بررسی فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و ساکاروز سنتتاز کینوا در مواجهه با تنش شوری

پیوند پاپن[1]*، شیدا شاهین زاده[2]، بیژن نظری[3]

۱- کارشناس سازمان آب و برق خوزستان.(*payvand_p2006@yahoo.com)

۲- کارشناس سازمان آب و برق خوزستان.

۳- استاد دانشگاه بین المللی امام خمینی قزوین.

چکیده

به منظور بررسی فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و ساکاروز سنتتاز کینوا (Chenopodium quinoa willd.) تحت تأثیر شوری آزمایشی مزرعه ای به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شرکت کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک خان در جنوب غرب خوزستان در سال ۱۳۹۸با ۳ تکرار اجرا شد. در این تحقیق ارقام کینوا به عنوان عامل اصلی و آبیاری دو سطح شوری (شاهد و ۴۵ دسی زیمنس بر متر) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج تحقیق نشان داد افزایش غلظت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز در سطح شوری ۴۵ دسی زیمنس بر متر به وضوح مشخص است به طوری که در تیمارهای بیشترین عملکرد دانه به ترتیب به ۹,۲ و ۱۹,۷ میکروگرم بر میلی‌گرم پروتئین رسید. با افزایش سطح تنش شوری، غلظت آنزیم ساکاروز سنتتاز کاهش می‌یابد. در تیمارهای واقع در شرایط بدون تنش (شاهد)، حداکثر میزان آنزیم ساکاروز سنتتاز حاصل شد که به‌عنوان عامل مهم در رشد و تولید گیاه شناخته می‌شود. طی آبیاری با آب بسیار شور (۴۵ دسی زیمنس بر متر)، اگرچه عملکرد دانه کاهش یافت اما به دلیل افزایش آنزیم‌های آنتی اکسیدانی از جمله فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز تولید دانه در گیاه میسر بود. افزایش فعالیت آنزیم ها در شرایط تنش شوری نشان دهنده کارایی بهتر بوته‌های کینوا از نظر جنبه‌های مختلف رشدی و متابولیسم است.با توجه به هدف طرح مبنی بر رفتارشناسی ارقام کینوا و بررسی تحمل آن‌ها به شوری، می‌توان کشت آن را به‌عنوان یک راهکار در اراضی جنوب اهواز بکار برد.

کلمات کلیدی: پراکسیداز، ساکاروز سنتتاز، شوری،کینوا.

مقدمه

در بسیاری از مناطق دنیا به ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک منابع آب غیرشور محدود بوده و پیوسته در حال کاهش است (Jiang *et al.*, 2012). بنابراین، کشاورزان مجبور به استفاده از آب‌های نامتعارف، نظیر آب‌های شور و لب‌شور می شوند. آبیاری مزارع با این قبیل آب‌ها حتی برای گیاهان مقاوم به شوری نیز، علاوه بر کاهش محصول، مشکلات ناشی از شور و نامرغوب شدن اراضی را در پی دارد (Abdelgawad *et al.*, 2005). تاثیر منفی شوری بر رشد گیاه، به‌علت پتانسیل اسمزی پایین محلول خاک (تنش اسمزی)، سمیت یونی (تنش شوری) و عدم تعادل عناصر غذایی ایجاد می‌شود (Sadat Noori *et al.*, 2011). نتایج مطالعات مختلف نشان داده است که تنش شوری سبب ایجاد رادیکال‌های آزاد اکسیژن مانند سوپراکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال هیدروکسیل در کلروپلاست و دیگر اندامک‌های سلولی گیاه می‌شود. این رادیکال-های آزاد آسیب‌های زیادی را از طریق اکسیداسیون چربی‌ها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک به سلول وارد می‌کنند. در مقابل، گیاهان از طریق فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان طی بروز تنش شوری، اثر سوء تنش اکسیداتیو را کاهش می‌دهند (Ashraf *et al.*, 2009).آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در واقع سریع‌ترین واحدهای مقابله کننده در برابر حمله اکسیژن‌های فعال به شمار می‌آیند. آنزیم‌های دخیل در فرآیند غیرسمی کردن انواع اکسیژن فعال شامل کاتالاز، سوپراکسیددیسموتاز،

پراکسیداز، آسکوربیک پراکسیداز، گایاکول پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز می‌باشند که در پاکسازی انواع رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول‌های گیاهی به طور مستقیم نقش دارند (Ashraf & Harris, 2004). نتایج تحقیقات نشان داده گیاهانی که توانایی سیستم آنتی‌اکسیدان بالایی داشته باشند، در محیط‌های شور تحمل بیش‌تری دارند (Hasanuzzaman *et al.*, 2013).

