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

بهروز 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 کلئوپاترا و سوئینگل سیترواملو 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) صورت‌گرفت. 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 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 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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.15.4]

مقدمه

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 کلئوپاترا (*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 کلمانتین نولس روی پایه نارنگی کلئوپاترا نسبت به پایه کاریزو سیترنج، مقدار کلر کمتر و سدیم بیشتری ذخیره می‌شود (۲۵). نارنگی کلئوپاترا 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 سیترومیلو 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 کلئوپاترا 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 دانهال‌های شش‌ماهه مرکبات (*C. limonia*) و قلمه‌های ریشه‌دار شده زیتون (*Olea europaea* L.)، با افزایش شوری، مقدار کلروفیل a و تنها 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 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 کلئوپاترا و رانگپورلایم به عنوان متحمل شناخته شده‌اند، شاید در میان نژادگان‌ها، گیاهانی متحمل‌تر وجود داشته باشند که بتوان پس

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.15.4]

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 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:

$$\text{کلروفیل a} = (۱۲/۷ \times A_{663}) - (۲۶/۹ \times A_{645}) \quad [۱]$$

$$\text{کلروفیل b} = (۲۲/۹ \times A_{645}) - (۴۶/۸ \times A_{663}) \quad [۲]$$

$$\text{کلروفیل کل (a + b)} = (۸۰/۲ \times A_{663}) + (۲۰/۲ \times A_{645}) \quad [۳]$$

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 و۶ دسی‌زیمنس 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 و۷۴ 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 ($p \leq ۰/۰۱$). با وجود اینکه اثر متقابل شوری در نژادگان بر میزان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.15.4]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.15.4] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

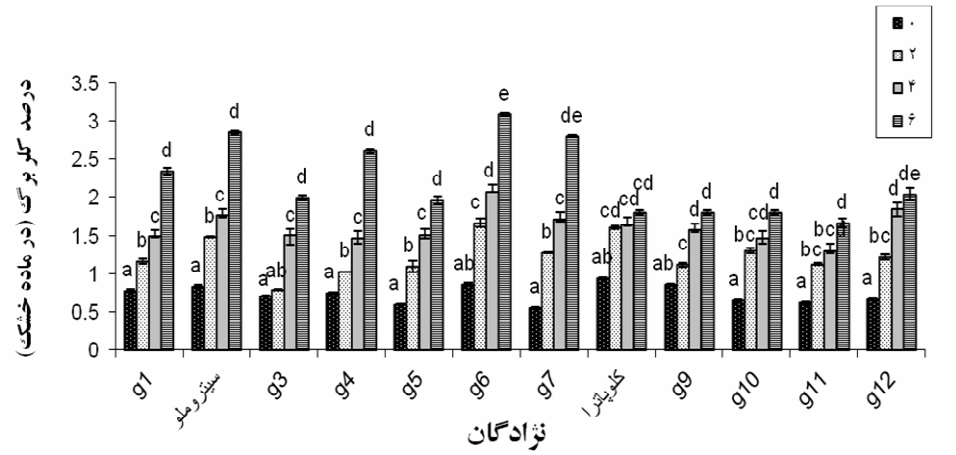
جدول ۱. ارقام گیاهی استفاده شده در آزمایش و برخی صفات مورفولوژیک آنها

کد گیاه	نام علمی گیاه	نام عمومی	زمان رسیدن میوه	رنگ میوه	شکل میوه	تعداد بذر	تعداد جنین در بذر	رنگ گل	شکل پهنک برگ	رنگ نوک شاخه	شکل تاج
g1	*Citrus* sp	نامشخص	میان‌رس	سبز–زرد	پخت	۵۰–۲۰	چندجنین	سفید	تخم‌مرغی	سبز	پهن
Citromelo	*C. paradisi* × *C. reticulata*	سیترومِلو	میان‌رس	زرد	گلابی‌شکل	۵۰–۲۰	چندجنین	سفید	بیضی و کشیده	سبز	کروی
g3	*C.* sp	نامشخص	میان‌رس	نارنجی‌روشن	پخت	۵۰–۲۰	چندجنین	سفید	نیزه‌ای	سبز	کروی
g4	*C.* sp	نامشخص	دیررس	سبز–زرد	کروی	۵۰–۲۰	چندجنین	سفید	بیضی و کشیده	ارغوانی	پهن
g5	*C.* sp	نامشخص	دیررس	زرد	کروی	۱۹–۱۰	چندجنین	سفید	نیزه‌ای	سبز	بیضوی
g6	*C.* sp	نامشخص	دیررس	نارنجی	کروی	۵۰–۲۰	چندجنین	سفید	نیزه‌ای	سبز	کروی
g7	*C.* sp	نامشخص	دیررس	زرد	بیضوی	۱۹–۱۰	چندجنین	سفید	بیضی و کشیده	سبز	بیضوی
Cleopatra	*C. reshni*	کلئوپاترا	میان‌رس	نارنجی	پخت	۵۰–۲۰	چندجنین	سفید	بیضی و کشیده	سبز	کروی
g9	*C.* sp	نامشخص	میان‌رس	نارنجی‌روشن	پخت	۱۹–۱۰	چندجنین	سفید	بیضی و کشیده	سبز	بیضوی
g10	*C.* sp	نامشخص	دیررس	زرد	بیضوی	۵۰–۲۰	چندجنین	سفید	بیضی و کشیده	سبز	پهن
g11	*C.* sp	نامشخص	دیررس	زرد	پخت	۱۹–۱۰	چندجنین	سفید	بیضی و کشیده	سبز	پهن
g12	*C.* sp	نامشخص	میان‌رس	زرد	گلابی شکل	۱۹–۱۰	چندجنین	سفید	بیضی و کشیده	سبز	بیضوی

