مجله پژوهش‌های پنبه ایران
جلد چهارم، شماره دوم، ۱۳۹۵
۱۷-۲۶
www.jcri.ir

بررسی فعالیت برخی از آنزیم‌های اکسیداتیو و محافظت کننده‌های اسمزی ارقام مختلف پنبه در اراضی شور استان گلستان

قربانعلی روشنی*[1] و سیدجلال میرقاسمی[2]

[1]استادیار پژوهش موسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
[2]پژوهشگر موسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۶/۶؛ تاریخ پذیرش:۱۳۹۵/۸/۲۹

چکیده

به‌منظور بررسی تاثیر شوری بر فعالیت برخی اسیدهای آمینه و میزان فعالیت تعدادی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در ژنوتیپ‌های پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی انبار الوم واقع در استان گلستان اجرا گردید. تیمار آزمایشی شامل هفت ژنوتیپ پنبه به نام‌های چکوروا، اوپال، شیرپان ۵۳۹، ۴۳۲۰۰، سیلند، ساحل و سپید که در خاکی با هدایت‌الکتریکی عصاره اشباع معادل ۱۴/۸ دسی‌زیمنس بر متر در زمان کشت مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای آبیاری از آب سد وشمگیر با شوری ۳-۲/۵ دسی زیمنس بر متر استفاده گردید. جهت سنجش آزمایشات از برگ‌های پنجم و ششم و ساقه‌های گیاه سی روزه نمونه گیری انجام شد. نتایج نشان داد که شوری خاک تاثیرمعنی‌داری بر عملکرد و صفات فیزیولوژیک ارقام داشته و با شدیدتر شدن تنش شوری فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، پلی‌فنلاکسیداز و اسیدآمینه‌های پرولین و گلیسین بتائین افزایش یافت. همچنین در بین ارقام، از نظر فعالیت پراکسیداز و مقدارپرولین وگلیسین بتائین در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت و فعالیت کاتالاز و مقدار گلیسین بتائین در شرایط شور در رقم سپید بالاتر از سایر ارقام بود و فعالیت پراکسیداز و محتوای پرولین در رقم اوپال بیشترین افزایش را داشت. طبق نتایج بدست آمده از مقایسه عملکرد ارقام در مزرعه نیز رقم اوپال با ۲۲۵۶ کیلوگرم درهکتار وش بیشترین عملکرد و رقم چکوروبا با ۱۳۹۹ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد در بین هفت رقم را داشت.

واژه‌های کلیدی: پنبه، شوری، محافظت کننده‌های اسمزی، عملکرد

*نویسنده مسئول: gh_roshani@yahoo.com

مقدمه

گیاه پنبه در صنعت پارچه‌بافی و استخراج روغن مورد استفاده قرار می‌گیرد. شناخت مکانیسم‌های بیوشیمیایی و مولکولی گیاه پنبه در برابر تنش‌های محیطی، جهت افزایش محصول در شرایط تنش لازم است. اگر چه مفاهیم کشاورزی گیاه پنبه به خوبی شناخته شده ولیکن اطلاعات کمی در مورد خواص فیزیولوژیک و بیوشیمیایی پنبه و فتوسنتز و متابولیسم آن در شرایط تنش وجود دارد (ملونی و همکاران، ۲۰۰۳؛ دریدرو همکاران، ۲۰۰۷).

