اثر آبیاری تکمیلی و کودهای زیستی بر محتوای مالون دی آلدیید، آنتوسیانین و شاخص‌های فلورسانس کلروفیل جو دیم

ندا عبادی[۱]، رئوف سیدشریفی[۲*] و محمد صدقی[۳]

۱) دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲ و ۳) استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

*نویسنده مسئول: raouf_ssharifi@yahoo.com

مقاله برگرفته از پایان‌نامه دانشجوی کارشناسی ارشد می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۰۶ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۲۸**

چکیده

به‌منظور بررسی اثر آبیاری تکمیلی و کاربرد میکوریزا و ازتوباکتر بر عملکرد، محتوای آنتوسیانین و مالون دی‌آلدیید و روند تغییرات فلورسانس کلروفیل جو تحت شرایط دیم، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۵ انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل آبیاری در سه سطح [عدم آبیاری یا کشت دیم (I_1)، آبیاری تکمیلی در۵۰ درصد مرحله آبستنی (I_2)، تکمیلی در ۵۰ درصد مرحله ظهور سنبله (I_3) و کودهای زیستی در چهار سطح (شاهد یا بدون کاربرد کود (Q_1)، کاربرد میکوریزا (Q_2)، ازتوباکتر (Q_3)، کاربرد توأم ازتوباکتر و میکوریزا (Q_4)) بودند. نتایج نشان داد که اثر آبیاری تکمیلی و کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد دانه، محتوای مالون دی‌آلدیید و آنتوسیانین، شاخص کلروفیل، هدایت الکتریکی و محتوای نسبی آب برگ پرچم، فلورسانس حداقل و فلورسانس متغیر معنی‌دار بود. آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی و کاربرد توأم میکوریزا و ازتوباکتر، هدایت الکتریکی (۳۴/۲٪) و محتوای مالون دی آلدیید (۱۵۷٪) را کاهش داد، اما عملکرد کوانتومی (۱۲۲٪)، شاخص کلروفیل (۹۸٪)، آنتوسیانین (۸۲٪) و محتوای نسبی آب برگ پرچم (۵۸/۷٪) را نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی تحت شرایط دیم افزایش داد. بیش‌ترین عملکرد دانه (۲۶۸/۲ گرم در مترمربع) در آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی با کاربرد توأم میکوریزا و ازتوباکتر به‌دست آمد که عملکرد دانه را ۲۹/۸۷ درصد در مقایسه با عدم کاربرد کودهای زیستی تحت شرایط دیم افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد کوانتومی، محدودیت آبی و محتوای نسبی آب.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.3.8]

مقدمه

محدودیت آبی یکی از دلایل اصلی کاهش رشد و عملکرد گیاهان در بیشتر مناطق خشک و نیمه خشک تحت شرایط دیم است که موجب کاهش کارایی فتوسنتزی از طریق افزایش فلورسانس کلروفیل، کاهش پایداری غشا و کاهش محتوای کلروفیلی گیاه می‌شود (Monakhova and Chernyadev, 2002). اندازه‌گیری مقدار فلورسانس کلروفیل می‌تواند ارزیابی مناسبی از عملکرد کوانتومی و جریان الکترون در فتوسیستم دو را نشان دهد (Reddy *et al*., 2004). فلورسانس کلروفیل شامل F_0 (فلورسانس حداقل)، F_m (فلورسانس حداکثر)، F_v (فلورسانس متغیر)، Fv/Fm (عملکرد کوآنتومی فتوسیستم دو در شرایط سازگار شده با تاریکی) می‌باشند (Maxwell and Johnson, 2000). نسبت Fv/Fm نیز بستگی به پتانسیل آب برگ دارد و محدودیت آبی موجب می‌شود تا مقدار آن به کمتر از یک برسد (Moffatt *et al*., 1990). محتوای نسبی آب بالا در گیاه به‌دلیل تنظیم اسمزی بالا و یا خاصیت ارتجاعی پایین دیواره سلولی بافت، یک مکانیسم مقاومت در شرایط محدودیت آبی است (Teulat *et al*., 1997). غشای سلولی نیز از نخستین اندام‌هایی است که تحت شرایط تنش، آسیب می‌بیند و به‌دلیل افزایش تراوایی و نشت الکترولیتی از سلول، موجب افزایش هدایت الکتریکی می‌شود. Baili و همکاران (۲۰۰۶) اظهار داشتند محدودیت شدید آبی موجب کاهش محتوای نسبی آب و افزایش هدایت الکتریکی برگ شد. طولانی شدن خشکی در سلول‌های گیاهان علاوه بر شکل‌گیری تنش اکسیداتیو و افزایش رادیکال‌های فعال اکسیژن[1]، به پراکسیداسیون لیپیدی منتهی می‌شود. اسیدهای چرب غیر اشباع موجود در فسفو لیپیدهای غشا، نسبت به حمله OH و دیگر اکسیدان‌ها بسیار حساس بوده و زمانی‌که این اسیدهای چرب غشا اکسید می‌شوند، انواع آلدیدها را ایجاد خواهند کرد که به‌شدت فعال هستند (Singh and Tuteja, 2010). مالون‌دی‌آلدیید محصول نهایی پراکسیداسیون لیپیدهای غیر اشباع سلول بوده و به‌عنوان یک نشانگر زیستی مناسب، جهت تعیین میزان پراکسیداسیون لیپیدهای ناشی از تنش اکسیداتیو در سلول به‌کار برده می‌شود (Sofo *et al*., 2004). Ahmad و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که محتوای مالون دی آلدیید در شرایط تنش خشکی در جو افزایش یافت. برخی دیگر از محققان اظهار داشتند زمانی‌که محدودیت آبی منجر به کاهش عملکرد می‌شود در آن ترکیب‌های تیماری محتوای مالون دی آلدیید نیز بیشتر است (Sofo *et al*., 2004). یکی از راه‌کارهای تعدیل یا کاهش اثر ناشی از محدودیت آبی در زراعت دیم، انجام آبیاری تکمیلی و کاربرد کودهای زیستی است. آبیاری تکمیلی کاربرد اندازه محدودی آب در زمان توقف بارندگی و یا در شرایط محدودیت آب به خصوص در دوره حساس رشدی گیاه است تا با تامین آب کافی برای تداوم رشد بوته‌ها، منجر به تولیدی پایدار در غلات دیم شود (Stone and Schlegel, 2006). حمزه‌ای و سیدی (۱۳۹۰) گزارش کردند که انجام آبیاری تکمیلی در مراحل

1- Reactive Oxygen Species

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.3.8]

گل‌دهی و پر شدن دانه جو، عملکرد دانه را به‌ترتیب ۹۰ و ۴۵ درصد نسبت به شرایط دیم افزایش داد. مصرف کودهای زیستی در شرایط تنش‌های محیطی مانند خشکی نیز نه تنها می‌تواند به رشد بهتر گیاه به خصوص تحت شرایط تنش کمک کند (Grover *et al*., 2010)، بلکه با جبران میکروارگانیسم‌های از دست رفته خاک، منجر به افزایش مقاومت گیاهان می‌شوند. باکتری‌های محرک رشد حاوی ACC دآمیناز[1] از مهمترین کودهای زیستی هستند (Glick, 2014) که با اتصال به ریشه‌های گیاهان تحت تنش، به‌طور چشم‌گیری مقاوم به اثر اتیلن تنشی هستند که در نتیجه شرایط خشکی ساخته می‌شوند (Zahir *et al*., 2007). از این‌رو تلقیح بذر با این باکتری‌ها می‌تواند ساخت اتیلن درونی را کاهش و تحمل گیاه به تنش را افزایش دهد (Glick, 2014). بررسی‌های Rai و Caur (۱۹۹۸) نشان داد که تلقیح دوگانه سویه‌های کارامد ازتوباکتر و میکوریزا در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش، در به حداکثر رساندن تولید می‌تواند سودمند باشد. با توجه به گستردگی مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور و مواجه شدن بخشی از دوران رشدی جو دیم با محدودیت آبی (حمزه‌ای و سیدی، ۱۳۹۰) و از طرفی به‌دلیل نقش آبیاری تکمیلی و کودهای زیستی (سید شریفی و نامور، ۱۳۹۴) در تعدیل بخشی از اثر ناشی از محدودیت آبی و بررسی‌های محدود انجام شده در این راستا، موجب شد تا اثر این عوامل بر عملکرد، محتوای مالون دی آلدیید، روند تغییرات شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و برخی صفات فیزیولوژیک جو دیم مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در روستای ویند کلخوران اردبیل با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. آبیاری در سه سطح عدم آبیاری یا کشت دیم (I_1)، آبیاری تکمیلی در۵۰ درصد مرحله آبستنی (I_2)، آبیاری تکمیلی در ۵۰ درصد مرحله ظهور سنبله (I_3) و کودهای زیستی در چهار سطح شاهد یا بدون کاربرد کود (Q_1)، کاربرد میکوریزا (Q_2)، ازتوباکتر (Q_3)، کاربرد توأم ازتوباکتر و میکوریزا (Q_4) بودند. آبیاری در ۵۰ درصد مرحله آبستنی (۱۸۹ روز بعد از کاشت) و آبیاری در مرحله ظهور سنبله (۲۰۵ روز بعد از کاشت) انجام شد. مواجه شدن بخشی از دوران حساس رشدی جو دیم با محدودیت آبی در بیشتر مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور و نقش آبیاری تکمیلی در این مراحل در کاهش اثر ناشی از محدودیت آبی، از دلایل اصلی اعمال آبیاری تکمیلی در مراحل حساس رشدی آبستنی و ظهور سنبله جو دیم بود (حمزه‌ای و سیدی، ۱۳۹۰). قارچ میکوریزا مورد استفاده از نوع *G. moseae* بود که از شرکت زیست فناوران توران تهیه شد. ازتوباکتر مورد استفاده سویه خالص *Azotobacter chroococum strain 5* بود که از

1- 1-Amino Cyclopropane-1-Carboxylate

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.3.8]

موسسه خاک و آب تهیه شد. مشخصات هواشناسی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول‌های ۱ و۲ ارائه شده است.

جدول ۱: پارامترهای هواشناسی سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵

پارامترها	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر
میانگین حداقل درجه حرارت (سانتی گراد)	۲/۷	-۵/۱	-۳/۹	-۸/۶	-۰/۸	۲/۸	۸	۱۱/۴	۱۴/۵
میانگین حداکثر درجه حرارت (سانتی گراد)	۱۲/۱	۴	۵/۸	۰/۵	۹	۱۲/۸	۲۰/۱	۲۵/۵	۲۶/۴
میانگین رطوبت نسبی متوسط (درصد)	۶۴/۷	۵۸/۳	۵۰/۹	۷۱/۳	۵۷/۹	۵۹/۵	۵۴/۶	۵۴/۴	۴۹/۹
بارندگی ماهانه (میلی‌متر)	۷۴/۸	۱۰۴/۷	۵/۷	۸۲/۶	۱۷	۴۲/۱	۲۶/۷	۱۰/۹	۹/۷
تبخیر	۳۵/۴	۰	۰	۰	۰	۲۱/۲	۱۴۱/۲	۱۹۳/۸	۲۱۳/۶

جدول ۲: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

مشخصه	آهک	رس	سیلت	شن	کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	روی	اسیدیته	درصد اشباع	بافت
	(درصد)					(میلی‌گرم بر کیلوگرم)						
میزان	۱۵	۲۳	۴۲	۳۵	۰/۶۲	۰/۰۶۲	۱۹/۸	۲۱۲	۲/۸	۷/۸	۴۷	سیلتی لومی

