Archive of SID

Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 49, No 4, Winter 2019 (949-958)
DOI: 10.22059/ijhs.2017.239714.1305

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۹، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۷ (ص ۹۵۸-۹۴۹)

نقش خشکی در تغییر برخی از ویژگی‌های مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی پایه‌های مرکبات

رضا فیفائی[1*] و هرمز عبادی[2]

۱. استادیار، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/٥/۲٤ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹٦/۹/۱۲)

چکیده

آب، عامل اصلی فعالیت‌های کشاورزی است و حدود ۷۰ درصد آب مصرفی جهان به آبیاری اختصاص دارد. این پژوهش به‌منظور بررسی واکنش مرکبات به خشکی، به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار و دو دانهال در هر واحد آزمایشی انجام شد. فاکتورها شامل پایه‌های مختلف مرکبات در ۱۰ سطح (نارنج، پونسیروس، ترویرسیترنج، مکزیکن‌لایم، سیترومل‌و، راف‌لمون، بکرایی، ماکروفیلا، کلئوپاترا ماندارین و شانگشا) و آبیاری در دو سطح شامل آبیاری بهینه (حفظ رطوبت بستر در حد ظرفیت گلدانی) و تنش شدید (قطع آبیاری) بودند. نتایج نشان داد در اثر خشکی، درصد نشت یونی در تمامی پایه‌های مورد بررسی و نسبت وزن خشک ریشه به شاخه در پایه‌های پونسیروس، ماکروفیلا و بکرایی افزایش و محتوی نسبی آب برگ در همه پایه‌ها، وزن تر برگ در نارنج، وزن تر ساقه در سیترومل‌و، وزن تر ریشه در ترویرسیترنج، نارنج، سیترومل‌و و ماکروفیلا، وزن تر شاخه در نارنج و سیترومل‌و، وزن تر کل در نارنج، سیترومل‌و و ماکروفیلا، نسبت وزن تر ریشه به شاخه در ترویرسیترنج، سیترومل‌و، ماکروفیلا و کلئوپاتراماندارین کاهش یافت. بنابراین ترویرسیترنج با نشت یونی کم‌تر، شانگشا با نگهداری بیش‌تر آب در برگ‌ها و پونسیروس با وزن خشک ریشه به شاخه بیش‌تر، تحمل بهتری به خشکی از خود نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: تنش کم‌آبی، محتوی نسبی آب برگ، مرکبات، نشت یونی.

The role of drought in change of some morphological and physiological charachteristics in *citrus* rootstocks

Reza Fifaei[1*] and Hormoz Ebadi[1]

1. Assistant Professor, Horticultural Science Research Institute, Citrus and Subtropical Fruits Research Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ramsar, Iran

(Received: Aug. 15, 2017 - Accepted: Dec. 3, 2017)

ABSTRACT

Water is a main factor in agriculture activities and almost 70 percent of world water resources are consumed in agriculture. The present research has been done to investige response of *Citrus* rootstocks to drought as factorial test based on randomized completely design with three replications. Factors included rootstocks in 10 levels [Poncirus *(*PT), Troyer citrange (TC), Citrumello (CR), Sour orange (SO), Cleopatra mandarin (CM), Rough Lemon (RF), Bakraii (B), Chang-sha (CH), Machrophylla (M) and Mexican Lime (ML)] and irrigation in two levels [optimum irrigation (fixed in field capacity) and withholding irrigation]. Results showed that drought induced increament of ion leackage percentage in all of the rootstocks and the root to shoot dry weight ratio in PT, M and B and decrease of leaf water relative content in all of the rootstocks, leaf fresh weight in SO, stem fresh weight in CR, root fresh weight in TC, SO, CR and M, shoot fresh weight in SO and CR, total fresh weight in SO, CR and M, root to shoot fresh weight ratio in TC, CR, M and CM. Therefore, TC, CH and PT had good tolerance to drought because of lower ion leackage in TC, higher water storage in CH leaves and the higher root to shoot dry weight ratio in PT.

Keywords: Citrus, Ion leackage, Leaf water relative content, Water stress.

* Corresponding author E-mail: rezafifaei@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

مرکبات از مهم‌ترین محصولات باغبانی جهان، از جنس سیتروس، خانواده روتاسه و زیرخانواده اورانتیوئیده هستند.گرچه منشأ گرمسیری دارند ولی گسترش آنها در مناطق نیمه‌گرمسیری بیشتر است. در واقع، مناطقی که بارندگی و رطوبت سبب کاهش نوسانات دما می‌شود، برای پرورش مرکبات مناسب‌تر است. نواحی مرکبات‌خیز جهان در کمربندی که تقریباً محدود به عرض‌های جغرافیایی ۴۰ درجه شمالی و ۴۰ درجه جنوبی است قرار دارند (Golein & Adouli, 2011).

سطح زیر کشت مرکبات دنیا بالغ بر ۸/۷ میلیون هکتار با میزان تولید حدود ۱۲۵میلیون تن است. در این میان، سهم ایران از سطح زیر کشت ۲۸۹ هزار هکتار و از تولید حدود ۴/۵ میلیون تن است که از نظر سطح زیرکشت در رتبه سوم و از نظر میزان تولید در رتبه اول در بین سایر محصولات باغی کشور قرار دارد (Amarnameh of agricultural, 2015).

خشکی منجر به تغییرات چشمگیری در ویژگی‌های ریختی و فیزیولوژی گیاهان می‌شود (Fotouhi Ghazvini *et al*., 2011). در بررسی تأثیر کم‌آبی و میکوریزا در دانهال‌های راف‌لمون گلدانی، مشاهده شد در شرایط تنش، نسبت وزن خشک شاخه به ریشه کاهش معنی‌داری در مقایسه با شاهد داشت (Levit *et al*., 1983). مطالعه دانهال‌های سه‌ماهه ۱۰ پایه مختلف مرکبات تحت رژیم‌های متفاوت آبیاری در گلخانه نشان داد که وزن خشک ریشه به شاخه در شرایط تنش افزایش یافت (Beniken *et al*., 2013). مطالعه دو تیمار تنش آبی روی دانهال‌های نارنگی تحت تأثیر پنج گونه قارچ میکوریزا نشان داد که وزن خشک شاخه و ریشه در شرایط خشکی بدون کاهش بوده ولی وزن خشک کل گیاه کاهش معنی‌داری داشت (Wu *et al*., 2007). تأثیر دو گونه قارچ میکوریزا بر برخی خصوصیات دانهال‌های گلدانی ولکامریانا تحت تیمارهای تنش خشکی نشان داد که وزن خشک برگ، شاخه و ریشه در شرایط تنش، کاهش معنی‌داری در مقایسه با شاهد داشت (Haghighatnia *et al*., 2011). در بررسی دیگری، وزن خشک شاخه و نسبت وزن خشک ریشه به شاخه در هلوی کاترینا روی چهار پایه با قطع آبیاری تا ۲۶ روز معنی‌دار نبود؛ هرچند مقدار آن‌ها نسبت به شاهد کاهش داشت (Jimenez *et al*., 2013). در ارقام زیتون نیز کاهش نسبت وزن خشک ریشه به تاج در اثر خشکی دیده شد (Metheney *et al*., 1994). در تحقیق دیگری کاهش وزن تر و خشک کل گیاه در رقم سیب ویستابلا روی هر دو پایه مورد استفاده در اثر خشکی گزارش شد (Bollat *et al*., 2014). در ارقام انگور، زیتون و سیب کاهش وزن تر و خشک شاخه، برگ و ریشه در اثر خشکی گزارش شده است (Ghaderi *et al*., 2010; Rabiei, 2004; Yazdani *et al*., 2007; Arji *et al*., 2003; Alizadeh *et al*., 2011).

