مجله زارعت و اصلاح نباتات
جلد ۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱
صفحات ۱۶۰-۱۴۷

بررسی تاثیر باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی سیلیسیک اسید و اسیدهای‌آمینه بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در شرایط تنش خشکی در گیاه جو (*Hordeum vulgar* L.)

Effect of plant growth promoting rhizobacteria and foliar application of silicic acid and amino acids on destruction antioxidant enzyme activity of barley (*Hordeum vulgar* L.) under drought stress

محمد پورابتهاج*[۱]، داوود حبیبی[۲]، فرزاد پاکنژاد[۲]، فائزه فاضلی[۱]، مهدی داوودی فرد[۱]

چکیده

استفاده از کودهای زیستی همانند باکتری‌های محرک رشد، سیلیسیک اسید و اسیدهای آمینه برای کاهش دادن صدمات ناشی از تنش خشکی در گیاهان و بهبود عوامل فیزیولوژیکی همانند آنزیم‌های آنتی اکسیدان و در نتیجه بالا بردن میزان عملکرد گیاه در مناطق خشک و نیمه خشک از مدیریت‌های ضروری برای کنترل تنش خشکی در زراعت و همچنین زراعت گیاه جو می‌باشد. از این رو اثرآبیاری به عنوان عامل اصلی در دو سطح شامل A1:آبیاری کامل و A2: قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و سطوح عامل فرعی در پنج سطح شامل B1: کنترل (عدم مصرف باکتری، سیلیسیک اسید و اسیدهای آمینه) B2: بذر مال باکتری، B3: بذر مال باکتری+ محلول پاشی سیلیسیک اسید، B4: بذر مال باکتری + محلول پاشی اسیدهای آمینه و B5: بذر مال باکتری+ محلول پاشی سیلیسیک اسید به همراه اسیدهای آمینه طی آزمایشی به‌صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش در سال ۱۳۸۸ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج به اجرا گذاشته شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر آبیاری بر تمامی صفات در سطح احتمال (در صد معنی دار است. بالاترین میزان عملکرد دانه به آبیاری معمولی اختصاص یافت. بالاترین میزان سوپر اکسید دیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز و کاتالاز به قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد مربوط بود. اثرات متقابل نشان دادکه بالاترین میزان عملکرد دانه به آبیاری معمولی و به بذرمال باکتری+محلول پاشی سیلیسیک اسید + محلول پاشی اسیدهای آمینه تعلق داشت. همچنین بالاترین میزان سوپر اکسید دیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز و کاتالاز مربوط به قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و به بذر مال باکتری به همراه محلول پاشی سیلیسیک اسید + محلول پاشی اسیدهای آمینه و به ترتیب با (۴۷۲/۸، ۱۵۶/۱ و ۲۲۲/۹ واحد بر گرم پروتئین) تعلق داشت.

واژه‌های کلیدی: جو، باکتری‌های محرک رشد، سیلیسیک اسید، اسیدهای آمینه، عملکرد دانه.

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رودهن، گروه زراعت و اصلاح نباتات، رودهن، ایران.
۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه زراعت، کرج، البرز، ایران.
* نویسنده مسئول: Email: candy2005ir@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

تولید غذا در دنیا عمدتاً بوسیله تنش‌های محیطی محدود شده است. در میان تنش‌های غیر زنده، خشکی از عمده ترین خطرات برای تولید موفق محصولات زراعی در ایران و دنیا می‌باشد. ایران با متوسط نزولات سالیانه ۲۴۰ میلیمتر در زمره مناطق خشک جهان طبقه‌بندی می‌گردد. در این مناطق به علت کمبود منابع آب و بالا بودن مقدار تبخیر و تعرق عملکرد محصولات به شدت کاهش می‌یابد. حل مشکل کم آبی برای کشور ما یک مسئله حیاتی است. زیرا نه تنها اکثر مناطق کشور ما با مشکل کم آبی روبرو است، بلکه با توجه به خشکسالی‌های اخیر روز به روز به دامنه این مشکل افزوده می‌شود (سرمدنیا، ۱۳۷۲).

تنش در موجودات زنده به معنای انحراف از شرایط مطلوب برای زندگی تعریف می‌شود. به عقیده لویت (Levitt, 1980) هر عامل محیطی که باعث ایجاد آسیب و یا خسارت در موجود زنده می‌گردد تنش بیولوژیکی نامیده می‌شود. وقتی گیاهان در معرض تنش‌های محیطی از قبیل خشکی، شوری، دمای بیش از حد، سرما و کمبود مواد معدنی، مواد سمی، رادیکال‌های آزاد اکسیژن (AOS) مانند سوپراکسید (O_2^-)، پراکسید هیدروژن (H_2O_2)، رادیکال‌های هیدروکسیل (OH) و اکسیژن یکتائی (O_2^-) قرار می‌گیرند، توازن بین تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن و دفع فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانت‌ها به هم می‌خورد و این مسئله اغلب سبب تخریب اکسیداتیو می‌گردد. کمبود آب احتمالاً مهمترین عامل تنش برای رشد گیاه و باروری آن می‌باشد، زیرا سبب کاهش در روند و سرعت رشد می‌گردد. همچنین سبب کاهش در طویل شدن ساقه، توسعه برگها و حرکات روزنه‌ها می‌گردد. گیاهان از یکسری از سیستم‌های غیرآنزیمی و آنتی اکسیدانت‌های آنزیمی برای مقابله با تنش خشکی و برای اجتناب از تخریب فتواکسیداتیو استفاده می‌کنند (Elstner, 1982).

سیستم‌های آنتی‌اکسیدانت آنزیمی، سلول‌ها را از اثر سمیت رادیکال‌های آزاد اکسیژن (AOS) محافظت می‌کنند. سوخت و ساز رادیکال‌های آزاد اکسیژن (AOS) وابسته به چندین آنزیم آنتی اکسیدان که از لحاظ ساختاری به هم مربوط هستند، می‌باشند مانند سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، پراکسیداز (POD)، کاتالاز (CAT) و گلوتاتیون ریداکتاز (GR). به نظرمی‌رسد SOD نقش قاطع و مهمی در دفاع آنتی اکسیدانتی داشته باشد، زیرا SOD دیسموتاسیون O_2^- را به H_2O_2 تسریع می‌کند، در حالیکه کاتالاز و پراکسیداز، H_2O_2 را تخریب می‌کنند. در شرایط کمبود آب ملایم یک افزایش در فعالیت‌های SOD, GR و CAT گزارش شده است (Naidu and Jones, 1992).

در کشور ما مصرف عمده‌ی جو برای تغذیه‌ی دام و به مقدار کم برای تولید ماء الشعیر می‌باشد. نظر به اینکه دانه جو پروتئین کمتری از گندم دارد و ضمنا دانه‌های آن از نظر اندازه یکنواخت تر و دارای قوه نامیه بیشتری می‌باشد، برای صنایع مالت سازی از گندم و سایر غلات کاربرد بیشتری دارد این گیاه دارای مقادیر زیادی ویتامین به خصوص از نوع،A B, B1, B2 و B12 بوده که علاوه بر آن از نظر مواد معدنی مانند کلسیم، فسفر، مس، سدیم، منگنز، منیزیم و کبالت غنی می‌باشد. در بسیاری از کشورهای غربی مصرف عمده‌ی جو برای صنایع مالت سازی و آب جو سازی می‌باشد. استفاده از جو برای تغذیه‌ی حیوانات اهلی بسیار رضایت بخش است. ارزش غذایی آن برای تغذیه‌ی گاوهای شیری به اندازه‌ی ذرت است (خورگامی، ۱۳۷۶).

