# بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد گیاه بر برخی صفات مرفوفیزیولوژیکی گندم نان تحت شرایط تنش خشکی انتهایی

افشین مظفری*[۱]، جهانفر دانشیان[۲]، داوود حبیبی[۳]، امیرحسین شیرانی‌راد[۴] و احمد اصغرزاده[۵]

۱) استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد ایلام، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلام، ایران.
۲ و ۴) استاد مؤسسه تحقیقات اصلاح بذر و نهال، کرج، ایران.
۳) دانشیار گروه زراعت، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.
۵) دانشیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

* **نویسنده مسئول:** Afshin.mozafari@ilam-iau.ac.ir

**تاریخ دریافت: ۹۳/۰۷/۰۲** **تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۰۶**

## چکیده

**این تحقیق جهت بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) بر برخی صفات مرفوفیزیولوژیکی گندم نان در شرایط نرمال و تنش خشکی در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج اجرا شد. این آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار بود. کرت اصلی شامل دو سطح آبیاری کامل و تنش خشکی (قطع کامل آبیاری در مرحله گل‌دهی تا پایان رشد گیاه) و کرت فرعی شامل ارقام گندم نان شامل تجن و $DN_{11}$ و باکتری PGPR شامل تلقیح بذر به تنهای با باکتری‌های *Azotobacter chroococcum*، *Azospirillum lipoferum*، *Pseudomonas fluorescens*، مصرف توأم باکتری (*A. chroococcum + A. lipoferum +P. fluorescens*) و عدم مصرف باکتری (شاهد) بود. صفات آزمایش شامل عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، میزان کلروفیل a، b و a+b بودند. با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر اصلی رقم، PGPR و آبیاری بر کلیه صفات آزمایش معنی‌داری شد. به‌طورکلی، رقم $DN_{11}$ از نظر کلیه صفات آزمایشی نسبت به رقم تجن برتر بود. کاربرد باکتری‌های PGPR به‌ویژه کاربرد توأم در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصرف باکتری) توانست عملکرد دانه، بیولوژیکی و شاخص برداشت بیش‌تری در هر دو شرایط نرمال و تنش خشکی تولید نماید. در شرایط تنش خشکی، تیمار کاربرد توأم باکتری و تیمار عدم مصرف باکتری به‌ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین محتوی کلروفیل a، b و a+b بودند. نتایج آزمایش نشان داد که مصرف باکتری به‌ویژه کاربرد توأم باکتری‌های PGPR می‌تواند میزان تحمل گندم را نسبت به تنش خشکی افزایش دهد.**

**واژه‌های کلیدی:** عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت و کلروفیل.

Archive of SID

www.SID.ir

**مقدمه**

گندم یکی از محصولات استراتژیک در دنیا است که بالغ بر ۴۵ درصد پروتئین و ۵۵ درصد از کالری مورد نیاز انسان را تأمین می‌کند. قسمت اعظم مواد غذایی دانه گندم مواد غیرازته می‌باشد که منبع اصلی کربوهیدرات انسان را تشکیل می‌دهد (کافی، ۱۳۷۹). تنش خشکی[1] مشکل اصلی تولید گیاه گندم در بسیاری از نقاط دنیاست (Anonymous, 2005). تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی (بیوماس گیاهی) در گیاهان زراعی از جمله گندم می‌شود (Panneerselvam *et al.,* 2007 ،Wang *et al.,* 2005). این گیاه قابلیت رشد و نمو در انواع محیط‌ها را داراست. هرچند که، نبود رطوبت کافی عموماً در مناطق دیم و کم آب باعث کاهش قابل‌توجهی در میزان عملکرد آن می‌شود. کمبود رطوبت به‌ویژه پس از مرحله گل‌دهی، یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تولید گندم در اغلب بخش‌های خاورمیانه از جمله ایران است. کشور ایران با متوسط بارندگی سالانه حدود ۲۲۰ میلی‌متر به استثناء برخی استان‌های واقع در شمال کشور که در مجاورت دریای خزر قرار گرفته اند، جزو مناطق خشک دنیا محسوب شده ودر اغلب استان‌ها گیاه زراعی گندم با خطر جدی تنش خشکی به‌ویژه پس از مرحله گل‌دهی مواجه می‌باشد (Ehdaie, 1995). تنش خشکی ممکن است در سراسر، ابتدا یا اواخر فصل رشد گیاه رخ دهد، اما اثر تنش خشکی بر کاهش عملکرد هنگامی‌که پس از مرحله گل‌دهی رخ دهد، بالاتر است (Blum, 2005). کافی (۱۳۷۹) رشد و عملکرد گیاه در بسیاری از مناطق دنیا توسط تنش‌های محیطی زنده و غیرزنده متعدد محدود می‌گردد. به همین علت، اختلاف قابل‌توجهی بین عملکرد واقعی و عملکرد بالقوه محصولات زراعی دیده شود. در دهه‌های آینده با افزایش جمعیت این محدودیت‌ها به‌صورت جدی‌تر بر کشاورزی و منابع طبیعی دنیا اثر خواهد گذاشت. تنش خشکی بر رشد و عملکرد گیاه از راه‌های گوناگون مانند کاهش توانایی‌های فتوسنتزی اثر منفی می‌گذارد (Moaydi, *et al.,* 2009). Johnston و Fowler (۱۹۹۲) عنوان کردند که حساسترین مرحله نمو گندم نسبت به تنش خشکی مرحله گل‌دهی (گرده‌افشانی) تا کمی پس از آن است. تنش خشکی در مرحله سنبله رفتن تا پر شدن دانه به خاطر کاهش در اجزای عملکرد باعث پایین آمدن عملکرد گندم می‌گردد (Sterling and Nass, 1981). در شرایط تنش خشکی، پیری زودرس اندام‌های فتوسنتزکننده و هم‌چنین کاهش فتوسنتز جاری گیاه باعث کاهش کل زیست‌توده و عملکرد بیولوژیکی می‌شود (امام و همکاران، ۱۳۸۶، Pireivatlou *et al.,* 2010، Wang *et al.,* 2005). کاهش وزن خشک اندام هوایی در ژنوتیپ‌های مختلف گندم در شرایط تنش خشکی، توسط Bayoumi و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش شده است. Terzi و Kadioglu (۲۰۰۸)، عنوان کردند که تنش خشکی باعث کاهش میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی از جمله کلروفیل در گیاه *Ctenanthe setosa* می‌گردد. بررسی‌ها مؤید این است که کلروفیل و

[1] Drought stress.

Archive of SID

www.SID.ir

کاروتنوئیدها نقش مهم و مؤثری در پاسخ گیاه به تنش خشکی و نیز افزایش مقاومت آن به تنش دارند (Jaleel *et al.,* 2009). Izanloo و همکاران (۲۰۰۸) افزایش میزان کلروفیل و رشد ریشه‌ای می‌تواند به‌عنوان مکانیسمی جهت مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی محسوب گردد. آن‌ها نیز همبستگی مثبتی بین افزایش میزان کلروفیل و افزایش میزان عملکرد گیاه در شرایط تنش خشکی در گیاه گندم گزارش نمودند. ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی در مقایسه با ارقام حساس از میزان کلروفیل بیش‌تر و یا درصد کاهش کم‌تر کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی برخوردارند (Sairam *et al.,* 1997; Sairam *et al.*, 1998; Gummuluru *et al.,* 1989).

