

# 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<sup>۱</sup>، رئوف سید شریفی<sup>۱\*</sup> و جلال جلیلیان<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، <sup>۲</sup> گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه  
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۰۹، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۲/۱۲/۱۳۹۴)

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 به صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در طول فصل زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۴ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل محدودیت آبی درسه سطح (آبیاری کامل در تمام مراحل رشد گیاه، آبیاری تا ۵۰٪ مرحله سنبله دهی و آبیاری تا ۵۰٪ مرحله چکمه‌زنی به ترتیب بر اساس کد ۴۵ و ۵۹ زادوکس)، 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 ۱۱۶ و کاربرد توأم این دو) و تیمار سوم محلول‌پاشی با سایکوسل در چهار سطح (عدم مصرف، کاربرد ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی گرم در لیتر) بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در شرایط محدودیت آبی، حداقل کارایی فتوشیمیابی فتوسیستم  $F_v/F_m$  (F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub> II)، 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 ۶۵ روز بعد از سبز شدن افزایش سرعی یافت، ولی از ۶۵ 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. محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل و تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس عملکرد گندم را به ترتیب ۶۳/۴۱، ۵۲/۹۰ و ۶۲/۴۶ درصد در شرایط آبیاری کامل، قطع آبیاری در مرحله خوش‌دهی و قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی افزایش داد.

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

مقدمه:

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 بیomas و کاهش عملکرد گیاه

رشد روزافزون جمعیت و تلاش برای تأمین غذای این جمعیت در حال تزايد موجب شده است که کشت گندم در مناطق خشک و نیمه خشک بیش از پیش گسترش یابد. در این

(حداکثر فلورسانس در برگ سازگاری شده با تاریکی)،  $F_m$  (میزان تغییر فلورسانس یا فلورسانس متغیر از برگ سازگار شده با تاریکی)،  $F_v/F_m$  (حداکثر کارایی یا عملکرد کوآنتمی فتوسیستم دو در شرایط سازگار شده با تاریکی) میباشد (Maxwell and Johnson, 2000). نسبت  $F_v/F_m$  نیز میباشد (*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، روزنها را میبندد و بسته شدن روزنها موجب کاهش سرعت فتوستتر میگردد. اگر محتوای رطوبت نسبی کاهش یابد شاخص های رشد نیز کاهش مییابد. با توجه به مشاهدات Angadi و Entz (۲۰۰۲) محتوای نسبی آب در آفتابگردان در شرایط تنش خشکی کاهش یافت. بررسی های Naderi و همکاران (۲۰۰۴) در گلنگ 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 برگ ها کوچکتر شده و بواسطه ریزش زودهنگام برگ های پایین سایه انداز گیاهی، گیاه سطح خود را با سرعت بیشتری از دست میدهد و در نهایت شاخص سطح برگ تحت شرایط کم آبی کاهش مییابد (Bauer et al., 1984). تنش خشکی ضمن کاهش سطح برگ، پیری آنها را تسريع نموده و بدین وسیله میتواند میزان تولید گیاه را خیلی بیشتر از آنچه که به علت اثرات ناشی از کاهش شدت فتوستتر خالص تقلیل مییابد کاهش دهد (Sarmadnia and Koocheki, 1987).

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

میگردد (Vile et al., 2012) که تا حد زیادی وابسته به فتوستتر میباشد ولی اینکه آیا عامل محدود کننده فتوستتر در طول تنش خشکی، مقاومت و بسته شدن روزنها 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 ویژگی های ثابتیکی، بیوشیمیایی و مورفو فیزیولوژیکی مورد ارزیابی قرار میگیرد. در این راستا هدایت روزنها، محتوای نسبی آب، غلظت کلروفیل، پرولین و کارایی فتوستتری به عنوان شاخص هایی برای ارزیابی به شرایط محدودیت آبی در بررسی های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است (Maccaferri et al., 2011). بسیاری از گزارش ها نشان داده است که کاهش میزان کلروفیل، هدایت روزنها و محتوای رطوبت نسبی برگ در گیاه موجب کاهش فتوستتر 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،  $F_v/F_m$ ، سرعت تعرق و هدایت روزنها 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 غیرروزنها کاهش فتوستتر باشد.

یکی از عوامل تأثیرگذار تنش خشکی بر فتوستتر، کاهش میزان کارایی فتوستتر از طریق افزایش فلورسانس کلروفیل است. امروزه فلورسانس کلروفیلی به عنوان یک معیار سنجش برای اندازه گیری تأثیر تنش های محیطی بر گونه های زراعی و تعیین میزان مقاومت آنها در برابر تنش های محیطی پیشنهاد شده و میتواند نشان دهد که تا چه اندازه این تنش ها بر دستگاه فتوستتری گیاه صدمه وارد کرده اند (Moffatt et al., 1990). اندازه گیری مقدار فلورسانس کلروفیل میتواند ارزیابی مناسبی از عملکرد کوآنتمی و جریان الکترون در فتوسیستم دو را نشان دهد (Reddy et al., 2004). مولفه های فلورسانس کلروفیل شامل  $F_0$  (حداقل فلورسانس از برگ سازگار شده با تاریکی)،

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 تؤمن این عوامل موجب گردید تا مطالعه حاضر با هدف ارزیابی تأثیر سایکوسل و تلقيح بذر با باكتری‌های 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 باكتری‌های 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 مرسم زارعین محلی به عنوان سطح شاهد، آبیاری تا ۰/۵۰٪ مرحله سنبله دهی و آبیاری تا ۰/۵۰٪ مرحله چکمه‌زنی)، تیمار دوم شامل تلقيح بذر با باكتری‌های محرک رشد در چهار سطح (عدم تلقيح به عنوان شاهد، تلقيح با ازتوباکتر کروکوکوم استرین ۵، سودومونناس پوتیدا استرین ۱۸۶ و کاربر توأم اين دو باكتری) و تیمار سوم محلول‌پاشی با سایکوسل در چهار سطح (عدم مصرف، ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. برای تلقيح بذر میزان هفت گرم مایه تلقيح که هر گرم آن حاوی ۱۰۷ عدد باكتری زنده و فعال در هر گرم بود، استفاده

تحريك سنتز پروتئين‌های محلول و آنزيم‌ها را دارد و در نتيجه موجب فتوستنتز بيشتری در سطح برگ می‌شود. سایکوسل ممکن است رشد سلول را به دليل 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 ميكروارگانيس‌های از دست رفته خاک را نيز جبران می‌كند. ريزوباكتري‌های محرک رشد گیاه (PGPR) يك گروه ويزه‌های از باكتری‌های خاک هستند که به شدت ريزوسفر و ريزوپلان را كلونيزه می‌کنند و به طور قابل ملاحظه‌ای رشد و عملکرد گیاه را بهبود می‌بخشد. برخی از مکانيس‌های مرتبط با اثر مفيد اين باكتری‌ها به توانايی آن‌ها در توليد تركيبات مختلف (مثل فيتوهormون‌ها، ويتامين‌ها، و سيدروفورها)، تثبيت نيتروژن اتمسفری و انحلال فسفات معدنی و آلى را شامل می‌شود، با اين حال برخی از مکانيس‌های ناشناخته نيز ممکن است وجود داشته باشند، و يكى از محتمل‌ترین مکانيس‌های عمل در بهبود رشد گیاه می‌تواند تغييرات در سطوح درونی مواد تنظيم کننده رشد گیاه ناشی از PGPR باشد (Khalid *et al.*, 2006). اين PGPR‌ها به ريشه‌های گیاه متصل می‌شوند و در گیاهان تحت تنش به عنوان منبع ACC (1-Amino Cyclopropane-1-Carboxylate) عمل می‌کنند (Glick, 2014). گیاهانی که با PGPR‌های حاوي ACC-دی آميناز تلقيح می‌شوند به طور چشم‌گيري مقاوم به اثرات اتيلن تنشی هستند که در نتيجه شرایط تنش خشکی ساخته می‌شوند (Zahir *et al.*, 2007). از اين رو تلقيح بذر با باكتری‌های تلقيح کننده می‌تواند ساخت اتيلن درونی را کاهش دهد و تحمل گیاه به تنش توسط کاهش توليد اتيلن ممکن است افزایش يابد (Glick, 2014). با توجه به مشاهدات Rai و Caur (1998) اثر تلقيح منفرد و دوگانه ازتوباكتر و آزوسيپريلیوم در گندم نشان داد که تلقيح دوگانه سويه‌های کارامد ازتوباكتر و گلوموس در ژنوتيپ‌های گندم در شرایط تنش در به حداقل رساندن توليد گندم می‌تواند سودمند باشد.

