نشریه پژوهش‌های اکوفیزیولوژی گیاهی ایران، شماره پیاپی ۳۳، سال نهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳ / صفحات: ۳۷-۲۹

بررسی تاثیر تنش شوری بر میزان فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، محتوای سدیم و کلر برگ در هفت ژنوتیپ پنبه (*Gossypium hirsutum* L.)

سیدجلال میرقاسمی[۱]، معصومه شابدین*[۲]، محمدعلی رضائی[۳]، عمران عالیشاه[٤]

[۱] کارشناس‌ارشد، موسسه تحقیقات پنبه کشور، گرگان

[۲] کارشناس‌ارشد، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان، گرگان

[۳] استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان، گرگان

[٤] دانشیار، موسسه تحقیقات پنبه کشور، گرگان

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۳/۳/۳۱

چکیده

به‌منظور بررسی تاثیر سطوح مختلف شوری خاک بر خصوصیات فیزیولوژیک گیاه پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) و مشخص نمودن ژنوتیپ‌های متحمل، آزمایشی در شرایط گلدانی به شکل آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. ژنوتیپ‌های مورد بررسی شامل: Coker×349، Opal، Bol 539، N200، Acala sj2×seland، Sahel، Sepid و شوری (NaCl)، به‌عنوان فاکتور دوم با دو سطح، غیر شور (۰/٦ دسی زیمنس بر متر) و شور (۱٦/۵ دسی‌زیمنس بر متر) بود. نتایج نشان داد اثر شوری برمیزان سدیم، کلر، فعالیت کاتالازو پراکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز برگ معنی‌دار بود. همچنین مطابق با داده‌های بدست آمده با افزایش شوری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در برگ افزایش یافت. با توجه به صفات مورد بررسی به نظر می‌رسد ژنوتیپ‌های Acala sj2 ×Seland و Sepid از مقاومت بیشتری نسبت به شوری برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: پنبه، ژنوتیپ، شوری آنتی اکسیدان، سدیم، کلر

مقدمه

تنش شوری در خاک یا آب یکی از تنش‌های اصلی، به خصوص در نواحی خشک و نیمه خشک بوده و می‌تواند رشد و تولید گیاهان را محدود نماید (Allakhverdiev et al., 2007; Koka et al., 2000). خاک شور، خاکی است که هدایت‌الکتریکی آن بالغ بر ٤ دسی‌زیمنس بر متر معادل ٤۰ میلی‌مول کلرید سدیم باشد. بیشتر محصولات زراعی، شیرین رست هستند و به شوری خاک حتی در شرایطی که شوری کمتر از ٤ دسی‌زیمنس بر متر باشد حساسند، نوع خاک و عوامل محیطی مانند فشار بخار، نور و دما می‌توانند تحمل به شوری در گیاهان را تغییردهند (Ashraf, 1994).

تحقیقات نشان داده است تنش شوری از عوامل مهم کاهش تولید در گیاهان زراعی است (Flowers and Yeo, 1995). شوری به علت کمبود بارندگی و نامناسب بودن آب آبیاری ایجاد می‌شود. در خاک‌های رسی مدیریت نامناسب شوری و تجمع نمک‌های سدیم، باعث شوری خاک می‌گردد. در خاک‌های سدیمی، سدیم به بارهای منفی رس متصل و باعث

*نویسنده مسئول: m_shabdine@yahoo.com

نامناسب شدن خاک، جهت رشد محصولات زراعی می‌شود (Flowers and Yeo, 1995).

از مکانیسم‌های تحمل، ممانعت از تجمع یون‌های سدیم درتنش شوری است. یون‌های اصلی خاک‌های شور مانند سدیم و کلر بر جذب مواد غذایی از طریق اثرات متقابل رقابتی و یا نفوذپذیری یون‌ها در غشاها تأثیر می‌گذارد (Gouia et al., 1994). شوری خاک، اختلالاتی را در سلول‌ها و کل گیاه ایجاد می‌نماید و باعث تجمع کاتیون سمی سدیم و آنیون کلر می‌گردد. تحقیقات نشان داده است مقاومت به نمک شامل گروهی از مکانیسم‌های پیچیده است که به خصوصیات فیزیولوژیک درون سلولی گیاه بستگی دارد. یکی از مکانیسم‌های مقاومت، ممانعت از تجمع یون‌های سدیم در شرایط شور می‌باشد (Wanichan et al., 2003). وجود بیش از حد نمک در محلول خاک فشار اسمزی محلول خاک را افزایش داده و گیاه را در جذب آب با مشکل روبرو می‌کند (Mittova et al., 2002).

مطالعات نشان داده است گیاهان برای مقاومت به شوری، برخی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را فعال می‌نمایند (Noctor et al., 2002). تحقیقات نشان داده است که تنش‌هایی محیطی نظیر خشکی و شوری سبب تنش اکسیداتیو در گیاهان گشته و مقابله با خسارت اکسیداتیو باعث افزایش مقاومت گیاه به شوری می‌شود (Roxas et al., 1997). علاوه بر این تغییر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در شرایط شور دیده شده است (Mittova et al., 2002).

