نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد هشتم، شماره دوم، تابستان ۹۴
۹۵-۷۷
http://ejcp.gau.ac.ir

# ارزیابی اثر تنش شوری بر برخی از خصوصیات فتوسنتزی پنج توده کوشیا (*Kochia scoparia* (L.) Schrad)

***جعفر نباتی[۱]، محمد کافی[۲]، سعید خانی‌نژاد[۳]، علی معصومی[۴]، محمد زارع مهرجردی[۵] و احسان کشمیری[۳]**

[۱] شرکت فناوران بذر یکتا، [۲و۳] استاد و دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه فردوسی مشهد، [۴] عضو هیات‌علمی دانشگاه پیام نور، ایران، [۵] استادیار موسسه آموزش عالی شیروان

تاریخ دریافت: ۹۳/۱/۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۴/۱۵

**چکیده**

**سابقه و هدف:** کارکرد دستگاه فتوسنتزی گیاهان شور دوست قسمت عمده‌ای از تحمل به شوری این گیاهان را به عهده دارد. کوشیا (*Kochia scoparia*) به‌عنوان یک گیاه شور دوست در شرایط تنش شوری توانایی تولید زیست توده‌ی، بالایی دارد. مطالعه فتوسنتز و عوامل وابسته به آن در شرایط تنش شوری می‌تواند دیدگاه های فیزیولوژیک مناسبی را در درک رفتار این گیاه در مواجهه با تنش فراهم سازد. بنابراین آزمایش مزرعه‌ای به منظور اعمال تنش شوری همراه با حضور سایر عوامل محیطی و پرهیز از شرایط مصنوعی برای مطالعه فتوسنتز و عوامل وابسته اجرا شد.

**مواد و روش‌ها:** بنابراین به منظور بررسی اثر سطوح مختلف شوری بر برخی از خصوصیات فتوسنتزی توده‌های مختلف کوشیا، آزمایشی در قالب کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقات شوری قطب علمی گیاهان ویژه، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۸۸ به اجرا درآمد. دو سطح شوری با هدایت‌الکتریکی ۵/۲ و ۱۶/۵ دسی زیمنس بر متر به‌عنوان کرت‌های اصلی و پنج توده بومی کوشیا شامل ارومیه، اصفهان، بروجرد، بیرجند و سبزوار به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند.

*نویسنده مسئول: jafarnabati@gmail.com

**یافته‌ها:** نتایج داد افزایش سطح شوری از ۵/۲ به ۱٦/۵ دسی‌زیمنس بر متر، تاثیر معنی‌داری بر میزان هدایت روزنه‌ای، تعرق، فعالیت فتوسنتزی در گیاه کوشیا داشت. با افزایش سطح تنش شوری از ۵/۲ به ۱٦/۵ دسی‌زیمنس بر متر، هدایت روزنه‌ای کوشیا ۲۹ درصد، میزان تعرق ۰/٤۱ میلی‌مول بر متر مربع بر ثانیه و مقدار فتوسنتز ۲۲/۵ درصد افزایش یافت. از طرف دیگر افزایش سطح شوری تاثیر معنی‌داری بر غلظت کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئیدها، عدد اسپد، دی‌اکسیدکربن زیر روزنه، عملکرد کوانتومی فتوسیستم II، میزان زیست توده، کارآیی مصرف آب و غلظت سدیم و پتاسیم در برگ و ساقه نداشت. اختلاف بین توده‌های مورد مطالعه از نظر کارآیی مصرف آب، سدیم برگ و ساقه معنی‌دار بود. بین توده‌های مورد مطالعه کوشیا، توده‌های اصفهان و سبزوار به ترتیب بیشترین و کمترین کارآیی مصرف آب را دارا بودند.

توده‌های ارومیه و بروجرد با اختلاف ۵۲/۷ درصد به ترتیب کمترین و بیشترین غلظت سدیم در ساقه و با ۷۵ درصد اختلاف به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار سدیم برگ را دارا بودند. برهمکنش سطوح شوری و توده‌های مورد مطالعه تنها از نظر میزان هدایت روزنه‌ای و کارآیی مصرف آب معنی‌دار بود. هدایت روزنه‌ای در تمامی توده‌ها بجز توده سبزوار با افزایش شدت تنش شوری افزایش یافت، این میزان افزایش در توده‌های اصفهان، بیرجند، بروجرد و ارومیه به‌ترتیب ٦٤/۹، ۳۹/۰، ۳۸/۸ و ۱۳/۰ درصد بود. در توده‌های ارومیه و بروجرد با افزایش شدت تنش شوری، کارآیی مصرف آب افزایش پیدا کرد و در سایر توده‌ها این روند کاهشی بود و بیشترین کاهش مربوط به توده‌ی اصفهان بود. بررسی میزان همبستگی کلروفیل a با کلروفیل b، کاروتنوئیدها و کل رنگدانه‌ها در سطح شوری ۵/۲ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار و با افزایش سطح شوری به ۱٦/۵ دسی‌زیمنس بر متر میزان این همبستگی‌ها افزایش یافت. در بین خصوصیات رنگدانه‌های فتوسنتزی تنها نسبت کلروفیل a به کلروفیل b، همبستگی مثبت و معنی‌داری با زیست‌توده نشان داد.

**نتیجه‌گیری:** به‌طورکلی مطالعه برخی از خصوصیات فتوسنتزی توده‌های مختلف کوشیا در شرایط آبیاری با آب شور نشان داد که این گیاه دارای تنوع فراوانی از نظر پاسخ فرآیندهای فیزیولوژیک به تنش شوری است، که می‌توان از این تنوع جهت اصلاح و گزینش گیاهان متحمل به شوری استفاده کرد.

***واژه‌های کلیدی:*** تبخیر و تعرق، عملکرد کوانتومی، کلروفیل، هدایت روزنه‌ای

**مقدمه**

شوری یکی از گسترده‌ترین تهدیدات محیطی در تولید محصولات زراعی برای جمعیت در حال رشد دنیا، بخصوص در اقلیم‌های خشک و نیمه خشک می‌باشد (۸). بیشتر از ۸۰۰ میلیون هکتار زمین در دنیا تحت تاثیر شوری قرار دارد که این مقدار بالغ بر شش درصد از زمین‌های دنیاست (۱۹). به‌دلیل شیوه‌های ناپایدار آبیاری، حدود ۱/٦ میلیون هکتار در سال از زمین‌های فاریاب شور شده و از چرخه تولید خارج می‌شوند (شوری ثانویه) (۲۷). از اینرو، در آینده تولیدات زراعی باید از طریق پرورش گیاهان در اراضی حاشیه‌ای و تحت تاثیر شوری با استفاده از مقدار کم آب (لب شور و حتی شور) افزایش یابد (۲۳). بنابراین، انگیزه بسیار زیادی برای افزایش تحمل به شوری محصولات زراعی رایج با دستکاری ژنتیکی جهت رسیدن به عملکردهای بالاتر در مناطق تحت تاثیر شوری وجود دارد (۲۸).

بهره‌برداری از شورزیست‌ها به عنوان محصولات زراعی، مناطق شور و آب‌های با کیفیت نامناسب را برای کشاورزی رایج ارزشمند می‌کند (۲۳). یکی از گونه‌های امید بخش که قابلیت بالایی جهت تبدیل به یک محصول زراعی دارد، کوشیا (*Kochia scoparia*) می‌باشد. کوشیا گیاهی یکساله و از خانواده سلمه است، که تحمل خوبی به خشکی (۱۳) و شوری (۱۵) دارد. ریاسی و همکاران (۲۰۰۸) کیفیت علوفه و قابلیت هضم گیاه کوشیا را در مقایسه با سایر گیاهان شوردوست مناسب گزارش کردند (۲۱). استفان و وال (۱۹۹۳) عملکرد کمی کوشیا را قابل مقایسه با یونجه گزارش کردند، در حالی‌که این گیاه قابلیت رشد در خاک شور را دارد (۲٤). نباتی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که عملکرد علوفه خشک کوشیا ۹/۱ تن در هکتار، درصد ساقه ٤۱/۹۳ و درصد برگ ۵۷/۹٤ است که می‌تواند کوشیا را به عنوان یک علوفه خشک مناسب مطرح کند (۱۵). همچنین نباتی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که دانه کوشیا حدود ۱۰ درصد روغن دارد که می‌تواند به عنوان یک گزینه برای تولید روغن در مناطق شور از آن استفاده کرد (۱٦).