در گیاهان تحت تنش شوری عدم تعادل عناصر غذایی به شکل‌های مختلف بروز می‌نماید. ممکن است شوری با تأثیر بر قابلیت استفاده از برخی عناصر، جذب، انتقال یا توزیع عناصرغذایی درون گیاه را دچار اختلال کند و یا با غیر فعال نمودن نقش فیزیولوژیک عنصر غذایی مصرف شده، منجر به افزایش ذاتی نیاز غذایی گیاه شود (Malakooti & Homayi, 2004). نیتروژن از اجزای تشکیل‌دهنده اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، پپتیدها، کلروفیل، آلکالوئیدها، اسیدهای نوکلئیک و آنزیم‌ها است در شرایط کمبود نیتروژن سنتز کلروپلاست و کلروفیل و بسیاری از آنزیم‌های فرایندهای مختلف متابولیکی، مختل می‌شود (Majd & Ardakani, 2003). به‌دلیل این‌که شوری بر جذب و اسیمیلاسیون نیتروژن در گونه‌های مختلف گیاهی تأثیر می‌گذارد، منبع نیتروژن نقش مهمی در تعادل شوری گیاه بازی می‌کند (Abdelgadir *et al.*, 2010).

کینوا با نام علمی *Chenopodium quinoa* از خانواده *Amaranthaceae* یک شبه غله کم حجم با ارزش غذایی بالا، منبع غنی از پروتئین، آهن، منیزیم، فیبر، فسفر و ویتامین و با تحمل بالا به انواع تنش‌های زنده و غیرزنده (خشکی و شوری) نسبت به غلات معمولی است (Basra *et al.*, 2014). نیاز کودی کینوا به‌دلیل تنوع شرایط اکولوژیکی در سراسر دنیا هنوز تحت مطالعه است. برای مثال ایرلی و همکاران (Erley *et al.*, 2005) گزارش کردند که کینوا به شدت به کود نیتروژنه پاسخ داده و کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در خاک لومی عملکرد دانه بیشتر از ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار را نشان داده است و عملکرد دانه نسبت به شاهد ۹۴ درصد رشد داشته است. کینوا به تجمع یون‌های نمکی در بافت‌ها و تعدیل پتانسیل آب برگ (Razzaghi *et al.*, 2012) به وسیله استراتژی‌های ساختاری و فیزیولوژیکی متفاوت مانند فرار از خشکی، تحمل خشکی، سیستم ریشه‌ای متراکم و عمیق و برگ‌هایی با دیوارهای ضخیم و افتاده، شناخته شده است (Adolf *et al.*, 2012). کینوا دارای یک سیستم بسیار کارآمد برای تنظیم فشار اسمزی، برای تنش افزایش ناگهانی NaCl است (Hariadi *et al.*, 2010) و قادر به تکمیل چرخه زندگی خود و تولید بذر حتی در شوری آب دریا می‌باشد (Koyro *et al.*, 2008).

در استان خوزستان سالانه حدود چهار میلیارد مترمکعب زه‌آب در اثر فعالیت‌های مختلف به‌ویژه کشاورزی، تولید می‌گردد، که سبب ایجاد مشکلات جدی زیست‌محیطی می‌شود. واحدهای توسعه نیشکر و مزارع پرورش ماهی از تولیدکنندگان اصلی زه‌آب هستند (kwpa report, 2011). کشت کینوا با توجه به اهمیت آن به عنوان یک گیاه زراعی مقاوم به شوری به خصوص با استفاده از زهاب در مناطق جنوبی ایران موجب ایجاد تنوع در محصولات زراعی، تولید پایدار و ایجاد افزایش درآمد کشاورزان و امنیت غذایی خواهد شد. از آنجایی که در مورد سازوکارهای مرتبط با کاهش اثرات نامطلوب تنش شوری منتهی به تنش اکسیداتیو در کینوا از طریق کاربرد نیتروژن مطالعات چندانی انجام نشده است، بنابراین هدف از این تحقیق، بررسی برخی تغییرات بیوشیمیایی گیاه کینوا در شرایط تنش شوری بود.