در بررسی تنش شدید خشکی روی پایه فورنرآلکائید ۵ در مقایسه با والدینش یعنی کلئوپاتراماندارین و پونسیروس تریفولیاتا مشاهده شد؛ در هر سه پایه محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت (Rodríguez-Gamir *et al*., 2010). مطالعه دو پایه کاریزوسیترنج و کلئوپاتراماندارین نشان داد که محتوای نسبی آب برگ در دانهال‌های تحت خشکی، پایین‌تر از شاهد بود و این کاهش در کاریزوسیترنج بیش‌تر از کلئوپاتراماندارین دیده شد (Garcıa-Sancheza *et al*., 2007). بررسی دانهال‌های سه ماهه ۱۰ پایه مختلف مرکبات تحت رژیم‌های متفاوت آبیاری در گلخانه نشان داد که با افزایش تنش خشکی، کاهش معنی‌داری در محتوای نسبی آب برگ همه پایه‌ها مشاهده شد (Beniken *et al*., 2013). مطالعه یک سیکل خشکی در نهال‌های شش ماهه پرتقال نیوهال و تانگورالندیل در شرایط گلخانه‌ای نشان داد که در پایان دوره تنش، کاهش قابل‌ملاحظه‌ای در محتوای نسبی آب برگ در نهال‌های تانگور مشاهده شد (Save *et al*., 1995). اثر تنش خشکی بر نهال‌های گلدانی پرتقال والنسیا روی پایه‌های رانگ‌پورلایم دیپلوییدی و تتراپلوییدی در شرایط گلخانه‌ای نشان داد که سطوح پلوییدی پایه‌ها، تأثیری بر محتوای نسبی آب برگ نداشت (Allario *et al*., 2012).

بررسی واکنش پنج رقم انگور در چهار سطح پتانسیل آب خاک نشان داد که پایداری نسبی غشاء سلولی، با افزایش شدت تنش خشکی کاهش و در

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه نشت یونی افزایش یافت. درصد پایداری نسبی در ۱/۵- مگاپاسکال در ارقام خوشناو، ساهانی و بیدانه سفید نسبت به بقیه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Ghaderi *et al*., 2010). مطالعه تنش خشکی در ارقام سیب ویستابلا و گلابی سانتاماریا نشان داد با افزایش سطوح تنش آبی، درصد نشت یونی در هر دو رقم روی پایه‌های مورد مطالعه افزایش داشت. میزان این افزایش در گلابی رقم سانتاماریا کم‌تر بود (Bollat *et al*., 2014).

هدف از انجام این پژوهش، بررسی پایه‌های مرکبات از نظر تحمل به خشکی و مقایسه آن‌ها با یکدیگر از نظر برخی شاخص‌های مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی است تا بتوان بهترین شاخص و بهترین پایه را از دیدگاه تحمل به خشکی در مرکبات تعیین و معرفی نموده و در ارزیابی‌های بعدی مورد استفاده قرار داد.

مواد و روش‌ها

بذور ۱۰ پایه مرکبات شامل نارنج (*Citrus aurantium* L.)، پونسیروس (*Poncirus trifoliata* Raf.)، ترویرسیترنج (*Citrus sinensis* Osbec. × *Poncirus trifoliata* Raf.)، مکزیکن‌لایم (*Citrus aurantifolia* christm.)، سیترومِلو (*Citrus paradisi* M. × *Poncirus trifoliata* Raf.)، راف‌لمون (*Citrus jumbhiri* Lush.)، بکرایی (*Citrus* sp.)، ماکروفیلا (*Citrus macrophylla* west.)، کلئوپاترا ماندارین (*Citrus reshni* L.) و شانگشا (*Citrus reticulata* Blanco.) جمع‌آوری و پس از آماده‌سازی و ضدعفونی با قارچکش کاپتان (به غلظت دو در هزار) در ترکیب استریل متشکل از پرلیت و ماسه اتوکلاوشده (۱:۱) کشت گردید. دانهال‌های نوسلار تولیدی در مرحله دو تا سه برگی به گلدان‌های پلاستیکی دو و نیم لیتری محتوی ترکیب استریل کوکوپیت و ماسه (۱:۱) منتقل و در گلخانه کنترل‌شده پژوهشکده مرکبات رامسر قرار گرفتند. آبیاری در حد حفظ ظرفیت گلدانی و تغذیه هفته‌ای یکبار با محلول هوگلند صورت گرفت.

این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار و دو دانهال در هر واحد آزمایشی در سال ۹۳ و به‌مدت دو سال انجام شد. فاکتورها شامل ۱۰ پایه مختلف مرکبات و دو تیمار آبیاری شامل شاهد و قطع آبیاری بود. نمونه‌برداری چند روز قبل از زمان بقا پایه‌ها که در آزمایش دیگری مشخص گردید انجام شد (Rodriguez-Gamir *et al*., 2010). زمان بقا پایه‌ها به‌ترتیب عبارتند از پونسیروس ۱۲۵ روز، شانگشا ۸۶ روز، ترویر سیترنج ۸۰ روز، نارنج ۷۱ روز، بکرائی ۶۷ روز، کلئوپاتراماندارین ۶۲ روز، مکزیکن لایم ۶۱ روز، ماکروفیلا ۶۰ روز، سیترومِلو ۵۱ روز و راف‌لمون ۳۸ روز بود.

منحنی خصوصیات رطوبتی خاک ترسیم و با توجه به آن، پتانسیل ماتریک بستر کشت در تیمار شاهد، ۰/۰۳- مگاپاسکال و در تیمار تنش شدید، ۱/۵- مگاپاسکال به‌دست آمد.

در تیمار تنش، درشروع آزمایش گلدان‌ها به‌طور کامل آبیاری شدند و بعد از زهکشی کامل و خروج آب اضافی گلدان‌ها، با کیسه سیاه پوشیده و قسمت پایین ساقه بسته شد (Rodriguez-Gamir *et al*., 2010). در این آزمایش از دانهال‌های یک‌ساله استفاده شد و نمونه‌ها، از برگهای میانی شاخه برداشت شد.

در انتهای آزمایش، از هر تیمار در هر تکرار یک دانهال را انتخاب و از گلدان خارج کرده و پس از شستن ریشه‌ها با آب و سپس آب مقطر، اندام‌هوایی (شاخه و برگ)، از قسمت ریشه جدا و و وزن هر قسمت بر حسب گرم، با استفاده از ترازوی دیجیتال (مدل GM 6101 ساخت کشور آلمان)، اندازه‌گیری شد. سپس هر یک از قسمت‌ها به‌صورت جداگانه درون پاکت‌های کاغذی و درون آون قرار داده شدند. نمونه‌ها پس از خشک‌شدن در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت، از آون خارج شده و وزن خشک آنها با استفاده از ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد (Rodriguez-Gamir *et al*., 2010).

