دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

واکنش برخی صفات فیزیولوژیکی ارقام ذرت به تنش شوری

اعظم شکیب آیلار[۱]، سلیم فرزانه[۱]، سجاد محرم‌نژاد[۲]، رئوف سید شریفی[۱] و محمد حسن‌زاده[۳]

۱- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مغان، ایران، (نویسنده مسوول: sm.chakherlo@yahoo.com)
۳- گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۴/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۲۷
صفحه: ۱۷۳ تا ۱۸۰

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: تنش شوری یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که بسیاری از فرآیندهای رشدی، تغذیه‌ای، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی پاسخ وزن‌تر گیاهچه، مواد اسمولیتی، غلظت رنگدانه‌های کلروفیل، میزان رطوبت نسبی برگ (RWC) و مقدار سدیم و پتاسیم در ارقام ذرت، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان در سال ۱۳۹۹ اجرا شد. فاکتور اول سه سطح شوری شامل صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید و فاکتور دوم شش رقم ذرت شامل SC647، TWC647، SC704، SC705، SC706 و SC715 بودند.

یافته‌ها: نتایج حاصل نشان داد که با افزایش سطوح مختلف شوری وزن‌تر گیاهچه‌ها، RWC و غلظت رنگدانه‌های کلروفیل به‌طور معنی‌دار کاهش یافت و با افزایش سطوح مختلف شوری غلظت پرولین، گلایسین بتائین و مقدار سدیم و پتاسیم افزایش معنی‌داری نشان داد. بین ارقام مختلف ذرت از نظر صفات وزن‌تر گیاهچه‌ها، مواد اسمولیتی، غلظت رنگدانه‌های کلروفیل، RWC و مقدار سدیم و پتاسیم اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. تنش شوری ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید نسبت به شرایط عادی به‌ترتیب حدود ۱۰ و ۱۸ درصد سبب کاهش وزن تر گیاهچه‌های ذرت شد. نسبت به شرایط عادی همبستگی بین صفات نشان داد که بین وزن تر گیاهچه و نسبت سدیم به پتاسیم (Na^+/K^+) ارتباط مثبت و معنی‌دار وجود داشت همچین بین مواد اسمولیتی، مقدار رنگدانه‌های کلروفیل و غلظت سدیم و پتاسیم ارتباط مثبت و معنی‌دار مشاهده شد. رقم تری وی کراس TWC647 با بیشترین وزن تر، غلظت پتاسیم و مواد اسمولیتی متحمل به تنش شوری شناسایی شد.

نتیجه‌گیری: براساس نتایج حاصل، ارقام متحمل به تنش شوری از طریق افزایش میزان مواد اسمولیتی و تنظیم تعادل بین یون‌های سدیم و پتاسیم می‌توانند تنش شوری القاء شده در گیاه ذرت را تحمل کنند.

واژه‌های کلیدی: پرولین، تنش اسمزی، فتوسنتز، گلایسین بتائین، وزن‌تر

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.)، گیاهی از خانواده غلات با دوره رشد نسبتاً کوتاه و عملکرد مناسب است که در سطح جهانی از نظر میزان سطح کشت پس از گندم در رتبه دوم قرار دارد (۶). به‌طور کلی تنش‌های غیر زیستی حدود ۷۱ درصد از عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهند که در این میان اُفت عملکرد در اثر دمای بالا ۱۵ درصد، دمای پایین ۴۰ درصد، تنش خشکی ۱۷ درصد و تنش شوری ۲۰ درصد برآورد شده‌است (۷،۱). یکی از مهمترین تنش‌های غیرزیستی، تنش شوری است که اثرهای مخرب روی محصولات کشاورزی دارد و پیش بینی شده‌است که افزایش شوری زمین‌های مزروعی تا سال ۲۰۵۰، باعث می‌شود تا ۵۰ درصد از زمین‌های کشاورزی بدون استفاده شوند (۱).

