نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴، ص. ۸۲۲-۸۱۰

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 4, Winter. 2016, p. 810-822

اثر پرایمینگ بذر بر رشد رویشی و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه کنجد (*Sesamum indicum* L.) در شرایط شوری حاصل از نمک‌های قلیایی

حامد بخرد[۱]- بتول مهدوی[۲*]- اصغر رحیمی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۱۹

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر پرایمینگ بذر و تنش شوری حاصل از نمک‌های قلیایی بر گیاه کنجد آزمایشی گلدانی در دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل پرایمینگ [شاهد (بدون پرایمینگ)، هیدروپرایمینگ، هالوپرایمینگ با نمک‌های کلرید سدیم و بی‌کربنات سدیم)] و سطوح مختلف تنش شوری ناشی از نمک بی‌کربنات سدیم (صفر، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ میلی‌مولار) بودند. نتایج نشان داد که تنش شوری موجب کاهش طول ساقه و ریشه، وزن خشک اندام هوایی، محتوای نسبی آب برگ، محتوی کلروفیل برگ و پتانسیل عملکرد کوانتوم (F_v/F_m) گردید. با افزایش تنش شوری، تیمارهای مختلف پرایمینگ سبب افزایش طول ریشه، وزن خشک اندام هوایی، محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل b و میزان F_v/F_m نسبت به تیمار بدون پرایم شدند و بیشترین وزن خشک اندام هوایی، محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل b و میزان F_v/F_m در تیمار هیدروپرایمینگ مشاهده شد. همچنین تنش شوری، میزان پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم گیاه را کاهش داد درحالی‌که میزان سدیم، میزان کلسیم و منیزیم اندام هوایی افزایش یافت. هیدروپرایمینگ سبب افزایش میزان پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم شد. همچنین کلیه تیمارهای پرایمینگ در سطوح شوری ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار سبب افزایش میزان منیزیم نسبت به تیمار بدون پرایم شدند. بنابراین پرایمینگ بذر به‌ویژه هیدروپرایمینگ می‌تواند یک روش مناسب برای بهبود رشد گیاه کنجد در شرایط شوری حاصل از نمک‌های قلیایی باشد.

واژه‌های کلیدی: بی‌کربنات سدیم، محتوی یونی، هالوپرایمینگ، هیدروپرایمینگ

مقدمه

کنجد با نام علمی *Sesamum indicum* L و از خانواده Pedaliaceae یکی از دانه‌های روغنی و خوراکی مهم در کشاورزی سنتی نواحی گرم به‌شمار می‌رود و ظاهراً قدیمی‌ترین دانه روغنی در جهان می‌باشد. کنجد دارای بیشترین و مرغوب‌ترین روغن در میان کلیه گیاهان دانه روغنی بوده است. قسمت اصلی مصرفی کنجد، دانه آن است که نزدیک به ۷۵ درصد آن از چربی و پروتئین تشکیل شده است. بقیه‌ی ۲۵ درصد دانه را املاح معدنی، هیدرات کربن و الیاف تشکیل می‌دهد. روغن کنجد نیز حاوی گلیسریدها، اسیدهای چرب عمده‌ای چون اسید اولئیک و لینولئیک، مقادیر کمی اسید استریک، پالمیتیک و آراچیدیک می‌باشد (۱۹). براساس آمار سازمان فائو، در سال ۲۰۱۲ سطح زیر کشت، عملکرد در هکتار و میزان کل تولید کنجد در ایران به‌ترتیب ۴۰۰۰۰ هکتار، ۸۰۰ کیلوگرم، ۳۲۰۰۰ تن و در جهان به‌ترتیب ۶۶۲۸۲۷۶ هکتار، ۶۱۷ کیلوگرم، ۴۰۹۲۲۳۶ تن بوده است (۱۲).

تنش شوری یکی از محدودیت‌های محیطی است که ۲۰٪ از مزارع آبی جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تنش شوری حاصل از نمک‌های قلیایی مربوط به درصد نمک‌های مثل Na_2Co_3 و $NaHCO_3$ می‌باشد. قلیائیت خاک در حدود ۵۶۰ میلیون هکتار از زمین‌های جهان را به شدت تحت تأثیر قرار داده و سبب کاهش تولید محصولات کشاورزی شده است. عوامل اصلی که باعث قلیائیت می‌شوند شامل بی‌کربنات‌ها (HCO_3^-) و کربنات‌ها (CO_3^{2-}) هستند، در حالی‌که هیدروکسید، بورات، آمونیاک، بازهای آلی، فسفات‌ها و سیلیکات‌ها به‌عنوان عوامل فرعی پیشنهاد شده‌اند. تعدادی از گزارش‌ها ثابت کردند که نمک‌هایی قلیایی (Na_2CO_3 و $NaHCO_3$) برای گیاهان مخرب‌تر از نمک‌های طبیعی (NaCl و Na_2SO_4) هستند (۳۱). وجود تنش قلیائیت اثر اسیدیته بالا را به همراه دارد. اسیدیته بالا در اطراف ریشه گیاه می‌تواند موجب رسوب

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان
(*- نویسنده مسئول: Email: b.mahdavi@vru.ac.ir)

یون‌های فلزی و فسفر، خسارت بر اعمال فیزیولوژیک طبیعی ریشه و تخریب ساختار ریشه گردد (۲۳). تنش قلیائیت جذب یون‌های غیر آلی مانند Cl^-، NO_3^- و H_2PO_4 را محدود کرده و بر جذب انتخابی K^+ و Na^+ به مقدار زیادی اثر گذاشته و توازن یونی را به‌هم می‌زند (۳۵ و ۳۷). همچنین اسیدیته قلیایی منجر به تشکیل مواد غذایی غیر محلول مخصوصاً آهن، روی و مس می‌شود که به موجب آن از حالت قابل جذب برای گیاه خارج می‌شوند پیامد این امر به‌صورت زردی در برگ‌های جوان بروز خواهد کرد. هم‌چنین یون‌های بی‌کربنات، جذب عناصر پرمصرف، به‌ویژه فسفر، منیزیم و پتاسیم توسط گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۲۷). گیاهان به غلظت‌های بالای بی‌کربنات از طریق کاهش رشد شاخساره واکنش نشان می‌دهند و این ممانعت در رشد شاخساره در برگیرنده کاهش در تعداد برگ‌ها، وزن تر و خشک و طول ساقه خواهد بود. رشد کاهش یافته شاخساره، به میزان فتوسنتز کمتر در نتیجه زردی تحریک شده به‌وسیله بی‌کربنات در برگ‌ها مربوط می‌شود. میزان فتوسنتز کمتر، از تخریب کلروفیل و سنتز کمتر آن به دلیل انتقال کم آهن یا انحلال کمتر آهن در خاک یا محیط کشت ناشی می‌شود (۲۸). در آزمایشی که توسط کسوری و همکاران (۲۱) صورت گرفت، افزایش غلظت بی‌کربنات باعث کاهش پارامترهای رشد گیاه انگور (*Vitis vinifera*) وزن ساقه، سطح برگ، تعداد برگ و میزان زیست توده) شد. کاهش سریع رشد شاخساره حتی در غلظت‌های پایین بی‌کربنات، به یک پیام رسیده از ریشه، مانند هورمون وابسته است (۲۸).

