مجله پژوهش‌های پنبه ایران
جلد چهارم، شماره دوم، ۱۳۹۵
۲۷-٤٤
www.jcri.ir

مطالعه برخی تغییرات بیوشیمیایی در ژنوتیپ‌های پنبه در شرایط آبیاری با آب شور

مجید جعفرآقایی[۱]، ابراهیم زینلی*[۲]، سراله گالشی[۲] و افشین سلطانی[۲]

[۱]عضو هیات علمی بخش تحقیقات علوم زراعی- باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

[۲]عضو هیات‌علمی دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش:۱۳۹۵/۱۲/۶

چکیده

پژوهش حاضر در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ به‌منظور بررسی اثرات شوری آب آبیاری بر برخی تغییرات بیوشیمیایی ژنوتیپ‌های پرتوتابی شده موتانت پنبه در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان با استفاده از آزمایش کرت‌های خرد شده بر پایه‌ی طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح آب آبیاری با شوری‌های ۴ (شاهد)، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به‌عنوان کرت‌های اصلی و سه ژنوتیپ شایان، موتانت ال-ام-۱۶۷۳ و ال ام-۱۳۰۳ به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد اثر آبیاری با آب شور بر همه ویژگی‌ها به‌جز قندهای احیایی و غیراحیایی از نظر آماری معنی‌دار بود. اثر ژنوتیپ فقط بر میزان نشاسته و برهمکنش آبیاری با آب شور و ژنوتیپ بر قندهای محلول و قندهای غیر احیایی، نشاسته و کاروتنوئید معنی‌دار بود. در شرایط آبیاری با شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر میزان پروتئین محلول و قندهای محلول به میزان ۵۰ درصد و پرولین به میزان ۴۵ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. فعالیت آنزیم پراکسیداز در شوری ۸ نسبت به شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۲۸ درصد افزایش یافت. افزایش شوری سبب کاهش میزان کلروفیل (۴۰ درصد نسبت به شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر) و افزایش رنگیزه‌های کمکی از جمله کاروتنوئیدها (۵۰ درصد) و آنتوسیانین‌ها (۲۳ درصد) شد. عدم اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها در اکثر صفات و با توجه به خصوصیت تحمل به شوری ژنوتیپ شایان می‌توان نتیجه گرفت که دو ژنوتیپ ال ام ۱۳۰۳ و ال ام ۱۶۷۳ نیز همانند ژنوتیپ شایان دارای تحمل بالایی به شوری هستند. با توجه به بالاتر بودن میزان قندهای محلول، قندهای احیایی و کاروتنوئید در ژنوتیپ ال ام ۱۳۰۳، می‌توان نتیجه گرفت که این ژنوتیپ از وضعیت فیزیولوژیک بهتری در برابر شوری نسبت به ژنوتیپ شایان برخوردار باشد.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، پراکسیداز، شوری و کلروفیل

*نویسنده مسئول: reza.abi.1973@gmail.com

مقدمه

حـــدود ۲۰ درصد از زمین‌های کشاورزی جهان از تـنش شـوری رنـج مـی‌برنـد و شـــوری خـاک محدودیت بزرگی برای اســـتفاده از زمین‌های قابل کشـــت می‌باشد (فـلاورز، ۱۹۹۵). بـه‌طـور خلاصـه تنظیم اسمزی کاهش در پتانسیل شیره سلولی از طریق افزایش مواد محلول در داخل سلول تعریف می شود (بلوم، ۱۹۹۶). علاوه بر این اسمولیت‌های سازگار نظیر قندهای محلول، پرولین و بتائین در افزایش تحمل اثرات کمبود آب ناشی از تنش شوری، خشکی و سـرما مـوثر هسـتند (رودز و هانسـون، ۱۹۹۳). قندهای محلول یکی از مهم‌ترین محلول‌های آلی اسموتیک هستند (بـونرت، ۱۹۹۶؛ پراجـوت، ۲۰۰۱) که در اثر تنش شوری در گیاهان تجمع می‌یابند (نوکیو، ۱۹۹۹). کربوهیدرات‌هـای ذخیـره‌ای در گیـاه پنبه شامل نشاسته، آمیلوز و آمیلو پکتین بوده (چانگ،۱۹۸۰) و ساکاروز شکل اصلی انتقال قنـد در آن می‌باشد (زینگ،۱۹۹۲). پرولین نیز یکی از متداول‌ترین اسـمولیت‌هـای سـازگار و مناسـب در گیاهـان تحت تنش می‌باشد که با واکنش‌های بیوشمیایی معمول در گیاه تداخل نـدارد (عزیـز و خـان، ۲۰۰۳). علاوه بر پرولین، تولید آنتوسیانین در ریشه، ساقه و برگ‌هـا بـه گیـاه اجـازه رشـد و تحمـل در برخـی تنش‌های محیطی را می‌دهد (ول،۲۰۰۱). بررسی تجمع پرولین در ژنوتیپ‌های مختلف پنبـه نشـان داد که واریته های متحمل آن را بـه‌عنـوان محلـول سازشـی در تنظـیم و حفـظ نیـروی اسـمزی اسـتفاده می‌نمایند (جا ناگادار، ۱۹۸۳). نتایج یک بررسی تأثیر تنش شوری بر میزان تجمع آنتوسـیانین، پـرولین وگلیسین بتائین روی ارقام تجاری پنبه نشان داد شوری باعث افـزایش میـزان آنتوسـیانین و همچنـین سبب افزایش پرولین در سه رقم ساحل، سای اکرا و N200 گردیـد. تجمـع پـرولین و گلیسـین بتـائین به‌طور توأم واکنشی جهت مقابله با تنش شوری در هر سه رقم بود (میرقاسمی و همکاران، ۲۰۰۹).

غلظت کلروفیل به‌عنوان یک شاخص برای ارزیـابی قـدرت منبـع شـناخته شـده اسـت (هـرزوگ، ۱۹۸۶). یکی از اثرات شوری در گیاهان کاهش فعالیت فتوسنتزی در آن است که موجب کاهش مقـدار کلروفیل (فرانسیسـکو؛ ۲۰۰۲؛ گریـر، ۱۹۸۳) و کـاهش جـذب CO_2و ظرفیـت فتوسـنتزی مـی‌گـردد (فرانسیسکو، ۲۰۰۲).کمبود آب در گیـاه کلـزا باعـث کـاهش معنـی‌دار مقـدار کلروفیـل a و b شـده و کلروفیل کل به میزان ۴۰ درصد در مقایسه با شاهد کاهش یافت (احمدی و همکاران، ۲۰۰۵). روشـنی و میرقاسمی (۲۰۱۴) نیز با مطالعه واکنش ۱۲ ژنوتیپ مختلـف پنبـه گـزارش نمودنـد کـه پاسـخ ایـن ژنوتیپ‌ها به تنش شوری متفاوت بوده به‌طوری‌که از نظر میزان کلروفیل برگ نیز دارای اختلاف بودنـد و همچنین آن‌ها بیان نمودند که رقم گلستان دارای بالاترین میزان کلروفیل نسبت به سایر ارقـام بـود. آن‌ها بیان نمودند که رقم گلستان دارای بالاترین میزان متحملت به شوری بوده که وجود میزان بـالای کلروفیل در آن یکی از دلایل این تحمل می‌باشد.

