تأثیر سایکوسل و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد، شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و برخی صفات فیزیولوژیک گندم در شرایط محدودیت آبی

راضیه خلیل زاده[1]، رئوف سید شریفی[1*] و جلال جلیلیان[2]

[1] گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، [2] گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

(تاریخ دریافت: ١٣٩٤/٠٦/٠٩، تاریخ پذیرش نهایی: ١٣٩٤/١٢/١٢)

چکیده:

به منظور بررسی تأثیر سایکوسل و باکتری‌های محرک رشد (PGPR) بر عملکرد، شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و برخی صفات فیزیولوژیک گندم در شرایط محدودیت آبی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در طول فصل زراعی ١٣٩٤-١٣٩٣ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل محدودیت آبی درسه سطح (آبیاری کامل در تمام مراحل رشد گیاه، آبیاری تا ٥٠٪ مرحله سنبله دهی و آبیاری تا ٥٠٪ مرحله چکمه‌زنی به ترتیب بر اساس کد ٤٥ و ٥٩ زادوکس)، تیمار دوم شامل تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در چهار سطح (عدم تلقیح به عنوان شاهد، تلقیح با *ازتوباکتر کروکوکوم استرین ٥*، *سودوموناس پوتیدا استرین ١٨٦* وکاربرد توأم این دو) و تیمار سوم محلول‌پاشی با سایکوسل در چهار سطح (عدم مصرف، کاربرد ٤٠٠، ٨٠٠ و ١٢٠٠ میلی‌گرم در لیتر) بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در شرایط محدودیت آبی، حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II (F_v/F_m)، محتوای کلروفیل، محتوای آب نسبی برگ و عملکرد دانه به واسطه تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی سایکوسل نسبت به شاهد افزایش یافت. در تمامی ترکیب‌های تیماری، شاخص سطح برگ تا ٦٥ روز بعد از سبز شدن افزایش سریعی یافت، ولی از ٦٥ روز بعد از سبز شدن تا زمان برداشت، روند کاهشی نشان داد. بیشترین عملکرد دانه به ترکیب تیماری تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس، بالاترین سطح سایکوسل در شرایط آبیاری کامل تعلق داشت. اعمال قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی موجب بیشترین کاهش در شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و صفات فیزیولوژیک گندم شد. محلول پاشی ١٢٠٠ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس عملکرد گندم را به ترتیب ٦٣/٤١، ٥٢/٩٠ و ٦٢/٤٦ درصد در شرایط آبیاری کامل، قطع آبیاری در مرحله خوشه‌دهی و قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: سایکوسل، کمبود آب، کودهای زیستی، گندم

مقدمه:

رشد روزافزون جمعیت و تلاش برای تأمین غذای این جمعیت در حال تزاید موجب شده است که کشت گندم در مناطق خشک و نیمه خشک بیش از پیش گسترش یابد. در این مناطق آب عامل اصلی محدود کننده عملکرد به حساب می‌آید که به طور مستقیم رشد، بقا و عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Chaves *et al*., 2009). محدودیت رشد ناشی از کمبود آب، موجب کاهش بیوماس و کاهش عملکرد گیاه

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.2.4]

می‌گردد (Vile *et al.*, 2012) که تا حد زیادی وابسته به فتوسنتز می‌باشد ولی اینکه آیا عامل محدود کننده فتوسنتز در طول تنش خشکی، مقاومت و بسته شدن روزنه‌ها در برابر انتشار است یا تغییرات متابولیکی، هنوز به طور کامل مشخص نشده است (Flexas *et al.*, 2009). واکنش گیاهان به کمبود آب بر اساس ویژگی‌های ژنتیکی، بیوشیمیایی و مورفوفیزیولوژیکی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در این راستا هدایت روزنه‌ای، محتوای نسبی آب، غلظت کلروفیل، پرولین و کارایی فتوسنتزی به عنوان شاخص‌هایی برای ارزیابی به شرایط محدودیت آبی در بررسی‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است (Maccaferri *et al.*, 2011). بسیاری از گزارش‌ها نشان داده است که کاهش میزان کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و محتوای رطوبت نسبی برگ در گیاه موجب کاهش فتوسنتز شده که در نهایت به کاهش عملکرد دانه منجر می‌گردد (Liang *et al.*, 2002). مطالعات انجام شده توسط Miyashita و همکاران (۲۰۰۵) نشان داد که فلورسانس کلروفیل، Fv/Fm، سرعت تعرق و هدایت روزنه‌ای با افزایش تنش خشکی در لوبیا کاهش یافت. با توجه به مشاهدات Rodriguez و همکاران (۲۰۰۵) تنش خشکی موجب کاهش محتوای کلروفیل، سطح برگ و بیوماس در کتان گردید. کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش خشکی می‌تواند به عنوان عامل محدود کننده غیرروزنه‌ای کاهش فتوسنتز باشد.

یکی از عوامل تأثیرگذار تنش خشکی بر فتوسنتز، کاهش میزان کارایی فتوسنتز از طریق افزایش فلورسانس کلروفیل است. امروزه فلورسانس کلروفیلی به عنوان یک معیار سنجش برای اندازه‌گیری تأثیر تنش‌های محیطی بر گونه‌های زراعی و تعیین میزان مقاومت آن‌ها در برابر تنش‌های محیطی پیشنهاد شده و می‌تواند نشان دهد که تا چه اندازه این تنش‌ها بر دستگاه فتوسنتزی گیاه صدمه وارد کرده‌اند (Moffatt *et al.*, 1990). اندازه‌گیری مقدار فلورسانس کلروفیل می‌تواند ارزیابی مناسبی از عملکرد کوانتومی وجریان الکترون در فتوسیستم دو را نشان دهد (Reddy *et al.*, 2004). مولفه‌های فلورسانس کلروفیل شامل F_0 (حداقل فلورسانس از برگ سازگار شده با تاریکی)، Fm (حداکثر فلورسانس در برگ سازگاری شده با تاریکی)، Fv (میزان تغییر فلورسانس یا فلورسانس متغیر از برگ سازگار شده با تاریکی)، Fv/Fm (حداکثر کارایی یا 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 شرایط خشکی موجب می‌شود تا مقدار آن به کمتر از ۱ برسد (Moffatt *et al.*, 1990). گزارش شده است که محتوای نسبی آب بالا در گیاه به دلیل تنظیم اسمزی بالا و یا خاصیت ارتجاعی پایین دیواره سلولی بافت، یک مکانیسم مقاومت در خشکی است (Teulat *et al.*, 1997). کاهش محتوای نسبی آب، روزنه‌ها را می‌بندد و بسته شدن روزنه‌ها موجب کاهش سرعت فتوسنتز می‌گردد. اگر محتوای رطوبت نسبی کاهش یابد شاخص‌های رشد نیز کاهش می‌یابد. با توجه به مشاهدات Angadi و Entz (۲۰۰۲) محتوای نسبی آب در آفتابگردان در شرایط تنش خشکی کاهش یافت. بررسی‌های Naderi و همکاران (۲۰۰٤) در گلرنگ نشان دهنده کاهش محسوس سطح برگ گیاه تحت تأثیر تنش خشکی است. سایه انداز گیاهان در مواجهه با خشکی با سرعت کمتری گسترش یافته، اندازه برگ‌ها کوچکتر شده و بواسطه ریزش زودهنگام برگ‌های پایین سایه انداز گیاهی، گیاه سطح خود را با سرعت بیشتری از دست می‌دهد و در نهایت شاخص سطح برگ تحت شرایط کم‌آبی کاهش می‌یابد (Bauer *et al.*, 1984). تنش خشکی ضمن کاهش سطح برگ، پیری آن‌ها را تسریع نموده و بدین وسیله می‌تواند میزان تولید گیاه را خیلی بیشتر از آنچه که به علت اثرات ناشی از کاهش شدت فتوسنتز خالص تقلیل می‌یابد کاهش دهد (Sarmadnia and Koocheki, 1987).

به منظور کاهش اثر تنش خشکی بر کاهش میزان کلروفیل و فعالیت فتوسنتزی، اضافه کردن موادی مثل سایکوسل مناسب بوده که موجب افزایش کلروفیل و فعالیت فتوسنتزی می‌شود. سایکوسل (۲- کلرواتیل تری متیل آمونیوم کلراید) معمولی‌ترین تنظیم کننده رشد آنیونی است (Memari *et al.*, 2011). این ماده توانایی به تأخیر انداختن پیری، جلوگیری از تجزیه کلروفیل و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.2.4]

تحریک سنتز پروتئین‌های محلول و آنزیم‌ها را دارد و در نتیجه موجب فتوسنتز بیشتری در سطح برگ می‌شود. سایکوسل ممکن است رشد سلول را به دلیل کاهش در پتانسیل اسمزی سلول‌ها افزایش دهد (Attia, 2004). گزارش شده محلول پاشی سایکوسل موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد تا ۵۰٪ در خردل در شرایط مزرعه گردید (Saini *et al.*, 1987). مصرف کودهای بیولوژیک در شرایط تنش‌های محیطی مانند خشکی نه تنها موجب افزایش مقاومت گیاهان می‌شود بلکه میکروارگانیسم‌های از دست رفته خاک را نیز جبران می‌کند. ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) یک گروه ویژه‌ای از باکتری‌های خاک هستند که به شدت ریزوسفر و ریزوپلان را کلونیزه می‌کنند و به طور قابل ملاحظه‌ای رشد و عملکرد گیاه را بهبود می‌بخشد. برخی از مکانیسم‌های مرتبط با اثر مفید این باکتری‌ها به توانایی آن‌ها در تولید ترکیبات مختلف (مثل فیتوهورمون‌ها، ویتامین‌ها، و سیدروفورها)، تثبیت نیتروژن اتمسفری و انحلال فسفات معدنی و آلی را شامل می‌شود، با این حال برخی از مکانیسم‌های ناشناخته نیز ممکن است وجود داشته باشند، و یکی از محتمل‌ترین مکانیسم‌های عمل در بهبود رشد گیاه می‌تواند تغییرات در سطوح درونی مواد تنظیم کننده رشد گیاه ناشی از PGPR باشد (Khalid *et al.*, 2006). این PGPRها به ریشه‌های گیاه متصل می‌شوند و در گیاهان تحت تنش به عنوان منبع ACC (1-Amino Cyclopropane-1-Carboxylate) عمل می‌کنند (Glick, 2014). گیاهانی که با PGPR های حاوی ACC- دی آمیناز تلقیح می‌شوند به طور چشم‌گیری مقاوم به اثرات اتیلن تنشی هستند که در نتیجه شرایط تنش خشکی ساخته می‌شوند (Zahir *et al.*, 2007). از این رو تلقیح بذر با باکتری‌های تلقیح کننده می‌تواند ساخت اتیلن درونی را کاهش دهد و تحمل گیاه به تنش توسط کاهش تولید اتیلن ممکن است افزایش یابد (Glick, 2014). با توجه به مشاهدات Rai و Caur (۱۹۹۸) اثر تلقیح منفرد و دوگانه ازتوباکتر و آزوسپریلیوم در گندم نشان داد که تلقیح دوگانه سویه‌های کارامد ازتوباکتر و گلوموس در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش در به حداکثر رساندن تولید گندم می‌تواند سودمند باشد.

