# بررسی اثر تاریخ کاشت، کود زیستی فسفاته و محلول‌پاشی روی و بور بر عملکرد دانه و برخی صفات فیزیولوژیک گندم

**حسین کمائی، حمیدرضا عیسوند*، ماشاالله دانشور و فرهاد نظریان**

**گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان**

**(تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۰۳/۱٦، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹٦/۰۷/۱۵)**

**چکیده:**

به‌منظور بررسی اثر تاریخ کاشت، کود زیستی فسفاته و محلول‌پاشی روی و بور بر عملکرد دانه و برخی صفات فیزیولوژیک گندم، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ١٦ تیمار و سه تکرار در طی سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤ در شهرستان رامهرمز اجرا گردید. عامل‌های آزمایشی شامل تاریخ کاشت (۳۰ آبان و ۱۵ دی) به‌عنوان عامل اصلی و کود زیستی فسفاته (بارور ۲) در دو سطح (عدم مصرف و مصرف به‌صورت بذر مال) و محلول‌پاشی در چهار سطح (آب به‌عنوان شاهد، روی، بور و ترکیب روی + بور (هر کدام سه لیتر در هکتار)) به‌صورت فاکتوریل به‌عنوان عامل فرعی بودند. با تأخیر در کاشت به‌دلیل تنش گرمای انتهایی غیر از میزان پرولین برگ کلیه صفات شاخص سطح برگ (LAI)، دوام سطح برگ (LAD)، محتوای نسبی آب برگ پرچم (FLRWC)، شاخص پایداری غشای سلول (CMSI)، عملکرد کوانتومی فتوسیتم II (ΦPSII) و عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری (P<۰/۰۱) کاهش یافت. اثر متقابل تلقیح بذر با کود زیستی فسفاته و محلول‌پاشی عناصر روی و بور غیر از FLRWC، کلیه صفات فیزیولوژیک از جمله LAI (۸/٤۲ درصد)، LAD (۷/۷۹ درصد)، CMSI (٦/٤۸ درصد)، ΦPSII (۲/۹۲ درصد)، میزان پرولین برگ (۱۰/۵۵ درصد) (P<۰/۰۱) و عملکرد دانه (۱۷/۲۵ درصد) (P<۰/۰۵) را به‌طور معنی‌داری تحت تاریخ کاشت تأخیری افزایش داد. در این آزمایش مشاهده شد که کاربرد تلفیقی تلقیح بذر با کود زیستی فسفاته + محلول‌پاشی روی در مقایسه با کاربرد تلفیقی تلقیح بذر با کود زیستی فسفاته + محلول‌پاشی بور تأثیر بیشتری در بهبود صفات فیزیولوژیک و افزایش عملکرد دانه گندم در هر دو تاریخ کاشت مناسب و تأخیری داشت.

**واژه‌های کلیدی:** بارور ۲، تنش گرمای انتهای فصل، عناصر ریزمغذی

**مقدمه:**

گندم نان (*Triticum aestivum* L.) یکی از منابع مهم غذایی در میان محدود گیاهان زراعی عمده جهان به شمار می‌رود و به‌نظر می‌رسد کانون آغاز کشاورزی انسان، آغاز کشت گندم بوده است (مدحج و فتحی، ۱۳۸۷). گندم از نظر میزان تولید، مهمترین گیاه زراعی در جهان بوده و تولید آن در سال ۲۰۱٦ به حدود ۷۲٤ میلیون تن رسید (FAO, 2016). در ایران سالانه حدود ۵/۷ میلیون هکتار به زیر کشت گندم می‌رود (۲/۲۳ میلیون هکتار آبی و ۳/٤۷ میلیون هکتار دیم) که حدود ۳۹٤ هزار هکتار از این سطح زیر کشت در استان خوزستان قرار دارد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۵)، که با تنش گرمای انتهای فصل در طی گل‌دهی و دوره پر شدن دانه مواجه می‌شود که باعث کاهش ۵ تا ٤۰ درصدی عملکرد در این مناطق می‌شود (Jalal Kamali and Duveiller, 2008). تنش

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: eisvand.hr@lu.ac.ir

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.15.7 ]

گرمای انتهایی ناشی از تأخیر در کاشت موجب تغییرات قابل توجهی در شاخص سطح برگ، میزان پرولین برگ، پراکسیداسیون چربی، عملکرد دانه و شاخص حساسیت به گرما در ژنوتیپ‌های گندم شد (Dhyani *et al.*, 2013).

برای رفع کمبود فسفر مورد نیاز گیاهان، این عنصر ضروری و پرمصرف به‌صورت کودهای شیمیایی فسفردار به خاک اضافه می‌شود که مقادیر زیادی از فسفر موجود در این کودها بعد از ورود به خاک نامحلول شده و از دسترس گیاه خارج می‌شود (Naiman *et al.*, 2009). فسفر نقش کلیدی در واکنش‌های انتقال انرژی، فتوسنتز، افزایش جذب آب، تولید هورمون‌های گیاهی و کاهش تأثیر منفی تنش‌های محیطی دارد (Wu *et al.*, 2005; Behl *et al.*, 2003). کود زیستی فسفاته (بارور ۲) شامل مجموعه‌ای از باکتری‌های حل کننده‌ی فسفات از جنس‌های *Bacillus* و *Pseudomonas* می‌باشد که قادرند فسفر نامحلول در خاک را به‌فرم محلول قابل دسترس گیاه تبدیل کنند (یوسف پور و یدوی، ۱۳۹۳). آزمایش‌ها نشان داد که تلقیح بذور گندم با کود زیستی فسفاته (بارور ۲) نسبت به عدم تلقیح موجب افزایش عملکرد دانه (بهاری ساروی و پیردشتی، ۱۳۹۱) و افزایش مقاومت گیاهان در شرایط تنش‌های محیطی شد (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۷).

در اکثر مناطق ایران pH خاک بالا بوده و آنها آهکی هستند. بنابراین، در این نوع از خاک‌ها حلالیت عناصر غذایی کم مصرف کمتر می‌باشد و این موضوع جذب عناصر غذایی کم مصرف توسط گیاه را کاهش می‌دهد و در نهایت نیاز گیاهان به این عناصر افزایش می‌یابد (Mousavi *et al.*, 2007). بنابراین، بهتر است این عناصر بر روی برگ‌ها محلول‌پاشی شوند. علاوه بر این، محلول‌پاشی عناصر غذایی را سریعتر در مقایسه با کاربرد خاکی برای گیاهان فراهم می‌کند (Yassen *et al.*, 2010). مقاومت به تنش‌های مختلف از طریق محلول‌پاشی عناصر غذایی کم مصرف افزایش می‌یابد (Ghasemian *et al.*, 2010). روی یک عنصر غذایی ضروری کم مصرف برای گیاهان است که نقش بسیار مهمی در سنتز پروتئین و کربوهیدرات‌ها، اعمال متابولیکی سلول، محافظت غشاء در مقابل رادیکال‌های آزاد اکسیژن و سایر فرآیندهای مرتبط با سازگاری گیاهان به تنش‌ها داشت (Marschner, 1995). بور، به‌عنوان یک عنصر غذایی کم مصرف، به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در طول رشد گیاه مانند طویل شدن سلول، تقسیم سلولی، بیوسنتز دیواره سلولی، فعالیت غشاء و فرآیندهای غشایی، متابولیسم نیتروژن، فتوسنتز برگ و سنتز اوراسیل دخیل می‌باشد (Ai-Qing, 2011). محلول‌پاشی بور موجب افزایش تجمع پرولین در برگ گندم شد که تجمع پرولین می‌تواند یک مکانیزم سریع برای حفاظت سلولی و تورژسانس بافت‌ها در پاسخ به تنش باشد (Moeinian *et al.*, 2011). بور می‌تواند فعالیت آنتی اکسیدان‌های گیاهی را افزایش دهد و در نتیجه آسیب انواع اکسیژن فعال (ROS) ناشی از تنش دما را کاهش دهد (Waraich *et al.*, 2012). محلول‌پاشی روی و بور و اثر متقابل آنها برروی گیاه گندم موجب افزایش عملکرد دانه نسبت به عدم کاربرد محلول‌پاشی شد (Ali *et al.*, 2009). دانشمندان بسیاری تأثیر مثبت عناصر غذایی کم مصرف به‌خصوص عنصر غذایی روی را بر افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان (Cakmak *et al.*, 1996)، افزایش کارایی فتوسنتز (Wang *et al.*, 2012)، افزایش تحمل گیاه به تنش‌های محیطی (Ghasemian *et al.*, 2010)، افزایش فلئورسانس کلروفیل در شرایط تنش (Graham and McDonald, 2001) و افزایش عملکرد گندم نان (Abdoli *et al.*, 2014) گزارش دادند. با توجه به اهمیت تولید گندم در جهت تأمین منابع غذایی مورد نیاز کشور و لزوم بهبود تولید آن در بعضی از مناطق از جمله استان خوزستان که با تنش گرمای انتهای فصل مواجه هستند، و هم‌چنین توجه کمتر به نقش کود زیستی فسفاته و محلول‌پاشی عناصر غذایی به‌خصوص روی و بور در بهبود صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه گندم تحت تاریخ کاشت تأخیری، آزمایش حاضر با هدف بررسی اثر کود زیستی فسفاته و محلول‌پاشی روی و بور بر عملکرد دانه و برخی صفات فیزیولوژیک گندم تحت تاریخ‌های کاشت مناسب و تأخیری اجرا گردید.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.15.7 ]

