مجله زارعت و اصلاح نباتات
جلد ۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۱
صفحات ۱۱۴-۱۰۱

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[۱]، داوود حبیبی[۲]، فرهاد داوودی فرد[۳]**

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_1: شاهد (آبیاری نرمال)، a_2: قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد، تیماردوم آزمایشی به عنوان سطوح عامل فرعی در پنج سطح 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) به همراه محلول پاشی سیلیسیک اسید، b_4: بذر مال باکتری (Azospirillum و Azotobacter و pseudomonas) به همراه محلول پاشی اسیدهای آمینه،b_5: بذر مال باکتری (Azospirillum و Azotobacterو pseudomonas) به همراه محلول پاشی سیلیسیک اسید و اسیدهای آمینه طی آزمایشی به صورت کرت‌های یک بارخرد 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 باتلقیح 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 وعملکرد 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 % و۴۴/۶۴ % 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

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 فاکتورکنترل کننده عملکرد محصولات، تقریبا" روی کلیه فرایندهای رشد گیاه تاثیر گذار است. اخیرا" 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 عمده‌ترین 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 نلسون (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 درطول روزموجب نقصان پتانسیل فشاری به حدی کمتر از میزان لازم برای بزرگ شدن سلولها می‌گردد. 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

می‌گیرند و دراغلب 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 ارگانیسم‌های 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 حق نیا (شریفی و حق نیا،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 بیولوزیک نیتروکسین و بیوفسفر در شرایط تنش‌های محیطی مانند تنش خشکی و شوری نه تنها سبب افزایش مقاومت گیاهان می‌شود (Gilik et al., 2001)، بلکه میکروارگانیسم‌های 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 (Epstein,1999؛ Inanaga et al.,1995) برای مثال سیلیسیم ضخامت و ایستادگی برگ برنج (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 عملکردافزایش 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 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 ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ به ترتیب برابر با ۷/۶۲ و ۷/۲۶ و EC خاک در دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ به ترتیب برابر۱/۳۱ و ۲/۰۹ دسی زیمنس 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 وAzotobacter وpseudomonas)، b_3: بذر مال باکتری (Azospirillum وAzotobacter و pseudomonas) به همراه محلول پاشی سیلیسیک اسید، b_4: بذر مال باکتری (Azospirillum وAzotobacter وpseudomonas) به همراه محلول پاشی اسیدهای آمینه، b_5: بذر مال باکتری (Azospirillum وAzotobacter 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 وکشت در ۱۵ مهر ماه صورت گرفت. هرکرت 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

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 لیترکود 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 باربه صورت نشتی آبیاری شدند و بعد از مرحله‌ی گلدهی آبیاری کرت‌های تحت تیمارتنش خشکی به صورت کامل تا زمان برداشت قطع شد. به منظور جلوگیری از آبشویی واختلاط تیمارهای دارای باکتری با تیمارهای عدم مصرف باکتری آبیاری تیمارهای شاهد (عدم مصرف باکتری) جداگانه ودر 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 cc ۳۵ از محلول دلفان پلاس را در ۳۵لیتر 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) cc ۴۲ از محلول سیلامول را در ۶۴لیتر آب حل کرده و بر روی تیمارهای مورد نظر محلول پاشی گردید.

صفات اندازه گیری شده شامل کلروفیل a و b، محتوی رطوبت نسبی برگ، ارتفاع بوته، عملکرد سنبله وعملکرد 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 بر داشت شد، نمونه‌های برداشت شده از هر کرت جهت ارزیابی عملکرد ابتدا درون کیسه قرار داده شدند 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. دانه‌های استحصال شده به صورت جداگانه در داخل کیسه‌ها قرار داده شدند و روی آنها برچسب نصب شد و سپس اقدام به توزین آنها گردیدو عملکرد دانه محاسبه گردید.

