دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

بررسی تحمل به تنش شوری در چهار هیبرید ذرت (*Zea mays* L.) در مرحله گیاهچه‌ای

بهنام عمرانی[1] و سجاد محرم نژاد[2]

۱- هئیت علمی گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران
۲- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، (نویسنده مسوول: sm.chakherlo@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۵/۶/۹ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۱۹

چکیده

تنش شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که بسیاری از فرآیندهای رشدی، تغذیه‌ای، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد. این آزمایش بصورت فاکتوریل با طرح کاملا تصادفی در شرایط آزمایشگاهی و با چهار تکرار اجرا شد. فاکتور اول چهار هیبرید ذرت (سینگل کراس Simon، سینگل کراس ٦٤٠، سینگل کراس ٧٠٤ و سینگل کراس ٧٤٠) و فاکتور دوم سطوح تنش سدیم کلراید (صفر، ١٠٠ و ٢٠٠ میلی‌مولار) بودند. تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک و طول گیاهچه‌های ذرت شد. سینگل کراس ٧٠٤ و سینگل کراس Simon نسبت به سینگل کراس ٦٤٠ و سینگل کراس ٧٤٠ کمتر تحت تاثیر تنش شوری قرار گرفتند. تنش شوری غلظت کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کلروفیل کل را نسبت به شاهد کاهش داد. غلظت کارتنوئید و آنتوسیانین تحت سطوح مختلف شوری پاسخ متفاوتی نشان دادند. میزان محتوای نسبی آب‌برگ (RWC) در اثر تنش شوری کاهش معنی‌داری نشان داد ولی در بین هیبریدها تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. تجمع کاتیون پتاسیم (K^+) در گیاهچه‌های هیبرید ذرت تحت تنش‌شوری افزایش یافت. به‌نظر می‌رسد که در ذرت تجمع K^+ به‌صورت پاسخ به تجمع سدیم (Na^+) باشد، زیرا هیبریدهایی که Na^+ بیشتر در سلول‌های خود تجمع داده بودند، حاوی مقدار بیشتری K^+ بودند. میزان پرولین و گلایسین بتائین تجمع یافته در اثر تنش شوری در گیاهچه‌های هیبرید ذرت افزایش یافت. از بین هیبریدهای مورد مطالعه، گیاهچه‌های سینگل کراس ٧٠٤ و سینگل کراس Simon تا حدودی متحمل به شوری بودند.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، پرولین، ذرت، رنگدانه، گلایسین بتائین

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است که بعد از گندم و برنج مقام سوم را در بین غلات به‌خود اختصاص داده است. در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲، سطح زیر کشت ذرت دانه‌ای در ایران حدود ۲۳۴ هزار هکتار با تولید ۱/۶۶ میلیون تن گزارش شده‌است (۱). شوری خاک از محدودیت‌های تولید پایدار در مناطق خشک و نیمه خشک است. شوری با افزایش فشار اسمزی و در نتیجه کاهش جذب آب و همچنین از طریق اثرات سمیت یونی، جوانه‌زنی بذور و رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۲). جیانگ و همکاران (۱۷) گزارش کردند که با افزایش تنش شوری میزان وزن خشک و طول گیاهچه‌های ذرت به‌طور معنی‌دار کاهش می‌یابد. شوری موجب اختلال در تقسیم سلول و بزرگ شدن سلول‌ها می‌شود و تمام واکنش‌های متابولیکی گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد. مقادیر بالای یون‌های سدیم و کلر موجب کاهش جذب یون‌های عناصر ضروری از جمله پتاسیم، کلسیم، آمونیوم و نیترات شده، و نیز از فعالیت آنزیم‌ها کاسته و ساختار غشاء را برهم می‌زند. این اثرات سبب کاهش فعالیت‌های متابولیکی گیاه از جمله فتوسنتز شده و از رشد گیاهان در محیط‌های شور می‌کاهد (۴). در صورتی که ارقام مختلف توانایی حفظ غلظت کلروفیل را در شرایط شور داشته باشند می‌توان از این ارقام به‌منظور بهره‌برداری وسیع در شرایط شور استفاده نمود. یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش کلروفیل‌ها، تخریب توسط گونه‌های اکسیژن فعال طی تنش اکسیداتیو، می‌باشد (۲۴). آلیو و همکاران (۳) اظهار کردند که غلظت کلروفیل *a*، کلروفیل *b*، کلروفیل کل و کارتنوئید روی گیاهچه‌های ذرت تحت تنش شوری ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار سدیم کلراید به‌طور معنی‌دار کاهش می‌یابد. السید (۱۱) بیان کرد که با افزایش غلظت شوری میزان کلروفیل *a*، کلروفیل *b*، کلروفیل کل و کارتنوئید در گیاهچه‌های ذرت به‌طور معنی‌دار کاهش می‌یابد. محتوای نسبی آب برگ (RWC) یک صفت فیزیولوژیکی است که بارها به‌عنوان معیار گزینش برای تحمل به تنش اسمزی پیشنهاد شده‌است (۹). ارقام متحمل با داشتن RWC بالا توانایی بیشتری برای جذب آب از خاک و جبران تعرق انجام گرفته از سطح گیاه را دارند (۱۰). RWC با عملکرد دانه و فتوسنتز همبستگی مثبت معنی‌داری دارد و گیاهانی که دارای RWC بیشتر، عملکرد بالاتری از خود نشان دادند (۱۸). تنش شوری در خاک باعث اختلال در جذب عناصر غذایی K^+ و Ca^{2+}، افزایش عناصر سمی Na^+، Cl^- و نسبت‌های Na^+/K^+ و Na^+/Ca^{2+} می‌شود. کاهش پتاسیم در اثر تنش شوری می‌تواند به‌دلیل رقابت سدیم بر سر مکان‌های اتصال به ناقل‌های غشاء پلاسمایی و یا نشت به دلیل عدم ثبات غشاء پلاسمایی باشد (۱۳). اشراف (۴) اظهار کرد که وجود بیش از حد عنصر سدیم در محیط رشد گیاه می‌تواند اثر آنتاگونیستی بر عنصر پتاسیم داشته باشد و در نتیجه منجر به کاهش جذب این عنصر توسط گیاه شود. سمیت یونی ناشی از تنش شوری در سلول‌ها نشان‌دهنده جایگزینی یون سدیم به جای یون پتاسیم در واکنش‌های بیوشیمیایی و تغییرات ساختاری است که باعث اختلال در عملکرد پروتئین‌های موجود در غشا سلولی و تعاملات بین اسیدآمینه‌ای می‌گردد (۱۳،۱۱). نصراله الحسینی و همکاران (۲۵) با مطالعه سطوح مختلف شوری روی گیاهچه ذرت شیرین هیبرید KSC403 گزارش کردند که میزان یون سدیم و پتاسیم به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار معنی‌دار را در

