

اثر تنظیم کننده پیکس بر پارامترهای رشد آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و شاخص‌های اکسیدانی دانه رست دو رقم ساحل و شایان گیاه رست پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) در سطوح مختلف خشکی

شهربانو غفوری^۱، مریم نیاکان^{۱*}، عمران عالی‌شاه^۲، محمدرضا زنگی^۲

^۱گروه زیست‌شناسی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران

^۲موسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۲۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۰۴

چکیده

مپی کوات کلرید (پیکس) به عنوان یک ابزار مهم مدیریتی برای کاهش آسیب تنش در گیاه پنبه در مرحله جوانه‌زنی می‌باشد. در این تحقیق، اثر سطوح مختلف خشکی و میزان مپی کوات کلرید (پیکس) بر شاخص‌های رشد و آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و نیز میزان مالون دی آلدهید و پراکسید هیدروژن دانه رست دو رقم پنبه تحت شرایط آزمایشگاهی بررسی شد. این تحقیق در یک طرح کاملاً تصادفی با استفاده از غلظت‌های ۰، ۵ و ۱۰ گرم بر لیتر پیکس و نیز اعمال سطوح خشکی با کاربرد پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ در مقادیر ۰، ۴- و ۸- بار در ظروف پتری بر دو رقم ساحل (حساس به خشکی) و شایان (مقاومت به خشکی) گیاه پنبه انجام شد. شاخص‌های جوانه زنی و نیز پارامترهای فیزیولوژیکی دانه رست‌های تحت تیمار خشکی و پیکس پس از ۴ روز اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که استفاده از پیکس باعث افزایش درصد جوانه زنی، طول ریشه‌چه، وزن خشک و تردانه رست و فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز ارقام پنبه در شرایط تنش خشکی شد در حالی که اعمال تنش خشکی به تنهایی موجب کاهش پارامترهای ذکر شده گشت. همچنین اعمال خشکی موجب افزایش شاخص‌های اکسیدانی یعنی مالون دی آلدهید و پراکسید هیدروژن در دانه رست‌های دو رقم ساحل و شایان شد در حالی که کاربرد پیکس شاخص‌های نامبرده را کاهش داد. به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشان داد کاربرد پیکس سبب بهبود پاسخ‌های رشدی و سیستم آنتی‌اکسیدانی دو رقم پنبه گشت که در این بین پاسخ رقم شایان مناسب‌تر از رقم ساحل بود.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی اکسیدانی، پنبه، تنش، شاخص‌های مورفوفیزیولوژی، مپی کوات کلرید

مقدمه

برای منسوجات و صنایع روغنی و غذایی و مصارف گوناگون دیگر، در دنیای امروز از نظر اقتصادی و تجارتي دارای اهمیت فوق‌العاده‌ای می‌باشد. بررسی تولید پنبه در جهان نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر بر تولید و مصرف پنبه در جهان افزوده شده است. همراه با تغییرات اقلیمی و به تبع آن افزایش میزان خشکسالی در دنیا، به آب بیشتر برای تولید محصولات کشاورزی نیاز است (Kamran et al.,

پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) گیاهی است گلدار که به خانواده *Malvaceae* تعلق داشته و یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است که ارتباط بین دو بخش کشاورزی و صنعت را فراهم نموده است و به دلیل تولید الیاف (Wang et al., 2014) و ماده خام

*نویسنده مسئول:

به رغم کاهش رشد ساقه، رشد ریشه در کمبود آب به طور قابل توجهی کاهش نمی‌یابد. بنابراین، در شرایط کم آبی، نسبت ریشه به ساقه گیاهان معمولاً افزایش یافته؛ با این حال، مجموع بیوماس گیاهان بطور قابل توجهی کاهش می‌یابد (Jaleel et al., 2009). (Zare et al., 2011);

تحقیقات نشان داده است گیاهانی که در معرض خشکی قرار می‌گیرند، انواع اکسیژن فعال (ROS) را تولید می‌کنند (Zhang et al., 2014). اثر زیان آور ROS بر ساختارهای زیستی شامل تخریب DNA، اکسیداسیون پروتئین و پراکسیداسیون لیپید است (Liu et al., 2017). گیاهان برای کاهش این اثرات زیان آور، دارای آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از قبیل کاتالاز و پراکسیداز می‌باشند (Vranova et al., 2002). مشاهده شده است محتوی بالای آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی در تحمل تنش خشکی مهم می‌باشند. پراکسیداز و کاتالاز به‌عنوان آنزیم تنش شناخته شده (Furukawa et al., 2017) و در شرایط خشکی نقش مؤثری در پاکسازی پراکسید هیدروژن دارند (Guo et al., 2006).

یکی از روش‌های ساده ای که قدرت و استقرار گیاهچه‌ها و در نتیجه کارایی گیاه را در مزارع بهبود می‌بخشد، پرایمینگ بذر می باشد (Gupta et al., 2008) پرایمینگ بذر یکی از روش‌های فیزیولوژیکی می باشد که سبب تسریع درصد جوانه‌زنی، افزایش کیفیت گیاهچه‌های تولیدی و استقرار مطلوب گیاه می‌شود. همچنین پرایمینگ بذر می‌تواند تحت شرایط نامساعد محیطی ناشی از عدم وجود هریک از فاکتورهای لازم برای جوانه زنی، مورد استفاده قرار گیرد. در این روش بذور پیش از قرارگرفتن در بستر خود و مواجهه با شرایط اکولوژیکی محیط، به لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را

که در این راستا تولید پایدار پنبه را در طی سال‌های آبی در دنیا با مشکلاتی همراه می‌سازد (Vories et al., 2015).

تحقیقات نشان داده است تنش خشکی موجب تحریک گیاه به یک سری پاسخ‌های دفاعی (Ravash et al., 2013) و بروز تغییرات نامناسب مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاه می‌شود (Wanichan et al., 2003). از جمله این تغییرات نامناسب می‌توان به کاهش درصد جوانه‌زنی بذرها اشاره کرد (Salvino et al., 2011). در این رابطه به کارگیری روش‌های مختلف برای افزایش سرعت و قدرت جوانه زنی بسیار ضروری به نظر می‌رسد. جوانه‌زنی مطلوب و در پی آن استقرار مناسب و یکنواخت گیاه در مزرعه می‌تواند راه را برای تولید محصولی قابل قبول از نظر کمی و کیفی هموار سازد (Harris et al., 2007).

گزارش‌های متعدد نشان می‌دهد خشکی با برهم زدن توازن اسمزی گیاهان موجب کاهش رشد و عملکرد آنها می‌شود (Shao et al., 2008) تنظیم اسمزی به این دلیل به‌عنوان یک سازگاری مهم به شوری تلقی می‌شود که به نگهداری آماس و حجم سلول کمک نموده و اغلب باعث ادامه رشد، عملکرد یا بقای گیاه در خاک‌های خشک می‌گردد (Madhava et al., 2006). تحمل به تنش خشکی تقریباً در تمام ارقام گیاهی مشاهده می‌شود، ولی میزان این تحمل در سطح گونه‌ها و ارقام متفاوت است (Reddy et al., 2004).

در گیاهان زراعی کاهش وزن تر و خشک تحت تأثیر تنش خشکی مشاهده شده است (Farooq et al., 2009). توانمندی‌های تولیدی گیاه در مواجهه با تنش خشکی به طورشدید به فرآیندهای تسهیم ماده خشک بستگی دارد. در تنش خشکی وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه بیشتر از وزن خشک ریشه کاهش می‌یابد.

پیکس بر شاخص‌های رشد و نیز پاسخ‌های فیزیولوژیکی دخیل در مقاومت به خشکی دانه رست‌های دو رقم ساحل و شایان بود.