**مواد و روش‌ها**

این آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۶ تیمار و سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در شهرستان رامهرمز با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۶۰ متر از سطح دریا اجرا گردید. عامل‌های آزمایشی شامل تاریخ کاشت (مناسب (۳۰ آبان) و تأخیری (۱۵ دی)) به‌عنوان عامل اصلی و کاربرد کود زیستی فسفاته (بارور ۲) در دو سطح عدم مصرف و بذر مال و محلول‌پاشی در چهار سطح (آب به‌عنوان شاهد، روی، بور و ترکیب روی + بور (هر کدام سه لیتر در هکتار)) بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه کودی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان در سه مرحله پنجه‌زنی، غلاف رفتن و گرده افشانی به‌صورت فاکتوریل به‌عنوان عامل فرعی بودند. برای محلول‌پاشی عنصر غذایی روی از کلات - روی هفت و نیم درصد به‌میزان ۳ لیتر در هزار لیتر آب معادل ۰/۰۲۲۵ درصد و برای محلول‌پاشی عنصر غذایی بور از بور پنج درصد به‌میزان ۳ لیتر در هزار لیتر آب معادل ۰/۰۱۵ درصد استفاده گردید. در این آزمایش از رقم گندم افلاک استفاده گردید. رقم افلاک دارای ویژگی‌هایی هم‌چون تیپ رشد بهاره، میانگین ارتفاع بوته ۹۴ سانتی‌متر، متوسط رس، میانگین وزن هزار دانه ۴۰ گرم، نیمه مقاوم به خوابیدگی، نسبتاً متحمل به گرما، نیمه حساس به خشکی و میانگین عملکرد دانه ۶۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده و مخصوص کشت در مناطق گرم و خشک جنوب می‌باشد (مدحج و فتحی، ۱۳۸۷). خاک محل آزمایش دارای بافت رسی سیلتی با نفوذپذیری اندک بود. از مشخصات این خاک می‌توان به میزان پایین پتاسیم، عناصر ریزمغذی و ماده آلی و میزان بالای فسفر، اسیدیته و شوری اشاره کرد (جدول ۱). آمار ایستگاه هواشناسی شهرستان رامهرمز در شکل ۱ آورده شده است. در این آزمایش هر کرت شامل هفت ردیف کاشت سه متری با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر و تراکم ۴۰۰ بوته در متر مربع بود. بر اساس نتایج آزمون خاک مقادیر ۳۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار (در سه مرحله یک سوم قبل از کاشت همرا با کود سولفات پتاسیم و گوگرد، یک سوم در شروع طویل شدن ساقه و یک سوم آخر در آغاز گل‌دهی)، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد مصرف گردید. در این آزمایش به‌دلیل بالا بودن میزان فسفر از دادن کودهای فسفره به زمین زراعی اجتناب گردید. بذرهای گندم رقم افلاک مورد نیاز جهت کاشت ابتدا روی نایلون‌های جداگانه در سایه پهن شد و با کمی آب آنها را مرطوب و سپس با محتوای مورد نیاز یک بسته ۱۰۰ گرمی کود زیستی فسفاته (بارور ۲) مخلوط و اجازه داده شد خشک شود. سپس اقدام به کشت آنها به روش دستی و در عمق سه سانتی‌متری شد. آبیاری، کوددهی، مبارزه با علف‌های هرز و آفات به‌گونه‌ای انجام شد که گیاه با تنش دیگری مواجه نگردد. صفات فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده در این آزمایش شامل شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ پرچم، شاخص پایداری غشای سلول، عملکرد کوانتومی فتوسیتم II (ΦPSII) و میزان پرولین برگ بودند. برای تعیین شاخص سطح برگ در مرحله گل‌دهی، به‌طور تصادفی کوادرات ۲۵ سانتی‌متر × ۲۵ سانتی‌متر در هر کرت انداخته شد و سپس کل بوته‌های آن محدوده کف‌بر و به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه برای هر کرت کل برگ‌ها از ساقه‌ها جدا و نهایتاً ۵ برگ به‌طور تصادفی انتخاب و میانگین طول و عرض برگ‌ها (قسمت عریض‌تر) اندازه‌گیری شد. سپس از روابط (۱) و (۲) مساحت برگ و شاخص سطح برگ محاسبه شد (Shi *et al.*, 1981):

$$LA = L \times W \times 0.75 \quad (1)$$

$$LAI = ((LA1+LA2) / 2)\times 1 / GA \quad (2)$$

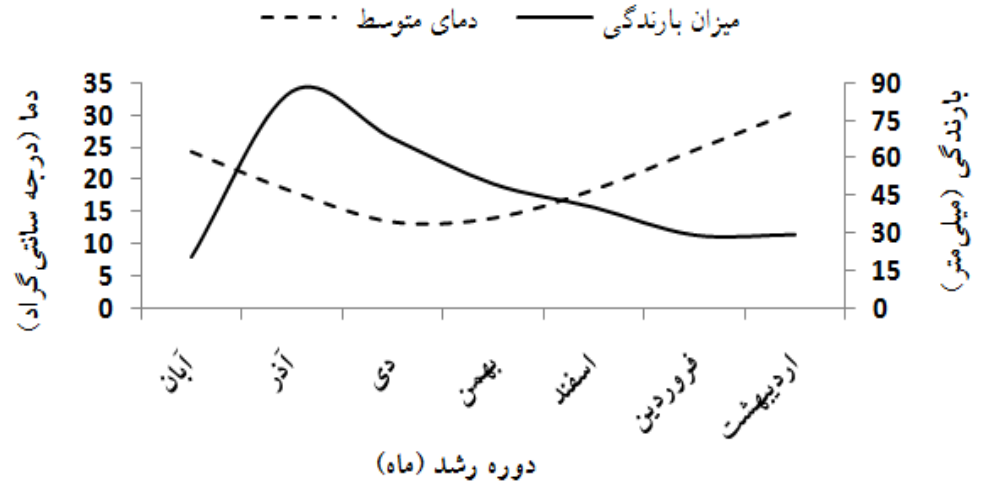
که در این روابط LA: سطح برگ، L: طول برگ، W: عرض برگ، ۰/۷۵: ضریب ثابت سطح برگ برای گندم، LAI: شاخص سطح برگ، LA1: سطح برگ اولیه، LA2: سطح برگ ثانویه و GA: سطح زمینی که توسط گیاه اشغال شده (مترمربع) می‌باشد. برای اندازه‌گیری دوام سطح برگ پس از اندازه‌گیری سطح برگ در مرحله گل‌دهی از رابطهٔ (۳) استفاده شد (Shi *et al.*, 1981):

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.15.7 ]

**جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش**

| بافت خاک | هدایت الکتریکی dS/m | اسیدیته pH | مواد آلی (%) | فسفر mg. kg$^{-1}$ | پتاسیم mg. kg$^{-1}$ | رس (%) | سیلت (%) | شن (%) | مس mg. kg$^{-1}$ | آهن mg. kg$^{-1}$ | روی mg. kg$^{-1}$ | بور mg. kg$^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| رسی سیلتی | ۵/۸ | ۷/٦٤ | ۰/۹۲ | ۱۸/٦ | ۱٤۰ | ٤۷ | ٤۲ | ۱۱ | ۰/۹۰ | ۲/۸۰ | ۰/٦۳ | ۰/۷۱ |




**شکل ۱- میانگین دمای متوسط و میزان بارندگی ماهیانه در طول دوره رشد گندم در سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤.**

$$LAD=1/2\ (LA2+LA1)\ (T2-T1) \quad (۳)$$

که در این رابطه LAD: دوام سطح برگ، LA1: سطح برگ گیاه در مرحله اول نمونه‌برداری، LA2: سطح برگ گیاه در مرحله دوم نمونه‌برداری،T1: زمان نمونه برداری اول و T2: زمان نمونه برداری دوم می‌باشد. برای تعیین محتوای نسبی آب برگ پرچم از روش Barr and Weatherley, 1962 و طبق رابطه (٤) استفاده شد.

$$FLRWC = (FW - DW) / (TW - DW) \times 100 \quad (٤)$$

که در این رابطه FLRWC: محتوای نسبی آب برگ پرچم، FW: وزن تر نمونه، DW: وزن خشک نمونه و TW: وزن نمونه در حالت تورژسانس می‌باشد. شاخص پایداری غشای سلول (CMSI) از طریق روش Lutts و همکاران (۱۹۹٦) و طبق رابطه (۵) اندازه گیری شد.

