تأثیر پرایمینگ بذر بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک رقم گلدشت گلرنگ در شرایط تنش شوری

اصغر رحیمی*، سمیه زیبایی و حسین دشتی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۵/۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۹/۸)

چکیده

این پژوهش به منظور ارزیابی تأثیر پرایمینگ بذر رقم گلدشت گلرنگ در کاهش خسارت تنش شوری به صورت کشت هیدروپونیک در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان در سال ۱۳۸۸ اجرا شد. بدین منظور، تیمارهای پرایمینگ در چهار سطح (بدون پرایمینگ و پرایمینگ با آب مقطر، کلرید سدیم و نیترات کلسیم ۲۰ میلی‌مولار به مدت ۲۴ ساعت) و شوری در چهار سطح (شاهد، ۸، ۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر) به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، بررسی شد. نتایج نشان داد که در اثر افزایش شوری، محتوای کلروفیل و میزان پتاسیم کاهش یافت، در حالی‌که محتوای پرولین و میزان سدیم و منیزیم با افزایش سطوح شوری روند افزایشی را نشان داد. محتوای پرولین، میزان سدیم و نسبت پتاسیم به سدیم تحت تأثیر پرایمینگ قرار گرفت. به طوری که بیشترین میزان پرولین (۱/۹۸ میکرومول بر گرم وزن تر برگ) در پرایم کلرید سدیم مشاهده شد. کمترین میزان سدیم (۰/۶ درصد) و بیشترین میزان نسبت پتاسیم به سدیم (۱/۷۹) به ترتیب در تیمار بدون پرایم (شاهد) و پرایم نیترات کلسیم مشاهده شد. با افزایش شوری به سطوح ۸، ۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، سرعت رشد گیاه به ترتیب ۲۵، ۳۳ و ۵۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. در مجموع، نتایج این پژوهش نشان داد که در رقم گلدشت گلرنگ، محتوای پرولین و قند محلول اندام هوایی در واکنش به تنش شوری افزایش یافت و پرایمینگ بذر با کلرید سدیم در شوری زیاد، سبب کاهش صدمات شوری، به ویژه سرعت جذب خالص شد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، روابط یونی، شاخص‌های رشد، کلروفیل، قند محلول

۱. به ترتیب استادیار، دانشجوی کارشناسی‌ارشد و استادیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: rahimiasg@gmail.com

مقدمه

تنش شوری، به دلیل گسترش روز افزون، در سراسر جهان مورد توجه زیادی قرار گرفته است. شوری خاک یکی از دلایل عمده کاهش عملکرد گیاهان زراعی و هم‌چنین کاهش سطح زیر کشت محصولات کشاورزی در جهان می‌باشد (۷ و ۲۴). کریستینسن (۷) در سال ۱۹۸۲ برآورد نموده که از ۱۴ میلیارد هکتار زمین کشاورزی مورد استفاده زارعین در دنیا، حدود ۱/۴ میلیارد هکتار دارای مشکل شوری می‌باشند و ۶ میلیارد هکتار در مناطق خشک و نیمه خشک واقع شده‌اند. در برخی از کشورها مانند ایران، پاکستان و هندوستان نسبت بیشتری از اراضی تحت شرایط تنش شوری قرار دارند. حدود ۱۲٪ از کل مساحت کشور ایران به صورت کشت و آیش به منظور تولید محصولات کشاورزی استفاده می‌شود. گزارش شده که نزدیک به ۵۰٪ این سطح زیر کشت به درجات مختلف با مشکل شوری، قلیائیت و غرقابی بودن روبرو می‌باشند. پیش‌بینی می‌شود این میزان تا ۷۵٪ کل اراضی فاریاب کشور پیشروی کند(۴). شوری خاک به دلیل جلوگیری از جذب آب و عناصرغذایی به درون گیاه، یکی از محدودیت‌های رشد گیاهان زراعی، به ویژه در مناطق خشک از جمله رفسنجان، محسوب می‌شود و به عنوان مشکل بزرگ کشاورزی فاریاب مطرح است (۳ و ۵).

گیاهان زراعی، به جز تعداد کمی از آنها، بهترین رشد خود را در غلظت‌های کم نمک به انجام می‌رسانند. برای مقابله با این مشکل، شناسایی و انتخاب ارقام متحمل به شوری، به همراه یافتن راهکارهایی برای کاهش شدت تنش شوری، بسیار لازم به نظر می‌رسد (۱۰ و ۱۴). تنش شوری باعث افزایش سرعت تنفس، سمیت یونی (۳۳)، افزایش بیوسنتز پرولین (۱۵ و ۱۸)، کاهش بیوسنتز کلروفیل (۲۲ و ۲۹) و کاهش کارایی فتوسنتزی (۳۲) شده که در نهایت منجر به کاهش تولید اقتصادی می‌گردد. استقرار گیاهچه یک مرحله حساس در فرآیند تولید محصولات گیاهی است. یکنواختی و میزان سبز شدن بذرها در کشت مستقیم می‌تواند تأثیر زیادی بر میزان عملکرد و کیفیت تولید داشته باشد. یون‌های موجود در آب یا خاک زراعی می‌تواند به صورت تحریک‌کننده یا بازدارنده جوانه‌زنی عمل کرده و یا تأثیری نداشته و به صورت خنثی عمل کنند (۱۰ و ۲۳). تنش شوری عمدتاً باعث تأخیر در جوانه‌زنی، کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی و کاهش رشد گیاهچه می‌شود. در سال‌های گذشته تلاش‌های زیادی برای بهبود شرایط جوانه‌زنی و قدرت رویش بذر و گیاهچه برای کاشت در محیط‌های ویژه انجام شده است. یکی از روش‌های پیشرفته، استفاده از فن‌آوری پیش‌تیمار بذر است. با این روش می‌توان قدرت جوانه‌زنی، درصد و سرعت جوانه‌زنی و رویش بذرها را در شرایط برخورد با تنش افزایش داد (۱۰، ۲۳ و ۳۱). هدف از پیش‌تیمار بذر قبل از کاشت، جذب آب توسط بذر تا اندازه‌ای است که فرآیند جوانه‌زنی شروع شود، اما به طور کامل صورت نگیرد (۲۳ و ۳۱). اعمال این تیمار قبل از کاشت، در شرایط نامساعد محیطی، می‌تواند جوانه‌زنی و رشد و نمو را بهبود بخشیده، باعث استقرار هر چه بهتر گیاهچه، استقرار مناسب پوشش گیاهی، افزایش تحمل به شوری یا خشکی و افزایش عملکرد شود (۲۵ و ۲۶). هم‌چنین مشاهده شده که این فن باعث افزایش عملکرد در گیاهان شده است (۲۰). کائور و همکاران (۲۰) گزارش کردند که پرایمینگ بذرهای نخود با آب و مانیتول، عملکرد دانه را به ترتیب ۴۱ و ۷۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. افزایش عملکرد در اثر پرایمینگ بذر در ذرت، برنج و نخود در غرب هند (۱۶)، نخود در بنگلادش (۲۶) و گندم در هند، نپال و پاکستان (۱۶) نیز گزارش شده است.

