مقاله پژوهشی

تأثیر آبیاری تکمیلی و تلقیح بذر با کودهای زیستی بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک گندم دیم رقم رصد

فرامرز یقینی[۱]، رئوف سیدشریفی*[۱]، سعید خماری[۱] و معرفت قاسمی[۲]

[۱] گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، [۲] بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی اردبیل، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۲۲، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۶/۱۱)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر آبیاری تکمیلی و تلقیح بذر با کودهای زیستی بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک گندم دیم رقم رصد، آزمایش فاکتوریلی در قالب طرح پایه بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات جهاد کشاورزی اردبیل در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل آبیاری تکمیلی در سه سطح، یک آبیاری در مرحله چکمه‌ای‌شدن (I_1)، یک آبیاری در مرحله سنبله‌دهی (I_2) و عدم‌آبیاری یا کشت دیم (I_3) و کودهای زیستی در چهار سطح بدون کاربرد کودهای زیستی به‌عنوان شاهد (B_1)، تلقیح بذر با آزوسپریلیوم (B_2)، کاربرد میکوریزا (B_3)، کاربرد توأم میکوریز و آزوسپریلیوم (B_4) بودند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که انجام یک آبیاری در مرحله چکمه‌ای‌شدن و سنبله‌دهی و کاربرد توأم میکوریز با آزوسپریلیوم، عملکرد دانه را به‌ترتیب ۳۵/۲۷ و ۲۸/۹ درصد در مقایسه با عدم‌کاربرد کوهای زیستی تحت شرایط دیم افزایش داد. کاربرد توأم آزوسپریلیوم و میکوریز و یک آبیاری در مرحله چکمه‌ای‌شدن، فلورسانس حداکثر (F_m)، فلورسانس متغیر (F_v)، شاخص کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ پرچم را در مقایسه با عدم‌کاربرد کودهای زیستی تحت شرایط دیم افزایش داد. شرایط دیم موجب افزایش هدایت الکتریکی و فلورسانس حداقل (F_0) شد.

واژه‌های کلیدی: محتوای نسبی آب، محدودیت آبی، میکوریز، هدایت الکتریکی

مقدمه

محدودیت آبی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد در نواحی خشک و نیمه‌خشک به حساب می‌آید که با آسیب به غشا سلولی و افزایش نفوذپذیری و نشت الکترولیت‌ها به درون پروتوپلاسم، موجب کاهش محتوای نسبی آب (Francois, 2007) و تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود. گونه‌های فعال اکسیژن شامل رادیکال‌های آزاد (سوپراکسید دیسموتاز) و اشکال غیررادیکالی (هیدروژن پراکسید و اکسیژن یکتایی) هستند (Gill and Tuteja, 2010)، که در صورت ضعف مکانیسم‌های حفاظتی منجر به تخریب سلولی به‌وسیله اکسیداسیون لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک خواهند شد (Beltagi, 2008).

یکی از روش‌های مطالعه واکنش گیاهان به عوامل تنش‌زای محیطی، بررسی فلورسانس کلروفیل است (Sun, 2013). مقدار فلورسانس کلروفیل، کارایی زنجیره انتقال الکترون را از فتوسیستم II به فتوسیستم I، سالم‌بودن غشا تیلاکوئید و

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.4.3]

عملکرد کوانتومی یا نسبت Fv/Fm را نشان می‌دهد (Qiang *et al.*, 2020). حبیب‌پور کاشفی و همکاران (۱۳۹٤) گزارش کردند تنش خشکی موجب افزایش فلورسانس حداقل (F_0) و کاهش فلورسانس حداکثر (F_m)، کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II (F_v/F_m)، شاخص کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ شد. کاهش محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش خشکی و بسته‌شدن روزنه‌ها اولین اثر خشکی بوده که از طریق اختلال در ساختار مواد فتوسنتزی، موجب کاهش عملکرد می‌شود (Molnar *et al.*, 2002; Yang *et al.*, 2007).

از راه کارهای مؤثر در کاهش یا تعدیل اثر ناشی از کمبود آب، استفاده از آبیاری تکمیلی و کودهای زیستی است، آبیاری تکمیلی مصرف مقدار محدودی آب در گیاه زراعی در زمان نبود بارندگی است تا آب کافی برای افزایش و ثبات عملکرد دانه تأمین شود (Oweis and Hachum, 2004). حمزه‌ای و سیدی (۱۳۹۲) گزارش کردند که انجام آبیاری تکمیلی در مراحل گلدهی و پرشدن دانه جو، عملکرد دانه را به‌ترتیب ٤٥ و ۹۰ درصد نسبت به شرایط دیم افزایش داد. Behl و همکاران (۲۰۰۳) اظهار داشتند که تلقیح دوگانه میکوریز و ازتوباکتر موجب افزایش رشد، گسترش سطح برگ پرچم و عملکرد دانه گندم شد. کاربرد کودهای زیستی در شرایط تنش نیز ضمن تعدیل یا کاهش اثر ناشی از تنش آبی و جبران میکروارگانیسم‌های ازدست‌رفته خاک، موجب افزایش جذب عناصر غذایی و افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود (سیدشریفی و نامور، ۱۳۹٤). Kheirizadeh Arough و همکاران (۲۰۱٦) نشان دادند کاربرد کودهای زیستی در شرایط کمبود آب با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و کاهش گونه‌های فعال اکسیژن و هدایت الکتریکی برگ، موجب افزایش محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل، عملکرد کوانتومی و درنهایت افزایش عملکرد دانه در تریتیکاله شد. Hosseini و همکاران (۲۰۱۷) اظهار داشتند که محتوای نسبی آب و شاخص کلروفیل گندم رقم چمران با افزایش محدودیت آبی کاهش یافت ولی کاربرد میکوریز به‌دلیل کمک به گسترش ریشه‌های طویل‌تر و توانایی بالای این ریشه‌ها در جذب آب و مواد غذایی، موجب شد که محتوای نسبی آب و شاخص کلروفیل افزایش یابد. نتایج مشابهی نیز توسط Saed-Moucheshii و همکاران (۲۰۱۲) مبنی بر افزایش محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل و دیگر صفات فیزیولوژیکی ارقام گندم گزارش شده است. خلیل‌زاده و همکاران (۱۳۹٦) گزارش کردند. در شرایط تنش، کاربرد کودهای زیستی با افزایش شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب، عملکرد کوانتومی و کاهش هدایت الکتریکی برگ موجب افزایش عملکرد دانه در گندم شد. نتایج بررسی‌های Idris (۲۰۰۳) نشان داد که تلقیح بذر با ازتوباکتر موجب افزایش وزن هزار دانه می‌شود. Prakash و Ramachandran (۲۰۰۵) اظهار داشتند افزایش دسترسی به آب در دستگاه فتوسنتزی موجب جریان بهتر الکترون از فتوسیستم II به فتوسیستم I می‌شود. دادخواه و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند که در شرایط آبیاری F_m مقدار بیش‌تری نسبت به شرایط دیم در نخود داشت. خلیل‌زاده و همکاران (۱۳۹٦) گزارش کردند کاربرد کودهای زیستی در شرایط مطلوب آبیاری، به‌دلیل افزایش محتوای نسبی آب نسبت به سایر تیمارها موجب افزایش فلورسانس حداکثر شد. Angadi و Entz (۲۰۰۲) گزارش کردند که محتوای نسبی آب در آفتابگردان در شرایط تنش خشکی کاهش یافت. Shaharoona و همکاران (۲۰۰٦) اظهار داشتند که تلقیح با باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش محتوای نسبی آب شد. فعله‌کری و همکاران (۱۳۹۳) بیش‌ترین محتوای نسبی آب برگ گندم را در آبیاری تکمیلی در مرحله گرده‌افشانی گزارش کردند.

با توجه به گستردگی مناطق تحت کشت گندم دیم و مواجه‌شدن بخشی از دوران رشدی این گیاه با محدودیت آبی و از طرفی به‌دلیل اهمیت کودهای زیستی در تعدیل بخشی از اثر خشکی و بررسی‌های محدود انجام‌شده در خصوص برهمکنش توأم این دو عامل (آبیاری تکمیلی و کودهای زیستی)، موجب شد تا تأثیر آن‌ها بر عملکرد، شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و برخی صفات فیزیولوژیکی گندم دیم رقم رصد مورد ارزیابی قرار گیرد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.4.3]

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی وشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

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

جدول ۲- مشخصات جوی در طول دوره رشدی گندم (شش‌ماهه دوم سال ۱۳۹۵ و چهارماهه اول ۱۳۹۶)

پارامتر	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر
بارندگی	۴/۸	۴۰/۳	۲۸/۹	۳/۴	۳۵/۲	۹/۴	۳/۳	۳۲/۹	۲/۴	۹/۳
میانگین حداقل دما	۶/۱	۱/۷	۴/۶	-۵/۱	-۸/۲	-۱/۴	۲/۱	۷/۴	۱۰	۱۲/۸
میانگین حداکثر دما	۱۸/۴	۱۲/۵	۳/۵	۵/۸	۰/۲	۹/۴	۱۴/۳	۲۱/۴	۲۴/۵	۲۶/۱
میانگین دمای روزانه	۱۲/۲	۷/۱	۰/۶	۰/۴	-۴	۴	۸/۲	۱۴/۴	۱۷/۳	۱۹/۵
میانگین رطوبت	۷۶	۷۵	۶۵	۶۴	۸۲	۶۹	۶۹	۶۲/۶	۶۸	۶۰/۶
مجموع ساعات آفتابی	۲۰۱/۳	۱۵۱/۴	۱۷۰/۸	۲۱۰/۹	۱۲۰/۹	۲۰۹/۱	۲۰۲/۷	۲۳۲/۶	۳۳۱/۷	۳۲۸/۳

مأخذ: اداره کل هواشناسی استان اردبیل

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر آبیاری تکمیلی و کودهای زیستی بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک گندم دیم رقم رصد، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. محل اجرای آزمایش دارای اقلیم نیمه‌خشک و سرد است. ارتفاع از سطح دریا ۱۳۵۰ متر با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی است. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش و مشخصات جوی در طی دوره رشدی گندم در جدول ۱ و ۲ آورده شده است.