به دنبال تنش شوری، تنش ثانویه اکسیداتیو رخ داده که در اثر تولید انواع اکسیژن فعال ایجاد شده و در غیاب یک ساز و کار حفاظتی قوی به متابولیسم عادی لیپیدها، پروتئین‌هـا و اسـیدهای نوکلئیـک

صدمه زده و به ویژه باعث پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء می‌شوند (دیویس، ۱۹۸۷؛ فردوویچ، ۱۹۸۶؛ جاناگودرا، ۱۹۸۳). در این زمینه مطالعات مختلف نشان داده‌اند که افزایش میزان پراکسیداسیون لیپیدی در اثر تنش‌های مختلف سبب همبستگی مثبتی با افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز دارد (دیویس، ۱۹۸۷). مطالعه ارقام حساس پنبه نشان داد که فعالیت پراکسیدازی در آن‌ها در شرایط تنش شوری با توجه به نوع رقم افزایش می‌یابد (ساتی ندرا و همکاران، ۱۹۹۹). افزایش شدت شوری سبب افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در گیاه پنبه شده است (گوست و همکاران، ۱۹۹۴).

با توجه به اینکه در سال‌های اخیر کاهش بارندگی در مناطق پنبه کاری استان اصفهان، با کاهش منابع آب زیرزمینی و شوری آن‌ها همراه بوده است. چالش پیش رو لزوم به کارگیری ارقام پنبه متحمل به شوری و زودرس به علاوه‌ی یافتن راهکارهایی برای افزایش تحمل ارقام به شوری در این مناطق را ضروری ساخته است. از این رو این تحقیق به منظور مطالعه برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی موتانت‌های پنبه در شرایط آبیاری با آب شور انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به منظور بررسی اثر آبیاری با آب شور بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد موتانت‌های پنبه پرتودهی شده (گاما) در ایستگاه تحقیقات شوری و اصلاح اراضی رودشت در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. پژوهش در قالب آزمایش کرت‌های خرد شده و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح آب آبیاری با شوری‌های ۴ (شاهد)، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به‌عنوان کرت‌های اصلی و سه ژنوتیپ موتانت (ال-ام-۱۶۷۳، ال ام-۱۳۰۳) و شایان (شاهد) به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. برای هر تیمار ۴ خط کاشت به طول ۲ متر با فاصله بین خطوط ۷۰ سانتی‌متر و روی خطوط ۲۰ سانتی‌متر و مساحت هر کرت ۵/۶ متر مربع بود. بین تیمارهای آبیاری به جهت حذف نفوذ جانبی یک و نیم متر فاصله در نظر گرفته شد. کشت در ۲۸ اردیبهشت و زمان برداشت چین اول اواسط مهرماه انجام شد. برای تهیه تیمارهای آبیاری از آب شور زهکش ایستگاه تحقیقات شوری رودشت با شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر (با مجموع آنیون‌های کربنات، بی‌کربنات، کلرید و سولفات به مقدار ۱۷۳ میلی‌اکی‌والان در لیتر و مجموع کاتیون‌ها شامل کلسیم، سدیم و منیزیم به مقدار ۱۷۲ میلی‌اکی‌والان در لیتر) تأمین و در محل اجرای طرح با آب رودخانه (۲ دسی‌زیمنس بر متر) در محل حوضچه‌های مخصوص مخلوط شده و پس از رساندن آب به شوری مورد نظر (تیمارهای آبیاری) بوسیله EC متر توسط لوله به کرت‌های آزمایشی انتقال پیدا کرد. خصوصیات شیمیایی خاک قبل از کاشت و پس از برداشت با استفاده از آزمون خاک (جدول ۱) و خصوصیات فیزیکی خاک قبل از کاشت (جدول ۲) مشخص شد.

جدول ١: خصوصیات شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش قبل از کشت و پس از برداشت محصول

نمونه گیری در شوری‌های مختلف خاک بر حسب دسی‌زیمنس بر متر	عمق خاک (سانتی‌متر)	هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی‌متر)	مجموع آنیونها (میلی‌اکی‌والان برلیتر)	مجموع کلسیم و منیزیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	سدیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	مجموع کاتیون‌ها (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	اسیدیته گل اشباع	ازت کل (درصد)	کربن آلی (درصد)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم برکیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم برکیلوگرم)
قبل از کاشت (۴)	۳۰-۰	۴/۵	۹۷/۷۸	۲۴	۶۷	۹۱	۷/۳	۰/۱۲۸	۱/۲۸	۱۲/۹	۲۷۰
	۶۰-۳۰	۳/۲	۱۳۶/۶۴	۳۴	۹۶	۱۳۰	۷/۴۵	۰/۰۵۹	۰/۵۹	۹	۲۲۰
بعد از کاشت (۴)	۳۰-۰	۸/۲	۱۵۴	۴۵	۱۰۵	۱۵۰	۷/۶۶	۰/۰۸۲	۰/۸۲	۱۱	۲۶۰
	۶۰-۳۰	۶/۳	۱۱۵/۵۸	۳۲	۷۵	۱۰۷	۷/۵۹	۰/۰۳۵	۰/۳۵	۵/۴	۲۲۰
بعد از کاشت (۸)	۳۰-۰	۱۲/۱	۱۲۱/۱۸	۳۳	۸۱	۱۱۴	۷/۶۶	۰/۰۸۲	۰/۸۲	۱۲/۲	۲۶۰
	۶۰-۳۰	۹/۹	۱۳۷/۷۶	۳۶	۹۵	۱۳۱	۷/۶۲	۰/۰۵۵	۰/۵۵	۵	۲۹۰
بعد از کاشت (۱۲)	۳۰-۰	۱۶/۲	۳۷۸/۵۶	۱۱۷	۲۷۰	۳۷۸	۷/۶۹	۰/۰۹	۰/۹	۱۴/۲	۲۹۰
	۶۰-۳۰	۱۳/۱	۱۸۲/۵۶	۶۵	۱۱۲	۱۷۷	۷/۶۵	۰/۰۳	۰/۳	۵/۹	۳۰۰

جدول ۲: خصوصیات فیزیکی خاک محل آزمایش قبل از کشت

عمق خاک (cm)	جرم مخصوص ظاهری(gr/cm^3)	رس	سیلت	شن	ظرفیت مزرعه	نقطه پژمردگی	بافت خاک
		درصد وزنی					
۰-۳۰	۱/۳۰	۳۹	۴۵	۱۶	۳۰	۱۴	لومی رسی
۳۰-۶۰	۱/۳۵	۳۷	۴۲	۲۱	۲۷	۱۴	لومی رسی

میزان کود مصرفی بر اساس آزمون خاک (جدول‌های ۱ و ۲) توسط بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان تعیین گردید (۱۴۰ N-۱۲۰P-۱۳۰K). شوری خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر حدود ۶/۲ و در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متر ۴/۸ دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول۱). عملیات داشت شامل کنترل علف‌های هرز به صورت مکانیکی در سه نوبت و مبارزه با آفات و بیماری‌ها علیه شته یک نوبت و کرم غوزه در شهریور ماه یک نوبت انجام شد. نمونه برداری ۱۵ روز پس از محلول پاشی سولفات پتاسیم در زمان ابتدای غوزه‌دهی صورت گرفت و ویژگی‌های بیوشیمیایی مربوطه به صورت زیر اندازه‌گیری شدند:

پس از تهیه نمونه‌ها ویژگی‌های بیوشیمیایی از قبیل قندهای محلول به روش مک‌کریدی و همکاران (۱۹۵۰)، قندهای احیایی به روش مایلر (۱۹۵۹)، قندهای غیراحیایی به روش هاندل (۱۹۶۸)، نشاسته به روش مک‌کریدی و همکاران (۱۹۵۰)، پرولین به روش بیتس و همکاران (۱۹۷۳)، پروتئین محلول به روش برادفورد (۱۹۷۶)، آنتوسیانین به روش وانگر (۱۹۷۹) و کلروفیل به روش آرنون (۱۹۷۹) انجام شد. برای اندازه‌گیری میزان کاروتنوئید از روش پیشنهادی حسیبی (۲۰۰۵) استفاده شد. فعالیت آنزیم پراکسیداز با استفاده از طول موج ۴۷۰ نانومتر به مدت ۴ دقیقه اندازه‌گیری شد و از یک دقیقه اول به‌عنوان فعالیت این آنزیم استفاده شد (سنچولی، ۲۰۱۲). آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که تأثیر تیمار آبیاری با آب شور روی همه ویژگی‌ها به‌جز قندهای احیایی و قندهای غیراحیایی معنی‌دار بود (جدول ۳). همچنین اثر ژنوتیپ فقط روی نشاسته معنی‌دار بود و اثرمتقابل آبیاری با آب شور و ژنوتیپ روی قند محلول، قندهای غیر احیایی، نشاسته و کاروتنوئیدها معنی‌دار بود و روی سایر ویژگی‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۱). تاثیر تیمار شوری بر تولید پرولین از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در شرایط آبیاری با آب شور با شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین میزان پرولین به میزان ۸۹ میلی‌گرم برگرم حاصل شد و با کاهش شدت

شوری آب آبیاری میزان تولید پرولین نیز کاهش یافت به طوری که در شرایط آبیاری با آب با شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر این میزان به ۴۹ میلی‌گرم بر گرم (حدود ۵۰ درصد) کاهش یافت (جدول۴). پرولین باعث حفظ ظرفیت آبگیری در سیتوپلاسم سلول شده و باعث حفظ ماکرومولکول‌ها از جمله آنزیم‌ها شده و از تشکیل شکل‌های نامطلوب و یا قطعه قطعه شدن آن‌ها جلوگیری می‌کند (بارکر و همکاران، ۱۹۹۳ و ایوان و همکاران، ۱۹۹۲). لوری و همکاران (۱۹۵۱) بیان داشتند که تجمع پرولین علاوه بر کاهش خسارت به سلول در کاهش جذب سدیم توسط گیاه نیز موثر است. در این مطالعه بین ژنوتیپ‌های مختلف از نظر تولید پرولین اختلافی وجود نداشت. این در حالی بود که مطالعه روی ژنوتیپ‌های مختلف پنبه نشان داد که ژنوتیپ‌های متحمل تولید پرولین را به‌عنوان محلول سازشی در تنظیم اسمزی و افزایش تحمل خود در برابر تنش افزایش می‌دهند (جاناگودار و همکاران، ۱۹۸۳) که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت نداشت.

تاثیر تیمار شوری بر تولید پروتئین از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). میزان پروتئین محلول نیز با افزایش شدت شوری افزایش یافت (جدول ۴). نتایج نشان داد بیشترین میزان پروتئین محلول به میزان ۷ میلی‌گرم بر گرم در شرایط آبیاری با آب ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین میزان پروتئین محلول در شرایط آبیاری با آب ۴ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد که مقدار آن ۵۰ درصد تولید پروتئین محلول در شرایط شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بود. همچنین تولید پروتئین محلول در شرایط آبیاری با آب دارای شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر حدود ۵ میلی‌گرم بر گرم بود که حالتی بینابین دو تیمار دارای شوری ۴ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر داشت (جدول۴). پنبه از گیاهان متحمل به شوری بوده که با افزایش شدت شوری می‌توان انتظار افزایش پروتئین محلول را در این گیاه داشت. در این تحقیق نیز مشاهده شد که با افزایش شدت شوری میزان پروتئین محلول در هر سه ژنوتیپ پنبه افزایش یافته ولی بین هر سه ژنوتیپ از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که با افزایش شدت شوری میزان پروتئین محلول در ژنوتیپ‌های متحمل پنبه افزایش و در ژنوتیپ‌های حساس به شوری کاهش یافته است (محمد و همکاران، ۱۹۹۸، سوزا و سیلوا، ۱۹۹۶ و کرو و همکاران، ۱۹۹۶). افزایش میزان پروتئین محلول در شرایط شوری دارای اثر افزایشی در تنظیم اسمزی در برابر سطوح بالای نمک بوده و نوعی مکانیسم تحمل در برابر شوری می‌باشد (سوزا و سیلوا، ۱۹۹۶). علت کاهش میزان پروتئین در گیاهان حساس به علت جلوگیری از بیوسنتز پروتئین تحت اثر شوری می‌باشد (جفریز، ۱۹۹۴). هر سه ژنوتیپ از نظر میزان پرولین با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند که نشانه واکنش مشابه آن‌ها به شوری می‌باشد که عدم اختلاف ژنوتیپ‌ها از نظر میزان قندهای محلول نیز تأیید کننده این مطلب می‌باشد.

جدول ۳: تجزیه واریانس ویژگی‌های بیوشیمیایی ژنوتیپ‌های موتانت پنبه تحت شرایط آبیاری با آب شور

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات											
		قند محلول	قند احیایی	قند غیر احیایی	نشاسته	پرولین	پروتئین	پراکسیداز	کلروفیل آ	کلروفیل ب	کلروفیل کل	کاروتنوئید	آنتوسیانین	عملکرد وش
تکرار	۲	۱۶/۹	۱۱	۲/۹	۴۲	۲۹۴	۱/۰۶	۵/۷	۳/۸	۱/۱	۴۸	۱/۲	۲۳۲۶	۱۲۴۲
شوری	۲	۳۷۷/۴**	۳۴	۳/۳	۱۸۳**	۴۱۹۲**	۲۴/۴**	۳۳۶*	۴/۷**	۰/۶۵*	۲۷/۶*	۳/۱۵**	۲۱۳۹۹**	۱۲۴/۵
خطای اصلی	۴	۳/۹	۴۲	۱۴	۱۱	۲۹۳	۱/۴	۸۹	۱/۶	۰/۶	۲۴	۰/۷	۸۴۱	۸۷۵
ژنوتیپ	۲	۶۸۳	۱۰	۰/۷	۳۳/۵**	۱۷	۱/۰۴	۱۹۸	۰/۴	۰/۲	۸/۶	۰/۱	۹۵۵	۴۲۵
شوری× ژنوتیپ	۴	۱۳/۷*	۲	۱۵/۳**	۶۶/۳**	۲۲۰	۰/۹۹	۴۰	۰/۳	۰	۳/۵	۰/۵۱*	۲۴۰۸/۵	۱۸۹۷
خطای فرعی	۱۲	۴/۱۴	۱۹	۲/۱	۵	۱۹۳	۱/۱۸	۵۸	۰/۲	۰/۱	۴/۳	۰/۱	۲۷۲۱	۲۷۸۰
ضریب تغییرات		۱۱/۳	۲۲	۵/۸	۹	۱۸	۲۰	۱۹	۱۱	۱۴	۲۸	۱۵	۱۵/۲	۱۸/۵

*: معنی‌دار در سطح ۵ درصد، **: معنی‌دار در سطح یک درصد

جدول ۴: مقایسات میانگین ساده برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی ژنوتیپ‌های موتانت پنبه تحت شرایط آبیاری با آب شور (بر حسب میلی‌گرم بر گرم)