## باکتری‌های PGPR و تنش خشکی

استفاده از ریزجانداران مفید در سیستم‌های تولید زراعی حدود ۶۰ سال پیش شروع شد و هم اکنون مدارک و شواهدی که دلالت بر توانایی این موجودات در افزایش میزان تحمل گیاهان نسبت به تنش‌های زنده و غیرزنده نظیر خشکی، شوری، کمبود عناصر غذایی و سمیت فلزات در افزایش است (Ahmad *et al.,* 2008، Dimkpa *et al.,* 2009). مصرف باکتری‌های PGPR جهت تحریک تحمل گیاهان زراعی نسبت به تنش‌های غیرزنده از جمله تنش خشکی به‌عنوان یک استراتژی جذاب توسط محققین زیادی مورد بررسی قرار گرفته است (Dimkpa *et al.* 2009, Kasim *et al.* 2013, Rejeb *et al.* 2014). Creus و همکاران (۲۰۰۴) کاهش کم‌تر عملکرد دانه و مقادیر بالای منیزیم، پتاسیم و کلسیم دانه در گیاه زراعی گندم تلقیح شده با باکتری جنس آزوسپریلوم تحت تنش خشکی، گزارش دادند. Timmusk و Wagner (۱۹۹۹) اشاره کردند که در سطوح نسخه‌برداری[1]، باکتریوم PGPR باعث القای ژن‌های مسئول در تنش خشکی[2] و به دنبال آن افزایش تحمل گیاهان نسبت به تنش خشکی می‌شود. باکتری‌های حل‌کننده فسفر علاوه بر افزایش جذب فسفر در گیاه زراعی ذرت توانستند رشد گیاه را بهبود بخشیده و باعث افزایش تحمل ذرت در برار تنش خشکی شوند (Ehteshami *et al.,* 2009). باکتری‌های بهبود دهنده رشد گیاه می‌توانند از اثرات زیان‌بار تنش‌های زنده و غیرزنده در گیاه جلوگیری کنند (Han and Lee, 2005). Kasim و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی به‌عنوان کنترل تنش خشکی در گندم با استفاده از باکتری‌های محرک رشد دریافتند که تلقیح باکتریایی به‌طور قابل ملاحظه‌ای میزان آسیب حاصل از تنش خشکی را در گیاه گندم کاهش داد. آن‌ها نیز اشاره داشتند که باکتری‌های محرک رشد از طریق مکانیزم‌های متعددی چه به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم باعث افزایش تحمل گیاه گندم در برابر تنش خشکی می‌شوند که یکی از این مکانیزم‌ها القاء یا افزایش بیان ژن‌های مربوط به تنش خشکی نظیر (APX1، SAMS1 و HSP17.8) در برگ‌های گندم

[1] Transcriptional level.
[2] Drought-responsive gene.

Archive of SID

www.SID.ir

است که باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های چرخه آسکوربیت-گلوتاتیون ریداکس[1] می‌شود. تلقیح گونه‌های مختلف گیاهی با باکتری‌های PGPR باعث افزایش رشد ریشه و یا افزایش تشکیل ریشه‌های فرعی از طریق ترشح هورمون اکسین توسط این باکتری‌ها شده و به دنبال آن سطح مؤثر ریشه افزایش یافته و نهایتاً جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاه زراعی تحت شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابد (Patten and Glick, 2002). علاوه بر این، باکتری‌های PGPR با تولید آنزیم ACC- دی آمیناز[2] می‌توانند از پیش‌ساز ACC که برای تولید اتیلن استفاده می‌شود به‌عنوان منبعی از نیتروژن، بلافاصله استفاده کرده و با هیدرولیز ACC باعث کاهش میزان اتیلن در گیاه شده که به دنبال آن رشد ریشه افزایش می‌یابد (Belimov *et al.,* 2007; Belimov *et al.,* 2009; Burd *et al.,* 2000; Glick, 2014; Glick *et al.,* 1988). بدین ترتیب تنظیم ACC مکانیزم مهمی است که باکتری‌های PGPR به‌وسیله آن اثرات مثبتی را بر روی گیاهان در معرض تنش ایجاد می‌کنند (Saleem *et al.,* 2007). با توجه به مطالب فوق در این تحقیق سعی شد اثر باکتری‌های محرک رشد (ازوتوباکتر، آزوسپیریلوم و سودوموناس و تأثیر تلفیقی آن‌ها) بر برخی صفات مرفوفیزیولوژیکی نظیر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت (HI)، کلروفیل a، b و a+b در دو رقم گندم نان تحت شرایط تنش خشکی و نرمال مورد بررسی قرار گیرد.

**مواد و روش‌ها**

به منظور بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) بر برخی صفات مرفوفیزیولوژیکی گندم نان تحت شرایط تنش خشکی انتهایی، آزمایشی در پاییز سال ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد کرج انجام گرفت. آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. عامل آبیاری شامل دو سطح آبیاری کامل و تنش خشکی (قطع کامل آبیاری پس از مرحله گل‌دهی تا پایان رشد گیاه) به‌عنوان کرت اصلی و عامل باکتری شامل پنج سطح مصرف باکتری *Azotobacter chroococcum* (سویه ۱۲)، مصرف باکتری *Azospirillum lipoferum* (سویه of)، مصرف باکتری *Pseudomonas fluorescens* (سویه ۱۵۴)، مصرف هر سه این باکتری‌ها (مصرف توأم)، عدم مصرف باکتری (به‌عنوان تیمار شاهد) و رقم گندم تجن (به‌عنوان رقم حساس) و لاین $DN_{11}$ (به‌عنوان لاین مقاوم) به‌عنوان کرت فرعی بود. عملیات زراعی شامل شخم زمین به عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متر با گاوآهن برگردان دار، زدن دیسک سنگین جهت ازبین بردن کلوخه‌ها و تسطیح زمین توسط ماله زراعی بود. بر اساس نتایج جدول ۱ جهت تامین فسفر و نیتروژن خالص مورد نیاز به‌ترتیب ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفات دی آمونیوم و اوره به خاک مزرعه اضافه شد. با توجه به نتایج آزمون خاک نیازی به دادن کود پتاسه نبود (جدول ۱). سویه‌های

[1] Ascorbate–glutathione redox cycle.
[2] Aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase.

Archive of SID

www.SID.ir

باکتری‌ها به‌صورت خالص (فرموله شده در مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج) قبل از کاشت با بذرهای ضدعفونی نشده گندم تلقیح شده و پس از خشک شدن بسته به نوع تیمار بر روی پشته‌ها در عمق مناسب کشت شده و بلافاصله آبیاری صورت گرفت. عملیات آبیاری در هر دو تیمار آبیاری کامل و تنش خشکی تا مرحله گرده‌افشانی و باروری (مقیاس زادوکس GS69) با توجه به مراحل رشد، وضعیت ظاهری گیاه و رطوبت موجود در خاک شبیه هم بود اما در تیمار تنش خشکی آبیاری پس از مرحله GS69 تا پایان دوره رشد گیاه و رسیدگی کامل دانه قطع شد. مبارزه با علف‌های هرز نیز به‌صورت مکانیکی (وجین دستی) به‌صورت هم‌زمان و یکنواخت انجام گرفت. جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد نمونه‌برداری هر کرت و شاخص برداشت پس از حذف اثر حاشیه ای، از ردیف‌های میانی صورت گرفت. اندازه‌گیری محتوی کلروفیل a و b توسط روش Arnon (۱۹۴۹) و دستگاه اسپکترو فتومتر ماورای بنفش صورت گرفت.

تجزیه واریانس کلیه صفات آزمایشی به‌وسیله نرم‌افزارهای SAS انجام گرفت. کلیه میانگین‌های صفات مورد مطالعه توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه گردیدند. ترسیم نمودارها توسط نرم‌افزار EXCLE صورت پذیرفت.