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.29252/jcb.9.24.79]

اندام‌های هوایی به‌خود اختصاص دادند. مطالعات بیوشیمیایی نشان‌داده که در گیاهان تحت تنش شوری تعدادی از ترکیبات آلی (محلول‌های سازگار کننده) تجمع می‌یابند. از این ترکیبات می‌توان به انواعی از کربوهیدرات‌های محلول و ترکیبات نیتروژنه (پرولین و گلایسین بتائین) اشاره کرد (۵). ترکیبات سازگارکننده نقش مهمی در بهبود تنظیم اسمزی در ذرت دارد (۶). مطالعات انجام شده در ذرت نشان می‌دهد که مقدار گلایسین بتائین تجمع یافته بر اثر تنش اسمزی با افزایش تحمل به تنش در گیاه ارتباط مستقیمی دارد (۱۴،۵). افزایش گلایسین بتائین در اثر بروز تنش ناشی از سدیم کلراید، در ذرت تحمل به شوری را افزایش می‌دهد (۴). یافته‌های جدید نشان می‌دهد که نقش اولیه پرولین در تحمل به تنش اسمزی منحصرا به‌عنوان یک تنظیم کننده پتانسیل اسمزی نیست، بلکه این مولکول به سلول کمک می‌کند تا بر تنش اکسیداتیو نیز غلبه کند و از دیگر خواص پرولین، حفاظت آنزیم‌ها از تجزیه شدن، حذف رادیکال‌های آزاد، پایداری ساختار دیواره سلولی و پروتئین‌ها، برقراری تعادل در نسبت $NADH/NAD^+$ و فعال‌سازی منبع انرژی است (۱۳،۱۱،۴). واریته‌ها و لاین‌های متحمل به شوری، هنگامی که تحت تنش قرار می‌گیرند، مقدار محلول‌های سازگاری و به خصوص پرولین را در بافت‌های مختلف خود افزایش می‌دهند که به‌این وسیله باعث تعدیل پتانسیل اسمزی و در نتیجه افزایش فشار تورگر سلول و پتانسیل آب می‌شود که در نهایت این فرآیندها باعث رشد بهتر گیاه می‌شود (۲). الیو و همکاران (۳) نشان دادند که در ذرت تحت تنش اسمزی مقدار پرولین افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد نشان داد. مقدار پرولین تجمع یافته در این آزمایش در گیاهان متحمل بیشتر از واریته‌های حساس بود. هدف از اجرای این آزمایش بررسی تحمل به تنش شوری چهار هیبرید ذرت از لحاظ صفات رشدی، غلظت رنگدانه، RWC، میزان جذب عناصر سدیم، پتاسیم و غلظت اسمولیت‌های آلی (گلایسین بتائین و پرولین) در مرحله گیاهچه‌ای بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و اعمال تنش

بذور چهار رقم هیبرید ذرت (سینگل کراس ۶۴۰، سینگل کراس ۷۰۴، سینگل کراس ۷۴۰ و سینگل کراس Simon) از ایستگاه تحقیقاتی مغان استان اردبیل تهیه شدند. بذور ابتدا با محلول سه درصد هیپوکلریت سدیم به مدت دو دقیقه ضد عفونی و پنج روز پس از جوانه‌زنی، گیاهچه‌ها به پلاستیک‌های خاص حاوی پرلیت منتقل شدند. گیاهچه‌ها با محلول نیم هوگلند آبیاری در شرایط رشد ۲۶ درجه سانتی‌گراد، ۱۶ ساعت نور و هشت ساعت تاریکی قرار داده شدند (۲۱). تنش شوری در سه سطح سدیم کلراید (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) با استفاده از محلول هوگلند تحت شرایط آزمایشگاهی اعمال گردید. بعد از اعمال تنش شوری (به مدت ۱۰ روز) وزن خشک و طول گیاهچه‌های رقم هیبرید ذرت اندازه‌گیری شدند. آزمایش در دانشگاه پیام نور ممقان در سال ۱۳۹۵ اجرا شد.

غلظت رنگدانه‌ها

۲۰۰ میلی‌گرم از برگ‌های تازه گیاهچه‌های ذرت برای اندازه‌گیری غلظت کلروفیل *a*، کلروفیل *b*، کلروفیل کل، کارتنوئید و آنتوسیانین به‌روش یاریورا و همکاران (۲۷) مورد استفاده قرار گرفت.

محتوای نسبی آب برگ (RWC)

ابتدا از هر برگ چهار دیسک برگی به قطر یک سانتی‌متر بوسیله استوانه لبه تیز تهیه شد و سریعا وزن‌تر آن‌ها اندازه‌گیری شدند (۲۶).

$$RWC = [(FW - DW) / (TW - DW)] \times 100$$

که RWC محتوای نسبی آب، FW وزن تر برگ، DW وزن خشک برگ و TW وزن برگ در حالت تورژسانس کامل است.