با آنکه پنبه از گیاهان مقاوم به شوری است، ولی ارقام مختلف آن نسبت به شوری خاک واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهند (فلاورز ویئو، ۱۹۹۵). تجمع نمک‌های رقابتی از جمله پاسخ‌های گیاهان به تغییرات پتانسیل اسمزی خارجی است. ترکیباتی با عملکرد اسمزی در شرایط نامطلوب در گیاهان ایجاد می‌شوند (هاسی گاواو همکاران، ۲۰۰۰؛ ساتیروپولاس، ۲۰۰۷). پرولین و گلیسین بتائین، محافظت‌کننده‌هایی درشت مولکول و جاروب‌کننده رادیکال‌های آزاد در شرایط تنش هستند (هلمان و همکاران، ۲۰۰۰؛ اشرف و فولاد، ۲۰۰۷). اسمولیت‌ها در حفظ ماکرومولکول‌ها، ساختار پروتئین‌ها و محافظت در برابر گونه‌های اکسیژن فعال نقش دارند (میتی سیک و همکاران، ۲۰۰۲). این محافظت کننده‌های اسمزی اغلب محلول هستند (هوو همکاران، ۲۰۰۰). بجز پرولین، تجمع بالای اسمولیت‌ها تنها به منظورمحافظت اسمزی در سیتوزول انجام نمی‌گیرد. افزایش محافظت کننده‌های اسمزی به حفظ ساختار پروتئین‌ها نیز کمک می‌نماید (سانه اوکاو همکاران، ۱۹۹۵). توانایی گیاهان در تحمل نمک‌ها، به مسیرهای بیوشیمیایی که تعادل آب را برقرار می‌سازند، حفاظت از کلروپلاست و هموستازی یونی، مربوط می‌شود. مسیرهای حیاتی شامل سنتز متابولیت‌های فعال اسمزی، پروتئین‌های مخصوص و آنزیم‌های جاروب‌کننده رادیکال‌های آزاد است که تحمل به شوری را افزایش می‌دهند.

علاوه بر این طی یک تقسیم‌بندی، گیاهان تحت تنش شوری به سه دسته گیاهان با استراتژی مقاومت از طریق تجمع پرولین یا گلیسین بتائین و یا هر دو تقسیم می‌شوند. بررسی تجمع پرولین در ژنوتیپ‌های مختلف پنبه نشان داد که ارقام مقاوم از آن به عنوان محلول سازشی در تنظیم و حفظ نیروی اسمزی استفاده می‌نمایند. گیاهان برای مقاومت به شوری برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را نیزافزایش می‌دهند (ناکتار و همکاران، ۲۰۰۲).

این ترکیبات مولکول‌هایی کوچک هستند که آثار سمی در متابولیسم ایجاد نمی‌نمایند؛ ساختار پروتئین‌ها و سلول را حفظ می‌نمایند و فشار اسمزی سلول‌ها را افزایش می‌دهند (یانسی و همکاران، ۱۹۸۲). بسیاری از گیاهان، اسمولیت‌های آلی را برای تحمل تنش‌های اسمزی جمع می‌نمایند. پرولین اسیدآمینه‌ای است که به هنگام تنش شوری، در گیاهان جمع می‌شود (منصور، ۲۰۰۰). گیاهانی که به شدت متحمل به نمک هستند در مقادیر بالاگلیسین بتائین را جمع می‌کنند. گونه‌های متحمل در حد

متوسط و گونه‌های حساس، گلیسین بتائین ندارند. گلیسین بتائین خاصیت محافظت کننده اسمزی داشته و تحمل به شوری را افزایش می‌دهد (ام سی نل و همکاران، ۲۰۰۱).

این ماده آلی بیشتر در کلروپلاست‌ها حضور داشته و در تنظیم کلروپلاست و محافظت غشاهای تیلاکوئیدی و حفظ کارآیی فتوسنتزی و غشاء پلاسمایی نقش دارد (یوکوئی و همکاران، ۲۰۰۲). گزارش شده است که فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در شرایط شور در پنبه‌های متحمل به شوری افزایش می‌یابد (ملونی و همکاران، ۲۰۰۳). هنگام تنش، گونه‌های اکسیژن فعال مانند رادیکال‌های سوپراکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال هیدروکسیل ایجاد می‌گردندکه باعث خسارت اکسیداتیو به لیپیدهای غشاء، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شوند (میتلر، ۲۰۰۲؛ مسعود و همکاران، ۲۰۰۶).

