فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۱ شماره ۱، صفحات ۶۳ – ۵۵
(بهار ۱۳۹۴)

اثر تنش شوری بر آنزیم‌های آنتی اکسیدان، رنگیزه‌های فتوسنتزی و پرولین در ارقام تجاری ذرت

داور ملازم
گروه کشاورزی
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد آستارا
آستارا، ایران
نشانی الکترونیک ✉:
d.molazem@iau-astara.ac.ir

چکیده به منظور تعیین اثر سطوح مختلف شوری بر صفات فیزیولوژیکی هشت رقم ذرت، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد و صفات غلظت یون سدیم در برگ، کلروفیل a، b، پرولین و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان اندازه‌گیری گردید. رقم K3653/2 در غلظت شوری ۵۰ از بین رفت و از آزمایش حذف گردید که نشانگر حساسیت آن به شوری بود. بین شوری‌ها در کلروفیل a و b، مقدار سدیم برگ، آسکوربات پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز اختلاف معنی‌داری به دست آمد. بیشترین مقدار کلروفیل a در شرایط نرمال در رقم K3615/1 به دست آمد. مقدار سوپراکسید دیسموتاز با افزایش شوری افزایش یافت و بیشترین مقدار این آنزیم در شوری ۱۰۰ میلی‌مول مشاهده شد. در بین رقم‌ها از نظر آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در غلظت ۱۰۰ میلی‌مول نمک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. افزایش غلظت شوری سبب افزایش مقدار پرولین در اکثر ارقام شد. بیشترین مقدار پرولین در ارقام K3545/6، Zaqatala، SC302 و SC704 در ۱۰۰ میلی‌مول نمک به دست آمد. بیشترین آنزیم آسکوربات پراکسیداز در شرایط نرمال در ارقام SC302 و Waxy به دست آمد. بین ارقام از نظر مقدار یون سدیم در شرایط نرمال اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. با توجه به نتایج به دست آمده دو رقم Zaqatala و SC704 مقاومت بیشتری نشان دادند که می‌توان در برنامه‌های اصلاحی از آنها استفاده نمود.

شناسه مقاله:
نوع مقاله: **پژوهشی**
تاریخ پژوهش: **۱۳۸۹**
تاریخ دریافت: **۹۳/۰۵/۱۲**
تاریخ پذیرش: **۹۳/۱۲/۰۱**

واژه‌های کلیدی:
- **آسکوربات پراکسیداز**
- **سوپراکسید دیسموتاز**
- **کاتالاز**
- **کلروفیل a**
- **کلروفیل b**
- **کلرید سدیم**

مقدمه بیش از ۳۰٪ زمین‌های زیر کشت و حدود ۵۰-۳۰٪ زمین‌های فاریاب جهان تحت تأثیر شوری قرار دارند.[۱۹] این خاک‌ها حدوداً یک میلیارد هکتار از سطح زمین را پوشانیده‌اند و ۷۵ میلیون هکتار از آن در جنوب غربی آسیا قرار دارد. با توسعه شوری خاک حدود ۲۰٪ از اراضی کشاورزی تحت آبیاری با شوری شدیدی مواجه می‌باشد.[۳۰] در ایران، هر ساله شش میلیارد متر مکعب از آب‌های شور و لب شور در رودخانه‌ها جریان می‌یابد که با اعمال مدیریت‌های صحیح کشاورزی می‌توان از این آب‌ها برای کشاورزی استفاده کرد. ایران با ۲۷ میلیون هکتار اراضی شور در مقام اول کشورهای این ناحیه قرار دارد و پس از آن هند و پاکستان به ترتیب با ۲۳/۸ و ۱۰/۵ میلیون هکتار مقام دوم و سوم را دارند.[۲۴] بر اساس نظر *فلاورز و همکاران (۱۹۸۶)* در حدود دو میلیون کیلومتر مربع از ۱۵ میلیون کیلومتر مربع زمین‌های زراعی دنیا و در حدود ۳۰ تا ۵۰٪ از زمین‌های آبی متأثر از شوری هستند.[۱۰] پایین‌ترین محدوده شوری که رشد گیاهان را محدود می‌نماید، به طور نسبی در هدایت الکتریکی ۴ دسی‌زیمنس بر متر در عصاره اشباع خاک تعیین شده است. در حقیقت گیاهان حساس در ۲ دسی زیمنس بر متر و گیاهان متحمل در شوری حدود ۸ دسی‌زیمنس بر متر تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرند.