با توجه به روند گسترش تنش خشکی و نقش کودهای زیستی و سایکوسل در تعدیل اثرات تنش خشکی و به دلیل اهمیت زراعت گندم به عنوان یکی از مهمترین غلات در مناطق خشک و نیمه خشک و کمی بررسی‌های انجام شده در خصوص برهم‌کنش توأم این عوامل موجب گردید تا مطالعه حاضر با هدف ارزیابی تأثیر سایکوسل و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشدی بر عملکرد، شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و برخی صفات فیزیولوژیک گندم در شرایط محدودیت آبی مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها:

به منظور بررسی اثر سایکوسل و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد، شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و برخی صفات فیزیولوژیک گندم در شرایط محدودیت آبی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی با مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا اجرا گردید.
بافت خاک لومی رسی با pH برابر ۸/۲، شوری ۱/۵۹ دسی زیمنس بر سانتی‌متر و با درصد نیتروژن ۰/۱۲ و میزان فسفر ۸/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم اجرا شد.

در این آزمایش فاکتورهای مورد بررسی شامل محدودیت آبی در سه سطح (آبیاری در تمام مراحل رشد گیاه براساس روش مرسوم زارعین محلی به عنوان سطح شاهد، آبیاری تا ۵۰٪ مرحله سنبله دهی و آبیاری تا ۵۰٪ مرحله چکمه‌زنی)، تیمار دوم شامل تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در چهار سطح (عدم تلقیح به عنوان شاهد، تلقیح با ازتوباکتر *کروکوکوم* استرین ۵، *سودوموناس پوتیدا* استرین ۱۸۶ و کاربر توأم این دو باکتری) و تیمار سوم محلول‌پاشی با سایکوسل در چهار سطح (عدم مصرف، ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود.

برای تلقیح بذر میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن حاوی ۱۰۷ عدد باکتری زنده و فعال در هر گرم بود، استفاده

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.2.4]

جدول ۱- متوسط دما و بارندگی ماهانه منطقه مورد آزمایش طی فصل رشد در سال ۱۳۹۳

ماه‌های سال	میانگین حداکثر دما (°C)	میانگین حداقل دما (°C)	میانگین ماهانه دما (°C)	میانگین بارندگی ماهانه (میلی متر)
اردیبهشت	۲۲/٤	۲۲/٤	۱٥/۳	۳٥/٤
خرداد	۲٥/۰	۲٥/۰	۱۷/۸	۲٤/٥
تیر	۲٥/٥	۲٥/٥	۱۹/٤	۱۲/۲
مرداد	۲٦/٤	۲٦/٤	۱۹/۸	۰/٤

گردید. همچنین از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها استفاده شد. باکتری‌ها از موسسه تحقیقات آب و خاک تهیه شد. رقم مورد استفاده رقم بهاره آتیلا ٤ بود که از شرکت کشت و صنعت مغان تهیه شد.

هر واحد آزمایشی شامل ٥ خط کاشت به طول ۲ متر و با فاصله بین ردیفی ۲۰ سانتی‌متر) و تراکم ٤۰۰ بذر در مترمربع که تراکم مطلوب و توصیه شده برای این رقم است کشت گردید. زمان کاشت ۲۰ اردیبهشت بود. وجین علف‌های هرز به صورت دستی و در دو مرحله رشد رویشی و رشد زایشی انجام گرفت. کود اوره به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله رشد رویشی مورد استفاده قرار گرفت. متوسط دما و بارندگی ماهانه منطقه مورد آزمایش در طول فصل رشد در جدول ۱ آورده شده است.

اندازه‌گیری پارامترهای فلورسانس کلروفیل برگ شامل F_0 (حداقل فلورسانس از برگ سازگار شده با تاریکی)، F_m (حداکثر فلورسانس در برگ سازگار شده با تاریکی)، Fv (فلورسانس متغیر از برگ سازگار شده با تاریکی)، F_v/F_m (حداکثر عملکرد کوآنتومی فتوسیستم دو در شرایط سازگار شده با تاریکی) بود. برخی صفات فیزیولوژیک مانند هدایت الکتریکی (EC)، درصد محتوای نسبی آب برگ پرچم و عدد کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD-502 مینولتای ژاپن)، بعد از ظهور برگ پرچم (۱٥ تیر) در ۸ نوبت به فواصل زمانی ٤ روز یکبار تا مرحله رسیدگی اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل برگ پرچم در مزرعه، از ٤٦ روز بعد از سبز شدن هر چهار روز یک بار توسط دستگاه فلورسانس متر کلروفیل (OS-30p) از هر تیمار به طور تصادفی ٦ برگ پرچم توسعه یافته (در فاصله زمانی ساعت ۱۰-۸ صبح) انتخاب و بعد از ۱٥ دقیقه تاریکی توسط کلیپس‌های مخصوص، شاخص‌های F_0، F_m، و F_v/F_m اندازه‌گیری شدند (زمانیان و همکاران، ۱۳۹۲).

برای اندازه‌گیری درصد محتوای نسبی آب (RWC) بین ساعت ۱۲-۱۰ روز، از هر کرت پنج برگ‌پرچم توسعه یافته به طور تصادفی انتخاب و بعد از قرار دادن در فویل‌های آلومینیومی، داخل کیسه‌های پلاستیکی و روی یخ قرار داده و خیلی سریع به آزمایشگاه منتقل و وزن‌تر برگ‌ها یادداشت گردید (FW). سپس برگ‌ها را در بشرهای محتوی ۲٥ سی سی آب مقطر به مدت ۲٤ ساعت در یخچال با دمای حدود ٤ درجه سانتیگراد و محیط تاریک قرار داده شدند. بعد از این مدت برگ‌ها خارج و نسبت به توزین وزن اشباع اقدام شد (SW). در مرحله نهایی، برگ‌ها بعد از قرارگیری در آون با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲٤ ساعت خشک شده و وزن خشک برگ‌ها بدست آمد (WD). سپس با استفاده از رابطه زیر مقدار RWC محاسبه گردید (Kostopoulou *et al.*, 2010).

$$RWC\ (\%) = \frac{WF-WD}{WS-WD} \times 100$$

برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (EC) برگ پرچم در همان شرایط مربوط به اندازه‌گیری درصد محتوای نسبی آب، نمونه‌های برگ‌پرچم را در بشرهای محتوی ۲٥ میلی‌لیتر آب تقطیر شده به مدت ۲٤ ساعت در دمای اتاق قرار گرفته و سپس میزان هدایت الکتریکی توسط دستگاه EC متر (مدل Mi 180 Bench Meter) اندازه‌گیری شد.

عملکرد دانه از خطوط اصلی هر کرت و از بین بوته‌های رقابت کننده از سطحی معادل ۰/٤ متر مربع بدست آمد. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم افزارهای SAS و EXCEL استفاده شد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

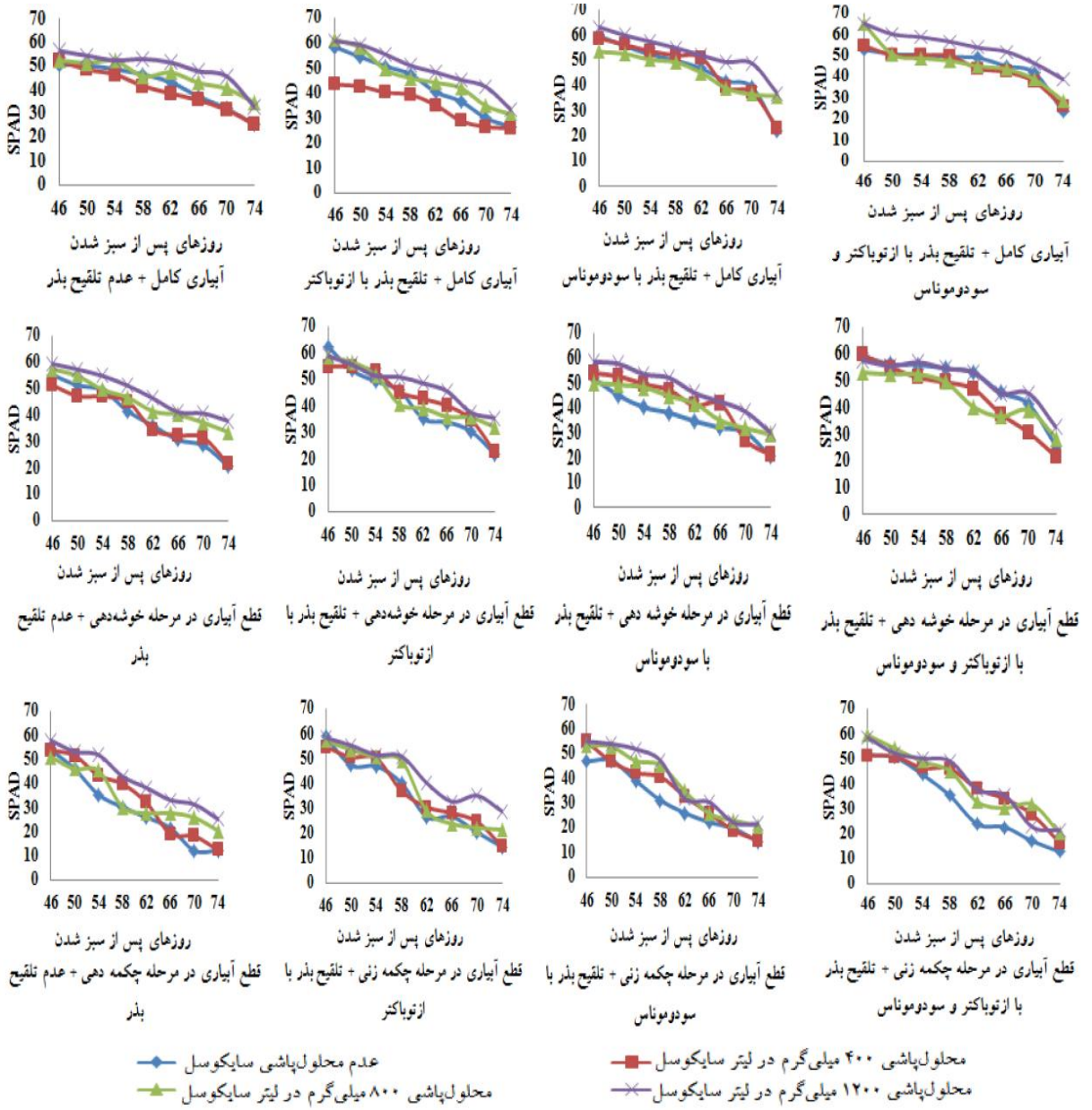
[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.2.4]

نتایج و بحث:

فلورسانس حداقل (F_0): بررسی روند تغییرات فلورسانس حداقل (F_0) در پاسخ به محلول‌پاشی سایکوسل و تلقیح بذر با باکتری در طول فصل رشد نشان داد قطع آبیاری در مرحله خوشه‌دهی در گندم اثرات کمی بر F_0 گذاشته است. بعلاوه میزان فلورسانس حداقل (F_0) همواره در شرایط قطع آبیاری در مرحله خوشه‌دهی و آبیاری کامل کمتر از شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی بود که می‌تواند ناشی از افزایش مقدار کلروفیل (شکل ۱) به دلیل محلول‌پاشی سایکوسل و تلقیح بذر با باکتری باشد که سبب کاهش میزان فلورسانس شده است (شکل ۲). با توجه به مشاهدات Araus و همکاران (۱۹۹۸) تنش‌های محیطی موجب تغییر ساختاری در مرکز واکنش فتوسیستم II می‌گردد. بنابراین خسارت محدودیت آبی با خسارت به مرکز واکنش فتوسیستم II موجب افزایش F_0 می‌گردد. به طوری‌که ۷٤ روز پس از سبز شدن بیشترین فلورسانس حداقل (۲۹۳) از ترکیب تیماری عدم محلول‌پاشی سایکوسل و عدم تلقیح بذر در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی و کمترین آن (۱۲۲) از محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس در شرایط آبیاری کامل بدست آمد (شکل ۲). از آنجایی که تیمار محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و تلقیح توأم بذر با ازتوباکتر و سودوموناس نسبت به سایر تیمارها دارای محتوای آب نسبی بیشتری است (شکل ۳)، به نظر می‌رسد استفاده از این ترکیب تیماری توانسته است به نحو 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، در نتیجه شرایط فتوسنتزی بهتری داشته و مانع از افزایش بیش از حد فلورسانس حداقل شده است (Prakash and Ramachandran, 2005). به نظر می‌رسد تلقیح بذر گندم با ازتوباکتر و سودوموناس باعث افزایش توسعه سیستم ریشه‌ای، افزایشی دسترسی گیاه به عناصر غذایی، هدایت روزنه‌ای (شکل ٤) و شاخص سطح برگ (شکل ۵) گردیده است و کاربرد توام این دو نوع باکتری احتمالاً دارای اثرات هم‌افزایی با یکدیگر بوده که در نهایت منجر به بهبود پارامترهای فلورسانس گندم در شرایط محدودیت آبی شده است. Rai و Gaur (۱۹۸۸) در بررسی اثرات ازتوباکتر و سودوموناس به‌صورت توام و جداگانه بر رشد و عملکرد گندم، گزارش کردند که اثر توآم دو باکتری بهتر از اثر هر یک از آن‌ها به تنهایی بود. مصرف توأم باکتری در مقایسه با مصرف منفرد، جذب نیتروژن، فسفر و عناصر کم مصرف توسط گیاه لوبیا را بهبود بخشید (Yadegari *et al.*, 2010) و باعث افزایش قابل توجهی در زیست توده ریشه و اندام هوایی نخود شد (Sindhu *et al.*, 2002). Hewedy (1999) اثرات مفید کاربرد توام باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و سدوموناس را به مشارکت آن‌ها در افزایش رشد گیاه به واسطه تثبیت زیستی نیتروژن، محلول کردن فسفات نامحلول خاک و تولید هورمون‌های گیاهی نسبت دادند که مجموعه این عوامل با تحریک در جذب بیشتر مواد غذایی توسط گیاه، منجر به بهبود فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد و عملکرد گیاه شد.

فلورسانس حداکثر (F_m): 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). نتایج اندازه‌گیری فلورسانس حداکثر (F_m) نشان می‌دهد که در شرایط قطع آبیاری در مرحله خوشه‌دهی کاهش قابل توجهی در فلورسانس حداکثر و در تخریب فتوشیمیایی مشاهده نشد، در حالیکه در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی، اثرات تنش آب بر سیستم فتوشیمیایی با کاهش قابل توجهی در فلورسانس حداکثر همراه با افزایش در سطوح فلورسانس حداقل مشاهده شد. علت این تغییرات را می‌توان به اختلال در فتوسیستم II نسبت داد (Osmond, 1994). نتایج نشان داد ۷٤ روز پس از سبز شدن بیشترین میزان فلورسانس حداکثر (F_m) (٤۳۵) مربوط به محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل، تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس در شرایط آبیاری کامل بود و کمترین میزان آن (۱۵۳) مربوط به عدم محلول‌پاشی سایکوسل و عدم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.2.4]

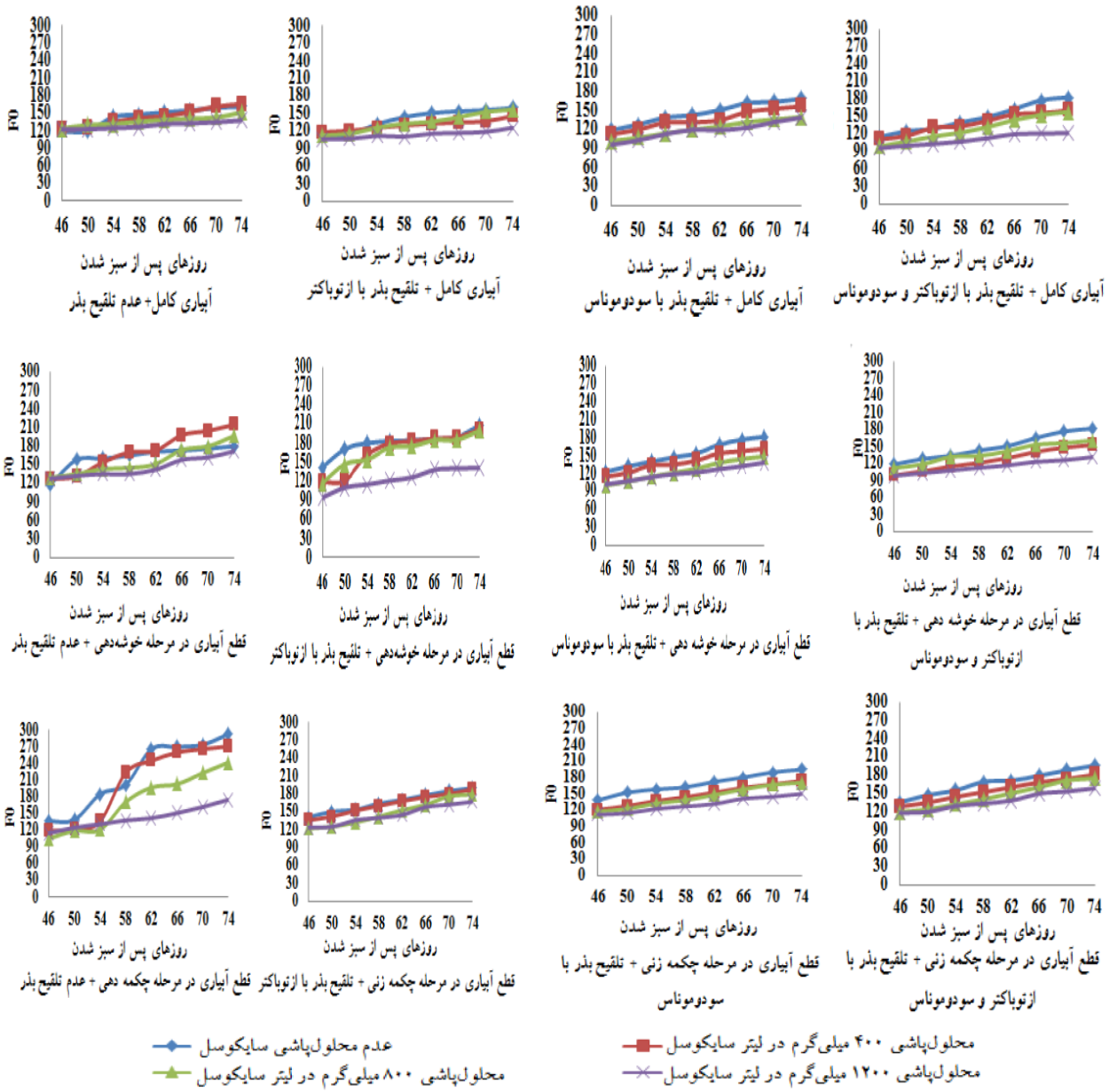


شکل ۱- تأثیر سایکوسل، کودهای بیولوژیک و محدودیت آبی بر محتوای کلروفیل (SPAD) گندم

تلقیح بذر در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی بود (شکل ٦). همانطور که قبلاً گفته شد تیمار محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و تلقیح توأم بذر با ازتوباکتر و سودوموناس به دلیل محتوای آب نسبی بالاتر (شکل ۳) نسبت به سایر تیمارها استفاده بهتری از رطوبت داشته و در دستگاه فتوسنتزی موجب جریان بهتر الکترون از فتوسیستم II به فتوسیستم I می‌گردد (Prakash and Ramachandran, 2005).

حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II (Fv/Fm): روند تغییرات حداکثر کارایی فتوشیمیایی II (Fv/Fm) در پاسخ به محلول‌پاشی سایکوسل و تلقیح با باکتری‌های محرک رشد در شرایط قطع آبیاری در مرحله خوشه‌دهی و آبیاری کامل از الگوی نسبتاً یکسانی برای تمام تیمارها تبعیت کرد (شکل ۷). به نظر می‌رسد محدودیت آبی در این مرحله موجب افزایش میزان فلورسانس حداقل (F_0) نشده است و از آنجایی که محدودیت آبی تأثیر افزایشی بر میزان فلورسانس حداکثر (F_m) نیز نداشته است به تبع آن نتوانسته است موجب کاهش حداکثر

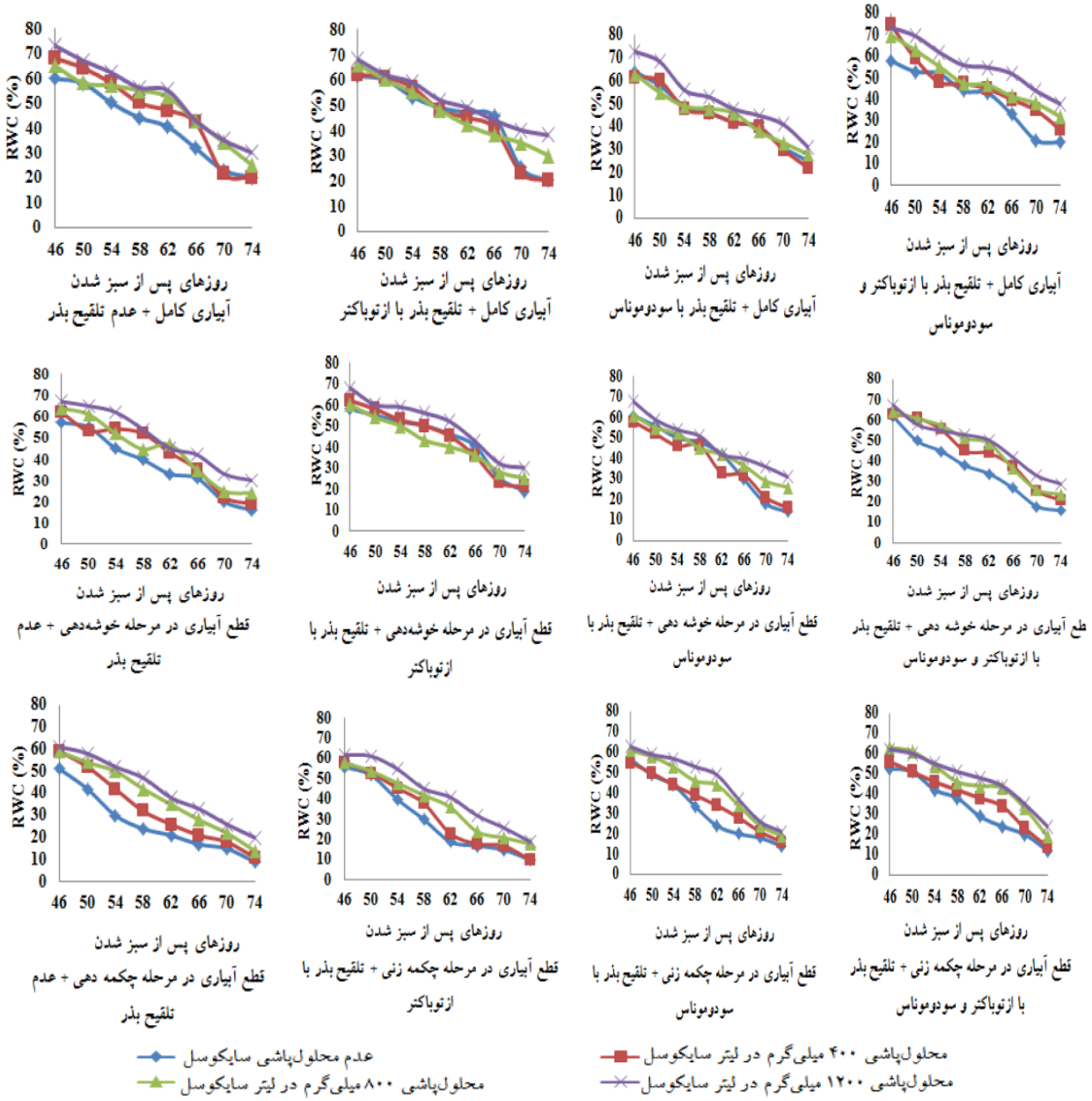
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.2.4]