در بیش از ۸۰ کشور، شامل استرالیا، چین، فرانسه، آفریقا، هند، پاکستان آمریکا و ازبکستان، پنبه محصولی مهم است که به منظور تولید الیاف و روغن در سطح وسیعی کشت می‌شود. جنس *Gossypium* مربوط به نواحی گرمسیری و نیمه‌گرمسیری می‌باشد و ٤٥ گونه دارد که از نظر عدد کروموزومی، به دو گروه دیپلوییـد (٢٦ کروموزومی) و تتراپلوییـد (٥٢ کروموزومی) تقسیم می‌شوند (Ritchie et al., 2007).

شناخت مکانیسم‌های بیوشیمیایی و مولکولی گیاه پنبه در برابر تنش‌های محیطی، جهت افزایش محصول در شرایط تنش لازم است. در مورد فیزیولوژی، بیوشیمی، فتوسنتز و متابولیسم پنبه در شرایط تنش، اطلاعات کمی وجود دارد (Meloni et al., 2003; Deridder and Salvucci, 2007). تحقیقات نشان داده است با آنکه پنبه از گیاهان مقاوم به شوری است، ولی ارقام مختلف آن نسبت به شوری خاک، واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهند (Flowers and Yeo, 1989). با توجه به مطالب فوق هدف از این تحقیق بررسی اثر تنش شوری از نظر میزان تحمل ارقام مختلف پنبه و بررسی جنبه‌های فیزیولوژیک نظیر تجمع یون‌های سدیم و کلر و نیز فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق هفت رقم پنبه شامل: Coker×349، Opal، Bol×539، N200، Acala، sj2×Seland، Sahel، Sepid در شرایط شور با هدایت‌الکتریکی ١٦/٥ دسی‌زیمنس بر متروغیرشوربا هدایت‌الکتریکی ٠/٦ دسی‌زیمنس بر متر به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. این مطالعه درسال ١٣٨٧ در دانشگاه آزاداسلامی واحد گرگان انجام گردید.

عصاره اشباع خاک با روش احیائی و بهبهانی‌زاده (١٣٧٢) واسیدیته گل اشباع خاک (pH)، هدایت الکتریکی خاک و درصد اشباع خاک باروش منطقی (١٣٦٥) تعیین شد. اندازه‌گیری یون سدیم و کلرگیاه، با روش منطقی (١٣٦٥)، انجام گردید. فعالیت آنزیم پراکسیداز با روش Weston (1989) فعالیت آنزیم کاتالاز با روش Chance and Maehly (1989) و

فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز با روش Monolangan and Dinabandha (1975) تعیین شد.

مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن و محاسبه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام شدند.

نتایج

اثر شوری بر میزان سدیم: نتایج جدول ۲ نشان داد که در شوری ۱۶/۵ دسی زیمنس بر متر، میانگین سدیم برگ افزایش یافت. مقایسه میانگین سدیم در بین ژنوتیپ‌ها در جدول ٤ نشان داد که بیشترین مقدار سدیم برگ در رقم Acala Sj2×Seland، (۱۲۱/۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) و کمترین آن در رقم Sepid و Bol539 (۱۰۸/۳ و ۱۱۰/۰ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) بود.

بررسی اثر متقابل شوری و رقم بر میزان سدیم در ژنوتیپ‌ها نشان داد که بیشترین مقدار سدیم در ارقام Sahel، Acala Sj2×Seland در شوری ۱۶/۵ دسی زیمنس بر متر ۱۹۲/۲ و ۲۰۰/۸ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ و کمترین مقدار سدیم در تمامی ارقام در شرایط غیر شور، ۰/٦ دسی زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۳).

اثر شوری بر میزان کلر: مطابق جدول ۲ در شوری ۱٦/۵ دسی‌زیمنس بر متر، میزان کلر برگ افزایش یافت (۳/۱۹٤ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ). بررسی میانگین کلر در ژنوتیپ‌های پنبه نشان می‌دهد که بیشترین مقدار کلر در ژنوتیپ‌های Acala Sj2×Seland، Sahel، به‌ترتیب معادل ۲/۳۹۳ و ۲/٤۰۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ و کمترین مقدار آن در ژنوتیپ N200 معادل ۲/۰۹ بود (جدول ٤).

مقایسه میانگین کلر برگ در دو سطح شوری بین ژنوتیپ‌های پنبه نشان داد بیشترین مقادیر کلر در شوری ۱٦/۵ دسی زیمنس بر متر در ژنوتیپ‌های Sahel، Acala Sj2×Seland، Bol539، معادل ۳/۳۰۷، ۳/۳٤۷ و ۳/۳۰۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ و کمترین مقدار آن در ژنوتیپ Sepid در شرایط غیرشور، ۰/٦ دسی‌زیمنس بر متر، ۱/۲۹۳ (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) بود (جدول ۳).

اثر شوری بر فعالیت آنزیم کاتالاز: مطابق با داده‌های حاصل از جدول ۲ فعالیت آنزیم کاتالاز برگ در شرایط غیر شور، ۰/٦ دسی‌زیمنس بر متر، از ۲/٦٦۲ (جذب بر دقیقه برگرم وزن‌تر برگ) به ۲/۷٤۰ (جذب بر دقیقه بر گرم وزن‌تر برگ) در شوری ۱٦/۵ دسی‌زیمنس بر متر به مقدار افزایش یافت.