تیمارها	قند محلول	قند احیایی	قند غیر احیایی	نشاسته	پرولین	پروتئین	کلروفیل آ	کلروفیل ب	کلروفیل کل	کاروتنوئید	آنتوسیانین (میکرومول بر گرم)	پراکسیداز (میکرومول بر دقیقه بر گرم)	عملکردوش (کیلوگرم بر هکتار)
شوری ($dS.m^{-1}$)													
۴	۱۲/۸^{c}	۱۸^{a}	۲۵^{a}	۲۲^{b}	۴۹/۵^{b}	۳/۷^{b}	۴/۹^{a}	۲/۴^{a}	۷/۳^{a}	۲/۲^{ab}	۳۰۱^{b}	۳۹^{a}	۲۴۰۳^{a}
۸	۱۵/۷^{b}	۱۹^{a}	۲۵^{a}	۲۱^{b}	۵۵/۲^{b}	۵^{b}	۳/۴^{a}	۱/۹^{a}	۵/۴^{a}	۲^{b}	۳۲۸^{b}	۳۱^{b}	۲۶۵۱^{a}
۱۲	۲۵/۲^{a}	۲۱^{a}	۲۴^{a}	۲۹^{a}	۸۹/۴^{a}	۷^{a}	۴^{a}	۲/۴^{a}	۸/۹^{a}	۳/۱^{a}	۳۹۶^{a}	۴۳^{a}	۲۸۲۱^{a}
ژنوتیپ													
ال ام ۱۶۷۳	۱۸^{a}	۱۸^{a}	۲۵^{a}	۲۶^{a}	۶۵^{a}	۵/۵^{a}	۴/۲^{a}	۲/۱^{a}	۷/۸^{a}	۲/۳^{a}	۳۳۰^{a}	۳۷/۵^{ab}	۲۴۴۵^{a}
ال ام ۱۳۰۳	۱۷^{a}	۲۰^{a}	۲۴^{a}	۲۳^{ab}	۶۵^{a}	۵/۳^{a}	۳/۹^{a}	۲/۱^{a}	۶^{a}	۲/۵^{a}	۳۴۸^{a}	۴۳^{a}	۲۸۹۲^{a}
شایان	۱۸^{a}	۲۰^{a}	۲۵^{a}	۲۲^{b}	۶۳^{a}	۴/۸^{a}	۴/۳^{a}	۲/۴^{a}	۷/۷^{a}	۲/۴^{a}	۳۴۷^{a}	۳۳/۸^{b}	۲۵۲۱^{a}

- مقادیر هر ستون که حرف مشترکی با هم ندارند در سطح آماری ۰/۰۵،تفاوت معنی‌دار با هم دارند

تاثیر تیمار شوری بر میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز از نظر آماری در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانی پراکسیداز در شرایط آبیاری با آب دارای شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به تیمارهای آبیاری با آب دارای غلظت نمک ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر بیشتر بود (جدول ۴). در بین ژنوتیپ‌ها نیز فعالیت این آنزیم در دو ژنوتیپ ال ام ۱۶۷۳ و ال ام ۱۳۰۳بیشترین میزان بوده و بین این دو ژنوتیپ از نظر فعالیت این آنزیم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

کمترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز در ژنوتیپ شایان مشاهده گردید. آنزیم پراکسیداز در زمان وقوع تنش‌های مختلف از جمله شوری نقش بسیار مهمی در غیرفعال کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن درسلول گیاهان دارند و میزان فعالیت آن‌ها بسته به گونه گیاهی و شدت تنش در گیاهان تغییر می‌کند (اپل و هیرت، ۲۰۰۴). گوست و همکاران (۱۹۹۴) بیان داشتند که با افزایش شدت خشکی در گیاه پنبه میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز افزایش یافته است. در این تحقیق نیز مشاهده گردید که افزایش شدت شوری آب آبیاری سبب افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز گردید. افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان در گیاهان تحت تنش در کنار تنظیم اسمزی می‌تواند بر مقدار تحمل در گیاهان بیفزاید (حیدری و مصری، ۲۰۱۰). همچنین نیل و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه خود بیان نمودند که تغییرات در میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان علاوه بر تغییرات یونی و تنظیم کننده‌های اسمزی می تواند به‌عنوان یکی از موارد تاثیرگذار تنش شوری بر گیاهان در نظر گرفته شود. بسته به میزان حساسیت گونه گیاهی، مرحله رشد، شدت و مدت تنش، غلظت و فعالیت این نوع آنزیم‌ها تغییر خواهند کرد. فعالیت آنزیم پراکسیداز در ارقام حساس پنبه با افزایش شدت شوری افزایش می‌یابد و در برخی موارد نیز وابسته به رقم است (ساتیندرا و همکاران، ۱۹۹۹). نتایج این مطالعه هم نشان داد که با توجه به بالاتر بودن میزان فعالیت پراکسیداز ی در ژنوتیپ ال ام ۱۳۰۳ این ژنوتیپ دارای حساسیت بیشتری به شوری بوده که با افزایش شدت شوری آب آبیاری بر میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز جهت پالایش گونه‌های فعال اکسیژن افزوده است و ژنوتیپ‌های ال ام ۱۶۷۳ و شایان نیز از حساسیت مشابه و کمتری به شوری برخوردار بودند.

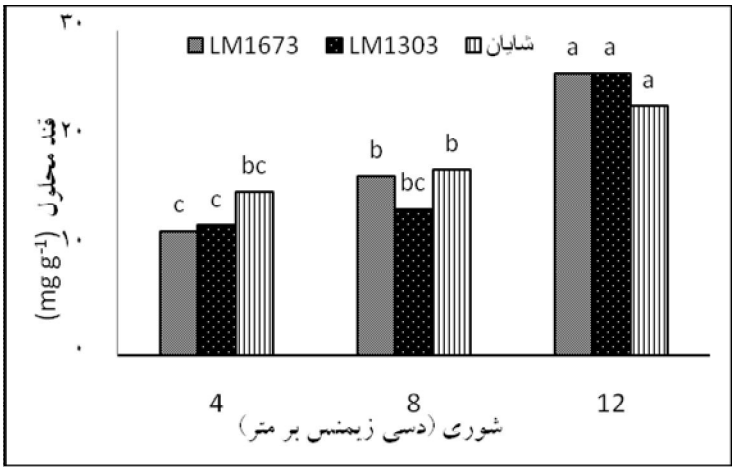
تیمار شوری بر تولید آنتوسیانین در سطح یک درصد تأثیر معنی‌دار داشت (جدول ۳). بیشترین میزان آنتوسیانین در تیمار آب (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) به میزان ۳۹۶ میکرومول بر گرم اندازه‌گیری شد و نسبت به سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. گیاهان تحت تیمار شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر دارای غلظت آنتوسیانین به میزان ۳۲۸ میکرومول بر گرم بودند و گیاهان تحت تیمار شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر نیز دارای کمترین میزان آنتوسیانین به میزان ۳۰۱ میکرومول برگرم بودند (جدول ۴). بین سه ژنوتیپ مختلف نیز از نظر غلظت آنتوسیانین اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. نتایج این

آزمایش نشان داد که با افزایش میزان شوری آب آبیاری غلظت رنگیزه آنتوسیانین افزایش یافت. در گیاه کلزا با افزایش شدت‌های شوری از میزان غلظت آنتوسیانین کاسته شده است (چاپار زاده و زرندی میاندوآب، ۱۳۹۰). اگر چه این رنگیزه برای رشد و بقای گیاهان نظیر رنگیزه‌های فتوسنتزی ضروری نیستند ولی حساسیت آن‌ها به شرایط شوری می‌تواند یک شاخص تلقی گردد (چاپارزاده و زرندی میاندوآب، ۲۰۱۱). وحید و غضنفر (۲۰۰۶) بیان کردند هنگامی که گیاهان متحمل به شوری در شرایط شور قرار گیرند میزان رنگیزه آنتوسیانینی آن‌ها افزایش می‌یابد. در آزمایش حاضر نیز در شرایط شوری شدید میزان رنگیزه آنتوسیانینی افزایش یافته که در واقع یک واکنش به شرایط اکسیداتیو ایجاد شده در شرایط شوری بوده و سبب محافظت از سلول‌های ژنوتیپ‌های پرتوتابی شده و ژنوتیپ شایان در برابر آسیب اکسیداتیو می‌گردد.