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

ماههای سال	میانگین حداقل دما (C°)	میانگین ماهانه دما (C°)	میانگین حداقل دما (C°)	میانگین ماهانه دما (C°)
اردیبهشت	۲۲/۴	۱۵/۳	۳۵/۴	
خرداد	۲۵/۰	۱۷/۸	۲۴/۵	
تیر	۲۵/۵	۱۹/۴	۱۲/۲	
مرداد	۲۶/۴	۱۹/۸	۰/۴	

ساعت ۸-۱۰ صبح) انتخاب و بعد از ۱۵ 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 ۱۰-۱۲ روز، از هر کرت پنج برگ پرچم 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 وزن تر برگ‌ها یادداشت گردید (FW). سپس برگ‌ها را در بشرهای محتوی ۲۵ سی سی آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در یخچال با دمای حدود ۴ 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 ۲۴ ساعت خشک شده و وزن خشک برگ‌ها بدست آمد (WD). سپس با استفاده از رابطه زیر (Kostopoulou *et al.*, 2010) مقدار RWC محاسبه گردید

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

برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (EC) برگ پرچم در همان شرایط مربوط به اندازه‌گیری درصد محتوای نسبی آب، نمونه‌های برگ پرچم را در بشرهای محتوی ۲۵ میلی‌لیتر آب تقاطیر شده به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار گرفته و سپس میزان هدایت الکتریکی توسط دستگاه EC متر (مدل Mi Mi 180 Bench Meter) اندازه‌گیری شد.

عملکرد دانه از خطوط اصلی هر کرت و از بین بوته‌های رقابت کننده از سطحی معادل ۰/۴ متر مربع بدست آمد. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم افزارهای SAS و EXCEL استفاده شد.

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 ۴ بود که از شرکت کشت و صنعت مغان تهیه شد.

هر واحد آزمایشی شامل ۵ خط کاشت به طول ۲ متر و با فاصله بین ردیفی ۲۰ سانتی‌متر) و تراکم ۴۰۰ 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)،  $F_v$  (فلورسانس متغیر از برگ سازگار شده با تاریکی)،  $F_v/F_m$  (حداکثر عملکرد کوآنتمی 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 کلروفیل متر SPAD-502 مینولتای زاپن، بعد از ظهور برگ پرچم (۱۵ تیر) در ۸ نوبت به فواصل زمانی ۴ روز یکبار تا مرحله رسیدگی اندازه‌گیری شد.

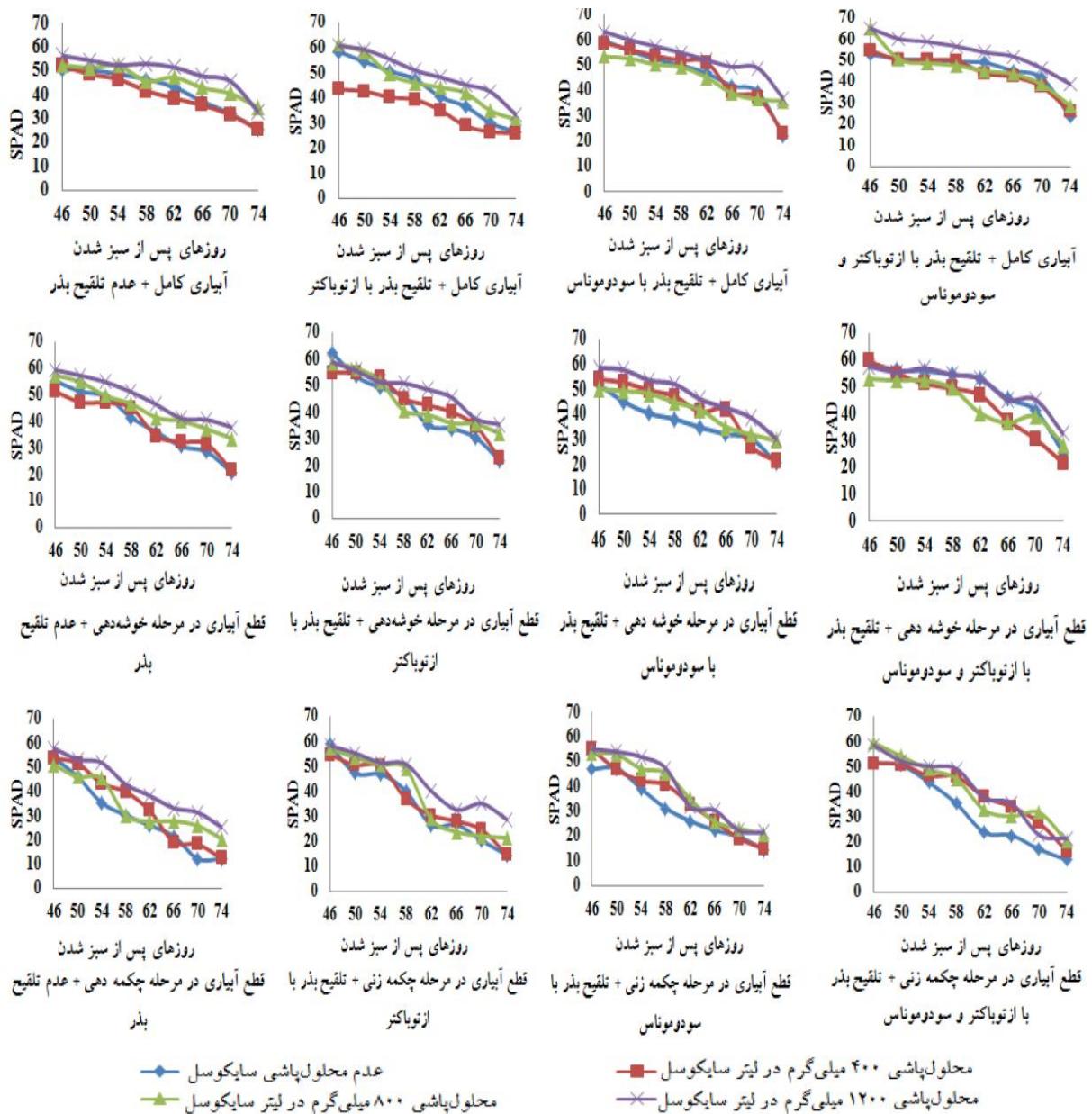
برای اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل برگ پرچم در مزرعه، از ۴۶ روز بعد از سبز شدن هر چهار روز یک بار توسط دستگاه فلورسانس متر کلروفیل (OS-30p) از هر تیمار به طور تصادفی ۶ برگ پرچم توسعه یافته (در فاصله زمانی

## نتایج و بحث:

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 به صورت توام و جداگانه بر رشد و عملکرد گندم، گزارش کردند که اثر توأم دو باکتری بهتر از اثر هر یک از آن‌ها به تنها بود. مصرف توأم باکتری در مقایسه با مصرف مفرد، جذب نیتروژن، فسفر و عناصر کم مصرف توسط گیاه لوپیا را بهبود بخشید (Yadegari *et al.*, 2010) و باعث افزایش قابل توجهی در زیست توده ریشه و اندام هوایی نخود شد (Hewedy *et al.*, 2002). Sindhu *et al.*, (1999) اثرات مفید کاربرد توام باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و سودوموناس 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 فتوستتر و در نتیجه افزایش رشد و عملکرد گیاه شد.