جهت تعیین محتوای نسبی آب برگ چهار برگ بالغ کاملا″ توسعه یافته یکنواخت از قسمت وسط ساقه هر کدام از تیمارها در هر تکرار (دو برگ از هر دانهال) انتخاب و در پاکت پلاستیکی به آزمایشگاه منتقل و با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱

www.SID.ir

Archive of SID

گرم (مدل KERN ALS 120-4 ساخت کشور آلمان)، وزن تر برگ‌ها اندازه‌گیری شد. سپس درون یک بشر محتوی آب مقطر و در محیط تاریک به‌مدت یک شبانه‌روز قرارگرفته و وزن اشباع یا آماس آن‌ها اندازه‌گیری شد. پس از آن، ابتدا برگ‌ها با دستمال کاغذی خشک شده، سپس در پاکت کاغذی گذاشته و درون آون ۸۰ درجه به‌مدت ۲۴ ساعت قرار داده و وزن خشک آن‌ها تعیین شد (Morgan, 1984) محتوای نسبی آب برگ به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$RWC = [(FW-DW) / (TW-DW)] \times 100$$

که در آن FW وزن تر (گرم)، DW وزن خشک (گرم) و TW وزن برگ در حالت اشباع است.

برای تعیین نشت یونی یا پایداری نسبی غشای سلولی، چهار برگ بالغ کاملا″ توسعه‌یافته یکنواخت از قسمت وسط ساقه هر کدام از تیمارها در هر تکرار (دو برگ از هر دانهال) انتخاب و در پاکت پلاستیکی به آزمایشگاه منتقل شد. سپس سه مرتبه با آب مقطر و هر بار به‌مدت ۱۰ دقیقه شستشو و در محیط آزمایشگاه خشک شد. از هر برگ، چهار قطعه یکسان هر کدام به قطر تقریبی یک سانتی‌متر از دو طرف رگبرگ اصلی جدا نموده و در لوله آزمایش درپوش‌دار محتوی ۱۵ میلی‌لیتر آب مقطر قرار داده شد. نشت یونی اولیه، پس از ۲۴ ساعت تکان تدریجی در دمای آزمایشگاه روی شیکر اندازه‌گیری و سپس نمونه‌ها در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳۰ دقیقه در حمام آبی قرار داده شدند و نشت یونی ثانویه پس از خنک‌شدن و رسیدن به دمای آزمایشگاه تعیین شد (Whitlow *et al*., 1992).

$$EL (\%) = (EL1/EL2) \times 100$$

EL1 نشت یونی اولیه و EL2 نشت یونی نهایی است.

این پژوهش با ۲۰ تیمار، سه تکرار و دو دانهال در هر واحد آزمایشی صورت گرفت. برای تجزیه آماری و آنالیز واریانس از نرم‌افزار SAS و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

آنالیز داده‌ها نشان داد اثر متقابل پایه‌ها و سطوح آبیاری بر وزن تر برگ، ریشه، شاخه، کل و نسبت ریشه به شاخه معنی‌دار بود ولی در میزان وزن تر ساقه و نسبت وزن تر برگ به گیاه اختلاف معنی‌داری ایجاد نشد (جدول‌های ۱ و ۲).

همچنین تجزیه واریانس داده‌های وزن خشک نشان داد که اثر متقابل پایه و سطوح آبیاری تنها بر نسبت وزن خشک ریشه به شاخه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و در سایر شاخص‌ها اختلاف معنی‌داری ایجاد نکرد (جدول‌های ۳ و ۴).

جدول ۱. تجزیه واریانس وزن تر برگ، ساقه و ریشه در پایه‌های مرکبات

Table 1. ANOVA of Leaf, Stem and Root Fresh weight in Citrus rootstocks

Source	df	Mean of Squares		
		Leaf fresh weight	Stem fresh weight	Root fresh weight
Rootstocks	9	212.02**	178.27**	200.78**
Irrigation levels	1	3000.44**	975.12**	3704.24**
Rootstocks × Irrigation levels	9	74.76**	47.84 ns	86.66**
Error	40	26.63	0.06	37.59
CV%		32.85	21.5	33.72

** و ns: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار.

** Significant difference at 1% of probability level and non-significant difference, respectively.

جدول ۲. تجزیه واریانس وزن تر شاخه، کل، ریشه به شاخه و برگ به گیاه در پایه‌ها

Table 1. ANOVA of Shoot, Total, Root/Shoot and Leaf/Plant Fresh weight in rootstocks

Source	df	Mean of Squares			
		Shoot fresh weight	Total fresh weight	Root/Shoot fresh weight	Leaf/Plant fresh weight
Rootstocks	9	602.02**	1376.13**	0.105**	0.029**
Irrigation levels	1	7396.55**	21569.53**	0.151**	0.026**
Rootstocks × Irrigation levels	9	197.38**	496.03**	0.021**	0.003ns
Error	40	107.49	259.27	0.005	0.004
CV%		31.49	31.5	12.87	20.04

** و ns: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار.

** Significant difference at 1% of probability level and non-significant difference, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. تجزیه واریانس وزن خشک برگ، ساقه و ریشه در پایه‌های مرکبات
Table 3. ANOVA of leaf, stem and root dry weight in citrus rootstocks

Source	df	Mean of Squares		
		Leaf dry weight	Stem dry weight	Root dry weight
Rootstocks	9	38.36**	54.11**	65.78**
Irrigation levels	1	15.32 ns	19.3 ns	2.506 ns
Rootstocks × Irrigation levels	9	7.34 ns	12.01 ns	12.93 ns
Error	40	0.046	0.053	0.046
CV%		28.75	26.13	24.44

** و ns: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار.

** Significant difference at 1% of probability level and non-significant difference, respectively.

جدول ۴. تجزیه واریانس وزن خشک شاخه، کل، ریشه به شاخه و برگ به گیاه در پایه‌ها
Table 4. ANOVA of shoot, total, root/shoot and leaf/plant dry weight in rootstocks

Source	df	Mean of Squares			
		Shoot dry weight	Total dry weight	Root/Shoot dry weight	Leaf/Plant dry weight
Rootstocks	9	143.82**	376.97**	0.066**	0.026**
Irrigation levels	1	69.02 ns	45.22 ns	0.221**	0.005 ns
Rootstocks × Irrigation levels	9	33.01 ns	82.02 ns	0.015**	0.002 ns
Error	40	0.045	0.044	0.005	0.003
CV%		18.67	15.84	12.14	20.49

** و ns: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار.

** Significant difference at 1% of probability level and non-significant difference, respectively.

وزن تر برگ، ساقه، ریشه، شاخه، کل، ریشه به شاخه، برگ به گیاه

مقایسه میانگین اثر متقابل پایه و سطح آبیاری بر وزن تر برگ نشان داد نارنج در وضعیت بدون تنش (شاهد) با ۲۷/۲۷ گرم بیشترین و پونسیروس در وضعیت تنش (قطع آبیاری) با ۲/۵۵۷ گرم کمترین وزن تر برگ را داشتند. خشکی در پایه نارنج باعث کاهش معنی‌دار وزن تر برگ در مقایسه با شاهد شد. در سایر پایه‌ها اختلاف معنی‌داری ایجاد نشد. در واقع می‌توان گفت خشکی باعث شد تا وزن تر برگ در پایه نارنج کاهش یابد و در مقایسه با شاهد ۰/۴۱ برابر شود (جدول ۵).

