تاثیر محلول‌پاشی پوترسین روی مقاومت آنتی‌اکسیدانی گندم رقم SW- 82-9 تحت شرایط تنش کم آبی

Effect of foliar application of putrescine on antioxidative defense of wheat (*Triticum aestivum L. var* sw _82_9) under water deficit stress

زهرا کریمی[۱]، حمیدرضا توحیدی‌مقدم*[۲]، پورنگ کسرایی[۲]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین- پیشوا، ورامین- ایران.
۲- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین- پیشوا، ورامین- ایران.

نویسنده مسئول مکاتبات: dr.htohidimoghadam@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۴/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۹/۱۴

چکیده

این مطالعه به‌منظور ارزیابی اثر محلول‌پاشی پلی آمین پوترسین بر عملکرد صفات بیوشیمیایی گندم رقم SW-82-9 تحت شرایط تنش کم آبی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد واحد ورامین درسال ۱۳۹۳ به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی شامل چهار سطح آبیاری: آبیاری معمولی، قطع آبیاری در مرحله‌ی ساقه‌دهی، قطع آبیاری در مرحله‌ی گل‌دهی و قطع آبیاری در مرحله‌ی زایشی یا پر شدن دانه و عوامل فرعی (محلول‌پاشی پوترسین) شامل محلول‌پاشی با آب مقطر، محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۱۵۰ و ۷۵ قسمت در میلیون بود. نتایج نشان داد که بالاترین میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز متعلق به سطح توقف آبیاری در مرحله پر شدن دانه به‌میزان ۹۶۰/۱۵ (Δ.mg pro.min^{-1}) و کم‌ترین میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز و آنزیم کاتالاز نیز متعلق به آبیاری معمولی منطقه به میزان ۶۱۴/۸۵ (ΔA.mg pro.min^{-1}) بود. بالاترین میـزان مالـون دی آلدئیـد مربوط به سطـح عـدم محلول‌پاشی با پوترسین به میزان ۱۳/۸۴ نانومول بر گرم وزن تازه و کم‌ترین میزان مالون دی آلدئید به میزان ۵/۵۳ نانومول بر گرم وزن تازه در مرحله آبیاری معمولی متعلق به سطح محلول‌پاشی با پوترسین با غلظت ۱۵۰ قسمت در میلیون بود. محلول‌پاشی پوترسین توانست از کاهش بیومارکرهای تخریب مالون دی آلدئید و دی تیروزین با کاهش اثر مخرب تنش جلوگیری نماید و اثر مثبتی بر رفع تنش خشکی داشته باشد. پیشنهاد می‌گردد آنزیم‌های آنتی اکسیدانت و بیومارکرهای تخریب نیز به‌عنوان معیار انتخاب گیاه متحمل به شرایط تنش کم آبی استفاده شود و میزان ۱۵۰ قسمت در میلیون پوترسین می‌تواند سبب کاهش خسارت اکسیداتیو شود.

واژگان کلیدی: پوترسین، گندم، کم آبی، آنزیم‌های آنتی اکسیدانت و بیومارکرهای تخریب.

مقدمه

گندم مهم‌ترین محصول زراعی از لحاظ میزان تولید و سطح زیر کشت در جهان است و نقش مهمی در تأمین نیاز غذایی جوامع بشری ایفا می‌کند. در مناطق نیمه خشک از جمله سطح وسیعی از ایران،کاهش رطوبت خاک در اثر کاهش و توزیع نامناسب نزولات جوی و افزایش دما از مهم‌ترین عوامل کاهش رشد گندم در شرایط دیم به‌شمار می‌رود. خشکی به‌عنوان یک عامل محدودکننده غیرزنده‌ی رشد، اثر بسیار نامطلوبی بر رشد و تولید گیاهان زراعی می‌گذارد (Martin, 2011).

