تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی)، جلد ۳۵ شماره ۳، پاییز ۱۳۹۱

تأثیر تنوع ترکیبات یونی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی دو رقم کلزا

مهسا بالاورد[۱]، موسی مسکر باشی[۲] و مجید نبی پور[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه شهید چمران اهواز (Mahsa.balavard@gmail.com)

۲ و۳- دانشیاران گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۹۰/۴/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۱۹

چکیده

به منظور بررسی تنوع ترکیبات یونی بر روی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی دو رقم کلزا، آزمایشی گلدانی به صورت طرح کرت‌های خرد شده نواری در قالب بلوک کامل تصادفی با سه تکرار، درمزرعه گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید چمران اهواز، در سال زراعی ۸۹-۸۸ اجرا شد. فاکتورهای اصلی شامل الف: اعمال شوری از طریق آب آبیاری در ۳ سطح شوری ۸ و ۱٤ دسی زیمنس بر متر و آب تصفیه شهری به عنوان شاهد با سطح شوری ۲/۲ دسی زیمنس بر متر و ب: نوع ترکیب یونی در ۲ سطح $NaCl, Na_2SO_4$. فاکتور فرعی شامل ژنوتیپ در ۲ سطحHayola 401, RGS000 بودند. نتایج نشان داد که در هر دو ژنوتیپ با افزایش سطوح شوری القائی به وسیله هر دو نوع نمک، وزن تر اندام هوایی، سطح برگ، هدایت روزنه‌ای، پتانسیل اسمزی و میزان محتوای آب نسبی برگ کاهش یافت. با افزایش شوری از سطح شاهد به ۸ دسی‌زیمنس بر متر در هر دو ژنوتیپ و تحت تأثیر هر دو نوع نمک میزان عدد SPAD افزایش و در سطح شوری ۱٤ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافت. Na_2SO_4 به طور معنی‌داری میزان هدایت روزنه‌ای را کاهش داد. بیش ترین میزان وزن تر اندام هوایی در این مرحله از نمونه برداری در ژنوتیپ هایولا ٤۰۱ در سطح شاهد و به میزان ۱۰/۸۸ گرم در بوته مشاهده شد و کم ترین مقدار آن نیز متعلق به همین ژنوتیپ و به میزان ۳/٦۰ گرم در بوته در سطح ۱٤ دسی‌زیمنس بر متر شوری اعمال شده به وسیله NaCl بود. بیش ترین سطح برگ در ژنوتیپ هایولا ٤۰۱ و به میزان LA=٤۱/۲ در تیمار شاهد و کم ترین مقدار آن نیز در ژنوتیپ RGS000 و به میزانLA=۱٦/۰ در ۱٤ دسی‌زیمنس بر متر شوری اعمال شده به وسیله NaCl، به دست آمد. بیش ترین میزان هدایت روزنه‌ای متعلق به ژنوتیپ هایولا ٤۰۱ و به میزان ۰/۲٦ مول بر متر مربع بر ثانیه در تیمار شاهد و کم ترین میزان هدایت روزنه‌ای متعلق به ژنوتیپ RGS000 و به میزان ۰/۰٦ مول بر متر مربع بر ثانیه در تیمار ۱٤ دسی‌زیمنس بر متر شوری اعمال شده به وسیله Na_2So_4 بود. گرچه هر دو ژنوتیپ با افزایش مقدار شوری، سطح برگ، هدایت روزنه‌ای، پتانسیل اسمزی و میزان محتوای آب نسبی برگ را کاهش داده؛ ولی کاهش ناشی از نمک NaCl در مقایسه با Na_2SO_4 بیش تر بود.

کلید واژه‌ها: کلزا، شوری، فاکتورهای فیزیولوژیک، NaCl و Na_2SO_4

مقدمه

شوری یکی از مهم ترین تنش‌های غیر زیستی بوده و آثار منفی آن بر رشد گیاهان زراعی باعث افزایش تحقیقات در زمینه تحمل به شوری با هدف بهبود تحمل گیاهان شده است (زائو و همکاران[۱] ۲۰۰۷). شوری از طریق کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک یا تنش خشکی فیزیولوژیک (اشرف[۲]، ۲۰۰۴)، تأثیر ویژه یونی (اشرف، ۱۹۹٦) 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 (بولوم والد[۳]، ۲۰۰۰).

1- Zhao *et al.*

2- Ashraf

3- Blumwald

خسارت وارد شده بر گیاه یا جلوگیری از رشد آن را نمی‌توان تنها به اثرات فشار اسمزی محلول خاک نسبت داد، بلکه فعالیت یونی و میزان یون‌ها در محیط بیرون می‌توانند اثرات مضر قابل توجهی روی رشد گیاه داشته باشند (مانس[1]، ۲۰۰۲). هنگامی که غلظت یک یون خاص به بالاتر از آستانه تحمل آن در گیاه افزایش می‌یابد، باعث ایجاد سمیّت در گیاه شده و به مقدار زیادی بر جذب و یا متابولیسم عناصر ضروری در گیاه اختلال ایجاد کرده و رشد گیاه را به طور معکوس تحت تاثیر قرار می‌دهد. برخی از محققان خسارت سمیت یون‌ها را حضور مقادیر بالای یون در درون سلول و تخریب غیر قابل برگشت سلول می‌دانند (اسموند[2]، ۱۹۷۶). نمک‌های محلول که سهم زیادی در شور شدن خاک دارند، شامل کاتیون‌های کلسیم، منیزیم و سدیم، آنیون‌های کلر، سولفات، بی‌کربنات و گاهی اوقات نیز کربنات‌ها می‌باشند. هر چند مشارکت نسبی کاتیون‌ها و آنیون‌های مختلف از یک محل به محلی دیگر به‌طور قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌کند، ولی بالا بودن یون سدیم یکی از متداول‌ترین علل شوری در نقاط مختلف دنیا است (فرزاد، ۱۳۸۵). تنش شوری موجب تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیائی وسیعی در گیاهان می‌شود (کامر و همکاران[3]، ۲۰۰۳)، بررسی و درک این تغییرات و واکنش‌های گیاه به شوری جهت تولید گیاهان زراعی مقاوم ضروری می‌باشد (زیونگ و زو[4]، ۲۰۰۲).

