



## بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک و ارزیابی رفتاری چهار پایه دانه‌الی مرکبات در پاسخ به تنش خشکی و آبیاری مجدد

پدرام عصار<sup>۱\*</sup>، اختر شکافنده<sup>۱</sup>، لیلا تقی‌پور<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز

<sup>۲</sup> گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جهرم، صندوق پستی: ۷۴۱۳۵-۱۱۱، جهرم

\*نویسنده مسئول: Pedramassar@gmail.com, Pedramassar@jahromu.ac.ir

### چکیده

پایه مکزیکن لایم یا لیموی آب (*Citrus aurantifolia* Swingle)، متداول‌ترین پایه مورد استفاده در صنعت مرکبات کاری جنوب ایران است. پژوهش حاضر به منظور ارزیابی سازوکار پاسخ‌گویی این پایه به شرایط تنش خشکی طراحی شد. به این منظور ارزیابی و مقایسه بین پایه‌های بذری لیموی آب و پایه‌های نارنج (*Citrus aurantium* L.)، ولکامریانا (*Citrus volkameriana* Ten & Pasq) و رانگپورلایم (*Citrus limonia* Osbeck) در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. رژیم آبیاری به صورت ۱۴ روز قطع کامل آبیاری و سپس ۳ روز آبیاری در حد ظرفیت مزرعه بود. تغییرات ویژگی‌های فیزیولوژیک در برگ‌ها در پایان دوره‌های تنش و آبیاری مجدد مورد ارزیابی قرار گرفتند. شاخص‌های مورد ارزیابی عبارت از پتانسیل آب، محتوای آب نسبی، نشت یونی و محتوای مالون دی‌آلدهاید بودند. یافته‌ها مؤید توان بالای تحمل تنش خشکی در پایه‌های ولکامریانا و رانگپورلایم بودند. آسیب‌های وارد شده به پایه رانگپورلایم برگشت‌پذیر بودند و این پایه پس از تیمار آبیاری مجدد قادر به بهبودیابی و برگشت به وضعیت طبیعی فیزیولوژیک خود بود. افزون بر این، در مواجهه با تیمار خشکی آسیب اکسیداتیو جدی و معنی‌داری به دانه‌های ولکامریانا وارد نشد. نتایج مؤید تشابه زیاد الگوی پاسخ‌گویی پایه‌های لیموی آب و رانگپورلایم در شرایط تنش خشکی بود. اما، دانه‌های نارنج قادر به ارائه پاسخ‌های دفاعی لازم نبودند و حتی پس از آبیاری مجدد وضعیت فیزیولوژیک طبیعی خود را بازیابی نمودند.

**کلمات کلیدی:** پایه مرکبات، رانگپورلایم، لیموی آب، نارنج، ولکامریانا.

### مقدمه

خشکی را به ساده‌ترین شکل می‌توان تحت عنوان دوره‌ای با بارندگی کمتر از حد نرمال که تولید گیاه را در طبیعت یا نظام‌های کشاورزی محدود می‌کند تعریف نمود. البته در واقع آنچه در شرایط مزرعه‌ای و هوای آزاد اتفاق می‌افتد وقوع تناوب دوره‌های خشکی و آبیاری مجدد است. تغییر سیکل آبی می‌تواند به شدت بر رشد گیاهی، فتوسنتز و بسیاری از عملکردهای متابولیکی حیاتی و از این طریق بر میزان پویایی اکوسیستم و کسب موفقیت در نظام‌های کشاورزی تأثیر بگذارد (Chen et al., 2009). میزان آسیبی که در اثر خشکی به گیاه تحمیل می‌شود بسته به طول مدت خشکی، زمان وقوع تنش (مرحله نمو گیاه)، شدت تنش، نوع گیاه و ویژگی‌های خاک متفاوت است. به‌محض آبیاری مجدد، میزان بازیابی به‌طور کامل به شدت تنش خشکی وارد شده بستگی دارد (Xu et al., 2010).