مقابله با خسارت اکسیداتیو، باعث افزایش مقاومت گیاه به شوری می‌شود. گیاهان با استفاده از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، گونه‌های اکسیژن فعال را جاروب می‌نمایند (راگزاس و همکاران، ۱۹۹۷). کاتالاز آنزیمی آنتی‌اکسیدان است که در تنش‌های شدید از سلول‌ها در مقابل پراکسید هیدروژن تولید شده محافظت می‌نماید (واس من و همکاران، ۲۰۰۴). کاتالاز در دانه‌های روغنی در مراحل اولیه رشد دانه، بسیار مهم است زیرا پراکسید هیدروژن را که در اثر بتا اکسیداسیون اسیدهای چرب تولید می‌شود از بین می‌برد (سالوا و همکاران، ۲۰۰۵).

محل آنزیم پراکسیداز در سیتوپلاسم، کلروپلاست و میتوکندری است و در واکوئل و فضای آپوپلاستی سلول‌های برگ، در غلظت‌های بالا وجود دارد. در کلروپلاست‌ها، این آنزیم به صورت محلول و پیوند با تیلاکوئید قرار دارد و گونه‌های اکسیژن فعال را به مونو و دی هیدروکسی فنولیک تبدیل می‌کند (کوئتزر و همکاران، ۲۰۰۱). این آنزیم با نام‌های فنل اکسیداز، فنولاز، مونوفنل اکسیداز، دی فنل اکسیداز و تیروزیناز، شناخته شده است. آنزیم فنل اکسیداز، مسئول تولید رنگدانه تیره در میوه و سبزیجات بوده (مارشال و همکاران، ۲۰۰۳) و در فرآیندهای مختلف از جمله مسیر فنیل پروپانوئید، واکنش مهلر، چرخه الکترون، تنظیم اکسیژن و دفاع گیاه در مقابل پاتوژن‌ها نقش دارد (پیادا و همکاران، ۲۰۰۷). این آنزیم در کلروپلاست و متصل به غشاهای تیلاکوئیدی است و هنگامی که گیاه دچار آسیب‌های فیزیکی می‌شود با آزاد شدن به سیتوسل، فعال می‌شود (کوئتزر و همکاران، ۲۰۰۱). هدف ازانجام این تحقیق بررسی اثرتنش شوری برافزایش محافظت کننده‌های اسمزی و ارزیابی میزان تحمل ارقام مختلف پنبه به شوری بود.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش به‌منظور مقایسه تحمل به شوری هفت ژنوتیپ پنبه شامل: ساحل، چکوروا، سیلند، اوپال، ۴۳۲۰۰، سپید و شیرپان ۵۳۹ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار مورد بررسی

قرار گرفتند. هدایت‌الکتریکی خاک مزرعه در زمان کشت پنبه ۱۴/۸ دسی زیمنس بر متر بوده و در طول دوره رشد شوری اندازه‌گیری نشد. ابتدا بذرهای تهیه شده با اسید سولفوریک غلیظ ۹۸ درصد کرک‌زدایی (دلینته) شدند. سپس بذر ژنوتیپ‌های پنبه از نظر درصد قوه نامیه و جوانه‌زنی در ژرمیناتور با درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین رطوبت ۷۵ درصد مورد آزمایش قرار گرفتند. بذرها قبل از کاشت با سم ویتاواکس (کاربوکسین تیرام) به مقدار ۳ تا ۵ در هزار ضدعفونی شدند.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکیوشیمایی خاک قطعه مورد آزمایش مزرعه تحقیقاتی پنبه درانبارالوم

EC (dS/m)	pH	کربن آلی (٪)	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	سدیم محلول (mg/l)	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	بافت	عمق (cm)
۱۴/۸	۷/۷	۱/۱	۱۲	۴۲۰	۶۰/۱۵	۳۲	۶۴	۱۴	Sil	۰-۳۰

به منظور بررسی آثار شوری بر گیاه پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) نمونه‌هایی از خاک مزرعه تحقیقاتی انبارالوم واقع در ۳۵ کیلومتری شمال گرگان تهیه گردیده و هدایت الکتریکی (EC) تمامی آنها اندازه گیری شده و پس از انتخاب محل مناسب اجرای طرح، برخی پارامترهای فیزیکوشیمیائی خاک سطحی اندازه گیری شدند (جدول ۱).