$$CMSI=(1-(EC_1/ EC_2)\times 100 \quad (۵)$$

در این رابطه، $EC_1$: هدایت الکتریکی اولیه (نشت اولیه)، $EC_2$: هدایت الکتریکی ثانویه (نشت ثانویه) می‌باشد. برای این منظور نمونه‌های برگ پرچم درون آب مقطر با حجم ۱۰ میلی‌لیتر منتقل و به‌مدت ٢٤ ساعت در آزمایشگاه (۲۵ درجه سانتی‌گراد) بر روی شیکر با ۱۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد. سپس میزان هدایت الکتریکی آب مقطر همراه نمونه به‌عنوان نشت اولیه با دستگاه هدایت الکتریکی سنج اندازه‌گیری شد. نشت ثانویه نیز از طریق اندازه‌گیری نمونه‌ها پس از حرارت دادن آنها به‌مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد اتوکلاو اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (ΦPSII) از دستگاه فلئورسانس‌متر مدل (PEA, Walz, Germany) و طبق رابطه (٦) استفاده شد. اندازه‌گیری تنها یک‌بار در مرحله پر شدن دانه و از برگ‌های پرچم در ساعات اولیه صبح و بعد از ۳۰ دقیقه تاریکی توسط کلیپس‌های مخصوص انجام شد (Van Kooten and Snel, 1990).

$$\Phi PSII= (Fm-Ft) / Fm' \quad (٦)$$

که در این رابطه ΦPSII: عملکرد کوانتومی فتوسیستم II، Fm: فلئورسانس حداکثر در شرایط سازگار شده با تاریکی، Fm':

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.15.7 ]

فلئورسانس حداکثر در شرایط سازگار شده با روشنایی و Ft: فلئورسانس کل ساطع شده از برگ سازگار شده به روشنایی می‌باشد. به‌منظور اندازه‌گیری میزان پرولین برگ از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) استفاده گردید. به‌منظور محاسبه عملکرد دانه، کل سنبله‌های برداشت شده از سطح یک متر مربع در هر کرت پس از حذف ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای خطوط کشت مورد نظر با دست خرمن‌کوبی شد و سپس دانه‌های به‌دست آمده توزین و عملکرد در متر مربع محاسبه و در نهایت به کیلوگرم در هکتار تبدیل شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SAS استفاده شد. میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

## نتایج و بحث

**شاخص سطح برگ:** نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کلیه اثرات اصلی و متقابل تاریخ کاشت، کود زیستی فسفاته و محلول‌پاشی روی و بور در مرحله گل‌دهی بر شاخص سطح برگ گندم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف تاریخ کاشت × کود زیستی فسفاته × محلول‌پاشی روی و بور بر شاخص سطح برگ گندم در مرحله گل‌دهی نشان داد که بیش‌ترین میزان این شاخص در اثرات متقابل تاریخ کاشت مناسب ۳۰ آبان‌ماه × بذرمال با کود زیستی فسفاته × محلول‌پاشی روی با میانگین ٤/٨٩ و کم‌ترین آن در اثرات متقابل تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ دی‌ماه × عدم مصرف کود زیستی فسفاته × محلول‌پاشی بور با میانگین ۲/۵۸ به‌دست آمد (جدول ۳). مدحج و فتحی (۱۳۸۷) گزارش دادند که شاخص سطح برگ گیاه گندم در مرحله گل‌دهی به حداکثر میزان خود رسید، اما پس از این مرحله و با آغاز مرحله پر شدن دانه‌ها مواد معدنی ذخیره شده در برگ‌ها به دانه‌ها منتقل و برگ‌ها شروع به زرد شدن و ریزش کرد و این شاخص کاهش یافت. شاخص سطح برگ در ژنوتیپ‌های مختلف گندم در نتیجه تأخیر در کاشت و مواجهه با تنش گرمای انتهایی کاهش یافت (Dhyani *et al.*, 2013). ناظری و همکاران (۱۳۹۱) نشان دادند که شاخص سطح برگ در نتیجه مصرف کود زیستی فسفره افزایش یافت. هم‌چنین Khan و همکاران (۲۰۰۸) در آزمایش خود به این نتیجه رسیدند که کاربرد سولفات روی در گیاه گندم موجب افزایش شاخص سطح برگ شد. نتایج این آزمایش یافته‌های محققین فوق را تأیید می‌کند. در این آزمایش مشاهده شد که کاربرد بور موجب کاهش شاخص سطح برگ نسبت به شاهد گردید که با یافته‌های Moeinian و همکاران (۲۰۱۱) مبنی بر افزایش شاخص سطح برگ در نتیجه کاربرد بور در گیاه گندم تحت شرایط تنش مطابقت نداشت.

**دوام سطح برگ (LAD):** نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کلیه اثرات اصلی و متقابل تاریخ کاشت، کود زیستی فسفاته و محلول‌پاشی روی و بور بر دوام سطح برگ گندم در مرحله گل‌دهی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف تاریخ کاشت × کود زیستی فسفاته × محلول‌پاشی روی و بور بر دوام سطح برگ گندم در مرحله گل‌دهی نشان داد که بیش‌ترین میزان این شاخص در اثرات متقابل تاریخ کاشت مناسب ۳۰ آبان‌ماه × بذرمال با کود زیستی فسفاته × محلول‌پاشی روی با میانگین ۵٤۸/۷۰ سانتی‌متر مربع در روز و کم‌ترین آن در اثرات متقابل تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ دی‌ماه × عدم مصرف کود زیستی فسفاته × محلول‌پاشی بور با میانگین ۲۰٤/۰٦ سانتی‌متر مربع در روز به‌دست آمد (جدول ۳). مدحج و فتحی (۱۳۸۷) گزارش دادند که دوام سطح برگ همان شاخص سطح برگ نسبت به زمان است که روندی مشابه با تغییرات این شاخص در واحد زمان داشته و در مرحله گل‌دهی به حداکثر میزان خود رسید، اما پس از این مرحله به‌دلیل انتقال مواد ذخیره‌ای از برگ‌ها به دانه‌ها این شاخص مانند شاخص همکاران (۲۰۱٤) اظهار داشتند که محلول‌پاشی سولفات روی بر گیاه گندم موجب افزایش دوام سطح برگ نسبت به عدم محلول‌پاشی شد. نتایج به‌دست آمده توسط محققین فوق با نتایج این آزمایش هم‌خوانی داشت. هم‌چنین Moeinian و سطح برگ کاهش نشان داد. Blye و همکاران (۱۹۹۰) گزارش

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.15.7 ]

**جدول ۲- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک و عملکرد گندم نان تحت تأثیر تیمارهای مختلف**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | شاخص سطح برگ | دوام سطح برگ | محتوای نسبی آب برگ پرچم | شاخص پایداری غشای سلول | عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (ΦPSII) | میزان پرولین برگ | عملکرد دانه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار | ۲ | ۰/۰۰۰٤ | ٤/۸۱ | ۰/۰۹۱ | ۰/۱۰٤ | ۰/۰۰۰۰۰٤ | ۰/۰۰۰۰۷ | ۱٦٦/۷۱ |
| (تاریخ کاشت)A | ۱ | ۱٤/۷۸** | ۵۸٤٦۱۰/٦۱** | ۸۲۷/۰۱۲** | ۱٦۹۵/۲۷٦** | ۰/۰۰۹۹** | ۲٤٤/۱۲** | ۲۷۵۰۳٤۲۱/۸۱** |
| خطای a | ۲ | ۰/۰۰۱ | ۱۱/۰۱ | ۰/٤۵۵ | ۰/٤٤۲ | ۰/۰۰۰۰۰٦ | ۰/۰۰۰۰۱ | ۵۵۵۲/۹٤ |
| (کود زیستی) B | ۱ | ۱/٦٦** | ۱٦۸٤۳/۷٤** | ۱۷۳/۱۲۸** | ۳٤۳/٦۸٤** | ۰/۰۰٦۳** | ۱۲/۹۲** | ۲٤۵۲۱۳٤/۷۲** |
| (محلول‌پاشی) C | ۳ | ۰/٦۲٤** | ٦۱۸٦/۵۲** | ٤۸/۲۱۲** | ۹۷/٦۰۱** | ۰/۰۰۱۹** | ۳/۷۰** | ۲۳٤۱٦۵۷/۲۱** |
| A×B | ۱ | ۰/۱۳٦** | ۳۲۸۹/٦۷** | ۱۰/۱۵٦** | ۰/۱۳٦n.s | ۰/۰۰۰۰٤** | ۰/٤۲۰** | ۱۲۳۰۲۸/۵۸** |
| B×C | ۳ | ۰/۵۷۸** | ۵۹٤۹/۲۸** | ۳۷/٤۹۵** | ٦۸/۲۰۵** | ۰/۰۰۰۳** | ۲/٦٦** | ۱٦٦/۷۱n.s |
| A×C | ۳ | ۰/۰۳۷** | ۹۳۵/٤۳** | ۸/۲۷۸** | ۸/۵٦۹** | ۰/۰۰۱۵** | ۰/۲۵۵** | ٦۹۲/٦٤n.s |
| A×B×C | ۳ | ۰/۰٦۳** | ۱۲۸۱/٦۰** | ۱/۸٦۲n.s | ۹/۵۰۵** | ۰/۰۰۰۰۱** | ۰/۵۰۹** | ۲٤٦۵۲/۳٤* |
| خطای b | ۲۸ | ۰/۰۰۳۳ | ۳٦/٦٦ | ۱/۲۰۵ | ۱/٦۲ | ۰/۰۰۰۰۸ | ۰/۰۰۳٤ | ۸٦۱٤/۲۳ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ۱/۸۸ | ۳/۳۰ | ۱/۸۳ | ۱/۸۵ | ۰/۲۲۱ | ۱/۰۳ | ۵/۸۷ |