مواد وروش‌ها

تحقیق حاضر در دو سال زراعی ۹۸-۹۷ و ۹۹-۹۸ جهت بررسی امکان کشت کینوا در اراضی شور در اهواز انجام گرفت. در سال اول اجرای طرح، دو فاکتور رقم و تاریخ کاشت موردبررسی قرار گرفت. فاکتور اول فاکتور رقم، که شامل ۱۵ رقم و ژنوتیپ و فاکتور دوم تاریخ کاشت که در ۵ نوبت شامل ۲۵ آبان، ۱۵ آذر، ۵ دی، ۲۵ دی و ۱۵ بهمن به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه به‌صورت گلدانی اجرا گردید. در سال دوم اجرای طرح با انتخاب سه رقم برتر و دو تاریخ کاشت مناسب‌تر حاصل از آزمایش سال اول و همچنین دو تاریخ کاشت جدید ۱۵ مهر و ۵ آبان با چهار سطح شوری (شاهد، ۱۵، ۳۰، ۴۵ دسی زیمنس بر متر) به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در قالب آزمایش

اسپلیت فاکتوریل در کشت گلدانی خارج از گلخانه (در مزرعه) اجرا شد. این تحقیق در شرکت کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک خان (طول جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲ دقیقه شمالی وعرض جغرافیایی ۶۲ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی) با ارتفاع ۴۵ متر از سطح دریا انجام گردید بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی آبادان و خرمشهر میانگین بارندگی سالانه ۱۶۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه ۲۵/۴ درجه سانتیگراد (میانگین دمای دوره رشد ۱۷درجه سانتیگراد) و رطوبت نسبی ۴۷/۱ درصد می‌باشد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ و کیفیت آب آبیاری در جدول۲ نشان داده شده است.

جدول ۱- برخی ویژگیهای فیزیکی وشیمیایی خاک

Table 1. Some physical and chemical properties of the soil

عمق Depth (cm)	بافت خاک Soil Texture	pH	EC (dS m^{-1})	فسفرقابل استفاده Available Phosphorus (mg kg^{-1})	Cl*	K*	Na*	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$*	نیتروژن کل Total Nitrogen (%)	SAR
							mg L^{-1}			
0-25	Cl	7.98	5.05	14.45	918	17.5	667	1025	0.038	7.23
25-50	Cl	8	2.55	14.15	569	6.24	305	334	0.024	5.81
50-75	S C L	8.01	2	13.81	438	5.46	266	304	0.022	5.33

جدول ۲- ویژگیهای آب استفاده شده در این پژوهش

Table 2. Properties of the water used for the study

Source of water	EC (dS m^{-1})	pH	SAR	Cl^- (meq L^{-1})	Ca^{2+} (meq L^{-1})	Mg^{2+} (meq L^{-1})	Na^+ (meq L^{-1})	NO_3 NO_2 (mg L^{-1})
Karun	2.41	7.79	9.03	16.70	3.6	3.26	16.72	3.23
Sugar-cane rainaged	7.56	7.99	9.92	40.46	16.87	16.40	40.40	4.87

در بررسی تأثیر سطوح شوری، ژنوتیپ و تاریخ کاشت در کینوا، فعالیت‌های آنزیمی نیز مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، از همه تیمارهای آزمایشی نمونه‌هایی از بافت تر گیاه (برگ، ساقه و گل‌آذین) تهیه شد و در فریزر گیاهی نگه‌داری شد. بین همه عامل‌های مورد بررسی (رقم، تاریخ کاشت و شوری) نمونه‌هایی شامل: بیشترین عملکرد و کمترین عملکرد در پایین ترین سطح شوری (شاهد) و همچنین بیشترین عملکرد و کمترین عملکرد در بالاترین سطح شوری (۴۵ دسی زیمنس بر متر) انتخاب شدند. در سال دوم طرح رقم Giza1 بیشترین عملکرد در تیمار شاهد و کمترین عملکرد در شوری ۴۵ دسی زیمنس بر متر نشان داد. و رقم تی تی کاکا کمترین عملکرد در تیمار شاهد و بیشترین عملکرد در شوری ۴۵ دسی زیمنس بر متر نشان داد. نمونه‌های تهیه شده از برگ‌های ارقام کینوا انتخاب شده، که هر کدام شامل ۳ تکرار بود، جهت اندازه گیری و ارزیابی بعضی از فعالیت‌های آنزیمی به آزمایشگاه منتقل شدند و پارامترهای مورد نظر اندازه‌گیری شدند. تحت شرایط تنش صفاتی از جمله: میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و ساکاروز سنتتاز اندازه گیری شدند.

برای استخراج و سنجش پروتئین از روش بن دیویس و همکاران (۲۰۰۰) استفاده شد. جهت بررسی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، ابتدا پروتئین گیاه چه یا اندام‌های سبز استخراج می‌شود (گراول و همکاران، ۲۰۰۵). ۵ گرم بافت تر در یک هاون چینی محتوی ۵ میلی‌لیتر بافر تریس HCl ۰،۰۵ مولار با pH ۷,۵ به مدت ۳۰ دقیقه در حمام یخ کاملاً ساییده شد. سپس مخلوط همگن حاصل در لوله سانتریفیوژ ریخته و ۱۰ دقیقه به حالت سکون نگهداری شد. سپس به مدت ۲۰ دقیقه در دور ۱۳۰۰۰ و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ یخچال دار، عمل سانتریفیوژ نمونه‌ها انجام شد (سادهاکر و همکاران، ۲۰۰۱).برای سنجش فعالیت آسکوربات پراکسیداز ازآنجاکه این آنزیم در غیاب آسکوربات بسیار ناپایدار

می‌باشد، به بافر عصاره گیری فوق ۰,۲ میلی‌لیتر آسکوربات ۵ میلی مولار اضافه شد و تمامی مراحل همانند سایر آنزیم‌ها به انجام رسید.

