

## بررسی تاثیر باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی اسیدهای آمینه و سیلیسیک اسید بر برخی صفات فیزیولوژیک گیاه گندم (*Triticum aestivum*) تحت شرایط تنش خشکی

### Effect of plant growth promoting rhizobacteria and foliar application of amino acids and silicic acid on some physiological traits of wheat (*Triticum aestivum*) under drought stress

\*مهدی داوودی فرد<sup>۱</sup>، داوود حبیبی<sup>۲</sup>، فرهاد داوودی فرد<sup>۳</sup>

#### چکیده

امروزه تنش خشکی مهمترین تنش غیر زیستی برای گیاهان است زیرا علاوه بر کاهش محصول، باعث کاهش میزان آب و زمین‌های قابل استفاده برای کشاورزی می‌شود. تحقیقات نشان داده است که باکتری‌های محرک رشد، سیلیسیک اسید و اسیدهای آمینه باعث کاهش اثرات سوء برخی از تنش‌ها از جمله تنش خشکی می‌شود. از این رو اثر آبیاری به عنوان عامل اصلی در دو سطح شامل a<sub>1</sub>: شاهد (آبیاری نرمال)، a<sub>2</sub>: قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد، تیماردوم آزمایشی به عنوان سطوح عامل فرعی در پنج سطح سطح شامل b<sub>1</sub>: شاهد، b<sub>2</sub>: بذر مال باکتری (*Azotobacter* و *Azospirillum*) و b<sub>3</sub>: بذر مال باکتری (*pseudomonas* و *Azotobacter* و *Azospirillum*) به همراه محلول پاشی سیلیسیک اسید، b<sub>4</sub>: بذر مال باکتری (*pseudomonas* و *Azotobacter* و *Azospirillum*) به همراه محلول پاشی اسیدهای آمینه، b<sub>5</sub>: بذر مال باکتری (*pseudomonas* و *Azotobacter* و *Azospirillum*) به همراه محلول پاشی سیلیسیک اسید و اسیدهای آمینه طی آزمایشی به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار به اجرا درآمد. نتایج حاصله نشان داد اعمال تنش خشکی صفات اندازه گیری شده را کاهش داد اما با تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی سیلیسیک اسید و اسیدهای آمینه هم در شرایط آبیاری نرمال و هم در شرایط تنش خشکی صفات کلروفیل a و b، ارتفاع بوته، عملکرد سنبل و عملکرد دانه افزایش یافت. همچنین تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و مصرف توام اسید سیلیسیک و اسیدهای آمینه عملکرد دانه را نسبت به تیمار شاهد در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی به ترتیب به میزان ۲۷/۷۶٪ و ۴۴/۶۴٪ افزایش داد.

**واژه‌های کلیدی:** باکتری‌های محرک رشد، تنش خشکی، اسیدهای آمینه، اسید سیلیسیک، عملکرد دانه

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رودهن، گروه زراعت و اصلاح نباتات، باشگاه پژوهشگران جوان، رودهن، ایران

۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه زراعت، کرج، البرز، ایران

۳- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه زراعت و اصلاح نباتات، تهران، ایران

\* نویسنده مسئول: Mahdidavoodifard@gmail.com

## مقدمه

راسکیو وهمکاران (Rascio et al., 1998) نشان دادند که در ژنوتیپ‌های گندم با افزایش شدت تنش خشکی سطح برگ و مقدار نسبی آب گیاه کاهش می‌یابد.

در گیاهان رنگدانه‌های فتوسنتزی به طور عمده برای گرفتن نور و تولید انرژی کاهش یافته است. گزارشات زیادی نشان دادند که تنش آبی، توانایی کاهش غلظت کلروفیل‌ها و کارتنوئیدهای بافت را دارد و این کاهش به طور عمده با تولید ROSها در تیلاکوئید انجام می‌گیرد اما، گزارشاتی که بهبود حجم رنگدانه‌ها را در شرایط تنش آبی را نشان بدهد کاملاً کم و نادر هستند.

زارکو و همکاران (Zarco et al., 2000) کلروفیل برگ را یکی از مهم ترین شاخص‌های نشان دهنده فشارهای محیطی وارد بر گیاه دانسته و معتقد هستند که مقدار کلروفیل در گیاهان تحت تنش کاهش یافته و باعث تغییر در نسبت جذب نور و در نتیجه کاهش کل جذب نور توسط گیاه می‌شود. مسلماً کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش به دلیل تخریب کلروپلاست در این شرایط و کاهش ساخت رنگیزه‌ها می‌باشد. به نظر می‌رسد که دلیل کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش آبی، افزایش تخریب این رنگیزه‌ها و یا کاهش ساخت آنها و نیز، اختلال در فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی باشد. با افزایش شدت تنش آبی یا کاهش پتانسیل آب خاک، روند تخریب رنگیزه‌های کلروفیل با سرعت بیشتری صورت می‌گیرد. پوراسماعیل و همکاران (پور اسماعیل و همکاران، ۱۳۸۵) در تحقیقی که بر روی دو رقم لوبیا قرمز انجام دادند بیان کردند که تنش خشکی سبب کاهش معنی دار محتوای کلروفیل شده است.

کودهای بیولوژیک یا کودهای میکروبی شامل موادی هستند (جامد، مایع یا نیمه جامد) که حاوی یک و یا چند گونه میکروارگانیسم خاص بوده که از طریق تامین بخشی از یک عنصر مورد نیاز گیاه و یا تولید مواد محرک رشد، به رشد بهتر گیاه کمک می‌کنند. به طور معمول، جانداران مورد استفاده برای تولید کودهای زیستی، از خاک منشأ

خشکی از جمله تنش‌های فیزیکی است که به عنوان مهم ترین عامل محدود کننده رشد و تولید گیاهان زراعی در اکثر نقاط جهان و ایران شناخته شده است (پور تقی، ۱۳۸۹). بلوم (Blum, 1996) اظهار داشته است که خشکی یک تنش چند بعدی است که گیاهان را در سطوح مختلف سازمانی تحت تاثیر قرار می‌دهد. در سطح گیاه پاسخ به تنش خشکی پیچیده است، زیرا بازتابی از تلفیق اثرات تنش و پاسخ‌های مربوطه در تمام سطوح پائین سازمانی، در فضا و زمان است. سیدیک و همکاران (Sidique et al., 1999) گزارش کردند که خشکی به عنوان مهم ترین فاکتور کنترل کننده عملکرد محصولات، تقریباً روی کلیه فرایندهای رشد گیاه تاثیر گذار است. اخیراً نتایج تحقیقات نشان داده است که علاوه بر تغییرات فیزیولوژیکی که در اثر کمبود آب در گیاه ایجاد می‌شود، صدمات اکسیداتیو نیز از عوامل مهم محدود کننده رشد و تولیدات گیاهی هستند که در اثر عدم وجود شرایط مناسب ایجاد می‌شود. بیشترین صدمه در گیاهان به وسیله در معرض تنش بودن یا صدمه اکسیداتیو در سطح سلول همراه است (Allen, 1995). کمبود آب عمده ترین محدودیت در تولید محصولات زراعی است که می‌تواند به ویژه در مرحله گلدهی گیاهان خسارت زا باشد. شریفی (شریفی، ۱۳۸۱) اظهار داشت که رشد بخش هوایی، عملکرد سنبله، عملکرد دانه در هکتار، شاخص برداشت، تحت شرایط تنش خشکی کاهش یافته است. اله گانی و رهبر (۱۳۸۴) بیان نمودند که عملکرد در شرایط تنش نسبت به تیمار شاهد کاهش یافته است. کاهش میزان آب قابل دسترس باعث تغییرات مورفولوژیکی نیز می‌گردد. نیلسون و نیلسون (Neilson and Nelson, 1998) اظهار نموده است که با افزایش تنش رطوبتی گیاهان کوتاهتری تولید می‌شود. نباتی (نباتی، ۱۳۸۳) نیز گزارش کرده است که با افزایش تنش خشکی ارتفاع گیاه کاهش می‌یابد در واقع کاهش پتانسیل آب بافتهای مریستمی در طول روز موجب نقصان پتانسیل فشاری به حدی کمتر از میزان لازم برای بزرگ شدن سلولها می‌گردد.

