



بررسی اثر سطوح مختلف شوری بر برخی خصوصیات فتوسنتزی ارقام کلزا (*Brassica napus* L.)

فرانک طهماسبی^{۱*} - پیمان حسینی^۲ - موسی مسکرباشی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۲۷

چکیده

شوری یکی از مهمترین عوامل محدودکننده تولید محصولات زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است که عملکرد گیاه زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به منظور مطالعه تغییرات فرآیند تثبیت کربن و رنگدانه‌های فتوسنتزی سه ژنوتیپ کلزا تحت تنش شوری، آزمایشی در شرایط گلخانه به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. عامل اول شامل ژنوتیپ‌های مختلف کلزا (هایولا ۴۰۱، RGS0003 و شیرالی) و عامل دوم تیمار آبیاری با آب شور دارای چهار سطح شامل شاهد (آب معمولی)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار با استفاده از منابع کلریدسدیم و کلریدکلسیم به نسبت مساوی یک به یک بود. نتایج نشان داد که آبیاری با آب شور باعث کاهش معنی‌دار هدایت روزنه‌ای در هر سه ژنوتیپ شد. میزان کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئیدها در هر سه ژنوتیپ تا سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار افزایش و در ۱۵۰ میلی‌مولار کاهش یافت. با افزایش شوری تجمع منیزیم نسبت به شاهد بیشتر شد. میزان نشاسته برگ در ژنوتیپ شیرالی تا سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار افزایش معنی‌دار داشت. روند تغییرات هدایت روزنه‌ای در سطح ۵۰ میلی‌مولار تا اوایل گلدهی شبیه به شاهد بوده ولی در اواخر گلدهی کاهش شدید داشت. در سطوح شوری ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار هدایت روزنه‌ای کمتر از شاهد بود. به نظر می‌رسد ژنوتیپ شیرالی با استفاده از ساز و کارهای اجتناب از تنش مانند حفظ محتوای نسبی آب، همچنین افزایش محتوای کلروفیل‌های a و b تا سطح ۱۰۰ میلی‌مولار و نیز تجمع منیزیم تا سطح ۱۵۰ میلی‌مولار، تنش شوری را تحمل کرده است.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، کلروفیل a و b، منیزیم، نشاسته، هدایت روزنه‌ای

مقدمه

اسیداروسیک (کمتر از ۲ درصد کل اسیدهای چرب) و گلوکزینولات (کمتر از ۳ میکرو مول بر گرم دانه) مصرف زیادی در دنیا دارد و از آنجا که کلزا پتانسیل مقابله با سمیت ناشی از شوری و اصلاح را دارد، رشد آن می‌تواند در خاک‌های شور با موفقیت انجام شود (۲۷). در مقایسه ارقام مختلف کلزا اعمال تیمار شوری، باعث کاهش وزن خشک (۱) و باعث کاهش میزان کلروفیل‌های a و b در هر دو رقم حساس و متحمل کلزا شد (۶). حسینی و همکاران (۱۵) در بررسی فیزیولوژیکی اثر تنش سرما در مرحله‌ی گیاهچه‌ای ژنوتیپ‌های مختلف برنج (*Oryza sativa* L.) گزارش دادند در زمان بروز تنش انتقال الکترون از فتوسیستم دو به فتوسیستم یک مختل شده و الکترون به مولکول اکسیژن منتقل می‌شود و در این زمان بالا بودن میزان کلروفیل تنها سطح گونه‌های اکسیژن واکنشگر را بالا می‌برد. یکی از راه‌های کاهش گونه‌های اکسیژن واکنشگر کاهش میزان کلروفیل برگ خصوصاً کلروفیل b است که در این زمان گیاه با افزایش فعالیت آنزیم کلروفیل‌از زنجیره خطی کلروفیل را از قسمت حلقوی جدا کرده که این زنجیره خطی همان پیش ماده تولید آنتی-

تنش شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی بوده و آثار منفی آن بر رشد گیاهان زراعی باعث افزایش تحقیقات در زمینه تحمل به شوری با هدف بهبود تحمل گیاهان شده است (۳۷). شوری از طریق کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک یا استرس آبی (۵) و (۲۲)، تأثیر ویژه یونی (۳ و ۱۶) و به هم خوردن تعادل عناصر غذایی به دلیل افزایش غلظت Na^+ باعث آسیب به گیاه می‌شود. تأثیرات مضر املاح بر روی گیاهان نتیجه تلفیق عواملی می‌باشد که می‌توان آن را در گیاه به صورت کاهش رشد مشاهده کرد (۸). تحمل به شوری گونه‌های براسیکا به دلیل روابط ژنی موجود بسیار پیچیده می‌باشد (۷). روغن کلزا (*Brassica napus* L.) به دلیل پایین بودن میزان

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه شهید چمران اهواز

*- نویسنده مسئول: (Email: faranaktahmasbi@yahoo.com)

مرحله به این ترتیب که در مرحله اول تیمار نرمال با آب معمولی (با $EC=2/2$ دسی زیمنس بر متر) و سه تیمار دیگر با آب شور ۵۰ میلی مولار ($EC=6/5$ دسی زیمنس بر متر) مرحله دوم تیمار نرمال با آب معمولی ($EC=2/2$ دسی زیمنس بر متر) و تیمار دوم با آب شور ۵۰ میلی مولار ($EC=6/5$ دسی زیمنس بر متر) و تیمارهای سوم و چهارم با آب شور ۱۰۰ میلی مولار ($EC=9/1$ دسی زیمنس بر متر) مرحله سوم تیمار اول با آب معمولی ($EC=2/2$ دسی زیمنس بر متر) و تیمار دوم با آب شور ۵۰ میلی مولار ($EC=6/5$ دسی زیمنس بر متر) و تیمار سوم با آب شور ۱۰۰ میلی مولار ($EC=9/1$ دسی زیمنس بر متر) و تیمار چهارم با آب شور ۱۵۰ میلی مولار (با $EC=13$ دسی زیمنس بر متر) آبیاری شدند. نمونه برداری در پایان مرحله گلدهی (مرحله ۴ فنولوژیکی) انجام گرفت و روند تغییرات هدایت روزنه‌ای در پنج مرحله مختلف شامل هفت برگ، ابتدای ساقه رفتن، پیدایش آغازه‌ها، گلدهی و اواخر گلدهی اندازه‌گیری شد. برای انجام این آزمایش از گلدان‌های پلاستیکی با حجم ۱۰ لیتر استفاده شد. برای هر تیمار ۳ گلدان و در هر تکرار ۱۲ تیمار و در کل ۱۴۴ گلدان مورد ارزیابی قرار گرفت. صفات مورد اندازه‌گیری در این آزمایش شامل ماده خشک بر حسب گرم بر بوته (تعداد چهار بوته در هر تیمار در مرحله پایان گلدهی بطور کامل کف بر شده و وزن خشک آنها پس از قرار دادن در $70^{\circ}C$ به مدت ۴۸ ساعت اندازه‌گیری شد)، غلظت کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئیدها به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Unic ساخت آلمان) با استفاده از روش آرنون (۲)، غلظت منیزیم به وسیله بورت و ماده ورسین ۰/۰۱ نرمال، مقدار نشاسته به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Unic ساخت آلمان) به روش تغییر داده شده شلیگل (۳۲)، محتوای نسبی آب به روش ریچی و انگوبین (۲۹) بود و هدایت روزنه‌ای با استفاده از دستگاه پرمتر مدل ELE ساخت کشور انگلستان اندازه‌گیری شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزارهای (version 9.1)، SAS، EXCEL و MSTATC انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