گزارش‌هایی مبنی بر افزایش میزان اسیدهای آمینه پرولین برای تنظیم اسمزی درون سلولی در شرایط تنش شوری در کلزا وجود دارد (۱۳ و ۲۹). به طوری که مقدار این مواد ۱۰ تا ۲۰ درصد وزن خشک بعضی از گیاهان را تشکیل می‌دهد. اشرف و طفیل (۲) گزارش کردند که میزان قندهای محلول به طور معنی‌داری در هر پنج لاین آفتابگردان تحت تنش شوری در اواسط مرحله رشد گیاه افزایش نشان داد و به این نتیجه

رسیدند که لاین‌های مقاوم به شوری، قندهای محلول بیشتری نسبت به لاین‌های حساس به شوری تولید کردند. به علت رقابت در جذب یون‌ها، افزایش جذب یون سدیم احتمالاً موجب کاهش جذب پتاسیم به وسیله گیاه می‌شود و این کاهش جذب پتاسیم در میزان رشد و متابولیسم گیاه، از جمله سنتز پروتئین، اختلال ایجاد می‌کند (۱۱، ۱۲ و ۱۵).

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) گیاهی یک‌ساله و بومی قسمت‌هایی از آسیا، خاورمیانه و آفریقا می‌باشد که در گذشته برای تهیه رنگ مواد غذایی و البسه به کار کشت می‌شده، ولی امروزه این گیاه بیشتر برای استخراج روغن کشت می‌شود. گلرنگ از نظر مقاومت به شوری و قابلیت تولید محصول در شرایط فاریاب پس از جو، چغندرقند و پنبه قرار دارد، ولی در شرایط دیم شبیه جو است (۸ و ۲۷). مسئله شور شدن زمین‌ها و خروج این زمین‌ها از سطح زیر کشت گیاهان زراعی، تأثیر مثبت پرایمینگ بر جوانه‌زنی و استقرار یکنواخت و سریع گیاهچه و بهبود تحمل گیاه در برابر تنش‌های محیطی، انگیزه‌ای گردید تا با کاربرد یک روش آزمایشگاهی تحت شرایط کنترل شده، امکان ارزیابی سریع و نسبتاً دقیق رشد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه گلرنگ در ارتباط با تأثیر تعدیل‌کنندگی پیش‌تیمار بذر در شرایط تنش شوری فراهم گردد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۸ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار روی گلرنگ، رقم گلدشت، اجرا شد. این رقم گلرنگ، گیاهی زودرس، بهاره، متحمل به سرما، مقاوم به ریزش با میزان روغن ۲۵ تا ۳۰ درصد و مناسب کشت در مناطق با اقلیم گرم و معتدل کشور می‌باشد (۱). تیمارها شامل پرایمینگ در چهار سطح (شاهد، پرایمینگ با آب مقطر، پرایمینگ با کلرید سدیم با پتانسیل اسمزی ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و پرایمینگ با نیترات کلسیم با غلظت ۲۰ میلی‌مولار) و چهار سطح شوری (صفر، ۸، ۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر) بودند. بستر کشت شامل کوکوپیت، پرلیت و ماسه بادی بود که به ترتیب به نسبت ۱: ۲: ۱ با هم مخلوط شده و در گلدان‌های پلاستیکی به حجم ۵ لیتر ریخته شدند. برای اعمال تیمار پرایمینگ، بذرها به مدت ۲۴ ساعت در محلول نیترات کلسیم، کلریدسدیم و آب مقطر به طور مجزا در تاریکی و در دمای ۲۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. سپس بذرهای پرایم شده با آب مقطر شسته و به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند و سپس در عمق حدود ۱/۵ سانتی‌متری در گلدان‌های پلاستیکی در اسفندماه سال ۱۳۸۸ 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 ۴ برگی، آبیاری با محلول غذایی هوگلند انجام شد. از مرحله ۴ برگی به بعد، برای اعمال تیمارهای شوری، از محلول هوگلند با توجه به تیمار مورد نظر استفاده گردید (جدول ۱). غلظت‌های نمک مورد نظر با استفاده از کلرید سدیم در محلول غذایی هوگلند تهیه و به صورت تدریجی، بعد از عمل تنک و نگهداری ۴ بوته در هر گلدان و بسته به مرحله رشدی گیاه، هفته‌ای ۲ الی ۳ مرتبه به میزان ۲۵۰ میلی‌لیتر به گلدان‌ها اضافه شد تا غلظت حداکثر اعمال شود. صفات محتوای پرولین، قندهای محلول، کلروفیل، محتوای یونی و هم‌چنین شاخص‌های رشد اندازه‌گیری شدند.

برای اندازه‌گیری صفات مورد نظر، یک بوته از بوته‌های میانی گلدان‌ها در زمان طبق‌دهی انتخاب گردید. اندازه‌گیری محتوای کلروفیل براساس روش لیختن‌تالر و ولبرن (۲۲) با نمونه‌گیری تصادفی از برگ‌های بالغ و عصاره‌گیری با متانول صورت گرفت. میزان جذب نور عصاره تهیه شده از نمونه‌ها در طول موج‌های ۶۶۶ و ۶۵۳ نانومتر، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Cintra 5, Australia) قرائت شد. غلظت کلروفیل a و b با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (۲۳):

$$Chla = 653_{A666} - 15/65 \quad [۱]$$

$$Chlb = 27/05_{A653} - 11/21_{A666} \quad [۲]$$

جدول۱. ترکیب محلول غذایی تغییر یافته هوگلند با پ- هاش ۶/۵

عنصر	میلی‌گرم بر لیتر	عنصر	میلی‌گرم بر لیتر	عنصر	میلی‌گرم بر لیتر
کلسیم	۱۵۰	فسفر	۶۵	روی	۰/۲
منیزیم	۵۰	مس	۰/۰۷	گوگرد	۶۷
پتاسیم	۲۷۰	آهن	۵	مولیبدات	۰/۰۶
نیتروژن	۱۸۰	منگنز	۱	بور	۰/۰۸

که *Chla* میزان کلروفیل a (میکرومول بر میلی‌گرم وزن تر برگ)، *Chlb* میزان کلروفیل b (میکرومول بر میلی‌گرم وزن تر برگ) و *A* قرائت دستگاه در طول موج مورد نظر می‌باشد. اندازه‌گیری قندهای محلول با استفاده از روش ایریگوین (۱۸) و با استفاده از نمونه تازه برگ انجام شد. محتوای پرولین برگ با استفاده از روش بیتس (۶) و با استفاده از نمونه تازه برگ اندازه‌گیری شد. شاخص‌های رشد از جمله سرعت رشد نسبی، سرعت رشد گیاه، سرعت جذب خالص، سطح ویژه برگ و نسبت سطح برگ در طول دوره رشدی بین گل‌دهی تا طبق‌دهی از طریق فرمول‌های زیر محاسبه شد که برای اندازه‌گیری این شاخص‌ها دو مرحله نمونه‌برداری (با فاصله زمانی ۱۵ روزه) انجام گرفت (۳، ۹ و ۱۹):