**جدول ۱: مشخصات شیمیایی و فیزیکی خاک محل آزمایش (عمق نمونه‌برداری ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک)**

| اسیدیته (pH) | شوری (دسی‌زیمنس بر متر) | بافت خاک | شن (درصد) | رس (درصد) | لای (درصد) | مواد آلی (درصد) | فسفر قابل جذب (پی‌پی‌ام) | پتاس قابل جذب (پی‌پی‌ام) | نیتروژن کل (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۷/۷۲ | ۱ | لوم رسی شنی | ۵۹ | ۲۱ | ۲۰ | ۰/۸ | ۱۰ | ۳۰۱/۲۳ | ۰/۰۸ |

## نتایج و بحث

### اثر اصلی ارقام گندم بر صفات آزمایش

با توجه به نتایج جدول ۲ اثرات اصلی ارقام گندم بر روی کلیه صفات مرفوفیزیولوژیکی مورد مطالعه بسیار معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) تشخیص داده شد. با توجه به جدول ۳، لاین $DN_{11}$ بالاترین میزان صفات مرفوفیزیولوژیکی یعنی عملکرد دانه (۹/۶۰۶ تن در هکتار)، عملکرد بیولوژیکی (۲۳/۶۳۲ تن در هکتار)، شاخص برداشت (HI) (۴۰/۸۱۷ درصد)، محتوی کلروفیل a (۹/۵۲۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه بافت)، کلروفیل b (۴/۶۴۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه بافت) و کلروفیل a+b (۱۴/۱۶۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه بافت) در مقایسه با رقم تجن به خود اختصاص داد.

### اثر اصلی آبیاری بر صفات آزمایش

با توجه به نتایج جدول ۲ اثرات اصلی آبیاری بر روی کلیه صفات مرفوفیزیولوژیکی مورد مطالعه بسیار معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) تشخیص داده شد. نتایج جدول ۳ بیانگر این بود که کلیه صفات در شرایط تنش خشکی روندی کاهشی داشتند، به‌طوری‌که کم‌ترین میزان عملکرد دانه (۸/۵۲۸ تن در هکتار)، عملکرد بیولوژیکی (۲۰/۳۳۰ تن در هکتار)،

Archive of SID

www.SID.ir

شاخص برداشت (HI) (۴۱/۸۷۸ درصد)، محتوی کلروفیل a (۷/۵۶۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه)، کلروفیل b (۳/۸۱۰ میکرومول بر گرم وزن تازه بافت) و کلروفیل a+b (۱۱/۳۷۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) در مقایسه با تیمار آبیاری کامل (نرمال) به خود اختصاص داد. کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی در اثر تنش خشکی اواخر فصل توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Rajala *et al.,* 2004, Kirigwi *et al.,* 2004). تغییر میزان کلروفیل و کاهش آن تحت شرایط تنش خشکی، با پیری برگ در ارتباط است (Lege-Pinto *et al.,* 2008; Guerfel *et al.,* 2009).

**جدول ۲: میانگین مربعات و سطوح معنی‌دار بودن صفات مرفوفیزیولوژیکی مختلف تحت اثر آبیاری، باکتری و ارقام گندم**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | عملکرد دانه | عملکرد بیولوژیک | شاخص برداشت | کلروفیل (a) | کلروفیل (b) | کلروفیل (a+b) |
| تکرار | ۳ | ۰/۷۴۷ ns | ۲/۸۲۳ ns | ۰/۵۵۶ ns | ۰/۸۹۸ ns | ۰/۲۰۴ ** | ۱/۲۰۶ ns |
| آبیاری | ۱ | ۲۷/۱۶۸ ** | ۵۰۹/۰۹۱ ** | ۲۷۴/۵۴۱ ** | ۱۳۱/۵۳۰ ** | ۲۶/۱۰۶ ** | ۲۷۴/۸۳۷ ** |
| رقم | ۱ | ۱۹/۶۰۲ ** | ۴۸/۵۳۲ * | ۵۰/۲۴۵ ** | ۳۶/۶۹۰ ** | ۵/۳۶۶ ** | ۷۰/۱۲۵ ** |
| آبیاری× رقم | ۱ | ۰/۰۲۸ ns | ۱/۳۴۹ ns | ۳/۲۰۰ ns | ۲/۴۴۳ ns | ۰/۰۰۹ ns | ۲/۷۵۳ ns |
| باکتری | ۴ | ۷/۹۱۵ ** | ۱۴/۸۰۲ ns | ۲۶/۶۸۵ ** | ۳۱/۷۸۰ ** | ۷/۳۷۱ ** | ۶۹/۱۱۷ ** |
| آبیاری × باکتری | ۴ | ۲/۱۴۷ ns | ۱۵/۳۲۱ ns | ۰/۱۵۱ ns | ۳/۵۱۱ * | ۰/۵۱۸ ** | ۶/۲۶۷ * |
| رقم × باکتری | ۴ | ۰/۹۷۸ ns | ۳/۸۹۱ ns | ۲/۷۴۳ ns | ۰/۸۳۵ ns | ۰/۵۴۶ ** | ۲/۳۷۳ ns |
| آبیاری × رقم × باکتری | ۴ | ۰/۷۱۴ ns | ۶/۱۷۵ ns | ۰/۶۹۴ ns | ۱/۱۰۳ ns | ۰/۸۹۶ ** | ۳/۷۴۴ ns |
| خطاء | ۵۴ | ۱/۲۲۲ | ۷/۷۱۴ | ۲/۶۸۹ | ۱/۵۴۳ | ۰/۰۴۴ | ۱/۸۶۸ |
| ظریب تغییرات (درصد) | - | ۱۲/۱۳۲ | ۱۲/۱۵۳ | ۴/۰۹۷ | ۱۴/۰۳۷ | ۴/۷۹۱ | ۱۰/۳۳۰ |

ns، * و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

### اثر اصلی باکتری بر صفات آزمایش

با توجه به نتایج جدول ۲ اثرات اصلی باکتری بر روی کلیه صفات مرفوفیزیولوژیکی به استثناء عملکرد بیولوژیکی بسیار معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) تشخیص داده شد. با توجه به جدول ۳، تیمار مصرف توأم باکتری بالاترین میزان صفات مرفوفیزیولوژیکی یعنی عملکرد دانه (۱۰/۱۷ تن در هکتار)، عملکرد بیولوژیکی (۲۴/۲۵ تن در هکتار)، شاخص برداشت (۴۲/۰۷ درصد)، محتوی کلروفیل a (۱۰/۳۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه)، کلروفیل b (۵/۲۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) و کلروفیل a+b (۱۵/۲۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) در مقایسه با مصرف تکی ریزوباکتری‌ها محرک رشد گیاه و تیمار عدم مصرف باکتری (شاهد) به خود اختصاص داد. به‌طورکلی با توجه به نتایج جدول ۳، کاربرد منفرد و توأم ریزوباکتری‌ها محرک رشد گیاه در مقایسه با تیمار عدم مصرف باکتری (شاهد) توانست کلیه صفات مرفوفیزیولوژیکی را بهبود بخشد. نتایج مشابهی مبنی بر افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و محتوی کلروفیل و میزان فتوسنتز گیاهان زراعی مختلف تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) گزارش شده است (Kloepper *et al.,* 1980; Vessey, 2003; Gray and Smith, 2005; Tilak *et al.,* 1982; Figueiredo *et al.,* 2008). Fischer و همکاران (۲۰۰۷)

Archive of SID

www.SID.ir

باکتری‌های جنس آزوسپیریلوم با افزایش فراهمی نیتروژن باعث افزایش رشد و عملکرد گندم شدند. تلقیح گیاه زراعی گندم با استرین‌های مختلف باکتری آزوسپیریلوم سبب افزایش معنی‌دار در عملکرد دانه (حدود ۲۳ تا ۶۳ درصد) نسبت به تیمار کنترل شده است (Caballero-Mellado *et al.*, 1992). عموآقایی و همکاران (۱۳۸۱؛ ۱۳۸۲) ضمن مشاهده افزایش رشد ریشه، عملکرد دانه و اجزای در ارقام مختلف گندم در اثر تلقیح با دو سویه باکتری *Azospirillum brasilense* برهمکنش سویه باکتری و رقم تلقیح شده با آن و اختصاصی بودن این اثر برای هر رقم را مشاهده کردند.