میری و پولجاکف (۱۹۷۰) نشان دادند که قسمت فوقانی گیاه اغلب تحت تأثیر ریشه قرار می‌گیرد. در گیاهانی که محصول آن‌ها اغلب قسمت‌های رویشی است، یا گیاهی مانند ذرت که محصول آن در ارتباط با وزن ماده خشک گیاه می‌باشد، به تناسب کاهش اندازه گیاه، محصول نیز کاهش پیدا می‌کند.[۲۱] در گیاه نخود در شوری ۱۲۰ میلی‌مول نمک طول ریشه در ۴ تا ۵ روز اول افزایش و سپس کاهش پیدا نمود.[۱۲] *سلومون و همکاران (۱۹۸۶)* ضخیم شدن و خم شدن ریشه‌ها و کاهش قطر یقه ریشه‌ها در گیاهچه نخود و کاهش در لوله‌های آوندی را به سبب جلوگیری از فعالیت مریستمی در اثر شوری دانستند.[۳۱] تنش اکسیداتیو توسط دامنه وسیعی از فاکتورهای محیطی از جمله شوری خاک، آلودگی هوا، حمله عوامل بیماری‌زا، فعالیت علف کش‌ها، تشعشعات، اوزون، نوسانات دمایی و کمبود اکسیژن تحریک می‌شود.[۷،۱۷،۲۹] *پاسترناک و همکاران (۱۹۸۵)* رفتار فیزیولوژیکی و عملکرد ذرت را تحت دو تیمار آبیاری، آبیاری با آب شور و آبیاری متناوب با آب شور و شیرین، در چهار سطح شوری (۱/۲، ۴/۵، ۷ و ۱۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر) مطالعه نشان دادند که وقتی شوری آب زیاد باشد (۱۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر) عملکرد ذرت در تیمار آبیاری متناوب (۵/۱۷ تن در هکتار) به مراتب بیشتر از عملکرد ذرت در تیمار با آب شور (۱/۳۱ تن در هکتار) خواهد بود.[۲۵] کاهش میزان کلروفیل بر اثر افزایش تنش شوری در آزمایش‌های *اقبال و همکاران (۲۰۰۶)* گزارش شده است.[۱۴]

مورات و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه رقم ذرت Rx947 در چهار سطح شوری ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مول دریافتند که با افزایش سطح شوری خاک، وزن خشک گیاه به غیر از سطح نرمال و ۲۵ میلی‌مول در بقیه سطوح کاهش معنی‌داری نشان می‌دهد. همچنین با افزایش سطوح شوری غلظت سدیم در ریشه و برگ افزایش معنی‌داری نشان می‌دهد.[۲۲] *لونت و همکاران (۲۰۰۷)* در بررسی اثر اسید جیبرلیک و تنش نمک بر فعالیت برخی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و شاخص‌های رشدی در گیاه ذرت نشان دادند که تنش نمک باعث کاهش وزن خشک، مقدار کلروفیل و مقدار آب نسبی برگ شده ولی باعث افزایش تجمع پرولین[1]، سوپراکسید دیسموتاز[2] و پراکسیداز[3]

[1] proline
[2] Superoxide dismutase
[3] peroxidase

می‌شود.[۱۸] *هافمن و همکاران (۱۹۸۳)* پایداری تحمل ذرت به شوری را در کالیفرنیای امریکا بررسی و گزارش کردند که میانگین شوری محلول خاک در محدوده ریشه در طول فصل رشد تا ۳/۷ دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش عملکرد نشد، ولی به ازای هر واحد افزایش بیشتر شوری عملکرد دانه به میزان ۱۴٪ کاهش یافت. این کاهش ناشی از تراکم بوته و جرم دانه بود.[۱۳]

رامادان (۲۰۱۳) در بررسی مقاومت به شوری گیاه ذرت با استفاده از پیش تیمار با اسید سالیسیلیک نشان داد که با افزایش شوری اکثر صفات کاهش نشان می دهند و با استفاده از اسید سالسیلیک مقاومتی در این صفات دیده می شود و ارزش صفات نسبت به حالت ۱۲۰ میلی‌مول نمک افزایش نشان داد. در این مطالعه صفاتی از جمله ارتفاع گیاه، تعداد برگ در بوته، سطح برگ، وزن خشک گیاه، کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئیدها افزایش معنی‌داری نسبت به شرایط شوری نشان داد.[۲۷] هدف از اجرای این پژوهش تعیین تغییرات صفات فیزیولوژیک و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در غلظت‌های مختلف شوری بود.