رنگدانه‌های فتوسنتزی

میزان کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئیدها در هر سه ژنوتیپ تا سطح شوری ۱۰۰ میلی مولار به‌طور معنی‌داری افزایش و در سطح شوری ۱۵۰ میلی مولار کاهش یافت (جدول ۳). بیشترین میزان کلروفیل a در سطح شوری ۱۰۰ میلی مولار در ژنوتیپ شیرالی به میزان ۲/۱۴ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر برگ و کمترین میزان کلروفیل a در سطح تنش ۱۵۰ میلی مولار در ژنوتیپ شیرالی به میزان ۱/۲ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر برگ مشاهده شد (جدول ۳).

اکسیدان آلفاتوکوفرول است. در بررسی ارقام مختلف برنج غلظت نسبی کلروفیل (عدد SPAD) طی سطوح اولیه تنش افزایش و سپس کاهش یافت، زیرا با کاهش محتوای نسبی آب برگ و افزایش غلظت پروتوپلاسم، تعداد کلروپلاست در واحد سطح افزایش یافت و این افزایش غلظت نسبی کلروفیل (عدد SPAD) به دلیل کاهش حجم و اندازه سلول‌ها در اثر تنش شوری گزارش شده است (۳۰). ظرفیت فتوسنتزی کلروپلاست‌ها به دلیل تنش شوری کاهش یافت، زیرا تنش شوری ساختار کلروپلاست‌ها را به هم زده، باعث عدم ثبات کمپلکس پروتئین رنگدانه‌ها، تخریب ساختار کلروفیل‌ها و تغییر در کمیت و ترکیب کاروتنوئیدها، افزایش کاروتنوئیدها در کلزا (۱۹) گردید (۱۲). در شرایط شور گیاهان نیاز به مکانیزم‌های ویژه‌ای برای تنظیم شرایط اسمزی داخلی و تغییر فشار در محیط ریشه دارند، گیاهان تحت تنش از طریق اسیدهای آمینه آزاد، قندهای محلول و پروتئین‌ها پتانسیل اسمزی خود را کاهش می‌دهند و بدین طریق تنظیم اسمزی حاصل می‌شود (۲۳). با افزایش شوری تجمع منیزیم (۳۶) و (۱۷)، مقدار نشاسته کل (۲۵) و تجمع قندهای ساده نظیر گلوکز و فروکتوز به دلیل افزایش آنزیم اینورتاز در برگ‌های گیاهان تحت تنش کمبود آب (۲۶) افزایش یافته و محتوای نسبی آب برگ‌های گیاهچه‌های کلزا با افزایش تدریجی هدایت الکتریکی به تدریج کاهش یافت (۱۳) و (۲۸). در بررسی بعضی گونه‌های آمفی‌پلوئید براسیکا تحت تنش شوری، عنوان گردید که هدایت روزنه‌ای در همه گونه‌ها کاهش یافت (۴). با توجه به خشکسالی‌های اخیر و لزوم استفاده از آب آبیاری دارای کیفیت پایین برای محصولات زراعی استراتژیک مانند کلزا، هدف از اجرای این آزمایش ارزیابی تأثیر تنش شوری بر تغییرات فتوسنتزی و برخی مؤلفه‌های فیزیولوژیک ارقام کلزا تحت تنش شوری و نیز مشخص کردن ژنوتیپ متحمل به تنش شوری برای کشت در مناطق شور می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. عامل اول شامل سه ژنوتیپ کلزا (هایولا ۴۰۱، RGS0003 و شیرالی) و عامل دوم تیمار آبیاری با آب شور دارای چهار سطح شامل تیمار شاهد (آب معمولی)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار به ترتیب (۲/۱، ۶/۵، ۹/۱ و ۱۳ دسی زیمنس بر متر) با استفاده از منابع کلرید سدیم و کلرید کلسیم به نسبت مساوی یک به یک بود به‌طوری که بیشترین شباهت با آب‌های دارای کیفیت پایین در منطقه حاصل گردد. تاریخ کشت ۲۸ آبان و زمان اعمال تنش حدود چهار هفته پس از کاشت (مرحله چهار برگ) در نظر گرفته شد. آبیاری با آب شور به‌صورت پلکانی طی یک دوره ۱۲ روزه و طی سه

گزارش کردند. تنش شوری تجزیه بتاکاروتن و تشکیل زازانتین را تشدید می‌کند، این فرآیندها در حفاظت از بازدارندگی نوری مؤثر هستند (۳۳). افزایش کلروفیل‌های a و b در ژنوتیپ شیرالی در سطح ۱۰۰ میلی‌مولار می‌تواند علت تحمل بیشتر این رقم به شوری و ثبات بیشتر ساختارهای فتوسنتزی آن باشد. عدم آسیب‌پذیری رنگدانه‌های اصلی فتوسنتزی تا سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار می‌تواند علت بسیار مهمی برای بردباری به شوری در این سطح در ارقام مورد ارزیابی کلزا تلقی شود.

