Archive of SID

تأثیر تنش شوری بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و رشد دو رقم ذرت شیرین

Effect of Salinity on Some Growth and Physiological Characteristics of Two Cultivars of Sweet Corn (*Zea mays* var. *saccharata*)

افسانه نعمت‌پور[۱]، سیدعبدالرضا کاظمینی[۲*] و محسن عدالت[۳]

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۰۸

چکیده

به‌منظور بررسی واکنش دو رقم ذرت شیرین به تنش شوری، آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز (باجگاه)، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل دو رقم ذرت شیرین (KSC403 و Passion) و ۴ سطح شوری صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار از دو نوع نمک NaCl و $CaCl_2$ به نسبت ۱:۱ بود. نتایج نشان داد که با افزایش شوری، ارتفاع ساقه و وزن خشک هر دو رقم کاهش یافت و این کاهش در رقم Passion شدیدتر بود. رقم KSC403 در مقایسه با رقم Passion، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بیشتر و غلظت سدیم اندام هوایی و ریشه کمتری داشت. با افزایش شوری، فعالیت آنزیم کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در هر دو رقم به‌ترتیب کاهش و افزایش یافت و فعالیت آنزیم پراکسیداز تا سطح شوری ۵۰ میلی-مولار افزایش و پس از آن کاهش یافت. با افزایش تنش شوری، کلروفیل کل برگ‌ها کاهش یافت که دو رقم از این نظر تفاوت معنی-داری نداشتند. نسبت سدیم به پتاسیم ریشه و اندام هوایی در شرایط تنش شوری افزایش یافت و این نسبت در رقم Passion بیشتر بود. برتری رقم KSC403 در اکثر صفات اندازه‌گیری شده می‌تواند بیانگر توانایی بیشتر این رقم در تحمل تنش شوری باشد. غلظت کمتر یون سدیم و مقدار بیشتر یون پتاسیم در اندام هوایی و ریشه گیاه می‌تواند به‌عنوان معیاری در گزینش ارقام مقاوم به تنش شوری در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، پتاسیم، سدیم، وزن خشک

۱ ۲ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی‌ارشد دانشیار و استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

*: نویسنده مسئول Email: Kazemin@shirazu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

شوری زیاد خاک ازجمله عوامل محدودکننده عملکرد محصولات در سرتاسر جهان به‌شمار می‌رود که این مسئله به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌عنوان یکی از اساسی‌ترین مشکلات بخش کشاورزی است (*مونس*[1]، 2002). در این میان، ایران با دارا بودن اقلیم گرم و خشک از این امر مستثنی نیست، به نحوی که بیش از نیمی از زمین‌های قابل کشت آن (در حدود ۲۷ میلیون هکتار) از خاک‌های شور و سدیمی تشکیل شده است (*رضوانی‌مقدم و کوچکی*[2]، 2001). شوری تولید گیاهان زراعی را محدود کرده و بر متابولیسم تأثیر می‌گذارد، اغلب منجر به کاهش رشد در گیاهان غیر مقاوم به شوری می‌شود، تنش شوری منجر به تغییرات گسترده بیوشیمیایی و پاسخ‌های فیزیولوژیک در گیاهان می‌شود و روی تمام مراحل نظیر فتوسنتز، رشد و نمو گیاهان تأثیر می‌گذارد (*نموتو و ساساکوما*[3]، 2002). پاسخ گیاهان به تنش شوری بسیار پیچیده است. این پاسخ از غلظت نمک، نوع یون‌ها، عوامل مختلف محیطی و مرحله رشد و نموی گیاه تأثیر می‌پذیرد (*سوبرائو و جانسن*[4]، 2001). تنش شوری مانند دیگر تنش‌های محیطی باعث تجمع گونه‌های فعال اکسیژن مانند سوپراکسید (O_2^-) و پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و رادیکال هیدروکسیل (OH^-) در سلول و آسیب رساندن به لیپیدهای غشا، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شود (*بکانا*[5] و همکاران، 1998).

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مهم‌ترین ترکیبات در سیستم‌های جاروب کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن[6] (ROS) هستند (*پن*[7] و همکاران،2006) و اولین راه دفاعی در برابر صدمات رادیکال‌های آزاد اکسیژن هستند. در گیاهان عالی سیستم جاروب کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن از چندین آنزیم آنتی‌اکسیدان تشکیل شده است که شامل گلوتاتیون پراکسیداز (GPX)، کاتالاز (CAT)، سوپراکسیداز دیسموتاز (SOD) و آسکوربات پراکسیداز (APX) می‌باشد، که می‌توانند رادیکال‌های اکسیژن فعال را که در شرایط تنش تولید می‌شوند از بین ببرند (*محمدخانی و حیدری*[8]، 2007). عمده‌ترین اثر تنش شوری بر گیاهان جلوگیری از رشد می‌باشد که ممکن است به‌دلیل کاهش تقسیم سلولی، عدم تعادل یونی، کاهش جذب آب، اختلال در جذب عناصر، اثرات یون‌های سمی به‌ویژه سدیم، اختلال در جذب، احیاء و متابولیسم ازت و پروتئین، بسته شدن جزئی یا کلی روزنه‌ها و کاهش کارایی فتوسنتز باشد (*پرویز و ساتیواتی*[9]، 2008). غلظت‌های بالای نمک می‌تواند یک اثر رقابتی را در جذب یون‌ها به وجود بیاورد. به عنوان مثال، درغلظت بالای نمک، غلظت یون پتاسیم (K^+) در گیاه کاهش می‌یابد و باعث کمبود پتاسیم می‌گردد (*نوبل*[10] و همکاران، 1992). پتاسیم یک عنصر مغذی ضروری برای رشد گیاهان است.

ذرت شیرین یک گیاه تغییر یافته ژنتیکی از ذرت معمولی است که با انجام جهش در جایگاه ژنی SU از کروموزوم شماره ۴ حاصل شده است (فریور، ۱۳۷۸)، این تغییر باعث تجمع قندها و پلی‌ساکاریدهای محلول در آندوسپرم دانه می‌شود (فریور، ۱۳۷۸؛ مختارپور و همکاران، ۱۳۸۰). ذرت شیرین یکی از مردم‌پسندترین سبزی‌ها در بسیاری از کشورهای جهان ازجمله آمریکا، فرانسه، کانادا، استرالیا است و علاقه به آن در سایر نقاط دنیا از جمله آسیا در حال افزایش است (مختارپور و همکاران، ۱۳۸۰). تاکنون حدود ۱۰۰ رقم ذرت شیرین اصلاح شده، به بازار عرضه گردیده است (حسن‌نژادیان‌فرد، ۱۳۸۸). با توجه به شرایط آب و هوایی متنوع کشور ایران امکان زراعت این محصول در بسیاری نقاط وجود دارد، و هر گاه نسبت به توسعه‌ی سطح زیر کشت و بهبود تکنیک زراعت آن اقدامات موثری به‌عمل آید و از وجود آب و مواد غذایی کافی استفاده کامل گردد، می‌توان در اکثر مناطق کشور نسبت به کاشت این گیاه اقدام نمود (حسن‌نژادیان‌فرد، ۱۳۸۸).