گونه‌های مختلف براسیکا (*Brassica spp.*) در کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند (اشرف و مک نیلی[5]، ۲۰۰۴) و تحمل به شوری در این گونه‌ها به دلیل روابط ژنی موجود پیچیده می‌باشد (اشرف و همکاران، ۲۰۰۱). ویژگی‌های خاص گیاه کلزا و سازگاری آن با شرایط آب و هوایی اکثر نقاط کشور و تحمل آن نسبت به تنش‌های محیطی بویژه شوری، سبب شده است که توسعه کشت این گیاه به عنوان نقطه امیدی جهت تأمین روغن خام مورد نیاز کشور و رهایی از وابستگی به شمار آید؛ به طوری که اکنون کلزا نقطه ثقل طرح‌های افزایش تولید دانه‌های روغنی محسوب می شود (حاتمی‌فر، ۱۳۸۲). اثرات تنش شوری بر رشد رویشی را در دو بخش اثرات کوتاه مدت و اثرات بلند مدت تقسیم شده است. اثرات کوتاه مدت که شامل کاهش رشد ساقه و احتمالاً بروز واکنش ریشه به کمبود آب می‌باشد که در طی چند روز اتفاق می‌افتد. اثرات طولانی مدت باعث انتقال مقدار زیادی نمک به برگ‌های کاملا توسعه یافته و کاهش فعالیت فتوسنتزی می‌شود و در طی چندین هفته اتفاق می‌افتد. در هر صورت تحت شرایط تنش شوری روزنه‌ها بسته شده و میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد. شوری می‌تواند رشد ریشه را سریعا متوقف نماید و بدین طریق ظرفیت جذب، انتقال آب و عناصر غذائی از خاک به طرف اندام های هوایی را کاهش دهد (مانس، ۲۰۰۲). کاهش پتانسیل تورژسانس در نتیجه شوری مهم ترین عامل بازدارندگی رشد گیاهان تحت شرایط شوری است. کاهش فشار تورژسانس روی تقسیم سلولی و طویل شدن و همچنین بسته شدن روزنه‌ها در گیاهان حساس به شوری اثر گذاشته، تبادلات گازی (فتوسنتز و تنفس) کاهش - می‌یابد و در نتیجه باعث جلوگیری از رشد می‌شود (چاوس و همکاران[6]، ۲۰۰۹). یکی از راه‌کارهای مقاومت والقای تحمل در برابر تنش شوری و ممانعت از پسابیدگی سلول‌های گیاهی کاهش پتانسیل اسمزی می‌باشد (شانون[7]، ۱۹۹۸). محبوس نمودن یون‌های سمی در واکوئل این امکان را به گیاه می‌دهد که از Na^+ به عنوان یک تنظیم کننده اسمزی استفاده کرده و با کاهش پتانسیل اسمزی خود بتواند آب را به سهولت جذب کند

1- Munns
2- Osmond
3- Kumar *et al.*
4- Xiong & Zho
5- Asraf & McNeilly
6- Chaves *et al.*
7- Shanoon

(بولوم والد، ۲۰۰۰ ؛ تستر و داونپورت[1]، ۲۰۰۳). شوری با کاهش محتوای آب نسبی و افزایش غلظت پروتوپلاسم باعث افزایش تعداد و همچنین غلظت کلروپلاست (SPAD) در واحد سطح می‌شود که این افزایش غلظت کلروفیل به دلیل کاهش حجم سلول‌های ناشی از تنش شوری می‌باشد (زانگ و همکاران[2]، ۲۰۰۱). کاهش غلظت کلروفیل تحت تأثیر سطوح بالای شوری به دلیل تغییر مسیر متابولیسم نیتروژن در ساخت ترکیباتی نظیر پرولین است (شانون، ۱۹۹۸). مصرف گلوتامیک اسید (که به طور مشترک پیش ماده تولید پرولین و کلروفیل‌ها می‌باشد) جهت بیوسنتز پرولین موجب توقف مسیر بیوسنتزی کلروفیل می‌شود. لزوم این بررسی برای معرفی شاخص‌های فنولوژیک و فیزیولوژیک مناسب جهت شناسایی رقم مقاوم مشخص می‌شود؛ همچنین با توجه به اثر متفاوت نوع نمک عامل شوری یکسان، می‌توان با شناسایی اراضی دارای شوری بالا، ناشی از نمک‌های کم تر خسارت‌زا در گیاه، نسبت به توصیه کشت کلزا پس از آزمایش های مزرعه ای اقدام نمود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت کشت گلدانی تحت شرایط غیر گلخانه‌ای، در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه‌ی تحقیقاتی شماره یک گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا گردید. این مزرعه در جنوب غربی شهرستان اهواز و در حاشیه غربی رودخانه‌ی کارون با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۹ دقیقه‌ی شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۱ دقیقه‌ی شرقی با ارتفاع ۲۰ متر از سطح دریا واقع شده است. میزان بارندگی در طول دوره‌ی آزمایش ۶۶/۷ میلی‌متر و میانگین حداقل درجه حرارت، ۵/۷ درجه سانتی‌گراد در دی ماه و میانگین حداکثر دما ۳۷/۲ درجه سانتی‌گراد در اردیبهشت ماه بود. میانگین رطوبت سالانه ۴۳ درصد محاسبه گردید.

این تحقیق به صورت کرت‌های خرد شده نواری در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. در این آزمایش ۳ فاکتور مورد بررسی قرار گرفتند. فاکتور-های اصلی شامل الف: اعمال شوری از طریق آب آبیاری در ۳ سطح شوری ۸ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر و آب تصفیه شهری به عنوان شاهد با سطح شوری ۲/۲ دسی زیمنس بر متر و ب: نوع ترکیب یونی در ۲ سطح NaCl, Na_2SO_4. فاکتور فرعی شامل ژنوتیپ در ۲ سطح RGS000 Hayola, ۴۰۱. هر دو ژنوتیپ زودرس، تیپ بهاره و برای مناطق معتدل، گرم و مرطوب توصیه شدند.

کشت بذر در تاریخ ۱۰ دی ماه ۱۳۸۸ انجام گرفت. در هر گلدان ۸ عدد بذر در عمق ۱ سانتی‌متری خاک کشت گردید، در مرحله ۴ برگی عملیات تنک طی دو مرحله انجام شد و تعداد گیاهچه‌ها در هر گلدان به ۴ رسید. جهت بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری در هر رقم در هر واحد آزمایشی، ۴ گلدان در نظر گرفته شد (یک گلدان به صورت رزرو). هر تکرار شامل ۴۸ گلدان و در مجموع در این آزمایش ۱۴۴ گلدان در نظر گرفته شد. بافت خاک مورد استفاده از نوع لومی شنی بوده و بر اساس آزمایش های انجام شده دارای ۲/۲ درصد مواد آلی، ۰/۰۲۶ درصد نیتروژن کل خاک، ۱۴/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر و ۱۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم پتاسیم قابل تبادل بود.