عامل اول شامل آبیاری تکمیلی و کشت دیم در سه سطح آبیاری تکمیلی در مرحله چکمه‌ای‌شدن (I_1) بر مبنای کد ۴۵ از تقسیم‌بندی BBCH، آبیاری تکمیلی در مرحله سنبله‌دهی (I_2) بر مبنای کد ۶۱ از تقسیم بندی BBCH و عدم آبیاری یا کشت دیم (I_3) و عامل دوم شامل کاربرد کودهای زیستی در چهار سطح، بدون کاربرد کودهای زیستی به‌عنوان شاهد (B_1)، تلقیح بذر با آزوسپریلیوم (B_2)، کاربرد میکوریز *Glomus intraradicese* (B_3)، کاربرد توأم میکوریز و آزوسپریلیوم (B_4) بود. آبیاری در مرحله چکمه‌ای‌شدن همانند آبیاری در مرحله سنبله‌دهی بوده و در هر دو مرحله به‌صورت کرتی از یک شیوه معمول و متداول عرف زارعین محلی استفاده شد و سعی شد در هر دو مرحله از مقدار آب برابری برای آبیاری استفاده شود. اعمال سطوح آبیاری تکمیلی براساس بررسی‌های حمزه‌ای و سیدی (۱۳۹۲) در جو، و مطالعات Tadayon و همکاران (۲۰۱۲) در گندم در نظر گرفته شد. فاصله زمانی بین آبیاری تکمیلی در مرحله چکمه‌ای‌شدن تا آبیاری تکمیلی در مرحله سنبله‌دهی حدود دو هفته بود. مرحله چکمه‌ای‌شدن در تاریخ ۸ تا ۱۰ خردادماه (حدود ۱۹۳ تا ۱۹۵ روز بعد از کاشت) اتفاق افتاد و مرحله سنبله‌دهی نیز به فاصله زمانی تقریباً دو هفته بعد از مرحله چکمه‌ای و حدود ۲۰۷ تا۲۱۰ روز بعد از کاشت اتفاق افتاد.

اندازه‌گیری پارامترهای فلورسانس کلروفیل برگ شامل F_0 (حداقل فلورسانس از برگ سازگارشده با تاریکی)، F_m (حداکثر فلورسانس در برگ سازگارشده با تاریکی)، F_v

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.4.3]

(فلورساس متغیر از برگ سازگارشده با تاریکی) بود. برای اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل برگ پرچم در مزرعه از ۱۹۸ روز پس از کاشت (چهار روز بعد از مرحله چکمه‌ای‌شدن)، هر چهار روز یک‌بار توسط دستگاه فلورسانس کلروفیل از هر تیمار به‌طور تصادفی شش برگ پرچم توسعه‌یافته (در فاصله زمانی ساعت ۱۰-۸ صبح) انتخاب و بعد از ۱۵ دقیقه تاریکی توسط کلیپس‌های مخصوص F_0، F_m و F_v اندازه‌گیری شدند (Kheirizadeh Arough *et al.*, 2016). شاخص کلروفیل با دستگاه کلروفیل‌متر، بعد از ظهور برگ پرچم به فواصل زمانی هر چهار روز یک‌بار تا مرحله رسیدگی اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری درصد محتوای نسبی آب برگ پرچم در ۲۰۲ روز پس از کاشت (هشت روز بعد از مرحله چکمه‌ای شدن)، از هر کرت چهار برگ پرچم توسعه‌یافته به‌طور تصادفی انتخاب و بعد از قراردادن در فویل‌های آلومینیومی، داخل کیسه‌های پلاستیکی و روی یخ قرار داده و خیلی سریع به آزمایشگاه منتقل شدند. بدین صورت که نمونه‌های برگ پرچم بلافاصله بعد از نمونه‌برداری توزین شد تا وزن تر آنها به‌دست آید. سپس، برای مدت پنج ساعت در آب‌مقطر، قرار داده شدند. بعد از گذشت پنج ساعت، وزن آماس‌یافته اندازه‌گیری و وزن خشک نیز از توزین نمونه‌ها بعد از قرار دادن نمونه‌های آماس‌یافته در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲٤ ساعت، حاصل شد. محتوای نسبی آب برگ پرچم با استفاده از رابطه پیشنهادی Kostopoulou و همکاران (۲۰۱۰) و به شرح زیر محاسبه شد.

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

در این رابطه RWC محتوای نسبی آب، F_W وزن تر، T_W وزن آماس‌یافته و D_W وزن خشک است.

برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی برگ پرچم در همان شرایط مربوط به اندازه‌گیری درصد محتوای نسبی آب، برگ پرچم در بشرهای محتوی۲۵۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر به‌مدت ۲٤ ساعت در دمای اتاق قرار گرفته و سپس میزان هدایت الکتریکی توسط دستگاه ECمتر اندازه‌گیری شد. افزایش هدایت الکتریکی می‌تواند روشی مناسب در جهت ارزیابی آسیب وارده بر غشای سلولی و کاهش مقاومت و یا 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 می‌گردند که درنتیجه آن غشای سلولی پاره شده و موجب افزایش نشت یونی به بیرون از سلول و افزایش هدایت الکتریکی می‌شود (Mohammadkhani and Heidari, 2007). عملکرد دانه از دو خط اصلی هر کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای از سطحی معادل ۰/۲ مترمربع برداشت شد.

برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS و Excel و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شدند.

نتایج و بحث

شاخص کلروفیل (SPAD): نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش اثرات آبیاری تکمیلی و کودهای زیستی بر شاخص کلروفیل برگ پرچم در تمامی مراحل نمونه‌برداری (از ۱۹٤ تا ۲۱۸ روز بعد از کاشت) معنی‌دار بود (جدول ۳). روند شاخص کلروفیل نشان داد که مقدار این شاخص در مراحل اولیه نمونه‌برداری بالا بود ولی با نزدیک‌شدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی و هم‌چنین پیرشدن برگ‌ها روند نزولی داشت (شکل 1a). به‌طوری‌که از ۱۹٤ روز بعد از کاشت (یا در مرحله چکمه‌ای‌شدن) تا ۲۱۸ روز بعد از کاشت (مرحله سفت‌شدن دانه)، تغییرات شاخص کلروفیل روند نزولی داشته است (شکل 1b). میزان این کاهش تحت شرایط دیم بیشتر از آبیاری تکمیلی در مراحل چکمه‌ای شدن و سنبله‌دهی بوده است. بیش‌ترین شاخص کلروفیل (۵۷/۲) در ۱۹٤ روز بعد از کاشت (یا در مرحله چکمه‌ای شدن) در کاربرد توأم میکوریز با آزوسپریلیوم و کمترین آن (۳۰/۵) در مراحل انتهایی رشد یا ۲۱۸ روز بعد از کاشت در حالت عدم‌کاربرد کودهای زیستی تحت شرایط دیم به‌دست آمد (شکل 1c). نتایج مشابهی نیز مبنی بر اینکه با کمبود آب به خصوص در دوره گرده‌افشانی و پرشدن دانه گندم، شاخص

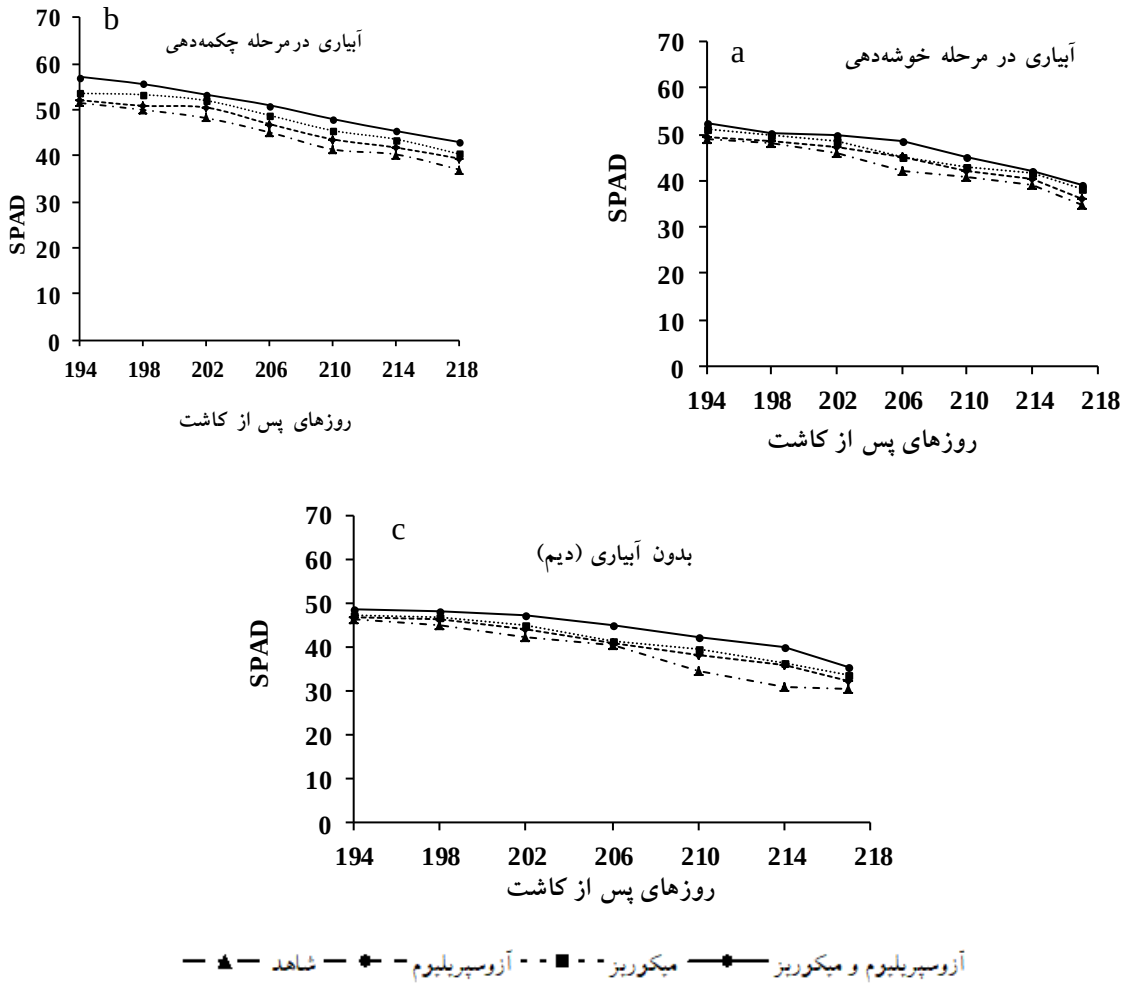
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.4.3]