تحقیق حاضر با هدف بررسی تغییرات رشد و تجمع برخی عناصر شیمیایی و تغییرات آنزیمی در دو رقم ذرت شیرین به‌منظور تعیین رقم مقاوم به شوری انجام گردیده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح تنش شوری بر صفات فیزیولوژیک و فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در دو رقم ذرت شیرین، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار در سال ۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی بخش زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شیراز اجرا گردید. تیمارهای مورد بررسی شامل ۲ رقم ذرت شیرین (KSC403 و

1. Munns
2. Rezvani Moghaddam and Koocheki
3. Nemoto and Sasakuma
4. Subbarao and Johansen
5. Becana
6. Reactive Oxygen Species
7. Pan
8. Mohammdkhani and Heidari
9. Parvaiz and Satyawati
10. Noble

www.SID.ir

Archive of SID

Passion) و ۴ تیمار شوری آب آبیاری (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار که به‌ترتیب معادل صفر، ۲/۸۶، ۵/۳۸ و ۹/۹۷ دسی‌زیمنس بر متر است) بودند. تیمارهای شوری با در نظر گرفتن نسبت مولی ۱:۱ از دو نوع نمک NaCl و $CaCl_2$ بودند. هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک مورد استفاده در آزمایش برابر ۶ میلی‌مولار (۰/۵۹ دسی‌زیمنس بر متر) بود. واحدهای آزمایشی شامل گلدان‌هایی به قطر۲۴ و ارتفاع ۲۷ سانتی‌متر با گنجایش ۱۰ کیلوگرم خاک سری دانشکده کشاورزی soil classification: fine, mixed, mesic,) Cacixerollic Xerochrepts) بودند. برخی ویژگی‌های خاک مورد استفاده در آزمایش در جدول ۱ گزارش شده است. به‌منظور فراهم آوردن زهکش مناسب و جلوگیری از تجمع نمک، ۳ سوراخ در کف هر گلدان تعبیه شده و سپس کف گلدان‌ها با سنگ‌ریزه به ارتفاع ۲ سانتی‌متر پوشانیده شد. سپس تمامی گلدان‌ها به یک میزان از خاک پر شدند و ۴ بذر از هر رقم در گلدان‌ها کاشته شد و در مرحله ۴-۳ برگی تنها ۲ بوته در گلدان نگهداری شد. گلدان‌ها تا مرحله ۴ برگی با آب معمولی و در حد ظرفیت زراعی آبیاری شدند، پس از آن تیمارهای شوری اعمال گردیدند. رطوبت خاک در طول آزمایش در حدود ظرفیت زراعی حفظ شد (از طریق توزین گلدان‌ها) تا اثر احتمالی تجمع نمک در گلدان‌ها به حداقل برسد. متوسط هدایت الکتریکی زهاب، در پایان دوره رشد در سطح شوری صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار به‌ترتیب برابر ۰/۶۵، ۲/۹۵، ۸/۶۳ و ۱۲/۶۴ دسی‌زیمنس بر متر (به‌طور تقریبی معادل ۶/۵، ۲۹/۵، ۸۶/۳ و ۱۲۶/۴ میلی‌مولار) بود. میزان رطوبت در حالت ظرفیت مزرعه[1] خاک مورد استفاده در آزمایش، ۲۳/۴ درصد بود. ۶۹ روز پس از کاشت (مرحله ظهور گل‌تاجی) وزن خشک ساقه و برگ اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید-دیسموتاز)، کلروفیل و غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم، نمونه-گیری از برگ پرچم ذرت شیرین در مرحله ظهور گل‌تاجی انجام شد. برای اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز از روش *دهیندزا*[2] و همکاران (1981)، آنزیم سوپراکسید دیسموتاز از روش *بیچامپ* و *فریدوویچ*[3] (1971) و آنزیم پراکسیداز از روش *چانس* و *ماهلی*[4] (1995) استفاده گردید. برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل از روش *لیچتن تالر* و *ولبورن*[5] (1983) استفاده گردید.

1. Field Capacity
2. Dhindsa
3. Beauchamp and Fridovich
4. Chance and Maehly
5. Lichtenthaler and Wellburn

$$Chl\ a = (12.25\ A_{663} - 2.79\ A_{646})$$
$$Chl\ b = (21.21\ A_{646} - 5.1\ A_{663})$$
$$T\ Chl = Chl\ a + Chl\ b$$

که Chl a، Chl b و T Chl به‌ترتیب کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل می‌باشند. اندازه‌گیری محتوای یون‌های سدیم (Na^+) و پتاسیم (K^+) در اندام هوایی و ریشه با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر صورت گرفت. برای اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم در گیاه، ابتدا برگ‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۲ درجه کاملاً خشک شد، سپس به قطعات کوچک تقسیم شدند. از هر نمونه ۱ گرم در کروسیبل ریخته به‌مدت چند ساعت در دمای بسیار بالا (حدود ۶۰۰ درجه) در کوره قرار گرفت تا کاملاً خاکستر آنها سفید شود. پس از سرد شدن نمونه‌ها، از اسید نیتریک و اسید پرکلریت به‌صورت مخلوط به نسبت ۲ به ۱ استفاده و هضم صورت گرفت. پس از هضم عناصر سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر (روش شعله‌سنجی) اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS ver. 9.1 مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن صورت گرفت. برای رسم نمودارها از برنامه گرافیکی اکسل استفاده شد.

نتایج و بحث

وزن خشک برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی رقم و شوری بر وزن خشک برگ معنی‌دار بود (جدول ۲). رقم KSC403 نسبت به رقم Passion وزن خشک بیشتری داشت (جدول ۳). با افزایش شوری از صفر به ۱۰۰ میلی‌مولار وزن خشک برگ به میزان ۳۹/۸۷ درصد کاهش یافت (جدول ۳). بیشینه وزن خشک برگ در تیمار شاهد به‌دست آمد که با سطح ۲۵ میلی‌مولار شوری تفاوت معنی‌داری نداشت و کمینه آن در سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار به‌دست آمد (جدول ۳). *زورب*[6] و همکاران (2004) گزارش کردند که تنش شوری تا سطح ۲۵ میلی‌مولار، به‌عنوان تنش ملایم تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های رشدی ذرت نداشت درحالی‌که شوری ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار سبب کاهش معنی‌دار صفات اندازه‌گیری شده ذرت شدند. از آنجا که وزن خشک برگ در تیمار ۲۵ میلی‌مولار نمک به‌طور معنی‌داری تغییر نکرده، ممکن است فرض شود که تنش پایین نمک، تنها باعث سازگاری فیزیولوژیکی اندک شده است که با نتایج *زورب* و همکاران (2004) هماهنگ می-باشد. بررسی تنش شوری بر ارقام ذرت نشان داد که رقم SC129 و رقم SC13، به‌ترتیب شوری را تا سطح ۱۰۰ و ۵۰

6. Zörb

www.SID.ir

Archive of SID

میلی‌مولار تحمل کردند و افزایش شوری بیشتر از مقادیر ذکر شده سبب کاهش ماده خشک گیاه گردید، درحالی‌که در رقم SC155، ماده خشک گیاه در تمامی سطوح شوری در مقایسه با شاهد، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (*آزوز*[1] و همکاران، 2009). در پژوهشی که توسط *کایا*[2] و همکاران (2013b) انجام شد، دریافتند که تنش شوری سبب کاهش وزن خشک کل ذرت می‌شود به‌طوری که بیشینه وزن خشک گیاه (۹/۹۴ گرم در بوته) در تیمار شاهد و کمینه آن (۵/۸۱ گرم در بوته) در تیمار ۱۰۰میلی‌مولار شوری به‌دست آمد. تنش شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد گیاهان می‌باشد که به‌طور قابل ملاحظه‌ای وزن تر و خشک برگ و ساقه را کاهش می‌دهد. *اکرم*[3] و همکاران (2007) بیان کردند که پاسخ منفی وزن خشک گیاه ذرت به افزایش تنش شوری ممکن است حاصل کاهش سطح برگ، جذب کمتر نور و در نتیجه کاهش فتوسنتز باشد. رقابت سدیم با پتاسیم، و کلر با نیترات باعث اختلال در جذب عناصر غذایی می‌شود. در نتیجه گیاه با صرف انرژی بیشتر برای تولید مواد آلی خود، انرژی لازم برای مقابله با تنش شوری را از دست داده و کارآیی ریشه با کاهش مواجه شده و نهایتاً رشد اندام هوایی کاهش یافته و از طول و وزن آنها کاسته شده و در نهایت وزن خشک برگ و اندام هوایی با کاهش مواجه می‌شود (میرمحمدی‌میبدی و قره‌یاضی، ۱۳۸۱). بسیاری از محققین کاهش رشد گیاهان در اثر افزایش شوری را به علت تجمع مواد حدواسط سمی و اختلال در فعالیت‌های فتوسنتزی می‌دانند (*بروگنولی و لوتری*[4]، 1991).

