۰۱	۶۸/۵۶	۷۴/۰۵	۷۷/۰۸	۳۲/۴۶	۳۴/۸۶	۴۲/۲۳	۴۲/۶	۴۲/۱۳	۴۲/۱۶	I <sub>1</sub> ×B <sub>4</sub> ×P <sub>1</sub>
۳۵/۴۴	۴۷/۷۶	۵۵/۹۸	۶۴/۸۲	۶۹/۷۲	۷۳/۹۲	۳۳/۴۶	۳۸/۱۳	۴۱/۳	۴۰/۵۳	۴۱/۴	۴۰/۴۳	I <sub>1</sub> ×B <sub>1</sub> ×P <sub>2</sub>
۳۹/۵۴	۵۳/۱۲	۵۷/۴۵	۷۰/۰۹	۷۳/۸۷	۷۸/۷۷	۳۴/۳۳	۴۰/۸۶	۴۳/۴۳	۴۳/۲۳	۴۲/۴۳	۴۱/۹۳	I <sub>1</sub> ×B <sub>2</sub> ×P <sub>2</sub>
۴۱/۲۷	۵۶/۳۱	۵۸/۴۵	۶۸/۴۴	۷۳/۷۸	۷۹/۷۶	۳۶/۴۶	۳۸/۲	۴۴/۷	۴۴/۲۳	۴۱/۸	۴۳/۲۶	I <sub>1</sub> ×B <sub>3</sub> ×P <sub>2</sub>
۴۱/۹۴	۵۴/۰۴	۵۷/۰۵	۶۸/۶۳	۷۷/۲۲	۷۷/۳۴	۳۳/۸۳	۳۹/۸	۴۳/۳۶	۴۱/۹۶	۴۳/۱۳	۴۰/۴۶	I <sub>1</sub> ×B <sub>4</sub> ×P <sub>2</sub>
۳۶/۷۵	۴۹/۸۴	۵۶/۷۳	۶۶/۲۹	۷۱/۹۳	۷۴/۲۵	۳۲/۱۳	۳۹/۰۳	۴۱/۶	۴۱/۷۶	۴۲/۰۶	۴۱/۹۳	I <sub>1</sub> ×B <sub>1</sub> ×P <sub>3</sub>
۴۲/۷۶	۵۵/۵۱	۶۲/۱۶	۷۱/۴۳	۷۵/۰۵	۷۸	۳۶/۰۶	۴۱/۱۶	۴۶/۴۶	۴۵/۹۳	۴۵/۱۳	۴۳/۹۶	I <sub>1</sub> ×B <sub>2</sub> ×P <sub>3</sub>
۴۳/۵۶	۵۶/۷۹	۶۳/۴۹	۷۲/۲۸	۷۷/۱۸	۸۰/۲۵	۳۵/۸۳	۴۱/۳	۴۷/۵۶	۴۵/۱	۴۴/۴۶	۴۳/۴	I <sub>1</sub> ×B <sub>3</sub> ×P <sub>3</sub>
۴۱/۸۹	۵۵/۷۲	۶۱	۷۱/۷۴	۷۶/۳۱	۷۹/۹۶	۳۵/۲	۴۰/۳۳	۴۵/۴۶	۴۴/۹۶	۴۳/۰۳	۴۲/۶۶	I <sub>1</sub> ×B <sub>4</sub> ×P <sub>3</sub>
۴۵/۸	۵۶	۶۲/۲۴	۷۲/۵۷	۷۸/۴۶	۷۷/۳۵	۳۳/۲۳	۳۹/۸	۴۲/۳	۴۳/۹	۴۲/۹۶	۴۱/۴	I <sub>2</sub> ×B <sub>1</sub> ×P <sub>1</sub>
۴۷/۸۸	۶۲/۴۳	۶۴/۳۴	۷۶/۱۸	۸۰/۵۲	۷۹/۷۷	۳۶/۷۶	۴۰/۰۶	۴۳/۴۳	۴۶/۰۶	۴۳/۸۳	۴۲/۷	I <sub>2</sub> ×B <sub>2</sub> ×P <sub>1</sub>
۴۸/۱۵	۶۱/۲۲	۶۶/۳۶	۷۴/۸۸	۷۸/۸۹	۷۷/۵۹	۳۵/۸۶	۴۲/۹	۴۵/۰۳	۴۴/۶۳	۴۴/۱۳	۴۳/۵	I <sub>2</sub> ×B <sub>3</sub> ×P <sub>1</sub>
۴۸/۲۴	۶۳/۴۶	۶۵/۰۱	۷۴/۹۹	۷۹/۰۲	۷۸/۷۳	۳۴/۸	۴۳/۴۳	۴۲/۹	۴۵/۱۳	۴۵/۳۳	۴۲/۰۶	I <sub>2</sub> ×B <sub>4</sub> ×P <sub>1</sub>
۴۵/۳۱	۵۸/۵۲	۶۳/۴۷	۷۲/۴۸	۷۸/۵۳	۷۶/۵۶	۳۴/۵۶	۴۰/۰۶	۴۲/۸	۴۳/۲	۴۲/۶	۴۰/۹۹	I <sub>2</sub> ×B <sub>1</sub> ×P <sub>2</sub>
۵۱/۳۳	۶۶/۳۶	۶۶/۰۱	۷۸/۴۶	۸۱/۲۶	۸۰/۹۸	۳۵/۳۳	۴۳/۷۳	۴۵/۵	۴۶	۴۴/۵۳	۴۳/۷۳	I <sub>2</sub> ×B <sub>2</sub> ×P <sub>2</sub>
۵۳/۵۷	۶۳/۸۴	۶۷/۱۱	۷۷/۵۸	۸۰/۴۷	۸۱/۷۴	۳۸/۴۳	۴۳/۴۶	۴۴/۶۶	۴۸/۵۳	۴۵/۱۳	۴۵/۷۵	I <sub>2</sub> ×B <sub>3</sub> ×P <sub>2</sub>
۵۰/۴۱	۶۳/۵۱	۶۶/۳	۷۶/۱۷	۷۸/۸۳	۸۱/۰۲	۳۶/۴	۴۳/۸۶	۴۶/۰۶	۴۴/۶۳	۴۷/۹۳	۴۴/۵۳	I <sub>2</sub> ×B <sub>4</sub> ×P <sub>2</sub>
۴۷/۵۹	۵۹/۲	۶۴	۷۵/۴۵	۷۹/۵۶	۷۹/۷۲	۳۶/۳۶	۴۲/۶	۴۲/۷۶	۴۵/۸	۴۳/۳	۴۲/۸	I <sub>2</sub> ×B <sub>1</sub> ×P <sub>3</sub>
۵۲/۱۲	۶۵/۳۳	۶۸/۹	۷۹/۳۸	۸۲/۶۹	۸۴/۸۴	۳۷/۶۶	۴۵/۵	۴۷/۵	۴۸/۰۶	۴۶/۹۶	۴۵/۳	I <sub>2</sub> ×B <sub>2</sub> ×P <sub>3</sub>
۵۳/۵۷	۶۶/۱۷	۶۹/۸۱	۷۹/۲	۸۳/۰۴	۸۳/۰۳	۳۸/۵	۴۴/۹۶	۴۸/۶۳	۴۷/۳۶	۴۸/۰۳	۴۶/۸۳	I <sub>2</sub> ×B <sub>3</sub> ×P <sub>3</sub>
۵۲/۲۴	۶۵/۱	۶۸/۳۱	۷۸/۵۶	۸۳/۸۳	۸۲/۹۷	۳۶/۹	۴۴/۷	۴۸/۴۶	۴۷/۵۶	۴۷	۴۵/۶۳	I <sub>2</sub> ×B <sub>4</sub> ×P <sub>3</sub>
۵۲/۱۶	۶۰/۴	۶۴/۰۸	۷۳/۷	۷۸/۹۶	۷۸/۲	۳۵/۹۶	۴۱/۶	۴۳/۱	۴۲/۴	۴۳/۶۳	۴۳/۰۳	I <sub>3</sub> ×B <sub>1</sub> ×P <sub>1</sub>
۵۶/۸۹	۶۴/۰۶	۶۹/۷۲	۷۵/۲۷	۷۶/۱۴	۸۱/۳۳	۳۷/۴۶	۴۲/۸	۴۳/۸۶	۴۵/۳۶	۴۳/۸۳	۴۶/۰۶	I <sub>3</sub> ×B <sub>2</sub> ×P <sub>1</sub>
۵۵/۸۳	۶۵/۷۹	۷۲/۷	۷۳/۲۶	۸۰/۹	۸۲/۵۱	۳۸/۹۳	۴۳/۳۶	۴۴/۵۳	۴۷/۳۶	۴۴/۰۳	۴۴/۱	I <sub>3</sub> ×B <sub>3</sub> ×P <sub>1</sub>
۵۴/۹۲	۶۳/۶	۶۷/۸۷	۷۵/۸۲	۷۹/۳۲	۷۹/۸۷	۳۶/۴۶	۴۲/۷	۴۴/۹	۴۴/۹۳	۴۴/۷	۴۶/۵۳	I <sub>3</sub> ×B <sub>4</sub> ×P <sub>1</sub>
۵۲/۷۸	۶۰/۱۹	۶۶/۰۹	۷۲/۰۴	۷۸/۱۶	۷۸/۴۷	۳۷/۱۶	۴۱/۵	۴۴/۱	۴۳/۴۳	۴۴/۲۳	۴۵/۰۳	I <sub>3</sub> ×B <sub>1</sub> ×P <sub>2</sub>
۵۶/۶۱	۶۶/۲۱	۷۱/۳۴	۷۷/۴۱	۷۸/۹۳	۸۱/۳۹	۳۸/۹	۴۳/۶۳	۴۵/۷۳	۴۸/۴۶	۴۷/۱۶	۴۷/۱۶	I <sub>3</sub> ×B <sub>2</sub> ×P <sub>2</sub>
۶۰/۴۶	۶۸/۴۹	۷۱/۹۵	۷۵/۰۵	۸۳/۳۵	۸۲/۳۸	۳۷	۴۶/۱	۴۹/۹۳	۴۹/۴۳	۴۸/۷۶	۴۶/۶۶	I <sub>3</sub> ×B <sub>3</sub> ×P <sub>2</sub>
۵۷/۵۲	۶۶/۹۴	۷۰/۱	۷۷/۴۲	۸۰/۸۵	۸۲/۹۲	۳۶/۱۳	۴۵/۱	۴۳/۷۳	۴۸/۶	۴۶/۵	۴۵/۶۳	I <sub>3</sub> ×B <sub>4</sub> ×P <sub>2</sub>
۵۴/۶	۶۲/۶۶	۶۷/۷۵	۷۴/۴	۷۹/۱۶	۸۰/۴۱	۳۸/۹۶	۴۳/۳	۴۴/۹۶	۴۵	۴۴/۹۶	۴۶/۹۳	I <sub>3</sub> ×B <sub>1</sub> ×P <sub>3</sub>
۵۹/۱۶	۶۸/۶۹	۷۴/۰۹	۸۰/۰۵	۸۳/۸۳	۸۴/۷	۴۱	۴۵/۷	۴۹/۳۶	۴۸/۶۶	۴۶/۹	۴۹/۲۳	I <sub>3</sub> ×B <sub>2</sub> ×P <sub>3</sub>
۶۰/۴۱	۶۹/۳۳	۷۶/۶۳	۷۹/۶	۸۲/۳۴	۸۴/۱۸	۴۰/۶۳	۴۶/۰۳	۴۸/۷۶	۵۰/۲۶	۴۹/۱۶	۵۰/۱۳	I <sub>3</sub> ×B <sub>3</sub> ×P <sub>3</sub>
۵۸/۵۷	۶۷/۹۴	۷۳/۴۲	۷۸/۵۴	۸۳/۴۱	۸۳/۰۶	۳۸/۷۶	۴۴/۴۶	۴۶/۸	۴۹/۴۶	۴۷/۴۶	۴۹/۱۳	I <sub>3</sub> ×B <sub>4</sub> ×P <sub>3</sub>
۱۱/۰۱	۱۰/۵۶	۱۲/۷۱	۱۰/۴۱	۶/۷۹	۷/۶۷	۵/۶۸	۴/۵۴	۴/۹۴	۴/۷۷	۵/۱۵	۴/۳۶	LSD 5%