فیزیولوژیک گیاه گندم (*Triticum aestivum*) تحت شرایط تنش خشکی بود. نتایج این آزمون می‌تواند به توصیه مناسبی برای کشاورزان در شرایط محدودیت رطوبت منجر شود.

### مواد و روش

به منظور بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی اسیدهای آمینه و سیلیسیک اسید بر برخی صفات فیزیولوژیک گیاه گندم تحت شرایط تنش خشکی آزمایشی در سال زراعی ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج به صورت اسپیلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار به اجراء در آمد. بافت خاک لومی سیلتی، pH خاک در عمق‌های ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ به ترتیب برابر با ۷/۶۲ و ۷/۲۶ و EC خاک در دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ به ترتیب برابر ۱/۳۱ و ۲/۰۹ دسی‌زیمنس بود. عوامل مورد بررسی شامل آبیاری در دو سطح  $a_1$ : شاهد (آبیاری نرمال)،  $a_2$ : قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد در کرت‌های اصلی و تیمار دوم آزمایشی به عنوان سطوح عامل فرعی در پنج سطح شامل  $b_1$ : شاهد،  $b_2$ : بذر مال باکتری (*Azospirillum* و *Azotobacter* و *Pseudomonas*)،  $b_3$ : بذر مال باکتری (*Azospirillum* و *Azotobacter* و *Pseudomonas*)،  $b_4$ : بذر مال باکتری (*Azospirillum* و *Azotobacter* و *Pseudomonas*) به همراه محلول پاشی سیلیسیک اسید،  $b_5$ : بذر مال باکتری (*Azospirillum* و *Azotobacter* و *Pseudomonas*) به همراه محلول پاشی اسیدهای آمینه،  $b_6$ : بذر مال باکتری (*Azospirillum* و *Azotobacter* و *Pseudomonas*) به همراه محلول پاشی سیلیسیک اسید و اسیدهای آمینه در نظر گرفته شدند. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح زمین و ایجاد فارو بود و کشت در ۱۵ مهر ماه صورت گرفت. هر کرت آزمایشی شامل دو خط کاشت به طول ۴ متر و فاصله دو خط کاشت از هم ۵۰ سانتی متر بود. بین تکرارهای مختلف آزمایش ۴ متر فاصله به صورت دو جوی آب جهت جلوگیری از اختلاط آب تیمارهای مختلف در نظر گرفته شد. بذور مورد نظر قبل از کاشت با ۱ لیتر کود بیولوژیک

می‌گیرند و در اغلب خاک‌ها حضور فعال دارند. با این حال، در بسیاری از موارد، به دلیل عواملی نظیر تنش‌های محیطی بلند مدت (یخبندان، خشکی، غرقابی و دمای شدید)، مصرف فراوان و مکرر نهاده‌های شیمیایی و عدم حضور گیاه میزبان مناسب برای ارگانسیم‌های همزیست به مدت طولانی، کمیت و کیفیت آنها در حد مطلوب نیست و به همین دلیل استفاده از مایه تلقیح آنها، ضرورت پیدا می‌کند (حمیدی و همکاران ۱۳۸۶؛ اردکانی و همکاران ۱۳۷۹). باکتری‌های جنس ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و پسودوموناس از مهمترین باکتری‌های محرک رشد گیاه هستند (خاوازی و همکاران، ۱۳۸۴). شریفی و حق‌نیا (شریفی و حق‌نیا، ۱۳۸۶) بیان کردند که کود بیولوژیک نیتروکسین بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم رقم سبلان موثر است، به طوری که این کود بر عملکرد دانه و کاه، ارتفاع بوته، عملکرد سنبله، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در متر مربع اثر مثبت داشت. تنش خشکی می‌تواند باعث کاهش جمعیت میکروبی در خاک یک منطقه گردد (Elliot and Wildang, 1992). مصرف کودهای بیولوژیک نیتروکسین و بیوسفرفر در شرایط تنش‌های محیطی مانند تنش خشکی و شوری نه تنها سبب افزایش مقاومت گیاهان می‌شود (Gilik et al., 2001)، بلکه میکروارگانسیم‌های از دست رفته خاک را نیز جبران می‌کنند.

اگر چه سیلیسیم به عنوان یک عنصر ضروری در تغذیه گیاهان مورد توجه قرار نگرفته است اما بسیاری از اثرات مفید آن در گیاهان گزارش شده است. به نظر می‌رسد رسوب آن در دیواره سلولی موجب افزایش استحکام و تقویت دیواره می‌گردد (Inanaga et al., 1995؛ Epstein, 1999) برای مثال سیلیسیم ضخامت و ایستادگی برگ (Yoshida et al., 1969) و سفتی برگ‌های گندم و جو (Rafi et al., 1997) را افزایش داده و در نتیجه نفوذ نور در این گیاهان بیشتر شده و عملکرد افزایش می‌یابد (Mitsui et al., 1963).

هدف از این پژوهش بررسی تاثیر باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی اسیدهای آمینه و سیلیسیک اسید بر برخی صفات

دانه‌های استحصال شده به صورت جداگانه در داخل کیسه‌ها قرار داده شدند و روی آنها برچسب نصب شد و سپس اقدام به توزین آنها گردید و عملکرد دانه محاسبه گردید.

جهت اندازه‌گیری کلروفیل a و b از روش سیستاک و کاتاسکی (Sestak and Catasky, 1996) استفاده شد. مقدار ۰/۵ گرم برگ تازه از نمونه توسط استن ۸۰% مورد استخراج کلروفیل قرار گرفت. بدین شکل که ۱ گرم برگ خرد شده همراه ۰/۵ گرم کربنات سدیم درون یک هاون چینی مخلوط گردید و به مقدار ۱۰ میلی لیتر استن خالص (۱۰۰%) به تدریج به آن اضافه شد. مخلوط حاصله صاف شده و درون لوله آزمایش در محیط تاریک و مجاز یخ قرار گرفت. سپس با دور ۲۵۰۰ به مدت ۲ دقیقه سانتریفیوژ شد تا عصاره یکنواختی بدست آمده و از لوله خارج گردد. جذب نوری این محلول به ترتیب در ۶۶۳ برای کلروفیل b و سپس در ۶۴۷ نانومتر برای کلروفیل a توسط اسپکتروفتومتر نوری اندازه‌گیری شد و از طریق فرمول زیر کلروفیل a, b اندازه‌گیری شدند. میزان کلروفیل بدست آمده بر حسب گرم وزن تازه برگ گزارش شد. فرمول برحسب میلی گرم کلروفیل بر گرم بافت تازه تعیین شد (Alan, 1994).

$$Chl.a(mg.L^{-1}) = [(12.25 \times A_{663}) - (2.79 \times A_{647})] \times D$$

$$Chl.b(mg.L^{-1}) = (21.5 \times A_{647} - 5.1 \times A_{663}) \times D$$

جهت محاسبه محتوای رطوبت نسبی برگ ابتدا از هر کرت آزمایشی تعداد ۵ برگ توسعه یافته و جوان از یک سطح پائین تر از سنبله بصورت تصادفی انتخاب گردیده و درون کیسه‌های مخصوصی که قبلاً بدین منظور آماده شده بود قرار گرفت و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردید. در ابتدا برگ‌ها را با یک دستمال تمیز نموده و از نقاطی که رگبرگ اصلی ندارد تعداد ۱۰ عدد دیسک از برگ‌های مربوطه به هر تیمار تهیه گردیده و با استفاده از ترازوی دیجیتالی دقت (۰/۰۰۱ گرم) وزن گردید و وزن تازه برگ‌ها بدست آمد. سپس دیسک برگ‌های تهیه شده را درون لوله‌های آزمایشگاهی قرار داده و درون هر لوله