جهت اندازه‌گیری کلورفیل 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 کلروفیلb و سپس در ۶۴۷ نانومتر برا کلروفیل a توسط اسپکتروفتومتر نوری اندازه گیری شد و از طریق فرمول زیر کلروفیل a , b اندازه گیری 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).

$$Chl,a(mg.L^{-1}) = [(12.25\times A_{663}) - (2.79\times A_{647})]\times D$$
$$Chl.b(mgl^{-1}) = (21.5\times A647 - 5.1\times A663)\times D$$

جهت محاسبه محتوای رطوبت نسبی برگ ابتدا از هر کرت آزمایشی تعداد ۵ برگ توسعه یافته و جوان از یک سطح پائین تر ازسنبله 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

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 پاکت هایی 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 ازطریق فرمول زیر مقدار RWC محاسبه گردید:

fW: وزن تر گیاه

dW: وزن خشک گیاه

tW: گیاه در حالت اشباع (آماس)

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

$$RWC =[(\text{وزن خشک} - \text{وزن آماس}) / (\text{وزن خشک} - \text{وزن تر})] \times ۱۰۰$$

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 ($P < ۰/۰۵$) معنی دار است. نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها (جدول۲) نشان می‌دهد که بیشترین میزان 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 و۱/۵۹ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ مربوط به تیمار آبیاری نرمال بود ضمن آنکه کمترین میزان تولیدکلروفیل a و b به ترتیب با (mg / g fw) ۰۸ / ۳ و ۱/۴ از تیمار تنش خشکی بدست آمد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس(جدول۱) نشان می‌دهد که اثر ساده تیمار دوم آزمایشی بر میزان کلروفیلa و b در سطح یک درصد معنی دار است ($P < ۰/۰۱$). نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها (جدول۲) نشان داد که بالاترین میزان کلروفیل a و b به ترتیب به میزان (mg / g fw) ۴/۰۹ و۱/۸۵ از تیمار (B_5) حاصل گردید همچنین کمترین میزان کلروفیل a و b به ترتیب به میزان (mg / g fw) ۲/۷ و۱/۲۶ از تیمار (B_1) حاصل گردید که همراه با تیمار (B_2) به ترتیب به میزان ۲/۸۵ و۱/۲۹میلی 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 کلروفیلb به ترتیب به میزان ۱۶ و۱۹/۷۴ درصد می‌باشد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثر متقابل تیمار آبیاری و تیمار دوم آزمایشی بر میزان فعالیت کلروفیل a و b در سطح پنج درصد معنی دار است ($P < ۰/۰۵$). 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 ازتیمار آبیاری نرمال به همراه بذر مال باکتری و محلول پاشی اسید سیلیسیک و اسیدهای آمینه (A_1B_5) حاصل گردید. ضمن آنکه کمترین میزان کلروفیل a و b به ترتیب با میزان فعالیت۲/۵۱ و۱/۱۴ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ از تیمار(A_2B_2) حاصل گردید.این نتایج با نتایج کاضمی

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 محتوی کلروفیل در تیمار شاهد بیشتر بود.آزمایشات صورت گرفته توسط اِفی اُگلو و همکاران (Efeoglu et al., 2009) بر روی ذرت نشان می‌دهد در شرایط تنش میزان کلروفیل a، b و a+bکاهش 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 لیپوفروم + 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 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 درشرایط تنش رطوبتی است. با توجه به نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس (جدول۱) بین تیمارهای آبیاری و تنش در سطح احتمال (P <۰/۰۵) 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 (جدول۱). همچنین بین تیمار آبیاری و تیمار دوم آزمایشی(AB) نیز اختلاف معنی داری در محتوای رطوبت نسبی برگ دیده نشد (جدول۱). نتایج بدست آمده از این تحقیق با تحقیقات، فلاحت زاده (فلاحت زاده،۱۳۸۶)، صیدی (صیدی، ۱۳۸۷) و پورتقی(پورتقی،۱۳۸۹) مبتنی بر کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ در شرایط تنش خشکی مطابقت دارد. نتایج تحقیق لی وین وهمکاران (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 (پوراسماعیل و همکاران، ۱۳۸۵) در آزمایشی که بر روی دو رقم لوبیا انجام دادند بیان کردند که تنش خشکی سبب کاهش محتوی رطوبت نسبی برگ شده است.