همانطور که به خوبی شناخته شده است، تحمل به شوری در برگیرنده مکانیزم‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در سطح کل گیاه، بافت، سلول و مولکول است (۹ و ۲٦). این مکانیزم‌ها مرتبط با چهار محدودیت عمده اثرات اسمزی، محدودیت تبادل گازی دی‌اکسید کربن، سمیت یونی، و عدم تعادل غذایی ایجاد شده توسط تنش شوری در رشد گیاه است (۹). برای مقاومت در برابر

محدودیت‌های اسمزی، گیاهان مجبور به بستن بیشتر روزنه‌ها جهت کاهش اتلاف آب هستند که این فرآیند موجب کاهش تبادل گازی و در نهایت کاهش دی اکسید کربن می‌شود (۷).

با توجه به تولید ماده خشک رضایت بخش کوشیا در شرایط تنش شوری، مطالعه فتوسنتز و عوامل وابسته به آن در شرایط تنش شوری می‌تواند دیدگاه‌های فیزیولوژیک مناسبی را برای محققان در درک رفتار این گیاه در مواجهه با این تنش فراهم سازد. بنابراین آزمایش مزرعه‌ای به منظور اعمال تنش شوری همراه با حضور سایر عوامل محیطی و پرهیز از شرایط مصنوعی برای مطالعه فتوسنتز و عوامل وابسته اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

این مطالعه در قالب آزمایش کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقات شوری قطب علمی گیاهان زراعی ویژه، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۸۸ به اجرا درآمد. دو سطح شوری آب آبیاری با هدایت‌الکتریکی ۵/۲ و ۱٦/۵ دسی‌زیمنس بر متر (تهیه شده از چاه‌های واقع در این منطقه) به‌عنوان کرت‌های اصلی و پنج توده بومی کوشیا شامل بیرجند، ارومیه، بروجرد، اصفهان و سبزوار به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. کاشت در دهه اول خرداد ۱۳۸۸ صورت گرفت و تا استقرار کامل گیاهچه‌ها، آبیاری با آب ۵/۲ دسی‌زیمنس بر متر انجام شد. فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. عملیات داشت شامل وجین، تنک کردن و کود دهی نیتروژن با منبع اوره به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در دو نوبت (در مرحله پنج سانتی‌متری پس از وجین و ۱۰ سانتی‌متری) انجام گرفت. سپس تیمار آبیاری با آب ۱٦/۵ دسی‌زیمنس بر متر اعمال شد.

در ابتدای مرحله گرده‌افشانی، اندازه‌گیری میزان فتوسنتز، تبخیر و تعرق، هدایت روزنه‌ای و میزان دی‌اکسیدکربن اتاقک زیر روزنه در جوان‌ترین برگ کاملا توسعه یافته، قبل از برداشت، به وسیله دستگاه اندازه‌گیری فتوسنتز (مدل LCA4) انجام شد. برای این منظور شدت نور با استفاده از یک ماتریس نه عددی از LEDهای ۰/۳ وات منتشر کننده نور سفید در فاصله ۱/۵ سانتی‌متری در مقدار نور ۹۰۰ میکرومول بر متر مربع در سطح برگ تثبیت شد. کارآیی مصرف آب از طریق تقسیم مقدار فتوسنتز خالص بر تعرق محاسبه شد. مقدار عملکرد کوانتومی فتوسیستم II در برگ‌های جوان کاملا

توسعه یافته با استفاده از دستگاه فلوریمتر OPTI (مدل OS1-FL) و عدد کلروفیل با دستگاه Mintola Reading SPAD-502, Japan با سه نمونه‌گیری در تکرار اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها از روش دری و همکاران (۱۹۹۸) استفاده شد (٦). برای این منظور ۱۰۰ میلی‌گرم برگ تازه از برگ‌های جوان کاملاً توسعه یافته جدا و استخراج رنگدانه‌ها با استفاده از اتانول ۹٦ درصد انجام شد. میزان جذب در طول موج‌های ٤٧٠، ٦٥٣ و ٦٦٦ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر (Jenway UV-Visible Spectrophotometer Model 6305) انجام شد. میزان سدیم و پتاسیم ساقه و برگ در ابتدای مرحله گرده‌افشانی، با دستگاه فلیم‌فتومتر (UK-Jenway) و محلول‌های استاندارد سدیم و پتاسیم تعیین شد. در انتهای مرحله زایشی پس از رسیدگی کامل و حذف حاشیه‌ها کرت‌ها برداشت انجام شد و پس از ٤٨ ساعت قرارگیری در دمای ۸۰ درجه سلسیوس میزان زیست توده ثبت گردید. جهت تجزیه‌های آماری در این مطالعه از نرم‌افزار Minitab 16 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون LSD انجام گرفت و سطح اطمینان بکار رفته در کلیه تجزیه تحلیل‌ها ۹۵ درصد در نظر گرفته شد.

## نتایج و بحث

بررسی اثر تنش شوری بر غلظت کلروفیل a نشان داد که با افزایش شدت تنش از ۵/۲ به ١٦/٥ دسی‌زیمنس بر متر غلظت کلروفیل a نه درصد افزایش یافت با این وجود اختلاف حاصله معنی‌دار نبود (جدول ۱). در بین توده‌های مورد مطالعه بیشترین و کمترین غلظت کلروفیل a به‌ترتیب متعلق به توده بیرجند و ارومیه بود با این حال اختلاف بین توده‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۱). برهم‌کنش سطوح تنش شوری و توده‌های مورد مطالعه کوشیا حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار با افزایش شدت تنش شوری بود (جدول ٤).

غلظت کلروفیل b برخلاف کلروفیل a با افزایش شدت تنش کاهش یافت، ولی اختلاف بین تیمارها معنی‌دار نبود (جدول ۱). همانند کلروفیل a، غلظت کلروفیل b تحت تاثیر توده‌های مورد مطالعه قرار نگرفت و اختلاف بین آنها معنی‌دار نبود (جدول ۱). بررسی بر هم کنش سطوح تنش شوری و توده‌های مورد مطالعه کوشیا نیز حاکی از عدم تاثیر معنی دار آنها بود (جدول ٤).

نسبت کلروفیل a به کلروفیل b با افزایش شدت تنش شوری از ۵/۲ به ١٦/٥ دسی‌زیمنس بر متر تحت تاثیر معنی‌دار قرار نگرفت (جدول ۱). در بین توده‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری از نظر

نسبت کلروفیل a به کلروفیل b مشاهده نشد (جدول ۱). برهم کنش سطوح تنش شوری و توده‌های مورد مطالعه کوشیا از نظر نسبت کلروفیل a به کلروفیل b نشان داد که با افزایش شدت تنش شوری در توده‌های مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود (جدول ٤).

افزایش شدت تنش از ۵/۲ به ۱٦/۵ دسی‌زیمنس بر متر، تاثیر معنی‌داری بر غلظت کاروتنوئیدها در کوشیا نداشت (جدول ۱). در بین توده‌های مورد مطالعه بین بیشترین از نظر مقدار کاروتنوئیدها اختلاف آماری معنی‌دار بین توده‌ها مشاهده نشد (جدول ۱). غلظت کاروتنوئیدها در تمامی توده‌ها با افزایش شدت تنش تغییر معنی‌داری پیدا نکرد (جدول ٤).

غلظت کل رنگدانه‌ها با افزایش شدت تنش شوری از ۵/۲ به ۱٦/۵ دسی‌زیمنس بر متر، تغییر معنی داری پیدا نکرد (جدول ۱). در بین توده‌های مورد مطالعه از نظر غلظت کل رنگدانه‌ها اختلاف آماری معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۱). برهم کنش سطوح تنش شوری و توده‌های مورد مطالعه کوشیا نشان داد که با افزایش شدت تنش شوری غلظت کل رنگدانه‌ها از نظر آماری تغییر معنی‌دار نیست (جدول ٤).

از نظر محتوای نسبی کلروفیل، عدد اسپد بین سطوح مختلف شوری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). عدد اسپد که نشان‌دهنده میزان سبزینگی در گیاه می‌باشد این خصوصیت تحت تاثیر معنی‌دار توده‌های مختلف قرار نگرفت (جدول ۱). با افزایش شدت تنش شوری عدد اسپد در توده‌های مختلف تغییر معنی‌دار نشان نداد (جدول ٤).