شوری باعث بروز تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متعددی در گیاهان می‌شود (۴). عمده‌ترین اثر تنش شوری بر گیاهان، جلوگیری از رشد می‌باشد که ممکن است به دلیل 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 (۸). بنابراین انتخاب و شناسایی خصوصیات گیاهان متحمل به تنش شوری برای افزایش تولید گیاهان زراعی در مناطق شور بسیار حائز اهمیت می‌باشد (۱). وجود یون‌های Na^+ و Cl^- به‌صورت محلول در خاک شور، علاوه‌بر بروز سَمیّت در گیاه، با سایر عناصر غذایی برای جذب توسط گیاه رقابت کرده و موجب کاهش عملکرد محصول می‌گردند (۱۳). مقدار یون‌های Na^+، K^+ و نسبت بین آن‌ها می‌تواند به‌عنوان شاخص تحمل بـه شوری مـورد اسـتفاده قرار گیرد، به‌طوریکه ارقام متحمل به شوری میزان K^+ بالاتری در مقایسه با Na^+ در سلول‌های خود دارند (۷). رشد ریشه‌ها تحت شرایط شور بستگی به حفظ نسبت بین Na^+/K^+ و جذب انتخابی یون‌ها در ناحیه توسعه ریشه‌ها دارد و به نظر می‌رسد که تجمع Na^+ در ناحیه رشد برگ‌ها نمی‌تواند باعث ایجاد مسمومیت یونی و ممانعت از رشد برگ شود (۱۳). محتوای نسبی آب برگ (RWC) یک صفت فیزیولوژیکی است که بارها به‌عنوان معیار گزینش برای تحمل به تنش اسمزی پیشنهاد شده‌است (۵). ارقام متحمل با داشتن RWC بالا توانایی بیشتری برای جذب آب از خاک و جبران تعرق انجام گرفته از سطح گیاه را دارند (۴). میزان و تعادل آب سلول و گیاه به‌وسیله از بین رفتن آب در فرآیند تعرق و جذب از خاک تعیین می‌شود (۹). یکی از شاخص‌های تحمل شوری در گیاهان محتوای کلروفیل برگ می‌باشد (۵،۴). شواهد زیادی نشان می‌دهد که شوری باعث تغییر در شاخص‌های فتوسنتزی از جمله میزان کلروفیل و کارتنوئیدها می‌گردد (۷). کارتنوئیدها به‌عنوان اجزای اصلی کلروپلاست شناخته می‌شوند و نقش بسیار مهمی در متابولیسم گیاه برای تحمل تنش اکسیداتیو دارند (۱۳). مطالعات بیوشیمیایی نشان داده که در گیاهان تحت تنش شوری تعدادی از ترکیبات آلی

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-26]
[DOI: 10.52547/jcb.13.40.173]

(محلول‌های سازگار کننده) تجمع می‌یابند از این ترکیبات می‌توان به انواعی از کربوهیدرات‌های محلول و ترکیبات نیتروژنه (پرولین و گلایسین بتائین) اشاره کرد (۱۲،۳،۱). گلایسین بتائین به‌طور عمده در کلروپلاست‌ها جای دارد و نقش‌های حیاتی در ایجاد سازگاری در کلروپلاست، حمایت از غشاءهای تیلاکوئیدی و در نتیجه حفظ کارایی فتوسنتز و یکپارچگی غشاء پلاسمایی ایفا می‌کند (۱۲). پرولین به‌ویژه به‌دلیل ویژگی‌های ساختار یونی دوقطبی و آب دوستی بالای خود به‌عنوان یک ترکیب سازگار عمل می‌کند (۱۳). تجمع مواد محلول فعال اسمزی مانند کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه آزاد طی تنش شوری، به‌عنوان سازوکار موثر در تحمل به شوری تایید شده‌است (۱۱). سازگاری گونه‌های گیاهی به مقادیر بالای نمک خاک که منجر به منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی محلول خاک می‌شود، با تولید و تجمع این ترکیبات در گیاهان همراه می‌شود (۱). تنش شوری به‌طور معنی‌دارسبب کاهش بیوماس، RWC و غلظت رنگدانه‌های کلروفیل در گیاه ذرت شد (۱،۲،۸،۱۵). گزاش متعددی مبنی بر افزایش میزان غلظت سدیم در گیاه ذرت تحت تنش شوری شده‌است (۳،۱۴). افزایش میزان پرولین و گلایسین بتائین در گیاه ذرت یک واکنش در برابر تنش شوری است که سبب کاهش اثرات مضر ناشی از تنش شوری می‌شود (۱،۷،۱۵). هدف از انجام پژوهش بررسی نحوه پاسخ هیبریدهای ذرت به تنش شوری با استفاده از صفات بیوشیمایی و فیزیولوژیکی در مرحله گیاهچه‌ای جهت ناسایی هیبرید برتر بود.

مواد و روش‌ها

بذور هیبریدهای ذرت تهیه شده از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل ابتدا با محلول سه درصد هیپوکلریت سدیم به‌مدت دو دقیقه ضد عفونی و پنج روز پس از جوانه‌زنی، گیاهچه‌ها به پلاستیک‌های خاص حاوی پرلیت منتقل شدند. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار طی سال ۱۳۹۹ در گلخانه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان اجرا شد. فاکتور اول شش هیبرید ذرت (جدول ۱) و فاکتور دوم سه سطح شوری سدیم کلرید (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) بود. بعد ازجوانه زدن نمونه‌های گیاهی، تنش شوری به‌مدت دو هفته تا مرحله سه برگی گیاهچه‌های ذرت توسط محلول نیم هوگلند، وزن‌تر گیاهچه‌های هیبرید ذرت با ترازو حساس مورد سنجش قرار گرفت.

میزان سدیم و پتاسیم: بعد از نمونه‌برداری از برگ‌های جوان گیاهچه‌های ذرت برای سنجش میزان سدیم و پتاسیم، نمونه‌ها در داخل پاکت‌های مجزا قرار گرفته و در آون تحت دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد سپس 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 آن محلول مورد نظر از کاغذ صافی عبور داده و میزان غلظت سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد (۳).