تاثیر تیمار شوری بر تولید کلروفیل آ (در سطح یک درصد)، کلروفیل ب و کلروفیل کل (در سطح پنج درصد) از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). کمترین میزان کلروفیل آ، کلروفیل ب و کلروفیل کل در تیمار آبیاری با شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد. در تیمارهای آبیاری با شوری ۴ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر میزان کلروفیل آ، ب و کلروفیل کل بیشترین میزان بود (جدول۴). به گفته وانیچان و همکاران (۲۰۰۳) کلروفیل در همه گیاهان فتوسنتز کننده، رنگدانه اصلی جذب نور بوده و تجزیه کلروفیل در تنش‌ها، باعث تغییراتی در فعالیت‌های آنزیمی، انتقال فتوسنتزی، متابولیسم کربن و فسفریلاسیون می‌شود. در این تحقیق بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر این سه صفت اختلافات معنی‌دار وجود نداشت. کمبود شدید آب در دسترس گیاه سبب کاهش معنی‌دار کلروفیل در گیاه سویا گردید (قربانلی و همکاران، ۲۰۰۵). احمدی و همکاران (۲۰۰۵) بیان نمودند که کاهش در محتوای کلروفیل‌ها به احتمال زیاد به دلیل افزایش کاتابولیسم کلروفیل‌ها و تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌باشد، که این فرایند نیز خود نتیجه‌ی فراهم نبودن عوامل لازم جهت سنتز کلروفیل و تخریب ساختمان آن در شرایط تنش می‌باشد. یکی از اثرات شوری کاهش میزان فتوسنتز گیاهی است که نتیجه آن کاهش میزان کلروفیل گیاهی می‌باشد (روشنی و میرقاسمی، ۲۰۱۴). همچنین همایون و همکاران (۲۰۱۰) بیان داشتند که تنش شوری سبب کاهش بیوسنتز کلروفیل و همچنین کاهش کارایی دستگاه فتوسنتزی می‌گردد که در نهایت سبب کاهش بهره‌وری اقتصادی در محصولات تحت تنش می‌گردد. با اینکه پنبه از گیاهان متحمل در شرایط شوری می‌باشد ولی با این حال ارقام مختلف آن نسبت به شوری خاک واکنش‌های متفاوتی را نشان می‌دهند (فلورز و یئو، ۱۹۹۵). نیمان و شانون (۱۹۷۶) بیان داشتند که در شرایط شور ابتدا سطح برگ و میزان کلروفیل کل کاهش یافته که به دنبال آن جذب نور کاهش یافته و در نتیجه ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد کاهش میزان کلروفیل در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر به دلیل کاهش تجزیه کلروفیل‌ها و در شوری

۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به دلیل کاهش تحمل ارقام به شوری است (چاپارزاده و زرندی میاندوآب،۲۰۱۱). شوری علاوه بر کاهش کلروپلاست با تغییر جهت سیستم لاملایی کلروپلاست و ایجاد نقص در آن‌ها میزان فتوسنتز را کاهش می‌دهد (دریدر و سالووکی، ۲۰۰۷). روشنی و میرقاسمی (۲۰۱۴) نیز بیان داشتند که شوری سبب کاهش میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در گیاه پنبه شده است و رقم گلستان که دارای بالاترین میزان کلروفیل برگ است تحمل بالایی به شوری دارد.

برهمکنش آب شور و ژنوتیپ بر تولید قندهای محلول در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در بین کلیه تیمارها بیشترین میزان قندهای محلول به میزان ۲۸ میلی‌گرم بر گرم در تیمار آبیاری با شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و در ژنوتیپ‌های ال ام ۱۶۷۳ و ال ام ۱۳۰۳ و کمترین میزان آن نیز مربوط به ژنوتیپ ال ام ۱۶۷۳ و تیمار آبیاری با شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر و به میزان ۱۲ میلی‌گرم بر گرم حاصل شد (شکل ۱).

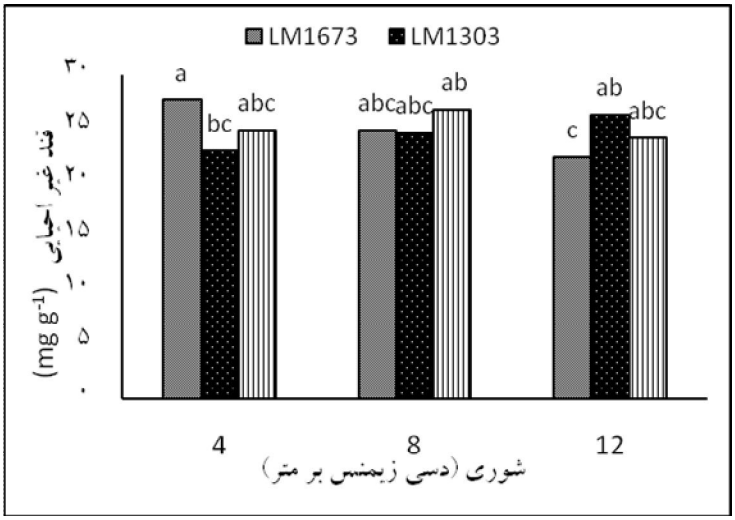


شکل ۱: اثرآبیاری با آب شور بر میزان قندهای محلول ژنوتیپ‌های موتانت پنبه.

- برای هر سطح شوری مقادیر ستون های با حرف مشترک با هم تفاوت معنی‌دار ندارند (LSD=5%)

ژنوتیپ‌های پرتوتابی شده در شرایط شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر دارای میزان قندهای محلول کمتری نسبت به ژنوتیپ شایان بودند ولی مشاهده شد که در شرایط شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر میزان تولید قندهای محلول در این دو ژنوتیپ نسبت به ژنوتیپ شایان افزایش یافته است. افزایش در میزان قندهای محلول از جمله واکنش‌هایی است که گیاهان مختلف برای کاهش پتانسیل اسمزی خود و مقابله با تنش‌های شوری و خشکی از خود بروز می‌دهند (سانچز، ۱۹۹۸). آزمایشات روی

گیاهان مختلف تحت شرایط تنشی مختلف نیز این واقعیت را اثبات می‌کند (بارکر و همکاران، ۱۹۹۳؛ سوزا و همکاران، ۲۰۰۴). حیدری و مصری (۲۰۱۰) در تحقیق خود بیان نمودند که افزایش شدت شوری سبب افزایش میزان قندهای محلول در گیاه گندم شد. از جمله در یک مطالعه که به بررسی تأثیر تنش کم آبی روی آفتابگردان پرداخته شده بود این نتیجه حاصل شد که افزایش شدت تنش موجب افزایش در مقدار قندهای محلول پس از تنش شد (حمودی و همکاران، ۲۰۰۰). افزایش قندهای محلول در شرایط شوری بالا در دو ژنوتیپ پرتوتابی شده با افزایش خاصیت اسمزی گیاه سبب شده که میزان جذب آب توسط گیاه تحت شرایط شوری افزایش یافته و گیاه خسارت کمتری را از تنش شوری ببینند.



