تاثیر سطوح مختلف شوری بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان برگ و خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه کنجد (*Sesamum indicum* L.)

مژگان ثابت تیموری[۱]، حمید رضا خزاعی[۲]، احمد نظامی[۲]، مهدی نصیری محلاتی[۳]

چکیده

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف شوری بر میزان آنزیم‌های آنتی اکسیدان برگ و خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه کنجد به عنوان شاخص‌هایی از مقاومت به تنش شوری، پژوهشی در سال ۱۳۸۴ در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل ترکیبی از پنج سطح مختلف شوری (۲/۴، ۴/۴، ۶/۴، ۸/۴ و ۱۰/۴ دسی‌زیمنس بر متر) و چهار توده‌ی بومی کنجد (جیرفت، دزفول، مغان و برازجان) بودند. با افزایش تنش شوری مقدار هدایت روزنه‌ای، تعرق و میزان آب نسبی برگ در کلیه توده‌ها کاهش یافت. تاثیر تنش شوری بر میزان فعالیت دو آنزیم سوپر اکسیددیسموتاز و گلوتاتیون ردوکتاز به‌صورت تغییرات معنی‌دار مثبت و برکاتالاز به صورت معنی‌دار منفی مشاهده شد. فعالیت کلیه آنزیم‌ها در دوره‌ی رشد زایشی افزایش و در مرحله‌ی رسیدگی گیاه کاهش یافت. مقایسه میان توده‌های کنجد نشان داد که با توجه به همبستگی قوی بین میزان آب نسبی برگ و آنزیم سوپراکسیددیسموتاز، می‌توان توده مغان را با کم‌ترین تغییرات در میزان آب نسبی برگ و بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم، به‌عنوان توده‌ی مقاوم و توده‌ی برازجان را حساس‌ترین توده نسبت به شوری معرفی نمود.

واژه‌های کلیدی: کنجد، تنش شوری، خصوصیات فیزیولوژیکی، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

۱، ۲ و ۳. به ترتیب دانشجوی دکتری اکولوژی، دانشیاران و استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد

مقدمه

یکی از مشکلات اساسی بر سر راه کشاورزی کمبود منابع آب شیرین و با کیفیت مطلوب جهت آبیاری است. با توجه به توسعه کشاورزی فاریاب و اجتناب ناپذیر بودن استفاده از منابع آبی با کیفیت پایین و شور، تخریب اراضی زراعی مرغوب و گرایش به سمت شور و قلیا شدن خاک مسئله ساز خواهد بود (کافی و همکاران، ۱۳۸۲).

کشور ما از نظر اقلیمی در منطقه خشک و نیمه‌خشک دنیا قراردارد، از این‌رو شوری خاک و آب آبیاری یکی از مشکلات عمده در زراعت کشور است. شوری آب وخاک آبیاری سبب بروز تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متعددی در گیاهان می‌شود ضمن‌اینکه تحمل به شوری در گیاهان نیز ویژگی پایداری نبوده و ممکن است در مراحل مختلف رشد هر گونه، متفاوت باشد (سایرام و سریواستاوا، ۲۰۰۱).

به‌طور کلی گیاهان طیف وسیعی از تنش‌های محیطی را که نهایتاً منجر به بروز تنش اکسیداتیو در گیاه می‌شود، درک می‌کنند. مکانیسم مقاومت در برخی از تنش‌ها به صورت یک ارتباط درونی و نتیجه یک برنامه‌ریزی هماهنگ و پیچیده است. در شرایط تنش عدم توازن بین فرآیند جذب انرژی و مصرف آن توسط اندام فتوسنتزی باعث تولید انواع اکسیژن فعال [1](ROS) و ناتوانی گیاه در مهار آن می‌گردد که در نهایت منجر به بروز تنش در غشا سلول و علائم ناشی از صدمات اکسیداتیو می‌شود (بلوخینا و همکاران، ۲۰۰۳). افزایش میزان رادیکال‌های فعال اکسیژن در گیاه باعث می‌شود که برای کاهش اثرات سمی تنش اکسیداتیو ناشی از تنش شوری، مکانیسم‌های متنوعی در گیاه فعال شود. در این شرایط میزان آنتی‌اکسیدان‌ها افزایش یافته و آنزیم‌های مهار کننده ROS ها در جهت کاهش اثرات سمی ناشی از تنش اکسیداتیو حاصل از تنش شوری، افزایش پیدا می‌کنند. حساسیت آنزیم‌های استخراج شده از ارقام متحمل به شوری در حضور NaCl کاملاً مشابه آنزیم‌های موجود در ارقام حساس به شوری است (کافی و همکاران، ۱۳۸۲). آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان به‌عنوان سریع‌ترین واحدهای مقابله کننده در برابر حمله اکسیژن‌های فعال به شمار می‌آیند (دیرک و مونتاگو، ۲۰۰۲). خصوصیات فیزیولوژیک گیاه، از جمله بسته شدن روزنه‌ها، تغییر درالگوی تنظیم کننده‌های رشد و تجمع متابولیت‌ها نیز مواردی از سازگاری با شرایط تنش می‌باشند (خاوری، ۱۳۷۵؛ سینگ و همکاران، ۲۰۰۴). لذا بررسی اثرات تنش شوری به کمک آنزیم‌ها، می‌تواند با سرعت بیش‌تری به شناسایی پایه‌های مقاوم یک گیاه منجر شود، زیرا رابطه‌ی قوی در تحمل به تنش‌های محیطی و تغییرات غلظت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاهان فتوسنتز کننده وجود دارد و با توجه به اینکه سنتز هر ماده‌ای در سلول‌ها تحت کنترل ژن‌ها می‌باشد، لذا می‌توان با شناسایی ژن‌های مسئول سنتز این مواد و انتقال آن به گیاهان دیگر، به تولید پایه‌های مقاوم به شوری پرداخت.