اعمال تنش ۲۰ روز پس از کاشت و به صورت پلکانی طی ۲ مرحله انجام شد، به این صورت که در مرحله نخست در هر واحد آزمایشی ۵۰٪ سطح شوری مورد نظر به وسیله آب آبیاری (با EC معادل ۴ و۷ دسی زیمنس بر متر) و در مرحله بعدی سطوح کامل تیمارهای شوری (با EC معادل ۸ و ۱۴ دسی زیمنس بر متر) اعمال شد. آبیاری به وسیله آب شور با رعایت کنترل شوری

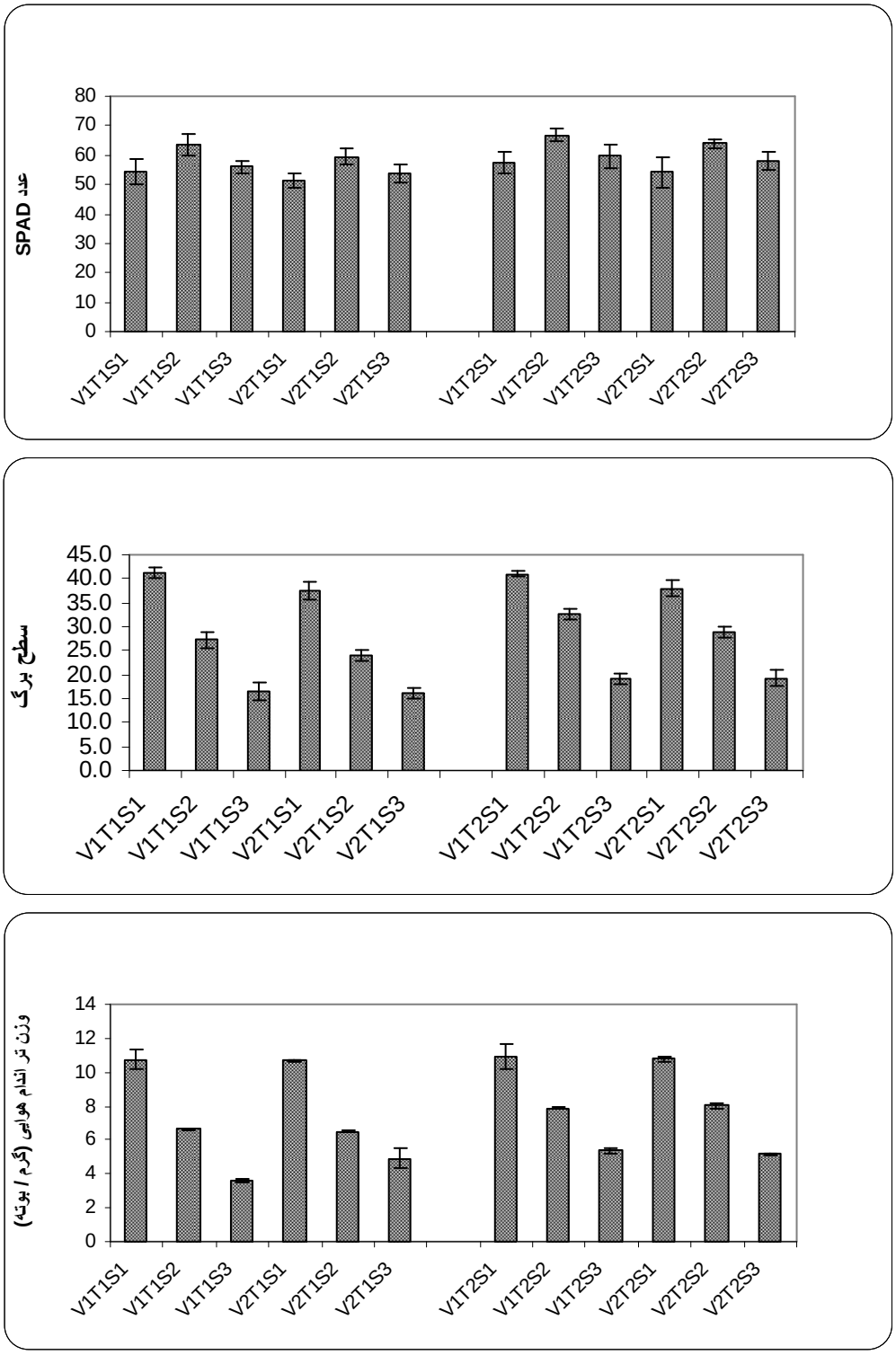
1- Tester & Davenport
2- Zhang *et al.*

خاک گلدان‌ها تا انتهای آزمایش ادامه یافت. تیمارهای شاهد با آب دارای کیفیت مطلوب با EC=۲/۲ دسی-زیمنس بر متر آبیاری شدند. نمونه برداری و اندازه‌گیری صفات ۹۰ روز پس از کاشت انجام شد. نمونه برداری-های برگی از آخرین برگ توسعه یافته که به ۸۰٪ اندازه نهائی خود رسیده بود (برگ رفرنس) انجام شد. پتانسیل اسمزی برگ (مگاپاسکال) از آخرین برگ توسعه یافته به وسیله دستگاه اسمومتر به روش مارتینز و همکاران (۲۰۰۴)، هدایت روزنه‌ای (مول بر متر مربع بر ثانیه) با دستگاه پرومتر مدل ELE، عدد SPAD به وسیله دستگاه SPAD – مارک مینولتا 502، اندازه‌گیری میزان رطوبت نسبی (RWC) انجام شد. سطح برگ به وسیله دستگاه Leaf Area Meter و وزن تر اندام هوایی (گرم بر بوته) به روش وزنی (۴ بوته در هر تیمار) اندازه‌گیری شد. پارامترهایی همچون هدایت روزنه‌ای و عدد SPAD در ساعات اولیه صبح اندازه‌گیری شدند. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزارآماری SAS، رسم نمودارها به وسیله نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس وزن تر اندام هوایی وجود تفاوت معنی‌دار بین سطوح مختلف شوری و نوع نمک اعمالی در سطح ۱٪ را نشان داد. اثرات متقابل بین نوع نمک و سطوح مختلف شوری در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). میزان وزن تر اندام هوایی در شرایط تنش همواره کم تر از شاهد بود و با افزایش سطوح شوری از ۸ به ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر در هر دو تیمار NaCl و Na_2SO_4 و در هر دو ژنوتیپ کاهش یافت. بیش ترین میزان وزن تر اندام هوایی در این مرحله از نمونه برداری در ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ در سطح شاهد و به میزان ۱۰/۸۸ گرم در بوته مشاهده شد و کم ترین مقدار آن نیز متعلق به همین ژنوتیپ و به میزان ۳/۶۰ گرم در بوته در سطح ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر شوری اعمال شده به وسیله NaCl بود. با توجه به نتایج به دست آمده طی تنش اعمالی به وسیله NaCl، بیش ترین میزان وزن تر اندام هوایی به ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ به میزان ۶/۶۴ گرم در بوته و در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر تعلق داشت و کم ترین میزان آن نیز در همین ژنوتیپ و به میزان ۳/۶۰ گرم در بوته و در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر بود. طی تنش القایی به وسیله Na_2SO_4 بیش ترین میزان وزن تر اندام هوایی در ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و به میزان ۸/۰۱ گرم در بوته و کم ترین میزان وزن تر اندام هوایی در این شرایط در ژنوتیپ RGS000 و در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۵/۱۷ گرم در بوته وجود داشت (شکل ۱).