کودهای زیستی یا کودهای بیولوژیک (Biofertilizers) به مجموعه متنوعی از ریز جانداران مفید خاکزی بویژه باکتری‌های آزادزی (Freeliving) و همیار (Associative) از جمله جنس‌های Azospirillum وAzotobacter که تثبیت کننده زیستی نیتروژن (Biological Nitrogen fixing) به روش‌های همیاری (Asocciation) و همزیستی (Symbiosis)، اطلاق می‌گردد که با ترشح هورمون‌های محرک رشد گیاه (اکسین، جیبرلین و سیتوکنین) بطور مستقیم و غیر مستقیم سبب بهبود رشد و نمو و افزایش عملکرد محصولات زراعی می‌گردند

Archive of SID

www.SID.ir

(Willekens et al., 1995).

همچنین تیمار بذر بصورت تلقیح زیستی (Biopriming) به همراه به پروری با ریز مغذی‌ها جهت بهبود جوانه زنی و قدرت رویش گیاهچه راهبردی اساسی برای ارتقاء کیفیت بذر و کاربرد کودهای زیستی در راستای افزایش عملکرد وکشاورزی پایدار محسوب می‌گردند (Mckersie et al., 1990). برخی از مهمترین این باکتری‌ها شامل آزوسپیریلوم، ازتوباکتر، ازتوباکترکروکوم و نیز باکتری‌های جنس سودوموناس، هرباسپیریلوم، باسیلوس و تیوباسیلوس، سراتیا، کلوستریدیوم، و نیز سایر باکتریهای سطح ریشه می‌باشند (Woodard and Bly, 2000).

سیلیکون در بافت‌های گیاهی کمک به کاهش استرس آب از طریق کاهش میزان تعرق، بهبود کارآیی نورو جلوگیری از ورس در غلات با عمود نگه داشتن برگ‌ها و بوته، افزایش مقاومت به آفات و بیماری‌های بومی محل کشت، جلوگیری از عدم تعادل مواد مغذی و سایر اثرات مفید برای گیاهان می‌شود. همچنین از آلودگی آب‌ها و خاک‌ها نیز جلوگیری می‌کند. سیلیکون با کاهش انتقال Na^+ به ساقه منجر به پایین آمدن غلظت آن و افزایش وزن خشک محصول تنش دیده در مقایسه با نمونه‌های شاهد می‌گردد. سیلیکون به‌طور ویژه‌ای در سلول‌های گیاهی رسوب کرده و با استحکام بخشیدن به آن گیاه را در برابر ورس مقاوم می‌کند. همچنین باعث افزایش ضخامت سلول و دستجات آوندی شده و قادر است در شرایط کم آبی با کاهش میزان تعرق و نگهداری پتانسیل آب برگ از بسته شدن روزنه‌ها و خطرات ناشی از تنش‌های اکسید کننده جلوگیری کند و از این طریق مانع از کاهش عملکرد گیاهان تحت تنش‌های محیطی می‌گردد. رسوب آن در دیواره سلول آوند چوبی از متراکم شدن آوند تحت شرایط تعرق بالا که بوسیله خشکی و تنش گرمایی ایجاد می‌شود جلوگیری می‌کند. میزان تحرک سیلیکون درگیاهان کم است بنابراین استفاده مداوم از آن در طول دوره رشد و نمو گیاهان بسیار مهم است (Polidoros and Scandalios,1999). این آزمایش با هدف بررسی تاثیر کودهای بیولوژیک (پسودوموناس- ازتوباکتر- آزوسپیریلیوم) بر فعالیت ۳ آنزیم آنتی اکسیدان شامل سوپر اکسید دیسموتاز (SOD)، گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) و کاتالاز (CAT) و همچنین بررسی امکان ارتقاء مقاومت به خشکی به کمک محلول پاشی اسیدهای آمینه و سیلیسیک اسید به اجرا در آمد.

مواد و روش ها

این تحقیق در سال ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، واقع در ماهدشت کرج و با عرض جغرافیایی ۳۵درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی و طول جغرایایی ۵۱درجه و ۶ دقیقه طول شرقی و به ارتفاع۱۳۱۳ متراز سطح دریا به‌صورت کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار به اجراء در آمد. آبیاری به عنوان عامل اصلی در دو سطح و تیمار باکتریایی به عنوان سطوح عامل فرعی در پنج سطح در نظر گرفته شدند.

سطوح عامل اصلی (A) شامل:

A1: شاهد (آبیاری کامل)

A2: قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد

سطوح عامل فرعی (B) شامل:

B1: شاهد (عدم مصرف باکتری، اسید آمینه و سیلیسیک اسید)

B2: بذر مال باکتری (Azospirillum, Azotobacter, pseudomonas)

B3: بذر مال باکتری (Azospirillum, Azotobacter, pseudomonas) + محلول پاشی سیلیسیک اسید

Archive of SID

www.SID.ir

B4: بذر مال باکتری (Azospirillum, Azotobacter, pseudomonas) + محلول پاشی اسیدهای آمینه

B5: بذر مال باکتری (Azospirillum, Azotobacter, pseudomonas) + محلول پاشی سیلیسیک اسید به همراه اسیدهای آمینه