جهت استحصال عملکرد مطلوب در شرایط تنش شوری، به گیاهی با مقاومت مناسب نیاز است. از سوی دیگر با توجه به تنوع گونه‌های گیاهی که هر کدام دارای صفات وراثتی و مکانیزم‌های خاص حفظ و تداوم بقاء می‌باشند، به نظر می‌رسد که می‌توان اقدام به شناسایی، اصلاح و گزینش گونه‌های مقاوم به شوری نمود (کریمی، ۱۳۷۵).

لذا شناخت عوامل درون سلولی که عامل ایجاد مقاومت درمقابل تنش‌های محیطی است و گزینش توده‌های مناسب بومی، لازمه توصیه یک گیاه زراعی است و در این میان گیاه گرمادوست کنجد که دوره رشد کوتاه، نیاز به آب کم و سابقه کشت طولانی در ایران دارد، می‌تواند جایگزین خوبی برای کشت دوم پس از گندم و جو باشد و عملکرد قابل توجهی نیز داشته باشد (کریمی، ۱۳۷۵؛ ویس، ۲۰۰۰). بنابراین دست‌یابی به روش‌های نوین و کاربردی جهت افزایش تولید در واحد سطح اقلیم‌های خشک و نیمه خشک با استفاده از آب‌های شور ضروری به‌نظر می‌رسد.

هدف از اجرای این آزمایش بررسی واکنش توده‌های بومی کنجد نسبت به سطوح شوری و ارزیابی

1. Reactive Oxygen Species

میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان برگ این گیاه تحت شرایط تنش می‌باشد.

مواد روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۸۴ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش ترکیبی از پنج سطح شوری (S1=۲/۴، S2=۴/۴، S3=۶/۴، S4=۸/۴ و S5=۱۰/۴ دسی‌زیمنس برمتر) و چهار توده‌ی بومی کنجد (جیرفت، دزفول، مغان و برازجان) بودند. دراین آزمایش برای کنترل میزان نمک و املاح و حفظ ثبات در محیط ریشه، از محیط کشت ماسه و جهت تغذیه و آبیاری از سیستم آبیاری قطره‌ای استفاده شد. جهت کشت جعبه‌هایی به ابعاد ۵۷×۴۲×۳۵ سانتی‌متر تهیه شد. کف جعبه‌ها جهت ایجاد زهکشی مناسب با گراویه درشت و شسته پوشیده شده و به‌طور کامل با ماسه‌ی نرم که از الک ۰/۵ میلی‌متری عبور داده شده و دو مرحله شسته شده بود، پر شد. پس از تسطیح و فشردن کامل ماسه‌ها اقدام به کشت بذور به صورت کپه‌ای، در دو ردیف و به فاصله ۲۰ سانتی‌متر گردید. به دلیل رشد بطئی و ضعیف بودن گیاهچه‌های کنجد، کلیه تیمارها تا زمان استقرار کامل گیاه (مرحله چهار برگی) با محلول غذایی بدون نمک آبیاری شدند. در زمان اعمال تنش شوری، کلیه جعبه‌های کشت هر روز در دو مرحله با محلول‌های مورد نظر آبیاری شده و در دوره رشد سریع نیز همواره محیط ریشه‌ها مرطوب نگه داشته شد تا میزان شوری در محیط کشت یکنواخت باشد. برای رسیدن به شرایط محیطی مطلوب رشد، دمای روز۲±۲۸، دمای شب۲±۱۹ درجه سانتی‌گراد و رطوبت محیط حدود ۵۰ درصد تنظیم شد. جهت تعیین میزان آنتی اکسیدان‌های مورد بررسی، نمونه‌برداری در سه مرحله رشد رویشی، آغاز گلدهی و آغاز رسیدگی کپسول‌ها، از برگ‌های یک سوم فوقانی گیاه صورت گرفت. جهت تهیه عصاره آنزیمی برای تعیین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از روش دیندسا و همکاران استفاده شد (سایرام و همکاران، ۲۰۰۲). به همین منظور ابتدا ۰/۵ گرم از نمونه برگ تازه را که با آب مقطر شسته و پس از خشک کردن، با ۵ میلی‌لیتر از محلول استخراج، حاوی ۰/۱ مول فسفات پتاسیم بافر (۷/۵ =pH) و ۰/۵ میلی‌مول EDTA، به‌وسیله هاون نرم سائیده و مخلوط حاصل از تنظیف عبور داده‌شد. سپس این محلول داخل تیوپ های ۱/۵ میلی‌لیتری ریخته شد و به مدت ۱۵ دقیقه به‌وسیله سانتریفوژ یخچال‌دار با سرعت ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه و دمای ۴ درجه سانتی-گراد جداسازی گردید. مایع شفاف داخل تیوپ که حاوی عصاره آنزیمی مورد نظر بود، جهت تعیین میزان فعالیت آنتی اکسیدان‌های سوپراکسیددیسموتاز [1](SOD)، کاتالاز [2](CAT) و گلوتاتیون ردوکتاز [3](GR) مورد استفاده قرارگرفت.