بررسی اثر تنش شوری بر میزان سطح برگ نشان داد که میان سطوح مختلف تنش و در سطح ۱٪ و بین ژنوتیپ و انواع نمک در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱). سطح برگ در زمان اعمال تنش به وسیله هر دو نمک و در هر دو ژنوتیپ همواره از شاهد کم تر بود و با افزایش سطوح شوری از ۸ به ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر در هر دو تیمار NaCl و Na_2SO_4 کاهش یافت. بیش ترین سطح برگ در ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ و به میزان LA=۴۱/۲ در تیمار شاهد و کم ترین مقدار آن نیز در ژنوتیپ RGS000 و به میزان LA=۱۶/۰ در ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر شوری اعمال شده به وسیله NaCl، به دست آمد. در تیمار شاهد کم ترین مقدار سطح برگ در ژنوتیپ RGS000 و به میزان LA=۳۷/۶ به دست آمد. در شرایط اعمال تنش به وسیله NaCl، بیش ترین سطح برگ در ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ در سطح شوری ۸ دسی-زیمنس بر متر و به میزان LA=۲۷/۲ و کم ترین میزان آن نیز در همین ژنوتیپ و به میزان LA=۱۶/۰، در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. طی شرایط اعمال تنش به وسیله Na_2So_4 بیش ترین سطح برگ در ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ و به میزان LA=۳۲/۷ در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و کم ترین آن در ژنوتیپ



شکل ۱- اثر متقابل ژنوتیپ، نوع نمک و سطوح مختلف شوری بر عدد SPAD، سطح برگ و وزن تر اندام هوایی

(نشانگرهای میله‌ای: خطای استاندارد میانگین سه تکرار)، محور افقی در سه شکل : ترکیب تیماری سه فاکتور بشرح زیر:

V1= Hyolla401, V2= RGS000, T1= NaCl, T2= Na_2SO_4, S1= control, S2= 8dS/m, S3= 14dS/m

جدول۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) وزن تر اندام هوایی، سطح برگ، عدد SPAD ، هدایت روزنه‌ای، پتانسیل اسمزی و RWC

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر اندام هوایی	سطح برگ	عدد SPAD	هدایت روزنه‌ای	پتانسیل اسمزی	RWC
بلوک	۲	۰/۷۵۵^{ns}	۰/۰۱۵$^{n.s}$	۱۰۷/۶۳۲$^{n.s}$	۰/۰۰۰$^{n.s}$	۰/۲۲۴$^{n.s}$	۷۰/۳۶۰$^{n.s}$
سطوح شوری	۲	۱۰۹/۵۹۴**	۱۴/۱۸۸**	۲۶۰/۵۹۱*	۰/۰۷۴**	۲۲/۵۲۵**	۲۲۵/۸۸۸*
خطا (سطوح شوری)	۴	۰/۳۸۹	۰/۰۶۴	۳۳/۹۷۱	۰/۰۰۰	۰/۱۵۹	۱۵/۶۵۲
نوع نمک	۱	۶/۳۶۷**	۰/۶۸۳*	۱۲۰/۴۵۱$^{n.s}$	۰/۰۰۳*	۱/۶۹۴**	۱/۵۶۲$^{n.s}$
خطا (نوع نمک)	۲	۰/۰۰۹	۰/۰۲۶	۱۰/۴۷۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳	۳۱/۶۸۲
سطوح شوری*نوع نمک	۲	۱/۲۵۵*	۰/۲۰۰$^{n.s}$	۱/۰۳۱$^{n.s}$	۰/۰۰۰$^{n.s}$	۰/۲۸۵$^{n.s}$	۲/۹۵۴$^{n.s}$
خطا (سطوح شوری*نوع نمک)	۴	۰/۱۵۱	۰/۰۳۵	۱۸/۳۶۲	۰/۰۰۰	۰/۷۶۵	۱۶/۹۶۵
ژنوتیپ	۱	۰/۲۱۳^{ns}	۰/۴۹۵*	۷۰/۹۸۱*	۰/۰۰۸**	۵/۵۹۳**	۹۳/۴۴۴$^{n.s}$
سطوح شوری *ژنوتیپ	۲	۰/۳۵۸^{ns}	۰/۱۰۲$^{n.s}$	۱/۴۷۰$^{n.s}$	۰/۰۰۰$^{n.s}$	۰/۳۰۵$^{n.s}$	۱۲/۵۶۰$^{n.s}$
نوع نمک*ژنوتیپ	۱	۰/۳۶۸^{ns}	۰/۰۰۱$^{n.s}$	۰/۲۱۹$^{n.s}$	۰/۰۰۱$^{n.s}$	۰/۰۴۲^{ns}	۵/۶۱۷$^{n.s}$
سطوح شوری*نوع نمک*ژنوتیپ	۲	۰/۷۱۳^{ns}	۰/۰۰۳$^{n.s}$	۰/۴۱۵$^{n.s}$	۰/۰۰۰۳$^{n.s}$	۰/۰۱۳$^{n.s}$	۰/۱۲۴$^{n.s}$
خطا (ژنوتیپ)	۱۲	۰/۳۷۲	۰/۰۶۹	۱۴/۶۸۴	۰/۰۰۱	۰/۲۲۰	۳۹/۰۶۴
CV (٪)		۸/۰۳	۹/۲۶	۶/۵۹	۱۷/۷۱	۱۱/۶۱	۷/۱۰

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

RGS000 و به میزان LA=۱۹/۲، در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (شکل ۱).