یافته‌های جدول ٤، نشان می‌دهد که بین هفت ژنوتیپ مورد مطالعه بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز در ژنوتیپ‌های Sepid، Sahel، Acala Sj2×Seland و Bol539 به‌ترتیب ۲/۷۳۷، ۲/۷٤۲، ۲/۷۲۸ و ۲/۷٤۰ (جذب بر دقیقه بر گرم وزن‌تر برگ) و کمترین فعالیت در ژنوتیپ Coker×349، معادل ۲/٦۳۷ (جذب بردقیقه برگرم وزن‌تر برگ) بود.

در بررسی جدول ۳ مشخص شد فعالیت آنزیم کاتالاز در دو سطح شوری در تمامی ژنوتیپ‌ها بالا بوده، به جز ارقام N200 و Coker × 349 که در شرایط غیر شور، ۰/٦ دسی زیمنس بر متر، فعالیت آنزیم کاتالاز در آنها کمتر بود.

اثر شوری بر فعالیت آنزیم پراکسیداز: نتایج جدول ۲ نشان داد که میانگین فعالیت آنزیم پراکسیداز برگ در شوری ۱٦/۵ دسی‌زیمنس بر متر ۰/۷۰۰۵ (جذب بر دقیقه برگرم وزن تر برگ) از فعالیت آن در شوری ۰/٦ دسی‌زیمنس بر متر، ۰/٤٤۳۳ (جذب بر دقیقه برگرم وزن تر برگ) کمتر می‌باشد.

مقایسه میانگین فعالیت این آنزیم در بین ژنوتیپ‌ها نشان داد که بیشترین فعالیت پراکسیداز در ژنوتیپ Opal، معادل ۰/۹۹۳۳ (جذب بر میلی‌گرم وزن‌تر برگ) و کمترین فعالیت در ژنوتیپ Coker × 349

۰/۳۱٦۷ (جذب بر دقیقه برگرم وزن‌تر برگ) بود (جدول ٤).

بررسی میانگین فعالیت آنزیم پراکسیداز در دو سطح شوری بین ژنوتیپ‌ها مشخص نمود بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز در ژنوتیپ Opal و شوری ۱٦/۵ دسی‌زیمنس بر متر برابر ۱/۷۹۳ (جذب بر دقیقه برگرم وزن‌تر برگ) و کمترین فعالیت آنزیم نیز در همین ژنوتیپ در شرایط غیر شور، ۰/٦ دسی زیمنس بر متر، ۰/۱۹۳۳ جذب بر دقیقه برگرم وزن تر برگ تعلق داشت (جدول ۳).

اثر شوری بر فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز: در بررسی داده‌های حاصل از جدول ۲، مشخص گردید میانگین فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز برگ در شوری ۱٦/۵ دسی زیمنس بر متر افزایش یافت. همچنین جدول ٤ نشان می‌دهد که بیشترین فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در ژنوتیپ Sepid، معادل ۰/۸۵٦۷ جذب بردقیقه برگرم وزن تر برگ و کمترین فعالیت آن در ژنوتیپ‌های Coker×349 و Opal، معادل ۰/۵۹۳۳۰ و ۰/۵۹۵۰ جذب بر دقیقه بر گرم وزن‌تر برگ بود. در مقایسه میانگین فعالیت آنزیم پل فنل اکسیداز در دو سطح شوری معلوم گردید که بیشترین فعالیت در ژنوتیپ Acala Sj2×Seland در شوری ۱٦/۵ دسی زیمنس بر متر (۱/۰۷۰ جذب بر دقیقه برگرم وزن‌تر برگ) و کمترین فعالیت در ژنوتیپ Coker×349 در شوری ۱٦/۵ دسی‌زیمنس بر متر (۰/۵٦۳۳ جذب بر دقیقه برگرم وزن تر برگ) و ژنوتیپ Opal در شرایط غیر شور، ۰/٦ دسی‌زیمنس بر متر، (۰/۵۵۰۰ جذب بردقیقه برگرم وزن تر برگ) بود (جدول ۳).

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک هفت رقم پنبه

منابع تغییرات	درجه آزادی df	سدیم (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ)	کلر (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ)	فعالیت کاتالاز (جذب بر دقیقه برگرم وزن تر برگ)	فعالیت پراکسیداز (جذب بر دقیقه برگرم وزن تر برگ)	فعالیت پلی فنل اکسیداز (جذب بر میلی‌گرم وزن‌تر برگ)
تکرار	۲	۹٤/٤۱۸ n.s	۰/۰۰٦ n.s	۰/۰۳۷ **	۰/۰۰۱ n.s	۰/۰۲۸ n.s
فاکتور A شوری	۱	۲۲۱۸۸٤/۷۷۷ **	۳۳/٤٤٦ **	۰/۰٦۳ **	۰/٦۹٤ **	۰/۱۳۷ *
فاکتور B رقم	٦	۱٤۸/۱۳٤ *	۰/۰۸۳ **	۰/۰۱۵ **	۰/۳۰۰ **	۰/۰۷۳ *
اثر متقابل A×B	٦	۱۱۰/۸۲٤ *	۰/۰۱۷ *	۰/۰۱٤ **	۰/۷۳٤ **	۰/۰٦۸
خطا	۲٦	۵۱/۱۲۵	۰/۰۰٦	۰/۰۰٤	۰/۰۰۲	۰/۰۲۵
Cv %		٦/۳۱	۳/۵۰	۲/۲۲	۸/۱۸	۲۲/٤۲
میانگین		۱۱۳/۳۲۵	۲/۳۰۲	۲/۷۰۱	۰/۵۷۲	۰/۷۰۰

n.s: معنی‌دار نیست. * در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. ** در سطح ۱ درصد معنی‌دار است