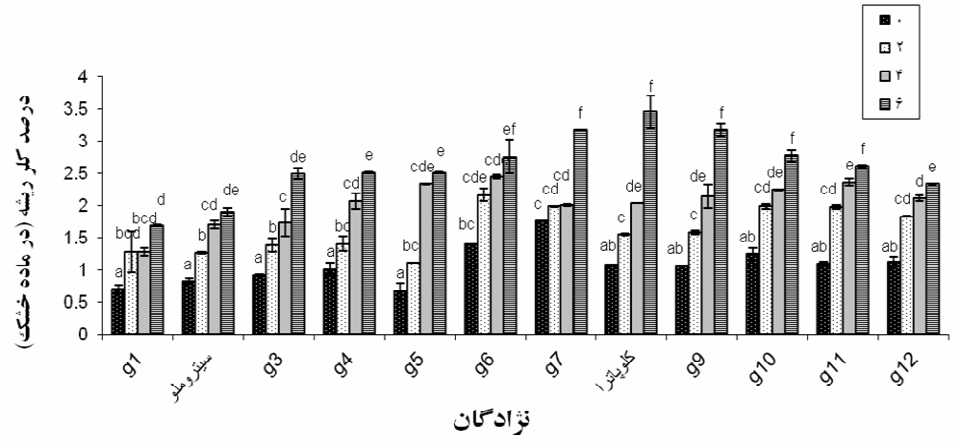
جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار شوری بر صفات مورد مطالعه

		میانگین مربعات (MS)									
منابع تغییرات	درجه آزادی	سدیم ریشه (٪)	سدیم برگ (٪)	پتاسیم ریشه (٪)	پتاسیم برگ (٪)	کلر ریشه (٪)	کلر برگ (٪)	کلروفیل *a* (mg/g)	کلروفیل *b* (mg/g)	کلروفیل *a+b* (mg/g)	قند (mg/l)
رقم	۱۱	۰/۱۱**	۰/۰۱۵**	۰/۰۲۶**	۰/۰۳۰**	۱/۱۲۵**	۰/۵۴۲**	۰/۰۶۴**	۰/۰۲۴**	۰/۱۳۱**	۹۱۳/۴۰۴**
شوری	۳	۰/۰۲**	۰/۶۷۳**	۰/۱۱۰**	۰/۰۸۵**	۱۵/۲۳**	۱۴/۲۵۳**	۰/۷۲**	۰/۴۸۳**	۲/۷۲۰**	۵۸/۶۸^{ns}
رقم × شوری	۳۳	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۵**	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۲۰۳**	۰/۱۷۹**	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۰۱۶*	۷۱۷/۷۹**
خطا	۹۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۲۸	۰/۰۱۳۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۱۰	۲۹/۰۳۷
ضریب تغییرات (٪)		۲۲/۶	۱۳/۱۲	۱۷/۷۲	۱۸/۰۳	۹/۱۴	۷/۹۲	۱۵/۶۲	۲۲/۴۲	۱۲/۴۲	۱۲/۱۱

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



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

سدیم برگ اثر معنی‌دار 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).

