اثر سایکوسل و کودهای زیستی بر عملکرد کمی و کیفی، سرعت و طول دوره پر شدن دانه گندم در شرایط محدودیت آب

راضیه خلیل‌زاده[۱]، رئوف سیدشریفی*[۲] و جلال جلیلیان[۳]

۱) دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۲) استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۳) دانشیار گروه زراعت، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

* نویسنده مسئول: raouf_ssharifi@yahoo.com

این مقاله برگرفته از رساله دکتری می باشد.

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۴/۰۶

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سایکوسل و تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس بر عملکرد کمی و کیفی، سرعت و طول دوره پر شدن دانه گندم تحت شرایط محدودیت آب، این آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد. فاکتور اول شامل سطوح آبیاری در سه سطح (آبیاری کامل، آبیاری تا ۵۰٪ مرحله سنبله دهی و آبیاری تا ۵۰٪ مرحله چکمه‌زنی به ترتیب معادل کد ۴۵ و ۵۹ زادوکس)، و فاکتور دوم شامل تلقیح بذر با کودهای زیستی در چهار سطح (عدم تلقیح به عنوان شاهد، تلقیح با ازتوباکتر کروکوکوم استرین ۵، سودوموناس پوتیدا استرین ۱۸۶ و کاربرد همزمان ازتوباکتر و سودوموناس) و فاکتور سوم شامل محلول‌پاشی با سایکوسل در چهار سطح (عدم مصرف، ۴۰۰، ۸۰۰ و۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل) بود. نتایج نشان داد که اثر محدودیت آبی، کودهای زیستی و سایکوسل بر طول دوره پر شدن دانه (در سطح احتمال یک درصد) و عملکرد کمی (در سطح احتمال پنج درصد) و محتوای پروتئین (در سطح احتمال یک درصد) دانه معنی‌دار گردید. بیش‌ترین عملکرد دانه (۳۸۲۲ کیلوگرم در هکتار) از ترکیب تیماری محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل، تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس در شرایط آبیاری کامل و کم‌ترین آن (۱۴۰۹/۷ کیلوگرم بر هکتار) در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی مربوط به عدم محلول‌پاشی سایکوسل و عدم تلقیح بذر بود. اعمال قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی موجب بیش‌ترین کاهش در اکثر صفات مرتبط با عملکرد و اجزای عملکرد و حداکثر کارایی فتوشیمیایی II در گندم شد.

واژه‌های کلیدی: تنظیم کننده رشد، محدودیت آبی و عملکرد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.3.7]

مقدمه

تنش‌های زیستی و غیرزیستی از عوامل اصلی کاهش عملکرد محسوب می‌شوند. در میان تنش‌های غیرزنده، تنش خشکی عامل اصلی محدود کننده رشد گیاه در مناطق خشک و نیمه خشک است. بخش عمده‌ای از مناطق تحت کشت گندم در چنین شرایط آب و هوایی قرار دارد. در همچون مناطقی کاهش نزولات و توزیع نامناسب آن موجب محدودیت عملکرد دانه گندم می‌شود (Garcia Del Moral *et al*., 2003). پر شدن دانه معمولاً ۱۵ روز بعد از گرده‌افشانی شروع می‌شود که اندازه و وزن نهایی دانه، در نهایت عملکرد دانه را در مرحله رسیدگی کامل تعیین می‌کند (Sangtarash, 2010). وزن نهایی دانه به‌عنوان یکی از اجزای تعیین کننده عملکرد گندم است که به وسیله سرعت و دوره پر شدن دانه مشخص می‌شود. طولانی بودن این دوره امکان انتقال مواد فتوسنتزی بیش‌تر از مبداء به مقصد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌سازد. نظر بر این است که تعداد و وزن دانه در طول گرده‌افشانی یا مدت کوتاهی بعد از مرحله گرده‌افشانی تنظیم می‌شوند و تغییر در توانایی جذب آب در در این دوره رشدی، می‌تواند تأثیر عمده در عملکرد گندم داشته باشد (Hammer *et al*., 2009; Shakiba *et al*., 1996). امروزه روش‌های مختلفی برای مقابله با اثر ناشی از تنش در نظر گرفته شده است. در میان روش‌های مدیریتی، برخی هورمون‌ها و ریزوباکترهای محرک رشد گیاه، تحمل گیاه را در برابر شرایط تنش‌زای محیط افزایش می‌دهند (Hoque and Haque, 2002). برخی از سازوکارهای 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 (Kader *et al*., 2002; Rudresha *et al*., 2002). با این حال برخی از سازوکارهای ناشناخته نیز ممکن است وجود داشته باشند، و یکی از محتمل‌ترین سازوکارهای عمل در بهبود رشد گیاه می‌تواند تغییرات در سطوح درونی مواد تنظیم کننده رشد گیاه ناشی از PGPR[1] باشد (Dommelen *et al*., 2009; Singh *et al*., 2004). در سال‌های اخیر، یک روش جدید برای کاهش و یا تعدیل اثر تنش خشکی در گیاهان، تیمار بذر با ریزوباکترهای محرک رشد گیاه حاوی (ACC)- دی آمیناز می‌باشد که ACC (پیش ساز سنتز اتیلن) را به آمونیوم و کتوبوتیرات هیدرولیز می‌کند (Yang et al., 2003). گیاهانی که با PGPR های حاوی ACC- دی آمیناز تلقیح می‌شوند به طور چشم‌گیری متحمل به اثرات اتیلن تنشی هستند که در نتیجه شرایط محدودیت آبی ساخته می‌شوند (Zahir *et al*., 2007; Vessey, 2003). از این رو تلقیح بذر با باکتری‌های تلقیح کننده می‌تواند ساخت اتیلن داخلی را کاهش داده و تحمل گیاه به تنش به دلیل کاهش تولید اتیلن ممکن است افزایش یابد. این باکتری‌ها به طور طبیعی در خاک‌ها وجود

[1] Plant Growth Promoting Rhizobacteria

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.3.7]

دارند ولی تعداد و تراکم آن‌ها در خاک پایین است، بنابراین تلقیح بذر با این باکتری‌ها می‌تواند جمعیت آن‌ها را به حد مطلوب رسانده و در نتیجه منجر به بروز اثر مفید آن‌ها در خاک گردند (Cakmakci *et al*., 2007). سایکوسل از مهم-ترین کاهش دهنده‌های رشد گیاهی بوده و مانع از تبدیل چرخه‌ای ژرانیل پیرو فسفات به کوپالیل پیرو فسفات شده و به تدریج بازدارنده سنتز جیبرلین می‌شود (Wang *et al*., 2009). این ماده موجب بهبود توازن آب و جلوگیری از پژمردگی شده و ظرفیت فتوسنتزی و تخصیص مواد فتوسنتزی را به دانه‌ها افزایش می‌دهد (Wang *et al*., 2009; Saini *et al*., 1987). سایکوسل احتمالاً با بستن روزنه‌ها بر میزان فتوسنتز اثر می‌گذارد، طوری‌که پس از مصرف این مواد سرعت فتوسنتز تاحدودی کاهش می‌یابد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۹۴۱). به بیانی دیگر این ماده اگر چه موجب کاهش تعرق و فتوسنتز می‌شود. ولی می‌تواند نقش مهمی را در بهبود رشد گیاه از طریق به حداکثر رسیدن پتانسیل آبی ایفا کند. بررسی ها نشان می‌دهد محلول‌پاشی سایکوسل انتقال سیتوکینین را از ریشه به ساقه افزایش می‌دهد که منجر به افزایش طول دوره رشد، فتوسنتز و افزایش عملکرد می‌گردد (Omidi *et al*., 2005). Singh و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که استفاده از سایکوسل ارتفاع گیاه را تا ۲۳ درصد کاهش و عملکرد دانه را به طور معنی‌داری افزایش داد. نتایج مشابهی نیز در مورد کاربرد خارجی سایکوسل بر افزایش عملکرد دانه در جو (Ma and Smith, 1991) و برنج (Akinrinde,2006) گزارش شده است. گزارش شده که کاربرد سایکوسل تا حدی کاهش رشد، عملکرد و برخی صفات بیوشیمیایی را تعدیل می‌کند. اثرات تعدیلی سایکوسل می‌تواند به دلایل مختلفی مانند بسته شدن روزنه، افزایش محتوای کلروفیل، افزایش غلظت CO_2 و تغییرات تحریک کنندگی در سایر ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی باشد (Pirasteh-Anosheh *et al*., 2012). سایکوسل همچنین می‌تواند موجب تحریک رشد ریشه، کاهش تعرق، افزایش کارایی مصرف آب، جلوگیری از تخریب کلروفیل و در نتیجه موجب بهبود تحمل گیاه به تنش گردد (Wang *et al*., 2010). به دلیل اهمیت تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشدی و نقش سایکوسل در بهبود عملکرد گندم تحت شرایط محدودیت آبی، این بررسی به منظور ارزیابی اثر توام این دو عامل بر عملکرد کمی و کیفی رشد دانه گندم تحت محدودیت آبی انجام گرفت.