گیاهان به‌صور مختلف تحت تأثیر تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند که عمده این تنش‌ها اثرات مشابهی بر وضعیت آبی گیاه دارند. دستیابی به آب به واسطه نقش بیولوژیک آن به‌عنوان یک حلاّل و نیز نقش آن در انتقال مواد، حائز اهمیت است. تنش کم آبی سبب ایجاد واکنش‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی متفاوتی در گیاهان می‌شود که یکی از اثرات تنش کم آبی مشابه دیگر تنش‌های محیطی، ایجاد آسیب‌های اکسیداتیو می‌باشد که توسط رادیکال‌های آزاد اکسیژن مانند رادیکال‌های سوپر اکسید، پراکسید هیدروژن و هیدروکسیل صورت می‌گیرد (Groppa and Benavides, 2008). تولید گونه‌های اکسیژن فعال سبب پراکسیداسیون لیپیدهای غشای تخریب پروتئین‌ها و نوکلئیک اسیدها می‌شود. ترکیبات مختلفی می‌تواند سبب کاهش دادن اثر مخرب گونه‌های اکسیژن فعال شوند که یکی از این ترکیبات پلی‌آمین‌ها هستند. در بافت گیاهان پلی آمین‌ها به شکل هم یوغ (conjugate) با مولکول‌های آلی دیگر و یا آزاد یافت می‌شوند. از میان پلی آمین‌ها، انواع هم یوغ شده با مولکول‌های دیگر، از اهمیت بیش‌تری در القای تحمل تنش برخوردارند. بیوسنتز پلی آمین‌ها یکی از مهم‌ترین پاسخ‌های بیوشیمیایی گیاهان به تنش است. پلی آمین‌ها پلی کاتیون‌های مهمی هستند که در مراحل مختلف فیزیولوژیک و نموی گیاهان نظیر القای تقسیم سلولی، ریخت‌زائی، نمو گل، میوه و دانه و پیری نقش ایفا می‌کنند. مهم‌ترین پلی‌آمین‌ها شامل اسپرمیدین (تری آمین)، اسپرمین (تتراآمین) و پیش‌ساز آن‌ها پوترسین (دی‌آمین) است. اتصال پلی‌آمین‌های آزاد به درشت مولکول‌ها، موجب حفاظت آن‌ها در برابر آسیب‌های اکسیداتیو می‌شود، در حالی که نقش پلی آمین‌های آزاد، عمدتاً در تعادل اسمزی و pH سلولی است (Martin, 2011). پلی آمین‌ها معمولاً با ترکیبات فنلی، از جمله اسید هیدروکسی سینامیک هم‌یوغ می‌شوند. این آمیدهای فنولیک در اتصال کووالانسی به ماتریکس دیواره سلولی در ساختارهایی مانند لیگنین دیده شده‌اند. اصولاً نه تنها پلی‌آمین‌ها، بلکه ترکیبات فنلی نیز به‌تنهایی به‌عنوان شاخص‌های تنش اکسیداتیو محسوب می‌شوند (Gorecka *et al*., 2007).

نقش پلی‌آمین‌ها در افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های غیرزیستی، از جمله خشکی مورد توجه قرار گرفته است. انواع پلی‌آمین‌ها از نظر تأثیر تخفیف تنش با یکدیگر متفاوتند. رقم‌های متحمل شوری در گیاه برنج، مقدار بالایی اسپرمیدین انباشته می‌کنند. در این گیاه انباشتگی بالای پوترسین و کاهش اسپرمیدین و اسپرمین همراه با حساسیت به شوری است. مشابه این نتایج در سایر گونه‌ها دیده شد، به‌همین دلیل برخی پژوهشگران نسبت (اسپرمیدین+ اسپرمین)/ پوترسین را در تعیین پاسخ گیاه به شوری، مهم قلمداد کردند (Kusano *et al.*, 2008). اثر آنتی اکسیدانتی پلی آمین‌ها به‌طور عمده به‌ویژگی کاتیونی آن‌ها مربوط است که برای برداشت رادیکال‌های آزاد عمل می‌کنند و در نتیجه قادر به مهار پراکسیداسیون لیپیدها هستند. با این حال شواهد ضد و نقیضی در مورد نقش آنتی‌اکسیدانی پلی‌آمین‌های اگزوژن به دست آمد. در برخی موارد این ترکیبات به‌عنوان پرواکسیدانت و القا کننده تنش و گاهی به‌عنوان آنتی‌اکسیدانت و کاهش‌دهنده رادیکال‌های آزاد معرفی شدند (Groppa and Benavides, 2008).

دلیل تفاوت در نقش این ترکیبات که بستگی به نوع پلی‌آمین و شرایط کاربرد آنها دارد، روشن نیست.

به‌رغم این‌که دلایل مختلفی در مورد سازوکار عمل پلی آمین‌ها در القای تحمل تنش در طی کاربرد آنها ارائه شد. بنابراین، در این مطالعه تاثیر محلول‌پاشی پوترسین بر تحمل آنتی‌اکسیدانتی گندم رقم SW-82-9 تحت شرایط تنش کم آبی ارزیابی شد.