**جدول ۳: مقا یسه میانگین اثرات اصلی آبیاری، رقم و باکتری PGPR بر صفات مرفوفیزیولوژیکی مورد مطالعه**

| تیمارهای آزمایشی | | عملکرد دانه (تن در هکتار) | عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) | شاخص برداشت (درصد) | کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم) | کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم) | کلروفیل a+b (میلی‌گرم در گرم) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آبیاری | نرمال | ۹/۶۹۳a* | ۲۵/۳۷۵a | ۳۸/۱۷۳b | ۱۰/۱۳۲a | ۴/۹۵۳a | ۱۵/۰۸۵a |
| | تنش | ۸/۵۲۸b | ۲۰/۳۳۰b | ۴۱/۸۷۸a | ۷/۵۶۸ b | ۳/۸۱۰b | ۱۱/۳۷۸b |
| رقم | تجن | ۸/۶۱۶b | ۲۲/۰۷۴b | ۳۹/۲۳۳b | ۸/۱۷۳ b | ۴/۱۲۳b | ۱۲/۲۹۵b |
| | لاین $DN_{11}$ | ۹/۶۰۶a | ۲۳/۶۳۲a | ۴۰/۸۱۷a | ۹/۵۲۷ a | ۴/۶۴۰a | ۱۴/۱۶۸a |
| باکتری | عدم مصرف | ۸/۳۸۷c | ۲۱/۸۶۹b | ۳۸/۷۰۶c | ۶/۵۹۳c | ۳/۳۰۸c | ۹/۹۰۱b |
| | ازوتوباکتر | ۹/۴۲ab | ۲۳/۴۰۵ab | ۴۰/۳۵۶b | ۸/۸۶۶b | ۴/۴۵۶b | ۱۳/۳۲۲b |
| | آزوسپیریلوم | ۸/۷۹bc | ۲۲/۳۰۶ab | ۳۹/۷۰۶bc | ۹/۶۴۱ab | ۴/۵۲۰b | ۱۴/۱۶۱b |
| | سدوموناس | ۸/۷۶bc | ۲۲/۴۳۴ab | ۳۹/۲۸۸bc | ۸/۸۰۹b | ۴/۴۲۸b | ۱۳/۲۳۶b |
| | مصرف توأم | ۱۰/۱۷a | ۲۴/۲۵۰a | ۴۲/۰۶۸a | ۱۰/۳۴۰a | ۵/۱۹۶a | ۱۵/۲۳۶a |

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، اختلاف آماری معنی‌داری در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

### برهمکنش دو گانه آبیاری و باکتری بر صفات آزمایش

با توجه به نتایج جدول ۲ برهمکنش آبیاری و باکتری فقط بر روی میزان کلروفیل a، b و a+b معنی‌دار تشخیص داده شد. با توجه به جدول ۴، تیمار کاربرد توأم باکتری هم در شرایط تنش خشکی و هم نرمال، بیش‌ترین میزان صفات مرفوفیزیولوژیکی را در مقایسه با مصرف منفرد باکتری و تیمار عدم مصرف باکتری (شاهد) به خود اختصاص داد. باکتری‌های بهبود دهنده رشد گیاه (PGPR) می‌توانند از اثرات زیانبار تنش‌های زنده و غیرزنده در گیاه جلوگیری کنند (Han and Lee, 2005). در آزمایش گلدانی دیگری، اثرات ازتوباکتر و آزوسپیریلوم به‌صورت توأم و جداگانه، روی رشد و عملکرد گندم مورد مطالعه قرار گرفت و گزارش شد که اثر توأم دو باکتری بهتر از اثر هر یک از آن‌ها به تنهایی بود (Rai and Gaur, 1988). مصرف توأم باکتری در مقایسه با مصرف منفرد، جذب نیتروژن، فسفر و عناصر کم مصرف توسط گیاه لوبیا را بهبود بخشید (Yadegari *et al.*, 2010) و باعث افزایش قابل‌توجهی در زیست‌توده ریشه و اندام‌های هوایی نخود شد (Sindhu *et al.*, 2002). اثرات مفید باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و سدوموناس ممکن است به خاطر مشارکت آن‌ها در افزایش رشد گیاه به واسطه تثبیت زیستی نیتروژن، محلول کردن فسفات نامحلول خاک و تولید هورمون‌های گیاهی باشد که مجموعه این عوامل می‌تواند جذب بیش‌تر مواد غذایی توسط گیاه را تحریک کرده و منجر به بهبود فرآیند فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد و عملکرد گیاه شود (Hewedy, 1999).

Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ۴: مقا یسه میانگین برهمکنش دو گانه آبیاری و باکتری PGPR بر صفات مرفوفیزیولوژیکی مورد مطالعه**

| تیمارهای آزمایشی | | عملکرد دانه (تن در هکتار) | عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) | شاخص برداشت (درصد) | کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم) | کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم) | کلروفیل a+b (میلی‌گرم در گرم) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آبیاری | باکتری | | | | | | |
| نرمال | عدم مصرف | ۹/۵۷۸ab* | ۲۶/۰۰۸a | ۳۶/۸۲۵f | ۷/۱۶۸ef | ۳/۵۸۵e | ۱۰/۷۵۳e |
| | ازوتوباکتر | ۹/۶۲۸ab | ۲۴/۸۷۹ab | ۳۷/۶۶۲de | ۱۰/۱۳۳b | ۵/۰۹۴b | ۱۵/۲۲۶bc |
| | آزوسپیریلوم | ۹/۳۲۵bc | ۲۴/۷۰۱ab | ۳۷/۷۵۰ef | ۱۱/۴۶۸a | ۵/۱۲۹b | ۱۶/۵۹۶ab |
| | سدوموناس | ۹/۲۱۴bc | ۲۴/۶۸۵ab | ۳۷/۴۳۸ef | ۱۰/۰۰۰bc | ۴/۹۶۶b | ۱۴/۹۹۶c |
| | مصرف توأم | ۱۰/۷۲۳a | ۲۶/۶۰۴a | ۴۰/۱۸۸cd | ۱۱/۸۹۳a | ۵/۹۶۰a | ۱۷/۸۵۳a |
| تنش | عدم مصرف | ۷/۱۹۶d | ۱۷/۷۳۰d | ۴۰/۵۸۸ bc | ۶/۰۱۸f | ۳/۰۳۱f | ۹/۰۴۹f |
| | ازوتوباکتر | ۹/۲۲۴bc | ۲۱/۹۳۱bc | ۴۲/۰۵۰b | ۷/۶۰۰de | ۳/۸۱۸d | ۱۱/۴۱۸e |
| | آزوسپیریلوم | ۸/۲۷۳cd | ۱۹/۹۱۰cd | ۴۱/۶۶۳bc | ۷/۸۱۵de | ۳/۹۱۱d | ۱۱/۷۲۶e |
| | سدوموناس | ۸/۳۱۴cd | ۲۰/۱۸۳cd | ۴۱/۱۳۸bc | ۷/۶۱۸de | ۳/۸۵۹d | ۱۱/۴۷۶e |
| | مصرف توأم | ۹/۶۳۳ab | ۲۱/۸۹۶bc | ۴۳/۹۵۰a | ۸/۷۸۸cd | ۴/۴۳۳c | ۱۳/۲۲۰d |