$$CGR = 1/GA \times (W_2 - W_1)/(T_2 - T_1) \quad [۳]$$

$$SLA = (LA_2/LW_2 + LA_1/LW_1)/2 \quad [۴]$$

$$RGR = (\ln W_2 - \ln W_1)/(T_2 - T_1) \quad [۵]$$

$$LAR = (LA_2/W_2 + LA_1/W_1)/2 \quad [۶]$$

که *CGR* سرعت رشد گیاه (گرم بر مترمربع در روز)، *RGR* سرعت رشد نسبی (گرم بر گرم در روز)، *SLA* سطح ویژه برگ (مترمربع بر گرم)، *LAR* نسبت سطح برگ (مترمربع بر گرم)، T_2-T_1 فاصله زمانی بین نمونه‌برداری‌ها، *GA* سطح زمین (مترمربع)، *W* وزن خشک کل (گرم در بوته)، *LA* سطح برگ (مترمربع) و LnW_1-LnW_2 اختلاف لگاریتم طبیعی تغییرات وزن خشک می‌باشد. برای اندازه‌گیری محتوای یونی، ۰/۲ گرم ماده خشک اندام‌های هوایی گلرنگ در هر تیمار در بوته چینی سائیده شده و به مدت نیم ساعت در دمای ۲۵۰ درجه سلسیوس و سپس به مدت دو ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس در کوره قرار داده شد. بعد از گذشت ۲۴ ساعت و خنک شدن کوره، نمونه‌ها خارج شدند. به نمونه حاصل، ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال اضافه شده و پس از عبور از کاغذ صافی، عصاره حاصل با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. در عصاره به دست آمده، غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم توسط دستگاه فلیم‌فتومتر (Model PFP7, Germany) و محتوای کلسیم و منیزیم توسط دستگاه جذب اتمی (Model GBC-Avanta-PM, Australia) تعیین شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها به وسیله نرم‌افزار SAS انجام گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها نیز به طریق آزمون دانکن انجام شد و در نهایت با استفاده از نرم‌افزار Excel نسبت به رسم نمودارها اقدام گردید.

نتایج و بحث

محتوای پرولین و قند محلول

اثر تیمار شوری و پرایمینگ تنها محتوای پرولین را تحت تأثیر قرار داد. اثر متقابل دو عامل شوری و پرایمینگ بر محتوای پرولین اندام هوایی معنی‌دار نبود (جدول ۲). با افزایش شوری به ۸، ۱۶ و۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، محتوای پرولین اندام هوایی به ترتیب ۲، ۱۸ و ۱۲ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که در گلرنگ نیز مانند بسیاری از گیاهان، در شرایط تنش شوری، تولید پرولین درون سلولی به منظور افزایش تحمل به شوری افزایش می‌یابد. این یافته‌ها با نتایج نظربیگی و همکاران (۲۹) با مطالعه روی گیاه کلزا مطابقت دارد. این محققین نشان دادند که با افزایش شوری،

جدول۲. نتایج تجزیه واریانس اثر شوری و پرایمینگ بر برخی صفات کیفی رقم گلدشت گلرنگ

منبع تغییرات	میانگین مربعات				
	پرولین	قند محلول	کلروفیل متر	کلروفیل a	کلروفیل b
تکرار	۰/۰۹ ns	۰/۰۰۲ ns	۲۶/۸ ns	۲۲/۷ **	۱/۳۹ ns
پرایمینگ بذر	۰/۲۹ *	۰/۰۰۱ ns	۲۱/۲ns	۰/۸۵ ns	۰/۶۷ ns
شوری	۰/۳۷ **	۰/۰۱ ns	۱۹۳/۱ **	۳۶/۳ **	۹/۴۲ **
شوری×پرایمینگ	۰/۰۸ ns	۰/۰۰۶ ns	۵/۹ns	۳/۵ ns	۰/۸۲ ns
خطا	۰/۰۸	۰/۰۰۶	۱۶	۲/۷	۰/۸۰
ضریب تغییرات (٪)	۱۸/۵	۲۲/۶	۸/۶	۱۸/۲	۱۹/۹

**، * و ns : به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪

جدول۳. مقایسه میانگین صفات کمی تحت تأثیر تیمار شوری در رقم گلدشت گلرنگ

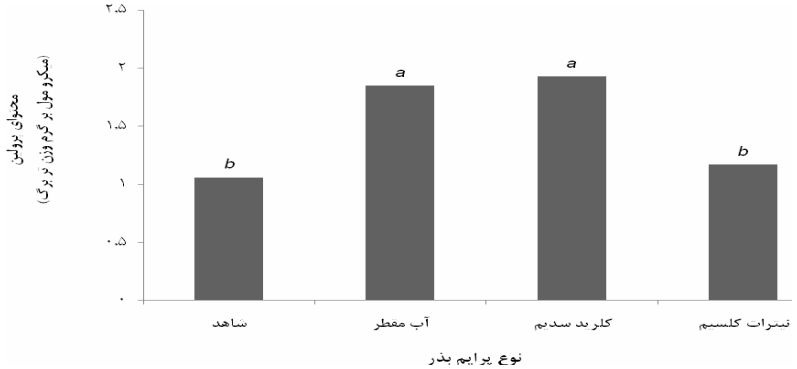
سطح شوری ($ds.m^{-1}$)	پرولین (میکرومول بر گرم)	قند محلول (میکرومول بر گرم)	کلروفیل متر	کلروفیل a (درصد)	کلروفیل b (درصد)
شاهد	۱/۴۰ c	۰/۲۴ b	۴۸/۳ a	۱۰/۱ a	۵/۱ a
۸	۱/۴۴ bc	۰/۲۵ b	۴۷/۹a	۱۰/۲a	۵/۱a
۱۶	۱/۷۲ a	۰/۳۴ a	۴۷/۵ a	۸/۸ b	۴/۳ b
۲۴	۱/۶۳ ab	۰/۲۷ ab	۴۰/۹ b	۷/۱ c	۳/۴ c

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

میزان پرولین در ریشه و برگ ارقام مورد مطالعه افزایش یافت، که این افزایش در سطح بالاتر شوری (۱۵۰ میلی‌مول) نسبت به دیگر تیمارها بیشتر بود. اثر شوری بر محتوای پرولین در گیاه کلزا، برنج و گندم گزارش شده است (۲۹) که با افزایش میزان پرولین در بافت‌ها در اثر افزایش شوری، همراه بوده است. محتوای قند محلول تحت تأثیر تیمارهای شوری و پرایمینگ قرار نگرفت (جداول ۲ و ۳). به نظر می‌رسد در این رقم تغییراتی از نظر افزایش محتوای قند محلول در ارتباط با تنش شوری اتفاق نمی‌افتد.

انباشتگی پرولین ممکن است برای تنظیم اسمزی در سطح سلولی ادامه پیدا کند (۲۳). تجمع پرولین با افزایش شوری و افزایش فشار اسمزی درون سلولی، خود یکی از سازوکارهای مقاومت به شوری می‌باشد. چون در گیاهان، در واکنش به نمک و تنش خشکی، پرولین تجمع می‌یابد، احتمالاً ساخت پرولین در گیاه باید در نتیجه واکنش غیراختصاصی به پتانسیل آب کم باشد. هم‌چنین اختصاص کربن بیشتر در ساختار مواد آلی و مؤثر در تنظیم اسمزی، از جمله پرولین، نیز می‌تواند باعث کاهش رشد شود (۲). بنابراین سنتز بیشتر پرولین توسط گیاه گلرنگ در اثر افزایش شوری، ممکن است یکی از عوامل کاهنده رشد این گیاه تحت چنین شرایطی باشد.