ماده خشک کل

بیشترین میزان ماده خشک در ژنوتیپ RGS0003 و تیمار شاهد به میزان ۲۹/۴۲ گرم در بوته و کمترین میزان ماده خشک در ژنوتیپ شیرالی و سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار به میزان ۱۶/۶۶ گرم در بوته مشاهده شد (جدول ۳). میزان ماده خشک ژنوتیپ شیرالی در تیمار شاهد (آب معمولی) (به میزان ۲۴/۵۲ گرم در بوته) پایین‌تر از دو ژنوتیپ دیگر (RGS0003 به میزان ۲۹/۴۲ گرم در بوته و هایولا ۴۰۱ به میزان ۲۶/۲۹ گرم در بوته) (در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار) بود، ولی میزان کاهش ماده خشک این ژنوتیپ در سطوح مختلف شوری تدریجی بوده و در سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری نداشت. لذا این ژنوتیپ ضمن دارا بودن پایداری مناسب در برابر شوری، در مقایسه با دو ژنوتیپ دیگر از کاهش کمتر ماده خشک نسبت به شاهد در سطوح بالای تنش برخوردار بود (جدول ۳). احتمالاً به دلیل کاهش جذب آب به واسطه تنش خشکی ناشی از شوری، جذب عناصر غذایی کاهش یافته و از طرفی مسمومیت کلر و سدیم سبب بازداری رشد گیاه و کاهش ماده خشک گردیده است. به نظر می‌رسد تنش شوری و تغییرات یونی حاصل از آن به همراه کاهش هدایت هیدرولیکی آب در خاک، اثر منفی شدیدی بر عملکرد فتوسنتزی گیاه داشته است. همچنین احتمالاً به دلیل شعاع یونی گسترده سدیم و خسارت وارده به غشاهای فیزیولوژیک و دستگاه فتوسنتزی و تجمع نمک همراه با کاهش تولید برگ در نهایت وزن خشک کل گیاه کاهش یافت. این نتایج با یافته‌های اشرف و علی (۶) و احمدی و اردکانی (۱) منطبق بود.

محتوای نسبی آب

محتوای نسبی آب در اندام هوایی تحت شرایط تنش همواره کمتر از شاهد بود. با افزایش شوری محتوای نسبی آب کاهش یافت. در ژنوتیپ شیرالی با اینکه محتوای نسبی آب طی تنش کاهش یافت ولی توانست در سطوح شوری ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار محتوای نسبی آب را در سطح بالاتری از ژنوتیپ‌های هایولا ۴۰۱ و RGS0003 حفظ کند، هرچند که در ۱۵۰ میلی‌مولار این تحمل از بین رفته و

بیشترین میزان کلروفیل b در ژنوتیپ شیرالی در سطح ۱۰۰ میلی‌مولار به میزان ۱/۵۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر برگ و کمترین میزان کلروفیل b در ژنوتیپ شیرالی و در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار به میزان ۰/۶۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر برگ مشاهده شد (جدول ۳). بیشترین میزان کارتنوئیدها در ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ و سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار به میزان ۰/۴۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر برگ و کمترین میزان کارتنوئیدها در ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ و تیمار شاهد به میزان ۰/۱۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر برگ به دست آمد (جدول ۳). افزایش رنگدانه‌ها تا ۱۰۰ میلی‌مولار احتمالاً به واسطه افزایش غلظت استرومای کلروپلاست و همچنین کاهش حجم سلول حادث گردیده است. در نتیجه غلظت رنگیزه‌ها در واحد حجم سلول افزایش یافت. لازم به ذکر است آستانه تحمل به شوری گیاه کلزا ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد (۱۴)، لذا با توجه به اینکه شوری ۱۰۰ میلی‌مولار (معادل ۹/۱ دسی‌زیمنس بر متر) در رنج آستانه تحمل گیاه کلزا قرار داشته، بنابراین نتایج این تحقیق آثار تخریبی در محتوای کلروفیل بافت کلرانسیم گیاه کلزا بر جای نگذاشته است. با افزایش شدت تنش، کاهش ظرفیت فتوسنتزی احتمالاً به علت کاهش سطح فتوسنتزکننده و ظرفیت فتوسنتزی کلروپلاست‌ها به واسطه اختلال در غشای تیلاکوئیدها، تخریب مولکول‌های کلروفیل در اثر فعالیت آنزیم کلروپلاز و عدم ثبات کمپلکس پروتئین - رنگدانه و در نتیجه تخریب کلروپلاست‌ها در اثر افزایش غلظت یون‌های سمی سدیم، کلر و افزایش سطح گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) ناشی از آن بوده است. نتایج حاصله با گزارش جمیل و همکاران (۱۸)، دابی (۱۲)، دوگانلار و همکاران (۱۱) منطبق بود. سایر پژوهشگران به تغییر متابولیسم نیتروژن، در نتیجه وجود رقابت برای استفاده از پیش‌سازها بین مسیر سنتز کلروفیل و پرولین در ساخت ترکیب‌هایی نظیر پرولین که برای تنظیم اسمزی به کار می‌رود را اشاره دارند. به علاوه شوری نقش بازدارندگی روی بیوسنتز کلروفیل دارد (۲۱). کاهش غلظت کلروفیل از عوامل مهم تأثیرگذار در ظرفیت فتوسنتزی می‌باشد. افزایش درجه شوری موجب ناکارآمدی برگ‌ها در انجام فتوسنتز و تشدید صدمات ناشی از تنش شد. بنابراین شوری نه تنها از طریق کاهش تعداد و سطح برگ سبب کاهش کل ظرفیت فتوسنتزی در گیاهان گردید بلکه از طریق کاهش میزان کلروفیل در برگ‌ها سبب اختلال در سنتز مواد فتوسنتزی جهت رشد گیاه شد. وزن خشک گیاه تحت تأثیر شوری به موازات کاهش میزان کلروفیل برگ‌ها کاهش یافت که با نتایج شمس‌الدین و فرحبخش (۳۱) منطبق بود. افزایش کاروتنوئیدها توان مقابله با شرایط تنش در گیاه را افزایش می‌دهد زیرا گیاه توانایی اتلاف انرژی مازاد الکترون‌های برانگیخته نشت کرده از غشای تیلاکوئید طی تنش شوری توسط چرخه زانتوفیل به صورت حرارت غیر تشعشعی و همچنین حذف گونه‌های اکسیژن‌های واکنشگر را خواهد داشت. میسرا و همکاران (۲۴) نتایج مشابهی را