بافت خاک لومی رسی، pH خاک ۷/۴ و EC خاک ۱/۹۳ دسی زیمنس بود. هر کرت آزمایش شامل ۵ خط کاشت به طول ۴ متر در نظر گرفته شد. با توجه به بافت خاک مزرعه در شهریور ۱۳۸۸ شخمی به عمق ۲۵ سانتی متر زده شد. سپس برای خرد کردن کلوخه‌ها دیسک بشقابی در دو جهت استفاده گردید و به منظور تسطیح زمین دستگاه لولر به کار گرفته شد. قبل از کاشت در سطح مزرعه علف‌های هرز با استفاده از دیسک سبک به زیر خاک برده شد. به منظور برطرف نمودن نیاز غذایی گیاه از کود فسفات آمونیوم به میزان ۲۰۰ کیلو گرم در هکتار و همچنین کود اوره به میزان ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد و عمل اختلاط نیز توسط دستگاه دیسک صورت گرفت. سپس به منظور آماده سازی زمین، برای عملیات کاشت با فاروئر اقدام به ایجاد جوی و پشته‌هایی از یکدیگر گردید و به منظور اجرای نقشه آزمایشی، کرت‌های مورد نظر را تقسیم‌بندی شد. بذور مورد نظر، قبل از کاشت با کودهای بیولوژیک نیتروکسین (Nitroxin) و بیوفسفر (Biophosphorus) و هر کدام به مدت زمان ۲۰ دقیقه آغشته گردیدند و مدت زمان ۱۰ دقیقه بین آغشته کردن بذور با هریک از این دو کود بیولوژیک استراحت و فاصله به بذور داده شد و سپس بذور در تاریخ ۱۵ مهر ماه سال ۱۳۸۸ کشت گردید. در هنگام کاشت بر روی پشته‌ها، شیارهایی ایجاد گردید و بذور در عمق ۳ سانتی متری خاک به‌صورت ردیفی قرار داده شد. بلافاصله بعداز قرار دادن بذور در خاک، شیارها با خاک پوشانده و مزرعه آبیاری گردید. جهت اعمال تیمار آبیاری، تمامی کرتها تا مرحله ی گلدهی هر ۱۲ روز یک باربه‌صورت نشتی آبیاری شدند و بعد از مرحله گلدهی آبیاری کرت‌های تحت تیمار خشکی به‌صورت کامل تا زمان برداشت قطع شد. به منظور عدم اختلاط آب آبیاری بین تیمارهای با بذور تلقیح شده با باکتری و تیمارهای شاهد از یکدیگر، ابتدا و انتهای پشته‌های تیمارهای شاهد مسدود و به‌صورت جداگانه آبیاری انجام شد. سپس تابلوهایی که معرف انتساب تیمارها به واحدهای آزمایشی بودند در ابتدای هر کرت نصب گردیدند. جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه بوته‌های جو را در ۲متر مربع پس از حذف ۰/۵متر از حاشیه هر کرت برداشته شد و پس از جدانمودن دانه‌های آن توسط ترازوی دقیق توزین گردید. جهت اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) ۲ عدد برگ از هر برگ فرعی در هنگام صبح قبل از گرم شدن هوا از مزرعه برداشت شد، سعی بر آن بود که برگ‌ها کاملاً جوان و گسترده باشند برگها داخل نایلون اتیک گذاری شده قرار گرفت و در یخدانی که کف آن از یخ پوشیده شده بود قرار داده شد و به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از نمونه‌گیری از مزرعه برگ‌ها با آب مقطر شستشو داده شده و بلافاصله در بافر تریس ۰/۱۶ مولار خرد و هموژن شد. آنگاه حجم مشابه از همان از همان بافر دیجیتونین و آنزیم هضم کننده دیواره اضافه گردید و اجازه داده تا فرآیند هضم غشا و دیواره سلول انجام شود. سپس در باقیمانده محلول استخراجی مقدار SOD اندازه‌گیری شد. سپس توسط روش میسرا و فریدویچ (Misra and Fridovich , 1972) میزان تغییرات این آنزیم تعیین شد. ابتدا محلول بافر تریس (حاوی فسفات، دی سدیک، pH = ۷/۵) به همراه ۱/۳ میلی مول EDTA و ۰/۱ میلی مول کربنات منو سدیک تهیه شد و سپس از اپی نفرین با غلظت ۰/۲۵ میلی مول به عنوان سوبسترا استفاده شد، سپس محلول تهیه شده را به آن اضافه کرده، تغییرات جذب نوری حاصله از اکسیداسیون اپی نفرین، به عنوان فعالیت آنزیمی ارزیابی شده و از آنزیم استاندارد و خالص جهت استاندارد نمودن نتایج استفاده گردید که واحد آن قادر به اکسیداسیون ۰/۵ میلی مول اپی نفرین در یک دقیقه باشد. برای اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) نمونه برگها پس از شستشو با آب مقطر

Archive of SID

www.SID.ir

بلافاصله در محلول بافرفسفات _ تریس ۰/۱۶ مول (۷/۵ = pH) وارد و خرد و هموژن شد. سپس حجم مشابه بافر حاوی دیجیتونین آنزیم هضم کنندهٔ دیواره اضافه نموده تا فرآیند هضم غشاء و دیواره‌های سلولی صورت گیرد. در آخر میزان ۰/۵ میلی لیتر از محلول هموژن برای سنجش پروتئین توسط روش لوری و همکاران (Lowry et al., 1951) برداشته شد و مقدار پروتئین آن بر حسب میلی گرم بر میلی لیتر تعیین گردید. در باقیماندهٔ محلول استخراجی فوق مقدار هر یک از آنزیم‌ها به روش خاصی تعیین گردید. در این روش شدت حذف آب اکسیژنه به عنوان سوبسترا ارزیابی شد. بافر زمینه برای انجام کار حاوی ۰/۱۷ میلی مول فسفات دی سدیک (pH= ۷/۵) به همراه ۰/۱۵ مول EDTA، ۰/۱۱ میلی مول کلرید منیزیم در نظر گرفته شد. واحد فعالیت آنزیم کاتالاز معادل نسبت تبدیل آب اکسیژنه در مدت ۱ دقیقه به هنگام پیشرفت واکنش درجه اول در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) در ابتدا برگ‌های منتقل شده به آزمایشگاه (۲ برگ) با آب مقطر شستشو داده شدند بلا فاصله در بافرفسفات تریس ۰/۱۶ مولار با pH = ۷/۵ وارد شده سپس خرد و هموژن شدند. آنگاه اجازه داده شد در حضور حجم مشابه از همان بافر حاوی دیجیتونین و آنزیم هضم کننده، دیواره، فرآیند هضم غشاء و دیوارهٔ سلول انجام شود. در پایان مقدار ۰/۵ میلی لیتر از محلول هموژن برای سنجش پروتئین برداشت شد و مقدار پروتئین آن بر حسب میلی گرم بر میلی لیتر تعیین گردید. سپس طبق روش پاگلیا و والنتین (Paglia and Valentine, 1998) در باقیمانده محلول استخراجی مقدار آنزیم گلوتاتیون اندازه گیری شد. عصارهٔ استخراجی به محلول بافر حاوی فسفات منو پتاسیک ۰/۵۶ مول (pH = ۷/۵)، همراه ۱/۲ میلی مول EDTA و یک میلی مول NaNO3 و ۰/۲ میلی مول NADPH وارد شد. سپس به آن ۰/۲ میلی لیتر گلوتاتیون احیاء به همراه ۰/۱ میلی مول از آب اکسیژنه اضافه گردید. بلافاصله میزان اکسیداسیون NADPH که از طریق تعیین مقدار تغییر جذب در ۳۴۰ نانو متر در ۳۰ درجه سانتی گراد توسط دستگاه اسپکتر و فتومتر مدل (u – shimadzu – u -- z 100) اندازه‌گیری گردید همزمان یک محلول بلانک حاوی تمام مواد فوق بدون حضور عصاره استخراجی برای تصحیح و حذف خطاهای احتمالی مورد استفاده قرارگرفت. یک واحد از فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسید از معادل مقدار آنزیمی که بتواند یک میکرومول از سوبسترا NADPH در یک دقیقه کاتالیز کند در نظر گرفته شده است. برای استاندارد شدن از نمونه آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز استاندارد استفاده شد. در پایان مقدار ۰/۵ میلی لیتر از محلول هموژن برای سنجش پروتیین توسط روش لوری و همکاران (Lowry et al., 1951) برداشته شد و مقدار پروتئین آن بر حسب میلیگرم بر میلی لیتر تعیین شد. ۱/۵ گرم بافت گیاهی وزن شده و در ۲۰ میلی لیتر محلول حاوی نسبت مساوی از متانول و آب دیونیزه وارد شده و در ۴ درجه سانتیگراد با هموژنایزر هموژن می‌شود.محلول حاصله در ۳۰۰۰ دور به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ شده و محلول روئی بر ستون کروماتوگرافی C18 قرار گرفته و با ۵ میلی لیتر آب دیونیزه شستشو می‌شود. سپس ۳ میلی لیتر متانول ۸۰ % عبور داده می‌شود محلول استخراجی توسط مبرد در حرارت آزمایشگاه تبخیر می‌گردد و بر باقی مانده مقدار ۱ میلی لیتر متانول ۲۰ % که در آن ۱ % اسید فرمیک باشد اضافه می‌گردد و مجددا" ۱ میلی لیتر متانول ۸۰ % به آن اضافه می‌شود این محلول نهائی برای تعیین مقدار هورمون‌ها مورد استفاده در مرحله بعد قرار خواهد گرفت (Shengjie et al., 2008).