مواد و روش‌ها این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل اجرا گردید. آزمون تجزیه خاک انجام گرفت، تا عوامل محدود کننده رشد داخل گلدان به خوبی شناسایی شده و به خصوص در مورد هدایت الکتریکی هیچ‌گونه محدودیت اولیه وجود نداشته باشد (جدول ۱). هشت رقم ذرت شامل K3615/1، SC704، B73، C302. ، Waxy، K3546/6، K3653/2 و Zaqatala 68 با منشاء کشور آذربایجان و شوری صفر (شاهد)، ۵۰ و۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم خالص در سه تکرار به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در گلدان کاشته شده و اعمال شوری بعد از آزمایش خاک و بررسی عوامل محدود کننده رشد، درصد عصاره اشباع آن تعیین شده و از طریق نرم‌افزار Saltcalc ver. 2010 میزان نمک مورد نیاز برای رسیدن به شوری‌ها مورد محاسبه و در تیمارهای مربوطه همزمان با کاشت اعمال شد. برای انجام آزمایش از گلدان‌های پلاستیکی با ابعاد ۳۵ × ۲۵ استفاده شده و به نسبت ۱:۲:۲:۳ به ترتیب با خاک برگ، ماسه بادی، کود دامی پوسیده و خاک زراعی پر شد. برای ممانعت از کاهش غلظت نمک، گلدان‌ها در ظرف دیگری قرار داده شد تا نمک خارج شده دوباره با آبیاری به داخل گلدان برگردانده شود و غلظت نمک در طول آزمایش ثابت بماند. اندازه-گیری کلروفیل a و b، یک هفته قبل از رسیدگی کامل در آزمایشگاه بر اساس متد *اشرف و همکاران (۱۹۹۴)* و *آرنون (۱۹۷۵)* بر اساس روابط زیر تعیین شد.[۱،۳]

کلروفیل a در هر گرم وزن‌تر (میلی گرم) = ۰/۵ × [(جذب در ۶۴۵) ×۲/۶۹ – (جذب در ۶۶۳) × ۱۲/۷]

کلروفیل b در هر گرم وزن‌تر (میلی گرم) = ۰/۵ × [(جذب در ۶۶۳) ×۴/۶۹ – (جذب در ۶۴۵) × ۲۲/۹]

اندازه‌گیری پرولین با استفاده از روش *باتس (۱۹۷۳)* انجام شد.[۶] برای استخراج و اندازه‌گیری آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، بافت برگ

جدول ۱) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

Table 1) Physical and chemical characteristics of studies soil

PWP (%)	FC (%)	Silt (%)	Sand (%)	Clay (%)	Potassium (ppm)	Phosphorus ppm	N Total (%)	Organic Carbon (%)	neutral solutes (%)	PH	EC (Mmohs/cm)	SP (%)
18	30	36	15	49	453	9.3	0.091	0.86	13.3	7.8	0.52	46

داخل هاون حاوی ازت مایع پودر گردیده و سپس استخراج آنزیمی به روش *سایرام و همکاران (۱۹۹۸)* انجام گردید.[۲۸] فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز[1] به روش *جیانوپولوتیس و رایز (۱۹۷۷)* اندازه‌گیری شد.[۱۱] اندازه‌گیری میزان جذب نوری با اسپکتروفتومتر[2] انجام شد. یک واحد فعالیت آنزیم سوپراکسیداز دیسموتاز به عنوان مقدار آنزیم لازم برای ۵۰٪ ممانعت از احیای فتوشیمیایی نیتروبلوتترازولیوم کلراید[3] در نظر گرفته شد و با روش *آسادا و همکاران (۱۹۷۴)* محاسبه شد.[۲] فعالیت آنزیم کاتالاز به روش *چانس و مهلی (۱۹۵۵)* اندازه‌گیری شد.[۸]

آنزیم آسکوربات پراکسیداز[4] طبق روش *ناکانو و آسادا (۱۹۸۱)* اندازه‌گیری گردید و فعالیت آنزیم‌ها به صورت فعالیت ویژه (میلی‌گرم وزن تازه برگ/ واحد آنزیم) بیان شد.[۲۳] کلیه محاسبات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با استفاده از نرم افزارهای MSTATC و SPSS ver. 18 انجام شد. بعد از نرمال نمودن داده‌ها تجزیه واریانس برای صفات اندازه‌گیری شده به صورت مجزا صورت گرفته و ضریب تغییرات نیز محاسبه شد. در صورت زیاد بودن این ضریب اقدام به تبدیل داده شده و مقایسه میانگین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام گردید.