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر کود زیستی و آبیاری تکمیلی بر شاخص کلروفیل (SPAD) برگ پرچم گندم در مراحل مختلف یادداشت‌برداری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		مراحل نمونه‌برداری (روز بعد از کاشت)						
		۱۹٤	۱۹۸	۲۰۲	۲۰٦	۲۱۰	۲۱٤	۲۱۸
تکرار	۲	۱۲۱۸/٤**	۱۱۲۷/٥**	۱۰۹۹/٤**	۹۷۲/۳**	۸٤٥/۷**	۷٦۰/۳**	٦٤۳/٥**
آبیاری	۲	۱۲٥/۷**	۱۰۳**	۱۲۳**	۱۱۲**	۱۱٦/۱**	۱٥۹/۹**	۱٥٤/۱**
کود زیستی	۳	۲٦/٤**	۲٤/٦**	۳۷/۷**	٥۰/۱**	٦۰/۲**	٥۱/٤**	٤۰/٦**
آبیاری × کود زیستی	٦	۲/۰٦**	۱/۸**	٤/٤**	۱/۸**	۱/۳۲*	٤/٥**	۷/٦٤**
خطای آزمایشی	۲۲	۰/٤۱	۰/۳٥	۰/٤۳	۰/٤٦	۰/٥۱	۰/٦	۰/٥۲۷

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



شکل ۱- روند تغییرات شاخص کلروفیل (SPAD) برگ پرچم در شرایط سطح ثابت آبیاری و سطوح کودهای زیستی

کلروفیل عدد کوچکتری را نشان می‌دهد توسط Abdoli و Saeidi (۲۰۱۳) گزارش شده است. به بیانی دیگر با افزایش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.4.3]

محدودیت آبی، SPAD عدد کوچکتری را نشان داد که ممکن است نتیجه تخریب کلروفیل به‌واسطه محدودیت شدید آبی باشد که به کاهش نور ساخت خالص منجر می‌شود (Legg *et al.*, 2000). همچنین افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز طی تنش کم‌آبی می‌تواند عامل کاهش میزان کلروفیل در طی تنش آبی باشد (Ranjan *et al.*, 2001). فعله‌کری و همکاران (۱۳۹۳) اظهار داشتند گیاهان در تیمار انجام آبیاری تکمیلی در گندم دیم، از شاخص کلروفیل برگ پرچم بالاتری نسبت به عدم آبیاری برخوردار بودند. نریمانی و همکاران (۱۳۹۷) با انجام یک بار آبیاری تکمیلی در مراحل چکمه‌ای‌شدن و سنبله‌دهی گندم، افزایش محتوای نسبی آب و افزایش شاخص کلروفیل برگ گندم را نسبت به شرایط دیم مشاهده کردند. عده‌ای افزایش محتوای کلروفیل را در گیاهان میکوریزی در مقایسه با عدم‌کاربرد میکوریز بـه بهبود جذب فسفر نسبت دادند (Demir, 2004). Kheirizadeh Arough و همکاران (۲۰۱٦) اثر مفید کاربرد میکوریز و باکتری‌های محرک رشد در افزایش شاخص کلروفیل در شرایط محدودیت آبی را، به نقش کودهای زیستی در کاهش ساخت اتیلن درونی نسبت دادند که با کاهش ساخت اتیلن، تجزیه کلروفیل به‌طور معنی‌داری کاهش و شاخص کلروفیل افزایش می‌یابد.

هدایت الکتریکی برگ پرچم: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش اثرات آبیاری تکمیلی و کودهای زیستی بر هدایت الکتریکی برگ پرچم در تمامی مراحل نمونه‌برداری (از ۱۹٤ تا ۲۲۲ روز بعد از کاشت) معنی‌دار بود (جدول ٤). بررسی روند تغییرات هدایت الکتریکی در پاسخ به تیمارهای آبیاری و کودهای زیستی در طول فصل رشد نشان داد که با گذشت زمان هدایت الکتریکی برگ پرچم در اثر کاربرد کودهای زیستی نسبت به تیمار شاهد (عدم‌کاربرد کودهای زیستی) در اکثر مراحل نمونه‌برداری به خصوص در دو مرحله انتهایی نمونه‌برداری کاهش یافت (شکل‌های ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کم‌ترین میزان هدایت الکتریکی برگ پرچم (۳۰/۱۵) در کاربرد توأم میکوریز و آزوسپریلیوم در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله چکمه‌ای شدن یا در ۱۹٤ روز پس از کاشت و بیش‌ترین این مقدار (۲۲۰/۷) در ۲۲۲ روز پس از کاشت در حالت عدم‌کاربرد کودهای زیستی تحت شرایط دیم به‌دست آمد (شکل ۲ a, c). دلیل افزایش هدایت الکتریکی در شرایط تنش آبی می‌تواند ناشی از 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 می‌شود که درنتیجه آن غشای سلولی پاره شده و موجب افزایش نشت یونی به بیرون از سلول می‌شود (Mohammadkhani and Heidari, 2007). Sandhya و همکاران (۲۰۱۰) اظهار داشتند که تلقیح با باکتری‌های محرک رشد در شرایط تنش خشکی در ذرت موجب کاهش نشت الکترولیت‌ها می‌شود. Kheirizadeh Arough و همکاران (۲۰۱٦) کاهش هدایت الکتریکی برگ تریتیکاله در اثر کاربرد کودهای زیستی تحت شرایط تنش خشکی را، به نقش باکتری‌های محرک رشد در افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیداتیو و حذف گونه‌های فعال اکسیژن نسبت دادند.

محتوای نسبی آب برگ (RWC): نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش اثرات آبیاری تکمیلی و کودهای زیستی بر محتوای نسبی آب برگ پرچم در تمامی مراحل نمونه‌برداری (از ۱۹٤ تا ۲۲۲ روز بعد از کاشت) معنی‌دار بود (جدول ۵). بررسی روند تغییرات محتوای نسبی آب برگ پرچم (شکل ۳a, b, c) نشان داد که این تغییرات در تیمارهای آبیاری و کاربرد کودهای زیستی روند نزولی نسبتاً مشابهی داشت، به‌طوری‌که در مراحل اولیه نمونه‌برداری بالا بوده است و سپس تا انتهای فصل رشد به‌دلیل نزدیک‌شدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی و همچنین پیرشدن برگ‌ها روند نزولی داشت. بیش‌ترین محتوای نسبی آب برگ پرچم (۹۷/۰۷ درصد) در ۲۰۲ روز بعد از کاشت (یا یک هفته بعد از آبیاری تکمیلی در مرحله چکمه‌ای‌شدن) در کاربرد توأم آزوسپریلیوم و میکوریز و کمترین آن (٤۱ درصد) در حالت عدم‌کاربرد کودهای زیستی تحت شرایط دیم (یا در ۲۱٤ روز پس از کاشت) یا چهار روز بعد از مرحله سنبله‌دهی به‌دست آمد.

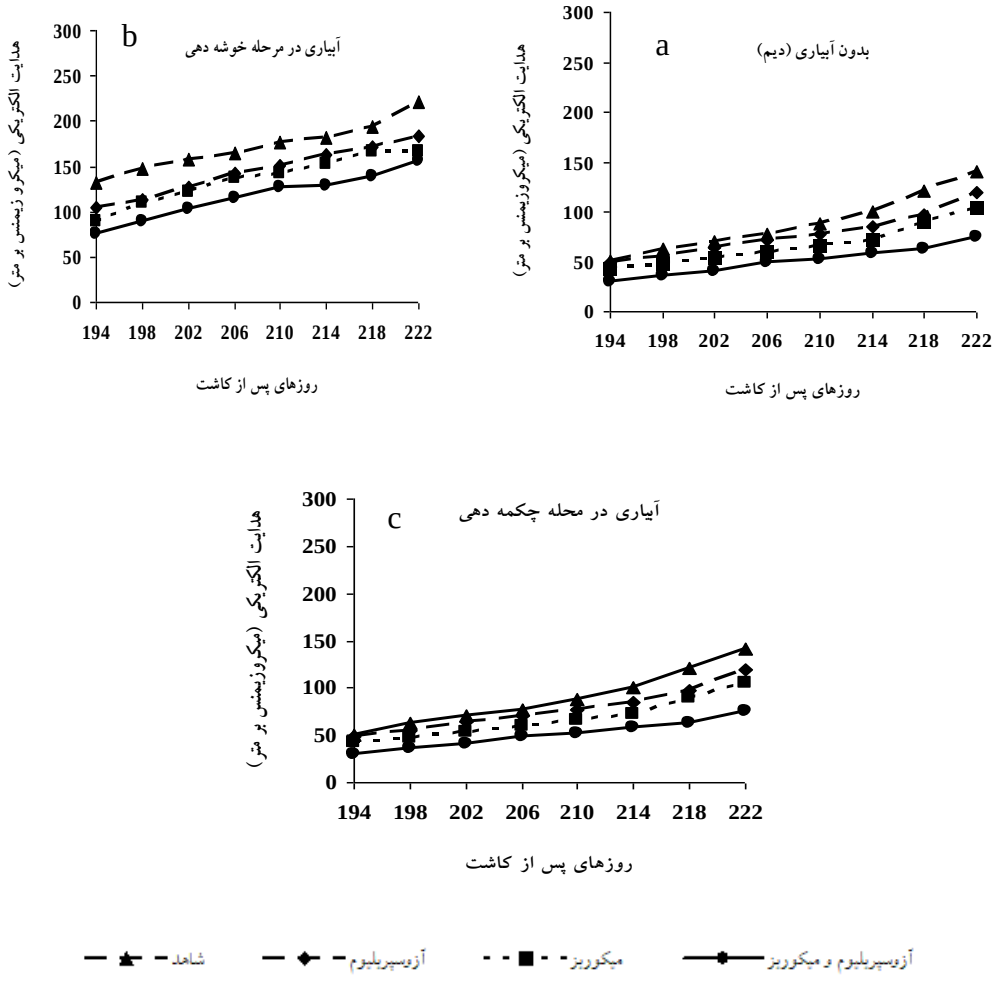
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.4.3]