اندازه‌گیری کاتیون‌ها

دو کاتیون سدیم (Na^+) و پتاسیم (K^+) در برگ‌های جوان و در ماده‌خشک اندازه‌گیری شدند. ۱۰۰ میلی‌گرم ماده خشک را در هاون پودر کرده و در هشت میلی‌لیتر اسید نیتریک به‌مدت یک ساعت و در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از آن محلول مورد نظر از کاغذ صافی عبور داده شدند و میزان غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد (۶).

میزان گلایسین بتائین

۱۲۵ میلی‌گرم از ماده‌خشک گیاهچه‌های ذرت با پنج میلی‌لیتر آب دیونیزه به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲۵ سانتی‌گراد به‌صورت مکانیکی تکان داده و نمونه‌ها از کاغذ صافی عبور داده شدند. سپس نمونه‌ها به نسبت ۱:۱ با اسید سولفوریک دو نرمال رقیق شدند. از این محلول‌های رقیق شده ۰/۵ میلی‌لیتر در تیوب‌ها ریخته و در آب یخ به‌مدت یک ساعت سرد گردید. سپس مقدار ۰/۲ میلی‌لیتر یدید پتاسیم–ید ($KI-I_2$) سرد به محلول‌ها اضافه شد و محلول به آرامی ورتکس شد. سپس نمونه‌ها در دمای چهار سانتی‌گراد به مدت ۱۶ ساعت قرار داده شدند. بعد از سپری شدن این مدت، نمونه‌ها با دور ۱۰۰۰۰ و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای صفر درجه سانتی‌گراد سانتریفوژ شدند. محلول روشناورها دور ریخته و کریستال پریداید را در ۹ میلی‌لیتر دی‌کلرواتان حل شدند. بعد از ۲/۵–۲ ساعت، میزان جذب در طول موج ۳۶۵ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (۱۶).

میزان پرولین

جهت استخراج و سنجش پرولین از روش بیتس و همکاران (۸) استفاده شد. بدین منظور ۰/۵ گرم از برگ گیاهچه‌های ذرت در ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳٪ در هاون چینی ساییده و محلول حاصل برای سنجش پرولین با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر استفاده گردید.

تجزیه آماری

پس از آزمون نرمال بودن داده‌ها و یک‌نواختی واریانس‌ها، تجزیه آماری بصورت فاکتوریل با قالب طرح پایه کاملا تصادفی در چهار تکرار و مقایسه میانگین داده‌ها به‌روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16.0 انجام شد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.29252/jcb.9.24.79]

نتایج و بحث

وزن خشک و طول گیاهچه

تجزیه واریانس وزن خشک و طول گیاهچه‌های ذرت نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین هیبرید و سطوح مختلف شوری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. با این وجود، اثر متقابل هیبرید × تنش برای وزن خشک و طول گیاهچه‌های ذرت اختلاف غیر معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین هیبریدها نشان داد که بیشترین وزن خشک و طول گیاهچه مربوط به سینگل کراس ۷۰۴ و سینگل کراس Simon بود (جدول ۲). تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک و طول گیاهچه‌های ذرت شد به‌طوری که با افزایش شوری، وزن خشک و طول گیاهچه‌های ذرت کاهش یافت (شکل ۱). میزان کاهش وزن خشک گیاهچه‌ها تحت تنش ملایم و شدید نسبت به بدون تنش شوری به ترتیب ۲۶ و ۴۱ درصد بود. طول گیاهچه‌ها در تنش ۱۰۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد ۱۲٪ و در شرایط تنش ۲۰۰ میلی‌مولار ۲۴٪ کاهش نشان داد. تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار وزن‌تر و خشک گیاهچه‌های ذرت می‌شود. به‌طوری‌که این میزان کاهش نسبت به تیمار شاهد در حدود ۲۵٪ توسط جیانگ و همکاران (۱۷) گزارش شده‌است. عسگری و همکاران (۷) اظهار کردند که اثر شوری و هیبرید ذرت بر عملکرد معنی‌دار، اما اثر متقابل آن‌ها غیر معنی‌دار است. به‌طورکلی، با افزایش شوری، میزان عملکرد دانه کاهش یافت و بیشترین عملکرد مربوط به سینگل کراس ۷۰۴ بود. روند کاهشی عملکرد دانه با افزایش شوری می‌تواند به‌دلیل کاهش وزن هزار دانه و اختلال در گرده‌افشانی و مراحل فتوسنتزی گیاه و انتقال مواد به‌دانه‌ها در شرایط شور باشد (۱۹). اشرف (۴) گزارش کرد که اثر تنش اسمزی شوری ممکن است موجب بهم زدن تعادل آب گیاه، کاهش تورژسانس سلول و جلوگیری از رشد کلی گیاه شود. پژوهش‌های مختلف روی ذرت نشان داده که تنش شوری وزن خشک و طول گیاهچه‌های ذرت را بطور معنی‌دار کاهش می‌دهد (۲۴،۱۶،۳). که با نتایج حاضر مطابقت دارد.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در هیبریدها تحت شرایط تنش شوری

Table 1. Analysis of variance on studied traits in maize hybrids under salt stress