نتایج و بحث بین شوری‌ها در کلروفیل a و b، مقدار سدیم برگ، آسکوربات پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز اختلاف معنی‌داری به دست آمد. ژنوتیپ‌ها به غیر از صفت کلروفیل b در تمامی صفات اختلافات معنی‌داری نشان دادند. اثرات متقابل شوری در ژنوتیپ برای پرولین معنی‌دار بود (جدول ۲).

در شرایط نرمال بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلروفیل a اختلاف معنی‌داری دیده نشد. بیشترین مقدار کلروفیل a در شرایط بدون تنش در K3615/1 به دست آمد. با افزایش شوری به ۵۰ میلی‌مول ژنوتیپ K3653/2 از بین رفت و حذف گردید. شوری باعث کاهش این صفت شد ولی باز بیشترین مقدار درK3615/1 به دست آمد که با رقم Waxy اختلاف معنی‌داری نشان نداد ولی با سایر ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری داشت. در ۱۰۰ میلی‌مول بیشترین مقدار کلروفیل a درK3615/1 به دست آمد که با ژنوتیپ‌های Waxy، B73، SC302 و K3545/6 اختلاف معنی‌داری نداشت. در شرایط نرمال از نظر صفت کلروفیل b اختلاف معنی‌داری بین رقم‌ها دیده نشد. بیشترین مقدار این صفت در رقم Waxy به دست آمد. با افزایش شوری اختلاف در بین رقم ها دیده شد. در تنش ۱۰۰ میلی‌مول بیشترین مقدار کلروفیل b در Waxy محاسبه شد که با رقم‌های K3615/1، B73 و Zaqatala اختلاف معنی‌داری نداشت. محرابیان مقدم و همکاران (۲۰۱۱) در آزمایشی مبنی بر بررسی سالیسیلیک اسید بر رشد و عملکرد ذرت تحت تنش خشکی نشان دادند که اعمال سالیسیلیک اسید افزایش به طور متوسط ۲۰ درصدی کلروفیل ذرت را در پی داشته است. با افزایش شوری مقدار کلروفیل b کاهش نشان داد ولی این کاهش بین تیمار شاهد و شوری ۵۰ میلی‌مول معنی‌دار نبود. بیشترین و کمترین مقدار کلروفیل b به ترتیب در شوری صفر و ۱۰۰ میلی‌مول با ۰/۱۳۴۹ و ۰/۰۶۹۴۴ میلی‌گرم کلروفیل در هر گرم وزن‌تر برگ به دست آمد.[۲۰] در شرایط نرمال از نظر آنزیم سوپراکسید دیسموتاز اختلاف معنی‌داری بین رقم‌ها دیده نشد ولی بیشترین مقدار این آنزیم در SC302 و K3545/6 به دست آمد. مقدار سوپراکسید دیسموتاز با افزایش شوری افزایش یافت و بیشترین مقدار این آنزیم در شوری ۱۰۰ میلی‌مول مشاهده شد. بیشترین

[1] superoxide dismutase (SOD)
[2] Shimaszu UV-120, Japan
[3] nitrotetrazolium blue chloride
[4] ascorbate peroxidase

جدول ۲) تجزیه واریانس صفات مختلف در ارقام تجاری ذرت در اثر اعمال تنش شوری

Table 2) Analysis of variance for different traits of maize commercial cultivars affected by samilnity stress

Source of variation	df	Mean Square						
		SOD	Proline	APX	CAT	Na+	Chl b	Chl a
Replication	2	3.281 ns	31.179 ns	0.191 ns	5.492 *	0.703 ns	0.001 ns	0.001 ns
Salinity	2	2.328 **	2.56 ns	1.264 **	0.122 ns	1.974 **	0.002 *	0.007 **
Genotype	7	1.559 **	95.916 **	0.591 **	4.988 **	0.937 **	0.0001 ns	0.001 *
Sali*Genotype	14	0.479 ns	70.857 **	0.198 ns	1.436 ns	0.365 ns	0.001 ns	0.001 ns
Error	46	0.485	22.279	0.137	1.572	0.238	0.001	0.001
CV (٪)		11.79	25.20	6.43	20.04	8.14	1.26	0.35