جدول ۲: مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیک رقم پنبه در سطوح مختلف شوری

منابع تغییرات	درجه آزادی df	سدیم (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ)	کلر (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ)	فعالیت کاتالاز (جذب بردقیقه برگرم وزن تر برگ)	فعالیت پراکسیداز (جذب بردقیقه برگرم وزن تر برگ)	فعالیت پلی فنل اکسیداز (جذب برمیلی گرم وزن تر برگ)
Ec=0.6 دسی زیمنس بر متر	۲	٤۰/٦٤ b	۱/٤۱۰ b	۲/٦٦۲ b	۰/٤٤۳۳ b	۰/٦٤۲٤ b
Ec=16.5 دسی زیمنس بر متر	۱	۱۸٦/۰۰ a	۳/۱۹٤ a	۲/۷٤۰ a	۰/۷۰۰۵ a	۰/۷۵٦۷ a

جدول ۳: اثر متقابل رقم و شوری صفات فیزیولوژیک هفت رقم پنبه

رقم	صفات / شوری	سدیم (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ)	کلر (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ)	فعالیت کاتالاز (جذب بردقیقه برگرم وزن تر برگ)	فعالیت پراکسیداز (جذب بردقیقه برگرم وزن تر برگ)	فعالیت پلی فنل اکسیداز (جذب برمیلی گرم وزن تر برگ)
Coker ×349	Ec 0.6(dsm^{-1})	۴۳/۳۶ ^{c}	۱/۴۸۰ ^{e}	۲/۵۵۷^{b}	۰/۳۵۰۰^{ef}	۰/۶۲۳۳^{bcd}
	Ec 16.5(dsm^{-1})	۱۸۸/۷^{ab}	۳/۲۵۳^{ab}	۲/۷۱۷^{a}	۰/۲۸۳۳^{fg}	۰/۵۶۳۳^{d}
Opal	Ec 0.6(dsm^{-1})	۳۹/۰۳ ^{c}	۱/۴۰۰^{efg}	۲/۶۸۳^{a}	۰/۱۹۳۳ ^{h}	۰/۵۵۰۰^{d}
	Ec 16.5(dsm^{-1})	۱۷۶/۶ ^{b}	۳/۱۶۰ ^{bc}	۲/۷۲۰^{a}	۱/۷۹۳ ^{a}	۰/۶۴۰۰^{bcd}
Bol539	Ec 0.6(dsm^{-1})	۴۱/۶۳^{c}	۱/۴۴۰ ^{ef}	۲/۷۴۳^{a}	۰/۹۵۶۷ ^{b}	۰/۶۶۰۰^{bcd}
	Ec 16.5(dsm^{-1})	۱۷۸/۳^{b}	۳/۳۰۷^{A}	۲/۷۳۷^{a}	۰/۳۵۰۰^{ef}	۰/۵۹۳۳^{cd}
N200	Ec 0.6(dsm^{-1})	۴۱/۶۳^{c}	۱/۳۰۷^{fg}	۲/۴۹۷^{b}	۰/۳۰۶۷^{fg}	۰/۶۱۰۰^{bcd}
	Ec 16.5(dsm^{-1})	۱۸۷/۹^{ab}	۲/۸۸۰^{d}	۲/۷۵۰^{a}	۰/۸۸۳۳^{b}	۰/۹۱۰۰^{ab}
Acala sj2 seland	Ec 0.6(dsm^{-1})	۴۲/۴۹^{c}	۱/۴۴۰^{ef}	۲/۷۳۰^{a}	۰/۲۳۰۰^{gh}	۰/۵۶۶۷^{d}
	Ec 16.5(dsm^{-1})	۲۰۰/۸^{a}	۳/۳۴۷^{a}	۲/۷۲۷^{a}	۰/۵۹۳۳^{c}	۱/۰۷۰^{a}
Sahel	Ec 0.6(dsm^{-1})	۳۷/۳۰^{c}	۱/۵۰۷^{e}	۲/۷۲۷^{a}	۰/۴۳۳۳^{d}	۰/۶۵۳۳^{bcd}
	Ec 16.5(dsm^{-1})	۱۹۲/۲^{a}	۳/۳۰۷^{a}	۲/۷۵۷^{a}	۰/۴۰۶۷^{de}	۰/۶۴۰۰^{bcd}
Sepid	Ec 0.6(dsm^{-1})	۳۹/۰۳^{c}	۱/۲۹۳^{g}	۲/۷۰۰^{a}	۰/۶۳۳۳^{c}	۰/۸۳۳۳^{abcd}
	Ec 16.5(dsm^{-1})	۱۷۷/۵^{b}	۳/۱۰۷^{c}	۲/۷۷۳^{a}	۰/۵۹۳۳^{c}	۰/۸۸۰۰^{abc}
L.SD		۱۲/۰۰	۰/۱۳۰۰	۰/۱۰۶۱	۰/۰۷۵۰۶	۰/۲۶۵۴

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها به احتمال ۵ درصد می‌باشد.