نتایج تجزیه واریانس عدد SPAD اختلاف معنی‌دار میان سطوح مختلف شوری و ژنوتیپ در سطح ۵٪ را نشان داد. بین انواع نمک و اثرات متقابل تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۱). شوری به دلیل افزایش غلظت پروتوپلاسم و کاهش محتوای نسبی آب برگ رشد و تقسیم سلولی را کاهش می‌دهد؛ همچنین به دلیل افزایش پتانسیل اسمزی خاک و کاهش جذب آب توسط گیاه از رشد اندام هوایی و طویل شدن ریشه جلوگیری می‌کند. ممانعت رشد ریشه در اثر شوری، ظرفیت جذب آب و عناصر معدنی ضروری جهت رشد را کاهش می دهد و در نتیجه رشد اندام هوایی کاهش می‌یابد. نتایج حاصله با نتایج زاو[1] (۲۰۰۲) در بررسی تأثیر تنش شوری و خشکی بر گیاهان مطابقت دارد. در ابتدای اعمال تنش شوری، تنش خشکی القأ شده به دلیل تأثیرات اسمزی و کاهش پتانسیل آب در محیط ریشه، عامل اصلی کاهش رشد اندام هوایی و نهایتاً وزن خشک اندام هوایی خواهد بود؛ ولی به تدریج تجمع املاح در اندام‌های گیاهی افزایش یافته و به دلیل غلظت در حد سمیت یون‌ها، موجب کاهش رشد می‌گردد.

کلروز و نکروز حاشیه برگ‌ها همراه با کاهش سطح برگ باعث کاهش پتانسیل فتوسنتز و کاهش رشد گیاه خواهد شد. نتایج حاصل شده با نتایج اسچ و همکاران[2] (۲۰۰۰) و زیونگ و زو (۲۰۰۲) مطابقت دارد. کاهش رشد اندام هوایی ممکن است نتیجه اختلال در فراهمی اسیمیلات های فتوسنتزی کاهش هدایت روزنه‌ای، کاهش غلظت کلروفیل و یا ممانعت از گسترش سلولی در برگ‌ها باشد که هر کدام از این عوامل منجر به کاهش ماده خشک در گیاه می‌شود. نتایج حاصل شده با نتایج اشرف (۲۰۰۴)، چاوس و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت داشت. شوری با محدودیت جذب آب و عناصر غذایی، سمیت عناصر و تغییر روابط آبی و همچنین ممانعت از بزرگ شدن و تقسیم سلولی منجر به کاهش سطح برگ و عملکرد فتوسنتزی گیاه شده و در نتیجه کاهش رشد اندام هوایی و ماده خشک را به همراه خواهد داشت. نتایج حاصل شده با نتایج انفراد و همکاران (۱۳۸۲)، قسیم و همکاران[3] (۲۰۰۳) مطابقت داشت.

میزان عدد SPAD در سطوح مختلف شوری اعمال شده به وسیله هر دو نوع نمک و در هر دو ژنوتیپ همواره بیش تر از شاهد بود و با افزایش شوری تا ۸ دسی-زیمنس بر متر در هر دو تیمار NaCl و Na_2SO_4 افزایش یافته و سپس با افزایش شوری تا سطح ۱۴ دسی-زیمنس بر متر کاهش پیدا کرد. بیش ترین میزان عدد SPAD در ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ در سطح ۸ دسی زیمنس بر متر شوری اعمال شده به وسیله‌ی Na_2SO_4 و به میزان ۶۶/۷۵ اندازه‌گیری شد و کم ترین میزان عدد SPADمتعلق به ژنوتیپ RGS000 و به میزان ۵۱/۴۴ در سطح شاهد به دست آمد. بررسی نتایج در سطح شاهد نشان داد که بیش ترین و کم ترین میزان عدد SPAD به ترتیب متعلق به ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ و RGS000، به میزان ۵۷/۴ و ۵۱/۴ بود. با توجه به نتایج به دست آمده در تیمار NaCl، بیش ترین میزان عدد SPAD به ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ به میزان ۶۳/۳ و در سطح شوری ۸ دسی-زیمنس بر متر تعلق داشت و کم ترین میزان آن در ژنوتیپ RGS000 و به میزان ۵۳/۶ در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. طی تنش اعمالی به وسیله Na_2SO_4 بیش ترین میزان عدد SPAD در ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و به میزان ۶۶/۷ و کم ترین میزان عدد SPAD در این شرایط در ژنوتیپ RGS000 و در سطح شوری ۱۴ دسی-زیمنس بر متر به میزان ۵۷/۹ وجود داشت (شکل ۱).

1- Zhu
2- Asch *et al.*
3- Qasim *et al.*

شوری با افزایش تعداد کلروپلاست در واحد سطح به دلیل کاهش محتوای آب نسبی برگ، متراکم شدن محتویات سلول‌های مزوفیل و افزایش غلظت پروتوپلاسم غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ را افزایش می‌دهد که این افزایش ناشی از کاهش حجم سلول‌های تحت تنش شوری است. تردیدی نیست که افزایش غلظت یون-های سمی از جمله سدیم در بافت برگی و در اثر افزایش شوری محیط موجب تخریب کلروفیل می‌گردد؛ اما دومین عامل مؤثر در غلظت کلروفیل، سطح برگ است که خود تابعی از شوری محیط می‌باشد. در اثر شوری به علت کاهش شدید سطح برگ، با وجود تخریب مولکول‌های کلروفیل توسط یون‌های سدیم غلظت مولکول‌های باقی مانده در واحد سطح برگ افزایش می-یابد، که توجیهی جهت افزایش میزان عدد SPAD در سطح شوری ۸ دسی زیمنس بر متر می‌باشد. یکی از عوامل کاهش کلروفیل، افزایش غلظت سدیم سیتوسولی در اندام هوایی است. بررسی ارقام مقاوم و حساس به شوری در کلزا ثابت کرده است که غلظت سدیم در اندام هوایی در ارقام حساس به طور معنی‌داری بیش تر از ارقام مقاوم می‌باشد (محمد و همکاران، ۲۰۰۶ و زانک و همکاران، ۲۰۰۱). غلظت بالای سدیم در اندام هوایی از طریق افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز باعث کاهش میزان کلروفیل خواهد شد. آنزیم کلروفیلاز با متلاشی کردن ساختار کلروپلاست باعث عدم ثبات کمپلکس پروتئین رنگدانه‌ها، تخریب کلروفیل a,b و تغییر در کمیت و ترکیب کاروتنوئیدها می‌شود. از طرف دیگر افزایش سدیم باعث تخریب آنزیم‌های مسئول سنتز رنگدانه‌ها خواهد شد (اشرف، ۱۹۹۶). وقتی گیاه در معرض تنش شوری قرار می‌گیرد، دچار نوعی خشکی فیزیولوژیک شده و ریشه‌ها در این شرایط مقدار اسید آبسزیک را افزایش می‌دهند. این هورمون از طریق جریان تعرق به اندام هوایی گیاه منتقل شده و در نهایت منجر به کاهش هدایت روزنه‌ای می‌شود. تحت تنش شوری گیاه برای استفاده بهینه از مقدار آب محدودی که در اختیار دارد اقدام به بستن روزنه‌های خود کرده تا از هدر روی آن جلوگیری کند. نتایج حاصل شده با نتایج چاوس و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی سازگاری گیاهان با تنش کمبود آب مطابقت داشت.