به دلیل افزایش مشکلات ناشی از شوری، نیاز به توسعه محصولاتی با تحمل بیشتر نسبت به شوری به‌طور بسیار جدی افزایش یافته است. یکی از تکنیک‌های جدید در این راستا، استفاده از پیش تیمارهای بذری است که در حالت کلی تحت عنوان پرایمینگ یا پیش تیمار بذر نامیده می‌شوند. هدف از پیش تیمار بذر قبل از کاشت، جذب آب توسط بذر تا اندازه‌ای است که فرآیند جوانه‌زنی شروع شود، (ظهور ریشه‌چه به اندازه‌ی سه میلی‌متر) اما به‌طور کامل صورت نگیرد (۲۴). اعمال این تیمار قبل از کاشت، در شرایط نامساعد محیطی، می‌تواند جوانه‌زنی و رشد و نمو را بهبود بخشیده، باعث استقرار هرچه بهتر گیاهچه، پوشش مناسب گیاهی، افزایش تحمل به شوری یا خشکی و افزایش عملکرد شود (۲۶). به‌طور کلی گیاهان در برابر نمک مقاوم نمی‌شوند، مگر آنکه در شرایط شور رشد کنند، به این معنا که باید تحت چنین شرایطی سخت شوند. پیش تیمار بذر با نمک‌های معدنی (هالوپرایمینگ)، تکنیکی آسان، ارزان و کم خطر بوده که به‌طور مؤثری در غلبه بر مشکلات ناشی از تنش شوری استفاده می‌شود (۱۹). با توجه به اینکه شوری یک عامل مهم محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در کشور است و از سوی دیگر، اهمیت گیاه کنجد به‌عنوان یک گیاه روغنی مهم، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر تیمار پرایمینگ با دو نمک کلرید سدیم و بی‌کربنات سدیم و هیدروپرایمینگ بر رشد رویشی و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک کنجد رقم GL13 در شرایط تنش شوری حاصل از نمک‌های قلیایی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. میانگین دمای روزانه گلخانه ۲±۲۹ سانتی‌گراد و میانگین دمای شبانه آن ۲±۱۸ درجه سانتی‌گراد بود و رطوبت گلخانه بین ۷۰-۵۰ درصد نوسان بود. تیمارها شامل پرایمینگ در چهار سطح [شاهد (بدون پرایمینگ)، هیدروپرایمینگ و هالوپرایمینگ با نمک‌های کلرید سدیم و بی‌کربنات سدیم] و تنش شوری در چهار سطح بی‌کربنات سدیم (صفر، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ میلی‌مولار) بودند. جهت انجام آزمایش از بذور کنجد، رقم GL-13 (توده بومی جیرفت) با ارتفاع ۱۷۵-۱۵۰ سانتی‌متر استفاده شد. این رقم متحمل به خشکی بوده و مناسب کشت در مناطق گرم و خشک است. بذرهای این رقم در زمستان ۹۱ از بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان دریافت گردید.

بستر کشت شامل کوکوپیت و پرلیت بود که به‌ترتیب به نسبت ۱:۱ با هم مخلوط شده و در گلدان‌های پلاستیکی به ارتفاع ۳۵ و قطر ۳۰ سانتی‌متر ریخته شدند. برای اعمال تیمار پرایمینگ، بذرها به‌طور مجزا به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر و کلرید سدیم ۵۰ میلی‌مولار و ۱۸ ساعت در بی‌کربنات سدیم ۳۰ میلی‌مولار در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و محیط تاریک قرار داده شدند. سپس بذرهای پرایم شده با آب مقطر شسته و به مدت ۲۴ ساعت در محیط آزمایشگاه خشک شدند و سپس در عمق حدود یک سانتی‌متری در گلدان‌های پلاستیکی کشت شدند. از زمان کشت بذرها تا قبل از مرحله ظهور اولین برگ حقیقی، آبیاری با آب مقطر صورت گرفت. بعد از خروج اولین برگ حقیقی تا مرحله چهار برگی، آبیاری با محلول غذایی هوگلند انجام شد. از مرحله چهار برگی به بعد، برای اعمال تیمارهای شوری، از محلول هوگلند با توجه به تیمار مورد نظر استفاده گردید. غلظت‌های نمک مورد نظر با استفاده از بی‌کربنات سدیم در محلول غذایی هوگلند (۱۷) تهیه و به‌صورت تدریجی، بعد از عمل تنک و نگهداری چهار بوته در هر گلدان و بسته به مرحله رشدی گیاه، هفته‌ای دو الی سه مرتبه به میزان ۲۵۰ میلی‌لیتر به گلدان‌ها اضافه شد. اندازه‌گیری صفات مختلف شامل اندازه‌گیری ارتفاع ساقه و ریشه، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، محتوای کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ، فلورسانس کلروفیل و میزان عناصر پتاسیم، سدیم، کلسیم و منیزیم، حدود ۴۵ روز بعد از اعمال بیشترین غلظت

نمک (مرحله تشکیل کپسول) صورت گرفت.

قاعده یقه تا رأس بلندترین برگ به‌عنوان ارتفاع ساقه و محل طوقه تا انتهای طویل‌ترین ریشه به‌عنوان طول ریشه در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام رویشی گیاه، اندام هوایی از ریشه جدا و پس از شستشو با آب مقطر کاملاً خشک شد. در مرحله بعد، اندام هوایی و ریشه گیاه داخل آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و بعد از خشک شدن اندام هوایی و ریشه، وزن خشک این اندام‌ها بر حسب گرم در گیاه تعیین شد.

محتوای نسبی آب برگ به روش ریتچی و همکاران (۲۹) اندازه‌گیری شد. محتوی کلروفیل برگ به روش آرنون (۲) اندازه‌گیری شد. جذب نوری کلروفیل a و b و a+b در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر و کاروتنوئید در طول موج ۴۷۰ قرائت شد. غلظت کلروفیل a، b، a+b و کاروتنوئیدها بر حسب میلی‌گرم بر گرم برگ تازه به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل از دستگاه Chlorophyll Fluorometer (مدل Pocket PEA کمپانی Hansatechv ساخت کشور انگلستان) استفاده گردید. این دستگاه میزان فلورسانس کلروفیل را براساس پارامتر Fv/Fm ثبت نمود. روش کار بدین صورت بود که از هر گلدان چهار برگ بالغ از گیاه انتخاب و در گیره‌های مخصوص جهت ایجاد شرایط تاریکی به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفتند و پس از این مدت میزان فلورسانس کلروفیل ثبت گردید.

اندازه‌گیری غلظت یون‌ها با استفاده از روش سوزاندن و هضم نمونه خشک گیاهی که مخلوطی از برگ و ریشه گیاه بود در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت شش ساعت و واکنش با اسید کلریدریک دو مولار تعیین گردید. عناصر پتاسیم و سدیم به کمک دستگاه فلیم فتومتر (Model PFP7, Germany) و عناصر کلسیم و منیزیم بعد از عصاره‌گیری با استفاده از دستگاه جذب اتمیک (مدل GBC avanta ساخت کشور استرالیا) اندازه‌گیری شدند.