جدول ٤- تجزیه واریانس تأثیر کود زیستی و آبیاری تکمیلی بر هدایت الکتریکی (EC) برگ پرچم گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		مراحل نمونه‌برداری (روز بعد از کاشت)						
		۱۹٤	۱۹۸	۲۰۲	۲۰٦	۲۱۰	۲۱٤	۲۱۸	۲۲۲
تکرار	۲	۲۳٤۷**	۳۱٦٥/۷**	۳۹٥۱**	٤۸٥۸/۳۳**	٥۷۲٦/۳٦**	٦٦٥۷/۳٦**	۸۰٤۹/۲**	۹۹۰٦/٤٥**
آبیاری	۲	۹۸۰۷**	۱۲۳٦٦/۳**	۱٥۰۷٥**	۱۷۱۷٦/۸**	۱۸٤۰۲/۳۹**	۲۸۰۲٥/۷٤**	۱٦۸۸۹/۷٤**	۱٥٥٥٤/۲٥**
کود زیستی	۳	۲۰۹**	۱۹۸/۳**	۱۳۱/٦۷*	۹٦/٤٥^{ns}	۱۰٦/٥۲^{ns}	۸۱/۹۱^{ns}	۲٦/۰۹^{ns}	۱۰۱/٤۳^{ns}
آبیاری×کود زیستی	٦	۲۱۹۱**	۲٤۷۱/۱**	۲۸٦۷**	۲۹۱۲/٤**	۳۷٦۲/۳٦**	٤٦۸٦/۹۳**	٥۱٤۳/۹۳**	٦۲۹۲/٥۲**
خطای آزمایشی	۲۲	۳۳/۲۷	٤۰/٤۱	٤۷/۹۳	٥۲/۹۳	٥۹/۰٦	٦۱/۳۳	٥۹/۸٤	٦۱/۳۲

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



شکل ۲- روند تغییرات هدایت الکتریکی (EC) برگ پرچم در شرایط سطح ثابت آبیاری و سطوح مختلف کودهای زیستی

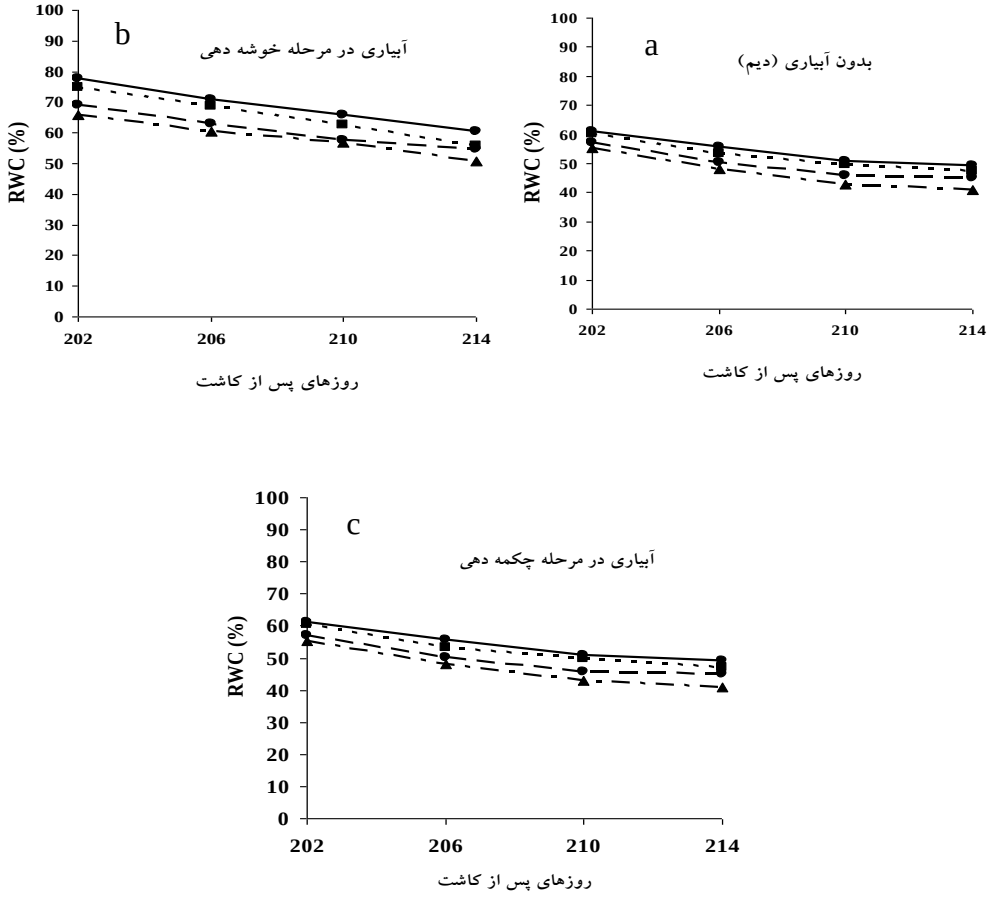
کاهش محتوای نسبی آب برگ در اثر تنش خشکی در واقع یکی از تغییرات فیزیولوژیکی است که گیاه در مواجهه با تنش خشکی از خود بروز می‌دهد. تغییرات محتوای رطوبتی برگ پرچم به‌عنوان یک واکنش کوتاه مدت بـه تنش و معیاری از توان حفظ قدرت منبع در شرایط تنش خشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ahmadi *et al.*, 2010). نتایج مشابهی نیز توسط

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.4.3]

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر کود زیستی و آبیاری تکمیلی بر محتوای نسبی آب (RWC) برگ پرچم گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		مراحل نمونه‌برداری (روز بعد از کاشت)			
		۲۰۲	۲۰٦	۲۱۰	۲۱٤
تکرار	۲	۲۵۹۵/۳۲**	۲۰۵۱/۳۱**	۱۷۲۵/۸**	۱٤٦۰/٦۸**
آبیاری	۲	۳۰٦٤/۸۹**	۲۱۷٤/۸۵**	۱۸۱۸/۵**	۱۰۷۷/۵۵**
کود زیستی	۳	۲۲۱/۰۸**	۳۱۲/۸٦**	۲٤۵/۹۵**	۳۰۹/٦۱**
آبیاری × کود زیستی	٦	۱۳/٦۹^{ns}	۳۲/۸۸**	۱۷/۰۷۳*	٤٦/۱۸۲**
خطای آزمایشی	۲۲	۸/۳۳٤	٦/٦٤۹	۵/٤۲۷	٤/۰۷٤

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



شکل ۳- روند تغییرات محتوای نسبی آب (RWC) برگ پرچم در شرایط ثابت آبیاری و سطوح مختلف کودهای زیستی

Kheirizadeh Arough و همکاران (۲۰۱٦) مبنی بر افزایش محتوای نسبی آب برگ پرچم در تریتیکاله با کاربرد میکوریز و باکتری‌های محرک رشد در شرایط محدودیت آبی، گزارش شده است.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.4.3]

جدول ٦- تجزیه واریانس تأثیر کود زیستی و آبیاری تکمیلی بر شاخص فلورسانس کلروفیل (F0) برگ پرچم گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		مراحل نمونه‌برداری (روز بعد از کاشت)					
		۱۹۸	۲۰۲	۲۰٦	۲۱۰	۲۱٤	۲۱۸
تکرار	۲	۹۲/۸٦**	٤/۷۷^{ns}	٥/۰۸^{ns}	۲/۷۸^{ns}	۱۳/۱۹^{ns}	۱/۰۸^{ns}
آبیاری	۲	۲۹۸۹٤/٤**	۳۸۳٥٥/۱**	٤۱۹٤۸/۱**	٤٤۱۳۷/٥**	٤۷٥۳۷/٥**	٦۰۲۱۲/۲٥**
کود زیستی	۳	٦۸٥٦/۲۹**	۸۲۱۸/۹**	۱۰۹۹۲/۹۲**	۱۲۲۰۰/۲**	٤۲٦۰۰/۲**	۸۷٦۳/٥٥**
آبیاری × کود زیستی	٦	۱۱۲/٤٤**	٥۱٤/۹**	٦٤۳/۹**	۷۰۷/۱۲**	٥٥٥/۱۲**	٦٤۳/۳٦**
خطای آزمایشی	۲۲	۹/۳۱	۱۰/۲۹	۱۱/٥۳۸	۳۱/٤۸	٤۱/٤۸	۳۹/٦