وزن خشک ساقه

اثر اصلی رقم و شوری و اثر متقابل آن‌ها بر وزن خشک ساقه معنی‌دار بود (جدول ۲). رقم KSC403 نسبت به رقم دیگر وزن خشک بیشتری داشت. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بیشینه وزن خشک ساقه (۱۰/۸۴ گرم در بوته) در رقم KSC403 و سطح شوری صفر میلی‌مولار و کمینه آن (۵/۲۰ گرم در بوته) در رقم Passion و سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار به‌دست آمد (جدول ۴). با افزایش شوری از صفر به ۱۰۰ میلی‌مولار، وزن خشک ساقه در ر قم KSC403 و Passion به‌ترتیب به میزان ۳۱/۷۳ و ۴۷/۶۹ درصد کاهش یافت (جدول ۴). شوری با کاهش تقسیم و طویل شدن سلولی باعث کاهش ارتفاع گیاه می‌گردد (میرمحمدی‌میبدی و قره‌یاضی، ۱۳۸۱)، بدیهی است که کاهش طول ساقه باعث کاهش وزن آن و به تبع آن کاهش ماده خشک می‌شود. یکی دیگر از دلایل کاهش تجمع ماده خشک در گیاه تحت تنش شوری، کاهش غلظت کلروفیل و در نتیجه کاهش ساخت مواد فتوسنتزی لازم جهت رشد می‌باشد (رحیمی و همکاران، ۱۳۸۹). *اکر*[5] و همکاران (2006) میزان تولید ماده خشک را در ۱۹ واریته ذرت مورد بررسی قرار دادند و بیان داشتند که با افزایش غلظت نمک، تولید ماده خشک در واریته‌های ذرت به‌طور چشمگیری کاهش یافت که با نتایج *کایا*[6] و همکاران (2013a) هماهنگ بود. *بوداکلی‌کارپیسی*[7] و همکاران (2010) گزارش کردند که شوری سبب کاهش وزن خشک ساقه ذرت می‌شود که با نتایج *تونا*[8] و همکاران (2013) مطابقت دارد. نتایج حاصل از بررسی تاثیر سطوح تنش شوری بر وزن خشک ریشه و ساقه ذرت نشان داد که افزایش تنش شوری سبب کاهش وزن خشک شد و بیشینه وزن خشک در تیمار شاهد به‌دست آمد که با سطح شوری ۳ دسی زیمنس تفاوت معنی‌داری نداشت و کمینه آن در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس به‌دست آمد (*روحانی‌پور*[9] و همکاران، 2013).

ارتفاع ساقه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که دو رقم از نظر ارتفاع ساقه (در روز ۶۹) تفاوت معنی‌داری نداشتند ولی بین سطوح مختلف تنش شوری تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول۲). با افزایش تنش شوری ارتفاع ساقه کاهش یافت به‌طوری که تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار شوری نسبت به شاهد، ارتفاع ساقه را به میزان ۳۵/۴۳ درصد کاهش داد (جدول ۳). شوری از طریق کاهش فشار تورژسانس سبب کاهش رشد و توسعه سلول‌ها، خصوصاً در ساقه و برگ‌ها گردیده و به همین دلیل اولین اثر محسوس شوری بر روی گیاهان به‌صورت تعداد کمتر برگ‌ها و ارتفاع کمتر گیاهان مشاهده می‌شود، به‌علاوه از آنجا که شوری موجب اختلال در جذب عناصر غذایی و برهم زدن تعادل یونی در گیاه می‌شود (میرمحمدی‌میبدی و قره‌یاضی، ۱۳۸۱) می‌توان کاهش رشد و توسعه برگ‌ها و ساقه را به کمبود عناصر غذایی و اختلالات تغذیه‌ای ناشی از شوری نسبت داد. *روحانی‌پور* و همکاران (2013) گزارش کردند که شوری سبب کاهش ارتفاع ساقه ذرت شد و بیشینه ارتفاع در تیمار شاهد

1. Azooz
2. Kaya
3. Akram
4. Brugnoli and Lauteri
5. Eker
6. Kaya
7. Budakli Carpici
8. Tuna
9. Rohanipoor

www.SID.ir

Archive of SID

به‌دست آمد که با شوری ۳ دسی‌زیمنس تفاوت معنی‌داری نداشت و کمینه ارتفاع در بالاترین سطح تنش شوری به‌دست آمد. *اکرم* و همکاران نیز (2007) با بررسی سطوح تنش شوری بر ذرت مشخص کردند که بیشینه ارتفاع گیاه در تیمار شاهد و کمینه آن در بالاترین سطح شوری (۱۰۰ میلی‌مولار) به‌دست آمد.

کاتالاز

اثر اصلی شوری و اثر متقابل رقم و شوری بر فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش تنش شوری از صفر به ۱۰۰ میلی‌مولار، فعالیت آنزیم در رقم KSC403 و Passion به‌ترتیب به میزان ۲۰/۱۹ و ۳۰/۷۳ درصد کاهش یافت (جدول ۴). تنش شوری و دیگر تنش‌های محیطی غیرزنده می‌توانند از طریق تولید گونه‌های مختلف احیاگرهای اکسیژن (ROS) سبب تنش اکسیداتیو نیز شوند (*اشرف* و *علی*[1]، 2008). جهت کاهش اثرات سوء تنش اکسیداتیو در طی بروز تنش شوری، گاها میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در سلول بالا می‌رود. از این آنزیم‌ها می‌توان به کاتالاز (CAT)، گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) و اسکوربات پراکسیداز (APX)، اشاره کرد. این آنزیم‌ها نقش بسیار مهمی در غیرفعال کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول گیاهان دارند (*اپل* و *هریت*[2]، 2004). در ارقام حساس به تنش شوری، فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز مهار می‌شود که ممکن است حاصل تجمع H_2O_2 (*بولر*[3] و همکاران، 1992) یا کاهش بیان ژن‌های رمزکننده آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، در واکنش به افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن باشد. *آزوز* و همکاران (2009) گزارش کردند که فعالیت آنزیم کاتالاز در رقم SC129 (مقاوم به شوری) با افزایش تنش شوری در مقایسه با شاهد افزایش یافت و در رقم SC13 (مقاوم به شوری)، فعالیت آنزیم تا سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار افزایش و شوری بیشتر از ۲۰۰ میلی‌مولار سبب کاهش فعالیت آنزیم شد، درحالی‌که در رقم SC155 (حساس به شوری)، تنش شوری سبب کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز شد. *پرویز*[4] (2013) بیان کرد که تنش شوری سبب کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و محتوای پروتئین محلول در ذرت می‌شود درحالی‌که *کایا* و همکاران (2013a)، افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در شرایط تنش شوری را در ذرت گزارش دادند. تغییرات در فعالیت کاتالاز ممکن است به گونه گیاهی، مرحله نموی، جایگاه متابولیسم گیاه و هم‌چنین مدت و شدت تنش وابسته باشد (*مان*[5] و همکاران، 2011). فعالیت کاتالاز در برخی گیاهان زراعی مورد مطالعه ازجمله ذرت، برنج، گندم و کنجد تحت شرایط تنش، متفاوت بوده است. نتایج نشان داد که کاهش فعالیت آنزیم در رقم Passion بیشتر بوده، و این خود گویای تأثیر بیشتر تنش شوری بر این رقم می‌باشد.

