

اثر تنش شوری بر میزان کلر، سدیم، پتاسیم، کلروفیل و قندهای محلول در نژادگان‌های مرکبات

بهرز گل‌عین^{۱*}، فائزه میرعباسی^۲، ولی ربیعی^۲ و رضا فیفایی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۷/۱۵)

چکیده

به منظور شناسایی نژادگان‌های (Genotypes) متحمل به شوری از میان ژرم‌پلاسم موجود در کلکسیون مرکبات کترا، آزمایشی گلخانه‌ای به مدت ۱۶ هفته در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل با چهار سطح شوری کلرید سدیم (صفر، ۲، ۴ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر) و ۱۰ نژادگان ناشناخته مرکبات در سه تکرار به اجرا در آمد. از نارنگی کلثوپاترا و سوئینگل سیتروملو به ترتیب به عنوان متحمل (شاهد) و حساس به شوری استفاده شد. پس از رشد گیاهچه‌ها به مدت شش ماه در گلدان‌های حاوی مقادیر مساوی پرلیت، ماسه و خاک باغچه، آبیاری با استفاده از آب دارای غلظت‌های مختلف کلرید سدیم هر ۵ روز یکبار (با توجه به شرایط جوی و نیاز گیاه) صورت گرفت. مقادیر کلر، سدیم و پتاسیم در بافت برگ و ریشه، و هم‌چنین مقدار کلروفیل‌های a و b ، کلروفیل کل و غلظت قندهای محلول در برگ‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که شوری سبب افزایش غلظت یون کلر و سدیم در ریشه و برگ می‌شود. کمترین تجمع یون کلر در برگ مربوط به نژادگان g9 و هم‌چنین رقم نارنگی کلثوپاترا بود. در تمام موارد، مقدار یون پتاسیم و کلروفیل‌های a و b با افزایش شوری کاهش داشته، اما اثر متقابل شوری و نژادگان در این صفات معنی‌دار نبود. در کلیه ژرم‌پلاسم‌های مورد بررسی، افزایش شوری، اثر یکسانی بر غلظت قندهای محلول نداشت. بر اساس نتایج به‌دست آمده، نژادگان g9 با توجه به تجمع کمتر یون کلر و کاهش کمتر مقدار کلروفیل در مقایسه با بیشتر نمونه‌های مورد مطالعه، می‌تواند به عنوان نژادگان متحمل به شوری مورد توجه قرار گیرد و در برنامه‌های به‌نژادی پایه‌ها از آن استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: ژرم‌پلاسم، کلرید سدیم، تحمل شوری

۱. مؤسسه تحقیقات مرکبات کشور، رامسر

۲. گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: bgoleincitrus@yahoo.com

مقدمه

کاریزو سیترنج، مقدار کلر کمتر و سدیم بیشتری ذخیره می‌شود (۲۵). نارنگی کلتوپاترا که به عنوان پایه‌ای متحمل به شوری شناخته می‌شود، قابلیت دفع کلر را دارد، اما جزو گیاهان ذخیره‌کننده سدیم نیز به شمار می‌رود (۲۵). این در حالی است که سیتروملو دافع سدیم ولی جذب‌کننده یون کلر است (۲۸).

تحمل به شوری به میزان جذب و انتقال یون‌های نمک از ریشه به شاخه بستگی دارد و گیاهان دارای قابلیت دفع‌کنندگی یون‌های سدیم و کلر، مقدار بیشتری از این عناصر را در بافت ریشه ذخیره می‌کنند (۱۷). تحمل پایه نارنگی کلتوپاترا به شوری، به مقاومت بیشتر در جذب کلر و مصرف کمتر آب نسبت داده می‌شود، که می‌تواند به علت کوچکتر بودن سیستم ریشه و بیشتر بودن نسبت شاخه به ریشه باشد (۱۸ و ۱۹).

افزایش غلظت نمک درون سلول سبب تخریب ساختمان کلروپلاست و صدمه به سیستم فتوسنتزی می‌شود (۱۵). براساس گزارش ملگار و همکاران (۱۷) در مورد اثر شوری بر مقدار کلروفیل‌های *a* و *b* در دانه‌های شش‌ماهه مرکبات (*C. limonia*) و قلمه‌های ریشه‌دار شده زیتون (*Olea europaea* L.)، با افزایش شوری، مقدار کلروفیل *a* و تنها در دانه‌های مرکبات کاهش یافت. رومرو-آراندو و همکاران (۲۴) دریافتند که تنش شوری در شرایط مزرعه و گلخانه و شدت نور زیاد، سبب کاهش غلظت کلروفیل برگ می‌شود. بر اساس نتایج بسیاری از پژوهش‌های انجام شده، با افزایش شوری، بر مقدار قند و کربوهیدرات سلول‌های گیاهی افزوده می‌شود و عقیده بر این است که افزایش این ترکیبات، به عنوان عاملی برای تنظیم اسمزی است. هم‌چنین اختلال در متابولیسم سلولی که در اثر تنش ایجاد می‌شود، می‌تواند دلیل کاهش مصرف و افزایش غلظت قندهای محلول و کربوهیدرات‌ها باشد (۵، ۶، ۱۱ و ۲۲).

یکی از مهم‌ترین روش‌های کاهش صدمات شوری، استفاده از پایه‌های متحمل و مقاوم است. اگرچه پایه‌هایی مثل کلتوپاترا و رانگپورلایم به عنوان متحمل شناخته شده‌اند، شاید در میان نژادگان‌ها، گیاهانی متحمل‌تر وجود داشته باشند که بتوان پس

مرکبات، گروه بزرگی از میوه‌ها شامل انواع پرتقال، نارنگی، لیمو، گریپ‌فروت و پوملو است. تولید مرکبات در مناطق مختلف جهان و میزان بالای تولید آن موجب شده که این محصول از اهمیت اقتصادی زیادی برخوردار باشد. بر مبنای گزارش آمارنامه جهاد کشاورزی در سال ۱۳۸۹، سطح زیر کشت مرکبات در ایران ۲۹۰ هزار هکتار برآورد شده است. میزان تولید انواع مرکبات در این سال، ۴/۰۲ میلیون تن و میانگین عملکرد باغ‌های مرکبات کشور ۱۶/۹ تن در هکتار بوده است (۸).

شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد و تولید محصولات باغبانی به‌شمار می‌رود. از دلایل افزایش شوری، بارش کم و تبخیر زیاد، مدیریت ضعیف آب و خاک و استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی است (۲۰). اثر شوری بر رشد و متابولیسم گیاهان از طریق تنش اسمزی و سمیت یون‌ها اعمال می‌شود (۳ و ۱۶). مرکبات جزو گیاهان حساس به شوری هستند. اما میزان تحمل پایه‌های مختلف مرکبات به شوری، تفاوت‌های فاحشی با یکدیگر نشان می‌دهند. به عنوان مثال، شوری در رافلمون (*Citrus jambhiri*) و نارنج سه‌برگ (*Poncirus trifoliata*) باعث کاهش بیشتری در رشد نسبت به پایه‌های نارنج (*C. aurantium*) و نارنگی کلتوپاترا (*C. reshni*) می‌شود (۸ و ۱۲).

شوری ناشی از سدیم، سبب افزایش غلظت عناصر سدیم و کلر در برگ و ریشه مرکبات خواهد شد (۹، ۱۴ و ۱۷). بر اساس گزارش رومرو-آراندو و همکاران (۲۴)، اختلال در رشد و فتوسنتز تا حد زیادی به تجمع کلر در برگ‌ها مربوط است. پایه‌های مرکبات بر انباشت سدیم و کلر در شاخ و برگ تأثیر بارز و قطعی دارند و بنابراین در جذب و جابجایی این یون‌ها از ریشه به شاخه نیز تفاوت زیادی در میان آنها وجود دارد (۴ و ۸). به عنوان نمونه، پیوندک لیموی Fino 49 روی پایه نارنج، غلظت کمتری از سدیم و کلر را نسبت به پایه ماکروفیلا (*C. macrophylla*) در خود ذخیره می‌کند (۷) و در پیوندک نارنگی کلماتین نولس روی پایه نارنگی کلتوپاترا نسبت به پایه

اندازه‌گیری مقدار کلروفیل‌های a و b و کلروفیل کل، پس از تهیه عصاره با استفاده از استون ۸۰٪ و قرائت میزان جذب در طول موج ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر، غلظت کلروفیل‌ها با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد:

$$[1] \quad a = (12/7 \times A_{663}) - (26/9 \times A_{645}) \quad \text{کلروفیل } a$$

$$[2] \quad b = (22/9 \times A_{645}) - (46/8 \times A_{663}) \quad \text{کلروفیل } b$$

$$[3] \quad (a + b) = (80/2 \times A_{663}) + (20/2 \times A_{645}) \quad \text{کلروفیل کل } (a + b)$$

غلظت قندهای محلول در برگ به روش سوموگی (۲۶) و قرائت جذب محلول‌ها در طول موج ۶۰۰ نانومتر و با استفاده از منحنی استاندارد تعیین شد. تجزیه آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ انجام شد.

نتایج

اثر شوری بر عناصر برگ و ریشه

نتایج تجزیه واریانس اثر معنی‌دار نژادگان، سطوح شوری و اثر متقابل آنها را بر میزان کلر در برگ و ریشه نژادگان‌های موردآزمایش، در سطح احتمال ۱٪ نشان داد (جدول ۲). در سطح شوری ۲ dS/m، بیشترین مقدار افزایش کلر برگ (۵۷٪) نسبت به تیمار شاهد در نژادگان g7 و کمترین درصد آن (۱۳٪) در نژادگان g3 مشاهده شد. ولی در سطح شوری ۶ dS/m، بیشترین (۸۰٪) و کمترین (۴۷٪) میزان افزایش به ترتیب در نژادگان g7 و کلئوپاترا مشاهده می‌شود (شکل ۱). کمترین میزان افزایش کلر ریشه در هر سه سطح شوری ۲، ۴ و ۶ dS/m زیمنس بر متر (۱۲، ۱۲ و ۴۵ درصد) نسبت به تیمار صفر، مربوط به نژادگان g7 بود. اما بیشترین درصد افزایش کلر در ریشه (۴۶٪) در سطح شوری ۲ dS/m، در نژادگان g1 و در سطوح شوری ۴ و ۶ dS/m (۷۲ و ۷۴ درصد) در ژنوتیپ g5 مشاهده شد (شکل ۲).

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، میزان سدیم برگ و ریشه تحت تأثیر نژادگان و شوری قرار گرفت ($p \leq 0/01$). با وجود اینکه اثر متقابل شوری در نژادگان بر میزان