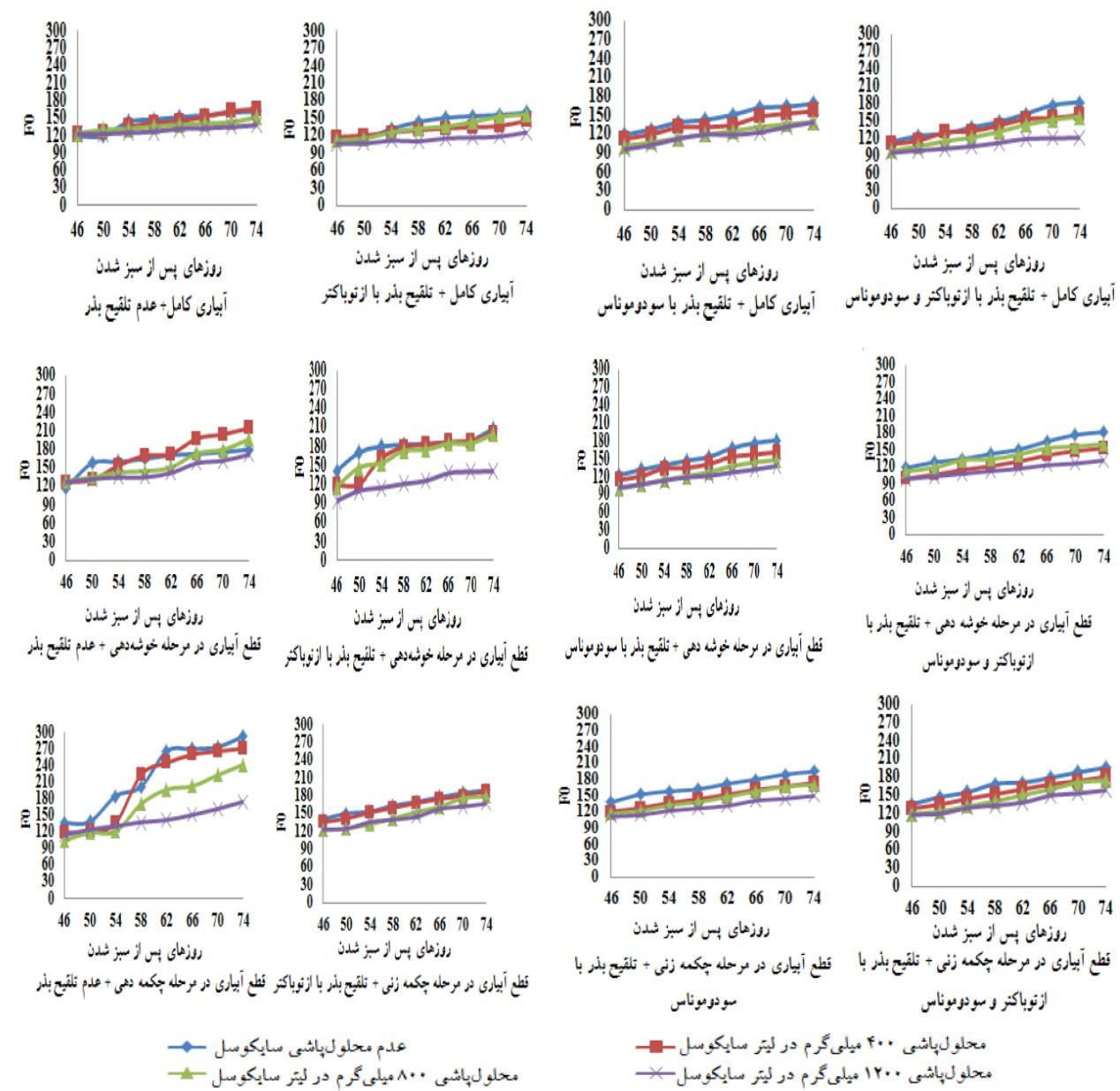
**فلورسانس حداکثر ( $F_m$ ):** کارایی افت غیر فتوشیمیایی فلورسانس نیز به عوامل بیرونی و درونی زیادی واپسیه بوده و در تغییر  $F_m$  با فلورسانس حداکثر منعکس می‌گردد (Maxwell and Johnson, 2000). نتایج اندازه‌گیری فلورسانس حداکثر ( $F_m$ ) نشان می‌دهد که در شرایط قطع آبیاری در مرحله خوش‌دهی کاهش قابل توجهی در فلورسانس حداکثر و در تخریب فتوشیمیایی مشاهده نشد، در حالیکه در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی، اثرات تنفس آب بر سیستم فتوشیمیایی با کاهش قابل توجهی در فلورسانس حداکثر همراه با افزایش در سطوح فلورسانس حداکثر مشاهده شد. علت این تغییرات را می‌توان به اختلال در فتوسیستم II نسبت داد (Osmond, 1994). نتایج نشان داد ۷۴ روز پس از سبز شدن بیشترین میزان فلورسانس حداکثر ( $F_m$ ) (۴۳۵) 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

فلورسانس حداکثر ( $F_0$ ): بررسی روند تغییرات فلورسانس حداکثر ( $F_0$ ) در پاسخ به محلول‌پاشی سایکوسل و تلقیح بذر با باکتری در طول فصل رشد نشان داد قطع آبیاری در مرحله خوش‌دهی در گندم اثرات کمی بر  $F_0$  گذاشته است. بعلاوه میزان فلورسانس حداکثر ( $F_0$ ) همواره در شرایط قطع آبیاری در مرحله خوش‌دهی 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 طوری که ۷۴ روز پس از سبز شدن بیشترین فلورسانس حداکثر (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 روزنها ای ارتباط مستقیمی وجود دارد، در نتیجه شرایط فتوستتری بهتری داشته و مانع از افزایش بیش از حد فلورسانس حداکثر 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 روزنها (شکل ۴) و شاخص سطح



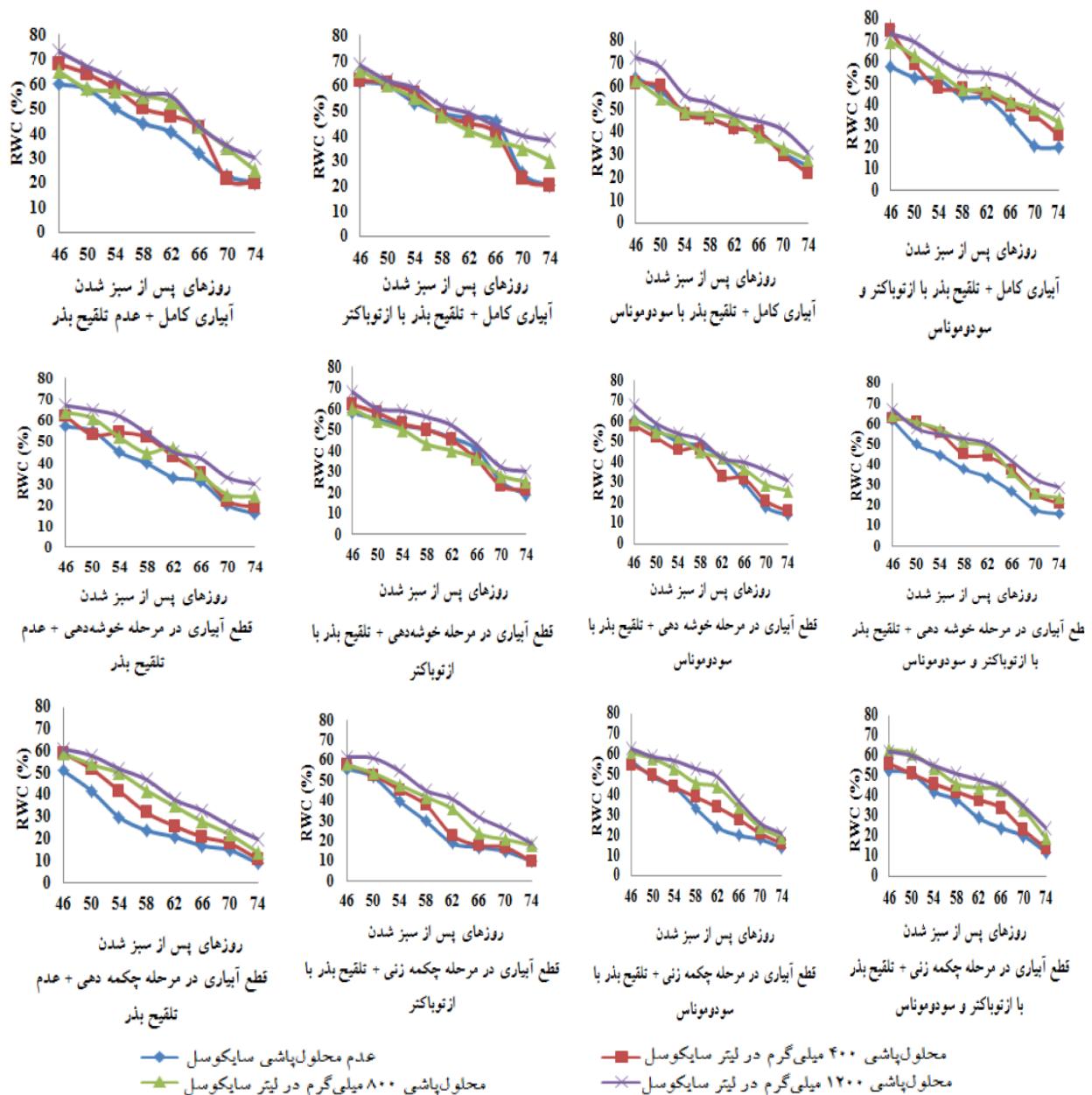
تغییرات حداکثر کارایی فتوشیمیایی II ( $Fv/Fm$ ) در پاسخ به محلولپاشی سایکوسل و تلقیح با باکتری‌های محرک رشد در شرایط قطع آبیاری در مرحله خوشده‌ی و آبیاری کامل از الگوی نسبتاً یکسانی برای تمام تیمارها تعیت کرد (شکل ۷). به نظر می‌رسد محدودیت آبی در این مرحله موجب افزایش میزان فلورسانس حداقل ( $F_0$ ) نشده 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