پراکسیداز

اثر اصلی رقم و شوری و اثر متقابل آن‌ها بر فعالیت آنزیم پراکسیداز معنی‌دار بود (جدول ۲). در رقم Passion با افزایش شوری تا سطح ۵۰ میلی‌مولار، فعالیت آنزیم روند افزایشی داشت و پس از آن کاهش یافت. بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز (۱۲۰/۰۳) در رقم KSC403 و شوری ۵۰ میلی‌مولار و کمترین فعالیت آن (۹۳/۷۱) در رقم Passion و شوری ۱۰۰ میلی‌مولار به‌دست آمد (جدول ۴). بنابراین سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار سبب کاهش فعالیت این آنزیم شد که ممکن است نتیجه تجمع بیش از حد H_2O_2 و اثر سوء آن بر فعالیت این آنزیم باشد. آنزیم پراکسیداز گیاهی به علت نقشی که در فرآیندهای مهم فیزیولوژیک مانند کنترل رشد توسط چوبی شدن، پیوستن پکتین‌ها و پروتئین‌های ساختاری در دیواره سلولی و کاتابولیسم اکسین دارد، به‌عنوان نشانگری بیوشیمیایی برای انواع مختلف تنش‌های زنده و غیرزنده استفاده می‌گردد (*فویر* و *هالیول*[6]، 1979). افزایش فعالیت پراکسیداز، سوپراکسیداز دیسموتاز و پلی‌فنول‌اکسیداز تحت تنش شوری، احتمالاً از افزایش ظرفیت مهار رادیکال‌های آزاد اکسیژن و حفاظت از غشای سلولی ناشی می‌شود و این موضوع ارتباط بین تحمل به شوری و سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی را نشان می‌دهد (*آگاروال* و *پندی*[7]، 2004). *کایا* و همکاران (2013b) گزارش کردند که تنش شوری به‌طور معنی‌داری سبب کاهش فعالیت آنزیم پراکسیداز، کاتالاز و افزایش فعالیت پلی‌فنول‌اکسیداز در ذرت شد. این نتایج به‌وضوح نشان‌دهنده این موضوع است که اثرات تنش شوری بر فعالیت آنزیم‌ها متفاوت است.

1. Ashraf and Ali
2. Appel and Harit
3. Bowler
4. Parvaiz
5. Mane
6. Foyer and halliwell
7. Agarwal and Pandey

www.SID.ir

Archive of SID

سوپراکسیداز دیسموتاز

اثر اصلی رقم و شوری بر فعالیت آنزیم سوپراکسیداز دیسموتاز معنی‌دار بود (جدول ۲). فعالیت آنزیم سوپراکسیداز دیسموتاز در رقم KSC403 نسبت به رقم Passion، بیشتر بود و همچنین افزایش شوری باعث افزایش فعالیت آنزیم شد و بیشترین میزان فعالیت آنزیم در بالاترین سطح شوری به‌دست آمد (جدول ۳). افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی تحت شرایط تنش در گونه‌های گیاهی متفاوتی گزارش شده است. سوپراکسید دیسموتاز اولین خط دفاعی در برابر رادیکال‌های آزاد اکسیژن است و یک عامل حیاتی برای فعالیت ارگانیزم‌های هوازی به حساب می‌آید، این متالوآنزیم، رادیکال‌های سمی را که دائماً به‌عنوان متابولیسم هوازی شکل می‌گیرند جمع‌آوری می‌نماید و از انواع صدمات سلولی جلوگیری می‌نماید (*هامیلتون* و *هکاتورن*[1]، 2001). چمانی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که فعالیت آنزیم سوپراکسیداز دیسموتاز در شرایط تنش شوری نسبت به عدم اعمال تنش بیشتر می‌شود که دلیل آن عدم توانایی استفاده از آب به‌دلیل تنش شوری می‌باشد. تنش شوری سبب افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسیداز دیسموتاز، پراکسیداز و پلی‌فنول‌اکسیداز در ذرت می‌شود (*تونا* و همکاران، 2013). با افزایش تنش شوری در ذرت، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در رقم SC129 و SC13 افزایش یافت ولی در رقم SC155 افزایش قابل مشاهده‌ای در فعالیت این آنزیم در مقایسه یا شاهد دیده نشد (*آزوز* و همکاران، 2009). تحمل این ارقام تا حدودی وابسته به افزایش SOD است. با مشاهده افزایش معنی‌دار در فعالیت آنزیم سوپراکسیداز دیسموتاز در ارقام متحمل، می‌توان پیشنهاد کرد که این آنزیم به‌وسیله تبدیل O_2 به H_2O_2 به‌عنوان مهارکننده رادیکال‌های آزاد اکسیژن عمل می‌کند (*کوستا*[2] و همکاران 2005). کاتالاز و پراکسیداز، H_2O_2 تولید شده به‌وسیله سوپراکسیداز دیسموتاز، که برای سلول‌ها سمی است را به آب و اکسیژن تبدیل می‌کنند (*لیو*[3] و همکاران، 2007).

سدیم و پتاسیم اندام هوایی

اثر رقم و شوری بر غلظت سدیم و پتاسیم اندام هوایی و اثر متقابل آن‌ها بر غلظت پتاسیم اندام هوایی معنی‌دار بود (جدول ۲). غلظت سدیم در اندام هوایی در رقم Passion نسبت به KSC403 بیشتر بود (جدول ۳). غلظت سدیم اندام هوایی تحت تأثیر تنش شوری افزایش یافت و با افزایش شدت تنش شوری، افزایش غلظت سدیم حاصل از تنش نیز بیشتر شد به‌طوری که بیشترین غلظت سدیم اندام هوایی در سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار (۳۳/۲۵ میلی‌گرم بر گرم) و کمترین آن در سطح شوری صفر میلی‌مولار (۱۱/۲۵ میلی‌گرم بر گرم) به‌دست آمد (جدول ۳). سدیم به‌عنوان یک عنصر ضروری برای گیاه در نظر گرفته نمی‌شود و تجمع سدیم در گیاه در شرایط شوری به کاهش کلسیم و پتاسیم در گیاه منجر می‌گردد. اگرچه سدیم می‌تواند به افزایش فشار تورژسانس کمک کند اما نمی‌تواند در فعالیت‌های ویژه همانند فعالسازی آنزیم‌ها و سنتز پروتئین برای ایجاد رشد کافی جایگزین یون پتاسیم گردد. بنابراین اثرات سمیت سدیم کلرید ناشی از انباشتگی زیاد نمک در گیاه ممکن است تنها به دلیل اثرات مستقیم یون سدیم نباشد، بلکه به علت کاهش مقدار عناصر مغذی ضروری پتاسیم و کلسیم در گیاه باشد (*رنجل*[4]، 1992). *کایا* و همکاران (2013b) بیان کردند که تنش شوری سبب افزایش سدیم و کاهش پتاسیم در بافت‌های ذرت می‌شود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که، تنش شوری موجب کاهش غلظت پتاسیم اندام هوایی در هر دو رقم شد (جدول ۴). با افزایش شوری از صفر به ۱۰۰ میلی‌مولار، غلظت پتاسیم در رقم KSC403 و Passion به‌ترتیب به میزان ۴۰/۴۱ و ۴۷/۸۹ درصد کاهش یافت. کاهش غلظت پتاسیم بافت ممکن است نتیجه رقابت مستقیم بین سدیم و پتاسیم در جایگاه جذب پلاسمالما یا اثر سدیم بر انتقال پتاسیم در آوند چوبی و یا اثر سدیم بر جریان پتاسیم در ریشه باشد (*هی* و *کرامر*[5]، 1993). *اکرم* و همکاران (2007) نشان دادند که با افزایش تنش شوری، میزان جذب پتاسیم توسط واریته‌های ذرت کاهش یافت و در بالاترین سطح شوری، کمترین کاهش در جذب پتاسیم، در مقاوم‌ترین هیبرید و بیشترین کاهش در جذب پتاسیم، در حساس‌ترین هیبرید ذرت مشاهده شد. پتاسیم یک عنصر سیتوپلاسمی ضروری است و به‌علت نقش آن در تنظیم اسمزی و نیز اثر رقابتی آن با سدیم غالباً به‌عنوان یک عنصر مهم در شرایط شوری در نظر گرفته می‌شود (*اسکاچمن*[6] و همکاران، 1991). با افزایش سطح تنش شوری، از مقدار جذب پتاسیم کاسته و بر مقدار سدیم افزوده شد. میزان کاهش پتاسیم و افزایش سدیم در رقم KSC403 نسبت به رقم Passion کمتر بود و این امر می‌تواند دلیل تحمل بیشتر این رقم نسبت به شرایط تنش شوری باشد که با توجه به برتری این رقم در ویژگی‌هایی