مقایسه میانگین اثر متقابل پایه و سطح آبیاری بر وزن تر ساقه نشان داد پایه سیترومله در وضعیت شاهد با ۳۳/۸۸ گرم بیشترین و پایه‌های شانگشا و پونسیروس در وضعیت تنش به‌ترتیب با ۳/۶۶۷ و ۴/۴۸۳ گرم کمترین وزن تر ساقه را داشتند. خشکی فقط در پایه سیترومله باعث کاهش معنی‌دار وزن تر ساقه در مقایسه با شاهد شد. در سایر پایه‌ها اختلاف معنی‌داری ایجاد نشد. در واقع می‌توان گفت خشکی باعث شد تا وزن تر ساقه در پایه سیترومله کاهش یابد و در مقایسه با شاهد ۰/۵۶ برابر شود (جدول ۵).

مقایسه میانگین اثر متقابل پایه و سطح آبیاری بر وزن تر ریشه نشان داد که پایه رافلمون در وضعیت شاهد با ۳۶/۴۵ گرم بیشترین و پایه شانگشا در وضعیت تنش با ۴/۶۴ گرم کمترین وزن تر ریشه را داشتند. خشکی در پایه‌های نارنج، ترویرسیترنج، سیترومله و ماکروفیلا باعث کاهش معنی‌دار وزن تر ریشه در مقایسه با شاهد شد. در سایر پایه‌ها اختلاف معنی‌داری ایجاد نشد. در واقع می‌توان گفت خشکی باعث شد تا وزن تر ریشه در پایه‌های ترویرسیترنج، نارنج، سیترومله و ماکروفیلا کاهش یابد و در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۰/۳۷۹، ۰/۳۹، ۰/۴۲ و ۰/۴۴ برابر شود. بیشترین کاهش ناشی از خشکی در پایه ترویرسیترنج و کمترین کاهش در پایه ماکروفیلا دیده شد (جدول ۵).

مقایسه میانگین اثر متقابل پایه و سطح آبیاری بر وزن تر شاخه نشان داد که پایه رافلمون در وضعیت شاهد به‌ترتیب با ۵۲/۷۵ گرم بیشترین و ژنوتیپ پونسیروس در وضعیت تنش با ۷/۰۴ گرم کمترین وزن تر شاخه را داشتند. خشکی در پایه‌های نارنج و سیترومله باعث کاهش معنی‌دار وزن تر شاخه در مقایسه با شاهد شد. در سایر پایه‌ها اختلاف معنی‌داری ایجاد نشد. در واقع می‌توان گفت خشکی باعث شد تا وزن تر شاخه در پایه‌های نارنج و سیترومله کاهش یابد و در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۰/۴۶ و ۰/۵۷ برابر شود. بنابراین بیشترین کاهش

www.SID.ir

Archive of SID

ناشی از خشکی در پایه نارنج و کمترین کاهش در پایه سیترومل‌و دیده شد (جدول ۵).

مقایسه میانگین اثر متقابل پایه و سطح آبیاری بر وزن تر کل گیاه نشان داد که پایه راف‌لمون در وضعیت شاهد با ۸۶/۱۲ گرم بیشترین و پایه‌های شانگشا و پونسیروس در وضعیت تنش به‌ترتیب با ۱۳/۷۶ و ۱۴/۱۴ گرم کمترین وزن تر کل گیاه را داشتند. خشکی در پایه‌های نارنج، سیترومل‌و و ماکروفیلا باعث کاهش معنی‌دار وزن تر کل گیاه در مقایسه با شاهد شد. در سایر پایه‌ها اختلاف معنی‌داری ایجاد نشد. در واقع می‌توان گفت که خشکی باعث شد تا وزن تر کل گیاه در پایه‌های نارنج، سیترومل‌و و ماکروفیلا کاهش یابد و در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۰/۴۴، ۰/۵۱ و ۰/۵۱۶ برابر شود. بیشترین کاهش ناشی از خشکی در پایه نارنج و کمترین در پایه ماکروفیلا دیده شد (جدول ۵).

مقایسه میانگین اثر متقابل پایه و سطح آبیاری بر نسبت وزن تر ریشه به شاخه نشان داد که پایه پونسیروس در وضعیت تنش با ۱/۰۰۷ بیشترین و پایه ترویرسیترنج در وضعیت شاهد با ۰/۷۲۳۳ کمترین نسبت وزن تر ریشه به شاخه را داشتند. خشکی در پایه‌های کلئوپاتراماندارین، ترویرسیترنج، سیترومل‌و و ماکروفیلا باعث کاهش معنی‌دار وزن تر ریشه به شاخه در مقایسه با شاهد شد. در سایر پایه‌ها اختلاف معنی‌داری ایجاد نشد. در واقع می‌توان گفت خشکی باعث شد تا وزن تر ریشه به شاخه در پایه‌های ترویرسیترنج، سیترومل‌و، ماکروفیلا و کلئوپاتراماندارین به‌ترتیب ۰/۵۳، ۰/۷۳، ۰/۷۷ و ۰/۷۸ برابر شد. بنابراین بیشترین کاهش ناشی از خشکی در پایه ترویرسیترنج و کمترین کاهش در پایه کلئوپاتراماندارین دیده شد (جدول ۶).

مقایسه میانگین اثر متقابل پایه و سطح آبیاری بر نسبت وزن تر برگ به گیاه نشان داد که پایه شانگشا در وضعیت شاهد با ۰/۴۲۳۳ بیشترین و پایه پونسیروس در وضعیت شاهد با ۰/۱۲۳۳ کمترین نسبت وزن تر برگ به گیاه را داشتند. خشکی در پایه‌های مورد آزمایش، اختلاف معنی‌داری در نسبت وزن تر برگ به گیاه در مقایسه با شاهد ایجاد نکرد (جدول ۶).

وزن خشک برگ، ساقه، ریشه، شاخه، کل، ریشه به شاخه، برگ به گیاه

مقایسه میانگین اثر متقابل پایه و سطح آبیاری بر وزن خشک برگ نشان داد که پایه نارنج در وضعیت شاهد با ۱۱ گرم بیشترین و پایه پونسیروس در وضعیت شاهد و تنش به‌ترتیب با ۱/۳۲۷ و ۱/۲۸۷ گرم کمترین وزن خشک برگ را داشتند. خشکی در پایه‌های مورد آزمایش، اختلاف معنی‌داری در وزن خشک برگ در مقایسه با شاهد ایجاد نکرد (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر متقابل پایه و سطح آبیاری بر وزن خشک ساقه نشان داد که پایه سیترومل‌و در وضعیت شاهد با ۱۶/۸۹ گرم بیشترین و پایه شانگشا در وضعیت تنش با ۲/۱۰۳ گرم کمترین وزن خشک ساقه را داشتند. خشکی در پایه‌های مورد آزمایش، اختلاف معنی‌داری در وزن خشک ساقه در مقایسه با شاهد ایجاد نکرد (جدول ۶).