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

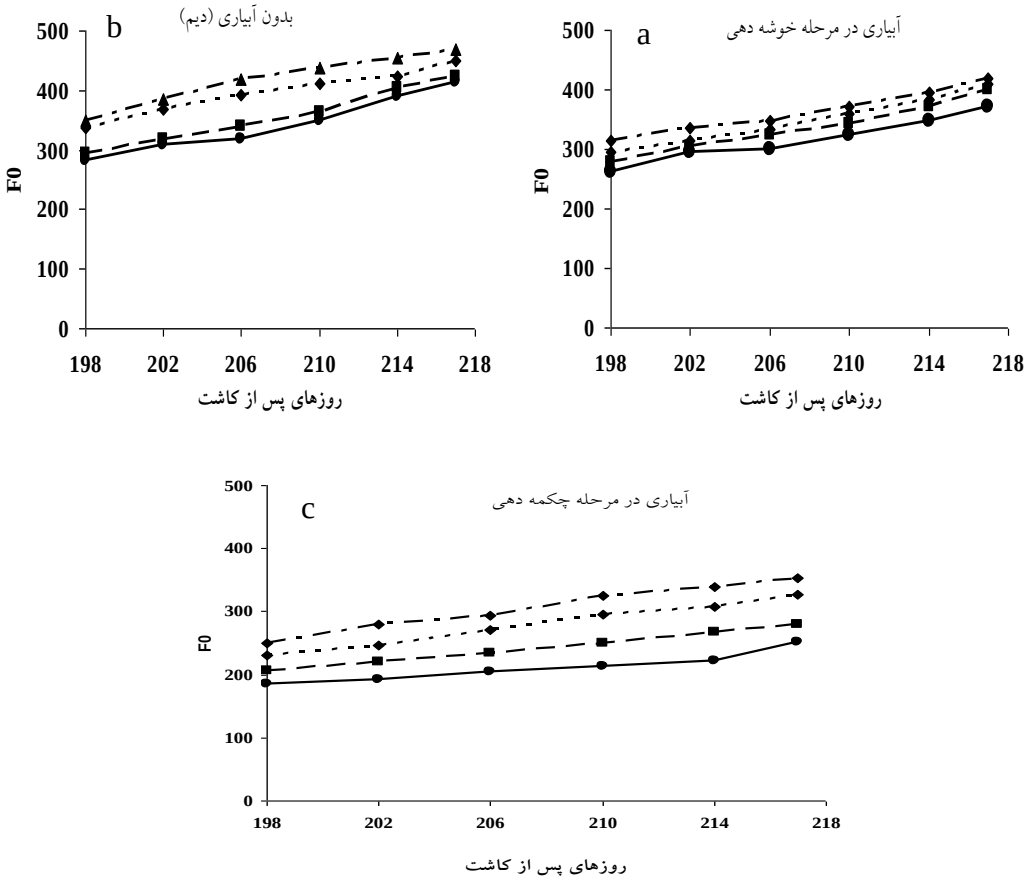
جدول ۷- تجزیه واریانس تأثیر کود زیستی و آبیاری تکمیلی بر شاخص فلورسانس کلروفیل (Fm) برگ پرچم گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		مراحل نمونه‌برداری (روز بعد از کاشت)					
		۱۹۸	۲۰۲	۲۰٦	۲۱۰	۲۱٤	۲۱۸
تکرار	۲	٤٥٤۳/۳٦**	۲۱۰۳/۷**	۲٤۸٦/٤*	۳۸۰/۱۹^{ns}	۲۱۰۳/٥۲۸^{ns}	۳٥۷/۸٦^{ns}
آبیاری	۲	۷۹٦۲٤۷/۷**	۲۱۳۸۳٥/۱**	۲۸۰۷٥۲/٤**	۲۲۸٥۸۸/۳٦**	۲٥٥۹۳۸/۱۹**	۱۱۰۸۳۰/۷۸**
کود زیستی	۳	۲۱۳٤۱۲/۲**	٤۸۷۳۹/۱**	۹۱۸٤٥/۹**	٦٤٦٤۹/۲۹**	٤۹۳۱۸/۳۳**	٤۰٦۸۱/٥۲**
آبیاری × کود زیستی	٦	۱۳۱۷۳/۲**	۱۱۳۹/۷**	٤٦۸۹/٦**	٤۰۹۱/٥٤**	۸۰۱/٤۱۷**	٤٦۳۲/٦۳**
خطای آزمایشی	۲۲	۱۸۰/۳۳	۲٤۷/۷	٤۸٥/٤	۱۲۰/۰۱۳	٦٦۱/۷	۱٦۲/٦۲

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

فلورسانس کلروفیل (F_0، F_m و F_v): نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش اثرات آبیاری تکمیلی و کودهای زیستی بر شاخص‌های کلروفیل برگ پرچم در تمامی مراحل نمونه‌برداری (از ۱۹٤ تا ۲۲۲ روز بعد از کاشت) معنی‌دار بود (جدول‌های ٦ و۷). بررسی روند تغییرات فلورسانس حداقل (F_0) در پاسخ به آبیاری تکمیلی و کاربرد کودهای زیستی در طول فصل رشد (شکل ٤a, b, c) نشان داد که فلورسانس حداقل (F_0) همواره در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله چکمه‌ای‌شدن کمتر از شرایط دیم بود که به‌نظر می‌رسد کاربرد توأم آزوسپریلیوم و میکوریز موجب کاهش میزان فلورسانس حداقل شده است. Araus و همکاران (۱۹۹۸) اظهار داشتند خسارت محدودیت آبی با خسارت به مرکز واکنش فتوسیستم II موجب افزایش F_0 می‌شود. نتایج مشابهی نیز توسط Qiang و همکاران (۲۰۲۰) مبنی بر افزایش مقدار F_0 با افزایش محدودیت آبی در برنج گزارش شده است. از آنجایی که کاربرد توأم آزوسپریلیوم و میکوریز و آبیاری تکمیلی در مرحله چکمه‌ای‌شدن نسبت به سایر تیمارها در مراحل انتهایی نمونه‌برداری (۲۱٤ روز بعد از کاشت) دارای محتوای آب نسبی بیش‌تری است (شکل ۳c)، به‌نظر می‌رسد این ترکیب تیماری توانسته است به‌نحو مناسب‌تری از رطوبت خاک استفاده کند. شاید اهمیت رطوبت نسبی از این نظر باشد که بین این ویژگی‌ها و تعداد زیادی از ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه از جمله سرعت تبادل کربن و میزان هدایت روزنه‌ای ارتباط مستقیمی وجود دارد، درنتیجه شرایط فتوسنتزی بهتری

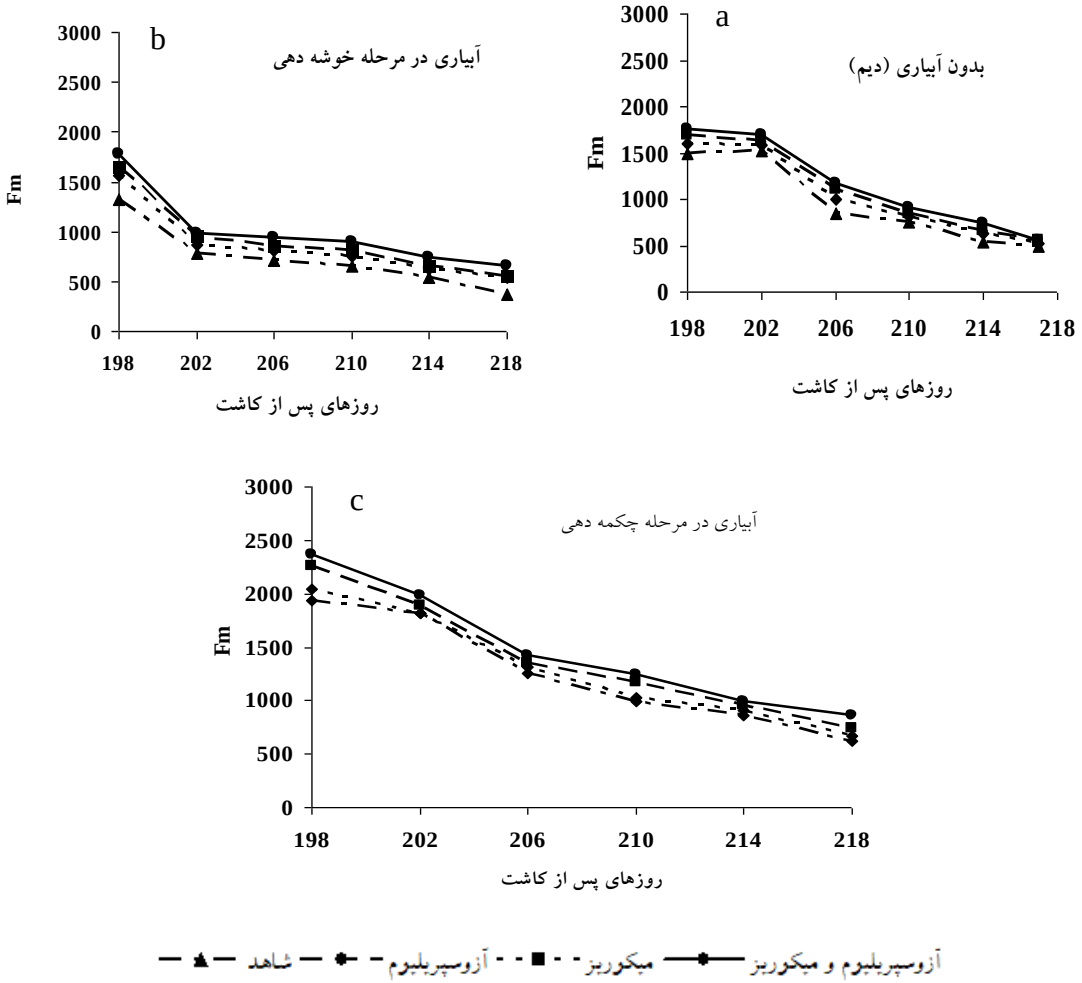
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.4.3]