عملیات زراعی کاشت و داشت محصول براساس نظر کارشناسی انجام گردید. آبیاری با آب سد وشمگیر بود که شوری آن از ۲/۵ تا ۳ دسی‌زیمنس بر متر متغیر بود.کلیه سنجش‌ها روی برگ‌های پنجم و ششم و نمونه گیری از ساقه‌های گیاه سی روزه انجام شد. روش اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز (وستن، ۱۹۸۹)، آنزیم کاتالاز (چانس و ماهلی، ۱۹۹۵)، آنزیم پلی فنل اکسیداز (مونولانگان و دینا باندا، ۱۹۷۵) و اسمولیت‌های پرولین و گلیسین بتائین (سایرام و سریواستاوا، ۲۰۰۲) بود. محاسبه‌های آماری داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

مقایسه میانگین فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز و مقادیر پرولین و گلیسین بتائین در شرایط شور، نشان‌دهنده افزایش این مواد در شرایط شور است (جدول ۲). مقابله با خسارت

اکسیداتیو باعث افزایش مقاومت گیاه به شوری می‌شود (رکزاس و همکاران، ۱۹۹۷). مقایسه فعالیت آنزیم کاتالاز بین ارقام نشان می‌دهد که بیشترین فعالیت کاتالاز در ارقام شیرپان، سپید و سیلند و ساحل بوده است (جدول ۳).

گزارش شده است که فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در شرایط شور در پنبه‌های متحمل به شوری افزایش می‌یابد (ملونی و همکاران، ۲۰۰۳). در گزارشی از گزت و همکاران (۱۹۹۴) عنوان شده است که در شرایط شور در گیاه پنبه آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز افزایش می‌یابند. سیرام وسریواستاوا (۲۰۰۲) نیز اعلام نموده‌اند که در نتیجه افزایش شوری تا غلظت ۱۰۰ میلی‌مول، آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز افزایش می‌یابند. مقایسه فعالیت آنزیم پراکسیداز بین ارقام نشان می‌دهد که بیشترین فعالیت پراکسیداز در رقم اوپال بوده است (جدول ۳).

افزایش فعالیت کاتالازی ممکن است به علت افزایش سطح mRNA آنزیم کاتالاز در اثر شوری باشد. کاتالاز دارای یک ژن بیان‌کننده در بافت‌های در حال پیر شدن است که در اثر شوری این ژن القا شده و احتمالاً بنظر می‌رسد که این تیمار با فعال کردن مسیرهای بیوشیمیایی این فرآیند باعث پیر شدن سلول می‌شود (هرناندزو همکاران، ۱۹۹۹). در گیاهان متحمل به شوری میزان فعالیت این آنزیم بالا می باشد.

جدول ۲: میانگین مربعات فعالیت کاتالاز، پراکسیداز، پلی فنل اکسیداز و مقدار پرولین و گلیسین بتائین در تیمارهای مورد آزمایش

منابع تغییرات	درجه آزادی	کاتالاز	پراکسیداز	پلی فنل اکسیداز	پرولین	گلیسین بتائین
تکرار	۲	۰/۰۷۸**	۰/۰۰۲۱$^{n.s}$	۰/۰۴۹$^{n.s.}$	۰/۰۰۰۲$^{n.s.}$	۰/۰۰۰۰۳۷$^{n.s.}$
رقم	۶	۰/۰۱۳**	۰/۸۲۰**	۰/۱۱۴$^{n.s.}$	۰/۰۱۱**	۰/۰۰۲۳**
خطا	۱۲	۰/۰۰۴۶	۰/۰۰۴۲	۰/۰۲۵	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۴
ضریب تغییرات		۰/۷۹	۹/۲۵	۲۹/۳۴	۳/۷۶	۰/۹۳۵

n.s: معنی‌دار نیست. * در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. ** در سطح ۱ درصد معنی‌دار است.