جهت تعیین مقدار SOD از روش سایرام و همکاران(۲۰۰۱) استفاده شد. برای تهیه ترکیب واکنش از ۱۳ میلی مول متیونین، ۲۵ میکرومول نیتروبلوتترازولیوم (NBT)، ۶ میکرومول محلول ۰/۵مولار EDTA، ۱/۵ میلی‌لیتر از محلول ۱ مولار فسفات بافر (pH= ۷/۸)،۶۰ میکرومول ریبوفلاوین ۱میلی‌مولار و ۵۰ میلی‌مول سدیم بی‌کربنات استفاده شد. سپس ۲/۹ میلی‌لیتر از مخلوط حاصل را داخل تیوپ استریل ریخته، بلافاصله پس از افزودن ۲ میکرومول ریبوفلاوین و ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی، به مدت ۱۵ دقیقه زیر نور لامپ فلورسانس ۱۵×۲ وات قرار داده‌شد. جهت تعیین میزان فعالیت آنزیم SOD در مخلوط حاصل، از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۶۰ نانومتر در دمای ۲± ۲۳ درجه سانتی‌گراد استفاده گردید.

برای تعیین مقدار آنزیم کاتالاز موجود در عصاره آنزیمی از روش چنس و مهلی (سایرام وهمکاران، ۲۰۰۲) استفاده شد. بدین‌ترتیب که ترکیبی از ۱۵ میکرولیتر H_2O_2 و ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی برداشته و با استفاده از محلول ۰/۱ مولار فسفات بافر (pH=۷) حجم محلول را به ۳ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس جذب

1. Super Oxid Dismutase
2. Catalase
3. Glutathion reductase

ترکیب حاصله در طول موج ۲۴۰ نانومتر، در مدت ۵ دقیقه هر ۵ ثانیه یکبار، مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

جهت تعیین مقدار گلوتاتیون ردوکتاز از روش اسمیت و همکاران (آرورا و همکاران، ۲۰۰۲) استفاده شد. برای طیف سنجی ترکیب واکنش، ۱ میلی‌لیتر فسفات پتاسیم بافر ۰/۲ مولار (pH=۷/۵) را که حاوی ۱ میلی مول EDTA، ۰/۵ میلی‌لیتر DTNB ۳ میلی‌مولار حل شده در ۰/۰۱ مول فسفات بافر pH=۷/۵، با ۰/۱ میلی‌لیتر NADPH ۲ میلی‌مولار بود، با ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی مخلوط نموده و بلافاصله پس از افزودن ۰/۱ میلی‌لیتر از گلوتاتیون اکسید شده ۲ میلی‌مولار ، در طول موج ۴۱۲ نانومتر و در مدت ۱۰ دقیقه، هر ۱۵ ثانیه یک‌بار، میزان جذب اندازه‌گیری شد.

جهت بررسی صفات فیزیولوژیک پس از اعمال تنش شوری به فاصله هر۱۰روز یک‌بار، مقدار هدایت روزنه‌ای و میزان تعرق جوان‌ترین برگ توسعه یافته در طول دوره رشد گیاه، به‌وسیله دستگاه LCi Portable Photosynthesis System اندازه‌گیری شد. برای تعیین مقدار آب نسبی برگ در مرحله پرشدن کپسول‌ها، ازجوان‌ترین برگ‌های توسعه یافته در یک سوم فوقانی گیاه نمونه‌برداری شده و از معادله زیرجهت تعیین میزان آب نسبی برگ استفاده شد (سایرام وسریواستاوا، ۲۰۰۱):

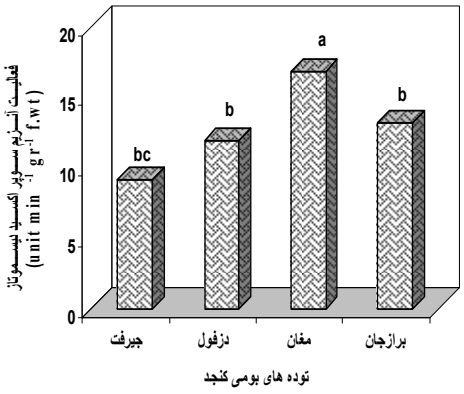
$$\text{میزان نسبی آب برگ (درصد)} = \frac{\text{وزن خشک برگ} - \text{وزن تربرگ}}{\text{وزن خشک برگ} - \text{وزن برگ آماس کرده}} \times ۱۰۰$$

داده‌های حاصل از آزمایش با کمک نرم افزار MINITAB آنالیز و میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با کمک نرم افزار MSTATC مورد مقایسه قرار گرفتند. برای رسم نمودارها از نرم افزار EXCEL استفاده گردید.

نتایج و بحث

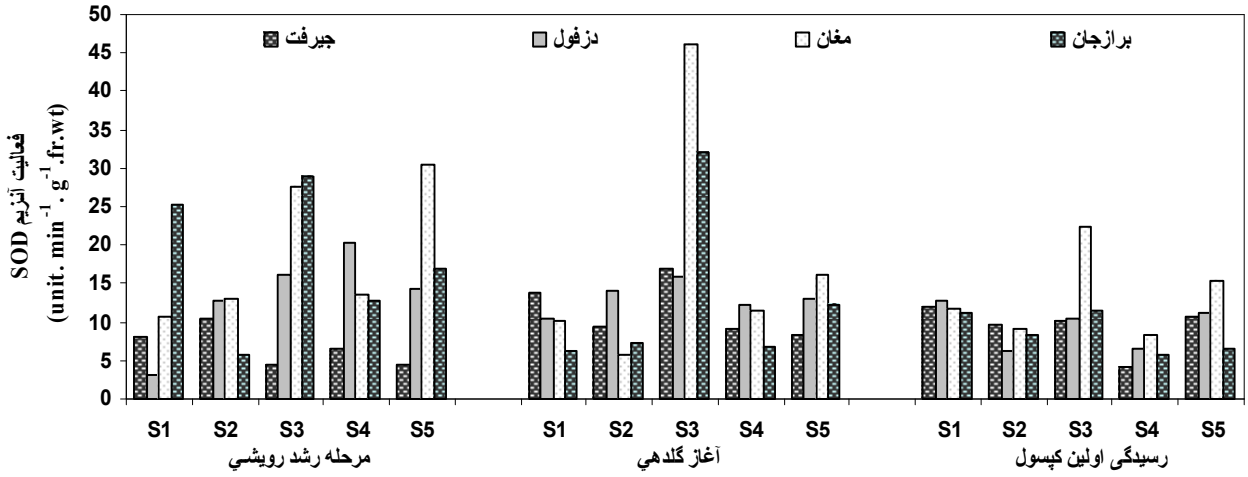
سوپر اکسید دیسموتاز (SOD)

میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز بین توده‌های بومی کنجد از اختلاف معنی‌داری برخوردار بود به طوری که توده‌ی بومی مغان بیش‌ترین و توده‌ی بومی جیرفت کم‌ترین مقدار فعالیت آنزیم SOD را داشت (شکل۱).



شکل۱: میانگین میزان فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در توده‌های بومی کنجد

بررسی فعالیت آنزیم SOD طی مراحل مختلف رشد در توده های کنجد نشان داد که فعالیت آنزیم SOD در توده‌های برازجان و مغان با افزایش سن گیاه، از مرحله رویشی به مرحله رسیدگی، کاهش یافت. در صورتی‌که مقدار فعالیت این آنزیم در توده بومی جیرفت، در مرحله گلدهی بیش‌تر از مرحله رشد رویشی بود. در عین حال بالاترین مقدار آنزیم طی دوره‌ی رشد مربوط به توده مغان بود. با افزایش میزان نمک در محلول غذایی، از سطح ۶/۴ دسی‌زیمنس به سطح ۱۰/۴ دسی‌زیمنس، مقدار آنزیم در واحد وزن برگ کاهش یافت (شکل۲).



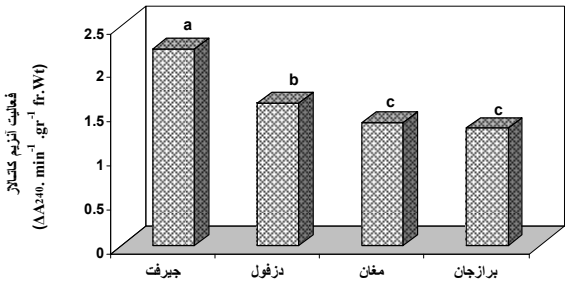
شکل۲: مقایسه‌ی میانگین تاثیر تنش شوری بر میزان فعالیت آنزیم SOD در سه دوره رشدی کنجد S1، S2، S3، S4 و S5 به ترتیب شوری ۲/۴، ۴/۴، ۶/۴، ۸/۴ و ۱۰/۴ دسی زیمنس بر متر

این امر می‌تواند به دلیل تخریب ساختارهای تولید کننده‌ی SOD باشد. هنگامی‌که گیاه در معرض NaCl قرار می‌گیرد، به دلیل کاهش موضعی میزان Na^+ در برگ، کاهش فعالیت آنزیم در رقم مقاوم نسبت به رقم حساس مشاهده می‌شود (وایدیاناتان و همکاران، ۲۰۰۳). با افزایش میزان شوری، سیستم آنتی اکسیدان گیاه فعال شده و با افزایش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز به عنوان اولین سد دفاعی در مقابل حمله رادیکال‌های اکسیژن، در مقابل خسارات ناشی از تنش شوری مقاومت می‌نماید (میرمحمدی‌میبدی و قره‌یاضی، ۱۳۸۱) و تا زمانی‌که گیاه قادر به مهار حجم سوپراکسید تولید شده در گیاه باشد، این فرآیند ادامه دارد.

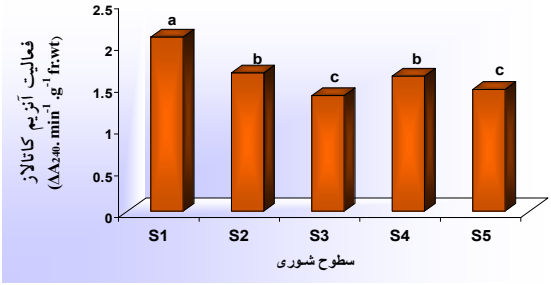
نتایج پژوهش‌گران روی سایر گیاهان نیز نشان داده است که میزان فعالیت آنزیم SOD در ارقام مقاوم به شوری نسبت به ارقام حساس بیش‌تر است و با افزایش شوری و افزایش سن گیاه مقدار آنزیم افزایش معنی‌داری نشان می‌دهد (ردی و سریواستاوا، ۲۰۰۳).

آنزیم کاتالاز (CAT)

نتایج این بررسی در خصوص آنزیم کاتالاز نشان داد که توده بومی جیرفت دارای بیش‌ترین مقدار فعالیت آنزیم بوده و توده‌های برازجان و مغان نیز در میزان فعالیت آنزیم اختلاف معنی‌داری نداشته و در پائین‌ترین سطح قرارداشتند (شکل ۳). همین‌طور مقایسه فعالیت آنزیم در سطوح مختلف شوری نشان داد که با افزایش شوری از سطح ۲/۴ دسی‌زیمنس تا ۶/۴ دسی‌زیمنس از میزان فعالیت آنزیم کاتالاز کاسته شد. لیکن با افزایش شوری به ۸/۴ دسی‌زیمنس مجدداً افزایش میزان آنزیم مشاهده گردید (شکل۴).