مواد وروش‌ها

این تحقیق در مزرعه دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین- پیشوا انجام گردید. تنش خشکی در حضور محلول‌پاشی پوترسین بر روی گندم به‌صورت کرت‌های خرد شده (اسپیلیت پلات) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و هر تکرار شامل ۱۲کرت ارزیابی شد. تعداد خطوط در هر کرت ۱۰ خط و طول هر خط کاشت پنج متر، فاصله‌ی بین ردیف‌های کاشت ۲۰ سانتی‌متر و فاصله‌ی بین بوته روی ردیف پنج سانتی‌متر بود. خطوط یک و ده و نیم‌متر از بالا و پایین هر طرف به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته و در طول دوره رشد مراقبت‌های زراعی لازم اجرا شد. عامل آبیاری به عنوان عامل اصلی مشتمل بر چهار سطح آبیاری معمولی مطابق عرف منطقه، قطع آبیاری در مرحله‌ی ساقه‌دهی، قطع آبیاری در مرحله‌ی گل‌دهی و قطع آبیاری در مرحله‌ی زایشی یا پر شدن دانه بود. عامل فرعی شامل محلول‌پاشی پوترسین که شامل محلول‌پاشی با آب مقطر، محلول‌پاشی با پوترسین با غلظت۱۵۰ و ۷۵ قسمت در میلیون بود. پوترسین ترکیبی دی‌آمینی با فرمول شیمیایی $C_4H_{12}N_2$ که از شرکت سیگما آلدریچ تهیه گردید. پلی‌آمین‌های اگزوژن از طریق تغییر در سوخت و ساز، هم‌یوغ شدگی و یا انباشتگی فنل‌ها موجب تغییر در تحمل تنش‌ها می‌شوند. صفات بیوشیمیایی شامل آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و بیومارکرهای تخریب شامل مالون دی آلدهید، دی تیروزین و دی هیدروکسی گوانوزین ارزیابی و اندازه‌گیری شد.

آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز (SOD)

سه عدد برگ از هر برگ فرعی در هنگام صبح قبل از گرم شدن هوا در مزرعه تهیه، به آزمایشگاه منتقل و توسط روش میسرا Misra میزان تغییرات این آنزیم تعیین شد(Misra, 1997). ابتدا محلول بافر تریس (حاوی فسفات، دی‌سدیک، pH = 7.2) به‌همراه ۱/۳میلی‌مول EDTA و ۰/۱ میلی‌مول کربنات منو سدیک تهیه، سپس از اپی نفرین با غلظت ۰/۲۵ میلی‌مول به‌عنوان سوبسترا استفاده شد. محلول تهیه شده را به آن اضافه می‌کند، تغییرات جذب نوری حاصله از اکسیداسیون اپی‌نفرین، به‌عنوان فعالیت آنزیمی ارزیابی شد و از آنزیم استاندارد و خالص جهت استاندارد نمودن نتایج استفاده گردید که واحد آن قادر به اکسیداسیون ۰/۵ میلی‌مول اپی نفرین در یک دقیقه بود (خشوئی، ۱۳۸۹).

آنزیم کاتالاز(CAT)

جهت محاسبه آنزیم از برگ‌های جوان استفاده و توسط روش پاگلیا (1997) Paglia میزان تغییرات آنزیم تعیین شد. واحد فعالیت آنزیم کاتالار معادل نسبت تبدیل آب اکسیژنه در مدت یک دقیقه به هنگام پیشرفت واکنش درجه اول در نظر گرفته شد (Lawlor and Leach, 1985).

بیوماکرهای تخریب

مالون دی آلدئید(MDA)

سنجش آنزیم مالون دی آلدئید با استفاده از روش اوکاوا و همکاران (Ohkawa *et al.*, 1979) انجام شد. بدین منظور ۰/۲ گرم بافت گیاهی (برگ)، به قطعات کوچک تقسیم و با هموژنایزر در دو میلی‌لیتر محلول تری‌کلرواستیک اسید پنج درصد در مجاورت یخ هموزن و در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ و محلول روئی برداشت شد. نیم میلی‌لیتر از این محلول با نیم میلی‌لیتر از محلول تیوباربیتوریک اسید و تری‌کلرواستیک ۲۰ درصد مخلوط و در ۹۶ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۵ دقیقه انکوبه شد سپس در شرایط سرد در ۱۰۰۰۰ دور بر دقیقه به‌مدت ۵ دقیقه سانتریفوژ گردید. جذب محلول روئی در ۵۳۲ نانومتر اندازه‌گیری شد. از محلول تیوباربیتوریک اسید و

تری‌کلرواستیک ۲۰ درصد به‌عنوان شاهد استفاده شد مقدار MDA با استفاده از منحنی استاندارد تعیین گردید.

