

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

بهروز گلین<sup>۱\*</sup>، فائزه میرعباسی<sup>۲</sup>، ولی ریعی<sup>۲</sup> و رضا فیضایی<sup>۱</sup>

(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 کلئوپاترا 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 شان 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 کلئوپاترا 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 بدست 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 باگبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

\*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: [bgolein@citrus@yahoo.com](mailto:bgolein@citrus@yahoo.com)

## مقدمه

کاریزو سیترنج، مقدار کلر کمتر و سدیم بیشتری ذخیره می‌شود (۲۵). نارنگی کلثوپاترا 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 دفع کنندگی یون‌های سدیم و کلر، مقدار بیشتری از این عناصر را در بافت ریشه ذخیره می‌کنند (۱۷). تحمل پایه نارنگی کلثوپاترا 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 ساختمندانه کلروپلاست و صدمه به سیستم فتوستزی می‌شود (۱۵). براساس گزارش ملگار و همکاران (۱۷) در مورد اثر شوری بر مقدار کلروفیل‌های *a* و *b* در دانهال‌های ششم‌ماهه مرکبات *C. limonia* و *C. europaea* L.، با افزایش شوری، مقدار کلروفیل *a* و *b* در دانهال‌های 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 کربوهیدرات‌سازی 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 و ۲۲).

یکی از مهم‌ترین روش‌های کاهش صدمات شوری، استفاده از پایه‌های متحمل و مقاوم است. اگرچه پایه‌هایی مثل کلثوپاترا 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، ۴۰۲ 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 به شمار 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 رالف‌لمون (*Citrus jambhiri*) و نارنج سهبرگ (*Poncirus trifoliata*) باعث کاهش بیشتری در رشد نسبت به پایه‌های نارنج (*C. reshni*) و نارنگی کلثوپاترا (*C. aurantium*) می‌شود (۸ و ۱۲).

شوری ناشی از سدیم، سبب افزایش غلظت عناصر سدیم و کلر در برگ و ریشه مرکبات خواهد شد (۹ و ۱۷). بر اساس گزارش رومرو-آراندو و همکاران (۲۴)، اختلال در رشد و فتوستز تا حد زیادی به تجمع کلر در برگ‌ها مربوط است. پایه‌های مرکبات بر ابانت 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 49 Fino 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 کلمانتین نولس روی پایه نارنگی کلثوپاترا 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:

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

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

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

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 مورد آزمایش، در سطح احتمال ۱٪ نشان داد (جدول ۲). در سطح شوری  $dS/m^2$ ، بیشترین مقدار افزایش کلر برگ ( $0.57\%$ ) نسبت به تیمار شاهد در نژادگان ۷ g و کمترین درصد آن ( $0.13\%$ ) در نژادگان  $g3$  مشاهده شد. ولی در سطح شوری  $dS/m^6$ ، بیشترین ( $0.80\%$ ) و کمترین ( $0.47\%$ ) میزان افزایش به ترتیب در نژادگان  $g7$  و کلثوپاترا مشاهده می‌شود (شکل ۱). کمترین میزان افزایش کلر ریشه در هر سه سطح شوری  $2, 4$  و  $6$  دسی‌زیمنس بر متر ( $12, 12$  و  $45$  درصد) نسبت به تیمار صفر، مربوط به نژادگان  $g7$  بود. اما بیشترین درصد افزایش کلر در ریشه ( $0.46\%$ ) در سطح شوری  $dS/m^2$ ، در نژادگان  $g1$  و در سطوح شوری  $4$  و  $6$  ( $72$  و  $74$  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 متهم در برابر شوری از میان نژادگان‌های جمع‌آوری شده در ایستگاه تحقیقات مرکبات کтра است تا بتوان پس از ارزیابی‌های تکمیلی، یعنی بررسی تحمل آنها در برابر تنفس‌های زنده و غیرزنده دیگر، به طور مستقیم به عنوان پایه استفاده نمود یا به عنوان نژادگان متهم، در برنامه‌های بهنژادی این محصولات بهره جست.