در پایان مرحله سانتریفیوژ لوله‌ها به‌آرامی از دستگاه خارج و محلول رویی از چندلایه پارچه عبور داده شد و از عصاره‌های پروتئینی حاصل برای بررسی فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و پراکسیداز استفاده شد. برای سنجش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز : پس از آماده‌سازی عصاره‌های پروتئینی، برای سنجش فعالیت سینتیکی آنزیم آسکوربات پراکسیداز معرف زیر مورداستفاده قرار گرفت:۱ میلی‌لیتر بافر فسفات (۰,۵ مولار و pH ۶,۵)، ۰,۲ میلی‌لیتر آب‌اکسیژنه (V/V ٪۳) و ۰,۲ میلی‌لیتر آسکوربات ۵۰ میکرومولار را در حمام یخ باهم مخلوط کرده، بلافاصله ۰,۱ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی به آن افزوده شد. منحنی تغییرات جذب در طول‌موج ۲۶۵ نانومتر خوانده شد و فعالیت آنزیمی برحسب تغییرات جذب در دقیقه به ازای هر میلی‌گرم پروتئین و بر اساس تغییرات جذب در دقیقه به ازای هر گرم وزن‌تر بافت گیاهی محاسبه گردید (ناکانو و اسدی، ۱۹۸۱).

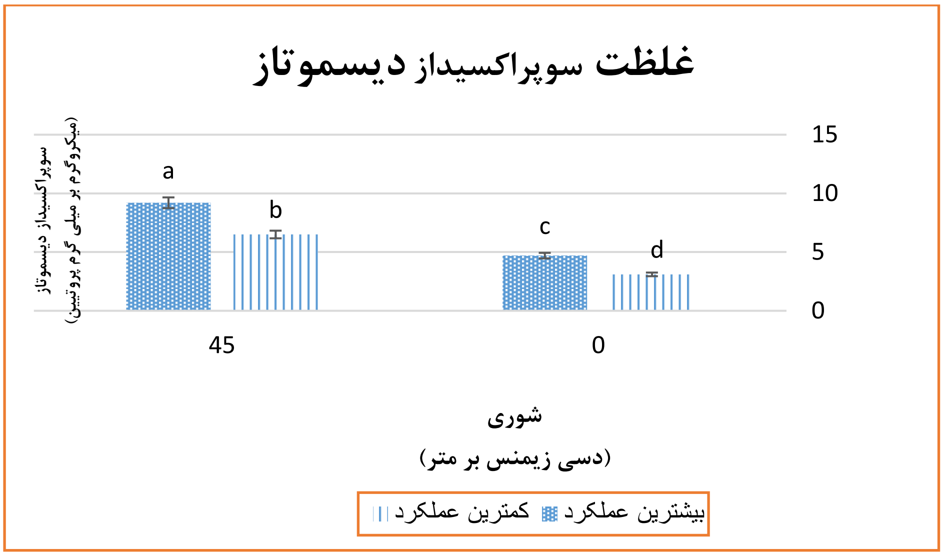
نتایج و بحث

آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

با توجه به شکل، تأثیر میزان شوری در افزایش غلظت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز مشاهده می‌شود (شکل۱). نتایج نشان داد که تجمع نمک در اطراف ریشه گیاه و به دنبال آن ایجاد رادیکال‌های آزاد، به افزایش آنزیم سوپراکسید دیسموتاز منجر می‌شود که از نظر آماری معنی دار بود (جدول ۳). تغییرات غلظت سوپراکسید دیسموتاز تحت شرایط تنش، صعودی بود. به گونه‌ای که در بالاترین حد شوری اعمال شده، به حداکثر مقدار دست یافت. در حالت آبیاری با آب معمولی (شاهد)، میزان غلظت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز از ۳,۱ به ۴,۷ میکروگرم بر میلی‌گرم پروتیین از محتوی بافت‌های سبز تیمار کمترین عملکرد دانه نسبت به بیشترین عملکرد دانه، رسید. بااین حال افزایش این آنزیم در هر دو تیمار در سطح شوری ۴۵ دسی زیمنس بر متر به وضوح مشخص است به طوری که در بیشترین عملکرد دانه به ۹,۲ میکروگرم بر میلی‌گرم پروتیین رسید.