یکی از پایه‌های متداول در مناطق مرکبات خیز جنوب کشور مکزیکن لایم (لیموی آب) است. نارنج (*Citrus aurantium* L.) رایج‌ترین پایه مرکبات در مناطق مرکبات خیز دنیا و از جمله پایه‌های قدیمی و پراستفاده در شمال و جنوب کشور است. رانگپورلایم (*Citrus limonia* Osbeck) دو رگ نارنگی و لایم است و از حیث ساختار رشد و تولید میوه شبیه لیموها است و غیر از برزیل، در سایر مناطق مرکبات خیز دنیا گسترش چندانی نیافته است. پایه لیموی ولکامریانا (*Citrus volkameriana* Ten & Pasq) نیز دو رگ بین نارنج و لیموترش ایتالیایی است. در ایران هنوز کاربرد دوپایه اخیر (رانگپور لایم و ولکامریانا) مرسوم نیست. با توجه به این که در زمان حاضر و در پی خشکسالی‌های مستمر،



مرکبات استان فارس با کاهش کیفیت و میزان محصول مواجه است و بخش زیادی از باغ‌ها خشک شده‌اند و یا در معرض تهدید هستند، شایسته است پژوهش‌های بومی بیش‌تری صورت گیرد و با بررسی چگونگی پاسخ‌گویی پایه لیموی آب (پایه غالب مورد استفاده در منطقه) و مقایسه آن با پایه‌هایی از قبیل نارنج (قدیمی‌ترین پایه مورد استفاده در ایران)، رانگپورلایم و ولکامریانا، جایگاه و ارزش این پایه‌ها در شرایط تنش خشکی مشخص شود. افزون بر آن، فهم چگونگی پاسخ‌گویی گیاهان به دوره‌های متناوب خشکی و آبیاری و درک سازوکارهای آن می‌تواند در بحث اجرای عملیات مدیریت گیاهی به‌ویژه در شرایط تغییر اقلیم دارای اهمیت و ارزش بسیار باشد. بنابراین هدف پژوهش حاضر عبارت بود از: بررسی و مقایسه پاسخ‌های فیزیولوژیک پایه‌های بذری لیموی آب، نارنج، ولکامریانا و رانگپورلایم در شرایط تنش خشکی و پس از آبیاری مجدد.

## مواد و روش‌ها

بذرهای مورد نیاز برای تولید پایه‌های نارنج، لیموی آب، ولکامریانا و رانگپورلایم از ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان داراب در استان فارس تهیه شدند. برای این منظور، میوه‌ها چیده شدند و پس از بذرگیری، شستشو و جداسازی ماده ژله‌ای اطراف بذرها و خیساندن آن‌ها در قارچ‌کش بنومیل (به مدت ۵ دقیقه) انجام شد. سپس بذرها به مدت ۲۴ ساعت در شرایط دمای اتاق قرار گرفتند تا در حد لازم (رطوبت حدود ۷۰ درصد) خشک شوند. بذرهایی که به لحاظ ظاهری نسبت به بقیه بذرها درشت‌تر و سالم‌تر بودند انتخاب و در درون کیسه‌های نایلونی و در یخچال با دمای ۵ درجه سلسیوس تا زمان کشت نگهداری شدند. در بهمن ماه، بذرها در گلدان‌های نایلونی سیاه مناسب (قطر دهانه گلدان ۲۵ سانتی‌متر - حجم گلدان ۴/۲ لیتر) پر شده از مخلوط خاکی شامل ماسه‌بادی، خاک و خاک‌برگ به نسبت حجمی مساوی و لایه‌ای از سنگریزه در کف گلدان کشت شدند. ظرفیت مزرعه مخلوط خاکی به کار رفته با استفاده از دستگاه صفحه فشاری تعیین شد. گلدان‌های کشت شده تا زمان شروع آزمایش در گلخانه شیشه‌ای بخش علوم باغبانی دانشگاه شیراز نگهداری شدند و در طول این مدت، گیاهان به‌خوبی رشد و نمو یافتند. آبیاری گلدان‌ها به‌صورت مستمر و در حد ظرفیت مزرعه، و کلیه مراقبت‌های باغبانی برای همه دانه‌ها به‌صورت یکسان اجرا شد. در طول مدت آزمایش، محدوده دمایی شبانه و روزانه گلخانه به ترتیب، ۱۴ الی ۱۸ و ۳۰ الی ۳۴ درجه سلسیوس بود و میانگین رطوبت نسبی گلخانه حدود ۶۷ درصد بود. شروع آزمایش با فلاش رشدی تابستانه در شهریورماه همزمان بود. گیاهان مشابه از نظر اندازه و وضعیت سلامت ظاهری انتخاب شدند. بر اساس پیش‌تیماری که قبل از شروع آزمایش انجام شد، طول دوره‌های تنش خشکی و آبیاری مجدد تعیین شد. در این زمان، ۱۶ گیاه از هر نوع پایه با قطع کامل آبیاری در معرض تنش خشکی ۱۴ روزه (تا زمانی که اغلب گیاهان آزمایشی کاهش آسکار در شادابی و تورژسانس خود نشان دادند و بخش اعظم برگ‌ها پژمرده شدند)، و سپس آبیاری مجدد ۳ روزه (در حد ظرفیت مزرعه، تا زمان برطرف شدن علائم ظاهری مذکور) قرار گرفتند. در مورد دانه‌های شاهد نیز، با انجام آبیاری روزانه در حد ظرفیت مزرعه، وضعیت بهینه میزان آب در خاک در طول دوره اجرای آزمایش تأمین و حفظ شد. اندازه‌گیری‌های فیزیولوژیک در دو زمان انجام شدند: اول: پایان دوره تنش (S) در گیاهان شاهد (SC) و تنش دیده (SD)؛ و دوم: پس از دوره آبیاری مجدد (R) در گیاهان شاهد (RC) و تنش دیده (RD). ارزیابی پتانسیل آب برگ توسط دستگاه بمب فشاری (Model 1000 pressure chamber instrument, PMS Instrument Company, Albany, Oregon, USA) و بر اساس دستورالعمل منتشر شده توسط شرکت سازنده در محدوده زمانی ۱۱:۳۰ تا ۱۲:۳۰ ظهر انجام شد.