جدول ۱- شجره هیبریدهای ذرت مورد مطالعه

Table 1. The maize hybrid pedigrees

شماره	رقم	شجره
۱	TWC647	SC647×MO17
۲	SC647	B73×K1264/1
۳	SC704	B73×MO17
۴	SC705	K3640/3×MO17
۵	SC706	K3547/5×MO17
۶	SC715	K47/2-2-1-2-2-1-1-1×K18

محتوای نسبی آب برگ (RWC): ابتدا از هر برگ چهار دیسک برگی به قطر یک سانتی‌متر بوسیله استوانه لبه تیز تهیه و سریعاً وزن‌تر آن‌ها اندازه‌گیری شدند. سپس نمونه‌ها به‌مدت چهار ساعت در آب مقطر دو بار تقطیر با دمای پنج درجه سلسیوس و نور اندک غوطه‌ور شده و پس از گرفتن آب روی آن‌ها با کاغذ صافی، وزن شدند (وزن تورم کامل). سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۰ درجه سلسیوس قرار داده شده و وزن شدند.

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

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

میزان گلایسین بتائین: ۱۲۵ میلی‌گرم از ماده خشک گیاهچه‌های ذرت را 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 نیم میلی‌لیتر در تیوب‌ها ریخته و در آب یخ به‌مدت یک ساعت سرد گردید. سپس مقدار ۰/۲ میلی‌لیتر یدید پتاسیم- ید سرد به محلول‌ها اضافه و محلول به آرامی ورتکس شد. سپس نمونه‌ها در دمای چهار سانتی‌گراد به‌مدت ۱۶ ساعت قرار داده شدند. بعد از سپری شدن این مدت، نمونه‌ها با دور ۱۰۰۰۰ و به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای صفر درجه سانتی‌گراد سانتریفوژ و محلول رو شناورها دور ریخته و کریستال پریداید را در ۹ میلی‌لیتر دی‌کلرواتان حل گردید. بعد از دو ساعت، میزان جذب در طول موج ۳۶۵ نانومتر با نمونه شاهد توسط اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (۱۵).

میزان پرولین: نیم گرم از برگ گیاهچه‌های ذرت در ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک سه درصد در هاون چینی ساییده و محلول حاصل توسط کاغذ صافی واتمن شماره دو صاف شد و از آن برای سنجش پرولین با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر استفاده گردید (۱۵).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-26]

[DOI: 10.52547/jcb.13.40.173]

غلظت رنگدانه‌ها: ۲۰۰ میلی‌گرم از برگ‌های تازه گیاهچه‌های ذرت برای اندازه‌گیری غلظت کلروفیل *a*، کلروفیل *b*، کلروفیل کل و کارتنوئید براساس روش یاریورا و همکاران (۱۷) مورد استفاده قرار گرفت.

تجزیه آماری: قبل از تجزیه واریانس داده‌ها آزمون نرمال بودن داده‌ها به‌روش تست کولموگروف- اسمیرنوف انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد و تجزیه همبستگی با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌های وزن تر گیاهچه‌های ارقام ذرت نشان داد که اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بین سطوح مختلف شوری و ارقام ذرت وجود داشت (جدول ۲). افزایش سطوح مختلف شوری به‌طور معنی‌دار باعث کاهش وزن تر گیاهچه‌های ذرت شد. این میزان کاهش برای شوری ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار نسبت به بدون تنش شوری به‌ترتیب ۱۰/۲ و ۱۷/۹ درصد بود. براساس مقایسه میانگین وزن تر ارقام ذرت، تری وی کراس TWC647 با ۱۹/۲ گرم بیشترین و سینگل کراس SC647 با ۳/۸ گرم کمترین وزن تر را داشتند (جدول ۳).

پژوهش‌های متعددی جهت بررسی تأثیر تنش شوری روی ارقام مختلف ذرت انجام گرفته است، این گزارش‌ها حاکی از کاهش معنی‌دار بیوماس گیاهچه‌های ذرت تحت تنش شوری است به‌طوریکه این میزان کاهش بین ۱۰ تا ۲۸ درصد بوده است (۵،۶). دلیل اصلی کاهش وزن و رشد گیاه تحت تنش شوری به دلیل اختلال در فرایندهای تولید انرژی مانند فتوسنتز و تنفس می‌باشد. کاهش جذب آب در ریشه و نبود تعادل بین جذب آب و تعرق از دیگر عوامل کاهش رشد در اثر تنش شوری به شمار می‌آیند که سبب کاهش پتانسل آب در آوند چوبی و کاهش شیب پتانسیل آب بین سلول‌های درحال توسعه و منبع آب می‌شود (۹).

نتایج حاصل از تجزیه داده‌های غلظت Na^+، K^+ و Na^+/K^+ نشان داد که بین سطوح مختلف شوری و ارقام ذرت در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. همچنین اثر برهمکنش رقم × شوری برای غلظت Na^+، K^+ و Na^+/K^+ معنی‌دار بود (جدول ۲). تنش شوری به‌طور معنی‌داری باعث افزایش میزان غلظت Na^+ و K^+ در هیبریدهای ذرت مورد مطالعه شد. مقایسه میانگین اثر برهمکنش رقم × شوری نشان داد که بیشترین غلظت Na^+ و K^+ به‌ترتیب با ۱۲/۴ و ۸/۲ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک مربوط به سینگل کراس SC715 در سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید و کمترین غلظت Na^+ و K^+ به‌ترتیب با ۸/۲ و ۶/۸ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک مربوط به سینگل کراس SC704 و تری وی کراس TWC647 بود (شکل ۱).