منابع تغییر	درجات آزادی	میانگین مربعات										
		وزن خشک	طول گیاهچه	کلروفیل *a*	کلروفیل *b*	کلروفیل	کارتنوئید	آنتوسیانین	RWC	Na^+	K^+	گلایسین بتائین	پرولین
هیبرید	۳	۴/۲**	۳۲/۲**	۰/۳^{ns}	۰/۵^{ns}	۰/۶^{ns}	۰/۹^{ns}	۲/۵^{ns}	۲/۵^{ns}	۱۱/۵**	۶۱/۵**	۰/۳^{ns}	۰/۷^{ns}
تنش شوری	۲	۵/۸**	۲۲/۲**	۳/۱*	۲/۳*	۴/۶*	۳/۸*	۳/۱*	۸۶/۱**	۹۰/۱**	۳۸/۰**	۹/۲**	۱۰۰/۵**
هیبرید×تنش	۶	۰/۸^{ns}	۱/۸^{ns}	۰/۸^{ns}	۰/۶^{ns}	۰/۷^{ns}	۰/۴^{ns}	۰/۵^{ns}	۱/۸^{ns}	۳/۰^{ns}	۴/۹^{ns}	۱/۹^{ns}	۰/۵^{ns}
خطا	۳۶	۰/۶	۱/۲	۰/۶	۰/۳	۰/۲	۰/۸	۰/۹	۲/۶	۲/۷	۳/۱	۱/۱	۰/۴
ضریب تغییرات (درصد)		۱۸/۶	۹/۳	۱۰/۱	۸/۳	۶/۶	۸/۰	۱۰/۰	۷/۱	۲۴/۹	۱۵/۳	۲۰/۷	۲۵/۳

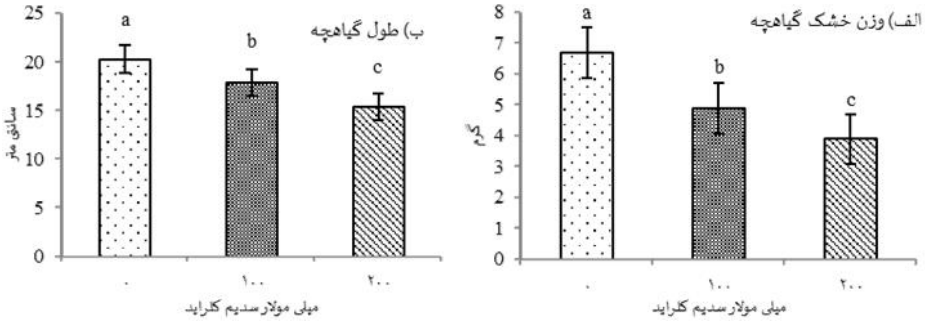
ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات هیبریدهای ذرت در مرحله گیاهچه‌ای تحت تنش شوری

Table 2. Mean comparison of traits i in maize hybrids under salt stress

هیبرید	وزن خشک (g)	طول گیاهچه (cm)	Na^+ (mg/g DW)	K^+ (mg/g DW)
سینگل کراس ۶۴۰	۴/۳^{b}	۱۸/۶^{b}	۳۷/۳^{a}	۲۸/۴^{a}
سینگل کراس ۷۰۴	۶/۵^{a}	۲۴/۷^{a}	۲۶/۵^{c}	۲۰/۵^{c}
سینگل کراس ۷۴۰	۳/۴^{b}	۱۷/۴^{b}	۳۳/۴^{b}	۲۶/۴^{b}
سینگل کراس Simon	۶/۱^{a}	۲۵/۱^{a}	۲۷/۱^{c}	۲۱/۷^{c}

اختلاف بین اعداد هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند معنی‌دار نمی‌باشند.



شکل ۱- میانگین وزن خشک و طول گیاهچه‌های ذرت در سطوح مختلف تنش شوری
(میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند)

Figure 1. Mean of dry weight and seedling height in maize under different salinity levels (Means with the same letters in each figure have not significant difference at 5% probability level)

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.29252/jcb.9.24.79]

غلظت رنگدانه‌ها

تجزیه واریانس رنگدانه‌ها نشان داد که فقط اثر تنش شوری در سطح احتمال پنج درصد برای کلروفیل *a*، کلروفیل *b*، کلروفیل کل، کارتنوئید و آنتوسیانین دارای اختلاف معنی‌دار است (جدول ۱). مقایسه میانگین سطوح مختلف شوری نشان داد که غلظت کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کلروفیل کل در تیمار شاهد بطور معنی‌دار بیشتر از دو سطح دیگر شوری است (جدول ۳). نتایج حاصل حاکی از آن است که میزان فتوسنتز در هیبریدهای ذرت تحت تنش شوری بطور معنی‌دار کاهش یافت (جدول ۳). میزان غلظت کارتنوئید و آنتوسیانین تحت سطوح مختلف شوری مورد مطالعه پاسخ متفاوتی نشان دادند، طوریکه میزان غلظت دو رنگدانه مذکور در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار سدیم کلراید بیشتر از تیمار شاهد بود ولی دارای اثر معنی‌دار نبود و کمترین مقدار معنی‌داری غلظت کارتنوئید و آنتوسیانین در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار سدیم کلراید مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین میزان رنگدانه‌های هیبرید ذرت در سه سطح تنش شوری

Table 3. Mean comparison of s pigment content in maize hybrids under three levels of salt stress

رنگدانه	سدیم کلراید (میلی‌مولار)		
(µmol/g FW)	صفر	۱۰۰	۲۰۰
کلروفیل *a*	۰/۰۲۱۱^{a}	۰/۰۱۴۳^{b}	۰/۰۰۹۳^{c}
کلروفیل *b*	۰/۰۰۱۹^{a}	۰/۰۰۰۹^{b}	۰/۰۰۰۵^{c}
کلروفیل کل	۰/۰۲۳۱^{a}	۰/۰۱۵۲^{b}	۰/۰۰۹۷^{c}
کارتنوئید	۰/۰۰۰۹^{a}	۰/۰۰۱۰^{a}	۰/۰۰۰۵^{b}
آنتوسیانین	۰/۰۱۲۰^{a}	۰/۰۱۲۵^{a}	۰/۰۱۰۹^{b}

اختلاف بین اعداد هر ردیف که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند معنی‌دار نمی‌باشند.