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، اختلاف آماری معنی‌داری در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

## برهمکنش دو گانه آبیاری و رقم بر صفات آزمایش

اگر چه برهمکنش آبیاری و رقم بر صفات مورد مطالعه معنی‌دار تشخیص داده نشد (جدول ۲). اما جدول ۵ نشان داد که رقم $DN_{11}$ در مقایسه با رقم تجن‌چه در شرایط نرمال و چه در شرایط تنش خشکی بالاترین میزان صفات آزمایشی را به خود اختصاص داد. به‌طوری‌که تحت شرایط تنش خشکی، رقم $DN_{11}$ در مقایسه با رقم تجن میزان عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، کلروفیل a، b و a+b را به‌ترتیب (۹/۰۰۴ تن در هکتار، ۲۰/۹۷۹ تن در هکتار، ۴۲/۸۷۰ درصد، ۸/۰۷، ۴/۰۵۹ و ۱۲/۱۲۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه بافت) بیش‌تری را به خود اختصاص داد. در شرایط تنش خشکی، تیمار کاربرد توأم باکتری با (۹/۶۳۳ تن در هکتار، ۲۱/۸۹۶ تن در هکتار، ۴۳/۹۵۰ درصد، ۸/۷۸۸، ۴/۴۳۳ و ۱۳/۲۲۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه بافت) و تیمار عدم مصرف باکتری (شاهد) با (۷/۱۹۶ تن در هکتار، ۱۷/۷۳۰ تن در هکتار، ۴۰/۵۸۸ درصد، ۶/۰۱۸، ۳/۰۳۱ و ۹/۰۴۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه بافت) به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، محتوی کلروفیل a، b و a+b را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). به‌طورکلی، نتایج این آزمایش نشان داد که مصرف PGPR (چه به‌صورت منفرد و یا توأم) در مقایسه با تیمار عدم مصرف باکتری (شاهد)، توانست کلیه صفات مرفوفیزیولوژیکی را هم در شرایط نرمال و هم تنش خشکی ارتقاء دهد.

**جدول ۵: مقا یسه میانگین برهمکنش دوگانه آبیاری و رقم بر صفات مرفوفیزیولوژیکی مورد مطالعه**

| تیمارهای آزمایشی | | عملکرد دانه (تن در هکتار) | عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) | شاخص برداشت (درصد) | کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم) | کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم) | کلروفیل a+b (میلی‌گرم در گرم) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آبیاری | رقم | | | | | | |
| نرمال | تجن | ۹/۱۸۰b* | ۲۴/۴۶۷ b | ۳۷/۵۸۰d | ۹/۲۸۰ b | ۴/۶۸۳b | ۱۳/۹۶۳ b |
| | لاین $DN_{11}$ | ۱۰/۲۰۷a | ۲۶/۲۸۴a | ۳۸/۷۶۵c | ۱۰/۹۸۴a | ۵/۲۲۳ a | ۱۶/۲۰۷ a |
| تنش | تجن | ۸/۰۵۲c | ۱۹/۶۸۱c | ۴۰/۸۸۵ b | ۷/۰۶۵ d | ۳/۵۶۲d | ۱۰/۶۲۷d |
| | لاین $DN_{11}$ | ۹/۰۰۴b | ۲۰/۹۷۹c | ۴۲/۸۷۰ a | ۸/۰۷۰ c | ۴/۰۵۹ c | ۱۲/۱۲۹ c |

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، اختلاف آماری معنی‌داری در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

### برهمکنش دو گانه رقم و باکتری بر صفات آزمایش

نتایج جدول ۲ نشان داد که برهمکنش رقم و باکتری فقط بر روی میزان کلروفیل b بسیار معنی‌داری تشخیص داده شد ($P\leq$۰/۰۱). با توجه به جدول ۶، تلقیح بذور لاین $DN_{11}$ با مخلوطی از جنس‌های مختلف باکتری و ترکیب تیماری رقم تجن و عدم مصرف باکتری (شاهد) به‌ترتیب با ۵/۴۶ و ۳/۱۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه بافت به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان محتوی کلروفیل b را به خود اختصاص دادند. اگر چه برهمکنش رقم و باکتری بر میزان عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، محتوی کلروفیل a و a+b معنی‌دار تشخیص داده نشد (جدول ۲). نتایج جدول ۶ نشان داد که تلقیح بذور رقم تجن و لاین $DN_{11}$ به‌صورت تکی یا مخلوط با جنس‌های مختلف باکتری PGPR در مقایسه با تیمار عدم تلقیح باکتریایی (شاهد)، توانست عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، محتوی کلروفیل a و a+b را بهبود بخشد. به‌طوری‌که ترکیب رقم $DN_{11}$ با تیمار مصرف توأم باکتری با (۱۱/۰۴ تن در هکتار، ۲۵/۵۹ تن در هکتار، ۴۳/۴۵ درصد، ۱۰/۹۲ و ۱۶/۳۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه بافت) و ترکیب رقم تجن با تیمار عدم مصرف باکتری (شاهد) با (۷/۹۳۶ تن در هکتار، ۲۰/۹۰۹ تن در هکتار، ۳۸/۴۸ درصد، ۶/۲۲ و ۹/۳۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه بافت) به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان عملکرد دانه و بیولوژیکی، شاخص برداشت، محتوی کلروفیل a و a+b را به خود اختصاص دادند. تلقیح گیاهان زراعی مختلف مانند گندم، برنج، سیب زمینی با انواعی از باکتری‌های حل‌کننده فسفات موجب افزایش معنی‌داری در میزان محصول آن‌ها می‌شود (Soba Rao, 1988). ریحانی‌تبار و همکاران (۱۳۸۱) در پژوهشی به‌عنوان تأثیر مصرف مایه تلقیح *Pseudomonas fluorescens* بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم بهاره در شرایط گلخانه‌ای، افزایش ارتفاع بوته و تعداد پنجه و سنبله‌های بوته گندم در اثر تلقیح با باکتری *Pseudomonas fluorescens* را مشاهده کردند.