شوری ۱۰۰ میلی مولار به طور معنی دار افزایش و در سطح شوری ۱۵۰ میلی مولار کاهش یافت. اما در ژنوتیپ شیرالی تا سطح شوری ۱۵۰ میلی مولار به طور معنی داری افزایش نشان داد (جدول ۳). بیشترین میزان نشاسته برگ در ژنوتیپ RGS0003 در سطح تنش ۱۰۰ میلی مولار به میزان ۳۴۹/۱۲ میلی گرم بر گرم وزن خشک و کمترین میزان نشاسته در ژنوتیپ RGS0003 در تیمار شاهد به میزان ۱۳۵/۴۶ میلی گرم بر گرم وزن خشک مشاهده شد (جدول ۳). به نظر می رسد افزایش تجمع نشاسته به دلیل کاهش تبدیل نشاسته کلروپلاستها به تریوز فسفات (قند سه ۱۱-کربنه) و خروج آن از کلروپلاست به سیتوزول به سبب کاهش فراهمی Pi (فسفات غیرآلی) و یا اختلال در کارایی ناقل های تریوز فسفات باشد (۱۵). کاهش تجمع نشاسته در سطوح بالای تنش ناشی از اختلال در کارایی آنزیم های درگیر در سنتز نشاسته مانند نشاسته سنتاز و ADP-گلوکز پیروفسفریلاز است (۱۵). ولی در ژنوتیپ شیرالی عدم کاهش بیوسنتز نشاسته در سطح ۱۵۰ میلی مولار مشاهده نشد که احتمالاً ناشی از عدم اختلال در فعالیت های آنزیمی درگیر در تولید نشاسته می باشد. نتایج پیشین آزمایش (۳۵) نشان داد که در شرایط تنش همبستگی معنی داری بین مقادیر نشاسته با قندهای محلول وجود نداشت. لذا علی رغم افزایش تجمع نشاسته در کلروپلاست، طی تنش، مقادیر قندهای محلول به طور معنی داری افزایش یافت. از طرفی افزایش تجمع قندهای محلول سبب کاهش پتانسیل اسمزی و افزایش محتوای نسبی آب شده، همانگونه که Ca^{2+} ، Mg^{2+} و Na^{+} پرولین این اثر را نشان دادند (۳۴).

هدایت روزنه ای

روند تغییرات هدایت روزنه ای در تیمار شاهد و سه سطح شوری تمام ژنوتیپها از نظر آماری مشابه بود. در تمام تیمارهای مورد مطالعه از مرحله هفت برگی تا ابتدای ساقه رفتن (مرحله روزت) هدایت روزنه ای کاهش یافت و به کمترین میزان خود رسید، سپس در مرحله پیدایش آغازه های گل افزایش نشان داد (جدول ۴). در ۵۰ میلی مولار روند تغییرات هدایت روزنه ای تا اوایل گلدهی شبیه به شاهد بود ولی در اواخر گلدهی کاهش یافت. در ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار همواره هدایت روزنه ای از مقدار کمتری از شرایط شاهد و تیمار ۵۰ میلی مولار برخوردار بود. همچنین رقم هایولا ۴۰۱ از وضعیت مناسب تری برخوردار بوده، در صورتی که رقم شیرالی در شرایط ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار کمترین میزان هدایت روزنه ای را در اواخر گلدهی نشان داد. با شروع تنش (در مرحله هفت برگی)، گیاه تا مدتی هدایت روزنه ای خود را در سطح حداکثر نگه داشته ولی با تداوم دوره تنش اقدام به بستن روزنه های خود نموده است. از آنجا که تداوم باز بودن روزنه به آماس سلول های محافظ روزنه وابسته است، لذا کاهش در

محتوای نسبی آب کاهش یافت (جدول ۳). بیشترین درصد محتوای نسبی آب در ژنوتیپ شیرالی در تیمار شاهد به میزان ۹۲/۲۶ درصد و کمترین درصد محتوای نسبی آب در ژنوتیپ RGS0003 در سطح ۱۵۰ میلی مولار به میزان ۸۵/۷۱ درصد مشاهده شد (جدول ۳). بنابراین به نظر می رسد با توجه به روند تدریجی کاهش ماده خشک ژنوتیپ شیرالی در مقایسه با شیب تند کاهش آن در دو ژنوتیپ دیگر تحت تنش، این ژنوتیپ در تنظیم اسمزی کارآمدتر بوده و احتمالاً با کاهش پتانسیل اسمزی، جذب آب را افزایش و در نتیجه آن وضعیت آبی در بافت های تحت تنش بهبود یافته است. نتایج جمیل و همکاران (۱۸)، ژو (۳۸) و فرانکوئیس (۱۳) با نتایج حاصل از این آزمایش مشابه بود.

منیزیم

درصد منیزیم در اندام هوایی هر سه ژنوتیپ تحت شرایط تنش بیشتر از شاهد بود. با افزایش شوری درصد منیزیم به طور معنی دار نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۳). بیشترین درصد منیزیم برگ در تیمار شاهد در ژنوتیپ RGS0003 به میزان ۰/۱۱۸ درصد و کمترین درصد منیزیم برگ در ژنوتیپ شیرالی به میزان ۰/۰۷۲ درصد مشاهده شد (جدول ۳). با افزایش شوری علی رغم افزایش درصد منیزیم به عنوان عنصر کلیدی در بیوسنتز کلروفیل، زیست ساخت کلروفیل افزایش نیافت زیرا به شدت متأثر از شوری گردید (وجود همبستگی منفی بین منیزیم و کلروفیل b مؤید این مطلب است) (جدول ۲). به نظر می رسد عنصر منیزیم با تجمع در سلول های محافظ روزنه و ایفای نقش در بیوسنتز ترکیبات آلی کاهش دهنده پتانسیل اسمزی مانند گلوتامیک اسید سبب گردید که علی رغم بسته شدن روزنه ها ناشی از مکانیسم عمل هورمون ABA روزنه های گیاه، حتی به مقادیر جزئی بازمانده تا فتوسنتز به طور کامل قطع نگردد. احتمالاً عنصر منیزیم در گیاه کلزا تحت تنش شوری دارای یک نقش کلیدی در تداوم فتوسنتز می باشد (۱۰). احتمالاً منیزیم در فعالیت ATP-ase و تأمین انرژی واکنش های انرژی خواه همچون تولید ال-گلوتامات به عنوان پیش ماده پرولین نقش حائز اهمیتی را دارا می باشد. از طرفی ممکن است که به واسطه کاهش اندازه سلول ها و حجم بافت های گیاهی طی تنش شدید، از آنجا که مقدار منیزیم در اندام مورد مطالعه ثابت می باشد ولی با کوچکتر شدن بافت ها طی تنش ۱۵۰ میلی مولار مقدار ثابتی از منیزیم در حجم کمتر بافت مورد بررسی سبب افزایش درصد آن نسبت به شاهد شده باشد (۳۴). نتایج حاصله با نتایج کیشیموتو و همکاران (۲۰) مطابقت داشت.