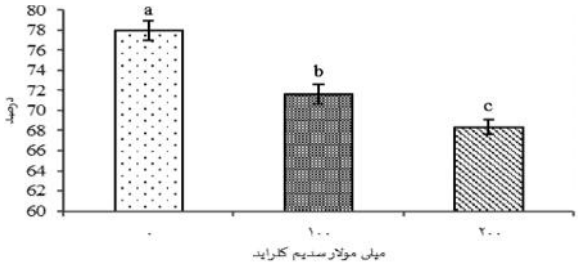
کلروفیل در واحد سطح برگ در شرایط شور بیشتر از غیر شور است، یعنی برگ‌ها باریک‌تر، سلول‌ها کوچک‌تر و تراکم کلروپلاست بیشتر می‌شود، ولی فتوسنتز در واحد بوته به‌دلیل سطح برگ کمتر کاهش می‌یابد (۲۸). السید (۱۷) بیان کرد که تنش شوری ۲۰۰ میلی‌مولار سدیم کلراید غلظت کلروفیل و کارتنوئید را بطور معنی‌دار کاهش می‌دهد. محرم‌نژاد و همکاران (۲۰) با بررسی تنش اسمزی در مرحله گیاهچه‌ای در لاین‌های ذرت اظهار کردند که با افزایش تنش اسمزی میزان کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کلروفیل کل کاهش ولی غلظت کارتنوئید و آنتوسیانین افزایش می‌یابد. مطالعه تاثیر تنش شوری روی میزان غلظت کلروفیل و کارتنوئید نشان داد که شوری باعث کاهش معنی‌دار میزان غلظت کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کلروفیل کل می‌شود ولی میزان غلظت کارتنوئید تحت تنش شوری افزایش یافت (۱۸). کلروفیل تحت شرایط تنش شوری از نشانه‌های وجود تنش اکسیداتیو است که ممکن است باعث اکسیداسیون نوری رنگدانه و تخریب کلروفیل شود (۲۲،۱۵). کاهش و یا عدم تغییر در سطح کلروفیل در طی تنش اکسیداتیو در بیشتر گونه‌ها گزارش شده است که وابسته به‌مدت و شدت تنش است (۱۳). افزایش گونه‌های اکسیژن فعال تحت تنش شوری از طریق ایجاد واکنش‌های پیوسته رادیکالی سبب اکسید شدن چربی‌ها، تغییر ساختمان پروتئین‌ها، غیرفعال شدن آنزیم‌ها، بی‌رنگ شدن کلروفیل و تخریب اسیدهای نوکلئیک می‌شوند (۴). کارتنوئیدها به‌عنوان اجزای اصلی کلروپلاست شناخته می‌شوند که در خاموش کردن اکسیژن منفرد دخالت دارد (۱۵،۱۳). این قابلیت خاموش نمودن کارتنوئیدها ناشی از بازوی زنجیره‌های ایزوپرونیک با تعداد زیادی پیوند دوگانه با دی‌الکترون‌های تغییر مکان یافته، امکان دریافت آسان انرژی از مولکول‌های تهییج شده و اتلاف انرژی مازاد به شکل گرما را فراهم می‌آورد (۲۴).

محتوای نسبی آب برگ (RWC)

اختلاف بین هیبریدها و اثرمتقابل هیبرید × تنش شوری برای میزان RWC غیر معنی‌دار بود. با این وجود، اثر تنش شوری در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). این نتایج نشان می‌دهد که میزان RWC در برگ ذرت تحت تاثیر تنش شوری قرار گرفته است. مقایسه میانگین‌های سطوح مختلف شوری نشان می‌دهد که با بالا رفتن غلظت سدیم کلراید در محیط ریشه میزان RWC در برگ کاهش می‌یابد. میزان RWC برگ گیاهان تحت تنش ۱۰۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد به‌طور میانگین ۹٪ کاهش یافت در حالی که این کاهش در تنش ۲۰۰ میلی‌مولار تقریبا ۱۳٪ بود (شکل ۲). میزان و تعادل آب سلول و گیاه به‌وسیله از بین رفتن آب در فرآیند تعرق و جذب از خاک تعیین می‌شود (۳). گیاهان تنش دیده با منفی کردن هرچه بیشتر پتانسیل اسمزی در شیره سلولی برگ باعث تنظیم اسمزی می‌شوند (۱۵). کاهش میزان RWC در اثر تنش شوری از جمله برنج (۲۳)، لوبیا (۲۱) و ذرت (۱۷،۱۱،۲) گزارش شده است که با نتایج حاضر مطابقت دارد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.29252/jcb.9.24.79]



شکل ۲- میانگین RWC برگ گیاهچه‌های ذرت در سطوح مختلف تنش شوری (میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند)

Figure 2. Mean of RWC in maize seedling leafs under different salinity levels (Means with the same letters in each figure have not significant difference at 5% probability level).