ارتفاع بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثر ساده آبیاری بر روی ارتفاع بوته در سطح یک درصد($P<۰/۰۱$) معنی دار است. نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهدکه بیشترین ارتفاع بوته مربوط به سطح آبیاری نرمال می‌باشد. بطوریکه بیشترین ارتفاع بوته به دست آمده از این سطح با ۸۴/۳ سانتی متر مربوط به تیمار آبیاری نرمال بود ضمن آنکه کمترین ارتفاع بوته با ۷۳/۹ 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 ($P<۰/۰۱$). نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها (جدول۲) نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته به دست آمده با ۸۵/۱ سانتی متر از تیمار (B_5) حاصل گردید. همچنین کمترین ارتفاع بوته به دست آمده با ۷۳/۸۹ 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_5) باکتری‌های موجود درکود بیولوژیک (نیتروکسین و بیوفسفر) به طرق مختلف، از جمله تولید تنظیم کننده‌های رشد گیاه مانند جیبرلین، سیتوکینین، اکسین می‌توانند به طور مستقیم و غیر مستقیم شرایط مطلوب رشد ونمو 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 ونمو 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)، افزایش۱۷/۴۶ درصدی ارتفاع بوته آفتابگردان که بذر آن با (نیتروکسین+ بیوفسفر) تلقیح شده بود را گزارش کرد.

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 ($P<۰/۰۵$). نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها (جدول۲) نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته با ۹۲/۱۳ سانتی متر ازتیمار آبیاری نرمال به همراه بذر مال باکتری و محلول پاشی سیلیسیک اسید و اسیدهای آمینه (A_1B_5) حاصل گردید. ضمن آنکه کمترین ارتفاع بوته با ۶۷/۷۶ 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 طویل 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 تأثیر 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 مزرعه‌ای وگلخانه‌ای 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

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 آزوسپیریلوم 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 آزوسپیریلوم نسبت داد. کادر و همکاران (Kader et al., 2002) تاثیر مثبت آزوسپیریلوم 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 پرورده ی بیشتری را برای رشد دانه بتواند ذخیره کند. چاندرسکا و همکاران(Chandrasekar et al., 2005) افزایش ارتفاع ارزن را بر اثر تلقیح با آزوسپیریلوم و ازتوباکتر همراه با کاربرد اوره گزارش کردند. زهیر و همکاران (Zahir et al., 2004) افزایش ۸/۵ درصدی ارتفاع بوته ذرت که بذر آن با ازتوباکتر و پسودوموناس تلقیح شده بود را گزارش کردند.

عملکرد سنبله

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول۱) نشان می‌دهد که اثر ساده آبیاری بر روی عملکرد سنبله در سطح یک درصد($P <$ ۰/۰۱) معنی دار است. نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها (جدول۲) نشان می‌دهدکه بیشترین عملکرد سنبله مربوط به سطح آبیاری نرمال می‌باشد. بطوریکه بیشترین عملکرد سنبله به دست آمده از این سطح با ۳۸۵۹/۵ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار آبیاری نرمال بود ضمن آنکه کمترین عملکرد سنبله با (Kg/ha)۲۵۲۵/۳۵ از تیمار تنش خشکی بدست آمد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول۱) نشان می‌دهد که اثر ساده تیمار دوم آزمایشی بر عملکرد سنبله در سطح یک درصد معنی دار است ($P <$ ۰/۰۱). نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها (جدول۲) نشان داد که بیشترین عملکرد سنبله به دست آمده با (Kg/ha) ۳۷۹۳/۸ از تیمار (B_5) حاصل. همچنین کمترین عملکرد سنبله به دست آمده با (Kg/ha) ۴/ ۲۵۶۴از تیمار (B_1) به دست آمد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول۱) نشان می‌دهد که اثر متقابل تیمار آبیاری و تیمار دوم آزمایشی بر عملکرد سنبله در سطح یک درصد معنی دار است ($P <$ ۰/۰۱). نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها (جدول۲) نشان داد که بیشترین عملکرد سنبله با (Kg/ha) ۴۴۵۰ ازتیمار آبیاری نرمال به همراه باکتری و محلول پاشی سیلیسیک اسید و اسیدهای آمینه (A_1B_5) حاصل گردید. ضمن آنکه کمترین عملکرد سنبله با (Kg/ha) ۱۷۸۱ از تیمار (A_2B_1) حاصل گردید. فلاحت زاده (فلاحت زاده،۱۳۸۶) در آزمایشی که بر روی محلول پاشی سلنیوم بر روی دو رقم گندم (پیشتاز و آذر۲) 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 ($P <$ ۰/۰۱) معنی دار است. نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها (جدول۲) نشان دادکه بیشترین عملکرد دانه مربوط به سطح آبیاری نرمال می‌باشد. به طوریکه بیشترین عملکرد دانه به دست آمده از این سطح با ۲۵۰۲/۵ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار آبیاری نرمال بود ضمن آنکه کمترین عملکرد