1. Hamilton and Heckathorn
2. Costa
3. Liu
4. Rengel
5. He and Cramer
6. Schachtman

www.SID.ir

Archive of SID

مانند ارتفاع ساقه و وزن خشک اندام هوایی و فعالیت آنتی-اکسیدان‌ها منطقی به نظر می‌رسد.

نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی

اثر اصلی رقم، شوری و اثر متقابل آن‌ها بر نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشینه نسبت سدیم به پتاسیم در رقم Passion و سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار به‌دست آمد و کمینه مقدار آن در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۴). بالاتر بودن محتوای پتاسیم در تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار شوری، در هیبرید مقاوم ذرت (در مقایسه با هیبرید حساس) منجر به افزایش نسبت پتاسیم به سدیم (کاهش نسبت سدیم به پتاسیم) شد که نشان‌دهنده عملکرد بهتر تحت شرایط شوری می‌باشد (*اکرم* و همکاران، 2007). *بوداکلی‌کارپیسی* و همکاران (2010) گزارش کردند که شوری سبب افزایش محتوای سدیم، کاهش پتاسیم و در نتیجه کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در ذرت می‌شود که با نتایج *کایا* و همکاران (2013a) مطابقت داشت.

سدیم و پتاسیم ریشه

اثر اصلی رقم و شوری و اثر متقابل آن‌ها بر غلظت سدیم و پتاسیم ریشه معنی‌دار بود (جدول ۲). در هر دو رقم با افزایش شوری، میزان سدیم به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین غلظت سدیم ریشه در در رقم Passion و سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار، و کمترین غلظت آن در تیمار شاهد (صفر میلی‌مولار) به‌دست آمد که بین دو رقم در این مورد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). یکی از راهکارهای گیاه برای مقابله با تنش شوری، جذب آب به‌واسطه تنظیم اسمزی می‌باشد، اما این امر می‌تواند با جذب بیشتر عناصر ناخواسته مانند سدیم همراه باشد، هم‌چنان که در آزمایش حاضر با افزایش شوری، تجمع سدیم در ریشه نسبت به شاهد به شدت افزایش یافت. با افزایش شوری، میزان پتاسیم ریشه در هر دو رقم کاهش یافت (جدول ۴). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با افزایش تنش شوری غلظت پتاسیم در رقم KSC403 و Passion به‌ترتیب به میزان ۴۲/۱۸ و ۴۷/۰۱ درصد کاهش یافت (جدول ۴). علت کاهش جذب پتاسیم در شرایط شور، انتقال کاتیون‌های Na^+ و K^+ با یک پروتئین مشترک است که Na^+ برای ورود به درون سلول با K^+ رقابت می‌نماید (*پرویز و ساتیواتی*، 2008).

نسبت سدیم به پتاسیم ریشه

اثر اصلی رقم، شوری و اثر متقابل آن‌ها بر نسبت سدیم به پتاسیم ریشه معنی‌دار بود. رقم Passion نسبت سدیم به پتاسیم بیشتری در ریشه داشت. در هر دو رقم با افزایش تنش شوری، نسبت سدیم به پتاسیم ریشه افزایش یافت و بیشینه آن در رقم Passion و سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار به‌دست آمد (جداول ۲ و ۴). نسبت سدیم به پتاسیم کمتر در رقم KSC403 می‌تواند بیانگر مقاومت بیشتر این رقم به تنش شوری باشد. *تونا* و همکاران (2013) نشان دادند که نسبت سدیم به پتاسیم در برگ‌ها و ریشه‌های گیاه ذرت، در شرایط تنش شوری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و این نسبت در ریشه‌ها بیشتر بود.

کلروفیل برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی رقم بر میزان کلروفیل a و اثر اصلی شوری بر کلروفیل a، b و کلروفیل کل معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که میزان کلروفیل a در رقم KSC403، نسبت به رقم دیگر بیشتر بود (جدول ۳). با افزایش شوری از صفر به ۱۰۰ میلی‌مولار، میزان کلروفیل a به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۳). هم‌چنین مشخص گردید با افزایش شوری از صفر به ۱۰۰ میلی‌مولار، غلظت کلروفیل b، به میزان ۳۷/۷۳ درصد کاهش یافت. غلظت کلروفیل کل نیز در پاسخ به تنش شوری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت به‌طوری‌که بیشترین و کمترین غلظت آن به‌ترتیب از تیمار صفر و ۱۰۰ میلی‌مولار شوری به‌دست آمد (جدول ۳). کاهش معنی‌دار کلروفیل کل برگ‌ها همراه با افزایش شوری، سبب ناتوانی برگ‌ها در انجام فتوسنتز و تشدید آسیب‌های ناشی از تنش می‌شود. *تونا* و همکاران (2013) نیز کاهش غلظت کلروفیل a و b را در گیاه ذرت تحت تنش شوری گزارش دادند که با نتایج *کایا* و همکاران (2013b) هماهنگ بود. کلروفیل رنگدانه‌ای است که مسئولیت اصلی آن دریافت انرژی نورانی برای استفاده در فتوسنتز می‌باشد (*هی و واکر*[1]، 2011). تنش شوری منجر به افزایش غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد چون اسید آبسیزیک و اتیلن می‌شود که تحریک‌کننده آنزیم کلروفیلاز هستند و بدین ترتیب کلروفیل‌ها، تحت تأثیر این آنزیم تجزیه می‌شوند (*دراژیویچ*[2]، 1994). کاهش غلظت کلروفیل در تنش شوری هم‌چنین می‌تواند به دلیل سست شدن اتصال کلروفیل با پروتئین‌های کلروپلاستی در اثر افزایش