## مواد و روش‌ها

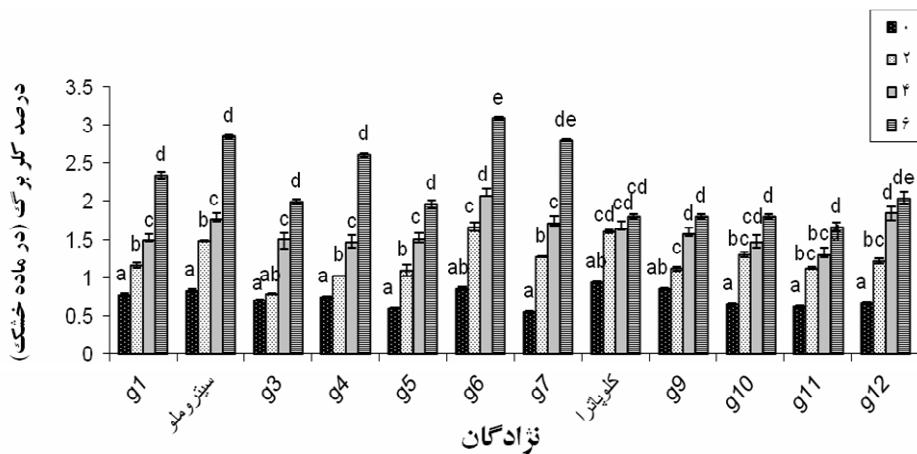
برای انجام این پژوهش، آزمایشی به صورت فاکتوریل، با دو عامل متغیر شامل ۱۰ نژادگان ناشناخته مرکبات همراه با نارنگی کلثوپاترا و سیتروملو به ترتیب شاهد متهم و حساس به شوری (جدول ۱)، از کلکسیون ایستگاه تحقیقات مرکبات کترا و چهار سطح شوری حاصل از کلرید سدیم (صفرا،  $2, 4$  و  $6$  دسی‌زیمنس بر متر) در قالب 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  $12/5$  سانتی‌متر، که حاوی ترکیبی از نسبت‌های برابر پرلیت، ماسه و خاک باعچه بود، آبیاری به حجم  $100$  میلی‌لیتر با استفاده از آب دارای غلظت‌های مختلف کلرید سدیم هر  $5$  روز یکبار (با توجه به شرایط جوی و نیاز گیاه) صورت گرفت. تیمارهای مختلف شوری به مدت  $16$  هفته اعمال شدند. برای جلوگیری از تنفس اسمزی، افزایش شوری به صورت تدریجی انجام شد. پس از پایان دوره تنفس، گیاهان از گلدان خارج و ریشه و ساقه آنها از هم جدا شده و پس از شستشو با آب مقطمر، در آون با دمای  $80$  درجه سلسیوس خشک و سپس آسیاب شدند. پس از تهیه خاکستر در کوره با حرارت  $530-550$  درجه سلسیوس و عصاره‌گیری با استفاده از اسید کلریدریک  $2$  نرمال، عناصر سدیم و پتاسیم به روش شعله‌سنگی اندازه‌گیری شد. غلظت یون کلر به روش تیتراسیون و با استفاده از نیترات نقره تعیین شد. برای