دانه با (Kg/ha) ۱۵۵۸/۷۵ از تیمار تنش خشکی بدست آمد.
نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول۱) نشان می‌دهد که اثر ساده تیمار دوم آزمایشی بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی دار است (P <۰/۰۱). نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها (جدول۲) نشان داد که بیشترین عملکرد دانه به دست آمده با (Kg/ha) ۲۴۴۳/۸ از تیمار (B_5) 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 می‌شود. محمد ورزی (محمد ورزی،۱۳۸۹) نیز افزایش ۲۶/۶۸ در صدی 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 (جدول۱) نشان می‌دهد که اثر متقابل تیمار آبیاری و تیمار دوم آزمایشی بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی دار است (P <۰/۰۱). نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها (جدول۲) نشان داد که بیشترین عملکرد دانه با (Kg/ha) ۲۹۵۶ ازتیمار آبیاری نرمال به همراه باکتری + سیلیسیک اسید + اسیدهای آمینه (A_1B_5) 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 خاطراثرات 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 می‌رسد توانایی ازتوباکتر وآزوسپیریلوم 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_5) شده است.کاهش عملکرد دانه در نتیجه تنش خشکی توسط 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) برروی آفتابگردان وبقایی (بقایی،۱۳۸۳) بر روی لوبیا 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 به 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 آزوسپیریلوم 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 می‌باشد، 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 آزوسپیریلوم سویه RAM-7 با بذر گندم و جو باعث افزایش عملکرد دانه گردید.

جدول۱- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

Table1-Analysis of variance of effect for studied traits

			میانگین مربعات Ms					
s.o.v	منابع تغییرات	درجه آزادی df	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^{*}	0.38^{*}	337.7^{*}	1087.22^{**}	17772889.2^{**}	8906640^{**}
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^{**}	0.46^{**}	43.85^{ns}	160.22^{**}	1876417.5^{**}	804273.43^{**}
I*T	آبیاری×تیمار دوم آزمایشی	4	0.13^{*}	0.02^{**}	29.57^{ns}	13.43^{**}	41708.29^{**}	26367.18^{**}
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,*,** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

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

جدول۲- 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)	محتوی رطوبت نسبی Rwc (%)	ارتفاع بوته Height (cm)	عملکردسنبله Spike yield (kg/ha)	عملکرد دانه Seed yield (kg/ha)
A_1	3.5^{a}	1.59^{a}	45.68^{a}	84.3^{a}	3859.5^{a}	2502.5^{a}
A_2	3.08^{b}	1.4^{b}	39.87^{b}	73.9^{b}	2526.35^{b}	1558.75^{b}
B_1	2.7^{c}	1.26^{c}	44.96^{a}	73.89^{e}	2564.4^{e}	1606.3^{e}
B_2	2.85^{c}	1.29^{c}	41.39^{a}	76.3^{d}	2928.1^{d}	1884.4^{d}
B_3	2.3^{b}	1.5^{b}	42.14^{a}	81.8^{b}	3525.3^{b}	2203.1^{b}
B_4	3.46^{b}	1.57^{b}	45.42^{a}	78.3^{c}	3153.1^{c}	2015.6^{c}
B_5	4.09^{a}	1.85^{a}	39.98^{a}	85.1^{a}	3793.8^{a}	2443.8^{a}
A_1B_1	2.84^{d}	1.29^{d}	48.36^{a}	80.01^{cd}	3348^{e}	2144^{e}
A_1B_2	3.19^{c}	1.45^{c}	47.26^{a}	81.22^{bc}	3575^{d}	2294^{d}
A_1B_3	3.62^{b}	1.64^{b}	44.74^{a}	86.16^{b}	4188^{b}	2688^{b}
A_1B_4	3.72^{b}	1.69^{b}	47.42^{a}	82.13^{c}	3738^{c}	2431^{c}
A_1B_5	4.18^{a}	1.9^{a}	40.66^{a}	92.13^{a}	4450^{a}	2956^{a}
A_2B_1	2.7^{de}	1.24^{de}	41.56^{a}	67.76^{h}	1781^{j}	1069^{i}
A_2B_2	2.51^{e}	1.14^{e}	35.53^{a}	71.46^{g}	2281^{i}	1475^{h}
A_2B_3	2.97^{cd}	1.35^{cd}	39.55^{a}	77.56^{e}	2863^{g}	1719^{g}
A_2B_4	3.2^{c}	1.45^{c}	43.43^{a}	74.5^{f}	2569^{h}	1600^{gh}
A_2B_5	3.99^{a}	1.81^{a}	39.3^{a}	78.25^{de}	3138^{f}	1931^{f}