شکل۳: مقایسه میانگین فعالیت آنزیم کاتالاز در توده‌های بومی کنجد



شکل ۴: تغییرات فعالیت آنزیم کاتالاز در سطوح مختلف شوری

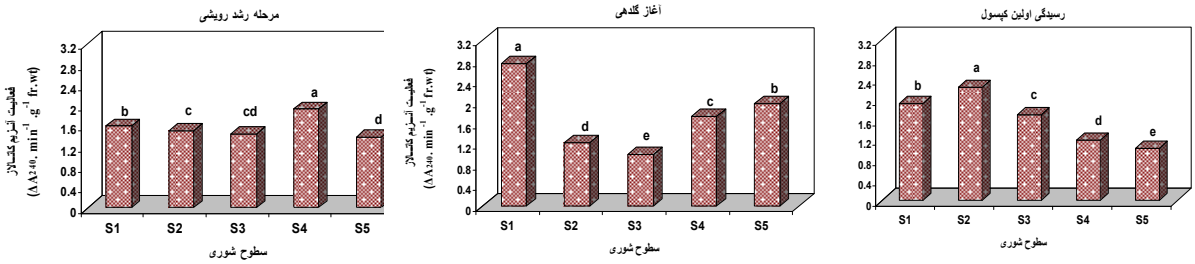
مطالعات (کافی و همکاران، ۱۳۸۲) نشان می‌دهد که افزایش شوری باعث کاهش معنی‌دار میزان فعالیت آنزیم کاتالاز می‌گردد. مقایسه میانگین توده‌های مورد بررسی در خصوص میزان فعالیت کاتالاز نشان‌داد که بیش‌ترین مقدار فعالیت آنزیم کاتالاز در مرحله گلدهی گیاه و کم‌ترین مقدار فعالیت آن در مرحله رشد رویشی ظاهر می‌شود. ضمن این‌که حداکثر فعالیت آنزیم کاتالاز در مراحل مختلف رشد گیاه کنجد، متفاوت بود. نتایج سایرام و سریواستاوا (۲۰۰۱) نیز نشان داد که با افزایش سن گیاه تا مرحله‌ی ۵۰ درصد گرده افشانی، مقدار آنزیم کاتالاز افزایش یافت و با گذر از این مرحله، مقدار آنزیم کاتالاز در شوری ۱۰/۵ دسی‌زیمنس کاهش معنی‌داری نشان داد (شکل۵).

کاتالاز یک آنزیم تبدیل کننده پراکسید هیدروژن به آب و اکسیژن مولکولی است که در نتیجه تنش شوری، میزان آن در برگ‌ها و ریشه کاهش می‌یابد. این امر نشان می دهد، به علت رابطه ضعیف کاتالاز با پیش ماده‌ی خود، عاملی در جهت محدود نمودن عمل محافظتی کاتالاز دخالت نموده و باعث غیر فعال شدن کاتالاز گردیده است (گرامر، ۲۰۰۲).

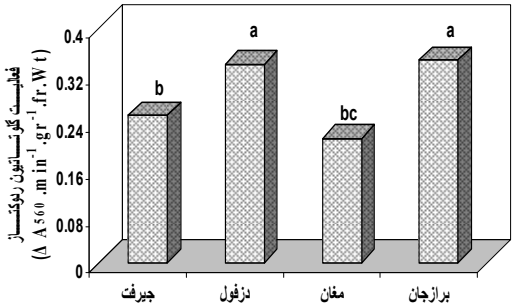
گلوتاتیون ردوکتاز (GR)

توده‌های بومی کنجد مورد مطالعه دارای مقادیر متفاوتی از فعالیت گلوتاتیون ردوکتاز بودند (شکل۶). کم‌ترین میزان فعالیت گلوتاتیون ردوکتاز در توده بومی مغان مشاهده شد و توده‌های بومی دزفول و برازجان بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم را نشان دادند. نتایج این بررسی نشان داد که کم‌ترین میزان فعالیت آنزیم GR، مربوط به سطح شوری ۶/۴ دسی‌زیمنس بر متر بود (شکل۷).

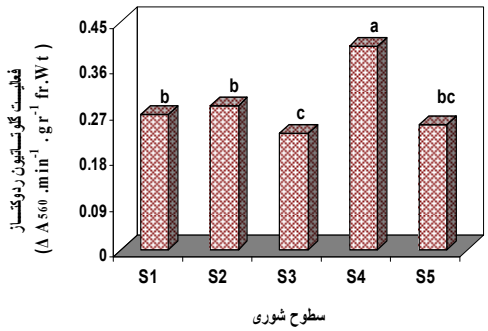
در میان توده‌های مورد بررسی کم‌ترین مقدار فعالیت GR در توده بومی مغان و در مرحله رسیدگی کپسول‌ها مشاهده شد که دلیل آن را می‌توان فعالیت هم سوی گلوتاتیون ردوکتاز و کاتالاز جهت مهار پراکسید هیدروژن حاصل از فعالیت SOD دانست.



شکل ۵: تاثیر تنش شوری بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز، طی دوره‌ی رشد
S1، S2، S3، S4 و S5 به ترتیب شوری ۲/۴، ۴/۴، ۶/۴، ۸/۴ و ۱۰/۴ دسی‌زیمنس بر متر



شکل۶: مقایسه فعالیت گلوتاتیون ردوکتاز در توده‌های بومی کنجد



شکل۷: میانگین فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز در سطوح مختلف شوری

در تمامی آنزیم‌های مورد بررسی، سطح فعالیت آنزیم با افزایش سن گیاه و گذر از دوره‌ی رشد رویشی افزایش نشان داد (شکل۸) که دلیل آن اهمیت این دوره از رشد گیاه در جهت تداوم بقاء می‌باشد و با گذر از مرحله‌ی رشد رویشی، مجدداً فعالیت آنزیم‌های دفاعی کاهش یافت، این نتیجه می‌تواند به این دلیل باشد که گیاه در مواجهه با شرایط تنش، انرژی کم‌تری صرف فعالیت‌های دفاعی نموده و با کاهش دوره‌ی رشد، انرژی خود را به مصرف ذخیره‌سازی مواد تولید شده در بذر می‌رساند.