مواد و روش‌ها

بذر بدون کرک ارقام ساحل و شایان از موسسه تحقیقات پنبه کشور واقع در استان گلستان، شهرستان گرگان در سال ۱۳۹۶ تهیه و آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در موسسه پنبه اجرا گردید. رقم ساحل به‌عنوان رقم حساس به خشکی و رقم شایان از ارقام جدید و مقاوم به خشکی پنبه محسوب می‌شود. جهت پرایمینگ بذر، بذرهای دورقم پنبه به‌طور جداگانه به مدت ۵ ساعت در غلظت‌های مختلف ۵ و ۱۰ گرم بر لیتر پیکس و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس ۲۰ بذر از هر رقم در پلیت در ژرمیناتور با دمای ۲۷ درجه به‌مدت ۴ روز نگهداری شدند. جهت اعمال تنش خشکی از پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ با پتانسیل‌های مختلف (۴- و ۸- بار) و برای گروه شاهد نیز از آب مقطر استفاده گردید. میزان پلی‌اتیلن گلیکول مصرفی برای ایجاد پتانسیل لازم از فرمول پیشنهادی Michel و Kaufmann (۱۹۷۳) بدست آمد (رابطه ۱) که در آن ϕ پتانسیل اسمزی، C غلظت پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ (MW, PEG=6000) بر حسب گرم در لیتر و T دما بر حسب سانتی‌گراد می‌باشد.

رابطه (۱)

$$\phi = (1.18 \times 10^{-2})C - (1.18 \times 10^{-4})C^2 + (2.67 \times 10^{-4})CT + (8.39 \times 10^{-7})C^2T$$

بعد از چهار روز برخی از شاخص‌های رشد (درصد جوانه زنی، طول ریشه‌چه، وزن تر و خشک) و نیز پارامترهای بیوشیمیایی (فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر پراکسیداز، کاتالاز، مقدار مالون دی

به‌دست می‌آورند. این امر می‌تواند سبب بروز تظاهرات زیستی و فیزیولوژیکی متعددی در بذر تیمار شده و گیاه حاصل از آن گردد (Nascimento et al., 2004). محققان در زمینه کاربرد مواد شیمیایی به‌منظور متوقف ساختن رشد پنبه و ریزش میوه‌ها در اواخر فصل و قطع اجباری گلدهی به موفقیت‌های قابل توجهی دست یافتند که با هدف ایجاد توازن بیشتر میان میوه‌دهی و رشد رویشی گیاه پنبه، انجام می‌شود. یکی از مواد تنظیم‌کننده رشد که در حال حاضر جهت کنترل رشد رویشی پنبه مورد استفاده قرار می‌گیرد می‌کوات کلراید با نام عمومی پیکس می‌باشد (Oosterhuis., 2000).

تحقیقات نشان داده است آغشتگی بذر با پیکس قبل از کشت یک روش مناسب در کاهش اثرات تنش‌های محیطی نظیر خشکی و شوری بوده و می‌تواند با تغییر در فیزیولوژی بذر و تحت تاثیر قرار دادن دیواره سلولی در مراحل اولیه جوانه زنی موجب افزایش طول ریشه گردد (Iqbal et al., 2005). استفاده از پیکس در شرایط تنش موجب بهبود جوانه زنی شده و موجب تغییرات ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی از جمله افزایش درصد جوانه‌زنی (Zhang et al., 1990) طول ریشه چه (Oosterhuis, 2000)، وزن تر و خشک و نیز افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر پراکسیداز و میزان ترکیبات فنلی دانه رست می‌گردد (Alishah et al., 2012). همچنین تیمار بذر پنبه با پیکس سبب میشود گیاهان حاصل از آن که تحت تنش خشکی قرار گرفتند کوتاهتر و مقاوم تر بوده و برگ‌ها دارای محتوای کلروفیلی بیشتری باشند (Zhao, 2000).

با توجه به اینکه راجع به اثر پیکس بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی دانه رست پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در شرایط تنش تحقیقات اندکی صورت پذیرفته است. لذا هدف از این تحقیق بررسی تاثیر پرایمینگ

سنجش فعالیت کاتالازی (Machly and Chance, 1995): ۲/۵ میلی لیتر بافر فسفات ۰.۵٪ مولار با $\text{PH} = 7$ و ۰/۲ میلی لیتر آب اکسیژنه ۳ درصد و سپس ۰/۲ میلی لیتر عصاره آنزیمی استخراج شده به آن اضافه و تغییرات جذب در ۲۴۰ نانومتر خوانده شد. فعالیت آنزیم بر حسب ODmin-1 g-1 FW در نظر گرفته شد (تمام مراحل مخلوط کردن در ظرف یخ انجام شد).

سنجش فعالیت پراکسیداز (Koroi, 1989): ۲ میلی لیتر تامپون استات ۰/۲ مولار با $\text{PH} = 5$ و ۰/۴ میلی لیتر آب اکسیژنه ۳ درصد و ۰/۲ میلی لیتر بنزیدین ۱٪ مولار در الکل ۵۰ درصد را با هم مخلوط کرده و سپس ۰/۱ میلی لیتر عصاره آنزیمی به مخلوط فوق اضافه و تغییرات جذب در طول موج ۵۳۰ نانومتر خوانده شد. فعالیت آنزیم بر حسب واحد ODmin-1 g-1 FW در نظر گرفته شد.

سنجش مقدار مالون دی آلدئید (MDA) (Valentovic et al., 2006): برای سنجش میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء، غلظت مالون دی آلدئید تولید شده توسط واکنش با تیوباریتوریک اسید (TBA) که سبب تشکیل کمپلکس قرمز MDA - TBA در طول موج ۵۳۲ نانومتر می شود به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه گیری شد، سپس جذب بقیه رنگریزه های غیر اختصاصی در ۶۰۰ نانومتر تعیین شد و از میزان جذب در ۵۳۲ نانومتر کسر گردید. برای محاسبه مقدار مالون دی آلدئید ضریب خاموشی $1 \text{ cm}^{-1} \text{ mmol}^{-1}$ استفاده شد و در نهایت مقدار مالون دی آلدئید که محصول پراکسیداسیون لیپیدها است براساس میکرومول در گرم وزن خشک محاسبه شد.

سنجش مقدار پراکسید هیدروژن (Loreto and Velikova, 2001): به این منظور ۰/۳ گرم دانه رست

آلدئید و پراکسید هیدروژن) در دانه رست های دو رقم پنبه (ساحل و شایان) مورد سنجش قرار گرفت. تعیین درصد جوانه زنی دانه رست: درصد جوانه زنی دانه رست های دو رقم پنبه بعد از ۴ روز توسط رابطه زیر محاسبه شد. دانه هایی که طول ریشه چه آنها یک میلی متر یا بیشتر بود به عنوان بذره های جوانه زده در نظر گرفته شدند.

$$PG = 100 \frac{n}{N}$$

n = تعداد بذره های جوانه زده

N = تعداد کل بذره های کشت شده

PG = درصد جوانه زنی

اندازه گیری طول ریشه چه دانه رست: طول ریشه چه بر حسب میلی متر توسط خط کش اندازه گیری شد. تعیین وزن تر و خشک دانه رست: ۴ عدد دانه رست از هر تیمار به طور تصادفی انتخاب و وزن تر آنها توسط ترازوی دیجیتال بر حسب گرم اندازه گیری شد. جهت تعیین وزن خشک، ۴ دانه رستی که وزن تر آنها گرفته شد در داخل آون در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده و سپس وزن شدند.

سنجش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی کاتالاز و پراکسیداز: جهت سنجش فعالیت آنزیم های مورد نظر نیاز به عصاره آنزیمی بود.

استخراج عصاره آنزیمی: یک گرم بافت دانه رست تازه با ۴ میلی لیتر محلول عصاره گیری به مدت ۱۵ دقیقه سائیده شد تا بصورت مخلوط همگن در آید. محلول حاصل به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی گراد قرار گرفت. محلول به مدت ۳۰ دقیقه با دور ۴۰۰۰ در سانتریفیوژ قرار گرفت. محلول رویی در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شد (مهلت نگهداری عصاره پروتئینی تا ۴ هفته بود).

درصد ($p \leq 0.05$) با نرم افزار Spss مقایسه شدند.