مقایسه فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز بین ارقام نشان می‌دهد که بیشترین فعالیت پلی فنل اکسیداز در رقم سپید بوده است (جدول ۳). سیرام و سریواستاوا (۲۰۰۲) افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پلی فنل اکسیداز را در ارقام مقاوم گندم گزارش نموده‌اند. رکزاس و همکاران (۱۹۹۷) نیز افزایش پلی فنل اکسیداز را در شرایط شور تأیید نموده‌اند. مقایسه مقدار پرولین بین ارقام نشان می‌دهد که بیشترین مقدار پرولین در رقم اوپال بوده است (جدول ۳).

سنتز پرولین تحت تنش‌های محیطی مانند خشکی، شوری، دمای بالا، یخزدگی، تابش اشعه ماوراء بنفش، آلودگی هوا و فلزات سنگین افزایش می‌یابد (احمد و همکاران، ۲۰۰۲). پرولین در بسیاری از

گیاهان به عنوان مارکر بیوشیمیایی مناسب برای تشخیص تحمل به تنش شوری مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر اساس نتایج مطالعات کومار و گوهیل (۱۹۹۷) در گیاه پنبه، رقم‌های *G. Cot10* و *G. Cot11*، با افزایش خشکی میزان پرولین افزایش یافته و در ارقام *Jayadhar* و *Bhagya* و *337DCh*، مقدار پرولین در ساقه افزایش یافت. مقاومت نسبی گیاه پنبه به تنش آبی، به میزان پرولین آزاد شده توسط گیاه بستگی دارد طوری که مقاومت نسبی رقم *G. Cot11* در برابر تنش با تجمع بیشتر پرولین آزاد همراه بوده و کاهش جذب سدیم و مقاومت به تنش سرما در این گیاه به افزایش پرولین بستگی دارد. از این مطالعات می‌توان نتیجه گرفت که از پرولین می‌توان به عنوان صفتی جهت شناسایی رقم‌ها و گونه‌های مقاوم استفاده نمود (سکوباتزو همکاران، ۱۹۸۹). همچنین کزلوسکی در ۱۹۹۷ افزایش پرولین در شرایط شور را در گیاه پنبه گزارش نموده است.

جدول ۳: مقایسه میانگین فعالیت کاتالاز، پراکسیداز، پلی فنل اکسیدازومقدار پرولین و گلیسین بتائین درارقام پنبهدر شرایط شور

ارقام	کاتالاز (جذب در دقیقه برگرم وزن تر برگ)	پراکسیداز (جذب در دقیقه برگرم وزن تر برگ)	پلی فنل اکسیداز (جذب در دقیقه برگرم وزن تر برگ)	پرولین (میکروگرم بر گرم وزن تر برگ)	گلیسین بتائین (میکروگرم بر گرم وزن خشک برگ)
چکوروا	۲/۷۱۹ b	۰/۲۸۱۳۳ e	۰/۵۶۳۰ b	۳۳۹/۷ d	۷۲۸/۷ b
اوپال	۲/۷۲۰ b	۱/۷۹۵۳۳ a	۰/۶۴۱۰ ab	۴۸۶/۳ a	۷۱۳/۰ c
شیرپان ۵۳۹	۲/۷۳۷ ab	۰/۳۴۷۶۷ ed	۰/۵۹۴۷ b	۴۵۴/۷ bc	۶۹۷/۰ d
۴۳۲۰۰	۲/۷۵۱ ab	۰/۸۸۳۳۳ b	۰/۹۰۹۳ ab	۴۶۸/۷ ab	۷۳۲/۷ b
سیلند	۲/۷۲۵ b	۰/۵۹۱۳۳ c	۱/۰۷۰۷ a	۴۳۰/۰ c	۷۳۲/۰ b
ساحل	۲/۷۵۸ ab	۰/۴۰۷۶۷ d	۰/۶۴۰۷ ab	۳۵۳/۳ d	۷۲۷/۷ b
سپید	۲/۷۷۴ a	۰/۵۹۴۳۳ c	۰/۸۸۲۰ ab	۳۵۸/۰ d	۷۸۷/۳ a

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها به احتمال ۵ درصد می‌باشد.