1. Hay and Walker
2. Drazkiewicz

www.SID.ir

Archive of SID

غلظت یون‌های سمی سدیم و کلر، تحت تنش شوری باشد. سایر پژوهشگران تغییر متابولیسم نیتروژن در ساخت ترکیب-هایی نظیر پرولین (انفراد و همکاران، ۱۳۸۲)، که برای تنظیم اسمزی به‌کار می‌رود و هم‌چنین کاهش ضخامت غشای تیلاکوئید، تخریب کلروپلاست‌ها، تورم گراناها و تیغه‌های گرانایی را علت کاهش کلروفیل می‌دانند (میرمحمدی‌میبدی و قره‌یاضی، ۱۳۸۱). در پژوهش انجام شده توسط *چائوم و کردمانی*[1] (2009) مشخص شد که غلظت کلروفیل a، b و کلروفیل کل در گیاهچه‌های ذرت واریته *ساخاراتا*[2] و *سراتینا*[3]، تحت شرایط تنش به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. *روحانی‌پور* و همکاران (2013) با بررسی اثرات تنش شوری بر محتوای کلروفیل گیاه ذرت گزارش کردند که بین تیمار شاهد و تنش شوری تا سطح ۶ دسی زیمنس بر متر از نظر غلظت کلروفیل، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ولی افزایش شوری بیشتر از ۶ دسی زیمنس بر متر ، سبب کاهش غلظت کلروفیل شد. تنش شوری سبب کاهش کلروفیل کل در واریته‌های ذرت شد و میزان این کاهش در واریته‌های حساس بیشتر بود (*بوداکلی-کارپیسی* و همکاران، 2010). کلروفیل‌های برگ در شرایط تنش شوری آسیب دیده و باعث کاهش فتوسنتز می‌گردد (*دراژیویچ*، 1994). *مان* و همکاران (2011) نیز به کاهش میزان کلروفیل کل برگ‌های ذرت و سورگوم در شرایط تنش شوری اشاره کرده اند.

نتیجه‌گیری

پاسخ آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان به تنش در تمامی گیاهان یکسان نیست و همه آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در طی اعمال تنش شوری افزایش پیدا نمی‌کنند، بلکه بسته به عوامل مختلف ازجمله گونه گیاهی، غلظـت و نوع نمک، فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها ممکن است افزایش یا کاهش یابد. نه تنها گیاهان دارای سطوح متنوعی از تحمل به تنش‌های مختلف هستند بلکه حتی در یک گونه خاص سطح تحمل به تنش-های غیر زنده محیطی برای ارقام مختلف بسیار متفاوت می-باشد (*سایرام و اسریواستاوا*[4]، 2002). تأثیر تنش شوری بر کاهش وزن خشک در رقم Passion بیشتر از رقم KSC403 بود. رقم KSC403 کمتر از رقم Passion تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفت، این موضوع با غلظت کمتر یون سدیم در اندام هوایی و ریشه، غلظت بیشتر پتاسیم در اندام هوایی و ریشه و نسبت سدیم به پتاسیم کمتر در ریشه و اندام هوایی رقم KSC403 همراه بود. با توجه به اهمیت پتاسیم در تنظیم اسمزی و اثر رقابتی آن با سدیم، به‌عنوان یک عنصر مهم در شرایط شور در نظر گرفته می‌شود و غلظت بیشتر آن در رقم KSC403 می‌تواند دلیلی بر تحمل بیشتر به تنش شوری باشد. تحمل به تنش شوری تابعی از فعالیت یک اندام یا یک صفت گیاهی نیست، بلکه برآیندی از بیشتر صفات مهم گیاهی است. لذا ژنوتیپی که در بیشتر صفات مرتبط با تحمل به شوری برتری نشان دهد می‌تواند در شرایط تنش مناسب باشد (اکبری‌قوژدی و همکاران، ۱۳۸۹). بنابراین با توجه به برتری رقم KSC403 در صفاتی چون وزن خشک، فعالیت آنتی-اکسیدان‌ها و تجمع سدیم کمتر در ریشه و اندام هوایی، به نظر می‌رسد این رقم نسبت به رقم Passion تحمل بیشتری نسبت به تنش شوری دارد و برای کشت در مناطق با خاک و آب شور قابلیت بیشتری داشته باشد.

1. Cha-Um and Kirdmanee
2. Saccharata
3. Ceratina
4. Sairam and Srivastava

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: برخی ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی خاک مورد آزمایش

Table 1: Some of physico-chemichal characteristics of used soil

بافت خاک Soil texture	اسیدیته pH	نیتروژن (٪) N (%)	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) P (mg/kg soil)	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) K (mg/ kg soil)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (ds/m)
سیلتی- لوم Silty- loam	7.09	0.15	12	720	0.6

جدول ۲: تجزیه واریانس صفات بررسی شده تحت تأثیر رقم و شوری در ذرت شیرین

Table 2: Analysis of variance of measured traits affected by cultivar and salt stress in sweet corn.

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	وزن خشک برگ (گرم در بوته) Dry weight leaf (g/ plant)	وزن خشک ساقه (گرم در بوته) Stem dry weight (g/ plant)	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	کاتالاز (واحد بین المللی در گرم وزن تر) CAT (U g^{-1} FW)	پراکسیداز (واحد بین المللی در گرم وزن تر) POD (U g^{-1} FW)	سوپراکسید دیسموتاز (واحد بین المللی در گرم وزن تر) SOD (U g^{-1} FW)	سدیم اندام هوایی (میلی‌گرم در گرم) Shoot Na^+ (mg g^{-1} FW)	پتاسیم اندام هوایی (میلی‌گرم در گرم) Shoot K^+ (mg g^{-1} FW)	سدیم ریشه (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Root Na^+ (mg g^{-1} FW)	پتاسیم ریشه (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Root K^+ (mg g^{-1} FW)	نسبت سدیم/ پتاسیم اندام هوایی Shoot Na^+/K^+ ratio	نسبت سدیم/ پتاسیم ریشه Root Na^+/K^+ ratio	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Chlorophyll a (mg g^{-1} FW)	کلروفیلb (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Chlorophyll b (mg g^{-1} FW)	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Total Chlorophyll (mg g^{-1} FW)
رقم Cultivar	1	5.48**	26.24**	57.91^{ns}	3.01^{ns}	1693.45**	5197.75**	5.87*	101.53**	16.24**	206.04**	0.03**	0.07**	0.03*	0.003^{ns}	0.014^{ns}
تنش شوری Salt stress	3	3.75**	24.67**	1129.23**	456.06**	310.90**	1820.39**	720.70**	1485.02**	903.68**	1419.49**	2.19**	1.01**	0.33**	0.182**	2.035**
رقم×شوری Salt stress×Cultivar	3	0.03^{ns}	1.22*	6.23^{ns}	59.07*	24.94*	161.76^{ns}	1.37^{ns}	12.62*	2.20*	8.97*	0.02**	0.01**	0.003^{ns}	0.005^{ns}	0.014^{ns}
خطا Error	24	0.08	0.34	16.99	18.30	7.98	58.41	1.30	4.41	0.74	2.94	0.001	0.0008	0.006	0.001	0.008
ضریب تغییرات CV (%)		7.46	6.85	6.37	6.78	3.15	6.06	5.53	3.89	3.87	3.39	7.79	6.19	8.56	8.95	6.86

**: معنی‌دار در سطح یک درصد، *: معنی‌دار در سطح پنج درصد و ns: عدم معنی‌داری

**: Significant at 1% level of probability. *: Significant at 5% level of probability, ns: not significant

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳: اثرات رقم و تنش شوری روی برخی خصوصیات ذرت شیرین