حدولی: ا: اقامہ گناہ، استفادہ شدہ مذ آزمائش، و تخریج، صفات معرفہ شک آنھا

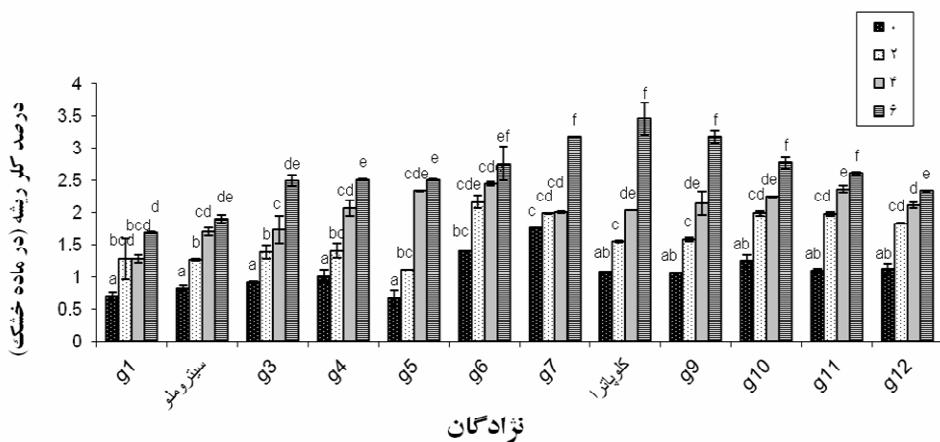
کد گیاه	نام علمی گیاه	نام عمومی	زمان رسیدن	میوه	رنگ میوه	شکل میوه	تعداد بذر	در بذر	ریگ گل	شكل پهنه برج	شانه	ریگ نوک
g1	Citrus sp	نامشخص	میانرس	سبز-زرد	زرد	گالابی شکل	پخت	۲۰-۵	چند جنین	سفید	تضم ورگی	سبز
g3	Citromelo	ستروملو	میانرس	سبز-زرد	زرد	نارنجی روشن	پخت	۲۰-۵	چند جنین	سفید	بیضی و کشیده	سبز
g4	C. paradisi × C. reticulata	نامشخص	میانرس	سبز-زرد	زرد	کروی	پخت	۲۰-۵	چند جنین	سفید	نیزه‌ای	سبز
g5	C. sp	نامشخص	دیررس	سبز-زرد	زرد	کروی	پخت	۱۰-۱۹	چند جنین	سفید	بیضی و کشیده	سبز
g6	C. sp	نامشخص	دیررس	سبز-زرد	زرد	کروی	پخت	۲۰-۵	چند جنین	سفید	نیزه‌ای	سبز
g7	C. resnii	نامشخص	دیررس	سبز-زرد	زرد	نارنجی	پخت	۱۰-۱۹	چند جنین	سفید	بیضی و کشیده	سبز
g9	C. sp	نامشخص	میانرس	سبز-زرد	زرد	نارنجی روشن	پخت	۱۰-۱۹	چند جنین	سفید	بیضی و کشیده	سبز
g10	C. sp	نامشخص	دیررس	سبز-زرد	زرد	نارنجی	پخت	۱۰-۱۹	چند جنین	سفید	بیضی و کشیده	سبز
g11	C. sp	نامشخص	دیررس	سبز-زرد	زرد	کارابی شکل	پخت	۱۰-۱۹	چند جنین	سفید	بیضی و کشیده	سبز
g12	C. sp	نامشخص	میانرس	سبز-زرد	کارابی شکل	نارنجی روشن	پخت	۱۰-۱۹	چند جنین	سفید	بیضی و کشیده	سبز