در پژوهش‌های انجام شده گزارش‌های متفاوتی در ارتباط با پاسخ رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاهان به تنش شوری وجود دارد به‌عنوان مثال در بررسی پاسخ فیزیولوژیک گیاه پنبه نسبت به تنش شوری، کاهش مقدار کلروفیل a و کلروفیل b (۲۰) و در مقابل افزایش غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و محتوی کل رنگدانه‌های فتوسنتزی در گندم گزارش شده است (۱۸). این اختلاف در تغییرات رنگدانه‌ها به وضعیت غشاء سلول‌ها و زوال آن تحت تاثیر شوری مربوط می‌شود (۳). در این مطالعه افزایش غلظت کلروفیل a و کاروتنوئیدها و کل رنگدانه‌های فتوسنتزی با افزایش سطح تنش شوری مشاهده شد، از طرف دیگر در این مطالعه، غلظت کلروفیل b در سطح بالای تنش شوری کمتر از سطح پایینی تنش شوری بود. بررسی میزان همبستگی کلروفیل a با کلروفیل b ($P\leq ۰/۰۵$)، کاروتنوئیدها ($P\leq ۰/۰۱$) و کل رنگدانه‌ها ($P\leq ۰/۰۱$) در سطح شوری ۵/۲ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار و با افزایش سطح شوری به ۱٦/۵ دسی‌زیمنس بر متر میزان این همبستگی‌ها افزایش یافت (جدول ۵).

**جدول ۱- میانگین‌های کلروفیل a، کلروفیل b، نسبت کلروفیل a به کلروفیلb، کاروتنوئیدها، رنگدانه کل و عدد اسپد در توده‌های مختلف کوشیا تحت تاثیر تنش شوری.**

Table 1. Means of Chlorophylla, Chlorophyllb, Chlorophylla / Chlorophyllb, carotenoids, total pigment and spad at different kochia ecotypes under salinity stress.

| صفت‌ها Traits | EC (دسی‌زیمنس بر متر) | | | Ecotype توده | | | | | $LSD_{0.05}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5.2 | 16.5 | $LSD_{0.05}$ | ارومیه | اصفهان | بروجرد | بیرجند | سبزوار | |
| | | | | Urmia | Esfahan | Borujerd | Birjand | Sabzevar | |
| کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم ماده تر) Chlorophylla (mg.gfw) | 0.395 | 0.434 | 0.175 | 0.286 | 0.458 | 0.461 | 0.478 | 0.390 | 0.195 |
| کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم ماده تر) Chlorophylla (mg.gfw) | 0.154 | 0.150 | 0.102 | 0.119 | 0.165 | 0.172 | 0.173 | 0.132 | 0.067 |
| نسبت کلروفیل a به کلروفیلb Chlorophylla / Chlorophyllb | 2.600 | 2.900 | 1.800 | 2.600 | 2.900 | 2.600 | 2.700 | 2.900 | 0.519 |
| کاروتنوئیدها (میلی‌گرم در گرم ماده تر) Carotenoids (mg.gfw) | 0.067 | 0.079 | 0.096 | 0.055 | 0.079 | 0.075 | 0.082 | 0.075 | 0.095 |
| رنگدانه کل (میلی‌گرم در گرم ماده تر) Total pigment (mg.gfw) | 0.616 | 0.663 | 0.240 | 0.459 | 0.702 | 0.709 | 0.733 | 0.597 | 0.280 |
| عدد اسپد Spad | 31.100 | 31.300 | 4.900 | 29.0 | 30.000 | 33.000 | 31.500 | 32.300 | 4.100 |

$LSD_{0.05}$ حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ LSD, Least significant different at the 0.05

مقدار کلروفیل و رنگدانه‌های فتوسنتزی از مهمترین عوامل مؤثر در ظرفیت فتوسنتزی گیاهان هستند زیرا به طور مستقیم بر سرعت و میزان فتوسنتز و در نهایت تولید زیست‌توده تاثیر گذار هستند (۱٤). در این مطالعه همبستگی کلروفیل a با فتوسنتز در سطح شوری ۵/۲ دسی‌زیمنس بر متر غیرمعنی‌دار ($P\leq$۰/۰۵) اما در سطح شوری ۱٦/۵ این همبستگی ($r^2$=٦۰) معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۵) بود (جدول ۵).

با افزایش شدت شوری، کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها همبستگی مثبت و معنی‌دارای ($P\leq$۰/۰۱) با فتوسنتز نشان دادند (جدول ۵). افزایش میزان کاروتنوئیدها در تنش شوری در گیاه *Cymbopogon nardus* گزارش شده است (۱۲). کاروتنوئیدها دو وظیفه اصلی در فتوسنتز دارند، محافظت کلروپلاست از خطرات اکسیداتیو نوری به‌عنوان رنگدانه کمکی و نقش آنتی‌اکسیدان غیر آنزیمی در مقابل تنش‌های اکسیداتیو (۱۲). بررسی روابط رنگدانه‌های فتوسنتزی با سدیم برگ نشان داد که همبستگی تمامی رنگدانه‌ها با افزایش سطح تنش شوری کاهش یافت اما هیچ یک از آنها معنی‌دار نبود (جدول ۵). تخریب کلروفیل‌ها توسط یون‌های سدیم در سطوح متفاوت شوری گزارش شده است (۱۷). از طرف دیگر متناسب با افزایش سطوح تنش شوری و نوع گیاه کاهش سطح برگ و افزایش

ضخامت آن مشاهده می‌شود (۲۲)، که علی‌رغم تخریب مولکول‌های کلروفیل توسط یون‌های مضر، غلظت کلروفیل باقیمانده در واحد سطح برگ افزایش می‌یابد (۱). در بین خصوصیات رنگدانه‌های فتوسنتزی تنها نسبت کلروفیل a به کلروفیل b، همبستگی مثبت و معنی‌داری (P≤۰/۰۱) با زیست‌توده نشان داد (جدول ٦).

میزان هدایت روزنه‌ای با افزایش سطح تنش شوری افزایش معنی‌داری (P≤۰/۰۱) پیدا کرد (جدول ۲). با افزایش سطح تنش شوری از ۵/۲ به ۱٦/۵ دسی زیمنس بر متر، هدایت روزنه‌ای کوشیا ۲۹ درصد افزایش یافت (جدول ۲). از نظر هدایت روزنه‌ای بین توده‌های مختلف مورد مطالعه کوشیا تنوع قابل ملاحظه‌ای مشاهده شد. توده بروجرد و اصفهان به ترتیب بیشترین و کمترین هدایت روزنه‌ای را دارا بودند و اختلاف بین این دو توده از نظر این خصوصیت ۳۷/٤ درصد بود (جدول ۲). برهم کنش تیمارهای تنش شوری و توده‌های مختلف مورد مطالعه کوشیا از نظر هدایت روزنه‌ای معنی‌دار (P≤۰/۰۵) بود. هدایت روزنه‌ای در تمامی توده‌ها بجز توده سبزوار با افزایش شدت تنش شوری افزایش یافت، این میزان افزایش در توده‌های اصفهان، بیرجند، بروجرد و ارومیه به‌ترتیب ٦٤/۹، ۳۹/۰، ۳۸/۸ و ۱۳/۰ درصد بود (جدول ٤).

افزایش سطح تنش شوری موجب افزایش معنی‌دار (P≤۰/۰۵) تعرق در کوشیا گردید (جدول ۲)، میزان تعرق در تیمار ۱٦/۵ دسی زیمنس بر متر، ۰/٤۱ میلی مول بر متر مربع بر ثانیه بیشتر از تیمار ۵/۲ دسی زیمنس بر متر بود (جدول ۲). با وجود تنوع در میزان تعرق در توده‌های مورد مطالعه کوشیا و اختلاف ۲۹/٦ درصدی بین کمترین (اصفهان) و بیشترین (بروجرد) تعرق، اختلاف توده‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۲). همانند هدایت روزنه‌ای، تعرق در تمامی توده‌ها بجز توده سبزوار با افزایش شدت تنش شوری افزایش یافت. غلظت دی‌اکسیدکربن زیر روزنه تحت تاثیر تیمارهای شوری و اکوتیپ‌های مختلف قرار نگرفت (جدول ۲).