نتایج

چنانچه در جدول نتایج تجزیه واریانس مشاهده می شود اثر خشکی بر کلیه پارامترهای مورد ارزیابی پنبه به جزء وزن خشک و میزان MDA معنی دار بود. اثر پیکس نیز بر کلیه پارامترهای فیزیولوژیک مذکور به جزء وزن خشک، وزن تر و فعالیت پراکسیدازی در سطح آماری یک درصد معنی دار بود. همچنین اثرات متقابل خشکی \times پیکس و پیکس \times رقم در کلیه پارامترهای مورد ارزیابی به جزء درصد جوانه زنی معنی دار نبود. اثرات متقابل خشکی و رقم فقط بر درصد جوانه زنی و میزان پراکسید هیدروژن معنی دار گشت. همچنین اثرات متقابل خشکی \times پیکس \times رقم به جزء در وزن خشک در سایر پارامترها معنی دار بود (جدول ۱).

در ۳ میلی لیتر لیتری کلرو استیک اسید ۱ درصد (TCA) هموزن گردید. سپس نمونه ها به لوله های سانتریفوژ منتقل و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی گراد با ۱۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شدند. پس از آن به ۰/۷۵ میلی لیتر از محلول روشنآور، ۰/۷۵ میلی لیتر بافر فسفات پتاسیم ۱۰ میلی مولار با pH معادل ۷ و ۱/۵ میلی لیتر یدید پتاسیم یک مولار اضافه شد. غلظت پراکسید هیدروژن نمونه ها به وسیله مقایسه جذب آنها در طول موج ۳۹۰ نانومتر و منحنی استاندارد آن در طیفی از ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ میکرومول بر میلی لیتر محاسبه شد. در نهایت غلظت پراکسید هیدروژن با توجه به محتوای آب نمونه ها و درصد ماده خشک به صورت میکرومول بر گرم وزن خشک بیان شد.

داده ها با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه و میانگین مقادیر با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد ارزیابی ارقام پنبه.

منبع تغییر	درجه آزادی	جوانه زنی (درصد)	وزن تر (گرم)	وزن خشک (گرم)	طول ریشه چه (میلی متر)	پراکسیداز (جذب در دقیقه به ازای ۱ گرم تر)	کاتالاز (جذب در دقیقه به ازای ۱ گرم تر)	مالون دی آلدید (میکرو مول بر گرم وزن تر)	پراکسید هیدروژن (میکرو مول بر گرم وزن تر)
خشکی	۲	۳۸۷۴۱**	۰/۰۲۰**	۰/۰۰۰ ns	۸۶/۰۰۰**	۰/۰۱۳**	۰/۴۹۳**	۰/۰۱۵ ns	۱/۱۰۴**
پیکس	۲	۱۳۵۲۰۷۴**	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۱ ns	۸۴/۶۶۷**	۰/۰۰۰ ns	۰/۲۰۸**	۲/۰۵۵**	۱/۰۵۲**
رقم	۱	۱۵۴۶/۶۸۵**	۰/۰۳۶**	۰/۰۰۰ ns	۴۰۰/۱۶۷**	۰/۰۴۱**	۱/۶۴۷**	۱۲/۳۷۴**	۳/۳۵۰**
خشکی \times پیکس	۴	۷۹۶۸۵**	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ ns	۲/۹۱۷ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۱۸ ns	۰/۰۶۶ ns	۰/۰۶۸ ns
خشکی \times رقم	۲	۵۶/۰۷۴**	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۶۶۷ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۱۳ ns	۰/۴۷۱**
پیکس \times رقم	۲	۷۳۷/۸۵۲**	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ ns	۲/۸۸۹ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۱۷ ns	۰/۰۴۶ ns	۰/۱۸۷ ns
پیکس \times خشکی \times رقم	۴	۳۸۰/۰۷۱**	**۰/۰۰۵	۰/۰۰۰ ns	**۴۶/۷۹۴	**۰/۰۰۵	**۰/۱۹۴	**۰/۹۹۸	۰/۵۷۰**
خطا	۴۰	۲/۵۱۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۹/۲۰۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۶	۰/۰۳۴	۰/۰۳۹
کل	۵۳								

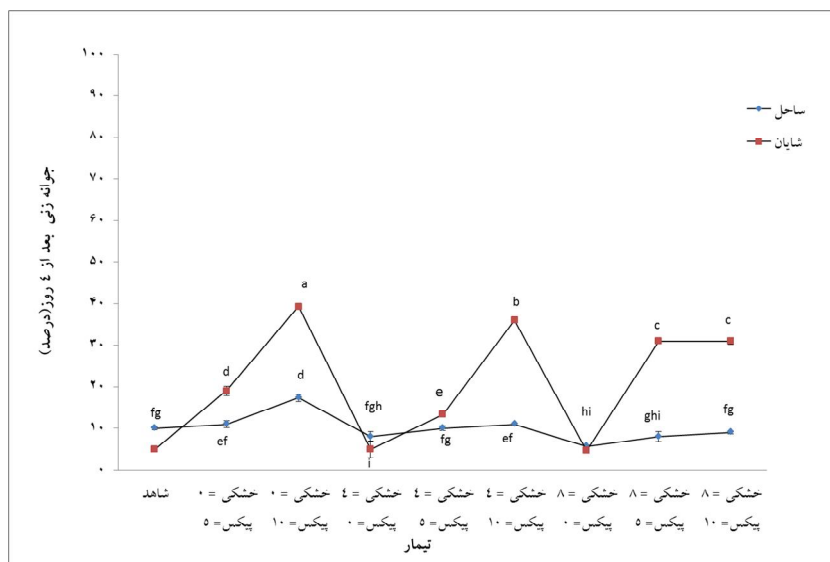
تذکر: ns، *، ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

معنی دار بود. در شرایط بدون تنش (شاهد)، رقم ساحل بیشترین درصد جوانه زنی (۱۰ درصد) را داشت که در مقایسه با رقم شایان افزایش معنی داری داشت. در تنش خشکی ۴ و ۸ بار تفاوت معنی داری

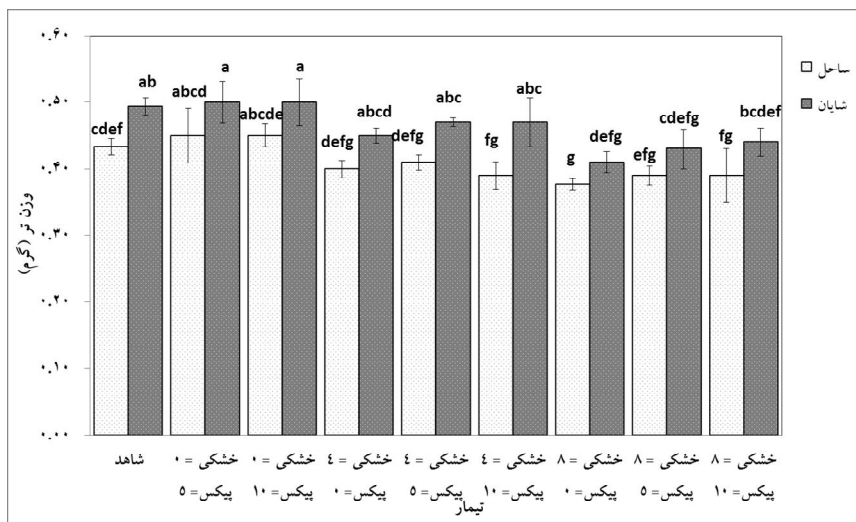
بررسی تاثیر پیکس و تنش خشکی بر درصد جوانه زنی، وزن تر و خشک و طول ریشه چه دانه رست پنبه: تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد اثر خشکی، پیکس و اثرات متقابل آن بر درصد جوانه زنی

نشان داد. در تیمار توام پیکس و خشکی بیشترین درصد جوانه زنی در رقم شایان و در پیکس ۱۰ گرم بر لیتر ۵ و خشکی ۴ بار (۳۸ درصد) مشاهده شد (شکل ۱)

بین ارقام مورد مطالعه مشاهده نشد. افزایش غلظت پیکس موجب افزایش درصد جوانه زنی شد. بیشترین درصد جوانه زنی در غلظت ۱۰ گرم بر لیتر پیکس، در رقم شایان (۴۰ درصد) مشاهده شد که نسبت به درصد جوانه زنی در رقم ساحل افزایش معنی داری را



شکل ۱: تاثیر پیکس، خشکی و اثر متقابل آنها بر درصد جوانه زنی ارقام پنبه (خشکی = dr) میانگین‌هایی با حروف مشابه از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی دار نمی‌باشد.