SOD: Superoxide dismutase; APX:Ascorbat peroxidase; CAT:Catalase; Chl a: Chlorophyll a; Chl b:Chlorophyll b

SOD: سوپراکسید دیسموتاز، APX: اسکوربات پراکسیداز، CAT: کاتالاز، Chl a: کلروفیل آ، Chl b: کلروفیل ب

ns، *، ** به ترتیب به مفهوم غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵٪ می‌باشد.

ns, *, ** are insignificant and significant are at the level of 5 and 1%, respectively

مقدار آن به ترتیب در Zaqatala و Waxy مشاهده شد که با همدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند.

مقدار پرولین نیز با افزایش شوری در اکثر رقم ها افزایش پیدا نمود. بیشترین مقدار پرولین در K3545/6 و در تنش ۱۰۰ میلی‌مول نمک به دست آمد که با رقم‌های Zaqatala، SC302 و SC704 اختلاف معنی‌داری نداشت. گزارش‌های متعددی موید تجمع پرولین در اثر تنش‌های شوری و خشکی وجود دارد.[۲۶]

آزوز و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در سه رقم ذرت نشان دادند که در بین شاهد با سطوح شوری، اختلاف معنی‌داری در بین ارقام دیده می‌شود ولی بین سطوح شوری ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ اختلاف معنی داری دیده نشد. غلظت‌های بالای شوری باعث از بین رفتن گیاه شده بود.[۵] مطالعات *کوکا و همکاران (۲۰۰۷)* و *آتار و همکاران (۲۰۰۸)* نشان داد که میزان فعالیت سوپراکسید دیسموتاز در رقم‌های مقاوم به شوری به شدت افزایش می‌یابد.[۴،۱۶] در شرایط نرمال بیشترین مقدار کاتالاز در رقم‌های K3615/1 و Waxy اندازه‌گیری شد که اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند ولی با تمامی رقم‌های دیگر اختلاف معنی‌داری نشان دادند. بیشترین مقدار آنزیم کاتالاز در شرایط ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مول در رقم SC302 اندازه‌گیری شد. بیشترین آنزیم آسکوربات پراکسیداز در شرایط نرمال در رقم SC302 به دست آمد که با رقم Waxy اختلاف معنی‌داری نداشت. در شرایط ۵۰ میلی‌مولSC302 بیشترین مقدار این آنزیم را داشت و با تمامی ارقام اختلاف معنی‌داری نشان داد. در ۱۰۰ میلی‌مول نمک بین رقم‌ها اختلاف معنی‌داری دیده نشد (جدول ۳). *تیونا و همکاران (۲۰۰۸)* در بررسی اثر اسید جیبرلیک و شوری بر آنتی اکسیدان‌ها و پارامترهای رشدی گیاه ذرت نشان دادند که با افزایش غلظت شوری کاهش معنی‌داری در صفات وزن خشک، مقدار کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ دیده شد. این در حالی بود که میزان تجمع پرولین در برگ‌ها، سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز افزایش پیدا نمود. شوری خاک باعث افزایش مقدار سوپراکسید دیسموتاز گردید گرچه اختلاف معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد.[۳۲] *مورات و همکاران (۲۰۱۰)* در مطالعه رقم ذرت Rx47 در چهار سطح شوری ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مول به همراه یک سطح شوری

جدول۳) مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ‌ها و تنش شوری در صفات مورد مطالعه