برای اندازه‌گیری محتوای آب نسبی برگ (RWC)، از دیسک‌های برگ‌گی تهیه‌شده از برگ‌های جوان به‌طور کامل

توسعه یافته و روش Morgan (۱۹۸۴) و رابطه مقابل استفاده شد:  $RWC (\%) = (FW - DW) \times (TW - DW)^{-1} \times 100$



در این معادله، FW وزن تازه نمونه‌های برگ، TW وزن آن‌ها پس از غوطه‌ور شدن در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت و DW وزن خشک آن‌ها پس از قرارگیری به مدت ۲۴ ساعت در آون ۸۰ درجه سلسیوس بود.

میزان نشت یونی طبق روش Sairam و همکاران (۱۹۹۷) مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت از طریق رابطه مقابل درصد نشت یونی محاسبه شد:

$$EC (\%) = (EC_1/EC_2) \times 100$$

در رابطه فوق، منظور از  $EC_1$  و  $EC_2$  به ترتیب هدایت الکتریکی اولیه و نهایی بود.

میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی در بافت برگ، با ارزیابی میزان تشکیل مالون‌دی‌آلدهاید (به‌عنوان محصول پراکسیداسیون لیپیدی) به روش Heath و Packer (۱۹۶۸) و با کاربرد تیوباربتیوریک اسید (TBA) به‌عنوان ماده مسبب واکنش تعیین شد.