نیتروکسین (Nitroxin) به مدت زمان ۲۰ دقیقه آغشته گردیدند، سپس به مدت زمان ۱۰ دقیقه بذور در روی یک سطح صاف پهن گردید تا کمی خشک شوند پس از این مدت زمان بلافاصله بذرها با ۱ لیتر کود بیولوژیک بیوفسفر (Bio phosphorus) تلقیح گردیدند (کلیه این مراحل در سایه انجام شد) سپس بذور بلافاصله کشت گردید. جهت اعمال تیمار آبیاری، تمامی کرت‌ها تا مرحله‌ی گلدهی هر ۱۲ روز یک بار به صورت نشتی آبیاری شدند و بعد از مرحله‌ی گلدهی آبیاری کرت‌های تحت تیمار تنش خشکی به صورت کامل تا زمان برداشت قطع شد. به منظور جلوگیری از آبتشویی و اختلاط تیمارهای دارای باکتری با تیمارهای عدم مصرف باکتری آبیاری تیمارهای شاهد (عدم مصرف باکتری) جداگانه و در کرت‌های بسته انجام گرفت. محلول پاشی سیلیسیک اسید (Silicic acid) و اسیدهای آمینه (Delfan plus) در دو مرحله ساقه رفتن و شرف پر شدن دانه‌ها صورت گرفت. در محلول پاشی اسیدهای آمینه ۳۵ cc از محلول دلفان پلاس را در ۳۵ لیتر آب حل کرده و بر روی تیمارهای دارای اسید آمینه مذکور محلول پاشی گردید (در هر بار محلول پاشی). در محلول پاشی سیلیسیک اسید (سیلامول) ۴۲ cc از محلول سیلامول را در ۶۴ لیتر آب حل کرده و بر روی تیمارهای مورد نظر محلول پاشی گردید.

صفات اندازه‌گیری شده شامل کلروفیل a و b، محتوای رطوبت نسبی برگ، ارتفاع بوته، عملکرد سنبله و عملکرد دانه بود. برداشت نهایی به هنگام رسیدگی کامل دانه‌ها صورت گرفت. در برداشت نهایی ۲ متر مربع از خطوط میانی هر کرت با حذف اثر حاشیه‌ای از سطح خاک به صورت کف برداشت شد، نمونه‌های برداشت شده از هر کرت جهت ارزیابی عملکرد ابتدا درون کیسه قرار دادند و شماره گذاری گردیدند و چند روز در سطح کرت آزمایشی در مقابل آفتاب قرار گرفتند. سپس با جدا کردن سنبله‌ها از بوته و توزین آنها عملکرد سنبل به دست آمد، در مرحله بعدی با روش کوبیدن اقدام به جدا نمودن بذرها از سنبله‌ها گردید.

تولید کلروفیل a و b مربوط به سطح آبیاری نرمال می‌باشد. بطوریکه بالاترین میزان کلروفیل a و b به دست آمده از این سطح به ترتیب با ۳/۵ و ۱/۵۹ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ مربوط به تیمار آبیاری نرمال بود ضمن آنکه کمترین میزان تولید کلروفیل a و b به ترتیب با ۳/۰۸ و ۱/۴ از تیمار تنش خشکی بدست آمد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثر ساده تیمار دوم آزمایش بر میزان کلروفیل a و b در سطح یک درصد معنی دار است ( $P < 0/01$ ). نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان داد که بالاترین میزان کلروفیل a و b به ترتیب به میزان ۴/۰۹ و ۱/۸۵ از تیمار ( $B_3$ ) حاصل گردید همچنین کمترین میزان کلروفیل a و b به ترتیب به میزان ۲/۷ و ۱/۲۶ از تیمار ( $B_1$ ) حاصل گردید که همراه با تیمار ( $B_2$ ) به ترتیب به میزان ۲/۸۵ و ۱/۲۹ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ در یک گروه آماری قرار گرفتند. مسلماً با افزایش میزان ساخت کلروفیل‌ها در شرایط تنش خشکی و بهبود وضعیت فتوسنتزی گیاه شرایط مطلوبی برای رسیدن به عملکرد بهتر برای گیاه فراهم می‌گردد. همچنین میزان کلروفیل a و b در تیمارهای ( $B_3$ ) و ( $B_4$ ) نیز نسبت به تیمار ( $B_1$ ) افزایش نشان می‌دهد که این افزایش برای کلروفیل a به ترتیب به میزان ۱۸/۱۸ و ۲۱/۹۶ درصد و برای کلروفیل b به ترتیب به میزان ۱۶ و ۱۹/۷۴ درصد می‌باشد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثر متقابل تیمار آبیاری و تیمار دوم آزمایش بر میزان فعالیت کلروفیل a و b در سطح پنج درصد معنی دار است ( $P < 0/05$ ). نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a و b به ترتیب به میزان فعالیت ( $mg/g$ ) fw ۴/۱۸ و ۱/۹ از تیمار آبیاری نرمال به همراه بذر مال باکتری و محلول پاشی اسید سیلیسیک و اسیدهای آمینه ( $A_1B_3$ ) حاصل گردید. ضمن آنکه کمترین میزان کلروفیل a و b به ترتیب با میزان فعالیت ۲/۵۱ و ۱/۱۴ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ از تیمار ( $A_2B_2$ ) حاصل گردید. این نتایج با نتایج کاضمی

آزمایشی به میزان یکسان آب مقطر اضافه نموده تا اینکه روی کلیه دیسک‌ها را بطور کامل آب مقطر قرار گیرد. پس از ۲۴ ساعت، که در دمای ۴ درجه سانتی گراد در محیطی تاریک قرار گرفته تا برگ‌ها اشباع شوند. سپس برگ‌ها از لوله‌های آزمایشی خارج گردیده و صبر نموده تا آب از روی دیسک‌ها خارج شود. سپس وزن دیسک‌های اشباع با استفاده از ترازوی دیجیتال محاسبه گردید. وزن هر نمونه به عنوان وزن اشباع برگ یادداشت شد. سپس نمونه‌ها درون پاکت‌هایی که از قبل آماده و شماره گذاری شده بود، قرار گرفته و پاکت‌های حاوی نمونه برگ درون دستگاه آون با دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت. پس از ۴۸ ساعت، پاکت‌ها از درون آون خارج شد، سپس برگ‌ها از درون پاکت‌ها خارج و توسط ترازوی دقیق آزمایشگاهی توزین گردید و وزن هر نمونه به عنوان وزن خشک برگ یادداشت گردید. و سپس از طریق فرمول زیر مقدار RWC محاسبه گردید:

fW: وزن تر گیاه

dW: وزن خشک گیاه

tW: گیاه در حالت اشباع (آماس)

$$RWC = [(fW - dW) / (tW - dW)] \times 100$$

$$RWC = [(وزن خشک - وزن آماس) / (وزن خشک - وزن تر)] \times 100$$

برای آنالیز واریانس داده‌ها از نرم افزار SAS و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

## نتایج و بحث

### کلروفیل a و b

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثر ساده آبیاری بر روی میزان کلروفیل a و b در سطح پنج درصد ( $P < 0/05$ ) معنی دار است. نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که بیشترین میزان

بدون تلقیح، غلظت کلروفیل  $a$ ، کلروفیل  $b$  و کلروفیل کل به ترتیب ۳۴، ۴۸ و ۳۹ درصد افزایش یافت. همچنین متناسب با افزایش سنتز کلروفیل، میزان کلروز در برگ‌ها نیز کاهش یافت.