I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub> و I<sub>3</sub>: به ترتیب قطع آبیاری در آبستنی، قطع آبیاری در خوشه دهی، آبیاری کامل

B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> و B<sub>4</sub>: به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد هم‌زمان سودوموناس و فلاویباکتریوم، کاربرد هم‌زمان میکوریز با سودوموناس و فلاویباکتریوم، کاربرد میکوریز

P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> و P<sub>3</sub>: به ترتیب عدم محلول‌پاشی، ۰/۵ میلی‌مولار پوترسین، ۱ میلی‌مولار پوترسین

Guo *et al.* (2010) گزارش کردند که ریشه‌های کلونیزه شده با قارچ میکوریز می‌توانند در حجم وسیعی از خاک پراکنده شوند و این قارچ‌ها به کمک هیف‌های خود، موجب بهبود جذب آب و مواد غذایی از خاک می‌شوند. بنابراین وضعیت آبی مناسب گیاه با کاربرد میکوریز می‌تواند با فعالیت ریشه‌های کلونیزه شده به واسطه میکوریز و بالا بودن کارایی همزیستی (شکل ۲) مرتبط باشد. برخی پژوهش‌گران کاهش محتوای نسبی آب برگ‌های گندم با افزایش تنش رطوبتی را، به کاهش پتانسیل آب برگ و همچنین کاهش جذب آب از ریشه‌ها در شرایط تنش نسبت دادند (Siddique *et al.*, 2000). اما Shaharoon *et al.* (2006) گزارش کردند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد به علت بهتر شدن روابط آبی و کاهش تلفات آب، موجب افزایش ۵ تا ۱۶ درصدی محتوای نسبی آب نسبت به عدم کاربرد این باکتری‌ها شد. Kheirizadeh Arough & Seyed Sharifi (2016) گزارش کردند که محتوای نسبی آب در تریتیکاله<sup>۱</sup> در شرایط محدودیت آبی کاهش می‌یابد، اما کاربرد هم‌زمان میکوریز و سومودوناس موجب افزایش محتوای نسبی آب نسبت به شرایط کمبود آب شد. افزایش محتوای نسبی آب برگ در کاربرد پوترسین را به نقش این ماده در تنظیم اسمزی گیاه و خاصیت آنتی اکسیدانی این مواد نسبت دادند که می‌تواند به عنوان اسمولیت در شرایط تنش آبی، موجب بهبود محتوای نسبی آب شود (Toupchi *et al.*, 2018).

نمونه‌برداری معنی‌دار بوده است (جدول ۳). روند تغییرات شاخص کلروفیل نشان داد که گرچه در تمامی ترکیب‌های تیماری با گذشت زمان به دلیل نزدیک شدن به مرحله رسیدگی و پیرشدن برگ‌ها روند نزولی داشته است (شکل ۳)، ولی بیش‌ترین شاخص کلروفیل (۵۰/۲۶) در شرایط آبیاری کامل با کاربرد هم‌زمان میکوریز با سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین (۲۱۴ روز پس از کاشت) و کم‌ترین آن (۳۱/۸۳) در عدم کاربرد پوترسین و کودهای زیستی (۲۲۸ روز پس از کاشت) در شرایط قطع آبیاری در مرحله آبستنی به دست آمد (جدول ۴). کاهش در کلروفیل در اثر تنش خشکی به علت افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول است که این رادیکال‌ها موجب پراکسیداسیون و تجزیه این رنگدانه‌ها می‌شود (Schutz & Fangmier, 2001). Tang *et al.* (2009) مشاهده کردند که کاربرد قارچ میکوریز گونه *Glomus mosseae* در ذرت به علت افزایش جذب نیتروژن توسط گیاهان میکوریزایی منجر به بهبود سنتز کلروفیل شد.

برخی پژوهش‌گران علت افزایش محتوای کلروفیل با کاربرد پوترسین را، به تأثیر این ماده در تأخیر پیری و جلوگیری از تخریب کلروفیل و القای داخلی سیتوکینین نسبت دادند که موجب تحریک بیوسنتز کلروفیل می‌شود (El-Bassiouny *et al.*, 2008).