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس وزن تر، مواد اسمولیتی،RWC، رنگدانه‌های کلروفیل، غلظت سدیم و پتاسیم در گیاهچه‌های ارقام ذرت تحت تنش شوری

Table 1. Analysis of variance of fresh weight, osmolytes'accumulation, pigment contents, Na^+ and K^+ in maize cultivar seedlings under salinity stress

منابع تغییر	درجات آزادی	میانگین مربعات									
		وزن تر	Na^+	K^+	Na^+/K^+	RWC	پرولین	گلایسین بتائین	کلروفیل *a*	کلروفیل *b*	کلروفیل کل (*a*+*b*)	کارتنوئید
رقم	۵	۳۰۹/۵**	۴/۳**	۰/۷**	۰/۱**	۲۵۳/۲**	۲۴/۳**	۷/۹**	۱/۵**	۰/۴**	۳/۴**	۰/۱**
شوری	۲	۴/۶**	۳۰۵/۹**	۷۷/۰**	۲/۶**	۶۹۹/۰**	۱۵۲/۹**	۳۵/۴**	۲۰/۰**	۴/۷**	۴۴/۸**	۲/۰**
رقم× شوری	۱۰	۰/۰۵^{ns}	۱/۷**	۰/۶**	۰/۱*	۲/۴۸**	۱/۷^{ns}	۳/۹^{ns}	۱/۱**	۳/۲**	۵/۰**	۱/۱**
خطا	۳۶	۰/۵۲	۰/۱۴	۰/۱۸	۰/۰۱	۰/۵۹	۰/۳۳	۰/۲۷	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
ضریب تغییرات (٪)		۷/۳	۵/۲	۷/۲	۸/۱	۱۰/۹	۱/۲	۳/۴	۴/۹	۴/۱	۶/۴	۴/۹

^{ns} و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی دار در سطح احتمال یک درصد

Na^+: سدیم، K^+: پتاسیم، Na^+/K^+: نسبت سدیم به پتاسیم و RWC: محتوای نسبی آب

جدول ۲- میانگین وزن تر، غلظت گلایسین بتائین و پرولین در ارقام مختلف ذرت

Table 2. Mean of fresh weight, and glycine betaine and proline contents in the different maize cultivars

رقم ذرت	وزن تر (g)	گلایسین بتائین (µg/g DW)	پرولین (µg/g FW)
SC647	۴/۹۵^{d}	۱۶/۴۴^{d}	۱۱/۱۳^{b}
TWC647	۱۹/۲۳^{a}	۱۹/۷۵^{a}	۱۲/۰۰^{a}
SC704	۱۱/۹۳^{b}	۱۵/۶۲^{e}	۹/۴۷^{e}
SC705	۳/۸۵^{e}	۱۵/۱۴^{e}	۱۰/۲۷^{c}
SC706	۵/۰۴^{d}	۱۷/۱۸^{b}	۱۰/۸۴^{b}
SC715	۸/۹۱^{c}	۱۶/۴۴^{c}	۹/۷۶^{d}

حروف متفاوت در هر ستون نشانگر اختلاف معنی‌دار بین ارقام ذرت می‌باشد. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد بود.

نعمت‌پور و همکاران (۱۴) با ارزیابی اثر شوری روی خصوصیات فیزیولوژیکی و رشد دو رقم ذرت بیان داشتند که تنش شوری به‌طور معنی‌داری باعث افزایش میزان غلظت Na^+ در گیاه ذرت شد. اکرم و همکاران (۳) اظهار کردند 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

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-26]
[DOI: 10.52547/jcb.13.40.173]

شد. تجمع سدیم و کلر در گیاه سبب افزایش فشار اسمزی شده و گیاه از این طریق می‌تواند با کاهش پتانسیل اسمزی محیط ریشه مقابله نماید. از آنجا که عنصر پتاسیم یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاه است، با افزایش شوری و یون سدیم در محیط از جذب یون پتاسیم ممانعت به‌عمل آمده و به‌دنبال آن گیاه را با کمبود این عنصر ضروری مواجه می‌سازد. دریک محیط شور که غلظت سدیم زیاد است، گیاهان مقادیر زیادی از یون سدیم را به جای یون‌های پتاسیم و کلسیم جذب می‌کنند که این امر به کمبود عناصر پتاسیم و کلسیم در گیاه منجر می‌شود و در نهایت کاهش رشد را به دنبال دارد (۱). 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 (۱۳،۱۲).

با توجه به جدول ۲ بین ارقام ذرت، سطوح مختلف شوری و برهکمنش رقم × شوری در سطح احتمال یک درصد برای میزان RWC اختلاف معنی‌دار وجود داشت. تنش شوری موجب کاهش معنی‌دار میزان RWC در ارقام ذرت مورد مطالعه شد. مقایسه میانگین برهمکنش رقم × شوری نشان دادکه بیشترین و کمترین میزان RWC در سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید به‌ترتیب با ۳۶/۲ و ۲۸/۳ درصد مربوط به تری وی کراس TWC647 و سینگل کراس SC715 بود (شکل ۱).