مواد و روش ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ 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 به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل محدودیت آبی در سه

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.3.7]

سطح (آبیاری کامل به عنوان شاهد، آبیاری تا ۵۰٪ مرحله سنبله دهی[۲] و آبیاری تا ۵۰٪ مرحله چکمه‌زنی[۳] به‌ترتیب معادل کد ۴۵ و ۵۹ زادوکس)، فاکتور دوم شامل تلقیح بذر با کودهای زیستی در چهار سطح (عدم تلقیح به عنوان شاهد، تلقیح با ازتوباکترکروکوکوم استرین ۵، سودوموناس پوتیدا استرین ۱۸۶و کاربر توأم این دو باکتری) و فاکتور سوم شامل محلول‌پاشی با سایکوسل در چهار سطح (عدم مصرف، ۴۰۰، ۸۰۰ و۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل) بود. متوسط دما و بارندگی ماهانه منطقه مورد آزمایش در طول فصل رشد در جدول ۱ آورده شده است. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح بود. خاک مزرعه دارای بافت لومی رسی با pH برابر ۸/۲، شوری ۱/۵۹ دسی زیمنس بر متر و با درصد نیتروژن ۰/۱۲ و میزان فسفر ۸/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم بود.

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 (میلی‌متر)
اردیبهشت	۲۲/۴	۲۲/۴	۱۵/۳	۳۵/۴
خرداد	۲۵/۰	۲۵/۰	۱۷/۸	۲۴/۵
تیر	۲۵/۵	۲۵/۵	۱۹/۴	۱۲/۲
مرداد	۲۶/۴	۲۶/۴	۱۹/۸	۰/۴

رقم مورد استفاده رقم بهاره آتیلا ۴ بود که از شرکت کشت و صنعت مغان تهیه شد و در کرت‌هایی به مساحت دو متر مربع (شامل پنج خط کاشت به طول ۲ متر و با فاصله بین ردیفی ۲۰ سانتی‌متر) و تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع کاشته شد. زمان کاشت ۲۰ شهریور ماه بود. کاشت بذر در عمق ۳ تا ۴ سانتی‌متری و به صورت هیرم‌کاری و با دست انجام شد. برای تلقیح بذر میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن حاوی[۷]۱۰عدد باکتری زنده و فعال در هر گرم بود، استفاده گردید. همچنین از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها استفاده شد (Seyed Sharifi and Khavazi, 2011). تمامی عملیات در محیط سایه و دور از نور آفتاب انجام شد. باکتری‌ها از موسسه تحقیقات آب و خاک تهیه شد. محلول‌پاشی سایکوسل در دو مرحله از دوره رشد رویشی (مرحله ۴ تا ۶ برگی و مرحله ساقه دهی) انجام شد (Mosali *et al.*, 2006). کنترل علف‌های هرز در طول دوره رشد به روش دستی انجام گرفت. زمان برداشت ۲۰ شهریور ماه بود. به منظور بررسی ویژگی‌های مربوط به پر شدن دانه نظیر سرعت، طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه، از ۱۴ روز بعد از گلدهی در فواصل زمانی هر چهار روز یک‌بار از خطوط اصلی هر کرت سه بوته به تصادف انتخاب و دانه‌ها از خوشه جدا شدند. در مرحله بعدی وزن خشک تک بذر از محاسبه وزن خشک کل به تعداد بذر برآورد گردید (Ronanini *et al.*,

[2] Heading stage
[3] Booting stage

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.3.7]

2004). به‌منظور برآورد، تجزیه و تحلیل و تفسیر ویژگی‌های مربوط به پر شدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی (دو تکه ای) با استفاده از رویه DUD و دستور العمل Proc NLIN استفاده گردید. رویه DUD تنها روش ارائه شده در نرم افزار SAS است که امکان برآورد مدل دو تکه‌ای پر شدن دانه را در تمامی گیاهان زراعی فراهم می سازد (سلطانی ۱۳۷۷). در این روش دوره پر شدن دانه با استفاده از رابطه زیر قابل براورد می باشد.

رابطه ۱:

$$GW = \begin{cases} a + b_t & t < t_0 \\ a + bt & t > t_0 \end{cases}$$

در این رابطه GW وزن دانه، t زمان، b شیب خط تا مرحله رسیدگی وزنی که بیان‌گر سرعت پر شدن دانه است، t_0 پایان دوره پر شدن دانه و a عرض از مبدا است. این مدل تغییرات وزن دانه نسبت به زمان را به دو مرحله تفکیک می کند: مرحله اول که در حقیقت مرحله خطی پر شدن دانه است، وزن دانه تا رسیدن به حداکثر مقادیر خود در زمان t_0 که در حقیقت زمان رسیدگی وزنی است، به صورت خطی افزایش پیدا می کند. شیب خط رگرسیون در این مرحله ($t < t_0$) سرعت پر شدن دانه را نشان می‌دهد (Ellis and Pieta-Filho, 1992). با برازش این مدل بر تمامی داده‌ها ابتدا دو پارامتر مهم پر شدن دانه یعنی سرعت پر شدن دانه (b) و زمان رسیدگی وزنی (t_0) به‌دست آمده و سپس مقدار عددی t_0 در قسمت دوم رابطه قرار داده شد و GW که وزن دانه است محاسبه گردید.

برای تعیین دوره موثر پرشدن دانه از رابطه EFP=MGW/GFR استفاده شد (Ellis and Pieta-Filho, 1992). در این رابطه EFP دوره موثر پرشدن دانه،MGW حداکثر وزن دانه و GFR سرعت پر شدن دانه یا شیب خط برازش شده است. میزان فلورسانس کلروفیل برگ پرچم در تیمارهای مختلف از ۴۶ روز بعد کاشت هر چهار روز یک بار توسط دستگاه فلورومتر (OS-30p) اندازه گیری شد. در هر مرحله از هر تیمار به‌طور تصادفی شش برگ پرچم توسعه یافته (در فاصله زمانی ساعت ۱۰-۸ صبح) انتخاب و بعد از ۱۵ دقیقه تاریکی توسط کلیپس‌های مخصوص، شاخص‌های F_0 (حداقل فلورسانس از برگ سازگار شده با تاریکی)، F_m (حداکثر فلورسانس در برگ سازگار شده با تاریکی) و F_v/F_m (حداکثر عملکرد کوآنتومی فتوسیستم دو در شرایط سازگار شده با تاریکی) اندازه‌گیری شدند.

در این بررسی اجزای عملکرد و برخی صفات مرتبط با آن نظیر ارتفاع بوته و تعداد دانه در سنبله از ۱۲ بوته انتخابی که به تصادف و از خطوط اصلی هرکرت برداشت شده بود، اندازه‌گیری شد و میانگین داده‌های حاصل به‌عنوان ارزش آن صفت در تجزیه و تحلیل داده ها به کار گرفته شد. عملکرد دانه از خطوط اصلی هر کرت و از بین بوته‌های رقابت کننده از سطحی معادل ۰/۴ مترمربع به‌دست آمد. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم افزارهای SAS و EXCEL استفاده شد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.3.7]

نتایج و بحث

تعداد دانه در سنبله

نتایج نشان داد که تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر باکتری محرک رشد در سطح احتمال یک درصد و بر همکنش سایکوسل و باکتری محرک رشد در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۲). بالاترین تعداد دانه در سنبله به محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس حاصل شد (جدول ۶) و کم‌ترین آن از عدم محلول‌پاشی سایکوسل و عدم تلقیح بذر به‌دست آمد (جدول ۶) که از اختلاف ۴۴ درصدی با یکدیگر برخوردار بودند. Wang و همکاران (۲۰۰۹) اظهار داشتند که محلول‌پاشی با غلظت بالای سایکوسل گرچه موجب رشد آهسته گیاه می‌گردد، ولی میزان گلچه‌های بارور و عملکرد دانه را افزایش داده است. ضمن آنکه تیمار سایکوسل ظرفیت فتوسنتزی و تخصیص مواد فتوسنتزی را به مخازن افزایش می‌دهد. با توجه به اینکه سنبله‌های بلندتر دارای تعداد دانه بیش‌تری هستند، لذا تعداد دانه در سنبله به‌طور غیر مستقیم در عملکرد دانه نقش مهمی دارد. بنابراین محلول‌پاشی سایکوسل ممکن است یک عمل امیدبخش برای بهبود عملکرد محصول تحت شرایط رشد نامطلوب باشد (Saini *et al*., 1987). برخی معتقدند تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد موجب تثبیت بیولوژیکی نیتروژن می‌گردد که به نوبه خود در افزایش تعداد دانه در سنبله موثر است (Dommelen *et al*., 2009). Kader و همکاران (۲۰۰۲) و خیری زاده و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی اثر تلقیح ازتوباکتر بر صفاتی مانند ارتفاع نهایی بوته، تعداد و طول سنبله‌ها، وزن خشک ریشه، عملکرد دانه گندم گزارش نمودند که هر یک از این صفات مورد بررسی به‌واسطه تلقیح بذر افزایش یافت. تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد، به دلیل اثر مثبتی که طی فرآیندهای مختلفی از قبیل تثبیت نیتروژن، تولید هورمون‌های محرک رشد و ترشح آنزیم‌های فسفاتاز و اسیدهای آلی دارند موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در گیاهان می‌شوند (Vessey, 2003؛ Yang *et al*., 2003). Rai و Caur (۱۹۹۸) در بررسی اثر تلقیح منفرد و دوگانه ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم در گندم گزارش کردند که تلقیح دوگانه سویه‌های کارامد ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش اثرات مثبتی بر ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی در گونه‌های گندم دارد. هورمون‌هایی مثل اکسین، جیبرلین و سیتوکینین توسط بسیاری از گونه‌های ازتوباکتر سنتز می‌شوند (Singh *et al*., 2004)، و احتمال دارد کودهای زیستی به‌دلیل فراهمی مواد غذایی و بهبود کارایی فتوسنتز (شکل ۲) موجب افزایش تعداد دانه در سنبله شده است. تانوار و همکاران (Tanwar *et al*., 2002) اظهار داشتند ازتوباکتر و سودوموناس با اثر مثبت بر جذب عناصر ماکرو و ضروری نظیر N، P و K، بهبود توزیع آب در گیاه و افزایش فعالیت نیترات ردوکتاز و تولید برخی هورمون‌ها، موجب افزایش اجزای عملکرد می‌شود.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.3.7]