نشاسته

میزان نشاسته در دو ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ و RGS0003 تا سطح

نسبی آب (جدول ۲) بیانگر اهمیت حفظ محتوای نسبی در افزایش ماده خشک در شرایط تنش می‌باشد. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین کلروفیل b و نشاسته و نیز کلروفیل b و محتوای نسبی آب برگ اشاره به نقش کلروفیل در فتوسنتز و بیوسنتز پلیمرهای ذخیره‌ای و در نتیجه تحمل خشکی دارد. بین کلروفیل a با کلروفیل b و کاروتنوئیدها همبستگی مثبت و معنی‌دار دیده شد، یعنی با افزایش کاروتنوئیدها و کلروفیل b، کلروفیل a در مراکز شیمیایی واکنش سیستم‌های نوری، افزایش یافت.

میزان محتوای نسبی آب برگ می‌تواند دلیل دیگر تفاوت هدایت روزنه‌ای میان سطوح مختلف تنش باشد. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین محتوای نسبی آب و هدایت روزنه‌ای مؤید این مطلب است (جدول ۲). نتایج حاصله با نتایج چاوز و همکاران (۹) مشابه بود. از سوی دیگر گیاه برای اجتناب از تنش و استفاده بهتر از مقدار آب محدودی که در اختیار دارد، روزنه‌ها را می‌بندد تا از اتلاف بیشتر آب جلوگیری شود (۴، ۹ و ۲۷).

وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین ماده خشک و محتوای

جدول ۱- میانگین مربعات ماده خشک، کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئیدها، منیزیم، نشاسته، RWC و هدایت روزنه‌ای

Table 1- Mean squares for dry matter, chlorophyll a and b, carotenoids, magnesium, starch, RWC, and stomatal conductance

هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	RWC	نشاسته Starch	منیزیم Magnesium	کاروتنوئیدها Carotenoids	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a	ماده خشک Dry matter	درجه آزادی df	منبع تغییرات S. O. V.
0.005**	29.18*	3561.88**	0.0068**	0.0070*	0.146**	0.099 ^{ns}	41.18*	2	ژنوتیپ Genotypes
0.024**	91.4*	25137.58**	0.0075**	0.041**	0.64**	0.58**	189.3**	3	شوری Salinity
0.00038 ^{ns}	7.76 ^{ns}	10667.04**	0.001**	0.006*	0.062**	0.077 ^{ns}	7.88 ^{ns}	6	ژنوتیپ*شوری Genotypes*Salinity
0.0005	3.7	550.51	0.000059	0.0019	0.0091	0.051	12.76	22	خطا Error
18.09	2.17	9.72	7.06	16.18	9.14	13.55	16.44	-	CV

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ^{ns} غیر معنی‌دار

* and ** in significant at the P<0.05 and P<0.01 levels respectively. ns not significant

جدول ۲- ضرایب همبستگی صفات ماده خشک، کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئیدها، منیزیم، نشاسته، RWC، و هدایت روزنه‌ای در شرایط تنش شوری

Table 2- Correlations coefficients between dry matter, chlorophyll a and b, carotenoids, magnesium, starch, RWC, and stomatal conductance under salt stress

هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	RWC	نشاسته Starch	منیزیم Magnesium	کاروتنوئیدها Carotenoids	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a	ماده خشک Dry matter	
							1	ماده خشک Dry matter
						1	0.177	کلروفیل a Chlorophyll a
					1	0.805**	0.155	کلروفیل b Chlorophyll b
				1	0.572**	0.572**	0.093	کاروتنوئیدها Carotenoids
			1	0.031	-0.476**	-0.212	-0.238	منیزیم Magnesium
		1	0.012	0.272	0.455**	0.311	0.170	نشاسته Starch
	1	-0.00047	-0.544**	-0.198	0.387*	0.245	0.518**	RWC
1	** 0.505	0.399*	-0.588**	0.444**	0.666**	0.529**	0.33*	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

* and ** in significant at the P<0.05 and P<0.01 levels respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات ماده خشک، کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئیدها، منیزیم، نشاسته و RWC در ارقام مختلف کلزا
 Table 3- Mean comparison of dry matter, chlorophyll a and b, carotenoids, magnesium, starch, RWC, and stomatal conductance under salt stress in different Canola species

RWC (%)	نشاسته Starch (mg/g dry weight)	منیزیم Magnesium (percent)	کاروتنوئیدها Carotenoids (mg/g fresh weight)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg/g fresh weight)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg/g fresh weight)	ماده خشک Dry matter (g/plant)	تیمار Treatment							
92.11	a	245.4	cd	0.072	e	0.2	cd	0.97	cd	1.73	abcd	26.29	ab	V1S1
91.83	a	293.4	abc	0.079	de	0.26	bcd	1.32	b	1.75	abcd	24.78	abc	V1S2
86.33	b	332.5	ab	0.106	bc	0.42	a	1.41	ab	2.03	ab	18.18	bc	V1S3
86.14	b	172.6	ef	0.108	bc	0.26	bcd	0.92	de	1.58	abcd	17.02	bc	V1S4
89.98	ab	135.5	f	0.118	b	0.17	d	0.89	de	1.35	cd	29.42	a	V2S1
89.19	ab	246.9	cd	0.119	b	0.3	bc	0.91	de	1.51	bcd	22.81	abc	V2S2
86.08	b	349.1	a	0.146	a	0.35	ab	1.19	bc	1.94	abc	21.99	abc	V2S3
85.71	b	186.6	ef	0.162	a	0.33	ab	0.69	e	1.58	abcd	19.39	bc	V2S4
92.26	a	186.6	ef	0.032	f	0.2	cd	0.99	cd	1.56	abcd	24.52	abc	V3S1
90.15	ab	200.5	de	0.094	cd	0.27	bcd	1.02	cd	1.71	abcd	21.03	abc	V3S2
89.92	ab	254.7	cd	0.124	b	0.3	bc	1.59	a	2.14	a	18.59	bc	V3S3
86.25	b	290.3	bc	0.146	a	0.2	cd	0.7	e	1.2	d	16.66	c	V3S4