کاهش محتوای نسبی آب برگ یک پاسخ عمومی به شرایط تنش اسمزی می‌باشد. محتوای آبی برگ‌ها به‌عنوان فاکتوری برای تعیین سطح آب گیاه شناخته شده‌است که منعکس کننده فعالیت‌های متابولیکی در بافت‌هاست. کاهش در RWC برگ نشانگر یک کاهش تورگر می‌باشد که سبب کاهش آب مورد نیاز برای فرایندهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی از قبیل طویل شدن سلولی، باز شدن روزنه‌ها و فرایندهای وابسته به فتوسنتز است .کاهش در RWC برگ می‌تواند به‌علت کاهش دسترسی به آب در شرایط تنش باشد، یا اینکه سیستم‌های ریشه‌ای به‌دلیل کاهش سطح جذب، قادر به جبران آب از دسترفته توسط تعرق نباشند (۵،۱۶). عمرانی و محرم‌نژاد (۱۵) با مطالعه چهار هیبرید ذرت تحت تنش شوری عنوان کردند که شوری به‌طور معنی‌دار باعث کاهش میزان RWC می‌شود و هیبریدهای مقاوم دارای RWC نسبتاً بالای برخوردار بودند که با نتایج این پژوهش همسویی نشان می‌دهد.

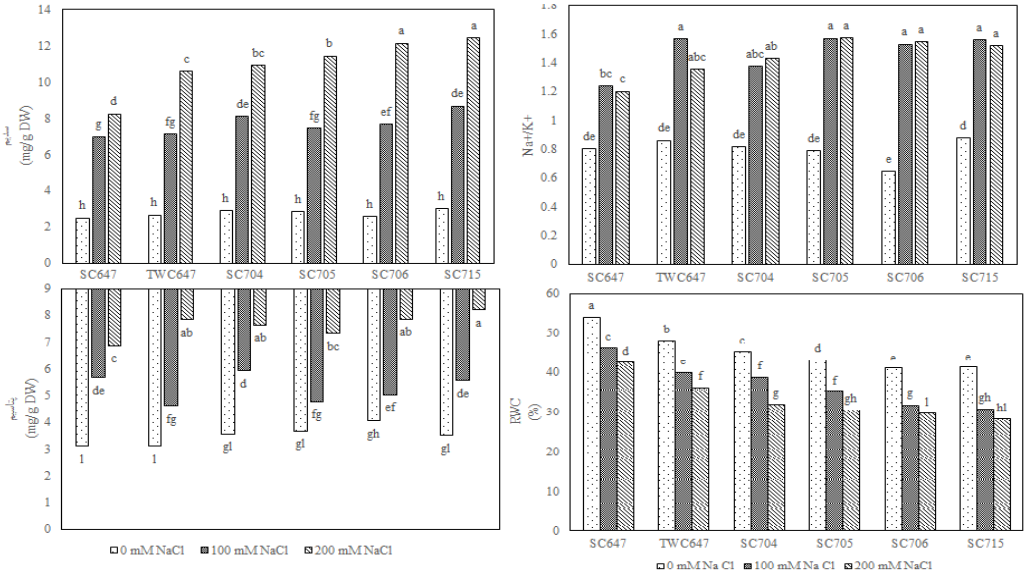
تجزیه واریانس داده‌های میزان پرولین و گلایسین بتائین نشان داد که بین ارقام ذرت و سطوح مختلف تنش در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۲). میزان غلظت گلایسین بتائین برای صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی مولار سدیم کلرید به‌ترتیب ۹/۰۱، ۱۱/۰۳ و ۱۱/۷۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک برآورد شد. همچنین میزان غلظت پرولین برای صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی مولار سدیم کلرید به‌ترتیب ۱۳/۶۲، ۱۷/۱۲ و ۱۹/۴۱ میکروگرم بر گرم وزن تر بود. تنش شوری باعث افزایش میزان مواد اسمولیتی در هیبریدهای ذرت شد که احتمالاً پاسخی برای کاهش اثرات مضر ناشی از تنش شوری است. مقایسه میانگین بین هیبریدهای ذرت نشان داد که رقم تری وی کراس TWC647 دارای بیشترین میزان گلایسین بتائین و پرولین بود (جدول ۳).

بیشترین مقدار مطالعات فیزیولوژیکی و ژنتیکی نشان می‌دهد که مقدار اسمولیت آلی از قبیل گلایسین بتائین و پرولین تجمع یافته در گیاه بر اثر تنش شوری ارتباط مستقیمی با میزان تحمل به نمک در گیاه دارد در ارقام متحمل به شوری میزان تجمع این ماده بیشتر و در ارقام حساس میزان آن کم می‌باشد (۱۵). الیو و همکاران (۲) با بررسی اثر تنش اسمزی بر میزان اسمولیت‌های آلی در گیاهچه‌های ذرت گزارش کردند که با افزایش میزان تنش اسمزی مقدار گلایسین بتائین و 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. عمرانی و محرم‌نژاد (۱۵) اظهار کردند که تنش شوری باعث افزایش غلظت مواد اسمولیتی از قبیل پرولین و گلایسین بتائین در گیاهچه‌های ذرت می‌شود که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت.