از نرم افزار SAS برای تجزیه آماری داده‌ها استفاده و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج به‌دست آمده نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار پرایمینگ بذر و تنش شوری بر طول ساقه و ریشه است. اثر متقابل شوری و پرایمینگ تنها بر طول ریشه معنی‌دار بود (جدول ۱). به‌طور کلی با افزایش غلظت نمک طول ساقه کنجد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. درصد کاهش طول ساقه در سطوح شوری ۱۵، ۳۰ و ۴۵ میلی‌مولار نسبت به تیمار بدون تنش (صفر میلی‌مولار) به‌ترتیب ۶/۵، ۱۰/۶ و ۱۱/۰۳ بود. (جدول ۲). این نتایج با یافته‌های والدز آگلار و رد (۳۳) مبنی بر کاهش رشد گیاه لوبیا (*Phasaeolus vulgaris* L.) با افزایش نمک بی‌کربنات سدیم مطابقت داشت. آنان دلیل این امر را افزایش اسیدیته و به هم خوردن توازن یونی در ریزوسفر توسط این تنش می‌دانند. به‌طور کلی اغلب اثرات قلیائیت بر رشد گیاه از طریق کاهش در قابلیت حل عناصر به علت افزایش اسیدیته ایجاد می‌شود (۱). به‌علاوه کاهش رشد در شرایط تنش نمک بی‌کربنات سدیم به سرعت پایین فتوسنتز که تحت غلظت بالای بی‌کربنات اتفاق می‌افتد نسبت داده می‌شود که با انتقال کم آهن و یا با غیر قابل حل کردن آهن در محلول محیط کشت که باعث صدمه به سنتز کلروفیل می‌شود همراه است (۵). تمامی تیمارهای پرایمینگ باعث افزایش طول ساقه در مقایسه با تیمار شاهد (عدم پرایمینگ) شدند و بین تیمارهای مختلف پرایمینگ اختلاف معنی‌داری از نظر طول ساقه وجود نداشت (جدول ۲). افزایش طول ساقه توسط هیدروپرایمینگ و هالوپرایمنیگ با کلرید سدیم در گیاه برنج (*Oryza sativa*) نیز گزارش شده است (۱۴). همچنین دیمر و اوزتوکات (۱۱) دریافتند که طول ساقه در بذرهای هندوانه (*Citrullus lanatus*) پرایم شده با هالوپرایمینگ افزایش می‌یابد. بووس و میشرا (۷) دلیل افزایش طول ساقه و ریشه توسط هیدروپرایمینگ را افزایش تقسیم سلول‌های نوک ساقه بیان کردند. در شرایط تنش شوری، کلیه تیمارهای پرایمینگ سبب افزایش طول ریشه نسبت به تیمار بدون پرایم شدند. بلندترین طول ریشه در تیمار پرایمینگ با سدیم کلرید با سطح شوری ۴۵ میلی‌مولار مشاهده گردید که با تیمار بدون پرایمینگ و سطح شوری صفر میلی‌مولار (بدون تنش) تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین آن نیز مربوط به تیمار بدون پرایمینگ و شوری ۳۰ میلی‌مولار بود (شکل ۱).

اقبال و اشرف (۱۸) گزارش کردند که هالوپرایمینگ با کلرید سدیم و هیدروپرایمینگ سبب افزایش رشد گندم (*Triticum aestivum*) در شرایط تنش گردید. ویکاز یاداو (۳۴) نیز مشاهده کردند که پرایم بذرها با کلرید سدیم ۱۰۰ میلی‌مولار طول ساقه و ریشه را در گیاهان نیشکر (*Saccharum officinarum*) قرار گرفته در معرض تنش خشکی افزایش می‌دهد. بهبود رشد گیاه در بذرهای هالوپرایمینگ می‌تواند به علت افزایش جذب اکسیژن و افزایش راندمان حرکت مواد غذایی از لپه‌ها به محور جنینی باشد (۱۳). بنابراین به نظر می‌رسد هالوپرایمینگ بذر گیاه کنجد با افزایش رشد ریشه در شرایط تنش شوری توانسته به گیاه در مقاومت به این تنش کمک کند.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که وزن خشک اندام هوایی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر شوری و پرایمینگ و اثر متقابل آنها قرار گرفت. در حالی‌که وزن خشک ریشه فقط تحت تأثیر تیمار پرایمینگ در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۱). با افزایش شوری وزن خشک اندام هوایی کاهش یافت.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر تنش شوری و پرایمینگ بذر بر رشد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک کنجد

Table 1- Analysis of variance of the effect of salinity and seed priming on growth and some physiological characteristics of sesame

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول ساقه	طول ریشه	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	محتوای نسبی آب	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل a+b	کاروتنوئید	F_v/F_m
S.O.V	df	Shoot length	Root length	Shoot dry weight	Root dry weight	Relative water content	Chl a	Chl b	Chl a+b	Carotenoide	
تکرار (Replication)	2	21.00 ^{ns}	1.28 ^{ns}	57.83^{ns}	0.66^{ns}	61.62*	0.0141^{ns}	0.0002^{ns}	0.016^{ns}	0.0100^{ns}	0.003^{ns}
شوری (A) (Salinity)	3	281.40*	4.11*	1387.72**	0.12^{ns}	89.99**	0.164**	0.0216**	0.286**	0.0245*	0.022**
پرایمینگ (P) (Priming)	3	425.90*	11.88**	969.82**	2.23*	105.27**	0.0293^{ns}	0.207**	0.354**	0.0375**	0.046**
A×P	9	183.37^{ns}	4.27**	170.02**	0.54^{ns}	35.83**	0.0378^{ns}	0.0078**	0.047^{ns}	0.0121^{ns}	0.006*
خطا f (Error)	30	95.46	1.12	36.79	0.53	11.81	0.034	0.001	0.037	0.005	0.002
C.V. (%)		11.06	14.65	12.58	17.89	6.59	20.90	8.33	13.70	20.62	7.19

** در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار، * در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار، ^{ns} عدم تفاوت معنی‌دار

**Significant at 1% probability level, * significant at 5% probability level, ^{ns} no significant difference

جدول ۲- مقایسهٔ میانگین اثرات تنش شوری و پرایمینگ بر برخی ویژگی‌های رویشی و فیزیولوژیک کنجد

Table 2- Mean comparison of Effect of salinity stress and seed priming on some growth and physiological characteristics of sesame

سطوح تیماری Treatment levels	طول ساقه Shoot length (cm)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل a+b Chlorophyll a+b	کاروتنوئید Carotenoids
			[mg g^{-1} (FW)]		
شوری Salinity (mM)					
0	95.00±2.73	4.02±0.15	0.944±0.059	1.49±0.063	0.328±0.014
15	88.75±2.66	4.01±0.16	0.941±0.057	1.48±0.078	0.326±0.028
30	84.91±4.19	4.07±0.23	0.943±0.060	1.45±0.084	0.413±0.034
45	84.52±3.47	4.23±0.34	0.709±0.029	1.16±0.050	0.397±0.029
		پرایمینگ (Priming)			
$NaHCO_3$	90.50±3.82	3.79±0.10	0.873±0.063	1.35±0.078	0.432±0.043
NaCl	91.83±1.81	4.07±0.24	0.915±0.070	1.38±0.072	0.362±0.016
H_2O	90.50±3.63	4.70±0.29	0.930±0.059	1.63±0.067	0.375±0.022
Control	79.41±3.13b	3.77±0.11b	0.820±0.042	1.22±0.048	0.296±0.011
LSD	8.11	0.609	0.154	0.159	0.063

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. مقادیر میانگین ۳ تکرار ± خطای استاندارد می‌باشد.

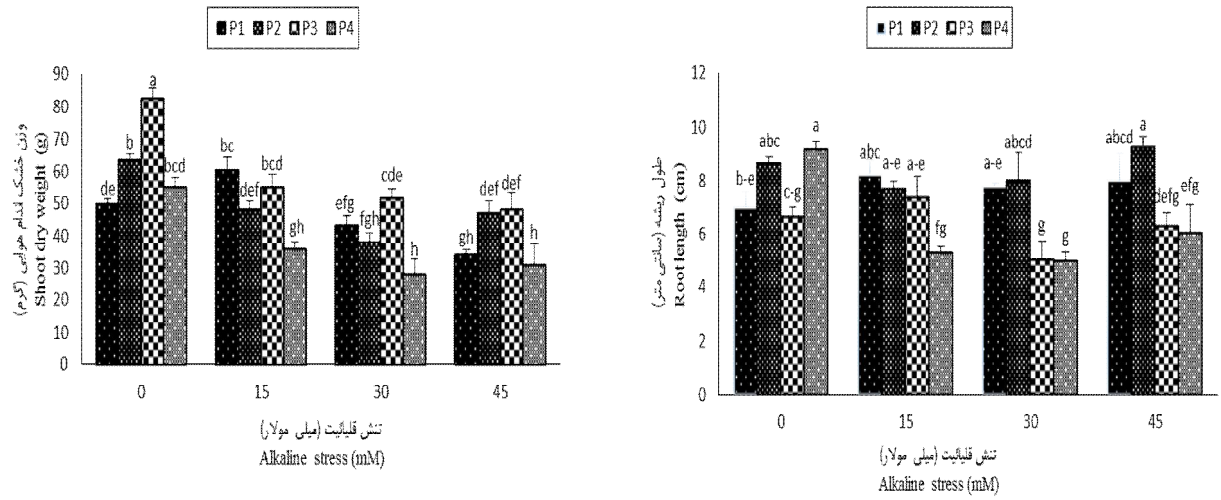
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at %5 probability level, using LSD test. Each value is mean of three replicate with standard error (Mean ± SD).