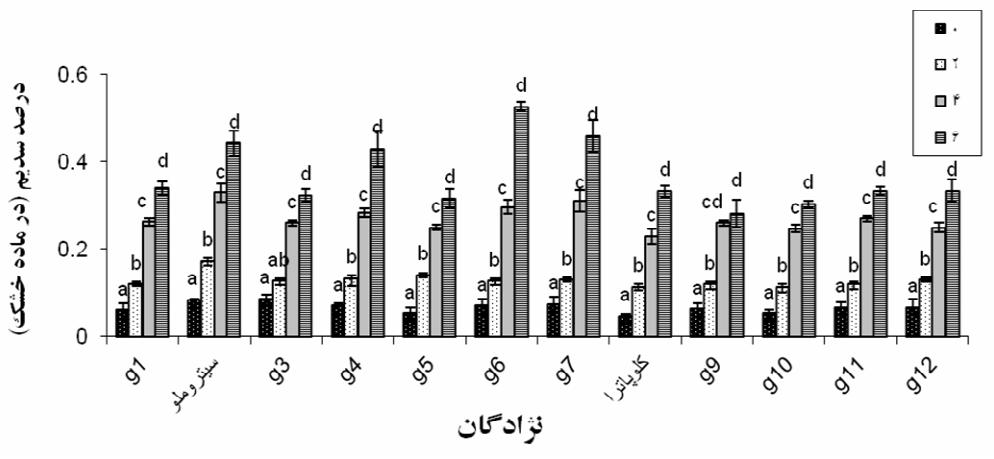
بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، میزان پتاسیم برگ و ریشه در نژادگان‌های مختلف تحت تأثیر نژادگان و سطح شوری قرار گرفت ($p\leq$ ۰/۰۱)؛ ولی اثر متقابل این دو، بر میزان پتاسیم برگ و ریشه اثر معنی‌داری نشان نداد.

اثر شوری بر کلروفیل

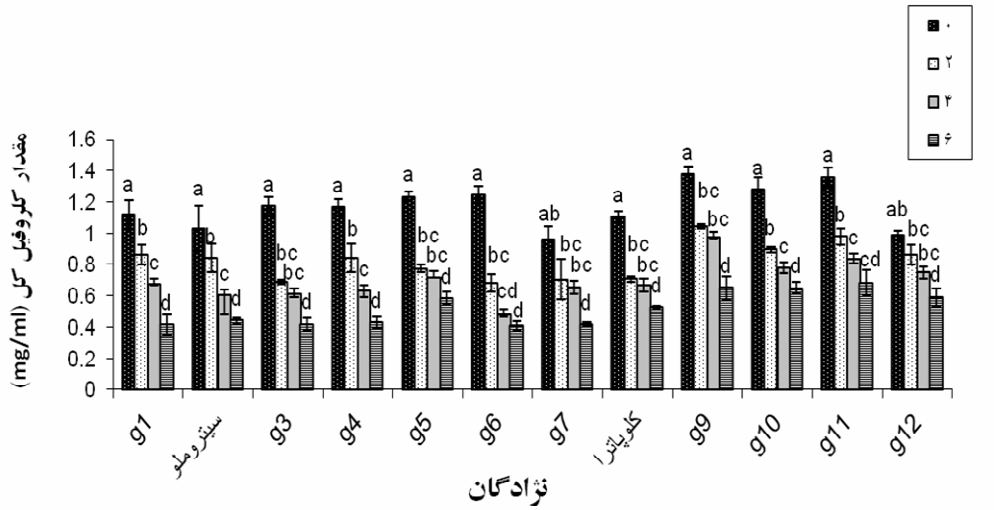
با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) مقدار کلروفیل *a* و *b* و کلروفیل کل در بافت برگ، میان نژادگان‌ها و سطوح شوری در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری نشان داد. اما میان اثر متقابل نژادگان و سطوح شوری بر مقدار کلروفیل *a* و *b* اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و اثر متقابل شوری و نژادگان بر میزان کلروفیل کل در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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.15.4]



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 ($p\leq$ ۰/۰۱)؛ ولی سطوح مختلف شوری اثر معنی‌داری بر این صفت نشان ندادند. در مقابل، با افزایش سطح شوری، نژادگان‌های مختلف واکنش متفاوتی داشتند. مقدار قندهای محلول در رقم سیترواملو و نژادگان‌های g1، g3، g4، g6 و g12 با افزایش سطح شوری روندی افزایشی داشت که در میان آنها سیترواملو بیشترین افزایش (۶۵٪) را در مقایسه با تیمار شاهد به خود اختصاص داد. واکنش معکوسی در نژادگان‌های g5، g7، g9، g10، g11 و رقم کلئوپاترا مشاهده‌گردید 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).