جدول۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات سطوح شوری بر کینوا

	درجه آزدای	سوپر اکسید دیسموتاز	پراکسیداز	ساکاروز سنتاز
تیمار	۳	**۲۰,۳	*۱۵۵,۵۴	*۹۵,۷
تکرار	۲	۱,۳۵	۳,۰۹	۲,۱۳
خطا	۶	۰,۰۷	۰,۵	۰,۳
ضریب تغییرات		۴,۷	۸,۱۲	۷,۷



شکل ۱- تغییرات آنزیم سوپراکسید دیسموتاز تحت سطوح مختلف شوری

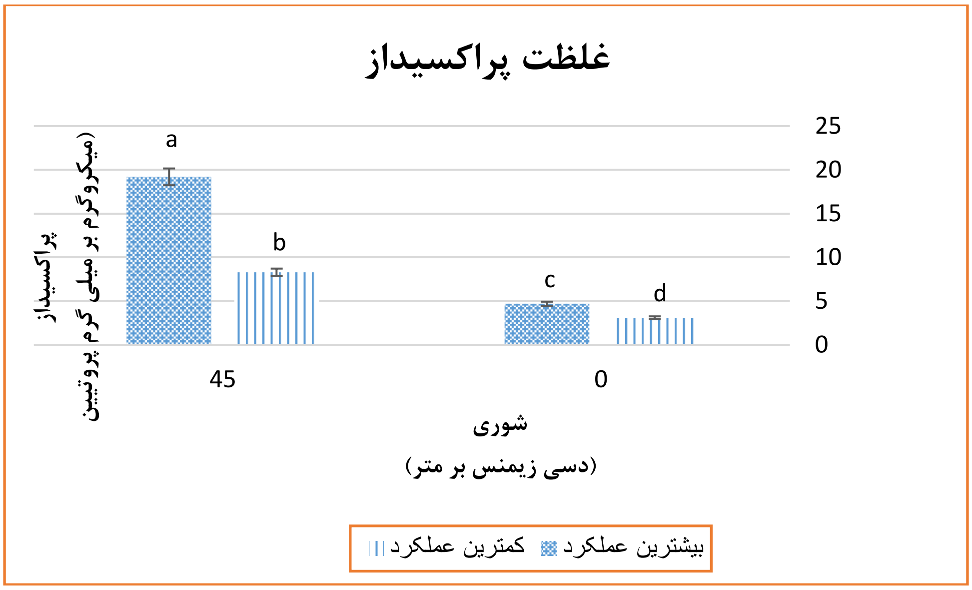
مطالعات نشان داد که با افزایش میزان شوری از سطح شاهد (صفر) تا ۱۲ دسی زیمنس بر متر، میزان سوپراکسید دسموتاز افزایش یافت. این درحالی است که بین شاهد و شوری ۶ دسی زیمنس برمتر، اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نگردید (برزویی و همکاران، ۱۳۹۰). سوپر اکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز از جمله کارآمدترین آنتی اکسیدان‌ها در ایجاد مقاومت در گیاهان می‌باشند. گزارش شد که در ارقام برنج تحت تنش شوری، آنزیم سوپراکسید دیسموتاز افزایش چشمگیری در ارقام مقاوم نسبت به ارقام حساس نشان دادند (وی و همکاران، ۲۰۰۶).

پراکسیداز

پراکسیداز مجموعه‌ای از آنزیم‌ها هستند که در فرایندهای مختلف بیولوژکی نقش دارند. از آن جهت پراکسیداز نامیده می‌شوند که معمولا باعث تجزیه پراکسیدها می‌شوند. روند تغییرات پراکسیداز با افزایش میزان شوری، صعودی است (شکل ۲). نتایج نشان داد که شوری تأثیر معنی‌داری روی غلظت این آنزیم داشت (جدول ۱). کمترین غلظت پراکسیداز در شرایط بدون تنش و کمترین عملکرد دانه (۳٫۱ میکرو گرم بر میلی‌گرم پروتیین) حاصل شد بااین حال در همین سطح از تنش و در تیمار بیشترین عملکرد دانه بدست آمده، با ۵۰ درصد افزایش به ۴٫۷ میکروگرم بر میلی‌گرم پروتیین رسید. در شرایط تنش زیاد شوری، پراکسیداز افزایش چشمگیری داشت و به ۱۹٫۷ میکروگرم بر میلی‌گرم پروتیین در تیمار بیشترین عملکرد دانه، دست یافت. اشرف و علی (۲۰۰۸) اظهار داشتند که تنش شوری سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در برگ کلزا شد که نهایتاً منجر به کاهش اثرات نامطلوب تنش گردید.