**جذول ۱۰ نتائج تجزيءه وأدواته** **الـ ۱۰ صفات ممدوحة مطلع العصر**

\*\*، \* و NS 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

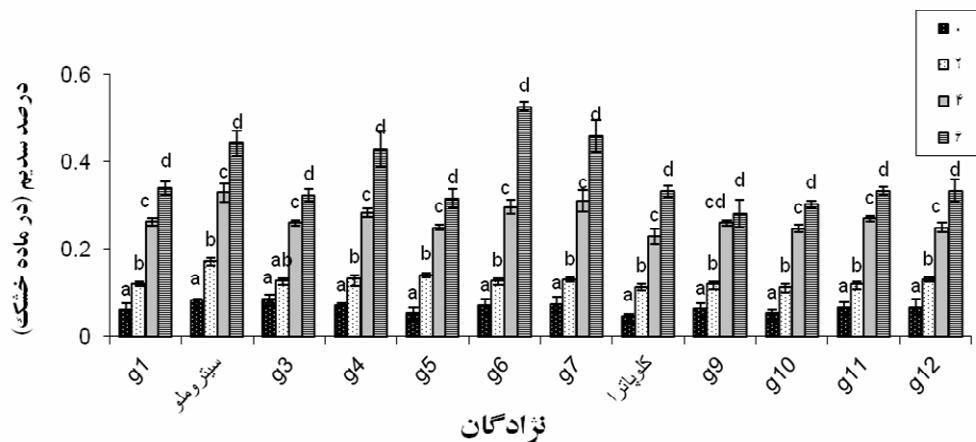
سطح شوری قرار گرفت ( $0.01 \leq p < 0.05$ )؛ ولی اثر متقابل این دو، بر میزان پتاسیم برگ و ریشه اثر معنی داری نشان نداد.

### اثر شوری بر کلروفیل

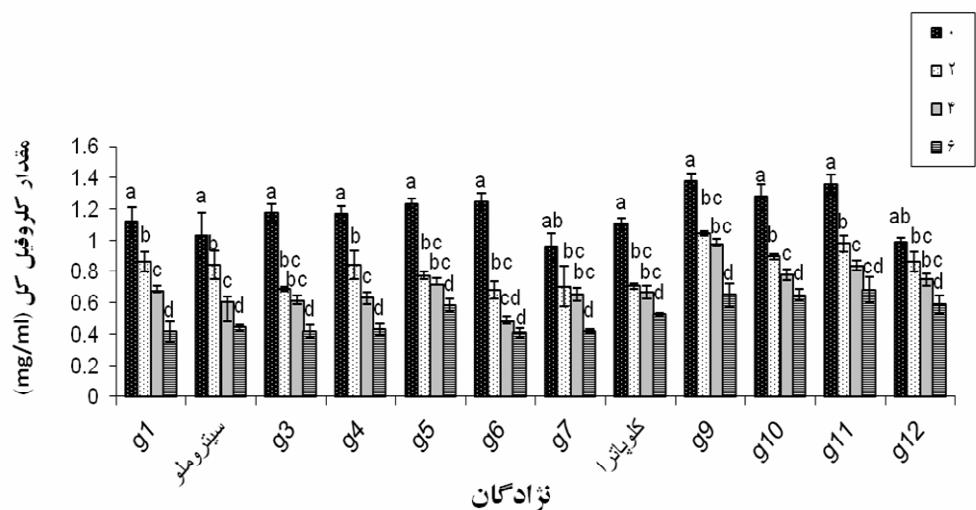
با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) مقدار کلروفیل *a* و *b* و کلروفیل کل در بافت برگ، میان نژادگانها و سطوح شوری در سطح ۱٪ اختلاف معنی داری نشان داد. اما میان اثر متقابل نژادگان و سطوح شوری بر مقدار کلروفیل *a* و *b* اختلاف معنی داری مشاهده نشد و اثر متقابل شوری و نژادگان بر میزان کلروفیل کل در سطح ۰.۵٪ 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، نژادگان *g3* کمترین افزایش مقدار سدیم برگ (%) نسبت به تیمار شاهد و کلثوپاترا بیشترین افزایش (۵۶٪) را نشان دادند. در سطح شوری ۴، کمترین افزایش مقدار سدیم برگ (۶۷٪) در نژادگان *g3* و بیشترین مقدار (۸۰٪) در کلثوپاترا، و در سطح شوری ۶، 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 نژادگان های 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

نژادگان‌ای g5، g7، g9، g10، g11 و رقم کلوباترا مشاهده‌گردید و افزایش شوری سبب کاهش تجمع قندهای محلول شد. نژادگان 11 با ۵۶ درصد کاهش میزان قند محلول در مقایسه با شاهد، بیشترین کاهش را نشان داد (شکل ۵).