خصوصیات فیزیولوژیکی

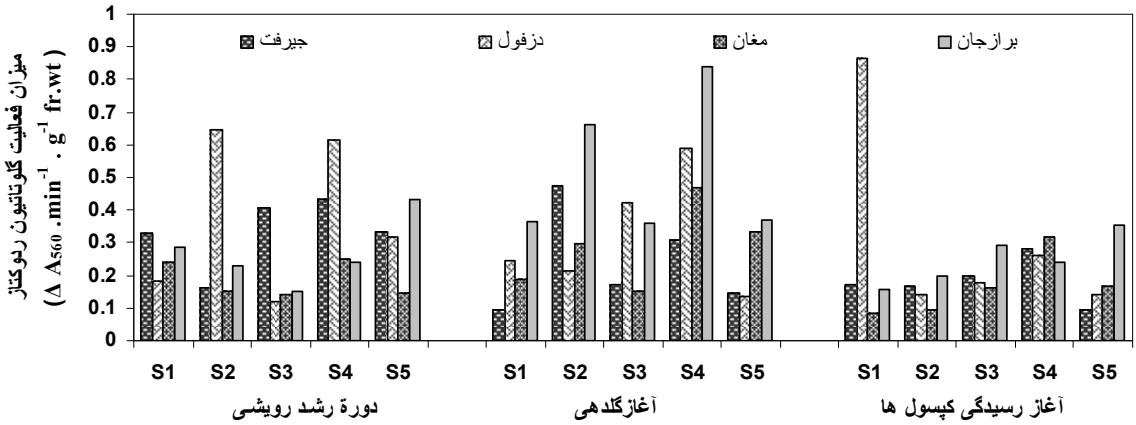
با افزایش مقدار شوری، میزان نسبی آب برگ و میزان تعرق درکلیه توده های مورد بررسی، کاهش یافت (شکل‌های ۹ و۱۰).

نتایج سایر پژوهشگران نیز این مطلب را تائید می‌نماید (محمود و همکاران، ۲۰۰۳). با اعمال تنش شوری، کاهش مقدار نسبی آب برگ با افزایش میزان کلرید سدیم نسبت به شاهد در توده‌های جیرفت، دزفول، مغان و برازجان به ترتیب ۲۰/۰۵، ۲۰/۳۳، ۲۰/۵۲ و ۲۰/۳۳ درصد بود. سایر پژوهش‌ها نیز نشان داده‌است که درارقام مقاوم گندم، مقدار آب نسبی برگ، کم‌تر از ارقام نیمه مقاوم بوده و با افزایش سن گیاه اختلاف بین ارقام مقاوم و نیمه مقاوم کم‌تر می‌شود، به‌طوری‌که در سطوح بالای شوری این اختلافات معنی‌دار نمی‌باشد (سایرام و سریواستاوا، ۲۰۰۱).

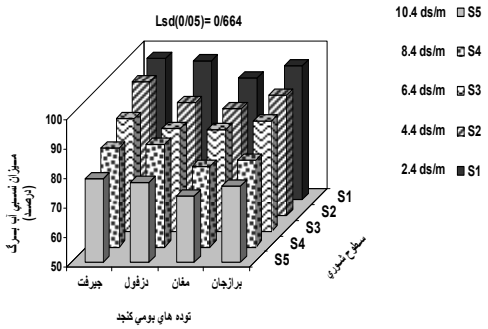
سرعت تعرق با گذر از مرحله‌ی ۲/۴ دسی-زیمنس تا ۸/۴ دسی‌زیمنس بر متر، به میزان ۶۵/۴۹ درصد کاهش یافت و افزایش بیشتر شوری تغییر معنی‌داری در سرعت تعرق ایجاد نکرد. میزان تعرق در بین توده‌های بومی مورد بررسی اختلاف معنی‌داری نداشت ولی کلیه توده‌های مورد بررسی با افزایش دوره رشدی، از ۲۵ روز پس از کاشت، دچار تغییرات بسیار معنی‌داری در میزان تعرق شدند (شکل ۱۱).

هدایت روزنه‌ای

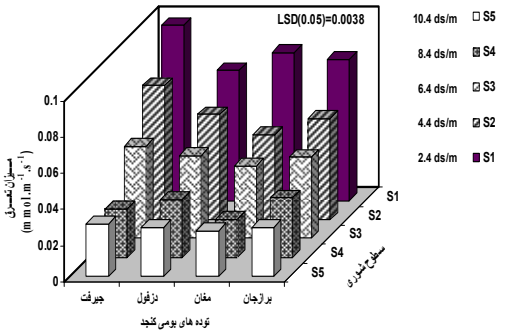
هدایت روزنه‌ای تحت تاثیر عوامل محیطی مثل شدت نور، غلظت CO_2، رطوبت محیط و خاک قرار داشته و از این طریق بر شدت فتوسنتز تاثیرگذار است و عوامل ژنتیکی نیز از طریق تاثیر بر هدایت روزنه‌ای، تاثیر خود را بر فتوسنتز و رشد گیاه اعمال می‌کنند (مشعوف و همکاران، ۱۳۸۲). در این آزمایش نیز با افزایش میزان شوری، گیاه به سرعت واکنش نشان داده و جهت کاهش اثرات ثانویه تنش شوری، اقدام به بستن روزنه‌ها و کاهش خروج آب از گیاه به صورت تعرق نموده است. لذا در هر چهار توده مورد بررسی کاهش هدایت روزنه‌ای در سطح ۴/۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد دیده شد و تنها توده برازجان بود که افزایش شوری تا سطح ۸/۴ دسی‌زیمنس بر متر عکس‌العمل روزنه‌ای خاصی نشان نداد (شکل۱۲).