تلقیح بذر در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی بود (شکل ۶). همانطور که قبل از 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 فتوستتری موجب جریان بهتر الکترون از فتوسیستم II به فتوسیستم I می‌گردد (Prakash and Ramachandran, 2005). حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II ( $Fv/Fm$ ) روند



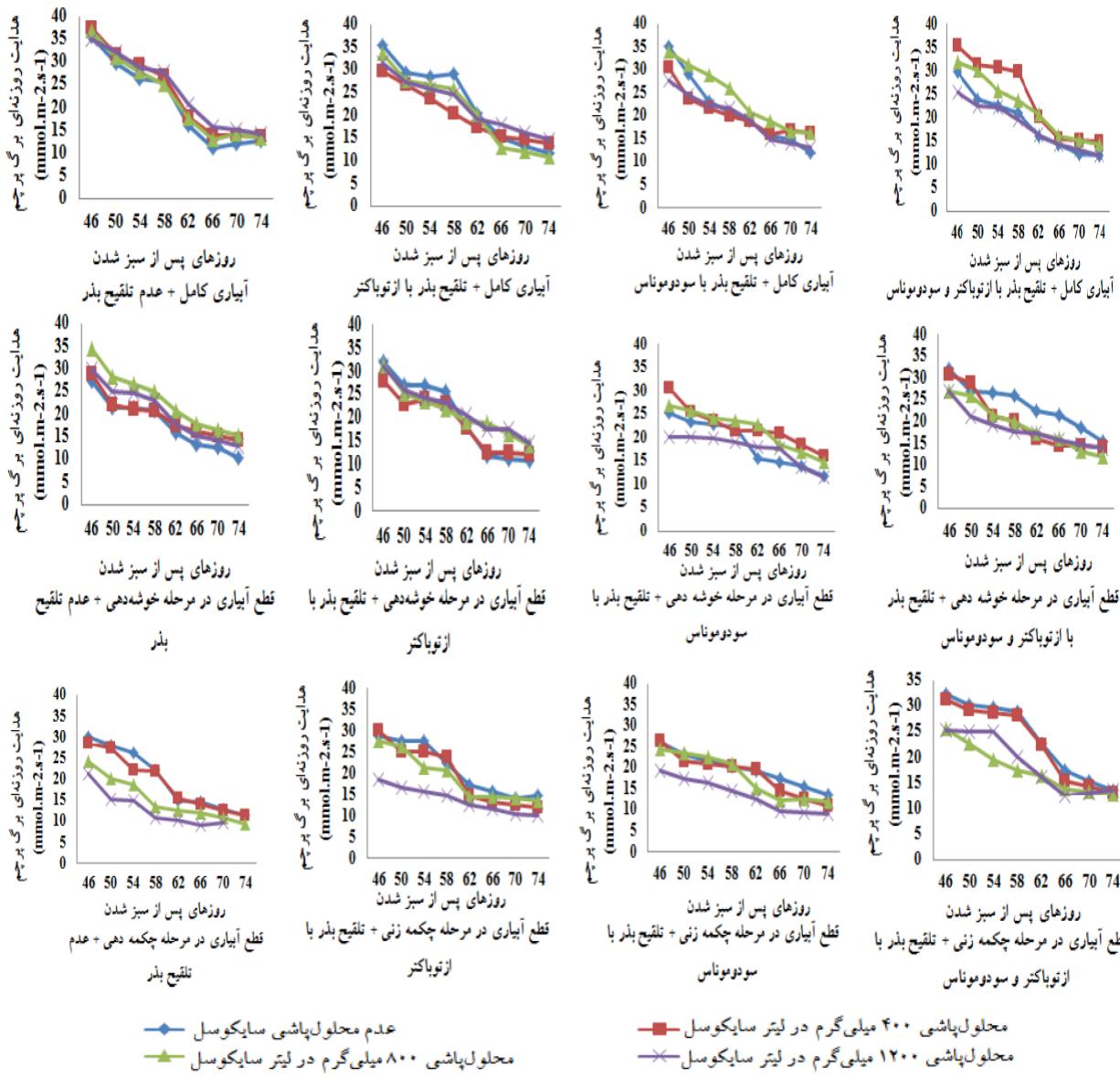
اندازه‌گیری بسیار معنی دار بود. کارایی فتوستترزی ( $Fv/Fm$ ) در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی به شدت روند کاهشی داشت، به طوری که در تمامی تیمارهای مورد آزمایش (۷۴ روز پس از سبز شدن) حداقل میزان  $Fv/Fm$  برگ پرچم در ترکیب تیماری محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل، تلچیق بذر با ازتوباکتر و سودوموناس در شرایط آبیاری کامل و حداقل آن در ترکیب تیماری عدم محلول‌پاشی و عدم

کارایی فتوشیمیابی فتوسیستم II گردد و گیاه توانسته است با استفاده از سایکوسل و با کاربرد باکتری حتی در شرایط تنفس نیز به خوبی فعالیت‌های فتوستترزی خود را انجام دهد. در واقع این تیمارها توانسته‌اند با کاهش  $F_0$  در شرایط قطع آبیاری در مرحله خوشده‌دهی، حداقل کارایی فتوشیمیابی فتوسیستم II را ثابت نگه دارند. ولی تفاوت بین تنفس قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی و آبیاری کامل به خصوص در سه مرحله آخر



مشتبی با تحمل به تنش خشکی دارد و از آن به عنوان یک معیار مکمل در انتخاب برای تحمل به تنش کم آبی نام برد. به نظر می‌رسد در تیمارهایی که  $Fv/Fm$  کمتر است، دستگاه فتوستتری در آن‌ها به خشکی حساس‌تر است و تنش کم آبی با اختلال در انتقال الکترون در واکنش مربوط به تجزیه آب فتوسیستم II (واکنش هیل) به بروز این پدیده کمک کرده و کارایی کوانتمی فتوستتر خالص، کاهش یافته است. در این بررسی شاید کاهش در فتوستتر به علت محدودیت آبی

کاربرد باکتری در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی بود که از اختلاف ۴۴ درصدی با یکدیگر برخوردار بودند (شکل ۷). گزارش‌ها در مورد اثر محدودیت آبی بر عملکرد PSII متناقض هستند، و مکانیسم‌هایی برای تخریب Sperdouli and Moustakas، ۲۰۱۲ 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