مقایسه میانگین اثر متقابل پایه و سطح آبیاری بر وزن خشک ریشه نشان داد که پایه راف‌لمون در وضعیت شاهد و تنش به‌ترتیب با ۱۷/۹۴ و ۱۷/۵۹ گرم بیشترین و پایه‌های شانگشا، بکرایی، مکزیکن‌لایم در وضعیت شاهد و شانگشا در وضعیت تنش به‌ترتیب با ۲/۸۲، ۲/۹۲، ۲/۹۲ و ۲/۹۵ گرم کمترین وزن خشک ریشه را داشتند. خشکی در پایه‌های مورد آزمایش، اختلاف معنی‌داری در وزن خشک ریشه در مقایسه با شاهد ایجاد نکرد (جدول ۷).

مقایسه میانگین اثر متقابل پایه و سطح آبیاری بر وزن خشک اندام هوایی (شاخه) نشان داد پایه راف‌لمون در وضعیت تنش با ۲۲/۴۴ گرم بیشترین و پایه پونسیروس در وضعیت تنش با ۳/۹۸ گرم کمترین وزن خشک اندام هوایی (شاخه) را داشتند. خشکی در پایه‌های مورد آزمایش، اختلاف معنی‌داری در وزن خشک شاخه در مقایسه با شاهد ایجاد نکرد (جدول ۷).

مقایسه میانگین اثر متقابل پایه و سطح آبیاری بر وزن خشک کل گیاه نشان داد که پایه راف‌لمون در وضعیت تنش با ۴۰/۰۳ گرم بیش‌ترین و پایه پونسیروس در وضعیت تنش با ۷/۱۸ گرم کم‌ترین وزن خشک کل گیاه را داشتند. خشکی در پایه‌های مورد آزمایش، اختلاف معنی‌داری در وزن خشک کل گیاه در مقایسه با شاهد ایجاد نکرد (جدول ۷).

www.SID.ir

Archive of SID

مقایسه میانگین اثر متقابل پایه و سطح آبیاری بر نسبت وزن خشک ریشه به شاخه نشان داد که پایه‌های راف‌لمون در وضعیت شاهد و ماکروفیلا در وضعیت تنش به‌ترتیب با ۰/۸۳۶۷ و ۰/۸۵۶۷ بیشترین و پایه پونسیروس در وضعیت شاهد با ۰/۸۳۶۷ کم‌ترین نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی را داشتند. خشکی در پایه‌های پونسیروس، بکرایی و ماکروفیلا باعث افزایش معنی‌دار نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی در مقایسه با شاهد شد. در سایر پایه‌ها اختلاف معنی‌داری ایجاد نشد. در واقع می‌توان گفت خشکی باعث شد تا نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی در پایه‌های پونسیروس، ماکروفیلا و بکرایی افزایش یابد و در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱/۳، ۱/۳۹ و ۱/۵۶ برابر شود. بنابراین بیشترین افزایش ناشی از خشکی در پایه بکرایی و کمترین افزایش در پایه پونسیروس دیده شد (جدول ۷).

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و سطح آبیاری بر وزن تر اندام‌ها در پایه‌های مرکبات

Table 5. Means comparison of interaction between rootstock and irrigation levels on organs fresh weight in Citrus rootstocks

Rootstock	Irrigation	Leaf fresh weight	Stem fresh weight	Root fresh weight	Shoot fresh weight	Total fresh weight
Chang-sha	Control	10.66 $^{i-n}$	5.673 ^{ij}	9.4 $^{h-k}$	16.33 ^{lmn}	25.73 ^{jk}
Chang-sha	Stress	5.477 ^{lmn}	3.677 ^{j}	4.64 ^{k}	9.123 ^{mn}	13.76 ^{k}
Poncirus	Control	3.57 ^{mn}	12.4 $^{e-j}$	15.43 $^{e-k}$	15.97 ^{lmn}	31.4 ^{ijk}
Poncirus	Stress	2.557 ^{n}	4.483 ^{j}	7.103 ^{jk}	7.04 ^{n}	14.14 ^{k}
Rough lemon	Control	23.18 $^{b-f}$	29.57 ^{ab}	33.37 ^{ab}	52.75 $^{a-e}$	86.12 ^{abc}
Rough lemon	Stress	12.95 $^{f-m}$	23.57 $^{a-g}$	22.65 $^{b-g}$	36.51 $^{c-l}$	59.16 $^{c-i}$
Cleopatra	Control	11.03 $^{i-n}$	13.99 $^{d-j}$	15.33 $^{e-k}$	25.02 $^{i-n}$	40.35 $^{f-k}$
Cleopatra	Stress	9.753 $^{i-n}$	14.89 $^{c-j}$	13.4 $^{f-k}$	24.65 $^{j-n}$	38.05 $^{h-k}$
Backraii	Control	8.56 $^{j-n}$	10.61 $^{f-j}$	9.177 $^{h-k}$	19.17 $^{k-n}$	28.35 ^{ijk}
Backraii	Stress	9.957 $^{i-n}$	14.98 $^{c-j}$	13.77 $^{f-k}$	24.94 $^{i-n}$	38.71 $^{g-k}$
Sour orange	Control	27.27 $^{a-d}$	18.94 $^{b-i}$	24.66 $^{a-f}$	46.21 $^{a-h}$	70.87 $^{a-g}$
Sour orange	Stress	11.2 $^{i-n}$	10.09 $^{g-j}$	9.667 $^{h-k}$	21.29 $^{j-n}$	30.96 ^{ijk}
Troyer citrang	Control	7.837 $^{k-n}$	20.23 $^{b-h}$	20.9 $^{c-h}$	28.07 $^{f-m}$	48.97 $^{d-j}$
Troyer citrang	Stress	7.247 $^{k-n}$	13.21 $^{d-j}$	7.923 ^{ijk}	20.46 $^{k-n}$	28.38 ^{ijk}
Citrumello	Control	14.49 $^{f-l}$	33.88 ^{a}	34.29 ^{ab}	48.37 $^{a-f}$	82.67 ^{abc}
Citrumello	Stress	8.36 $^{j-n}$	19.11 $^{b-i}$	14.4 $^{f-k}$	27.47 $^{g-n}$	41.87 $^{f-k}$
Macrophylla	Control	13.71 $^{f-m}$	24.45 $^{a-e}$	33.39 ^{ab}	38.16 $^{b-k}$	71.55 $^{a-f}$
Macrophylla	Stress	8.163 $^{j-n}$	13.6 $^{d-j}$	14.73 $^{f-k}$	21.76 $^{j-n}$	36.49 $^{h-k}$
Mexican lime	Control	11.29 $^{i-n}$	8.433 ^{hij}	7.85 ^{ijk}	19.72 $^{k-n}$	27.57 ^{ijk}
Mexican lime	Stress	9.94 $^{i-n}$	12.25 $^{e-j}$	8.433 $^{h-k}$	22.19 $^{j-n}$	30.63 ^{ijk}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد نداشتند.

Means with similar letter in each column didn't have significant difference at 1% level.