جدول ٤: مقایسه میانگین مرکب صفات فیزیولوژیک هفت رقم پنبه

صفات / رقم	سدیم (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ)	کلر (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ)	فعالیت کاتالاز (جذب بردقیقه برگرم وزن‌تر برگ)	فعالیت پراکسیداز (جذب بردقیقه برگرم وزن‌تر برگ)	فعالیت پلی‌فنل اکسیداز (جذب بر میلی‌گرم وزن‌تر برگ)
Coker ×349	۱۱۶/^{ab}	۲/۳۶۷^{ab}	۲/۶۳۷^{ab}	۰/۳۱۶۷^{e}	۰/۵۹۳۳^{c}
Opal	۱۰۷/۸^{b}	۲/۲۸۰^{bc}	۲/۷۰۲^{ab}	۰/۹۹۳۳^{a}	۰/۵۹۵۰^{c}
Bol539	۱۱۰/۰^{b}	۲/۳۷۳^{ab}	۲/۷۴۰^{a}	۰/۶۵۳۳^{b}	۰/۶۲۶۷^{bc}
N200	۱۱۴/۷^{ab}	۲/۰۹۳^{d}	۲/۶۲۳^{b}	۰/۵۹۵۰^{c}	۰/۷۶۰۰^{abc}
Acala sj2 seland	۱۲۱/۷^{a}	۲/۳۹۳^{a}	۲/۷۲۸^{a}	۰/۴۱۱۷^{d}	۰/۸۱۸۳^{ab}
Sahel	۱۱۴/۷^{ab}	۲/۴۰۷^{a}	۲/۷۴۲^{a}	۰/۴۲۰۰^{d}	۰/۶۴۶۷^{bc}
Sepid	۱۰۸/۳^{b}	۲/۲۰۰^{c}	۲/۷۳۷^{a}	۰/۶۱۳۳^{bc}	۰/۸۵۶۷^{a}

بحث

بررسی اثر شوری بر محتوای سدیم و کلر: در شرایط غیرشور، هر هفت رقم پنبه میزان سدیم برگی تقریباً یکسانی داشتند، اما با افزایش شوری مقدار آن در تمام ارقام افزایش یافت. بیشترین افزایش در رقم Acala Sj2 *Seland و Sahel مشاهده شد و رقم‌های Siokra، Bol539 و Opal، روند افزایش سدیم کمتر بود.

گزارشات نشان می‌دهند که سدیم به صورت غیرفعال و تحت اثر شیب غلظت به درون گیاه منتشر می‌شود بنابراین افزایش جذب سدیم در نتیجه افزایش شوری خاک، منطقی است (Tyerman et al., 1997).

افزایش سدیم در شرایط شور در گیاه پنبه (Iqbal et al.,1995; Leidi and Saiz, 1997; Flowers and Yeo; 1989)، کلم (Ashraf and Neilly, 1990)، گندم و چغندر (Cramer, 1997) و آفتاب‌گردان (Ashraf and Neilly, 1990) گزارش شده است.

در گیاهان، سدیم از طریق غشاء پلاسمایی سلول‌های اپیدرم و یا سلول‌های پوست ریشه، به شکل غیرفعال تحت اثر تفاوت شیب غلظت به درون سلول‌ها منتشر می‌شود (Tyerman et al., 1997). پروتئین‌های انتقال‌دهنده یون‌ها شامل پمپ‌ها و کانال‌ها و ناقل‌ها هستند (Meinzer and Zhu., 2003). مطالعات نشان داده است باز و بسته شدن برخی کانال‌های انتقال‌دهنده کاتیون‌های تک ظرفیتی به شکل انتخابی است مانند کانال‌های راستگر انتقال‌دهنده پتاسیم به داخل (KIRC)[1] که اغلب بازند (Zhang et al., 2001) و کانال‌هایی که پتاسیم را به بیرون می‌فرستند (KORC)[2] و نیز کانال‌های کاتیونی غیرانتخابی (NSC)[3] که باز شدنشان وابسته به ولتاژ است. این کانال‌ها برای برخی کاتیون‌های تک و دو ظرفیتی، غیرانتخابی هستند بنابراین قادر به انتقال سدیم نیز می‌باشند (Davenport and Tester, 2000). کانال‌های KIRC و KORC برای جذب سدیم، مناسب نیستند و گزارش‌های متعددی نشان می‌دهند که در شرایط شور، ورود سدیم به سلول‌های پوستی ریشه از طریق کانال‌های NSC است (Davenport and Tester, 2000). در سلول‌های پوستی ریشه گندم ژن‌های مربوط به ناقل‌های پتاسیم با میل ترکیبی زیاد کشف شده‌اند که در غلظت‌های کم سدیم به‌صورت ناقل پتاسیم و سدیم عمل می‌نمایند ولی در غلظت‌های بالای سدیم با تمایل پائین تری نسبت به آن عمل انتقال را انجام می‌دهند. (Schatchman and Schroeder, 1994) در ریشه گندم علاوه بر این، ناقلی کاتیونی با تمایل پائین نیز مشخص شده است که در غلظت‌های پائین، کاتیون‌های تک و دو ظرفیتی را انتقال می‌دهد ؛ این ناقل ممکن است در انتقال سدیم به درون گیاه در شرایط شوری بالا، نقش داشته باشد (Schatchman and Schroeder, 1994).