به‌طوری‌که در بالاترین سطح تنش (۴۵ میلی‌مولار) وزن خشک اندام هوایی ۳۶ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. نتایج اثر متقابل پرایمینگ و شوری نشان داد که تیمارهای مختلف پرایمینگ سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی نسبت به بذرهای بدون پرایم در شرایط تنش گردید. هیدروپرایمینگ و سطح بدون تنش بیشترین وزن خشک اندام هوایی را به خود اختصاص داد و کمترین آن مربوط به تیمار بدون پرایم (شاهد) و سطح تنش ۳۰ میلی‌مولار بود (شکل ۱). عکس‌العمل گیاه با افزایش شوری در ارتباط با نوع پرایم متفاوت بود. به‌طوری‌که در شوری ۱۵ میلی‌مولار، پرایم با بی‌کربنات سدیم بیشترین وزن خشک اندام هوایی را داشت و با افزایش شوری به سطوح بالاتر (۴۵ میلی‌مولار) هیدروپرایمینگ و پرایم کلرید سدیم از نظر دارا بودن بیشترین وزن خشک اندام هوایی از سایر پرایم‌ها بهتر بودند. گزارش شده است که در شرایط تنش شوری حاصل از نمک‌های قلیایی وزن خشک اندام هوایی در گیاهان مختلف کاهش می‌یابد (۶ و ۱۰). همچنین گزارش شده که هالوپرایمینگ با کلرید سدیم سبب افزایش وزن خشک در اندام‌های هوایی گندم می‌گردد (۱۹). بهبود وزن اندام‌های گیاه توسط پرایمینگ ممکن است به علت افزایش تقسیم سلولی در مرسیستم انتهایی باشد که سبب افزایش

رشد گیاه می‌گردد (۱۳). بسرا و همکاران (۴) گزارش کردند که هیدروپرایمینگ بذرهای گندم سبب افزایش وزن خشک ساقه در شرایط تنش شوری می‌شوند. همچنین مشخص شده است که پرایمینگ بذر از طریق کاهش یون سدیم و افزایش جذب و غلظت کلسیم، پتاسیم، فسفر و نیتروژن در گیاه سبب کاهش اثرات تنش شوری بر رشد گیاه می‌گردد (۳۲). نتایج نشان داد وزن خشک ریشه تحت تأثیر تنش شوری قرار نگرفت (جدول ۱). بیشترین وزن خشک ریشه از تیمار هیدرو پرایمینگ به‌دست آمد و کمترین آن نیز به مربوط به تیمار شاهد بود که با پرایمینگ‌های بی‌کربنات سدیم و سدیم کلرید تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). بسرا و همکاران (۴) نیز افزایش وزن خشک ریشه گندم را توسط هیدروپرایمینگ گزارش کردند که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. همچنین کارسلر و سورینو (۸) دریافتند که هیدروپرایمینگ شدیداً سبب تحریک رشد ریشه گندم می‌گردد. اقبال و اشرف (۱۸) اثرات منفی هالوپرایمینگ با کلرید سدیم بر رشد ریشه را تغییر در توازن یونی در گیاه بیان کردند.

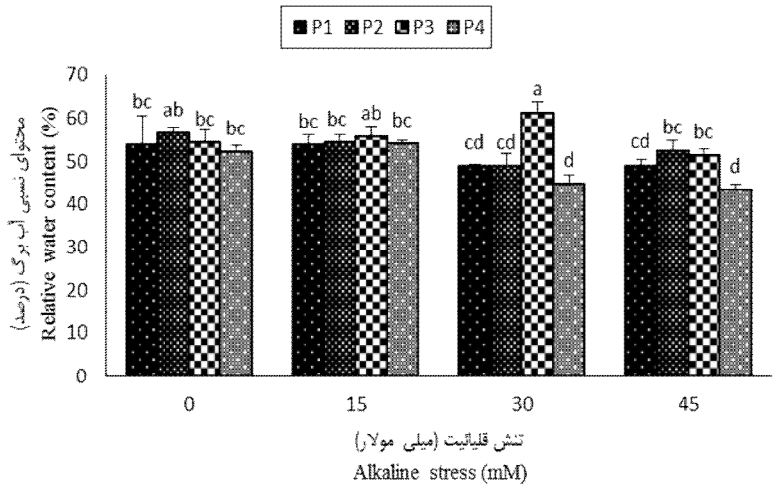
محتوی نسبی آب برگ تحت تأثیر شوری، پرایمینگ و اثر متقابل آنها قرار گرفت (جدول ۱). محتوای نسبی برگ آب با افزایش شوری کاهش یافت به‌طوری‌که در سطح تنش ۴۵ میلی‌مولار ۹/۴ درصد نسبت به تیمار بدون تنش کاهش داشت (شکل ۲). محتوای نسبی آب برگ معرف بسیار خوبی از وضعیت آبی گیاه است. با افزایش تنش شوری، پرایمینگ بذر با تیمارهای مختلف سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ نسبت به بذرهای بدون پرایم گردید. هیدروپرایمینگ و سطح ۳۰ میلی‌مولار تنش بیشترین محتوای نسبی آب برگ را به خود اختصاص دادند و تیمار بدون پرایم در سطوح تنش ۳۰ و ۴۵ میلی‌مولار کمترین مقدار محتوی نسبی آب برگ را داشت (شکل ۲). کاهش میزان محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش شوری حاصل از نمک‌های قلیایی در گیاه گندم نیز گزارش شده است (۱۵). بنابراین به نظر می‌آید تنش نمک‌های قلیایی جذب و مصرف آب را در گیاه محدود می‌کند. این نتایج همچنین با یافته‌های یانگ و همکاران (۳۶) مطابقت دارد که مشاهده کردند گیاهان جو (*Hordeum vulgare* L.) قرار گرفته در معرض تنش نمک‌های قلیایی محتوی آب برگ کمتری نسبت به گیاهان بدون تنش داشتند. به نظر می‌رسد در شرایط تنش تیمارهای پرایمینگ با افزایش محتوی نسبی آب برگ و در نتیجه تنظیم اسمزی سلول سبب حفظ و بهبود رشد گیاه می‌گردند.

(الف) (ب)



شکل ۱- تأثیر شوری و پرایمینگ بر طول ریشه (الف) و وزن خشک اندام هوایی (ب) کنجد. P1 پرایمینگ با بی‌کربنات سدیم، P2 پرایمینگ با کلرید سدیم، P3 هیدروپرایمینگ و P4 شاهد (نشانگرهای میله‌ای خطای استاندارد می‌باشند. میانگین‌ها با حروف مشابه در هر سطح تنش براساس آزمون LSD (P<0.05) اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.)

Figure 1- Effect of salinity and priming on root length and stem dry weight of sesame. Bars represent standard error. P1: Priming with sodium bicarbonate, P2: Priming with sodium chloride, P3: Hydropriming, P4: Control. Means in each stress level followed by similar letter(s) are not significantly different at %5 probability level, using LSD test.



شکل ۲- تأثیر شوری و پرایمینگ بر محتوای نسبی آب برگ کنجد. (نشانگرهای میله‌ای خطای استاندارد می‌باشند. P1 پرایمینگ با بی‌کربنات سدیم، P2 پرایمینگ با کلرید سدیم، P3 هیدروپرایمینگ و P4 شاهد. (میانگین‌ها با حروف مشابه در هر سطح تنش براساس آزمون LSD (P<0.05) اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.)