شکل ۲: تاثیر پیکس، خشکی و اثر متقابل آنها بر وزن تر ارقام پنبه

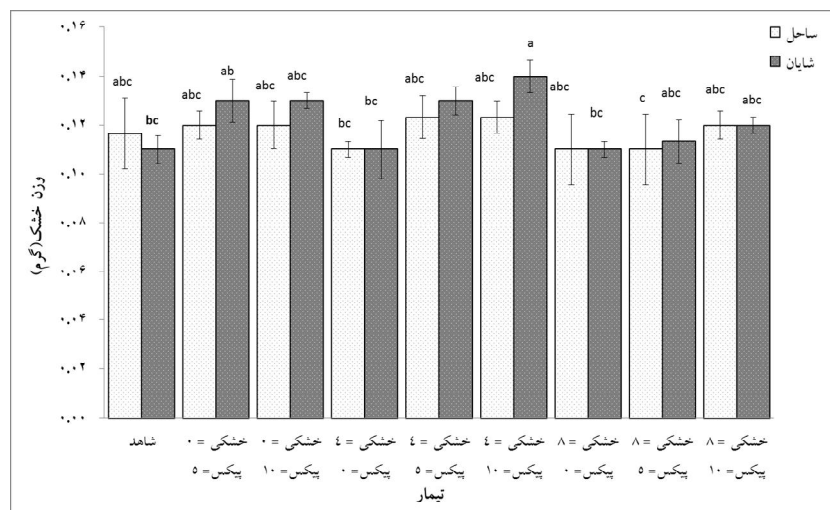
(شاهد) وزن تر دانه رست رقم شایان ۰/۴ گرم بود که در مقایسه با رقم ساحل افزایش معنی داری داشت. در تنش خشکی ۴ و ۸ بار تفاوت معنی داری بین ارقام

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد خشکی، پیکس و اثرات متقابل آن بر وزن تر دانه رست اثر معنی دار نداشت. در شرایط بدون تنش

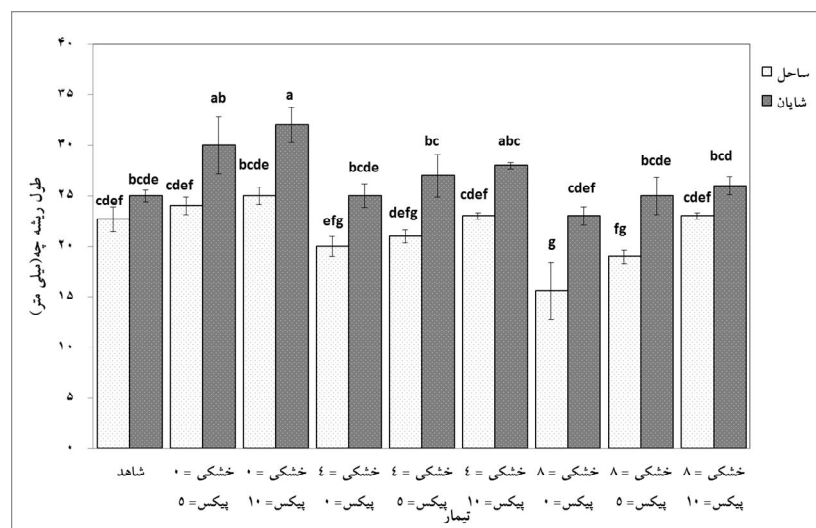
۸ بار تفاوت معنی داری بین ارقام مورد مطالعه مشاهده نشد. در تیمار پیکس، افزایش غلظت پیکس اثر معنی داری بر وزن خشک دو رقم مورد مطالعه نداشت. در تیمار توام پیکس و خشکی بیشترین وزن خشک دانه رست (۰,۱۴ گرم) در رقم شایان در پیکس ۱۰ گرم بر لیتر و خشکی ۴ بار مشاهده شد و بین غلظت‌های مختلف تفاوت معنی داری مشاهده نشد (شکل ۳).

مورد مطالعه مشاهده نشد. در تیمار پیکس و تیمار توام پیکس و خشکی اثر معنی داری بر وزن تر دانه رست مشاهده نشد (شکل ۲).

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد اثر خشکی، پیکس و اثرات متقابل آن بر وزن خشک دانه رست معنی دار نبود. در شرایط بدون تنش (شاهد) وزن خشک دانه رست رقم ساحل در مقایسه با رقم شایان تفاوت معنی داری نداشت. در تنش خشکی ۴ و



شکل ۳: تاثیر پیکس، خشکی و اثر متقابل آنها بر وزن خشک ارقام پنبه



شکل ۴: تاثیر پیکس، خشکی و اثر متقابل آنها بر طول ریشه چه ارقام پنبه

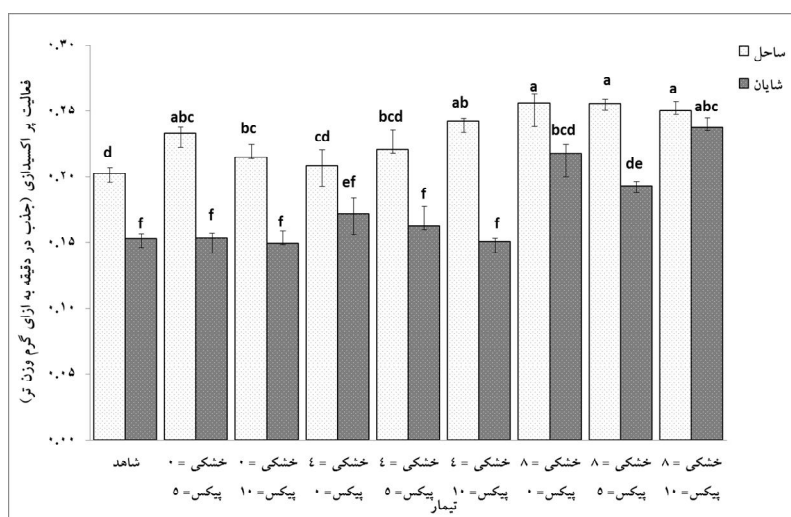
دانه رست معنی دار بود. در شرایط بدون تنش (شاهد) طول ریشه چه رقم شایان ۲۵ میلی‌متر بود که در

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد اثر خشکی، پیکس و اثرات متقابل آن بر طول ریشه چه

خشکی، پیکس و اثرات متقابل آن بر پراکسیدازی دانه رست معنی دار بود. در شرایط بدون تنش (شاهد) فعالیت پراکسیدازی رقم ساحل در مقایسه با رقم شایان افزایش معنی داری داشت. در تنش خشکی ۴ و ۸ بار تفاوت معنی داری بین ارقام مورد مطالعه مشاهده شد و بیشترین مقدار فعالیت پراکسیدازی در رقم ساحل و در خشکی ۸ بار مشاهده شد. در تیمار پیکس، افزایش غلظت پیکس اثر معنی داری بر مقدار پراکسیداز دو رقم مورد مطالعه نداشت. در تیمار توام پیکس و خشکی فعالیت پراکسیداز رقم ساحل بالاتر بود و بین غلظت‌های مختلف پیکس و خشکی تفاوت معنی داری مشاهده نشد (شکل ۵).

مقایسه با رقم ساحل تفاوت معنی داری نداشت. در تنش خشکی ۴ و ۸ بار تفاوت معنی داری بین ارقام مورد مطالعه مشاهده نشد. در تیمار پیکس، افزایش غلظت پیکس اثر معنی داری بر طول ریشه چه دو رقم مورد مطالعه نداشت. در تیمار توام پیکس و خشکی، بیشترین طول ریشه چه دانه رست (۲۷ میلی‌متر) در رقم شایان در پیکس ۱۰ گرم بر لیتر و خشکی ۴ بار مشاهده شد و بین غلظت‌های مختلف تفاوت معنی داری مشاهده نشد (شکل ۴).