عناصر سدیم و پتاسیم

تجزیه واریانس مقدار سدیم و پتاسیم نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف شوری و هیبریدها در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. این نتایج نشان داد که هیبریدها دارای تنوع بوده و میزان تجمع سدیم در آن‌ها در اثر تنش شوری یکسان نیست. اثر متقابل هیبرید × تنش شوری برای مقدار سدیم تجمع یافته غیر معنی‌دار شد (جدول ۱). در بین هیبریدها سینگل کراس ۷۰۴ کمترین و سینگل کراس ۶۴۰ بیشترین مقدار سدیم و پتاسیم را داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های سطوح مختلف شوری نشان‌داد که با بالا رفتن غلظت سدیم کلراید در محیط ریشه مقدار سدیم در برگ افزایش می‌یابد. بدین ترتیب مقدار سدیم برگ در تنش ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد به ترتیب ۱/۲۵ و ۱/۶۹ برابر افزایش داشت. همچنین مقدار اسمولیت معدنی در سلول‌های گیاه در تنش ۱۰۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد به‌طور میانگین ۱/۱۱ برابر افزایش یافت در حالی که این افزایش در تنش ۲۰۰ میلی‌مولار تقریبا ۱/۱۹ برابر بود (شکل ۳). رابطه بین شوری و قابلیت جذب عناصر غذایی مورد نیاز برای رشد پیچیده بوده و بستگی به گونه گیاهی، غلظت و نوع نمک و میزان عناصر غذایی موجود در محیط ریشه دارد. مطالعات فیزیولوژیک نشان داده است که تنش شوری اثرات سویی بر رشد گیاهان دارد. این امر به سبب تغییر در نسبت عناصر غذایی، تنش اسمزی و سمیت برخی از یون‌های خاص می‌باشد (۴). به احتمال زیاد اولین دلیل برای کاهش رشد در شرایط تنش شوری، میزان کم کلسیم در بخش‌های مختلف گیاه می‌باشد (۱۳). به‌عقیده موناس و همکاران (۲۳) سدیم بجای تجمع در برگ‌های بالایی و جوان‌تر، ترجیحا در برگ‌های پایینی و پیرتر تجمع می‌یابد. همچنین آسیب اختصاصی ناشی از سدیم با تجمع سدیم در بافت برگ همراه بوده و ماحصل آن نکروزه شدن برگ‌های پیر می‌باشد، که ابتدا از نوک و حاشیه‌ها شروع شده و در صورت تشدید آن به سمیت مرکز برگ گسترش می‌یابد. همچنین نحوه دفع نمک در گلوفیت‌ها با ایجاد محدودیت در جذب و یا انتقال کلر و سدیم از ریشه به قسمت‌های بالایی گیاه مرتبط می‌باشد. در شرایط تنش شوری گیاهانی که توانایی بالایی در جذب پتاسیم دارند نه تنها تنظیم اسمزی موفق‌تری دارند، بلکه توانایی بیشتری در کاهش سمیت یون سدیم نیز نشان می‌دهند (۳). نورن و اشراف (۲۴) بیان داشتند که گیاهان متحمل به شوری دارای مقدار بیشتری از عنصر پتاسیم و تجمع کمتری از سدیم در بافت‌های خود هستند. فاروق و همکاران (۱۲) با مطالعه اثر شوری بر شاخص‌های جوانه‌زنی و میزان جذب عناصر در ذرت شیرین اظهار کردند که با افزایش شوری میزان جذب سدیم افزایش می‌یابد.

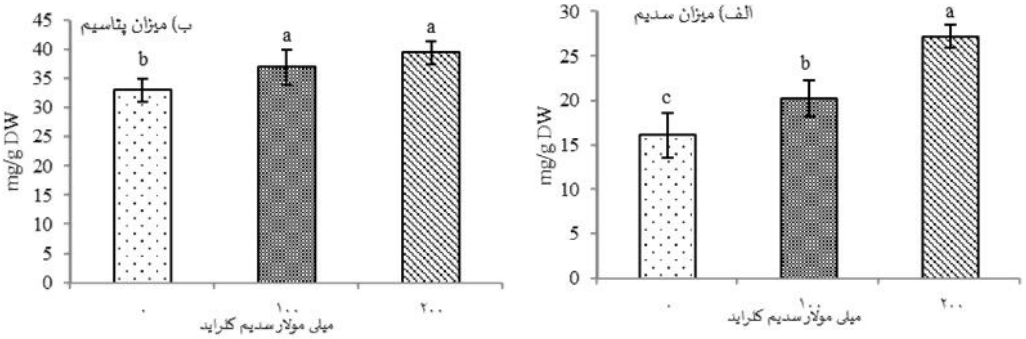
مقدار گلایسین بتائین و پرولین

اثر تنش شوری برای میزان اسمولیت‌های آلی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار و اثر هیبرید غیر معنی‌دار بود. اختلاف بین اثر متقابل هیبرید × تنش شوری معنی‌دار نبود (جدول ۱). این نتایج نشان می‌دهد که میزان اسمولیت‌های آلی در برگ‌های ذرت تحت تاثیر تنش شوری قرار می‌گیرد. مقایسه مختلف اسمولیت‌های آلی در سطوح مختلف تنش شوری نشان داد که مقدار پرولین با بیشتر شدن غلظت نمک در محیط کشت افزایش می‌یابد به‌طوری‌که مقدار آن در تنش ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار به ترتیب ۱/۶۹ و ۲/۲۳ برابر بیشتر از شاهد بود. همچنین مقدار گلایسین بتائین در سلول‌های گیاه در تنش ۱۰۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد ۱/۱۵ برابر افزایش یافت ولی این افزایش معنی‌دار نبود. با این وجود، افزایش این اسیدآمینه در تنش ۲۰۰ میلی‌مولار نسبت به دو سطح مختلف شوری معنی‌دار بود که مقدار این افزایش نسبت به شاهد ۱/۵۴ برابر مشاهده شد (شکل ۴). مطالعات فیزیولوژیکی و ژنتیکی نشان می‌دهد که مقدار اسمولیت آلی (گلایسین بتائین و پرولین) تجمع یافته در گیاه بر اثر تنش شوری ارتباط مستقیمی با میزان تحمل به نمک در گیاه دارد. در گونه‌های متحمل میزان تجمع این ماده بیشتر و در گونه‌های حساس میزان آن کم یا وجود ندارد (۵). گلایسین بتائین به مقدار زیادی در کلروپلاست وجود دارد، در جایی که می‌تواند نقش مهمی در حفاظت غشای تیلاکوئیدی ایفا نماید که در نهایت باعث حفظ کارایی فتوسنتز می‌شود (۴). امروزه اثر حفاظت‌کنندگی اسمولیت‌های آلی (گلایسین بتائین و پرولین) در گیاهان عالی در برابر تنش شوری–اسمزی مشخص شده‌است. این ترکیبات آلی علاوه‌بر تنظیم اسمزی با پایدار نگه‌داشتن فعالیت واحدهای زیادی مانند استنتاج اکسیژن فتوسیستم II، غشاها، ساختمان چهارم پروتئین‌ها و آنزیم روبیسکو می‌تواند اثرات تنش‌ها را کاهش دهد (۲۸،۱۳،۵). الیو و همکاران (۳) با بررسی اثر تنش اسمزی بر میزان اسمولیت‌های آلی در گیاهچه‌های ذرت گزارش کردند که با افزایش میزان تنش اسمزی مقدار گلایسین بتائین و