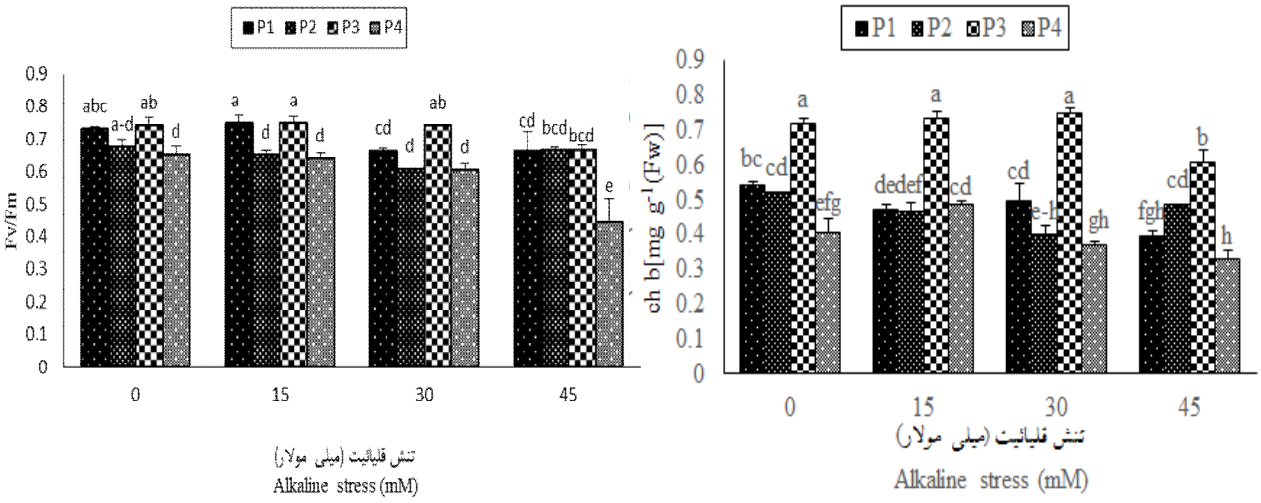
Figure 2- Effect of salinity and priming on relative water content of sesame. Bars represent standard error. P1: Priming with sodium bicarbonate, P2: Priming with sodium chloride, P3: Hydropriming, P4: Control. Means in each stress level followed by similar letter(s) are not significantly different at %5 probability level, using LSD test.

اثر شوری بر محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل a+b و کاروتنوئید معنی‌دار بود. اثر پرایمینگ بذر بر میزان کلروفیل b، کلروفیل a+b و کاروتنوئید معنی‌دار بود و تنها کلروفیل b تحت تأثیر اثر متقابل پرایمینگ و تنش شوری قرار گرفت (جدول ۱). با افزایش تنش شوری میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل کاهش پیدا کرد در حالی‌که میزان کاروتنوئید افزایش یافت. بیشترین میزان کلروفیل a و کلروفیل کل در سطح شاهد (بدون تنش) مشاهده گردید که با سطوح ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین آن مربوط به سطح شوری ۴۵ میلی‌مولار بود (جدول ۲). تنش نمک‌های قلیایی از طریق افزایش غلظت یون کربنات و افزایش اسیدیته باعث تخریب کلروپلاست و در نتیجه کاهش مقدار کلروفیل a و b می‌شود (۳۳). یانگ و همکاران (۳۸) نشان دادند که افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم سبب کاهش در میزان کلروفیل در برگ‌های گونه‌ای از یونجه (*Medicago ruthenica*) گردید. تنش نمک‌های قلیایی احتمالاً سبب رسوب یون منیزیم شده و بدین طریق از سنتز کلروفیل جلوگیری می‌کند. همچنین تنش نمک‌های قلیایی ممکن است فعالیت آنزیم کلروفیلاز را افزایش داده و منجر به تجزیه کلروفیل گردد (۳۰).

بیشترین میزان کلروفیل b از هیدروپرایمینگ و سطح شوری ۳۰ میلی‌مولار به‌دست آمد و کمترین آن مربوط به تیمار بدون پرایم و سطح شوری ۴۵ میلی‌مولار بود (شکل ۳). هیدروپرایمینگ سبب افزایش کلروفیل a+b نسبت به تیمار بدون پرایم شد و بین سایر تیمارهای پرایمینگ با تیمار بدون پرایم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. همچنین بیشترین میزان کاروتنوئید در تیمار پرایمینگ با بی‌کربنات سدیم مشاهده گردید و کمترین آن در تیمار بدون پرایم بود (جدول ۲). محتوی کلروفیل بالا حداکثر تولید انرژی شیمیایی و متابولیسم را در گیاه القاء می‌کند و بدین طریق سبب بهبود رشد گیاه می‌گردد (۳). بنابراین در این مطالعه بهبود رشد گیاه در بذرها پرایم شده در شرایط تنش شدید شوری را می‌توان به افزایش محتوی کلروفیل b در این شرایط نسبت داد.

پارامتر F_v/F_m نشان‌دهنده حداکثر کارآیی کوانتوم فتوسیستم ۲ بوده و شاخص حساسی برای عملکرد فتوسنتزی گیاه می‌باشد (۲۰). پتانسیل عملکرد کوانتوم (F_v/F_m) تحت تأثیر شوری، پرایمینگ و اثر متقابل آنها قرار گرفت (جدول ۱). پتانسیل عملکرد کوانتوم با افزایش تنش شوری کاهش یافت (شکل ۳). کاهش F_v/F_m توسط محققان دیگر هم در شرایط تنش شوری حاصل از نمک‌های قلیایی گزارش شده است (۱۶). این محققین بیان کردند که علت کاهش F_v/F_m تجمع زیاد یون سدیم و همچنین اسیدیته در شرایط تنش نمک‌های قلیایی می‌باشد که سبب ممانعت نوری شده و در نتیجه فعالیت فتوسیستم ۲ را کاهش می‌دهد. نتایج اثر متقابل شوری و پرایمینگ نشان داد که با افزایش تنش شوری به ۴۵ میلی‌مولار، تیمارهای مختلف پرایمینگ سبب افزایش پتانسیل عملکرد کوانتوم در مقایسه به تیمار بدون پرایم شدند (شکل ۳). در تعدادی از گیاهان گزارش شده که با حفظ مقدار بالای عملکرد کوانتوم (F_v/F_m) در شرایط تنش می‌توان خسارت وارده به فتوسیستم ۲ را کاهش داد (۹).

(الف) (ب)



شکل ۳- تأثیر شوری و پرایمینگ بر کلروفیل b (الف) و پتانسیل عملکرد کوانتوم (Fv/Fm) (ب) کنجد. P1 پرایمینگ با بی‌کربنات سدیم، P2 پرایمینگ با کلرید سدیم، P3 هیدروپرایمینگ و P4 شاهد (نشانگرهای میله‌ای خطای استاندارد می‌باشند. میانگین‌ها با حروف مشابه در هر سطح تنش براساس آزمون LSD (P<0.05) اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.)

Figure 3- Effect of salinity and priming on Chb and Fv/Fm of sesame. Bars represent standard error. P1: Priming with sodium bicarbonate, P2: Priming with sodium chloride, P3: Hydropriming, P4: Control. Means in each stress level followed by similar letter(s) are not significantly different at %5 probability level, using LSD test.