میانگین‌های در هر ستون، که دارای حروف مشابه می‌باشند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.
 Means in each column, followed by the same letters are not significantly different at the 1% probability level-using Duncan's Multiple Range Test.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و سطوح مختلف تنش شوری بر روند هدایت روزنه‌ای بر حسب سانتی‌متر بر ثانیه
 Table 4- Mean comparison of different salinity levels interaction on stomatal conductance (cm.s⁻¹)

اواخر گلدهی Late Flowering	گلدهی FLowering	پیدایش آغاز گل‌ها Flower initiation	ابتدای ساقه رفتن Early stem elongation	مرحله هفت برگگی 7 leaves stage	تیمار Treatment					
0.15	a	0.2	a	0.22	b	0.12	a	0.25	a	V1S1
0.06	cd	0.16	abc	0.18	bcd	0.09	ab	0.22	ab	V1S2
0.04	cd	0.16	abc	0.14	def	0.07	abcd	0.19	bc	V1S3
0.07	cd	0.08	de	0.09	fg	0.05	bcd	0.14	cde	V1S4
0.09	bc	0.17	ab	0.21	bc	0.06	bcd	0.18	bcd	V2S1
0.04	cd	0.11	cde	0.16	cde	0.04	bcd	0.15	cde	V2S2
0.07	cd	0.11	cde	0.11	ef	0.03	cd	0.13	de	V2S3
0.06	cd	0.07	de	0.03	h	0.02	d	0.11	e	V2S4
0.13	ab	0.18	a	0.28	a	0.08	abc	0.18	bcd	V3S1
0.04	cd	0.12	bcd	0.21	bc	0.05	bcd	0.17	bcd	V3S2
0.03	d	0.12	bcd	0.14	def	0.03	cd	0.15	cde	V3S3
0.04	cd	0.06	e	0.05	gh	0.02	d	0.13	de	V3S4

میانگین‌های در هر ستون، که دارای حروف مشابه می‌باشند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.
 Means in each column, followed by the same letters are not significantly different at the 1% probability level-using Duncan's Multiple Range Test.

دستگاه فتوسنتزی طی تنش شده است. بین هدایت روزنه‌ای و محتوای نسبی آب و کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئیدها و ماده خشک همبستگی مثبت و معنی‌داری دیده شد، که نشانگر اهمیت کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئیدها در زیست ساخت کربوهیدرات‌ها، حفظ میزان بالای محتوای نسبی آب و حفظ آماس و تداوم باز بودن سلول‌های روزنه و افزایش هدایت روزنه‌ای و در نتیجه افزایش ماده

به نظر می‌رسد عنصر منیزیم با تجمع در سلول‌های محافظ روزنه و ایفای نقش در بیوسنتز ترکیبات آلی کاهش‌دهنده پتانسیل اسمزی مانند گلوتامیک اسید سبب کاهش بیشتر هدایت روزنه‌ای به‌منظور جلوگیری از تلفات رطوبتی تحت تنش گردیده است. به نظر می‌رسد انباشت نشاسته در کلروپلاست و ایجاد فشار مکانیکی گرانول‌های درشت نشاسته به دستگاه فتوسنتزی، باعث محدودیت در فعالیت

خشک بوده است.

نتیجه‌گیری

با افزایش شدت تنش شوری، روند کاهش ماده خشک در ژنوتیپ شیرالی با شیب کندتری نسبت به دو ژنوتیپ دیگر صورت گرفت. با توجه به همبستگی مثبت ماده خشک با محتوای نسبی آب و نظر به اینکه ژنوتیپ شیرالی در سطح ۱۰۰ میلی‌مولار از بالاترین میزان محتوای نسبی آب برخوردار بوده، نشانگر نقش حائز اهمیت حفظ محتوای نسبی آب در ممانعت از کاهش هرچه بیشتر ماده خشک می‌باشد. افزایش رنگدانه‌های کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئیدها تا شوری ۱۰۰ میلی‌مولار می‌تواند نشان‌دهنده افزایش غلظت کلروپلاست به دلیل کاهش محتوای نسبی آب و کاهش حجم سلول ناشی از تنش باشد. در نتیجه غلظت رنگیزه‌ها در واحد حجم سلول افزایش یافت. با افزایش شدت تنش، کاهش ظرفیت فتوسنتزی احتمالاً به دلیل کاهش سطح فتوسنتزکننده و ظرفیت فتوسنتزی کلروپلاست‌ها به علت اختلال در غشای تیلاکوئید، تخریب مولکول‌های کلروفیل در اثر فعالیت آنزیم کلروفیل‌از و عدم ثبات کمپلکس پروتئین-رنگدانه و در نتیجه تخریب کلروپلاست‌ها در اثر افزایش غلظت یون‌های سمی سدیم، کلر و^۱ ROS ناشی از آن بوده است. ژنوتیپ شیرالی اگرچه در سطح شاهد کمترین درصد منیزیم را