دی تیروزین (Di-Ty)

ابتدا برگ‌ها را با آب مقطر شسته، بلافاصله در بافر فسفات تریس ۰/۱۶ مولار با pH = ۷/۵ وارد و هموژن شد و در حضور حجم مشابه از همان بافر حاوی دیجیتونین و آنزیم هضم کننده دیواره، فرایند هضم غشای دیواره سلول صورت گرفت در پایان مقدار نیم میلی‌لیتر از محلول هموژن برای سنجش توسط روش استون و ژوزف (Steven and Joseph, 1978) برداشت و مقدار پروتئین بر اساس میلی‌گرم بر میلی‌لیتر تعیین شد. در پایان برای آنالیز آماری داده‌ها از نرم افزار SAS استفاده گردید و به‌منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز (SOD)

اثر ساده آبیاری و محلول‌پاشی با پوترسین در سطح یک درصد و اثرات متقابل آن‌ها در سطح پنج درصد بر میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز معنی‌دار گردید. با توجه به جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل (جدول سه) مشاهده گردید که بالاترین میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز متعلق به سطح توقف آبیاری در مرحله پر شدن دانه به‌میزان ۹۶۰/۱۵ (ΔA.mg pro.min^{-1}) بود و کم‌ترین میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز به میزان ۶۱۴/۸۵ (ΔA.mg pro.min^{-1}) متعلق به آبیاری معمولی منطقه بود.

آنزیم کاتالاز(CAT)

اثر ساده آبیاری و محلول‌پاشی با پوترسین در سطح یک درصد و اثر متقابل آبیاری آن‌ها در سطح پنج درصد بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار گردید. با توجه به جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل (جدول سه) مشاهده شد که بالاترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز متعلق به توقف آبیاری در مرحله پر شدن دانه و محلول‌پاشی پوترسین به‌میزان ۲۷۵/۱۳ (ΔA.mg pro.min^{-1}) و کم‌ترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز نیز متعلق به سطح آبیاری معمولی منطقه به‌میزان ۱۰۰/۷۵ (Δ A.mg pro.min^{-1}) بود. افزایش فعالیت این آنزیم در تیمار تنش به‌خاطر نقش مهم این آنزیم جهت مقابله با رادیکال‌های آزاد اکسیژن ایجاد شده در اثر تنش خشکی می‌باشد.

این آنزیم به‌عنوان یکی از آنزیم‌های سیستم آنتی اکسیدانتی در گیاه عمل می‌نماید. به‌طوری‌که H_2O_2 تولید شده به‌وسیله آنزیم کاتالاز به اکسیژن و آب تبدیل می‌شود(Hegedus *et al*., 2001).

در شرایط تنش کم آبی، افزایش غلظت پراکسید هیدروژن توسط فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز سبب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز برای تجزیه پراکسید هیدروژن می‌گردد اما در شرایط بدون تنش به‌دلیل عدم تولید بیش از حد رادیکال‌های آزاد اکسیژن، تولید پراکسید هیدروژن ناشی از یون سوپراکسید کاهش یافته و در نتیجه فعالیت آنزیم کاتالاز کاهش می‌یابد. تحقیقات ورما و میشرا (Verma and Mishra, 2005) نشان داد که کاربرد پوترسین در گیاهان تحت تنش سبب افزایش فعالیت سیستم آنتی اکسیدانتی گیاه از جمله آنزیم کاتالاز می‌گردد که با نتایج این تحقیق مشابهت داشت.

مالون دی آلدئید(MDA)

با توجه به جدول یک مشاهده گردید اثر متقابل آبیاری در محلول‌پاشی با پوترسین در سطح پنج درصد بر میزان مالون دی آلدئید معنی‌دار گردید. بالاترین میزان مالون دی آلدئید متعلق به سطح توقف آبیاری در مرحله پر شدن دانه به‌میزان ۱۳/۳۶ (nmol. g^{-1}FW) بود (جدول سه). همچنین کم‌ترین میزان مالون دی آلدئید نیز از سطح آبیاری معمولی منطقه به‌میزان ۵/۶ (nmol. g^{-1}FW)به دست آمد.