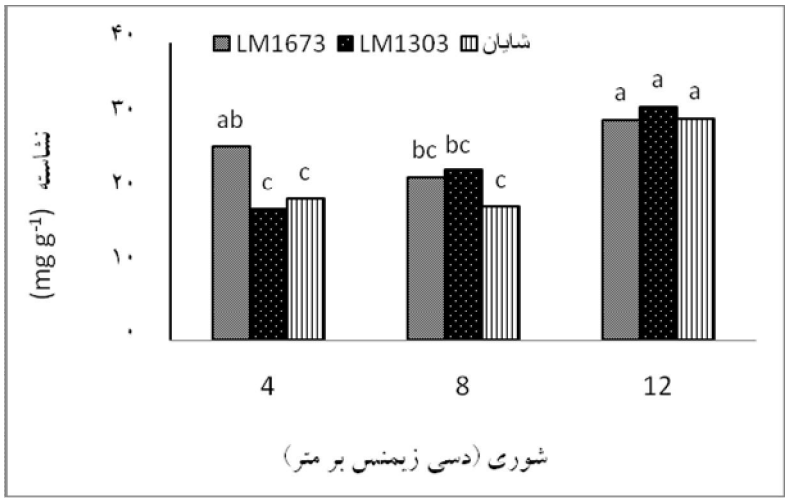
شکل ۲: اثرآبیاری با آب شور بر میزان قندهای غیر احیایی ژنوتیپ‌های موتانت پنبه.

- برای هر سطح شوری مقادیر ستون‌های با حرف مشترک با هم تفاوت معنی‌دار ندارند (LSD=5%).

اثر هیچ‌کدام از تیمارها بر میزان قندهای احیایی معنی‌دار نشد. از طرفی برهمکنش آب شور و ژنوتیپ بر تولید قندهای غیراحیایی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقدار قندهای غیراحیایی در ژنوتیپ ال ام ۱۶۷۳ و در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر با مقدار ۲۸ میلی‌گرم بر گرم بیشترین و در همین ژنوتیپ و در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و با مقدار ۲۱ میلی‌گرم بر گرم کمترین بود (شکل ۴). نتایج نشان داد که در این ژنوتیپ با افزایش میزان شوری مقدار قندهای غیراحیایی نیز کاهش داشته و این کاهش در شوری ۱۲ نسبت به ۴ دسی‌زیمنس بر متر ۲۵ درصد کاهش یافته است. در ژنوتیپ ال.ام ۱۶۷۳ با افزایش شدت شوری آب آبیاری تولید قندهای غیراحیایی

کاهش یافت ولی در ژنوتیپ‌های ال ام ۱۳۰۳ و شاهد شایان با افزایش شوری آب آبیاری میـزان تولیـد قندهای غیراحیایی افزایش یافت (شکل۲). افزایش تولید قندهای احیایی در ژنوتیپ ۱۳۰۳ بـه احتمـال زیاد به دلیل افزایش بیشتر قندهای محلول بوده که با توجه به عـدم تفـاوت معنـی‌دار بـین تیمارهـای شورن و ژنوتیپ‌ها از نظر میزان قندهای احیایی، سهم بیشتری را به قندهای غیر احیایی اختصاص داده است و به‌عنوان اسمولیت سبب افزایش توان حفظ آب در گیاه می‌گردد.

برهمکنش تاثیر تیمار شوری و ژنوتیپ بر تولید تجمع نشاسته در سطح یـک درصـد معنـی‌دار بـود (جدول ۳). با افزایش شدت شوری آب آبیاری تجمع نشاسته افزایش یافته به طوری که بیشترین میزان نشاسته در هر سه ژنوتیپ و در شرایط آبیاری با آب با دارای شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بـر متـر بـه‌دسـت آمد. همچنین کمترین میزان تولید نشاسته در ژنوتیـپ ال ام ۱۳۰۳ و در شـرایط آبیـاری بـا آب دارای شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (شکل۳).



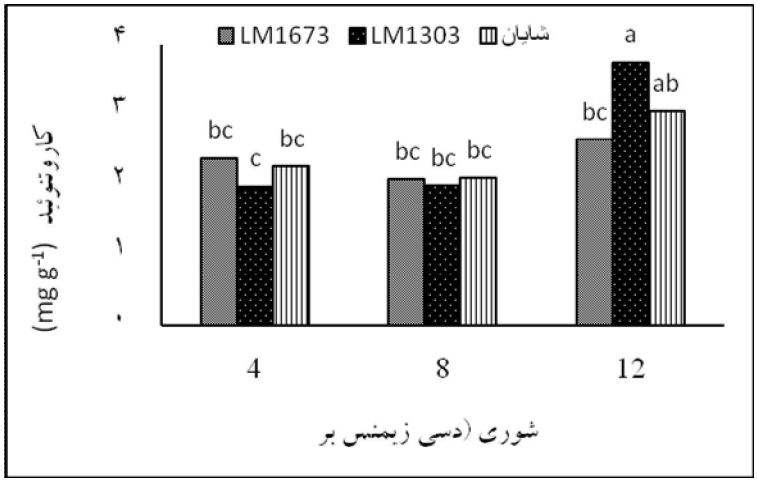
شکل۳: اثرآبیاری با آب شور بر میزان نشاسته ژنوتیپ‌های موتانت پنبه.

- برای هر سطح شوری مقادیر ستون های با حرف مشترک با هم تفاوت معنی‌دار ندارند (LSD=5%)

نتایج این تحقیق نشان داد کـه افـزایش شـوری آب آبیـاری و بـه دنبـال آن کـاهش میـزان آب در دسترس ژنوتیپ‌ها سبب افزایش میزان تجمع نشاسته در برگ های ژنوتیپ پنبه شد. همچنین با توجـه به نتایج حاصل مشاهده شد که ژنوتیپ‌های مختلف پنبه از نظر میزان تجمع نشاسته واکـنش مشـابهی نشان دادند. در تحقیقی بر روی کلم مشخص شد که با افزایش شدت تنش کم آبی، مقـدار نشاسـته در ساقه‌های این گیاه کاهش یافته است. در هنگـام کـاهش پتانسـیل آب بـرگ، تجمـع قنـدهای محلـول

می‌تواند در تنظیم اسمزی نقش اساسی را ایفا کند چون نشاسته از کربوهیدرات‌های اصلی در ساقه گیاه کلم می‌باشد و در تنش کم آبی مقدار آن کاهش می‌یابد و این پدیده یک پاسخ فیزیولوژیک برای مقابله با تنش کم آبی می‌باشد (ساتو و همکاران، ۲۰۰۴). این در حالی است که سوزا و سیلوا (۱۹۹۶) بیان داشتند در ارقام متحمل به شوری میزان نشاسته به‌طور جزئی کاهش یافته است.