تنش شوری موجب بسته شدن روزنه‌ها، سپس کاهش نسبت $CO_2$ به $O_2$ در برگ و در نهایت ممانعت از تثبیت $CO_2$ می‌شود (۱٤). بررسی همبستگی هدایت روزنه‌ای با میزان تبخیر و تعرق برگ کوشیا در سطح شوری ۵/۲، ۱٦/۵ دسی زیمنس بر متر و مجموع مثبت و معنی‌دار (P≤۰/۰۱) بود، نکته قابل توجه کاهش میزان همبستگی این دو ویژگی با افزایش میزان شوری بود (جداول ۵ و ٦). از طرف دیگر هدایت روزنه‌ای با کارآیی مصرف آب همبستگی منفی نشان داد. با افزایش سطح شوری از ۵/۲ به ۱٦/۵ دسی‌زیمنس بر متر از میزان همبستگی منفی هدایت روزنه‌ای با کارآیی مصرف آب به شدت کاسته شد (جدول ۵).

**جدول ۲. میانگین‌های هدایت روزنه‌ای، تعرق، دی‌اکسیدکربن زیر روزنه، عملکرد کوانتومی فتوسیستم II، فتوسنتز، زیست توده و کارآیی مصرف آب در توده‌های مختلف کوشیا تحت تاثیر تنش شوری.**

Table 2. Means of stomatal conductant, transpiration rate, $CO_2$ substomatal, photosystem II quantum yield, photosynthetic rate, biomass and WUE at different kochia ecotypes under salinity stress.

| صفت‌ها Traits | EC (دسی زیمنس بر متر) | | | Ecotype توده | | | | | $LSD_{0.05}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5.2 | 16.5 | $LSD_{0.05}$ | ارومیه Urmia | اصفهان Esfahan | بروجرد Borujerd | بیرجند Birjand | سبزوار Sabzevar | |
| هدایت روزنه‌ای (مول در متر مربع در ثانیه) Stomatal conductant (mol $m^{-2}s^{-1}$) | 0.267 | 0.376 | 0.101 | 0.295 | 0.263 | 0.420 | 0.287 | 0.344 | 0.160 |
| تعرق (میلی مول بر متر مربع بر ثانیه) Ttranspiration rate (mmol $m^{-2}s^{-1}$) | 1.14 | 1.55 | 0.398 | 1.27 | 1.12 | 1.59 | 1.24 | 1.49 | 0.580 |
| دی‌اکسیدکربن زیر روزنه (قسمت در میلیون) $CO_2$ substomatal (ppm) | 335 | 335 | 67 | 327 | 337 | 349 | 325 | 336 | 25 |
| عملکرد کوانتومی فتوسیستم II Quantum yieldIIPhotosystem | 0.534 | 0.544 | 0.103 | 0.544 | 0.547 | 0.549 | 0.537 | 0.518 | 0.121 |
| فتوسنتز (میکرو مول بر متر مربع بر ثانیه) Photosynthetic rate ($\mu molm^{-2}s^{-1}$) | 5.100 | 6.580 | 0.230 | 5.560 | 5.130 | 6.160 | 6.290 | 6.080 | 1.620 |
| زیست توده (گرم در مترمربع) Biomass ($g.m^{-2}$) | 1341 | 1262 | 592 | 1365 | 1296 | 1243 | 1222 | 1381 | 209 |
| کارآیی مصرف آب* WUE ($\mu M\ Co_2/mM\ H_2o$) | 5.920 | 4.500 | 2.670 | 4.840 | 7.400 | 4.210 | 5.540 | 4.060 | 4.490 |

*میکرو مول دی اکسید کربن تثبیت شده به میلی مول آب تعرق شده

$LSD_{0.05}$ حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ LSD, Least significant different at the 0.05

فلورسانس کلروفیل به‌عنوان یک خصوصیت فیزیولوژیک گیاه در اثر شوری دچار تغییراتی می‌شود که می‌توان از آن جهت انتخاب گیاهان متحمل به شوری استفاده کرد (٤). عملکرد کوانتومی فتوسیستم II با افزایش سطح تنش شوری، ۱/۸ درصد افزایش یافت که از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۲).

فتوسنتز خالص نتیجه نهایی تمامی صفاتی است که تا کنون در این مقاله مورد ارزیابی قرار گرفته است. بررسی اثر تنش شوری بر مقدار فتوسنتز نشان داد که افزایش شدت تنش شوری موجب افزایش معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۵) فعالیت فتوسنتزی کوشیا گردید (جدول ۲). میزان افزایش فتوسنتز با افزایش شدت تنش شوری از ۵/۲ به ۱٦/۵دسی زیمنس بر متر، ۲۲/۵ درصد بود (جدول ۲). اختلاف بین توده‌های مورد مطالعه از نظر فعالیت فتوسنتزی معنی‌دار نبود (جدول ۲). برهم کنش اثر تیمارهای شوری و توده‌های مختلف کوشیا نشان داد که بجز توده سبزوار در سایر توده‌ها با افزایش شدت تنش شوری میزان فتوسنتز افزایش یافت، با این وجود اختلاف تنها افزایش فتوسنتز در توده بیرجند معنی‌دار بود

(P≤۰/۰۵) (جدول ٤). از نظر زیست توده بین توده‌های مورد مطالعه کوشیا اختلاف معنی‌داری وجـود نداشت با این وجود توده سبزوار نسبت به سایر توده‌ها زیست توده بیشتری تولیـد کـرد (جـدول ۲). برهم کنش تنش شوری و توده‌ها از نظر زیست توده تولیدی معنی‌دار نبود (جدول ٤).

فتوسنتز به‌عنوان یک ملاک فیزیولوژیک برای انتخاب تحمل به شوری معرفی شده است (۲) و زیست توده نتیجه فرآیند فتوسنتز خالص و تنفس در گیاهان می‌باشد، در این آزمایش علی‌رغم افزایش میزان فتوسنتز در تنش شوری بالاتر در توده بیرجند افزایش میزان زیست توده تولیدی کوشیا معنی‌دار نبود. این نتیجه ممکن است بیانگر این نکته باشد که تنفس نگهداری در شرایط تنش شوری در گیاه کوشیا به حدی بوده که تولیدات فتوسنتزی را برای مقابله با تنش شوری مصرف کرده باشد.

با افزایش شدت تنش شوری از ۵/۲ به ۱٦/۵ دسی‌زیمنس بر متر کارآیی مصرف آب تغییر معنی داری نداشت (جدول ۲). بین توده‌های مورد مطالعه کوشیا، توده‌های اصفهان و سبزوار به‌ترتیب بیشترین و کمترین کارآیی مصرف آب را دارا بودند (جدول ۲). برهم کنش تیمارهای مختلف مورد مطالعه نشان داد که در توده‌های ارومیه و بروجرد با افزایش شدت تنش شوری، کارآیی مصرف آب افزایش پیدا کرد و در سایر توده‌ها این روند کاهشی بود و بیشترین کاهش مربوط به توده اصفهان بود (جدول ٤).