### ۳.۳. هدایت روزنه‌ای

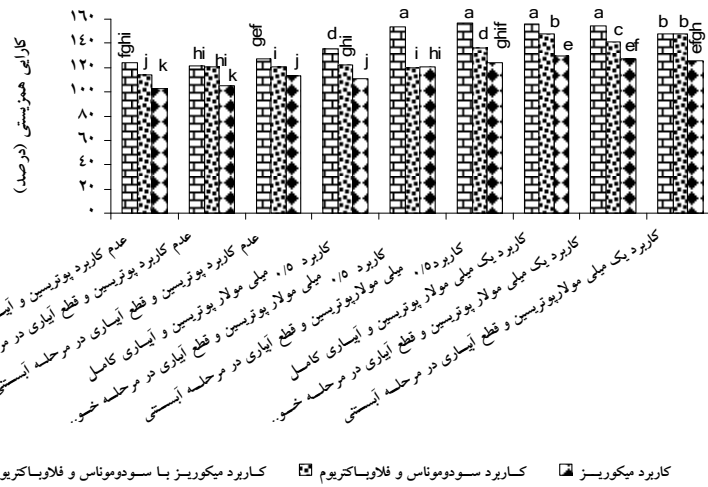
نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر سطوح آبیاری، کودهای زیستی و محلول‌پاشی با پوترسین بر هدایت روزنه‌ای در تمامی مراحل نمونه‌برداری در سطح یک احتمال درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۳). با گذشت زمان روند تغییرات هدایت روزنه‌ای برگ پرچم روند کاهشی داشته است (شکل ۴).

### ۳.۲. شاخص کلروفیل

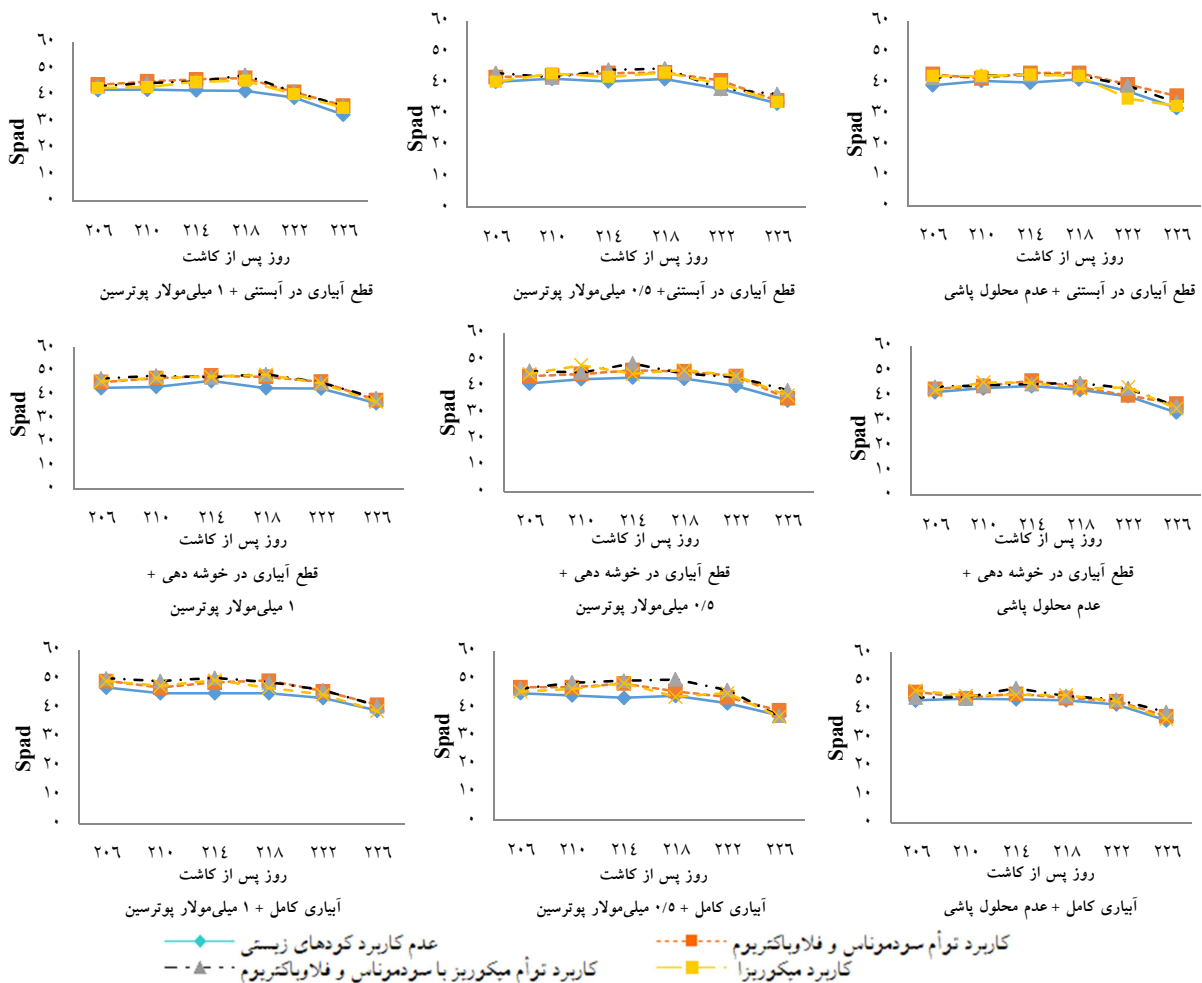
نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر هر سه جانبه محلول‌پاشی با پوترسین، کودهای زیستی و سطوح آبیاری بر شاخص کلروفیل برگ پرچم در تمامی مراحل



تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر عملکرد دانه و برخی شاخص های فیزیولوژیکی گندم در سطوح مختلف آبیاری



شکل ۲. مقایسه میانگین برهمکنش محلول پاشی با پوترسین، کاربرد کودهای زیستی و سطوح آبیاری بر کارایی همزیستی در گندم



شکل ۳. تأثیر سطوح آبیاری، کودهای زیستی و پوترسین بر روند شاخص کلروفیل در برگ پرچم گندم

بیشترین هدایت روزنه‌ای (۶۴/۷ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه) با کاربرد هم‌زمان میکوریز با سودوموناس و فلاوباکتريوم همراه با مصرف یک میلی‌مولار پوترسین (۲۰۶ روز پس از کاشت) در شرایط آبیاری کامل و کم‌ترین مقدار آن (۱۵ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه) در شرایط قطع آبیاری در مرحله آبستنی و عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین (۲۲۲ روز پس از کاشت) به‌دست آمد (جدول ۵). به بیانی دیگر، در همان ترکیب‌های تیماری که محتوای نسبی آب برگ پرچم بیش‌تر بود (شکل ۱) در همان ترکیب تیماری نیز هدایت روزنه‌ای بیش‌تر بود. دلیل اصلی کاهش هدایت روزنه‌ای در وضعیت تنش خشکی را، به کاهش تورژسانس سلول‌های محافظ اطراف منفذ روزنه نسبت دادند (Reddy *et al.*, 2004). افزایش هدایت هیدرولیکی خاک، کاهش مقاومت روزنه‌ای به‌وسیله تغییر در تعادل هورمون‌های گیاهی و جذب بیش‌تر آب توسط گیاه را، از دلایل اصلی افزایش هدایت روزنه‌ای در کاربرد میکوریز عنوان کردند (Salehi *et al.*, 2008). به نظر می‌رسد که در شرایط خشکی، هیف‌های کلونیزه‌شده با میکوریز می‌توانند در حجم وسیعی از خاک پراکنده شوند (Gou *et al.*, 2010) و با کمک به جذب آب موجب می‌شوند که گیاه در وضعیت آبی مناسب قرار گرفته و همین امر منجر به بهبود هدایت روزنه‌ای شود. از طرفی ارزیابی کارایی همزیستی (شکل ۲) نیز بیانگر آن است که کاربرد تک‌تک و هم‌زمان کودهای زیستی در تمامی سطوح از محلول‌پاشی پوترسین و آبیاری در مقایسه با عدم استفاده از این کودهای زیستی، از همزیستی مؤثرتری برخوردار بودند (Beck *et al.*, 1993).