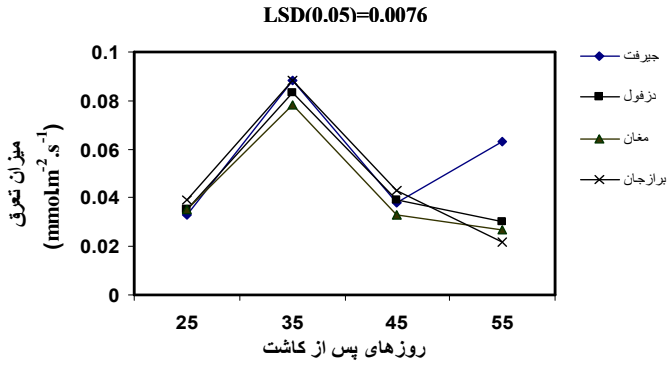
شکل ۸: اثر متقابل تنش شوری و زمان بر میزان فعالیت گلوتاتیون ردوکتاز در چهار توده‌ی مورد بررسی کنجد S1، S2، S3، S4 و S5 به ترتیب شوری ۲/۴، ۴/۴، ۶/۴، ۸/۴ و ۱۰/۴ دسی‌زیمنس بر متر



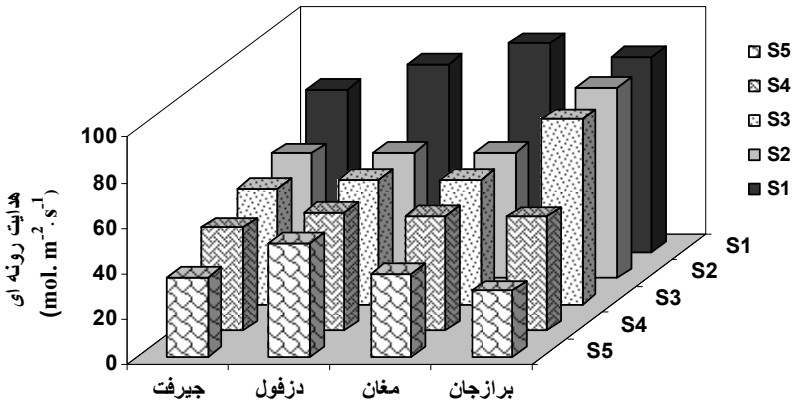
شکل ۹: تغییرات میزان آب نسبی برگ با افزایش میزان شوری در توده‌های کنجد



شکل۱۰: کاهش میزان تعرق با افزایش میزان شوری در توده‌های کنجد



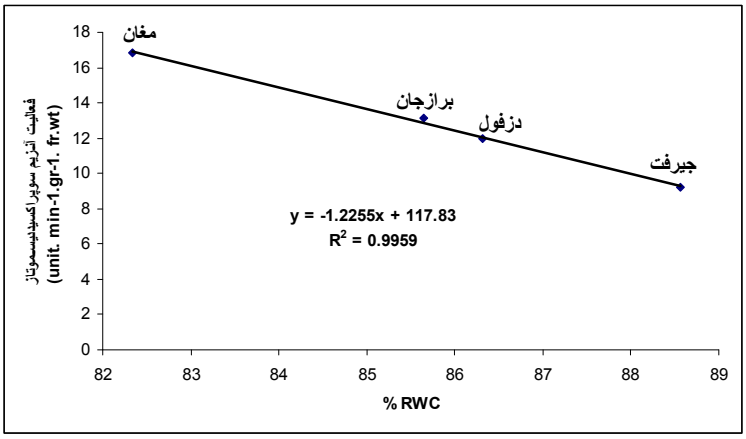
شکل۱۱: تغییرات میزان تعرق با افزایش سن گیاه در توده‌های بومی کنجد



شکل ۱۲- اثر متقابل شوری و نوع کنجد بر میزان هدایت روزنه‌ای

S1، S2، S3، S4 و S5 به ترتیب شوری ۲/۴، ۴/۴، ۶/۴، ۸/۴ و ۱۰/۴ دسی زیمنس بر

رابطه همبستگی بین فعالیت آنزیم SOD و میزان آب نسبی برگ در توده های مختلف کنجد، یک رابطه بسیار قوی و منفی بوده و نشان داد که توده بومی مغان با بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز و کم‌ترین میزان آب نسبی برگ مقاوم‌ترین و توده جیرفت با کم‌ترین میزان فعالیت آنزیم و بیش‌ترین میزان آب نسبی برگ حساس‌ترین توده بومی نسبت به شوری است (شکل۱۳).



شکل۱۳: همبستگی بین فعالیت آنزیم SOD و RWC بین توده‌های بومی کنجد

نتایج این آزمایش نشان داد، به‌دلیل این‌که آنزیم SOD به عنوان اولین سد دفاعی در مقابل حمله اکسیژن‌های فعال عمل می‌کند (میرمحمدی میبدی و قره‌یاضی، ۱۳۸۱)، با اعمال تنش شوری مقدار ROSهای تولید شده در سلول افزایش یافته و فعالیت SOD نیز تا سطح ۶/۴ دسی‌زیمنس بر متر افزایش نشان داد. لذا حجم SOD تولید شده تا این سطح از شوری، توان مهار عوامل اکسیداتیو را دارد. به موازات فعالیت SOD و به دنبال آن تولید H_2O_2 ، گلوتاتیون ردوکتاز نیز فعالیت خود را افزایش داده و تا سطح شوری ۸/۴ دسی‌زیمنس بر متر اقدام به مهار پراکسید هیدروژن موجود در محیط می‌نماید. با افزایش شوری به سطح ۸/۴ دسی‌زیمنس بر متر دو حالت پیش می‌آید: اول اینکه به موازات فعالیت SOD مقدار آنزیم کاتالاز و گلوتاتیون ردوکتاز فعال، نمی‌توانند H_2O_2 موجود در محیط را به حدی کاهش دهند که مانع فعالیت SOD در سطح ۸/۴ دسی‌زیمنس بر متر می‌شود. وضعیت دوم این است که میزان ROS تولید شده با افزایش شوری از سطح ۸/۴ دسی‌زیمنس بر متر به حدی افزایش می‌یابد که این آنزیم‌ها را غیر فعال می‌کند.