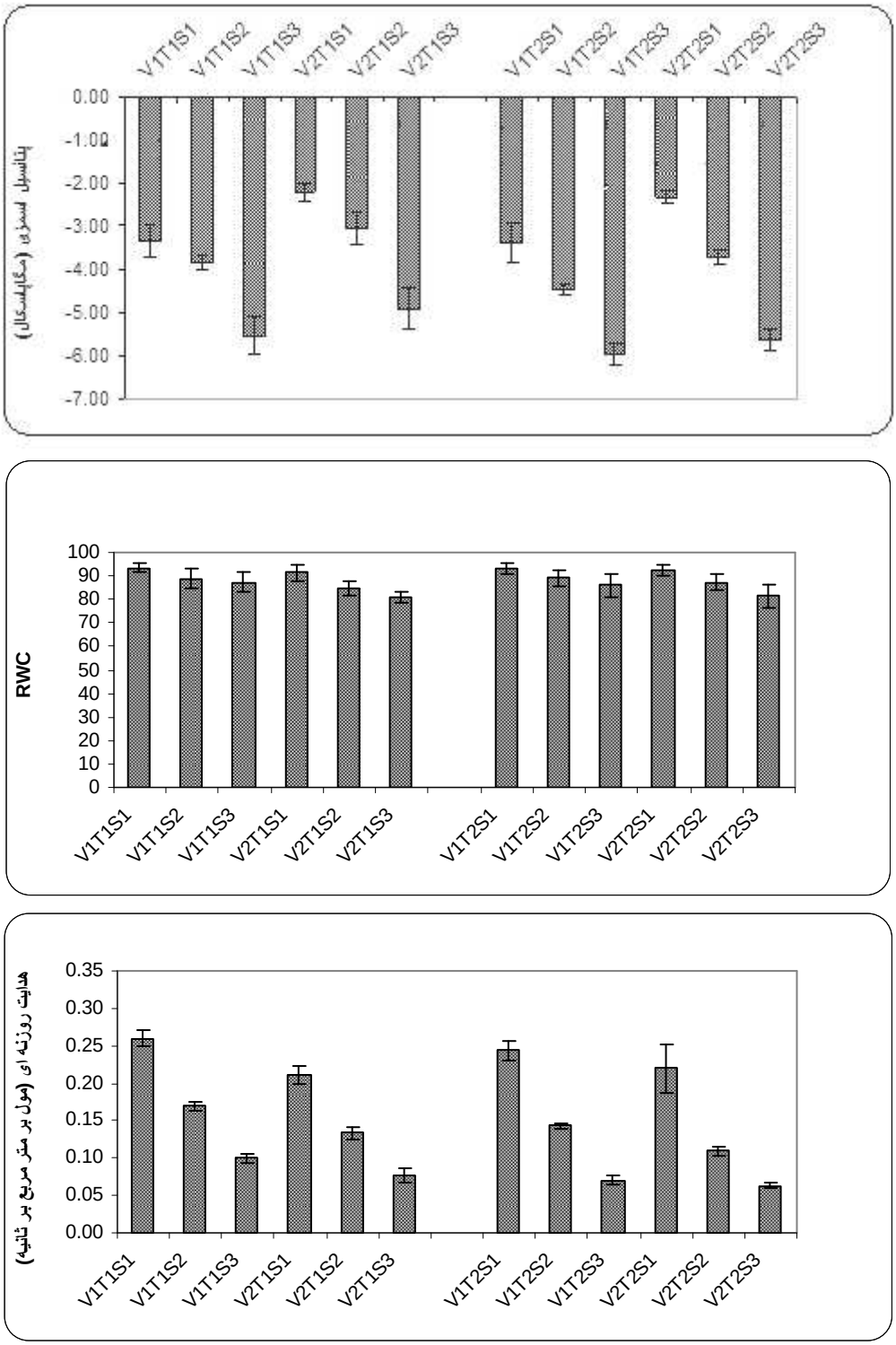
بررسی اثر تنش شوری بر میزان هدایت روزنه‌ای برگ نشان داد که میان سطوح مختلف تنش و ژنوتیپ‌ها در سطح ۱٪ و بین انواع نمک در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار وجود داشته؛ اما اثرات متقابل بین ژنوتیپ، سطوح شوری و نوع نمک فاقد اختلاف معنی‌دار بودند (جدول ۱). هدایت روزنه‌ای در زمان اعمال تنش به وسیله هر دو نمک و در هر دو ژنوتیپ همواره از شاهد کم تر بود و با افزایش سطوح شوری از ۸ به ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر در هر دو تیمار نمک کاهش یافت. بیش ترین میزان هدایت روزنه‌ای متعلق به ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ و به میزان ۰/۲۶ مول بر متر مربع بر ثانیه در تیمار شاهد و کم ترین میزان هدایت روزنه‌ای متعلق به ژنوتیپ RGS000 و به میزان ۰/۰۶ مول بر متر مربع بر ثانیه در تیمار ۱۴ دسی-زیمنس بر متر شوری اعمال شده به وسیله Na_2So_4 بود. طی اعمال تنش به وسیله NaCl، بیش ترین میزان هدایت روزنه‌ای در ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ و به میزان ۰/۱۷ مول بر متر مربع بر ثانیه در تیمار ۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد و کم ترین میزان هدایت روزنه‌ای متعلق به ژنوتیپ RGS000 و به میزان ۰/۰۸ مول بر متر مربع بر ثانیه در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر بود. در شرایط اعمال تنش به وسیله Na_2So_4 بیش ترین میزان هدایت روزنه‌ای متعلق به ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ و به میزان ۰/۱۴ مول بر متر مربع بر ثانیه در تیمار ۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد و کم ترین میزان هدایت روزنه‌ای به ژنوتیپ RGS000 و به میزان ۰/۰۶ مول بر متر مربع بر ثانیه در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر مترمتعلق بود (شکل ۲).

شوری تعادل بین جذب آب توسط ریشه و هدرروی آن از طریق تعرق را بر هم می زند و گیاه برای جبران این هدرروی هدایت روزنه‌ای خود را کاهش می‌دهد. کاهش میزان محتوای آب نسبی برگ تحت شرایط شوری همراه با کاهش آماس سلول‌های روزنه باعث کاهش میزان هدایت روزنه‌ای خواهد شد که نتایج حاصله با نتایج اشرف و مک نیلی (۲۰۰۴)، در بررسی مقاومت به شوری در گیاهان دانه روغنی براسیکا، قسیم و همکاران (۲۰۰۳) در بررسی روابط آبی و تبادلات گازی برگ چند لاین کلزا تحت تنش شوری مطابقت داشت.