#### محتوای رطوبت نسبی برگ (RWC)

محتوای رطوبت نسبی آب برگ نشانه‌ای از مقدار رطوبت حفظ شده در برگ‌ها در شرایط تنش رطوبتی است. با توجه به نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس (جدول ۱) بین تیمارهای آبیاری و تنش در سطح احتمال ( $P < 0.05$ ) اختلاف معنی داری مشاهده گردید. نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان داد که بالاترین میزان رطوبت نسبی برگ به میزان ۴۵/۶۸ درصد مربوط به تیمار آبیاری نرمال بود. ضمن آنکه کمترین میزان رطوبت نسبی برگ نیز از تیمار تنش خشکی به میزان ۳۹/۸۷ درصد حاصل گردید که این میزان کاهش در RWC به میزان ۱۳/۱۳٪ می‌باشد. از نظر سطوح مختلف تیمار دوم آزمایشی (B)، محتوای رطوبت نسبی برگ اختلاف معنی داری از خود نشان نداد (جدول ۱). همچنین بین تیمار آبیاری و تیمار دوم آزمایشی (AB) نیز اختلاف معنی داری در محتوای رطوبت نسبی برگ دیده نشد (جدول ۱). نتایج بدست آمده از این تحقیق با تحقیقات، فلاحت زاده (فلاحت زاده، ۱۳۸۶)، صیدی (صیدی، ۱۳۸۷) و پور تقی (پور تقی، ۱۳۸۹) مبتنی بر کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ در شرایط تنش خشکی مطابقت دارد. نتایج تحقیق لی وین و همکاران (Li et al., 2006) بر روی گیاه یونجه بیان نمود که از دست دادن آب سبب کاهش شدید در میزان رطوبت نسبی گیاه گردید. خزایی و برزویی (Khazaie and Borzooei, 2006) در تحقیقی روی گیاه گندم مشاهده کردند که تنش خشکی به طور معنی داری محتوای رطوبت نسبی برگ، شاخص پایداری غشا و محتوای کلروفیل برگ را کاهش داد. پور اسماعیل و همکاران (پور اسماعیل و همکاران، ۱۳۸۵) در آزمایشی که بر روی دو رقم لوبیا انجام دادند بیان کردند که تنش خشکی سبب کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ شده است.

نسب و همکاران (کاضمی نسب و همکاران، ۱۳۸۴)، آنتولین و همکاران (Antolin et al., 1995) و فاضلی و همکاران (فاضلی و همکاران، ۱۳۸۴) مبنی بر کاهش کلروفیل در شرایط تنش خشکی مطابقت می‌کند. اله گانی و رهبر (اله گانی و رهبر، ۱۳۸۴) بیان کردند، میزان کلروفیل اختلاف معنی داری بین تیمارهای آزمایشی نشان نداد ولی محتوای کلروفیل در تیمار شاهد بیشتر بود. آزمایشات صورت گرفته توسط افی اگلو و همکاران (Efeoglu et al., 2009) بر روی ذرت نشان می‌دهد در شرایط تنش میزان کلروفیل  $a$ ،  $b$  و  $a+b$  کاهش پیدا می‌کند. تحقیقات مانیوانان و همکاران (Manivannan et al., 2008) نشان داد که در شرایط تنش خشکی حجم کلروفیل و کارتنوئیدها در گیاه آفتابگردان کاهش می‌یابد. عباس زاده و همکاران (عباس زاده و همکاران، ۱۳۸۶) گزارش کردند در شرایط بدون تنش، مقدار کلروفیل  $a$  و کلروفیل کل در بیشترین مقدار خود قرار دارند و با اعمال تنش میزان کلروفیل  $a$  و کل کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد که دلیل کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش آبی، افزایش تخریب این رنگیزه‌ها و یا کاهش ساخت آنها و نیز اختلال در فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی باشد. احمدی و بیکر (احمدی و بیکر، ۱۳۷۹) کاهش در پروتئین‌های غشایی خاص (پروتئین کلروفیل  $a/b$  برداشت کننده نور) در شرایط تنش خشکی، افزایش در فعالیت آنزیم کلروفیلاز و پراکسیداز را از عوامل مؤثر در کاهش کلروفیل در شرایط تنش آبی یا خشکی ذکر کردند، همچنین بیان کردند که کاهش سبزینه گی برگ در شرایط تنش طولانی مدت ممکن است تا حدودی به خاطر کاهش جریان نیتروژن به بافتها و تغییر در فعالیت آنزیم‌هایی مثل نیترات ریداکتاز باشد. تلقیح بذر با باکتری‌های آزوسپیریلوم لیوفوروم + سودوموناس پوتیدا، میزان کلروفیل  $a$ ،  $b$  و  $a+b$  را افزایش می‌دهد، ولی این افزایش از نظر آماری معنی دار نبود (مسلمی، ۱۳۸۹). شارما و همکاران (Sharma et al., 2003) با مطالعه نقش تلقیح باکتری پسودوموناس در گیاه لوبیا نشان دادند که در شرایط تلقیح این باکتری نسبت به شرایط تنش

## ارتفاع بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثر متقابل تیمار آبیاری و تیمار دوم آزمایشی بر ارتفاع بوته در سطح پنج درصد معنی دار است ( $P < 0/05$ ). نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته با  $92/13$  سانتی متر از تیمار آبیاری نرمال به همراه بذر مال باکتری و محلول پاشی سیلیسیک اسید و اسیدهای آمینه ( $A_1B_3$ ) حاصل گردید. ضمن آنکه کمترین ارتفاع بوته با  $67/76$  سانتی متر از تیمار ( $A_2B_1$ ) حاصل گردید. نتایج به دست آمده از این تحقیق با نتایج صیدی (صیدی، ۱۳۸۷) مبتنی بر کاهش ارتفاع بوته گندم در شرایط تنش خشکی مطابقت دارد. کاهش ارتفاع گیاه در این شرایط را می‌توان به اختلال در فتوسنتز به واسطه کمبود رطوبت در خاک و کاهش مواد فتوسنتزی برای انتقال به بخش‌های در حال رشد گیاه نسبت داد. این نتایج نشان می‌دهد که احتمالاً تیمار گیاهان با اسید سیلیسیک و اسیدهای آمینه تاثیر بیشتری بر ارتفاع بوته دارد. اسید سیلیسیک با تاثیر بر مریستم‌های رویشی و زایشی موجب افزایش طول سنبل و تعداد دانه در هر سنبل می‌گردد. مکانیزم دقیق عمل اسید سیلیسیک هنوز مشخص نیست اما احتمال دارد که سیلیسیک اسید همانند اکسین در تنظیم طول شدن و تقسیم سلول دخالت داشته باشد (Singh, 1980). نتایج تحقیقات بیاری و همکاران (Biari et al., 2008) نشان داد که تلقیح بذر ذرت با باکتری‌های جنس آزوسپیریلوم ارتفاع گیاه، وزن خشک ساقه و بذر، وزن خشک بلال و تعداد دانه در ردیف را افزایش می‌دهد ولی بر روی افزایش تعداد ردیف در بلال تاثیر معنی داری را نشان نداد. ذبیحی و همکاران (ذبیحی و همکاران، ۱۳۸۸) کاربرد چهار سویه از باکتری‌های پسودوموناس فلورسنت را بر شاخص‌های رشد گندم در مقادیر مختلف فسفر (۰-۵۰-۱۰۰) در دو آزمایش مزرع‌ای و گلخانه‌ای مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند که کاربرد باکتری‌های پسودوموناس در تمام سطوح فسفر سبب افزایش معنی دار عملکرد دانه، وزن هزاردانه، ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک شد. و با افزایش سطح فسفر این صفات افزایش