Table 3) Mean comparison of genotypes and salinity stress n studied traits

Salinity	Genotype	SOD Unit/ming fw	Proline µmol/gfw	APX Unit/ming fw	CAT Unit/ming fw	Na+ g/KgDw	Chl a mg/gfw	Chl b mg/gfw
Control	Zaqatala	6.044 a	298.9 c	7.794 cd	9.963 b	11.27 a	0.4900 a	0.1933 a
	Sc704	3.701 a	378.5 bc	9.464 cd	10.32 b	6.373 a	0.4867 a	0.3100 a
	B73	7.021 a	237.3 c	6.681 d	7.833 b	8.360 a	0.4633 a	0.1833 a
	K3653/2	4.858 a	602.0 a	11.69 bc	2.493 b	9.707 a	0.4533 a	0.2800 a
	Sc302	10.06 a	236.4 c	18.37 a	3.560 b	8.643 a	0.4900 a	0.1667 a
	K3615/1	5.494 a	268.1 c	8.908 cd	43.33 a	6.803 a	0.5933 a	0.3733 a
	K3545/6	9.914 a	482.9 ab	10.35 cd	14.95 b	6.873 a	0.5100 a	0.3800 a
	Waxy	6.801 a	268.5 c	15.59 ab	35.22 a	9.993 a	0.4367 a	0.4167 a
50 mM	Zaqatala	8.971 bcd	574.0 a	7.794 b	21.70 ab	13.86 ab	0.2400 bc	0.3233 abc
	Sc704	4.318 cd	325.1 b	9.464 b	7.750 bc	15.46 a	0.1133 cd	0.5167 a
	B73	14.59 ab	325.6 b	7.238 b	9.480 bc	11.24 ab	0.2233 bc	0.2233 bcd
	K3653/2	0.000 e	0.000 c	0.000 c	0.000 d	0.000 c	0.0100 e	0.0000 e
	Sc302	15.28 ab	471.8 ab	16.42 a	30.07 a	12.50 ab	0.2300 bc	0.3833 ab
	K3615/1	7.384 bcd	304.4 b	7.294 b	20.88 ab	7.540 b	0.5333 a	0.2867 abc
	K3545/6	20.62 a	426.8 ab	6.124 b	5.250 bc	7.797 b	0.2633 bc	0.1867 bcd
	Waxy	10.61 bc	337.1 b	10.60 b	23.48 ab	10.08 ab	0.3933 ab	0.0933 cd
100 mM	Zaqatala	26.45 a	533.1 ab	8.258 a	28.46 a	25.35 a	0.09667 abc	0.1367 ab
	Sc704	8.641 cde	461.7 abc	8.533 a	2.123 c	21.75 ab	0.09000 bc	0.02333 b
	B73	18.59 ab	397.3 bc	6.404 a	24.19 a	15.45 c	0.2367 ab	0.1467 ab
	K3653/2	0.000 f	0.000 d	0.000 c	0.000 d	0.00 d	0.0100 d	0.0000 c
	Sc302	17.20 bc	537.0 ab	6.124 a	29.93 a	13.68 c	0.1700 abc	0.0333 b
	K3615/1	7.971 de	312.6 c	3.898 ab	21.60 ab	17.09 bc	0.2833 a	0.1733 ab
	K3545/6	14.00 bcd	584.4 a	5.011 a	5.650 bc	18.79 bc	0.1633 abc	0.0200 b
	Waxy	26.37 a	375.4 bc	7.794 a	27.52 a	13.03 c	0.2800 a	0.2967 a

SOD: Superoxide dismutase; APX:Ascorbat peroxidase; CAT:Catalase; Chl a: Chlorophyll a; Chl b:Chlorophyll b

SOD: سوپراکسید دیسموتاز، APX: اسکوربات پراکسیداز،CAT: کاتالاز، Chl a: کلروفیل آ، Chl b: کلروفیل ب

حروف غیر مشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است

Dissimilar letters indicate significant difference at the 5% level

شاهد بدون نمک، دریافتند که با افزایش سطح شوری خاک، وزن خشک گیاه به غیر از سطح نرمال و ۲۵ میلی‌مول در بقیه سطوح کاهش معنی‌داری نشان می‌دهد.[۲۲] *چائوم و کیردمن (۲۰۰۹)* در بررسی دو رقم ذرت ساکاراتا و سراتینا در چهار سطح غلظت شوری شامل ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌مول به همراه یک سطح شاهد، نشان داد که بین رقم‌ها در اکثر صفات اختلاف معنی‌داری دیده نشد ولی بین غلظت‌های مختلف نمک در تمامی صفات اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ دیده شد.[۹] بین رقم‌ها از نظر مقدار یون سدیم اندازه‌گیری شده در شرایط نرمال اختلاف معنی‌داری دیده نشد. در شرایط تنش ۱۰۰ میلی‌مول بیشترین مقدار این صفت در Zaqatala و SC704 دیده شد که با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند.