نتایج و بحث

عملکرد دانه جو

نتایج نشان داد که در تمامی موارد تأثیر تیمارهای آبیاری و باکتری بر عملکرد دانه جو معنی دار می‌باشد. اثر متقابل تیمارهای آبیاری و سطوح فاکتور فرعی بر عملکرد دانه ($P\leq0.01$) نیز معنی دار شد (جدول ۱).

در تیمار آبیاری کامل و بذرمال باکتری، عملکرد دانه جو

www.SID.ir

نسبت به تیمار آبیاری کامل و عدم مصرف باکتری، اسید آمینه وسیلیسیک اسید بیشتر می‌باشد که احتمالاً نشان دهنده این است اثر افزایشی باکتری در عملکرد دانه جو می‌باشد (جدول۲).

بالاتر بودن عملکرد دانه جو در تیمار شرایط آبیاری کامل و بذرمال باکتری نسبت به تیمار آبیاری کامل و عدم بذرمال باکتری و محلول پاشی سیلیسیک اسید به همراه اسیدهای آمینه احتمالا نشان از تاثیر افزایشی باکتری در عملکرد دانه جو دارد. ایسا (Essa,2002) گزارش کرد که در گیاهان بذری، عمل تلقیح A. Brasilense به همراه مقادیر، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد کاه و دانه را به‌طور محسوسی افزایش داد با توجه به نتایج بدست آمده در تیمار تنش خشکی و بذرمال باکتری عملکرد دانه جو نسبت به تیمار تنش خشکی و عدم مصرف باکتری، اسید آمینه و سیلیسیک اسید بالاتر می‌باشد و اینگونه به نظر می‌رسد که باکتری در بهبود عملکرد دانه جو در شرایط تنش خشکی دارای اثر مثبت می‌باشد.

عملکرد دانه جو در تیمار بذرمال باکتری و محلول پاشی سیلیسیک اسید، در شرایط نرمال (۳۱۲۹ کیلوگرم در هکتار) ودرتیمار شرایط تنش خشکی (۱۵۸۴ کیلوگرم در هکتار) نسبت به تیمار بذرمال باکتری در شرایط آبیاری کامل و شرایط تنش خشکی بالاتر بود. این روند افزایشی احتمالا به دلیل تاثیر مثبت محلول پاشی سیلیسیک اسید در شرایط آبیاری کامل و شرایط تنش خشکی می‌باشد. تحقیقات اسپارکز و همکاران (Sparks et al., 2001) حاکی از آن است که استفاده ازسیلیسیک اسید سبب افزایش پتانسیل آب تحت شرایط خشکی در مرحله پر شدن دانه گندم می‌شود.

در تیمار بذرمال باکتری و محلول پاشی سیلیسیک اسید + محلول پاشی اسیدهای آمینه، عملکرد دانه جو در شرایط شرایط آبیاری کامل (۳۵۲۰ کیلوگرم در هکتار) و شرایط تنش خشکی (۱۶۶۵ کیلوگرم در هکتار) بیشتر از میزان آن در تیمارهای بذرمال باکتری می‌باشد که نشان دهنده تاثیر مثبت اثر متقابل تیمار بذرمال باکتری و محلول پاشی اسیدهای آمینه و تاثیر در روند افزایشی عملکرد سنبله جو توسط تیمار فوق در شرایط شرایط آبیاری کامل و شرایط تنش خشکی می‌باشد. اینگونه می‌توان نتیجه گرفت که با محلول پاشی سیلیسیک اسید و اسیدهای آمینه عملکرد گیاه به خاطراثرات تغذیه‌ای مثبت آنها بر رشد و نمو بهتر گیاه عملکرد دانه افزایش خواهد یافت.

آنزیم سوپر اکسید دسیموتاز (SOD)

نتایج نشان داد که از نظر آماری تأثیر آبیاری بر سوپر اکسید دیسموتاز ($P\leq0.01$) معنی دار شد. اما سطوح فاکتور فرعی هیچگونه اثر معنی داری بر صفت فوق نداشت. همچنین بررسی‌ها نشان داد که اثر متقابل تیمارهای آبیاری و باکتری نیز بر سوپر اکسید دیسموتاز معنی دار نشد (جدول ۱). با توجه به (جدول ۲) بین سطوح مختلف تیمار آبیاری بر مقدار سوپر اکسید دیسموتاز تفاوت معنی داری وجود داشت و سطوح مختلف تیمار آبیاری در خصوص این صفت در یک گروه آماری قرار نگرفتند به ترتیبی که بالاترین میزان سوپر اکسید دیسموتاز به قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد اختصاص یافت و در گروه آماری برتر قرار گرفت.

طبق نتایج (جدول۳) در شرایط آبیاری آبیاری کامل که تمامی تیمارها در شرایط بهینه آبیاری قرار دارند و هیچگونه تنشی به گیاه وارد نشده و میزان SOD در تیمار شرایط آبیاری کامل کمترین مقدار می‌باشد، در صورتیکه در تیمارهای شرایط تنش خشکی میزان SOD در بالاترین میزان بوده و اثر متقابل بین تیمار باکتری با آبیاری بر صفت فوق نشان داد که بالاترین میزان سوپر اکسید دیسموتاز مربوط به شرایط تنش خشکی از مرحله گلدهی به بعد و به بذر مال باکتری به همراه اسپری کردن سیلیسیک اسید + اسیدهای آمینه (۴۷۲/۸ واحد بر گرم پروتئین) تعلق دارد.

در تیمار آبیاری کامل و بذرمال باکتری تمامی تیمارها در شرایط بهینه آبیاری قرار دارند و هیچگونه تنشی به گیاه وارد نشده و کمتر بودن فعالیت آنزیم SOD در تیمار حاوی باکتری نسبت به تیمار آبیاری کامل و عدم مصرف باکتری، اسید آمینه

www.SID.ir

و سیلیسیک اسید احتمالاً نشان دهنده این است که باکتری گیاه را در شرایط مناسب تری قرار داده است و باکتری تأثیر سوء بر گیاه جو ندارد و نتیجه بدست آمده با نتایج عبادی و همکاران (عبادی و روحانی، ۱۳۸۷) بر روی سویا مطابقت دارد.

بررسی تیمارهای شرایط تنش خشکی نشان داد که در تیمار تنش خشکی و بذرمال باکتری در شرایط تنش خشکی میزان فعالیت آنزیم SOD نسبت به تیمار بذرمال باکتری در شرایط آبیاری کامل افزایش نشان می‌دهد. افزایش فعالیت این آنزیم در تیمار تنش خشکی به خاطر نقش مهم این آنزیم جهت مقابله با رادیکال‌های آزاد اکسیژن ایجاد شده در شرایط تنش خشکی می‌باشد. بنابراین SOD به عنوان یکی از اجزای مهم مکانیسم دفاعی گیاه در نظر گرفته می‌شود، ولی این افزایش از نظر آماری معنی دار نبود. آزمایشات صورت گرفته توسط سایرام و همکاران (Sairam et al., 1998) بر روی گندم، مانیوانان و همکاران (Manivannan et al., 2008) بر روی آفتابگردان و عبادی و همکاران (عبادی و روحانی، ۱۳۸۷) بر روی کلزا نشان می‌دهد که فعالیت این آنزیم در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط نرمال بیشتر می‌شود که با نتایج مربوط به این آزمایش مطابقت دارد.