طبق نتایج حاصل از تحقیق حاضر در شرایط شور میزان کلر در همه ارقام افزایش یافت که کمترین افزایش در رقم N_{200} مشاهده شد. گزارش شده است که تجمع کم کلر می‌تواند نشانه تحمل بیشتر گیاه به شوری باشد (Ashraf and Neilly, 1990). در مطالعهٔا توسط Iqbal و همکاران (۱۹۹۵) افزایش کلر در شرایط شور در پنبه تأیید شده است.

کلر یکی از پر تحرک‌ترین یون‌ها در خاک است، بنابراین اغلب گونه‌های گیاهی آن را سریع جذب می‌کنند. شدت جذب کلر در درجه اول، بستگی به غلظت آن در محلول خاک دارد. با افزایش شوری خاک، میزان جذب کلر افزایش می‌یابد. کلر در گیاه به آسانی تحرک ندارد (Elton, 1996) و حرکت آن توسط فرایندهای متابولیسم کنترل می‌شود ولی در بافت‌های گیاهی غشا سلولی برای انتقال کلر نسبتا نفوذپذیر است. بنابراین وقتی غلظت کلر در محیط گیاه و سلول بالا باشد غشاء سلول مانعی برای آن محسوب نمی‌شود و فقط غشا واکوئل یعنی تونوپلاست مانع حرکت آن است. بنابراین یون کلر در شرایط جذب بالا، به مقدار زیاد در درون سیتوپلاسم جمع می‌شود. تحقیقات نشان داده است مسیر عمده عبور کلر از پوست به استوانه مرکزی ریشه، مسیر سیم پلاستی است (Cram, 1973).

گزارش شده است در بافت‌های سبز، نور موجب تسریع جذب کلر می‌شود زیرا ATP حاصل از نور، منبع انرژی برای جذب کلر است. تنها نقش شناخته شده کلر، غیر از اهمیت آن در افزایش فشار اسمزی،

1- K+ In ward Rectifying channels (KIRC)
2- K+ out ward Rectifying channels (KORC)
3- Non selective cation channels (NSC)

شرکت در آزادسازی اکسیژن در سیستم نوری II است. مشاهده شده است علاوه بر تجمع در سیتوپلاسم و واکوئل، غلظت کلر در کلروپلاست گاهی تا حد ۳۰۰ میلی مول می‌رسد (Elton, 1996).

اثر شوری بر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز پر اکسیداز و پلی فنل اکسیداز طبق نتایج حاصله: تفاوت معنا داری از نظر فعالیت آنزیم کاتالاز، بین ارقام در شرایط شور و غیرشور دیده نشد، اما فعالیت آنزیم پراکسیداز در رقم‌های Coker*349، Opal، N200، AcalaSj2*Seland در شرایط شور افزایش، در رقم Bol539 و Sahel، کاهش و در رقم Siokra بدون تغییر ماند. فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در شرایط شور در رقم‌های Opal، N200، Acala Sj2*Seland، Siokra افزایش، در رقم Coker*349 و Bol539 کاهش و در رقم Sahel، بدون تغییرمشاهده شد.

مقابله با خسارت اکسیداتیو باعث افزایش مقاومت گیاه به شوری می‌شود (Roxas et al., 1997). علاوه بر این کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در شرایط شور دیده می‌شوند (Mittova et al., 2002).

گزارش شده است که فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در شرایط شور در پنبه‌های متحمل به شوری (Meloni et al., 2003)، برنج (Fadzilla et al., 1997)، خیار (Lechno et al., 1997)، گندم (Menogeuzzo and Navari-Izzo, 1997) و نخود (Hernandez et al., 1999) افزایش می‌یابد.

مطالعه کلروپلاست‌های دو رقم حساس و بردبار نخود نشان داد که فعالیت آنزیم پراکسیداز در گیاهان بردبار افزایش و در گیاهان حساس بدون تغییر می‌مانند (Hernandez et al., 1999). در مطالعه اثر شوری بر پنبه، عنوان شده است که فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز با افزایش شوری افزایش می‌یابد (Gosset et al., 1994).

گزارش شده است که در نتیجه افزایش شوری در گیاه برنج، فعالیت آنزیم پراکسیداز افزایش می‌یابد (Mita et al., 1997). در بررسی اثر شوری بر گیاه تربچه نیز مشاهده شد که فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز به میزان ۲۰ برابر، افزایش یافت (Hernandez et al., 1999). در مطالعه اثر شوری روی ارقام توت نیز افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز گزارش شده است (Gosset et al., 1994).