مقایسه مقدار گلیسین بتائین بین ارقام نشان می‌دهد که بیشترین مقدارگلیسین بتائین در رقم سپید بوده است (جدول ۳). گلیسین بتائین در حفظ و تنظیم اسمزی در یوکاریوت‌های گیاهی (لارهر، ۱۹۹۶)، حفظ غشاء پلاسمایی و ساختمان چهارم پروتئین‌ها (آتوشی و موراتا، ۲۰۰۱)، افزایش تحمل سیستم فتوسنتزی (آتوشی و موراتا، ۲۰۰۱) از طریق افزایش تجمع کلروفیل‌ها (هایاشی و همکاران، ۱۹۷۷)، افزایش جذب CO_2 (بریوم و همکاران، ۱۹۹۶)، تسهیل انتقال الکترون (آتوشی و موراتا، ۲۰۰۱)، محافظت از فعالیت پروتئین‌ها و چربی غشاء تیلاکوئیدی در فتوسیستم II (ویلیام و همکاران،

۱۹۹۲)، حفاظت از سیستم‌های نسخه‌برداری، کاهش دمای ذوب DNA، مضاعف شدن و تسهیل همانندسازی نقش اساسی ایفا می‌کند.

گلیسین بتائین را می‌توان به عنوان یکی از عوامل افزایش مقاومت فیزیولوژیک در برابر شوری خاک در مراحل اولیه جوانه‌زنی دانست. بر این اساس، گیاه پنبه در گروه گیاهان تولیدکننده گلیسین بتائین قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه تجمع گلیسین بتائین در گیاه پنبه به این گیاه مقاومت می‌دهد و از آنجایی که بکارگیری بتائین مصنوعی (اگزوژن) در خاک گیاه پنبه در شرایط تنش شوری، باعث افزایش جوانه‌زنی و قدرت دانه‌رست‌ها شده، گیاه پنبه ریشه و ساقه‌های قوی‌تری داشته، انشعابات آنها افزایش یافته، گلدهی زودتر صورت گرفته و غوزه بیشتری تولید می کند. لذا گمان برده می‌شود که گلیسین بتائین در گیاه نقش هورمونی داشته باشد (نائیدوو همکاران، ۲۰۰۲). در ضمن گلیسین بتائین در پنبه بعنوان ترکیب اسمولیت سیتوپلاسمی غیرسمی و حفاظت‌کننده آنزیم‌ها و غشاها از صدمات یونی و بی‌آبی حاصل از نمک عمل می‌کند (نائیدوو همکاران، ۲۰۰۲).

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به جمیع صفات مورد بررسی مشخص می‌شود که رقم اوپال با ۱/۷۹۵۳۳ (جذب در دقیقه بر گرم وزن تر برگ) بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز را داشته و همچنین بیشترین میزان تجمع پرولین در رقم اوپال به میزان ۴۸۶/۳ (میکروگرم برگرم وزن تر برگ) نسبت به رقم ساحل (شاهد) ثبت گردیده است. رقم سپید با ۲/۷۷۴ فعالیت آنزیم کاتالاز (جذب در دقیقه بر گرم وزن تر برگ) و همچنین بیشترین تجمع گلیسین بتائین به میزان ۷۸۷/۳ (میکروگرم بر گرم وزن خشک برگ) در رقم سپید ثبت گردیده است. بیشترین فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز به میزان ۱/۰۷۰۷ (جذب در دقیقه بر گرم وزن تر برگ) در رقم سیلند به ثبت رسیده است. علاوه بر این طبق نتایج بدست آمده از مقایسه عملکرد ارقام درمزرعه نیز رقم اوپال با ۲۲۵۶ کیلوگرم در هکتار وش بیشترین عملکرد و رقم چکوروابا ۱۳۹۹ کیلوگرم درهکتار کمترین عملکرد بین هفت رقم را داشته است (روشنی و میرقا سمی، ۲۰۱۵).