شکل ٤- روندتغییرات فلورسانس کلروفیل (F_0) برگ پرچم در شرایط سطح ثابت آبیاری و سطوح مختلف کودهای زیستی

داشته و مانع از افزایش بیش از حد فلورسانس حداقل شده است (Prakash and Ramachandran, 2005). بیش‌ترین فلورسانس حداقل (٤٦٨/٦٦) در ۲۱۸ روز پس از کاشت یا هشت روز بعد از سنبله‌دهی تحت شرایط دیم و عدم‌کاربرد کودهای زیستی و کم‌ترین آن (۱۸٦/۰۵) از ترکیب تیماری کاربرد توأم آزوسپریلیوم و میکوریز و آبیاری تکمیلی در ۱۹۸ روز بعد از کاشت یا چهار روز بعد از مرحله چکمه‌ای‌شدن به‌دست آمد. نتایج مشابهی نیز توسط دیگر محققان مبنی بر تأثیر تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد (خلیل‌زاده و همکاران، ۱۳۹٦) و انجام آبیاری تکمیلی (نریمانی مردان و همکاران، ۱۳۹۷) که منجر به افزایش محتوای نسبی و مقدار کلروفیل و کاهش فلورسانس حداقل (F_0) می‌شود گزارش شده است. عشقی‌زاده و احسان‌زاده (۱۳۸۸) در بررسی تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر چند ژنوتیپ ذرت تفاوت‌های معنی‌داری را در فلورسانس کلروفیل (F_0، F_m و F_v) بین ارقام ذرت و رژیم‌های مختلف آبیاری گزارش کردند. شاید اهمیت محتوای نسبی آب از این نظر باشد که بین این ویژگی‌ها و تعداد زیادی از ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه از جمله سرعت تبادل کربن و میزان هدایت روزنه‌ای ارتباط مستقیمی وجود دارد، درنتیجه شرایط فتوسنتزی بهتری داشته و مانع از افزایش بیش از حد فلورسانس حداقل شده است (Prakash and Ramachandran, 2005). Hewedy (۱۹۹۹) اثر مفید کاربرد آزوسپیریلوم را به مشارکت آن‌ها در افزایش رشد گیاه به‌واسطه تثبیت زیستی نیتروژن، محلول‌کردن فسفات نامحلول خاک و تولید هورمون‌های گیاهی نسبت دادند که مجموعه این عوامل با تحریک در جذب بیشتر مواد غذایی توسط گیاه، منجر به

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.4.3]

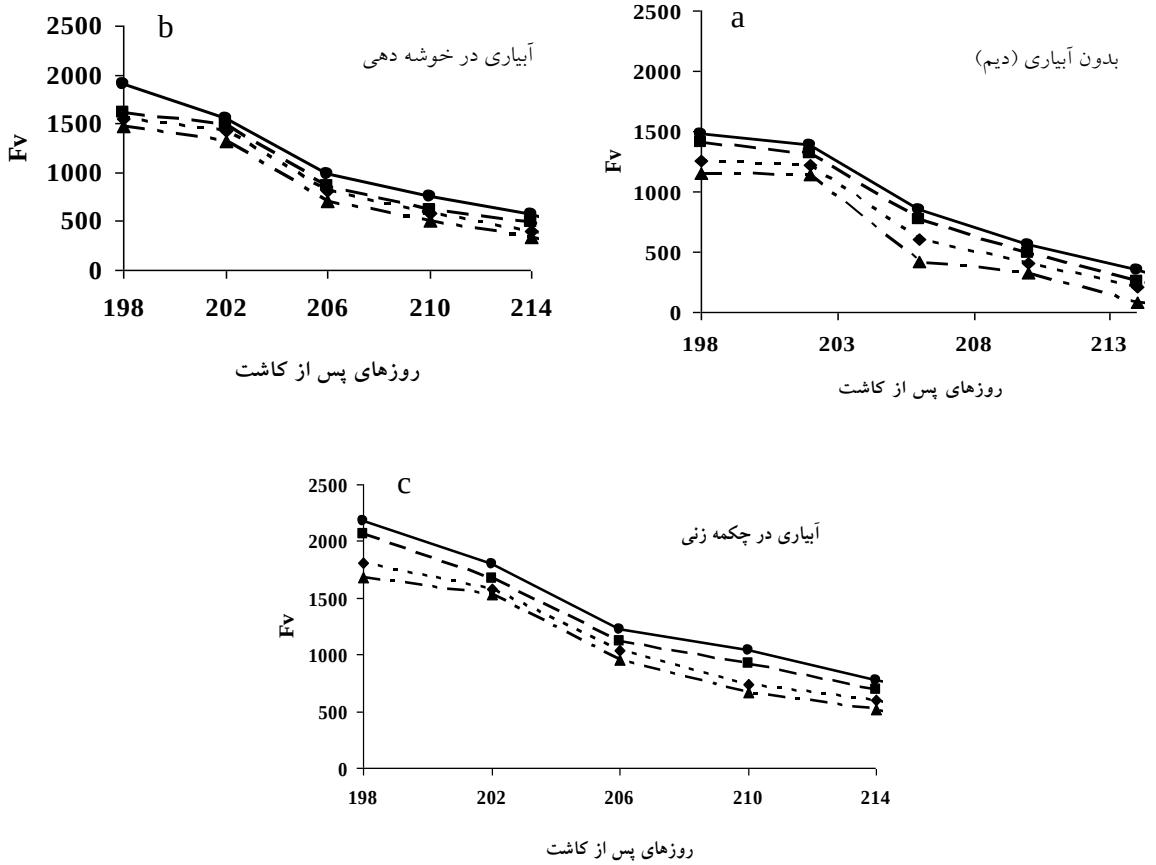


شکل ۵- روند تغییرات فلورسانس کلروفیل (F_m) برگ پرچم در شرایط سطح ثابت آبیاری و سطوح مختلف کودهای زیستی

بهبود فتوسنتز و درنتیجه افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شود.

نتایج اندازه‌گیری فلورسانس حداکثر (F_m) نشان داد که در شرایط دیم کاهش قابل توجهی در فلورسانس حداکثر و تخریب فتوشیمیایی نسبت به شرایط آبیاری در مرحله چکمه‌ای‌شدن مشاهده شد (شکل ۵a, b, c). با گذشت زمان فلورسانس حداکثر کاهش یافت. به‌طوری‌که در مراحل اولیه نمونه‌برداری یا ۱۹۸ روز بعد از کاشت (چهار روز بعد از چکمه‌ای‌شدن)، بیشترین فلورسانس حداکثر (۲۳٦۷) در کاربرد توأم میکوریز و آزوسپریلیوم و آبیاری تکمیلی در مرحله چکمه‌ای‌شدن و کمترین آن (۱۵۰۰) در همین مرحله از نمونه‌برداری (۱۹۸ روز بعد از کاشت)، در شرایط دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی به‌دست آمد ولی با گذشت زمان فلورسانس حداکثر کاهش یافت، به‌طوری‌که در مراحل نهایی نمونه‌برداری یا ۲۱۸ روز پس از کاشت، بیش‌ترین میزان فلورسانس حداکثر (۸۵۷/۳۳) در کاربرد توأم آزوسپریلیوم و میکوریز و آبیاری تکمیلی در مرحله چکمه‌ای‌شدن و کم‌ترین آن (٤۹۵) به عدم‌کاربرد کودهای زیستی در شرایط دیم مربوط می‌شد. نتایج نشان داد بیش‌ترین مقدار فلورسانس متغیر (٦۰۵) در مراحل انتهایی نمونه‌برداری یا هشت روز بعد از سنبله‌دهی (۲۱۸ روز بعد از کاشت) در کاربرد توأم آزسپریلیوم و میکوریز و آبیاری تکمیلی در مرحله چکمه‌ای شدن، و کم‌ترین آن (۲٦) در همین مرحله از نمونه‌برداری، در حالت عدم‌کاربرد کودهای زیستی تحت‌شرایط دیم مشاهده شد (شکل ٦a, b, c). اصولاً مقدار فلورسانس کلروفیل در زمانی‌که پذیرنده الکترون (کوینون) در حالت احیا باشد زیاد است و به این علت مقدار F_v نیز در این حالت زیاد می‌شود، ولی زمانی که کوینون در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.4.3]



شکل ٦- روند تغییرات فلورسانس کلروفیل (F_v) برگ پرچم در شرایط سطح ثابت آبیاری و سطوح مختلف کودهای زیستی

حالت اکسیداسیون است مقدار فلورسانس کلروفیل a کم می‌شود، در این حالت میزان F_v کاهش می‌یابد (Paknejad *et al.*, 2007). Shahbazi و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی پارامترهای فلورسانس گندم در شرایط تنش خشکی اظهار داشتند که نسبت F_v/F_m رابطه مثبتی با تحمل به خشکی دارد و از آن به‌عنوان یک معیار مکمل در انتخاب تحمل به خشکی در گندم نام بردند. نتایج مشابهی نیز توسط Xiao و همکاران (۲۰۱۹) مبنی بر اینکه محدودیت آبی در برنج موجب می‌شود نسبت F_v/F_m کاهش یابد گزارش شده است. از این رو در این بررسی به‌نظر می‌رسد در تیمارهایی که F_v/F_m کمتر است، دستگاه فتوسنتزی در آن‌ها به خشکی حساس‌تر است و تنش کم‌آبی با اختلال در انتقال الکترون در واکنش مربوط به تجزیه آب فتوسیستم II (واکنش هیل) به بروز این پدیده کمک کرده و کارایی کوانتومی فتوسنتز خالص کاهش یافته است.