بنابراین به نظر می‌رسد پرایمینگ بذر در شرایط تنش با حفظ مقدار F_v/F_m اثرات مخرب تنش را بر کارآیی شیمیایی فتوسیستم ۲ کاهش می‌دهد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد شوری اثر معنی‌داری بر میزان پتاسیم، میزان سدیم و نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی داشت. پرایمینگ بذر اثر معنی‌داری بر میزان پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم داشت. اثر متقابل پرایمینگ و شوری بر میزان پتاسیم، سدیم و نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی معنی‌دار نبود (جدول ۳). افزایش شوری سبب کاهش معنی‌دار میزان پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی گردید، در حالی‌که غلظت سدیم در اندام هوایی افزایش داد (جدول ۴). به‌طوری‌که در سطوح شوری ۱۵، ۳۰ و ۴۵ میلی‌مولار غلظت پتاسیم در اندام هوایی به‌ترتیب ۱۵، ۱۷/۳۱ و ۲۲/۹۰ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد (جدول ۴). محتوای سدیم در سطوح شوری ۱۵، ۳۰ و ۴۵ میلی‌مولار به‌ترتیب ۱۴، ۵۱ و ۴۲ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. هرچند که بین سطوح شوری ۳۰ و ۴۵ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). همچنین در سطوح شوری ۱۵، ۳۰ و ۴۵ میلی‌مولار، نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی به‌ترتیب ۲۶، ۴۵ و ۴۵ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد (جدول ۴). گزارش شده است که با افزایش تنش شوری حاصل از نمک‌های قلیایی میزان پتاسیم در ساقه‌های خلر (*Lathyrus sativus* L.) کاهش می‌یابد در حالی‌که میزان سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم در آنها افزایش می‌یابد (۳۹). یانگ و همکاران (۳۷) نیز مشاهده کردند که تنش نمک‌های قلیایی سبب کاهش پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم در ساقه‌های گندم می‌گردد و میزان سدیم را افزایش می‌دهد. افزایش تجمع سدیم در ساقه ممکن است به علت کاهش در جریان Na^+ باشد. در شرایط تنش نمک‌های قلیایی، کمبود پروتون‌های خارجی ممکن است فعالیت تبادلی ناقلین Na^+/H^+ را روی غشای پلاسما کاهش دهد که تجمع Na^+ را در بافت‌های زنده افزایش می‌دهد (۲۵).

بیشترین میزان پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم در تیمار هیدروپرایمینگ مشاهده گردید، در حالی‌که سایر تیمارهای پرایمینگ اختلاف معنی‌داری با تیمار بدون پرایم نداشتند (جدول ۴). اگرچه تیمار پرایمینگ اثر معنی‌داری بر میزان سدیم نداشت اما کمترین میزان سدیم از هیدروپرایمینگ به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارهای پرایمینگ نداشت (جدول ۴). اقبال و همکاران (۱۸) نیز بیان کردند که هیدروپرایمینگ بذر سبب افزایش محتوی پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم و کاهش محتوی سدیم در اندام‌های هوایی گندم می‌گردد.

جدول۳- نتایج تجزیه واریانس اثر شوری و پرایمینگ بذر بر محتوای یونی کنجد

Table 3- Analysis of variance of the effect of salinity and seed priming on Ion content of sesame

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	پتاسیم K	سدیم Na	نسبت پتاسیم به سدیم K/Na	کلسیم Ca	منیزیم Mg
تکرار (Replication)	2	0.0100ns	0.060ns	0.004ns	0.001ns	0.0006ns
شوری (A) (Salinity)	3	0.0900*	0.097ns	0.055*	0.009ns	0.0152**
پرایمینگ (P) (Priming)	3	0.371**	2.046**	0.650**	0.154**	0.0650**
A×P	9	0.038ns	0.097ns	0.021ns	0.012ns	0.0040*
خطا (Error)	30	0.027	0.089	0.019	0.005	0.0010
C.V. (%)		10.70	14.08	17.93	24.01	21.20

** در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار، * در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار، ns عدم تفاوت معنی‌دار

**Significant at 1% probability level, * significant at 5% probability level, ns no significant difference

جدول ٤- مقایسهٔ میانگین اثرات تنش شوری و پرایمینگ بر محتوای یونی کنجد

Table 4- Mean comparison of Effect of salinity stress and seed priming on Ion content of sesame

سطوح تیماری Treatment levels	پتاسیم K (%)	سدیم Na (%)	نسبت پتاسیم به سدیم K/Na	کلسیم Ca (%)
شوری Salinity (mM)				
0	1.97±1.67	1.68±0.014	1.08±0.014	0.19±0.0005
15	1.52±0.85	1.85±0.017	0.83±0.028	0.25±0.0007
30	1.48±2.09	2.46±0.017	0.61±0.034	0.31±0.0012
45	1.38±1.45	2.48±0.035	0.57±0.029	0.46±0.0016
پرایمینگ (Priming)				
$NaHCO_3$	1.53±0.018	2.24±1.68	0.73±0.0009	0.30±0.04
NaCl	1.50±0.009	2.09±1.24	0.74±0.0015	0.27±0.016
H_2O	1.67±0.012	2.03±1.34	0.87±0.0006	0.30±0.022
Control	1.48±0.030	2.13±1.51	0.75±0.0014	0.34±0.011
LSD	0.138	0.249	0.116	0.063

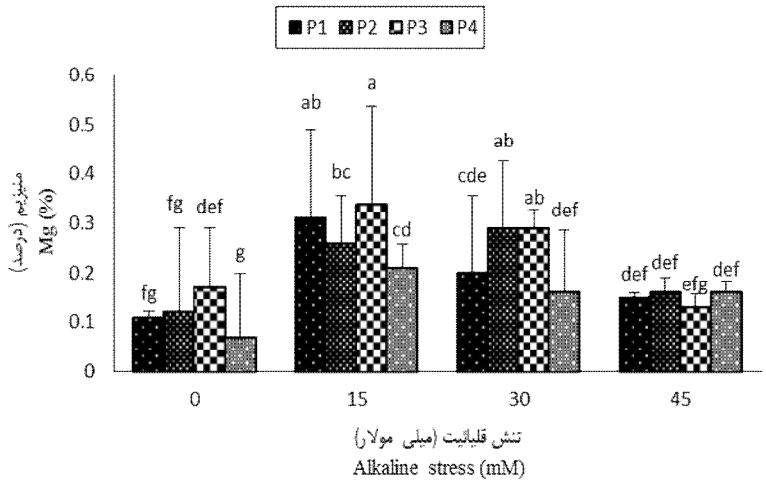
در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. مقادیر میانگین ۳ تکرار ± خطای استاندارد می‌باشد.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at %5 probability level, using LSD test. Each value is mean of three replicate with standard error (Mean ± SD).

میزان کلسیم اندام هوایی تنها تحت تأثیر تیمار شوری قرار گرفت در حالی‌که میزان منیزیم تحت تأثیر تیمار شوری و پرایمینگ و اثر متقابل آنها قرار گرفت (جدول ۳). با افزایش شوری، میزان کلسیم اندام هوایی افزایش یافت. به‌طوری‌که در سطوح شوری ۱۵، ۳۰ و ۴۵ میلی‌مولار، میزان کلسیم اندام هوایی به‌ترتیب ۱۴۲، ۶۳ و ۳۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت (جدول ۴). افزایش تجمع کلسیم و منیزیم در گیاهان متعددی نظیر کوشیا (*Kochia scoparia*) (۳۵)، جو (۳۶)، آفتابگردان (*Helianthus annus*) (۲۲) و گندم (۱۵) گزارش شده است.

در بعضی موارد نشان داده شده است که تجمع یون‌های کلسیم سمیت تنش شوری را کاهش می‌دهد که آن احتمالاً به علت افزایش جذب انتخابی یون‌های پتاسیم است (۲۸). به نظر می‌رسد افزایش میزان کلسیم در اندام‌های هوایی کنجد در تنش شوری حاصل از نمک‌های قلیایی ممکن است یک واکنش خاص به افزایش اسیدیته محیط باشد. میزان کلسیم تحت تأثیر پرایمینگ قرار نگرفت (جدول ۳) در حالی‌که میزان منیزیم اندام هوایی در تیمار پرایمینگ با آب مقطر و سطح شوری ۱۵ میلی‌مولار بیشترین مقدار بود و کمترین آن در تیمار بدون پرایم و بدون تنش مشاهده گردید (شکل ۴). به‌طور کلی کلیه تیمارهای پرایمینگ در سطوح شوری ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار سبب افزایش میزان منیزیم نسبت به تیمار بدون پرایم شدند (شکل

۴). بنابراین به نظر می‌رسد تیمارهـای پرایمینـگ بـا افـرایش میـزان منیزیم در شرایط تنش، از گیاه محافظت کرده‌اند.