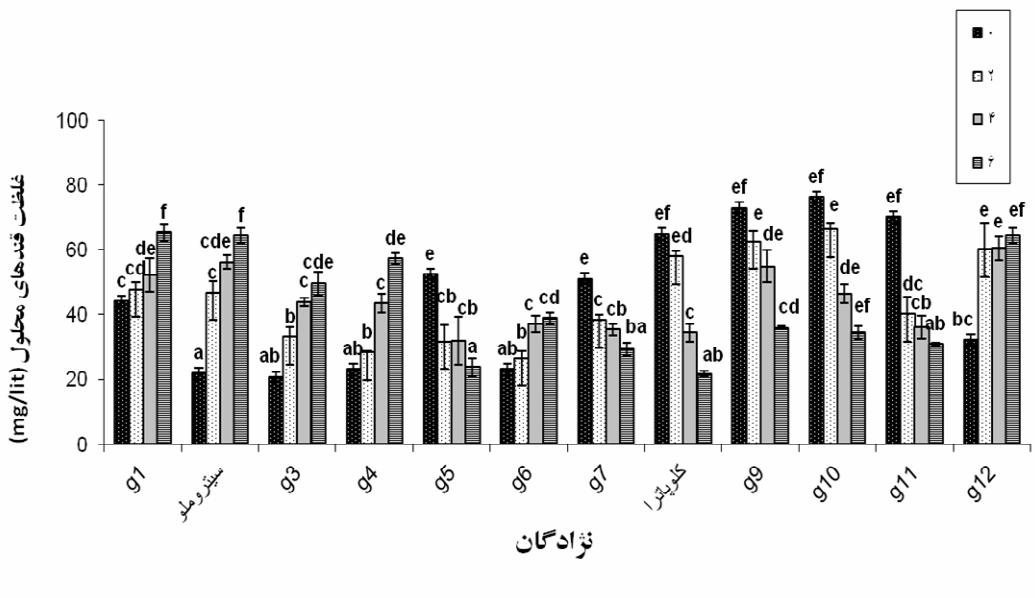
بحث

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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.15.4]



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

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 سیترومله 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. سیترومله در گروه دفع‌کننده‌های سدیم و ذخیره‌کننده‌های کلر قرار دارد (۲۸). در حالی که در مورد کلئوپاترا عکس این مطلب صادق است (۲۵).

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 (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 کارآیی کمتر برای جذب آب دارد، نسبت شاخه به ریشه در این رقم بالا است و در مقایسه با پایه‌های حساس مانند سیترنج و سیترومله، 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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.15.4]

ریشه دانست (۲۵). براساس پژوهش‌هایی که رابطه مستقیمی میان جذب کلر و میزان استفادهٔ 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 g9، g10 و g11 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 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 روزنه‌ها (مثل وجود عناصری مثل K^+ 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 فتوسنتز می‌شود (۱۷ و ۲۴). کاهش فتوسنتز نیز در نهایت منجر به کاهش کربوهیدرات‌ها و مواد ذخیره‌ای گیاه و در پی آن کاهش رشد می‌شود (۵).

با افزایش شوری، مقدار پتاسیم برگ و ریشه کاهش یافت؛ اما از نظر اثر متقابل نژادگان و شوری، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. علت کاهش یون پتاسیم در نتیجه افزایش شوری می‌تواند اثر یون سدیم باشد. مقادیر زیاد یون سدیم به هدایت آبی و نفوذپذیری بافت صدمه وارد کرده و جایگزین پتاسیم در مکان‌های تبادلی می‌شود. شوری زیاد، با برهم زدن تعادل الکتریکی غشا و قطبیت آن می‌تواند منجر به فعال شدن واکنش‌هایی شود که سبب جریان پتاسیم به خارج از سلول می‌شوند. 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 نمی‌دهند (۲۷).

کلروفیل برگ

اگرچه اثر متقابل نژادگان‌ها و سطوح شوری بر میزان کلروفیل a و b معنی‌دار 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 می‌کند. کلرید سدیم باعث کاهش عناصر منیزیم و نیتروژن می‌شود (۲، ۲۴ و ۲۸). این عناصر از اجزای ساختمان کلروفیل‌ها هستند و بنابراین کمبود آنها می‌تواند 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 می‌گردد (۱۲).

قندهای محلول

تجمع 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 لوی و سیورستن (۱۳)، شوری در مرکبات سبب کاهش فتوسنتز خالص و کاهش تجمع کربوهیدرات‌ها می‌شود. در نژادگان‌های g9، g10 و g11 مقدار قندهای محلول با افزایش سطح شوری کاهش یافت که با نتایج لوی 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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.15.4]

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 عمل‌کند. 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 کلئوپاترا، کمترین افزایش را در مقدار کلر برگ دارد و مقدار تجمع یون سدیم در 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.

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 Physiol*ogy 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.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.15.4]

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.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.15.4]