جدول۲: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اجزای عملکرد و برخی از صفات گندم در واکنش از محلول‌پاشی سایکوسل، باکتری‌های محرک رشد و محدودیت آبی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		دانه در سنبله	وزن صد دانه	سرعت پرشدن دانه	طول دوره پرشدن دانه	دوره موثر پرشدن دانه	حداکثر وزن دانه	عملکرد دانه	درصد پروتئین
R	۲	۱۱۲۹/۰۴**	۰/۰۸**	۰/۰۰۰۰۱۱۵۲**	۸۷/۸۸**	۳/۰۸۱۹۷**	۰/۰۰۲۱۹**	۲۰۶۱۰/۸۸	۷۵/۱۹**
I	۲	۱۹۸/۰۴	۲۶/۷۳**	۰/۰۰۰۰۰۰۶۸**	۱۶/۳۵**	۲/۷۱۱۵۰**	۰/۰۰۰۵۶۹**	۱۲۴۳۴۹۴۱/۸۹**	۲۶/۹۵**
P	۳	۶۲۶/۸۴**	۰/۶۹**	۰/۰۰۰۰۰۱۳۷**	۲۶/۳۸**	۴/۵۸۴۹۸**	۰/۰۰۰۸۳۹**	۲۴۲۶۱۸۵/۷۴**	۲/۱۲**
C	۳	۲۹/۵۲	۳/۹۳**	۰/۰۰۰۰۰۳۳۶**	۴۵/۹۷**	۲/۰۳۷۵۲**	۰/۰۰۱۷۸۴**	۳۵۷۴۳۳۰/۱۳**	۳/۶۰**
I ×P	۶	۸۹/۰۳	۰/۲۹**	۰/۰۰۰۰۰۰۰۸۶**	۱۵/۷۱**	۴/۴۶۳۰**	۰/۰۰۰۵۲**	۱۳۸۸۹۶/۷۲^{ns}	۰/۳۸^{ns}
I × C	۶	۴۰/۰۲	۰/۵۹**	۰/۰۰۰۰۰۰۰۳	۱/۹۵**	۱/۸۲۱۲۳**	۰/۰۰۰۰۲۰**	۶۹۵۵۷/۲۴^{ns}	۰/۲۳^{ns}
P × C	۹	۱۵۲/۰۲*	۰/۱۷^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۲	۱/۷۷**	۲/۸۳۲۶**	۰/۰۰۰۰۲۴**	۲۲۴۹۲۳/۱۶*	۰/۳۰*
I × P × C	۱۸	۱۱۸/۴۹	۰/۳۰**	۰/۰۰۰۰۰۰۰۲	۲/۷۵**	۵/۹۵۱۵۸۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۹۸**	۱۷۰۷۲۸/۲۰*	۰/۳۴**
E		۶۹/۳۱	۰/۰۹۸	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱	۰/۲۲	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۴۲	۹۵۱۶۴/۸۹	۰/۱۳
CV (%)		۱۶/۳	۷/۷۴	۴/۹۲	۱/۳۴	۴/۱۴۷	۳/۷۰	۱۳/۰۸	۳/۵۷

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

(I) محدودیت آبی، (P) باکتری‌های محرک رشد، (I ×P) محدودیت آبی× باکتری محرک رشد، (I ×C) محدودیت آبی × سایکوسل، (I ×P ×C) محدودیت آبی × باکتری محرک رشد × سایکوسل، (E) خطای آزمایشی، (CV) ضریب تغییرات.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.3.7]

جدول۳: مقایسه میانگین اثر متقابل سایکوسل، باکتری‌های محرک رشد و محدودیت آبی بر برخی صفات گندم