شکل ٤- تأثیر شوری و پرایمینگ بر روی میزان منیزیم اندام هوایی کنجد. (نشانگرهای میله‌ای خطای استاندارد می‌باشند. P1: پرایمینگ با بی‌کربنات سدیم، P2: پرایمینگ با کلرید سدیم، P3: هیدروپرایمینگ، P4: شاهد. میانگین‌ها با حروف مشابه در هر سطح تنش براساس آزمون LSD (P<0.05) اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.)

Figure 4- Effect of salinity and priming on magnesium content of sesame. Bars represent standard error. P1: Priming with sodium bicarbonate, P2: Priming with sodium chloride, P3: Hydropriming, P4: Control. Means in each stress level followed by similar letter(s) are not significantly different at %5 probability level, using LSD test.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست آمده از این مطالعه افزایش تـنش شـوری حاصل از نمک‌های قلیایی بر تمـامی صـفات مربـوط بـه رشـد گیـاه کنجد، تأثیر کاهنده‌ای داشت. همچنین میزان پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی در شرایط تنش شوری کاهش یافت در حالی‌کـه میزان سدیم، کلسیم و منیزیم افزایش نشان داد. همچنین این مطالعه نشان داد که تمام تیمارهای پرایمینگ بذر در کـاهش اثـرات تـنش شوری مؤثر بودند. بیشترین اثرات مثبت را هیـدروپرایمینگ بـر وزن خشک اندام هوایی، محتوای نسـبی آب بـرگ، کلروفیـل b و میـزان F_v/F_m داشت. بنابراین پرایمینگ بذر به‌ویژه هیدروپرایمینگ توانسته از طریق افزایش محتوی نسـبی آب بـرگ، میـزان کلروفیـل و حفـظ مقدار بالای عملکرد کوانتـوم (F_v/F_m) اثـرات زیانبـار تـنش شـوری حاصل از نمک‌های قلیایی را در کنجد کاهش داده و رشد این گیاه را بهبود بخشد. پیشنهاد می‌شود این آزمـایش در مزرعـه و تـا مرحلـه برداشت محصول اجرا گردد تا کاربرد عملی آن در حد بیشتری قابل توصیه باشد.

References

1. Ahmad, P., and Sharma, S. 2010. Physio-biochemical attributes in two cultivars of mulberry (*Morus alba* L.) under $NaHCO_3$ stress. International Journal Plant Production 4: 1735-1743.
2. Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphennoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 4: 1-150.
3. Ayumi, T., Masumi, H., and Ryoichi, T. 2004. Chlorophyll metabolism and plant growth. Kagaku Seibutsu 42: 93-98.
4. Basra, S. M. A., Afzal, I., Anwar, S., Anwar-ul-haq, M., Shafq, M., and Majeed, K. 2006. Alleviation of salinity stress by seed invigoration techniques in wheat (*Triticum aestivum* L.). Seed Technology 28: 36-46.
5. Bavaresco, L., Giachino, E., and Colla, R. 1999. Iron chlorosis paradox in grapevine. Journal of Plant Nutrition 22: 1589-1597.
6. Bie, Z., Tadashi, I., and Shinohara, Y. 2004. Effects of sodium sulfate and sodium bicarbonate on the growth, gas exchange and mineral composition of Lettuce. Scientia Horticulturae 99: 215-224.
7. Bose, B., and Mishra, T. 1992. Response of wheat seed to pre-sowing seed treatments with Mg (NO_3). Annals of Agricultural Research 13: 132-136.
8. Carceller, M. S., and Soriano, A. 1972. Effect of treatments given to grain, on the growth of wheat roots under

drought conditions. Canadian journal of Botany 50: 105-108.
9. Cornic, G. 1994. Drought stress and high light effects on leaf photosynthesis. p. 297-313. In: N.R. Baker and J. Bowyer (ed.) Photoinhibition of photosynthesis. Oxford, Bios Scientific Publishers.
10. De la Guardia, M. D., and Alcantara, E. 2002. Bicarbonate and low iron level increase root to total plant weight ratio in olive and peach rootstock. Journal of Plant Nutrition 25: 1021-1032.
11. Demir, I., and Oztokat, C. 2003. Effect of salt priming on germination and seedling growth at low temperatures in water melon seeds during development. Seed Science and Technology 31: 765-770.
12. F.A.O. 2012. Available (online: http// www.FAO.org).
13. Farooq, M., Basra, S. M. A., Rehman, H., Hussain, M., and Amanat, Y. 2007. Pre-sowing salicylicate seed treatments improve the germination and early seedling growth in fine rice. Pakistan Journal Agriculture Science 44: 1-8.
14. Goswami, A., Banerjee, R., and Raha, S. 2013. Drought resistance in rice seedlings conferred by seed priming. Protoplasma 250: 1115-1129.
15. Guo, R., Shi, L., and Yang, Y. 2009. Germination, growth, osmotic adjustment and ionic balance of wheat in response to saline and alkaline stresses. Soil Science and Plant Nutrition 55: 667-679.
16. Guo, R., Zhou, J., Hao, W., Gong, D., Zhong, X., Gu, F., Liu, Q., Xia, X., Tian, J., and Li, H. 2011. Germination, growth, photosynthesis and ionic balance in *Setaria viridis* seedlings subjected to saline and alkaline stress. Canadian Journal Plant Science 91: 1077-1088.
17. Hogland, D. R., and Armon, D. I. 1950. The water culture method for growing plants without soil. Circular 347.
18. Iqbal, M., and Ashraf, A. M. 2007. Seed preconditioning modulates growth, ionic relations, and photosynthetic capacity in adult plants of hexaploid wheat under salt stress, Journal of Plant Nutrition 30: 381-396.
19. Karaaslan, D., Boydak, E., Gercek, S., and Simsek, M. 2007. Influence of irrigation intervals and rowspacing on some yield components of sesame grown in Harran region. Asian Journal of Plant Sciences 6: 623-627.
20. Kathiresan, K., Kalyani, V., and Gnanarethium, J. L. 1984. Effect of seed treatments on field emergence, early growth and some physiological processes of sunflower (*Helianthus annus* L.). Field Crops Research 9: 255-259.
21. Ksouri, R., M'rah, S., Gharsalli, M., and Lachaâl, M. 2006. Biochemical responses to true and bicarbonate-induced iron deficiency in grapevine genotypes. Journal of Plant Nutrition 29: 305-315.
22. Liu, J., Guo, W. Q., and Shi, D. C. 2010. Seed germination, seedling survival, and physiological response of sunflowers under saline and alkaline conditions. Photosynthetica 48 (2): 278-286.
23. Lu, S., Zhang, S., Xu, X., Korpelainen, H., and Li, C. 2009. Effect of increased alkalinity on Na^+ and K^+contents, lipid peroxidtion and antioxidative enzymes in two populations of *Papulus cathatana*. Biologia Planta 53: 597-600.
24. Maurmical, G., and Cavallaro, V. 1996. Effect of seed osmopriming on germination of three herbage grasses at low temperatures. Seed Science and Technology 24: 331-335.
25. Munns, R., and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology 59: 651-681.
26. Murungu, F. S., Nyamugafata, P., Chiduza, C., Clark, L. J., and Whalley, W. R. 2003. Effects of seed priming, aggregate size and soil matric potential on emergence of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and maize (*Zea mays* L.). Soil and Tillage Research 74: 161-168.
27. Nikolic, M., and Kastori, R. 2000. Effect of bicarbonate and Fe supply on Fe nutrition of grapevine. Journal of Plant Nutrition 23: 1619-1627.
28. Parida, A. K., and Das, A. B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: Ecotoxicology and Environmental Safety 60: 324-349
29. Ritchie, S. W., Nguyen, H. T., and Haloday, A. S. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30: 105-111.
30. Shi, D., and Sheng, Y. 2005. Effect of various salt–alkaline mixed stress conditions on sunflower seedlings and analysis of their stress factors. Environmental and Experimental Botany 54: 8-21.
31. Shi, D. C., and Zhao, K. F. 1997. Effects of NaCl and Na_2CO_3 on growth of *Puccinellia tenuiflora* and on present state of mineral elements in nutrient solution. Acta Pratacu 6: 51-61.
32. Sivritepe, N., Sivritepe, H. O., and Eris, A. 2003. The Effects of NaCl priming on salt tolerance in melon seedlings grown under saline conditions. Horticultural Sciences 97: 229-237.
33. Valdez-Aguilar, L. A., and Reed, D. W. 2008. Influence of potassium substitution by rubidium and sodium on growth, ion accumulation, and ion partitioning in bean under high alkalinity. Journal of Plant Nutrition 31: 867-883.
34. Vikas Yadav, P. 2009. Halopriming imparts tolerance to salt and PEG induced drought stress in sugarcane. Agriculture, Ecosystems and Environment 134 (1-2): 24-28.
35. Yang, C., Chong, J., Kim, C., Li, C., Shi, D., and Wang, D. 2007. Osmotic adjustment and ion balance traits of an alkaline resistant halophyte *Kochia sieversiana* during adaptation to saline and alkaline conditions. Plant Soil 294: 263-276.
36. Yang, C., Xu, H. H., Wang, L., Liu, J., Shi, D. C., and Wang, D. 2009. Comparative effects of salt-stress and alkaline-stress on the growth, photosynthesis, solute accumulation, and ion balance of barley plants.