براساس تجزیه واریانس داده‌های غلظت رنگدانه‌های کلروفیلی، اثر رقم، شوری و برهمکنش رقم × شوری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). تنش شوری موجب کاهش غلظت کلروفیل a، کلروفیل b، کل کلروفیل ($a+b$) و کارتنوئید در هیبریدهای ذرت شد. مقایسه میانگین برهمکنش رقم × شوری، سینگل کراس SC715 در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید کمترین غلظت رنگدانه‌های را داشت (جدول ۴).

کاهش معنی‌دار کلروفیل کل برگ‌ها همراه با افزایش شوری، سبب ناتوانی برگ‌ها در انجام فتوسنتز و تشدید آسیب‌های ناشی از تنش می‌شود (۸). تونا و همکاران (۱۶) نیز کاهش غلظت رنگدانه‌های کلروفیلی در گیاهچه‌های ذرت تحت تنش شوری را گزارش کردند. تنش شوری منجر به افزایش غلظت تنظیم کننده‌های رشد چون اسید آبسیزیک و اتیلن می‌شود که تحریک کننده آنزیم کلروفیلاز هستند و بدین ترتیب کلروفیل‌ها، تحت تأثیر این آنزیم تجزیه می‌شوند (۸،۷). کاهش غلظت کلروفیل در تنش شوری همچنین می‌تواند به دلیل سست شدن اتصال کلروفیل با پروتئین‌های کلروپلاستی در اثر افزایش غلظت یون‌های سمی سدیم و کلر، تحت تنش شوری باشد (۱،۱۲،۷). نعمت‌پور و همکاران (۱۴) بیان داشتند که تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار غلظت کلروفیل a، کلروفیل b، کل کلروفیل ($a+b$) و کارتنوئید در گیاهچه‌های ذرت می‌شود که با نتایج این پژوهش همسویی نشان می‌دهد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-26]
[DOI: 10.52547/jcb.13.40.173]



شکل ۱- میانگین رطوبت نسبی برگ (RWC)، غلظت سدیم، غلظت پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم در ارقام ذرت تحت تنش شوری (حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد)

Figure 1. Mean of RWC, Na^+, K^+ and Na^+/K^+ in maize cultivars udder salinity stress (Various letters indicate significant differences $p<0.05$)

جدول ۳- میانگین رنگدانه کلروفیل ارقام ذرت در سطوح مختلف تنش شوری

Table 3. Means of pigment contents in maize cultivars under different salinity stress

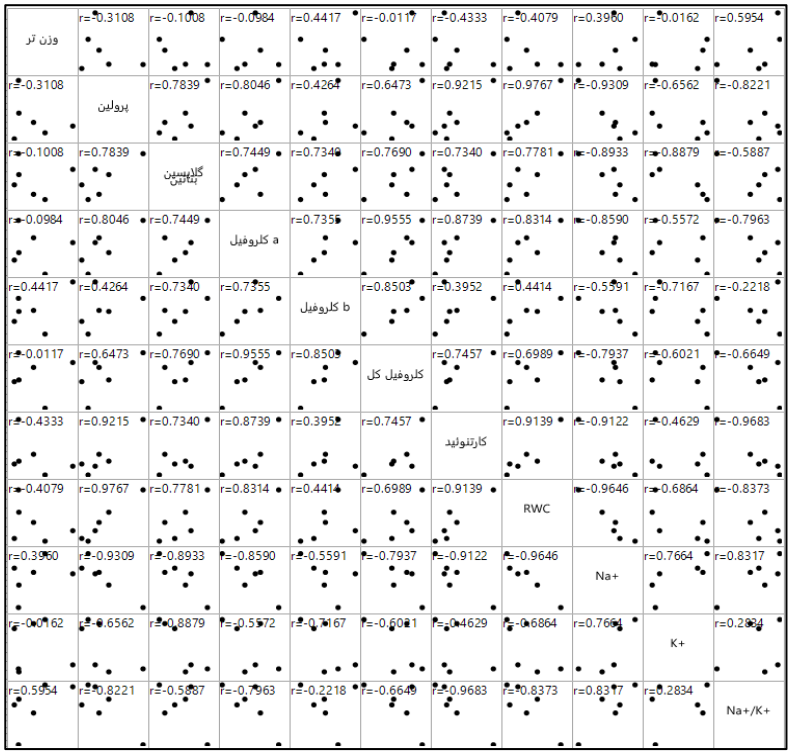
شوری (میلی مولار سدیم کلرید)	رقم	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل $(a+b)$	کارتنوئید
		(µmol/g FW)			
صفر	SC647	۰/۵۵^{a}	۰/۲۷^{b}	۰/۸۲^{a}	۰/۱۷^{a}
	TWC647	۰/۴۶^{b}	۰/۲۳^{c}	۰/۶۹^{c}	۰/۱۳^{b}
	SC704	۰/۴۵^{bc}	۰/۳۳^{a}	۰/۷۹^{ab}	۰/۱۳^{b}
	SC705	۰/۴۴^{bc}	۰/۳۳^{a}	۰/۷۶^{ab}	۰/۱۳^{b}
	SC706	۰/۴۳^{c}	۰/۲۳^{c}	۰/۷۴^{bc}	۰/۱۳^{b}
	SC715	۰/۳۹^{d}	۰/۲۱^{cd}	۰/۵۵^{de}	۰/۱۲^{c}
۱۰۰	SC647	۰/۳۵^{e}	۰/۲۳^{c}	۰/۵۹^{d}	۰/۰۹^{d}
	TWC647	۰/۲۸^{f}	۰/۲۳^{c}	۰/۵۱^{ef}	۰/۰۸^{d}
	SC704	۰/۳۴^{e}	۰/۲۱^{cd}	۰/۵۶^{de}	۰/۰۹^{d}
	SC705	۰/۳۴^{e}	۰/۲۳^{c}	۰/۵۶^{de}	۰/۰۸^{d}
	SC706	۰/۲۸^{f}	۰/۱۹^{cde}	۰/۴۸^{fg}	۰/۰۹^{d}
	SC715	۰/۲۳^{gh}	۰/۲۰^{cde}	۰/۴۳^{gh}	۰/۰۹^{d}
۲۰۰	SC647	۰/۲۹^{f}	۰/۱۷^{de}	۰/۴۷^{fg}	۰/۰۷^{e}
	TWC647	۰/۲۴^{g}	۰/۱۷^{de}	۰/۴۲^{gh}	۰/۰۷^{e}
	SC704	۰/۲۸^{f}	۰/۱۱^{f}	۰/۳۹^{h}	۰/۰۷^{e}
	SC705	۰/۲۷^{f}	۰/۱۸^{de}	۰/۴۶^{fg}	۰/۰۷^{e}
	SC706	۰/۲۱^{h}	۰/۱۷^{de}	۰/۳۹^{h}	۰/۰۷^{e}
	SC715	۰/۲۲^{h}	۰/۱۶^{e}	۰/۳۸^{h}	۰/۰۶^{f}