در تیمار بذرمال باکتری و محلول پاشی سیلیسیک اسید، میزان فعالیت SOD در شرایط تنش خشکی (۴۰۷ واحد بر گرم پروتئین) بیشتر از میزان آن درتیمار شرایط آبیاری کامل (۳۰۵ واحد بر گرم پروتئین) بود که این میزان، از تیمار بذرمال باکتری بیشتر می‌باشد که نشان دهنده تاثیر مثبت اثر متقابل تیمار بذرمال باکتری و محلول پاشی سیلیسیک اسید و تاثیر در روند افزایشی میزان آنزیم SOD توسط سیلیسیوم می‌باشد. افزایش فعالیت این ترکیب به خاطر نقش مهم آن در مقابله با رادیکال‌های اکسیژن که در اثر تنش خشکی بوجود می‌آید و به برخی از ترکیبات سلولی نظیر لیپیدها، کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها آسیب می‌رساند می‌باشد. این آنزیم سبب پایداری غشاء سلولی در گیاه به هنگام مواجه با تنش خشکی شده بنابراین به عنوان یکی از اجزای مهم مکانیسم دفاعی گیاه در شرایط خشکی در نظر گرفته می‌شود.

گانگ و همکاران (Gong et al., 2006) دریافتند که در ارقام مختلف گندم تحت شرایط تنش خشکی فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز افزایش یافت که با نتایج حاصل از این تحقیق تحت شرایط تنش خشکی در مقایسه با شرایط نرمال مطابقت دارد. تیمار محلول پاشی با سیلیسیک اسید در شرایط تنش خشکی سبب افزایش میزان مقدار SOD شده که این مساله بیانگر اهمیت این آنزیم در مقابله با تنش خشکی می‌باشد. محلول پاشی برگهای آفتابگردان با ترکیب سیلیسیک اسید نیز سبب افزایش این آنزیم می‌شود (Zhang et al., 2006). با توجه به نتایج بدست آمده این طور به نظر می‌رسد که محلول پاشی سیلیسیک اسید با فعال کردن آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و در نتیجه جلوگیری از وقوع تنش اکسایشی و خسارات ناشی از آن نقش مهمی در دفاع از گیاه و نیز رشد مناسب آن در شرایط خشکی دارد.

در تیمار بذرمال باکتری و محلول پاشی اسیدهای آمینه، میزان فعالیت SOD در شرایط تنش خشکی (۳۶۷/۳ واحد بر گرم پروتئین) کمتر از میزان آن در تیمار بذرمال باکتری می‌باشد که نشان از تاثیر منفی این اثر متقابل در روند افزایشی SOD در شرایط تنش خشکی دارد. همچنین میزان فعالیت SOD در شرایط نرمال (۳۵۸ واحد بر گرم پروتئین) بود که این میزان از تیمار بذرمال باکتری و تیمار شاهد بیشتر می‌باشد که نشان از تاثیر مثبت این اثر متقابل در تیمار بذرمال باکتری و محلول پاشی اسیدهای آمینه و تاثیر در روند افزایشی میزان آنزیم SOD توسط اسیدهای آمینه دارد.

میزان آنتی اکسیدان SOD در تیماربذرمال باکتری به همراه محلول پاشی سیلیسیک اسید + و محلول پاشی اسیدهای آمینه در شرایط تنش خشکی (۴۷۲/۸ واحد بر گرم پروتئین) بالاتر از میزان آنتی اکسیدان SOD در تیمار فوق در شرایط نرمال (۳۰۰/۵ واحد بر گرم پروتئین) بود.

Archive of SID

www.SID.ir

آنزیم گلوتاتیون پر اکسیداز (GPX)

آنالیز واریانس مربوط به آنزیم گلوتاتیون پر اکسیداز نشان داد که تأثیر آبیاری بر آنزیم فوق ($P\leq0.01$) معنی دار شد. اما سطوح فاکتور فرعی هیچگونه تأثیر معنی داری بر آنزیم گلوتاتیون پر اکسیداز نداشت. بررسی‌های مربوط به این صفت نشان داد که اثر متقابل تیمارهای آبیاری و باکتری نیز بر آنزیم گلوتاتیون پر اکسیداز معنی دار نشد (جدول ۱). با توجه به (جدول ۲) بین سطوح مختلف تیمار آبیاری بر مقدار افزایش آنزیم گلوتاتیون پر اکسیداز تفاوت معنی داری وجود داشت و سطوح مختلف تیمار آبیاری در خصوص این صفت در یک گروه آماری قرار نگرفتند به‌طوری که بالاترین میزان آنزیم گلوتاتیون پر اکسیداز به قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد اختصاص یافت و در گروه آماری برتر قرار گرفت.

طبق نتایج (جدول۳) در شرایط آبیاری آبیاری کامل که تمامی تیمارها در شرایط بهینه آبیاری قرار دارند و هیچگونه تنشی به گیاه وارد نشده و میزان GPX در تیمار شرایط آبیاری کامل کمترین مقدار می‌باشد، در صورتیکه در تیمارهای شرایط تنش خشکی میزان GPX در بالاترین میزان بوده و اثر متقابل بین تیمار باکتری با آبیاری بر صفت فوق نشان داد که بالاترین میزان آنزیم GPX مربوط به قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و به بذر مال باکتری به همراه اسپری کردن سیلیسیک اسید+ اسیدهای آمینه (۱۵۶/۱ واحد بر گرم پروتئین) تعلق دارد.

در تیمار آبیاری کامل و بذرمال باکتری که هیچگونه تنشی به گیاه وارد نشده و کمتر بودن فعالیت آنزیم GPX در تیمار حاوی باکتری نسبت به تیمار شاهد (آبیاری کامل و عدم مصرف باکتری، اسید آمینه و سیلیسیک اسید احتمالاً نشان دهنده این است که باکتری گیاه را در شرایط مناسب تری قرار داده است و نتیجه بدست آمده با نتایج عبادی و همکاران (عبادی و روحانی، ۱۳۸۷) بر روی سویا مطابقت دارد.

بررسی تیمارهای شرایط تنش خشکی نشان داد که در تیمار تنش خشکی و بذرمال باکتری میزان فعالیت آنزیم GPX نسبت به تیمار بذرمال باکتری در شرایط آبیاری کامل افزایش نشان می‌دهد.شافعی (شافعی، ۱۳۸۴) و پوراسماعیل (پوراسماعیل، ۱۳۸۵) گزارش کردند که تحت شرایط تنش خشکی میزان فعالیت آنزیم GPX افزایش می‌یابد تا خسارات ناشی از تنش اکسیداتیو را کاهش بدهد.