مزرعه آزمایشی در سال قبل آیش بود. جو رقم سهند در تاریخ ۱۰ آبان ۱۳۹۵ با تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع کشت شد. هر واحد آزمایشی شامل پنج خط کشت به طول دو متر و فاصله بین ردیفی ۲۰ سانتی‌متر بود. به‌منظور اطمینان از عدم تداخل آب آبیاری به کرت‌های مجاور، فاصله‌ی بین کرت‌ها ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. برای تلقیح بذر با باکتری، از مایه تلقیحی استفاده شد که هر گرم آن دارای $۱۰^{۷}$ عدد باکتری زنده و فعال بود. هم‌چنین از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذر استفاده شد. تمام بذرها به مدت دو ساعت در مایه تلقیح در شرایط تاریکی قرار گرفتند. بر اساس توصیه شرکت زیست فناوران توران قارچ میکوریز به میزان ۲۰ گرم در هر مترمربع خاک (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) با بخش سطحی خاک قبل از کاشت، مخلوط شد. هشت روز بعد از ظهور سنبله و به فواصل زمانی هر چهار روز یک بار شامل F_0 (فلورسانس حداقل)، F_m (فلورسانس حداکثر)، F_v (فلورسانس متغیر)، Fv/Fm (عملکرد کوآنتومی فتوسیستم دو در شرایط سازگار شده با تاریکی) توسط دستگاه chlorophyll fluorometer; Optic Science-OS-30 USA از هر تیمار به‌طور تصادفی چهار برگ پرچم در فاصله زمانی ساعت ۱۰-۸ صبح انتخاب و بعد از۳۰ دقیقه تاریکی توسط کلیپس‌های مخصوص اندازه‌گیری شد (Seyed Sharifi *et al*., 2016). شاخص کلروفیل، توسط دستگاه SPAD-502; Konica Minolta Sensing, Inc., Japan از هر تیمار به‌طور تصادفی چهار برگ پرچم و از سه قسمت هر برگ پرچم اندازه‌گیری شد و میانگین داده‌ها به‌عنوان شاخص کلروفیل در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب، از رابطه

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.3.8]

پیشنهادی Tambussi و همکاران (۲۰۰۵) استفاده شد. از آنجایی‌که گیاهان آنتوسیانین را به‌طور طبیعی در طی دوره نموی خود یا به منظور مقاومت در برابر شرایط تنشی انباشته می‌سازند (Chalker-Scott, 1999)، از این‌رو مقدار آنتوسیانین برگ پرچم نیز با روش واگنر اندازه‌گیری شد (Wagner, 1979). به‌دلیل اینکه غشای سلولی از نخستین اندام-هایی است که از شرایط تنش، آسیب می‌بیند و به‌دلیل افزایش تراوایی و نشت الکترولیتی از سلول، هدایت الکتریکی افزایش می‌یابد و از طرفی محدودیت آبی موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ در گیاهان می‌شود. در این راستا روند تغییرات این صفات نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (EC)، نمونه‌های برگ پرچم در بشرهای محتوی ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار گرفت و سپس توسط دستگاه EC متر (مدل Mi 180 Bench Meter) بر حسب میکروزیمنس بر سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. محتوای مالون دی اآلدیید برگ پرچم بر اساس روش Stewart و Bewley (۱۹۸۰) اندازه‌گیری شد. عملکرد دانه از سطحی معادل نیم مترمربع از ردیف-های اصلی با رعایت اثر حاشیه‌ای برآورد شد. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم افزارهای SAS و Excel استفاده شد و میانگین‌ها با آزمون LSD مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که فلورسانس حداقل، شاخص کلروفیل، حداکثر کارایی فتوسیستم II، فلورسانس حداکثر، فلورسانس متغیر، هدایت الکتریکی و محتوای نسبی آب در تمامی مراحل نمونه‌برداری تحت اثر بر هم‌کنش هر دو فاکتور مورد بررسی (کودهای زیستی و سطوح آبیاری) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول‌های ۳، ۴، ۵ و ۶).

فلورسانس حداقل

بررسی روند تغییرات فلورسانس حداقل نشان داد که مقدار آن همواره در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی کمتر از شرایط دیم بود (جدول ۷ و شکل ۱). به‌نظر می‌رسد علت آن می‌تواند ناشی از افزایش شاخص کلروفیل به‌دلیل اثر آبیاری تکمیلی و کودهای زیستی در تعدیل اثر ناشی از محدودیت آبی در شرایط دیم باشد که موجب کاهش میزان فلورسانس حداقل شده است. بیش‌ترین فلورسانس حداقل (۴۹۳/۲) در شرایط دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی در ۳۲ روز بعد از سنبله‌دهی و کم‌ترین آن (۱۱۱/۳) در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی و کاربرد توام میکوریز و ازتوباکتر در ۸ روز بعد از سنبله‌دهی به‌دست آمد که از اختلاف قابل توجهی نسبت به یکدیگر برخوردار بودند (جدول ۷). هنگامی که نور در سطح متوسط باشد بخش غالب آن در فعالیت‌های فتوشیمیایی به مصرف فتوسنتز می‌رسد و بخش کمی از انرژی نورانی به صورت فلورسانس ساطع می‌شود که به عنوان فلورسانس حداقل شناخته می‌شود (Rohacek *et al.*, 2008). محدودیت آبی عملکرد کوانتومی فتوسیستم II را به‌دلیل افزایش فلورسانس حداقل (F_0) و کاهش فلورسانس

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.3.8]

حداکثر (F_m) کاهش می‌دهد. از این‌رو به‌نظر می‌رسد گیاهانی که بتوانند در شرایط تنش از افزایش F_0 جلوگیری کنند، تحمل بیشتری به تنش نشان خواهند داد. افزایش F_0 نشان از آسیب به زنجیره انتقال الکترون فتوسیستم II در اثر کاهش ظرفیت کوئینونآ (Quinine a) و عدم اکسیداسیون کامل آن به‌دلیل جریان کند الکترون در طول مسیر فتوسیستم II و در مجموع غیر فعال شدن فتوسیستم II دارد (Zlatev and Yordanov, 2004) و محدودیت آبی می‌تواند با تخریب در مراکز واکنش فتوسیستم II، کاهش فتوسنتز و در نهایت کاهش عملکرد را به همراه داشته باشد.

فلورسانس حداکثر

نتایج نشان داد با گذشت زمان مقدار F_m کاهش می‌یابد (جدول ۸ و شکل۲). البته بیش‌ترین فلورسانس حداکثر (۱۶۲۸/۵) در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی و کاربرد توأم میکوریز و ازتوباکتر در ۸ روز بعد از سنبله‌دهی و کم-ترین آن (۵۹۷/۲) در شرایط دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی در ۳۲ روز بعد از سنبله‌دهی به‌دست آمد که از اختلاف زیادی نسبت به یکدیگر برخوردار بودند (جدول ۸). کارایی افت غیر فتوشیمیایی فلورسانس نیز به عوامل بیرونی و درونی زیادی وابسته بوده و در تغییر (F_m) با فلورسانس حداکثر منعکس می‌گردد (Maxwell and Johnson, 2000). پس از قرار گرفتن برگ در برابر نور تابانده شده توسط دستگاه، مراکز احیای فتوسیستم II به‌تدریج بسته می‌شوند به‌همین دلیل، در اولین ثانیه تابش نور به برگ، عملکرد فلورسانس کلروفیل افزایش یافته، فلورسانس از مقدار F_0 به حداکثر مقدار خود یعنی F_m افزایش می‌یابد. این افزایش نشان دهنده افزایش تدریجی عملکرد فلورسانس و کاهش سرعت واکنش‌های فتوشیمیایی است. در واقع شرایط دیم یا محدودیت آبی با اثر منفی بر ظرفیت پذیرش و انتقال الکترون، موجب می‌شود به‌دلیل افزایش در مقدار F_0 و کاهش در F_m، فعالیت فتوسیستم II مختل شود (Amirjan *et al*., 2009). افت F_m ممکن است با کاهش فعالیت کمپلکس آنزیم تجزیه کننده آب و هم‌چنین چرخه انتقال الکترون در درون یا اطراف فتوسیستم II مرتبط باشد که می‌تواند به کاهش فتوسنتز منجر شود (Zlatev, 2009).

حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II (F_v/F_m)

بررسی روند تغییرات این صفت و مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که بیش‌ترین مقدار این صفت (۰/۹۳) در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی و کاربرد توام میکوریز و ازتوباکتر (۸ روز بعد از سنبله‌دهی) و کم‌ترین آن (۰/۱۶۰) در شرایط دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی (۳۲ روز بعد از سنبله‌دهی) به‌دست آمد (شکل ۳ و جدول ۸). معمولا کاهش کارایی فتوسیستم II در دو وضعیت رخ می‌دهد؛ اول زمانی که برگ‌ها به‌طور ناگهانی در معرض نور شدید قرار گیرند و دوم وقتی‌که در معرض محدودیت آبی واقع شوند. در شرایط محدودیت آبی تجمع کوئینونب (Quinine b) غیراحیاء افزایش می‌یابد که این امر نشان دهنده‌ی عدم انتقال الکترون از کوئینونآ احیا به کوئینونب است در چنین شرایطی تجمع

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.3.8]

کوئینونآ نیز افزایش می‌یابد، علت این امر هنوز به‌طور کامل مشخص نیست، اما ممکن است کاهش آسیمیلاسیون دی اکسید کربن در اثر بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش خشکی، منجر به مصرف نشدن محصولات حاصل از زنجیره انتقال الکترون (NADPH و ATP) شده و از این طریق میزان فردوکسین احیاء افزایش یافته و به‌دنبال افزایش فردوکسین احیاء شده، تولید رادیکال‌های فعال افزایش یافته و منجر به تغییر و یا تخریب پروتئین‌های غشاء تیلاکویید شود. از این‌رو تخریب پروتئین‌های غشاء تیلاکوئید، مانع انتقال الکترون از جایگاه پذیرنده فتوسیستم II می‌گردد و این امر موجب کاهش سرعت انتقال الکترون، افزایش فلورسانس کلروفیل و کاهش عملکرد فتوسیستم II می‌شود (Piper *et al*., 2007). بررسی‌های انجام شده توسط Miyashita و همکاران (۲۰۰۵) نشان داد که حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II با افزایش خشکی در لوبیا کاهش یافت. Yordavov و همکاران (۲۰۰۳) بیان داشتند که خشکی می‌تواند مانع انتقال الکترون در فتوسیستم II شده و در نهایت منجر به کاهش کارایی فتوستزی شود. ممنوعی و سیدشریفی (۱۳۹۱) بیان کردند که به-دلیل افزایش فلورسانس حداقل و کاهش فلورسانس حداکثر، نسبت Fv/Fm طی تنش کاهش یافت که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

فلورسانس متغیر (F_v)

بیش‌ترین فلورسانس متغیر (۱۵۱۷/۱) در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی و کاربرد توأم میکوریز و ازتوباکتر در ۸ روز بعد از سنبله‌دهی و کم‌ترین آن (۱۰۴/۰۶) در شرایط دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی در ۳۲ روز بعد از سنبله-دهی به‌دست آمد که از اختلاف زیادی نسبت به یکدیگر برخوردار بودند (جدول ۹). اصولا مقدار فلورسانس کلروفیل در زمانی که پذیرنده الکترون (کینون) در حالت احیا باشد زیاد است و به این علت مقدار F_v نیز در این حالت افزایش می‌یابد، اما زمانی‌که کوئینون در حالت اکسیداسیون است مقدار فلورسانس کلروفیل کم می‌شود، در این حالت میزان F_v کاهش می‌یابد. تنش‌های محیطی مقدار F_v را به‌علت ممانعت از فتواکسیداسیون فتوسیستم II کاهش می‌دهند. از آن‌جایی که F_v نشانگر احیای کامل کینون می‌باشد، بنابراین می‌توان استنباط کرد که تنش خشکی در انتقال الکترون اختلال ایجاد کرده است. به‌طوری که انجام آبیاری تکمیلی در مراحل آبستنی و سنبله‌دهی موجب شد که اثر ناشی از محدودیت آبی که تحت شرایط دیم بیشتر از این ترکیبات تیماری است تا حدودی برطرف شده و به‌تبع از این آبیاری‌های تکمیلی، مقادیر فلورسانس متغیر بیشتر از کشت دیم شود. کاربرد کودهای زیستی به‌دلیل نقشی که در تعدیل اثر ناشی از محدودیت آبی دارند موجب شد که در تمامی مراحل نمونه‌برداری مقادیر F_v در کاربرد کودهای زیستی بیشتر از عدم کاربرد این کودها باشد (شکل ۵).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.3.8]

هدایت الکتریکی

در تمامی مراحل نمونه‌برداری هدایت الکتریکی برگ پرچم در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی و سنبله‌دهی با کاربرد کودهای زیستی نسبت به کشت دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی از روند کاهشی برخوردار بود (جدول ۱۰ و شکل ۵). بیش‌ترین هدایت الکتریکی (۸۰/۸۶ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) مربوط به عدم کاربرد کودهای زیستی در شرایط دیم و کم‌ترین آن (۵۲/۵۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله سنبله‌دهی و در کاربرد توأم میکوریز و ازتوباکتر در ۳۲ روز بعد از سنبله‌دهی بدست آمد که از اختلاف ۵۳/۷۸ درصدی نسبت به یکدیگر برخوردار بودند (جدول ۱۰). تحت شرایط محدودیت آبی یکی از اولین بخش‌های گیاهی که آسیب می‌بیند غشای پلاسمایی است (Liang *et al.*, 2003). در این بررسی به‌دلیل افزایش دمای محیط و کمبود بارندگی در طول دوره رشد زایشی گیاه (جدول ۱) از یک طرف و انجام نمونه‌برداری در این دوره رشد گیاه از طرف دیگر، موجب شد که هدایت الکتریکی برگ پرچم در شرایط دیم در مقایسه با آبیاری تکمیلی از مقادیر بالاتری برخوردار باشد. دلیل دیگر افزایش هدایت الکتریکی در شرایط تنش ناشی از کشت دیم، می‌تواند به‌علت تولید گونه‌های فعال اکسیژن و القای تنش اکسیداتیو باشد. گونه‌های فعال اکسیژن منجر به پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و تغییر در نفوذپذیری غشا (نشت یونی) و خسارت به سلول می‌شوند (هادی و همکاران، ۱۳۹۵)، اما کاربرد کودهای زیستی موجب کاهش هدایت الکتریکی شد. Kheirizadeh Arough و همکاران (۲۰۱۶) اظهار داشتند که کاربرد کودهای زیستی در شرایط کمبود آب به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و کاهش گونه‌های فعال اکسیژن، موجب بهبود هدایت الکتریکی برگ در تریتیکاله شد.