جدول ۶. مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و سطح آبیاری بر وزن تر و خشک اندام‌ها در پایه‌های مرکبات

Table 6. Means comparison of interaction between rootstock and irrigation levels on organs fresh and dry weight in Citrus rootstocks

Rootstock	Irrigation	Root/Shoot fresh weight	Leaf/Plantfresh weight	Leaf dry weight	Stem dry weight
Chang-sha	Control	0.5733 $^{d-n}$	0.4233 ^{ab}	3.29 $^{h-k}$	2.393 ^{jk}
Chang-sha	Stress	0.5033 $^{h-r}$	0.4233 ^{ab}	2.733 ^{ijk}	2.103 ^{k}
Poncirus	Control	0.9833 ^{ab}	0.1233 ^{m}	1.327 ^{k}	6.477 $^{d-k}$
Poncirus	Stress	1.007 ^{a}	0.1833 ^{klm}	1.287 ^{k}	2.693 ^{ijk}
Rough lemon	Control	0.6333 $^{c-h}$	0.2667 $^{d-l}$	6.737 $^{b-i}$	14.57 ^{ab}
Rough lemon	Stress	0.6267 $^{c-i}$	0.22 $^{i-m}$	8.95 $^{a-f}$	13.49 $^{a-d}$
Cleopatra	Control	0.7033 ^{cd}	0.27 $^{d-l}$	4.393 $^{f-k}$	7.343 $^{b-k}$
Cleopatra	Stress	0.5467 $^{f-p}$	0.26 $^{e-l}$	5.637 $^{d-k}$	9.313 $^{b-k}$
Backraii	Control	0.48 $^{j-r}$	0.3033 $^{b-k}$	1.973 ^{jk}	4.583 $^{f-k}$
Backraii	Stress	0.5467 $^{f-p}$	0.2667 $^{d-l}$	4.68 $^{e-k}$	8.543 $^{b-k}$
Sour orange	Control	0.53 $^{g-q}$	0.3867 $^{a-e}$	11 ^{ab}	9.78 $^{a-i}$
Sour orange	Stress	0.4433 $^{l-s}$	0.3733 $^{a-f}$	7.13 $^{b-i}$	6.44 $^{d-k}$
Troyer citrang	Control	0.7233 ^{c}	0.1733 ^{lm}	2.75 ^{ijk}	9.12 $^{b-k}$
Troyer citrang	Stress	0.3867 ^{rs}	0.2567 $^{f-l}$	3.25 ^{hk}	7.423 $^{b-k}$
Citrumello	Control	0.71 ^{cd}	0.1733 ^{lm}	4.63 $^{e-k}$	16.89 ^{a}
Citrumello	Stress	0.5167 $^{g-r}$	0.2133 $^{j-m}$	3.963 $^{g-k}$	11.08 $^{a-g}$
Macrophylla	Control	0.8767 ^{b}	0.19 ^{klm}	5.633 $^{d-k}$	12.11 $^{a-e}$
Macrophylla	Stress	0.6733 $^{c-f}$	0.2267 $^{h-m}$	4.747 $^{e-k}$	8.323 $^{b-k}$
Mexican lime	Control	0.4033 ^{qrs}	0.4167 ^{abc}	3.58 $^{g-k}$	3.38 $^{h-k}$
Mexican lime	Stress	0.38 ^{rs}	0.33 $^{a-j}$	5.483 $^{d-k}$	7.377 $^{b-k}$

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد نداشتند.

Means with similar letter in each column didn't have significant difference at 1% level.

www.SID.ir

Archive of SID

مقایسه میانگین اثر متقابل پایه و سطح آبیاری بر نسبت وزن خشک برگ به گیاه نشان داد پایه شانگشا در وضعیت شاهد با ۰/۳۹۳۳ بیشترین و پایه پونسیروس در وضعیت شاهد با ۰/۱۱۶۷ کمترین نسبت وزن خشک برگ به گیاه را داشتند. خشکی در پایه‌های مورد آزمایش، اختلاف معنی‌داری در نسبت وزن خشک برگ به گیاه در مقایسه با شاهد ایجاد نکرد (جدول ۷).

نتایج حاصل از مطالعه وزن تر و خشک اندام‌ها در این تحقیق با بررسی تأثیر کم‌آبی و میکوریزا در دانهال‌های راف‌لمون گلدانی (Levit *et al.*, 1983)، مطالعه دانهال‌های ۱۰ پایه مختلف مرکبات (Beniken *et al.*, 2013)، مطالعه دانهال‌های نارنگی (Wu *et al.*, 2007)، بررسی دانهال‌های گلدانی ولکامریانا تحت تیمارهای تنش خشکی (Haghighatnia *et al*., 2011) و غیره مطابقت داشت.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده پایه، اثر ساده سطوح آبیاری و اثر متقابل پایه و سطوح آبیاری بر محتوی نسبی آب برگ و درصد نشت یونی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۸).

محتوی نسبی آب برگ

مقایسه میانگین اثر متقابل پایه و سطح آبیاری بر محتوی نسبی آب برگ نشان داد پایه شانگشا در وضعیت شاهد با ۹۰/۵۹ درصد و پایه ماکروفیلا در وضعیت تنش با ۳۹/۸۶ درصد کمترین محتوی نسبی آب برگ را داشتند. تنش خشکی در تمامی پایه‌ها باعث کاهش معنی‌دار محتوی نسبی آب برگ در مقایسه با شاهد شد. خشکی باعث شد تا محتوی نسبی آب برگ در پایه‌های کلئوپاتراماندارین، ماکروفیلا، بکرایی، پونسیروس، مکزیکن‌لایم، راف‌لمون، نارنج، ترویرسیترنج، سیترومل و شانگشا کاهش یابد و در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۰/۴۶۹، ۰/۴۷۳، ۰/۵۱، ۰/۵۲، ۰/۵۳، ۰/۵۸، ۰/۵۹، ۰/۶۱، ۰/۷۱ و ۰/۷۲ برابر شود. بنابراین بیشترین کاهش ناشی از خشکی در پایه کلئوپاتراماندارین و کمترین کاهش در پایه شانگشا دیده شد (جدول ۹).

درصد نشت یونی

مقایسه میانگین اثر متقابل پایه و سطح آبیاری بر درصد نشت یونی نشان داد که پایه مکزیکن‌لایم در وضعیت تنش با ۹۴/۲۳ درصد بیشترین و پایه پونسیروس در وضعیت شاهد با ۹/۷۷۳ درصد کمترین درصد نشت یونی را داشتند. تنش خشکی در تمامی پایه‌ها باعث افزایش معنی‌دار درصد نشت یونی در مقایسه با شاهد شد. خشکی باعث شد تا درصد نشت یونی در پایه‌های ترویرسیترنج، مکزیکن‌لایم، شانگشا، پونسیروس، بکرایی، ماکروفیلا، سیترومل، نارنج، راف‌لمون و کلئوپاتراماندارین افزایش یابد و در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۲/۱۵، ۲/۱۶، ۲/۷۴، ۳/۲۶، ۳/۲۸، ۳/۸۸، ۴/۱۰، ۴/۳۲، ۴/۷۲ و ۵/۱۸ برابر شود. بیشترین افزایش ناشی از خشکی در پایه کلئوپاتراماندارین و کمترین افزایش در پایه ترویرسیترنج دیده شد (جدول۹).