در تیمار بذرمال باکتری و محلول پاشی سیلیسیک اسید، میزان فعالیت GPX در شرایط تنش خشکی (۱۲۱ واحد بر گرم پروتئین) بیشتر از میزان آن درتیمار شرایط آبیاری کامل (۷۰/۳واحد بر گرم پروتئین) بود که این میزان، از تیمار بذرمال باکتری بیشتر می‌باشد که نشان دهنده تاثیر مثبت اثر متقابل تیمار بذرمال باکتری و محلول پاشی سیلیسیک اسید و تاثیر در روند افزایشی میزان آنزیم GPX توسط سیلیسیک اسید می‌باشد. این مساله بیانگر افزایش مقاومت گیاه در مقابل خشکی با افزایش این آنزیم است. تیمار محلول پاشی سیلیسیک اسید سبب افزایش مقدار آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز در شریط تنش خشکی شد که این مساله به نقش این آنزیم در دفاع آنتی اکسیدانی در برابر تنش اکسیداتیو ناشی از کاهش رطوبت و صدمات مختلف ناشی از آن در گیاه اشاره می‌نماید. با توجه به مشاهدات حاضر این گونه می‌توان استنباط نمود که توزیع ترکیبات مختلف تغذیه‌ای در گیاه می‌توانند با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان و یا تقویت سیستم دفاع مذکور مانع از ایجاد تنش اکسایشی و تجزیه غشاها و بافتها گیاهی ناشی از آن و در نهایت مقاومت بیشتر گیاه به شرایط خشکی و بهبود رشد و نمو آن شود.

در تیمار بذرمال باکتری و محلول پاشی اسیدهای آمینه، میزان فعالیت GPX در شرایط تنش خشکی (۱۰۲/۳ واحد بر گرم پروتئین) بیشتر از میزان آن درتیمار شرایط آبیاری کامل (۹۶/۶ واحد بر گرم پروتئین) بود که این میزان از تیمار بذرمال باکتری بیشتر می‌باشد که نشان دهنده تاثیر مثبت اثر متقابل تیمار بذرمال باکتری و محلول پاشی اسیدهای آمینه و تاثیر در روند افزایشی میزان آنزیم GPX توسط اسیدهای آمینه می‌باشد.

در تیمار بذرمال باکتری به همراه محلول پاشی سیلیسیک اسید + و محلول پاشی اسیدهای آمینه، میزان آنتی اکسیدان GPX

Archive of SID

www.SID.ir

در شرایط آبیاری کامل (۶۷/۴ واحد بر گرم پروتئین) کمتر از میزان آنتی اکسیدان GPX در تیمار بذر مال باکتری در شرایط آبیاری کامل است که نشان دهنده تاءثیر منفی این اثر متقابل در روند افزایشی میزان آنتی اکسیدان GPX می‌باشد. همچنین میزان آنتی اکسیدان GPX در تیمار بذرمال باکتری به همراه محلول پاشی سیلیسیک اسید + و محلول پاشی اسیدهای آمینه در شرایط تنش خشکی (۱۵۶/۱ واحد بر گرم پروتئین) بالا تر از میزان آنتی اکسیدان GPX در تیمار بذرمال باکتری در شرایط تنش خشکی می‌باشد که نشان دهنده تاءثیرمثبت این اثر متقابل در روند افزایشی آنتی اکسیدان GPX می‌باشد. این آنزیم باعث تجزیه رادیکال‌های سوپراکسید می‌شود. بنابر تحقیقات زهانگ و همکاران (Zhang et al., 2006) در آفتابگردان و ژانگ و همکاران (Xiong et al., 2003) در گندم وقوع تنش خشکی سبب افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز شد. نتایج بدست آمده از این آزمایش با تحقیقات فوق مطابقت دارد. مطابق تحقیقات مختلفی که در این زمینه صورت گرفته است فعالیت و نحوه عملکرد این آنزیم در شرایط خشکی بسیار متغییر بوده و تحت تاثیر عوامل مختلفی از جمله طول دوره نمو گیاه و شدت خشکی و یا نوع رقم می‌باشد.

آنزیم کاتالاز (CAT)

نتایج آزمایش نشان داد که تأثیر آبیاری بر آنزیم کاتالاز ($P\leq0.01$) معنی دار شد. سطوح فاکتور فرعی هیچگونه تأثیر معنی داری بر آنزیم کاتالاز نداشت. بررسی‌های مربوط به صفت فوق نشان داد که اثر متقابل تیمارهای آبیاری و باکتری نیز بر آنزیم کاتالاز معنی دار نشد (جدول ۱). مطابق (جدول۲) بین سطوح مختلف تیمار آبیاری بر مقدار افزایش آنزیم کاتالاز تفاوت معنی داری وجود داشت و سطوح مختلف تیمار آبیاری در خصوص این صفت در یک گروه آماری قرار نگرفتند به‌طوری که بالاترین میزان آنزیم کاتالاز به قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد اختصاص یافت و در گروه آماری برتر قرار گرفت.

در شرایط آبیاری نرمال که هیچگونه تنشی به گیاه وارد نشده میزان CAT در تیمار شرایط نرمال کمترین مقدار می‌باشد, در صورتیکه در تیمارهای شرایط تنش خشکی میزان CAT در بالاترین میزان بوده و طبق نتایج (جدول ۳) اثر متقابل بین تیمار باکتری با آبیاری بر صفت فوق نشان داد که بالاترین میزان کاتالاز مربوط به قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و به بذر مال باکتری به همراه اسپری کردن سیلیسیک اسید + اسیدهای آمینه (۲۲۲/۹ واحد بر گرم پروتئین) تعلق دارد.

در تیمار آبیاری کامل و بذرمال باکتری تمامی تیمارها در شرایط بهینه آبیاری قرار دارند کمتر بودن فعالیت آنزیم CAT در تیمار حاوی باکتری نسبت به تیمار شاهد آبیاری کامل و عدم مصرف باکتری، اسید آمینه و سیلیسیک اسید احتمالاً نشان دهنده این است که باکتری گیاه را در شرایط مناسب تری قرار داده است. نتایج کوهلِرو همکاران (Kohler et al., 2009) برروی کاهو نشان داد که در شرایط نرمال (بدون تنش شوری یا خشکی) گیاهچه‌های تلقیح شده با باکتری سودوموناس میزان فعالیت آنزیم کاتالاز کمتری را نسبت به تیمار شاهد (بدون باکتری) نشان داد. بررسی تیمارهای شرایط تنش خشکی نشان داد که درتیمارهای دارای باکتری در شرایط تنش خشکی میزان فعالیت آنزیم CAT نسبت به تمامی تیمارهای شرایط نرمال افزایش نشان می‌دهد.

در تیمار بذرمال باکتری و محلول پاشی سیلیسیک اسید، میزان فعالیت CAT در شرایط تنش خشکی (۱۹۳/۲ واحد بر گرم پروتئین) بیشتر از میزان آن درتیمار شرایط آبیاری کامل (۱۳۹/۴ واحد بر گرم پروتئین) بود که این میزان، از تیمار بذرمال باکتری بیشتر می‌باشد که نشان دهنده تاثیر مثبت اثر متقابل تیمار بذرمال باکتری و محلول پاشی سیلیسیک اسید و تاثیر در روند افزایشی میزان آنزیم CAT توسط سیلیسیک اسید می‌باشد. این مساله بیانگر افزایش مقاومت گیاه در مقابل خشکی با افزایش این آنزیم است. نتایج فوق با نتایج ساعی (ساعی، ۱۳۸۳) بر روی سورگوم مطابقت دارد.