هنگامی که تنش اکسیداتیو رخ می‌دهد پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع در لیپیدها افزایش می‌یابد و در اثر حمله رادیکال‌های آزاد به لیپیدها، آلدئیدهای گوناگونی از جمله مالون دی آلدئید ایجاد می‌شود. بنابراین محتوای مالون دی آلدئید در برگ‌های گندم می‌تواند معیاری از شرایط تنش خشکی که گیاه در آن قرار دارد، باشد (Kusano *et al*., 2008). این نتایج حاکی از آن است که در شرایط تنش خشکی میزان مالون دی آلدئید تولید شده، افزایش یافت. این نتایج با تحقیقات جوس و همکاران (Jose *et al*., 1999) مبنی بر افزایش میزان مالون دی آلدئید در شرایط تنش خشکی مطابقت داشت. به اعتقاد آنها زمانی که دفاع آنتی اکسیدانتی کاهش می‌یابد یا تشکیل رادیکال‌های آزاد افزایش پیدا می‌کند، در این گونه موارد حالتی موسوم به تنش اکسیداتیو پدید می‌آید. بالاترین میزان مالون دی آلدئید مربوط به سطح عدم محلول‌پاشی با پوترسین و کم‌ترین میزان مالون دی آلدئید نیز متعلق به سطح محلول‌پاشی با پوترسین با غلظت ۱۵۰ قسمت در میلیون بود. تحقیقات محققان دیگر نیز اثبات نموده که کاربرد خارجی پلی‌آمین‌ها در گیاهان تحت تنش از پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب ماکرومولکول‌ها جلوگیری می‌کند (Tang and Newton,2005). به‌طور کلی اسیدهای چرب و لیپیدها حساسیت زیادی به اکسیژن دارند و به سرعت اکسید می‌شوند. از آن‌جائی که غشاهای سلولی یک غشای فسفولیپیدی می‌باشند واکنش اکسیژن با آن سبب تخریب غشای سلولی و ترشح الکترولیت‌ها به بیرون سلول می‌شود. پوترسین با پاکسازی اکسیژن فعال سبب کاهش در اکسیداسیون چربی‌های غشای سلولی و کاهش محتوای مالون دی آلدئید می‌گردد.

جدول ۱- میزان فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی اکسیدانتی گندم

Table 1. Some antioxidant enzymes activities of wheat

		M.S	میانگین مربعات				
S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	پوترسین Put	سوپر اکسید دیسموتاز SOD	کاتالاز CAT	مالون دی آلدئید MDA	دی تیروزین Di -Thy
Replication	تکرار	2	3.26^{ns}	37.26 ^{ns}	57.64 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.001 ^{ns}
Irrigation	آبیاری	3	4646.37**	158665.34 **	31497.90 **	127.50 **	9.36 **
Error (a)	خطای اصلی	6	2.58	24.55	45.67	0.002	0.0008
Foliar application of Put	محلول پاشی پوترسین	2	651.97 **	5607.55 **	2585.05 **	0.330 *	0.342 **
Foliar ×Irrigation application of Put	آبیاری × محلول پاشی پوترسین	6	11.89*	757.92 *	362.76 *	0.089*	0.085 *
Error (b)	خطای فرعی	16	3.44	616.65	158.23	0.070	0.030
C.V	ضریب تغییرات		2.04	3.14	7.43	2.73	4.05

به ترتیب فاقد اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد و اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد

ns ،* و** No significant difference , significant difference at 5 % level and 1 % levels in turn.

دی تیروزین (Di-Ty) Dityrosin

همان‌گونه که در جدول یک مشاهده می‌گردد اثر متقابل آبیاری در محلول‌پاشی با پوترسین در سطح پنج درصد بر میزان دی تیروزین معنی‌دار شد. رادیکال‌های آزاد، باعث تخریب پروتئین‌ها شده، اسیدهای آمینه مختلف آزاد می‌شوند و از اتصال دو اسید آمینه تیروزین از محل اکسیژن‌های شان یک دی پپتید بنام دی تیروزین ایجاد می‌گردد که این ماده نشانه ای از حمله رادیکال‌های آزاد در هنگام تنش خشکی به پروتئین‌ها و تخریب آنها می‌باشد. در واقع در هنگام تنش با توجه به این‌که میزان رادیکال‌های آزاد اکسیژن بیش‌تر می‌شود، پروتئین‌ها بیش‌تر در

معرض تخریب قرار گرفته و میـزان تولیـد دی تیـروزین نیـز بالا می‌رود از اندازه‌گیری میزان تولید این ماده می‌توان به این نکته پی برد که تنـش اکسیداتیـو افزایـش یافتـه است (Wang *et al.*,2003).