نتایج تأثیر تیمار پرایمینگ بر محتوای پرولین اندام هوایی نشان داد که با کاربرد پرایم‌های آب، کلرید سدیم و نیترات کلسیم، محتوای پرولین برگ به ترتیب ۱۴، ۱۸ و ۲ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد (شکل ۱). لذا با توجه به نقش احتمالی پرولین در تنظیم اسمزی، به نظر می‌رسد پرایم با آب مقطر و کلرید سدیم تا حدودی باعث مقاومت گیاه در برابر



شکل۱. اثرسطوح مختلف پرایمینگ بر میزان پرولین اندام هوایی رقم گلدشت گلرنگ. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

تنش شده باشد. لذا استفاده از این دو پرایم می‌تواند باعث بهبود مقاومت و عملکرد گیاه تا سطح شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر گردد.

عدد کلروفیل‌متر و محتوای کلروفیل a و b

شوری، اثر معنی‌داری بر محتوای کلروفیل a و b و عدد کلروفیل‌متر داشت. ولی تیمار پرایمینگ و اثر متقابل آن با شوری بر این صفات معنی‌دار نبود (جدول ۲). افزایش شوری باعث کاهش معنی‌دار محتوای کلروفیل a و b در اندام هوایی گردید. به طوری که با افزایش شوری به سطوح بالاتر (۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر)، محتوای کلروفیل a به ترتیب ۱۲ و ۳۰ درصد و محتوای کلروفیل b با کاربرد همین سطوح شوری به ترتیب ۱۴ و ۳۱ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد (جدول۳). همان طور که انتظار می‌رفت، سطوح شوری ۸، ۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر عدد کلروفیل‌متر را به ترتیب ۰/۷، ۱/۷ و ۱۷ درصد نسبت به شاهد کاهش داد، هر چند که بین سطح شاهد و سطوح شوری ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری از این نظر وجود نداشت (جدول ۲). این می‌تواند دلیلی بر پایداری میزان کلروفیل تا آستانه معینی از شوری باشد. یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش کلروفیل‌ها، تخریب آنها به وسیله گونه‌های اکسیژن فعال می‌باشد (۱۲ و ۲۱). یکی دیگر از عوامل کاهش کلروفیل‌ها، رقابت و پیشی گرفتن آنزیم گلوتامیل کیناز (آنزیم کاتالیز کننده پرولین) به هنگام تنش آب از آنزیم گلوتامات لیگاز (اولین آنزیم مسیر بیوسنتز کلروفیل) می‌باشد که باعث می‌شود تا پیش‌ساز گلوتامات بیشتر به مصرف پرولین برسد و بیوسنتز کلروفیل با محدودیت مواجه شود (۲۱). نظربیگی و همکاران (۲۹) نشان دادند که محتوای کلروفیل a و b به علت افزایش در غلظت نمک کلرید سدیم در برگ‌های دو رقم کلزا، کاهش معنی‌داری پیدا کرد، که این کاهش در رقم RGS نسبت به رقم Hayola 401 بیشتر بود. با توجه به نتایج فوق، افزایش شوری، تخریب کلروفیل برگ را در پی داشته است، چرا که شوری باعث تغییرات در کلروپلاست شامل چروکیدگی، از دست دادن ساختمان پاکتی و به هم ریختن سازمان گراناها، آماس نمودن گراناها و از دست دادن نشاسته می‌شود (۱۲).

سرعت رشد گیاه و سرعت رشد نسبی

سرعت رشد گیاه (CGR) به طور معنی‌داری تحت تأثیر شوری قرارگرفت. لیکن اثر این تیمار بر سرعت رشد نسبی (RGR) معنی‌دار نبود. تیمار پرایمینگ اثر معنی‌داری بر این دو شاخص رشد نداشت. اثر متقابل این دو عامل بر سرعت رشد گیاه و سرعت رشد نسبی معنی‌دار نگردید (جدول ۴). با افزایش

جدول۴. نتایج تجزیه واریانس اثر شوری و پرایمینگ بر برخی شاخص‌های رشد رقم گلدشت گلرنگ

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		سرعت رشد گیاه	سرعت رشد نسبی	سطح ویژه برگ	نسبت سطح برگ	سرعت جذب خالص
تکرار	۳	۰/۰۰۰۰۱*	۰/۰۰۰۰۰۳ ns	۱۶۸۱۷ ns	۱۶۵۱۶*	۰/۰۰۰۲ ns
پرایمینگ بذر	۳	۰/۰۰۰۰۰۹ ns	۰/۰۰۰۰۰۱ ns	۷۱۱۷ ns	۱۲۰۹۳ ns	۰/۰۲۵**
شوری	۳	۰/۰۰۰۰۸ **	۰/۰۰۰۰۰۱ ns	۱۳۵۸۱ ns	۱۸۷۲۳**	۰/۰۱۲**
شوری×پرایمینگ	۹	۰/۰۰۰۰۰۵ ns	۰/۰۰۰۰۰۳ ns	۱۱۱۲۷ ns	۵۹۷۲ ns	۰/۰۱۷**
خطا	۴۵	۰/۰۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۰۳	۱۰۶۰۷	۴۸۴۹	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات	–	۲۲/۰۲	۵/۲۱	۲۴/۳۴	۲۱/۶۸	۲۲/۴۵

**، * و ns : به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪

شوری به سطوح ۸، ۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، سرعت رشد گیاه به ترتیب ۲۵، ۳۳ و ۵۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. هم‌چنین سرعت رشد نسبی گیاه با افزایش سطوح شوری کاهش نامحسوسی نشان داد. به طوری که کاربرد شوری ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، سرعت رشد نسبی گیاه را ۱/۷ درصد نسبت به شاهد کاهش داد، هر چند که بین سطح شاهد و کلیه سطوح شوری مورد استفاده اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). پارامتر CGR یکی از شاخص‌هایی است که با عملکرد گیاهان زراعی همبستگی بالایی نشان می‌دهد و عبارت است از افزایش وزن ماده خشک یک جامعه گیاهی در واحد سطح و در واحد زمان و معمولاً بر حسب گرم بر مترمربع بر روز بیان می‌شود (۱۳). جواهری و همکاران (۱۹) در یک آزمایش مزرعه‌ای روی دو رقم چغندرقند نشان دادند که افزایش شوری موجب کاهش CGR و شاخص سطح برگ (LAI) در هر دو رقم مورد آزمایش می‌شود. با توجه به نتایج فوق، احتمالاً منفی شدن CGR با افزایش شوری، می‌تواند به علت ریزش برگ‌های مسن، تخریب کلروفیل و غیرفعال شدن برگ‌های قدیمی‌تر تحت اثر شوری باشد. لذا با وجود همبستگی مستقیم بین سرعت رشد گیاه و عملکرد، کاهش سرعت رشد گیاه تحت شرایط تنش یکی از عوامل اصلی کاهش عملکرد گیاه تحت چنین شرایطی خواهد بود.