ترکیب تیماری	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	درصد پروتئین (٪)	طول دوره پرشدن دانه (روز)	حداکثر وزن دانه (گرم)	معادله برازش شده
$I_1\times P_0\times C_0$	۴/۴۳ g-k	۲۴۲۳/۷ i-n	۱۰/۷۳ e-j	۳۷/۱۲ bc	۰/۰۵۰ r	y= 0.0019x-0.0262
$I_1\times P_0\times C_1$	۴/۶۶ d-j	۲۶۳۶/۴ g-k	۱۰/۹۹ c-i	۳۵/۷۹ f-g	۰/۰۵۶ o	y= 0.002x-0.0226
$I_1\times P_0\times C_2$	۴/۵۸ e-j	۲۷۹۹/۳ d-i	۱۰/۹۹ c-i	۳۵/۹۲ e-i	۰/۰۶۱ j	y= 0.0023x-0.0287
$I_1\times P_0\times C_3$	۴/۷۱ c-i	۲۹۴۲/۴ c-h	۱۱/۰۴ c-i	۳۵/۰۶ j-n	۰/۰۶۶ f	y= 0.0024x-0.0256
$I_1\times P_1\times C_0$	۴/۵۰ f-k	۲۴۸۵/۴ h-m	۱۱/۱۱ c-g	۳۳/۹۱ p-t	۰/۰۷۱ b	y= 0.0021x-0.0107
$I_1\times P_1\times C_1$	۴/۳۰ h-l	۲۰۷۹/۲ l-q	۱۱/۶۴ f-l	۳۷/۰۳ bc	۰/۰۶۱ j	y= 0.0023x-0.0283
$I_1\times P_1\times C_2$	۵/۲۰ ab	۲۷۷۶/۴ e-j	۱۱/۵۰ bc	۳۷/۳۷ b	۰/۰۵۸ m	y= 0.0022x-0.0297
$I_1\times P_1\times C_3$	۵/۱۶ a-d	۳۱۶۷/۴ c-f	۱۱/۱۲ b-g	۳۶/۱۹ efd	۰/۰۷۶ a	y= 0.0026x-0.0332
$I_2\times P_0\times C_0$	۳/۲۷ pqr	۱۸۱۳/۲ o-u	۹/۲۹ st	۳۹/۰۵ a	۰/۰۵۳ p	y= 0.0019x-0.0241
$I_2\times P_0\times C_1$	۳/۵۵ m-q	۱۸۳۳/۴ o-u	۹/۴۸ q-t	۳۵/۵۲ f-l	۰/۰۵۸ m	y= 0.0021x-0.0229
$I_2\times P_0\times C_2$	۴/۰۲ klm	۲۳۴۵/۳ i-n	۱۰/۰۶ l-q	۳۶/۱۶ d-g	۰/۰۶۳ h	y= 0.0024x-0.0295
$I_2\times P_0\times C_3$	۴/۵۱ f-k	۲۴۷۷/۱ h-m	۱۰/۴۴ i-n	۳۵/۶۲ f-k	۰/۰۶۹ d	y= 0.0025x-0.0266
$I_2\times P_1\times C_0$	۳/۵۲ m-r	۱۵۷۴/۳ r-u	۹/۵۲ q-t	۳۵/۲۲ i-l	۰/۰۶۰ k	y= 0.0022x-0.0234
$I_2\times P_1\times C_1$	۳/۶۱ m-p	۲۰۷۱/۸ l-r	۱۰/۰۳ m-q	۳۲/۱۰ xy	۰/۰۶۴ g	y= 0.0021x-0.0145
$I_2\times P_1\times C_2$	۳/۴۰ o-r	۱۷۵۶/۹ p-u	۹/۵۳ q-t	۳۴/۱۷ o-r	۰/۰۷۰ c	y= 0.0024x-0.0227
$I_2\times P_1\times C_3$	۴/۵۴ e-j	۲۵۱۹ h-m	۱۰/۸۷ d-i	۳۵/۴۲ g-l	۰/۰۶۷ e	y= 0.0028x-0.031
$I_3\times P_0\times C_0$	۳/۰۱ r	۱۴۰۹/۷ u	۹/۲۰ t	۳۶/۰۸ d-h	۰/۰۴۳ v	y= 0.0015x-0.0153
$I_3\times P_0\times C_1$	۳/۳۸ pqr	۱۴۶۸/۵ ut	۹/۴۶ q-t	۳۲/۲۳ xy	۰/۰۴۸ t	y= 0.0016x-0.0124
$I_3\times P_0\times C_2$	۳/۳۱ pqr	۱۵۶۷/۴ tsu	۹/۵۶ q-t	۳۳/۵۷ q-t	۰/۰۴۸ t	y= 0.0017x-0.0161
$I_3\times P_0\times C_3$	۳/۹۲ lmn	۲۲۹۸/۶ j-o	۱۰/۱۸ j-o	۳۳/۳۵ s-v	۰/۰۵۶ o	y= 0.002x-0.0186
$I_3\times P_1\times C_0$	۳/۰۶ qr	۱۸۴۲/۴ o-u	۹/۷۵ o-t	۳۶/۷۹ bcd	۰/۰۴۸ t	y= 0.0018x-0.0228
$I_3\times P_1\times C_1$	۳/۰۸ qr	۱۵۱۸/۸ tu	۹/۷۰ o-t	۳۵/۶۱ f-k	۰/۰۵۹ l	y= 0.0021x-0.021
$I_3\times P_1\times C_2$	۳/۲۱ pqr	۱۹۲۹/۹ n-t	۹/۷۴ o-t	۳۶/۱۸ d-g	۰/۰۶۱ j	y= 0.0023x-0.0269
$I_3\times P_1\times C_3$	۳/۴۱ o-r	۲۰۴۱/۷ m-s	۹/۹۸ m-r	۳۴/۴۱ m-p	۰/۰۶۷ e	y= 0.0019x-0.0263
$I_1\times P_2\times C_0$	۴/۸۱ a-g	۲۵۶۴/۶ g-l	۱۱/۳۲ b-e	۳۵/۳۸ h-l	۰/۰۴۵ u	y= 0.0017x-0.0205
$I_1\times P_2\times C_1$	۴/۹۰ a-g	۳۲۸۶/۱ bcd	۱۱/۴۴ bcd	۳۵/۳۲ h-l	۰/۰۵۷ n	y= 0.0021x-0.0248
$I_1\times P_2\times C_2$	۴/۶۷ c-j	۲۷۶۰/۴ e-j	۱۰/۹۱ c-i	۳۵/۱۵ j-m	۰/۰۶۳ h	y= 0.0021x-0.0199
$I_1\times P_2\times C_3$	۵/۰۲ a-e	۳۲۳۴/۷ b-e	۱۱/۴۶ bcd	۳۳/۵۶ q-t	۰/۰۶۷ e	y= 0.0023x-0.0195
$I_1\times P_3\times C_0$	۴/۸۷ a-f	۲۹۵۷/۶ c-h	۱۱/۱۸ b-f	۳۶/۵۹ cde	۰/۰۵۳ p	y= 0.0018x-0.0175
$I_1\times P_3\times C_1$	۴/۹۶ a-f	۲۷۳۶/۱ e-j	۱۱/۱۰ c-g	۳۳/۳۷ s-v	۰/۰۴۵ u	y= 0.0016x-0.0168
$I_1\times P_3\times C_2$	۵/۱۷ abc	۳۶۸۲/۶ ab	۱۱/۷۱ b	۳۳/۹۰ p-t	۰/۰۶۴ g	y= 0.0020x-0.015
$I_1\times P_3\times C_3$	۵/۲۵ a	۳۸۲۲/۲ a	۱۲/۳۷ a	۳۸/۹۱ a	۰/۰۵۰ r	y= 0.0019x-0.0275
$I_2\times P_2\times C_0$	۳/۹۰ l-o	۲۱۳۷/۵ k-q	۱۰/۴۹ h-n	۳۵/۴۹ f-l	۰/۰۳۹ y	y= 0.0013x-0.0147
$I_2\times P_2\times C_1$	۴/۱۹ jkl	۲۴۱۹/۲ i-n	۱۰/۶۹ f-k	۳۲/۴۷ wxy	۰/۰۴۰ x	y= 0.0014x-0.0131
$I_2\times P_2\times C_2$	۴/۲۶ h-l	۲۰۷۰/۸ l-r	۱۰/۱۰ k-p	۳۲/۷۲ u-x	۰/۰۴۵ u	y= 0.0015x-0.0128
$I_2\times P_2\times C_3$	۴/۹۱ a-g	۲۷۱۵/۳ f-g	۱۱/۱۶ b-g	۳۲/۳۶ xy	۰/۰۵۰ r	y= 0.0016x-0.0099
$I_2\times P_3\times C_0$	۳/۱۵ pqr	۲۱۰۷/۲ l-q	۱۰/۱۸ j-o	۳۵/۰۱ l-n	۰/۰۴۱ w	y= 0.0015x-0.017
$I_2\times P_3\times C_1$	۳/۳۰ pqr	۲۳۱۳/۲ i-o	۹/۷۰ o-t	۳۳/۵۳ rst	۰/۰۵۰ r	y= 0.0017x-0.0141
$I_2\times P_3\times C_2$	۴/۷۴ b-g	۳۰۲۸/۵ c-g	۱۰/۷۵ e-g	۳۳/۴۶ r-u	۰/۰۴۹ s	y= 0.0017x-0.0148
$I_2\times P_3\times C_3$	۵/۰۳ a-e	۳۴۲۷/۲ abc	۱۱/۰۸ c-h	۳۴/۸۲ l-o	۰/۰۵۸ m	y= 0.0019x-0.0157
$I_3\times P_2\times C_0$	۳/۰۹ qr	۱۶۵۹ q-u	۹/۴۰ r-t	۳۷/۵۴ b	۰/۰۳۵ z	y= 0.0014x-0.0175
$I_3\times P_2\times C_1$	۳/۰۲ r	۱۷۷۰/۱ p-u	۹/۳۱ st	۳۱/۷۷ y	۰/۰۶۲ i	y= 0.0018x-0.0068
$I_3\times P_2\times C_2$	۳/۱۳ pqr	۱۹۴۰/۳ n-t	۹/۴۷ q-t	۳۳/۱۸ t-w	۰/۰۵۱ q	y= 0.0017x-0.0127
$I_3\times P_2\times C_3$	۴/۲۳ i-l	۲۳۷۹/۲ i-n	۱۰/۵۶ g-m	۳۲/۶۶ vwx	۰/۰۵۶ o	y= 0.0018x-0.0108

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.3.7]

ادامه جدول ۳: مقایسه میانگین اثر متقابل سایکوسل، باکتری‌های محرک رشد و محدودیت آبی بر برخی صفات گندم

ترکیب تیماری	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	درصد پروتئین (٪)	طول دوره پرشدن دانه (روز)	حداکثر وزن دانه (گرم)	معادله برازش شده
$I_3 \times P_3 \times C_0$	۳/۴۶ $^{n-r}$	۱۷۸۹/۶ $^{p-u}$	۹/۸۲ $^{o-s}$	۳۵/۳۷ $^{h-l}$	۰/۰۴۸ ^{t}	y= 0.0017x-0.0188
$I_3 \times P_3 \times C_1$	۳/۳۱ ^{pqr}	۲۰۴۳/۸ $^{m-s}$	۹/۹۴ $^{n-r}$	۳۴/۳۱ $^{n-q}$	۰/۰۵۶ ^{o}	y= 0.0019x-0.018
$I_3 \times P_3 \times C_2$	۳/۴۵ $^{n-r}$	۲۱۷۰/۱ $^{k-p}$	۱۰/۱۱ $^{k-p}$	۳۴/۰۰۶ $^{p-s}$	۰/۰۶۰ ^{k}	y= 0.002x-0.0144
$I_3 \times P_3 \times C_3$	۳/۳۸ ^{pqr}	۲۳۵۱/۰ $^{i-n}$	۱۰/۰۱ $^{m-q}$	۳۳/۸۹ $^{p-t}$	۰/۰۶۶ ^{f}	y= 0.002x-0.011

میانگین‌هایی 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 ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل.