Archive of SID

www.SID.ir

در تیمار بذرمال باکتری و محلول پاشی اسیدهای آمینه، میزان فعالیت CAT در شرایط تنش خشکی (۱۷۳/۲ واحد بر گرم پروتئین) بیشتر از میزان آن درتیمار شرایط آبیاری کامل (۱۲۶ واحد بر گرم پروتئین) بود که این میزان از تیمار بذرمال باکتری بیشتر می‌باشد که نشان دهنده تاثیر مثبت اثر متقابل تیمار بذرمال باکتری و محلول پاشی اسیدهای آمینه و تاثیر در روند افزایشی میزان آنزیم CAT توسط اسیدهای آمینه می‌باشد.

در تیمار بذرمال باکتری به همراه محلول پاشی سیلیسیک اسید + و محلول پاشی اسیدهای آمینه، میزان آنتی اکسیدان CAT در شرایط آبیاری کامل (۱۲۶ واحد بر گرم پروتئین) بالاتر از میزان آنتی اکسیدان CAT در تیمار بذر مال باکتری در شرایط آبیاری کامل است که نشان دهنده تاءثیر مثبت این اثر متقابل در روند افزایشی میزان آنتی اکسیدان CAT می‌باشد. همچنین میزان آنتی اکسیدان CAT در تیمار بذرمال باکتری به همراه محلول پاشی سیلیسیک اسید + و محلول پاشی اسیدهای آمینه در شرایط تنش خشکی (۲۲۲/۹ واحد بر گرم پروتئین) بالا تر از میزان آنتی اکسیدان CAT در تیمار بذرمال باکتری در شرایط تنش خشکی می‌باشد که نشان دهنده تاءثیرمثبت این اثر متقابل در روند افزایشی آنتی اکسیدان CAT می‌باشد.

نتایج تحقیقات کِلوس و همکاران (Kellos et al.,2008) بر روی ذرت، سایرام و همکاران (Sairam et al., 1998) بر روی گندم، مانیوانان و همکاران (Manivannan et al., 2008) بر روی آفتابگردان و پوراسماعیل (پوراسماعیل، ۱۳۸۵) بر روی لوبیا قرمز نشان داد که، فعالیت آنزیم کاتالاز تحت تنش خشکی به طرز معنی داری افزایش می‌یابد، که با نتایج حاصله در این تحقیق مطابقت دارد.نقش این آنزیم تجزیه و سم زدایی رادیکالهای هیدروکسیل گزارش شده است.

جدول۱- نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده

Table1- Analysis of variance for characters

			میانگین مربعات (MS)			
(S.O.V)	منابع تغییرات	درجه آزادی (df)	عملکرد دانه Grain yield	سوپر اکسید دیسموتاز SOD	گلوتاتیون پراکسیداز GPX	کاتالاز CAT
Replication	تکرار	3	107523**	128ns	20.5ns	90.3ns
Irrigation (I)	آبیاری	1	10984088**	76825.2**	19474**	31404**
Error	خطا	2	11652.1	161.5	83.6	47.8
Second experimental treatment (T)	تیمار دوم آزمایشی	4	2239414.7**	2431.1ns	625ns	780.7ns
I*T	آبیاری × تیمار دوم آزمایشی	4	46675.8**	8646.8ns	1916ns	2246ns
Error	خطا	24	9693.9	6817.9	1845.2	2205.4
% (C.V)	ضریب تغییرات	-	5.1	11.6	22	14.6

ns، *، ** به ترتیب فاقد اختلاف معنی دار، اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

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

www.SID.ir

جدول۲- مقایسه میانگین سطوح اثرات اصلی صفات مورد بررسی

Table2- Mean comparisons of main effects of characters

تیمار	عملکرد دانه Grain yield(Kg/ha)	سوپر اکسید دیسموتاز SOD(u/g protein)	گلوتاتیون پراکسیداز GPX(u/g protein)	کاتالاز CAT(u/g protein)
آبیاری (Irrigation)				
A_1	2450a	317b	79b	137.9b
A_2	1402b	404.6a	123.2a	194a
تیمار دوم آزمایشی (Second experimental treatment)				
B_1	1351.5e	360.4a	108.4a	168.7a
B_2	1555.25d	337.9a	90.4a	149.1a
B_3	2357b	356.4a	95.6a	66.3a
B_4	1777c	362.6a	99.4a	171.1a
B_5	2593a	386.6a	111.8a	174.5a

در هر ستون اعدادی که دارای ضرایب مشترکی هستند در سطح ۵ % اختلاف معنی داری نشان نداند.

Similar letters in each column shows non-significant difference according to Duncan multiple range teats at 5% level.

جدول۳- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل صفات

Table 3- Mean comparison of interaction effect of characters

تیمار	عملکرد دانه Grain yield(Kg/ha)	سوپر اکسید دیسموتاز SOD(u/g protein)	گلوتاتیون پراکسیداز GPX(u/g protein)	کاتالاز CAT(u/g protein)
A_1B_1	1624d	308.5b	83.9b	135.1bc
A_1B_2	1811c	302.8b	77b	120c
A_1B_3	3129a	305.8b	70.3b	139.4bc
A_1B_4	2170b	358ab	96.6ab	169abc
A_1B_5	3520a	300.5b	67.4b	126bc
A_2B_1	1079e	412.3ab	132.8ab	202.3ab
A_2B_2	1300e	373ab	103.9ab	178.2abc
A_2B_3	1584d	407ab	121ab	193.2abc
A_2B_4	1385e	367.3ab	102.3ab	173.2abc
A_2B_5	1665d	472.8a	156.1a	222.9a

در هر ستون اعدادی که دارای ضرایب مشترکی هستند در سطح ۵ % اختلاف معنی داری نشان نداند.

Similar letters in each column shows non-significant difference according to Duncan multiple range teats at 5% level.

A1: آبیاری کامل، A2: قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد، B1: عدم مصرف باکتری، اسید آمینه وسیلیسیک اسید، B2: بذر مال باکتری، B3: بذر مال باکتری+ محلول پاشی سیلیسیک اسید، B4: بذر مال باکتری+ محلول پاشی اسیدهای آمینه و B5: بذر مال باکتری+ محلول پاشی سیلیسیک اسید به همراه اسیدهای آمینه.

A1: full irrigation, A2: cut irrigation after flowering stage, B1 control, B2: seed inoculated with bacteria, b3: seed inoculated with bacteria and sprayed silicic acids, B4: seed inoculated with bacteria and sprayed amino acids and B5: seed inoculated with bacteria and sprayed silicic acids with amino acids.

www.SID.ir

منابع مورد استفاده References

اردکانی، م.ر. مظاهری، د. مجد، ف. نورمحمدی، ق. ۱۳۷۹. نقش همیاری باکتری آزوسپیریلوم در جذب عناصر غذایی میکرو و ماکرو گندم.

امینی، زهره. حداد، ر. مرادی، ف. ۱۳۸۶. بررسی اثر تنش کم آبی بر نحوه فعالیت آنزیمهای ضد اکسنده در مراحل رشد زایشی گیاه جو.مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی.۴۶ (الف) -ص۶۵-۶۶.

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

حبیبی، د.۱۳۷۲. انتخاب پروژنی مقام به خشکی و شوری چغندر قند در مرحله جوانه اولیه. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت، دانشکده کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

حکمت شعار، م.۱۳۷۲. فیزیولوژی گیاهان در شرایط دشوار. انتشارات دانشگاه تبریز.