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

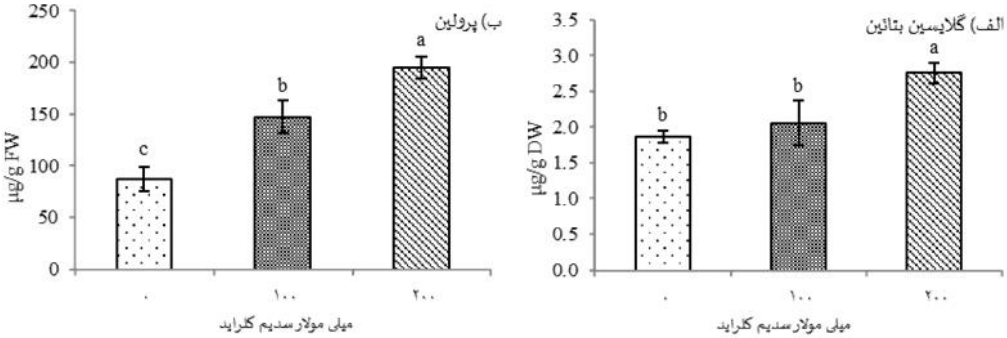
[DOI: 10.29252/jcb.9.24.79]

پرولین در گیاهچه‌های ذرت نسبت به شاهد افزایش می‌یابد. افزایش این اسمولیت‌های آلی نوعی پاسخ به تنش اسمزی است که از طرف گیاه به کاهش پتانسیل آب در محیط ریشه است. در این زمان پرولین با کم کردن پتانسیل اسمزی سلول‌های ریشه شرایط لازم برای جذب آب و عناصر غذایی را فراهم می‌کند.



شکل ۳- میانگین میزان سدیم و پتاسیم برگ گیاهچه‌های ذرت در سطوح مختلف تنش شوری (میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند)

Figure 3. Mean of Na and K contents in maize seedling leafs under different salinity levels (Means with the same letters in each figure have not significant difference at 5% probability level)



شکل ۴- میانگین میزان گلایسین بتائین و پرولین برگ گیاهچه‌های ذرت در سطوح مختلف تنش شوری (میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند)

Figure 4. Mean of glycine betaine and proline contents in maize seedling leafs under different salinity levels (Means with the same letters in each figure have not significant difference at 5% probability level)

تنش شوری باعث کاهش وزن خشک گیاهچه، طول گیاهچه، غلظت کلروفیل (*a* و *b*) و میزان RWC هیبریدهای ذرت مورد مطالعه شد ولی غلظت کارتنوئید و آنتوسیانین، مقدار جذب سدیم و پتاسیم و اسمولیت‌های آلی (گلایسین بتائین و پرولین) افزایش یافت. از بین هیبریدهای مورد مطالعه سینگل کراس ۷۰۴ و سینگل کراس Simon در مرحله گیاهچه‌ای تا حدودی به شوری متحمل بودند. براساس نتایج حاصله می‌توان از طریق صفاتی نظیر RWC، رنگدانه‌های کارتنوئید و آنتوسیانین و خصوصا اسمولیت‌های آلی (گلایسین بتائین و پرولین) در شناسایی ارقام متحمل به شوری بهره‌مند شد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.29252/jcb.9.24.79]