وزن صد دانه

نتایج نشان داد وزن صد دانه تحت تأثیر سطوح محدودیت آبی، کودهای زیستی، سایکوسل و بر همکنش این عوامل در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین وزن صد دانه از ترکیب تیماری محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس در شرایط آبیاری کامل و کم‌ترین آن از عدم محلول‌پاشی سایکوسل و عدم تلقیح بذر در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی به‌دست آمد، که البته با ترکیب تیماری محلول‌پاشی ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و تلقیح بذر با سودوموناس تفاوت آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۳). نتایج به‌دست آمده نشان داد که محلول‌پاشی سایکوسل موجب کاهش رشد رویشی گیاه شده و تعادل رشد رویشی و زایشی را به دلیل کاهش رقابت درون گیاهی به سمت پرشدن دانه پیش می‌برد و در نتیجه موجب افزایش وزن صد دانه می‌گردد که با نتایج به‌دست آمده از کوچکی و سرمدنیا (۱۳۹۱) مطابقت داشت.

به نظر می‌رسد که افزایش وزن صد دانه در اثر محلول‌پاشی سایکوسل را می‌توان به کند شدن سرعت نموی گیاه توسط سایکوسل و به وجود آمدن فرصت بیش‌تر برای افزایش وزن و تعداد دانه در سنبله نسبت داد. از طرف دیگر افزایش کارایی فتوسنتزی (شکل ۲) در اثر استفاده از این تیمارها ممکن است ناشی از افزایش میزان فتوسنتز و انتقال ماده خشک بیشتری به دانه‌ها در مرحله پرشدن دانه باشد که با نتایج به‌دست آمده از Baset Mia و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت داشت.

سرعت پرشدن دانه

اثر فاکتورهای آزمایشی بر مولفه‌های پر شدن دانه گندم نشان داد که الگوی نمو بذر در تلقیح بذر با کلیه باکتری‌ها مشابه است (شکل ۱). بدین ترتیب که ابتدا وزن دانه به صورت خطی افزایش یافته و به حداکثر خود رسید (رسیدگی وزنی). پس از این مرحله وزن دانه از تغییرات چندانی برخوردار نبوده و به صورت یک خط افقی در آمد. افزایش وزن دانه از طریق طول دوره پر شدن دانه و سرعت پر شدن دانه (Hammer *et al*., 2009) میسر است. بعد از تثبیت دانه در

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.3.7]

مرحله گرده افشانی، وزن دانه مهم‌ترین عامل در تعیین میزان عملکرد گندم محسوب می‌شود (Shakiba *et al*., 1996). با توجه به اینکه سرعت پر شدن دانه نسبت به دوره پرشدن دانه تحت تأثیر محدودیت آبی قرار نگرفت. به‌نظر می‌رسد در این تحقیق وزن نهایی دانه متناسب با سرعت پر شدن دانه است. زیرا دوره پر شدن دانه تا حد زیادی تحت تأثیر محدودیت آبی قرار گرفت.

Bauer و همکاران (۱۹۸۵) در ارزیابی مولفه‌های موثر بر وزن دانه بیان داشتند که سرعت انباشت مواد در دانه نسبت به سایر مولفه‌ها اثر بیش‌تری دارد. Kato (۱۹۹۹) اظهار داشتند که دانه‌های با وزن بالاتر، از سرعت پر شدن بالاتری نسبت به دانه‌های با وزن کم‌تر برخوردار می‌باشند. به‌نظر می‌رسد باکتری‌های محرک رشد با تولید هورمون‌های رشد و تأمین عناصر غذایی، ضمن افزایش سرعت پر شدن دانه، امکان تداوم بیش‌تر دوره پر شدن دانه را نیز فراهم ساخته‌اند (Zamber *et al*., 1984). Ahmadi و Baker (۲۰۰۱) گزارش کردند دوره پر شدن دانه تحت تأثیر توقف عرضه مواد فتوسنتزی، کاهش محتوای آب دانه، و یا توقف فعالیت متابولیکی مخزن در شرایط محدودیت آبی می‌تواند باشد.

مقایسه میانگین محدودیت آبی، سایکوسل و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد حاکی از آن است که حداکثر وزن تک بذر (۰/۰۷۶گرم) به ترکیب تیماری محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و تلقیح بذر با ازتوباکتر در شرایط آبیاری کامل و حداکثر طول دوره پرشدن دانه (۳۸/۹۱۴روز) به محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل، تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس در شرایط آبیاری کامل تعلق داشت. کم‌ترین آن‌ها (به ترتیب ۰/۰۳۵ گرم و ۳۱/۷۷۰ روز) به ترکیب تیماری بدون کاربرد سایکوسل، تلقیح بذر با سودوموناس در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی و محلول‌پاشی ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر، تلقیح بذر با سودوموناس در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی تعلق داشت (جدول ۳). حداکثر سرعت پر شدن دانه (۰/۰۰۳۱۳ گرم در روز) از ترکیب تیماری قطع آبیاری درمرحله خوشه‌دهی و تلقیح بذر با ازتوباکتر و کم‌ترین آن (۰/۰۰۲۰۲۵ گرم در روز) از ترکیب تیماری قطع آبیاری در مرحله خوشه‌دهی و تلقیح بذر با سودوموناس به‌دست آمد (جدول ۴).

در ابتدای مراحل پر شدن دانه بین تیمارهای مختلف اختلاف چندانی از نظر وزن خشک دانه وجود نداشت ولی با گذشت زمان از آغاز پر شدن دانه اختلاف در وزن خشک دانه بین تیمارها افزایش یافت (شکل ۱). افزایش سرعت رشد دانه در این تیمار احتمالاً به دلیل شرایط فرار از خشکی گیاهان در تکمیل چرخه زندگی و پر کردن دانه‌ها می‌باشد. Guttieri و همکاران (۲۰۰۱) در ارزیابی اثر آبیاری محدود و شرایط دیم بر گندم اظهار داشتند که اثر کمبود آب در مرحله بین پر شدن دانه و رسیدن بسیار زیاد بوده و موجب کاهش عملکرد دانه به واسطه کاهش طول دوره پرشدن دانه درگندم می‌شود.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.3.7]

Mass و Grieve (۱۹۹۰) اظهار داشتند که تنش‌های محیطی با کاهش طول دوره پر شدن دانه، به‌طور معنی‌داری وزن نهایی دانه را کاهش می دهند. در شرایط محدودیت آبی، عملکرد دانه نتیجه سرعت پر شدن دانه و توانایی انتقال مواد فتوسنتزی ذخیره شده از ساقه به دانه می‌باشد (Hossain *et al*., 1990). برخی محققان بیان کرده‌اند که استفاده از مواد تحریک کنندهٔ رشد گیاه، از طریق تولید و ترشح برخی هورمون‌های گیاهی و نیز تغییر در نسبت آن‌ها در گیاه (Khatun *et al*., 2016)، بر انتقال و توزیع مجدد فرآورده‌های فتوسنتزی در داخل گیاه اثر می‌گذارند. به عبارت دیگر، این مواد در انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها و سرعت پر شدن دانه‌ها در گیاه، اثر مثبت بیش‌تری داشته‌اند (Murkovic *et al*., 1996).

عملکرد دانه

در این بررسی عملکرد دانه تحت تأثیر محدودیت آبی، سایکوسل، تلقیح بذر با باکتری محرک رشد و اثر ترکیب تیماری این عوامل قرار گرفت (جدول ۲). قطع آبیاری در مرحله خوشه‌دهی و چکمه‌زنی عملکرد و اجزای عملکرد، وزن صد دانه و طول مدت پرشدن دانه را کاهش داد. بیش‌ترین اثر ترکیب این عوامل روی عملکرد دانه (۳۸۲۲/۲ کیلوگرم بر هکتار) مربوط به محلول‌پاشی ۱۲۰۰ 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 سایکوسل و تلقیح بذور با ازتوباکتر و سودوموناس عملکرد گندم را به‌ترتیب ۶۳/۴۱، ۵۲/۹۰ و ۶۲/۴۶ درصد در شرایط آبیاری کامل، قطع آبیاری در مرحله خوشه‌دهی و قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی افزایش داد. محلول‌پاشی سایکوسل به‌دلیل بالا بردن کارایی انتقال مواد غذایی به دانه موجب افزایش عملکرد دانه شده است. همان‌طور که در شکل‌های ۲ مشاهده می‌شود عملکرد بیش‌تر در گیاهان تیمار شده با سایکوسل می تواند ناشی از افزایش کارایی فتوسنتزی باشد. محلول‌پاشی سایکوسل در خردل عملکرد دانه و اجزای عملکرد را تا ۵۰ درصد افزایش داد (Saini *et al*., 1987)

باکتری‌های مورد استفاده شاید با فراهم کردن مواد غذایی عناصر پر نیاز و کم نیاز برای رشد گیاه، تحریک تولید مواد، توسعه سیستم ریشه، تثبیت نیتروژن و رهاسازی آن در مراحل حساس نیاز کودی (Kaya *et al*., 2002)، توانایی باکتری‌ها در حذف عوامل بیماریزای 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 بیش‌تر به آب و موادغذایی (Rudresha *et al*., 2005; Gusain *et al*., 2015) نسبت داده شده است.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.3.7]

درصد پروتئین

همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده است تیمارهای مورد بررسی اثر معنی‌داری بر درصد پروتئین دانه داشتند. درصد پروتئین دانه در ترکیب تیماری محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس در شرایط آبیاری کامل نسبت به تیمار شاهد در سطح احتمال یک درصد افزایش یافت (جدول۳). بیش‌ترین درصد پروتئین دانه (۱۲/۳۷ درصد) به ترکیب تیماری محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس در شرایط آبیاری کامل و کم‌ترین آن (۹/۲۰ درصد) به عدم محلول‌پاشی سایکوسل، عدم تلقیح بذر و قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی تعلق داشت (جدول ۳). موحدی دهنوی و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی گلخانه‌ای اثر سایکوسل در شرایط تنش خشکی بر صفات فیزیولوژیکی نتیجه گرفتند که محلول‌پاشی سایکوسل به‌طور معنی‌داری پروتئین دانه، قندهای محلول و صفت پرولین را در مقایسه با گیاهان شاهد افزایش داد. از اثرات سایکوسل این است که بر بیوسنتز جیبرلین، استرول‌ها و اسید آبسیزیک اثر می‌گذارد. این مواد ثانویه غیر مستقیم بر درصد نشاسته اثر گذاشته و موجب افزایش پروتئین دانه در شرایط تنش می‌شود (Sawan, 2008).

حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II (F_v/F_m)

روند تغییرات حداکثر کارایی فتوشیمیایی II (F_v/F_m) 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 ۲). تفاوت بین تنش قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی و آبیاری کامل به خصوص در سه مرحله آخر اندازه‌گیری F_v/F_m بسیار معنی‌دار بود. در حالی‌که در شرایط قطع آبیاری در مرحله خوشه‌دهی و نبود تنش تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مورد بررسی وجود نداشت. کارایی فتوسنتزی (F_v/F_m) در شرایط قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی به شدت روند کاهشی داشت، به طوری‌که ۷۴ روز پس از سبز شدن حداکثر میزان F_v/F_m در ترکیب تیماری محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس در شرایط آبیاری کامل در مقایسه با قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی، ۴۴ درصد با یکدیگر اختلاف داشتند.

گزارش‌ها در مورد اثرات تنش آب بر عملکرد PSII متناقض هستند، و مکان دقیق و مکانیسم‌هایی برای تخریب PSII هنوز روشن نشده است (Sperdouli and Moustskas, 2012). به نظر می‌رسد در تیمارهایی که F_v/F_m کم‌تر است، دستگاه فتوسنتزی در آن‌ها به خشکی حساس‌تر است و به نظر می‌رسد تنش خشکی 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، که با نتایج به‌دست آمده از خیری زاده و همکاران (Kheirizadeh *et al.*, 2016) مطابقت داشت.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.3.7]

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری‌های محرک رشد و تنش کم آبی بر برخی صفات گندم

ترکیب تیماری	سرعت پر شدن دانه (گرم در روز)	دوره موثر پر شدن دانه (روز)	ترکیب تیماری	سرعت پر شدن دانه (گرم در روز)	دوره موثر پرشدن دانه (روز)
$I_1 \times P_0$	۰/۰۰۲۶۰۲ b	۰/۰۰۱۳۴۴ ef	$I_2 \times P_2$	۰/۰۰۲۰۲۵ f	۰/۰۰۱۲۳۱ f
$I_1 \times P_1$	۰/۰۰۲۵۶ b	۰/۰۰۱۶۹۹ bc	$I_2 \times P_3$	۰/۰۰۲۲۱۲ efd	۰/۰۰۱۴۸۴ de
$I_1 \times P_2$	۰/۰۰۲۶۰۱ b	۰/۰۰۱۷۳۹ bc	$I_3 \times P_0$	۰/۰۰۲۲۷۷ cde	۰/۰۰۱۵۹۰ dc
$I_1 \times P_3$	۰/۰۰۲۵۷ b	۰/۰۰۱۹۶۲ a	$I_3 \times P_1$	۰/۰۰۲۴۹۸ bc	۰/۰۰۱۸۲۹ ab
$I_2 \times P_0$	۰/۰۰۲۵ bc	۰/۰۰۱۳۱۲ f	$I_3 \times P_2$	۰/۰۰۲۱۷۳ ef	۰/۰۰۱۶۱۸ cd
$I_2 \times P_1$	۰/۰۰۳۱۳ a	۰/۰۰۱۵۹۳ dc	$I_3 \times P_3$	۰/۰۰۲۴۴۴ bcd	۰/۰۰۱۸۲۸ ab

میانگین‌هایی 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 به‌ترتیب عدم تلقیح، تلقیح بذر با ازتوباکتر، سودوموناس و تلقیح توام این دو باکتری.

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر متقابل سایکوسل و تنش کم آبی بر برخی صفات گندم

ترکیب تیماری	دوره موثر پرشدن دانه (روز)	ترکیب تیماری	دوره موثر پرشدن دانه (روز)
$I_1 \times C_0$	۰/۰۰۱۳۴۴ ef	$I_2 \times C_2$	۰/۰۰۱۵۹۰ dc
$I_1 \times C_1$	۰/۰۰۱۶۹۹ bc	$I_2 \times C_3$	۰/۰۰۱۸۲۹ ab
$I_1 \times C_2$	۰/۰۰۱۷۳۹ bc	$I_3 \times C_0$	۰/۰۰۱۲۳۱ f
$I_1 \times C_3$	۰/۰۰۱۹۶۲ a	$I_3 \times C_1$	۰/۰۰۱۴۸۴ de
$I_2 \times C_0$	۰/۰۰۱۳۱۲ f	$I_3 \times C_2$	۰/۰۰۱۶۱۸ dc
$I_2 \times C_1$	۰/۰۰۱۵۹۳ dc	$I_3 \times C_3$	۰/۰۰۱۸۲۸ ab

میانگین‌هایی 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، C_0، C_1، C_2 و C_3 به‌ترتیب عدم مصرف و مصرف ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل.