### ۳.۴. عملکرد کوانتومی ( $F_v/F_m$ )

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر هر سه جنبه محلول‌پاشی با پوترسین، کودهای زیستی و سطوح آبیاری بر عملکرد کوانتومی برگ پرچم در تمامی مراحل

نمونه‌برداری معنی‌دار بوده است (جدول ۳). با گذشت زمان مقدار این صفت از روند نزولی برخوردار بوده و در دو مرحله آخر نمونه‌برداری در شرایط قطع آبیاری در مرحله آبستنی، کاهش بیش‌تری داشته است (شکل ۵ و جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد نشان داد بیش‌ترین عملکرد کوانتومی (۰/۸۲۳) با کاربرد هم‌زمان میکوریز و سودوموناس و فلاوباکتريوم، محلول-پاشی ۱ میلی‌مولار پوترسین در شرایط آبیاری کامل در ۲۰۶ روز پس از کاشت و کم‌ترین مقدار آن (۰/۴۴۱) در عدم کاربرد کود زیستی و عدم محلول‌پاشی پوترسین در شرایط قطع آبیاری در آبستنی در ۲۲۲ روز پس از کاشت حاصل شد (جدول ۵). حتی در شرایط قطع آبیاری در مرحله آبستنی، بیش‌ترین مقدار  $F_v/F_m$  به کاربرد هم‌زمان میکوریز با سودوموناس و فلاوباکتريوم، محلول‌پاشی ۱ میلی‌مولار پوترسین (۰/۶۸۴) در ۲۲۲ روز پس از کاشت به‌دست آمد که نشان‌دهنده نقش مثبت کودهای زیستی و پوترسین در بهبود سیستم حفاظتی گیاه است (جدول ۵). خشکی می‌تواند مانع انتقال الکترون در فتوسیستم II شده و در نهایت منجر به کاهش کارایی فتوسنتزی شود (Yordanov *et al.*, 2003). هم‌چنین کاهش ۲/۹ درصدی کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II را در گندم در اثر تنش خشکی توسط Abdoli *et al.* (2013) گزارش شد. کاهش هدایت روزنه‌ای (جدول ۵ و شکل ۴) و یا بسته‌شدن روزنه‌ها در شرایط خشکی، منجر به مصرف‌نشدن محصولات حاصل از زنجیره انتقال الکترون (ATP و NADPH) شده و از این طریق میزان فردوکسین، احیا و تولید رادیکال‌های فعال افزایش یافته و در نهایت به تغییر و یا تخریب پروتئین‌های غشای تیلاکوئید و مانع انتقال الکترون از جایگاه پذیرنده فتوسیستم II می‌شود و این امر موجب افزایش فلورسانس کلروفیل و کاهش عملکرد فتوسیستم II می‌شود (Piper *et al.*, 2007; Tilahun & Sven, 2003).

تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر عملکرد دانه و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی گندم در سطوح مختلف آبیاری

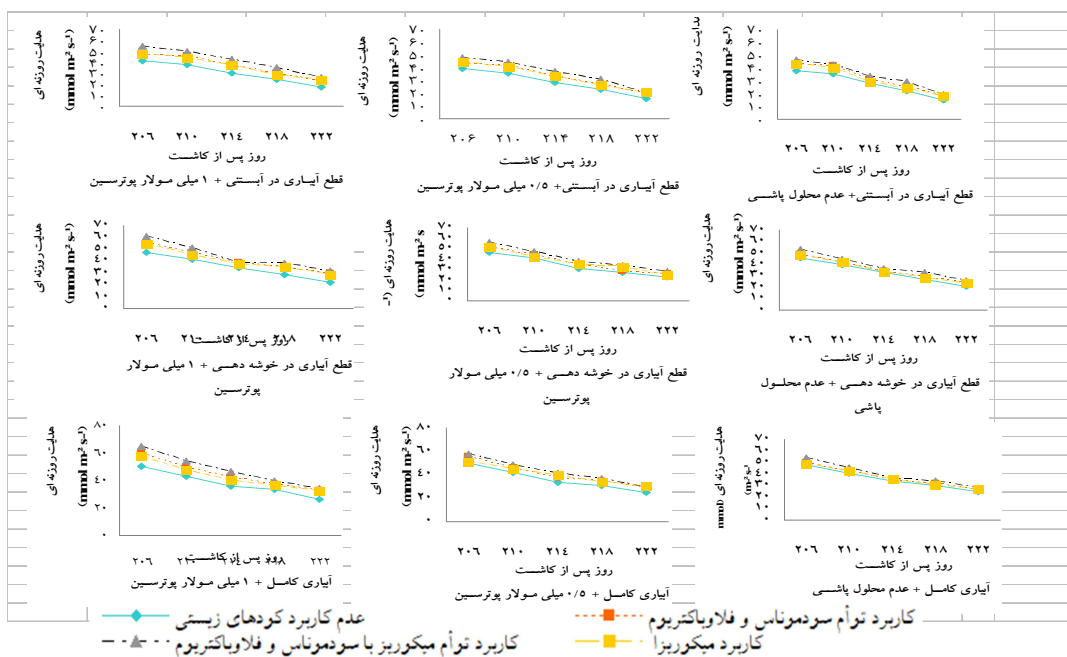
جدول ۵. مقایسه میانگین عملکرد کوانتومی (Fv/Fm) و هدایت روزنه‌ای برگ پرچم تحت اثر سطوح آبیاری، کودهای زیستی و پوترسین