تحقیقات سایر محققان نشان داده که کاربرد پوترسین می‌تواند با افزایش آنریم‌های آنتی اکسیدانتی در گیاه از تخریب ماکرومولکول از قبیل پروتئین‌ها ممانعت به‌عمل آورند (Kaur-Sawhney *et al*., 2003). با توجه به جدول اثرات متقابل (جدول سه) مشاهده گردید که پائین‌ترین محتوای دی تیروزین مربوط به سطح محلول‌پاشی با پوترسین با غلظت ۱۵۰ قسمت در میلیون تحت شرایط توقف آبیاری در مراحل مختلف رشد به‌میزان ۳/۲ (nmol. g^{-1}FW) بود. تانگ و نوتون (Tang and Newton, 2005) بیان نمودند که کاربرد خارجی پلی‌آمین‌ها در گیاهان تحت تنش از تخریب ماکرومولکول‌ها از جمله پروتئین‌ها جلوگیری می‌کند. رم (Rom, 2005) در ارزیابی برخی از ارقام گندم محتمل به تنش گرما گزارش کرد که با افزایش دما در مرحلـه پر شـدن دانـه از ۲۱ به ۲۶ درجـه سانتی‌گراد، سرعت پر شدن دانه از محلول‌پاشی عناصر غذایی و پلی آمین پوترسین باعث افزایش سرعت و دوره پر شدن موثر دانه از طریق افزایش میزان فتوسنتز برگ در ارقام گندم بهاره شد.

این موضـوع با نتـایج شـوتزنبل و همـکاران (Schützendübel *et al*. 2001) مطابقت دارد به‌نظر می‌رسد که پلی‌آمین پوترسین با خاصیت آنتی اکسیدانتی و مهار پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و کاهش تولید رادیکال‌های آزاد، از اثر تنش گرما جلوگیری کرده و از آسیب سلولی و مرگ سلول‌ها ممانعت به‌عمـل می‌آورد. پلی‌آمین‌ها از تولید آنزیم‌های لازم برای سنتز اتیلن نیز جلوگیری نموده و باعث تاخیر در پیری گیاه شده و موجب افزایش طول دوره موثر پر شدن دانه و عملکرد دانه می‌گردند.

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های اثرات ساده آبیاری و محلول پاشی پوترسین بر روی فعالیت برخی آنزیم های آنتی اکسیدانت درگندم

Table 2.The mean comparison of normal irrigation and foliar application of Puterscine on some antioxidant enzymes activity of wheat

Treatment	تیمار	پوترسین Put (ppm)	سوپر اکسید دیسموتاز SOD ΔA.mg pro.min^{-1}	کاتالاز CAT ΔA.mg pro.min^{-1}	مالون دی آلدئید MDA (nmol. g^{-1}FW)	دی تیروزین DT (nmol. g^{-1}FW)
Irrigation	**آبیاری**					
Normal Irrigation	آبیاری معمول	64.28^{d}	620.57^{d}	103.97^{d}	5.56^{d}	3.18^{d}
Withholding irrigation in stem elongation	قطع آبیاری در ساقه‌دهی	81.88^{c}	764.04^{c}	147.10^{c}	7.57^{c}	3.68^{c}
Withholding irrigation in flowering	قطع آبیاری در گلدهی	100.72^{b}	838.93^{b}	181.73^{b}	12.11^{b}	4.89^{b}
Withholding irrigation in grain filing	قطع آبیاری در پر شدن دانه	116.63^{a}	935.31a	244.03^{a}	13.58^{a}	5.37^{a}
Foliar application of Put	**محلول پاشی پوترسین**					
Foliar application of pure water	محلول‌پاشی با آب خالص	83.94^{c}	766.80^{b}	155.99^{b}	9.87^{a}	4.46^{a}
Foliar application of Put (75 ppm)	محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۷۵ppm	90.08^{b}	792.60^{a}	166.64^{b}	9.70^{ab}	4.26^{b}
Foliar application of Put (150 ppm)	محلول پاشی پوترسین با غلظت ۱۵۰ppm	98.61^{a}	809.75^{a}	185.00^{a}	9.54^{b}	4.12^{b}

میانگین‌های داده شده در هر ستون که دارای حروف مشترک می‌باشند، تفاوتشان از نظر آماری در سطح پنج درصد دانکن معنی‌دار نیست.