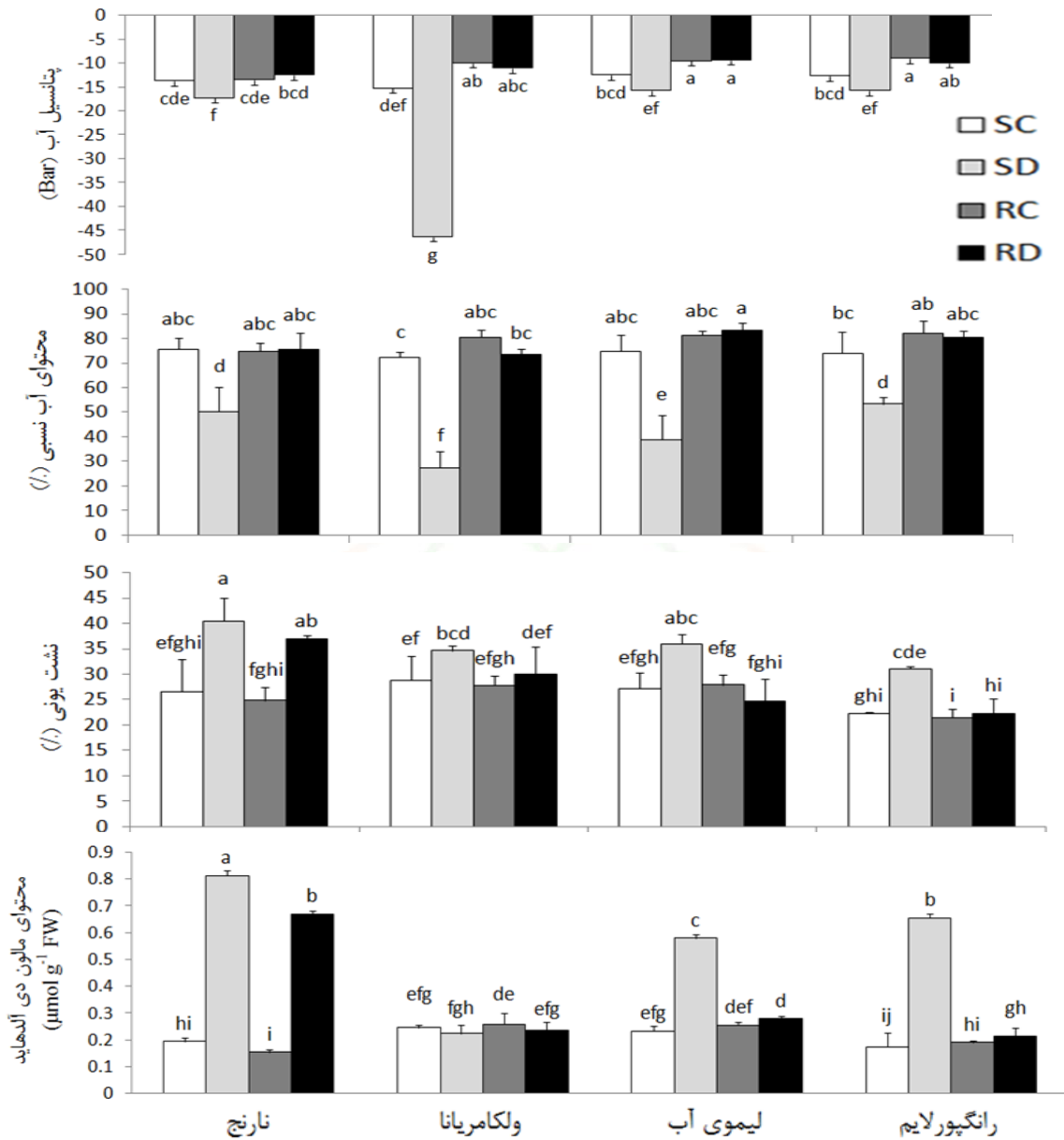
آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر اساس طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار (۴ گیاه در هر تکرار) انجام شد. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1.3 service pack 4 (SAS institute, Cary, NC, USA) انجام شد و به کمک آزمون LSD، تفاوت‌های موجود بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد تعیین شد.