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثر ساده آبیاری بر روی ارتفاع بوته در سطح یک درصد ( $P < 0/01$ ) معنی دار است. نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که بیشترین ارتفاع بوته مربوط به سطح آبیاری نرمال می‌باشد. بطوریکه بیشترین ارتفاع بوته به دست آمده از این سطح با  $84/3$  سانتی متر مربوط به تیمار آبیاری نرمال بود ضمن آنکه کمترین ارتفاع بوته با  $73/9$  سانتی متر از تیمار تنش خشکی بدست آمد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثر ساده تیمار دوم آزمایشی بر ارتفاع بوته در سطح یک درصد معنی دار است ( $P < 0/01$ ). نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته به دست آمده با  $85/1$  سانتی متر از تیمار ( $B_3$ ) حاصل گردید. همچنین کمترین ارتفاع بوته به دست آمده با  $73/89$  سانتی متر از تیمار ( $B_1$ ) حاصل گردید. ملاحظه می‌شود که در تیمار بذر مال باکتری و محلول پاشی سیلیسیک اسید و اسیدهای آمینه ( $B_3$ ) باکتری‌های موجود در کود بیولوژیک (نیتروکسین و بیوفسفر) به طرق مختلف، از جمله تولید تنظیم کننده‌های رشد گیاه مانند جیبرلین، سیتوکینین، اکسین می‌تواند به طور مستقیم و غیر مستقیم شرایط مطلوب رشد و نمو گیاه را فراهم کنند (Shanmugan et al., 2002). تلقیح میکروبی باعث تغییر سطوح داخل ژنی هورمون گیاهی اتیلن می‌شود که بعداً منجر به تغییرات رشد و نمو گیاهان و افزایش ارتفاع گیاهان تلقیح شده می‌شود (Glick et al., 2005). این باکتری‌ها با افزایش حجم و توسعه ریشه، سبب افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی و آب شده در نتیجه باعث جذب بیشتر عناصر مورد نیاز گیاه می‌شوند. جذب بیشتر عناصر غذایی نهایتاً باعث افزایش رشد اندام هوایی گیاه می‌گردد (شمشیری پور، ۱۳۸۷). محمد ورزی (محمد ورزی، ۱۳۸۹)، افزایش  $17/46$  درصدی ارتفاع بوته آفتابگردان که بذر آن با (نیتروکسین + بیوفسفر) تلقیح شده بود را گزارش کرد.

عملکرد سنبله با  $2525/35$  (Kg/ha) از تیمار تنش خشکی بدست آمد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثر ساده تیمار دوم آزمایشی بر عملکرد سنبله در سطح یک درصد معنی دار است ( $P < 0/01$ ). نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان داد که بیشترین عملکرد سنبله به دست آمده با  $3793/8$  (Kg/ha) از تیمار ( $B_3$ ) حاصل. همچنین کمترین عملکرد سنبله به دست آمده با (Kg/ha)  $2564/4$  از تیمار ( $B_1$ ) به دست آمد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثر متقابل تیمار آبیاری و تیمار دوم آزمایشی بر عملکرد سنبله در سطح یک درصد معنی دار است ( $P < 0/01$ ). نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان داد که بیشترین عملکرد سنبله با  $4450$  (Kg/ha) از تیمار آبیاری نرمال به همراه باکتری و محلول پاشی سیلیسیک اسید و اسیدهای آمینه ( $A_1B_3$ ) حاصل گردید. ضمن آنکه کمترین عملکرد سنبله با  $1781$  (Kg/ha) از تیمار ( $A_2B_1$ ) حاصل گردید. فلاحه زاده (فلاحه زاده، ۱۳۸۶) در آزمایشی که بر روی محلول پاشی سلیوم بر روی دو رقم گندم (پشتاز و آذر ۲) انجام داده بود به این نتیجه رسید که عملکرد سنبله در شرایط تنش خشکی نسبت به تیمار آبیاری نرمال کاهش یافته است که با نتایج این تحقیق مبنی بر کاهش عملکرد سنبله در شرایط تنش خشکی مطابقت دارد.

#### عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر ساده آبیاری بر روی عملکرد دانه در سطح یک درصد ( $P < 0/01$ ) معنی دار است. نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان داد که بیشترین عملکرد دانه مربوط به سطح آبیاری نرمال می‌باشد. به طوریکه بیشترین عملکرد دانه به دست آمده از این سطح با  $2502/5$  کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار آبیاری نرمال بود ضمن آنکه کمترین عملکرد

یافتند. کمترین عملکرد نیز از تیمار بدون مصرف فسفر و بدون تلقیح با سویه‌های مورد نظر بدست آمد. تلقیح خیار با باکتری *Bacillus Subtilis* در مقایسه با شاهد به طور معنی داری باعث افزایش ارتفاع گیاه شد (Raupach et al., 2000). روستا (روستا، ۱۳۷۵) طی آزمایشات گلخانه‌ای به این نتیجه گرفت تلقیح با آزو اسپریلوم نسبت به شاهد تلقیح نشده باعث افزایش ارتفاع گیاهان ذرت و گندم می‌شود. همچنین اظهار داشت که تلقیح با این باکتری، افزایش رشد ریشه و انبوهی تارهای موئین را به طور کلی افزایش سیستم ریشه‌ای را به دنبال دارد که این تاثیر را می‌توان به ترشح هورمون‌های رشد توسط آزو اسپریلوم نسبت داد. کادر و همکاران (Kader et al., 2002) تاثیر مثبت آزو اسپریلوم بر طول اندام هوایی را گزارش و آن را به تولید هورمون‌های محرک رشد مانند اکسین، جیبرلین، سیتوکینین مرتبط دانستند. طول ساقه در موقعی که شرایط از نظر درجه حرارت و رطوبت مناسب تر باشند در مقایسه با شرایط نامساعد بلندتر می‌باشد. ارتفاع بلند ساقه‌ی گندم ممکن است این مزیت را داشته باشد که در شرایط نامساعد مقدار شیره‌ی پرورده‌ی بیشتری را برای رشد دانه بتواند ذخیره کند. چاندرسکا و همکاران (Chandrasekar et al., 2005) افزایش ارتفاع ارزن را بر اثر تلقیح با آزو اسپریلوم و ازتوباکتر همراه با کاربرد اوره گزارش کردند. زهیر و همکاران (Zahir et al., 2004) افزایش  $8/5$  درصدی ارتفاع بوته ذرت که بذر آن با ازتوباکتر و پسودوموناس تلقیح شده بود را گزارش کردند.

#### عملکرد سنبله

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثر ساده آبیاری بر روی عملکرد سنبله در سطح یک درصد ( $P < 0/01$ ) معنی دار است. نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد سنبله مربوط به سطح آبیاری نرمال می‌باشد. بطوریکه بیشترین عملکرد سنبله به دست آمده از این سطح با  $3859/5$  کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار آبیاری نرمال بود ضمن آنکه کمترین



## بررسی تاثیر باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی اسیدهای آمینه و سیلیسیک اسید بر برخی صفات فیزیولوژیک گیاه گندم...

فلاحت زاده (فلاحت زاده، ۱۳۸۶) بر روی گندم، کاضمی نسب (کاضمی نسب، ۱۳۸۴) بر روی ذرت، صیدی (صیدی، ۱۳۸۷) بر روی گندم، پورتقی (پورتقی، ۱۳۸۹) بر روی آفتابگردان و بقایی (بقایی، ۱۳۸۳) بر روی لویا گزارش شده است. ترشح مواد تنظیم کننده و تحریک کننده رشد توسط این کودهای بیولوژیک مهمترین عامل افزایش رشد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه گزارش شده است.