Table 3: Effects of cultivar and salt stress on some sweet corn characteristics

کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Total chlorophyll (mg g^{-1} FW)	کلروفیلb (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Chl b (mg g^{-1} FW)	کلروفیلa (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Chl a (mg g^{-1} FW)	سدیم اندام هوایی (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Shoot Na^+ (mg g^{-1} FW)	سوپراکسید دیسموتاز (واحد بین المللی در گرم وزن تر) SOD (U g^{-1} FW)	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	وزن خشک برگ (گرم در بوته) Dry weight leaf (g/plant)		تیمار Treatment
1.38a	0.43a	0.95a	20.20b	138.81a	66.07a	4.32a	KSC403	رقم Cultivar
1.34a	0.45a	0.89b	21.05a	113.32b	63.37a	3.49b	Passion	
1.64a	0.53a	1.11a	11.25d	109.07d	74.34a	4.89a	0	تنش شوری (میلی‌مولار) Salt Stress (mM)
1.53b	0.48a	1.04a	16.02c	119.86c	71.88a	4.27a	25	
1.29c	0.41b	0.87b	21.97b	131.12b	64.65b	3.94b	50	
0.99d	0.33c	0.65c	33.25a	144.22a	48.00c	2.94c	100	

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون برای هر تیمار تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد ندارند

Means in each column for each treatment, followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level

جدول ۴: اثر متقابل رقم و شوری روی برخی صفات بیوشیمیایی و مورفولوژیکی ذرت شیرین

Table 4: Interaction effect of cultivar and salt stress on some biochemical and morphological traits of sweet corn

نسبت سدیم/ پتاسیم ریشه Root Na^+/K^+ ratio	نسبت سدیم/ پتاسیم اندام هوایی Shoot Na^+/K^+ ratio	پتاسیم ریشه (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Root K^+ (mg g^{-1} FW)	سدیم ریشه (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Root Na^+ (mg g^{-1} FW)	پتاسیم اندام هوایی (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Shoot K^+ (mg g^{-1} FW)	پراکسیداز (واحد بین المللی در گرم وزن تر) POD (U g^{-1} FW)	کاتالاز (واحد بین المللی در گرم وزن تر) CAT (U g^{-1} FW)	وزن خشک ساقه (گرم در بوته) Stem dry weight (g/plant)	تیمار Treatment: تنش شوری (میلی‌مولار کلریدسدیم) Salt stress (mM NaCl)	تیمار Treatment: رقم Cultivar
0.16f	0.15f	69.97a	11.40f	72.67a	115.38a	68.87a	10.84a	0	KSC403
0.27e	0.24e	61.90c	16.63e	64.17b	117.84ab	61.98c	10.12ab	25	
0.43d	0.38d	52.17d	22.65d	55.27c	120.03a	67.69a-c	9.60b	50	
0.88b	0.77b	40.45f	35.70b	43.30e	105.04cd	54.96d	7.40d	100	
0.18f	0.16f	65.30b	11.90f	69.95a	96.11e	73.37a	9.94ab	0	Passion
0.30e	0.26e	59.52c	17.65e	63.32b	102.70d	65.52bc	8.64c	25	
0.57c	0.45c	44.77e	25.57c	51.45d	107.59c	61.35c	6.92d	50	
1.07a	0.91a	34.61g	36.92a	36.45f	93.71e	50.82d	5.20e	100	

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد ندارند

Means in each column, followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

اکبری‌قوژدی، ا.، ایزدی‌دربندی، ع.، برزوئی، ا. و مجدآبادی، ع. ۱۳۸۹. بررسی تغییرات مورفولوژیک ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش شوری. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، سال اول (۴): ۸۲- ۷۱.

انفراد، ا.، پوستینی، ک.، مجنون حسینی، ن.، طالعی، ع. ر. و عطاری، ا. ۱۳۸۲. واکنش‌های فیزیولوژیکی ارقام کلزا (*Brassica napus*) در مرحله رشد رویشی نسبت به تنش شوری. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۷ (۴): ۱۱۲-۱۰۳.

چمانی، ف.، حبیبی، د.، خدابنده، ن.، داوودی‌فر، م. و اصغرزاده، ا. ۱۳۹۱. بررسی اثر تنش شوری بر عملکرد دانه و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان گندم تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد (ازتوباکترکروکوم، آزوسپیریلیوم‌لیپولزوم، سودوموناس‌پوتیدا) و اسید هیومیک. مجله زراعت و اصلاح نباتات، ۸ (۳): ۵۵-۳۹.

حسن‌نژادیان‌فرد، س. ۱۳۸۸. واکنش چند رقم ذرت شیرین به سطوح متفاوت کود سرک نیتروژن و حذف پاجوش. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز. ۱۰۹ صفحه.

رحیمی، ا.، شمس‌الدین‌سعید، م. و اعتمادی، ف. ۱۳۸۹. اثر تنش شوری بر جوانه‌زنی، رشد رویشی و مقادیر یونی سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.). فصلنامه علمی- پژوهشی خشک‌بوم، ۱ (۲): ۳۰-۲۰.

فریور، ا. ۱۳۷۸. تولید و فرآوری ذرت شیرین. زیتون، شماره ۱۴۰.

مختارپور، ح.، بهمرام، ر.، و زیادلو گلستان، ص.۱۳۸۰. دستورالعمل‌های فنی کاشت محصولات زراعی و باغی در استان گلستان. انتشارات مرکز تحقیقات کشاورزی گلستان، ۱۵۹ صفحه.

میرمحمدی میبدی، س. ع. م. و قره‌یاضی، ب. ۱۳۸۱. جنبه‌های فیزیولوژیک و به‌نژادی تنش شوری گیاهان. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۲۷۶ صفحه.

هی، آر. ام. و واکر، ا. ج. ۲۰۱۱. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی گیاهان زراعی (چاپ سوم). ترجمه امام، ی. و نیک‌نژاد، م.، انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۷۱ صفحه.

Agarwal, S. and Pandey, V. 2004. Antioxidant enzyme responses to NaCl stress in *Cassia angustifolia*. Biology of Plant, 48: 555-560.

Akram, M., Malik, A., Asfraf, Y., Saleem, F. and Hussain, M. 2007. Competitive seedling growth and K^+/Na^+ ration different maize (*Zea mays* L.) hibrids under salinity stress. Pakistan Journal of Botany, 39 (7): 2553-2563.

Appel, K. and Hirt, H. 2004. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress and signal transduction. Annual Review of Plant Biology, 55: 373-399.

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.

Azooz, M., Ismail, A. and Elhamd, F. A. 2009. Growth, lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities as a selection criterion for the salt tolerance of three maize cultivars grown under salinity stress. International Journal of Agriculture and Biology, 11: 21-26.

Beauchamp, C. and. Fridovich, I. 1971. Superoxide dismutase: Improved assays and an assay predictable to acrylamide gels. Annals of Clinical Biochemistry, 44: 276-287.

Becana, M., Moran, J. F. and Iturbe-Ormaetxe, I. 1998. Iron dependent oxygen free radical generation in plants subjected to environmental stress: toxicity and antioxidant protection. Plant and Soil, 201: 137-147.

Bowler, C., Van Montagu, M. and Inze, D. 1992. Superoxide dismutase and stress tolerance. Annual Review of Plant Physiol and Plant Molecular Biology, 43: 83-116.

Brugnoli, N. and. Lauteri, M. 1991. Effect of salinity on stomatal conductance photosynthesis capacity and carbon isotope discrimination of salt tolerant, (*Gossypium hirsutum* L.) and salt sensitive (*Phaseolus vulgaris* L.) C_3 non-halophytes. Plant Physiology, 95: 628-635.

Budakli Carpici E., Celik, N. and Bayram, G. 2010. The effects of salt stress on the growth, biochemical parameter and mineral element content of some maize (*Zea mays* L.) cultivars. African Journal of Biotechnology, 9 (41): 6937-6942.

Chance, B. and Maehly, A .C. 1995. Assay of catalase and peroxidase. Pp. 764-765 In: Culowic, S. P. and Kaplan, N. O. (eds). Methods in enzymology Vol. 2. Academic Press. Inc. New York.