از شناسایی و اصلاح، آنها را مورد استفاده قرار داد. هدف از این پژوهش، تعیین آستانه تحمل نژادگان‌های مرکبات نسبت به شوری و شناسایی منابع متحمل در برابر شوری از میان نژادگان‌های جمع‌آوری شده در ایستگاه تحقیقات مرکبات کترا است تا بتوان پس از ارزیابی‌های تکمیلی، یعنی بررسی تحمل آنها در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده دیگر، به‌طور مستقیم به عنوان پایه استفاده نمود یا به عنوان نژادگان متحمل، در برنامه‌های به‌نژادی این محصولات بهره جست.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش، آزمایشی به صورت فاکتوریل، با دو عامل متغیر شامل ۱۰ نژادگان ناشناخته مرکبات همراه با نارنگی کلئوپاترا و سیتروملو به ترتیب شاهد متحمل و حساس به شوری (جدول ۱)، از کلکسیون ایستگاه تحقیقات مرکبات کترا و چهار سطح شوری حاصل از کلرید سدیم (صفر، ۲، ۴ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر) در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و دو گیاه در هر تکرار در مؤسسه تحقیقات مرکبات کشور - رامسر انجام شد. پس از رشد گیاهچه‌ها به مدت شش ماه در گلدان‌های با قطر دهانه ۱۲/۵ سانتی‌متر، که حاوی ترکیبی از نسبت‌های برابر پرلیت، ماسه و خاک باغچه بود، آبیاری به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر با استفاده از آب دارای غلظت‌های مختلف کلرید سدیم هر ۵ روز یکبار (با توجه به شرایط جوی و نیاز گیاه) صورت گرفت. تیمارهای مختلف شوری به مدت ۱۶ هفته اعمال شدند. برای جلوگیری از تنش اسمزی، افزایش شوری به صورت تدریجی انجام شد. پس از پایان دوره تنش، گیاهان از گلدان خارج و ریشه و ساقه آنها از هم جدا شده و پس از شستشو با آب مقطر، در آون با دمای ۸۰ درجه سلسیوس خشک و سپس آسیاب شدند. پس از تهیه خاکستر در کوره با حرارت ۵۵۰-۵۳۰ درجه سلسیوس و عصاره‌گیری با استفاده از اسید کلریدریک ۲ نرمال، عناصر سدیم و پتاسیم به روش شعله‌سنجی اندازه‌گیری شد. غلظت یون کلر به روش تیتراسیون و با استفاده از نیترات نقره تعیین شد. برای

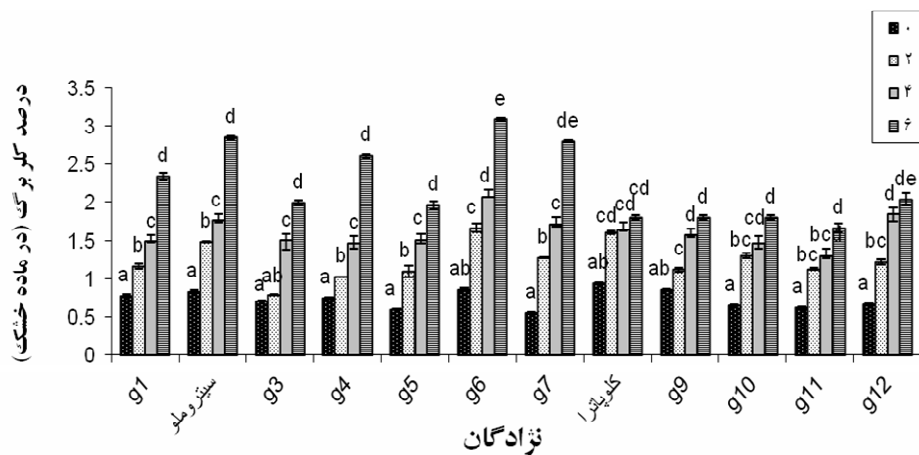
جدول ۱. ارقام گیاهی استفاده شده در آزمایش و برخی صفات مورفولوژیک آنها

شکل تاج	رنگ شاخه	رنگ گل	شکل پهنک برگ	رنگ گل	تعداد چنبر	تعداد پد	تعداد پد	شکل میوه	رنگ میوه	زمان رسیدن میوه	نام عمومی	نام علمی گیاه	کد گیاه
پهن	سبز	سفید	تخم مرغی	سفید	چند چنبر	۲۰-۵۰	پخت	سبز-زرد	سبز-زرد	میانرس	نامشخص	Citrus sp	g1
کروی	سبز	سفید	بیضی و کشیده	سفید	چند چنبر	۲۰-۵۰	گلابی شکل	زرد	زرد	میانرس	سیتروملو	C. paradisi × C. reticulata	Citromelo
کروی	سبز	سفید	نیزه‌ای	سفید	چند چنبر	۲۰-۵۰	پخت	نارنجی روشن	نارنجی روشن	میانرس	نامشخص	C. sp	g3
پهن	ارغوانی	سفید	بیضی و کشیده	سفید	چند چنبر	۲۰-۵۰	کروی	سبز-زرد	سبز-زرد	دیررس	نامشخص	C. sp	g4
بیضوی	سبز	سفید	نیزه‌ای	سفید	چند چنبر	۱۰-۱۹	کروی	زرد	زرد	دیررس	نامشخص	C. sp	g5
کروی	سبز	سفید	نیزه‌ای	سفید	چند چنبر	۲۰-۵۰	کروی	نارنجی	نارنجی	دیررس	نامشخص	C. sp	g6
بیضوی	سبز	سفید	بیضی و کشیده	سفید	چند چنبر	۱۰-۱۹	بیضوی	زرد	زرد	دیررس	نامشخص	C. sp	g7
کروی	سبز	سفید	بیضی و کشیده	سفید	چند چنبر	۲۰-۵۰	پخت	نارنجی	نارنجی	میانرس	کلئوپاترا	C. reshni	Cleopatra
بیضوی	سبز	سفید	بیضی و کشیده	سفید	چند چنبر	۱۰-۱۹	پخت	نارنجی روشن	نارنجی روشن	میانرس	نامشخص	C. sp	g9
پهن	سبز	سفید	بیضی و کشیده	سفید	چند چنبر	۲۰-۵۰	بیضوی	زرد	زرد	دیررس	نامشخص	C. sp	g10
پهن	سبز	سفید	بیضی و کشیده	سفید	چند چنبر	۱۰-۱۹	پخت	زرد	زرد	دیررس	نامشخص	C. sp	g11
بیضوی	سبز	سفید	بیضی و کشیده	سفید	چند چنبر	۱۰-۱۹	گلابی شکل	زرد	زرد	میانرس	نامشخص	C. sp	g12