محتوای نسبی آب

نتایج نشان داد که روند کاهش محتوای نسبی آب برگ پرچم در شرایط دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی نسبت به آبیاری تکمیلی در مرحله سنبله‌دهی و کاربرد کودهای زیستی بیشتر بود (شکل ۶). طوری‌که بیشترین محتوای نسبی آب برگ پرچم (۸۰/۴ درصد) در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله سنبله‌دهی و کاربرد توأم کودهای زیستی (میکوریز و ازتوباکتر) در ۸ روز بعد از سنبله‌دهی و کمترین آن (۳۴/۲ درصد) تحت شرایط دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی در ۲۴ روز بعد از سنبله‌دهی بدست آمد که از اختلاف ۱۳۵/۰۸ درصدی نسبت به یکدیگر برخوردار بودند (جدول ۱۰). تفاوت‌های معنی‌دار بین گیاهان تیمار شده با آبیاری نشان دهنده‌ی اثر متفاوت تیمارها برای جذب آب از خاک، توانایی تلفات آب از طریق روزنه‌ها و یا اختلاف در توانایی گیاهان در تجمع و تنظیم اسمزی برای حفظ تورژسانس بافت و افزایش فعالیت‌های فیزیولوژیک می‌باشد. Siddique و همکاران (۲۰۰۰) کاهش محتوای نسبی آب برگ‌های گندم با افزایش تنش رطوبتی را، به کاهش پتانسیل آب برگ و کاهش جذب آب از ریشه‌ها در شرایط تنش نسبت دادند. Shaharoona و همکاران (۲۰۰۶)

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.3.8]

اظهار داشتند که تلقیح با باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش ۱۶-۵ درصدی محتوای نسبی آب در شرایط عدم تنش نسبت به شاهد شد و علت را به بهتر شدن روابـط آبـی و کاهش تلفات آب نسبت دادند.

شاخص کلروفیل

روند تغییرات این شاخص نشان داد که در تمامی تیمارها، با گذشت زمان به دلیل نزدیک شدن به مرحله رسیدگی و پیر شدن برگ‌ها روند نزولی داشته است (شکل ۷). طوری‌که در تمامی تیمارهای مورد آزمایش، حداکثر شاخص کلروفیل (۶۸/۳۶) در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی با با کاربرد توأم میکوریز و ازتوباکتر (۸ روز بعد از سنبله‌دهی) و حداقل این شاخص (۱۸/۱) در شرایط دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی (۳۲ روز بعداز سنبله‌دهی) بودند (جدول ۷). بخشی از کاهش شاخص کلروفیل در شرایط دیم می‌تواند ناشی از محدودیت شدید آبی در طول دوران رشدی جو باشد (جدول ۱). به‌نظر می‌رسد چنین شرایطی با تولید رادیکال‌های آزاد ایجاد شده، موجب پراکسیداسیون و تجزیه این رنگدانه-ها شده و در نهایت منجربه از بین رفتن کلروفیل می‌شوند (Schutz and Fangmier, 2001). Stone و همکاران (۲۰۰۱) نیز گزارش کردند که در شرایط تنش، کاهش SPAD می‌تواند ناشی از تخریب کلروفیل به‌دلیل محدودیت آبی باشد.

مالون دی آلدیید

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین محتوای مالون دی آلدیید (۰/۲۴۷ میکرومول بر وزن تر برگ) در حالت عدم کاربرد کودهای زیستی تحت شرایط دیم و کم‌ترین آن (۰/۰۷۰ میکرومول بر وزن تر برگ) از کاربرد توأم میکوریز و ازتوباکتر در شرایط آبیاری در مرحله آبستنی به‌دست آمد (شکل ۸). این نتایج با گزارش‌های Farooq و همکاران (۲۰۰۹) مبنی بر اینکه محدودیت آبی با تولید انواع گونه‌های فعال اکسیژن و بروز تنش اکسیداتیو در گیاهان، موجب تخریب غشاء و افزایش پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیر اشباع لیپیدی شده، و در نتیجه منجر به خروج آلدیدهای گوناگونی از جمله مالون دی آلدیید شود مطابقت دارد. افزایش محتوای مالون دی آلدیید در شرایط محدودیت آبی توسط Ahmad و همکاران (۲۰۱۳) در جو گزارش شده است. سید شریفی و نامور (۱۳۹۴) گزارش کردند کاربرد کودهای زیستی موجب می‌شود محتوای مالون دی آلدیید در گیاهان برخوردار از کودهای زیستی کمتر از گیاهان غیر میکوریزیایی باشد که نشان دهنده پایداری بیشتر غشاهای سلولی در این گیاهان است. در این آزمایش نیز ارزیابی هدایت الکتریکی برگ پرچم نشان داد که در همان ترکیبات تیماری (کاربرد کودهای زیستی و انجام آبیاری تکمیلی) که مقدار هدایت الکتریکی کاهش یافته بود محتوای مالون دی آلدیید نیز کاهش داشته است (شکل ۸). Zhu و همکاران (۲۰۱۱) اظهار داشتند که در شرایط خشکی نشتی غشا افزایش می‌یابد، اما کاربرد میکوریز در چنین گیاهانی به‌دلیل کم کردن تنش اکسیداتیو ناشی از تنش خشکی موجب شد تا نشتی غشا یا هدایت الکتریکی کاهش یابد. Dudhane و Borde (۲۰۱۲) علت کاهش هدایت

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.3.8]

الکتریکی و نشتی غشا در کاربرد میکوریز را به بهبود جذب عناصر غذایی و نقش این قارچ در حفاظت گیاه میزبان در برابر خشکی نسبت دادند.

مقدار آنتوسیانین

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین آنتوسیانین (۰/۰۲۵ میکرومول بر وزن تر برگ) در آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی با کاربرد توأم میکوریز و ازتوباکتر و کم‌ترین آن (۰/۰۱۳۷ میکرومول بر وزن تر برگ) تحت شرایط دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی به‌دست آمد (شکل ۹). نتایج مشابهی نیز مبنی بر افزایش محتوای آنتوسیانین و کاهش مالون دی آلدیید گندم در آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی توسط نریمانی و سیدشریفی (۱۳۹۸) گزارش شده است. آنتوسیانین‌ها دارای نقش آنتی‌اکسیدانی بوده و ضمن سمیت‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن (Hoekstra *et al*., 2001) می‌توانند از ساختارهای حساسی مانند غشاها حفاظت کرده (نریمانی و سید شریفی، ۱۳۹۸) و مقاومت گیاه به تنش خشکی را افزایش دهند (Reddy *et al*., 2004). در این راستا بررسی نتایج حاصل از هدایت الکتریکی برگ پرچم و محتوای مالون دی-آلدیید نشان می‌دهد که در همان ترکیب تیماری که محتوای آنتوسیانین افزایش یافته است در همان ترکیب تیماری مقادیر این صفات کمتر شده است (جدول۱۰، شکل‌های ۷ و ۸). از طرفی آنتوسیانین‌ها می‌توانند موجب محافظت کلروفیل در برابر اکسیداسیون نوری شوند. از این‌رو به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل افزایش شاخص کلروفیل در آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی با کاربرد توأم میکوریز و ازتوباکتر می‌تواند ناشی از افزایش محتوای آنتوسیانین‌ها در این ترکیب‌های تیماری باشد.

عملکرد دانه

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین عملکرد (۲۶۸/۲ گرم در مترمربع) در آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی با کاربرد توأم میکوریزا و ازتوباکتر و کم‌ترین آن (۲۰۶/۵ گرم در مترمربع) در شرایط دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی به-دست آمد (شکل ۱۰). به‌نظر می‌رسد بخشی از افزایش عملکرد را می‌توان به بهبود شاخص کلروفیل و کارایی فتوشیمیایی فوتوسیستم 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 به تبع از آن محتوای نسبی آب گیاه نیز افزایش یافته است (جدول‌های ۴، ۷ و۱۰)، از طرفی این کودها با تعدیل اثر ناشی از محدودیت آبی به روش‌های مختلفی از جمله کاهش تنش اکسیداتیو، کاهش پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیر اشباع لیپیدی و یا کاهش محتوای مالون دی آلدیید موجب کاهش هدایت الکتریکی و افزایش محتوای نسبی آب می‌شوند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.3.8]

جدول ۳: تجزیه واریانس فلورسانس حداقل و شاخص کلروفیل برگ پرچم تحت اثر سطوح آبیاری و کودهای زیستی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات											
		مراحل نمونه برداری F_0 (روز بعد از سنبله دهی)							مراحل نمونه برداری SPAD (روز بعد از سنبله دهی)				
		۸	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴	۲۸	۳۲	۸	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴	۲۸	۳۲
تکرار	۲	۸۰۷۲/۹ **	۱۲۳۹۹/۰۱ **	۱۵۸۷۶/۹ **	۲۳۳۱۹/۸ **	۲۹۲۵۴/۲ **	۳۶۸۱۷/۴ **	۴۳۵۵۹/۹ **	۲۰/۹۰ **	۴۹/۱۷ **	۶۲/۱۳ **	۲۶/۸۸ **	۳۲/۱۱ **	۱۱/۰۹ **	۱۶/۶۹ **
سطوح آبیاری	۲	۳۲۶۶۲/۸ **	۲۶۱۶۶/۰۷ **	۱۶۴۴۸/۹ **	۲۲۹۲۱/۹ **	۲۰۲۱۹/۷ **	۲۷۰۶۹/۴ **	۲۹۸۹۲/۹ **	۱۵۴۲/۸۵**	۱۳۴۳/۰۳ **	۱۱۵۴/۳۷ **	۱۱۵۵/۶۱ **	۱۱۴۲/۷۳ **	۱۱۴۹/۰۷ **	۹۸۰/۵۹ **
کودزیستی	۳	۳۲۵۰/۲ **	۲۹۹۶/۹ **	۲۰۴۵/۰۳ **	۲۱۵۹/۹ **	۲۲۹۱/۶ **	۳۲۳۸/۰۳ **	۳۳۲۹/۵ **	۱۶۷/۵۱۴۶ **	۱۲۳/۷۲ **	۱۱۷/۴۸ **	۱۳۴/۵۱ **	۱۴۲/۴۴ **	۱۰۲/۰۷**	۹۰/۰۹ **
آبیاری×کود زیستی	۶	۱۷۶/۶ **	۱۵۲/۰۴ **	۱۱۰/۷ **	۱۳۳/۱ **	۲۶۵/۵ **	۱۶۴/۸ **	۱۸۱/۸ **	۰/۹۴**	۰/۷۶ **	۱/۵۱ **	۱/۶۲ **	۴/۲۰ **	۲/۳۸ **	۲/۷۸ **
خطا	۲۲	۵۰/۴	۴۱/۲۱	۲۶/۲۸	۳۵/۱۷	۵۶/۸	۴۲/۹	۴۶/۹	۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۳۸	۰/۴۲	۰/۹۲	۰/۵۹	۰/۸۲

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری.