منابع

1. Ahmadi, K., H. Gholoxadeh, H. Abaszadeh, R. Hosseionpour, F. Hatami, B. Fazli, A. Kazemiyan and M. Rafiye. 2014. Agriculture Statistics. Ministry of Agriculture Press, 169 pp (In Persian).
2. Ali, Q. and M. Ashraf. Exogenously applied glycinebetaine enhances seed and seed oil quality of maize (*Zea mays* L.) under water deficit conditions. Environmental and Experimental Botany, 71: 249-259.
3. Aliu, S., I. Rusinovci, S. Fetahu, B. Gashi, E. Simeonovska and L. Rozman. 2015. The effect of salt stress on the germination of maize (*Zea mays* L.) seeds and photosynthetic pigments. Acta agriculturae Slovenica, 105: 85-94.
4. Ashraf, M. 2009. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. Biotechnology Advance, 27: 84-93.
5. Ashraf, M. and M.R. Foolad. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany, 59: 206-216.
6. Ashraf, M. and R. Humera. 2001. Inducing salt tolerance in maize (*Zea mays* L.) through seed priming with chloride salts: Growth and ion transport at early growth stages. Acta Physiologiae Plantarum, 23: 407-414.
7. Askary, M., A.A. Maghsoudi Moud and V.R. Saffari. 2013. Investigation of some physiological characteristics and grain yield of corn (*Zea mays* L.) hybrids under salinity stress. Journal of Crop Production and Processing, 3: 93-104.
8. Bates, L.S., R.P. Waldren and I.D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant Soil, 39: 205-207.
9. Cechin, I., N. Corniani, T.F. Fumis and A.C. Cataneo. 2010. Differential responses between mature and young leaves of sunflower plants to oxidative stress caused by water deficit. Ciencia Rural, 40: 1290-1294.
10. Chen, J., W. Xu, J. Velten, Z. Xin and J. Stou. 2012. Characterization of maize inbred lines for drought and heat tolerance. Journal of Soil Water Conservation, 67: 354-364.
11. El Sayed, H.E.S.A. 2011. Influence of salinity stress on growth parameters, photosynthetic activity and cytological studies of Zea mays, L. plant using hydrogel polymer. Agriculture Biological Journal, 2: 907-920.
12. Farooq, M., T. Aziz, S.M.A. Basra, M.A. Cheema and H. Rehman. 2008. Chilling tolerance in hybrid maize induced by seed priming with salicylic acid. Blackwell Journal of Agronomy and Crop Science, 194: 161-168.
13. Gaber, M.A. 2010. Antioxidative defense under salt stress. Plant Signaling and Behavior, 5: 369-374.
14. Giancarla, V., E. Madosa, S. Ciulca, R. Coradini, C. Iuliana, M. Mihaela and A. Lazar. 2013. Influence of water stress and salt stress on the chlorophyll content in barley. Journal of Horticulture and Forestry Biotechnology, 17: 223-228.
15. Gill, S.S. and N. Tuteja. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry, 48: 909-930.
16. Grieve, C.M. and S.R. Grattan. 1983. Rapid assay for determination of water soluble quaternary ammonium compounds. Plant Soil, 70: 303-307.
17. Jiang, C., Q. Cui, K. Feng, D. Xu, C. Li and Q. Zheng. 2016. Melatonin improves antioxidant capacity and ion homeostasis and enhances salt tolerance in maize seedlings. Acta Physiologiae Plantarum, 82: 1-9.
18. Kaymakanova, M., N. Stoeva and T. Mincheva. 2008. Drought stress and its effect on physiological response of sunflower. Central Europe Agriculture, 9: 749-756.
19. Merah, O. 2014. Potential importance of water status traits for durum wheat improvement under water deficit stress. Journal of Agricultural Science, 137: 139-145.
20. Moharramnejad, S., O. Sofalian, M. Valizadeh, A. Asgari and M.R. Shiri. 2015. Proline, glycine betaine, total phenolics and pigment contents in response to osmotic stress in maize seedlings. Journal of Bioscience and Biotechnology, 4: 313-319.
21. Moharramnejad, S. and M. Valizadeh. 2015. Variation of pigment content and antioxidant enzyme activities in pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings under salt stress. Journal of Crop Ecophysiology, 9: 153-166 (In Persain).
22. Mozafar, A. and J.R. Goodin. 1986**.** Salt tolerance of two different drought-tolerant wheat genotypes during germination and early seedling growth. Plant and Soil Science, 96: 303-316.
23. Munns, R., R.A. James and A. Lauchli. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Environmental and Experimental Botany, 57: 1025-1043.
24. Noreen, Z. and M. Ashraf. 2009. Assessment of variation in antioxidative defense system in salt-treated pea (*Pisum sativum*) cultivars and its putative use as salinity tolerance markers. Journal of Plant Physiology, 166: 1764-1774.
25. Nasrolah alhossini, M., A. Rahmani and S. Khavari Khorasani. 2013. Investigating seed germination indices and absorption rate of sodium, chloride, calcium and potassium in different parts of sweet corn KSC 403 (*Zea Mays* L var. Saccharata) seedlings under salinity stress and seed priming. Journal of Crop Ecophysiology, 7: 357-372 (In Persain).
26. Tambussi, E.A., S. Nogues and J.L. Araus. 2005. Ear of durum wheat under water stress: Water relations and photosynthetic metabolism. Planta, 221: 446-458.
27. Yaryura, P., G. Cordon, M. Leon, N. Kerber, N. Pucheu, N. Rubio, G. Garc and G. Lagorio. 2009. Effect of phosphorus deficiency on reflectance and chlorophyll fluorescence of cotyledons of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Journal of Agronomy and Crop Science, 195: 186-196.
28. Zlatev, Z. and F.C. Lidon. 2012. An overview on drought induced changes in plant growth, water relations and photosynthesis. Emirates Journal of Food and Agriculture, 24: 57-72.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.29252/jcb.9.24.79]

Study of Salinity Tolerance in Four Maize (*Zea Mays* L.) Hybrids at Seedling Stage

Behnam Omrani[1] and Sajjad Moharramnejad[2]

1- Academic member, Department of Agriculture, Payame Noor University (PNU), Tehran
2- Young Researchers and Elite Club, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz,
(Corresponding author: sm.chakherlo@yahoo.com)
Received: August 30, 2016 Accepted: February 7, 2017

Abstract

Salinity stress is one of the most important abiotic stresses that effects on many agronomic, nutritional, physiological and biochemical processes of crops. A factorial experiment based on completely randomize design with four replications under laboratory conditions with four maize hybrids (SC640, SC704, SC740 and SC Simon) and three levels of salt stress (0, 100 and 200 mM NaCl) was carry out in seedling stage. Dry weight and plant height of maize seedlings significantly decreased under salinity stress, so SC 704 and SC-Simon showed significantly smaller reduction than SC640 and SC740 under salinity stress. Salt stress was declined chlorophyll *a*, chlorophyll *b* and total chlorophyll compared with control. Anthocyanin and carotenoid were different responses to salinity stress. Relative water content (RWC) was decreased under salinity stress, but between maize hybrids were not differed significantly from this water relation attribute. K^+ increased in all maize hybrid seedlings, accumulation of K^+ dependent to Na^+ influx. In other words, the hybrids that accurate high Na^+ was have more K^+ content. Glycine betaine and proline contents were enhanced under salt stress. SC 704 and SC Simon were tolerant to salinity.

Keywords: Glycine betaine, Maize, Prline, Pigment contents, Salt stress

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.29252/jcb.9.24.79]