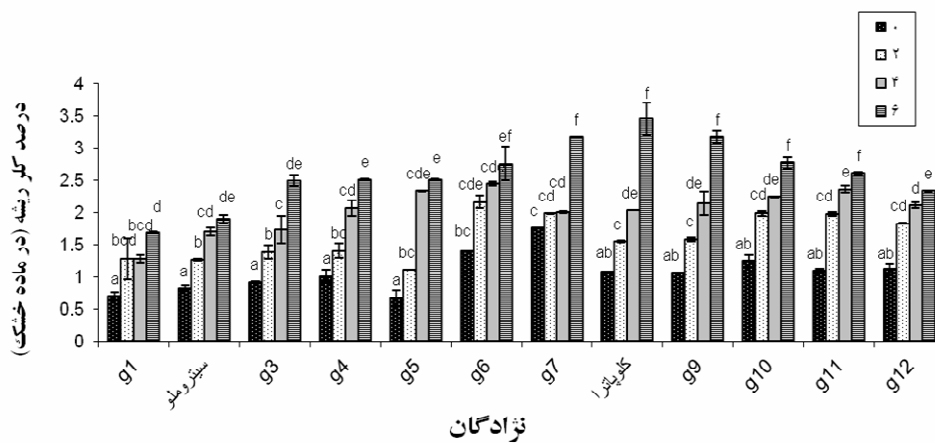
جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار شوری بر صفات مورد مطالعه

متغیر	میانگین مربعات (MS)												
	ا+b (mg/l)	کلروفیل a+b (mg/g)	کلروفیل b (mg/g)	کلروفیل a (mg/g)	کلر برگ (%)	کلر ریشه (%)	پتاسیم برگ (%)	پتاسیم ریشه (%)	پتاسیم برگ (%)	پتاسیم ریشه (%)	سدیم برگ (%)	سدیم ریشه (%)	درجه آزادی
۹۱۳/۴۰۴**	۰/۱۳۱**	۰/۲۲۲**	۰/۵۴۲**	۱/۱۲۵**	۰/۳۰**	۰/۲۶**	۰/۱۵**	۰/۱۱**	۰/۱۱**	۰/۱۱**	۰/۱۱**	۱۱	رقم
۵۸/۶۸ ns	۲/۷۲۰**	۰/۴۸۳**	۱۴/۲۵۳**	۱۵/۲۳۳**	۰/۸۵**	۰/۱۱۰**	۰/۶۷۳**	۰/۵۲**	۰/۵۲**	۰/۵۲**	۰/۵۲**	۳	شوری
۷۱۷/۷۹**	۰/۰۱۶*	۰/۰۰۷ ^{ns}	۰/۱۷۹**	۰/۲۰۳**	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۵**	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۵**	۰/۰۰۱ ^{ns}	۳۳	رقم × شوری
۲۹/۰۳۷	۰/۰۱۰	۰/۰۰۶	۰/۰۱۳۲	۰/۰۲۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۹۶	خطا
۱۲/۱۱	۱۲/۴۲	۲۲/۴۲	۷/۹۲	۹/۱۴	۱۸/۰۳	۱۷/۸۲	۱۳/۱۲	۲۲/۶	۲۲/۶	۲۲/۶	۲۲/۶	۳	ضرب تغییرات (%)

ns و * ** به ترتیب معنی دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و غیر معنی دار



شکل ۱. اثر سطوح شوری و نژادگان بر مقدار عنصر کلر در برگ



شکل ۲. اثر سطوح شوری و نژادگان بر مقدار عنصر کلر در ریشه

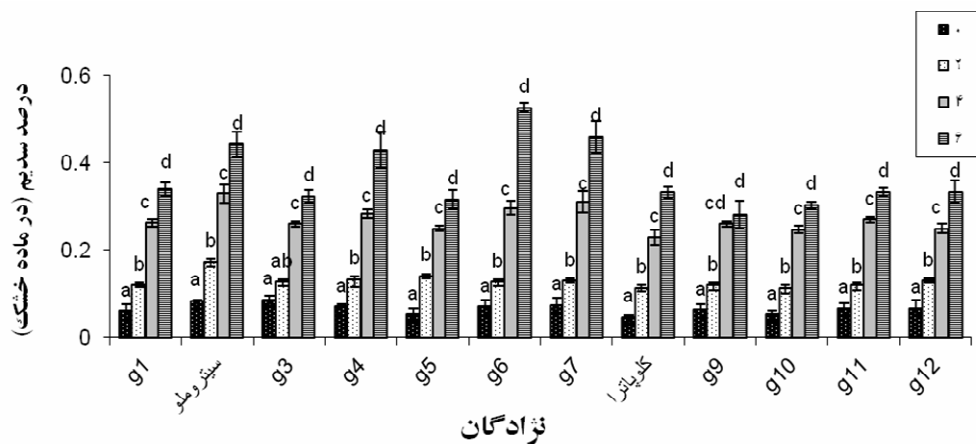
سطح شوری قرار گرفت ($p \leq 0.01$)؛ ولی اثر متقابل این دو، بر میزان پتاسیم برگ و ریشه اثر معنی داری نشان نداد.