افزایش فعالیت کاتالازی ممکن است به علت افزایش سطح mRNA آنزیم کاتالاز در اثر شوری باشد. کاتالاز دارای یک ژن بیان‌کننده در بافت‌های در حال پیر شدن است که در اثر شوری این ژن القا شده و احتمالاً به‌نظر می‌رسد که تیمار شوری باعث پیر شدن سلول با فعال کردن مسیرهای بیوشیمیایی این فرآیند می‌شود. در گیاهان بردبار به شوری میزان فعالیت این آنزیم بالا است (Hernandez et al., 1999).

افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پلی فنل اکسیداز را در ارقام مقاوم گندم گزارش نموده‌اند. همچنین فعالیت این آنزیم‌ها در شرایط شور در برگ و ریشه ذرت و کلزا، افزایش یافت (Dionisio –Sec and Tobita, 1998).

Roxas و همکاران (۱۹۹۷) نیز افزایش فعالیت پلی فنل اکسیداز را در شرایط شور تأیید نموده‌اند. افزایش فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز، پلی فنل اکسیداز در برنج (Mittova et al., 2002)، گوجه (Meloni et al., 2003)، تربچه (Fadzilla et al., 1997) و گندم گزارش شده است.

Lechno و همکاران (۱۹۹۷) به افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز را در شرایط شور، در ارقام توت اشاره نمودند.در افزایش شوری از ۵۰ به ۱۶۰ میلی‌مولار، فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و پلی فنل

اکسیداز در گیاه گندم و دانه رست‌های برنج، افزایش می‌یابند (Meloni et al., 2003). در گیاه ترب نیز در شرایط شور، فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز افزایش یافت.گزارش شده است افزایش فعالیت این آنزیم‌ها به علت افزایش mRNA ژن‌های به رمز درآورنده آنها در شرایط شور است (Dionisio-secand Tobita, 1998).

نتیجه‌گیری نهایی

بررسی تغییرات فیزیولوژیک هفت رقم پنبه شامل: Acala sj2* ،N200 ،Bol 539 ،Opal ،Coker* 349 seland، Siokra, Sahel نشان دادند که با افزایش شوری، مقدار سدیم و کلر برگ در تمامی ارقام، افزایش داشت.

فعالیت آنزیم کاتالاز نیز در شرایط شور در رقم Siokra بالاتر از سایر ارقام بود. فعالیت پراکسیداز نیز در شرایط شور افزایش داشته و بیشترین افزایش در رقم Opal بود. فعالیت پلی فنل اکسیداز نیز در شرایط تنش به منظور افزایش مقاومت گیاه در رقم Acala sj2*Seland بیش از بقیه افزایش یافت. با توجه به جمیع صفات مورد بررسی به نظر می‌رسد که ارقام Acala sj2*Seland, Sahel و Siokra از مقاومت بیشتری نسبت به شوری برخوردار بودند.

منابع

احیایی، م.ع. و بهبهانی‌زاده، ع.ا. (۱۳۷۲). شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. وزارت کشاورزی. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه ۸۹۳. چاپ اول.

شابدین، م. (۱۳۸۸). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. بررسی تاثیر تنش شوری بر خصوصیات فیزیولوژیک هفت رقم پنبه. دانشگاه آزاد اسلای واحد گرگان. صفحات ۱۳۵-۱۳٤.

منطقی، ن. (۱۳٦٥). تشریح روش‌ها و بررسی آزمایشگاهی روی نمونه‌های خاک و آب. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه شماره ۱٦۸.

Allakhverdiev, S.I., Sakamoto, A., Nishiyama, Y., Inaba, M. and Murata, N. (2007). Ionic and osmotic effects of NaCl induced inactivation of photosystems I and II in *Synechococcus* sp. Plant Physiology. 123: 1047–1056.

Ashraf, M. (1994). Organic substances responsible for salt tolerance in *Eruca sativa*. Journal of Plant Biology. 36:255–259

Ashraf, M. and Neilly, T.M.C. (1990). Responses of four *Brassica* species to under different salinity levels. 111. Ionic composition. Journal of Agricultural Research. 33: 159-166.

Chance, B. and Maehly, C. (1995). Assay of catalase and peroxidase methods enzymol. 11:764-775.

Cram, W.J. (1973). Ion fluxes in cells of the isolated root cortex of *Zea mays*. Australian Journal of Biological Sciences. 26: 757-779.

Cramer, G.R. (1997). Uptake and role of ions in salt tolerance, in P.K. Jaiwal, R.P. Singh and A. Gulati, (eds.)., Strategies for Improving Salt Tolerance in Higher Plants, Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi, pp. 55-86.

Davenport, R.J. and Tester, M. (2000). A weakly voltage-dependent, non-selective cation channel mediates toxic sodium influx in wheat. Plant Physiology. 122: 823-834.

DeRidder, B.P. and Salvucci, M. (2007). Modulation Rubisco activate gene expression during heat stress in cotton (*Gossyoium hirsutum* L.). Involves post-transcriptional mechanisms. Plant Science. 172, 246-252

Dionisio-Sec, M.L. and Tobita, S. (1998). Antioxidant response of rice seedling to salinity stress. Plant Science. 532-540.