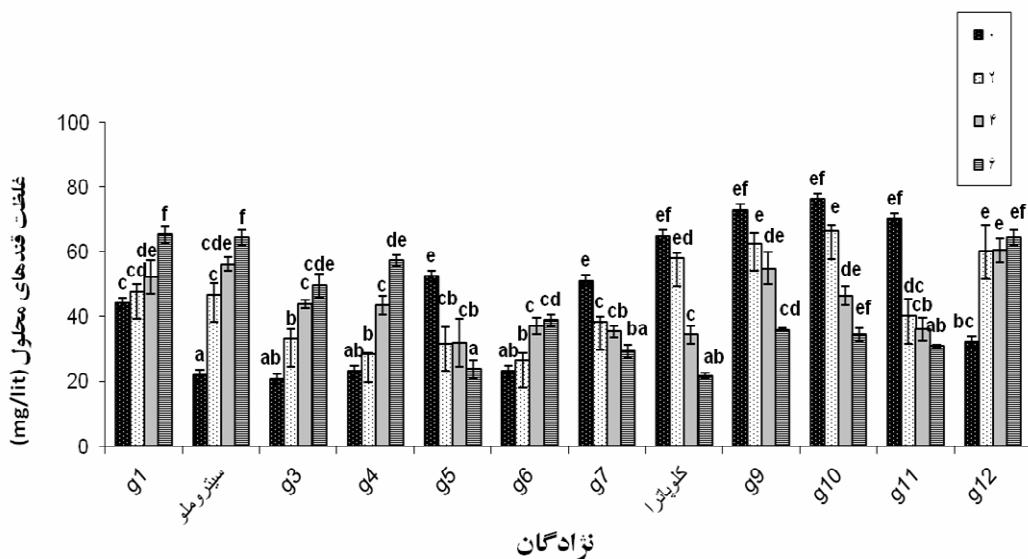
#### اثر شوری بر میزان قندهای محلول

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 معنی‌داری بر این صفت نشان ندادند. در مقابل، با افزایش سطح شوری، نژادگان‌ای مختلف واکنش متفاوتی داشتند. مقدار قندهای محلول در رقم سیتروملو و نژادگان‌ای g1، g3، g4، g6، g7 و g12 با افزایش سطح شوری روندی افزایشی داشت که در میان آنها سیتروملو بیشترین افزایش (۰.۶۵٪) را در مقایسه با تیمار شاهد به خود اختصاص داد. واکنش معکوسی در

#### 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

براساس 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 این عناصر را در ریشه ذخیره می‌کنند. در میان نژادگان شوری دارند، مقاومت بیشتر ریشه در جذب  $\text{Cl}^-$  مشاهده شده است. کلئوپاترا سیستم ریشه‌ای با کارآیی کمتر برای جذب آب دارد، نسبت شاخه به ریشه در این رقم بالا است و در مقایسه با پایه‌های حساس مانند سیترنچ و سیتروملو، دارای تعداد عناصر آوندی کمتری می‌باشد (۱۹). بنابراین در پایه‌های حساس (که ذخیره کننده کلر به شمار 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، 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 اطلاعی در مورد ویژگی‌های آنها وجود ندارد. سیتروملو در گروه دفع کننده‌های سدیم و ذخیره کننده‌های 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 فتوستزی، از فعالیت فتوسیستم II جلوگیری می‌کند. کلرید سدیم باعث کاهش عناصر منیزیم و نیتروژن می‌شود (۲، ۲۴ و ۲۸). این عناصر از اجزای ساختمن کلروفیلها هستند و بتاباین کمبود آنها می‌تواند بر مقدار کلروفیل اثرگذار باشد. پیامد کاهش مقدار کلروفیل، کاهش مقدار فتوستز خواهد بود. تولید زیست توده (بیوماس) در گیاه به تجمع تولیدات حاصل از ثبت  $\text{CO}_2$  طی فتوستز بستگی دارد. در میزان فتوستز هم دو عامل باید مورد توجه قرار گیرد: مقدار فتوستز در واحد سطح برگ و سطحی از برگ که قادر به فتوستز 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 فتوستز کننده و در نتیجه کاهش مقدار فتوستز می‌گردد (۱۲).