نتیجه گیری کلی

اختلاف بین غلظت‌های مختلف شوری و ژنوتیپ‌ها در اکثر صفات نشانگر اثر محیط بر خصوصیات فیزیولوژیکی و تنوع ژنتیکی بالا بود. به طوری که در شرایط بدون تنش حداقل اختلافات بین ژنوتیپ‌ها دیده شد ولی با شدت یافتن تنش شوری اختلافات بین ژنوتیپ‌ها بیشتر نمایان گردید. ژنوتیپ حساس به شوری از آزمایش حذف گردید

ولی برخی از آنها مقاومت مناسبی نسبت به غلظت‌های بالای شوری نشان دادند. افزایش شوری باعث تجمع یون سدیم در برگ‌های گیاه گردید. ژنوتیپ‌ها با افزایش مقدار پرولین و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از جمله سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز با تنش شوری مقابله نمودند. با توجه به اثرات محیطی توصیه می‌شود آزمایش تکرار گردد و مطالعات روی ژنوتیپ‌های مقاوم در غلظت-های بالاتر صورت پذیرد.

References

1. Arnon DI (1975) copper enzymes in isolated chloroplasts;polyphenol-oxidase in Beta vulgaris.Plant Physiology 24:1-15.
2. Asada K, Takahashi M and Nagate M (1974b) Assay and inhibitors of spinach superoxide dismutase. Agricultural and Biological Chemistry 38: 471-473.
3. Ashraf MY, Azmi AR, Khan AH and Ala SA (1994) Effect of water stress on total phenols, peroxides activity and chlorophyll content in wheat. Acta Physiology Plant 16(3): 1-18.
4. Athar H, Khan A and Ashraf M (2008) Exogenously applied ascorbic acid alleviates salt-induced oxidative stress in wheat. Environmental Experimental Botany 63: 224–231
5. Azooz MM, Ismail AM and Abou Elhamd MF (2009) Growth, Lipid Peroxidation and Antioxidant Enzyme Activities as a Selection Criterion for the Salt Tolerance of Maize Cultivars. International Journal Of Agriculture & Biology 11(1): 21–26.
6. Bates L (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil 39: 205- 207.
7. Bowler C, Van Montagu M and Inze D (1992) Superoxide dismutase and stress tolerance. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 43:83-116
8. Chance B, Maehly C (1955) Assay of catalase and peroxidases. Methods in Enzymology 11: 764–775
9. 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: 87-98.
10. Flowers TJ, Hajibagheri MA and Clipson NJW (1986) Halophytes. Quarterly Review of Biology. 61: 313-337.
11. Giannopolities CN and Ries SK (1977) Superoxide dismutase I. Occurrence in higher plants. Plant Physiology 59: 309–314.
12. Hasson E, Poljakoff Mayber A (1981) Does salinity induce early aging of pea tissue. Oecologia 50:94-97.
13. Hoffman GJ, Mass EV, Prichard TL, Meyer JL (1983) Salt tolerance of corn in the Sacramento-San Joaquin Delta of California. Irrigation Science 4:31-44.
14. Iqbal N, Ashraf M Y, Farrukh J, Vicente M , Kafeel A (2006) Nitrate reduction and nutrient accumulation in wheat (*Triticum aestivum* L.) grown in soil salinization with four different salts. Journal Plant Nutrition, 29: 409-421.
15. karamanos A J , Paoatheohari A Y (1999) Assessment of drought resistance of crop genotypes by means of the water potential index. Crop Science 39:1792-1797.
16. Koca H, Bor M, Özdemir F, Türkan İ (2007) The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. Environmental Experimental Botany 60: 344-351.
17. Lee EH, Bennett JH (1982) Superoxide dismutase. A possible protective enzyme against ozone injury in snap beans (*Phadeolus vulgaris* L.) Plant Physiology 69: 1444-1449
18. Levent T, Kaya C, Dikilitas M, Higgs D (2007) The combined effects of gibberellic acid and salinity on some antioxidant enzyme activities,plant growth parameters and nutritional status in maize plants. Environmental and Experimental Botany 62: 1–9
19. Mac Gregor A W, Bhatty R S (1993) Barley chemistry and technology. American Association of Cereal Chemists, Incorporate: 4-6.
20. Mehrabiyan moghaddam N, Arvin MJ, Khajoee nejad G, Maghsoudi K (2011) Effect of salicylic acid on growth and forage and grain yield of maize under drought stress in field conditions. International Journal of Plant Production 27-2(1): 41-55.
21. Meiri A, Poljackoff Mayber A (1970) Effect of various salinity regimes on growth, leaf expansion and transpiration rate of bean plants. Soil Science 109: 26-34.
22. Murat A, Abdelkarim H A E, Nilgün T, Suleyman T (2010) Effect of salt stress on growth and ion distribution and accumulation in shoot and root of maize plant. African Journal of Agricultural Research 5(7): 584-588.