حمیدی، ا. قلاوند، ا. دهقان شعار، م. ملکوتی، م.ج. اصغرزاده، ا. و چوگان، ر. ۱۳۸۵. اثرات کاربرد باکتریهای محرک رشد گیاه (PGPR) بر عملکرد ذرت علوفه ای. پژوهش و سازندگی. شماره ۷۰، صفحات ۲۲-۱۶.

خدابنده، ن. غلات. موءسسه انتشارات دانشگاه تهران.پاییز ۱۳۷۷.صفحه ۱۹۷-۲۲۸.

خورگامی، ع. ۱۳۷۶. بررسی برخی از پارامترهای فیزیولوژیکی و زراعی لوبیا چشم بلبلی در شرایط خشکی. پایان نامهٔ کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

دلجو، ع.۱۳۶۶. بررسی صفات مؤثر در مقاومت به خشکی در ارقام گندم. پایان نامهٔ کارشناسی ارشد. اصلاح نباتات. دانشگاه تربیت مدرس.

ذبیحی، ح. ر.. ثوابقی، غ.م. خاوازی، ک. گنجعلی، ع. ۱۳۸۸. رشد و عملکرد گندم در پاسخ به تلقیح باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه در سطوح مختلف فسفر. مجله پژوهشهای زراعی ایران. جلد ۷، شماره ۱، ۵۱-۴۱.

روستا، م. راستین، ن. و مظاهر اسدی، م. ۱۳۷۷. بررسی و فعالیت آزوسپیریلوم لیپروفروم در برخی از خاکهای ایران. مجله علوم کشاورزی ایران، ۲۹. ۲۸۵-۲۹۸.

ساعی، م.۱۳۸۳. بررسی ارتباط برخی صفات مورفولوژیکی با تحمل به خشکی ارقام مختلف سورگوم علوفه ای. پایان نامهٔ کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

سرمدنیا، غ. ۱۳۷۲. اهمیت تنش‌های محیطی در زراعت. اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.صفحات ۱۵۷-۱۷۲.

سرمدنیا، غ. کوچکی، ع. ۱۳۷۶. جنبه‌های فیزیولوژیکی زراعت دیم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، صفحه ۳۲۰.

شافعی، س. ۱۳۸۴. مطالعه تأثیر تنش کمبود آب بر برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف سویا. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

صالح پور، م.۱۳۵۴. غلات. استادیار مدرسه عالی مهندسی کشاورزی مازندران.انتشارات دانشگاه تهران.صفحه ۱۱۹-۱۳۵.

عبادی، م.، ع. ر. روحانی. ۱۳۸۷. تأثیر کودهای بیولوژیک بر عملکرد سویا رقم DPX. طرح پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

کوچکی، ع. خیابانی، ح. سرمدنیا، غ.۱۳۶۶.تولید محصولات زراعی.انتسارات دانشگاه فردوسی مشهد.مهر.صفحه ۲۰۵-۲۰۸.

Archive of SID
www.SID.ir

کلهر، ج. ۱۳۸۱. بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد و تاثیر آن بر عملکرد و اجزاء عملکرد آفتابگردان. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه کشاورزی کرج.

Elstner, E.F. 1982. Oxygen activation and oxygen activation and oxygen toxicity. Ann Rev. plant physiol. 33:37-9.

Essa, T.A. 2002. Effect of salinity stress on growth and nutrient composition of three soybean (Glycine max L.) Merrcultivars. J. Agron. Crop Sci., 188: 86-93.

Gong H.J., Randall D.P. and Flowers T.J.2006.silicon deposition in the root reduces sodium uptake in rice (oryza sativa L.) seedlings by reducing bypass flow. plant cell and environment 29:1970-1979.

Knipp, G and B. Honermeier. 2006. Effect of water stress on proline accumulation of genetically modifiedconditions. Envi. Exper. Bot. 60:276-283.

Kohler, J., J. Antonio Hernandes, F. Caravaca, A. Roldan. 2009. Induction of antioxidant enzymes is involved in the greater effectiveness of a PGPR versus AM fungi with respect to increasing the tolerance of lettuce to severe salt stress. Envir. Exper. Bot 65.p: 245-252.

Kellos, T., L. Timar, V. Szilagyi, G. Szalai, G. Galiba and G. Kocsy. 2008. Effect of abiotic stress on antioxidants in maize. Acta Biologica Szegediensis. 52 (1): 173-174.

Levitt, J. 1980. Response of plant to environment stresses. Chilling, freezing, and high temperature stress. Acad. Press. New York. Vol.1, 1-19.

Lowry, O.H., N.J., Rosebrough, A.L. Farr and Randall, R. J. 1951. Protein measurement with the Folin-Phenol reagents. J. Biol. Chem.:193 265-275.

Manivannan, P., C. A. Jaleel, R. Somasundaram and R. Panneerselvam, 2008. Osmoregulation and antioxidant metabolism in drought-stressed Helianthus annuus under triadimefondrenching. ComptesRendusBiologies. 331:418-425.

Mckersie, B.D., Hoekstra, F. and L, Kreig. 1990. Differences in the Susceptibility of plant membrane lipids to peroxidation.Biochem.Biophys. Acta. 1030: 116-126.

Misra, H. P. and I. Fridovich. 1972. The generation of superoxide radical during auto oxidation. J. Biol. Chem. 247,6960-6966.

Naidu, B.P., Paleg, L.G. and G.P. Jones, 1992. Nitrogenous compatible solutes in drought stressed Medica gospp Phytochem.31:1195 – 1197.

Paglia, D.E, and Valentine W.N. 1987. Studies on the quantitative and qualitative characterization of glutathione proxidase. J. Lab. Med. 70: 165-158.

Polidoros A.N, Scandalios J.G. 1999. Role of hydrogen peroxide and different classes of antioxidants in the regulation of catalase and glutathione S-transferase gene expression in maize (Zea mays L.) Physiol. Plant. 106, 112–120.

Shengjie ,H., Z. Jiang and D. Mingyu.2008. Simulaneous determination of gibberelic acid , Indol-3-acetic acid

Archive of SID

www.SID.ir

and abscisic acid in wheat extract by solid-phase extraction and liquid chromatography-Talonta.76:798-802.

Sairam, R. K., P. S. Deshmukh and D. C. Saxena. 1998. Role of antioxidant systems in wheat genotypes tolerance to water stress. Biologia Plantarum. 41 (3): 387-394.

Sparks CA, Castleden CK, West J, Habash DZ, Madgwick PJ, Paul MJ, Noctor G, Harrison J, Wu R, Wilkinson J, Quick WP, Parry MAJ, Foyer CH, Miflin BJ. 2001. Potential for manipulating carbon metabolism in wheat. Anna. Appl. Biol. 138: 33–45.

Willekens H, Inzé D, Van Montagu M, Van Camp W. 1995. Catalases in plants. Molecular Breeding 1, 207–228.

Woodard, H. J. and Bly, A. 2000. Maize growth and Yield response to seed inoculation N2-fixing bacteria under dry land production condition. J. Plant. Nutr. 23 (1): 55-56.

Xiong, L and J. K. Zhu. 2003. Regulation of abscisic acid biosynthesis. Plant Physiol. 133: (29-36).

Zhang, M., L. Duan, X. Tian, Z.He, J. Li, B. Wang and Z. Li. 2006. Uniconazole-induced tolerance of soybean to water deficit stress in relation to changes in photosynthesis, hormones and antioxidant system. J. Plant. Physiol. 164: 709-717.

Archive of SID

www.SID.ir