شکل ۲- تأثیر سایکوسل، کودهای بیولوژیک و محدودیت آبی بر فلورسانس حداقل (F_0) گندم

کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II گردد و گیاه توانسته است با استفاده از سایکوسل و با کاربرد باکتری حتی در شرایط تنش نیز به خوبی فعالیت‌های فتوسنتزی خود را انجام دهد. در واقع این تیمارها توانسته‌اند با کاهش F_0 درشرایط قطع آبیاری در مرحله خوشه‌دهی، حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II را ثابت نگه دارند. ولی تفاوت بین تنش قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی و آبیاری کامل به خصوص در سه مرحله آخر اندازه‌گیری بسیار معنی‌دار بود. کارایی فتوسنتزی (Fv/Fm) در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی به شدت روند کاهشی داشت، به‌طوری‌که در تمامی تیمارهای مورد آزمایش (۷٤ روز پس از سبز شدن) حداکثر میزان Fv/Fm برگ پرچم در ترکیب تیماری محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل، تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس در شرایط آبیاری کامل و حداقل آن در ترکیب تیماری عدم محلول‌پاشی و عدم

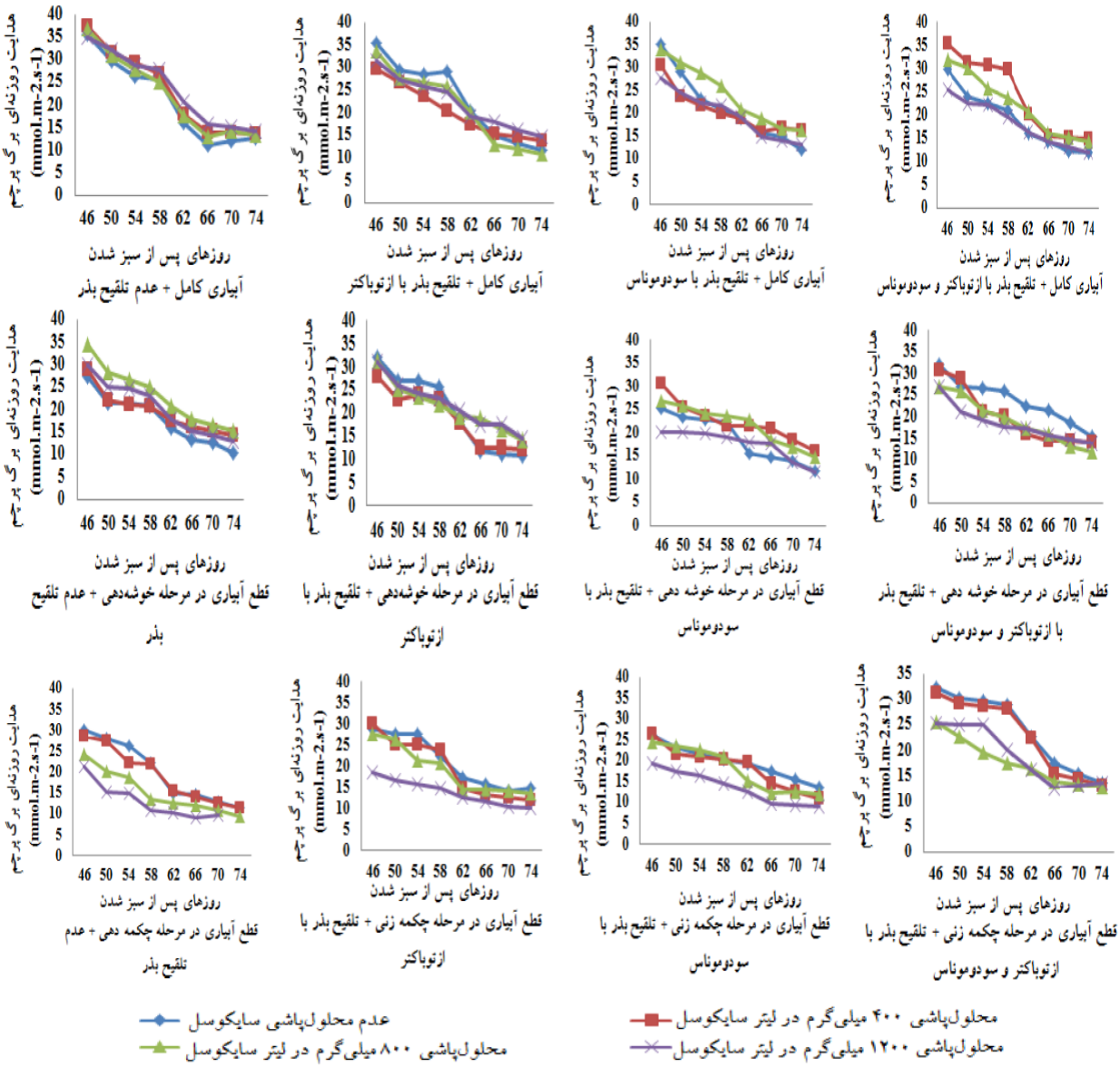
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.2.4]



شکل ۳- تأثیر سایکوسل، کودهای بیولوژیک و محدودیت آبیاری بر درصد رطوبت نسبی (RWC) گندم

کاربرد باکتری در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی بود که از اختلاف ٤٤ درصدی با یکدیگر برخوردار بودند (شکل ۷). گزارش‌ها در مورد اثر محدودیت آبی بر عملکرد PSII متناقض هستند، و مکان دقیق و مکانیسم‌هایی برای تخریب PSII هنوز روشن نشده است (Sperdouli and Moustakas, 2012). Shahbazi و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی پارامترهای فلورسانس گندم در شرایط تنش خشکی آخر فصل گزارش دادند که از بین پارامترهای فوق، فقط پارامتر F_v/F_m رابطه مثبتی با تحمل به تنش خشکی دارد و از آن به عنوان یک معیار مکمل در انتخاب برای تحمل به تنش کم‌آبی نام برد. به نظر می‌رسد در تیمارهایی که Fv/Fm 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. در این بررسی شاید کاهش در فتوسنتز به علت محدودیت آبی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.2.4]

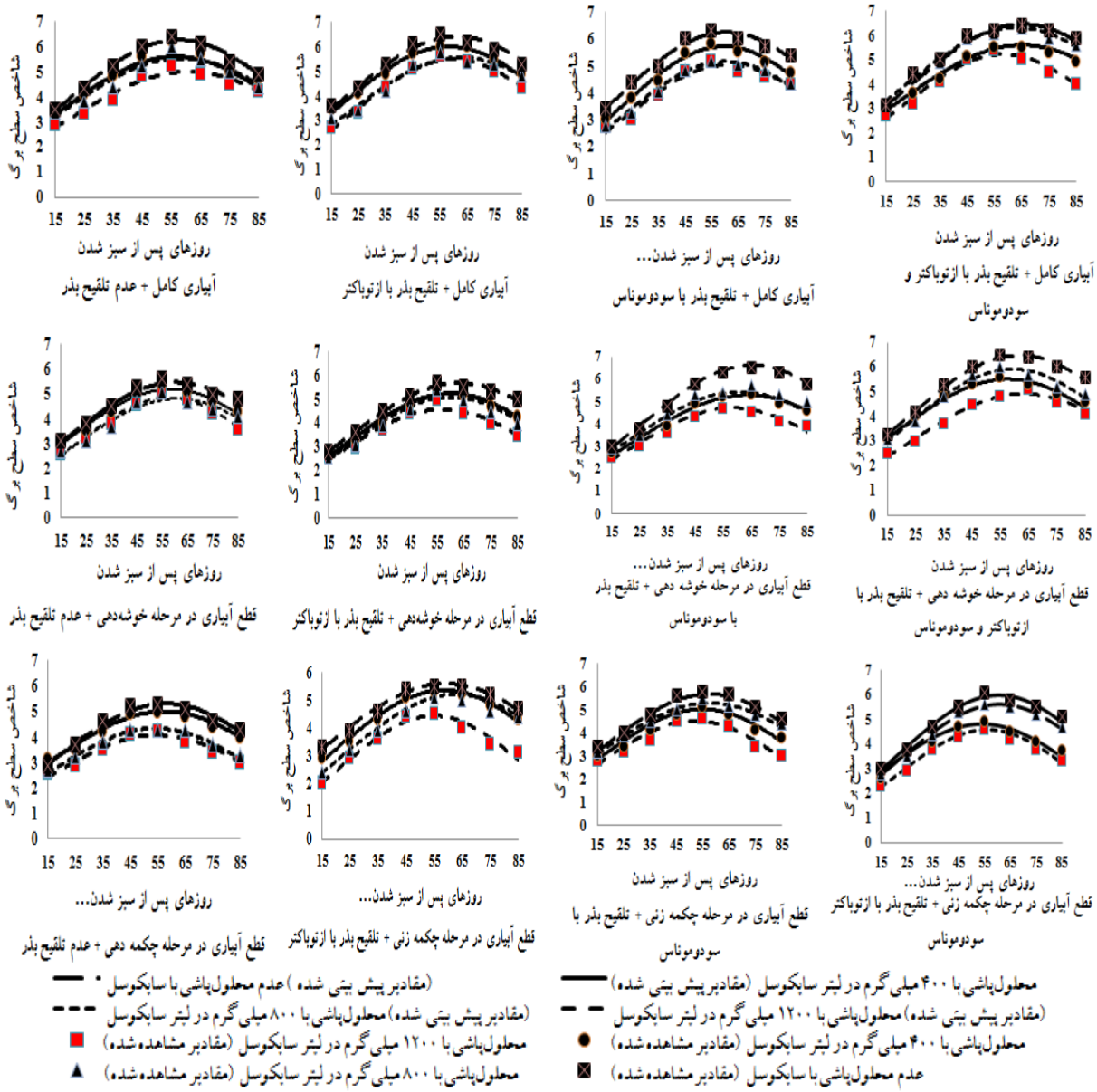


شکل ٤- تأثیر سایکوسل، کودهای بیولوژیک و محدودیت آبی بر هدایت روزنه‌ای گندم

در اثر محلول‌پاشی سایکوسل بیشتر ناشی از کاهش هدایت روزنه‌ها (شکل ۸) و نه کاهش در محتوای کلروفیل آن (شکل ۱) باشد. طبق نتایج به‌دست آمده در این مطالعه، محتوای کلروفیل در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی در اثر محلول‌پاشی سایکوسل تغییر چندانی نداشت. کوچکی (۱۳۷٦) اظهار داشت اگرچه سرعت فتوسنتز پس از مصرف این مواد کمی کاهش می‌یابد، ولی مصرف این مواد با تغییر هدایت روزنه‌ای به بهبود توازن آب و رشد گیاه در شرایط تنش کمک می‌کند. بر این اساس می‌توان اظهار داشت کاربرد سایکوسل موجب کاهش هدایت روزنه‌ای می‌شود (شکل ٤) و با کاهش هدایت روزنه‌ای، میزان فلورسانس کلروفیل (F_m) کاهش یافته و در نتیجه کارایی فتوسنتزی و محتوای کلروفیل (شکل ۱ و ۷) افزایش می‌یابد (Yordanov *et al.*, 2003). به طورکلی F_v به تغییرات فراساختاری حساس بوده و تنش‌های محیطی میزان F_v را به علت ممانعت از فتواکسیداسیون فتوسیستم II کاهش می‌دهند (Prakash and Ramachandran, 2005).