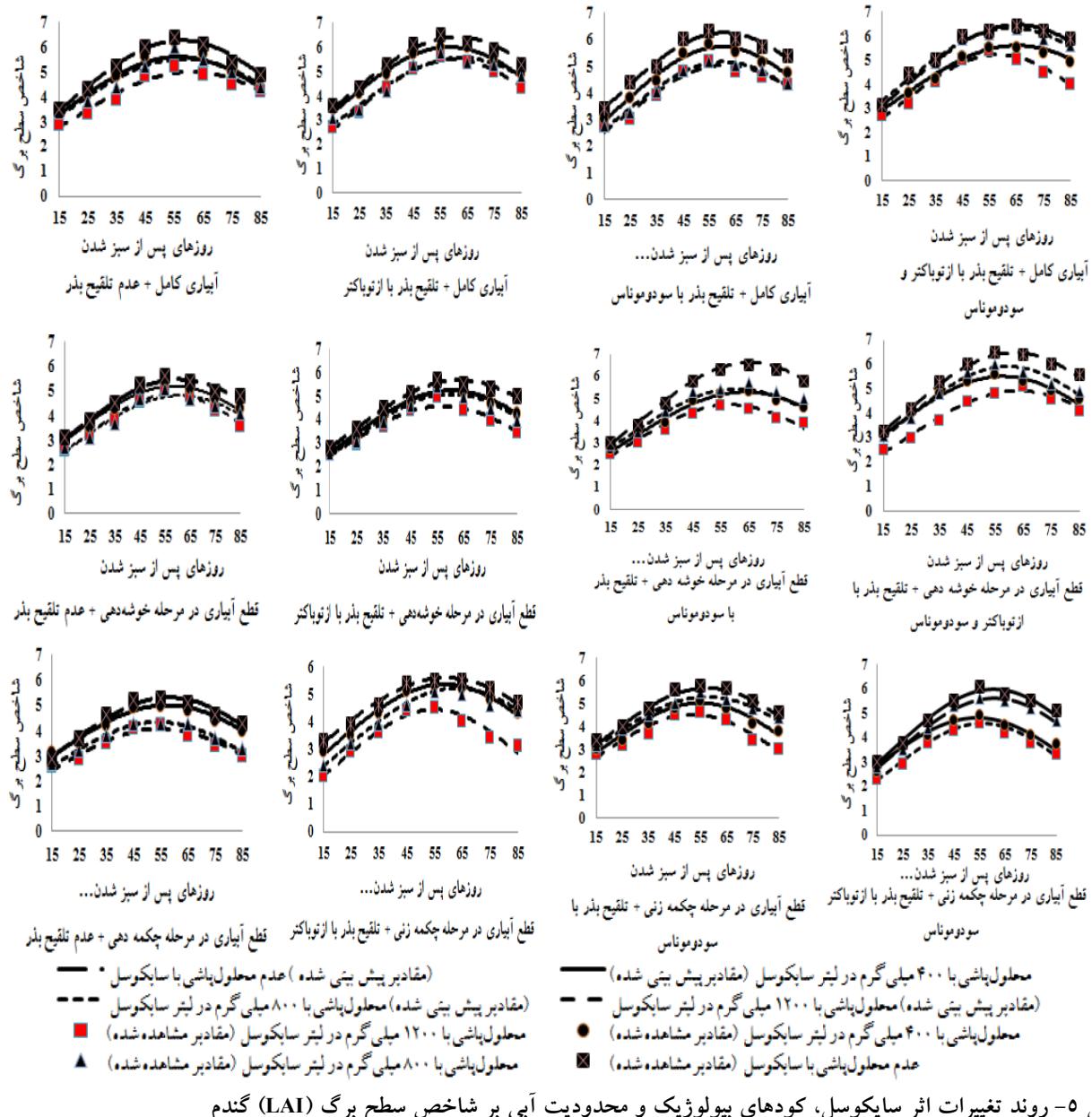


شکل ۴- تأثیر سایکوسل، کودهای بیولوژیک و محدودیت آبی بر هدایت روزنامه‌ای گندم

موجب کاهش هدایت روزنامه‌ای می‌شود (شکل ۴) و با کاهش هدایت روزنامه‌ای، میزان فلورسانس کلروفیل ( $F_m$ ) کاهش یافته و در نتیجه کارایی فتوستزی 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 فتوکسیداسیون 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

در اثر محلولپاشی سایکوسل بیشتر ناشی از کاهش هدایت روزنامه‌ای (شکل ۸) و نه کاهش در محتوای کلروفیل آن (شکل ۱) باشد. طبق نتایج به دست آمده در این مطالعه، محتوای کلروفیل در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه زنی در اثر محلولپاشی سایکوسل تغییر چندانی نداشت. کوچکی (۱۳۷۶) اظهار داشت اگرچه سرعت فتوستزی پس از مصرف این مواد کمی کاهش می‌یابد، ولی مصرف این مواد با تغییر هدایت روزنامه‌ای به بهبود توازن آب و رشد گیاه در شرایط تنش کمک می‌کند. بر این اساس می‌توان اظهار داشت کاربرد سایکوسل

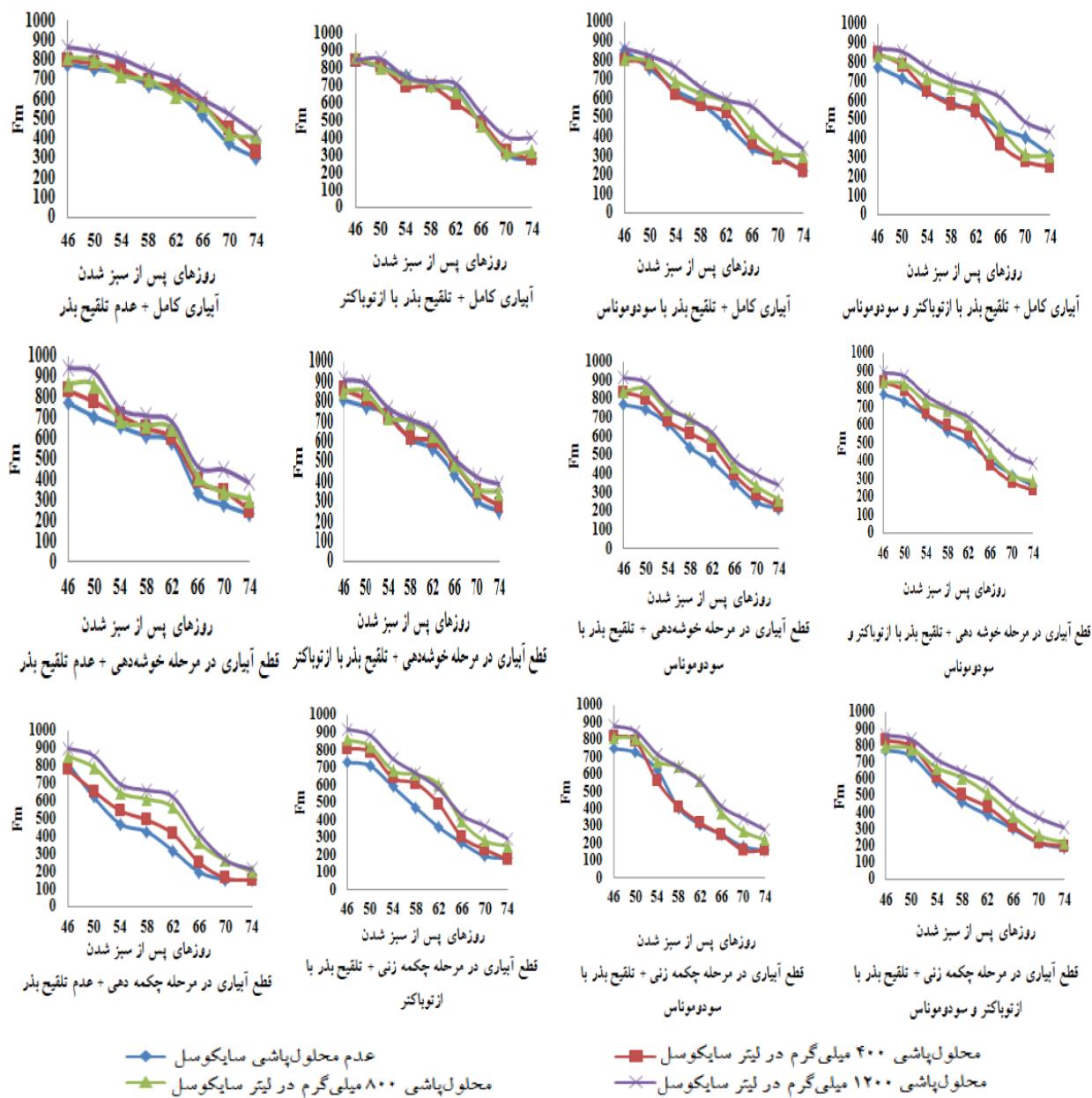


شکل ۵- روند تغییرات اثر سایکوسل، کودهای بیولوژیک و محدودیت آبی بر شاخص سطح برگ (LAI) گندم

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.2.4 ]