**ns، * و **: به‌ترتیب، غیر معنی‌دار و معنی‌دار بودن در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.**

**جدول ۳- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ (LAI) و دوام سطح برگ (LAD) گندم نان در مرحله گل‌دهی تحت تأثیر تیمارهای مختلف**

| تیمارها / صفات | شاخص سطح برگ | دوام سطح برگ (سانتی‌متر مربع در روز) |
|---|---|---|
| A1B1C1 | ۳/۵۵e | ٤۰۱/۷۷e |
| A1B1C2 | ۳/۵۱e | ۳۹۹/۳۱e |
| A1B1C3 | ۳/۵۲e | ۳۹۹/٤۰e |
| A1B1C4 | ۳/۸۵c | ٤۳٦/۹۵c |
| A1B2C1 | ۳/۷٦d | ٤۲٤/۹۰d |
| A1B2C2 | ٤/۸۹a | ۵٤۸/۷۰a |
| A1B2C3 | ۳/۷۳d | ٤۲۱/۵۳d |
| A1B2C4 | ۳/۹۷b | ٤۵۱/٤٦b |
| A2B1C1 | ۲/٦۱h | ۲۰٦/۲۱h |
| A2B1C2 | ۲/٦۰h | ۲۰۵/۲۷h |
| A2B1C3 | ۲/۵۸h | ۲۰٤/۰٦h |
| A2B1C4 | ۲/۵۹h | ۲۰۵/۳٤h |
| A2B2C1 | ۲/٦۲h | ۲۰٦/۵۳h |
| A2B2C2 | ۳/۳٦f | ۲٦٤/۷۱f |
| A2B2C3 | ۲/٦۱h | ۲۰۵/۷۰h |
| A2B2C4 | ۲/۸۵g | ۲۲۳/٦٤g |
| LSD 5% | ۰/۰۹۷ | ۹/۷٦ |

**A1: تاریخ کاشت مناسب (۳۰ آبان)، A2: تاریخ کاشت تأخیری (۱۵ دی)، B1: عدم مصرف (شاهد)، B2: بذرمال با کود زیستی فسفاته، C1: محلول‌پاشی آب (شاهد)، C2: محلول‌پاشی روی (سه لیتر در هکتار)، C3: محلول‌پاشی بور (سه لیتر در هکتار) و C4: محلول‌پاشی روی (سه لیتر در هکتار) + محلول‌پاشی بور (سه لیتر در هکتار). در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.**

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.15.7 ]

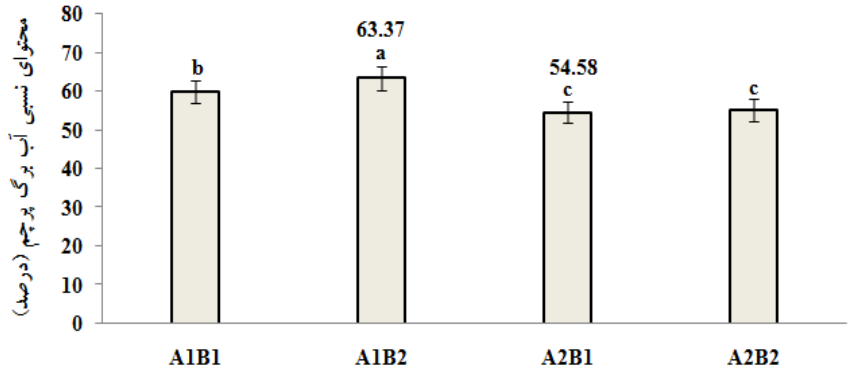
دادند که تأخیر در کاشت موجب کاهش دوام سطح برگ در گیاه گندم شد. دوام سطح برگ گیاه گندم با کاربرد کود زیستی فسفاته افزایش یافت (امیری و همکاران، ۱۳۹۲). Abdoli و همکاران (۲۰۱۱) در آزمایش خود نشان دادند که دوام سطح برگ گیاه گندم در نتیجه کاربرد عنصر غذایی بور تحت شرایط تنش خشکی افزایش یافت. که این یافته آنها با نتایج این آزمایش هم‌خوانی نداشت.

**محتوای نسبی آب برگ پرچم:** نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که غیر از اثرات متقابل تاریخ کاشت × کود زیستی فسفاته × محلول‌پاشی روی و بور، کلیه اثرات اصلی و متقابل تاریخ کاشت، کود زیستی فسفاته و محلول‌پاشی روی و بور بر محتوای نسبی آب برگ پرچم گندم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف تاریخ کاشت × کود زیستی فسفاته بر محتوای نسبی آب برگ پرچم گندم نشان داد که بیش‌ترین میزان این صفت در اثرات متقابل تاریخ کاشت مناسب ۳۰ آبان‌ماه × بذرمال با کود زیستی فسفاته با میانگین ٦۳/۳۷ درصد و کم‌ترین آن در اثرات متقابل تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ دی‌ماه × عدم مصرف کود زیستی فسفاته با میانگین ٥٤/٥٨ درصد به‌دست آمد (شکل ۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف کود زیستی فسفاته × محلول‌پاشی روی و بور بر محتوای نسبی آب برگ پرچم گندم نشان داد که بیش‌ترین میزان این صفت در اثرات متقابل بذرمال با کود زیستی فسفاته × محلول‌پاشی روی با میانگین ۷۱/۲۸ درصد و کم‌ترین آن در اثرات متقابل عدم مصرف کود زیستی فسفاته × محلول‌پاشی آب (شاهد) با میانگین ٥۹/۹۳ درصد به‌دست آمد (شکل ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف تاریخ کاشت × محلول‌پاشی روی و بور بر محتوای نسبی آب برگ پرچم گندم نشان داد که بیش‌ترین میزان این صفت در اثرات متقابل تاریخ کاشت مناسب ۳۰ آبان‌ماه × کاربرد تلفیقی روی + بور با میانگین ٦٥/۱۷ درصد و کم‌ترین آن در اثرات متقابل تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ دی‌ماه × محلول‌پاشی بور با میانگین ٥۳/٤۷ درصد به‌دست آمد (شکل ٤). تحت تنش دمای بالا گیاهان اسمولیت‌های سازگاری را تجمع می‌دهند که به افزایش نگهداری آب در گیاهان به‌منظور تنظیم بهتر روزنه‌ها و افزایش سرعت فتوسنتز کمک می‌کند (Waraich *et al.*, 2012). عسگرنژاد و همکاران (۱۳۹٤) گزارش دادند که با تأخیر در کاشت به‌دلیل تنش گرمای انتهایی محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت. پتانسیل آب برگ و محتوای نسبی آب برگ پرچم تحت تأثیر تنش خشکی انتهای فصل کاهش یافت (احمدی لاهیجانی و امام، ۱۳۹۲). نتایج این آزمایش با یافته‌های محققین فوق هم‌خوانی داشت. پروازی شندی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش دادند که تلقیح بذر با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل کننده فسفات نسبت به عدم مصرف با وجود عدم اختلاف معنی‌دار موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ پرچم گندم تحت شرایط تنش خشکی گردید. هم‌چنین کرملاچعب و قرینه (۱۳۹۲) در آزمایش خود نشان دادند که محتوای نسبی آب برگ در ذرت در نتیجه کاربرد عنصر غذایی روی افزایش یافت. یافته‌های محققین فوق با نتایج این آزمایش هم‌خوانی نداشت. در این آزمایش مشاهده شد که علت اصلی افزایش محتوای نسبی آب برگ پرچم کاربرد کود زیستی فسفاته بود، و محلول‌پاشی روی و بور در تلفیق با این تیمار موجب افزایش این صفت گردید. هم‌چنین در بین سطوح مختلف محلول‌پاشی، کاربرد تلفیقی روی + بور تأثیر بیشتری بر بهبود محتوای نسبی آب برگ پرچم نسبت به کاربرد مجزای آنها داشت.