(German et al., 2000; Molla et al., 2001)

زهیر و همکاران (Zahir et al., 1998) نیز با تلفیق ازتوباکتر و پسودوموناس، بیشترین عملکرد دانه را در ذرت به دست آوردند. نجف وند و همکاران (Najafvand et al., 2008) به این نتیجه رسیدند که کار بردن کود بیولوژیک نیتروکسین در گیاه گوجه فرنگی باعث افزایش عملکرد تا ۸/۲ درصد نسبت به تیمار شاهد شدند. جانگو و همکاران (Jangow et al., 1991) اظهار داشتند که تلفیق بذر با ازتوباکتر و آزوسپیریوم باعث ۴۰٪ افزایش عملکرد دانه در گندم و جو شده است اما این که این افزایش در عملکرد تنها به تثبیت نیتروژن مربوط است و یا آثار هورمونی و سایر عوامل رشد و نمو گیاه عامل این افزایش می باشد، مشخص نشده است. در آمریکا کشت بذور تلقیح شده سه محصول گندم، سورگوم و ذرت با باکتری‌های پسودوموناس افزایش محصولی در حدود ۱۰ تا ۳۰ درصد را موجب شده است (Kapulink, 1991). طی تحقیقات (Dalla Santa et al., 2004) در برزیل تلقیح آزوسپیریوم سویه RAM-7 با بذر گندم و جو باعث افزایش عملکرد دانه گردید.

دانه با (Kg/ha) ۱۵۵۸/۷۵ تیمار تنش خشکی بدست آمد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می دهد که اثر ساده تیمار دوم آزمایشی بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی دار است ( $P < 0/01$ ). نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان داد که بیشترین عملکرد دانه به دست آمده با (Kg/ha) ۲۴۴۳/۸ از تیمار ( $B_3$ ) حاصل گردید. همچنین کمترین عملکرد دانه به دست آمده با (Kg/ha) ۱۶۰۶/۳ از تیمار ( $B_1$ ) به دست آمد و نشان داد که بین بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه در تیمارهای باکتریایی در حدود ۳۴/۲۷ درصد اختلاف مشاهده می شود. محمد ورزی (محمد ورزی، ۱۳۸۹) نیز افزایش ۲۶/۶۸ درصدی عملکرد دانه را در تیمار (نیتروکسین + بیوفسفر) نسبت به تیمار شاهد گزارش کرده است و بیان نموده که تلفیق کود بیولوژیک نیتروکسین و بیوفسفر بیشترین تاثیر را بر روی عملکرد دانه داشته است نسبت به حالتی که این کودها به صورت تکی مصرف شوند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می دهد که اثر متقابل تیمار آبیاری و تیمار دوم آزمایشی بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی دار است ( $P < 0/01$ ). نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان داد که بیشترین عملکرد دانه با (Kg/ha) ۲۹۵۶ از تیمار آبیاری نرمال به همراه باکتری + سیلیسیک اسید + اسیدهای آمینه ( $A_1B_3$ ) حاصل گردید. ضمن آنکه کمترین عملکرد دانه با (Kg/ha) ۱۰۶۹ از تیمار ( $A_2B_1$ ) حاصل گردید. لذا اینگونه می توان نتیجه گرفت که با محلول پاشی سیلیسیک اسید و اسیدهای آمینه عملکرد گیاه به خاطر اثرات تغذیه ای مثبت آنها بر رشد و نمو بهتر گیاه عملکرد دانه افزایش خواهد یافت. این نتایج با نتایج قهرمانی (قهرمانی، ۱۳۸۸) مطابقت دارد. به نظر می رسد توانایی ازتوباکتر و آزوسپیریوم در فرایند تثبیت نیتروژن (نیتروکسین) و توانمندی پسودوموناس (بیوفسفر) در کنترل عوامل بیماریزای گیاهی و نیز انحلال فسفات‌های نامحلول با کاهش PH خاک، به طور موثری باعث افزایش عملکرد دانه در تیمار ( $A_1B_3$ ) شده است. کاهش عملکرد دانه در نتیجه تنش خشکی توسط

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه  
Table1-Analysis of variance of effect for studied traits

s.o.v	منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات Ms					
			کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	محتوای رطوبت نسبی برگ RWC	ارتفاع بوته Height	عملکرد سنبله Spike yield	عملکرد دانه Seed yield
Replication	تکرار	3	0.02	0.004	313.01	11.44	97898.8	38432.2
Irrigation(I)	آبیاری	1	1.85 <sup>o</sup>	0.38 <sup>o</sup>	337.7 <sup>o</sup>	1087.22 <sup>**</sup>	17772889.2 <sup>**</sup>	8906640 <sup>**</sup>
Error	خطا	2	0.09	0.019	22.14	0.12	8689.23	3473.9
Second experimental treatment(T)	تیمار دوم آزمایشی	4	2.22 <sup>**</sup>	0.46 <sup>**</sup>	43.85 <sup>ns</sup>	160.22 <sup>**</sup>	1876417.5 <sup>**</sup>	804273.43 <sup>**</sup>
I*T	آبیاری*تیمار دوم آزمایشی	4	0.13 <sup>o</sup>	0.02 <sup>**</sup>	29.57 <sup>ns</sup>	13.43 <sup>**</sup>	41708.29 <sup>**</sup>	26367.18 <sup>**</sup>
Error	خطا	24	0.02	0.007	25.42	1.16	5527.91	4768.23
%Cv	ضریب تغییرات	-	٪5.6	٪5.6	٪11.78	٪1.36	٪2.32	٪3.4

ns, \*,\*\* and \*\*\*; Non significant. Significant at the 5% and 1% levels probability respectively. ns, \* and \*\*; Non significant. Significant at the 5% and 1% levels probability respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده  
Table2- Mean comparisons for measured traits

تیمار Treatment	کلروفیل a Chlorophyll a (mg / g fw)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg / g fw)	محتوای رطوبت نسبی Rwc (%)	ارتفاع بوته Height (cm)	عملکرد سنبله Spike yield (kg/ha)	عملکرد دانه Seed yield (kg/ha)
A <sub>1</sub>	3.5 <sup>a</sup>	1.59 <sup>a</sup>	45.68 <sup>a</sup>	84.3 <sup>a</sup>	3859.5 <sup>a</sup>	2502.5 <sup>a</sup>
A <sub>2</sub>	3.08 <sup>b</sup>	1.4 <sup>b</sup>	39.87 <sup>b</sup>	73.9 <sup>b</sup>	2526.35 <sup>b</sup>	1558.75 <sup>b</sup>
B <sub>1</sub>	2.7 <sup>c</sup>	1.26 <sup>c</sup>	44.96 <sup>a</sup>	73.89 <sup>c</sup>	2564.4 <sup>c</sup>	1606.3 <sup>c</sup>
B <sub>2</sub>	2.85 <sup>c</sup>	1.29 <sup>c</sup>	41.39 <sup>a</sup>	76.3 <sup>d</sup>	2928.1 <sup>d</sup>	1884.4 <sup>d</sup>
B <sub>3</sub>	2.3 <sup>b</sup>	1.5 <sup>b</sup>	42.14 <sup>a</sup>	81.8 <sup>b</sup>	3525.3 <sup>b</sup>	2203.1 <sup>b</sup>
B <sub>4</sub>	3.46 <sup>b</sup>	1.57 <sup>b</sup>	45.42 <sup>a</sup>	78.3 <sup>c</sup>	3153.1 <sup>c</sup>	2015.6 <sup>c</sup>
B <sub>5</sub>	4.09 <sup>a</sup>	1.85 <sup>a</sup>	39.98 <sup>a</sup>	85.1 <sup>a</sup>	3793.8 <sup>a</sup>	2443.8 <sup>a</sup>
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	2.84 <sup>d</sup>	1.29 <sup>d</sup>	48.36 <sup>a</sup>	80.01 <sup>cd</sup>	3348 <sup>c</sup>	2144 <sup>e</sup>
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	3.19 <sup>c</sup>	1.45 <sup>c</sup>	47.26 <sup>a</sup>	81.22 <sup>bc</sup>	3575 <sup>d</sup>	2294 <sup>d</sup>
A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	3.62 <sup>b</sup>	1.64 <sup>b</sup>	44.74 <sup>a</sup>	86.16 <sup>b</sup>	4188 <sup>b</sup>	2688 <sup>b</sup>
A <sub>1</sub> B <sub>4</sub>	3.72 <sup>b</sup>	1.69 <sup>b</sup>	47.42 <sup>a</sup>	82.13 <sup>c</sup>	3738 <sup>c</sup>	2431 <sup>c</sup>
A <sub>1</sub> B <sub>5</sub>	4.18 <sup>a</sup>	1.9 <sup>a</sup>	40.66 <sup>a</sup>	92.13 <sup>a</sup>	4450 <sup>a</sup>	2956 <sup>a</sup>
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	2.7 <sup>de</sup>	1.24 <sup>de</sup>	41.56 <sup>a</sup>	67.76 <sup>h</sup>	1781 <sup>j</sup>	1069 <sup>i</sup>
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	2.51 <sup>e</sup>	1.14 <sup>c</sup>	35.53 <sup>a</sup>	71.46 <sup>g</sup>	2281 <sup>i</sup>	1475 <sup>h</sup>
A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	2.97 <sup>cd</sup>	1.35 <sup>cd</sup>	39.55 <sup>a</sup>	77.56 <sup>e</sup>	2863 <sup>g</sup>	1719 <sup>g</sup>
A <sub>2</sub> B <sub>4</sub>	3.2 <sup>c</sup>	1.45 <sup>c</sup>	43.43 <sup>a</sup>	74.5 <sup>f</sup>	2569 <sup>h</sup>	1600 <sup>gh</sup>
A <sub>2</sub> B <sub>5</sub>	3.99 <sup>a</sup>	1.81 <sup>a</sup>	39.3 <sup>a</sup>	78.25 <sup>de</sup>	3138 <sup>f</sup>	1931 <sup>f</sup>