اثر شوری بر کلروفیل

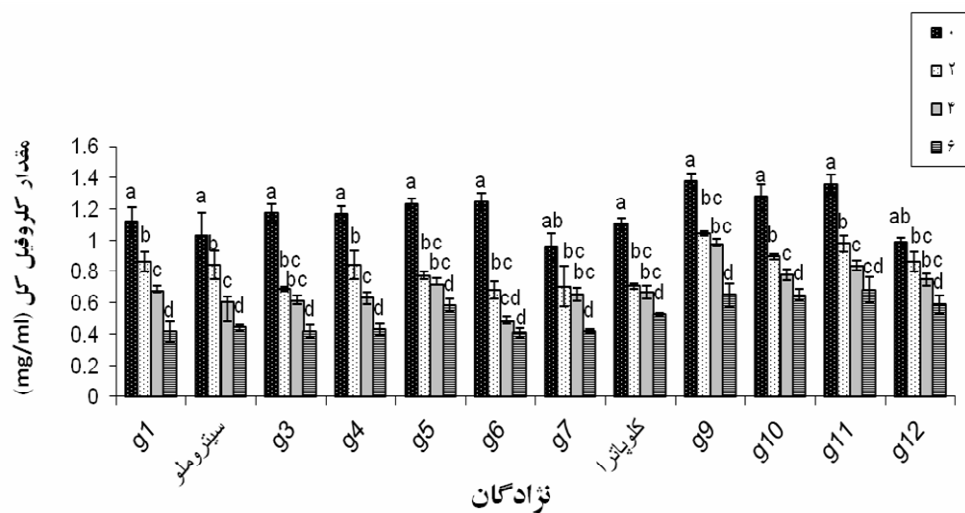
با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) مقدار کلروفیل *a* و *b* و کلروفیل کل در بافت برگ، میان نژادگانها و سطوح شوری در سطح ۱٪ اختلاف معنی داری نشان داد. اما میان اثر متقابل نژادگان و سطوح شوری بر مقدار کلروفیل *a* و *b* اختلاف معنی داری مشاهده نشد و اثر متقابل شوری و نژادگان بر میزان کلروفیل کل در سطح ۵٪ معنی دار شد (شکل ۴).

سدیم برگ اثر معنی دار داشت، ولی میزان سدیم ریشه تحت تأثیر اثر متقابل نژادگان و شوری قرار نگرفت. در سطح شوری ۲ dS/m، نژادگان g3 کمترین افزایش مقدار سدیم برگ (۳۲٪) نسبت به تیمار شاهد و کلئوپاترا بیشترین افزایش (۵۶٪) را نشان دادند. در سطح شوری ۴ dS/m، کمترین افزایش مقدار سدیم برگ (۶۷٪) در نژادگان g3 و بیشترین مقدار (۸۰٪) در کلئوپاترا، و در سطح شوری ۶ dS/m، کمترین مقدار (۷۳٪) در g3 و بیشترین مقدار (۸۷٪) در نژادگان g6 مشاهده شد (شکل ۳).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، میزان پتاسیم برگ و ریشه در نژادگانهای مختلف تحت تأثیر نژادگان و



شکل ۳. اثر سطوح شوری و نژادگان بر مقدار عنصر سدیم برگ



شکل ۴. اثر سطوح شوری و نژادگان بر میزان کلروفیل کل در برگ

اثر شوری بر میزان قندهای محلول

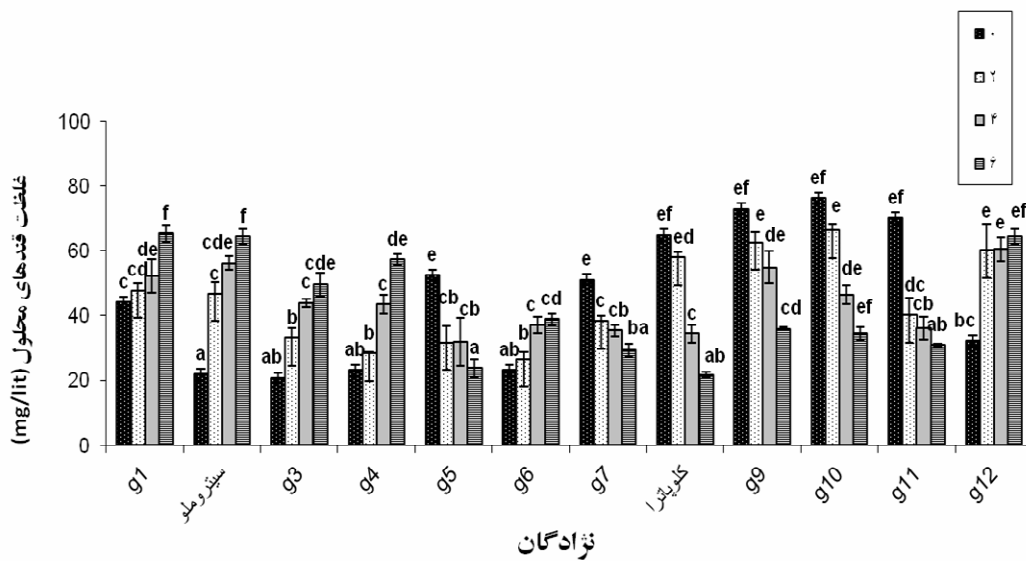
بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) مشخص شد که قندهای محلول تحت تأثیر نژادگان و اثر متقابل نژادگان و سطح شوری قرار گرفت ($p \leq 0.01$)؛ ولی سطوح مختلف شوری اثر معنی داری بر این صفت نشان ندادند. در مقابل، با افزایش سطح شوری، نژادگان‌های مختلف واکنش متفاوتی داشتند. مقدار قندهای محلول در رقم سیتروملو و نژادگان‌های g1، g3، g4، g6 و g12 با افزایش سطح شوری روندی افزایشی داشت که در میان آنها سیتروملو بیشترین افزایش (۶۵٪) را در مقایسه با تیمار شاهد به خود اختصاص داد. واکنش معکوسی در

نژادگان‌های g5، g7، g9، g10، g11 و رقم کلپاترا مشاهده گردید و افزایش شوری سبب کاهش تجمع قندهای محلول شد. نژادگان g11 با ۵۶ درصد کاهش میزان قند محلول در مقایسه با شاهد، بیشترین کاهش را نشان داد (شکل ۵).