جدول ۶: مقایسه میانگین اثر متقابل سایکوسل، باکتری‌های محرک رشد بر برخی صفات گندم

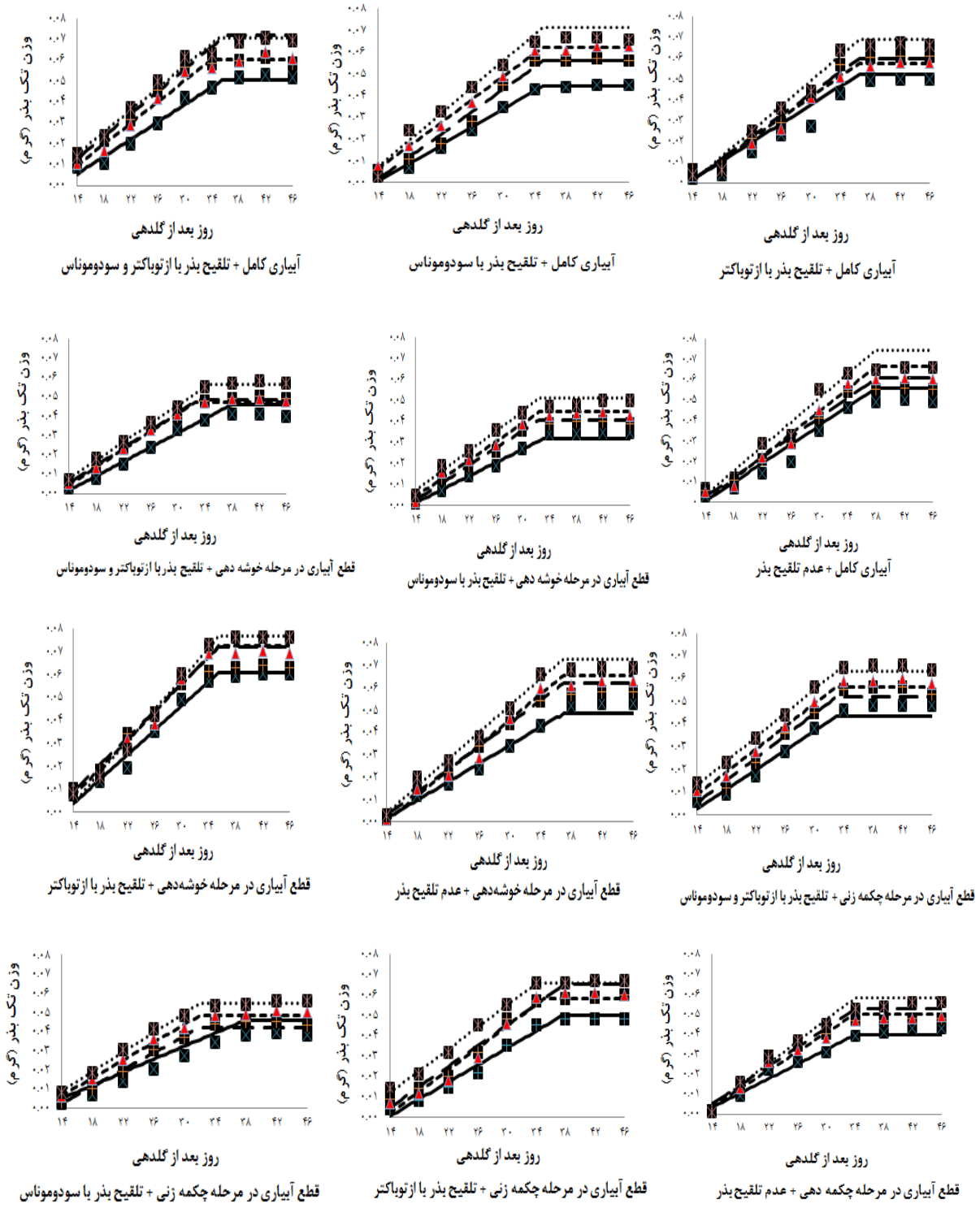
ترکیب تیماری	دانه در سنبله	دوره موثر پرشدن دانه (روز)	حداکثر وزن دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	ترکیب تیماری	دانه در سنبله	دوره موثر پرشدن دانه (روز)	حداکثر وزن دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
$P_0 \times C_0$	۴۰/۵۵ e	۰/۰۰۱۳ i	۰/۰۴۸ f	۱۹۰۱/۸ e	$P_2 \times C_0$	۵۲ abc	۰/۰۰۱۱ J	۰/۰۳۹ g	۲۱۲۰/۴ de
$P_0 \times C_1$	۴۷/۱۱ cde	۰/۰۰۱۴ fgh	۰/۰۵۱ ef	۱۹۵۹/۰ e	$P_2 \times C_1$	۵۳/۴۴ abc	۰/۰۰۱۴ hi	۰/۰۴۷ f	۲۴۹۱/۸ bcd
$P_0 \times C_2$	۴۹/۸۸ bcd	۰/۰۰۱۶ efd	۰/۰۵۷ dc	۲۲۳۷/۳ de	$P_2 \times C_2$	۵۲/۳۳ abc	۰/۰۰۱۵ efg	۰/۰۵۳ def	۲۲۵۷/۲ de
$P_0 \times C_3$	۵۱/۷۷ abc	۰/۰۰۱۸ abc	۰/۰۶۳ b	۲۵۷۲/۷ bcd	$P_2 \times C_3$	۴۹/۷۷ bcd	۰/۰۰۱۷ bcd	۰/۰۵۷ dc	۲۷۷۶/۴ abc
$P_1 \times C_0$	۵۰/۷۷ abc	۰/۰۰۱۴ ghi	۰/۰۵۲ def	۱۹۶۷/۴ e	$P_3 \times C_0$	۵۳/۸۸ abc	۰/۰۰۱۳ i	۰/۰۴۷ f	۲۲۸۴/۸ cde
$P_1 \times C_1$	۴۲/۳۳ de	۰/۰۰۱۷ bcd	۰/۰۶۱ bc	۱۸۸۹/۹ e	$P_3 \times C_1$	۵۷/۳۳ ab	۰/۰۰۱۶ cde	۰/۰۵۶ cde	۲۳۶۴/۴ cde
$P_1 \times C_2$	۴۵/۷۷ cde	۰/۰۰۱۷ cde	۰/۰۶۰ bc	۲۱۵۴/۴ de	$P_3 \times C_2$	۵۵/۸۸ ab	۰/۰۰۱۶ cde	۰/۰۵۶ cde	۲۹۶۰/۴ ab
$P_1 \times C_3$	۵۳/۱۱ abc	۰/۰۰۱۹ a	۰/۰۷۰ a	۲۵۷۶/۰ bcd	$P_3 \times C_3$	۵۸/۴۴ a	۰/۰۰۱۹ ab	۰/۰۶۵ ab	۳۲۰۰/۱ a

میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

P_0، P_1، P_2 و P_3 به‌ترتیب عدم تلقیح، تلقیح بذر با ازتوباکتر، سودوموناس و تلقیح توام این دو باکتری C_0، C_1، C_2 و C_3 به‌ترتیب عدم مصرف و مصرف ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

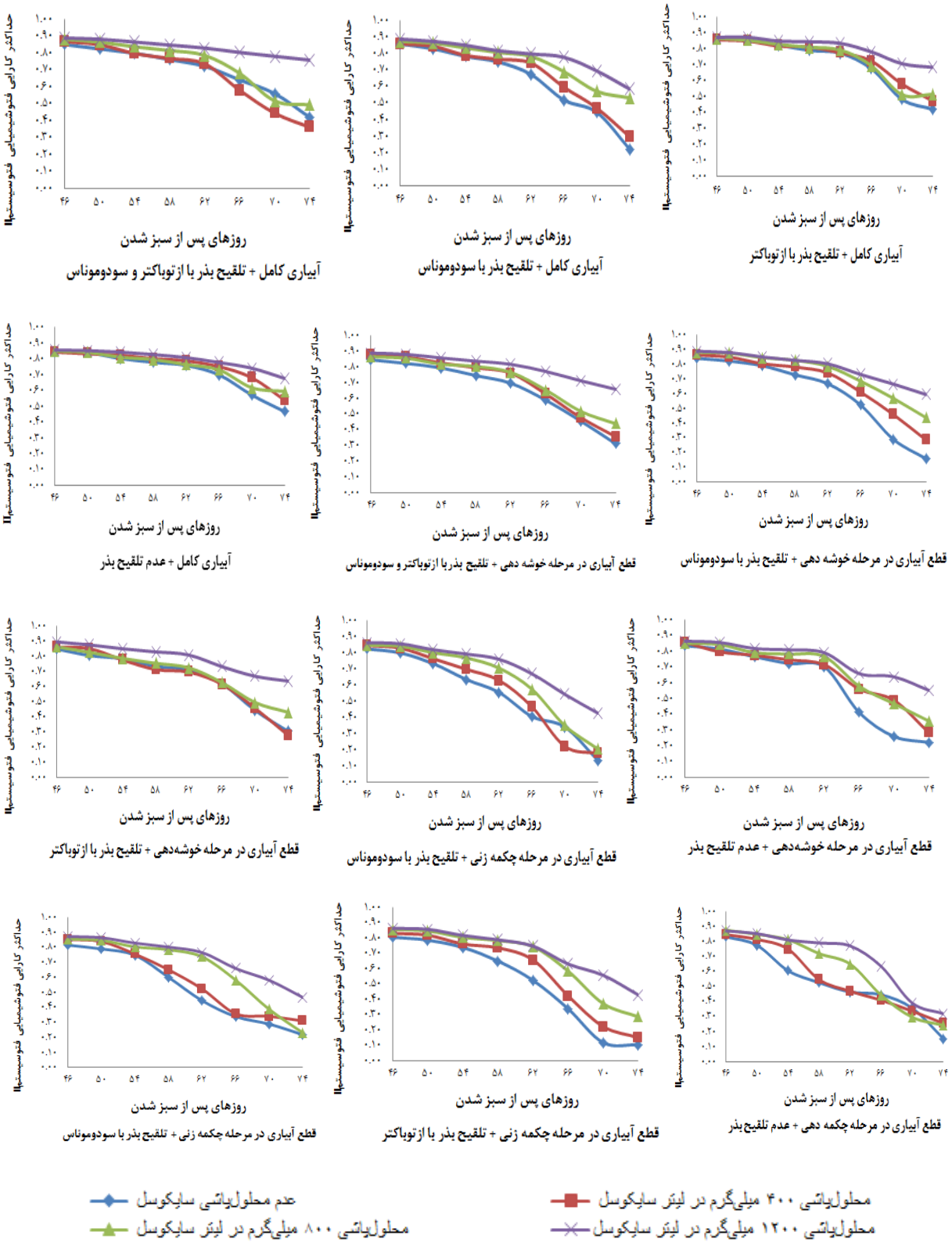
[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.3.7]



شکل ۱: اثر سایکوسل، کودهای بیولوژیک و تنش کم آبی بر روند پر شدن دانه گندم.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.3.7]



شکل ۲: اثر سایکوسل، کودهای بیولوژیک و تنش قطع آبیاری بر حداکثر کارایی فتوشیمیایی II (F_v/F_m) گندم.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.3.7]

نتیجه‌گیری

با افزایش محدودیت آبی عملکرد دانه، وزن صد دانه، سرعت و طول دوره پر شدن دانه، حداکثر وزن دانه و عملکرد کوانتومی کاهش یافت. کاربرد کودهای زیستی (باکتری‌های محرک رشد) و محلول‌پاشی با سایکوسل در مقایسه با عدم کاربرد و عدم محلول‌پاشی منجر به بهبود عملکرد دانه، وزن صد دانه، درصد پروتئین، سرعت و طول دوره پر شدن دانه، حداکثر وزن دانه و عملکرد کوانتومی گردید. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس عملکرد دانه را به‌ترتیب۶۳/۴۱، ۵۲/۹۰ و ۶۲/۴۶ درصد در شرایط آبیاری کامل، قطع آبیاری در مرحله خوشه‌دهی و قطع آبیاری در مرحله چکمه‌زنی افزایش داد. به نظر می‌رسد کاربرد توام باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی با سایکوسل با تعدیل اثرات محدودیت آبی می‌توانند در بهبود عملکرد دانه موثر واقع شوند.