از طرف دیگر گزارش‌ها حاکی از این است که بین فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان پراکسیداز و کاتالاز و میزان مقاومت به شوری در گیاهان، همبستگی مثبت معنی‌داری وجود دارد (قربانی و همکاران، ۱۳۸۵).گزارش‌ها نشان داد گیاهان می‌توانند با تولید آنزیم‌های آنتی اکسیدانی نظیر پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز منجر به حذف گونه‌های اکسیژن فعال ناشی از تنش، فعالیت نمایند (ملونی و همکاران، ۲۰۰۳). محققان دریافتند که سطوح مختلف شوری اثر بسیار معنی‌داری ($P<0.01$)

روی فعالیت آنزیم پراکسیداز داشت. سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مول نمک در تمامی ارقام مورد بررسی در مقایسه با تیمار شاهد (بدون تنش) افزایش معنی‌داری نشان داد (چم حیدر و فرهودی، ۱۳۹۷).



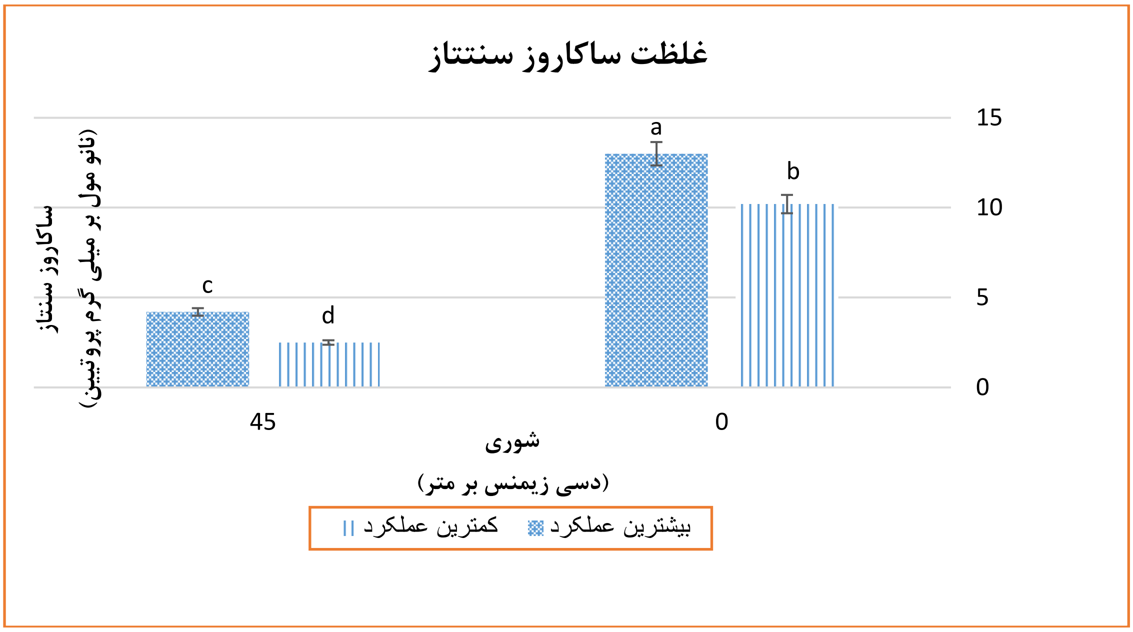
تغییرات غلظت پراکسیداز تحت شرایط شور

آنزیم ساکاروز سنتتاز

آنزیم ساکاروز سنتتاز در تبدیل گلوکز به ساکاروز نقش ایفاء می‌کند که این فراورده در رشد سلول‌ها و اندوختن مواد غذایی در بافت‌ها موثر است. نتایج نشان داد که ساکاروز سنتتاز تحت تأثیر معنی‌دار سطوح شوری قرار می‌گیرد (جدول ۳). تنش‌های شوری بر فعالیت آنزیم‌هایی نظیر آلفاآمیلاز و ساکاروز سنتتاز تأثیر منفی قابل توجهی می‌گذارد به طوری که با افزایش سطوح شوری از سطح شاهد (بدون تنش) به ۱۵ دسی زیمنس بر متر، روند نزولی ساکاروز سنتتاز مشاهده شد (چم حیدر و فرهودی، ۱۳۹۷).

با کاهش فعالیت ساکاروز سنتتاز، جوانه‌زنی و رشد گیاهان مختل خواهد شد. گزارش شد که آنزیم پراکسیداز در کم اثر نمودن گونه‌های اکسیژن فعال تولید شده ناشی از شوری نقش تعیین کننده‌ای دارد (باندگولا و همکاران، ۲۰۰۴). در گزارش دیگری محققان اذعان داشتند که در اثر اختلال در فعالیت آنزیم ساکاروز سنتتاز و به دنبال آن کاهش فرایند فتوسنتز، رشد گیاه با کاهش قابل ملاحضه‌ای همراه می‌شود(کاوالانتی و همکاران، ۲۰۰۷).