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns by Dunkan test

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری و محلول‌پاشی پوترسین بر روی فعالیت برخی از آنزیم‌های آنتی اکسدانت گندم

Table 3.The mean comparison interaction effect of normal irrigation and foliar application of Puterscine on some antioxidant enzymes activities of wheat

Treatment	تیمار	پوترسین Put (ppm)	سوپر اکسید دیسموتاز SOD ΔA.mg pro.min^{-1}	کاتالاز CAT ΔA.mg pro.min^{-1}	مالون دی آلدئید MDA (nmol. g^{-1}FW)	دی تیروزین DT (nmol. g^{-1}FW)
آبیاری	**محلول‌پاشی پوترسین**					
	محلول‌پاشی با آب خالص Foliar application with pure water	55.79^{i}	614.85^{h}	100.75^{h}	5.603^{f}	3.23^{gh}
	محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۷۵ppm Foliar application of Put (75 ppm)	62.88^{h}	620.87^{h}	103.89^{h}	5.556^{f}	3.18^{h}
آبیاری معمول Normal Irrigation	**محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۱۵۰ppm** Foliar application of Put (150 ppm)	74.16^{g}	626.00^{h}	107.28^{h}	5.53^{f}	3.15^{h}
	محلول‌پاشی با آب خالص Foliar application with pure water	75.13^{g}	736.80^{g}	131.69^{g}	7.76^{e}	3.85^{e}
توقف آبیاری در مرحله ساقه دهی Withholding irrigation in stem elongation	**محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۷۵ppm** Foliar application of Put (75 ppm)	81.60^{f}	771.03^{fg}	148.40^{fg}	7.54^{e}	3.70^{ef}
	محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۱۵۰ppm Foliar application of Put (150 ppm)	88.90^{e}	784.30^{ef}	161.23^{ef}	7.41^{e}	3.48^{fg}
	محلول‌پاشی با آب خالص Foliar application with pure water	96.53^{d}	814.73^{de}	173.38^{e}	12.30^{c}	5.11^{bc}
توقف آبیاری در مرحله گلدهی Withholding irrigation in flowering	**محلول پاشی پوترسین با غلظت ۷۵ppm** Foliar application of Put (75 ppm)	99.39^{d}	833.52^{cd}	175.43^{e}	12.16^{cd}	4.87^{cd}
	محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۱۵۰ppm Foliar application of Put (150 ppm)	106.26^{c}	868.54^{bc}	196.37^{d}	11.87^{d}	4.69^{d}
	محلول‌پاشی با آب خالص Foliar application with pure water	108.30^{c}	900.83^{b}	218.14^{c}	13.84^{a}	5.64^{a}
توقف آبیاری در مرحله پر شدن دانه Withholding irrigation in grain filing	**محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۷۵ppm** Foliar application of Put (75 ppm)	116.46^{b}	944.96^{a}	238.82^{b}	13.53^{ab}	5.31^{b}
	محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۱۵۰ppm Foliar application of Put (150 ppm)	125.14^{a}	960.15^{a}	275.13^{a}	13.36^{b}	5.16^{b}

میانگین‌های داده شده در هر ستون که دارای حروف مشترک می‌باشند، تفاوتشان از نظر آماری در سطح پنج درصد دانکن معنی‌دار نیست.

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns by Dunkan test

میزان پوترسین (Put)

اثر ساده آبیاری و محلول‌پاشی با پوترسین در سطح یک درصد و اثرات متقابل آن‌ها در سطح پنج درصد بر میزان پوترسین معنی‌دار گردید. با توجه به جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل (جدول سه) مشاهده گردید که بالاترین میزان پوترسین متعلق به توقف آبیاری در مرحله پر شدن دانه و محلول پاشی پوترسین با غلظت ۱۵۰ میلیون در قسمت به میزان ppm ۱۲۵/۱۴و کم‌ترین میزان پوترسین نیز متعلق به سطح آبیاری معمولی منطقه به میزان p.p.m ۵۵/۷۹ بود. نقش پلی‌آمین‌ها در افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های غیر-زیستی، از جمله خشکی مورد توجه قرار گرفت. انواع پلی‌آمین‌ها از نظر تأثیر تخفیف تنش با یکدیگر متفاوتند. انباشتگی بالای پوترسین و کاهش اسپرمیدین و اسپرمین همراه با حساسیت به شوری است. مشابه این نتایج در سایر گونه‌ها دیده شد، به همین دلیل برخی پژوهشگران نسبت (اسپرمیدین+ اسپرمین)/ پوترسین را در تعیین پاسخ گیاه به شوری، مهم قلمداد کردند (Kusano *et al.*, 2008). اثر آنتی اکسیدانتی پلی‌آمین‌ها به‌طور عمده به‌ویژگی کاتیونی آن‌ها مربوط است که برای برداشت رادیکال‌های آزاد عمل می‌کنند و در نتیجه قادر به مهار پراکسیداسیون لیپیدها هستند. با این حال شواهد ضد و نقیضی در مورد نقش آنتی اکسیدانی پلی آمین‌های اگزوژن به دست آمد. در برخی موارد این ترکیبات به‌عنوان پرواکسیدانت و القا کننده تنش و گاهی به‌عنوان آنتی اکسیدانت و کاهش دهنده رادیکال‌های آزاد معرفی شدند (Groppa and Benavides, 2008) که نقش آن‌ها در این تحقیق به‌عنوان آنتی اکسیدانتی مشهود است