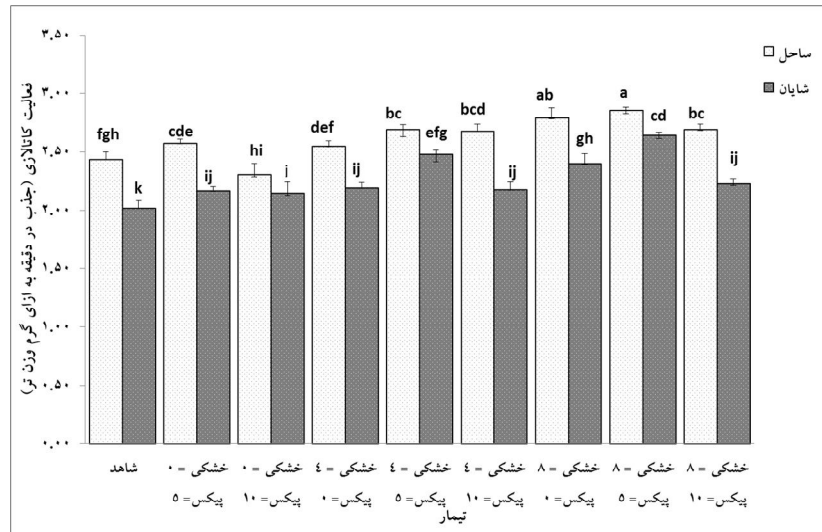
بررسی تاثیر پیکس و تنش خشکی فعالیت پراکسیدازی، کاتالازی، مالون دی آلدئید (MDA) و پراکسید هیدروژن دانه رست پنبه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد اثر



شکل ۵: تاثیر پیکس، خشکی و اثر متقابل آنها بر فعالیت پراکسیدازی ارقام پنبه

غلظت پیکس اثر معنی داری بر فعالیت آنزیم نامبرده در رقم شایان نداشت در حالی که موجب کاهش معنی دار فعالیت کاتالازی در رقم ساحل شد. در تیمار توام پیکس و خشکی، نیز فعالیت آنزیم در رقم ساحل بالاتر بود و افزایش غلظت پیکس همراه با افزایش خشکی موجب کاهش فعالیت کاتالازی در هر دو رقم گردید (شکل ۶).

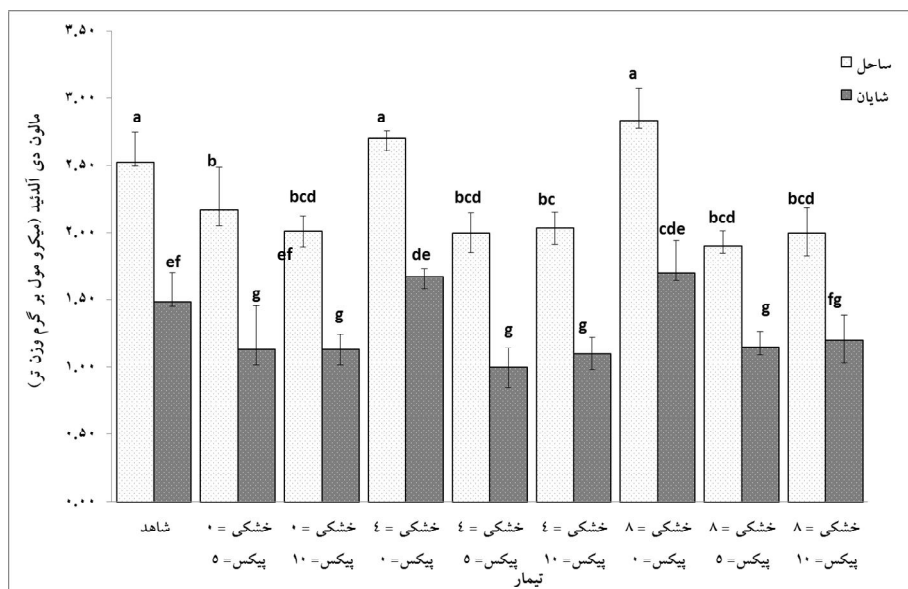
تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد اثر خشکی، پیکس و اثرات متقابل آن بر میزان فعالیت کاتالازی دانه رست معنی دار بود. در شرایط بدون تنش (شاهد) رقم ساحل در مقایسه با رقم شایان افزایش معنی داری داشت. در تنش خشکی ۴ و ۸ بار تفاوت معنی داری از نظر ماده نامبرده بین ارقام مورد مطالعه مشاهده شد و بیشترین مقدار فعالیت کاتالازی در رقم ساحل و خشکی ۸ بار مشاهده شد. افزایش



شکل ۶: تاثیر پیکس، خشکی و اثر متقابل آنها بر فعالیت کاتالازی ارقام پنبه

آلدئید در رقم ساحل و خشکی ۸ بار مشاهده شد. افزایش پیکس موجب کاهش معنی دار مقدار مالون دی آلدئید در هر دو رقم شد. در تیمار توام پیکس و خشکی، مقدار مالون دی آلدئید در رقم ساحل بالاتر بود و بین غلظت‌های مختلف تفاوت معنی داری مشاهده نشد (شکل ۷)

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد اثر خشکی، پیکس و اثرات متقابل آن بر مالون دی آلدئید دانه رست معنی دار بود. در شرایط بدون تنش (شاهد) میزان مالون دی آلدئید در رقم ساحل در مقایسه با رقم شایان افزایش معنی داری داشت. در تنش خشکی ۴ و ۸ بار تفاوت معنی داری بین ارقام مورد مطالعه وجود داشت و بیشترین مقدار مالون دی



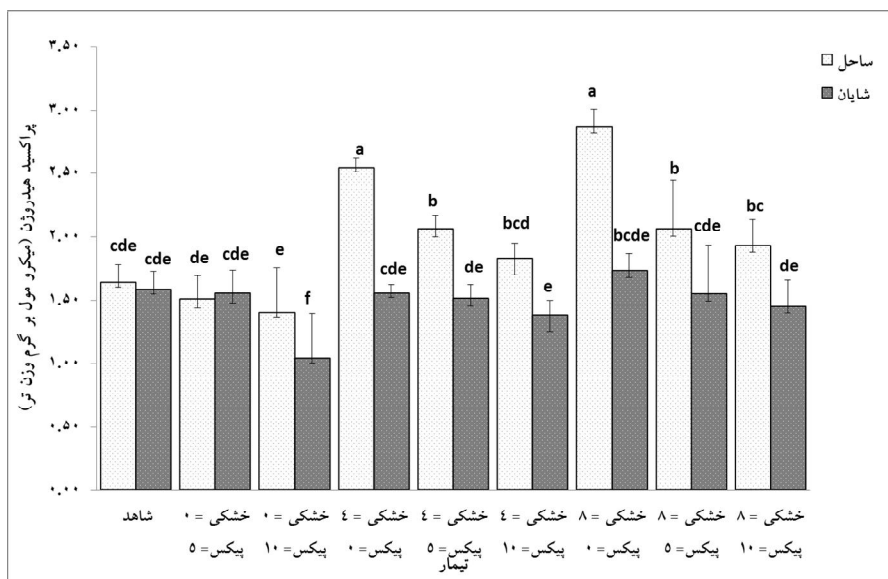
شکل ۷: تاثیر پیکس، خشکی و اثر متقابل آنها بر میزان مالون دی آلدئید ارقام پنبه

هیدروژن دانه رست معنی دار بود. در شرایط بدون تنش (شاهد) تفاوت معنی داری بین دو رقم مورد

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد اثر خشکی، پیکس و اثرات متقابل آن بر میزان پراکسید

در رقم شایان گشت. در تیمار توام پیکس و خشکی، مقدار پراکسید هیدروژن رقم شایان ساحل بالاتر بود و بین غلظت‌های مختلف تفاوت معنی داری مشاهده نشد. کمترین فعالیت این آنزیم در خشکی ۴ و پیکس ۱۰ گرم بر لیتر مشاهده شد (شکل ۸).