روند تغییرات ساکاروز سنتتاز نزولی می‌باشد (شکل ۳). با توجه به شکل، با افزایش سطح تنش شوری، غلظت این آنزیم کاهش می‌یابد. در تیمارهای واقع در شرایط بدون تنش (شاهد)، حداکثر میزان آنزیم ساکاروز سنتتاز حاصل شد که به‌عنوان عامل مهم در رشد و تولید گیاه شناخته می‌شود. در محیط رشد بدون تنش شوری، بیشترین غلظت آنزیم در تیمار حد بالای عملکرد دانه با ۱۳ نانو مول‌بر میلی‌گرم پروتیین مشاهده شد. با ادامه اعمال تنش شوری، گیاه دچار اختلال می‌شود و روند تولید و افزایش عملکردی گیاه با کاهش روبرو می‌شود که به دلیل افت غلظت ساکاروز سنتتاز می‌باشد. کمترین غلظت ساکاروز سنتتاز (۲,۵ نانو مول بر میلی گرم پروتیین) در تیمار کمترین عملکرد دانه تحت تأثیر سطح بالای شوری، حاصل شد.



شکل ۳- اثرات سطوح شوری بر غلظت ساکاروز سنتتاز

نتیجه‌گیری

طبق‌نتایج بدست‌آمده دراین پژوهش، افزایش غلظت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز در سطح شوری بالا به وضوح مشخص است به طوری که در تیمارهای بیشترین عملکرد دانه به ترتیب به ۹،۲ و ۱۹،۷ میکروگرم بر میلی‌گرم پروتئین رسید. با افزایش سطح تنش شوری، غلظت آنزیم ساکاروز سنتتاز کاهش می‌یابد. در تیمارهای واقع در شرایط بدون تنش (شاهد)، حداکثر میزان آنزیم ساکاروز سنتتاز حاصل شد که به‌عنوان عامل مهم در رشد و تولید گیاه شناخته می‌شود. طی آبیاری با آب بسیار شور ، اگرچه عملکرد دانه کاهش یافت اما به دلیل افزایش آنزیم‌های آنتی اکسیدانی از جمله فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز تولید دانه در گیاه میسر بود. با این حال اگرچه این قبیل آنزیم‌ها در شرایط تنش افزایش می‌یابند، و تا حدودی تحمل گیاه به شرایط نامساعد را ارتقاء می‌دهند، و همین عامل باعث تولید محصول در مقایسه با گیاهان غیر هالوفیت حتی در این سطح از شوری می‌شود اما تجمع زیاد شوری در محیط رشد گیاه، خسارت‌های جبران ناپذیری را به همراه دارد. افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مورد بررسی با افزایش شوری نشان دهنده کارایی بهتر بوته‌های کینوا از نظر جنبه‌های مختلف رشدی و متابولیسم است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از دفتر پژوهش‌های کاربردی سازمان آب و برق خوزستان، و شرکت کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک خان به واسطه حمایت‌های مالی قدردانی می‌نمایند.

منابع

حبیب الهی، ن.، مهدیه، م. و امیرجانی، م. ۱۳۹۱.اثر تنش شوری بر رشد، پرولین، فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان و کارایی فتوسیستم II در ارقام حساس و مقاوم برنج. زیست شناسی گیاهی. ۴(۱۳):۹۶-۸۵.

قربانلی، م.، حمدی، ف.، منفرد، ع.، بخشی، غ. ۱۳۹۱. اثر تنش شوری و برهم کنش آن با آسکوربات بر میزان فعالیت آنزیم های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، پرولین و مالون دی آلدئید در گیاه زیره سبز (Cuminum cyminum L.) چهار هفته بعد از جوانه زنی. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. شماره ۲۸(۱): ۲۷-۱۴.

قربانعلی، م.، ساطعی، آ. و مقیسه، آ. ۱۳۸۲. تأثیر مقادیر متفاوت شوری بر فعالیت آنزیم های کاتالاز، پراکسیداز و نیترات ردکتاز در ریشه و برگ های ارقام کلزا. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۵۸: ۴۳-۳۹.

Abdelgadir, E.M., E.M. Fadul, E.A. Fageer and E.A. Ali. 2010. Response of wheat to nitrogen fertilizer at reclaimed high terrace salt-affected soils in Sudan. Journal of agriculture & social sciences. 6: 43-47.

Abdelgawad, G., Arslan, A., Gaihbe, A., and Kadouri, F. 2005. The effects of saline irrigation water management and salt tolerant tomato varieties on sustainable production of tomato in Syria (1999–2002). Agricultural Water Management. 78: 39-53.