Cha-Um, S. and Kirdmanee, C. 2009. Effect of salt stress on proline accumulation, photosynthetic ability and growth characters in two maize cultivars. Pakistan Journal of Botany, 41 (1): 87- 98.

Costa, P. H. A., Neto, A. D. A., Bezerra, M. A., Prisco, J. T. and Gomes-Filho, E. 2005. Antioxidant-enzymatic system of two sorghum genotypes differing in salt tolerance. Brazilian Journal of. Plant Physiology, 17: 353-361.

Dhindsa, R. S., Plumb-Dhindsa, P. and Thorpe, T. A. 1981. Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. Journal of Experimental Botany, 32: 93-101.

www.SID.ir

Archive of SID

Drazkiewicz, M. 1994. Chlorophyllase: Occurance functions, mechanisms of action, effects of external and internal factors. Photosynthesis, 30: 321-331.

Eker, S. Comertpay, G., Konuskan, O., Ulger, A., Ozturk, L. and Cakmak, I. 2006. Effect of salinity stress on dry matter production and ion accumulation in hybrid maize varieties. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 30: 365-373.

Foyer, C. H. and halliwell, B. 1979. The presence of glutathione and glutathione reductase in chloroplasts: A proposed role in ascorbic acid metabolism. Planta, 133: 21-25.

Hamilton, E. W. and Heckathorn, S. A. 2001. Mitochondrial adaptations to NaCl: complex I is protected by antioxidants and small heat shock proteins, where as complex II is protected by proline and betaine. Plant Physiology, 126: 1266-1274.

He, T. and Cramer, G. R. 1993. Salt tolerance of rapid cycling *Brassica* species in relation to K^+/Na^+ ratio and selectivity at the whole plant and callus levels. Journal of Plant Nutrition, 16: 1263-1277.

Kaya, C., Ashraf, M., Dikilitas, M. and Tuna, A. L. 2013a. Alleviation of salt stress-induced adverse effects on maize plants by exogenous application of indoleacetic acid (IAA) and inorganic nutrients– A field trial. Australian Journal of Crop Science, 7 (2): 249- 254.

Kaya, C., Sonmez, O., Aydemir, S. and Dikilitas, M. 2013 b. Mitigation effects of glycinebetaine on oxidative stress and some key growth parameters of maize exposed to salt stress. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 37: 188-194.

Lichtenthaler, H. and Wellburn, A. R. 1983. Determination of total carotenoids and chlorophyll a and chlorophyll b leaf extracts in different solvents. Journal of Biochemistry, 603: 591-592.

Liu, J., Tong, L. P., Shen, T. W., Li, J., Wu, L. and Yu, Z. L. 2007. Impact of ion implantation on licorice (*Glycyrrhize uralensis* Fisch) growth and antioxidant activity under drought stress. Plasma Science and Technology, 9 (3): 301-306.

Mane, A. V., Deshpande, T. V., Wagh, V. B., Karadge, B. A. and Samant, J. S. 2011. A critical review on physiological changes associated with reference to salinity. International Journal of Environmental Science, 1 (6): 1192-1216.

Mohammdkhani, N. and Heidari, R. 2007. Effects of drought stress on protective enzyme activities and lipid peroxidation in two maize cultivars. Pakistan Journal of Biological Sciences, 10 (21): 3835-3840.

Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment, 25: 659-671.

Nemoto, Y. and Sasakuma, T. 2002. Differential stress responses of early salt stress responding genes in common wheat. Phytochemistry, 61: 129-133.

Noble, C. L. and Rogers, M. E. 1992. Arguments for the use of physiological criteria for improving the salt tolerance in crops. Plant Physiology, 146: 99-107.

Pan. Y., Wu, L. J. and Yu, Z. L. 2006. Effect of salt and drought stress on antioxidant enzymes activities and SOD isoenzymes of liquorice (*Glycyrrhiza uralensis* fisch). Plant Growth Regulation, 49: 157-165.

Parvaiz, A. and Satyawati, S. 2008. Salt stress and phyto-biochemical responses of plants. Plant Soil Environment, 54: 89-99.

Parvaiz, M. 2013. Response of maize to salt stress a critical review. International Journal of Healthcare Science, 1: 13-25.

Rengel, Z. 1992. The role of calcium in salt toxicity. Plant, Cell and Environment, 15: 625-632.

Rezvani Moghaddam, P. and Koocheki, A. 2001. Research history on salt affected lands of Iran: Present and future prospects-Halophytic ecosystem. International Symposium on Prospects of Saline Agriculture in the GCC Countries, Dubai, UAE.

Rohanipoor, A., Norouzi, M., Moezzi, A. and Hassibi, P. 2013. Effect of silicon on some physiological properties of Maize (*Zea mays* L.) under salt stress. Journal of Biology and Environment Science, 7 (20): 71- 79.

Sairam, R. K. and Srivastava, G. C. 2002. Changes in antioxidant activity in sub- cellular fraction of tolerant and suceptible wheat genotypes to long term salt stress. Journal of Plant Science, 162: 897-904.

Schachtman, D. P., Munns, R. and Whitecross, M. I. 1991. Variation in sodium exclusion and salt tolerance in *Tiriticum tauschii*. Crop Science, 31: 992-997.

Subbarao, G. V. and Johansen, C. 2001. Strategies and Scope for Improving Salinity Tolerance in Crop Plants. pp. 1069 - 1087 In: Pessarakli, M., Hand book of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Inc. New York. USA. 990 pp.

Tuna, A. L., Kaya, C., Altunlu, H. and Ashraf, M. 2013. Mitigation effects of non-enzymatic antioxidants in maize (*Zea mays* L.) plants under salinity stress. Australian Journal of Crop Science, 7 (8):1181-1188.

Zörb, C., Schmitt, S., Neeb, A., Karl, S., Linder, M. and Schubert, S. 2004. The biochemical reaction of maize (*Zea mays* L.) to salt stress is characterized by a mitigation of symptoms and not by a specific adaptation. Plant Science, 167: 91-100.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Salinity on Some Growth and Physiological Characteristics of Two Cultivars of Sweet Corn (*Zea mays var. saccharata*)

Nematpour[1], A., Kazemeini[2*], S. A. and Edalat[3], M.

Abstract

In order to evaluate the response of two cultivars of sweet corn to salinity stress a greenhouse experiment was conducted at the Faculty of Agriculture, Shiraz University, in a factorial experiment based on completely randomized design in four replications. Treatments included two cultivars of sweet corn (KSC403 and Passion) and four salinity concentration 0, 25, 50 and 100 mM from NaCl and $CaCl_2$ at a 1:1 ratio. The results showed that with increasing in salinity, plant height decreased and dry weight of both cultivars also decreased however this decline was more pronounced in Passion. KSC403 had more antioxidant enzymes activities and less shoot and root Na^+ concentration compared with Passion. With increasing salinity, CAT and SOD activities of both cultivars decreased and increased, respectively, and POX activity increased to 50 mM of salinity and then decreased. With increasing in salinity level, total leaf chlorophyll decreased although these cultivars were not significantly different in this respect. $Na^{+/}K^+$ ratio of root and shoot increased in salinity and this ratio was more in Passion. The superiority of KSC403 in most of the traits could indicate its higher ability to tolerate salinity stress. Lower concentration of Na^+ and more concentration of K^+ in shoot and root of plant can be considered as a criterion in the selection of resistant cultivars to salinity stress.

Keywords: Antioxidant enzymes, Dry weight, Potassium, Sodium

1, 2 and 3. M.Sc. Student, Associate Professor and Assistant Professor, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Shiraz, Shiraz. Iran

*: Corresponding author Email: Kazemin@shirazu.ac.ir

www.SID.ir