مطالعه مشاهده نشد. در تنش خشکی ۴ و ۸ بار تفاوت معنی داری بین ارقام مورد مطالعه مشاهده شد و بیشترین مقدار پراکسید هیدروژن در رقم ساحل و خشکی ۸ بار مشاهده شد. افزایش غلظت پیکس اثر معنی داری بر مقدار پراکسید هیدروژن رقم ساحل نداشت اما منجر به کاهش معنی دار پراکسید هیدروژن



شکل ۸: تاثیر پیکس، خشکی و اثر متقابل آنها بر میزان پراکسید هیدروژن ارقام پنبه

پیکس موجب بر هم کنش و تاثیر هورمون‌هایی مثل اکسین، اتیلن و سیتوکینین و در نتیجه فعال شدن آنزیم‌هایی مثل سلولاز و پکتیناز در دیواره سلولی شده و باعث شل شدن و انعطاف پذیری دیواره سلولی می‌گردد، لذا میزان جوانه‌زنی و طول ریشه چه افزایش خواهد یافت (Albers and Cothren, 1981).

طبق نتایج بدست آمده در این تحقیق با افزایش شدت خشکی، طول ریشه چه، وزن تر و خشک هر دو رقم نسبت به شاهد کاهش یافت و این کاهش در رقم حساس ساحل بیشتر بود. در این آزمایش تیمار پیکس موجب افزایش طول ریشه چه، وزن تر و خشک در هر دو رقم نسبت به شاهد شد و این افزایش در رقم شایان بیشتر از ساحل بود. در این تحقیق تیمار پیکس و خشکی، نسبت به تیمار خشکی

بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش خشکی، درصد جوانه‌زنی دانه رست هر دو رقم پنبه کاهش یافت در حالی که استفاده از تیمار پیکس در شرایط خشکی و بدون خشکی موجب افزایش معنی دار درصد جوانه‌زنی شد. در این میان رقم مقاوم شایان وضعیت بهتری نسبت به رقم حساس ساحل داشته و غلظت ۱۰ گرم بر لیتر پیکس موثر تر واقع شده است. تحقیقات نشان داده است پیکس می‌تواند در فیزیولوژی بذر تغییراتی ایجاد کند و دیواره سلولی را تحت تاثیر قرار دهد. بررسی درصد جوانه‌زنی در پنبه نشان می‌دهد. بذرهایی که با پیکس تیمار شده اند در مقایسه با شاهد به طور معنی داری درصد جوانه‌زنی بیشتری دارند (Niakan et al., 2012). استفاده از

چربی‌ها، غیر فعال شدن آنزیم‌ها، آسیب به اسیدهای نوکلئیک و تخریب غشای یاخته‌ای می‌شود. پراکسیداسیون چربی‌های غشا توسط گونه‌های فعال اکسیژن نیز باعث آسیب به غشاهای یاخته‌ای و کاهش پایداری آن می‌گردد (Mittler et al., 2002; Mohanty et al., 2004; Habibi et al., 2003). همچنین میزان کاهش اکسیداسیون چربی‌های غشایی عامل مهم در تحمل گیاهان به تنش به شمار می‌رود و گیاهانی که سطوح بالاتری از آنتی‌اکسیدان را دارند مقاومت بیشتری را به تنش اکسایشی نشان می‌دهند. (Kheradmand et al., 2014; Mafakheri et al., 2014; Arbona et al., 2013). شواهد نشان می‌دهد که سامانه آنتی‌اکسیدانی گیاه یک جزء مهم از ساز و کارهای محافظتی در برابر تنش‌های محیطی به‌ویژه تنش خشکی است. سلول‌های گیاهی برای حفاظت در مقابل آسیب‌های اکسیداتیو به یک سیستم جاروب کننده رادیکال‌های آزاد مجهز هستند (Beltagi, 2008). غلظت این بیومولکول‌ها پس از مواجهه گیاه با تنش به سرعت افزایش یافته و هزینه‌های پاسخ به تنش را در گیاه تعدیل می‌کنند (Ashraf and Iqbal, 2007). سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی باعث غیرفعال شدن ROS شده و خسارت‌های اکسیداتیو ناشی از آنها را کاهش می‌دهند (Heidari et al., 2015). آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نظیر آنزیم‌های پراکسیدازی (Keyhani 2002) و کاتالازی به عنوان سریعترین واحدهای مقابله کننده در برابر حمله اکسیژن‌های فعال جهت جلوگیری از خسارت اکسیداتیو به بافت گیاه ضروری می‌باشد (Vaidyanthan et al., 2003; Wassmann et al., 2004). دو آنزیم کاتالاز و پراکسیداز از مهمترین آنتی‌اکسیدان هستند که باعث شکستن هیدروژن پر اکسید به آب و مولکول‌های اکسیژن می‌شود. افزایش تحمل تنش خشکی در پی افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نظیر کاتالاز و

افزایش طول ریشه‌چه، وزن تر و خشک را نشان داد. خشکی اثرات متفاوتی بر روی ریشه‌چه پنبه دارد و می‌تواند منجر به کاهش قطر و طول ریشه‌چه پنبه در مرحله جوانه‌زنی شده (Pace et al., 1999; Salvino et al., 2011) و وزن تر و خشک دانه رست را در ارقام مورد بررسی پنبه کاهش دهد (Sun et al., 2015). تحقیقات نشان داد که استفاده از پیکس در شرایط خشکی بر پارامترهای رشد اثر مثبت دارد. از جمله طول ریشه‌چه، وزن تر و خشک می‌شود. (Iqbal et al., 2005). همانطور که در این تحقیق نشان داده شده است. آغشتگی بذرها با پیکس قبل از کشت می‌تواند یک روش مناسب در تولید پنبه باشد که در مراحل اولیه جوانه زنی موجب افزایش طول ریشه شود (Jafari et al., 2018). پیکس با تخصیص ماده خشک بیشتر به ریشه‌ها ضمن افزایش نسبت ریشه به ساقه موجب افزایش عمق ریشه شده و رشد ریشه‌های موئین را افزایش می‌دهد (Fernandez et al., 1991).

نتایج این تحقیق نشان داد که پیکس موجب افزایش فعالیت پراکسیدازی و کاتالازی در هر دو رقم پنبه نسبت به شاهد و خشکی شد. (شکل ۵ و ۶). تحقیقات نشان داده است تنش خشکی موجب تنش اسمزی و افزایش بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) می‌شوند. در شرایط تنش‌های محیطی مثل خشکی، فعالیت بالای آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان برای تحمل گیاه به تنش حیاتی است (Ghaderi et al., 2018). در این راستا اعلام شده است تنش خشکی منجر به عدم تعادل بین واکنش‌های آنتی‌اکسیدانی و میزان تولید گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) شده و منجر به تنش اکسایشی می‌شود. (Zlatev 2012; Salehi- Hoseini and Rahdari Lidon and, 2012; Iisar et al., 2012). تحقیقات نشان داده است تولید گونه‌های فعال اکسیژن موجب پراکسیداسیون

احتمالا منجر به تبدیل اسید فرولیک به اسید دی فرولیک در همی سلولز شده یا منجر به نامحلول شدن گلیکو پروتئین‌های غنی از هیدروکسی پرولین می‌شود که منجر به استحکام دیواره سلولی و کوتوله شدن گیاه می‌گردد (Waffenschmidt, 1993). کاتالاز عمدتاً در پراکسی زوم وجود دارد و پر اکسید هیدروژن را به آب و اکسیژن احیا می‌کند و لذا از سلول‌ها در برابر پراکسید هیدروژن که هنگام تنش‌ها تولید می‌شود، محافظت می‌کند (Valko et al., 2006; Wassmann et al., 2004)