نسبت به دو ژنوتیپ دیگر دارا بود، اما در سطوح مختلف تنش درصد منیزیم در این ژنوتیپ به شدت افزایش یافته و در سطح ۱۵۰ میلی‌مولار نسبت به ژنوتیپ RGS0003 در سطح پایین‌تری قرار گرفت هرچند افزایش بسیار زیاد آن نسبت به شرایط شاهد قابل تأمل است. میزان هدایت روزنه‌ای در ژنوتیپ شیرالی در سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار در پایین‌ترین سطح نسبت به دو ژنوتیپ دیگر قرار داشت. احتمالاً ژنوتیپ شیرالی در این سطوح با کاهش هدایت روزنه‌ای و بستن روزنه‌ها محتوای نسبی آب را در سطح ۱۰۰ میلی‌مولار در بالاترین میزان نگهداشته و در ۱۵۰ میلی‌مولار از افت شدید آن جلوگیری نموده است لذا کاهش ماده خشک نیز با شیب بسیار ملایمی صورت پذیرفت. به نظر می‌رسد ژنوتیپ شیرالی با استفاده از مکانیزم‌های اجتناب از تنش همانند کاهش سطح برگ، حفظ محتوای نسبی آب و همچنین افزایش محتوای کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئیدها تا سطح ۱۰۰ میلی‌مولار به مقابله با خشکی ناشی از تنش شوری پرداخته است. به نظر می‌رسد محتوای نسبی آب یکی از مؤلفه‌های فیزیولوژیک کارآمد برای ارزیابی و انتخاب ژنوتیپ‌های کلزا تحت تنش شوری محسوب می‌گردد. با توجه به نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که در شرایط استفاده از آب‌های دارای کیفیت پایین، ژنوتیپ شیرالی از پاسخ فیزیولوژیکی مناسب‌تری نسبت به دو ژنوتیپ دیگر برخوردار بوده است.

References

- Ahmadi, H., and Niazi Ardekani, J. 2006. The effect of water salinity on growth and physiological stages of eight Canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *Irrigation Science* 25: 11-20.
- Arnon, A. N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal* 23: 112-121.
- Ashraf, M. 1994. Breeding for salinity tolerance in plants. *CRC Critical. Review Plant Science*, 13: 17-42.
- Ashraf, M. 2001. Relationships between growth and gas exchange characteristics in some salt-tolerant amphidiploid Brassica species in relation to their diploid parents. *Environmental and Experimental Botany* 45: 55-163.
- Ashraf, M. 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora Journal*, 99: 361-376.
- Ashraf, M., and Ali, Q. 2007. Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as the key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.). *Environmental and Experimental Botany* 63: 266-273.
- Ashraf, M. and Mc Neilly, T. 2004. Salinity tolerance in some brassica oilseeds. *Critical. Review Plant Science* 23: 154-174.
- Blumwald, E., Aharon, S. G., and Apse, M. P. 2000. Sodium Transport in Plant Cells. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1465 (2000): 140-151.
- Chaves, M. M., Maroco, J. P., and Pereira, J. S. 2003. Understanding plant response to drought: from genes to the whole plant. *Plant Biology* 30: 239-264.
- Ding, Y., Luo, W., and Xu, G. 2006. Characterization of magnesium nutrition and interaction of magnesium and potassium in rice. *Annals of Applied Biology* 149: 111-123.
- 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 Journal of Agricultural Research* 5: 2056-2065.
- Dubey, R. S. 1997. Photosynthesis in plants under stressful conditions. In: P. M. page et al. (ed.) *Handbook of photosynthesis*. New York: Marcel Dekker, pp.859-875.

1- Reactive oxygen species

13. Francois, B. B. 2007. Effect of salinity on germination and seedling growth of canola. PhD thesis. Agricultural Sciences at the University of Stellenbosch p: 73.
14. Francois, L. E. 1994. Growth, seed yield, and oil content of canola grown under saline conditions. *Agronomy Journal* 86 (2): 233-237.
15. Hassibi, P., Nabipour, M., and Moradi, F. 2010. Study of some cryoprotectives role to induce low temperature tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. *Electronic Journal of Crop Production* 3 (1): 39-56. (in Persian with English abstract).
16. He, T., and Cramer, G. R. 1992. Growth and mineral nutrition of six rapid-cycling Brassica species in response to seawater salinity. *Plant Soil Science* 139: 285-294.
17. Irshad, M., Eneji, A. E., Khattak, R. A., and Khan, A. 2009. Influence of nitrogen and saline water on the growth and partitioning of mineral content in Maize. *Journal of Plant Nutrition* 32: 458-469.
18. Jamil, M., Rehman, S. H., and Rha, E. S. 2007. Salinity effect on plant growth, PSII photochemistry and chlorophyll content in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and cabbage (*Brassica Oleracea capitata* L.). *Pakistan Journal of Botany* 39: 753-760.
19. Kattab, H. 2007. Role of glutathione and polyadenylic acid on the oxidative defense systems of two different cultivars of canola seedlings grown under saline condition. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 1 (3): 323-334.
20. Kishimoto, K., Ishijima, S., and Ohnishi, M. 2003. Characterization of membrane ATP-ase activities of spinach chloroplasts. *International journal of biological macromolecule* 3 (2): 61-68.
21. 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 Physiology and Biochemistry* 31: 303-310.
22. Maathuis, F. J. M., and Amtmann, A. 1999. K⁺ nutrition and Na⁺ toxicity. The basis of cellular K⁺/Na⁺ ratios. *Annual Botany* 84: 123-133.
23. Mahmood, S. S., and Athar, H. R. 2003. Intra specific variability in sesame (*sesamum indicum* L.) for various quantitative and qualitative attributes under differential salt regimes. *Journal of Science Research* 14 (2): 177-186.
24. Misra, A. N., Latowski, D., and Strzalka, K. 2006. The xanthophylls cycle activity in Kidney Bean and Cabbage leaves under salinity stress. *Russian Journal of Plant Physiology* 53: 102-109.
25. Pessaraki, M. M., Morgan, P. V., and Gilbert, J. J. 2005. Dry- Matter yield, protein synthesis, starch, and fiber content of barley and wheat plants under two irrigation regimes. *Journal of Plant Nutrition* 28 (7): 1227-1241.
26. Pinheiro, C., Chaves, M. M., and Ricardo, C. P. 2001. Alterations in carbon and nitrogen metabolism induced by water deficit in the stems and leaves of (*Lupinus albus* L.). *Journal of Experiment Botany* 52: 1063-1070.
27. Qasim, M., Ashraf, M., Ashraf, M. U., Rehman, Y. S., and Rha, E. S. 2003. Salt induced changes in two canola cultivars differing in salt tolerance. *Biologia Plantarum* 46 (4): 629-632.
28. Qi-lin, D., Chen, C., Bin, F., Ting-ting, L., Xia, T., Yuan-ya, G., Ying-kun, S., Jin, W., and Shi-zhang, D. 2009. Effects of NaCl treatment on the antioxidant enzymes of oilseed rape (*Brassica napus* L.) seedlings. *African Journal of Biotechnology* 20: 5400-5405.
29. Ritchie, S. W., and Nguyen, H. T. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science* 30: 105-111.
30. Saeedipour, S., Nabipour, M., and Moradi, F. 2007. Effect of salinity stress on some physiological mechanisms aspects of different Iranian Rice cultivar. PhD thesis. Shahid Chamran University. Ahvaz, Iran. p.116. (in Persian with English abstract).
31. Shamsoddin saied, M., and Farahbakhsh, H. 2009. Salt stress effect on yield and some agronomic and physiologic traits of two corn hybrid at Kerman region. *The plant production* 32 (1). 13-24. (in Persian).
32. Sheligl, H. Q. 1986. Die verwertung orgngischer souren durch chlorella lincht. *Planta Journal* 47-51. (in Germani).
33. Singh, A., and Dubey, K. 1995. Changes in chlorophyll a and b contents and activities of photosystems I and II in rice seedlings induced by NaCl. *Photosynthetica* 31: 489-499.
34. Tahmasbi, F. 2010. Physiological investigation of saline water irrigation from NaCl and CaCl₂ sources on three genotypes of canola (*Brassica napus* L.) in Ahvaz climate condition. M.Se thesis. Shahid Chamran University. Ahvaz, Iran. p.114 (in Persian with English abstract).
35. Tahmasbi, F., Hassibi, P., and Meskarbashee, M. 2013. The evaluation of some physiological and biochemical variations of salt water irrigation tolerance in three canola genotypes. *The Plant Production* 36 (2): 75-86. (in Persian).
36. Valdez-Aguilar, L., Grieve, A. C. M., Poss, J., and Layfie, D. A. 2009. Salinity and alkaline pH in irrigation water affect marigold plants: II. Mineral Ion Relations. *Hortscience* 44 (6): 1726-1735.
37. Zhao, G. Q., Ma, B. L., and Ren, C. Z. 2007. Growth, gas exchange, chlorophyll fluorescence and ion content of naked oat in response to salinity. *Crop Science* 47: 123-131.
38. Zhu, J. K. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 53: 247-273.