محتوای کلروفیل: نتایج بررسی روند تغییرات محتوای کلروفیل برگ پرچم در شرایط محدودیت آبی در شکل ۱

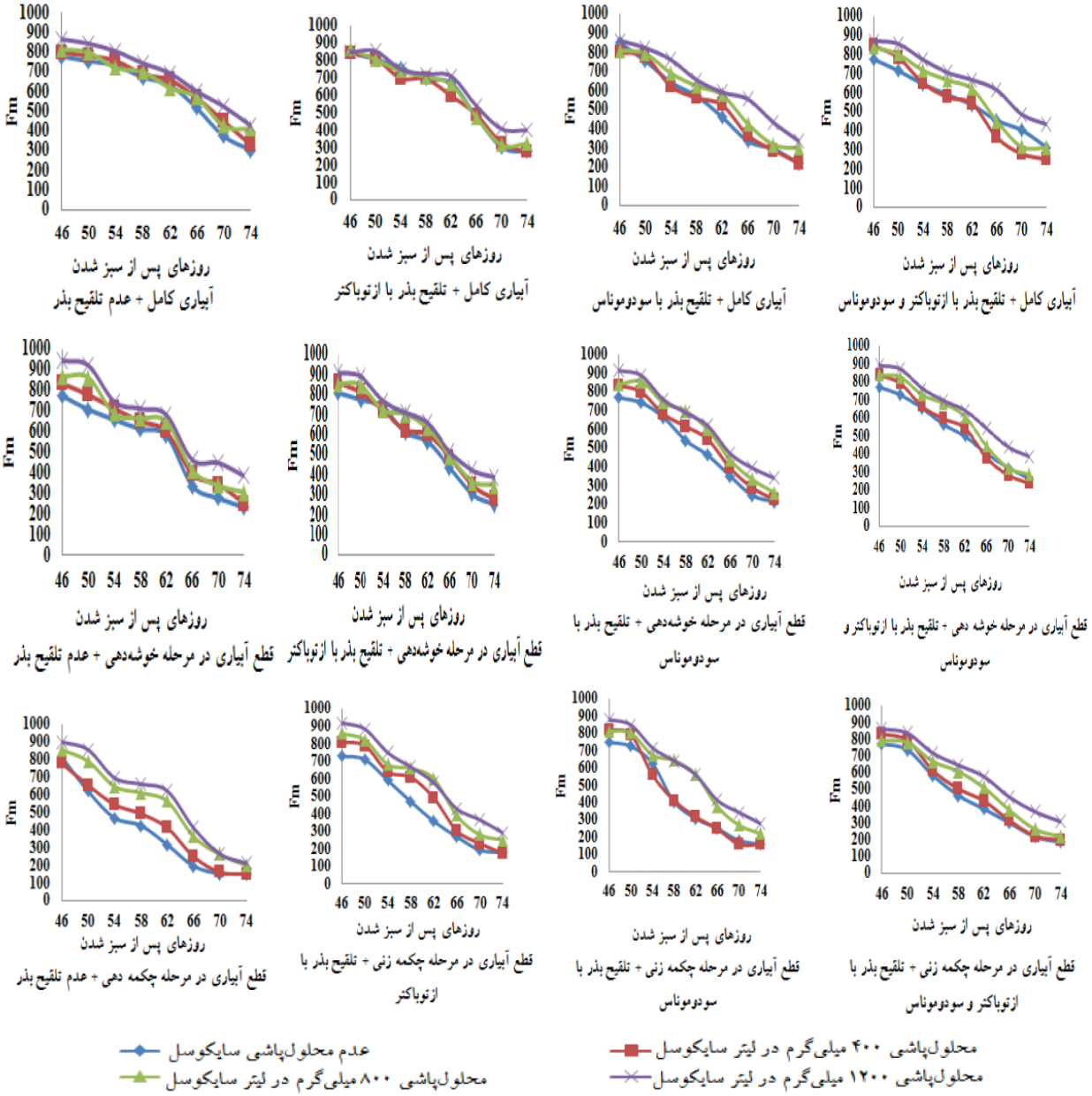
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.2.4]



شکل ۵- روند تغییرات اثر سایکوسل، کودهای بیولوژیک و محدودیت آبی بر شاخص سطح برگ (LAI) گندم

نشان می‌دهد که این تغییرات در تمامی تیمارها روند نزولی نسبتاً مشابهی داشت، به طوریکه محتوای کلروفیل در مراحل اول نمونه برداری بالا بوده است و سپس تا انتهای فصل رشد بدلیل نزدیک شدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی و همچنین پیر شدن برگ‌ها روند نزولی داشت. نتایج نشان داد در اثر محلول‌پاشی سایکوسل، روند تغییرات عدد کلروفیل سنج نوسان کمتری نشان داد. به‌طوری‌که در تمامی تیمارهای مورد آزمایش (۷٤ روز پس از سبز شدن) حداکثر محتوای کلروفیل برگ پرچم در ترکیب تیماری محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل، تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس در شرایط آبیاری کامل و حداقل محتوای آن در ترکیب تیماری عدم محلول‌پاشی و عدم کاربرد باکتری در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی بود که از اختلاف ٦۸ درصدی نسبت به یکدیگر برخوردار بودند (شکل ۱). این در حالی است که بیشترین و کمترین میزان فلورسانس کلروفیل نیز (Fv/Fm) در همین تیمارها بدست آمد (شکل ۷). در این بررسی به نظرمی‌رسد علت کاهش Fv/Fm ناشی از وقوع آشفتگی در کلروپلاست باشد. کاهش عدد کلروفیل تقریباً در هر سه زمان

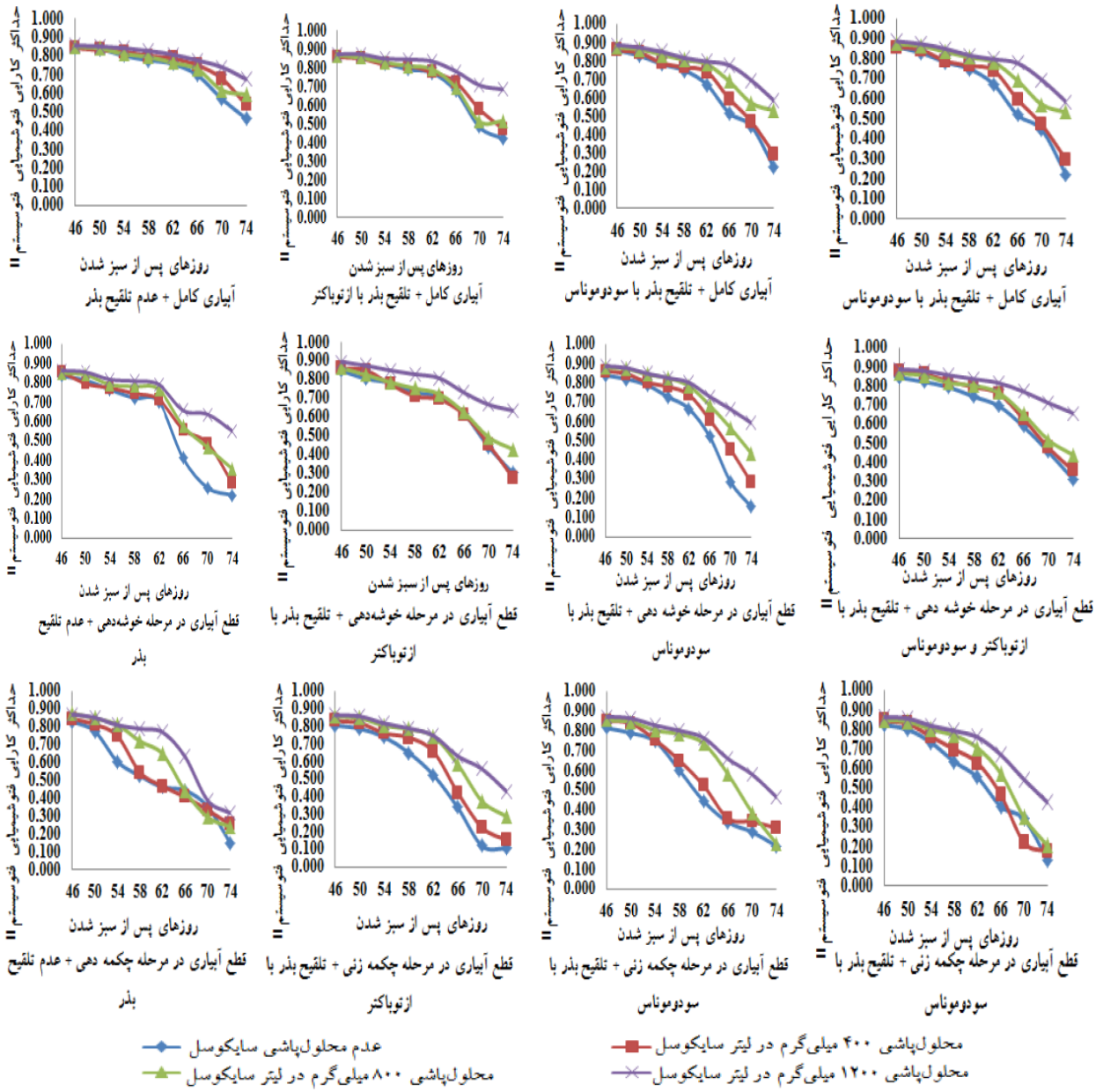
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.2.4]



شکل ٦- تأثیر سایکوسل، کودهای بیولوژیک و محدودیت آبی بر فلورسانس حداکثر (F_m) گندم

تنش در گونه‌های گندم موید همین موضوع است. زیرا فلورسانس کلروفیل به طور مستقیم به فعالیت کلروفیل در مرکز واکنش فتوسیستم‌ها ارتباط داشته و می‌توان از آن به عنوان معیاری برای اندازه‌گیری کارایی فتوسنتز استفاده نمود (Maxwell and Johnson, 2000). کاهش در میزان کلروفیل در اثر تنش خشکی به علت افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول است که این رادیکال‌ها موجب پراکسیداسیون و تجزیه این رنگدانه‌ها می‌شوند (Schutz and Fangmier, 2001). به نظر می‌رسد افزایش در میزان کلروفیل در شرایط قطع آبیاری در اثر محلول‌پاشی سایکوسل ناشی از کاهش هدایت روزنه‌ای (شکل ٤) و کاهش سطح برگ (شکل ٥) می‌باشد و کاهش سطح برگ موجب افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ می‌گردد. همچنین افزایش سطح غلظت کلروفیل در برگ‌های گیاهان تیمار شده با سایکوسل