در هر ستون اعدادی که دارای ضرایب مشترکی هستند در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی داری نشان ندادند. Similar letters in each column shows non- significant difference according to duncans multiple range test at 5% leve

A<sub>1</sub>: آبیاری کامل، A<sub>2</sub>: قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد، B<sub>1</sub>: عدم مصرف باکتری، اسید آمینه و سیلیسیک اسید، B<sub>2</sub>: بذر مال باکتری، B<sub>3</sub>: بذر مال باکتری+ محلول پاشی سیلیسیک اسید، B<sub>4</sub>: بذر مال باکتری+ محلول پاشی اسیدهای آمینه و B<sub>5</sub>: بذر مال باکتری+ محلول پاشی سیلیسیک اسید به همراه اسیدهای آمینه. A<sub>1</sub>: full irrigation, A<sub>2</sub>: cut irrigation after flowering stage, B<sub>1</sub> control, B<sub>2</sub>: seed inoculated with bacteria, b<sub>3</sub>: seed inoculated with bacteria and sprayed silicic acids, B<sub>4</sub>: seed inoculated with bacteria and sprayed amino acids and B<sub>5</sub>: seed inoculated with bacteria and sprayed silicic acids with amino acids.

بررسی تاثیر باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی اسیدهای آمینه و سیلیسیک اسید بر برخی صفات فیزیولوژیک گیاه گندم...

## References

## منابع

- احمدی، ع.، د. آ. بیکر. ۱۳۷۹. عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای محدود کننده فتوسنتز در گندم در شرایط تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۱، شماره ۴، صفحات ۸۲۵-۸۱۳.
- اردکانی، م. ر. مظاهری، د. مجد، ف. نورمحمدی، ق. ۱۳۷۹. نقش همیاری باکتری آزوسپریلوم در جذب عناصر غذایی میکرو و ماکرو گندم.
- اله گانی، ب و م، رهبر. ۱۳۸۴. اثر تنش خشکی بر گیاه جو بهاره، رقم ریحان. خلاصه مقالات اولین همایش اثر تنش‌های محیطی بر گیاهان. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان.
- بقایی، ن. ۱۳۸۳. بررسی اثر تنش کمبود آب در مراحل مختلف نمو، عملکرد و اجزاء عملکرد سه رقم لوییا چیتی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.
- پوراسماعیل، پ. ۱۳۸۵. بررسی تأثیرات پلیمرسوپرجاذب بر کارایی مصرف آب و عملکرد در لویای قرمز. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.
- پورتنقی، ع. ۱۳۸۹. بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیک آفتابگردان به تنش کم آبی. رساله دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
- حمیدی، آ. اصغرزاده، ا. چوگان، ر. دهقان شعار، م. قلاوند، ا. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۶. بررسی کاربرد کودهای ریزوباکتریایی افزایش‌دهنده رشد گیاه (PGPR) در زراعت ذرت با نهاده کافی. علوم محیطی. سال ۴، شماره ۴، صفحات ۲۰-۱.
- خاوازی، ک.، ه. اسدی رحمانی و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۴. ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی مؤسسه تحقیقات خاک و آب.
- ذبیحی، ح. غ.، ثواقبی، ک.، خاوازی، ع.، گنجعلی. ۱۳۸۷. بررسی تاثیر کاربرد سویه‌هایی از پسودوموناس‌های فلورسنت بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم در سطح مختلف شوری خاک. مجله آب و خاک. جلد ۳، ص: ۱۹۹-۲۰۸.
- روستا، م. ج. ۱۳۷۵. بررسی فراوانی و فعالیت آزوسپریلوم در برخی از خاکهای ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.
- شریفی، ح. ر. ۱۳۸۱. الگوی رشد و ضراب تخصصی ماده خشک در ارقام گندم دیم. پایان نامه دکتری زراعت. دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
- شریفی، ز. و غ. حق‌نیا. ۱۳۸۶. تاثیر کود بیولوژیک نیتروکسین بر عملکرد و اجزاء عملکرد رقم گندم سیلان- دومین همایش ملی کشاورزی بوم‌شناختی ایران. گرگان. ص: ۱۲۳.
- شمشیری پور، م. ۱۳۸۷. کاربرد باکتری‌های فیلوسفری محرک رشد گیاه برای افزایش رشد و عملکرد ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران.
- صیدی، ف. ۱۳۸۷. اثر سایکوسل و برخی عناصر ریز مغذی بر مقاومت به خشکی گندم. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک.
- عباس زاده، ب.، ا. شریفی عاشورآبادی، م. ح. لباسچی، م. نادری حاجی باقرکندی و ف. مقدمی. ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی بر میزان پرولین، قندهای محلول، کلروفیل و آب نسبی (RWC) بادرنجبونه (*Melissa officinalis* L.). فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد ۲۳، شماره ۴، صفحات ۵۱۳-۵۰۴.
- فاضلی، ف. و قربانعلی، م. و و، نیکنام. ۱۳۸۴. اثر تنش خشکی بر رنگیزه‌های موجود در برگ‌های کنجد (*Sesamum indicum* L.).

چکیده مقالات اولین همایش علوم زیستی ایران.

**فلاح زاده، ا. ۱۳۸۶.** بررسی سلنیوم در ارتقاء مقاومت به خشکی دورقم گندم. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

**قهرمانی، ع. ۱۳۸۸.** بررسی محلول پاشی اسیدهای آمینه و اسید سیلیسیک بر رشد و عملکرد آفتابگردان تحت تنش خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک.

**کاضمی نسب، ا. خدا بنده، ن. حبیبی، د. ایلکایی، م. و ا. بانکه ساز. ۱۳۸۴.** بررسی اثر سایکوسل و تراکم‌های مختلف گیاه بر پایداری غشاء سیتوپلاسمی و محتوی رنگدانه در ذرت. چکیده مقالات اولین همایش علوم زیستی ایران.