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مسوولان محترم دانشگاه وآزمایشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا تقدیر می‌گردد.

منابع **References**

خشوئی، س. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر کم آبی و تراکم بوته بر برخی از صفات زراعی و مورفوفیزیولوژیک و بیوشیمیائی دو رقم سویا در منطقه ورامین. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی ورامین- پیشوا . صفحه ۱۷۸.

Gorecka, K., Cvikrova, M., Kowalska , U., Eder, J., Szafranska, K., Gorecki, R., and Janas ,K.M. 2007. The impact Cu treatment on phenolic and polyamine levels in plant material regenerated form embyos obtained in anther culture of carrot. Plant physiology and Biochemistry 45:54-61.

Groppa, M.D., and Benavides, M.P. 2008. Polymines and Abiotic stress: recent advances. Amino Acids 34:35-45.

Hegedus, A., Erdei, S., and Horvath, G. 2001. Comparative studies of H_2O_2 detoxifying enzymes in green and greening barley seedlings under cadmium stress. Plant Sci. 160, 1085–1093.

Jose, M.M., Preze Gomes, C., and Castro, I.C.N.E. 1999. Chemical Biochemistry. Vol. No.3: 595- 603.

6- Kaur-Sawhney, R. Tiburcio, A. F. Altabella T. and Galston. A. W. 2003. Polyamines in plants: An overview. *J. Cell and Mol. Biol*., vol. 2, pp. 1-12.

Kusano, T., Berberich, T., Tateda, C., and Takahashi, Y. 2008. Polyamines: essential factors for growth and survival. *Planta*, 228, 367-381.

Lawlor, D.W., and Leach, J.E. 1985.Leaf growth and water deficit. In: Control of leaf growth. Baker, N.R., Davies, W . J.and Ong, C K (eds). Pp:267-294. Camb .Univ. Press.

Martin-Tanguy, J. 2011. Metabolism and function of polyamines in plants: recent development (new approaches). Plant Growth Regulation 34:135-148.

Misra, D. 1997. Studies on the quantities trait J. Lab Med 70:158-165.

Ohkawa H, Ohishi, V., and Yagi, Y. 1979. Assay of lipid peroxides in tissues by thiobarbituric acid reaction. Ann Biochem. 95:51-58.

Paglia, D. 1997. Studies on the quantitive trait base .J Lab Med, 70:158-165.

Rom, L.A., Kumarri, L.C., and Neto, J.F.B. 2005. Correlation and path analysis of yield and its components and plant traits in wheat. Ciecia Rural 34, 1701-1708.

Steven, A.K., Joseph, H.M. 1978. Lipid peroxidase in sample as measured by liquid chromatography separation .Elin. Chen. 32,217-220.

Schützendübel, A., Schwanz, P., Teichmann, T., Gross, K., Langenfeld-Heyser, R., Godbold, D.L., and Polle, A. 2001. Cadmium-induced changes in antioxidative systems, hydrogen peroxide content, and differentiation in scots pine roots. Plant Physiology 127: 887-898.

Tang, W., and Newton, J.R .2005. Polyamines reduced salt induced oxidative damage by increasing the activities of antioxidant enzyme and decreasing lipid peroxidation in Virginia pine. Plant Growth Regulation 46:31-43.

Verma, S., Mishra, Sh.N. 2005. Putrescence alleviation of growth in salt stressed *Brassica Juncea* by inducing ant oxidative defense .J plant physiol:162:669-677.

Wang, W., Vinocur, B., and Altman, A. 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. Planta. 218:1-14.