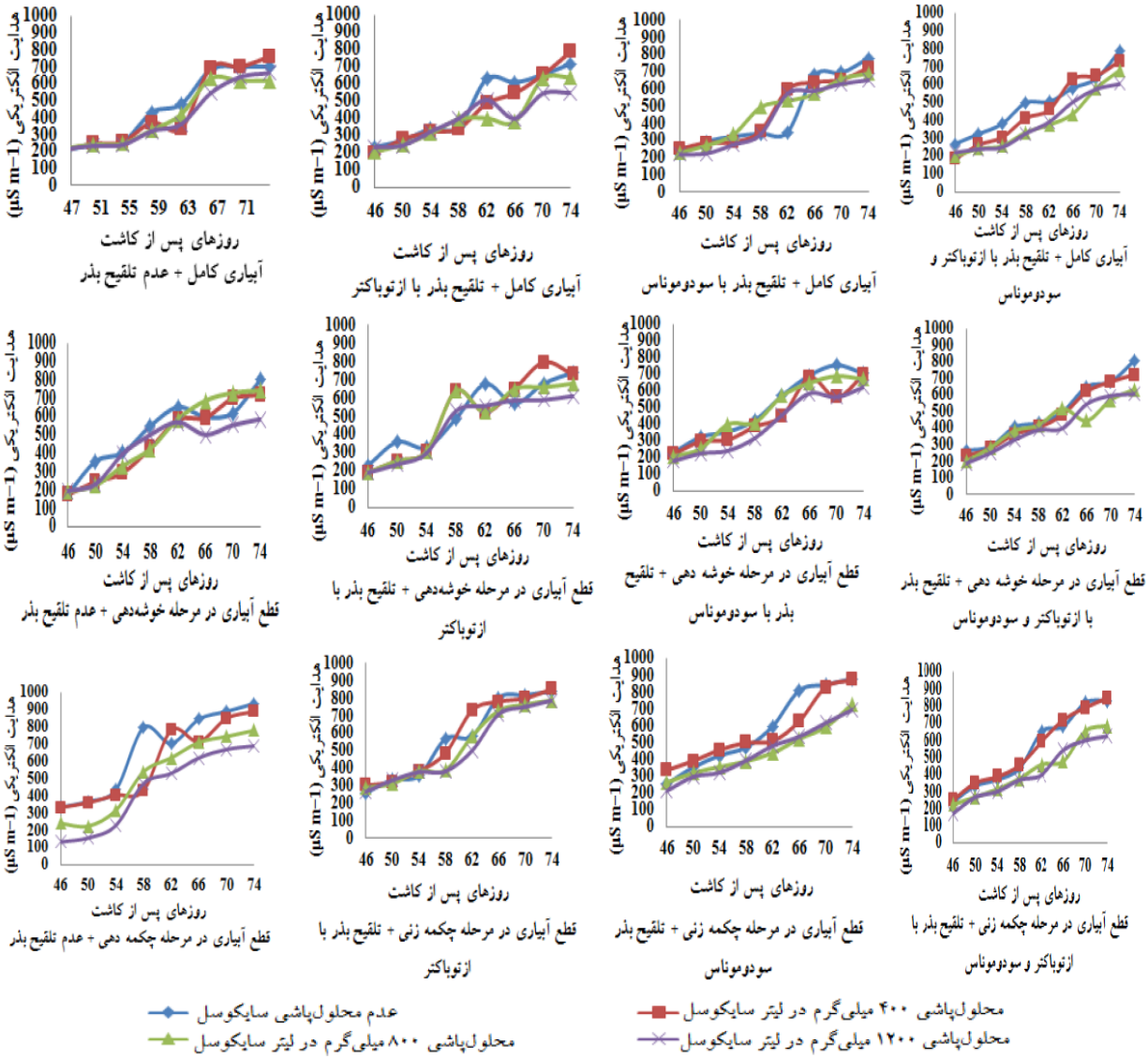
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.2.4]



شکل ۷- تأثیر سایکوسل، کودهای بیولوژیک و محدودیت آبی بر حداکثر کارایی فتوشیمیایی II (F_v/F_m) گندم

ممکن است به دلیل تأثیر کند کننده رشد سایکوسل در به تأخیر انداختن پیری برگ و در نتیجه حفظ رنگدانه سبز و جلوگیری از تجزیه آن باشد (Hosni, 1996). مشاهدات Dehnavy و همکاران (۲۰۰٤) در استفاده از سایکوسل نشان داد که افزایش محتوای کلروفیل در ارقام متحمل به خشکی به دلیل سطح برگ کوچکتر بود. Memari و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که کاربرد سایکوسل (۵۰۰ میلی گرم بر لیتر) محتوای کلروفیل ارقام زیتون را افزایش داد. Hewedy (۱۹۹۹) اثرات مفید تلقیح باکتری بر افزایش محتوای کلروفیل را به در دسترس بودن بالاتر نیتروژن بواسطه تثبیت نیتروژن توسط ازتوباکتر نسبت دادند. وی اظهار داشت افزایش سطوح اتیلن توسط تنش شوری و خشکی می‌تواند منجر به پیری برگ گردد، ولی در حضور باکتری‌های حاوی ACC دی آمیناز، ساخت اتیلن به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد بنابراین تجزیه کلروفیل کاهش می‌یابد. Heidari و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند در شرایط مزرعه، تحت شرایط تنش خشکی، تلقیح بذر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.2.4]



شکل ۸- تأثیر سایکوسل، کودهای بیولوژیک و محدودیت آبی بر هدایت الکتریکی (EC) برگ پرچم گندم

با PGPR، میزان پرولین و کلروفیل را افزایش داد.

محتوای آب نسبی برگ (RWC): تأثیر محدودیت آبی بر روند تغییرات محتوای آب نسبی برگ پرچم در طول فصل رشد از الگوی نسبتاً یکسانی برای تمامی تیمارها تبعیت کرد. با قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی میزان این کاهش نسبت به قطع آبیاری در مرحله خوشه‌دهی و آبیاری کامل بسیار بارزتر بود (شکل ۳). بیشترین و کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ پرچم در ۷٤ روز پس از سبز شدن، به ترتیب در تیمار محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس در شرایط عدم قطع آبیاری و تیمار عدم اعمال سایکوسل و عدم کاربرد باکتری در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی به‌دست آمد (شکل ۳). تیمار سایکوسل علاوه بر بهبود رشد رویشی موجب بهبود محتوای رطوبت نسبی و محتوای کلروفیل برگ می‌شود. به‌طوری‌که کاربرد ۱۲۰۰ میلی گرم بر لیتر سایکوسل به طور معنی داری محتوای رطوبت نسبی را تا ٤٥ درصد در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی افزایش داد در حالیکه سایر تیمارهای سایکوسل اختلاف قابل توجهی نداشتند. Angadi و Entz (۲۰۰۲) گزارش کردند که RWC در آفتابگردان در شرایط تنش خشکی کاهش یافت.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.2.4]

هدایت الکتریکی (EC): بررسی روند تغییرات هدایت الکتریکی در پاسخ به محدودیت آبی در طول فصل رشد نشان داد که هدایت الکتریکی برگ پرچم در اثر محلول‌پاشی سایکوسل و تلقیح بذر با باکتری نسبت به شاهد در اکثر مراحل به خصوص در سه مرحله انتهایی کاهش یافته است (شکل ٤). به طوری که ۷٤ روز پس از سبز شدن، بیشترین هدایت الکتریکی مربوط به تیمار عدم اعمال سایکوسل و عدم کاربرد باکتری در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی و کمترین آن از تیمار محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس در شرایط آبیاری کامل به‌دست آمد (شکل ٤). دلیل افزایش هدایت الکتریکی در شرایط تنش، 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 می‌گردند که در نتیجه آن غشای سلولی پاره شده و باعث افزایش نشت یونی به بیرون از سلول می‌شود (Mohammadkhani and Heidari, 2007). مقدار هدایت الکتریکی در تیمارهای تنش قطع آبیاری در مرحله خوشه‌دهی اختلاف چندانی با شاهد نداشتند و این موضوع می‌تواند نشان دهنده سازگاری بیشتر سایکوسل و تلقیح بذر با باکتری نسبت به قطع آبیاری در این مرحله از تنش باشد. به نظر می‌رسد استفاده از این تیمارها موجب کاهش هدایت روزنه‌ای (شکل ٤) و افزایش درصد محتوای نسبی آب برگ (شکل ۳) شده و فشار درون سلول برای رشد و در نهایت اتساع دیواره سلول افزایش می‌یابد و همین مسئله موجب کاهش پارگی غشای سلولی و نشت یونی می‌گردد (Poormosavi *et al.*, 2007).

هدایت روزنه‌ای: بررسی روند تغییرات هدایت روزنه‌ای در بین تیمارهای آزمایش نشان داد که هدایت روزنه‌ای برگ پرچم در طول دوره رشد گیاه با گذشت زمان از روند کاهشی برخوردار بودند (شکل ۸). کاهش هدایت روزنه‌ای در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی و خوشه‌دهی نسبت به آبیاری کامل به ترتیب ۱۸٪ و ۱٦٪ بود. نتایج ما با اطلاعات به دست آمده از Angadi و Entz (۲۰۰۲) در مورد کاهش هدایت روزنه‌ای در گیاهانی که در معرض تنش خشکی بودند مطابقت داشت. کاربرد ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی موجب افزایش مقاومت روزنه‌ای و افزایش عملکرد گندم در مقایسه با شاهد گردید. احتمالاً سایکوسل موجب بهبود توازن آب و جلوگیری از پژمردگی در شرایط تنش کم‌آبی می‌شود. در سطوح تنش، قطع آبیاری در مرحله خوشه‌دهی و پیش تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد هدایت روزنه‌ای را افزایش داد. به نظر می‌رسد پیش تیمار با باکتری موجب گسترش ریشه و دسترسی بهتر به منابع آبی شده و از این طریق موجب کاهش آبسیزیک اسید و افزایش هدایت روزنه‌ای شده است. کاهش هدایت روزنه‌ای، بیان کننده تغییر در موقعیت اسمزی ریشه است که به سرعت روابط آبی را در اندام‌های هوایی تحت تأثیر قرار می‌دهد (Rodriguez *et al.*, 2005). بررسی Nadeem و همکاران (۲۰۱٤) نشان دادند تلقیح بذر با این باکتری‌ها به دلیل توانایی آن‌ها در تولید ACC- دی آمیناز، موجب کاهش سطح اتیلن، گسترش ریشه و بهبود بقای گیاهچه‌ها در طول چند روز اول پس از کاشت می‌گردد. علاوه بر این، باکتری‌های PGPR با تولید آنزیم ACC- دی آمیناز می‌توانند از پیش ساز ACC که برای تولید اتیلن استفاده می‌شوند به عنوان منبعی از نیتروژن، بلافاصله استفاده کرده و با هیدرولیز ACC باعث کاهش میزان اتیلن در گیاه شده که به دنبال آن رشد ریشه افزایش می‌یابد (Glick, 2014; Belimov *et al.*, 2009).

شاخص سطح برگ (LAI): تغییرات شاخص سطح برگ در پاسخ به محدودیت آبی در طول فصل رشد (شکل ۵) برای تمامی تیمارها روند نسبتاً مشابهی داشت و زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ در تیمار قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی بسیار کمتر از قطع آبیاری در مرحله خوشه‌دهی و آبیاری کامل بود. به طوریکه در ابتدای فصل رشد میزان این شاخص با شیب کم و بعد از آن تا حداکثر ٦۵ روز پس از سبز شدن به سرعت افزایش یافت و سپس در انتهای فصل رشد به دلیل زرد شدن و همچنین ریزش برگ‌ها روند نزولی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.2.4]

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد گندم متأثر از محلول‌پاشی سایکوسل، باکتری‌های محرک رشد و محدودیت آبی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
		عملکرد دانه
تکرار	۲	۲۰۶۱۰/۸۸
تنش کم آبی (I)	۲	۱۲۴۳۴۹۴۱/۸۹**
باکتری محرک رشد (P)	۳	۲۴۲۶۱۸۵/۷۴**
سایکوسل (C)	۳	۳۵۷۴۳۳۰/۱۳**
تنش کم‌آبی × باکتری محرک رشد (I ×P)	۶	۱۳۸۸۹۶/۷۲ ns
تنش کم‌آبی × سایکوسل (I ×C)	۶	۶۹۵۵۷/۲۴ ns
باکتری محرک رشد × سایکوسل (P×C)	۹	۲۲۴۹۲۳/۱۶*
تنش کم‌آبی × باکتری محرک رشد× سایکوسل (I × P×C)	۱۸	۱۷۰۷۲۸/۲۰*
خطای آزمایشی		۹۵۱۶۴/۸۹
ضریب تغییرات		۱۳/۰۸