Agrawal, S., Sairam, R. K., Srivasta, G. C., Tyagi, A. and Meena, R. C. 2005. Role of ABA, salicylic acid, calcium and hydrogen peroxide on antioxidant enzymes induction in wheat seedling. Plant Science. 169: 559-570.

Agarwal, S. and Shaheen, R., 2007. Stimulation of antioxidant system and lipid peroxidation by abiotic stress in leaves of Momordica charantia. Brazilian Journal of Plant Physiology, 19(2): 149-161.

Ashraf, M. 2009. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers.Biotech. Adv. 27: 84-93.

Ashraf, M. & Harris P. J. C. 2004. Potential biochemical indicators on salinity tolerance in plants. Plant science,166:3-16.

Ashraf, M. and Ali, Q. 2008. Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as the key determinants of salt tolerance in canola (Brassica napus L.). Environmental and Experimental Botany. 63: 266–273.

Basra, S.M.A., Iqbal, S. and Afzal, I. 2014. Evaluating the response of nitrogen application on growth, development and yield of quinoa genotypes, International Journal of Agriculture and Biology, 16(5).

Bazile, D., Fuentes, F., and Mujica, A. (2013). “Historical perspectives and domestication,” in Quinoa: Botany, Production and Uses, eds A. Bhargava and S. Srivastava (Wallingford: CABI Publishing), 16–35.

Bendevis, M. A., Sun, Y., Shabala, S., Rosenqvist, E., Liu, F., and Jacobsen, S.-E. 2014. Differentiation of photoperiod-induced ABA and soluble sugar responses of two quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) Cultivars. J. Plant Growth Regul. 33: 562–570.

Benlhabib, O. 2005: Les cultures alternatives: quinoa, amarante et epeautre. Trans. Technol. Agric. 133, 1–4.

Cavalanti, F.R., Lima, J.P.M.S., Silva, S.L.F., Viegas, R.A. and Silveira, J.A.G. 2007. Roots and leaves display contrasting Oxidative response during salt stress and recovery in cowpea. Journal of Plant Physiology 164: 591-600.

Erley, G.S.A., H. Kaul, M. Kruse and W. Aufhammer, 2005. Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat under differing nitrogen fertilization. European Journal of Agronomy, 22(1), 95-100.

Hariadi, Y., Marandon, K., Tian, Y., Jacobsen, S. E., and Shabala, S. 2010. Ionic and osmotic relations in quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) plants grown at various salinity levels. Journal of experimental botany, 62(1), 185-193.

Hasanuzzaman M., Nahar K., Fujita M. 2013. Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-induced damages. In: Ahmad P, Azooz MM, PrasadMNV (eds) Ecophysiology and responses of plants under salt stress. Springer, New York. pp 25–87.

Jianga, J., Huo, Z., Feng, Sh., and Zhang, CH. 2012. Effect of irrigation amount and water salinity on water consumption and water productivity of spring wheat in Northwest China. Field Crops Research.

Khuzestan Water and Power Authoriy Company (Kwpa). 2011. Khuzestan province drainage management studies report.

Koyro, H. W. and Eisa, S. S. 2008. Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of Chenopodium quinoa willd. Plant and Soil, 302(1-2), 79-90.

Malakooti, M. J. and Homayi, M. 2004. Fertility of arid and semi-arid soils. Tarbiat Modares University Press. Tehran. (In Farsi).

Majd, F. & Ardakani, M.R. 2003. Nuclear techniques in agricultural sciences. Tehran University Press. (In Farsi)
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. Brazilian Journal of Plant Physiology. 15(2): 12-21.
Razzaghi, F.; Plauborg, F.; Jacobsen, S.-E.; Jensen, C.R.; Andersen, M.N. 2012. Effect of nitrogen and water availability of three soil types on yield, radiation use efficiency and evapotranspiration in field-grown quinoa. Agriculture Water Management. 109, 20–29. [CrossRef]
Sadat Noori, S. A., Ferdosizadeh, L., Izadi-Darbandi, A., Mortazavian, S.M.M., Saghafi, S. 2011. Effects of salinity and laser radiation on proline accumulation in seeds of spring wheat. Journal of Plant Physiology and Breeding. 5(5): 45-51.
Sudhakar, Y., KuotsuA, K. and Bandyopadhyay, K. 2006. Buccal bioadhesive drug delivery A promising option for orally less efficient drugs. Journal of Controlled Release 14(1), 15-40.
Wi, S. G., Chung, B. Y., Kim, J. H., Lee, K. S. and Kim, J. S. 2006. Deposition pattern of hydrogen peroxide in the leaf sheaths of rice under salt stress. Biologia Plantarum .50: 469-472.