جدول ۴: تجزیه واریانس عملکرد کوآنتومی و فلورسانس حداکثر برگ پرچم تحت اثر سطوح آبیاری و کودهای زیستی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات											
		مراحل نمونه برداری عملکرد کوآنتومی (روز بعد از سنبله دهی)							مراحل نمونه برداری فلورسانس حداکثر (روز بعد از سنبله دهی)				
		۸	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴	۲۸	۳۲	۸	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴	۲۸	۳۲
تکرار	۲	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۴ **	۰/۰۰۹**	۰/۰۱۲**	۰/۰۱۸ **	۰/۰۳۱ **	۰/۰۴۲ **	۱۰۴۶۰۰۳/۲**	۹۰۹۱۷۹/۶ **	۸۲۶۳۶۸/۹ **	۶۶۲۶۲۴/۶ **	۵۲۷۵۶۶/۶ **	۴۱۹۴۶۳/۱ **	۳۶۵۱۶۴/۸ **
سطوح آبیاری	۲	۰/۰۵۳ **	۰/۰۵۳ **	۰/۰۵۵ **	۰/۰۷۲ **	۰/۱۲۰ **	۰/۱۹۱ **	۰/۲۵۵ **	۵۵۷۵۱۰/۰۰۲ **	۳۱۸۰۱۷/۳ **	۳۱۹۶۳۹/۰۱**	۱۲۲۱۸۹ **	۱۶۹۹۴۱/۹ **	۱۲۴۶۶۵/۱ **	۱۱۱۹۶۹ /۵ **
کودزیستی	۳	۰/۰۰۴ **	۰/۰۰۵ **	۰/۰۰۶ **	۰/۰۰۷ **	۰/۰۱۴ **	۰/۰۲۳ **	۰/۰۳۰ **	۴۹۹۲۳/۹ **	۴۱۱۶۵/۹ **	۳۸۵۶۷/۶ **	۱۵۰۵۹/۸ **	۲۲۸۶۰/۷ **	۱۷۸۶۹/۱ **	۱۶۰۷۹/۶ **
آبیاری×کود زیستی	۶	۰/۰۰۰۱ **	۰/۰۰۰۱ **	۰/۰۰۰۱ **	۰/۰۰۰۱ **	۰/۰۰۰۷ **	۰/۰۰۰۸ **	۰/۰۰۰۱ **	۱۳۷۸۵/۸ **	۱۴۴۸۱/۹ **	۱۴۷۶۲/۱ **	۱۹۶۸/۱ **	۲۵۶۹/۵ **	۳۳۸۳/۴ **	۲۶۳۶/۶ **
خطا	۲۲	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۲۴۲۱/۹	۱۵۲۱/۳	۱۵۱۶/۱	۵۸۱/۶	۷۶۱/۸	۵۸۰/۹	۵۱۷/۶

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.3.8]

جدول ۵: تجزیه واریانس فلورسانس متغیر، محتوای مالون دی آلدیید، آنتوسیانین و عملکرد دانه تحت اثر سطوح آبیاری و کودهای زیستی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		مراحل نمونه برداری F_v (روز بعد از سنبله‌دهی)							محتوای مالون دی آلدیید	آنتوسیانین	عملکرد دانه
		۸	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴	۲۸	۳۲			
تکرار	۲	۸۷۰۸۰۸/۷**	۷۰۹۸۳۰/۱ **	۶۸۳۸۰۵/۴ **	۴۳۸۰۰۴/۸**	۳۰۸۸۷۹/۹ **	۲۰۸۴۳۸/۱ **	۱۵۷۱۹۴/۶ **	۰/۰۰۰۲۵**	۰/۰۰۰۰۰۴۷**	۲۶۰۳۷/۱**
سطوح آبیاری	۲	۸۳۲۲۹۸/۵ **	۵۱۵۰۷۹/۷ **	۴۶۷۶۳۹/۴ **	۲۴۵۵۵۸/۶ **	۳۰۴۷۴۱/۱ **	۲۶۳۸۰۹/۴ **	۲۵۵۶۹۷/۳ **	۰/۰۵۳**	۰/۰۰۰۱۹**	۴۷۶۴/۰۳**
کودزیستی	۳	۷۷۵۸۹/۶ **	۶۵۴۶۷/۷ **	۵۷۹۴۵/۹ **	۲۸۱۱۹/۹ **	۳۸۸۲۴/۷ **	۳۶۱۲۵/۱ **	۳۳۷۴۳/۹ **	۰/۰۰۳۹**	۰/۰۰۰۰۱۷**	۳۲۹/۰۱**
آبیاری×کود زیستی	۶	۱۱۶۴۹/۵ **	۱۳۱۸۱/۹ **	۱۳۶۰۳/۸ **	۱۳۵۱/۶ *	۴۲۶۹/۹ *	۳۴۹۱/۲ **	۲۸۸۲/۳ **	۰/۰۰۰۰۴۹*	۰/۰۰۰۰۰۰۶۳**	۴۶/۹۴**
خطا	۲۲	۳۰۶۳/۷	۱۹۹۴/۴	۱۸۷۶/۹	۸۷۸/۵	۱۱۶۰/۰۷	۹۱۶/۴	۸۵۹/۴	۰/۰۰۰۰۱۴	۰/۰۰۰۰۰۰۱۹	۱۳/۰۸

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری.

جدول ۶: تجزیه واریانس هدایت الکتریکی و محتوای نسبی آب برگ پرچم تحت اثر سطوح آبیاری و کودهای زیستی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات											
		مراحل نمونه برداری هدایت الکتریکی (روز بعد از سنبله‌دهی)							مراحل نمونه برداری محتوای نسبی آب برگ پرچم (روز بعد از سنبله‌دهی)				
		۸	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴	۲۸	۳۲	۸	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴
تکرار	۲	۹/۷۱**	۱۶/۳۰**	۲۱/۲۵ **	۱۱/۹۱ **	۲۵/۷۵ **	۲۱/۶۱ **	۱۹/۸۸ **	۲۵۰۳/۸**	۱۴۱۴/۵ **	۱۲۵۵/۷ **	۱۴۷۸/۹ **	۱۱۶۱/۹**
سطوح آبیاری	۲	۹۲/۵۵**	۴۱۵/۳۷ **	۲۰۳/۵۰ **	۳۵۳/۴۲ **	۵۰۲/۱۹ **	۴۵۴/۷۶ **	۸۶۵/۳۶ **	۴۴۴/۹ **	۵۶۱/۴ **	۶۳۹/۷ **	۷۳۵/۴ **	۷۷۱/۸**
کودزیستی	۳	۱۶/۹۳**	۳۹/۲۷ **	۲۵/۸۲ **	۵۲/۲۴ **	۷۶/۵۰**	۷۵/۶۵ **	۱۲۶/۵۴ **	۵۹/۶ **	۶۱/۱**	۷۳/۸ **	۱۱۲/۴ **	۱۰۸/۰۰۶**
آبیاری×کود زیستی	۶	۵/۶۷**	۱/۳۱ *	۱/۰۷ **	۲/۱۵ **	۵/۹۷ *	۴/۱۵ *	۱۱/۰۸ **	۵/۲۴ **	۱۸/۹ **	۲۸/۹ **	۷/۳۷ **	۷/۹۵ **
خطا	۲۲	۱/۱۶	۰/۰۴۴	۰/۲۳	۰/۶۶	۲/۱۸	۱/۳۳	۳/۳۶	۱/۳۳	۵/۷۶	۸/۷۴	۲/۲۴	۲/۳۲

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1400.13.49.3.8]

جدول۷: مقایسه میانگین فلورسانس حداقل و شاخص کلروفیل برگ پرچم تحت اثر سطوح آبیاری و کودهای زیستی

تیمارها	مراحل نمونه برداری F_0 (روز بعد از سنبله دهی)							مراحل نمونه برداری شاخص کلروفیل (روز بعد از سنبله دهی)						
	۸	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴	۲۸	۳۲	۸	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴	۲۸	۳۲
I_1*Q_1	۲۶۴/۹ a	۲۹۹/ ۱ a	۳۲۹/۴ a	۳۷۳/۱ a	۴۰۶/۶ a	۴۵۷/۶ a	۴۹۳/۲ a	۳۴/۵۰ l	۳۲/۶ l	۳۰/۱۳ l	۲۷/۶۰ i	۲۲/۶۶ i	۲۰/۸۳ k	۱۸/۱۰ h
I_1*Q_2	۲۳۱/۲ b	۲۵۶/۸ b	۲۹۵/۳ c	۳۳۲/۸ c	۳۵۶/۷ c	۴۱۸/۰۸ b	۴۴۸/۹ b	۴۱ j	۳۷/۸۳ j	۳۵/۵۳ j	۳۳/۶۰ h	۳۱/۴۵ h	۲۵/۷۶ i	۲۲/۱۶ h
I_1*Q_3	۲۲۷/۰۲ b	۲۶۵/۲ b	۳۰۶/۵ b	۳۴۹/۹ b	۳۷۴/۳ b	۴۲۷/۲ b	۴۵۵/۹ b	۳۹/۹۰ k	۳۶/۸۳ k	۳۴/۳۳ k	۳۲/۶۰ h	۳۰/۴۳ h	۲۲/۶۰ j	۲۰/۸۰ h
I_1*Q_4	۲۰۰/۹ c	۲۳۹/۶ c	۲۷۶/۹ d	۳۲۶/۱ c	۳۴۷/۰۹ cd	۳۹۴/۳ c	۴۳۱/۲ c	۴۵/۰۳ i	۴۱/۷۰ i	۳۷/۴۳ i	۳۶/۴۰ g	۳۳/۶۵ g	۲۷/۷۳ h	۲۵/۱۳ g
I_2*Q_1	۱۴۱/۴ ef	۱۸۶/۸ ef	۲۴۲/۳ fg	۲۶۹/۵ f	۳۰۲/۳ fg	۳۴۹/۱ f	۳۷۴/۱ g	۵۷/۵۰ d	۵۴/۴۶ d	۴۹/۶۰ d	۴۷/۸۳ d	۴۵/۱۶ d	۳۹/۶۰ d	۳۵/۷۰ c
I_2*Q_2	۱۲۴/۴ g	۱۶۹/۸ g	۲۲۲/۸ h	۲۵۷/۱ gh	۲۸۳/۹ hi	۳۲۷/۹ g	۳۵۸/۸ h	۶۴/۲۶ b	۵۸/۸۳ b	۵۴/۵۰ b	۵۲/۱۳ b	۴۹/۶۳ b	۴۴/۵۶ b	۴۰/۷۳ b
I_2*Q_3	۱۳۲/۹ fg	۱۷۷/۲ fg	۲۳۳/۶ g	۲۶۱/۹ fg	۲۹۲/۹ gh	۳۶۶/۰۴ g	۳۶۴/۱ gh	۶۱/۰۶ c	۵۷/۹۰ c	۵۳/۱۶ c	۵۰/۹۶ c	۴۷/۸۳ c	۴۱/۳۶ c	۳۷/۲۰ c
I_2*Q_4	۱۱۱/۳ h	۱۵۳/۷ h	۲۱۴/۸ h	۲۴۶/۶ h	۲۷۷/۲ i	۳۰۵/۵ h	۳۳۲/۸ i	۶۸/۳۶ a	۶۲/۴۰ a	۵۸/۶۰ a	۵۷/۷۶ a	۵۳/۶۳ a	۴۹/۱۶ a	۴۴/۸۶ a
I_3*Q_1	۱۹۱/۲ c	۲۳۲/۶ c	۲۷۲/۵ d	۳۱۱/۸ d	۳۴۰/۳ de	۳۸۴/۵ cd	۴۲۴/۲ cd	۴۶/۱۰ h	۴۲/۷۳ h	۳۸/۷۳ h	۳۷/۵۰ g	۳۴/۹۱ g	۳۰/۹۰ g	۲۷/۲۳ f
I_3*Q_2	۱۶۳/۸ d	۲۱۶/۳ d	۲۵۴/۵ e	۲۸۴/۴ e	۳۲۸/۱ e	۳۶۴/۱ e	۴۰۴/۳ e	۵۲/۳۰ f	۴۹/۱۰ f	۴۴/۹۰ f	۴۲/۹۶ e	۴۰/۶۱ e	۳۴/۷۰ f	۳۱/۷۰ d
I_3*Q_3	۱۶۹/۷ d	۲۱۹/۳ d	۲۶۱/۶ e	۲۹۱/۸ e	۳۲۲/۴ e	۳۷۶/۴ d	۴۱۴/۷ de	۵۰/۳۶ g	۴۶/۹۶ g	۴۲/۶۰ g	۴۱/۲۰ f	۳۸/۷۲ f	۳۱/۸۰ g	۲۹/۰۶ e
I_3*Q_4	۱۴۶/۱ e	۱۹۴/۴ e	۲۴۵/۷ f	۲۷۰/۹ f	۳۱۲/۵ f	۳۵۵/۲ ef	۳۸۸/۱ f	۵۵/۸۳ e	۵۲/۶۳ e	۴۸/۵۰ e	۴۶/۹۰ d	۴۴/۱۳ d	۳۶/۷۳ e	۳۲/۹۶ d
LSD	۱۲/۰۲۳	۱۰/۸۷	۶/۶۸۱	۱۰/۰۴۳	۱۲/۷۶۴	۱۱/۰۹۶	۱۱/۶	۰/۸۷۲	۰/۶۵۹	۱/۰۵۰	۱/۱۰۰	۱/۶۳۲	۱/۳۰۱	۱/۵۳۵