ژنوتیپ‌های با میزان عملکرد متفاوت در شرایط محیطی مختلف واکنش‌های متفاوت آنزیمی و غیر آنزیمی را در برابر گونه‌های اکسیژن فعال تولیدی درون گیاه نشان می‌دهند. فعالیت پراکسیدازی و کاتالازی بستگی به میزان حساسیت به تنش رقم مورد نظر دارد به طوری که در ارقام حساس نظیر رقم ساحل میزان فعالیت پراکسیدازی و کاتالازی افزایش می‌یابد (Barabas, 2000; Kalir, 1984; Gossett, 1996). با توجه به اینکه رقم ساحل یک رقم حساس به خشکی است با افزایش خشکی فعالیت میزان آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در آن افزایش بیشتری نسبت به رقم مقاوم شایان یافت.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص‌های رشد شامل درصد جوانه‌زنی، طول ریشه چه وزن تر و خشک در هر دو رقم پنبه کاهش معنی‌داری در تنش خشکی داشت، در حالی استفاده از پیکس منجر به افزایش شاخص‌های رشد نسبت به شرایط تنش خشکی شد. تنش خشکی میزان فعالیت کاتالازی و پراکسیدازی را افزایش داد. همچنین میزان مالون دی آلدئید و پراکسید هیدروژن نیز در شرایط خشک نسبت به شاهد افزایش یافت. تیمار پیکس و تنش

پراکسیدازها در گیاهان مختلف به‌ویژه پنبه گزارش شده است (Dietz and Anjum et al., 2012; Pilon, 2015; Parida, 2008; Pfannschmidt, 2011). در تنش‌های غیر زیستی نظیر خشکی فعالیت آنزیم کاتالاز در بیشتر گیاهان افزایش یافته و در مواردی هم ثابت مانده و یا کاهش می‌یابد. آنزیم‌های پاداکسندگی مانند کاتالاز و پر اکسیداز باعث حذف و غیرفعال شدن گونه‌های فعال اکسیژن می‌شوند و می‌تواند شدت آسیب را در گیاهان در شرایط تنش خشکی کاهش دهد. تحقیقات نشان داده است گونه‌های فعال اکسیژن نظیر آب اکسیژنه تولید شده توسط آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز سم زدایی می‌شود (Aslezaem et al., 2017).

طبق داده‌های حاصل از آزمایش پیکس موجب کاهش میزان مالون دی آلوئید و پراکسید هیدروژن در ارقام پنبه به‌ویژه رقم حساس ساحل نسبت به شاهد شد (شکل ۷ و ۸). بررسی‌های متعدد نشان می‌دهد که مقدار مالون دی آلوئید تحت تنش خشکی افزایش می‌یابد (Zabet et al., 2003) اگر تعادل بین تولید ROS و سیستم دفاع آنتی اکسیدانی از بین رود تنش اکسیداتیو ایجاد شده منجر به تخریب غشاهای سلولی می‌شود (Ozkur ; Jubany-Mari et al., 2010; et al., 2009). رادیکال‌های آزاد ناشی از تنش خشکی عامل پراکسیداسیون لیپید و تخریب غشا در گیاهان هستند. هر چه تنش شدیدتر باشد میزان پراکسیداسیون غشا بیشتر می‌شود (Jemai et al., 2008). عنوان شده است از دست رفتن عملکرد غشا و نشت مواد مختلف از سلول یکی از عوامل اصلی مسئول کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه است (Goel and Sheoran, 2003; Chiu et al., 2006). فعالیت آنزیم پراکسیداز پر اکسیداز در گیاهان با بیوستتزی دیواره سلولی و تولید لیگنین و سوبرین در ارتباط است (Polle et al., 1994). فعالیت پراکسیدازی

و پراکسید هیدروژن را کاهش داد. لذا می‌توان نتیجه گرفت که پرایمینگ بذور با پیکس در افزایش مقاومت به خشکی ارقام پنبه تاثیر بسزایی داشته است.

خشکی موجب افزایش بیشتر میزان ترکیبات پراکسیدازی و کاتالازی در هر دو رقم پنبه نسبت به شرایط خشک شد در حالی که میزان مالون دی آلدئید

References

- Albers, D.W. and Cothren, J.T. (1981).** Electrical conductivity, ion leakage, and subsequent germination studies on cotton seed treated with mepiquat chloride. Proc. Eighth Ann. Plant Growth Regul. Soc. Am. Plant Growth Regulator Soc. Am., Lake Alfred, FL. Pp. 23.
- Alishah, O., Niakan, M. and Ghafouri, M. (2012).** The effect of pixel regulator priming on growth parameters and antioxidant system of cotton seedlings in different levels of salinity. Journal of Iranian Plant Research, 23(6): 22-33.
- Anjum, S.A., Saleem, M.F., Cheema, M.A., Bilal, M.F. and Khaliq, T. (2012).** An assessment to vulnerability, extent, characteristics and severity of drought hazard in Pakistan. Pakistan Journal of Science. 64(2): 138-145.
- Arbona, V., Manzi, M., De Ollas, C. and Cadenas, G.A. (2013).** Metabolomics as a tool to investigate abiotic stress tolerance in plants. International Journal of Molecular Sciences, 14: 4885-911.
- Aslezaem, F., Niknam, V., Ebrahimzadeh, H. and Sharifi, G. (2017).** Comparative study of drought stress and salicylic acid effects on different accessions of saffron (*Crocus Sativus* L.). Journal of Iranian Plant Research, 29(4): 717-729.
- Beltagi, M.S. (2008).** Exogenous ascorbic acid (vitamin C) induced anabolic changes for salt tolerance in chick pea (*Cicer arietinum* L.) plants. African Journal of Plant Science, 2(10): 118-123.
- Chance, B. and Machly, C. (1995).** Assay of catalase and peroxidase. *Methodes Enzymology*. 11:764-755
- Dietz, K.J. and Pfannschmidt, T. (2011).** Novel regulators in photosynthetic redox control of plant metabolism and gene expression. *Plant Physiology*. 155: 1477-1485.
- Fernandez, C.J., Cothren, J.T. and McInnes, K.J. (1991).** Partitioning of biomass in well watered and water stressed cotton plants treated with Mepiquat Chloride. *Crop Science*. 31: 1224-1228.
- Furukawa, S., Fujita, T., Shimabukuro, M., Iwaki, M., Yamada, Y., Nakajima, Y., Nakayama, O., Makishima, M., Matsuda, M. and Shimomura, L. (2017).** "Increased oxidative stress in obesity and its impact on metabolic syndrome." *The Journal of clinical investigation* 114(12): 1752-1761.
- Ghaderi, A.A., Fakheri, B.A. and Mahdi Nezhad, N. (2018).** Evaluation of the morphological and physiological traits of thyme under water deficit stress and foliar application of ascorbic acid. *Journal of Crops Improvement*. 13: 21-29
- Guo, Z., Lu, W. Ou, S. and Zhong, Q. (2006).** Differential responses of antioxidative system to chilling and drought in four rice cultivars differing in sensitivity. *Plant Physiology and Biochemistry*, 44: 828-836.
- Gupta, A., Dadlani, M., Arun Kumar, M.B., Roy, M., Naseem, M., Choudhary, VK. and Maiti, R.K. (2008).** Seed priming: the aftermath. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)*. 1: 199-209.
- Habibi, D., Mashdi Akbar Boojar, M., Mahmoudi, A., Ardakani, M.R. and Taleghani, D. (2004).** Antioxidative enzyme in sunflower subjected to drought stress. 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia, 26 September-1 October pp. 1-4.
- Heidari, N., Poryosof, M. and Tavakoli, A. (2015).** Effects of drought stress on photosynthesis, its parameters and relative water content of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Journal of Plants Researches*, 27(5): 829-839.
- Harris, D., Rashid, A., Miraj, G., Arif, M. and Shah, H. (2007).** Priming seeds with zinc sulphate solution increases