Photosynthetica 47: 79-86.
37. Yang, C. W., Wang, P., Li, C. Y., Shi, C., and Wang, D. L. 2008. Comparison of effects of salt and alkali stresses on the growth and photosynthesis of wheat. Photosynthetica 46: 107-114.
38. Yang, J. Y., Zheng, W., Tian, Y., Wu, Y., and Zhou, D. W. 2011. Effects of various mixed salt-alkaline stresses on growth, photosynthesis, and photosynthetic pigment concentrations of *Medicago ruthenica* seedlings. Photosynthetica 49: 275-284.
39. Zhang, J. T., and Chun-Sheng, M. U. 2009. Effects of saline and alkaline stresses on the germination, growth, photosynthesis, ionic balance and anti-oxidant system in an alkali-tolerant leguminous forage *Lathyrus quinquenervius*. Soil Science and Plant Nutrition 55: 685-697.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 4, Winter. 2016, p. 810-822

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴، ص. ۸۲۲-۸۱۰

Effect of Seed Priming on Growth and Some Physiological Characteristics of Sesame (*Sesamum indicum* L.) under salinity Stress Condition caused by Alkali Salts

H. Bekhrad[1] - B. Mahdavi[2*] - A. Rahimi[3]

Received: 08-06-2014
Accepted: 09-05-2015

Introduction

Sesame (*Sesamun indicum* L.) is an important oil seed crop. Its seed has excellent nutritional value with a high and unique protein composition, making it a perfect food. Salinity is a serious problem in many regions of the world including Iran. Salinity stress is one of the widespread environmental constraints affecting crop productivity. Salinity generally induces osmotic stress and causes direct ion injury by disrupting ion homeostasis and the ion balance within plant cells (25). Seed priming is one of the ways to reduce negative effects of salt which is used for increasing germination percentage and seed resistance in salty zones. Seed priming is a pre-germination treatment that provides a moisture level sufficient to start pre-germination metabolic processes. It entails the partial germination of seeds by soaking them in water (or in a solution of salts) for specified period of time, and then re-dry them just before radicle emerges (24). Priming stimulates many of the metabolic processes involved with the early phases of germination. Given that part of the germination processes have been initiated, seedlings from primed seed grow faster, grow more vigorously, and perform better in adverse conditions (24). The objective of this study was to investigate the effects of salinity stress caused by alkali salts on growth and some physiologic characteristics of sesame.

Materials and Methods

This study was conducted in a greenhouse in Vali-e-Asr University of Rafsanjan as factorial arrangement in randomized complete block design with three replications. Experimental factors included priming (control (unprimed), hydropriming, halopriming with NaCl and $NaHCO_3$ and level of salinity with sodium bicarbonate salt (Zero, 15, 30 and 45 mM). Seeds were planted in pots filled with perlite and cocopite (1:1). The pots were irrigated with a nutrient solution (with half strength Hoagland's solution). After the fourth true leaves appeared, salinty stress in the pot were created by adding $NaHCO_3$, to half strength Hoagland's solution. Control plants were only irrigated with half strength Hoagland's solution. Plants were harvested after 45 days of seed sowing. After forty five days, shoot and root height, shoot and root dry weight, relative water content, Fv/Fm, chla, chlb, total chlorophyll, cartonoied content, potassium, sodium content and sodium to potassium, calcium and magnesium content were measured.

Results and Discussion

Results showed that salinity stress decreased shoot and root height and also shoot dry weight. Valdez-Aguilar and Reed (33) reported a decrease in *Phasaeolus vulgaris* L. growth with increasing sodium bicarbonate salt. By increasing sodium bicarbonate, salt relative water content decreased. Also, the decreases in relative water content have been reported in wheat under salinity stress caused by alkali condition (15). Salinity stress decreased leaf chlorophyll content and Fv/Fm. Similarly, Guo *et al*., (16) observed a decrease in leaf chlorophyll content and Fv/Fm with increasing sodium bicarbonate salt. Different treatments of priming increased root height and shoot dry weight compared with unprimed treatment with increasing salinity stress. Iqbal and Ashraf (18) indicated that priming increased growth in wheat under salinity stress caused by alkali condition. Moreover, relative water content, chlb content and Fv/Fm increased under different treatments of priming and stress. It seem that under stress condition, plants with maintain relative water content, chlb content and Fv/Fm, decreased the harmful effect stress. The highest shoot dry weight, relative water content, chlb content and Fv/Fm was observed at hydropriming treatment. Although salinity stress decreased K^+ concentration and K^+/Na^+, but the Na^+, Ca_2^+ and Mg_2^+ concentration increased. Zhang and Chun-Sheng (39) concluded that by increasing sodium bicarbonate salt, potassium content decreased in *Lathyrus quinquenervius*, whereas sodium and sodium to potassium ratio increased. Moreover, the increases in calcium and magnesium content have been indicated in sunflower (22) and

1 , 2 and 3- MSc Student, Assistant Professor and Associate Professor Agronomy and Plant Breeding Department,Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, respectively
(*- Corresponding Author Email: b.mahdavi@vru.ac.ir)

wheat (15) under salinity stress caused by alkali condition. Hydropriming increased K^+ concentration and K^+/Na^+. Iqbal and Ashraf (18) indicated that priming increased potassium content and potassium to sodium rate and decreased sodium content. All of priming treatments also increased Mg_2^+ concentration compared with unprimed treatment in 15 and 30 mM alkaline stress.

Conclusions

Result showed that salinity stress decreased shoot and root height, shoot dry weight, relative water content, leaf chlorophyll content and Fv/Fm. Different treatments of priming increased root height, shoot dry weight, relative water content, chlb content and Fv/Fm compared with unprimed treatment with increasing alkaline stress. The highest shoot dry weight, relative water content, chlb content and Fv/Fm also was observed at hydropriming treatment. K^+ concentration and K^+/Na^+ decreased under salinity stress, whereas the Na^+, Ca_2^+ and Mg_2^+ concentration increased. The highest K^+ concentration and $K^{+/}Na^+$ was observed in hydropriming treatment. Also, under 15 and 30 mM salinity stress, all of priming treatments increased Mg_2^+ concentration compared with unprimed. So, seed priming especially hydropriming can be an effective method to improve plant growth of sesame in alkaline stress condition.

Keywords: Bicarbonate sodium, Halopriming, Hydropriming, Ion content