هدایت روزنه‌ای در مراحل نمونه‌برداری (روز پس از کاشت)					عملکرد کوانتومی (Fv/Fm) مراحل نمونه‌برداری (روز پس از کاشت)					تیمارها
۲۲۲	۲۱۸	۲۱۴	۲۱۰	۲۰۶	۲۲۲	۲۱۸	۲۱۴	۲۱۰	۲۰۶	
۱۵	۲۲/۰۳	۲۸/۳۳	۳۵/۲۶	۳۷/۹	۰/۴۴۱	۰/۵۵۷	۰/۶۷۶	۰/۶۷۵	۰/۶۸۶	I1×B1×P1
۱۸/۳	۲۴/۹۳	۳۱/۲۳	۴۱/۹۶	۴۲/۹۳	۰/۵۵۶	۰/۶۴۴	۰/۷۴۱	۰/۷۴۰	۰/۸۳۵	I1×B2×P1
۱۸/۹۶	۲۹/۳۳	۳۳/۳۳	۴۲/۲	۴۵/۹۶	۰/۵۸۴	۰/۶۷۸	۰/۷۰۵	۰/۷۰۰	۰/۷۴۱	I1×B3×P1
۱۸/۲	۲۴/۱۶	۲۹/۶	۳۹/۹	۴۳/۱۳	۰/۶۰۸	۰/۶۶۰	۰/۷۲۴	۰/۷۱۵	۰/۷۴۵	I1×B4×P1
۱۵/۷	۲۲/۷۳	۲۸/۵۳	۳۵/۴	۳۹/۳	۰/۵۱۲	۰/۵۸۳	۰/۶۸۱	۰/۶۹۵	۰/۷۱۷	I1×B1×P2
۱۹/۲	۲۶/۸۶	۳۳/۱۳	۴۱/۴۶	۴۳/۳۳	۰/۵۸۸	۰/۶۶۳	۰/۷۱۷	۰/۷۴۶	۰/۷۵۲	I1×B2×P2
۲۰/۱	۳۰/۷	۳۶/۸۳	۴۴/۰۳	۴۷/۷	۰/۶۶۳	۰/۶۶۷	۰/۸۳۳	۰/۷۴۰	۰/۸۸۷	I1×B3×P2
۲۰/۶	۲۵/۹۳	۳۳/۳	۴۰/۶	۴۳/۸۶	۰/۶۳۴	۰/۶۹۲	۰/۷۴۱	۰/۸۳۵	۰/۷۵۹	I1×B4×P2
۱۷/۱۳	۲۴/۳۶	۳۰/۱۶	۳۸/۰۶	۴۱/۱۳	۰/۵۱۴	۰/۶۱۶	۰/۶۶۹	۰/۷۲۵	۰/۸۳۴	I1×B1×P3
۲۲/۸	۳۰/۴	۳۷/۳۶	۴۶/۳	۴۷/۱۶	۰/۶۲۷	۰/۶۷۶	۰/۷۴۱	۰/۷۴۰	۰/۷۶۰	I1×B2×P3
۲۶/۰۶	۳۵/۲	۴۲/۷	۴۹/۴	۵۴/۵۶	۰/۶۸۴	۰/۶۹۲	۰/۷۶۹	۰/۷۴۸	۰/۸۸۰	I1×B3×P3
۲۳/۹	۲۸/۸۶	۳۶/۸	۴۴/۴۳	۴۷/۴۶	۰/۶۵۲	۰/۷۰۰	۰/۷۰۹	۰/۷۴۳	۰/۷۵۸	I1×B4×P3
۲۰/۹۳	۲۶/۹۶	۳۲/۸۳	۴۰	۴۵/۴۶	۰/۵۸۹	۰/۶۲۸	۰/۷۰۸	۰/۷۰۸	۰/۷۴۹	I2×B1×P1
۲۴/۴۶	۲۸/۹	۳۴/۳۶	۴۲	۴۹/۳۳	۰/۶۶۳	۰/۷۰۷	۰/۸۳۲	۰/۷۲۷	۰/۸۷۴	I2×B2×P1
۲۵/۶۶	۳۳/۱	۳۶/۱۶	۴۴/۴۶	۵۳/۰۶	۰/۶۷۸	۰/۷۰۹	۰/۷۶۱	۰/۷۲۸	۰/۸۸۴	I2×B3×P1
۲۳/۸۶	۲۸/۲۳	۳۳/۹۶	۴۱/۷	۴۷/۷۶	۰/۶۹۳	۰/۷۰۷	۰/۷۵۹	۰/۸۳۱	۰/۸۷۱	I2×B4×P1
۲۲/۶	۲۷/۴۶	۳۱/۰۳	۴۱/۳	۴۶/۰۶	۰/۶۱۷	۰/۶۶۸	۰/۷۱۴	۰/۷۱۵	۰/۸۶۰	I2×B1×P2
۲۵/۶۶	۲۸/۹	۳۴/۳۶	۴۴/۴۶	۵۱/۸۶	۰/۷۲۸	۰/۷۲۴	۰/۸۳۴	۰/۷۴۳	۰/۸۷۲	I2×B2×P2
۲۸/۰۳	۳۳/۷۳	۳۷/۳۶	۴۶/۸۳	۵۵/۸۳	۰/۷۲۳	۰/۷۴۱	۰/۷۵۰	۰/۷۶۷	۰/۸۸۲	I2×B3×P2
۲۵/۳	۳۲/۷۳	۳۵/۱۳	۴۲/۳۳	۵۱/۶۳	۰/۷۲۶	۰/۶۹۸	۰/۷۴۸	۰/۷۴۳	۰/۷۹۳	I2×B4×P2
۲۲/۲۳	۲۸/۶۳	۳۴/۲	۴۱/۴	۴۷/۴	۰/۶۷۴	۰/۶۸۱	۰/۷۲۷	۰/۷۲۱	۰/۷۴۷	I2×B1×P3
۲۹/۷۶	۳۵/۲	۳۸/۸	۴۷/۱	۵۶/۰۶	۰/۸۳۴	۰/۷۴۴	۰/۸۳۷	۰/۷۶۵	۰/۸۶۶	I2×B2×P3
۳۱/۶	۳۸/۴۶	۳۹/۱۳	۵۱/۶	۶۰/۷۶	۰/۷۵۱	۰/۷۷۶	۰/۷۹۴	۰/۸۸۴	۰/۸۰۹	I2×B3×P3
۲۸/۳۳	۳۵	۳۷/۸۳	۴۵/۵	۵۴/۷۶	۰/۷۴۲	۰/۷۵۱	۰/۷۷۶	۰/۷۶۷	۰/۸۰۱	I2×B4×P3
۲۴/۷	۲۹/۹۶	۳۳/۷۶	۴۰/۴۳	۴۷/۸۳	۰/۵۲۳	۰/۶۴۰	۰/۷۲۳	۰/۷۴۴	۰/۷۵۱	I3×B1×P1
۲۷	۳۲/۱	۳۴/۵۶	۴۲/۷۳	۵۰/۱۳	۰/۵۹۲	۰/۶۹۹	۰/۸۳۹	۰/۸۷۷	۰/۸۷۶	I3×B2×P1
۲۷/۹۶	۳۴/۱۳	۳۵/۹۳	۴۵/۵	۵۴/۳۳	۰/۶۳۱	۰/۶۶۴	۰/۷۴۶	۰/۷۸۴	۰/۸۰۶	I3×B3×P1
۲۶/۸۳	۳۱	۳۵/۴	۴۲/۶۶	۴۸/۸۳	۰/۶۴۳	۰/۶۷۸	۰/۷۶۶	۰/۷۶۶	۰/۷۹۸	I3×B4×P1
۲۴/۷	۳۰/۵۳	۳۳/۷۳	۴۱/۸۳	۴۹/۶	۰/۵۷۰	۰/۶۷۳	۰/۷۳۰	۰/۷۶۵	۰/۸۷۲	I3×B1×P2
۲۸/۹	۳۴/۹	۳۷/۰۶	۴۵/۸۶	۵۵/۸	۰/۶۴۸	۰/۷۴۴	۰/۷۶۰	۰/۷۹۰	۰/۸۹۴	I3×B2×P2
۲۹/۴۶	۳۶/۷۶	۴۱/۰۳	۴۸/۳۶	۵۷/۵۳	۰/۶۹۸	۰/۶۹۸	۰/۷۶۱	۰/۸۰۱	۰/۸۰۵	I3×B3×P2
۳۰/۴۳	۳۴/۱۳	۳۹/۶	۴۵/۳۳	۵۱/۴	۰/۶۶۴	۰/۷۰۸	۰/۷۷۸	۰/۷۹۱	۰/۸۰۷	I3×B4×P2
۲۶/۵۶	۳۳/۳۶	۳۵/۷۳	۴۳/۳۳	۵۰/۳۶	۰/۶۰۹	۰/۶۹۷	۰/۷۴۶	۰/۷۷۶	۰/۸۸۷	I3×B1×P3
۳۳/۰۳	۳۷/۲۳	۴۲/۵	۴۹/۶۳	۶۰/۱۳	۰/۶۴۸	۰/۷۳۰	۰/۷۸۸	۰/۸۰۲	۰/۸۱۸	I3×B2×P3
۳۴/۲۶	۳۹/۷۳	۴۶/۵	۵۴/۲	۶۴/۷	۰/۷۰۵	۰/۷۳۷	۰/۸۱۱	۰/۸۱۶	۰/۸۲۳	I3×B3×P3
۳۲/۶	۳۶/۴۶	۴۰/۲۳	۴۷/۷۶	۵۷/۷۶	۰/۷۰۷	۰/۷۳۶	۰/۷۹۷	۰/۷۸۶	۰/۸۱۳	I3×B4×P3
۴/۵۶	۵/۳۳	۵/۳۴	۶/۰۳	۷/۲	۰/۰۹۱	۰/۰۸۷	۰/۰۴۳	۰/۰۶	۰/۰۵۴	LSD 5%