بحث

میزان عناصر

افزایش سطح شوری سبب افزایش عناصر کلر و سدیم در برگ‌ها و ریشه‌ها شد. این افزایش در تمامی نژادگان‌ها مشاهده شد؛ اما مقدار افزایش در میان آنها متفاوت بود. افزایش در



شکل ۵. اثر سطوح شوری و نژادگان بر میزان قندهای محلول

بر اساس پژوهش‌های انجام شده، بیشترین صدمه شوری به مرکبات مربوط به یون کلر است (۷). زیاد بودن مقدار عناصر کلر و سدیم در بافت برگ می‌تواند به علت مصرف بیشتر آب و تعرق بیشتر و یا عدم توانایی در جذب مجدد عناصر از جریان آوندی و تجمع در سلول‌های پائین ساقه و دفع یون‌ها (به ویژه یون کلر) توسط گیاه باشد (۲۷).

تحمل شوری، به توانایی در کنترل جذب و انتقال یون‌های نمک از ریشه به شاخه مربوط است و گیاهانی که دارای قابلیت دفع کنندگی یون‌های سدیم و کلر هستند، مقدار بیشتری از این عناصر را در ریشه ذخیره می‌کنند تا بافت‌های برگ و ساقه (۱۷). در پایه‌هایی همچون کلئوپاترا که تحمل بیشتری نسبت به شوری دارند، مقاومت بیشتر ریشه در جذب Cl^- مشاهده شده است. کلئوپاترا سیستم ریشه‌ای با کارایی کمتر برای جذب آب دارد، نسبت شاخه به ریشه در این رقم بالا است و در مقایسه با پایه‌های حساس مانند سیترونج و سیتروملو، دارای تعداد عناصر آوندی کمتری می‌باشد (۱۹). بنابراین در پایه‌های حساس (که ذخیره‌کننده کلر به‌شمار می‌آیند)، علت تجمع زیاد کلر در برگ را می‌توان ناشی از مصرف بیشتر آب، وجود سیستم ریشه کارآمد برای جذب آب و نسبت کم شاخه به

میزان سدیم و کلر در برگ مرکبات می‌تواند به این علت باشد که برگ‌ها آخرین مسیر جذب و انتقال هستند. سدیم و کلر تمایل به تجمع در برگ دارند، تا حدی که رابطه بین غلظت یون در برگ و غلظت بیرونی نمک تقریباً خطی است و با افزایش غلظت نمک در محیط ریشه، میزان جذب و غلظت یون‌های نمک در برگ نیز افزایش می‌یابد (۲۷). افزایش عناصر سدیم و کلر در بافت‌های ریشه و برگ، با یافته‌های پژوهشگران دیگر (۱، ۹، ۱۹، ۲۵ و ۲۸) در ارقام مختلف مرکبات مطابقت دارد.

تفاوت میان نژادگان‌ها از نظر میزان تجمع یون‌ها می‌تواند ناشی از تفاوت در عادت رشد، سیستم‌های انتقال و آوندها، ویژگی‌های آناتومی ریشه، محدودیت جذب و انتقال عناصر و میزان مصرف آب و تعرق گیاه باشد (۲، ۴ و ۱۸). در میان نژادگان‌های مورد آزمایش، تنها کلئوپاترا و سیتروملو از نظر رفتار و واکنش مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. سایر نژادگان‌ها از نظر صفات مورفولوژی و فیزیولوژی ناشناخته بوده و اطلاعاتی در مورد ویژگی‌های آنها وجود ندارد. سیتروملو در گروه دفع‌کننده‌های سدیم و ذخیره‌کننده‌های کلر قرار دارد (۲۸). در حالی که در مورد کلئوپاترا عکس این مطلب صادق است (۲۵).

کلروفیل برگ

اگرچه اثر متقابل نژادگانها و سطوح شوری بر میزان کلروفیل a و b معنی دار نبود، اما با افزایش شوری، از مقدار آنها کاسته شد. افزایش سطح شوری باعث کاهش کلروفیل کل در تمام نژادگانها شد که با نتایج پژوهش ملگار و همکاران (۱۷) و ابوطالبی و همکاران (۱) مطابقت دارد. شوری، و به ویژه تجمع یون کلر در کلروپلاست، با اثرگذاری بر ساختار این اندامک و تیلاکوئیدها و انتقال الکترون فتوسنتزی، از فعالیت فتوسیستم II جلوگیری می کند. کلرید سدیم باعث کاهش عناصر منیزیم و نیتروژن می شود (۲، ۲۴ و ۲۸). این عناصر از اجزای ساختمان کلروفیلها هستند و بنابراین کمبود آنها می تواند بر مقدار کلروفیل اثرگذار باشد. پیامد کاهش مقدار کلروفیل، کاهش مقدار فتوسنتز خواهد بود. تولید زیست توده (بیوماس) در گیاه به تجمع تولیدات حاصل از تثبیت CO_2 طی فتوسنتز بستگی دارد. در میزان فتوسنتز هم دو عامل باید مورد توجه قرار گیرد: مقدار فتوسنتز در واحد سطح برگ و سطحی از برگ که قادر به فتوسنتز است. اثری که شوری بر پتانسیل آب گیاه و تقسیم و رشد سلولها دارد باعث کوچک شدن برگها و کاهش سطح برگ شده، که خود سبب کاهش سطح فتوسنتز کننده و در نتیجه کاهش مقدار فتوسنتز می گردد (۱۲).