تغییرات سطح ویژه برگ (SLA) و نسبت سطح برگ (LAR)

شوری، نسبت سطح برگ را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد، هر چند که بر تغییرات سطح برگ اثر معنی‌داری نداشت. اثر پرایمینگ بر این دو شاخص رشد معنی‌دار نبود. اثر متقابل شوری و پرایمینگ بر این دو شاخص رشد نیز معنی‌دار نگردید (جدول ۴). با افزایش کلرید سدیم نسبت سطح برگ به طور معنی‌داری کاهش یافت، به‌طوری‌که با افزایش شوری به سطوح بالاتر (۲۴ دسی‌زیمنس بر متر)، نسبت سطح برگ ۱۵ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد. بین سطوح شوری ۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول۵). این امر حاکی از آن است که بیشترین اثر تخریبی شوری بر بافت‌های فتوسنتزی در سطح شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بوده است. نسبت سطح برگ (LAR) بیان‌کننده بافت‌های فتوسنتزکننده به وزن خشک کل گیاه می‌باشد. این شاخص نشان‌دهنده پر برگی یک گیاه بوده و به عنوان شاخص مورفولوژیک در گیاه مطرح می‌باشد (۳۲). سطح مخصوص یا ویژه برگ (SLA) عبارت است از نسبت سطح برگ به وزن خشک برگ. SLA نشان‌دهنده ضخامت برگ است. به‌طوری‌که هر چه SLA بزرگ‌تر باشد، برگ ضخیم‌تر است و در واقع غلظت کلروپلاست، کلروفیل و تعداد سلول‌های مزوفیل آن بیشتر می‌باشد. در گیاهانی مانند گندم، کلزا و گلرنگ که مرحله

جدول۵. مقایسه میانگین شاخص‌های رشد تحت تأثیر تیمار شوری

سطح شوری (dS/m)	سرعت رشد گیاه (گرم بر مترمربع در روز)	سرعت رشد نسبی (گرم بر گرم در روز)	سطح ویژه برگ (سانتی‌مترمربع بر گرم)	نسبت سطح برگ (سانتی‌مترمربع بر گرم)	سرعت جذب خالص (گرم بر مترمربع در روز)
شاهد	۰/۶۰ a	۰/۰۳۳۸ a	۳۵۶/۶ a	۲۵۶/۱ ab	۰/۱۰۶ a
۸	۰/۴۵ b	۰/۰۳۳۳ a	۳۴۸/۹ a	۲۹۶/۴ a	۰/۰۷۷ b
۱۶	۰/۴۰ b	۰/۰۳۳۲ a	۴۱۱/۴ a	۲۳۷/۹ b	۰/۰۸۸ b
۲۴	۰/۳۰ c	۰/۰۳۳۲ a	۳۸۹/۴ a	۲۱۵/۶ b	۰/۰۴۰ c

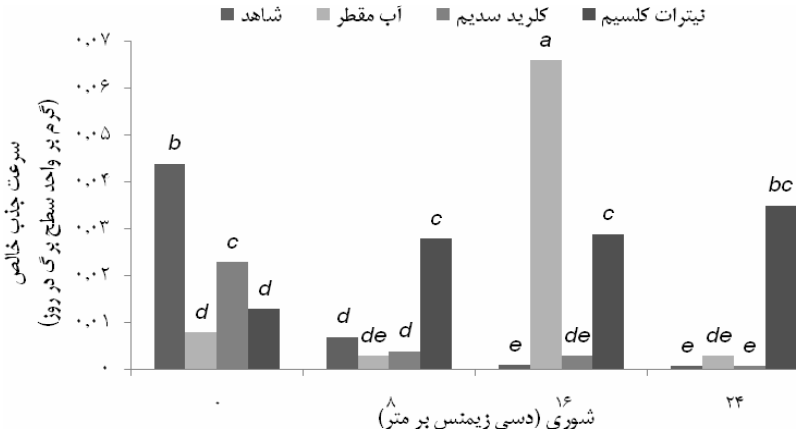
در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

رزت دارند، LAR بیشتر از گیاهانی نظیر آفتابگردان و پنبه است (۲۵). به نظر می‌رسد کاهش LAR به علت کاهش بافت‌های فتوسنتزکننده در اثر شوری باشد. لذا بالا بودن LAR در تیمار شاهد نسبت به دیگر سطوح شوری را می‌توان به بالا بودن نسبت بافت‌های فتوسنتزکننده به مجموع بافت‌های تنفس‌کننده در این سطح نسبت داد و این نیز نشان‌دهنده پر برگی گیاه در این سطح است. نتایج فوق با یافته‌های کرامر و همکاران (۸) با مطالعه روی گیاه جو در شرایط شوری هم‌خوانی دارد.

سرعت جذب خالص (NAR)

شوری و پرایمینگ اثر معنی‌داری بر سرعت جذب خالص گذاشتند. اثر متقابل این دو عامل بر سرعت جذب خالص معنی‌دار بود (جدول ۴). کاربرد سطوح مختلف شوری باعث کاهش معنی‌داری در میزان سرعت جذب خالص گردید. به‌طوری‌که با افزایش شوری به سطوح بالاتر (۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر)، سرعت جذب خالص به ترتیب ۲۰ و ۶۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. هر چند که بین سطوح شوری ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری از این نظر وجود نداشت (جدول ۵). سرعت جذب خالص نشان‌دهنده مقدار ماده خشک خالص ساخته شده در واحد سطح برگ در واحد زمان می‌باشد که بر حسب گرم در مترمربع در روز بیان می‌شود (۱۹). احتمالاً کاهش NAR با افزایش میزان شوری، به علت افت راندمان فتوسنتزی برگ و در نتیجه افزایش ضایعات تنفسی باشد. کرامر و همکاران (۸) در آزمایشی روی گیاه جو در شرایط شوری به نتایج مشابهی دست یافتند. نتایج مقایسه میانگین‌ها حاکی از متفاوت بودن عکس‌العمل گیاه با افزایش شوری در ارتباط با نوع پرایم بود. به‌طوری‌که با کاربرد شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر در پرایم‌های ۱، ۲ و ۳ (به ترتیب شاهد، پرایم با آب مقطر و پرایم با کلرید سدیم)، NAR کاهش نشان داد. این در حالی بود که در همین سطح شوری، پرایم ۴ (نیترات کلسیم) بیشترین میزان NAR را دارا بود. با افزایش شوری به سطح ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، پرایم ۲ افزایش سریعی در سرعت جذب خالص داشت و در کلیه پرایم‌ها کاهش در سرعت جذب خالص با شیب ملایم‌تری صورت گرفت. در بالاترین سطح شوری (۲۴ دسی‌زیمنس بر متر) و پرایم‌های ۱، ۲ و ۳، سرعت جذب خالص کاهش یافت، هر چند در پرایم ۴ افزایش نشان داد (شکل ۲).

نتاندا و همکاران (۳۰) در یک آزمایش گلخانه‌ای مشاهده کردند که بازده فتوسنتزی دو رقم سورگوم در شوری زیاد به طور معنی‌داری کاهش یافت که با افت جذب دی‌اکسید کربن خالص همراه گردید. آنها عنوان کردند که علت این امر می‌تواند به تأثیر کلرید سدیم بر انسداد روزنه‌ها نسبت داده شود. همبستگی مثبت بین جذب دی‌اکسید کربن خالص و هدایت روزنه‌ای در هر دو رقم سورگوم نشان داد که هدایت روزنه‌ای به عنوان عامل اولیه محدودکننده فتوسنتز تحت تنش شوری می‌باشد. با توجه به این که تداوم تبادل CO_2 و ادامه فعالیت آنزیم روبیسکو در شرایط تنش یک مزیت برای گیاهان محسوب می‌شود، بنابراین استفاده از پرایم ۴ (نیترات کلسیم)



شکل۲. برهمکنش شوری و پرایمینگ بر سرعت جذب خالص رقم گلدشت گلرنگ. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول۶. نتایج تجزیه واریانس اثر شوری و پرایمینگ بر محتوای یونی

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		سدیم	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	نسبت پتاسیم به سدیم
تکرار	۳	۰/۸۲۳^{ns}	۰/۰۲۸^{ns}	۰/۰۰۰۳۴^{ns}	۹/۲۶*	۰/۱۶۰۰*
شوری	۳	۲/۲۹۱**	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۰۱۶^{ns}	۶/۱۳^{ns}	۰/۳۳**
پرایمینگ	۳	۳/۴۹۹**	۴/۸۶**	۰/۰۰۰۸۹^{ns}	۸/۰۹*	۵/۹۳**
شوری×پرایمینگ	۹	۱/۶۴۷**	۰/۳۸**	۰/۰۰۰۴۵^{ns}	۳/۸۸^{ns}	۰/۲۷**
خطا	۴۵	۰/۵۰۶۶	۰/۱۰۱	۰/۴۱۰۴	۲/۷۴	۰/۰۴
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۸/۵۶	۲۱/۰۹	۲۰/۶۳	۲۴/۳۵	۲۳/۴۴

**، * و ns : به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪

تا سطح شوری ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، می‌تواند در جهت بهبود مقاومت و هم‌چنین بهبود عملکرد گیاه تحت چنین شرایطی مفید واقع شود.