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_1: آبیاری کامل، A_2: قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد، B_1: عدم مصرف باکتری، اسید آمینه وسیلیسیک اسید، B_2: بذر مال باکتری، B_3: بذر مال باکتری+ محلول پاشی سیلیسیک اسید، B_4: بذر مال باکتری+ محلول پاشی اسیدهای آمینه و B_5: بذر مال باکتری+ محلول پاشی سیلیسیک اسید به همراه اسیدهای آمینه.

A_1: full irrigation, A_2: cut irrigation after flowering stage, B_1 control, B_2: seed inoculated with bacteria, b_3: seed inoculated with bacteria and sprayed silicic acids, B_4: seed inoculated with bacteria and sprayed amino acids and B_5: seed inoculated with bacteria and sprayed silicic acids with amino acids.

منابع **References**

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 آزوسپیریلوم 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 لوبیا چیتی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

پوراسماعیل، پ. ۱۳۸۵. بررسی تأثیرات پلیمرسوپرجاذب بر کارایی مصرف آب و عملکرد در لوبیای قرمز. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

پورتقی،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 افزاینده 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. وزرات جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی مؤسسه تحقیقات خاک و آب.

ذبیحی،ح.غ،ثواقبی.ک،خاوازی.ع، گنجعلی.۱۳۸۷. بررسی تاثیر کاربرد سویه هایی 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 آزوسپیریلوم 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.حق نیا.۱۳۸۶. تاثیر کود بیولوژیک نیتروکسین بر عملکرد و اجزاء عملکرد رقم گندم سبلان- دومین همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران. گرگان.ص۱۲۳.

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 بر خی 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.

فلاحت 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.خدابنده،ن.حبیبی،د.ایلکایی،م وا،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 علوفه ای.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 phrsivl.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.,andJayabalan,N.2005. Influnceofbiofertilizers and nitrogen source level on the groth and yield of Echinochola frumentacea (Roxb)link.Jornal of Agriculcural Technology.1:2.223-234.

Dalla Santa,O.R.,R.Fernandez Hernandez,G.LMichelena 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. Ekmekci and N. Cicek. 2009. Physiological responses of three maize cultivars to drought stress nd recouery. South African Jornal of Botany. 75: 34-42.

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

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

German,M.A.,S.Burdman.,Y.Okon and J.Kigel.2000.effects of Azospirillum brasilense on root morphology of common bean (Phaseolus vulgarisL.)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. Modalation of plant ethylene levels by the bacterial enzyme ACC de aminase.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: Possiblities of increasing and stabilizing yield.Angew.Botanik,65:97-126.

Kader,M.A.,M.H.Main and M.S.Hoque.2002. effwcts 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.,E shel,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 compositon 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 SciencePlant Nutrient 9: 49- 53.

Molla,A.H.,Z.H.Shamsuddin,M.S.Halimi,M.MorziachandA.B.puteh2001.potentialforenhancement of root growth and hodulation of soybean Co-inoculation whith Azospirillum and Bradyrhizobium in laboratory systems. Soil Biology and Biochimistry 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 promototing rhizobacteria whith and withhoth methyle.

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

Shanmugam,V.,N.Senthil.,T.Reguchander,A.RamanathanandR.Samiyappan.2002. Interaction of pseudomonase flurescens whith Rhizobium for their effect on the management of peanut root rot.Phvtoprasitica.30(2):1-9.

Sharma, A., B. n. Johri, A. K. Sharma and B. R. Glick. 2003. Plant growth promoting bacterium Pseudomonos 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 onpodding and yield of mung bean (Vigna radiataL. 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 leafcharacteristics 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,Abbas,S.A.,Khalid,A., and Arshad,M.1998. substrate depended microbially derived plant hormons for improving growth of maize seeding.Pakistan jornal of Biological Science,3:289-291.

ZarcoTejadaP.J.,J.R.Miller,G.H.Mohammad,T.L.Noland,anP.H.Sampson.2000. Chlorophyll flurorescence effects on vegrtation apparent reflectance.Remote Sensing of Environment.74: 596-608.