## نتایج و بحث

تحت تأثیر تنش خشکی، پتانسیل آب برگ‌ها در تمام دانهال‌های آزمایشی به صورت معنی‌دار کاهش یافت (منفی‌تر شد). به عبارت دیگر، میزان این شاخص در گیاهان شاهد نسبت به گیاهان تنش‌دیده نارنج، لیموی آب، رانگپورلایم و ولکامریانا به ترتیب ۱/۲۵، ۱/۲۶، ۱/۲۴ و ۳/۰۳ برابر بیش‌تر بود. در پایان دوره بهبودیابی، تفاوت معنی‌داری بین گیاهان تنش‌دیده و شاهد وجود نداشت و بازیابی کامل در مورد همه پایه‌های دانهالی تنش‌دیده اتفاق افتاد (شکل ۱). افزون بر این، به صورت مشابه، کاهش معنی‌دار محتوای آب نسبی (RWC) در پایان دوره تنش در همه گیاهان تنش‌دیده مشاهده شد (در نارنج، لیموی آب، رانگپورلایم و ولکامریانا به ترتیب ۳۳/۵۲، ۴۷/۹۶، ۲۷/۷۴ و ۶۲/۲۰ درصد) که همگی توان بازیابی کامل این شاخص را در پایان دوره بهبودیابی داشتند (شکل ۱). چنین عنوان شده است که در شرایط تنش خشکی و پتانسیل آب درونی اندک، گیاهانی که محتوای آب نسبی در آن‌ها کاهش کمتری می‌یابد قادر هستند از طریق انجام بهینه تنظیم اسمزی، وضعیت آب درونی خود را برای مدت طولانی‌تری حفظ کنند (Thakur, 2003). تنظیم اسمزی، به معنی تجمع فعال مواد محلول شامل مواد معدنی جذب‌شده از خاک و مواد محلول آلی بیوسنتز شده، پاسخی به تنش خشکی است که تداوم جذب آب و حفظ فشار تورژسانس سلولی را ممکن می‌سازد (Cattivelli et al., 2008). بنابراین به نظر می‌رسد که در شرایط این آزمایش، هیچ‌کدام از پایه‌های دانهالی توان بهره‌مندی از تنظیم اسمزی با حداکثر کارایی ممکن، به‌عنوان یکی از راهکارهای مهم رویارویی با تنش خشکی را نداشته‌اند چون اگر چنین بود نباید در اثر تنش کاهش معنی‌دار در شاخص محتوای آب نسبی اتفاق می‌افتاد. البته ممکن است دلیل وقوع این وضعیت، شرایط ویژه این آزمایش از نظر نوع و مدت اعمال تیمار تنش خشکی به صورت قطع کامل آبیاری به مدت ۱۴ روز باشد به این مفهوم که، در چنین شرایطی به دلیل عدم وجود آب قابل دسترس در خاک نمی‌توان انتظار حفظ وضعیت آب درونی گیاهان تنش‌دیده را از طریق تنظیم اسمزی داشت. به عبارت دیگر، به نظر می‌رسد تحمیل کاهش در هدایت هیدرولیکی گیاه بر کارایی تنظیم اسمزی در حفظ وضعیت آبی شاخساره‌ها تأثیر منفی گذاشته است. بیان شده است در شرایط آبیاری مناسب، سهم توان هدایت هیدرولیکی ریشه در فرآیند جذب آب تا حدود ۶۷ درصد از کل محدودیت‌های موجود است، اما در شرایط کمبود آب در دسترس خاک، ماتریکس خاک مهم‌ترین فاکتور محدودکننده جذب آب است (Huang and Eissenstat, 2000). بنابراین، چنین مفروض است که کاهش معنی‌دار پتانسیل آب برگ‌گی در اثر تنش به طور مشخص و بیش‌تر با کاهش محتوای آب درونی گیاهان و نه تنظیم اسمزی مرتبط بود.

غشاهای زیستی، ساختارهایی دینامیک هستند که واکنش‌های بیوشیمیایی و بیوفیزیکی متعددی را مورد حمایت قرار می‌دهند و یکی از اهداف اصلی مورد حمله تنش‌های محیطی محسوب می‌شوند. اسیدهای چرب غیراشباع