درصد سدیم بافت گیاهی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که شوری و پرایمینگ اثر معنی‌داری بر جذب سدیم اندام هوایی داشته‌اند. اثر متقابل آنها میزان سدیم اندام هوایی را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد (جدول ۶). افزایش شوری سبب افزایش معنی‌دار محتوای سدیم اندام هوایی گردید. به‌طوری‌که میانگین محتوای سدیم در سطوح شوری ۸، ۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۵۱، ۴۸ و ۵۶ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. هر چند که بین سطوح شوری ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۶). این امر حاکی از آن است که تا سطح شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، توان گیاه در جذب سدیم از محیط ریشه ثابت مانده، لیکن همزمان با افزایش غلظت نمک تا سطح ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، میزان جذب سدیم گیاه افزایش یافته است. این نتایج با یافته‌های خان و همکاران (۲۱) و ال-هنداوی (۱۱) با مطالعه روی گندم مطابقت دارد. در بررسی‌های توران و همکاران (۳۳) روی گیاه ذرت، افزایش میزان سدیم در

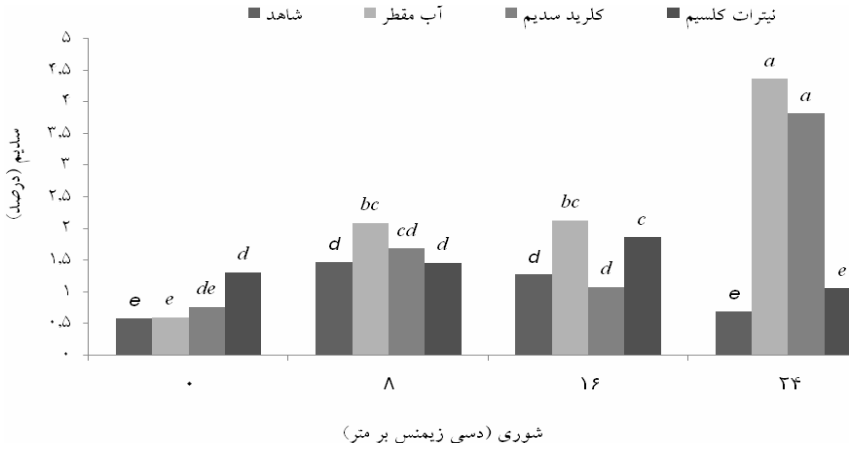
اندام هوایی با افزایش شوری مشاهده شده است. نظر به این که در زمان اجرای آزمایش، با کاربرد سطوح شوری بالاتر، دفع نمک از ساقه و برگ گیاه مشاهده شد، احتمالاً در غلظت‌های زیادتر شوری و وجود اثر رقابتی در جذب مواد معدنی با سدیم، گیاه جذب سدیم را از محیط ریشه افزایش داده و آن را به اندام هوایی منتقل نموده است. سپس از طریق ترشح یون سدیم از برگ‌ها به خارج، مقدار سدیم در بافت‌ها را کاهش و تحمل خود را به شوری افزایش داده است. نتایج اثر متقابل شوری و پرایمینگ نشان داد که در کلیه پرایم‌ها، با افزایش شوری تا سطح ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، میزان سدیم اندام هوایی افزایش داشته و در بالاترین سطح شوری (۲۴ دسی‌زیمنس بر متر)، تیمار بدون پرایم کمترین و تیمار پرایم ۲ (هیدروپرایمینگ) بیشترین میزان سدیم اندام هوایی را دارا بود (شکل ۳). با توجه به دفع نمک از اندام هوایی گیاه در سطوح بالاتر شوری، به‌نظر می‌رسد استفاده از پرایم ۱ (بدون پرایم) با کاهش دادن محتوای سدیم بافت‌ها توانسته است گیاه را در تحمل به تنش یاری رساند.

درصد پتاسیم بافت گیاهی

شوری و پرایمینگ اثر معنی‌داری بر محتوای پتاسیم اندام هوایی گذاشتند. اثر متقابل این دو عامل بر میزان پتاسیم اندام هوایی معنی‌دار گردید (جدول ۶). افزایش شوری باعث کاهش محتوای پتاسیم بافت گیاهی شد. به‌طوری‌که با افزایش شوری به ۸، ۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، محتوای پتاسیم در اندام هوایی به ترتیب ۲۸، ۶۴ و ۶۷ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد (جدول ۷). کاهش در میزان پتاسیم اندام هوایی را می‌توان به وجود خاصیت آنتاگونیستی بین سدیم و پتاسیم نسبت داد. هر چند بین سطوح شوری ۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری دیده نشد. این امر حاکی از آن است که خروج بیشتر پتاسیم از واکوئل به درون سیتوپلاسم در تبادل با سدیم در شوری‌های بالاتر از ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر امکان‌پذیر نمی‌باشد. نتایج مشابهی توسط توران و همکاران (۳۸) گزارش شده است. آنها عنوان نمودند که با افزایش شوری، محتوای پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی ذرت افزایش یافت. هی و کرامر (۱۷) گزارش کردند که با افزایش شوری، مقدار یون پتاسیم در کلیه اندام‌های کلزا کاهش معنی‌داری یافت. عکس‌العمل گیاه با افزایش شوری در ارتباط با نوع پرایم متفاوت بود. در پرایم‌های ۲ و ۳ (آب و کلرید سدیم) با افزایش شوری تا سطح ۸ دسی‌زیمنس بر متر، میزان پتاسیم اندام هوایی افزایش داشته، و این در حالی بود که تا همین سطح شوری در پرایم‌های ۱ و ۴ (شاهد و پرایم نیترات کلسیم)، میزان پتاسیم اندام هوایی روند کاهشی داشت. با افزایش شوری به سطوح بالاتر (۲۴ دسی‌زیمنس بر متر)، بالاترین میزان پتاسیم اندام هوایی در پرایم‌های ۲ و ۳ بود (شکل ۴). با توجه به این که پتاسیم عنصر غذایی برای گیاه محسوب می‌شود و یکی از فاکتورهای محدودکننده رشد گیاهان زراعی است و نقش مهمی در تنظیم اسمزی دارد، به‌نظر می‌رسد پرایم‌های ۲ و ۳ با افزایش در محتوای پتاسیم بافت‌ها توانسته‌اند تا حدودی شرایط مقاومت گیاه به تنش را فراهم سازند.