وزن هزار دانه: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش اثرات آبیاری تکمیلی و کودهای زیستی بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۸). آبیاری تکمیلی در مرحله چکمه‌ای‌شدن و کاربرد توأم میکوریز و آزوسپریلیوم بیش‌ترین وزن هزار دانه و ترکیب تیماری کشت دیم در عدم‌کاربرد کودهای زیستی، کمترین وزن هزار دانه را به خود اختصاص داد (جدول ۹). سلطانیان و تدین (۱۳۹۵) گزارش کردند که قارچ میکوریز از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی و نیز افزایش فتوسنتز موجب می‌شود مواد غذایی و شیره پرورده بیشتری در اختیار بذر قرار داده و درنهایت موجب افزایش وزن هزار دانه می‌شوند. از طرفی انجام آبیاری تکمیلی نیز به‌دلیل دسترسی بیشتر گیاه به آب و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.4.3]

جدول ۸- تجزیه واریانس تأثیر کودهای زیستی و آبیاری تکمیلی بر عملکرد دانه و وزن هزار دانه گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		عملکرد دانه	وزن هزار دانه
تکرار	۲	۵۹۲۱۸۳/۳۶^{ns}	۳/۰۸۳^{ns}
آبیاری	۲	۱۸۲۵۲۵/۸۲^{ns}	۲۲/۴۷۱**
کود زیستی	۳	۳۲۹۲۸۷/۸۸^{ns}	۷/۰۴۵*
آبیاری × کود زیستی	۶	۳۵۴۶۶۶۶/۸**	۱۳۹/۴**
خطای آزمایشی	۲۲	۳۱۳۲۰۴/۳۳	۲۵/۴۴۳

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

جدول ۹- مقایسه میانگین برهمکنش اثرات آبیاری تکمیلی و کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم رصد

عوامل آزمایشی		وزن هزار دانه	عملکرد دانه
آبیاری تکمیلی	کود زیستی	(گرم)	(کیلوگرم در هکتار)
مرحله چکمه‌ای شدن	عدم استفاده (شاهد)	۴۰/۲۶^{c}	۳۸۴۲^{ef}
	آزوسپریلیوم	۴۱/۹۴^{c}	۴۰۵۹/۳^{bc}
	میکوریز	۴۴/۷۳^{bc}	۴۰۸۰/۳^{b}
	آزوسپریلیوم + میکوریز	۵۱/۶۹^{a}	۴۲۰۰/۳^{a}
مرحله سنبله‌دهی	عدم استفاده (شاهد)	۴۵/۲۴^{bc}	۳۶۰۰^{g}
	آزوسپریلیوم	۴۷/۴۴^{ab}	۳۸۰۷^{e}
	میکوریز	۴۸/۱^{ab}	۳۹۶۷^{cd}
	آزوسپریلیوم + میکوریز	۴۸/۷۸^{ab}	۴۰۰۵^{bc}
بدون آبیاری یا شاهد	عدم استفاده (شاهد)	۴۱/۰۴^{c}	۳۱۰۵^{h}
	آزوسپریلیوم	۴۴/۸۶^{bc}	۳۵۰۰^{g}
	میکوریز	۴۷/۶۴^{ab}	۳۷۶۰^{f}
	آزوسپریلیوم + میکوریز	۵۱/۰۴^{a}	۳۸۷۰^{de}
LSD 5%		۵/۰۳	۱۰۱/۷۸

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

مواد غذایی در دسترس، منجر به بهبود وزن هزار دانه می‌شود (نریمانی مردان و همکاران، ۱۳۹۷). به‌نظر می‌رسد بخشی از افزایش وزن هزار دانه با کاربرد کودهای زیستی و انجام آبیاری تکمیلی در مرحله چکمه‌ای‌شدن ناشی از افزایش شاخص کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ (شکل‌های ۱ و ۳) باشد که ضمن کمک به حفظ سطح سبز برگ، توانایی فتوسنتز و تولید را افزایش داده (فعله‌کری و همکاران، ۱۳۹۳) و منجر به افزایش وزن هزار دانه شده است. مزارعی و همکاران (۱۳۹۶) اظهار داشتند که در شرایط تنش خشکی کاربرد میکوریز با افزایش سطح ریشه‌ها موجب دسترسی بیشتر به مواد معدنی و آب می‌شود، ضمن آنکه افزایش محتوای نسبی آب و کلروفیل برگ نیز می‌تواند با بهبود سطح برگ و فعالیت فتوسنتزی گیاه موجب افزایش وزن هزار دانه شود.

عملکرد دانه: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.4.3]

داد که برهمکنش اثرات آبیاری تکمیلی و کودهای زیستی بر عملکرد دانه معنی دار بود (جدول ۸). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی با کاربرد توأم کودهای زیستی بیشترین عملکرد دانه (٤۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و کشت دیم در حالت عدم‌کاربرد کودهای زیستی (با میانگین ۳۱۰۵ کیلوگرم در هکتار)، کمترین مقدار را به خود اختصاص داد (جدول ۹). Mahmood Nadeem و همکاران (۲۰۱٤) دلیل افزایش عملکرد در کاربرد توأم میکوریز با باکتری‌های محرک رشد تحت شرایط تنش‌های محیطی را، به تعادل هورمون‌های گیاهی، تولید تنظیم‌کنندگان رشد گیاهی، سهولت دسترسی گیاه به مواد غذایی و مقاومت در برابر پاتوژن‌های گیاهی نسبت دادند. افزایش عملکرد در کاربرد توأم کودهای زیستی و آبیاری تکمیلی در مرحله چکمه‌ای مطابق نتایج پژوهش Tinglu و همکاران (۲۰۰۵) بود. آنها اظهار داشتند سبزبودن برگ‌های بالایی بوته به‌خصوص برگ پرچم موجب می‌شود که در صورت برخورداری از رطوبت کافی، فتوسنتز بیشتری داشته و مواد بیشتری را بطرف دانه‌های در حال پرشدن منتقل کنند که درنهایت موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود. فلعه‌گری و همکاران (۱۳۹۵) دلیل افزایش عملکرد دانه در تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله ظهور سنبله و گرده‌افشانی را به بقا دانه‌های گرده و جلوگیری از سقط جنین و گرده‌افشانی موفق نسبت دادند. نریمانی و همکاران (۱۳۹۷) اظهار داشتند که انجام آبیاری تکمیلی در مرحله چکمه‌ای‌شدن با کاهش هدایت الکتریکی و افزایش محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل و شاخص نیتروژن برگ، موجب افزایش عملکرد دانه گندم شد.

در این بررسی نیز به‌نظر می‌رسد انجام آبیاری تکمیلی و کاربرد کودهای زیستی ضمن کاهش هدایت الکتریکی برگ پرچم (شکل ۲)، موجب افزایش شاخص کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ پرچم (شکل‌های ۱ و۳) و بهبود وضعیت فلورسانس کلروفیل برگ پرچم (شکل‌های ٤، ۵ و ٦) و در نهایت موجب افزایش عملکرد دانه (جدول ۹) شده است.

نتیجه‌گیری

بیش‌ترین عملکرد دانه در کاربرد توأم آزوسپریلیوم و میکوریز و آبیاری تکمیلی در مرحله چکمه‌ای‌شدن به‌دست آمد. کاربرد توأم آزوسپریلیوم و میکوریز و آبیاری تکمیلی در مرحله چکمه‌ای‌شدن گندم رقم رصد با بهبود شاخص‌های فلورسانس کلروفیل، افزایش شاخص کلروفیل و محتوای آب نسبی برگ در طول فصل رشد، موجب افزایش عملکرد دانه گندم در شرایط محدودیت آبی شد. براساس نتایج آزمایش حاضر، به‌نظر می‌رسد به‌منظور بهبود عملکرد گندم در شرایط تنش، استفاده از کودهای زیستی و انجام آبیاری تکمیلی عاملی مناسب باشد.

منابع

حبیب‌پور کاشفی، ا.، قرینه، م. ح.، شافعی‌نیا، ع. ر. و روزرخ، م. (۱۳۹٤) اثر سطوح زئولیت بر فلورسانس کلروفیل لوبیا قرمز (*Phasaeolus vulgaris* L.) تحت تنش خشکی. فصلنامه علمی پژوهشی گیاهان زراعی ۷: ۱۹-۳۲.

حمزه‌ای، ج. و سیدی، م. (۱۳۹۲) واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام جو به آبیاری تکمیلی در شرایط دیم. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار ٤: ۱۵۹-۱٦۸.

خلیل‌زاده، ر.، سیدشریفی، ر. و جلیلیان، ج. (۱۳۹٦) تأثیر سایکوسل و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد، شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و برخی صفات فیزیولوژیک گندم در شرایط محدودیت آبی. فرآیند و کارکرد گیاهی ٦: ۲٤۷-۲٦٦.

دادخواه، ن.، عبادی، ع.، پرمون، ق.، قلی‌پوری، ع. و جهانبخش، س. (۱۳۹۳) اثر محلول‌پاشی سولفات روی بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد دانه نخود در سطوح مختلف آبیاری. زراعت دیم ایران ۳: ۱٤۱-۱٦۰.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.4.3]

سلطانیان، م. و تدین، ع. (۱۳۹۵) اثر هم‌زیستی قارچ میکوریزای آربوسکولار بر عملکرد دانه و اجزاء عملکرد کتان (*Linum ussitatissimum* L.) در شرایط تنش خشکی. اکوفیزیولوژی گیاهی ۸: ۹۸-۱۰۶.

سیدشریفی، ر. و نامور، ع. (۱۳۹٤) کودهای زیستی در زراعت. انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.

عشقی‌زاده، ح. ر. و احسان‌زاده، پ. (۱۳۸۸) تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر چند ژنوتیپ ذرت: I. فلورسانس کلروفیل، خصوصیات رشد و عملکرد دانه. علوم گیاهان زراعی ایران ٤۰: ۱۳۵-۱٤٤.