همبستگی منفی معنی‌داری (P≤۰/۰۱) بین تبخیر و تعرق برگ و کارآیی مصرف آب مشـاهده شـد (جدول ٦). رابطه مثبت و معنی‌دار بین هدایت روزنه‌ای، تعرق و فتوسنتز در هر دو سطح شوری مورد مطالعه مشاهده شد (جدول ۵). همبستگی تبخیر و تعرق با فتوسنتز مثبـت و معنـی‌دار (P≤۰/۰۵) بـود (جداول ۵ و ٦). همبستگی هدایت روزنه‌ای و زیست توده در سطح شوری ۵/۲ دسی زیمنس بر متـر مثبت و معنی‌دار (P≤۰/۰۵) بود ولی این همبستگی در سطح تنش شوری ۱٦/۵ دسی زیمنس بـر متـر معنی‌دار نبود (جدول ۵). با توجه به روابط موجود، بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش شوری، میـزان تبادلات گازی جهت فتوسنتز در گیاه کوشیا را کاهش داده است، از طرف دیگر با کـاهش همبسـتگی منفی هدایت روزنه‌ای با کارآیی مصرف آب در سطح تنش ۱٦/۵ دسی زیمنس بر متر نشان می‌دهد که افزایش کارآیی مصرف آب نتوانسته میزان کاهش تولید زیست توده را جبران کند. بررسـی همبسـتگی هدایت روزنه‌ای با یون پتاسیم برگ حاکی از رابطه منفی بین این دو ویژگی بود، با این وجود افزایش سطح تنش شوری موجب منفی‌تر شدن این همبستگی گردید (جدول ۵). همبستگی منفی بین تبخیر و تعرق با پتاسیم برگ مشاهده شد (جدول ٦)، و با افزایش سطح تـنش شـوری از ۵/۲ بـه ۱٦/۵ دسـی

زیمنس بر متر این همبستگی منفی‌تر گردید (جدول ۵). مدیریت روزنه‌ها بواسطه حضور یون پتاسیم در سلول‌های محافظ روزنه انجام می‌گیرد (۱۰). در این مطالعه احتمالاً کاهش معنی‌دار پتاسیم ساقه و همچنین کاهش پتاسیم برگ با افزایش شدت تنش شوری موجب افزایش هدایت روزنه‌ای گردید. به عبارت دیگر ممکن است گیاه به اندازه کافی پتاسیم در اختیار نداشته که بتواند تنظیم روزنه‌ای انجام دهد. این مطالب می‌تواند نشان دهنده اهمیت نقش پتاسیم در تنظیم روزنه‌ها در شرایط تنش شوری در کوشیا که یک گیاه شور زیست است باشد. بررسی همبستگی تبخیر و تعرق با سدیم برگ نشان داد که با افزایش سطح شوری همبستگی این دو ویژگی مثبت‌تر می‌گردد (جدول ۵). این نکته نشان‌دهنده ورود بیشتر سدیم به داخل گیاه با افزایش تبخیر و تعرق است. بین تیمارهای مورد مطالعه از نظر غلظت پتاسیم در ساقه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳ و ٤).

**جدول ۳. میانگین‌های پتاسیم، سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم ساقه، پتاسیم، سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم برگ در توده‌های مختلف کوشیا تحت تاثیر تنش شوری.**

Table 3. Means of K stem, Na stem, Na/K stem, K leaf, Na leaf and Na/K leaf at different kochia ecotypes under salinity stress.

| صفت‌ها | EC (دسی زیمنس بر متر) | | | Ecotype توده | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Traits | 5.2 | 16.5 | $LSD_{0.05}$ | ارومیه | اصفهان | بروجرد | بیرجند | سبزوار | $LSD_{0.05}$ |
| | | | | Urmia | Esfahan | Borujerd | Birjand | Sabzevar | |
| پتاسیم ساقه (میلی‌مول بر گرم ماده خشک) K stem (mg/gdw) | 17.55 | 15.41 | 2.40 | 17.04 | 14.72 | 12.87 | 19.93 | 17.83 | 7.10 |
| سدیم ساقه (میلی‌مول بر گرم ماده خشک) Na stem (mg/gdw) | 6.37 | 5.38 | 2.53 | 3.70 | 6.91 | 7.83 | 5.41 | 5.53 | 1.75 |
| نسبت سدیم به پتاسیم ساقه Na/K Stem | 0.41 | 0.42 | 0.19 | 0.22 | 0.52 | 0.65 | 0.31 | 0.37 | 0.24 |
| پتاسیم برگ (میلی‌مول بر گرم ماده خشک) K Leaf (mg/gdw) | 61.80 | 59.77 | 6.20 | 67.73 | 55.77 | 47.79 | 65.53 | 67.12 | 15.5 |
| سدیم برگ (میلی‌مول بر گرم ماده خشک) Na Leaf (mg/gdw) | 16.54 | 13.02 | 7.90 | 6.11 | 18.14 | 24.43 | 10.44 | 14.77 | 11.20 |
| نسبت سدیم به پتاسیم برگ Na/K Leaf | 0.32 | 0.27 | 0.16 | 0.10 | 0.40 | 0.54 | 0.20 | 0.24 | 0.30 |

LSD, Least significant different at the 0.05 — $LSD_{0.05}$ حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵

غلظت سدیم در ساقه کوشیا با افزایش میزان شوری تا ۱٦/۵ دسی زیمنس بر متر افزایش پیدا نکرد و بین تیمارها اختلاف معنی‌دار آماری وجود نداشت (جدول ۳). با توجه به اینکه آب‌های شور مورد استفاده جهت اعمال تنش شوری از چاه‌های اطراف محل طرح تهیه شده بودند و از کلرید سدیم خالص استفاده نشده بود احتمالا عامل شوری علاوه بر کلرید سدیم سایر یون‌ها نیز بوده است. از طرف دیگر احتمال اینکه گیاه کوشیا تا حدی در برابر ورود یون‌های مضر به درون خود مقاوم باشد وجود دارد. بین توده‌ها از نظر غلظت سدیم در ساقه کوشیا اختلاف آماری معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۵) مشاهده شد، توده‌های ارومیه و بروجرد با اختلاف ۵۲/۷ درصد به ترتیب کمترین و بیشترین غلظت سدیم در ساقه را دارا بودند. بررسی واکنش توده‌های مورد مطالعه کوشیا در ارتباط با افزایش شدت تنش شوری نشان داد در بین توده‌ها اختلاف معنی‌دار آماری بین تیمارها وجود نداشت (جدول ٤).

تیمارهای شوری اعمال شده تاثیری بر نسبت سدیم به پتاسیم ساقه کوشیا نداشتند (جدول ۳). اکوتیپ‌های مورد مطالعه کوشیا از نظر نسبت سدیم به پتاسیم ساقه دارای تنوع بودند به‌طوری‌که توده‌های بروجرد و ارومیه با ٦٦ درصد اختلاف به‌ترتیب بیشترین و کمترین نسبت سدیم به پتاسیم ساقه را دارا بودند (جدول ۳). برهم کنش تیمارهای شوری و توده های کوشیا از نظر نسبت سدیم به پتاسیم ساقه نشان داد که این نسبت با افزایش شدت تنش در توده‌های بیرجند و بروجرد کاهشی و در سایر توده‌ها افزایشی بود (جدول ٤).

غلظت پتاسیم برگ با افزایش شدت تنش شوری از ۵/۲ به ۱٦/۵ دسی زیمنس بر متر، معنی‌دار نبود (جدول ۳). بین توده‌های کوشیا نیز اختلاف معنی‌داری از نظر غلظت پتاسیم برگ مشاهده نشد (جدول ۳). از نظر غلظت پتاسیم برگ در برهمکنش تیمارهای شوری و توده‌ها، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ٤). میزان سدیم برگ کوشیا با افزایش شدت تنش شوری، تغییر معنی‌داری پیدا نکرد (جدول ۳). بررسی غلظت سدیم برگ در توده‌های مختلف کوشیا نشان داد که توده‌های بروجرد و ارومیه با ۷۵ درصد اختلاف به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را دارا بودند و با سایر توده‌ها اختلاف معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۵) داشتند (جدول ۳). برهم کنش توده‌ها و تیمارهای تنش شوری حاکی از عدم اختلاف آماری معنی‌دار از نظر سدیم برگ بود (جدول ٤).