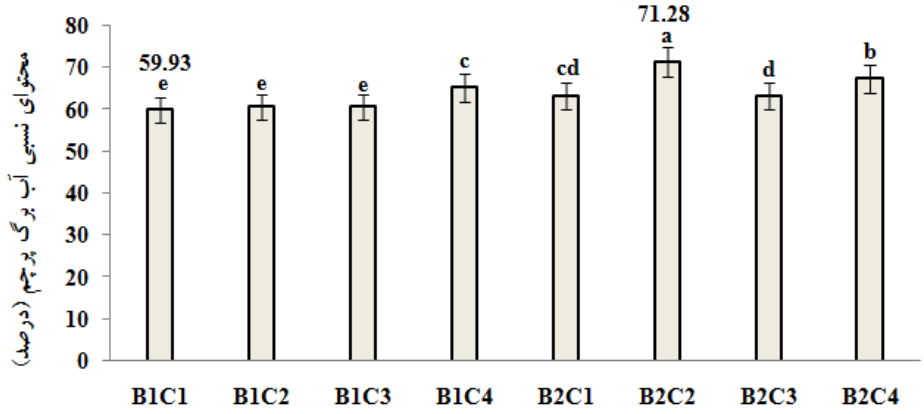
**شاخص پایداری غشای سلول:** نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که غیر از اثر متقابل تاریخ کاشت × کود زیستی فسفاته، کلیه اثرات اصلی و متقابل تاریخ کاشت، کود زیستی فسفاته و محلول‌پاشی روی و بور بر شاخص پایداری غشای سلول برگ پرچم گندم در سطح ۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف تاریخ کاشت × کود زیستی فسفاته × محلول‌پاشی روی و بور بر پایداری غشای سلول برگ پرچم گندم نشان داد که بیش‌ترین میزان این صفت در اثرات متقابل تاریخ کاشت مناسب ۳۰ آبان‌ماه × بذرمال با کود زیستی فسفاته ×

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]

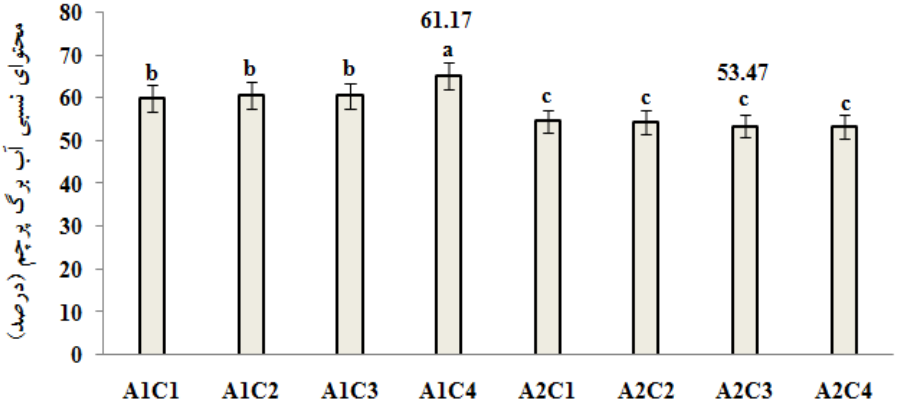
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.15.7 ]




شکل ۲- اثر متقابل تاریخ کاشت × کود زیستی فسفاته بر محتوای نسبی آب برگ پرچم گندم نان. **A1**: تاریخ کاشت مناسب (۳۰ آبان)، **A2**: تاریخ کاشت تأخیری (۱۵ دی)؛ **B1**: عدم مصرف (شاهد)، **B2**: بذرمال با کود زیستی فسفاته. در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.



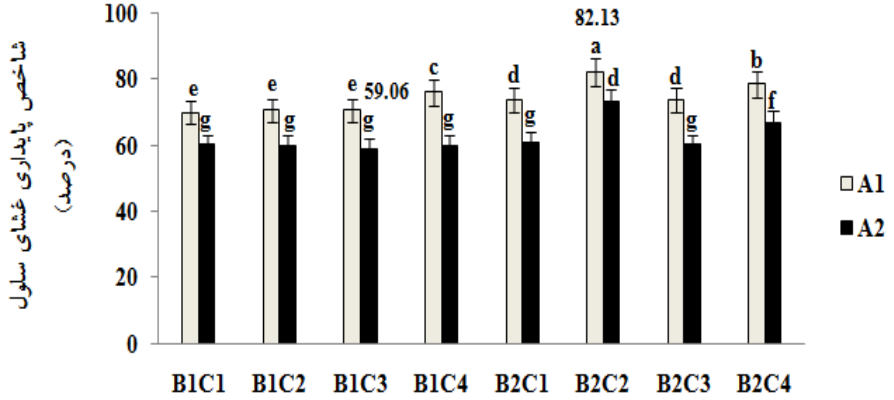

شکل ۳- اثر متقابل کود زیستی فسفاته × محلول‌پاشی روی و بور بر محتوای نسبی آب برگ پرچم گندم نان. **B1**: عدم مصرف (شاهد)، **B2**: بذرمال با کود زیستی فسفاته؛ **C1**: محلول‌پاشی آب (شاهد)، **C2**: محلول‌پاشی روی (سه لیتر در هکتار)، **C3**: محلول‌پاشی بور (سه لیتر در هکتار) و **C4**: محلول‌پاشی روی (سه لیتر در هکتار) + محلول‌پاشی بور (سه لیتر در هکتار). در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.




شکل ٤- اثر متقابل تاریخ کاشت × محلول‌پاشی روی و بور بر محتوای نسبی آب برگ پرچم گندم نان. **A1**: تاریخ کاشت مناسب (۳۰ آبان)، **A2**: تاریخ کاشت تأخیری (۱۵ دی)؛ **C1**: محلول‌پاشی آب (شاهد)، **C2**: محلول‌پاشی روی (سه لیتر در هکتار)، **C3**: محلول‌پاشی بور (سه لیتر در هکتار) و **C4**: محلول‌پاشی روی (سه لیتر در هکتار) + محلول‌پاشی بور (سه لیتر در هکتار). در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.15.7 ]

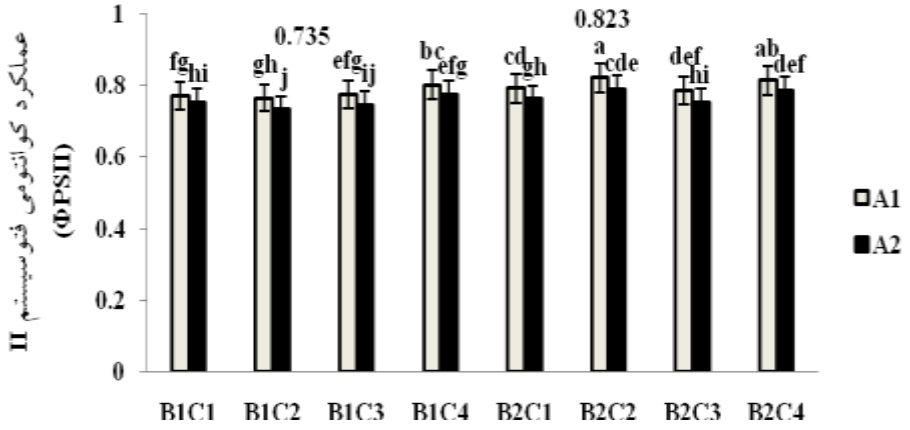



**شکل ۵- اثر متقابل تاریخ کاشت × کود زیستی فسفاته × محلول‌پاشی روی و بور بر پایداری غشای سلول برگ پرچم گندم نان. A1: تاریخ کاشت مناسب (۳۰ آبان)، A2: تاریخ کاشت تأخیری (۱۵ دی)، B1: عدم مصرف (شاهد)، B2: بذر مال با کود زیستی فسفاته، C1: محلول‌پاشی آب (شاهد)، C2: محلول‌پاشی روی (سه لیتر در هکتار)، C3: محلول‌پاشی بور (سه لیتر در هکتار) و C4: محلول‌پاشی روی (سه لیتر در هکتار) + محلول‌پاشی بور (سه لیتر در هکتار). در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.**

محلول‌پاشی روی با میانگین ۸۲/۱۳ درصد و کم‌ترین آن در اثرات متقابل تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ دی‌ماه × عدم مصرف کود زیستی فسفاته × محلول‌پاشی بور با میانگین ۵۹/۰٦ درصد به‌دست آمد (شکل ۵). Lee و همکاران (۲۰۰۵) گزارش دادند که تحت شرایط درجه حرارت بالا، تولید و انباشتگی انواع اکسیژن فعال به اکسایش و تخریب پروتئین‌ها و لیپیدهای غشاء و در نهایت به افزایش نشت الکترولیت‌ها (کاهش شاخص پایداری غشای سلول) منجر شد. پروازی شندی و همکاران (۱۳۹۲) در آزمایش خود نشان دادند که تلقیح بذر با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل کننده فسفات موجب کاهش شاخص پایداری غشای سلول (افزایش نشت الکترولیت‌ها) برگ پرچم گیاه گندم تحت شرایط تنش خشکی شد. این یافته آنها با نتایج ما هم‌خوانی نداشت. Yadavi و همکاران (۲۰۱٤) گزارش دادند که محلول‌پاشی عنصر غذایی روی موجب افزایش شاخص پایداری غشای سلول (کاهش نشت الکترولیت‌ها) نسبت به شرایط عدم محلول‌پاشی شد. بور می‌تواند فعالیت آنتی اکسیدانت‌های گیاهی را افزایش دهد و در نتیجه آسیب انواع اکسیژن فعال (ROS) ناشی از تنش دما بر شاخص پایداری غشای سلول را کاهش دهد (Waraich *et al.*, 2012). یافته‌های محققین فوق مبنی بر افزایش شاخص پایداری غشای سلول در نتیجه کاربرد مجزای عناصر غذایی روی و بور با نتایج این آزمایش هم‌خوانی نداشت، بلکه تأثیر این عناصر در افزایش این شاخص بیشتر به‌صورت اثرات متقابل با کود زیستی فسفاته بود.

**عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (ΦPSII)**: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کلیه اثرات اصلی و متقابل تاریخ کاشت، کود زیستی فسفاته و محلول‌پاشی روی و بور بر عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (ΦPSII) گندم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف تاریخ کاشت × کود زیستی فسفاته × محلول‌پاشی روی و بور بر عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (ΦPSII) گندم نشان داد که بیش‌ترین میزان این صفت در اثرات متقابل تاریخ کاشت مناسب ۳۰ آبان‌ماه × بذرمال با کود زیستی فسفانه × محلول‌پاشی روی با میانگین ۰/۸۲۳ و کم‌ترین آن در اثرات متقابل تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ دی‌ماه × عدم مصرف کود زیستی فسفاته × محلول‌پاشی روی با میانگین ۰/۷۳۵ به‌دست آمد (شکل ٦). Feng و همکاران (۲۰۱٤) گزارش دادند که تحت تنش گرما عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (ΦPSII) گیاه گندم کاهش یافت. علت کاهش عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (ΦPSII) تحت تنش گرما را

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.15.7 ]

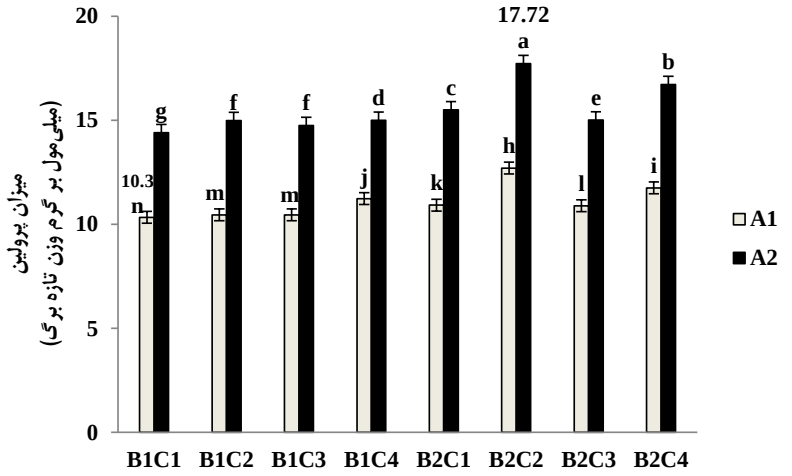



**شکل ٦- اثر متقابل تاریخ کاشت × کود زیستی فسفاته × محلول‌پاشی روی و بور بر عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (ΦPSII) گندم نان. A1: تاریخ کاشت مناسب (۳۰ آبان)، A2: تاریخ کاشت تأخیری (۱۵ دی)، B1: عدم مصرف (شاهد)، B2: بذر مال با کود زیستی فسفاته، C1: محلول‌پاشی آب (شاهد)، C2: محلول‌پاشی روی (سه لیتر در هکتار)، C3: محلول‌پاشی بور (سه لیتر در هکتار) و C4: محلول‌پاشی روی (سه لیتر در هکتار) + محلول‌پاشی بور (سه لیتر در هکتار). در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.**

می‌توان به کاهش فعالیت کمپلکس آزاد کننده اکسیژن (OEC) و جلوگیری از انتقال اکترون به محل پذیرنده PSII که منجر به بازدارندگی نوری می‌شود، نسبت داد (Lu and Zhang, 2000). Shool and Shamshiri (۲۰۱٤) نشان دادند که کاربرد کود زیستی حاوی باکتری‌های حل کننده فسفات موجب افزایش عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (ΦPSII) شد. علت افزایش عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (ΦPSII) در نتیجه کاربرد کود زیستی فسفاته را می‌توان به نقش تنظیمی فسفر در مسیر جذب $CO_2$، افزایش فعالیت و بازسازی آنزیم روبیسکو و کاهش آسیب ناشی از انواع اکسیژن فعال (ROS) نسبت داد (Fleisher *et al.*, 2012). یافته‌های محققین فوق با نتایج ما هم‌خوانی داشت. هم‌چنین Wang and Jin (۲۰۰۷) گزارش دادند که محلول‌پاشی عناصر غذایی کم مصرف به‌طور معنی‌داری فعالیت مرکز واکنش فتوسیستم II و عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (ΦPSII) را افزایش داد. در این آزمایش بهبود عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (ΦPSII) تنها در کاربرد تلفیقی عناصر غذایی روی + بور و اثرات متقابل این عناصر با کود زیستی فسفاته مشاهده شد، اما و در کاربرد مجزای این عناصر افزایشی مشاهده نگردید.

**میزان پرولین برگ:** نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کلیه اثرات اصلی و متقابل تاریخ کاشت، کود زیستی فسفاته و محلول‌پاشی روی و بور بر میزان پرولین برگ گندم در سطح ۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف تاریخ کاشت × کود زیستی فسفاته × محلول‌پاشی روی و بور بر میزان پرولین برگ گندم نشان داد که بیش‌ترین میزان این صفت در اثرات متقابل تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ دی‌ماه × بذرمال با کود زیستی فسفاته × محلول‌پاشی روی با میانگین ۱۷/۷۲ میلی‌مول بر گرم وزن تازه برگ و کم‌ترین آن در اثرات متقابل تاریخ کاشت مناسب ۳۰ آبان‌ماه × عدم مصرف کود زیستی فسفاته × محلول‌پاشی آب (شاهد) با میانگین ۱۰/۳۳ میلی‌مول بر گرم وزن تازه برگ به‌دست آمد (شکل ۷). این نتایج با یافته‌های Dhyani و همکاران (۲۰۱۳) مبنی بر افزایش میزان پرولین در برگ گندم با تأخیر در کاشت و پروازی شندی و همکاران (۱۳۹۲) مبنی بر افزایش تجمع پرولین در برگ گندم در نتیجه تلقیح بذر با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل کننده فسفات تحت شرایط تنش خشکی مطابقت داشت. Sannada و همکاران (۱۹۹۵) علت افزایش میزان پرولین در برگ گندم و جو را بیوسنتز یا

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.15.7 ]



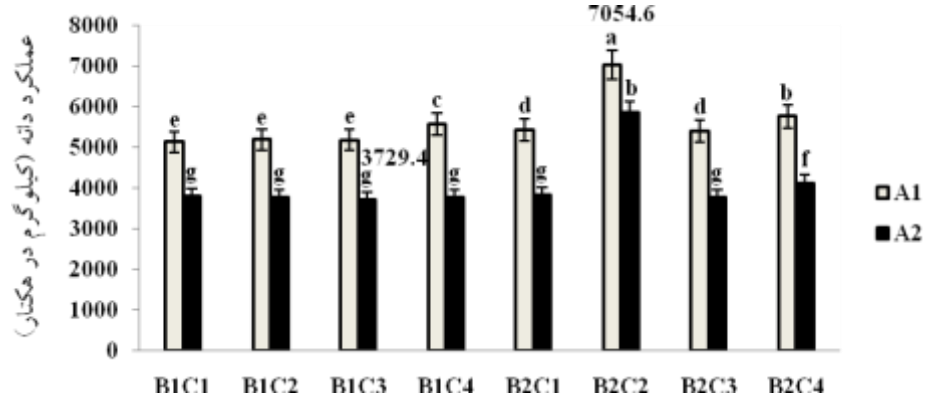

**شکل ۷- اثر متقابل تاریخ کاشت × کود زیستی فسفاته × محلول‌پاشی روی و بور بر میزان پرولین برگ گندم نان**

**A1: تاریخ کاشت مناسب (۳۰ آبان)، A2: تاریخ کاشت تأخیری (۱۵ دی)، B1: عدم مصرف (شاهد)، B2: بذر مال با کود زیستی فسفاته، C1: محلول‌پاشی آب (شاهد)، C2: محلول‌پاشی روی (سه لیتر در هکتار)، C3: محلول‌پاشی بور (سه لیتر در هکتار) و C4: محلول‌پاشی روی (سه لیتر در هکتار) + محلول‌پاشی بور (سه لیتر در هکتار). در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.**