**جدول ۶: مقایسه میانگین برهمکنش دوگانه ارقام گندم و باکتری PGPR بر صفات مرفوفیزیولوژیکی مورد مطالعه**

| تیمارهای آزمایشی | | عملکرد دانه (تن در هکتار) | عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) | شاخص برداشت (درصد) | کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم) | کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم) | کلروفیل a+b (میلی‌گرم در گرم) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| رقم | باکتری | | | | | | |
| تجن | عدم مصرف | ۷/۹۳۶d* | ۲۰/۹۰۹c | ۳۸/۴۷۵e | ۶/۲۱۵e | ۳/۱۴۳f | ۹/۳۵۸ d |
| | ازوتوباکتر | ۸/۸۱۹ bcd | ۲۲/۳۳۴ bc | ۳۹/۵۷۵ bcde | ۷/۹۴۰ cd | ۴/۰۰۶ d | ۱۱/۹۴۶ c |
| | آزوسپیریلوم | ۸/۴۹۱ cd | ۲۲/۰۱۴ bc | ۳۸/۸۱۳ de | ۹/۰۲۵ bc | ۴/۵۱۹ c | ۱۳/۵۴۴ b |
| | سدوموناس | ۸/۵۱۵ cd | ۲۲/۲۰۴ bc | ۳۸/۶۱۳ e | ۷/۹۲۳ cd | ۴/۰۱۰ d | ۱۱/۹۳۳ c |
| | مصرف توأم | ۹/۳۱۶ bc | ۲۲/۹۰۹ abc | ۴۰/۶۸۸ bc | ۹/۷۶۰ ab | ۴/۹۳۵ b | ۱۴/۶۹۵ b |
| لاین $DN_{11}$ | عدم مصرف | ۸/۸۳۸ bcd | ۲۲/۸۲۹ abc | ۳۸/۹۳۸ cde | ۶/۹۷۰ de | ۳/۴۷۴ e | ۱۰/۴۴۴ d |
| | ازوتوباکتر | ۱۰/۰۳۲ ab | ۲۴/۴۷۶ ab | ۴۱/۱۳۸ b | ۹/۷۹۳ ab | ۴/۹۰۵ b | ۱۴/۶۹۸ b |
| | آزوسپیریلوم | ۹/۱۰۶ bcd | ۲۲/۵۹۸ abc | ۴۰/۶۰۰ bcd | ۱۰/۲۵۸ ab | ۴/۵۲۱ c | ۱۴/۷۷۹ b |
| | سدوموناس | ۹/۰۱۳ bcd | ۲۲/۶۶۴ abc | ۳۹/۹۶۳ bcde | ۹/۶۹۵ ab | ۴/۸۴۵ b | ۱۴/۵۴۰ b |
| | مصرف توأم | ۱۱/۰۳۹ a | ۲۵/۵۹۱ a | ۴۳/۴۵۰ a | ۱۰/۹۲۰ a | ۵/۴۵۸ a | ۱۶/۳۷۸ a |

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، اختلاف آماری معنی‌داری در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

### برهمکنش سه گانه آبیاری، رقم و باکتری بر صفات آزمایش

نتایج جدول ۲ نشان داد که برهمکنش آبیاری، رقم و باکتری فقط بر روی میزان کلروفیل b بسیار معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۱) تشخیص داده شد. با توجه به جدول ۷، ترکیب تیماری لاین $DN_{11}$ × مخلوط باکتری × نرمال و ترکیب لاین $DN_{11}$ × عدم تلقیح × تنش به‌ترتیب با ۶/۳۷ و ۳/۲۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه بافت بیش‌ترین و کم‌ترین میزان محتوی کلروفیل b را به خود اختصاص دادند. اگر چه برهمکنش سه گانه عوامل آزمایش بر میزان عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، محتوی کلروفیل a و a+b معنی‌دار تشخیص داده نشد (جدول ۲). اما جدول ۷ نشان داد که در شرایط تنش خشکی، تلقیح بذور لاین $DN_{11}$ و رقم تجن با مخلوطی از جنس‌های مختلف باکتری در مقایسه با تیمار عدم تلقیح باکتریایی، توانست عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، محتوی کلروفیل a و a+b را بهبود بخشد.

**جدول ۷: مقا یسه میانگین برهمکنش سه گانه آبیاری، ارقام گندم و باکتری PGPR بر صفات مرفوفیزیولوژیکی مورد مطالعه**

| تیمارهای آزمایشی | | | عملکرد دانه (تن در هکتار) | عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) | شاخص برداشت (درصد) | کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم) | کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم) | کلروفیل a+b (میلی‌گرم در گرم) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آبیاری | رقم | باکتری | | | | | | |
| نرمال | تجن | عدم مصرف | ۹/۳۲۳bcde* | ۲۵/۲۶۳abc | ۳۶/۴۵۰h | ۶/۸۸۰cde | ۳/۴۶۸gh | ۱۰/۳۴fgh |
| | | ازوتوباکتر | ۸/۹۳۰bcde | ۲۳/۵۳۵bcdefg | ۳۸/۱۵۰efgh | ۸/ ۸۰۰bc | ۴/۴۶۸cd | ۱۳/۲۶۸dc |
| | | آزوسپیریلوم | ۹/۰۲۰bcde | ۲۴/۲۷۳bcdef | ۳۷/۲۰۰gh | ۱۰/۹۷۵a | ۵/۵۰۸b | ۱۶/۴۸۳b |
| | | سدوموناس | ۹/۱۰۳bcde | ۲۴/۷۶۳abcd | ۳۶/۹۲۵gh | ۸/۷۱۰bc | ۴/۴۲۳de | ۱۳/۱۳۳dc |
| | | مصرف توأم | ۹/۵۲۳bcde | ۲۴/۲۴۰bcdef | ۳۹/۱۷۵efg | ۱۱/۰۳۵a | ۵/۵۵۰b | ۱۶/۵۸۵b |
| | $DN_{11}$ لاین | عدم مصرف | ۹/۸۳۳bc | ۲۶/۳۹۳ab | ۳۷/۲۰۰gh | ۷/۴۵۵bcde | ۳/۷۰۳gh | ۱۱/۱۵۸defg |
| | | ازوتوباکتر | ۱۰/۳۲۵b | ۲۶/۳۲۳ab | ۳۹/۱۷۵defg | ۱۱/۴۶۵a | ۵/۷۲۰c | ۱۷/۱۸۵ab |
| | | آزوسپیریلوم | ۹/۶۳۰bcde | ۲۵/۱۳۰abcd | ۳۸/۳۰۰efgh | ۱۱/۹۶۰a | ۴/۷۵۰c | ۱۶/۷۱۰b |
| | | سدوموناس | ۹/۳۲۵bcde | ۲۴/۶۰۸abcde | ۳۷/۹۵۰fgh | ۱۱/۲۹۰a | ۵/۵۷۰b | ۱۶/۸۶۰b |
| | | مصرف توأم | ۱۱/۹۲۳a | ۲۸/۹۶۸a | ۴۱/۲۰۰bcd | ۱۲/۷۵۰a | ۶/۳۷۰a | ۱۹/۱۲۰a |
| تنش | تجن | عدم مصرف | ۶/۵۵۰f | ۱۶/۱۹۵h | ۴۰/۵۰۰bcdef | ۵/۵۵۰e | ۲/۸۱۸i | ۸/۳۶۸h |
| | | ازوتوباکتر | /۷۴۰ bcde | ۲۱/۲۳۳cdefg | ۴۱/۰۰۰bcd | ۷/۰۸۰bcde | ۳/۵۴۵g | ۱۰/۶۲۵efg |
| | | آزوسپیریلوم | ۷/۹۶۳cdef | ۱۹/۷۵۵fgh | ۴۰/۴۲۵bcdef | ۷/۰۷۵bcde | ۳/۵۳۰gh | ۱۰/۶۰۵efg |
| | | سدوموناس | ۷/۹۲۸def | ۱۹/۶۴۵fgh | ۴۰/۳۰۰cdef | ۷/۱۳۵bcde | ۳/۵۹۸g | ۱۰/۷۳۳efg |
| | $DN_{11}$ لاین | مصرف توأم | ۹/۱۱۰bcde | ۲۱/۵۷۸cdefg | ۴۲/۲۰۰bc | ۸/۴۸۵bcd | ۴/۳۲۰def | ۱۲/۸۰۵cde |
| | | عدم مصرف | ۷/۸۴۳ef | ۱۹/۲۶۵gh | ۴۰/۶۷۵bcde | ۶/۴۸۵de | ۳/۲۴۵h | ۹/۷۳۰gh |
| | | ازوتوباکتر | ۹/۷۴۰bcd | ۲۲/۶۳۰bcdefg | ۴۳/۱۰۰b | ۸/۱۲۰bcd | ۴/۰۹۰f | ۱۲/۲۱۰cdef |
| | | آزوسپیریلوم | ۸/۵۸۳bcde | ۲۰/۰۶۵efgh | ۴۲/۹۰۰bc | ۸/۵۵۵bcd | ۴/۲۹۳def | ۱۲/۸۴۸cde |
| | | سدوموناس | ۸/۷۰۰bcde | ۲۰/۷۲۰defg | ۴۱/۹۷۵bc | ۸/۱۰۰bcd | ۴/۱۲۰ef | ۱۲/۲۲۰cdef |
| | | مصرف توأم | ۱۰/۱۵۵b | ۲۲/۲۱۵bcdefg | ۴۵/۷۰۰a | ۹/۰۹۰b | ۴/۵۴۵cd | ۱۳/۶۳۵c |