جدول ۷. مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و سطح آبیاری بر وزن خشک اندام‌ها در پایه‌های مرکبات

Table 7. Means comparison of interaction between rootstock and irrigation levels on organs dry weight in Citrus rootstocks

Rootstock	Irrigation	Root dry weight	Shoot dry weight	Total dry weight	Root/Shoot dry weight	Leaf/Plant dry weight
Chang-sha	Control	2.82 ^{k}	5.683 ^{jkl}	8.503 ^{jkl}	0.5033 $^{f-s}$	0.3933 ^{a}
Chang-sha	Stress	2.947 ^{k}	4.837 ^{kl}	7.783 ^{kl}	0.6 $^{e-m}$	0.3733 $^{a-d}$
Poncirus	Control	4.787 $^{g-k}$	7.803 $^{g-i}$	12.59 $^{i-l}$	0.62 $^{e-k}$	0.1167 ^{q}
Poncirus	Stress	3.2 ^{jk}	3.98 l	7.18 ^{l}	0.81 ^{abc}	0.1733 $^{n-q}$
Rough lemon	Control	17.94 ^{a}	21.31 $^{a-e}$	39.25 ^{ab}	0.8367 ^{a}	0.17 ^{opq}
Rough lemon	Stress	17.59 ^{a}	22.44 ^{abc}	40.03 ^{a}	0.8067 ^{abc}	0.21 $^{j-q}$
Cleopatra	Control	7.003 $^{d-k}$	11.74 $^{c-i}$	18.74 $^{d-l}$	0.6667 ^{det}	0.22 $^{i-q}$
Cleopatra	Stress	9.853 $^{b-i}$	14.95 $^{a-k}$	24.8 $^{a-j}$	0.66 $^{d-g}$	0.2333 $^{g-p}$
Backraii	Control	2.92 ^{k}	6.557 $^{i-l}$	9.477 ^{jkl}	0.4467 $^{n-s}$	0.2167 $^{i-q}$
Backraii	Stress	9.233 $^{b-k}$	13.22 $^{b-i}$	22.46 $^{b-i}$	0.6967 ^{cde}	0.22 $^{i-q}$
Sour orange	Control	11.53 $^{b-f}$	20.78 $^{a-e}$	32.31 $^{a-f}$	0.5533 $^{f-p}$	0.3433 $^{a-g}$
Sour orange	Stress	6.533 $^{d-k}$	13.57 $^{b-i}$	20.1 $^{c-l}$	0.47 $^{m-s}$	0.3667 $^{a-e}$
Troyer citrang	Control	5.603 $^{f-k}$	11.87 $^{c-i}$	17.47 $^{e-l}$	0.4667 $^{m-s}$	0.17 ^{opq}
Troyer citrang	Stress	4.327 ^{ijk}	10.67 $^{e-i}$	15 $^{g-l}$	0.4067 ^{qrs}	0.2267 $^{n-p}$
Citrumello	Control	12.8 $^{a-d}$	21.52 $^{a-d}$	34.32 $^{a-e}$	0.5967 $^{e-m}$	0.1333 ^{pq}
Citrumello	Stress	8.62 $^{b-k}$	15.04 $^{a-k}$	23.66 $^{a-i}$	0.5667 $^{e-o}$	0.1833 $^{m-q}$
Macrophylla	Control	10.98 $^{b-h}$	17.74 $^{a-g}$	28.72 $^{a-i}$	0.6167 $^{e-i}$	0.1967 $^{i-q}$
Macrophylla	Stress	11.28 $^{b-g}$	13.07 $^{b-i}$	24.35 $^{a-k}$	0.8567 ^{a}	0.2 $^{k-q}$
Mexican lime	Control	2.92 ^{k}	6.96 $^{h-l}$	9.88 ^{jkl}	0.4233 $^{p-s}$	0.3733 $^{a-d}$
Mexican lime	Stress	6.167 $^{e-k}$	12.86 $^{b-i}$	19.03 $^{g-l}$	0.4767 $^{i-s}$	0.29 $^{a-m}$

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد نداشتند.

Means with similar letter in each column didn't have significant difference at 1% level.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸. تجزیه واریانس محتوی نسبی آب برگ و درصد نشت یونی در پایه‌های مرکبات

Table 8. ANOVA of Leaf water relative content and Ion leakage percent in Citrus rootstocks

Source	df	Mean of Squares	
		Leaf water relative content	Ion leakage percent
Rootstock	9	196.73**	891.52**
Irrigation levels	1	66385.4**	115892.08**
Rootstock × Irrigation levels	9	122.51**	598.44**
Error	40	34.83	35.13
CV%		9.23	13.54

**: Significant difference at 1% of probability level. **: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

جدول ۹. مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و سطح آبیاری بر محتوی نسبی آب برگ و درصد نشت یونی در پایه‌ها

Table 9. Means comparison of interaction between rootstock and irrigation levels on Leaf water relative content and Ion leakage percent in rootstocks

Rootstock	Irrigation	Leaf water relative content	Ion leakage percent
Chang-sha	Control	90.59 ab	12.77 nop
Chang-sha	Stress	65.4 ef	34.96 kl
Poncirus	Control	81.07 bc	9.773 p
Poncirus	Stress	42.17 i-m	31.85 lm
Rough lemon	Control	85.13 abc	14.7 nop
Rough lemon	Stress	49.42 g-j	69.43 ghi
Cleopatra	Control	90.23 ab	15.98 nop
Cleopatra	Stress	42.28 i-m	82.76 c-f
Backraii	Control	82.88 bc	20.97 nop
Backraii	Stress	42.28 i-m	68.83 ghi
Sour orange	Control	87.38 ab	14.82 nop
Sour orange	Stress	51.52 ghi	64.02 i
Troyer citrang	Control	75.58 cd	15.21 nop
Troyer citrang	Stress	46.17 h-k	32.69 lm
Citrumello	Control	82.2 bc	11.87 op
Citrumello	Stress	58.58 fg	48.72 j
Macrophylla	Control	84.34 abc	22.5 mno
Macrophylla	Stress	39.86 j-m	87.32 a-e
Mexican lime	Control	87.26 abc	43.69 jk
Mexican lime	Stress	46.6 h-k	94.23 ab

این نتایج در تحقیق انجام‌شده در پایه فورنرآلکائید ۵ (Rodríguez-Gamir *et al*., 2010)، مطالعه دو پایه کاریزوسیترنج و کلئوپاتراماندارین (Garcıa-Sancheza *et al*., 2007)، بررسی دانهال‌های سه ماهه ۱۰ پایه مختلف مرکبات (Beniken *et al*., 2013)، مطالعه یک سیکل خشکی در نهال‌های شش ماهه پرتقال نیوهال و تانگورالندیل (Save *et al*., 1995) و مطالعه پرتقال والنسیا روی پایه‌های رانگ‌پورلایم دیپلوییدی و تتراپلوییدی (Allario *et al*., 2012) نیز مشاهده شد. همچنین بررسی واکنش پنج رقم انگور (Ghaderi *et al*., 2010) و مطالعه تنش خشکی در ارقام سیب ویستابلا و گلابی سانتاماریا (Bollat *et al*., 2014) نشان داد با افزایش سطوح تنش آبی، درصد نشت یونی افزایش داشت.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد در اثر خشکی، درصد نشت یونی در تمامی پایه‌های مرکبات مورد بررسی و نسبت وزن خشک ریشه به شاخه در پایه‌های پونسیروس، ماکروفیلا و بکرایی افزایش یافت. همچنین محتوی نسبی آب برگ در همه پایه‌ها، وزن تر برگ در نارنج، وزن تر ساقه در سیترومله، وزن تر ریشه در ترویرسیترنج، نارنج، سیترومله و ماکروفیلا، وزن تر شاخه در نارنج و سیترومله، وزن تر کل در نارنج، سیترومله و ماکروفیلا، نسبت وزن تر ریشه به شاخه در ترویرسیترنج، سیترومله، ماکروفیلا و کلئوپاتراماندارین کاهش داشته است.