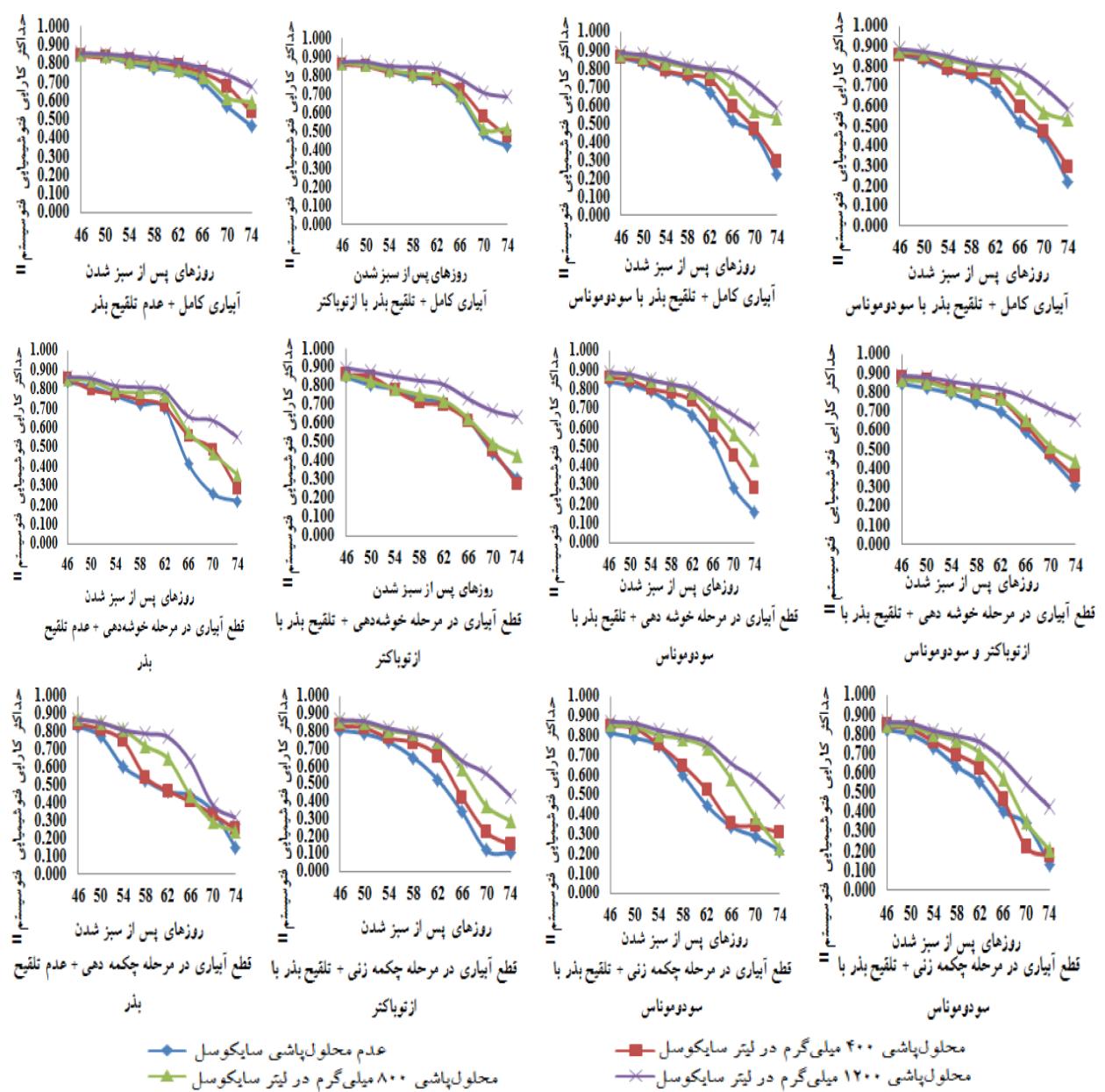
لیتر سایکوسل، تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس در شرایط آبیاری کامل و حداقل محتوای آن در ترکیب تیماری عدم محلول پاشی و عدم کاربرد باکتری در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه زنی بود که از اختلاف ۶۸ درصدی نسبت به یکدیگر برخوردار بودند (شکل ۱). این در حالی است که بیشترین و کمترین میزان فلورسانس کلروفیل نیز ( $Fv/Fm$ ) در همین تیمارها بدست آمد (شکل ۷). در این بررسی به نظر می‌رسد علت کاهش  $Fv/Fm$  ناشی از وقوع آشفتگی در کلروپلاست باشد. کاهش عدد کلروفیل تقریباً در هر سه زمان

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 محلول پاشی سایکوسل، روند تغییرات عدد کلروفیل سنج نوسان کمتری نشان داد. به طوریکه در تمامی تیمارهای مورد آزمایش (۷۴ روز پس از سبز شدن) حداقل محتوای کلروفیل برگ پرچم در ترکیب تیماری محلول پاشی ۱۲۰۰ میلی گرم در

شکل ۶- تأثیر سایکوسل، کودهای بیولوژیک و محدودیت آبی بر فلورسانس حداقل ( $F_m$ ) گندم

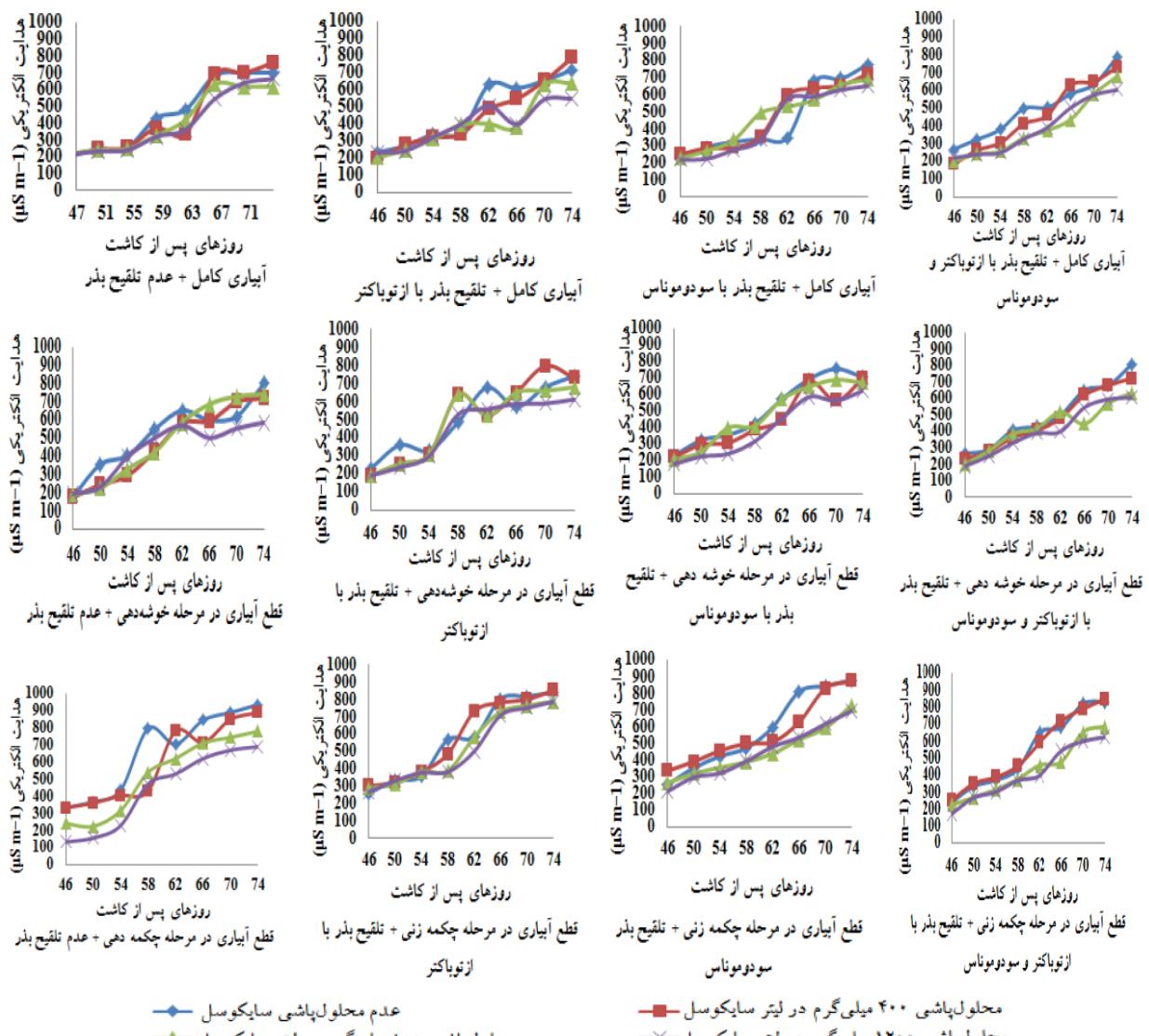
Schutz and Schutz, 2001). به نظر می‌رسد افزایش در میزان کلروفیل در شرایط قطع آبیاری در اثر محلولپاشی سایکوسل ناشی از کاهش هدایت روزنها (شکل ۴) و کاهش سطح برگ (شکل ۵) می‌باشد و کاهش سطح برگ موجب افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ می‌گردد. همچنین افزایش سطح غلظت کلروفیل در برگ‌های گیاهان تیمار شده با سایکوسل