- yield of maize (*Zea mais* L.) on zinc-deficient soils. *Field Crops Reserch*, 102:119-127.
- Iqbal, M. and Ashraf, M. (2007).** Seed preconditioning modulates growth, ionic relations, and photosynthetic capacity in adult plants of hexaploid wheat under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*. 30(3): 381-396.
- Iqbal, M., Nissar, N., Khan, R.S.A. and Hayat, K. (2005).** Contribution of mepiquat chloride in drought tolerance in cotton seedlings. *Asian Journal of Plant Sciences*, 4(5): 530-532.
- Jafari, M., Saadatmand, S., Zangi, M.R. and Iranbakhsh, A.R. (2018).** Effect of pix (mepiquat chloride) on the salinity resistance of the new cultivars of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in the seedling stage. *Applied Ecology and Enviromental Reserch*, 16(4): 4097-4114.
- Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. (2009).** Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition *International Journal of Agriculture and Biology*. 11:100-5.
- Kamran, S., Imran, M., Khan, T.M., Munir, M.Z., Rashid, M.A. and Muneer, M.A. (2016).** Genetic studies of genotypic responses to water stress in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*. 8(6): 1-9.
- Keyhani, J., Keyhani, E. and Kamali, J. (2002).** Thermal Stability of Catalases Active in Dormant Saffron (*Crocus sativus* L.) Corms. *Molecular Biology Reports*, 29: 125-128.
- Kheradmand, M.A., Shahmoradzadeh Fahraji, S., Fatahi, E. and Raoofi, M.M. (2014).** Effect of water stress on oil yield and some characteristics of Brassica napus. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 8: 1447-53.
- Koroi, S.A.A. (1989).** Gel elektrophoresische and spectral photometris chose unter unchngen zomein fiusee der temperature auf straktur and peroxidase isoenzyme. *Physiological Vegetables*, 20:15-23.
- Liu, Z., Zhou, T., Ziegler, A.C., Dimitrion, P. and Zuo, L. (2017).** Oxidative stress in neurodegenerative diseases: from molecular mechanisms to clinical applications. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. Pp. 55
- Loreto, F. and Velikova, V. (2001).** Isoprene produced by leaves protects the photosynthetic apparatus against ozone damage, quenches ozone products, and reduces lipid peroxidation of cellular membranes. *Journal of Plant Physiology*, 127: 1781-1787.
- Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P.C. and Sohrabi, E. (2010).** Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. *The American Journal of Chinese Medicine*. 4: 580-5.
- Michel, B.E. and Kaufmann, M.R. (1973).** The Osmotic Potential of Polyethylene Glycol 6000. *Plant Physiology*, 51: 914-916.
- Mittler, R. (2002).** Oxidative stress, antioxidant and stress tolerance. *Annual Reviews in Plant Science*, 7: 405-415.
- Mohanty, N. (2003).** Photosynthetic characteristics and enzymatic antioxidant capacity of flag leaf and the grain yield in two cultivars of *Triticum aestivum* (L.) exposed to warmer growth conditions. *Journal of Plant Physiology*, 160: 71-74.
- Nascimento, W.M. and Aragao, F.A.S. (2004).** Muskmelon seed priming in relation to seed vigor. *Scientia Agricola* . 61(1):114-117.
- Niakan, M., Habibi, A.R. and Ghorbanli, M. (2012).** Study of Pix regulator effect on physiological responses in cotton plant. *Annals of Biological Research*, 3 (11): 5229-5235.
- Oosterhuis, D. and Robertson, W. (2000).** The Use of plant Growth Regulators And Other Additives In Cotton Production Proceeding of the 2000 Cotton Research Meeting.
- Pace, P.F., Cralle, H.T., El-Halawany, S.H.M., Cothren, J.T. and Senseman, S.A. (1999).** Drought-induced changes in shoot and root growth of young cotton

- plants. *The Journal of Cotton Sciences*, 3:183-187.
- Parida, A.K., Dagaonkar, V.S., Phalak, M.S. and Aurangabadkar, L.P. (2008).** Differential responses of the enzymes involved in proline biosynthesis and degradation in drought tolerant and sensitive cotton genotypes during drought stress and recovery. *Acta Physiologicae Plantarum*, 30(5): 619-627.
- Pilon, C., Oosterhuis, D.M., Ritchie, G.L. and Paiva, E.A. (2015).** photosynthetic efficiency and antioxidant activity of cotton under drought stress during early floral Bud development. *American Journal of Experimental Agriculture*. 9(6): 1-13.
- Plaut, Z., Carmi, A. and Grava, A. (1996).** Cotton root and shoot response to subsurface drip irrigation and partial wetting of the upper soil profile. *Irrigation Science*. 16 (3):107-113.
- Rahdari, P., and Hoseini, S.M. (2012).** Drought stress: a review. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 3: 443-6.
- Ravash, R., Shiran, B., Ebrahimi, E. and Houshmand, S. (2013).** Study of S-Like RNase expression in wheat and its wild relatives under drought stress. *Agricultural Biotechnology Journal*. 5(1): 27-38.
- Salehi-lisar, S.Y., Motafakkerzad, R., Hossain, M.M. and Rahman, I.M.M. (2012).** Water stress in plants:causes, effects and responses, water stress. In: Ismail Md. Mofizur Rahman, editor. *InTech*. 1: 290-297.
- Salvino, C.H., Meneses, G., Bruno, R.L.A., Fernandes, P.D., Pereira, W.E., Lima, L.H., Lima, M.M. and Vida, M.S. (2011).** Germination of cotton cultivar seeds under water stress induced by polyethyleneglycol-6000. *Scientia Agricola*. 68(2):131-138.
- Sun, Y., Niu, G., Zhang, J. and Vallethe, P.D. (2015).** Growth responses of an interspecific cotton breeding line and its parents to controlled drought using an automated irrigation system. *Journal of Cotton Science*. 19: 290-297
- Vaidyanthan, H., Sivakumar, P., Chakrabarty, R. and Thomas, G. (2003).** Scavenging of reactive oxygen species in NaCl – Stressed rice *Oryza sativa* L. 1-Diffrentil response in salt- tolerant and sensitive varieties. *Plant Science*: 165: 1411-1418.
- Valentovic, P., Luxova, M., Kolarovi, L. and Gasparikora, O. (2006).** Effect of osmotic stress on compatible solutes content, memberane stability and water relation in two maize cultivars. *Plant Soil and Enviromental*, 52 (4):186-191.
- Vories, E.D., Stevens, W.E.G., Sudduth, K.A., Drummond, S.T. and Benson, N.R. (2015).** Impact of soil variability on irrigated and rainfed cotton. *Journal of Cotton Science*. 19: 1-14
- Vranova, E., Inze, D. and Van Breusegem, F. (2002).** Signal transduction during oxidative stress. *Journal of Experimental Botany*, 53:1227-1236.
- Wanichan, P., Kirdmanee, C., and Vutyano, C. (2003).** Effect of salinity on biochemical and physiological characteristics in correlation to selection of salttolerance in Aromatic rice (*Oriza sativa* L.). *Science Asian*. 29: 333-339.
- Wang, S., Wang, J.W., Yu, N., Li, C.H., Luo, B., Gou, J.Y., Wang, L.J. and Chen, X.Y. (2004).** Control of plant trichome development by a cotton fiber MYB gene. *Plant Cell*, 16(9): 2323-2334.
- Wassmann, S., Wassmann, K. and Nickening, G. (2004).** Modulation of Oxidant and Qntioxidant Enzyme Expression and Function in Vascular Cells: National Center for biotechnology Information. 44(4): 381-6.
- Zare, M., Azizi, M.H. and Bazrafshan, F. (2011).** Effect of drought stress on some agronomic traits in ten barley (*Hordeum vulgare*) cultivars. *Journal of Applied Science & Engineering Technology*. 13(1): 163-172.
- Zhang, L., Ma, HJ, Chen, T.T., Pen, J., Yu, S.X., Zhao, X.H. (2014).** Morphological and physiological responses of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Plants to salinity. Plos One*, 9: 1-14.
- Zhao, D. and Oosterhuis, D.M. (2000).** Pix plus and mepiquat chloride effects on physiology, growth, and yield of field-grown cotton *Journal of Plant Growth Regulation*. 19: 415-422.

Zlatev, Z., Lidon, F.C. (2012). An overview on drought induced changes in plant growth, water relations and

photosynthesis. Emirates Journal of Food and Agriculture. 24: 57-72.