منابع

خیری زاده، ی.، سید شریفی، ر.، صدقی، م.، برمکی، م. ۱۳۹۴. اثر کودهای زیستی و نانواکسید روی بر فرآیند انتقال مجدد و برخی شاخص‌های رشدی تریتیکاله در شرایط محدودیت آبی. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۷ (۲۶): ۳۷-۵۶.

موحدی دهنوی، م.، رنجبر، م.، یدوی، ع. و کاووسی، بی. ۱۳۸۹. اثر سایکوسل بر میزان پرولین، قندهای محلول، پروتئین، درصد روغن و اسیدهای چرب کتان روغنی تحت تنش خشکی در شرایط کشت گلدانی. مجله تنش های محیطی در علوم زراعی. ۳(۲): ۱۳۸-۱۲۹.

سلطانی، ا. ۱۳۷۷. کاربرد نرم افزار SAS در تجزیه های آماری (برای رشته های کشاورزی). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۶۵ صفحه.

کوچکی، ع.، و سرمدنیا، غ. ح. ۱۳۹۱. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۲۵ صفحه.

Ahmadi, A. and Baker, D. A. 2001. The effect of water stress on grain filling processes in wheat. Journal of Agricultural Science 136: 257-269.

Akinrinde, E. A. 2006. Growth regulator and nitrogen fertilization effects on performance and nitrogen use efficiency of tall and dwarf varieties of rice (*Oryza sativa*). Biotechnology 5: 268-276.

Baset Mia, M. A., Shamsuddin, Z. H., Wahab, Z. and Marziah, M. 2010. Effect of plant growth promoting rhizobacterial (PGPR) inoculation on growth and nitrogen

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.3.7]

Incorporation of tissue-cultured Musa plantlets under nitrogen-free hydroponics condition. Australian Journal of Crop Science 4(2): 85- 90.

Bauer, A. A., Frand, B. and Black, A. L. 1985. Estimation of spring wheat grain dry matter assimilation on from air temperture. Agronomy Journal 77: 743-752.

Cakmakci, R., Erat, M., Erdoman, U. G. and Donmez, M. F. 2007. The influence of PGPR on growth parameters, antioxidant and pentos phosphate oxidative cycle enzymes in wheat and spinach plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 170: 288-295.

Dommelen, A.V., Croonenborghs, A. and Spaepen Sand Vanderleyden, J. 2009. Wheat growth promotion through inoculation with an ammonium-excreting mutant of *Azospirillum brasilense*. Biology and Fertility of Soils 45 (5): 549-553.

Ellis, H. R. and Pieta-Filho, C. 1992. The development of seed quality in spring and winter cultivars of barley and wheat. Seed Science 2: 19-25.

Garcia Del Moral, L. F., Rharrabit, Y., Villegas, D. and Royo, C. 2003. Evaluation of grain yield and its components in durumwheat under Mediterranean condition. Agronomy journal 65:266-274.

Guttieri, M. J., Stark, J. C., Brien, K. O. and Souza, E. 2001. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. Crop Science 41: 327-335.

Gusain, Y. S., Singh, U. S. and Sharma, A. K. 2015. Bacterial mediated amelioration of drought stress in drought tolerant and susceptible cultivars of rice (*Oryza sativa* L.). African Journal of Biotechnology 14:764-773.

Hammer, G., Dong, Z., McLean, G., Doherty, A., Messina, C., Schussler, J., Zinselmeier,C., Pszkiewicz, S. and Cooper, M. 2009. Can changes in canopy and/or root systemarchitecture explain historical maize yield trends in U. S. Corn Belt? Crop Science 49:299-312.

Hoque, M. and Haque, S. 2002. Effects of GA3 and its mode of application on morphology and yield parameters of mungbean (*Vigna radiata* L.). Pakistan Journal of Biological Sciences 5: 281-283.

Hossain, A. B. S., Sears, R. G., Cox, T. S. and Paulses, G. M. 1990. Desiccation tolerances and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. Crop Science 30: 622-627.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.3.7]

Kader, M. A., Main, M. H. and Hoque, M. S. 2002. Effects of Azotobacter inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Sciences 2: 259-261.

Kato, T. 1999. Genetic and environmental variations and associations of the characters related to the grain filling process in rice cultivars. Plant Production Science 2: 32-36.

Kaya, Y. K., Arisoy, R. Z. and Gocmen, A. 2002. Variation in grain yield and quality traits of bread wheat genotypes by zinc fertilization. Pakistan Journal of Botany 1(4): 142-144.

Khatun, S., Roy, T. S., Haque, Md. N. and Alamgir, B. 2016. Role of plant growth regulators on growth and yield of soybean at different stages of application. Scientia Agriculturae 15(3): 380-386.

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

Ma, B. L. and Smith, D. L. 1991. Apicial development of spring barley in relation to chloromequat and ethephon. Agronomy Journal. 83: 270-74.

Mass, E.V. and Grieve, C. M. 1990. Spike and leaf development in salt stressed wheat. Crop Science 30: 1309-1313.

Mosali, J., Desta, K., Teal, R. K., Freeman, K. W., Martin, K. L., Lawles, J. W. Raun, W. R. 2006. Effect of foliar application of phosphorus on winter wheat grain yield, phosphorus uptake, and use efficiency. Journal of Plant Nutrition 29: 2147-2163.

Murkovic, M., Hillebrand, A., Winker, H. and Pfannhauser, W. 1996. Variability of vitamin E content in pumpkin seeds (*Cucurbita pepo* L.). Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und-Forxhung 202: 275-278.

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.

Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y., Ashraf, M. and Foolad, M. R. 2012. Exogenous application of salicylic acid and chlormequat chloride alleviates negative effects of drought stress in wheat. Advanced Studies in Biology 4: 501-520.

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.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.3.7]

Ronanini, D. R., Savin, R. and Hall, A. J. 2004. Dynamic of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annus* L.) exposed to brief interval of high temperature during grain filling. Field Crops Research 83: 79-90.

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 aritenium* L.) Applied Soil 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.

Singh, B., Singh, Y. J., Ladha, K. K., Bronson, F., Balasubramanian, V., Singh, Y. and Khind, C. S., 2002. Chlorophyll meter-and leaf color chart-based nitrogen management for rice and wheat in northwestern India. Agronomy Journal 94: 821-829.

Sangtarash, M. H. 2010. Responses of different wheat genotypes to drought stress applied at different growth stages. Pakistan Journal of Biological Sciences 13: 114-119.

Sawan, M. Z. 2008. Effect of nitrogen fertilization and foliar application of plant growth retardants and zinc on cottonseed, protein and oil yields and oil properties of Cotton. Journal of Agronomy and Crop Science 186: 183-191.

Seyed Sharifi, R., Khavazi, K. 2011. Effects of seed priming with Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on yield and yield attributes of maize (*Zea mays* L.) hybrids. j food agric and environ. 9 (3 and 4): 496-500.

Shakiba, M. R., Ehdaie, B., Madore, M. A. and Waines, J. G. 1996. Contribution of internode reserves to grain yield in a tall and semi dwarf spring wheat. Journal of Genetics and Breeding 50: 91-100.

Singh, R., Behl, R. K. Singh, K. P., Jain, P. and Narula, N. 2004. Performance and gene effects for wheat yield under inoculation of arbuscular mycorrhiza fungi and *Azotobacter chroococcum*. Plant Soil and Environment 50(9): 409-415.

Sperdouli, I. and Moustskas, M. 2012. Interaction of proline, sugars, and anthocyanins during photosynthetic acclimation of Arabidopsis thaliana to drought stress. Journal of Plant Physiology 169(6): 577-585.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.3.7]

Tanwar, S. P. S., Sharma, G. L. and Chahar, M. S., 2002. Effects of phosphorus and bio fertilizers on growth and productivity of black gram. Annals of Agricultural Science 23(3): 491-493.

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

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.

Yang, J., Zhang, J., Wang, Z. and Zhu, Q. 2003. Hormones in the grains in relation to sink strength and postanthesis development of spikelets in rice. Plant Growth Regulation 41: 185-195.

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 (*Pisumsativum*) under drought conditions. Journal of Microbiology and Biotechnology 18: 958-963.

Zamber, M. A., Konde, B. K. and Sonar, K. R. 1984. Effect of Azotobacter chroocum and Azosprillum brasilense inoculation under graded levels of nitrogen on growth and yield of wheat. Plant Soil 79: 61-67.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.3.7]