قندهای محلول

تجمع قندهای محلول در نمونه های مورد آزمایش روند یکسانی نداشت. در تعدادی از نژادگانها، با افزایش سطح شوری، مقدار قند محلول کاهش و در بعضی روندهای تقریباً افزایشی مشاهده شد. بر اساس گزارش لوی و سیورستن (۱۳)، شوری در مرکبات سبب کاهش فتوسنتز خالص و کاهش تجمع کربوهیدراتها می شود. در نژادگانهای g_9 ، g_{10} و g_{11} مقدار قندهای محلول با افزایش سطح شوری کاهش یافت که با نتایج لوی و سیورستن (۱۳) در مورد رقم کلتوپاترا مطابقت دارد. اما این نتیجه با یافته های بسیاری از پژوهش های انجام شده که در آنها غلظت قند، به عنوان پاسخی در مقابل تنش شوری، افزایش

ریشه دانست (۲۵). براساس پژوهش هایی که رابطه مستقیمی میان جذب کلر و میزان استفاده آب قائل هستند، تحمل بیشتر کلتوپاترا به مقاومت بیشتر در جذب کلر و مصرف کمتر آب نسبت داده می شود (۱۸ و ۱۹).

نژادگانهای دیگر همچون g_9 ، g_{10} و g_{11} که میزان کلر کمتری در برگ ذخیره کردند، احتمالاً دارای سیستم هایی مشابه کلتوپاترا (برای کاهش جذب کلر)، و یا ویژگی هایی که سبب جذب و یا انتقال کمتر کلر می شوند، هستند. از جمله این ویژگی ها می توان به آناتومی و صفات سلولها و مقدار سیستم ریشه و ساقه (۱۸)، توانایی ریشه در جذب مجدد Cl^- (از جریان تعرقی)، عوامل مؤثر در باز و بسته شدن روزنه ها (مثل وجود عناصری مثل K^+ و یا اسید آسبسیک) و تعرق برگی کمتر، که عامل هدایت عناصر به برگها می باشد (۷ و ۱۸)، اشاره کرد.

علامت مسمومیت یون کلر، وقتی به غلظت بیش از ۱٪ وزن خشک برگ برسد، ظاهر می شود (۳). کلر اضافی سبب ریزش برگها، کمبود عنصر روی و کلروز آهن (۲۴)، کاهش غلظت کلروفیل برگ (۲۸) و کاهش فتوسنتز می شود (۱۷ و ۲۴). کاهش فتوسنتز نیز در نهایت منجر به کاهش کربوهیدراتها و مواد ذخیره ای گیاه و در پی آن کاهش رشد می شود (۵).

با افزایش شوری، مقدار پتاسیم برگ و ریشه کاهش یافت؛ اما از نظر اثر متقابل نژادگان و شوری، تفاوت معنی داری مشاهده نشد. علت کاهش یون پتاسیم در نتیجه افزایش شوری می تواند اثر یون سدیم باشد. مقادیر زیاد یون سدیم به هدایت آبی و نفوذپذیری بافت صدمه وارد کرده و جایگزین پتاسیم در مکانهای تبدالی می شود. شوری زیاد، با برهم زدن تعادل الکتریکی غشا و قطبیت آن می تواند منجر به فعال شدن واکنش هایی شود که سبب جریان پتاسیم به خارج از سلول می شوند. تغییر در مقدار پتاسیم، بسته به نوع رقم، متفاوت است و معمولاً برگهای مرکبات از نظر مقدار پتاسیم در مدت شوری تغییر زیادی از خود نشان نمی دهند (۲۷).

برگ‌های این گیاه پس از نژادگان g3 و کمتر از سایر نژادگان‌ها است. بنابراین نژادگان g9 قابلیت بالایی در دفع یون کلر، که یکی از عوامل اصلی صدمه ناشی از کلرید سدیم به شمار می‌رود، دارد و این ویژگی در میزان تحمل گیاه در مقابل شوری دارای اهمیت بسیاری است. هم‌چنین با توجه به اینکه غلظت قندهای محلول در آن کاهش یافت، خسارت کمتر این نژادگان را می‌توان به علت کمتر بودن میزان تجمع یون‌های سمی و در نتیجه کاهش اثرهای زیانبار ناشی از آنها دانست. با توجه به اطلاعات به‌دست آمده، نژادگان g9 در مقایسه با نژادگان‌های نامبرده، در موقعیت بهتری قرار دارد و آسیب کمتری دیده است که از آن می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی پایه و رقم بهره جست.

سپاسگزاری

از مؤسسه تحقیقات مرکبات کشور جهت فراهم نمودن مواد گیاهی و استفاده از تجهیزات تشکر و قدردانی می‌شود.

می‌یابد مغایر است. بر اساس نتایج به‌دست آمده در این آزمایش، در نژادگان‌هایی چون g6 و g4 که آستانه تحمل خیلی کمتری نسبت به شوری از خود نشان دادند، افزایش در مقدار قندهای محلول مشاهده گردید. تجمع کربوهیدرات‌ها می‌تواند به عنوان عاملی برای حفظ فشار تورژسانس و کاهش پتانسیل اسمزی عمل کند. اما با توجه به حساسیت زیاد نژادگان‌های یاد شده اگر چه تجمع قندها می‌تواند مؤثر باشد، ولی علت اصلی تجمع، احتمالاً بیش از آنکه واکنشی برای تحمل باشد در اثر صدمه وارد به فرایندهای سلولی و کاهش رشد (و در نتیجه مصرف کمتر و تجمع بیشتر) است.