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

مشاهده شد. بررسی روند تغییرات این شاخص نشان داد که کاربرد توأم سایکوسل و تلقیح بذر بیشترین اثرات محرک را بر شاخص سطح برگ این گیاه داشته است. در این بین ترکیب تیماری عدم محلول‌پاشی سایکوسل و تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس دارای بیشترین مقدار LAI و ترکیب تیماری محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و عدم پیش تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد دارای کمترین مقدار در ٦٥ روز پس از سبز شدن در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی بودند (شکل ۵). به نظر می‌رسد این کاهش در نتیجه افزایش سن گیاه، پیری برگ‌ها و نیاز بالای گیاه برای پر شدن دانه‌ها، کاهش محتوای نسبی کلروفیل و هدایت روزنه‌ای (شکل‌های ۱ و ٤) و عدم توانایی آن‌ها در ساخت مواد فتوسنتزی و در نهایت با ریزش آن‌ها همراه باشد. کاهش سطح برگ در اثر کاربرد سایکوسل ممکن است به دلیل ممانعت از سنتز جیبرلین، افزایش محتوای آبسیزیک اسید و ممانعت از طویل شدن سلول درون برگ باشد، که با نتایج به‌دست آمده از Gopi و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت داشت. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان پیشنهاد کرد افزایش غلظت سایکوسل، موجب کاهش سطح برگ، افزایش غلظت کلروفیل (شکل ۱)، افزایش کارایی فتوسنتز (شکل ۷) و در نتیجه موجب افزایش عملکرد (جدول ۲) در تمام سطوح تنش می‌شود. بررسی‌های Seyed Sharifi (۲۰۱۱) در پیش تیمار بذر ارقام ذرت با باکتری‌های محرک رشد نشان داد که پیش تیمار بذر با ازتوباکتر از سرعت رشد محصول بالاتری در تمامی ارقام مورد بررسی در مقایسه با عدم پیش تیمار بذر برخوردار بود. وی علت احتمالی افزایش رشد محصول را به تولید هورمون‌هایی نظیر اکسین، جیبرلین و ویتامین‌های B، ترشح سیدروفر و اسیدهای آلی در ریزوسفر نسبت داد. Nadeem و همکاران (۲۰۱٤) گزارش کردند باکتری‌های محرک رشد حاوی ACC دی آمیناز، رشد گیاهان را در شرایط تنش تسریع می‌کنند. این افزایش رشد ممکن است با کاهش غلظت اتیلن به دلیل افزایش فعالیت ACC- دی آمیناز یا تولید پلی ساکاریدها مرتبط باشد.

عملکرد دانه: در این بررسی عملکرد دانه تحت تأثیر محدودیت کم‌آبی، سایکوسل، تلقیح بذر با باکتری محرک رشد و اثرات ترکیب تیماری این عوامل قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین اثرات ترکیب این عوامل بر روی عملکرد دانه (۳۸۲۲/۲ کیلوگرم بر هکتار) مربوط به محلول‌پاشی ۱۲۰۰

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.2.4]

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل سایکوسل، باکتری‌های محرک رشد و محدودیت آبی بر عملکرد گندم

ترکیب تیماری	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	ترکیب تیماری	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
$I_1 \times P_0 \times C_0$	۲٤۲۳/۷ i-n	$I_1 \times P_2 \times C_0$	۲٥٦٤/٦ g-l
$I_1 \times P_0 \times C_1$	۲٦۳٦/٤ g-k	$I_1 \times P_2 \times C_1$	۳۲۸٦/۱ bcd
$I_1 \times P_0 \times C_2$	۲۷۹۹/۳ d-i	$I_1 \times P_2 \times C_2$	۲۷٦۰/٤ e-j
$I_1 \times P_0 \times C_3$	۲۹٤۲/٤ c-h	$I_1 \times P_2 \times C_3$	۳۲۳٤/۷ b-e
$I_1 \times P_1 \times C_0$	۲٤۸٥/٤ h-m	$I_1 \times P_3 \times C_0$	۲۹٥۷/٦ c-h
$I_1 \times P_1 \times C_1$	۲۰۷۹/۲ l-q	$I_1 \times P_3 \times C_1$	۲۷۳٦/۱ e-j
$I_1 \times P_1 \times C_2$	۲۷۷٦/٤ e-j	$I_1 \times P_3 \times C_2$	۳٦۸۲/٦ ab
$I_1 \times P_1 \times C_3$	۳۱٦۷/٤ c-f	$I_1 \times P_3 \times C_3$	۳۸۲۲/۲ a
$I_2 \times P_0 \times C_0$	۱۸۱۳/۲ o-u	$I_2 \times P_2 \times C_0$	۲۱۳۷/٥ k-q
$I_2 \times P_0 \times C_1$	۱۸۳۳/٤ o-u	$I_2 \times P_2 \times C_1$	۲٤۱۹/۲ i-n
$I_2 \times P_0 \times C_2$	۲۳٤٥/۳ i-n	$I_2 \times P_2 \times C_2$	۲۰۷۰/۸ l-r
$I_2 \times P_0 \times C_3$	۲٤۷۷/۱ h-m	$I_2 \times P_2 \times C_3$	۲۷۱٥/۳ f-g
$I_2 \times P_1 \times C_0$	۱٥۷٤/۳ r-u	$I_2 \times P_3 \times C_0$	۲۱۰۷/۲ l-q
$I_2 \times P_1 \times C_1$	۲۰۷۱/۸ l-r	$I_2 \times P_3 \times C_1$	۲۳۱۳/۲ i-o
$I_2 \times P_1 \times C_2$	۱۷٥٦/۹ p-u	$I_2 \times P_3 \times C_2$	۳۰۲۸/٥ c-g
$I_2 \times P_1 \times C_3$	۲٥۱۹ h-m	$I_2 \times P_3 \times C_3$	۳٤۲۷/۲ abc
$I_3 \times P_0 \times C_0$	۱٤٦۸/٥ ut	$I_3 \times P_2 \times C_0$	۱٦٥۹ q-u
$I_3 \times P_0 \times C_1$	۱٤۰۹/۷ u	$I_3 \times P_2 \times C_1$	۱۷۷۰/۱ p-u
$I_3 \times P_0 \times C_2$	۱٥٦۷/٤ tsu	$I_3 \times P_2 \times C_2$	۱۹٤۰/۳ n-t
$I_3 \times P_0 \times C_3$	۲۲۹۸/٦ j-o	$I_3 \times P_2 \times C_3$	۲۳۷۹/۲ i-n
$I_3 \times P_1 \times C_0$	۱۸٤۲/٤ o-u	$I_3 \times P_3 \times C_0$	۱۷۸۹/٦ p-u
$I_3 \times P_1 \times C_1$	۱٥۱۸/۸ tu	$I_3 \times P_3 \times C_1$	۲۰٤۳/۸ m-s
$I_3 \times P_1 \times C_2$	۱۹۲۹/۹ n-t	$I_3 \times P_3 \times C_2$	۲۱۷۰/۱ k-p
$I_3 \times P_1 \times C_3$	۲۰٤۱/۷ m-s	$I_3 \times P_3 \times C_3$	۲۳٥۱/۰ i-n

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند I_1، I_2 و I_3 آبیاری کامل، آبیاری تا مرحله خوشه‌دهی و آبیاری تا مرحله چکمه‌زنی P_0، P_1، P_2 و P_3 به ترتیب عدم تلقیح، تلقیح بذر با ازتوباکتر، سودوموناس و تلقیح توام این دو باکتری C_0، C_1، C_2 و C_3 به ترتیب عدم مصرف و مصرف ٤۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل.

میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس در شرایط آبیاری کامل مشاهده شد و کمترین آن (۱٤۰۹/۷ کیلوگرم بر هکتار) مربوط به عدم محلول‌پاشی سایکوسل و عدم تلقیح بذر در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی بود (جدول ۳). محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس عملکرد گندم را به ترتیب ٦۳/٤۱، ٥۲/۹۰ و ٦۲/٤٦ درصد در شرایط آبیاری کامل، قطع آبیاری در مرحله خوشه‌دهی و قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی افزایش داد. مقایسه میانگین ترکیب تیماری باکتری محرک رشد و سایکوسل نشان داد بیشترین

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.2.4]

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل سایکوسل، باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و شاخص برداشت گندم

ترکیب تیماری	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	ترکیب تیماری	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
$P_0 \times C_0$	۱۹۰۱/۸ ^{e}	$P_2 \times C_0$	۲۱۲۰/٤ ^{de}
$P_0 \times C_1$	۱۹۵۹/۰ ^{e}	$P_2 \times C_1$	۲٤۹۱/۸ ^{bcd}
$P_0 \times C_2$	۲۲۳۷/۳ ^{de}	$P_2 \times C_2$	۲۲۵۷/۲ ^{de}
$P_0 \times C_3$	۲۵۷۲/۷ ^{bcd}	$P_2 \times C_3$	۲۷۷٦/٤ ^{abc}
$P_1 \times C_0$	۱۹٦۷/٤ ^{e}	$P_3 \times C_0$	۲۲۸٤/۸ ^{cde}
$P_1 \times C_1$	۱۸۸۹/۹ ^{e}	$P_3 \times C_1$	۲۳٦٤/٤ ^{cde}
$P_1 \times C_2$	۲۱۵٤/٤ ^{de}	$P_3 \times C_2$	۲۹٦۰/٤ ^{ab}
$P_1 \times C_3$	۲۵۷٦/۰ ^{bcd}	$P_3 \times C_3$	۳۲۰۰/۱ ^{a}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند. P_0، P_1، P_2 و P_3 به ترتیب عدم تلقیح، تلقیح بذر با ازتوباکتر، سودوموناس و تلقیح توام این دو باکتری C_0، C_1، C_2 و C_3 به ترتیب عدم مصرف و مصرف ٤۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل.

عملکرد دانه (۳۲۰۰/۱ کیلوگرم بر هکتار) به گیاهان محلول‌پاشی شده با ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس و کمترین آن (۱۸۸۹/۹ کیلوگرم بر هکتار) مربوط به محلول‌پاشی ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و تلقیح بذر با ازتوباکتر تعلق داشت که البته با تیمار عدم محلول‌پاشی سایکوسل و عدم تلقیح بذر اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (جدول ٤).

به نظر می‌رسد بخشی از افزایش عملکرد در گیاهان تیمار شده با سایکوسل ناشی از افزایش کارایی فتوسنتزی، محتوای کلروفیل، محتوای رطوبت نسبی و مقاومت روزنه‌ای در برگ‌های گیاهان باشد (شکل‌های ۳، ٤، ۵ و ۷). کاربرد سایکوسل ممکن است محتوای کلروفیل برگ‌ها را به دلیل بسته شدن روزنه و کاهش سطح برگ افزایش دهد که می‌تواند با افزایش طول دوره منبع برای بهبود کارایی تخصیص و افزایش بهره‌وری منجر گردد. از نقطه نظر بیوشیمیایی، سایکوسل از سنتزانت- کائورن در چرخه بیوسنتز جیبرلین ممانعت می‌کند که منجر به کمبود جیبرلین و سپس کاهش پتانسیل رشد رویشی می‌گردد که در نتیجه موجب افزایش ظرفیت فتوسنتزی و تخصیص مواد فتوسنتزی به بذرها می‌گردد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۹). محلول‌پاشی سایکوسل انتقال سیتوکینین را از ریشه‌ها به ساقه، که منجر به طولانی شدن رشد رویشی و افزایش عملکرد می‌گردد افزایش داد (Omidi *et al.*, 2005). برخی معتقدند سایکوسل اندازه مقصد را قبل و بعد از گلدهی به دلیل اثرات فیدبک مثبت و سرعت فتوسنتزی مقصد گیاه، و حجم مواد انتقالی برای پر شدن دانه افزایش می‌دهد (Emam *et al.*, 1996). بنابراین محلول‌پاشی سایکوسل ممکن است یک عمل امید بخش برای بهبود عملکرد محصول تحت شرایط رشد نامطلوب باشد. محلول‌پاشی سایکوسل در خردل عملکرد دانه و اجزای عملکرد را تا ۵۰٪ افزایش داد (Saini *et al.*, 1987). در تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد، به دلیل تأثیر مثبتی که طی فرآیندهای مختلفی از قبیل تثبیت نیتروژن، تولید هورمون‌های محرک رشد و ترشح آنزیم‌های فسفاتاز و اسیدهای آلی دارند سبب افزایش عملکرد و اجزاء عملکرد در گیاهان می‌شوند (Vessey, 2003). Shaalan (۲۰۰۵) اظهار داشت باکتری‌های محرک رشد با فراهم کردن مواد غذایی ماکرو و میکرو برای رشد گیاه، تحریک تولید مواد و توسعه سیستم ریشه، تثبیت نیتروژن و رهاسازی آن در مراحل حساس نیاز کودی (Kaya *et al.*, 2002)، توانایی باکتری‌ها در حذف عوامل بیماری زای خاکزی، تولید مواد محرک رشد و تنظیم کننده‌های رشد گیاهی مانند جیبرلین‌ها، سیتوکینین‌ها و اکسین، افزایش قابلیت دسترسی به عناصر غذایی و توسعه سیستم ریشه‌ای به منظور دست‌یابی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.2.4]

بیش‌تر به آب و موادغذایی (Rudresha *et al.*, 2005) عملکرد گیاه را افزایش می‌دهند.