در اثر خشکی، بیشترین کاهش محتوی نسبی آب برگ در پایه‌های کلئوپاتراماندارین و ماکروفیلا و بیشترین افزایش درصد نشت یونی نیز در پایه کلئوپاتراماندارین دیده شد. کمترین کاهش محتوی نسبی آب برگ در پایه‌های شانگشا و سیترومله و کمترین افزایش درصد نشت یونی در پایه‌های ترویرسیترنج و مکزیکن‌لایم مشاهده شد؛ بنابراین به‌نظر می‌رسد پایه ترویرسیترنج با نشت یونی کم‌تر و

www.SID.ir

Archive of SID

حفظ مناسب آب، پایه شانگشا با قابلیت حفظ و نگهداری بیش‌تر آب در برگ‌ها و پایه پونسیروس با تعرق کم‌تر و کاهش جریان آب و بالطبع نسبت وزن خشک ریشه به شاخه بیشتر تحمل بهتری نسبت به خشکی از خود نشان دادند.

سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی نویسنده اول با شماره فروست ۵۱۳۲۷ مورخ ۹۶/۰۲/۱۶ پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری است که از حمایت مالی آن مجموعه قدردانی می‌شود.

REFERENCES

1. Amarnameh of Agricultural. (2015). Agricultural center for information and communication technology, planning and economic deputy, ministry of Jihad agriculture, PP. 40-49.
2. Alizadeh, A., Alizadeh, V., Nassery, L. & Eivazi, A. (2011). Effect of drought stress on apple dwarf rootstocks. *Technical Journal of Engineering and Applied Science*, 3, 86-94.
3. Allario, Th., Brumos, J., Colmenero-Flores, J.M., Iqlesias D.J., Pina, J.A., Navarro, L., Talon, M., Ollitrault, P. & Morillon, R. (2013). Tetraploid rangpur lime rootstock increases drought tolerance via enhanced constitutive root abscisic acid productionpce. *Plant, Cell and Environment,* 36 (4), 856-868.
4. Arji, E., Arzani, K. & Ebrahimzadeh, H. (2003). Accumulation of proline and total soluble sugars in five cultivars *olea europaea* L. exposed to drought stress. *Iran Biology Journal*, 16(4). (in Farsi)
5. Beniken, L., Omari, F. E., Dahan, R., Van Damme, P., Benkirane R. & Benyahia H. (2013). Screening of ten citrus rootstocks to drought stress. In: *1st International Plant Breeding congress*, 10-14 Nov, Gent University, Antalya, Turkey, p. 19.
6. Bolat, I., Dikilitas, M., Ercisli, S., Ikinci, A. & Tonkaz, T. (2014). The effect of water stress on some morphological, physiological and biochemical characteristics and bud success on apple and quince rootstocks. *Scientific World Journal*, Article ID 769732, 1-8.
7. Fotouhi Ghazvini, R., Heidari, M. & Hashempour, A. (2011). *Physiology and molecular biology of stress tolerant in plants*. Mashhad University Press.
8. Garcıa-Sancheza, F., Syvertsena, J. P., Gimenoc, V., Botlab, P. & Perez-Perezb, J. G. (2007). Responses to flooding and drought stress by two citrus rootstock seedlings with different water-use efficiency. *Physiologia Plantarum*, 130, 532-542.
9. Ghaderi, N., Talaei, E., Ebadi, A. & Lesani, H. (2010). Effect of drought stress and renewable irrigation on some of the physiological charachteristics in three Vitis cultivar included sahani, farokhi and white seedless. *Iran Horticultural Science Journal*, 41(2), 179-188. (In Farsi)
10. Golein, B. & Adoli, B. (2011). *Citrus (Planting).* Novin Pouya Press.
11. Haghighatnia, H., Nadian, H. A. & Rejali, F. (2011). Effects of mycorrhizal colonization of growth, nutrients uptake and some other characteristics of *Citrus Volkameriana* rootstock under drought stress. *World Applied Science Journal*, 13(5), 1077-1084.
12. Heath, R. L. & Packer, L. (1968). Photoperoxidation in isolated chloroplasts. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives. *Biochemistry and Biophysics*, 125, 189-198.
13. Jimenez, S., Dridi, J. Gutierrez, D., Moret, D., Jrigoyen, J. J., Moreno, M. A. & Gogorcena, Y. (2013). Physiological, biochemical and molecular responses in four prunus rootstocks submitted to drought stress. *Tree Physiology*, 33(10), 1061-75.
14. Levyt, Y. & Syvertsen, J. P. (1983). Effect of drought stress and vesicular-arbuscular mycorrhiza on citrus transpiration and hydrolicconductivity of roots. *New Physiology*, 93, 61-66.
15. Metheney, P. D., Ferguson, L., Goldhamer, D. A. & Dunai, J. (1994). Effects of irrigation on Manzanillo olive flowering and shoot growth. *Acta Horticulturae*, 356, 168-171.
16. Morgan, J. M. (1984). Osmoregulation and water stress in higher plants. *Annual Review Plant Physiology*, 35, 299-319.
17. Rabiei, V., Talaei, A. R., Peterlonger, E., Ebadi, A. & Ahmadi, A. (2004). Effect of deficit irrigation on vitis fruit compounds in cultivar merlot at late season. *Journal of Iran Agricultural Sciences*, 34(4), 961-968. (in Farsi)
18. Rodríguez-Gamir, J., Primo-Millo, E., Forner, J. B. & Forner-Giner, M. A. (2010). Citrus rootstock responses to water stress. *Scientia Horticulturae*, 126, 95-102.
19. Save, R., Biel, C., Domingo, R., Ruiz-Sanchez, M. C. & Torrecillas, A. (1995). Some physiological and morphological characteristics of *Citrus* plants for drought resistance. *Plant Science*, 110, 167-172.
20. Whitlow T. H., Bassuk, N. L., Ranney, T. G. & Reichert, L. D. (1992). An improved method for using electrolyte leakage to assess membrane competence in plant tissues. *Plant Physiology*, 98, 198-205.
21. Wu, Q. Sh., Zou, Y. N., Xia, R. X. & Wang, M. Y. (2007). Five *Glomus* species affect water relations of *Citrus tangerine* during drought stress. *Botanical Studies*, 48, 147-154.
22. Yazdani, N., Arzani, K. & Arji, E. (2007). Modulation of drought stress with Paclobutrazol application in two Olea cultivars (Blaidi and Meision). *Iran Agricultural Science Journal*, 38(2), 287-296. (in Farsi)

www.SID.ir