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 فتوسترات 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

شکل ۷- تأثیر سایتکوسل، کودهای بیولوژیک و محدودیت آبی بر حداکثر کارابی فتوشیمیایی  $\text{II} (\text{F}_\text{v}/\text{F}_\text{m})$  گندم

اثرات مفید تلقیح باکتری بر افزایش محتوای کلروفیل را به در دسترس بودن بالاتر نیتروژن بواسطه تثیت نیتروژن توسط ازتوباکتر نسبت دادند. وی اظهار داشت افزایش سطوح اتیلن توسط تنفس شوری و خشکی می‌تواند منجر به پیری برگ گردد، ولی در حضور باکتری‌های حاوی ACC دی‌آمنیاز، ساخت اتیلن به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد بنابراین تجزیه کلروفیل کاهش می‌یابد. Heidari و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند در شرایط مزرعه، تحت شرایط تنفس خشکی، تلقیح بذر

ممکن است به دلیل تأثیر کننده رشد سایتکوسل در به تأخیر انداختن پیری برگ و در نتیجه حفظ رنگدانه سبز و جلوگیری از تجزیه آن باشد (Hosni, 1996). مشاهدات Dehnay و همکاران (۲۰۰۴) در استفاده از سایتکوسل 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 سایتکوسل (۵۰۰ میلی گرم بر لیتر) محتوای کلروفیل ارقام زیتون را افزایش داد. Hewedy (۱۹۹۹)



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

عدم اعمال سایکوسل و عدم کاربرد باکتری در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی بدست آمد (شکل ۳). تیمار سایکوسل علاوه بر بهبود رشد رویشی موجب بهبود محتوای رطوبت نسبی و محتوای کلروفیل برگ می‌شود. به طوری که کاربرد ۱۲۰۰ میلی گرم بر لیتر سایکوسل به طور معنی داری محتوای رطوبت نسبی را تا ۴۵ 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.

با PGPR، میزان پروولین 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 تعیین کرد. با قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی میزان این کاهش نسبت به قطع آبیاری در مرحله خوشده‌ی و آبیاری کامل بسیار بازتر بود (شکل ۳). بیشترین و کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ پرچم در ۷۴ روز پس از سبز شدن، به ترتیب در تیمار محلولپاشی ۱۲۰۰ میلی گرم بر لیتر سایکوسل و تلچیق بذر با ازتوباکتر و سودوموناس در شرایط عدم قطع آبیاری و تیمار

آمده از Angadi و Entz (۲۰۰۲) در مورد کاهش هدایت روزنها در گیاهانی که در معرض تنفس خشکی بودند مطابقت داشت. کاربرد ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی موجب افزایش مقاومت روزنها و افزایش عملکرد گندم در مقایسه با شاهد گردید. احتمالاً سایکوسل موجب بهبود توازن آب و جلوگیری از پژمردگی در شرایط تنفس کم‌آبی می‌شود. در سطوح تنفس، قطع آبیاری در مرحله خوش‌دهی و پیش تیمار بذر با باکتری‌های محرك رشد هدایت روزنها 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 روزنها شده است. کاهش هدایت روزنها، 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; Nadeem *et al.*, 2005). بررسی Mohammadkhani and Heidari (۲۰۱۴) نشان دادند تلقیح بذر با این باکتری‌ها به دلیل توانایی آن‌ها در تولید ACC-دی‌امیناز، 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-دی‌امیناز می‌توانند از پیش ساز ACC که برای تولید اتیلن استفاده می‌شوند به عنوان منبع از نیتروژن، بلافالصله 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 حداقل شاخص سطح برگ در تیمار قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی بسیار کمتر از قطع آبیاری در مرحله خوش‌دهی و آبیاری کامل بود. به طوریکه در ابتدای فصل رشد میزان این شاخص با شبیه کم و بعد از آن تا حداقل ۶۵ 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

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 ۴). به طوری که ۷۴ 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 به دست آمد (شکل ۴). دلیل افزایش هدایت الکتریکی در شرایط تنفس، می‌تواند ناشی از تولید گونه‌های فعال اکسیژن و القای تنفس اکسیداتیو باشد. گونه‌های فعال اکسیژن منجر به پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و تغییر در نفوذپذیری غشا (نشت یونی) و خسارت به سلول می‌گردد 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 تنفس قطع آبیاری در مرحله خوش‌دهی 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 تنفس باشد. به نظر می‌رسد استفاده از این تیمارها موجب کاهش هدایت روزنها (شکل ۴) و افزایش درصد محتوای نسی 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 روزنها:** بررسی روند تغییرات هدایت روزنها در بین تیمارهای آزمایش نشان داد که هدایت روزنها برگ پرچم در طول دوره رشد گیاه با گذشت زمان از روند کاهشی برخوردار بودند (شکل ۸). کاهش هدایت روزنها در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی و خوش‌دهی نسبت به آبیاری کامل به ترتیب ۱۸٪ و ۱۶٪ بود. نتایج ما با اطلاعات به دست

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

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

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

افزایش کارایی فتوسترز (شکل ۷) و در نتیجه موجب افزایش عملکرد (جدول ۲) در تمام سطوح تنش می‌شود. بررسی‌های Seyed Sharifi (۲۰۱۱) در پیش تیمار بذر ارقام ذرته با باکتری‌های محرک رشد نشان داد که پیش تیمار بذر با ازتوپاکتر 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، جیبریلین و ویتامین‌های B، ترشح سیدروفر و اسیدهای آلی در ریزوسفر نسبت داد. Nadeem و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند باکتری‌های محرک رشد حاوی ACC دی‌آمیناز، رشد گیاهان را در شرایط تنش تسريع می‌کنند. این افزایش رشد ممکن است با کاهش غلظت اتیلن به دلیل افزایش فعالیت ACC- دی‌آمیناز یا تولید پلی ساکاریدها مرتبط باشد.

عملکرد دانه: در این بررسی عملکرد دانه تحت تأثیر محدودیت کم آبی، 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 محلول پاشی ۱۲۰۰

مشاهده شد. بررسی روند تغییرات این شاخص نشان داد که کاربرد تؤام 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 ازتوپاکتر 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 ۶۵ 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 روزنامه‌ای (شکل‌های ۱ و ۴) و عدم توانایی آن‌ها در ساخت مواد فتوستزری و در نهایت با ریزش آن‌ها همراه باشد. کاهش سطح برگ در اثر کاربرد سایکوسل ممکن است به دلیل ممانعت از سنتز جیبریلین، افزایش محتوای آبسیزیک اسید و ممانعت از طویل شدن سلول درون برگ باشد، که با نتایج به دست آمده از Gopi و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت داشت. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان پیشنهاد کرد افزایش غلظت سایکوسل، موجب کاهش سطح برگ، افزایش غلظت کلروفیل (شکل ۱)،