درصد کلسیم و منیزیم بافت گیاهی

محتوای منیزیم به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر شوری قرار گرفت و پرایمینگ اثر معنی‌داری بر محتوای منیزیم اندام هوایی نداشت. شوری و پرایمینگ محتوای کلسیم اندام هوایی را تحت تأثیر قرار ندادند. اثر متقابل این دو عامل بر محتوای کلسیم و منیزیم نیز معنی‌دار نبود (جدول ۶). با افزایش شوری، محتوای منیزیم اندام هوایی افزایش یافت. به‌طوری‌که با افزایش شوری به سطوح ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، میزان منیزیم اندام هوایی به ترتیب ۳۷ و ۴۴ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت. هر چند بین سطوح شوری ۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری از این نظر وجود نداشت (جدول ۷). به نظر می‌رسد افزایش غلظت سدیم تا شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر در محیط ریشه، جذب منیزیم را افزایش داده است. ولی با

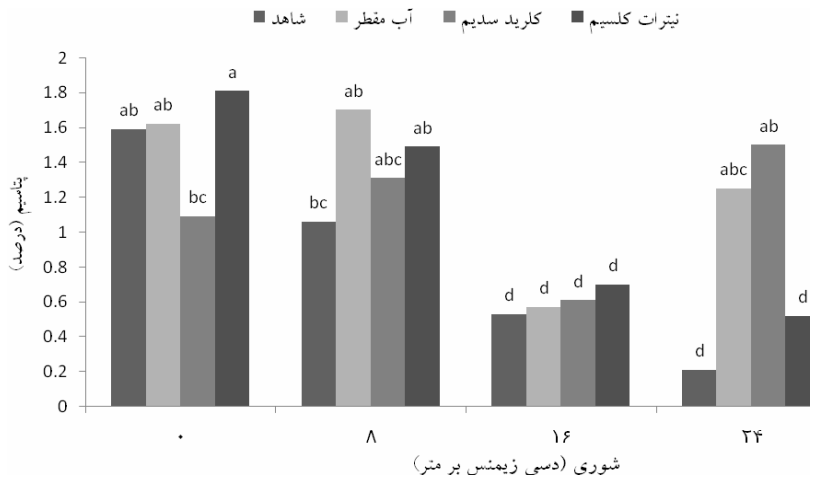


شکل۳. برهمکنش شوری و پرایمینگ بر محتوای سدیم اندام هوایی رقم گلدشت گلرنگ. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

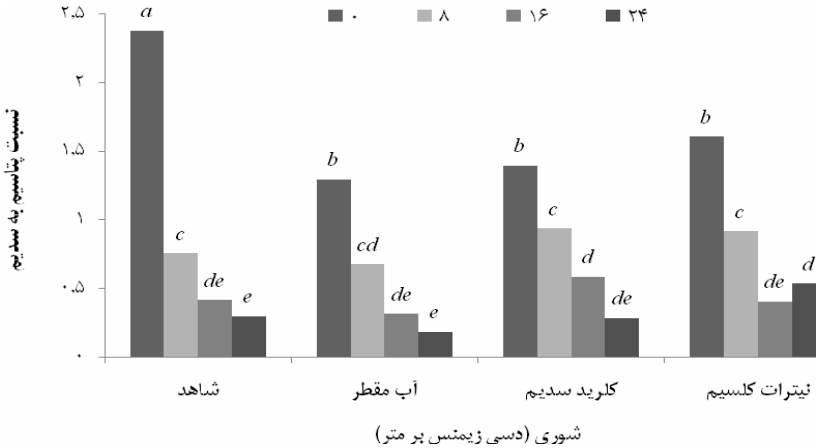
جدول۷. مقایسه میانگین محتوای یونی تحت تأثیر تیمار شوری در رقم گلدشت گلرنگ

سطح شوری (dS/m)	سدیم (٪)	پتاسیم (٪)	کلسیم (٪)	منیزیم (٪)	نسبت پتاسیم به سدیم
شاهد	۰/۸۲ c	۱/۷۱ a	۲/۰۲ a	۲/۰ b	۱/۶۷ a
۸	۱/۶۸ b	۱/۲۳ b	۳/۶۷ a	۳/۶ a	۰/۸۲ b
۱۶	۱/۵۹ b	۰/۶۰ c	۳/۲۵ a	۳/۲ ab	۰/۴۳ c
۲۴	۱/۸۸ a	۰/۵۵ c	۴/۳۴ a	۳/۲ ab	۰/۳۳ c

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل۴. برهمکنش شوری و پرایمینگ بر محتوای پتاسیم اندام هوایی رقم گلدشت گلرنگ. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل۵. برهمکنش شوری و پرایمینگ بر نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی رقم گلدشت گلرنگ. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

افزایش شوری و سمیت شدید سدیم و کلر، مانع افزایش جذب منیزیم شده است. این نتایج با یافته‌های هی و کرامر (۱۷) با مطالعه روی گونه‌های جنس *Brassica* مطابقت دارد. هی و کرامر (۱۷) در بررسی‌های خود روی ارقام کلزا عنوان نمودند که با افزایش شوری، مقدار یون کلسیم در ریشه کاهش و در اندام هوایی (ساقه و برگ و گل‌آذین) افزایش نشان داد.

نسبت پتاسیم به سدیم بافت گیاهی

اثر شوری و پرایمینگ بر میانگین نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی معنی‌دار بود. اثر متقابل این دو تیمار بر نسبت پتاسیم به سدیم معنی‌دار گردید (جدول ۶). میانگین نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی با افزایش شوری به طور معنی‌داری کاهش یافت. به‌طوری که با افزایش شوری به ۸، ۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی به ترتیب ۵۱، ۷۴ و ۸۰ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد (شکل ۵). نتایج فوق با یافته‌های گوتییرز و همکاران (۱۳) روی گیاه کلزا مطابقت دارد. توران و همکاران (۳۳) هم در بررسی‌های خود روی گیاه ذرت عنوان کردند که شوری و افزایش آن به سطوح بالاتر باعث کاهش معنی‌داری در نسبت پتاسیم به سدیم شد که این کاهش در نسبت پتاسیم به سدیم را به خاطر خاصیت آنتاگونیستی بین سدیم و پتاسیم عنوان کرده‌اند. در کلیه پرایم‌ها، با افزایش شوری تا سطح ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، میانگین نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی کاهش داشته است و در بالاترین سطح شوری (۲۴ دسی‌زیمنس بر متر) پرایم ۱ (شاهد) و پرایم ۴ (نیترات کلسیم) بالاترین میزان نسبت پتاسیم به سدیم را دارا بوده است (شکل ۵). با توجه به این که بالا بودن این نسبت در شرایط شور یک مزیت به‌شمار می‌رود و هم‌چنین سازوکارهای فیزیولوژیک دیگری مثل باز و بسته شدن روزنه‌ها، فتوسنتز و تعرق تحت تأثیر این نسبت قرار می‌گیرند، به نظر می‌رسد استفاده از پرایم ۴ (نیترات کلسیم) و تا حدودی پرایم ۱ (شاهد) تا سطح شوری ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، با افزایش در نسبت پتاسیم به سدیم باعث افزایش توان مقابله گیاه با تنش شوری شده است و می‌توان از این دو تیمار به عنوان پیش‌تیمار مؤثر در شرایط تنش شوری استفاده نمود.