کاهش اکسیداسیون پرولین به گلوتامات و یا تبدیل پروتئین به اسید آمینه پرولین به‌دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده پروتئین تحت شرایط تنش ذکر کردند. کرملا چعب و قرینه (۱۳۹۲) کاهش میزان پرولین در نتیجه کاربرد عنصر غذایی روی را در هر دو شرایط تنش و عدم تنش گزارش دادند. این یافته آنها با نتایج این آزمایش هم‌خوانی نداشت. Moeinian و همکاران (۲۰۱۱) در آزمایش خود نشان دادند که میزان پرولین برگ در نتیجه محلول‌پاشی بور در شرایط تنش خشکی افزایش یافت. نتایج این آزمایش این یافته‌ی آنها را تأیید می‌کند. علت افزایش تجمع پرولین در نتیجه کاربرد کود زیستی فسفاته و محلول‌پاشی روی و بور در هر دو تاریخ کاشت مناسب و تأخیری را می‌توان به نقش فسفر (Tanwar and Shaktawat, 2003)، روی (Boorboori *et al.*, 2012) و بور (Moeinian *et al.*, 2011) در فعال‌سازی آنزیم‌های تجزیه کننده پروتئین و تبدیل آن‌ها به اسید آمینه پرولین نسبت داد.

**عملکرد دانه:** نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کلیه اثرات اصلی و متقابل تاریخ کاشت، کود زیستی فسفاته و محلول‌پاشی روی و بور بر عملکرد دانه گندم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف تاریخ کاشت × کود زیستی فسفاته × محلول‌پاشی روی و بور بر عملکرد دانه گندم نشان داد که بیش‌ترین میزان این صفت در اثرات متقابل تاریخ کاشت مناسب ۳۰ آبان‌ماه × بذرمال با کود زیستی فسفاته × محلول‌پاشی روی با میانگین ۷۰۵٤/٦۵ کیلوگرم و کم‌ترین آن در اثرات متقابل تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ دی‌ماه × عدم بذر مال با کود زیستی فسفاته × محلول‌پاشی بور با میانگین ۳۷۲۹/٤ کیلوگرم به‌دست آمد (شکل ۸). Mohammadi (۲۰۱۲) علت کاهش عملکرد دانه گندم با تأخیر در کاشت را تسریع مراحل رشد و نمو، مواجهه‌ی مراحل حساس رشد گیاه(تقسیم میوز، ظهور سنبله، گرده افشانی و پر شدن دانه) با تنش گرمای انتهای فصل و متعاقب آن افزایش میزان عقیمی گلچه‌ها و کاهش تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله ذکر کردند. Dhyani و همکاران (۲۰۱۳) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. تلقیح بذور گندم با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل کننده فسفات نسبت به عدم مصرف موجب افزایش عملکرد دانه گردید (بهاری ساروی و پیردشتی،

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.15.7 ]




**شکل ۸- اثر متقابل تاریخ کاشت × کود زیستی فسفاته × محلول‌پاشی روی و بور بر عملکرد دانه گندم نان. A1: تاریخ کاشت مناسب (۳۰ آبان)، A2: تاریخ کاشت تأخیری (۱۵ دی)، B1: عدم مصرف (شاهد)، B2: بذر مال با کود زیستی فسفاته، C1: محلول‌پاشی آب (شاهد)، C2: محلول‌پاشی روی (سه لیتر در هکتار)، C3: محلول‌پاشی بور (سه لیتر در هکتار) و C4: محلول‌پاشی روی (سه لیتر در هکتار) + محلول‌پاشی بور (سه لیتر در هکتار). در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.**

۱۳۹۱). علت افزایش عملکرد دانه را می‌توان به افزایش حلالیت فسفر و بهبود دسترسی آن برای گیاه گندم به‌واسطه کاربرد کود زیستی فسفاته و نقش این عنصر در افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی با تولید ترکیبات آنتی اکسیدانی نسبت داد (Nezarat and Gholami, 2009). نتایج این آزمایش با یافته‌های محققین فوق هم‌خوانی داشت. هم‌چنین Ali و همکاران (۲۰۰۹) اظهار داشتند که محلول‌پاشی روی و بور و اثر متقابل آنها موجب افزایش عملکرد دانه گندم نسبت به شاهد گردید. در این آزمایش مشاهده شد که عملکرد دانه تنها در کاربرد تلفیقی روی + بور و اثرات متقابل این عناصر با کود زیستی فسفاته افزایش یافت، و در کاربرد مجزای این عناصر افزایشی مشاهده نگردید. بنابراین نتایج این آزمایش مغایر با نتایج Ali و همکاران (۲۰۰۹) مبنی بر افزایش عملکرد دانه گندم با کاربرد مجزای روی و بور بود.

**نتیجه‌گیری کلی:**

تأخیر در کاشت به‌دلیل تنش گرمای انتهایی غیر از میزان پرولین برگ، صفات شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ پرچم، شاخص پایداری غشای سلول، عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (ΦPSII) و عملکرد دانه را کاهش داد. بذرمال با کود زیستی فسفاته موجب کاهش اثرات زیانبار ناشی از تأخیر در کاشت و افزایش عملکرد گردید. در بین سطوح مختلف محلول‌پاشی عناصر غذایی، کاربرد تلفیقی روی + بور در کاهش اثرات زیانبار تنش گرمای انتهایی ناشی از تأخیر در کاشت مؤثرتر بود، اما در بین اثرات متقابل کود زیستی فسفاته و محلول‌پاشی روی و بور، کاربرد مجزای روی در مقایسه با کاربرد تلفیقی آن با بور توانست تأثیر بیشتری در کاهش اثرات مضر ناشی از تأخیر در کاشت داشته باشد.

**منابع**

احمدی، ک.، قلی‌زاده، ح.، عبادزاده، ح.ر.، فاضلی، م.، حسین پور، ر.، کاظمیان، ا. و رفیعی، م. (۱۳۹۵) آمار کشاورزی سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳. ۱۷۴-۱.

احمدی لاهیجانی، م.ج. و امام، ی. (۱۳۹۲) بررسی واکنش ژنوتیپ‌های گندم به تنش خشکی انتهای فصل با استفاده از شاخص‌های فیزیولوژیک. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی ۳: ۱۷۵-۱۶۳.

امیری، م.ب.، رضوانی مقدم، پ.، قربانی، ر.، فلاحی، ج.، دیهیم فرد، ر. و فلاح پور، ف. (۱۳۹۲). اثر تلقیح بذر توسط کودهای زیستی

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.15.7 ]

بر خصوصیات رشدی سه رقم گندم در مرحله سبز شدن در شرایط گلخانه. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران ۱۱ (۱): ۷۲-٦٤.

بهاری ساروی، ح. و پیردشتی، ح.ا. (۱۳۹۱) ارزیابی کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاهی (PGPR) و حل کننده فسفات (PSM) بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (رقم N۸۰) در سطوح مختلف نیتروژن و فسفر در شرایط گلخانه ۱۰: ٦۸۸-٦۸۱.

پروازی شندی، س.، پازکی، ع.ر، اصغرزاده، ا.، آزادی، ا. و پاک‌نژاد، ف. (۱۳۹۲) اثر دور آبیاری، اسید هیومیک و باکتری‌های محرک رشد بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی گندم رقم کویر در منطقه شهر ری. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی ۵: ۳۳-۱۹.

عسگرنژاد، م.ر.، زارعی، غ.ر. و زارع زاده، ع. (۱۳۹٤). بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد خردل سیاه (*Brassica nigra*) در شرایط آب و هوایی ابرکوه. نشریه تولید گیاهان زراعی ۸: ۱۹۸-۱۸۳.

کرملاچعب، ع. و قرینه، م.ح. (۱۳۹۲) اثر عنصر روی بر رشد، اجزای عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک ذرت شیرین در شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران ۱۱: ٤٥۳-٤٤٦.

کوچکی، ع.ر.، تبریزی، ل. و قربانی، ر. (۱۳۸۷) ارزیابی اثر کودهای بیولوژیکی بر ویژگی‌های رشد، عملکرد و خصوصیات کیفی گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinali*). مجله پژوهش‌های زراعی ایران ٦: ۱۳۷ -۱۲۷.

مدحج، ع. و فتحی، ق.ا. (۱۳۸۷) فیزیولوژی گندم. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی (واحد شوشتر).

منصوری، ه. و حسین پور، س. (۱۳۹۳) شرکت مادر تخصصی و بازرگانی دولتی ایران. شورای جهانی غلات، ژانویه ۲۰۱۵. مرکز پژوهش‌های غلات ۹۷-۹۳.