## قندهای محلول

جمع قندهای محلول در نمونه‌های مورد آزمایش روند یکسانی نداشت. در تعدادی از نژادگانها، با افزایش سطح شوری، مقدار قند محلول کاهش و در بعضی روندی تقریباً افزایشی مشاهده شد. بر اساس گزارش لوى و سیورستن (۱۳)، شوری در مرکبات سبب کاهش فتوستز خالص و کاهش تجمع کربوهیدرات‌ها می‌شود. در نژادگان‌های g<sub>9</sub>, g<sub>10</sub> و g<sub>11</sub> مقدار قندهای محلول با افزایش سطح شوری کاهش یافت که با نتایج لوى و سیورستن (۱۳) در مورد رقم کلئوپاترا مطابقت دارد. اما این نتیجه با یافته‌های بسیاری از پژوهش‌های انجام شده که در آنها غلظت قند، به عنوان پاسخی در مقابل تنش شوری، افزایش

ریشه داشت (۲۵). براساس پژوهش‌هایی که رابطه مستقیمی میان جذب کلر و میزان استفاده آب قائل هستند، تحمل بیشتر کلئوپاترا به مقاومت بیشتر در جذب کلر و مصرف کمتر آب نسبت داده می‌شود (۱۸ و ۱۹).

نژادگان‌های دیگر همچون g<sub>9</sub>, g<sub>10</sub> و g<sub>11</sub> که میزان کلر کمتری در برگ ذخیره کردند، احتمالاً دارای سیستم‌هایی مشابه کلئوپاترا (برای کاهش جذب کلر)، و یا ویژگی‌هایی که سبب جذب و یا انتقال کمتر کلر می‌شوند، هستند. از جمله این ویژگی‌ها می‌توان به آنatomی و صفات سلول‌ها و مقدار سیستم ریشه و ساقه (۱۸)، توانایی ریشه در جذب مجدد Cl<sup>-</sup> (از جریان تعرقی)، عوامل مؤثر در باز و بسته شدن روزنه‌ها (مثل وجود عناصری مثل K<sup>+</sup> و یا اسید آبسیسیک) و تعرق برگی کمتر، که عامل هدایت عناصر به برگ‌ها می‌باشد (۷ و ۱۸)، اشاره کرد.

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

با افزایش شوری، مقدار پتانسیم برگ و ریشه کاهش یافت؛ اما از نظر اثر متقابل نژادگان و شوری، تفاوت معنی داری مشاهده نشد. علت کاهش یون پتانسیم در نتیجه افزایش شوری می‌تواند اثر یون سدیم باشد. مقادیر زیاد یون سدیم به هدایت آبی و نفوذپذیری بافت صدمه وارد کرده و جایگزین پتانسیم در مکان‌های تبادلی می‌شود. شوری زیاد، با برهم زدن تعادل الکتریکی غشا و قطبیت آن می‌تواند منجر به فعل شدن واکنش‌هایی شود که سبب جریان پتانسیم به خارج از سلول می‌شوند. تغییر در مقدار پتانسیم، بسته به نوع رقم، متفاوت است و عموماً برگ‌های مرکبات از نظر مقدار پتانسیم در مدت شوری تغییر زیادی از خود نشان نمی‌دهند (۲۷).

برگ‌های این گیاه پس از نژادگان 3 g و کمتر از سایر نژادگان‌ها است. بنابراین نژادگان 9 g 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 9 g 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 6 g و 4 g 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 فتوستنتر 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.

### نتیجه گیری

نتایج نشان داد که نژادگان 9 g پس از کلئوپاترا، 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 phonological 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.