با توجه به مطالب فوق، کاهش در مقدار قندهای محلول در نژادگان‌های مورد آزمایش می‌تواند ناشی از کاهش در فتوسنتز خالص و ادامه رشد (اما کمتر از شرایط بدون تنش) باشد. دیگر این که در شرایط تنش، به علت رقابت میان فرایندهای مختلف فیزیولوژی و اندام‌های مصرف‌کننده بر سر منابع غذایی، در نهایت رشد کلی گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که نژادگان g9 پس از کلثوپاترا، کمترین افزایش را در مقدار کلر برگ دارد و مقدار تجمع یون سدیم در

منابع مورد استفاده

1. Abutalebi, A. H., E. Tafazoli, B. Kholdebarin, N. A. Karimian and Y. Emam. 2007. Effect of salinity on chlorophyll, solute leakage and relative water content in five citrus rootstocks. *Journal of Science and Agricultural Process* 21(10): 3-11.
2. Alva, A. K. and J. P. Syvertsen. 1991. Soil and citrus tree nutrition are affected by salinized irrigation water. *HortScience* 104: 135-138.
3. Al-yassin, A. 2004. Influence of salinity on citrus: A review paper. *Journal of Central Euro Agriculture* 5(4): 263-272.
4. Ballester, F. G., G. F. Sanchez, A. Cerda and V. Martinez. 2003. Tolerance of citrus rootstock seedling to saline stress based on their ability to regulate ion uptake and transport. *Tree Physiology* 23: 265-271.
5. Bohnert, H. J., H. Su and B. Shen. 1999. Molecular mechanism of salinity tolerances. PP. 29-60. In: Shinozaki, K. (Ed.), Cold, Drought, Heat and Salt Stress: Molecular Responses in Higher Plants, R. G. Lands Press, Texas.
6. Dhanapackiam, S. and M. H. Muhammad Ilyas. 2010. Effect of salinity on chlorophyll and carbohydrate contents of *Sesbania grandiflora* seedlings. *Indian Journal of Science and Technology* 3(1): 64-67.
7. Gimeno, V., J. P. Syvertsen, M. Nieves, I. Simon, V. Martinez and F. Garcia-Sanchez. 2009. Additional nitrogen fertilization affects salt tolerance of lemon trees on different rootstocks. *Scientia Horticulturae* 121: 298-305.
8. Golein, B. and B. Adouli. 2011. Citrus. Novin Poya Press, Tehran, 160 p. (In Farsi).
9. Gomez-Cadenas, A., V. Arbona, J. Jacas, E. Primo-Millo and M. Talon. 2003. Abscisic acid reduces leaf abscission and increases salt tolerance in citrus plants. *Journal of Plant Growth Regulation* 21: 234-240.

10. Hasegawa, P. M., R. A. Bressan, J. K. Zhu and H. J. Bohnert. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51: 463-499.
11. Karimi, S., M. Rahimi, M. Maftoun and V. Tavallali. 2009. Effect of long-term salinity on growth and performance of two pistachio (*Pistacia L.*) rootstocks. *Australian Journal of Basic and Applied Science* 3(3): 1630-1639.
12. Kozlowski, T. T. 2007. Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiology Monograph* 1: 1-29.
13. Levy, Y. and J. Syversten. 2004. Irrigation water quality and salinity effects in citrus trees. *Horticultural Reviews* 30: 37-75.
14. Levy, Y., J. Lifshitz, Y. De Malach and Y. David. 1999. The response of several citrus genotypes to high salinity irrigation water. *HortScience* 34(5): 878-881.
15. Li, Y. 2008. Kinetics of the antioxidant response to salinity in the halophyte *Limonium bicolor*. *Plant Soil Environment* 54(11): 493-497.
16. Mahajan, S. and N. Tuteja. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 444: 139-158.
17. Melgar, J. C., J. P. Syvertsen, V. Martinez and F. Garcia-Sanchez. 2008. Leaf gas exchange, water relations, nutrient content and growth in citrus and olive seedlings under salinity. *Biologia Plantarum* 52(2): 385-390.
18. Moya, J. L., F. R. Tadeo, F. Legaz, E. Primo-Millo and M. Talon. 2000. Salt tolerance in citrus is determined by morphological, physiological, and phenological factors: Differences between Carrizo citrange and Cleopatra mandarin rootstocks. *Proceedings of Society of Citriculture, IX Congress*, pp. 687-688.
19. Moya, J. L., A. Gomez-Cadenas, E. Primo-Millo and M. Talon. 2003. Chloride absorption in salt-sensitive Carrizo citrange and salt-tolerant Cleopatra mandarin citrus rootstocks is linked to water use. *Journal of Experimental Botany* 54(383): 825-833.
20. Neto, A. D. A., J. Tarquinio Prisco, J. Eneas-Filho, C. E. B. De Abreu and E. Gomes-Filho. 2005. Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt-tolerant and salt-sensitive maize genotypes. *Environmental and Experimental Botany* 56: 87-94.
21. Parvaiz, A. and S. Satyawati. 2008. Salt stress and phyto-biochemical responses of plant- A review. *Plant Soil Environment* 54: 89-99.
22. Rathert, G. 1985. The influence of high salt stress on starch, sucrose and degradative enzymes of two Glycine Max varieties that differ in salt tolerance. *Journal of Plant Nutrition* 8(3): 199-209.
23. Reuter, D. J. and J. B. Robinson. 2000. Plant Analysis: An Interpretation Manual. *CSIRO Publishing*.
24. Romero-Arando, R., J. L. Moya, F. R. Tadeo, F. Legaz, E. Primo-Millo and M. Talon. 1998. Physiological and anatomical disturbances induced by chloride salts in sensitive and tolerant citrus: Beneficial and detrimental effects of cations. *Plant Cell Environment* 21: 1243-1253.
25. Sanchez, G. F., J. G. Peres, P. Botina and V. Martinez. 2006. The response of young mandarin trees grown under saline conditions depends on the rootstock. *European Journal of Agronomy* 24: 129-139.
26. Somogyi, M. 1952. Notes on sugar determination. *The Journal of Biological Chemistry* 195: 19-25.
27. Storey, R. and R. R. Walker. 1999. Citrus and salinity. *Scientia Horticulturae* 78: 39-81.
28. Zekri, M. and L. R. Parsons. 1992. Salinity tolerance of citrus rootstocks: Effects of salt on root and leaf mineral compositions. *Plant Soil* 147: 171-181.