مقایسه میانگین برهمکنش تیمارها نشان داد بیشترین و کمترین میزان کاروتنوئید به ترتیب در تیمار آبیاری با آب دارای شوری ۱۲ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر و در ژنوتیپ ام ال ۱۳۰۳ به‌دست آمد. این نتیجه نشان داد که با افزایش میزان شوری آب آبیاری از ۴ تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر میزان تولید کاروتنوئید دو برابر شد (شکل ۴). در هر سه ژنوتیپ و در شوری آب ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر میزان تولید کاروتنوئید بیشتر از شوری‌های ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر بود. در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر بین ژنوتیپ‌ها از نظر میزان کاروتنوئید اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ولی در شوری ۴ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر از این نظر اختلاف معتی‌دار وجود داشت (شکل ۴). ژنوتیپ ال ام ۱۳۰۳ در شرایط آبیاری با آب دارای شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین میزان کاروتنوئید را به‌عنوان رنگیزه کمکی دارا بود که سبب بهبود وضعیت فیزیولوژیکی این ژنوتیپ در برابر شوری و نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها می‌گردد. درگیاه گندم رقم متحمل به خشکی در مقایسه با رقم حساس به علت حفظ مقادیر بالایی از کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها، قدرت فتوسنتزی بهتری در شرایط خشک داشته و این تغییرات نوعی سازگاری در دستگاه فتوسنتزی بیان شده است (لوگینی و همکاران، ۱۹۹۹). در شرایط آبیاری با آب دارای شوری کم و متوسط ژنوتیپ ال ام ۱۳۰۳ نسبت به دو ژنوتیپ دیگر میزان کاروتنوئید کمتری را دارا بود. دوگانلار و همکاران (۲۰۱۰) افزایش میزان کاروتنوئید در شوری متوسط در سیب زمینی را گزارش نمودند. آن‌ها بیان داشتند افزایش کاروتنوئیدها توان مقابله باشرایط تنشی در گیاه را افزایش می‌دهد زیرا گیاه توانایی اتلاف انرژی نوری بالا و حذف اکسیژن‌های فعال را خواهد داشت. از نظر چاپارزاده و زرندی میاندوآب (۲۰۱۱) تفاوت‌های مشاهده شده در میزان سنتز کلروفیل و کاروتنوئیدگیاهان مختلف به هنگام شوری نتیجه عملکرد مسیرهای مختلف سنتزی است که با آنزیم‌های متفاوت قابل پیگیری بوده و این آنزیم‌ها پاسخ‌های متفاوت به شوری نشان می‌دهند. وجود رقابت برای استفاده از پیش‌سازها بین مسیر سنتز کلروفیل و پرولین مسئله دیگری است، مزید بر اینکه شوری نقش بازدارندگی روی مسیرهای سنتز رنگیزه‌ها دارد (ل-دیلی و همکاران، ۱۹۹۳).



شکل ۴: اثرآبیاری با آب شور بر میزان کاروتنوئید ژنوتیپ‌های موتانت پنبه.

- برای هر سطح شوری مقادیر ستون های با حرف مشترک با هم تفاوت معنی‌دار ندارند (LSD=5%)

همان‌طور که در جدول یک نشان داده شده است تاثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد وش معنی‌دار نبوده است. دامنه عملکرد وش برای تیمارهای شوری و ژنوتیپ‌ها بین ۲۴۰۰ تا ۲۹۰۰ کیلوگرم در هکتار بود هر چند که ژنوتیپ ال م ۱۳۰۳ دارای عملکرد بالاتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بود (جدول ۴). با توجه به تغییرات بیوشیمیایی اندازه‌گیری شده برای لاین های موتانت (از قبیل میزان کارتنوئیدها، قندهای محلول و تجمع نشاسته) عدم تفاوت در عملکرد وش در بدو امر عجیب به نظر می‌رسد اما باید به این نکته توجه داشت که ژنوتیپ شایان که در این پژوهش به‌عنوان شاهد استفاده شده است، ژنوتیپی متحمل به شوری است که از روش‌های معمول اصلاحی (نه پرتوتابی) حاصل شده است. به عبارت ساده‌تر لاین‌های موتانت استفاده شده در این پژوهش که والدینی با تحمل متوسط به شوری داشته‌اند (ارقام شیرپال، رویال، لاین ۳۱۲-۸۱۸) با پرتوتابی به لاین‌هایی با تحمل بالاتر به شوری (در حد ژنوتیپ شایان) تبدیل شده‌اند که خود موفقیتی قابل توجه محسوب می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد آبیاری گیاه پنبه با آب شور سبب ایجاد تغییراتی در وضعیت فیزیولوژیک گیاه شده است. طی آبیاری با آب شور میزان پروتئین محلول، قندهای محلول و پرولین افزایش یافته و سبب ایجاد پدیده اسمزی در شوری شده و گیاه را در جذب آب از در شرایط شور تواناتر نموده است. همچنین فعالیت آنزیم پراکسیداز طی افزایش شدت شوری افزایش یافته که افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز ی در کنار تنظیم اسمزی بر بهبود وضعیت فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های پنبه در برابر شوری

افزوده است. افزایش شوری سبب کاهش میزان کلروفیل و افزایش رنگیزه‌های کمکی از جمله کاروتنوئیدها و آنتوسیانین‌ها شده که کمبود کلروفیل در شرایط تنشی را جبران نموده است. با توجه به خصوصیت ژنوتیپ شایان که از ژنوتیپ‌های متحمل به شوری بوده و همچنین با توجه به اینکه این ژنوتیپ در اکثر صفات با دو ژنوتیپ پرتوتابی شده دیگر تفاوت معنی‌دار نداشت می‌توان نتیجه گرفت که تحمل این دو ژنوتیپ پرتوتابی شده در حد ژنوتیپ شایان می‌باشد. در برخی صفات نیز مانند قندهای محلول، قندهای غیراحیایی و کاروتنوئید ژنوتیپ شایان بعد از دو ژنوتیپ پرتوتابی شده قرار گرفت و این نیز تأییدی بر بهبود وضعیت فیزیولوژیک این دو ژنوتیپ در شرایط آبیاری با آب شور بوده که می‌توان آن‌ها را به‌عنوان ژنوتیپ‌های جدید در منطقه معرفی نمود. البته برای تأیید نتایج بایستی آزمایش‌های مشابهی در منطقه و در مقایسه با سایر ارقام مرسوم و متحمل صورت گیرد.

منابع

1. Ahmadi, M.A., Manuchehri, K.Kh., and Torkzadeh, M. 2005. Effect of type of Brasinoestroid on accumulation of Malon Aldeid, Proline, Sugar and photosynthetic pigments in Rapseed in situation of water stress. J. Biol. Iran. 18(259): 4-267.
2. Appel, K., and Hirt, H. 2004. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress and signal transduction. Ann. Rev. Plant Biol. 55: 373-399.
3. Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants.Agron. Journal: 23: 112-121.
4. Aziz, I., and Khan, M.A. 2003. Proline and water status of some desert shrubs before and after rains.Pak. J. Bot. 35(5): 905-906.
5. Barker, D.L., Sulivan, C.Y., and Moser, L.E. 1993. Water deficits effect on osmotic potential, cell wall elasticity and prolin in five grass. J. Agron. 85: 2750-2759.
6. Bates, L.S., Walden, R.P., and Teave, I.D. 1973. Rapid defermination of free praline for water stress studies. Plant and Soil. 39: 205-207.
7. Blum, A. 1996.Crop response to drought and the interpretation of adaptation. Plant Growth Reg. 20:135-148.
8. Bradford, M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding.Analytical Biochemistry. 72: 248-252.
9. Chang, C.W. 1980. Starch depletion and sugars in developing cotton leaves, Plant Physiol. 65: 23- 27.
10. Chaparzadeh, N., and Zarandi Miandoab, L. 2010. Effect of salinity on pigments content and growth of tow rapseed plants. Plant Biol. 3(13): 13-26.