با توجه به اینکه بیش‌ترین مقدار فعالیت آنزیم SOD و کم‌ترین میزان نسبی آب برگ در توده مغان مشاهده شد، لذا به نظر می‌رسد که توده مغان از مقاومت بیش‌تری نسبت به شوری در بین توده‌های کنجد مورد بررسی برخوردار باشد و این توده بومی کنجد که قابلیت کشت و استحصال عملکرد مطلوب از اراضی شور را دارد، می‌تواند جهت بررسی‌های میدانی پیشنهاد شود.

منابع

خاوری، ر. ۱۳۷۵. فیزیولوژی گیاهی. انتشارات دانشگاه تربیت معلم.

کافی، م.، کامکار، ب. و مهدوی دامغانی، ع. م.۱۳۸۲. واکنش‌های گیاهان زراعی به محیط رشد. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

کریمی، ه.۱۳۷۵. گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه اصفهان.

میرمحمدی میبدی، ع. م. و قره یاضی، ب. ۱۳۸۱. جنبه های فیزیولوژیک و به‌نژادی تنش شوری گیاهان. مرکزنشردانشگاه صنعتی اصفهان.

مشعوف، م. م.، اسماعیلی آزاد گله، م. ع.، بابائیان جلودار، ن. ع. و کافی، م. ۱۳۸۲. واکنش فتوسنتزی و هدایت روزنه‌ای دو رقم گندم و دو رقم جو تحت تنش شوری. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۱ : (۱) ۵۱-۴۳.

Arora, A., Sairam, R. K. and Srivastava, G. C. 2002. Oxidative stress and antioxidant system in plants. Current Science. 82: 1227-1238.

Blokhina, O., Virolainen, E. and Fagestedt, K. V. 2003. antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: A review. Annuals of Botany. 91:179-194.

Dirk, I. and Montago, M .V. 2002. Oxidative Stress in Plants.Taylor & Fransis.

Mahmood, S., Iram, Sh. and Athar, H. R. 2003. Intra-specific various quantitative and qualitative attributes under differential salt region. Journal of Research Science.14:177-186.

Gramer, G. R. 2002. Response of absisic acid mutant of Arabidopsis to salinity. Functional Plant Biology. 29: 561-567.

Reddy, Y. V. and Srivastava, G. C. 2003. Superoxide dismutase and peroxidase activities in ripening Mango (*Mangifera indica* L.) Fruits. Indian journal of Plant Physiology. 8:115-119.

Sairam, R. K. and Srivastava, G. C. 2001. Water stress tolerance of wheat *Triticum aestivum* L.: Variation in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activiy in tolerant and susceptible genotype. Journal of Agronomy and Crop Science. 186: 63-70.

Sairam, R. K., Veerabhadra Rao, K. and Srivastava, G. C. 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science. 163: 1037-1046.

Singh, A., Saini, M. L. and Behl, R. K. 2004. Seed germination and seedling growth of citrus (*Cytrus species*) root stocks under different salinity regimes. Indian Journal of Agriculture Science . 74: 246-248.

Vaidyanathan, H., Sivakumar, P., Chakrabarty, R. and Thomas, G. 2003. Scavenging of reactive oxygen species in NaCl-stressed rice(*Oriza sativa* L.) differential response in salt tolerant and sensitive varieties. Plant Science. 165: 1411- 1418.

Weiss, E. A. 2000. Oil Seed Crops. Chapter 5. Sesame 131-164.

Effect of Different Salinity Levels on Antioxidant Enzymes Activity in Leaf and Physiological Characteristics of Sesame (*Sesamum indicum* L.)

Sabet Teimouri[1], M., Khazaie[2], H. R., Nezami[2], A. and Nassiri Mahallati[3], M.

Abstract

To study the effect of salinity levels on physiological characteristics and antioxidant enzyme activity quantity in sesame leaf, an experiment was conducted at research greenhouse, Faculty of Agriculture during the years 2004 and 2005. A factorial experiment based on completely design with three replications was used. The treatments comprised five salinity levels, 2.4, 4.4, 6.4, 8.4 and 10.4 dS/m and four sesame population, including Giroft, Dezful, Moghan and Borazjan. Stomatal conductance respiration and relative water content was significantly decreased with increasing with levels. The effect of salinity stress on antioxidant enzyme Super oxid dismutase, Gatalase and glutation reductase contents in sesame leaves was significant. There were also significant differences between sesame population on active enzyme value. Borazjan and Moghan population had the highest activate enzyme. The active enzyme value was increased on flowering stage and decreased at ripening. It cac be concluded that between the investigated sesame population Moghan with the highest enzyme value, yield and relative water content content had the highest resistant and Borazjan was most sensitive on salimity stress.

Keywords: Antioxidant Enzyme, Physiological characteristics, Salinity stress, Sesame

1, 2 and 3: M. Sc. Agriculture Student, Assistant Professors and Associate Professors, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad

---