23. Nakano Y, Asada K (1981) Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. Plant Cell Physiology 22: 867-880.
24. Ozturk M, Ozdemir F, Eser B, Adiyahsi OI, Ilbi H (1995) Studies on the salt-hormune interactions in the germination and seedling growth of some vegetable species. In: Khan, MA, Ungar IA (Eds.). Biology of salt tolerant plants. University of Karachi. Pakistan 59-64.
25. Pasternak DY, Malach DE, Boroyic I (1985) Irrigation with brackish water under desert conditions. Physiological and yield response of maize (*Zea mays*) to continuous irrigation with brackish water and to alternating brackish-fresh-brackish waters irrigation. Agricultural Water Management 10: 47-60.
26. Pyngrope S, Bhoomika K, Dubej RS (2013) Reactive oxygen species, ascorbate–glutathione pool, and enzymes of their metabolism in drought-sensitive and tolerant indica rice (*Oryza sativa* L.) seedlings subjected to progressing levels of water deficit. Protoplasma 250:585–600
27. Ramadan A (2013) Alleviating the adverse effects of NaCl stress in maize seedlings by pretreating seeds with salicylic acid and 24-epibrassinolide. South African Journal of Botany 88:171–177
28. Sairam RK, Deshmukh PS, Saxena DC (1998) Role of antioxidant systems in wheat genotype tolerance to water stress. Biologia Plantarum 41: 387-394
29. Scandalios JG (1993) Oxygen stress and superoxide dismutase. Plant Physiology 101: 7-12
30. Selvakumar G, Kim K, Hu S, Sa T (2014) Effect of salinity on plants and the role of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting rhizobacteria in alleviation of salt stress. In: Parvaiz Ahmad, P., Wani, R.M. (Eds.), Physiological Mechanisms and Adaptation Strategies in Plants Under Changing Environment. Springer, New York, 115-144.
31. Solomon M, Gedulovich E, Mayer AM, Poljakoff Mayber (1986) Changes induced by salinity to the anatomy and morphology of excised pea roots in culture. Annals of Botany 57: 811-818.
32. Tuna A, Levent K, Cengiz D, David M H (2008) The combined effects of gibberellic acid and salinity on some antioxidant enzyme activities, plant growth parameters and nutritional status in maize plants. Environmental & Experimental Botany 62(1): 1-9.

Effect of salt stress on antioxidant enzymes, photosynthetic pigments and proline in commercial varieties of maize (*Zea mays* L.)

Agroecology Journal
Volume 11, Issue 1: 55 - 63
Spring, 2015

Davar Molazem
Department of Agriculture
Astara Branch,
Islamic Azad University,Astara, Iran
Email ✉:
d.molazem@iau-astara.ac.ir

Received: 3 August, 2014 **Accepted:** 20 February 2015

ABSTRACT This study was conducted to determine the effect of different levels of salinity on some physiological traits in eight cultivars of corn in factorial experiment based on randomized complete block design in three replication and several traits of sodium ion (Na^+) concentration in leaf, chlorophyll a, and b, proline and antioxidant enzymes were measured. K3653/2 cultivar was blighted in salinity concentration of 50 mM which showed its sensitivity to salinity and was removed from the study. There was a significant difference between different salinity on chlorophyll a and b, the content of sodium in leaf, ascorbate peroxidase and superoxide dismutase. The highest amount of chlorophyll a was obtained in K3615/1 in normal condition. The amount of superoxide dismutase increased with increasing salinity and the highest amount of this enzyme was observed in salinity concentration of 100 mM. There wasn't any significant difference among cultivars in terms of superoxide dismutase in salinity concentration of 100 mM. The increase of salinity concentration level increased the amount of proline in most cultivars. The highest level of \proline was obtained from K3545/6, Zaqatala, SC302 and SC704 cultivars in salinity concentration of 100 mM. The maximum amount of ascorbate peroxidase enzyme was obtained from SC302 and Waxy cultivars in normal conditions. There wasn't any significant difference among cultivars in terms of Na^+ content in normal condition. Two cultivars of Zaqatala and SC704 showed more resistance to salinity, Therefore they can be used in breeding programs.

Keywords:
- Ascorbate peroxidase
- Catalase
- Chlorophyll a
- Chlorophyll b
- Sodium chloride
- Superoxide dismutase