Elton, F.M. (1966). Chlorine, In. H.D. Chapman L Diagnostic Criteria for plants and soils. University of California, Agriculture and Natural. 95:135.

Fadzilla, N.M., Finch, R.H. and Burdon, R.H. (1997). Salinity, oxidative stress and antioxidant responses in shoot cultures of rice. Journal of Experimental Botany. 48: 325-331.

Flower, T.J. and Yeo, A.R. (1989). Effects of salinity on plant growth crop yield. Spring Verlag Berlin. 19: 101-119.

Flowers, T.J., Troke, P.F., and Yeo, A.R. (1977). The mechanism of salt tolerance in halophytes. Annual Review of Plant Physiology. 28: 89-121.

Flowers, T.J. and Yeo, A.R. (1995). Breeding for salinity resistance in crop plants—where next? Australian Journal Plant Physiology. 22: 875–884

Gosset, D.R., Millhollon, E.P. and Lucas, C. (1994). Antioxidant response to NaCl stress in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of cotton. Crop Science. 34: 706-714.

Gouia, H., Ghorbal, M.H. and Touraine, B. (1994). Effects of NaCl on flows on Na+ and mineral ions and on NO3-reduction rate within whole plants of salt-sensitive bean salt tolerant cotton. Plant Physiology. 105: 1409-1418.

Hermandez, J.A., Campilio, A., Jimenez, J., Alarcon, J. and Sevilla, F. (1999). Response of antioxidant systems and leaf water relations to NaCl stress in pea plants. New Phytologist. 141: 214-251.

Iqbal, M.A., Ahmad, V. and Gilani, G. (1995). Performance of cotton genotypes sodium chloride. Environmental and Experimental Botany. 30: 475-487.

Koka, M., Bor, M. Ozdemir, F. and Turkan, I. (2000). The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. Environmental and Experimental Botany. 60: 344–351

Lechno, S., Zamki, E. and Tel-or, E. (1997). Salt stress-induced responses in cucumber plants. Journal Plant Physiology. 150:206-211.

Leidi, E.O., and Saiz, J.F. (1997). Is salinity tolerance related to Na+ accumulation in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seedling? Plant Soil. 190: 67-75.

Meinzer, F.C., and Zhu, J. (2003). Efficiency of C4 photosynthesis in *Atriplex lentoformis* under salinity stress. Australian Journal of Plant Physiology. 26: 79-86.

Meloni, D.A., Oliva, M.A., Martinez, C.A. and Cambraia, J. (2003). Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under saltstress. Environmental and Experimental Botany. 49:69-76.

Menogeuzzo, S., and Navari-Izzo, F. (1999). Antioxidative responses of shoot and roots of wheat to increasing NaCl concentrations. Journal Plant Physiology. 155: 274-280.

Mita, S., Murano, N., Akaiko, M. and Nakamura, K. (1997). Mutants of *Arabidopsis thaliana* with pleiotropic effects on the expression of the gene for beta-amylase and on the accumulation of anthocyanin that are inducible by sugars. Plant Journal. 11: 841-851

Mittova, V., Tal, M., Volokita, M. and Guy, M. (2002). Salt stress induces up regulation of an efficient chloroplast antioxidant system in the salt tolerant wild tomato species *Lycopersicon pennelli* but not in the cultivated species. Physiology Plant. 115:393-400.

Monolangan, X., Dinabandha, A. (1975). Role of antioxidant in salt tolerance. Plant Physiology. 47:211-214.

Noctor, G., Veljovic-Jovanovic, S. and Foyer, C.H. (2002). Peroxide processing in photosynthesis: antioxidant coupling and redox signaling. Philosophical Transactions of the Royal Society. London. 355:1465-1475.

Ritchie, G.L., Bednarz, C.W., Jost, P.H. and Brown, S.M. (2007). Cotton Growth and Development. 1-14.

Roxas, V.P., Smith, R.K., Allen, E.R. and Allen, R.D. (1997). Overexpression of glutathione S-transferase / glutathione peroxidase enhances the growth of transgenic tobacco seedlings during stress. Nature Biotechnology. 15: 988–991.

Schachtman, D.P. and Schroeder, J.I. (1994). Structure and transport mechanism of a high-affinity uptake transporter from higher plants. Nature. 370: 655-658.

Tyerman, S., Skerret, M., Garrill, A., Findlay, G.P. and Leigh, R.A. (1997). Pathways for the permeation of Na^+ and Cl^- into protoplasts derived from the cortex of wheat root. Journal of Experimental Botany. 48: 459-480.

Wanichan, P., Kirdmanee, C. and Vutyano, C. (2003). Effect of salinity on biochemical and physiological characteristics in correlation to selection of salt-tolerance in Aromatic rice (*Oriza sativa* L.). Science Asian. 29: 333-339.

Weston, A. (1989). Salt stress and antioxidant. Plant Physiology. 84: 415-4354.

Zhang, H.X., Hodsop, J.N., William, J.P. and Blum Wald, E. (2001). Engineering salt-tolerant Brassica plants: Characterization of yield and seed oil quality in transgenic plants with increased vacuolar sodium accumulation. Department of Botany, University of Toronto. 98: 12832-12836.