**محمد ورزی، ر. ۱۳۸۹.** بررسی تاثیر کودهای میکروبی (نیتروکسین و بیوفسفر) و نیتروژن بر روی خصوصیات کیفی و کمی آفتابگردان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

**مسلمی، ز. ۱۳۸۹.** بررسی تاثیر پلیمر سوپر جاذب و باکتری‌های محرک رشد (PGPR) بر عملکرد و اجزاء عملکرد، عملکرد علوفه و برخی صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی ذرت علوفه‌ای پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

**نباتی، ج. ۱۳۸۳.** اثر فواصل آبیاری بر خصوصیات زراعی، مورفولوژیکی و کیفی ارزن، سورگوم و ذرت علوفه‌ای. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

**Alan, R. W. 1994.** The spectral determination of chlorophyll a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Plant Physiol.* 144:307-313.

**Allen, R. D. 1995.** Dissection of oxidative stress tolerance using transgenic plants. *Plant Physiol.*, 57: 1049-1054.

**Antolin, M. C., J. Yoller and M. Sanchez-Diaz. 1995.** Effects of temporary drought on nitrate-fed and nitrogen-fixing alfalfa plants. *Plant Sci.*, 107:159-165.

**Biari, A., A. Golami and H. A. Rahmani. 2008.** Growth promoting and enhanced nutrient uptake of maize (*Zea mays* L.) by application of plant growth promoting rhizobacteria in arid region of Iran. *Journal of Biological Sciences.* 8(6): 1015-1020.

**Blum, A. 1996.** Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regul.*, 20: 135-148.

**Chandrasekar, B. R., Ambrose, G., and Jayabalan, N. 2005.** Influence of biofertilizers and nitrogen source level on the growth and yield of *Echinochloa frumentacea* (Roxb) Link. *Journal of Agricultural Technology.* 1:2.223-234.

**Dalla Santa, O. R., R. Fernandez Hernandez, G. L. Michelena Alvarez. 2004.** Azospirillum SD. Inoculation in wheat, Barly and Oats seed greenhouse experiments. *Brazilian Archives of Biology and Technology.* 47(6):843-850.

**Efeoglu, B., Y. Ekmekeci and N. Cicek. 2009.** Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery. *South African Journal of Botany.* 75: 34-42.

**Elliott, L. F., and Wildung, R. E. 1992.** What biotechnology means for soil and water conservation? *Journal of Soil Water Conservation.* 47: 17-20.

**Epstein, E. 1999.** Silicon. *Annu. Rev. Plant Physiology Plant Molecular Biology.* 50: 641-664.

بررسی تاثیر باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی اسیدهای آمینه و سیلیسیک اسید بر برخی صفات فیزیولوژیک گیاه گندم...

- German, M.A., S. Burdman, Y. Okon and J. Kigel. 2000.** effects of *Azospirillum brasilense* on root morphology of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under different water regimes. *Biology and Fertility of soils* 32:259-264.
- Gilik, B.R., Penrose, D., and Wenbo, M. 2001.** Bacterial promotion of plant growth. *Biotechnology Advances* 19:135 – 138.
- Glick, B.R. 2005.** Modulation of plant ethylene levels by the bacterial enzyme ACC deaminase. *FEMS Microbiology Letters*, 251:1-7.
- Inanaga, S, and A. Okasaka. 1995.** Calcium and silicon binding compounds in cell walls of rice shoot. *Soil Science Plant Nutrient* 41: 103–110.
- Jangow, G., G. Hoeflich and K.H. Hoffman. 1991.** Inoculation of non-symbiotic rhizosphere bacteria: Possibilities of increasing and stabilizing yield. *Angew. Botanik*, 65:97-126.
- Kader, M.A., M.H. Main and M.S. Hoque. 2002.** effects of *Azotobacter* inoculants on the yield and nitrogen uptake by wheat. *O.J. Biologic. Sci.* 2:259-261.
- Kapulink, Y. 1991.** plant growth promoting rhizobacteria, In: plant roots. The hidden half eds. Waisel, Y., Eshel, A. and Kafkafi, U., PP.717-729. New York: Marcel Dekker, U.S.A.
- Khazaie, H.R. and A., Borzooei. 2006.** Effects of water stress on antioxidant activity and physiological characteristics of wheat. The first international conference on the theory and practices in Biological Water Saving (ICTPB), Beijing China.
- Li, W.R., Zhang, S-q and L., Shan. 2006.** Effect of water stress on chlorophyll fluorescence parameters and activity of antioxidant enzyme in Alfalfa (*Medicago sativa* L.) seedlings. The first international conference on the theory and practices in Biological Water Saving (ICTPB), Beijing China.
- Manivannan, P., C. A. Jaleel, C. X. Zhao, R. Somasundaram, M. M. Azooz and R. Panneerselvam. 2008.** Variations in growth and pigment composition of sunflower varieties under early season drought stress. *Global Journal of Molecular Sciences*. 3(2): 50-56.
- Mitsui, S and H. Takatoh. 1963.** Nutritional study of silicon in graminaceous crops. Part I. *Soil Science Plant Nutrient* 9: 49- 53.
- Molla, A.H., Z.H. Shamsuddin, M.S. Halimi, M. Morziachand A.B. puteh 2001.** potential for enhancement of root growth and nodulation of soybean Co-inoculation with *Azospirillum* and *Bradyrhizobium* in laboratory systems. *Soil Biology and Biochemistry* 33:457-463.
- Najafvand, S.N., Alemzadeh, and Ansari, F. 2008.** Effect of different level of nitrogen fertilizer with two types of bio-fertilizer on growth and yield of two cultivars of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Jornal of plant Science* 7(8):757-761.
- Neilson, D. C. and N. O. Nelson. 1998.** Black bean sensitivity to water stress at various growth stages. *Crop Sci.*, 28:422-427.
- Rascio, A., M. Russo, C. Platani and N. Difonzo. 1998.** Drought intensity effects on genotypic differences in

tissue affinity for strongly bound water. *Plant Sci.*, 132:121-126.

**Rafi, M. M., and E. Epstein, R. H. Falk. 1997.** Silicon deprivation causes physical abnormalities in wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. of Plant Physiology*. 151: 497-501.

**Raupoach, G.S. and Kloepper, J.W. 2000.** Bicontrol of cucumber diseases in the field by plant growth promoting rhizobacteria with and without methyl.

**Sestak, Z., Catasky, J. 1996.** Method study syntetics product rostlin. praha Academia. 1996.:396-400.

**Shanmugam, V., N. Senthil., T. Reguchander, A. Ramanathan and R. Samiyappan. 2002.** Interaction of *Pseudomonas fluorescens* with *Rhizobium* for their effect on the management of peanut root rot. *Phytoparasitica*. 30(2):1-9.

**Sharma, A., B. n. Johri, A. K. Sharma and B. R. Glick. 2003.** Plant growth promoting bacterium *Pseudomonas* sp. Strain GRP3 influences iron acquisition in mungbean. *Soil Biol.* 35: 887-894.

**Siddique, M. R. B., A. Hamid, and M. S. Islam. 1999.** Drought stress effects on photosynthetic rate and leaf gas exchange of wheat. *Bot. Bull. Acad. Sin.*,

**Singh G. (1980).** Effect of growth regulators on podding and yield of mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek). *Indian J. plant physiol.* 23:366-370.

**Yoshida, S., S. A. Navasero, and E. A. Ramirez. 1969.** Effects of silica and nitrogen supply on some leaf characteristics of the rice plant. *Plant Soil* 31: 48-56.

**Zahir, A.Z., Arshad, M. and Frankenberger (Jr.), W.F. 2004.** Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. *Advances in Agronomy*, 81:97-108.

**Zahir, A.Z., Abbas, S.A., Khalid, A., and Arshad, M. 1998.** substrate depended microbially derived plant hormones for improving growth of maize seeding. *Pakistan journal of Biological Science*, 3:289-291.

**Zarco Tejada P.J., J.R. Miller, G.H. Mohammad, T.L. Noland, and P.H. Sampson. 2000.** Chlorophyll fluorescence effects on vegetation apparent reflectance. *Remote Sensing of Environment*. 74: 596-608.