**جدول ٤. میانگین‌های صفات مورد بررسی در توده‌های مختلف کوشیا تحت تاثیر تنش شوری.**

**Table 2. Means of evaluation traits at different kochia ecotypes under salinity stress.**

| صفات | EC(dSm$^{-1}$) ۵/۲ توده Ecotype | | | | | EC(dSm$^{-1}$) ۱۶/۵ توده Ecotype | | | | | $LSD_{0.05}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ارومیه Urmia | اصفهان Esfahan | بروجرد Borujerd | بیرجند Birjand | سبزوار Sabzevar | ارومیه Urmia | اصفهان Esfahan | بروجرد Borujerd | بیرجند Birjand | سبزوار Sabzevar | |
| کلروفیل a (میلی گرم در گرم ماده تر) Cha(mg.gfw) | 0.289 | 0.439 | 0.399 | 0.415 | 0.432 | 0.283 | 0.477 | 0.523 | 0.541 | 0.347 | 0.251 |
| کلروفیل b (میلی گرم در گرم ماده تر) Chb(mg.gfw) | 0.141 | 0.172 | 0.149 | 0.162 | 0.145 | 0.096 | 0.158 | 0.195 | 0.184 | 0.120 | 0.100 |
| نسبت کلروفیلa به کلروفیلb Cha/Chb | 2.300 | 2.800 | 2.600 | 2.500 | 3.000 | 2.900 | 3.100 | 2.700 | 2.900 | 2.900 | 0.804 |
| کاروتنوئیدها (میلی گرم در گرم ماده تر) Carotenoids(mg.gfw) | 0.050 | 0.076 | 0.061 | 0.073 | 0.078 | 0.060 | 0.082 | 0.090 | 0.091 | 0.072 | 0.134 |
| رنگدانه کل (میلی گرم در گرم ماده تر) Total pigment(mg.gfw) | 0.480 | 0.687 | 0.610 | 0.650 | 0.654 | 0.439 | 0.717 | 0.808 | 0.815 | 0.539 | 0.379 |
| عدد اسپد Spad | 28.800 | 30.600 | 31.300 | 32.400 | 32.300 | 29.200 | 29.400 | 34.800 | 30.600 | 32.400 | 6.500 |
| هدایت روزنه‌ای (مول در متر مربع در ثانیه) Stomatal conductant (mol m$^{-2}$s$^{-1}$) | 0.274 | 0.137 | 0.319 | 0.217 | 0.389 | 0.315 | 0.390 | 0.521 | 0.356 | 0.300 | 0.158 |
| تعرق (میلی مول بر متر مربع بر ثانیه) Ttranspiration rate (mmol m$^{-2}$s$^{-1}$) | 1.120 | 0.610 | 1.450 | 0.930 | 1.590 | 1.430 | 1.640 | 1.730 | 1.550 | 1.380 | 0.820 |
| دی‌اکسیدکربن زیرروزنه (قسمت در میلیون) $CO_2$ substomatal (ppm) | 332 | 339 | 341 | 325 | 337 | 321 | 335 | 357 | 325 | 336 | 37.000 |
| عملکرد کوانتومی فتوسیستم II quantum yieldIIPhotosystem | 0.525 | 0.565 | 0.539 | 0.572 | 0.470 | 0.564 | 0.530 | 0.559 | 0.501 | 0.565 | 0.171 |
| فتوسنتز (میکرومول بر متر مربع بر ثانیه) Photosynthetic rate (µmolm$^{-2}$s$^{-1}$) | 4.590 | 4.140 | 5.260 | 4.970 | 6.550 | 6.520 | 6.120 | 7.060 | 7.600 | 5.600 | 2.510 |
| زیست توده (گرم در متر مربع) Biomass (g.m$^{-2}$) | 1373 | 1227 | 1354 | 1188 | 1565 | 1357 | 1366 | 1132 | 1257 | 1197 | 438 |

ادامه جدول ٤.

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کارآیی مصرف آب* WUE (µM $Co_2$/mM $H_2o$) | 4.360 | 11.020 | 3.810 | 6.250 | 4.180 | 5.330 | 3.780 | 4.600 | 4.840 | 3.940 | 7.360 |
| پتاسیم ساقه (میلی‌مول بر گرم ماده خشک) K stem (mg/gdw) | 17.640 | 17.160 | 12.960 | 21.280 | 18.690 | 16.440 | 12.270 | 12.790 | 18.590 | 16.970 | 9.200 |
| سدیم ساقه (میلی‌مول بر گرم ماده خشک) Na stem (mg/gdw) | 3.690 | 8.040 | 8.800 | 6.240 | 5.100 | 3.710 | 5.780 | 6.850 | 4.590 | 5.960 | 5.320 |
| نسبت سدیم به پتاسیم ساقه Na/K Stem | 0.210 | 0.490 | 0.700 | 0.340 | 0.320 | 0.240 | 0.550 | 0.600 | 0.270 | 0.420 | 0.510 |
| پتاسیم برگ (میلی‌مول بر گرم ماده خشک) K Leaf (mg/gdw) | 73.180 | 52.900 | 46.460 | 66.320 | 70.160 | 62.280 | 58.640 | 49.110 | 64.740 | 64.070 | 27.700 |
| سدیم برگ(میلی‌مول بر گرم ماده خشک) Na Leaf (mg/gdw) | 4.350 | 21.330 | 26.740 | 17.150 | 13.110 | 7.860 | 14.950 | 22.120 | 3.740 | 16.440 | 24.530 |
| نسبت سدیم به پتاسیم برگ Na/K Leaf | 0.060 | 0.440 | 0.580 | 0.350 | 0.200 | 0.130 | 0.360 | 0.500 | 0.050 | 0.290 | 0.540 |

*میکرو مول دی اکسید کربن تثبیت شده به میلی مول آب تبخیر شده.

LSD.٠,٠٥ حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ LSD, Least significant different at the 0.05

جدول۵. ضرایب همبستگی بین صفات مختلف مورد مطالعه در $۵/۲dSm^{-1}$ (قطر بالایی) و $۱۶/۵dSm^{-1}$ (قطر پایینی) در پنج توده بومی کوشیا.

**Table 5. Correlation coefficient among deferent treats at 5.2 $dSm^{-1}$ (above diagonal) and 16.5 $dSm^{-1}$ (below diagonal). in five kochia ecotypes.**