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)
$I_1 \times P_0 \times C_0$	۲۴۲۳/۷ i-n	$I_1 \times P_2 \times C_0$	۲۵۶۴/۶ g-l
$I_1 \times P_0 \times C_1$	۲۶۳۷/۴ g-k	$I_1 \times P_2 \times C_1$	۲۲۸۶/۱ bcd
$I_1 \times P_0 \times C_2$	۲۷۹۹/۳ d-i	$I_1 \times P_2 \times C_2$	۲۷۶۰/۴ e-j
$I_1 \times P_0 \times C_3$	۲۹۴۲/۴ c-h	$I_1 \times P_2 \times C_3$	۳۲۳۴/۷ b-e
$I_1 \times P_1 \times C_0$	۲۴۸۵/۴ h-m	$I_1 \times P_3 \times C_0$	۲۹۵۷/۷ c-h
$I_1 \times P_1 \times C_1$	۲۰۷۹/۲ l-q	$I_1 \times P_3 \times C_1$	۲۷۳۷/۱ e-j
$I_1 \times P_1 \times C_2$	۲۷۷۷/۴ e-j	$I_1 \times P_3 \times C_2$	۳۶۸۲/۷ ab
$I_1 \times P_1 \times C_3$	۳۱۶۷/۴ 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	$I_2 \times P_2 \times C_0$	۲۱۳۷/۵ k-q
$I_2 \times P_0 \times C_1$	۱۸۳۳/۴ o-u	$I_2 \times P_2 \times C_1$	۲۴۱۹/۲ i-n
$I_2 \times P_0 \times C_2$	۲۳۴۵/۳ i-n	$I_2 \times P_2 \times C_2$	۲۰۷۰/۸ l-r
$I_2 \times P_0 \times C_3$	۲۴۷۷/۱ h-m	$I_2 \times P_2 \times C_3$	۲۷۱۵/۳ f-g
$I_2 \times P_1 \times C_0$	۱۵۷۴/۳ 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
$I_2 \times P_1 \times C_2$	۱۷۵۷/۹ p-u	$I_2 \times P_3 \times C_2$	۳۰۲۸/۵ c-g
$I_2 \times P_1 \times C_3$	۲۵۱۹ h-m	$I_2 \times P_3 \times C_3$	۳۴۲۷/۲ abc
$I_3 \times P_0 \times C_0$	۱۴۶۸/۵ ut	$I_3 \times P_2 \times C_0$	۱۶۵۹ q-u
$I_3 \times P_0 \times C_1$	۱۴۰۹/۷ u	$I_3 \times P_2 \times C_1$	۱۷۷۰/۱ p-u
$I_3 \times P_0 \times C_2$	۱۵۶۷/۴ tsu	$I_3 \times P_2 \times C_2$	۱۹۴۰/۳ n-t
$I_3 \times P_0 \times C_3$	۲۲۹۸/۷ j-o	$I_3 \times P_2 \times C_3$	۲۳۷۹/۲ i-n
$I_3 \times P_1 \times C_0$	۱۸۴۲/۴ o-u	$I_3 \times P_3 \times C_0$	۱۷۸۹/۶ p-u
$I_3 \times P_1 \times C_1$	۱۵۱۸/۸ tu	$I_3 \times P_3 \times C_1$	۲۰۴۳/۸ 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
$I_3 \times P_1 \times C_3$	۲۰۴۱/۷ m-s	$I_3 \times P_3 \times C_3$	۲۳۵۱/۰ i-n

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم تدارند.  $I_1$  و  $I_2$  آبیاری کامل، آبیاری تا مرحله خوشیده‌ی 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 توان این دو باکتری  $C_0$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  و  $C_3$  به ترتیب عدم مصرف و مصرف ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل.

سایکوسل و تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس عملکرد گدم را به ترتیب ۶۲/۴۶، ۶۳/۴۱، ۵۲/۹۰ و ۵۲/۶۱ در شرایط آبیاری کامل، قطع آبیاری در مرحله خوشیده‌ی و قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی افزایش داد. مقایسه میانگین ترکیب تیماری باکتری محرک رشد و سایکوسل نشان داد بیشترین

میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس در شرایط آبیاری کامل مشاهده شد و کمترین آن (۱۴۰۹/۷ 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

جدول ۴- 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)
۲۱۲۰/۴ <sup>de</sup>	P <sub>2</sub> × C <sub>0</sub>	۱۹۰۱/۸ <sup>e</sup>	P <sub>0</sub> × C <sub>0</sub>
۲۴۹۱/۸ <sup>bcd</sup>	P <sub>2</sub> × C <sub>1</sub>	۱۹۰۹/۰ <sup>e</sup>	P <sub>0</sub> × C <sub>1</sub>
۲۲۵۷/۲ <sup>de</sup>	P <sub>2</sub> × C <sub>2</sub>	۲۲۳۷/۳ <sup>de</sup>	P <sub>0</sub> × C <sub>2</sub>
۲۷۷۶/۴ <sup>abc</sup>	P <sub>2</sub> × C <sub>3</sub>	۲۵۷۲/۷ <sup>bcd</sup>	P <sub>0</sub> × C <sub>3</sub>
۲۲۸۴/۸ <sup>cde</sup>	P <sub>3</sub> × C <sub>0</sub>	۱۹۶۷/۴ <sup>e</sup>	P <sub>1</sub> × C <sub>0</sub>
۲۳۶۴/۴ <sup>cde</sup>	P <sub>3</sub> × C <sub>1</sub>	۱۸۸۹/۹ <sup>e</sup>	P <sub>1</sub> × C <sub>1</sub>
۲۹۶۰/۴ <sup>ab</sup>	P <sub>3</sub> × C <sub>2</sub>	۲۱۵۴/۴ <sup>de</sup>	P <sub>1</sub> × C <sub>2</sub>
۳۲۰۰/۱ <sup>a</sup>	P <sub>3</sub> × C <sub>3</sub>	۲۵۷۶/۰ <sup>bcd</sup>	P <sub>1</sub> × C <sub>3</sub>

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند. P<sub>0</sub>, P<sub>2</sub> و P<sub>3</sub> به ترتیب عدم تلقیح، تلقیح بذر با ازتوباکتر، سودوموناس و تلقیح توانم این دو باکتری C<sub>0</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> و C<sub>3</sub> به ترتیب عدم مصرف و مصرف ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل.

شدن رشد رویشی و افزایش عملکرد می‌گردد افزایش داد (Omidi *et al.*, 2005). برخی معتقدند سایکوسل اندازه مقصد را قبل و بعد از گلدنهی به دلیل اثرات فیدبک مثبت و سرعت فتوستنتزی 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 ثبت 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 (2005) اظهار داشت باکتری‌های محرک رشد با فراهم کردن مواد غذایی مacro و میکرو برای رشد گیاه، تحریک تولید مواد و توسعه سیستم ریشه، ثبت 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 عنصر غذایی و توسعه سیستم ریشه‌ای به منظور دست‌یابی

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 ۴۰۰ 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 ۴).

به نظر می‌رسد بخشی از افزایش عملکرد در گیاهان تیمار شده با سایکوسل ناشی از افزایش کارایی فتوستنتزی، محتوای کلروفیل، محتوای رطوبت نسبی و مقاومت روزنای در برگ‌های گیاهان باشد (شکل‌های ۳، ۴، ۵ و ۷). کاربرد سایکوسل ممکن است محتوای کلروفیل برگ‌ها را به دلیل بسته شدن روزنے 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 بیوشیمیابی، 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 فتوستنتزی و تخصیص مواد فتوستنتزی به بذرها می‌گردد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۹). محلول‌پاشی سایکوسل انتقال سیتوکینین را از ریشه‌ها به ساقه، که منجر به طولانی

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 ۶۳/۴۱، ۵۲/۹۰ و ۶۲/۴۶ درصد در شرایط آبیاری کامل، قطع آبیاری در مرحله خوشدهی و قطع آبیاری در مرحله چکمهزنی افزایش داد. از این روی به نظر می‌رسد به منظور بهبود عملکرد گندم در شرایط تنفس، استفاده از باکتری‌های محرك‌های رشد و تنظیم کننده سایکوسل عاملی مناسب باشد.

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

### نتیجه‌گیری:

به طور کلی تلقیح بذر با باکتری‌های محرك رشد به خصوص سودوموناس و ازتوباکتر در محلول پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل با افزایش شاخص‌های فلورسانس کلروفیل، محتوای کلروفیل، هدایت روزنی‌ای 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

### منابع:

- کوچکی، ع. (۱۳۷۶) به زراعی و به نزدی در زراعت دیم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- زمانیان، م.، سیادت، ع.ا.، فتحی، ق.ا.، چوکان، ر.، جعفری، ع.ا.، بخشندۀ، ع. و مقدم، ع. (۱۳۹۲) استفاده از مؤلفه‌های فلورسانس کلروفیل در گرینش ارقام متحمل به سرما در برخی از گونه‌های شبدر، مجله بهزیستی نهال و بذر ۲: ۲۵۱-۲۶۷.
- 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., Safranova, 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., Sridharan, R., Somasundaram, R., Alagulakshmanan, G. M. and anneerselvam, R. P. (2005) Growth and photosynthetic characteristics as affected by triazoles 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.

- 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., Mousavnik, S.M., Golpayegani, A. (2011) Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) effect on physiological parameters and mineral uptake in basil (*Ocimum basilicum* 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 Tuberrosa, 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 Haghghi, 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 Dinghzli, 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 *Azospirillum 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 (*Cicer arietinum* L.). Applied 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.

- 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 bioprimering 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<sub>2</sub> 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 Phytologist* 137: 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., Shahroona, 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.