I_3, I_2, I_1 : به ترتیب عدم آبیاری (دیم)، آبیاری در مرحله آبستنی و سنبله‌دهی Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4 : به ترتیب شاهد، کاربرد میکوریز، ازتوباکتر، کاربرد توام میکوریز و ازتوباکتر
میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم در سطح احتمال یک درصد ندارند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1400.13.49.3.8]

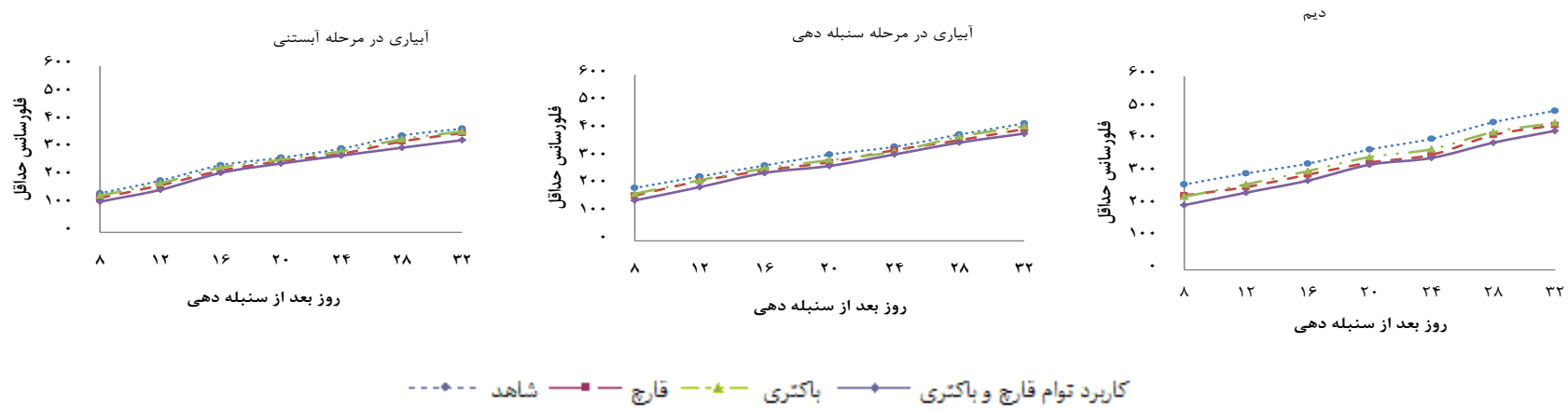
جدول۸: مقایسه میانگین عملکرد کوانتومی و فلورسانس حداکثر برگ پرچم تحت اثرسطوح آبیاری و کودهای زیستی

تیمارها	مراحل نمونه برداری عملکرد گوانتومی (روز بعد از سنبله دهی)							مراحل نمونه برداری فلورسانس حداکثر (روز بعد از سنبله دهی)						
	۸	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴	۲۸	۳۲	۸	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴	۲۸	۳۲
I_1*Q_1	۰/۷۴۱ ^{j}	۰/۶۹۳ ^{i}	۰/۶۴۲ ^{j}	۰/۵۵۲ ^{k}	۰/۴۲۹ ^{l}	۰/۲۸۰ ^{k}	۰/۱۶۰ ^{j}	۱۰۳۹/۵ ^{f}	۹۹۰/۹ ^{f}	۹۳۷/۲ ^{f}	۸۴۶/۱ ^{g}	۷۲۱/۲ ^{h}	۶۴۵/۸ ^{i}	۵۹۷/۲ ^{h}
I_1*Q_2	۰/۷۷۹ ^{i}	۰/۷۴۰ ^{g}	۰/۶۸۴ ^{h}	۰/۶۱۶ ^{i}	۰/۵۲۹ ^{j}	۰/۳۷۹ ^{i}	۰/۲۸۶ ^{h}	۱۰۴۹/۸ ^{f}	۱۰۰۷/۵ ^{ef}	۹۵۲/۷ ^{ef}	۸۸۱/۴ ^{efg}	۷۷۰/۸ ^{fg}	۶۸۴/۰۷ ^{ghi}	۶۳۹/۶ ^{fg}
I_1*Q_3	۰/۷۷۶ ^{i}	۰/۷۲۹ ^{h}	۰/۶۷۱ ^{i}	۰/۵۹۰ ^{j}	۰/۴۹۰ ^{k}	۰/۳۵۷ ^{j}	۰/۲۶۰ ^{i}	۱۰۴۵/۷ ^{f}	۹۹۶/۱ ^{ef}	۹۴۹/۶ ^{ef}	۸۶۹/۰۳ ^{fg}	۷۴۶/۰۷ ^{gh}	۶۷۵/۸ ^{hi}	۶۲۶/۲ ^{gh}
I_1*Q_4	۰/۸۰۷ ^{h}	۰/۷۶۲ ^{f}	۰/۷۱۱ ^{g}	۰/۶۳۵ ^{h}	۰/۵۵۳ ^{i}	۰/۴۳۳ ^{h}	۰/۳۳۹ ^{g}	۱۰۵۹/۱ ^{ef}	۱۰۲۴/۰۳ ^{ef}	۹۷۵/۴ ^{ef}	۹۰۸/۳ ^{def}	۷۸۹/۴ ^{efg}	۷۰۶/۸ ^{fgh}	۶۶۳/۴ ^{efg}
I_2*Q_1	۰/۸۸۹ ^{d}	۰/۸۳۷ ^{d}	۰/۷۷۸ ^{d}	۰/۷۲۸ ^{d}	۰/۶۶۴ ^{d}	۰/۵۵۸ ^{d}	۰/۴۹۳ ^{d}	۱۲۹۷/۸ ^{d}	۱۱۶۵/۶ ^{cd}	۱۱۱۳/۹ ^{cd}	۱۰۰۹/۵ ^{c}	۹۱۴/۵ ^{cd}	۸۰۲/۹ ^{cd}	۷۵۱/۲ ^{cd}
I_2*Q_2	۰/۹۱۵ ^{b}	۰/۸۷۴ ^{b}	۰/۸۲۸ ^{b}	۰/۷۶۳ ^{b}	۰/۷۱۳ ^{b}	۰/۶۲۷ ^{b}	۰/۵۵۵ ^{b}	۱۵۰۰/۴ ^{b}	۱۳۷۷/۴ ^{b}	۱۳۲۵/۷ ^{b}	۱۱۰۶/۷ ^{b}	۱۰۰۵/۴ ^{b}	۸۹۴/۸ ^{b}	۸۲۰/۴ ^{b}
I_2*Q_3	۰/۹۰۳ ^{c}	۰/۸۵۳ ^{c}	۰/۷۹۷ ^{c}	۰/۷۴۱ ^{c}	۰/۶۸۴ ^{c}	۰/۵۸۸ ^{c}	۰/۵۳۰ ^{c}	۱۳۹۹/۱ ^{c}	۱۲۲۸/۶ ^{c}	۱۱۷۶/۹ ^{c}	۱۰۲۸/۱ ^{c}	۹۴۳/۴ ^{c}	۸۲۸/۷ ^{c}	۷۸۷/۴ ^{bc}
I_2*Q_4	۰/۹۳۰ ^{a}	۰/۸۹۴ ^{a}	۰/۸۴۷ ^{a}	۰/۷۸۱ ^{a}	۰/۷۴۳ ^{a}	۰/۶۸۵ ^{a}	۰/۶۳۵ ^{a}	۱۶۲۸/۵ ^{a}	۱۴۸۴/۹ ^{a}	۱۴۳۳/۲ ^{a}	۱۱۵۸/۳ ^{a}	۱۰۹۹/۴ ^{a}	۹۸۷/۸ ^{a}	۹۲۶/۹ ^{a}
I_3*Q_1	۰/۸۱۸ ^{g}	۰/۷۷۲ ^{f}	۰/۷۱۸ ^{g}	۰/۶۵۶ ^{g}	۰/۵۶۹ ^{h}	۰/۴۵۶ ^{g}	۰/۳۶۱ ^{g}	۱۰۷۰/۵ ^{ef}	۱۰۳۸/۵ ^{ef}	۹۸۴/۷ ^{ef}	۹۲۱/۷ ^{de}	۸۰۳/۹ ^{ef}	۷۱۸/۱ ^{fg}	۶۷۴/۷ ^{ef}
I_3*Q_2	۰/۸۵۳ ^{e}	۰/۷۹۲ ^{e}	۰/۷۴۲ ^{f}	۰/۶۹۵ ^{e}	۰/۵۹۸ ^{f}	۰/۵۰۳ ^{e}	۰/۴۰۵ ^{f}	۱۱۳۴/۶ ^{e}	۱۰۵۹/۱ ^{e}	۱۰۰۶/۴ ^{e}	۹۴۸/۶ ^{d}	۸۲۹/۷ ^{e}	۷۴۵/۰۳ ^{ef}	۶۹۱/۳ ^{e}
I_3*Q_3	۰/۸۴۰ ^{f}	۰/۷۸۷ ^{e}	۰/۷۳۳ ^{f}	۰/۶۸۳ ^{f}	۰/۵۸۳ ^{g}	۰/۴۸۱ ^{f}	۰/۳۸۴ ^{f}	۱۰۸۳/۹ ^{ef}	۱۰۴۶/۷ ^{ef}	۹۹۹/۲ ^{ef}	۹۳۷/۲ ^{d}	۸۱۱/۷ ^{ef}	۷۳۷/۸ ^{f}	۶۸۵/۱ ^{e}
I_3*Q_4	۰/۸۸۰ ^{d}	۰/۸۲۵ ^{d}	۰/۷۶۷ ^{e}	۰/۷۲۱ ^{d}	۰/۶۴۵ ^{e}	۰/۵۳۹ ^{d}	۰/۴۶۰ ^{e}	۱۲۳۷/۹ ^{d}	۱۱۴۲/۸ ^{d}	۱۰۷۴/۶ ^{d}	۹۸۹/۹ ^{c}	۸۹۵/۹ ^{d}	۷۸۴/۳ ^{de}	۷۳۱/۶ ^{d}
LSD	۰/۰۱۰۴	۰/۰۱۰۵	۰/۰۱۱۲	۰/۰۱۱۱	۰/۰۱۳۵	۰/۰۲	۰/۰۲۳۱	۸۳/۳۳۴	۶۶/۰۴۶	۶۵/۹۳۴	۴۰/۸۳۹	۴۶/۷۳۹	۴۰/۸۱۵	۳۸/۵۲۶

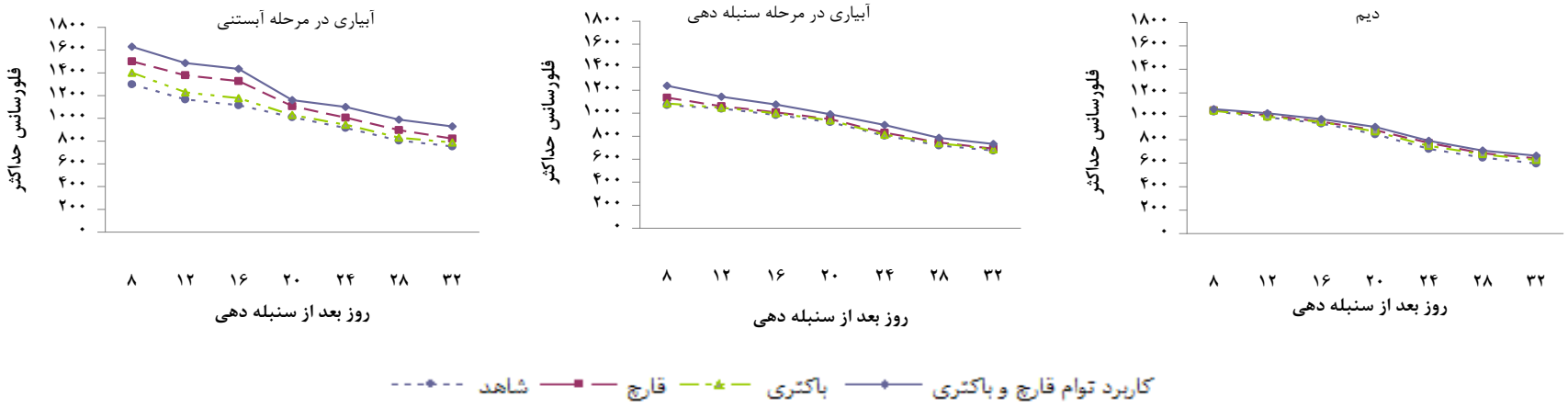
I_1, I_2, I_3 : به ترتیب عدم آبیاری (دیم)، آبیاری در مرحله آبستنی و سنبله‌دهی Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4 : به ترتیب شاهد، کاربرد میکوریز، ازتوباکتر، کاربرد توام میکوریز و ازتوباکتر
میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم در سطح احتمال یک درصد ندارند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.3.8]