11. Crowe, J.H., Hoekstra, F.A., and Crowe, L.M. 1992. Anhydrobiosis.Annu. Rev. Plant Physiol. 54: 579-599.
12. Davies, K.J.A. 1987. Protein damage and degradation by oxygene radicals I. General aspects. J. Biol. Chem. 262: 9895-9901.
13. Deridder, B.P., and Salvucci, M. 2007. Modulation pf Rubisco activase gene expression during heat stress in cotton (*Gossyoium hirsutum* L.) involves posttranscriptional mechanisms. Plant Sci. 172: 246-252.
14. Doganlar, Z.B., Demir, K., Basak, H., and Gul, I. 2010. Effects of salt stress on pigment and total soluble protein contents of three different tomato cultivars. African J. Agri. Res. 5: 2056-2065.
15. Evan, R.D., Black, R.A., Loeshel, W.H. and Follows, R.J. 1992. Osmotic relation the drought-induced shrub Artimisia tridentatain in response to water stress. Plant. Cell and Environ. 15:49-59.
16. Flower, T.J. and Yeo, A.R.1995. Breeding for salinity resistancce in crop plants, Aust. J. Plant physiol. 22: 875-884.
17. Francisco, G., Jhon, L., Jifon, S., Micaela, C., and James, P.S. 2002. Gas exchange, Chlorophyll and nutrient contents in relation to Na^+ and Cl^- accumulation in 'sunburst' mandarin grafted on different root stocks, Plant Sci. 35: 314-320.
18. Fridovich, I. 1986. Biological effects of superoxide radicals. Arch. Biochem. Biophys. 247: 1-11.
19. Ghorbanli, M., and Niakan, M. 2005.Effect of drought stress on amount of soluble Sugare, Protein, Proline, complexes of Phenolic and activity of nitrat reductass enzyme in gorgan3 variety of rapseed. J. Sci. TMU. 5(1): 537-551.
20. Gosset, D.R., Millhollon. E.P., and Lucas, M.C. 1994. Antioxidant response to NaCl stress in salt–tolerant and salt sensitive cultivars of cotton. Crop Sci. 34: 106–714.
21. Hamayun, M., Khan, S.A., Khan, A.L., Shinwari, Z.K., Hussain, J., Sohn, E.Y., Kang, S.M., Kim, Y.H., Khan, M.A., and Lee, I.J. 2010. Effect of salt stress on growth attributes and endogenous growth hormones of soybean cultivar Hwangkeumkong.Pakistan J. Botany. 42(5): 3103-3112.
22. Hamudi, J., Heydari, R., Nojavan, M., and Zare. S. 2000. Effect of drought stress on biochemical and biological parameters in Sunflower (Rekurd variety).Mc.s. Thesis.Uromia University. Iran.
23. Handel, E.V. 1968. Direct microdetermination of sucrose.Analytical Biochem. 22: 280-283.
24. Herzog, H. 1986. Source and sink during the productive period of wheat.Scientific publishers,Berlin and Hamburg.
25. Janagoudar, B.S., Venkata Subbaiahk, K., Janardhan, K.V., and Panchal,Y.C. 1983. Effects of short term stress on free proline accumulation, relative water

content and potassium contents in different plant part of three cotton genotypes, Indian J. Plant Physiol. 26: 82- 87.
26. Jefferies, R.A. 1994. Drought and chlorophyll fluorescence in field-grown potato (*Solanum tubersum*). Physiol. Plant. 90: 93-97.
27. Kennedy, B.F.l and Filippis, L.F. 1999. Physiological and oxidative response to NaCl of the salt tolerant Grevillea ilicifolia and the salt sensitive Grevillea arenaria. J. Plant Physiol. 155: 746-754.
28. Lawry, O.D., Reserbrough, N., Foil, A.L., and Romdall R.J. 1951; Protein measurment with the folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193: 265-275.
29. Le-Dily, F., Billard, J.P., Le-Saos, J. and Huault, C. 1993. Effects of NaCl and gabaculine on chlorophyll and proline levels during growth of radish cotyledons. Plant Physiol. Biochem. 31: 303-310.
30. Lee, T.M., and Lin, Y.H. 1995. Changes in soluble and cell wall- bound peroxidase activity with growth in anoxia- treated rice (*Oryza sativa* L.) coleoptiles and roots. Plant Sci. 106: 1-7.
31. Loggini, B., Scartazza, A., Brognoli, E., and Navari-Izzo, F. 1999. Antioxidative defence system, pigment composition and photosynthetic efficiency in two wheat cultivars subjected to drought. Plant Physiol. 119: 1091-1099.
32. McCready, R.M., Guggolz, J., Silviera, V., and Owens, H.S. 1950.Determination of starch and amylase in vegetables.Anal. Chem. 22: 1156-1158.
33. Miller, G.L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducting sugars.Anal. Chem. 31: 426-428.
34. Mir Ghasemi, J., Rezaee, M.A., Alishah, E., and Shabdin. M. 2009. Effect of salinity on Antocianine, Proline and Glicne-Betaeen accumulation on commercial cotton cultivars. Plant Res. J. 13: 8-14.
35. Mohammad, B., Jean- Merie, J., and Stanley, L. 1998. Salt stress effects on roots and leaves of Atriplex halimus L. and their corresponding callus cultures. Plant Sci. 137: 131-142.
36. Movahedie Dehnavi, M., Modarese Sanavi, S.A.M., Sorushzadeh, A. and Jalali, M. 2004. Changes of Proline, Total soluble Sugare, Chlorophylle(spad) and Chlorophyll Phloursens in varieties of automn carthamus in effect of drought stress and spray of Zn and Mn. J. Desert. 9(1): 93-110.
37. Neill, S., Desika, R., and Hancock, J. 2002. Hydrogen peroxide signaling curropin. Plant Biol. 5: 388- 395.
38. Nieman, R.H. 1965. Expansion of bean leaves and its suppression by salinity, Plant Physiol. 40: 156-161.
39. Nieman, R.H., and Shannon, M.C. 1976. Screening plants for salinity tolerance. Pp. 359-368.
40. Rhodes, D., and Hanson, A.D. 1993. Quaternary ammonium and quaternary sulfonium compounds in higher plants. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 44:357-384.

41. Roshani, G.H., and Mir Ghasemi, J. 2014. Study on effect of salinity on some morphological responses of 31 cotton genotypes. Plant Environ. Physiol. J. 9(36): 47-57.
42. Sanches, F.J., Manzanares, M., Andres, E.F., Ternorio, J.L., Ayerbe, L. and De Andres, E.F. 1998. Turger maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and praline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field.Crop. Res. 59: 225-235.
43. Sato, F., Yoshioka, H., Fujiwara, T., Higashio, H., Uragami, A., and Tokuda, S. 2004. Physiologycal response of cabbage piug seedling to water stress during low-temprature storage in darkness. J. Hort. Sci.101: 349-357.
44. Satyendra, N.R., Stephan, W.B., Dalton, R.U., lucas, M.C., Tolvert, E., Flower, J.R., and Eddie, P.M. 1999. Antioxidant response to salt stress During Fiber Development in cotton ovules, The J. Cotton. Sci. 3:11-18.
45. Shuji, Y., Ray, A.B., and Hassagawa, P.M. 2002. Salt stress tolerance of plants, Center for Enviro Stress Physiol., Purdue Univ. JIRCAS working Report. 25-33.
46. Souza, J.G. and Silva, M.J. 1996. Behaviour of two cultivars of *Gossypium hirsutum* L. grown at several salinity conditions, Paris university. 7:174: 58107-120.
47. Souza, R.P., Machadoa, E.C., Silva, J.A.B. Lagoa,A.M.M.A., and Silveira, J.A.G. 2004. Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic changes in cowpea (*Vigna unguiculata* L.) during water stress and recovery. Environ. Exp. Botany. (51): 45-56.
48. Waffenschmidt, S., Woessner, J.P., Beer, K., and Goodenough U.W. 1993. Isodityrosine cross-linking mediates insolubilization of cell walls in Chlamydomonas, Plant Cell. 5: 809-820.
49. Wagner, G.J. 1979. Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars, free acids, and anthocyanins in protoplast. Plant Physiol. 64: 88-93.
50. Wahid, A. and Ghazanfar, A. 2006.Possible involvement of some secondary metabolites in salt tolerance of sugarcane. J. Plant Physiol. 163: 723-730.
51. 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.
52. Zheng, X., and Vanhuystee, R.B. 1992. Peroxidase-regulated elongation of segments from peanut hypocotyls. Plant Sci. 81: 47-56.