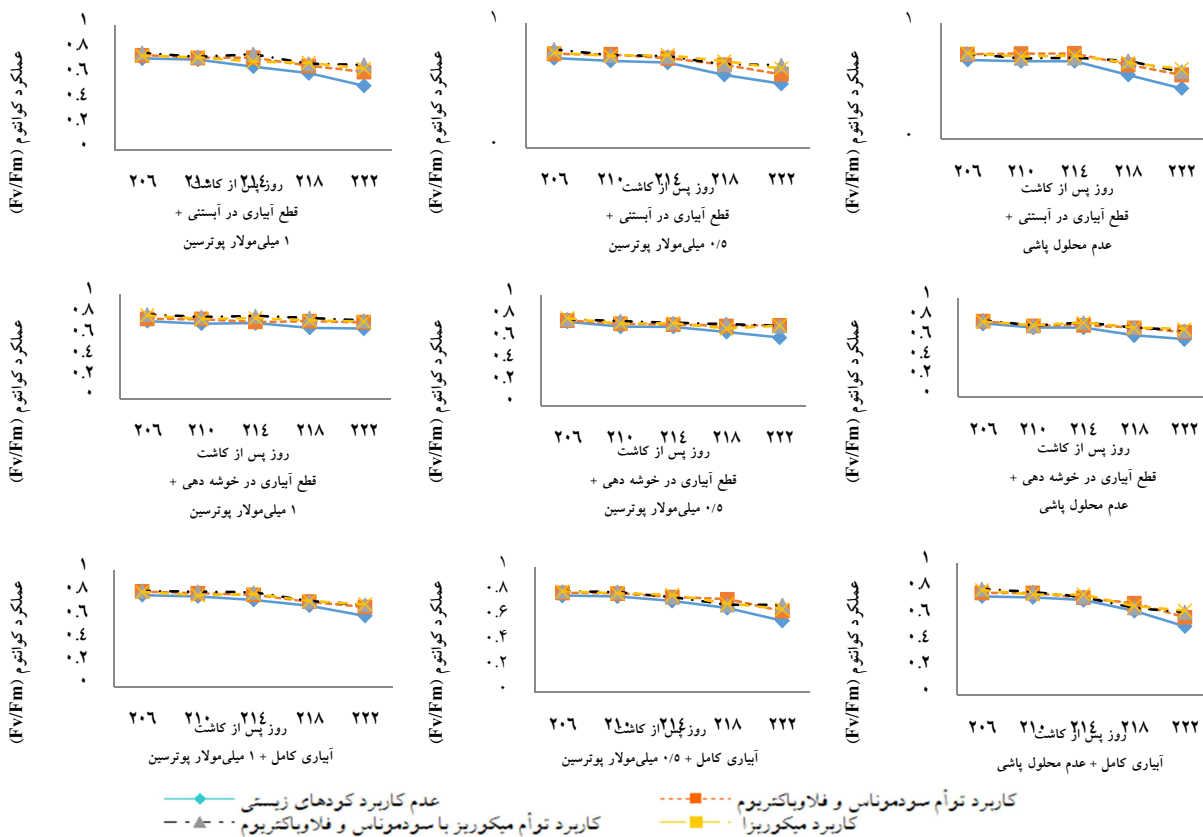
I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub> و I<sub>3</sub>: به ترتیب قطع آبیاری در آبستنی، قطع آبیاری در خوشه دهی، آبیاری کامل

B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> و B<sub>4</sub>: به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد هم‌زمان سودوموناس و فلاوباکتریوم، کاربرد هم‌زمان میکوریز با سودوموناس و فلاوباکتریوم، کاربرد میکوریز

P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> و P<sub>3</sub>: به ترتیب عدم محلول‌پاشی، ۰/۵ میلی‌مولار پوترسین، ۱ میلی‌مولار پوترسین



شکل ۴. تأثیر سطوح آبیاری، کودهای زیستی و پوترسین بر روند هدایت روزانه‌ای در برگ پرچم گندم



شکل ۵. تأثیر سطوح آبیاری، کودهای زیستی و پوترسین بر روند عملکرد کوانتوم برگ پرچم گندم

تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر عملکرد دانه و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی گندم در سطوح مختلف آبیاری

بررسی‌ها نشان داده‌اند که کودهای زیستی می‌تواند اثر سوء تنش بر عملکرد کوانتومی فتوسیستم II را از طریق کاهش آسیب به مراکز واکنشی فتوسیستم کاهش داده و موجب افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی از جمله خشکی می‌شود (Habibi et al., 2014; Yaman et al., 2010; Mehta et al., 2008) و پلی‌آمین‌ها نیز به عنوان تنظیم‌کننده رشد با تنظیم تعادل هورمونی و متابولیسم اسیدهای آمینه، نقش مثبتی در توسعه هیف قارچ‌ها بر عهده دارند که در نهایت می‌تواند به کاهش اثر سوء ناشی از محدودیت آبی کمک نماید (Wu et al., 2010).

۳.۵. عملکرد دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح آبیاری و کودهای زیستی در سطح احتمال یک درصد و اثر پوترسین در سطح احتمال پنج درصد و اثر ترکیب تیماری آبیاری در کودهای زیستی بر عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳).

مقایسه میانگین اثر اصلی نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه (۶۸۲/۶۸ گرم در مترمربع) در شرایط آبیاری کامل، کاربرد هم‌زمان سودوموناس و فلاوباکتریوم (۶۸۶/۴۲ گرم در مترمربع) و محلول‌پاشی ۱ میلی‌مولار پوترسین (۶۱۸/۰۲ گرم در مترمربع) به دست آمد (جدول ۶). کم‌ترین عملکرد به ترتیب در قطع آبیاری در مرحله آبستنی (۴۵۳/۳ گرم در مترمربع)، عدم کاربرد کود زیستی (۴۸۹/۵۵ گرم در مترمربع) و عدم محلول‌پاشی (۵۶۹/۳۳ گرم در مترمربع) حاصل شد (جدول ۶). Emadi et al. (2013) نشان دادند که محلول‌پاشی برگی پوترسین موجب افزایش عملکرد دانه به میزان ۸۸/۸ درصد در رقم چمران و ۹۱/۱ درصد در رقم استار نسبت به تیمار شاهد شد. آنان بیش‌ترین عملکرد را در محلول‌پاشی پوترسین در مرحله آبستنی و پنجه‌زنی و کم‌ترین آن را در عدم محلول‌پاشی گزارش کردند و اظهار داشتند که محلول‌پاشی پوترسین به دلیل افزایش طول عمر برگ پرچم و طول دوره پرشدن مؤثر دانه موجب افزایش عملکرد دانه شد.

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر اصلی محدودیت آبیاری، کودهای زیستی و محلول‌پاشی پوترسین بر عملکرد دانه گندم

عملکرد دانه (gr.m <sup>-2</sup> )	ترکیب تیماری
۴۵۳/۳c	قطع آبیاری در مرحله آبستنی
۶۴۱/۲۴b	محدودیت آبی
۶۸۲/۶۸a	آبیاری کامل
۳۵/۷۷	LSD5%
۴۸۹/۵۵d	عدم کاربرد کود زیستی
۶۸۶/۴۲a	کودهای زیستی
۶۲۴/۰۴b	کاربرد هم‌زمان سودوموناس و فلاوباکتریوم
۵۶۹/۶۱c	کاربرد هم‌زمان میکوریز و سودوموناس و فلاوباکتریوم
۴۱/۳	میکوریز
۴۱/۳	LSD5%
۵۶۹/۳۳b	عدم محلول‌پاشی
۵۸۹/۸۷ab	محلول پوترسین
۶۱۸/۰۲a	۰/۵ میلی‌مولار
۶۱۸/۰۲a	۱ میلی‌مولار
۳۵/۷۷	LSD5%

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

رادیکال‌های آزاد اکسیژن در شرایط تنش جلوگیری کنند و افزایش میزان عملکرد تحت تاثیر باکتری در شرایط کمبود آب به‌طور عمده به همین عامل مربوط می‌شود (Tao *et al.*, 2012). نتایج مشابهی نیز توسط Behl *et al.* (2003) مبنی بر افزایش عملکرد دانه گندم در تلقیح دوگانه میکوریزا و ازتوباکتر گزارش شده است. نتایج بررسی‌های مختلف نشان داد قارچ میکوریزا اثرات مثبتی بر رشد گیاه و عملکرد گیاهان داشته است (Vyas *et al.*, 2003; Ardakani *et al.*, 2006).