نتیجه‌گیری

افزایش غلظت نمک در محیط ریشه سبب کاهش غلظت کلروفیل و کاهش سرعت رشد رقم گلدشت گلرنگ شد. بدین معنی که شوری با تخریب و اضمحلال کلروفیل برگ موجب کاهش فتوسنتز و افزایش تنفس شده و باعث کمبود میزان

انرژی و در نهایت افت رشد گیاه می‌گردد. گلرنگ در واکنش به تنش شوری، محتوای پرولین اندام هوایی را افزایش داده و از طریق تنظیم اسمزی، مقاومت خود را در برابر تنش بهبود می‌بخشد. پرایمینگ بذر نیز از طریق تأثیر مثبت خود بر صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک گلرنگ، توانست تنش شوری را تا حدودی تعدیل کند. بنابراین می‌توان این روش را به کشاورزان پیشنهاد کرد تا بتوانند درصد یکنواختی بیشتری از سبز شدن این گیاه تحت تنش شوری داشته باشند. اما قبل از این کار، نیاز به آزمایش‌های تکمیلی در مزرعه به منظور تأیید مفید بودن این روش تحت تنش شوری است.

منابع مورد استفاده

1. Anonymous. 2008. Available at: http://www.spii.ir/spSPII/default.aspx.
2. Ashraf, M. and M. Tufail. 1995. Variation in salinity tolerance in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Agronomy and Soil Science* 174: 351-362.
3. Babaian Jelodarzadeh, N. and M. Ziatabar Ahmadi. 2001. Plant Growth in Saline and No- cultivated Land. Mazandaran University Press, 286 p. (In Farsi).
4. Banaei, M., H. A. Moameni, M. Bybordi and M. J. Malakouti. 2005. The soils of Iran: New Achievement in Perception, Management and Use. Soil and Water Research Institute of Iran, Sana Pub., 215 p. (In Farsi).
5. Bartels, D. and R. Sunkar. 2005. Drought and salt tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences* 24: 23-58.
6. Bates, L. S., R. P. Waldran and I. D. Tear. 1973. Rapid determination of free proline for water studies. *Plant and Soil* 39: 205-208.
7. Christiansen, M. B. 1982. World environmental limitations to food and fiber culture. PP. 1-11. *In:* Christiansen, M. B. and C. F. Lewis (Eds.), Breeding Plant for Less Favorable Environments. John Wiley Pub., New York.
8. Cramer, G. R., E. Epstein and A. Lauchli. 1990. Effects of sodium, potassium and calcium on salt stressed barley. *Physiologia Plantarum* 80(1): 83-88.
9. Demir, M. and A. Ozturk. 2003. Effects of different soil salinity levels on germination and seedling growth of Safflower (*Carthamus tinctorius L.*). *Turkish Journal of Agronomy* 27: 224-227.
10. Demir Kaya, M., G. Okcu, M. Atak, Y. Cikili and Kolsarici. 2006. Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy* 24: 291-295.
11. El- Hendawy, S. E., Y. Hu and U. Schmidhalter. 2005. Growth, ion content, gas exchange and water relations of wheat genotypes differing in salt tolerance. *Australian Journal of Agricultural Research* 56: 123-134.
12. Gibon, Y., R. Sulpice and F. Larher. 2000. Proline accumulation in canola leaf discs subjected to osmotic stress is related to the loss of chlorophylls and to the decrease of mitochondrial activity. *Physiologia Plantarum* 110: 469-476.
13. Gutierrez-Boem, F. H., R. S. Lavado and C. A. Porcelli. 1997. Effects of waterlogging followed by a salinity peak on rapeseed *(Brassica napus* L.*). Journal of Agronomy and Crop Science* 178: 140-153.
14. Haghnia, K. 1991. Plant Salinity Resistance. Mashhad University Press, 238 p. (In Farsi).
15. Handa, S., A. K. Handa, P. M. Hasegawa and R. A. Bressan. 1986. Proline accumulation and the adaption of cultured plant cell to water stress. *Plant Physiology Journal* 80: 938-945.
16. Harris, D., A. K. Pathan, P. Gothkar, A. Joshi, W. Chivasa and P. Nyamudeza. 2001. On- farm seed priming: Using participatory methods to revive and refine a key technology. *Agricultural Systems* 69: 151-164.
17. He, T. and G. R. Cramer. 1992. Growth and mineral nutrition of six rapid cycling Brassica Species in response to seawater salinity. *Plant and Soil* 139: 285-294.
18. Irigoyen, J. J., D. W. Einerich and M. Sanchez-Diaz. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia Plantarum* 84(1): 55-60.
19. Javaheri, M. A., A. Zeinadini and H. Najafinezhad. 2003. Planting date effect on sugar beet growth analysis in Orzoieh plateau. *Pajouhesh and Sazandegi* 62: 58-63. (In Farsi).
20. Kaur, S., A. K. Gupta and N. Kaur. 2005. Seed priming increases crop yield possibly by modulating enzymes of sucrose metabolism in chickpea. *Journal of Agronomy and Crop Science* 191: 81-87.
21. Khan, M. A., M. U. Shirazi, M. A. Khan, S. M. Mujtaba, E. Islam, S. Mumtaz, A. Shereen, R. U. Ansari and M. Yasin Ashraf. 2009. Role of proline, K/Na ratio and chlorophyll content in salt tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pakistan Journal of Botany* 41: 633-638.
22. Lichtenthaler, H. K. and A. R. Wellburn. 1983. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions* 603: 591-592.

23. Maurmical, G. and V. Cavallaro. 1996. Effect of seed osmopriming on germination of three herbage grasses at low temperatures. *Seed Science and Technology* 24: 331-335.
24. Manns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environment* 25: 239-250.
25. Murungu, F. S., P. Nyamugafata, C. Chiduza, L. J. Clark and W. R. Whalley. 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.
26. Mussa, A. M., C. Johansen, J. Kumar and D. Harris. 1999. Response of chickpea to seed priming in the high Barind Tract of Bangladesh. *International Chickpea and Pigeonpea Newsletter* 6: 20-22.
27. Naseri, F. 1995. Oilseeds. Mashhad Astane Ghods Razavi Press, 178 p. (In Farsi).
28. Navari-Izoo, F., M. F. Quartacci and R. Izzo. 1990. Water-stress induced changes in protein and free amino acids in field grown maize and sunflower. *Plant Physiology and Biotechnology* 28: 531-537.
29. Nazarbeygi, E., H. Lari Yazdi, R. Naseri and R. Soleimani. 2011. The effects of different levels of salinity on proline and a-, b- chlorophylls in canola. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science* 10: 70-74.
30. Netondo, G. W., J. C. Onyango and E. Beck. 2004. Sorghum and salinity. II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. *Crop Science* 44: 806-811.
31. Soltani, A., F. Akram-Ghaderi and H. Maemar. 2006. The Effect of priming on germination components and seedling growth of cotton seeds under drought. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources* 10: 121-128. (In Farsi).
32. Sudhir, P. and S. D. S. Murthy. 2004. Effects of salt stress on basic processes of photosynthesis. *Photosynthesis* 42: 481-486.
33. Turan, M. A., A. H. A. Elkarim, N. Taban and S. Taban. 2010. Effect of salt stress on growth and ion distribution and accumulation in shoot and root of maize plant. *African Journal of Agricultural Research* 5: 584-588.
34. Zeynali, A. 1998. Safflower, Production and Utilization. Gorgan Agriculture and Natural Resources University Press, 192 p. (In Farsi).