Effect of Different Salinity levels on some Photosynthetic Characters of Canola (*Brassica napus* L.) Cultivars

F. Tahmasbi¹ - P. Hassibi² - M. Meskarbashi³

Received: 22-05-2014

Accepted: 17-05-2015

Introduction

Salinity is one of the most important factors limiting crop production in arid and semiarid regions of the world that affects crop yield. Salt tolerance of Brassica species are very complex due to genetic relationships. Because of low erucic acid (less than 2% of total fatty acids) and glucosinolates contents (less than 3 $\mu\text{mol g}^{-1}$), oil of Canola has many consumers around the world. Because Canola have tolerance potential against toxicity of salinity and its minerals, its growth can be successful in saline condition. According to the recent ongoing drought and the need to use low quality irrigation water for crops such as Canola, aim of this experiment was to evaluate the effect of salinity on changes in carbon fixation process and photosynthetic pigments of three Canola genotypes under salinity as well as determine most salt tolerant genotype for use in saline regions.

Material and Methods

An experiment was conducted in the greenhouse of Shahid Chamran University during 2007-2008 growing season in factorial test based on a completely randomized design with four replications. The first factor (genotype) included Hayola 401, RGS0003 and Shiraly and the second factor (salinity levels) had four levels of salinity (50, 100 and 150 mM NaCl) as well as distilled water as a control. Sources of salinity were NaCl and CaCl_2 with equal ratio as most resembles to lower water quality resources in the region. Date and time of stress were considered four weeks after planting (four-leaf stage). A Stepped irrigation method using saline water was done every 12 days over three steps period. To perform this study 10 liters volume pots were used. Three pots per each treatment, and totally 144 pots were used. SAS (version 9.1), Excel and MSTAT-C software's was used for statistical analysis. The comparison of means was done by Duncan method.

Results and Discussion

The results showed that content of chlorophyll a, b and carotenoids in all three genotypes increased to 100 mM, while decreased at 150 mM. Health and invulnerability of main photosynthetic pigments at 100 mM NaCl, can be considered as an important reason for salt tolerance in the evaluated canola cultivars. Reducing the absorption of water due to stress caused by salinity reduced nutrient uptake. Toxicity of chlorine and sodium also leads to inhibition of plant growth and dry matter. Magnesium concentration raised with increasing salinity compared to control. It seems that the magnesium concentration in stomatal guard cells decreased osmotic potential and play a role in the biosynthesis of organic compounds such as glutamic acid. So, despite ABA-induced stomatal closure, the stomatal openings, even in small amounts remain photosynthesis activities. Probably, magnesium has a key role in the continuing photosynthesis of Canola under salinity. The leaf starch in the genotype Shiraly significantly increased to 150 mM salinity level. Reduction of starch in high levels of salt stress interferes with enzymes efficiency involved in the starch biosynthesis, such as starch synthase and ADP-glucose pyrophosphorylase. The trend of variation in stomatal conductance was similar to 50 mM in the early flowering, but a sharp decrease was observed at late flowering compare to control. When stress started on the four-leaf stage, the plant for some time kept stomatal conductance at maximum level, but continuation stress period led to close stomata. Thus, reducing the amount of leaf relative water content can be considered as the reason of different stomatal conductance among the different levels of salt stress. A significant positive correlation between relative water content and stomatal conductance confirms this results. On the other hand to avoid stress and better use of the limited amount of available water, the plants closed stomata to prevent more water loss.

1- Former M.Sc. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

2- Associate professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

3- Associate professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

(* - Corresponding Author Email: faranaktahmasbi@yahoo.com)

Conclusions

It seems that genotype Shiraly using some mechanisms to avoid stress, such as maintaining relative water content, as well as increase the content of chlorophyll a and b up to 100 mM. Moreover, the concentration of magnesium up to 150 mM, has endured salinity.

Keywords: Chlorophyll a and b, Magnesium, Salinity, Starch, Stomatal conductance