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری کودهای زیستی

و سطوح آبیاری بر عملکرد گندم	
عملکرد دانه (gr.m <sup>-2</sup> )	ترکیب تیماری
۴۰۳/۴۲ e	B1
۴۹۶/۸۰ cd	B2
۴۷۰/۶۵ cd	B3
۴۴۲/۳۱ de	B4
۵۲۹/۳۵ c	B1
۷۶۲/۸۳ a	B2
۶۵۵/۰۸ b	B3
۶۱۷/۷۱ b	B4
۵۳۵/۸۸ c	B1
۷۹۹/۶۴ a	B2
۷۴۶/۳۸ a	B3
۶۴۸/۸۱ b	B4
۶۶/۵۸	LSD 0.05

۱، ۲ و ۳: به ترتیب قطع آبیاری در آبستنی، قطع آبیاری در خوشه دهی، آبیاری کامل  
 B<sub>1</sub>، B<sub>2</sub> و B<sub>3</sub>: به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد هم‌زمان سودوموناس و  
 فلاوباکتریوم، کاربرد هم‌زمان میکوریزا با سودوموناس و فلاوباکتریوم، کاربرد میکوریزا  
 میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

#### ۴. نتیجه‌گیری

نتایج بیانگر آن است که در شرایط محدودیت آبی محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و عملکرد کوانتومی و عملکرد دانه کاهش یافت. در شرایط

مقایسه میانگین ترکیب تیماری سطوح آبیاری در کود زیستی نشان داد که بالاترین عملکرد دانه (۷۹۹/۴۴ و ۷۴۶/۳۸ گرم در مترمربع) به‌ترتیب با کاربرد هم‌زمان سودوموناس و فلاوباکتریوم و کاربرد هم‌زمان میکوریزا با سودوموناس و فلاوباکتریوم در حالت آبیاری کامل و کم‌ترین آن (۴۰۳/۴۲ گرم در مترمربع) در شرایط قطع آبیاری در آبستنی و عدم کاربرد کودهای زیستی مشاهده شد (جدول ۷). به‌نظر می‌رسد که بخشی از افزایش عملکرد را می‌توان به بهبود شاخص کلروفیل و کارایی فتوشیمیایی فتوسینتیم II نسبت داد که قارچ‌ها با ایفای نقش مخزن اضافی برای آسیمیلات‌ها، موجب تحریک فتوسنتز گیاه میزبان شده (Wright *et al.*, 1998) و با گسترش هیف‌های خود به مناطقی از خاک که ریشه قادر به نفوذ در چنین مناطقی نیست منجر به جذب بهتر آب از خاک شده و در نتیجه آن محتوای نسبی آب گیاه نیز افزایش یافته است (جدول ۴). از طرفی مؤثر بودن کارایی هم‌زیستی در کاربرد تک‌تک کودهای زیستی در تمامی سطوح از پوترسین و آبیاری در مقایسه با عدم استفاده از این کودهای زیستی (شکل ۲) می‌تواند یکی دیگر از دلایل بالا بودن عملکرد در چنین ترکیبات تیماری باشد.

Mishra *et al.* (2010) اظهار داشتند که تحت شرایط تنش، کودهای زیستی می‌تواند اثر مثبتی در تحمل به تنش خشکی و بهبود عملکرد گیاه داشته باشد. برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که بین قارچ‌های میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد اثر متقابل وجود دارد. به‌طوری‌که تلقیح بذر گندم و ذرت با باکتری آزوسپیریلیوم استقرار میکوریزا روی آن‌ها را افزایش می‌دهد (Antunes *et al.*, 2006).

براساس مطالعات Burgess *et al.* (2012)، تلقیح بذر با آزوسپیریلیوم لیپوفروم توسعه ریشه و عملکرد دانه را در گندم بهاره و ذرت در شرایط کمبود آب افزایش داد. کاربرد هم‌زمان باکتری‌ها قادرند تا حدودی از اثر مخرب

- Alcázar, R., Marco, J. C., Cuevas, M., Patrón, A., Ferrando, P., Carrasco, A. F., Tiburcio F., & Altabella, T. (2006). Involvement of polyamines in plant response to abiotic stress. *Biotechnol. Lett*, 28, 1867-1876. Doi: 10.1007/s10529-006-9179-3.
- Antunes, P. M., Deaville, D., & Goss, M. J. (2006). Effect of two AMF life strategies on tripartite symbiosis with *Bradyrhizobium japonicum* and soybean. *Mycorrhiza*, 16, 167-173. DOI: 10.1007/s00572-005-0028-3
- Ardakani, M. R., Majd, F., & Noormohammadi, G. (2006). Evaluating the efficiency of mycorrhiza and esterpetomysis in phosphorous different levels and effect of their utilize on wheat yield. *Iranian Journal of Agronomy Sciences*. 2 (2): 17-27. (In Persian)
- Baili, P., Sui Fang, G., Geti, D., Sunzhao, H., Lu, Y., & Zhou Guang, S. (2006). Effect of soil drought stress on leaf water status, membrane permeability and enzymatic antioxidant system of maize. *Pedosphere*, 16(3), 326-332.
- Beck, D. P., Materon, L. A., & Afandi, F. (1993). Practical rhizobium legume technology manual, Technical Manual No: 19. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria, pp. 1-54.
- Behl, R. K., Sharma, H., Kumar, V., & Singh, K. P. (2003). Effect of dual inoculation of *mycorrhiza* and *Azotobacter chroococcum* on above flag leaf characters in wheat. *Archive of Agronomy and Soil Science*, 49, 25-31. <https://doi.org/10.1080/03650340301497>
- Burgess, M. H., Miller, P., & Jones, C. (2012). Pulse crops improve energy intensity and productivity of cereal production in Montana, U.S.A. *Journal of Sustainable Agriculture*, 36, 699-718. <https://doi.org/10.1080/10440046.2012.672380>
- Chelah, M. K. B., Nordin, M. N. B., Musliania, M. I., Khanif, Y. M., & Jahan, M. S. (2011). Composting increases BRIS soil health and sustains rice production on BRIS soil. *Scienceasia*, 37, 291-295.
- El-Bassiouny, H. M., Mostafa, H. A., El-Khawas, S. A., & Abd El-Monem, A. A. (2008). Physiological responses of wheat plant to foliar treatments with arginine or putrescine. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2, 1390-1403.
- El-Tayeb, M. A. (2006). Differential response of two Vicia faba cultivars to drought: growth, pigments, lipid peroxidation, organic solutes, catalase and peroxidase activity. *Acta Agronomica Hungarica*, 54(1), 25-37. Doi: [10.1556/AAgr.54.2006.1.3](https://doi.org/10.1556/AAgr.54.2006.1.3)

محدودیت شدید (قطع آبیاری در آبستنی) صفات محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و عملکرد کوانتومی با کاربرد هم‌زمان میکوریز با سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی پوترسین در مقایسه با عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی پوترسین افزایش یافت، که بیانگر نقش مثبت کودهای زیستی و پوترسین در بهبود سیستم حفاظتی گیاه است. عملکرد دانه نیز در آبیاری کامل، کاربرد هم‌زمان سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی ۱ میلی‌مولار پوترسین به‌ترتیب از افزایش ۵۰/۶، ۴۰/۲۱ و ۸/۵ درصدی در مقایسه با تیمار قطع آبیاری در مرحله آبستنی، عدم کاربرد کود زیستی و عدم محلول‌پاشی پوترسین برخوردار بود. به‌نظر می‌رسد کاربرد کودهای زیستی و پوترسین می‌تواند به‌دلیل بهبود صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی، عملکرد دانه گندم را تحت شرایط محدودیت آبی افزایش دهد.