فعله‌کری، ح.، قبادی، م. ا.، محمدی، غ. ر.، جلالی هنرمند، س. و قبادی، م. (۱۳۹۳) تأثیر آبیاری تکمیلی و سطوح نیتروژن بر عملکرد دانه و برخی صفات مورفوفیزیولوژیک دو رقم گندم دیم. مجله علوم پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی ٦: ۲۸-٤۲.

فعله‌گری، ح.، قبادی، م. ا.، محمدی، غ. ر. و جلالی هنرمند، س. (۱۳۹۵) بررسی صفات فیزیولوژیکی ارقام گندم تحت سطوح مختلف نیتروژن و آبیاری. فناوری تولیدات گیاهی ۸: ٦۷-۱۰۹.

مزارعی، ا.، سیروس‌مهر، ع. ر. و بابایی، ز. (۱۳۹٦) تأثیر قارچ میکوریزا بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی خارمریم (*Silybum marianum* L. Gaertn) تحت تنش خشکی. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۳۳: ٦۲۰-٦۳۵.

نریمانی مردان، ح.، سیدشریفی، ر.، خلیل‌زاده، ر. و امین‌زاده، غ. ر. (۱۳۹۷) تأثیر نانو اکسید آهن بر عملکرد، شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و برخی صفات فیزیولوژیک گندم در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی. نشریه زیست‌شناسی گیاهی ایران ۱۰: ۲۱-٤۰.

Abdoli, M. and Saeidi, M. (2013) Evaluation of water deficiency at the post anthesis and source limitation during grain filling on grain yield, yield formation, some morphological and phonological traits and gas exchange of bread wheat cultivar. Albanian Journal of Agricultural Sciences 12: 255-265.

Ahmadi, A., Emam, Y. and Pessarakli, M. (2010) Biochemical changes in maize seedling exposed to drought stress conditions at different nitrogen levels. Journal of Plant Nutrition 33: 541-556.

Angadi, S. V. and Entz, M. H. (2002) Water relations of standard height and dwarf sunflower cultivars. Crop Science 42: 152-159.

Araus, J. L., Amaro, T., Voltas, J., Nakkoul, H. and Nachit, M. M. (1998) Chlorophyll fluorescence as a selection criterion for grain yield in durum wheat under Mediterranean condition. Field Crop Research 55: 209-223.

Behl, R. K., Sharma, H., Kumar, V. and Narula, N. (2003) Interaction between mycorrhiza, *Azotobacter chroococcum* and root characteristics of wheat varieties. Journal of Agronomy and Crop Science 89: 151-155.

Beltagi, M. S. (2008) Exogenous ascorbic acid (vitamin C) induced anabolic changes for salt tolerance in chick pea (*Cicer arietinum* L.). African Journal of Plant Science 2: 118-123.

Demir, S. (2004) Influence of Arbuscular mycorrhiza on some physiological growth parameters of pepper. Turkish Journal Biology 28: 85-90.

Francois, B. B. (2007) Effect of salinity on germination and seedling growth of canola. PhD Thesis. Agricultural Science at University of Stellenbosch.

Gill, 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.

Hewedy, A. M. (1999) Influence of single and multi-bacterial fertilizer on the growth and fruit yield of tomato. Egypt Journal of Applied Science 14: 508-523.

Hosseini, F., Mosaddegi, M. R. and Roger Dexter, A. (2017) Effect of *fungus priformospora indica* on physiological characterstics and root morphology of wheat under combined drought and mechanical stresses. Plant Physiology and Biochemeistry 118: 107-120.

Idris, M. (2003) Effect of integrated use of mineral and organic N and Azotobacter on the yield, yield components and N-nutrition on wheat. Pakistan Journal of Biological Science 6: 539-543.

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: 167-177.

Kostopoulou, P., Barbayiannis, N. and Basile, N. (2010) Water relations of yellow sweet clover under the synergy of drought and selenium addition. Plant and Soil 330: 65-71.

Legg, B. J., Day, W. D., Lawlor, W. and Parkinson, K. J. (2000) The effects of drought on barley growth: models and measurements showing the relative importance of leaf area and photosynthetic rate. The Journal of Agricultural Science 92: 703-716.

Mahmood Nadeem, S., Ahmad, M., Zahir Ahmad, Z., Javaid, A. and Ashraf, M. (2014) The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.4.3]

Biotechnology Advances 32: 429-448.
Mohammadkhani, N. and Heidari, R. (2007) Effect of drought stress on protective enzyme activities and lipid peroxidation in two maize cultivars. Pakestan Journal Biology Science 10: 3835-3840.
Molnar, I., Gaspar, L., Stehli, L., Dulai, S., Sarvari, E., Kiraly, I., Galiba, G. and MolnarLang, M. (2002) The effects of drought stress on the photosynthetic processes of wheat and of *Aegilops biuncialis* genotypes originating from various habitats. In: Proceeding of the 7th Hungarian Congress on Plant Physiology. Acta Biologia 46: 115-116.
Oweis, T. and Hachum, A. (2004) Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity for dry farming systems in West Asia and North Africa. Syria for Presentation at the 4th International Crop Science Congress, Icarda, Aleppo.
Paknejad, F., Majidi Heravan, E., Noor Mohammadi, Q., Siyadat, A. and Vazan, S. (2007) Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. American Journal of Biochemistry and Biotechnology 5: 162-169.
Prakash, M. and Ramachandran, K. (2005) Effects of moisture stress andantitranspirantson leaf chlorophyll, soluble protein and photosynthetic rate in brinjal plants. Journal of Agronomy 184: 153-156.
Qiang, X., Xiaopeng, M., Tingbo, L., Meng, B., Zelin, W. and Jingran, Niu. (2020) Effects of water stress on fluorescence parameters and photosynthetic characteristics of drip irrigation in rice. Water Journal 1-19.
Ranjan, R., Bohra, S. P. and Jeel, A. M. (2001) Book of Plant Senescence. Jodhpur, Agrobios, New York.
Saed-Moucheshii, A., Heidari, B., Zareei, M., Emam, Y. and Pessarakli, M. (2012) Changes in antioxidant enzymes activity and physiological traits of wheat cultivars in response to Arbuscular mycorrhizal symbiosis in different water regimes. Iran Agricultural Research 31: 35-47.
Sandhya, V., Ali, S. K. Z., Grover, M., Reddy, G. and Venkateswarlu, B. (2010) Effect of plant growth promoting Pseudomonas spp. on compatible solutes, antioxidant status and plant growth of maize under drought stress. Plant Growth Regulation 62: 21-30.
Shahbazi, H., Bihamta, M. R., Taeb, M. and Darvish, F. (2009) Chlorophyll fluorescence attribute inheritance and correlation with terminal drought stress in wheat. Journal of Agriculture Sciences 3: 53-65.
Shaharoona, B., Arshad, M., Zahir, A. Z., 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 Biochemistry 38: 2971-2975.
Sun, L. F. (2013) Rice roots of drought stress on the photosynthetic fluorescence characteristic influence. Master's Thesis, Henan Agricultural University, Zhengzhou, China.
Tadayon, M. R., Ebrahimi, R. and Tadayyon, A. (2012) Increased water productivity of wheat under supplemental irrigation and nitrogen application in a semi-arid region. Journal of Agricultural Science and Technology 14: 995-1003.
Tinglu, F., Stewart, B. A., William, A. P., Yong, W., Shangyou, S., Junjie, L. and Clay, A. R. (2005) Supplemental irrigation and water-yield relationships for plastic culture crops in the Loess Plateau of China. Agronomy Journal 97: 177-188.
Xiao, M., Li, Y., Wang, J., Hu, X., Wang, L. and Miao, Z. (2019) Study on the law of nitrogen transfer and conversion and use of fertilizer nitrogen in paddy fields under water-saving irrigation mode. Water Journal 2: 211-218.
Yang, Y., Liu, Q., Han, C., Qiao, Y. Z., Yao, X. Q. and Yin, H. J. (2007) Influence of water stress and low irradiance on morphological and physiological characteristics of *Picea asperata* seedlings. Photosyntetica 45: 613-619.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.4.3]

Effect of supplementary irrigation and seed inoculation with bio fertilizers on yield and some physiological traits of rainfed wheat (Rasad cultivar)

Faramarz Yaghini[1], Raouf Seyed Sharifi[1*], Saeid Khomari[1], Marefat Ghasemi[2]

[1] Department of Agronomy and plant breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
[2] Horticulture Crop Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center. AREEO. Aardabil. Iran
(Received: 14/10/2019, Accepted: 01/09/2020)

Abstract
In order to study the effects of supplementary irrigation and seed inoculation by bio fertilizer on yield and some physiological traits of rainfed wheat (Rasad cultivar), a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications in Agricultural Research Station of Ardabil in 2016. The factors experimental included supplementary irrigation at three levels, one supplementary irrigation at booting stage (I_1), one supplementary irrigation at heading (I_2) and no irrigation as rain fed (I_3), and biofertilizers in four levels without application of bio fertilizers as control (B_1), seed inoculation with Azospirilum (B_2), mycorrhizal application (B_3), both application mycorrhizal and Azospirilum (B_4). Means comparison showed that application of both bio fertilizers (mycorrhiza and Azosprilium) and once supplementary irrigation at booting stage and once supplementary irrigation at heading increased the grain yield up to 35.27 and 28.9% respectively in comparison with application of bio fertilizers under rainfed conditions. Both application mycorrhiza and Azosprilium and one supplementary irrigation at booting stage increased maximum fluorescence (Fm), variable fluorescence (Fv), chlorophyll index and relative water content of flag leaf in comparison with no application of bio fertilizers under rainfed condition. Rainfed conditions increased electrical conductivity and minimum fluorescence (F_0).

Keywords: Relative water content, Electrical conductivity, Mycorrhiza, Water limitation

Corresponding author, Email: h.pirdashti@sanru.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.4.3]