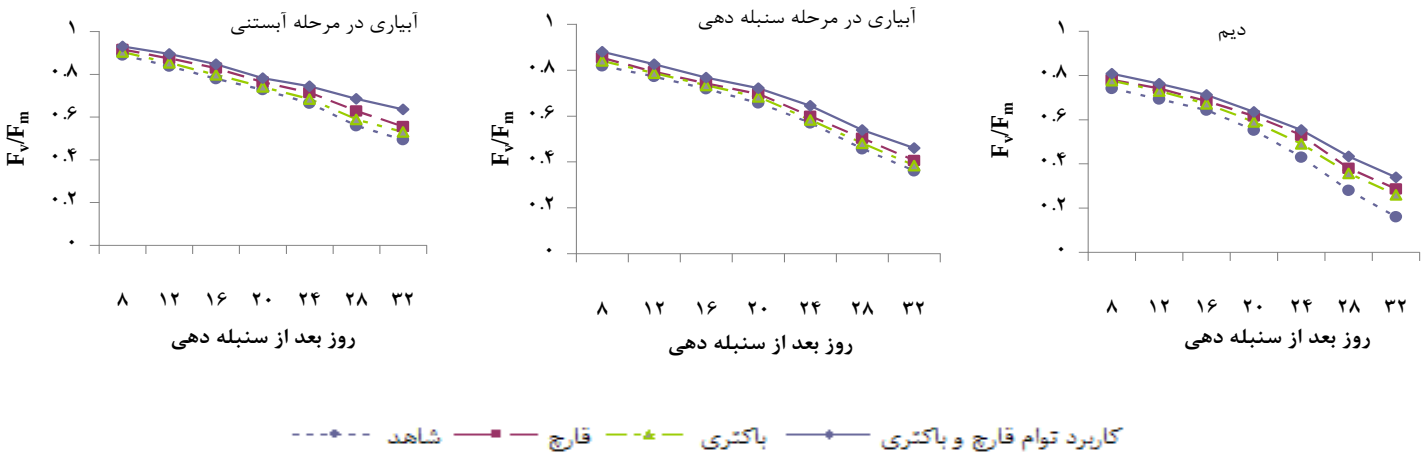
شکل ۱: اثر کودهای زیستی و سطوح آبیاری بر فلورسانس حداقل در مراحل مختلف نمونه‌برداری



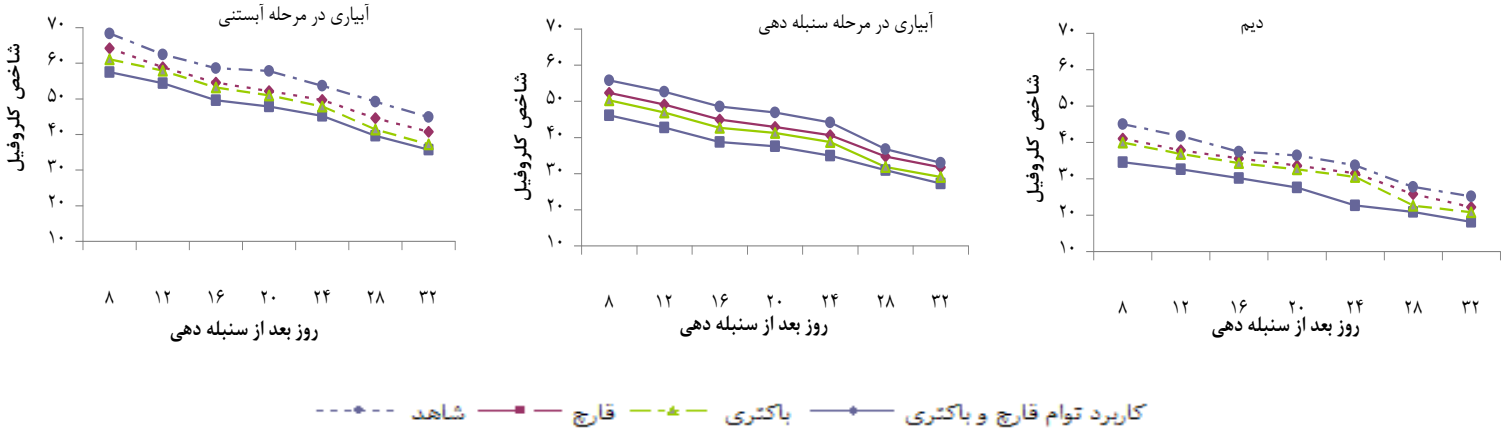
شکل ۲: اثر کودهای زیستی و سطوح آبیاری بر فلورسانس حداکثردر مراحل مختلف نمونه‌برداری

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.3.8]



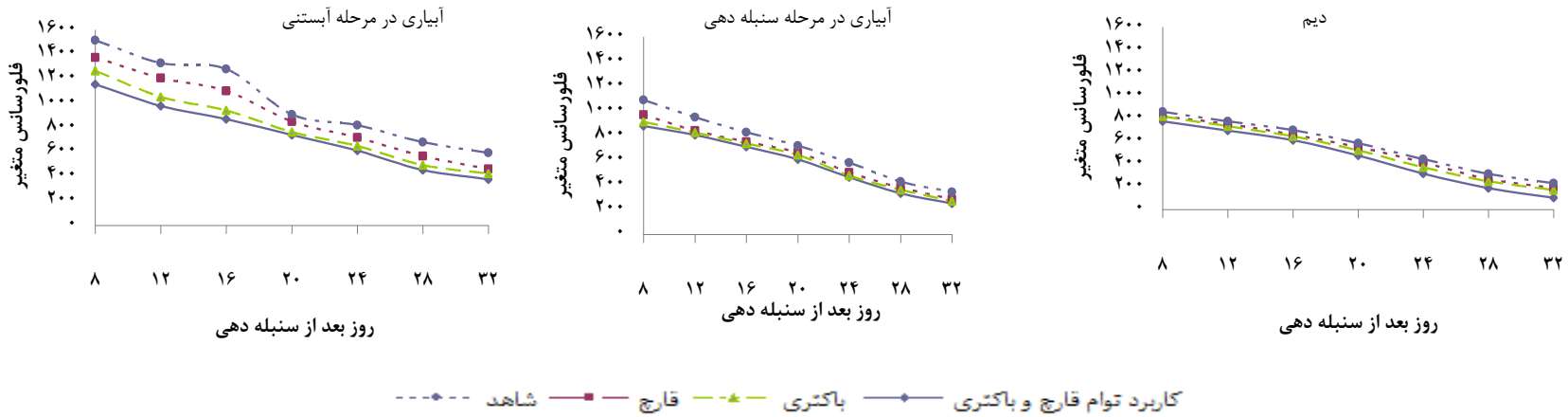
شکل ۳: اثر کودهای زیستی و سطوح آبیاری بر حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در مراحل مختلف نمونه‌برداری



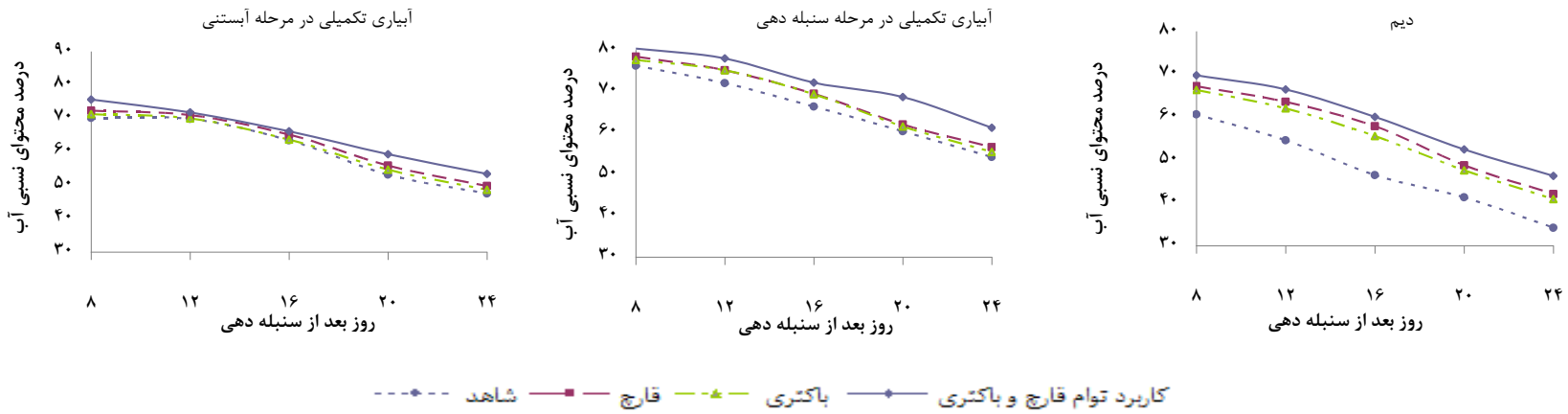
شکل ۴: اثر کودهای زیستی و سطوح آبیاری بر شاخص کلروفیل در مراحل مختلف نمونه برداری

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.3.8]

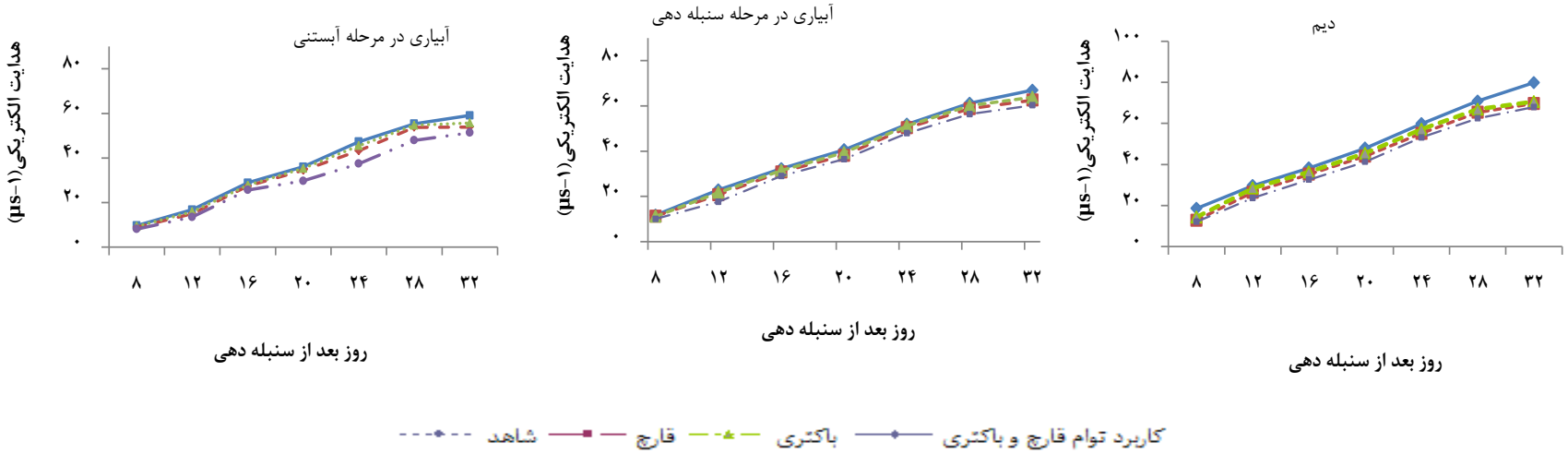


شکل ۵: اثر کودهای زیستی و سطوح آبیاری بر فلورسانس متغیر در مراحل مختلف نمونه برداری