ناظری، پ.، کاشانی، ع.، خاوازی، ک. و اردکانی، م.ر. (۱۳۹۱) بررسی تأثیر شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد به کود زیستی میکروبی فسفاته حاوی روی و کود شیمیایی فسفر در لوبیا. مجله زراعت و اصلاح نباتات، ۸: ۱۲٦-۱۱۱.

یوسف پور، ز. و یدوی، ع.ر. (۱۳۹۳) تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژنه و فسفره بر عملکرد کمی و کیفی آفتابگردان. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار ۲٤: ۱۱۲-۹۵.

Abdoli, M., Esfandiari, E., Mousavi, B. and Sadeghzadeh, B. (2014) Effects of foliar application of zinc sulfate at different phenological stages on yield formation and grain zinc content of bread wheat (cv. Kohdasht). Azarian Journal of Agriculture 1: 11-17.

Ai-Qing, Z. (2011) Combined effect of iron and zinc on micronutrient levels in wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Environmental Biology 32: 235-239.

Ali, S., Shah, A., Arif, M., Miraj, G., Ali, I., Sajjad, M., Farhatollah, M., Khan, Y. and Khan, M. (2009) Enhancement of wheat grain yield components through foliar application of zinc and boron. Sarhad Journal of Agriculture 25: 15-19.

Barr, H. D. and Weatherley, P. E. (1962) A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. Australian Journal of Biological Sciences 15: 413–428.

Bates, L. S., Waldern, R. P. and Teare, E. D. (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Journal of Plant and Soil 39: 205-207.

Blye, E. N., Mason, S. E. and Sander, D. H. (1990) Influence of planting date, seeding rate on wheat yield. Agronomy Journal 22: 762- 768.

Boorboori, M.R., Eradatmand Asli, D. and Tehrani, M. (2012) The Effect of Dose and Different Methods of Iron, Zinc, Manganese and Copper Application on Yield Components, Morphological Traits and Grain Protein Percentage of Barley Plant (*Hordeum vulgare* L.) in Greenhouse Conditions. Journal of Advances in Environmental Biology 6: 740-746.

Cakmak, I., Wolfgang, H.P. and Bonnie, M.C. (1996) Biofortification of durum wheat with zinc and iron. Cereal Chemistry 87: 10-20.

Dhyani, K., Ansari, M. V., Roa, Y., Verma, R. S., Shukla, A. and Tuteja, N. (2013) Comparative physiological response of wheat genotypes under terminal heat stress. Plant Signaling and Behavior 8: 1-6.

Fleisher, D. H., Wang, Q., Timlin, D. J., Chun, J. A. and Reddy, V.R. (2012) Response of potato gas exchange and productivity to phosphorus deficiency and carbon dioxide enrichment. Crop Science 52: 1803–15.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.15.7 ]

Feng, B., Liu, P., Li, G., Dong, S. T., Wang, F. H., Kong, L. A. and Zhang, J. W. (2014) Effect of heat stress on the photosynthetic characteristics in flag leaves at the grain-filling stage of different heat-resistant winter wheat varieties. Journal of Agronomy and Crop Science 200: 143-155.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (June 2016). Food outlook. Biannual report on global food markets. Pp. 139.

Ghasemian, V., Ghalavand, A., Soroosh zadeh, A. and Pirzad, A. (2010) The effect of iron, zinc and manganese on quality and quantity of soybean seed. Journal of Phytology 2: 73-79.

Graham, A. W. and McDonald, G. K. (2001) Effect of zinc on photosynthesis and yield of wheat under heat stress. Proceedings of the 10th Australian Agronomy Conference, Australian Society of Agronomy. Hobart, Tasmania, Australia.

Jalal Kamali, M. R. and Duveiller, E. (2008) Wheat Production and Research in Iran: A Success Story. In international symposium on wheat yield Potential, challenges to international wheat breeding. Mexico, D.F. CIMMYT.

Karmollachaab, A. and Gharineh, M. H. (2013) Effect of zinc element on growth, yield components and some physiological characteristics of maize under NaCl salinity stress. Iranian. Journal of Field Crops Research 11: 446-453.

Khan, M. A. Fuller, M. P. and Baluch, F. S. (2008) Effect of soil applied zinc sulphate on wheat (*Triticum aestivum* L.) grown on a calcareous soil in Pakistan. Cereal Research Communications 36: 571–582.

Lee, D. G., Ahsan, N., Lee, S. H. and Kang, K. Y. (2005) A proteomic approach in analyzing heat-responsive proteins in rice leaves. Proteomics 7: 3369-3383.

Lu, C .M. and Zhang, J. H. (2000) Heat-induced multiple effects on PSII in wheat plants. Journal of Plant Physiology 156: 259-265.

Lutts, S., Kinet, J. M. and Bouharmont, J. (1996) NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. Journal of Annals of Botany 78: 389-398.

Marschner, H. (1995) Mineral Nutrition of Higher Plants, 2nd ed. Academic Press, New York.

Moeinian, M. R., Zargari, K. and Hassanpour, J. (2011) Effect of boron foliar spraying application on quality characteristics and growth parameters of wheat grain under drought stress. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science 10: 593-599.

Mohammadi, M. (2012). Effects of kernel weight and sourcelimitation on wheat grain yield under heat stress. African Journal of Biotechnology 11 (12): 2931-2937.

Mousavi, S. R., Galavi, M. and Ahmadvand, G. (2007) Effect of Zinc and manganese foliar application on yield, quality and enrichment on potato. Asian Journal of Plant Sciences 6: 1256-1260.

Naiman, A. D., Latronico, A. and Salamon, G. (2009) Inoculation of wheat azospirillum brasilense and peseudomonas fluorescens: impact on the production and culturable rhizosphere microflora. European Journal of Soil Biology 45: 44-51.

Nezarat, S. and Gholami, A. (2009) The effect of co-inoculathon of azospirillum and psedomonas rhizobacteria on nutrient of maize (*Zea mays* L.). Journal of Agronomy and Crop Science 1: 25-32.

Shi, S.F., Goscho, G.J. and Rahil, G.S. (1981) Biomass production o sweet sorghum. Agronomy Journal 173:1027-1031.

Sannada, Y., Ueda, H., Kuribayashi, K., Andoh, T., Hayashi, F., Tamai, N. and Wada, K. (1995) Novel light-dark change of proline levels in halophyte (*Mesembryanthemum crystallinum* L.) and glycophytes (*Hordeum vulaare* L. and *Triticum aestivum* L.) leaves and roots under salt stress. Journal of Plant Cell Physiology 36: 965-970.

Shool, A. and Shamshiri, M. H. (2014) Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and *Pseudomonas fluorescence* on chlorophyll fluorescence and photosynthetic pigments of pistachio seedlings (*Pistacia vera* cv. *Qazvini*) under four water regimes. European Journal of Experimental Biology 4: 246-252.

Tanwar, S. P. S. and Shaktawat, M. S. (2003) Influence of phosphorus sources, levels and solubilizers on yield, quality and nutrient up-take of soybean (*Glycine max*) -Wheat (*Triticum aestivum*) cropping system in southern Rajasthan. Indian Journal of Agricultural Sciences 73: 3–7.

VanKooten, O. and Snel, J. F. H. (1990) The use of chlorophyll fluresence nomenclature in plant strees physiology. Photosynthesis Research 25: 147-150.

Wang, H. and Jin, J. Y. (2007) Effects of Zinc deficiency and drought on plant growth and metabolism of reactive oxygen species in maize (*Zea mays* L.). Agricultural Science in China 6: 988-995.

Wang, J. M., Zhao, H., Huang, D. and Wang, Z. (2012) Different increases in maize and wheat grain zinc concentrations caused by soil and foliar applications of zinc in Loess Plateau, China. Field Crops Research 135: 89-96.

Waraich, E. A., Ahmad, R., Halim, A. and Aziz, T. (2012) Alleviation of temperature stress by nutrient management in crop plants: a review. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 12: 221-244.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.15.7 ]

Wu, B., Caob, S. C., Lib, Z. H., Cheunga, Z. G. and Wonga, K. C. (2005) Effects of bioferilizer containing N-fixr, P and K solubilizer and AM fungi on maize growth. Geoderma 125: 155-162.

Yadavi, A. R., Saeidi Aboueshaghi, R., Movahhedi Dehnavi, M. and Balouchi, H. (2014) Effect of micronutrients foliar application on grain qualitative characteristics and some physiological traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under drought stress. Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences 4: 124-131.

Yassen, A., Abou El-Nour, E. and Shedeed, S. (2010) Response of wheat to foliar Spray with urea and micronutrients. Journal of American Science 6: 14-22.

Ai-Qing, Z. (2011) Combined effect of iron and zinc on micronutrient levels in wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Environmental Biology 32: 235-239.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.15.7 ]