منابع

1. Ahmad, S., Islamkhan, N.U., Ighbal, M.A., and Hussain, A. 2002. Salt tolerance of cotton. Asian J. Plant Sci. 1(6): 715-719.
2. Ashraf, M., and Foolad, M.R. 2007. Role of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environ. Exp. Bot., 59: 206-216.
3. Atoshi, S., and Murata, N. 2001. The use of bacterial choline oxidase a glycine betaine synthesizing enzyme to create stress-resistant transgenic plants. Plant Physiol. 125: 180-188.

4. Chance, B., and Maehly, C. 1995. Assay of catalase and peroxidase methods enzymol. 11: 764-775.
5. Coetzer, C., Corsini, D., Loves, S., Pavek, J., and Tumer, N. 2001. Control of enzymatic browining in potato (*Salanum tuberosuml*) by sense and antisense RAN from tomato polyphenol oxidase. J. Agri. Food chem. 49: 652-657.
6. DeRidder, B.P., and Salvucci, M. 2007. Modulation pf Rubisco activase gene expression during heat stress in cotton (*Gossyoium hirsutum* L.) involves post-transcriptional mechanisms. Plant Sci., 172: 246-252
7. Flowers, T.J, and Yeo, A.R. 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants—where next? Aust. J. Plant. Physiol. 22: 875–884.
8. Gosset, D. R., Millhollon, E.P., and Lucas, C.1994. Antioxidant response to NaCl stress in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of cotton. Crop Sci. 34: 706-714.
9. Hasegawa, P. M., Bressan, R.A., Zhu, J.K., and Bohnert, H.J. 2000. Plant cellular and molecular responses tohigh salinity. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 51: 463–499.
10. Hayashi, H., Alia, M.L., Deshnium, P., Ida, M., and Murata, N. 1977. Transformation of *arabidopsin thalina* with the coda gene for choine oxidase, accumulation of Glycine betaine and enhanced tolerance to salt and cold stress. Plant Sci. J. 12: 133-142.
11. Hellman, H., Funk, Rentsch, D., and Frommer, W.B. 2000. Hypersensitivity of an Arabidopsis sugar signaling mutant toward exogenous praline application. Plant Physiol., 123: 779-790.
12. Hermandez, J.A., Campilio, A., Jimenez, J., Alarcon, J., and Sevilla, F. 1999. Response of antioxidant systems and leaf water relations to NaCl stress in pea plants. New Phytol., 141: 214-251.
13. Hu, Y.C., Schnyder, H., and Schmidhalter, U. 2000. Carbohydrate deposition and partitioning in elongating leaves of wheat under saline soil conditions. Aus. J. Plant Physiol. 27: 363–370.
14. Kozlowski, T.T. 1997. Response of woody plants to flooding and salinity. Tree Physiol. Monograph1. 7:1-29.
15. Larher, F. 1996. The glycine betain inhibitory effect on the osmo-induced proline response of rape leaf discs. Plant Sci. 113: 21-31.
16. Mansour, M.M.F. 2000. Nitrogen containing compounds and adaptation of plants to salinity stress. Biol. Plant. 43: 491–500.
17. Marshall, M.R., Kim, J., Wei, C.I. 2006. Enzymatic browning in fruits, vegetables and sea foods. 2000. Available in http://www.fao.org/ag/ags/agsi/ENZYMEFINAL/Enzymatic%20 Browning.html (Accessed July 9, 2006).
18. Masood, A., Shah, N.A., Zeeshan, M., and Abraham, G. 2006. Differential response of antioxidant enzymes to salinity stress in two varieties of Azolla (Azolla pinnata and Azolla tilieuloides). Environ. Exp. Bot., 58: 216-222.