شکل ۶: اثر کودهای زیستی و سطوح آبیاری بر محتوای نسبی آب در مراحل مختلف نمونه برداری

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-23]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.3.8]



شکل ۷: اثر کودهای زیستی و سطوح آبیاری بر هدایت الکتریکی برگ پرچم در مراحل مختلف نمونه‌برداری

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.3.8]

جدول ۹: مقایسه میانگین فلورسانس متغیرتحت اثر سطوح آبیاری و کودهای زیستی

	مراحل نمونه برداری فلورسانس متغیر (روز بعد از سنبله دهی)						
تیمارها	۸	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴	۲۸	۳۲
I_1*Q_1	۷۷۴/۵ h	۶۹۱/۸ g	۶۰۷/۷ g	۴۷۳/۰۳ i	۳۱۴/۶ i	۱۸۸/۱۷ j	۱۰۴/۰۶ i
I_1*Q_2	۸۱۸/۷ gh	۷۵۰/۶ fg	۶۵۷/۳ fg	۵۴۸/۶ gh	۴۱۴/۱ gh	۲۶۵/۹ hi	۱۹۰/۶ gh
I_1*Q_3	۸۱۸/۶ gh	۷۳۰/۸ fg	۶۴۳/۰۹ fg	۵۱۹/۰۴ hi	۳۷۱/۶ hi	۲۴۸/۵ i	۱۷۰/۲ h
I_1*Q_4	۸۵۸/۱ fgh	۷۸۴/۴ ef	۶۹۸/۴ ef	۵۸۲/۱ fg	۴۴۲/۳ fg	۳۱۲/۴ gh	۲۳۲/۱ fg
I_2*Q_1	۱۱۵۶/۴ d	۹۷۸/۷ cd	۸۷۱/۵ cd	۷۳۹/۹ c	۶۱۲/۱ cd	۴۵۳/۷ cd	۳۷۷/۰۶ cd
I_2*Q_2	۱۳۷۵/۹ b	۱۲۰۷/۵ b	۱۱۰۲/۹ b	۸۴۹/۵ b	۷۲۱/۴ b	۵۶۶/۸ b	۴۶۱/۵ b
I_2*Q_3	۱۲۶۶/۱ c	۱۰۵۱/۴ c	۹۴۳/۲ c	۷۶۶/۲ c	۶۵۰/۴ c	۴۹۲/۶ c	۴۲۳/۲ bc
I_2*Q_4	۱۵۱۷/۱ a	۱۳۳۱/۱ a	۱۲۸۱/۳ a	۹۰۹/۷ a	۸۲۲/۲ a	۶۸۲/۳ a	۵۹۴/۰۶ a
I_3*Q_1	۸۷۹/۲ efg	۸۰۵/۹ ef	۷۱۲/۲ ef	۶۰۹/۸ ef	۴۶۳/۵ efg	۳۳۳/۶ fg	۲۵۰/۴ ef
I_3*Q_2	۹۷۰/۷ e	۸۴۲/۷ e	۷۵۱/۹ e	۶۶۴/۱ d	۵۰۱/۵ e	۳۸۰/۸ ef	۲۸۶/۹ e
I_3*Q_3	۹۱۴/۱ ef	۸۲۷/۳ e	۷۳۷/۵ e	۶۴۵/۴ de	۴۷۸/۷ ef	۳۶۱/۳ fg	۲۷۰/۳ ef
I_3*Q_4	۱۰۹۱/۸ d	۹۵۰/۴ d	۸۲۸/۸ d	۷۱۸/۹ c	۵۸۳/۳ d	۴۲۹/۰۴ de	۳۴۳/۴ d
LSD	۹۳/۷	۷۵/۶	۷۳/۳	۵۰/۱	۵۷/۶	۵۱/۲	۴۹/۶

I_1, I_2, I_3: به‌ترتیب عدم آبیاری (دیم)، آبیاری در مرحله آبستنی و سنبله‌دهی، Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4: به‌ترتیب شاهد، کاربرد میکوریز، ازتوباکتر، کاربرد توام میکوریز و ازتوباکتر
میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم در سطح احتمال یک درصد ندارند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.3.8]

جدول ۱۰: مقایسه میانگین هدایت الکتریکی و محتوای نسبی آب برگ پرچم تحت اثر سطوح آبیاری و کودهای زیستی

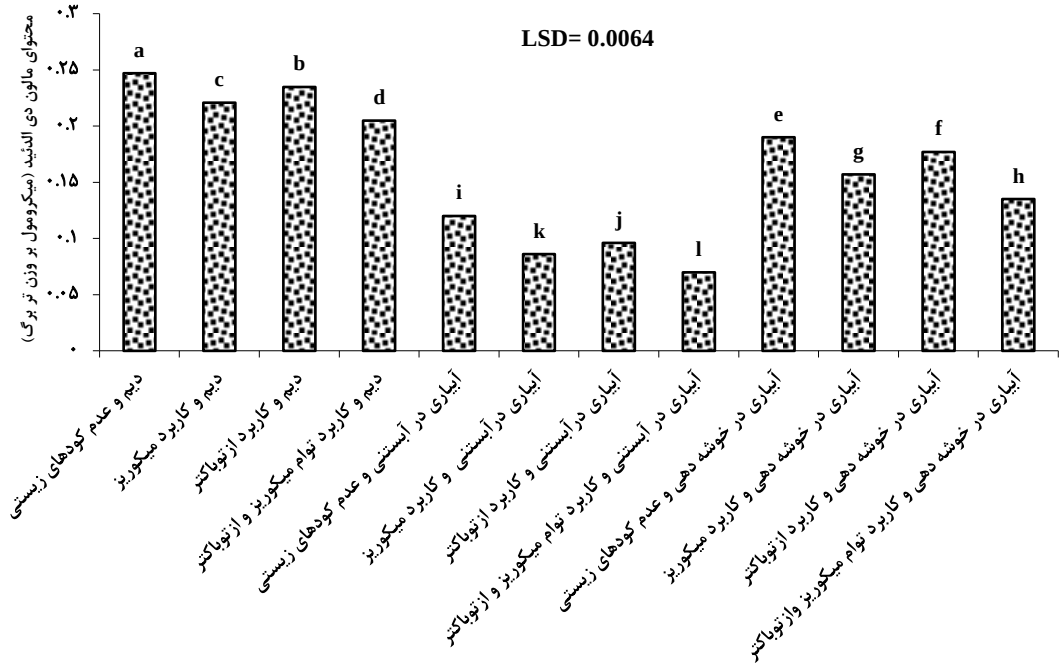
	مراحل نمونه برداری هدایت الکتریکی (روز بعد از سنبله دهی)						مراحل نمونه برداری محتوای نسبی آب (روز بعد از سنبله دهی)					
تیمارها	۸	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴	۲۸	۳۲	۸	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴
I_1*Q_1	۱۸/۵۹ a	۲۹/۶۶ a	۳۸/۲۷ a	۴۷/۹۳ a	۵۹/۸۲ a	۷۰/۸۴ a	۸۰/۸۶ a	۶۰/۷ h	۵۴/۶ g	۴۶/۵ f	۴۱/۳ g	۳۴/۲ g
I_1*Q_2	۱۲/۷۹ bc	۲۶/۴۱ c	۳۵/۲۲ c	۴۴/۰۵ c	۵۵/۱۱ bc	۶۵/۴۰ b	۶۹/۶۷ bc	۶۷/۳ g	۶۳/۶ ef	۵۷/۹ e	۴۸/۸ f	۴۲/۱ f
I_1*Q_3	۱۴/۳۴ b	۲۸/۴۸ b	۳۶/۳۵ b	۴۵/۴۵ b	۵۷/۱۲ b	۶۶/۸۸ b	۷۰/۶۰ b	۶۶/۴ g	۶۲/۱ f	۵۵/۶ e	۴۷/۶ f	۴۰/۹ f
I_1*Q_4	۱۲/۱۱ c	۲۳/۶۵ d	۳۲/۵۹ d	۴۱/۳۴ d	۵۳/۱۲ cd	۶۲/۴۴ c	۶۷/۹۸ bc	۶۹/۸ f	۶۶/۵ de	۶۰/۱ de	۵۲/۵ e	۴۶/۳ e
I_2*Q_1	۱۱/۷۰ cd	۲۲/۸۵ d	۳۲/۲۴ de	۴۰/۵۸ de	۵۱/۸۷ de	۶۱/۱۶ cd	۶۶/۹۲ c	۷۰/۲ f	۶۹/۹ cd	۶۳/۵ cd	۵۳/۲ e	۴۷/۵ de
I_2*Q_2	۱۱/۲۰ cde	۲۰/۷۲ e	۳۰/۷۸ f	۳۸/۱۱ f	۵۰/۲۷ ef	۵۸/۷۵ e	۶۲/۵۵ de	۷۲/۴ e	۷۱/۰۳ c	۶۵/۲ bc	۵۵/۹ d	۴۹/۸ d
I_2*Q_3	۱۱/۱۵ cde	۲۱/۷۰ e	۳۱/۴۳ ef	۳۹/۳۰ ef	۵۱/۱۶ de	۶۰/۰۸ de	۶۳/۸۱ d	۷۱/۳ ef	۷۰/۰۶ cd	۶۳/۷ cd	۵۴/۷ de	۴۸/۷ de
I_2*Q_4	۱۰/۰۱ def	۱۷/۶۱ f	۲۹/۰۲ g	۳۶/۴۶ g	۴۷/۹۲ fg	۵۶/۳۴ f	۶۰/۲۵ ef	۷۵/۷ d	۷۱/۹ bc	۶۶/۲ bc	۵۹/۳ c	۵۳/۴ c
I_3*Q_1	۹/۶۳ def	۱۶/۷۹ fg	۲۸/۸۶ g	۳۶/۰۲ g	۴۷/۳۳ g	۵۵/۳۳ fg	۵۹/۰۵ f	۷۶/۳ cd	۷۲/۱ bc	۶۶/۴ bc	۶۰/۴ bc	۵۴/۲ bc
I_3*Q_2	۸/۹۰ fg	۱۵/۹۰ gh	۲۷/۳۷ h	۳۴/۴۸ h	۴۳/۲۰ h	۵۳/۷۵ g	۵۳/۸۶ gh	۷۸/۵ ab	۷۵/۲۶ ab	۶۹/۵ ab	۶۲/۱ b	۵۶/۶ b
I_3*Q_3	۹/۲۷ fg	۱۵/۹۰ gh	۲۷/۷۶ h	۳۵/۲۹ gh	۴۵/۴۷ gh	۵۴/۶۶ fg	۵۵/۷۱ g	۷۷/۷ bc	۷۵/۲۱ ab	۶۹/۴ ab	۶۱/۶ bc	۵۵/۴ bc
I_3*Q_4	۸/۰۵ g	۱۳/۵۰ i	۲۵/۶۱ i	۲۹/۶۸ i	۳۷/۴۶ i	۴۷/۹۳ h	۵۲/۵۸ h	۸۰/۴ a	۷۸/۰۳ a	۷۲/۲ a	۶۸/۷ a	۶۱/۳ a
LSD	۱/۸۲۴	۱/۱۲۷	۰/۸۲۷	۱/۳۷۶	۲/۵۰۰	۱/۹۵۳	۳/۰۱۴	۱/۹۵	۴/۰۶	۵/۰۰۶	۲/۵۳	۲/۵۸

I_1, I_2, I_3 : به‌ترتیب عدم آبیاری (دیم)، آبیاری در مرحله آبستنی و سنبله‌دهی، Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4: به‌ترتیب شاهد، کاربرد میکوریز، ازتوباکتر، کاربرد توام میکوریز و ازتوباکتر