| | صفت‌ها Traits | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | کلروفیل a Cha | 1 | 0.55* | 0.53* | 0.80** | 0.99** | 0.46 | 0.41 | 0.41 | 0.39 | 0.07 | -0.24 | -0.06 | 0.39 | 0.23 | -0.26 | 0.34 | 0.40 | -0.18 | 0.36 |
| ۲ | کلروفیل b Chb | 0.95** | 1 | -0.39 | 0.03 | 0.64** | 0.42 | 0.01 | 0.04 | 0.18 | 0.07 | -0.30 | 0.01 | 0.46 | 0.23 | -0.40 | 0.38 | 0.51 | -0.02 | 0.33 |
| ۳ | نسبت کلروفیل a به کلروفیل b Cha/Chb | 0.16 | -0.15 | 1 | 0.83** | 0.44 | 0.09 | 0.32 | 0.28 | 0.24 | -0.07 | 0.07 | -0.06 | -0.06 | 0.00 | 0.11 | -0.07 | -0.12 | 0.42 | -0.43 |
| ٤ | کاروتنوئیدها Carotenoids | 0.90** | 0.77** | 0.33 | 1 | 0.75** | 0.13 | 0.34 | 0.31 | 0.36 | -0.20 | -0.18 | 0.04 | 0.10 | 0.00 | 0.08 | 0.11 | 0.06 | 0.43 | -0.52* |
| ٥ | رنگدانه کل Total pigment | 1.00** | 0.96** | 0.11 | 0.90** | 1 | 0.46 | 0.35 | 0.36 | 0.39 | 0.03 | -0.28 | -0.03 | 0.41 | 0.22 | -0.27 | 0.35 | 0.42 | 0.33 | -0.14 |
| ٦ | عدد اسپد Spad | 0.13 | 0.15 | 0.08 | 0.11 | 0.13 | 1 | 0.00 | -0.03 | 0.18 | 0.10 | 0.25 | -0.15 | 0.38 | 0.40 | -0.32 | 0.47 | 0.53 | 0.12 | 0.37 |
| ۷ | هدایت روزنه‌ای Stomatal conductant | 0.53* | 0.41 | 0.36 | 0.62** | 0.52* | 0.33 | 1 | 0.99** | 0.31 | 0.60* | -0.55* | 0.03 | -0.16 | -0.14 | 0.12 | -0.18 | -0.16 | 0.50 | -0.62* |
| ۸ | تعرق Ttranspiration rate | 0.34 | 0.19 | 0.40 | 0.42 | 0.32 | 0.16 | 0.84** | 1 | 0.35 | 0.61 | -0.58* | 0.02 | -0.06 | -0.07 | 0.07 | -0.12 | -0.09 | 0.47 | -0.61* |
| ۹ | دی‌اکسیدکربن زیر روزنه $CO_2$ substomatal | 0.12 | 0.17 | -0.09 | 0.10 | 0.13 | 0.32 | 0.52* | 0.14 | 1 | -0.28 | -0.28 | -0.32 | 0.45 | 0.45 | -0.29 | 0.39 | 0.43 | 0.40 | -0.30 |
| ۱۰ | فتوسنتز Photosynthetic rate | 0.60* | 0.44 | 0.40 | 0.63 | 0.58* | 0.21 | 0.64** | 0.59* | 0.02 | 1 | -0.28 | 0.32 | -0.19 | -0.30 | 0.20 | -0.26 | -0.25 | 0.11 | 0.07 |
| ۱۱ | عملکرد کوانتومی فتوسیستم II IIPhotosystem Quantum yield | 0.25 | 0.16 | 0.13 | 0.48 | 0.26 | -0.07 | 0.14 | 0.04 | -0.03 | 0.21 | 1 | -0.06 | 0.06 | 0.11 | -0.06 | -0.01 | 0.02 | -0.24 | 0.50* |
| ۱۲ | پتاسیم ساقه K stem | -0.30 | -0.25 | -0.03 | -0.36 | -0.30 | -0.22 | -0.60* | -0.43 | -0.39 | -0.53 | -0.16 | 1 | -0.27 | -0.68** | 0.77 | -0.49 | -0.58* | 0.08 | -0.06 |
| ۱۳ | سدیم ساقه Na stem | -0.06 | 0.09 | -0.55 | -0.07 | -0.03 | -0.07 | 0.05 | 0.05 | 0.27 | -0.24 | 0.02 | -0.12 | 1 | 0.85** | -0.68 | 0.84** | 0.85** | -0.17 | 0.19 |
| ۱٤ | نسبت سدیم به پتاسیم ساقه Na/K Stem | 0.18 | 0.21 | -0.20 | 0.28 | 0.20 | 0.12 | 0.43 | 0.23 | 0.46 | 0.19 | 0.21 | -0.75** | 0.66** | 1 | -0.83** | 0.83** | 0.87** | -0.09 | 0.13 |
| ۱۵ | پتاسیم برگ K Leaf | -0.35 | -0.32 | 0.00 | -0.46 | -0.37 | -0.14 | -0.69** | -0.43 | -0.52* | -0.53* | -0.17 | 0.80* | -0.24 | -0.77** | 1 | -0.72** | -0.84** | 0.35 | -0.27 |
| ۱٦ | سدیم برگ Na Leaf | -0.14 | -0.11 | -0.19 | 0.04 | -0.12 | 0.07 | 0.38 | 0.21 | 0.60* | -0.05 | 0.08 | -0.43 | 0.70** | 0.77** | -0.64** | 1 | 0.96** | -0.32 | 0.16 |
| ۱۷ | نسبت سدیم به پتاسیم برگ Na/K Leaf | 0.04 | 0.03 | -0.05 | 0.20 | 0.05 | 0.07 | 0.48 | 0.21 | 0.65** | 0.13 | 0.12 | -0.57* | 0.55* | 0.84** | -0.82** | 0.93** | 1 | -0.29 | 0.23 |
| ۱۸ | زیست توده Biomass | 0.14 | -0.08 | 0.69* | 0.19 | 0.10 | -0.13 | 0.07 | 0.07 | -0.33 | 0.27 | 0.04 | -0.01 | -0.55* | -0.30 | 0.24 | -0.44 | -0.34 | 1 | -0.37 |
| ۱۹ | کارآیی مصرف آب WUE | 0.19 | 0.20 | -0.03 | 0.15 | 0.20 | 0.07 | -0.24 | -0.50* | -0.16 | 0.35 | 0.18 | -0.03 | -0.30 | -0.07 | -0.14 | -0.20 | -0.02 | 0.17 | 1 |

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ * and ** respectively significant different at the 0.05 and 0.01

جدول ٦. ضرایب همبستگی بین صفات مختلف مورد مطالعه در شرایط تنش شوری در پنج توده بومی کوشیا

**Table 6. Correlation coefficient among deferent treats at salinity condition in five kochia ecotypes.**

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | صفت‌ها Traits | 1 | 0.80** | 0.36* | 0.84** | 1.00** | 0.25 | 0.49 | 0.38* | 0.22 | 0.43* | 0.08 | -0.23 | 0.11 | 0.20 | -0.31 | 0.05 | 0.17 | 0.21 | -0.08 |
| ۲ | کلروفیل a Cha | | 1 | -0.26 | 0.41* | 0.84** | 0.24 | 0.22 | 0.10 | 0.17 | 0.27 | -0.01 | -0.14 | 0.26 | 0.21 | -0.34 | 0.11 | 0.23 | -0.04 | 0.23 |
| ۳ | کلروفیل b Chb | | | 1 | 0.67** | 0.28 | 0.09 | 0.38* | 0.37* | 0.11 | 0.20 | 0.10 | -0.09 | -0.25 | -0.06 | 0.06 | -0.14 | -0.12 | 0.42 | -0.40* |
| ٤ | نسبت کلروفیلa به کلروفیلb Cha/Chb | | | | 1 | 0.81** | 0.12 | 0.50 | 0.40 | 0.23 | 0.31 | 0.18 | -0.20 | -0.02 | 0.14 | -0.16 | 0.04 | 0.10 | 0.29 | -0.37* |
| ٥ | کاروتنوئیدها Carotenoids | | | | | 1 | 0.25 | 0.46** | 0.34 | 0.23 | 0.41* | 0.08 | -0.22 | 0.13 | 0.21 | -0.32 | 0.07 | 0.19 | 0.17 | -0.05 |
| ٦ | رنگدانه کل Total pigment | | | | | | 1 | 0.19 | 0.08 | 0.26 | 0.17 | 0.05 | -0.19 | 0.13 | 0.23 | -0.22 | 0.24 | 0.27 | -0.01 | 0.22 |
| ۷ | عدد اسپد Spad | | | | | | | 1 | 0.92** | 0.39 | 0.68** | -0.11 | -0.37* | -0.14 | 0.17 | -0.28 | 0.02 | 0.11 | 0.21 | -0.48** |
| ۸ | هدایت روزنه‌ای Stomatal conductant | | | | | | | | 1 | 0.22 | 0.64** | -0.20 | -0.27 | -0.10 | 0.08 | -0.17 | -0.03 | 0.01 | 0.21 | -0.55** |
| ۹ | تعرق Ttranspiration rate | | | | | | | | | 1 | -0.09 | -0.13 | -0.35 | 0.35 | 0.45** | -0.40* | 0.48** | 0.54** | 0.07 | -0.22 |
| ۱۰ | دی‌اکسیدکربن زیر روزنه $CO_2$ substomatal | | | | | | | | | | 1 | 0.06 | -0.27 | -0.28 | 0.00 | -0.21 | -0.19 | -0.07 | 0.09 | 0.03 |
| ۱۱ | فتوسنتز Photosynthetic rate | | | | | | | | | | | 1 | -0.13 | 0.02 | 0.17 | -0.12 | 0.03 | 0.07 | -0.11 | 0.32 |
| ۱۲ | عملکرد کوانتومی فتوسیستم II IIPhotosystem Quantum yield | | | | | | | | | | | | 1 | -0.14 | -0.71 | 0.77** | -0.41* | -0.53** | 0.07 | -0.01 |
| ۱۳ | پتاسیم ساقه K stem | | | | | | | | | | | | | 1 | 0.72** | -0.47** | 0.79** | 0.72** | -0.25 | 0.13 |
| ۱٤ | سدیم ساقه Na stem | | | | | | | | | | | | | | 1 | -0.80** | 0.78** | 0.84** | -0.18 | 0.07 |
| ۱٥ | نسبت سدیم به پتاسیم ساقه Na/K Stem | | | | | | | | | | | | | | | 1 | -0.66** | -0.81** | 0.32 | -0.21 |
| ۱٦ | پتاسیم برگ K Leaf | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 0.94** | -0.33 | 0.10 |
| ۱۷ | سدیم برگ Na Leaf | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | -0.28 | 0.17 |
| ۱۸ | نسبت سدیم به پتاسیم برگ Na/K Leaf | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | -0.22 |
| ۱۹ | زیست توده Biomass | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ * and ** respectively significant different at the 0.05 and 0.01

بیشترین نسبت سدیم به پتاسیم برگ در تیمار ۵/۲ دسی زیمنس بر متر در توده بروجرد و کمترین این خصوصیت در تنش شوری ۱۶/۵ دسی زیمنس بر متر در توده بیرجند مشاهده شد که اختلاف این دو تیمار ۰/۵۳ بود (جدول ٤). همانند این مطالعه افزایش سدیم و کاهش پتاسیم در آتریپلکس نومولاریا (*Atriplex nummularia* L.) گزارش شده است (۵). به‌طورکلی اثرات آنتاگونیستی سدیم و پتاسیم که موجب کاهش جذب پتاسیم توسط یون سدیم می‌شود مشاهده شده است (۲۹). بررسی همبستگی سدیم برگ و ساقه با زیست توده حاکی از منفی بودن این رابطه بود (جدول ٦). این ارتباط منفی بین غلظت سدیم با زیست توده در گندم نیز گزارش شده است (۱۱).