19. McNell, S.D., Nuccio, M.L., Zeimark, M.J., and Hanson, A.D. 2001. Enhanced synthesis of choline and glycine betaine in transgenic tobacco plants that overexpress phosphoethanolamine N-Methyltransferase, Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 98: 10001-10005.
20. Meloni, D.A., Oliva, M.A., Martinez, C.A., and Cambraia, J. 2003. Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. Environ. Exp. Bot. 49: 69-76.
21. Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends Plant Sci. 7: 405-410.
22. Mitysik, J., Alia, B., and Mohanty, P. 2002. Molecular mechanism of quenching of reactive oxygen species by proline under stress in plants. Current Sci. 82: 525-532.
23. Monolangan, X., and Dinabandha, A. 1975. Role of antioxidant in salt tolerance. Plant Physiol. 47: 211-214.
24. Naidu, B.P., Cameron, D.F., and Konduri, S.V. 2002. Tropical agriculture. 13th Australian Agronomy Conference.
25. Thipyapong, P., Stout, M.J., and Attajarusit, J. 2007. Functional analysis of polyphenol oxidase by antisense/sense technology. Molecules. 12: 1569-1590.
26. Roshani,G.H., and Mirghasemi, S.J. 2015. Effect of saline habitats on some morphophysiogical responces of 12 genotypes of cotton plant (*Gossypium hirsutum* L.). Plant Environ. Physiol. 9(36): 47-57. (In Persian).
27. Roxas, V.P., Smith, R.K., Allen, E.R., and Allen, R.D. 1997. Overexpression ofglutathione S-transferase/glutathione peroxidase enhances the growth of transgenic tobacco seedlings during stress. Nat. Biotech. 15: 988–991.
28. Sairam, R. K., and Srivastava, G.C. 2002. Changes in antioxidant activity in sub-cellular fractions of tolerant and susceptible wheat genotypes to long term salt stress. Plant Sci. 162: 897-804.
29. Salwa, J., Moez, J., Liaman, F., and Aouani, M.E. 2005. Changes in ascorbate peroxidase, guaiacol peroxidase and superoxidase dismutase activities in common bean (*Phaseolusvulgaris*) nodules under salt. J. Plant physiol. 162(8): 929-936.
30. Saneoka, H., Nagasaka, C., Hahn, D.T., Yang, W.J., Premachandra, G.S., Joly, R.J., and Rhodes, D. 1995. Salt tolerance of glycinebetaine-deficient and containing maize lines. Plant Physiol., 107: 631–638.
31. Skubatz, H., Meeuse, B.J.D., and Bendich, A.J. 1989. Oxidant of proline and glautamate by mitochondria the inflorescence of voodoo lily (*Sauratum guttatum*). Plant Physiol. 91: 530-532.
32. Sotiropoulos, T.F. 2007. Effect of NaCl and CaCl2 on growth and contents of minerals, chlorophyll, proline and sugars in the apple rootstock M4 cultured in vitro. Biol. Plantarum. 51: 177-180.

33. Wassmann, S., Wassmann, K., and Nickening, G. 2004. Modulation of oxidant and antioxidant cells. Hypertension, 44(4): 381-386.
34. Weston, A.1989. Salt stress and antioxidant. Plant Physiol. 84: 415-435.
35. William, W.P., Braim, A.P.R., and Dominy, P.J. 1992. Induction of nonbilayer lipid phase separation in chloroplast thylakoid memranes by compatible solutes and its relation to the thermal stability of photosystem II, Biochemistry. Biophysic Acta. 1099: 137-141.
36. Yancey, P.H., Clark, M.E., Hand, S.C., Bowlus, R.D., and Somero, G.N. 1982. Living with water stress: evolution of osmolyte systems. Sci. 217: 1214–1222.
37. Yokoi, S., Quintero, F.J., Cubero, B., Ruiz, M.T., Bressan, R.A., Hasegawa, P.M., and Pardo, J.M. 2002. Differential expression and function of Arabidopsis thaliana NHX Na+/H+ ant porters in the salt stress response. Plant J. 30(5): 529–539.