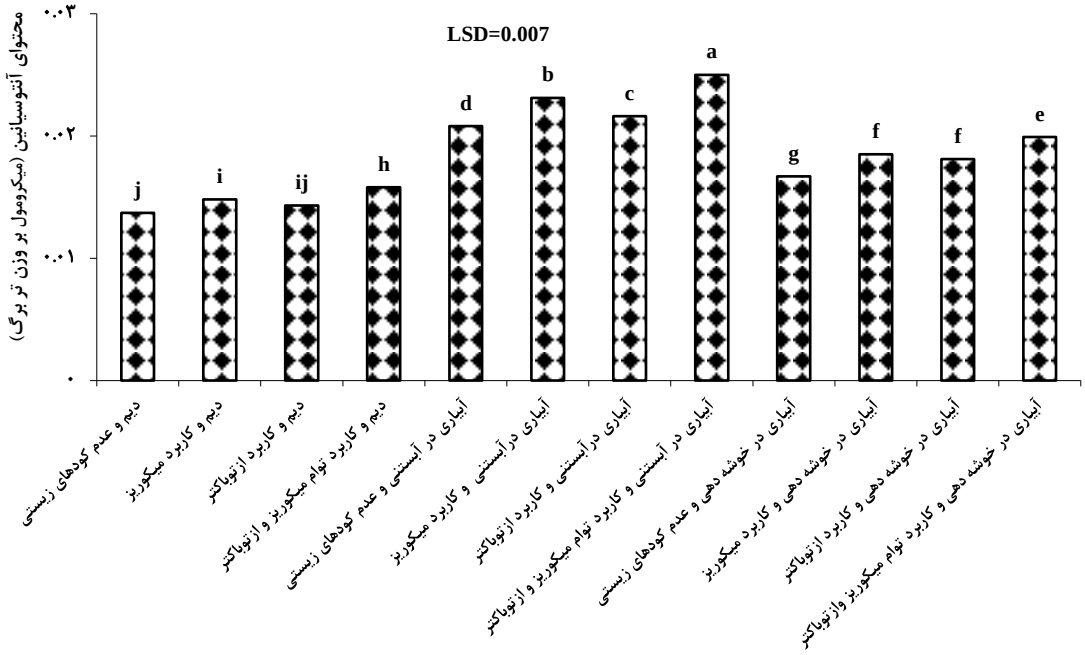
میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم در سطح احتمال یک درصد ندارند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.3.8]



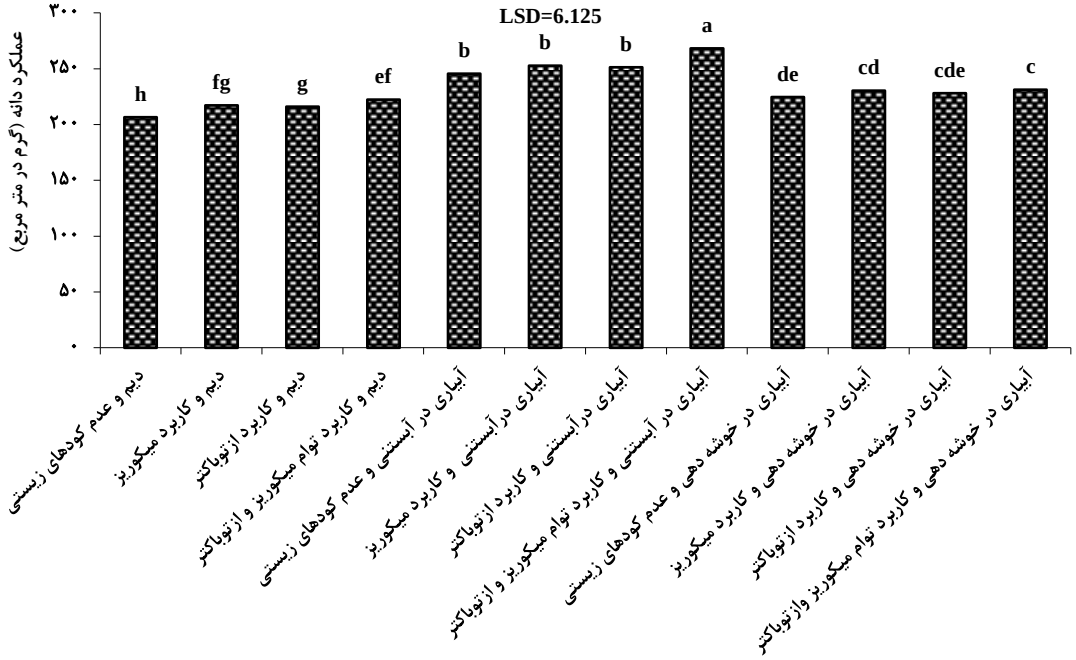
شکل ۸: اثر کودهای زیستی و سطوح آبیاری بر محتوای مالون دی آلدیید برگ پرچم



شکل ۹: اثر کودهای زیستی و سطوح آبیاری بر محتوای آنتوسیانین برگ پرچم جو

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.3.8]



شکل ۱۰: اثر کودهای زیستی و سطوح آبیاری بر عملکرد دانه جو

نتیجه‌گیری

کاربرد کودهای زیستی و آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی در کشت جو تحت شرایط دیم منجر به کاهش هدایت الکتریکی و محتوای مالون دی آلدیید، بهبود عملکرد کوانتومی و افزایش برخی صفات فیزیولوژیک نظیر شاخص کلروفیل و محتوای نسبی آب شد. بر اساس نتایج این آزمایش کودهای زیستی و آبیاری تکمیلی به خصوص در مرحله آبستنی می-تواند به‌عنوان روش مناسبی برای بهبود عملکرد جو و تعدیل اثر ناشی از محدودیت آبی تحت شرایط دیم باشد.

منابع

حمزه‌ئی، ج. و سیدی، م. ۱۳۹۲. واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام جو به آبیاری تکمیلی در شرایط دیم. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۴ (۲۳): ۱۶۸-۱۵۹.

سید شریفی، ر. و نامور، ع. ۱۳۹۴. کودهای زیستی در زراعت. انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی. ۲۸۲ ص.

ممنوعی، ا. و سید شریفی، ر. ۱۳۹۱. مطالعه تاثیر کمبود آب بر شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و مقادیر پرولین در شش ژنوتیپ جو و ارتباط آن با دمای کانوپی و عملکرد. نشریه زیست شناسی گیاهی. ۵: ۶۱-۵۱.

هادی، ه.، سید شریفی، ر. و نامور، ع. ۱۳۹۵. محافظ‌های گیاهی و تنش‌های غیر زیستی. انتشارات دانشگاه ارومیه. ۳۴۲ ص.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.3.8]

نریمانی، ح. و سید شریفی، ر. ۱۳۹۸. تاثیر آبیاری تکمیلی و نانو اکسید آهن بر انتقال ماده خشک، عملکرد و برخی صفات بیوشیمیایی گندم تحت شرایط دیم. نشریه تحقیقات غلات. ۹ (۱): ۱۶-۱.

Ahmad, I., Dai, M.H., Zheng, W., Zhang, G. and Wu, F. 2013. Genotypic differences in physiological characteristics in the tolerance to drought and salinity combined stress between Tibetan wild and cultivated barley. Plant Physiology and Biochemistry. 63: 49-60.

Al-Karaki, G. N., McMichael, B. and Zak, J. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza. 14: 263-269.

Amirjan, M. R., Iranbakhsh, A. and Abnosi, M. H. 2009. Molecular mechanism of photosynthesis. Arak university, Post-office box 38156.

Baili, P., Sui Fang, G., Geti, D., Sunzhao, H., Lu, Y. and 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.

Borde, M., Dudhane, M and Jite, P. 2012. Growth, water use efficiency and antioxidant defense responses of mycorrhizal and non mycorrhizal *Allium sativum* L. under drought stress condition. Annals of Plant Science. 1:6–11.

Chalker-Scott, L. 1999. Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses. Photochemistry and Photobiology. 70: 1-9

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S. M. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development. 29: 185-212

Glick, B.R. 2014. Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. Microbiological Research. 169 (1): 30-39.

Grover, M., Ali, S.K., Sandhya, Z., Abdul Rasul, V. and Venkateswarlu, B., 2010. Role of microorganisms in adaption of agriculture crops to abiotic stresses. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 27(5): 1231-1240.

Hoekstra, F.A., Golovina, E.A. and Buitink, J. 2001. Mechanisms of plant desiccation tolerance. Trends in Plant Science. 6: 431-438.

Kheirizadeh Arough, Y., Seyed Sharifi, R. and Seyed Sharifi, R. 2016. Bio fertilizers and zinc effects on some physiological parameters of *triticale* under water limitation condition. Journal of Plant Interactions. 11 (1):167-177.

Liang, Z., Zhang, F., Shao, M. and 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.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.3.8]

Maxwell, K. and Johnson, G.N. 2000. Chlorophyll fluorescence ea practical guide. Journal of Experimental Botany. 51: 659-668.

Miyashita, K., Tanakamaru, S., Maitani, T. and Kimura, K. 2005. Recovery responses of photosynthesis, transpiration, and stomatal conductance in kidney bean following drought stress. Environmental and Experimental Botany. 53: 205-214.

Moffatt, J., Sears, M.R.G. and Paulsen, G. 1990. Wheat height temperature tolerance during reproductive growth. I. Evaluation by chlorophyll florescence. Journal of Crop Science and Biotechnology. 30: 881-885.

Monakhova, O. F. and Chernyadev, I. I. 2002. Protective role of kartolin-4 in wheat plants exposed to soil drought. Applied Biochemistry and Microbiology. 38(4): 373-380.

Piper, F.I., Corcuera, L.J., Alberdi, M. and Lusk, C. 2007. Differential photosynthetic and survivalresponses to soil drought in two evergreen Nothofagus species. Crop Science. 64: 447-452.

Rai, S.N. and Caur, A.C. 1998. Characterization of Azotobacter Spp. and effect of Azospirilum lipoferum on the yield and N-Uptake of wheat crop. Plant and Soil. 109: 131-134.

Reddy, A.R., Chaitanya, K.V. and Vivekanandan, M. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology. 161: 1189-1202.

Rohacek, K., Soukupova, J. and Bartak, M. 2008. Chlorophyllfluorescence: A wonderful tool to study plantphysiology and plant stress. In Schoefs B, (eds). Plant Cell Compartments- Selected Topics. Research Signpost, Kerala, India. 41-104.

Schutz, H. and Fangmier, E. 2001. Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated CO_2 and water limitation. Environmental Pollution. 114: 187-194.

Seyed Sharifi, R., Khalilzadeh, R. and Jalilian, J. 2016. Effects of bio fertilizers and cycocel on some physiological and biochemical traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. Archives of Agronomy and Soil Science. (1): 1-12.

Shaharoona, B.M., Arshad, Z., Zahir, A. and Khalid, A. 2006. Performance of Pseudomonas spp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. Soil Biology and Biochemistry. 2971-2975.

Siddique, M. B., Hamid, A. and Islam, M.S. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. Batany Bull Acadmi Scienece. 41: 35-39.

Singh, G.S. and Tuteja, N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry. 48: 909-930.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.3.8]

Sofo, A., Dichio, B., Xiloyannis, C. and Masia, A. 2004. Effects of different irradiance levels on some antioxidant enzymes and on malondialdehyde content during rewatering in olive tree. Plant Science. 166: 293-302.

Stewart, R.C. and Beweley, J. D. 1980. Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. Plant Physiology. 65: 245-248.

Stone, L.R., and Schlegel, A.J. 2006. Yield–water supply relationships of grain sorghum and winter wheat. Agronomy Journal. 98(5): 1359-1366.

Tambussi, E.A., Nogues, S. and Araus, J.L. 2005. Ear of durum wheat under water stress: water relations and photosynthetic metabolism. Planta. 221: 446- 458.

Teulat, B., Monneveux, P., Wery, J., Borries, C., Souyris, I. and Charrier, A. 1997. Relationships between relative water content and growth parameters under water stress in barley: a QTL study. New Phytologist. 137: 99-107.

Wagner, G. J. 1979. Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars free amino acids, and anthocyanins in protoplast. Plant Physiology. 64: 88-93.

Wright, D.P., Scholes, J.D. and Read, D. 1998. Effects of VA mycorrhizal colonization on photosynthesis and biomass production of *trifolium repense* L. Plant, Cell and Environment, 21: 209-216.

Yordanov, I., Velikova, V. and Tsonev, T. 2003. Plant responses to drought and stress tolerance. Bulgarian Journal of Plant Physiology. Special Issues. 187-206.

Zahir, Z.A., Munir, A., Asghar, H.N., Shaharoona, B. and Arshad, M. 2007. Effectiveness of rhizobacteria containing ACC-deaminase for growth promotion of pea (*Pisum sativum*) under drought conditions. Journal of Microbiology and Biotechnology. 18: 958-963.

Zhu, X.C., Song, F.B., Liu, S.Q., Liu, T.D. and Zhou, X. 2012. Arbuscular mycorrhizae improves photosynthesis and water status of *Zea may*s L. under drought stress. Plant, Soil and Environment. 58:186–191.

Zlatev, Z. and I. Yordanov. 2004. Effects of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in common bean plants. Bulgarian Journal of Plant Physiology. 30(3-4):3-18.

Zlatev, Z. 2009. Drought-induced changes in chlorophyll fluorescence of young wheat plants. Biotechnol. Biotechnological Equipment. 23(4): 438-441.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.3.8]