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، اختلاف آماری معنی‌داری در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

در شرایط تنش خشکی، تلقیح لاین $DN_{11}$ با تیمار مخلوط باکتری با (۱۰/۶۵ تن در هکتار، ۲۲/۲۲ تن در هکتار، ۴۵/۷ درصد، ۹/۱ و ۱۳/۶۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه بافت) به‌ترتیب بیش‌ترین میزان عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، محتوی کلروفیل a و a+b را به خود اختصاص داد (جدول ۶). ترکیب تیماری رقم تجن × عدم مصرف باکتری با ۶/۵۵۰ تن در هکتار، ۱۶/۲۰ تن در هکتار، ۵/۵۵ و ۸/۳۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه بافت به‌ترتیب کم‌ترین میزان

Archive of SID

www.SID.ir

عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی محتوی کلروفیل a و a+b را به خود اختصاص داد، ضمناً کم‌ترین مقدار شاخص برداشت (۴۰/۳ درصد) مربوط به تلقیح رقم تجن با باکتری جنس سدوموناس بود (جدول ۷). نتایج نشان داد که مصرف PGPR چه به‌صورت مخلوط یا منفرد توانست با بهبود رشد و نمو گیاه گندم، باعث افزایش تحمل و دامنه بردباری رقم تجن و لاین $DN_{11}$ در برابر تنش خشکی شود. Timmusk و Wagner (۱۹۹۹)، Han و Lee (۲۰۰۵) و Liddycoat و همکاران (۲۰۰۹) نتایج مشابهی را گزارش نمودند. گزارشات زیادی در ارتباط با افزایش محصول و تحمل گیاهان تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد تحت شرایط تنش‌های محیطی به‌ویژه خشکی وجود دارد (Cassan *et al.,* 2009; Dimkpa *et al.,* 2009; De-Bashan *et al.,* 2005). Hasnain و Sabri (۱۹۹۶) گزارش دادند که تلقیح گندم با گونه‌های باکتری سدوموناس تحت شرایط تنش، باعث تحریک رشد گیاه از طریق کاهش جذب یون‌های سمی، افزایش تولید هورمون اکسین و پروتئین‌های مخصوص تنش[1] شد.

**نتیجه‌گیری**

نتایج آزمایش نشان داد که لاین $DN_{11}$ از نظر کلیه صفات آزمایش در هر دو شرایط آبیاری کامل (نرمال) و تنش خشکی (قطع کامل آبیاری پس از مرحله گل‌دهی) نسبت به رقم تجن برتر بود و هم‌چنین تلقیح بذور گندم با باکتری‌های محرک رشد گیاه (چه به‌صورت منفرد یا مخلوط) هم در شرایط نرمال و هم تنش خشکی باعث بهبود رشد و نمو و ارتقاء عملکرد گندم شد.

**منابع**

**امام، ی.، رنجبری، ع.م. و بحرانی، م.ج. ۱۳۸۶.** ارزیابی عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ‌های گندم تحت تأثیر تنش خشکی پس از گل‌دهی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. ۱۱ (۱): ۳۲۷-۳۱۷.

**عموآقایی، ر.، مستاجران، ا. و امتیازی، گ. ۱۳۸۱.** اثر سویه و غلظت باکتری آزوسپریلوم برازیلنس روی رشد و نمو ریشه ارقام گندم. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۳ (۲): ۲۲۲-۲۱۳.

**عموآقایی، ر.، مستاجران، ا. و امتیازی، گ. ۱۳۸۲.** تأثیر باکتری آزوسپیریلوم بر برخی شاخصهای رشد و عملکرد سه رقم گندم. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۷ (۲): ۱۳۹-۱۲۷.

**ریحانی تبار، ر. ۱۳۸۱.** تأثیر مصرف مایع تلقیح پسودوموناس فلورسنس بر روی عملکرد و اجزاء عملکرد گندم بهاره در شرایط گلخانه‌ای. مجله علوم خاک. ۱۶: ۳۵-۲۳.

**کافی م. ۱۳۷۹.** مکانسیم‌های مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی، انتشار دانشگاه فردوسی مشهد. ص: ۱۰۷-۱۳۵.

[1] Stress-specific proteins

Archive of SID

www.SID.ir

**Ahmad, I., Pichtel, J. and Hayat, S. 2008.** Plant-Bacteria Interactions: *Strategies and Techniques to Promote Plant Growth*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. 310 PP.

**Anonymous. 2005.** Wheat outlook. Int. Grain Conucil. Washington D.C., available at http:// www.wheatoutlook.com.

**Arnon, D.I. 1949.** Copper enzyme in isolated chloroplasts, polyphenol oxidase in betavulgaris. Plant Physiology 24: 1-15.

**Bayoumi, T.Y., Eid , M. and Metwali, E.M. 2008.** Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. African Journal of Biotechnology 7: 3341-2352.

**Belimov, A.A., Dodd, I.C., Safronova, V.I., Hontzeas, N. and Davies, W.J. 2007.** Pseudomonas brassicacearum strain Am3 containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase can show both pathogenic and growth-promoting properties in its interaction with tomato. Journal of Experimental Botany 58: 1485–1495.

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

**Blum, A. 2005.** Mitigation of drought stress by crop management. available at: http://www. PlantStress.com.

**Burd, G.I., Dixon, D.G. and Glick, B.R. 2000.** Plant growth promoting bacteria that decrease heavy metal toxicity in plants. Canadian Journal of Microbiology 46: 237–245.

**Caballero-Mellado, J., M.G. Carcano-Montiel and M.A. Mascarúa-Esparza. 1992.** Field inoculation of wheat (Triticum aestivum) with Azospirillum brasilense under temperate climate. Symbiosis 13:243-253.

**Cassan, F., Maiale, S., Masciarelli, O., Vidalc, A., Lunaa, V. and Ruiz, O. 2009.** Cadaverine production by *Azospirillum brasilense* and its possible role in plant growth promotion and osmotic stress mitigation. European Journal of Soil Biology 45: 12–19.

**Creus, C.M., Sueldo, R.J. and Barassi, C.A. 2004.** Water relations and yield in *Azospirillum*-inoculated wheat exposed to drought in the field. Canadian Journal of Botany 82: 273–281.

**De-Bashan, L.E., Antoun, H. and Bashan, Y. 2005.** Cultivation factors and population size control the uptake of nitrogen by the microalgae *Chlorella vulgaris* when interacting with the microalgae growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*. FEMS Microbiology Ecology 54: 197–203.

**Dimkpa, C., Weinand, T. and Asch, F. 2009.** Plant–rhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions. Plant, Cell and Environment 32: 1682–1694.

Archive of SID

www.SID.ir

**Ehdaie, B. 1995.** Variation in water use efficiency and its components in wheat. II. Pot and field experiments. Crop Science 35: 1617–1626.

**Ehteshami, S.M.R., Aghaalikhani, M., Khavazi, K. and Chaichi, M.R. 2007.** Effect of Phosphate Solubilizing Microorganisms on quantitative and qualitative characteristics of Maize (*Zea mays* L) under water deficit stress. Pakistan Journal of Biological Sciences 10: 3585-3591.