حروف متفاوت در هر ستون نشانگر اختلاف معنی‌دار بین ارقام ذرت می‌باشد. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد بود.

تجزیه همبستگی بین وزن تر گیاهچه‌های ذرت با صفات بیوشیمیایی و RWC نشان داد (شکل ۲) که وزن تر فقط با Na^+/K^+ در سطح احتمال پنج درصد ارتباط مثبت معنی‌دار وجود داشت. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین مواد اسمولیتی با غلظت رنگدانه‌ها، میزان Na^+ و K^+ و RWC وجود داشت. همچنین همبستگی بین RWC با میزان Na^+ و K^+ و با غلظت رنگدانه‌های کلروفیل معنی‌دار بود. ارتباط بین صفات رشدی با صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نشان‌دهنده

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-26]
[DOI: 10.52547/jcb.13.40.173]

همکاری پیچیده در جهت کاهش اثرات منفی تنش شوری در گیاه ذرت می‌باشد. که گیاه ذرت از طریق فعال کردن یکسری سازوکار در جهت پاسخ به تنش شوری می‌باشد، مطالعات متعدی مبنی ارتباط بین بیوماس و صفات بیوشیمیایی از قبیل مواد اسمولیتی، RWC، رنگدانه‌های کلروفیل و غلظت Na^+ و K^+ در ذرت (۱۵) و یونجه (۱۷) تحت تنش شوری شده‌است.



شکل ۲- همبستگی وزن تر با گلایسین بتائین، پرولین، رنگدانه کلروفیل، رطوبت نسبی برگ (RWC) و غلظت سدیم (Na^+) و پتاسیم (K^+) در ارقام ذرت

Figure 2. Correlation between fresh weight with glycine betaine, proline, pigment contents, RWC and sodium and potassium levels in different maize cultivars

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تنش شوری به‌طور معنی‌دار باعث کاهش وزن تر، غلظت رنگدانه‌های کلروفیل و RWC شد. تنش شوری موجب افزایش مقدار مواد اسمولیتی (گلایسین بتائین و پرولین) و غلظت Na^+ و K^+ در گیاهچه‌های ارقام مختلف ذرت شد. افزایش مواد اسمولیتی و غلظت Na^+ و K^+ یک سازوکار مهم در جهت پاسخ به تنش شوری در گیاه ذرت بود که به موجب آن باعث کاهش اثرات ناشی از تنش شوری در گیاهچه‌های ذرت شد. همبستگی بین صفات مورد ارزیابی نشان داد که وزن تر گیاهچه با Na^+/K^+ ارتباط مثبت معنی‌دار دارد. براساس این نتیجه چنین به‌نظر می‌رسد که تنظیم سازوکار سدیم و پتاسیم در گیاه ذرت از طریق حفظ تعادل بین سلولی می‌تواند اثرات ناشی از تنش شوری را کاهش دهد. در ارقام ذرت مورد مطالعه رقم تری وی کراس TWC647 و سینگل کراس SC407 جزء ارقام متحمل به تنش شوری و سینگل کراس SC647 و سینگل کراس SC715 جزء ارقام حساس به شوری شناسایی شدند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-26]