نتیجه‌گیری:

به طور کلی تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد به خصوص سودوموناس و ازتوباکتر در محلول پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل با افزایش شاخص‌های فلورسانس کلروفیل، محتوای کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و کاهش شاخص سطح برگ در طول فصل رشد، موجب افزایش عملکرد دانه گندم در شرایط محدودیت آبی گردید. بیشترین عملکرد دانه به ترکیب تیماری تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس، بالاترین سطح سایکوسل در شرایط آبیاری کامل تعلق داشت. اعمال قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی موجب بیشترین کاهش در شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و صفات فیزیولوژیک گندم شد. محلول پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس عملکرد گندم را به ترتیب ٦۳/٤۱، ۵۲/۹۰ و ٦۲/٤٦ درصد در شرایط آبیاری کامل، قطع آبیاری در مرحله خوشه‌دهی و قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی افزایش داد. از این روی به نظر می‌رسد به منظور بهبود عملکرد گندم در شرایط تنش، استفاده از باکتری‌های محرک‌های رشد و تنظیم کننده سایکوسل عاملی مناسب باشد.

منابع:

کوچکی، ع. (۱۳۷٦) به زراعی و به نژادی در زراعت دیم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

زمانیان، م.، سیادت، ع.ا.، فتحی، ق.ا.، چوکان، ر.، جعفری، ع.ا.، بخشنده، ع. و مقدم، ع. (۱۳۹۲) استفاده از مؤلفه‌های فلورسانس کلروفیل در گزینش ارقام متحمل به سرما در برخی از گونه‌های شبدر، مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲: ۲٦۷-۲۵۱.

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 conditions. Field Crops Research 55: 209-223.

Attia, A. A. M. (2004) Physiological studies on some ornamental bulbs. PhD. Thesis, Fac Agric. Kafr El-Sheikh, Tanta Univ, Egypt.

Bauer, A., Frank, B. and Black, A. L. (1984) Estimation of spring leaf growth rates and anthesis from air temperature. Agronomy Journal 76: 829-835.

Belimov, A. A., Dodd, I. C., Hontzeas, N., Theobald, J. C., Safronova, V. I. and Davies, W. J. (2009) Rhizosphere bacteria containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase increase yield of plants grown in drying soil via both local and systemic hormone signalling. New Phytology 181: 413–423.

Chaves, M. M., Flexas, J. and Pinheiro, C. (2009) Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. Annals of Botany 103: 551-560.

Dehnavy, M. M., Sanavy, S. A. M., Sorushzadeh, A. and Jalili, M. (2004) Changes in proline, total soluble sugars, SPAD and chlorophyll fluorescence in winter sunflower cultivars under drought stress and foliar application of zinc and manganese. Desert Journal 9: 93-109.

Emam, Y., Tafzali, A. and Karimi, H. R. (1996) The effect of chloromequat (cycocel) on growth and development of ghodswheat. Journal of Iran Agronomy Science 27: 23-30.

Fendina, I. S., Tsonev, T. and Guleva, E. L. (1993) The effect of pretreatment with praline on the responses of (*Pisum sativum* L.) to salt stress. Photosynthetica 29:521-527.

Flexas, J., Barón, M., Bota, J., Ducruet, J. M., Gallé, A., Galmés, J., Jiménez, M., Pou, A., Ribas-Carbó, M., Sajnani, C., Tomàs, M. and Medrano, H. (2009). Photosynthesis limitations water stress acclimation and recovery in the drought-adapted Vitis hybrid Richter-110 (V. berlandieri × V. rupestris). Journal of Experimental Botany 60: 2361–2377.

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

Gopi, R., Sridharon, R., Somasundaram, R., Alagulakshmanan, G. M. and anneerselvam, R. P. (2005) Growth and photosynthetic characteristics as affected by triazols in Amorphophallus campanulatus. Genetics and Applied Plant Physiology 31: 171-180.

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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.2.4]

Hosni, A. M. (1996) Response of potted Chrysanthemum [Dendrathema grandiflorum (Ramat) Kitamural] cv Galaxy,with uniconazole and chlormequat (Ramat) Kitamural] cv Galaxy,with uniconazole and chlormequat foliar sprays on medium drenches. Annals of Agricultural Science 41: 367-385.

Heidari, M., Mousavinik, S.M., Golpayegani, A. (2011) Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) effect on physiological parameters and mineral uptake in basil (*Ociumum basilicm* L.)under water stress. Journal of Agricultural and Biological Science 6: 6–11.

Kaya, Y. K., Arisoy, R. Z. and Gocmen, A. (2002) Variation in grain yield and quality traits of bread wheat genotypes by zinc fertilization. Pakistal Journal of Botany 1: 142-144.

Khalid, A., Arshad, M. and Zahir, Z. A. (2006) Phytohormones: Microbial production and applications, pp. 207-220. In N. Uphoff (ed.), Biological Approaches to Sustainable Soil Systems. Taylor and Francis/ CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.

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.

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.

Maccaferri, M., Sanguineti, M. C., Demontis, A., El-Ahmed, A., Garcia Del Moral, L., Maalouf, F., Nachit, M., Nserallah, N., Ouabbou, H., Rhouma, S., Royo, C., Villegas, D. and Tuberosa, R. (2011) Association mapping in durum wheat grown across a broad range of water regimes. Journal of Experimental Botany 62: 409-438.

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

Memari, H., Tafazoli, E. and Haghighi, A. (2011) Effect of drought stress and cycocel on seedling growth of two olive cultivars. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 55: 1-10.

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.

Mohammadkhani, N. and Heidari, R. (2007) Effect of drought stress on protective enzyme activities and lipid peroxidation in two maize cultivars. Pakistan Journal of Biological Science 10 (21): 3835-3840.

Nadeem, S. M., Ahmad, M., Zahir, Z. A., Javaid, A., Ashraf, M. (2014) The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. Biotechnology Advances 32: 429–448.

Naderi D, M. R., Nour Mohammadi, G., Majidi, E., Darvish, F., Shrani Rad, A. H., and Madani, H. (2004) Effects of drought stress and plant density on echophysiological traits of three safflower lines in summer planting in Isfahan. Journal of Seed and Plant 20: 281-296.

Omidi, H., Sorushzadeh, A., Salehi, A. and Dinghizli, F. (2005) Evaluation of priming effects on germination of rapeseed. Agricultural Sciences and Industrials 19: 125-135.

Osmond, C.B. (1994) What is photoinhibition? Some insights from comparisons of shade and sun plants. In: (Eds Baker, N. R. and Bowyer, J. R.) Pp. 1-24. Photoinhibition of Photosynthesis from Molecular Mechanisms to the Field. Scientific Publishers, Lancaster,

Poormosavi, S. M., Golwi, M., Daneshiyan, J., Ghanbari, A. and Basirani, N. (2007) Study of stress drought and manure fertilizer effect on moisture content, electrolyte leakage and leaf chlorophyll content of soybean. Journal of Agriculture Science and Natural Resources. 14: 65-77.

Prakash, M. and Ramachandran, K. (2000) Effects of moisture stress and anti transpirantsion leaf chlorophyll, soluble protein and photosynthetic rate in brinjal plants. Journal of Agronomy. 184: 153-156.

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.

Rodriguez, P., Torrecillas, A., Morales, M. A., Ortuno, M. F. and Blanco, M. J. (2005) Effects of NaCl salinity and water stress on growth and leaf water relations of Asteriscus maritimus plants. Environmental and Experimental Botany 53: 113-123.

Rudresha, D. L., Shivaprakasha, M. K. and Prasad, R. D. (2005) Effect of combined application of Rhizobium, phosphate solubilizing bacterium and Trichoderma spp. on growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicerariteniu*m L.). Appled Soil and Ecology 28:139-146.

Saini, J. S., Jolley, R. S. and Singh, O. S. (1987) Influence of chlormequat on growth and yield of irrigated and rainfed Indian mustard (*Brassica juncea*) in the field. Experimental Agriculture 23: 319-324.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.2.4]

Sarmadnia, G. H. and Koocheki, A. (1987) Physiological aspects of dryland farming. Jahad Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad, Iran. Pp. 424.

Seyed Sharifi, R. 2011. Study of grain yield and some of physiological growth indices in maize (*Zea mays* L.) hybrids under seed biopriming with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). Journal of Food Agriculture and Environment 3: 393-397.

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.

Shahbazi, H., Bihamta, M. R., Ta eb, M. and Darvish, F. (2009). Chlorophyll fluorescence attribute inheritance and correlation with terminal drought stress in wheat. Journal of Agriculture Sciences 3: 53-65.

Shaalan, M. N. (2005) Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of (*Nigella sativa* L.) plants. Egyptian Journal of Agricultural Research 83:811-828.

Sindhu, S. S., Suneja, S., Goel, A. K., Pramar, N. and Dadarwal, K. R. (2002) Plant growth promoting effects of *Pseudomonas* sp. on co-inoculation with *Mesorhizobium* sp. cicer strain under sterile and wilt sick soil conditions. Applied Soil Ecology 19: 57-64.

Sperdouli, I. and Moustakas, M. (2012) Spatio-temporal heterogeneity in Arabidopsis thaliana leaves under drought stress. Plant Biology 14: 118-128.

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 Phytologist137: 99-107.

Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant and Soil, 225:571-586.

Vile, D., Pervent, M., Belluau, M., Vasseur, F., Bresson, J., Muller, B., Granier, C. and Simonneau, T. (2012) Arabidopsis growth under prolonged high temperature and water deficit: independent or interactive effects? Plant Cell and Environment 35: 702 -718.

Wang, H. Q., Li, H. S., Liu, F. L. and Xiao, L. T. (2009) Chlorocholine chloride application effects on photosynthetic capacity and photoassimilates partitioning in potato (*Solanum tuberosum* L.). Scientia Horticulturae 119: 113-116.

Yadegari, M. and Rahmani, A. (2010) Evaluation of bean (*Phaseolus vulgaris)* seeds inoculation with *Rhizobium phaseoli* and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components. African Journal of Agricultural Research 5: 792-799.

Yordanov, I., Velikova, V. and Tsonev, T. (2003) Plant responses to drought and stress tolerance. Bulgarian Journal of Plant Physiology 87-206.

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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.2.4]