**Figueiredo, M.V.B., Burity, H.A., Martinez, C.R. and Chanway, C.P. 2008.** Alleviation of water stress effects in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by co-inoculation *Paeni bacillus* x *Rhizobium tropici*. Applied Soil Ecology 40:182–188.

**Fischer, S.E., Fischer, S.I., Magris, S. and Mori, G.B. 2007.** Isolation and characterization of bacteria from the rhizosphere of wheat. World Journal of Microbiology and Biotechnology 23(7): 895–903.

**Glick, B.R., Penrose, D.M. and Li, J.P. 1998.** A model for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growth-promoting bacteria. Journal of Theoretical Biology. 190: 63–68.

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

**Gray, E.J. and Smith, D.L. 2005.** Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant–bacterium signaling processes. Soil Biology and Biochemistry 37: 395–412.

**Guerfel, M., Baccouri, O., Boujanah, D., Cha, W. and Zarrouk, M. 2009.** Impacts of water stress on gas exachange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. Scientia Horticulturae 119(3): 257-263.

**Gummuluru, S., Hobbs, S.L.A. and Jana, S. 1989.** Physiological responses of drought tolerant and rought susceptible wheat genotypes. Photosynthetica 2: 479-485.

**Han, H.S. and Lee, K.D. 2005.** Plant Growth Promoting Rhizobacteria Effect on Antioxidant Status, Photosynthesis Mineral Uptake and Growth of Lettuce under Soil Salinity. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 1(3): 210-215.

**Hasnain, S, and Sabri, A.N. 1996.** Growth stimulation of *Triticum aestvum* seedlings under Cr-stress by nonrhizospheric Pseudomonas strains. *In:* Abstract the Book of 7 Int. Symp. On Nitrogen Fixation with Non legumes. Faisalabad, Pakistan, pp.36.

**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(7): 508-523.

**Izanloo, A., Condon, A.G., Langridge, p., tester, M. and Schnuvbusch, T. 2008.** Different mechanisms of adaptation to cyclic water stress in two south Australian bread wheat cultivars. Journal of Experimental Botany 59: 3327-3346.

Archive of SID

www.SID.ir

**Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H.J., Somasasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2009.** Droght stress plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of agriculture and biology 11: 100-105.

**Johnston, A.M. and Fowler, D.E. 1992.** Response of no-till winter wheat to nitrogen fertilization and drought stress. Canadian Journal of Plant Science 72: 1075-1089.

**Kasim, W.A., Osman, M.E., Omar, M.N., Abd El-Daim, I.A., Abd El-Daim, I.A., Bejai, S. and Meijer, J. 2013.** Control of Drought Stress in Wheat Using Plant-Growth- Promoting Bacteria. Journal of Plant Growth Regulation 32 (1): 122–130

**Kirigwi, F.M., Ginkel, van M., Trethowan, R., Sears, R.G., Rajaram, S. and Paulsen, G.M. 2004.** Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. Euphytica 135: 361–371.

**Kloepper, J.W., Schroth, M.N. and Miller, T.D. 1980.** Effects of rhizosphere colonization by plant growth promoting rhizobacteria on potato plant development and yield. Phytopathology 70: 1078–1082.

**Lege-Pinto, F., Oliveira, J.G., Da Cunha, M., Souza, C.M.M., Rezende, C.E., Azevedo, R.A. and Vitoria, A.P. 2008.** Chlorophyll a fluorescence and ultra structural changes in chloroplast of water hyacinth as indicators of environmental stress. Environmental and experimental Botany 64: 307-313.

**Liddycoat S.M., Greenberg, B.M. and Wolyn, D.J. 2009.** The effect of plant growth-promoting rhizobacteria on asparagus seedlings and germinating seeds subjected to water stress under greenhouse conditions. Canadian Journal of Microbiology 55: 388–394.

**Moayedi, A.A., Nasrulhaq Boyce, A. and Barakbah, S.S. 2009.** Influence of water deficit during different growth and developmental stages on the contribution of stored pre-anthesis assimilates to grain in selected durum and bread wheat genotypes. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 3(4): 4408-4415.

**Panneerselvam, R., Jaleel, C.A., Somasundaram, R., Sridharan, R. and Gomathinayagam, M. 2007.** Carbohydrate metabolism in *Dioscorea esculenta* (Lour.) Burk. tubers and *Curcuma longa* L. rhizomes during two phases of dormancy, Colloids Surfaces B Biointerfaces 59 (1): 59-66.

**Patten, C.L. and Glick, B.R. 2002.** Role of *Pseudomonas putida* indoleacetic acid in the development of the host plant root system. Applied and Environmental Microbiology 68: 3795–3801.

**Pireivatlou, A.S., Dehdar Masjedlou, B. and Ramiz, T.A. 2010.** Evaluation of yield potential and stress adaptive trait in wheat genotypes under post anthesis drought stress conditions. Africian Journal of Agricultural Research 5: 2829-2836.

Archive of SID

www.SID.ir

**Rai, S.N. and Gaur, A.C. 1988.** Chraracterization of *Azotobacter spp* and effect of Azotobacter and Azospirillum as inoculant on the yield and N–uptake of wheat crop. Plant Soil 109: 131-134.

**Rajala, A., Hakala, K., Kela, P.M., Muurinen, S. and Peltonen-Sainio, P. 2009.** Spring wheat response to timing of water deficit through sink and grain filling capacity. Field Crops Research 114: 263–271.

**Rejeb, I., Pastor, V. and Mauch-Mani, B. 2014.** Plant Responses to Simultaneous Biotic and Abiotic Stress: Molecular Mechanisms. Plants 3(4): 458-475.

**Sairam, R.K., Deshmukh, P,S. and Shukla, D.S. 1997.** Tolerance of drought and temperature stress in relation to increased antioxidant enzyme activity in wheat. Journal of Crop Science 178: 171-177.

**Sairam, R.K., Shukla, D.S. and Saxena, D.C. 1998.** Stress indused injury and antioxidant enzymes in relation to drought tolerance in wheat genotypes. Biology Plant 40 (3): 357-364.

**Saleem, M., Arshad, M., Hussain, S. and Bhatti, A.S. 2007.** Perspective of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) containing ACC deaminase in stress agriculture. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology 34: 635–648.

**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.

**Soba Rao, N.S. 1988.** Biofertilizersing in agriculture.and edition. New Delhi: oxford and IBH publishing .India. 30pp.

**Sterling, J.D.E. and Nass, H.G. 1981.** Comparison of tests characterizing varieties of barley and wheat for moisture resistance. Canadian Journal of Plant Science 61: 283-292.

**Terzi, R. and Kadioglu, A. 2006.** Drought stress tolerance and antioxidant enzyme system in *Ctenanthe setosa*. Acta biologica cracoviensia series botanica 48: 89-96.

**Tilak, K.V.B., Smgh, CS., Roy, V.K. and Rao, N.S. 1982.** *Azospirillum brasilense* and *Azotobacter chroococcum* inoculum: effect on yield of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor*). Soil Biology and Biochemistry14: 417-419.

**Timmusk, S. and Wagner, E.G.H. 1999.** The plant-growth-promoting rhizobacterium *Paenibacillus polymyxa* induces changes in *Arabidopsis thaliana* gene expression: a possible connection between biotic and abiotic stress responses. Molecular Plant–Microbe Interactions 12: 951–959.

**Vessey, J.K. 2003.** Plant growth-promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant Soil 255: 571–586.

**Wang, F.Z., Wang, Q.B., Kwon, S.Y., Kwak, S.S. and Su, W.A. 2005.** Enhanced drought tolerance of transgenic rice plants expressing a pea manganese superoxide dismutase. Plant Physiology 162: 465-472.

Archive of SID

www.SID.ir

**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.

Archive of SID

www.SID.ir