نتایج تجزیه واریانس پتانسیل اسمزی نشان داد که میان ژنوتیپ‌ها، انواع نمک و سطوح مختلف تنش شوری در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱). با افزایش سطوح شوری از ۸ به ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر در هر دو ژنوتیپ و در هر دو تیمار NaCl و Na_2So_4 میزان پتانسیل اسمزی کاهش یافت (منفی‌تر شد) و همواره کم تر از شاهد بود. بیش ترین میزان پتانسیل اسمزی متعلق به ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ و به میزان ۲/۲- مگاپاسکال و در سطح شاهد بود، همچنین کم ترین میزان پتانسیل اسمزی در ژنوتیپRGS000 در سطح ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر شوری القایی به وسیله NaCl، به میزان ۵/۸۸- مگاپاسکال دیده شد. با توجه به نتایج به دست آمده در تیمار شاهد بیش ترین و کم ترین میزان پتانسیل اسمزی به ترتیب متعلق به ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ و RGS000 و به میزان ۲/۲۰- و ۳/۴۰- مگاپاسکال بود. بیش ترین میزان پتانسیل اسمزی طی تنش القایی به وسیله NaCl، در ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ و به میزان ۳/۰۶- مگاپاسکال در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد و کم ترین میزان پتانسیل اسمزی در این شرایط متعلق به ژنوتیپ RGS000 و به میزان ۵/۵۴- مگاپاسکال در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر بود. طی تنش القایی به وسیله Na_2SO_4 بیش ترین و کم ترین میزان پتانسیل اسمزی به ترتیب در ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ و در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و ژنوتیپ RGS000 و در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۳/۷۳- و ۵/۸۸- مگاپاسکال به دست آمد (شکل ۲).

نتایج تجزیه واریانس RWC اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف شوری در سطح ۵٪ را نشان داد؛ اما بین انواع نمک، ژنوتیپ و اثرات متقابل تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). میزان RWC در شرایط تنش همواره کم تر از شاهد بود و با افزایش سطوح شوری از ۸ به ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر در هر دو تیمار نمک و در هر دو ژنوتیپ کاهش یافت. بیش ترین میزان RWC متعلق به ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ و به میزان ۹۳/۴۴ درصد در سطح شاهد بود و کم ترین میزان RWC در ژنوتیپ RGS000 و در سطح ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر شوری اعمال شده به وسیله Na_2SO_4 و به میزان ۸۱/۳۸ درصد مشاهده شد. در سطح شاهد بیش ترین و کم ترین میزان RWC به ترتیب متعلق به ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ و RGS000، به میزان ۹۳/۴۴ و ۸۱/۳۶ درصد بود. بیش ترین میزان RWC طی تنش القایی به وسیله NaCl، در ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ به میزان ۸۸/۶۳ درصد و در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد و کم ترین میزان آن در این شرایط متعلق به ژنوتیپ RGS000، به میزان۸۱/۳۶ درصد و در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر بود. با توجه به نتایج به دست آمده طی تنش اعمالی به وسیله Na_2So_4، بیش ترین و کم ترین میزان RWC به ترتیب متعلق به ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ و RGS000، در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر و به میزان ۸۹/۰۹ و ۸۱/۳ درصد بود (شکل۲).

گیاهان زراعی تحت شرایط انتخاب، ظرفیت تنظیم اسمزی خود را افزایش داده و روابط آبی خود را تحت تنش شوری به طور مطلوب‌تری حفظ می کنند ودر واکنش به کاهش پتانسیل آب محیط، پتانسیل اسمزی خود را کاهش داده تا از این طریق بتوانند پتانسیل تورگور خود را جهت ادامه رشد حفظ کنند، (شانون، ۱۹۹۸).



شکل ۲- اثر متقابل ژنوتیپ، نوع نمک و سطوح مختلف شوری بر پتانسیل اسمزی، RWC و هدایت روزنه ای

(نشانگرهای میله‌ای: خطای استاندارد میانگین سه تکرار)، محور افقی در سه شکل : ترکیب تیماری سه فاکتور بشرح زیر:
V1= Hyolla401, V2= RGS000, T1= NaCl, T2= Na_2SO_4, S1= control, S2= 8dS/m, S3= 14dS/m

پتانسیل اسمزی با القای تحمل در برابر شوری از پسابیدگی سلول‌های گیاهی جلوگیری می‌کنند. تحت تأثیر شوری گیاه با تجمع مواد آلی مثل پرولین، قندها و سایر تنظیم کننده‌های اسمزی، فشار اسمزی سیتوپلاسمی را بالا برده و میزان پتانسیل اسمزی را کاهش می‌دهد. یکی از راهکارهای تحمل شوری در ارقام مقاوم تجمع مقدار زیادی سدیم در اندام هوایی و استفاده از آن به عنوان یک تنظیم کننده اسمزی در کاهش میزان پتانسیل اسمزی می‌باشد و در ضمن با انتقال سدیم به واکوئل مقدار سدیم را در سیتوسول کاهش می‌دهد. زانگ و همکاران (۲۰۰۱)، سیدیک و همکاران[1] (۲۰۰۸) نیز در بررسی اثر شوری بر ارقام مختلف کلزا کاهش پتانسیل اسمزی در همه ارقام را گزارش کردند. محفظه بندی یون‌های سمی در واکوئل این امکان را به گیاه می‌دهد که از Na^+ به عنوان یک تنظیم کننده اسمزی استفاده کرده و با کاهش پتانسیل اسمزی خود بتواند آب را به سهولت جذب کند. نتایج به دست آمده با نتایج بلوم والد (۲۰۰۰)، تستر و داونپورت (۲۰۰۳) مطابقت داشت. بخشی از کاهش در پتانسیل اسمزی می‌تواند در نتیجه کاهش میزان محتوای آب نسبی با وجود کاهش تعرق در شرایط شوری باشد زیرا با کاهش محتوای آب بافت، غلظت مواد محلول افزایش یافته و پتانسیل اسمزی منفی‌تر می‌شود. کنترل محتوای آب نسبی بافت در شرایط شور قسمتی از فرایند مقاومت به شمار می‌آید، چرا که محتوای آب و املاح همراه با هم میزان فشار تورگور را مشخص می‌کنند (گلن و همکاران[2]، ۱۹۹۷). شوری به دلیل کاهش جذب آب توسط گیاه از رشد ریشه ممانعت کرده و ظرفیت جذب آب و عناصر معدنی ضروری را کاهش می‌دهد. کاهش میزان محتوای آب نسبی که موجب بروز شرایط کمبود آب در بافت برگی می‌شود ممکن است در نتیجه کاهش هدایت هیدرولیکی ریشه یا کاهش جریان آب از ریشه به بخش هوایی باشد. افزایش غلظت پروتوپلاسم به دلیل تجمع مواد آلی و معدنی تحت تنش‌های شوری منجر به کاهش محتوای آب نسبی برگ می‌شود، شوری با آسیب به غشاء سلولی نفوذپذیری و نشت الکترولیت‌ها به درون پروتوپلاسم را افزایش داده و باعث کاهش محتوای آب نسبی می‌شود. نتایج حاصل شده با نتایج فرانکوئیس و همکاران[3] (۲۰۰۷)، مخامد و همکاران[4] (۲۰۰۶) مطابقت داشت.