## نتیجه‌گیری کلی

مطالعه برخی از خصوصیات فتوسنتزی توده‌های مختلف کوشیا در شرایط آبیاری با آب شور نشان داد که این گیاه دارای تنوع فراوانی از نظر پاسخ فرآیندهای فیزیولوژیک به تنش شوری است، که می‌توان از این تنوع جهت اصلاح و گزینش گیاهان متحمل به شوری استفاده کرد. به‌طورکلی در میان توده‌های مورد مطالعه کوشیا توده سبزوار کلروفیل a، کلروفیل b، نسبت کلروفیل a به b، کاروتنوئیدها و مجموع رنگدانه‌ها را با افزایش سطح شوری تغییر معنی داری نشان ندادند. در میان توده‌ها میزان فتوسنتز تنها توده سبزوار با افزایش سطح شوری کاهش یافت و بیشترین میزان کاهش زیست توده نیز در این توده مشاهده شد. در سطح شوری ۵/۲ دسی زیمنس بر متر بیشترین زیست توده را توده سبزوار و در سطح شوری ۱۶/۵ دسی زیمنس بر متر توده اصفهان تولید کرد. در تیمار تنش شوری ۱۶/۵ دسی زیمنس بر متر بیشترین فتوسنتز مربوط به بیرجند و کمترین مربوط به سبزوار بود و از نظر میزان زیست توده تحت تنش توده اختلاف معنی داری با هم نداشتند.

## منابع

1. Ali, Y., Aslam, Z., Ashraf, M.Y., and Tahir, G.R. 2004. Effect of salinity on chlorophyll concentration, leaf area, yield and yield components of rice genotypes grown under saline environment. I.J.E.S.T. 1: 221-225.
2. Ashraf, M. 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. Flora. 199: 361-376.
3. Ashraf, M.Y., and Bhatti, A.S. 2000. Effect of salinity on growth and chlorophyll content of Rice. Pak. J. Sci. Ind. Res. 43:130-131.
4. Baker, N.R., and Rosenqvist, E. 2004. Application of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. J. Exp. Bot. 55: 1607–1621.

5. De Araujo, S.A.M., Silveira, J.A.G., Almeida, T.D., Rocha, I.M.A., Morais, D.L., and Viegas, R.A. 2006. Salinity tolerance of halophyte (*Atriplex nummularia* L.) grown under increasing NaCl levels. Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental. 10: 848-854.
6. Dere, S., Gines, T., and Sivaci, R. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll - a, b and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. Turk. J. Bot. 22: 13-17.
7. Flexas, J., Diaz-Espejo, A., Galmés, J., Kaldenhoff, R., Medrano, H., and Ribas-Carbo, M. 2007. Rapid variations of mesophyll concentration conductance in response to changes in CO2 around leaves. Plant Cell Environ. 30:1284–1298.
8. Geissler, N., Hussin, S., and Koyro, H.W. 2009. Interactive effects of NaCl salinity, elevated atmospheric $CO_2$ concentration on growth, photosynthesis, water relations and chemical composition of the potential cash crop halophyte Aster tripolium L. Environ. Exp. Bot. 65:220–231.
9.Geissler, N., Hussin, S., and Koyro, H.W. 2010. Elevate concentration enhances salinity tolerance atmospheric $CO_2$ in *Aster tripolium* L. Planta. 231: 583–594.
10.Humble, G.D., and Raschke, K. 1971. Stomatal opening quantitatively related to potassium transport: Evidence from microprobe analysis. Plant Physiol. 48: 447-453.
11.Kerepesi, H., and Galiba, G. 2000. Osmotic and salt stress Induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedling. Crop Sci. 40: 482-487.
12.Mane, A.V., Karadge, B.A., and Samant, J.S. 2010. Salinity induced changes in photosynthetic pigments and polyphenols of *Cymbopogon Nardus* (L.) Rendle. J. Chem. Pharm. Res. 2:338-347
13.Masoumi, A., Kafi,M., Nabati, J., Khazaei, H., Davari, K., and Zare Mehrgerdi, M. 2012. Effect of drought stress on leaf water status, electrolyte leakage, photosynthesis parameters and chlorophyll fluorescence of two Kochia ecotypes (*Kochia scoparia*) irrigated with saline water. Iran. J. Field Crops Res. 10: 476-484. (In Persian)
14.Mudgal, V., Madaan, N., Mudgal, A., and Mishra, S. 2009. Changes in growth and metabolic profile of Chickpea under salt stress. J. Appl. Biosci. 23: 1436- 1446.
15.Nabati, J., Kafi, M., Nezami, A., Rezvani Moghaddam, P., Masoumi, A., and Zare Mehrjerdi, M. 2011. Effect of salinity on yield, yield components and morphological characteristics of Kochia (*Kochia scoparia* L. Schrad). Iran. J. Agri. Sci. 42: 735-743. (In Persian)
16.Nabati, J., Kafi, M., Nezami, A., Rezvani Moghaddam, P., Masoumi, A., and Zare Mehrjerdi, M. 2012. Investigation of possible production of oil and biomass in biosaline agriculture with Kochia (*Kochia scoparia*). Iran. J. Field Crops Res. 9: 615-622. (In Persian)
17.Pandey, V.K., and Saxena, H.K. 1987. Effects of soil salinity on chlorophyll, photosynthesis, respiration and ionic composition at various growth stages in paddy. Indian J. Agric. Chem. 20: 40-155.
18.Rajabi, R., Postini, k., Ahmadi, A., Jahanipoor, P., and Hatami, M. 2006. Effects of salinity on germination, yield and chlorophyll a and b in 30 wheat cultivars. 9th Iranian congress of Agronomy. Tehran University Aboureihan, 518p. (In Persian)
19.Rengasamy, P. 2006. World salinization with emphasis on Australia. J. Exp. Bot. 57(10):17–23.

20.Rezae, M.A., Khavari Nejad, R. and Fahimi, H. 2004. Physiological response of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) plants to soil salinity. Pajouhesh & Sazandegi. 62:81-89. (In Persian)
21.Riasi, A., Danesh Mesgaran, M., Stern, M.D., and Ruiz Moreno, M.J. 2008. Chemical composition, in situ ruminal degradability and post-ruminal disappearance of dry matter and crude protein from the halophytic plants *Kochia scoparia, Atriplex dimorphostegia, Suaeda arcuata* and *Gamanthus gamacarpus*. Anim. Feed Sci. Technol. 141: 209-219.
22.Robinson, S.P., John, W., Downton, S., and Millhouse, J.A. 1983. Photosynthesis and Ion Content of Leaves and Isolated Chloroplasts of Salt-Stressed Spinach. Plant Physiol. 73: 238-242.
23.Rozema, J., and Flowers, T.J. 2008. Crops for a salinized world. Science. 322:1478–1480.
24 Steppuhn, H., and Wall, K. 1993. *Kochia scoparia* emergence from saline soil under various water regimes. J. Range Manage. 46: 533- 538.
25.Tammam, A.A., Alhamd, M.F.A., and Hemeda, M.M. 2008. Study of salt tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar Banysoif 1. Aust. J. Crop Sci. 1: 115-125.
26.Tanji, K.K. 2002. Salinity in the soil environment. In: Lauchli A, Lüttge U (eds) Salinity: environment plants molecules. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 21–51.
27.Witcombe, J.R., Hollington, P.A., Howarth, C.J,. Reader, S., and Steele, K.A. 2008. Breeding for abiotic stresses for sustainable agriculture. Phils. T. Roy Soc. B. 363:703–716.
28.Zuccarini, P. 2008. Effect of silicon on photosynthesis, water relations and nutrient uptake of *Phaseolus vulgaris* under NaCl stress. Biol. Planta. 52: 157-160.