موجود در غشاءها که به فراوانی در مولکول‌های گالاکتولیپیدها یافت می‌شوند، تحت تأثیر تنش به شدت پراکسیده می‌شوند (Campos et al., 2003). مالون‌دی‌آلد‌هاید، محصول نهایی پراکسیداسیون لیپیدی است (Gimeno et al., 2014). شدت وقوع پراکسیداسیون لیپیدی و نشت یونی به میزان تولید رادیکال‌های آزاد در گیاهان بستگی دارد و پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی، یکی از دلایل اصلی کاهش سلامت و یکپارچگی غشاءها است که منجر به افزایش نشت یونی می‌شود. بنابراین شدت آسیب‌دیدگی غشاءها را در شرایط تنش‌های گوناگون محیطی (مانند تنش خشکی) می‌توان با ارزیابی محتوای مالون‌دی‌آلد‌هاید و نشت یونی ارزیابی نمود (Tajvar et al., 2011). افزون بر پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی، افزایش نشت یونی می‌تواند به دلیل وقوع تغییر در پیکربندی غشاءها و وقوع تغییرات بیوفیزیکی در ساختار آن‌ها باشد که احتمال بهبودیابی غشای آسیب‌دیده در این مورد بیش‌تر است. به بیان دیگر، پراکسیداسیون لیپیدی نسبت به تغییرات بیوفیزیکی غشاءها آسیب‌جدی‌تری تلقی می‌شود (Campos et al., 2003). حفظ محتوای آب نسبی در شرایط پتانسیل آبی اندک می‌تواند بیانگر استحکام بیشتر غشاءها و دیواره‌های سلولی و توانایی بیش‌تر گیاهان در پیش‌گیری و کاهش میزان تخریب‌ها و آسیب‌های ناشی از پسابیدگی بافت‌ها باشد (Irigoyen et al., 1992). بررسی روند تغییر میزان نشت یونی (شکل ۱) نشان داد که در پایان دوره تنش خشکی میزان این شاخص به صورت معنی‌داری در تمام دانهال‌های آزمایشی افزایش یافته است (در نارنج، لیموی آب، رانگپورلایم و ولکامریانا به ترتیب ۱/۵۳، ۱/۳۲، ۱/۳۹ و ۱/۲۰ برابر) که با توجه به کاهش توامان شاخص‌های محتوای آب نسبی و پتانسیل آب برگی در همه گیاهان، این انتظار نیز وجود داشت که نشت یونی در مورد همه دانهال‌های تنش دیده افزایش یابد. در پایان دوره آبیاری مجدد، به استثنای نارنج، تفاوت معنی‌داری بین گیاهان شاهد و تنش‌دیده وجود نداشت و فقط در دانهال‌های تنش دیده نارنج همچنان افزایش معنی‌دار و ۱/۴۹ برابری نشت یونی نسبت به شاهد وجود داشت و مابقی دانهال‌ها به صورت کامل بهبود یافتند (شکل ۱). ارزیابی محتوای مالون‌دی‌آلد‌هاید برگ‌ها به عنوان شاخص آسیب پراکسیداسیونی لیپیدهای غشایی نیز نشان داد که تحت تأثیر تنش افزایش چشمگیر و معنی‌داری در مقدار آن در گیاهان نارنج، لیموی آب و رانگپور لایم (به ترتیب ۴/۲، ۲/۵ و ۳/۷۶ برابر) اتفاق افتاد و در تضاد با لیموی آب و رانگپورلایم، گیاهان تنش دیده نارنج قادر به بازیابی وضعیت نرمال خود پس از آبیاری مجدد نبودند و همچنان مقدار مالون‌دی‌آلد‌هاید آن‌ها به شدت نسبت به شاهد بیشتر بود (۴/۳۲ برابر) (شکل ۱). البته در مورد گیاهان تنش دیده ولکامریانا در پایان دوره‌های تنش و بهبودیابی کاهش این شاخص مشاهده شد که تفاوت‌های موجود با شاهد معنی‌دار نبود (شکل ۱). بنابراین بر اساس اطلاعات مربوط به نشت یونی و میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی چنین مفروض بود که در اثر تنش به سلول‌های برگی تمام گیاهان آزمایشی آسیب ساختاری وارد شد که البته در تضاد با نارنج، در مورد سایر پایه‌ها آسیب وارد شده از نوع برگشت‌پذیر بود و این گیاهان قابلیت بازیابی وضعیت طبیعی را داشتند. افزون بر این، با توجه به این که بر خلاف سایر پایه‌ها، افزایش نشت یونی مشاهده شده در دانهال‌های تنش دیده ولکامریانا با افزایش میزان مالون‌دی‌آلد‌هاید همراه نبود این نتیجه به دست آمد که تغییرات ایجاد شده در ساختار غشاءهای زیستی این گونه در اثر تنش، فقط از نوع بیوفیزیکی (و نه پراکسیداسیون لیپیدی) بوده است. کاهش میزان مالون‌دی‌آلد‌هاید در گیاهان تنش دیده ولکامریانا می‌تواند به دلیل وجود سیستم آنتی‌اکسیدانی آنزیمی قوی باشد که مانع وقوع پراکسیداسیون لیپیدی می‌شود (Campos et al., 2003). در پژوهش انجام شده بر روی پایه‌های دانهالی ماکروفیلا، Gimeno و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی ملایم، محتوای مالون‌دی‌آلد‌هاید برگ‌ها و ریشه‌ها تغییر نکرد و آن را با قدرت کافی نظام آنتی‌اکسیدانی در این شرایط، برای مقابله با خسارت گونه‌های اکسیژن فعال مربوط دانستند.



شکل «۱» شاخص‌های اندازه‌گیری شده در برگ‌های دانه‌های مرکبات در شرایط تنش خشکی و پس از انجام آبیاری مجدد. نشانه‌های C و D به ترتیب معرف: پایان دوره تنش خشکی، پایان دوره آبیاری مجدد، گیاهان شاهد و تنش دیده هستند. بارهای عمودی انحراف معیار از میانگین‌ها را نشان می‌دهند. بر اساس آزمون LSD، ستون‌های دارای حروف مشابه فاقد تفاوت‌های معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

### منابع

Campos, P.S., nia Quartin, V., chicho Ramalho, J. and Nunes, M.A. 2003. Electrolyte leakage and lipid degradation account for cold sensitivity in leaves of *Coffea* sp. plants. *Journal of Plant Physiology*, 160(3): 283–292.

Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F.W., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A.M., Francia, E., Mare, C., Tondelli, A. and Stanca, A.M. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: an integrated view from breeding to genomics. *Field Crops Research*, 105(1): 1–14.

Chen, S., Lin, G., Huang, J. and Jenerette, G.D. 2009. Dependence of carbon sequestration on the differential responses of ecosystem photosynthesis and respiration to rain pulses in a semiarid steppe. *Global Change Biology*, 15(10): 2450–2461.



- Gimeno, V., Díaz-López, L., Simón-Grao, S., Martínez, V., Martínez-Nicolás, J.J. and García-Sánchez, F. 2014. Foliar potassium nitrate application improves the tolerance of *Citrus macrophylla* L. seedlings to drought conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, 83(1): 308–315.
- Heath, R.L. and Packer, L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 125(1): 189–198.
- Huang, B. and Eissenstat, D.M. 2000. Linking hydraulic conductivity to anatomy in plants that vary in specific root length. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 125(2): 260–264.
- Irigoyen, J.J., Einerich, D.W. and Sánchez-Díaz, M. 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.
- Morgan, J.M. 1984. Osmoregulation and water stress in higher plants. *Annual Review of Plant Biology*, 35(1): 299–319.
- Sairam, R.K., Deshmukh, P.S. and Shukla, D.S. 1997. Tolerance of drought and temperature stress in relation to increased antioxidant enzyme activity in wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 178(3): 171–178.
- Tajvar, Y., Ghazvini, R.F., Hamidoghli, Y. and Sajedi, R.H. 2011. Antioxidant changes of Thomson navel orange (*Citrus sinensis*) on three rootstocks under low temperature stress. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 52(6): 576–580.
- Thakur, A. 2003. Use of easy and less expensive methodology to rapidly screen fruit crops for drought tolerance. 7<sup>th</sup> International Symposium on Temperate Zone Fruits in the Tropics and Subtropics 662. pp. 231–235.
- Xu, Z., Zhou, G. and Shimizu, H. 2010. Plant responses to drought and rewatering. *Plant Signaling and behavior*, 5(6): 649–654.

### Investigation of Physiological Indices and Behavior Analysis of Four Citrus Seedling Rootstocks Under Drought Stress and After Rewatering

Pedram Assar<sup>1,2\*</sup>, Akhtar Shekafandeh<sup>1</sup>, Leila Taghipour<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Department of Horticultural Science, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

<sup>2</sup> Department of Horticultural Science, College of Agriculture, Jahrom University, PO BOX: 74135-111, Jahrom, Iran

\*Corresponding Author: Pedramassar@gmail.com; Pedramassar@jahromu.ac.ir

#### Abstract

Mexican lime (*Citrus aurantifolia* Swingle) is the common prevailing rootstock in citriculture industry of southern regions of Iran. This research was planned to evaluate the responding mechanisms of this rootstock under drought stress. So, seedling rootstocks of Mexican lime, sour orange (*Citrus aurantium* L.), volkameriana (*Citrus volkameriana* Ten & Pasq) and rangpur lime (*Citrus limonia* Osbeck) were compared by a greenhouse experiment. Watering regime was water withholding for 14 days and then 3 days rewatering at field capacity. Changes in leaf physiological parameters of experimental plants were evaluated at the end of drought and rewatering periods. Water potential, relative water content (RWC), ion leakage and malondialdehyde content were analyzed. The results showed high potential of volkameriana and rangpur lime seedlings in drought stress tolerance. Imparted damages to rangpur lime plants were reversible and after rewatering, the recovery of normal physiological conditions was gained. Furthermore, volkameriana seedlings had no serious and significant oxidative damage from drought stress. Also, results showed that Mexican lime and rangpur lime plants had similar responding trend in exposing to water stress. However, sour orange seedlings had no ability to show necessary defensive responses and even after rewatering had not gained the normal state of their physiological conditions.

**Keywords:** Citrus Rootstock, Rangpur Lime, Mexican Lime, Sour Orange, Volkameriana.