در هر دو ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ و RGS000 با افزایش سطوح شوری القائی به وسیله هر دو نوع نمک NaCl و Na_2SO_4، سطح برگ، هدایت روزنه‌ای، پتانسیل اسمزی و میزان محتوای آب نسبی برگ کاهش یافت و با افزایش شوری از سطح شاهد به ۸ دسی زیمنس بر متر در هر دو ژنوتیپ و تحت تأثیر هر دو نوع نمک میزان عدد SPAD، افزایش و در سطح شوری ۱۴ دسی زیمنس بر متر کاهش یافتند. NaCl اثر معنی‌دار بیش تری در کاهش ، سطح برگ و پتانسیل اسمزی در مقایسه با Na_2SO_4در هر دو ژنوتیپ نشان داد. اثر نوع نمک در رابطه با میزان عدد SPAD، تفاوت معنی‌داری در دو ژنوتیپ نداشت. Na_2SO_4 اثر معنی‌دار بیش تری در کاهش میزان هدایت روزنه‌ای نشان داد.

1- Siddiqui *et al.*
2- Glenn *et al.*
3- Francois *et al.*
4- Mokhamed *et al.*

منابع

۱. انفراد، ا.، پوستینی، ک.، مجنون حسینی، ن.، طالعی ع. و خواجه عطاری، ا.ع. ۱۳۸۲. واکنش‌های فیزیولوژیکی ارقام کلزا (*Brassica napus*) در مرحله رشد رویشی نسبت به تنش شوری. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴ : ۱۰۳-۱۱۲.

۲. حاتمی‌فر، ح. ۱۳۸۲. ارزیابی ارقام کلزا (*Brassica napus*) برای تحمل به شوری با استفاده از تکنیک کشت بافت. پایان نامه دوره کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه مازندران. ص ۱۰۵.

۳. فرزاد، س. ۱۳۸۵. اثر تنش شوری بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی ۳ رقم گندم در شرایط آب و هوایی اهواز. پایان نامه دوره کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید چمران اهواز، ص ۱۳۸.

4. Asraf, M., and McNeilly, T. 2004. Salinity tolerance in some brassica oil seeds. Critical Reviews in Plant Science, 23:154-174.

5. Asch, F., Dingkuhn, M., and Droffling, K. 2000. Salinity increases Co_2 assimilation but reduces growth in field growth irrigated rice. Plant and Soil, 218:1-10.

6. Ashraf, M., and Naqvi, M.I. 1992. Effect of varying Na/Ca ratios in salin sand culture on some physiological parameters of four *Brassica* species. Acta Physiologiae Plantarum, 14(4): 197-205.

7. Ashraf, M. 1996. Breeding for salinity tolerance in plant. Critical Reviews in Plant Science, 13: 17-42.

8. Ashraf, M. 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. Flora, 199: 361-376.

9. Ashraf, M., McNeilly, T., and Nazir, M. 2001. Comparative salt tolerance of amphidiploid and diploid Brassica.species. Plant Science, 160: 683–689.

10. Blumwald, E. 2000. Sodium transport and salt tolerance in plants. Current Opinion in Cell Biology, 12: 431-434.

11. Chaves, M.M., Flexas, J., and Pinheiro, C. 2009. Photosynthesis undet drought and salt sterss: regulation mechanisms from whole plant to cell. Annals of Botany, 103: 551-560.

12. 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.

13. Glenn, E.P., Brown J., and Jamal-khan. 1997. Mechanisms of salt tolerance in higher plants. The University of Arizona, pp: 83-110.

14. Kumar, S.G., Reddy, A.M., and Sudhakar, C. 2003. NaCl effects on proline metabolism in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) whit contrasting salt tolerance. Plant Science, 165: 1245-1251.

15. Mokhamed, A., Raldugina, G., Kholodova, V., and Khoznetsov, V. 2006. Osmolyte accumulation in different rape genotypes under sodium chloride salinity. Russian Journal of Plant Physiology, 53(5): 649-655.

16. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment, 25: 239-250.

17. Osmond, C.B. 1976. Ion absorption and carbon metabolism in cells of higher plant. Encyclopaedia of Plant Physiology, 24: 347.

18. Qasim, M., Ashraf, M., Jamil, M.A., Ashraf, M.Y., Rehman, S.U., and Rha, E.S. 2003. Water relation and leaf gas exchange properties in some elite canola (Brassica napus) lines under salt stress. Annals of applied Biology, 142: 307-316.

19. Shanoon, M.C. 1998. Adaptation of plant to salinity. Advances in Agronomy, 60: 75-119.

20. Siddiqui, Z.S., Khan, M.A., Kim, B.G., Huang, J.S., and Kwon, T.R. 2008. Physiological responses of *Brassica napus* genotipes to combined drought and salt stress. Plant Stress, 2(1): 78-83.

21. Tester, M., and Davenport, R. 2003. Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plant. Annals of Botany, 91: 503-527.

22. Xiong, L., and Zho, J.K. 2002. Molecular and genetic aspects of plant responses to osmotic stress. Plant, Cell and Environment, 25: 131-139.

23. Yordanov, I., Velikova, V., and Tsonev, T. 2003. Plant response to drought and stress tolerance. Bulgaria Journal of Plant Physiology, Special Issue, pp: 187-206.

24. Zhang, H.X., Hodson, J.N., Williams, J.P., and Blumwald, E. 2001. Engineering salttolerant *Brassica* plants: Characterization of yield and seed oil quality in transgenic plants with increased vacuolar sodiumaccumulation. Communicated by Emanuel Epstein. University of California, Davis. www.pnas.orgycgiydoiy. 10.1073 ypnas, 231476498

25. Zhao, G.Q., Ma, B.L., Ren, C.Z. 2007. Growth, Gas Exchang, Chlorophyll Fluorescence and Ion Content of Naked Oat in Response to Salinity. Crop Science, 47: 123-131.

26. Zhu, J.K. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plant. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 53: 247-273.