[DOI: 10.52547/jcb.13.40.173]

منابع

1. Ashraf. M. 2009. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. Biotechnology Advance, 27: 84-93.
2. 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.
3. Akram, M., A. Malik, Y. Asfraf, F. Saleem and M. Hussain. 2007. Competitive seedling growth and K^+/Na^+ ration different maize (*Zea mays* L.) hybrids under salinity stress. Pakistan Journal of Botany, 39(7): 2553-2563.
4. Carpici, E.B., N. Celik, G. Bayram and B.B Asik. 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.
5. Chaum, S. and C. Kirdmanee. 2010. Salt tolerance screening in six maize (*Zea mays* L.) genotypes using multivariate cluster analysis. Philippine Agricultural Scientis, 93: 156-164.
6. FAO, 2019. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize.
7. 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(12): 909-930.
8. Jiang, C., C. Zu, D. Lu, Q. Zhu, J. Shen, H. Wang and D. Li. 2017. Effect of exogenous selenium supply on photosynthesis, Na^+ accumulation and antioxidative capacity of maize (*Zea mays* L.) under salinity stress. Scientific Reports, 7: 1-14 (42039).
9. Mansour, M.M.F., K.H.A. Salama, F.Z.M. Ali and A.F. Abou Hadid. 2005. Cell and plant responses to NaCl in *Zea mays* L. cultivars differing in salt tolerance. General and Applied Plant Physiology, 31: 29-41.
10. Menezes-Benavente, L., S.P. Kernodle, M. Margis-Pinheiro and J.G. Scandalios. 2004. Salt-induced antioxidant metabolism defenses in maize (*Zea mays* L.) seedlings. Communications in Free Radical Research, 9: 29-36.
11. Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends in Plant Science, 7: 405-410.
12. Molazem. D. and A. Bashirzadeh. 2017. Investigation of the antioxidant enzymes and proline in varieties of maize (*Zea mays* L.) under salinity stress. Journal of Molecular and Cellular Research, 1: 77-90 (In Persian).
13. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment, 25: 239-250.
14. Nematpour, A., S.A. Kazemeini and M. Edalat. 2015. Effect of salinity on some growth and physiological characteristics of two cultivars of sweet corn (*Zea mays* var. saccharata). Plant Production Technology, 7(2): 153-165 (In Persian).
15. Omrani. B. and S. Moharramnejad. 2018. Study of salinity tolerance in four maize (*Zea mays* L.) hybrids at seedling stage. Journal of Crop Breeding, 9: 79-86 (In Persian).
16. Tuna, A.L., C. Kaya, H. Altunlu and M. Ashraf. 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.
17. 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.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-26]

[DOI: 10.52547/jcb.13.40.173]

Response of Some Physiological Traits in Maize Cultivars to Salinity Stress

Azam Shakib Aylar[1], Salim Farzaneh[1], Sajjad Moharramnejad[2], Raouf Seyed Sharifi[1] and Mohammad Hasanzadeh[3]

1- Department of Genetic and Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2- Crop and Horticultural Science Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Moghan, Iran, (Corresponding author: sm.chakherlo@yahoo.com)
3- Department of Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources-Moghan, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
Received: 11 July, 2021 Accepted: 18 September, 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: Salinity stress is one of the most important abiotic stresses that effects on many agronomic, nutritional, physiological, and biochemical processes of crops.

Materials and Methods: To assess response of fresh weight, osmolytes, pigment contents, RWC, Na^+, and K^+ levels in maize cultivars, a factorial experiment based on completely randomize design with three replications under greenhouse conditions at the Faculty of Agriculture and Natural Resources-Moghan was carried out. The first factors were six maize cultivars as SC647, TWC647, SC704, SC705, SC706 and SC715, and the second factors were three levels of salinity stress as 0, 100 and 200 mM NaCl.

Results: The results indicated that NaCl stress significantly reduced fresh weight, photosynthetic pigment, and RWC, but significantly increased glycine betaine and proline, Na^+, and K^+ contents. There were significant differences between maize cultivars in terms of fresh weight, osmolytes, pigment contents, RWC, Na^+, and K^+ levels. The applied salt stress as 100 and 200 mM NaCl reduced fresh weight about 10 and 18 percent, respectively. Significant correlations were observed between fresh weight and Na^+/K^+ ratio, and also significant correlations were observed between osmolytes, pigment contents, and Na^+, and K^+ levels. TWC647 cultivar with high fresh weight, K^+, glycine betaine, and proline contents was salt-tolerance.

Conclusion: The results indicated that salt-tolerance maize cultivars via increase osmolytes, and regulation between Na^+, and K^+ ions can tolerate salinity stress damage in maize plant.

Keywords: Fresh weight, Glycine betaine, Osmotic stress, Photosynthesis, Proline

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-26]

[DOI: 10.52547/jcb.13.40.173]