## ۵. تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از پایان‌نامه دکتری نویسنده اول مقاله می‌باشد که در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا شده است. بدینوسیله از تمامی همکاران عزیزی که به نحوی در اجرای آن نقش داشته‌اند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

## ۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منابع توسط نویسندگان وجود ندارد.

## ۷. منابع

- Abdoli, M., Saeidi, M., Jalali-Honarmand, S., Mansourifar, S., & Ghobadi, M. E. (2013). Evaluation of some physiological and biochemical traits and their relationships with yield and its components in some improved wheat cultivars under post-anthesis water deficit. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 6(1), 47-63. (In Persian)

- Emadi, M. S., Hassibi, P., & Azimi, A. (2013). Effect of foliar application of putrescine and nutrient elements on grain yield and quality of two bread wheat cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 15(3), 247-261. (In Persian)
- Gupta, S., Agarwal, V., & Gupta, N.K. (2012). Efficacy of putrescine and benzyladenine on photosynthesis and productivity in relation to drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 18, 331-336. Doi: [10.1007/s12298-012-0123-9](https://doi.org/10.1007/s12298-012-0123-9)
- 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.
- Habibi, S., Mskrbashy, M., & Farzaneh, M. (2014). Effect of three species of mycorrhizal fungi (*Glomus spp.*) on physiological indices of wheat in saline conditions. *Plant Products (Scientific Journal of Agriculture)*, 37, 53-36.
- Jarak, M., Mrkovacki, N., Bjelic, D., Josic, D., Hajnal-Jafari, T., & Stamenov, D. (2012). Effects of plant growth promoting rhizobacteria on maize in greenhouse and field trial. *African Journal of Microbiology Research*, 6(27), 5683-5690. DOI: [10.5897/AJMR12.759](https://doi.org/10.5897/AJMR12.759)
- Kheirizadeh Arough, Y., & Seyed Sharifi, R. (2016). Effects of application bio fertilizers and zinc on yield, trend of changes quantum yield, stomatal conductance and some physiological traits of Triticale under cut irrigation. *Journal of Process and Function*, 7(26), 57-74. (In Persian)
- Kirchner M. J., Wollum A. G., & King L. D. (1993). Soil microbial populations and activities in reduced chemical input agroecosystems. *Soil Science Society of America Journal*, 57:1289-1295. <https://doi.org/10.2136>.
- Kusano, T., Berberich, T., Tateda, C., & Takahashi, Y. (2008). Polyamines: essential factors for growth and survival. *Planta*, 228(3): 367-381.
- Lawlor, D. W., & Cornic, G. (2002). Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant Cell Environ*, 25, 275-294. DOI: 10.1046/j.0016-8025.2001.00814.x
- Liang, Z., Zhang, F., Shao, M., & Zhang, J. (2002). The relations of stomatal conuctance, water consumption, growth rate to leaf water potential during soil drying and rewatering cycle of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 43, 187-192.
- Mahdavi pour, A., Rezaei, M., Asgharzadeh, A., & Cheraty, A. (2009). Effect of different strains of bacteria *Brady rhizobium japonicum* on micronutrient uptake in shoot and seed yield of soybean. *Journal of Vegetation Science*, 16(4), 4
- 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 wheaterice and wheateblack gram rotations in India. *Soil Biology and Biochemistry*, 43, 609-619.
- Mahros, K. M., Badawy, E. M., Mahgoub, M. H., Habib, A., & El-Sayed, I. (2011). Effect of putrescine and uniconazole treatments on flower characters and photosynthetic pigments of *Chrysanthemum indicum* L. *Plant. Journal of American Science*, 7(3), 399-408.
- Mehta, P., Jajoo, A., Mathur, S., & Bharti, S. (2010). Chlorophyll a fluorescence study revealing effects of high salt stress on photosystem II in wheat leaves. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48, 16-20. DOI: 10.1016/j.plaphy.2009.10.006
- Mishra, M., Kumar, U., Mishra, P. K., & Prakash, V. (2010). Efficiency of plant growth promoting rhizobacteria for the enhancement of cicerarietinumL. Growth and germination under salinity. *Advances in Biological Research*, 4, 92-96.
- Miyashita, K., Tankamaru, S., Maitani, T., & Kimura, K. (2005). Recovery responses of photosynthesis, transpiration, and stomatal conductance in kidney bean following drought stress. *Environmental and Experimental Botany*, 53(2), 205-214. DOI: [10.1016/j.envexpbot.2004.03.015](https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2004.03.015)
- Monakhova, O. F., & Chernyadev, I. I. (2002). Protective role of kartolin-4 in wheat plants exposed to soil drought. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 38(4), 373-380. DOI: [10.1023/A:1016243424428](https://doi.org/10.1023/A:1016243424428)
- Piper, F. I., Corcuera, L. J., Alberdi, M., & Lusk, C. (2007). Differential photosynthetic and survival responses to soil drought in two evergreen Nothofagus species. *Annals of forest Science*, 64, 447-452.
- Reddy, A. R., Chaitanya K. V., & Vivekanandan, M. (2004). Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology*, 161, 1189-1202. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2004.01.013>
- Salehi, F., Moradi Ghahderijani, M., Mirabol Fathy, M., & Ali Asghar Zadeh, N. (2008). Influence of mycorrhizal fungi (VA) inoculation and different levels of phosphorus on vegetative features of pistachio seedling and uptake of P, K, Ca, Mg and Zn. *Pajouh. Sazand*, 78, 48-56. (In Persian)



- Schutz, H., & Fangmier, E. (2001). Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated CO<sub>2</sub> and water limitation. *Environmental Pollution*, 114, 187-194. DOI: 10.1016/s0269-7491(00)00215-3
- Seyed Sharifi, R., & Namvar, A. (2016). *Biofertilizers in Agronomy*. University of Mohaghegh Ardabili press. 280 pp. (In Persian)
- Seyed Sharifi, R., Khalilzadeh, R., & Jalilian, J. (2016). Effects of biofertilizers and cycocel on some physiological and biochemical traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 4, 111-119. <https://doi.org/10.1080/03650340.2016.1207242>
- Shaharoon, 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
- Siddique, M. B., Hamid, A., & Islam, M.S. (2000). Drought stress effects on water relations of wheat. *Batany Bull Acadmi Scienece*, 41, 35-39.
- 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.
- Tao, H., Morris, T. F., & Neafsey, J. (2012). Nutrient applications reported by farmers compared with performance-based nutrient management plans. *Agronomy Journal*, 104, 437- 447. DOI: [10.2134/agronj2011.0316](https://doi.org/10.2134/agronj2011.0316)
- Tilahun, A., & Sven, S. (2003). Mechanisms of drought resistance in grain: PSII stomatal regulation and root growth. *Ethiopian Journal of Science. Technol*, 26, 137-144.
- Toupchi Khosrowshahi, Z. H., Slehi- Lisar, S. Y., Ghassemi-Golezani, K., & Motafakkerazad, R. (2018). Physiological Responses of Safflower to Exogenous Putrescine under Water Deficit. *Journal of street physiology & Biochemistry*, 14(3), 38-48.
- Verma, S., & Mishra, S. N. (2005). Putrescine alleviation of growth in salt stressed Brassica juncea by inducing antioxidative defense system. *Journal of Plant Physiology*, 162, 669-677. DOI: 10.1016/j.jplph.2004.08.008
- Vyas, M. D., Jain, A. K., & Tiwari, R. J. (2003). Long-term effect of micronutrients and FYM on yield and nutrient uptake by soybean on atypical chromuster. *Indian Journal of Society Soil Science*, 51, 45-97.
- Wright, D. P., Scholes, J. D., & Read, D. (1998). Effects of VA mycorrhizal colonization on photosynthesis and biomass production of *trifolium repense* L. *Plant, Cell and Environment*, 21, 209-216. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.1998.00280.x>
- Wu, Q., Peng, Y. H., Zou, Y. N., & Liu, C. Y. (2010). Exogenous polyamines affect mycorrhizal development of *Glomus mosseae*-colonized citrus (*Citrus tangerine*) seedlings. *Science Asia*, 36, 254-258. Doi:10.2306/scienceasia1513-1874.2010.36.254
- Yaman, K., Kawasaki, M., Taniguchi, M., & Miyake, H. (2008). Correlation between chloroplast ultrastructure and chlorophyll fluorescence characteristics in the leaves of rice (*Oryza sativa* L.) grown under salinity. *Plant Production Science*, 11, 139-145. <https://doi.org/10.1626/pp.11.139>
- Yordanov, I., Velikova, V., & Tsonev, T. (2003). Plant responses to drought and stress tolerance. *Bulgarian Journal of Plant Physiology. Special Issues*, 187-206.
- Youssef, A. A., Mahgoub, M. H., & Talaat, I. M. (2004). Physiological and biochemical aspects of *Matthiola incana* plants under the effect of putrescine and kinetin treatments. *Egypt Journal of Applied Science*, 19, 492-510.
- Zhang, K., & John, PCL. (2005). Raised level of cyclin dependent kinase after prolonged suspension culture of *Nicotiana plumbaginifolia* is associated with more rapid growth and division, diminished cytoskeleton and lost capacity for regeneration: implications for instability of cultured plant cells. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 82, 295-308.