مجله علمی ترویجی گل و گیاهان زینتی (۱۳۹۵)، ۱(۲): ۶۹- ۷۸

# معرفی گیاهان گوشتی متحمل به خشکی مناسب برای فضای سبز شهری

میرزایی سحر[1*]، خوشخوی مرتضی[2]، دستوری مونا[2]

۱. پژوهشکده گل و گیاهان زینتی، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، محلات، ایران

۲. بخش باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران.

* sahar_mirzaei81@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰۳/۱۳، تاریخ بررسی مجدد: ۱۳۹٤/۰۵/۲٦، تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۷/۱۸

## چکیده

خشکی یکی از مهمترین عوامل محیطی می‌باشد که حداقل ۲۵٪ از تولیدهای جهانی را محدود می‌سازد. کمیت و کیفیت رشد گیاهان به تقسیم، طویل شدن و تمایزیابی سلول‌ها بستگی دارد و تمام این عوامل ممکن است تحت تاثیر تنش آبی قرار گیرند. همچنین، ترکیب‌های مختلف گیاهی، به شدت تحت تاثیر شرایط محیطی مختلف قرار می‌گیرند. استفاده از گیاهان مقاوم به کم آبی و تنش خشکی در فضای سبز در بحران کم آبی کشور بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در راستای دستیابی به هدف مذکور، این پژوهش در مرکز پژوهشی باغ گیاهشناسی ارم در شیراز انجام گرفت تا درجه تحمل گیاهان گوشتی *Crassula portulacaria*، *Echeveria elegans*، *Kalanchoe laxiflora*، *Echeveria affinis* در شرایط کمبود آب، با اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی (میزان کلروفیل، میزان پرولین، تبادل یونی، وزن‌تر و خشک ریشه‌ها و ساقه‌ها) بررسی شود. گیاهان هم اندازه در گلدان‌های با قطر ۲۰ سانتی‌متر کاشته شدند و در فضای آزاد مشابه محلی که در نهایت در فضای سبز کاشته می‌شدند، قرار داده شدند. در مدت ۲ ماه از گرم‌ترین ماه‌های سال یعنی تیر و مرداد، ٦ دور آبیاری (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ روز) به کار برده شد تا وقتی که خاک گیاهان به ظرفیت مزرعه رسید. نتایج نشان که تنش آبی، وزن‌تر و خشک ریشه و ساقه را کاهش داد. مقدار پرولین، نشت یونی و مقدار کلروفیل در همه گیاهان مورد مطالعه تحت شرایط این آزمایش به طور معنی‌داری افزایش یافتند. در نتیجه این پژوهش، با در نظر گرفتن تمام ویژگی‌های اندازه‌گیری شده، دور آبیاری ۵ روزه، موجب بالاترین عملکرد در گیاهان شد و همه گیاهان مورد بررسی به عنوان گیاهان مقاوم به کم آبی برای استفاده در فضای سبز توصیه می‌گردند.

**کلمات کلیدی:** پرولین، تنش آبی، ساکولنت، کلروفیل، نشت یونی، وزن‌تر، وزن خشک



[ Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.26765993.1395.1.2.7.2 ]

## مقدمه

با توجه به بحران خشکسالی‌های اخیر و پیامدهای آن نیاز به تغییر الگوی کشت در فضای سبز، استفاده از گیاهان مقاوم به خشکی و کم آبی ضروری است. در نواحی که دمای مطلوب اجازه رشد گیاه را می‌دهد، کمبود آب یکی از محدود کننده‌ترین فاکتورها برای محصول آوری گیاه می‌باشد و سرعت رشد بستگی به در دسترس بودن آب دارد. آب، ۹۰-۸۰٪ توده گیاهان غیر چوبی را تشکیل می‌دهد، فاکتور اصلی در تمام پروسه های فیزیولوژیکی گیاه آب می‌باشد، زیرا ماده اصلی برای انتقال متابولیت‌ها و مواد مغذی است (Salehi Lisar *et al.* 2012). با توجه به نقش ضروری آب در متابولیسم گیاه، در هر دو سطح سلولی و گیاه کامل، هر نقصانی در فراهم بودن آب، اثر فوری بر رشد گیاه دارد. خشکی شرایطی است که پتانسیل آب گیاه پایین تر و فشار تورژسانس در حدی می‌رسد که گیاه با مشکلاتی در انجام عملیات فیزیولوژیکی نرمال مواجه می‌شود. خشکی، به عنوان یک تنش محیطی ، بالقوه چند وجهی می‌باشد و در سطوح مختلف از سیکل زندگی گیاهان اثر گذار می‌باشد. در واقع، در شرایط خشکی طولانی، امکان دارد گیاه دچار خشکی شده یا از بین برود. تنش آبی در گیاهان نسبت آب سلولی و تورژسانس گیاه را کاهش می‌دهد، که باعث افزایش غلظت محلول‌های درون سیتوسول و ماتریکس برون سلولی می‌شود (Salehi Lisar *et al.* 2012). گیاهان گوشتی از جهت زیبایی منظر، سازگاری بالا، توانایی نگهداری آب در خود برای مدت طولانی، جایگزین بسیار مناسبی برای گیاهان پر مصرف فضای سبز می‌باشند. در این پژوهش آستانه تحمل این گیاهان، با دوره‌های آبیاری متفاوت، مورد ارزیابی قرار گرفت.

## مواد و روشها

این تحقیق در مرکز تحقیقاتی باغ گیاه شناسی ارم، دانشگاه شیراز در سال ۹۲-۹۱ با استفاده از گیاهان گوشتی با نامهای (۱) *Crassula portulacaria* ، (۲) *Echeveria elegans*، (۳) *Kalanchoe laxiflora* ، (٤) *Echeveria affinis* انجام شد. در طول آزمایش، میانگین حداقل و حداکثر دمای روزانه به ترتیب ۱۵°C و ۳۵°C بود. گیاهان مورد نظر توسط مرکز تحقیقاتی باغ گیاهشناسی ارم فراهم گردید و در گلدان‌هایی با قطر ۲۰ سانتیمتر کاشته شدند و ٦ تیمار در ٤ تکرار بر آنها اعمال شد. به منظور یکسان سازی، تعداد گیاهان به یک گیاه در گلدان کاهش یافت و گیاهان به مدت ۳ ماه قبل از شروع آزمایش رشد داده شدند. هر گلدان پلاستیکی شامل ۲ کیلو خاک خشک شامل مخلوط ۱/۳ شن + ۱/۳ خاک + ۱/۳ کمپوست بود. گلدان‌های سیاه با یک پلاستیک سیاه پوشیده شدند تا از تبخیر آب جلوگیری شود. هر روز گلدان‌های کنترل تا نقطه اشباع آبیاری می‌شدند و وزن آنها ثبت می‌گردید. تیمارهای آبیاری روزانه تا زمانی که وزن گلدان‌ها ثابت شد و خاک به ظرفیت مزرعه رسید ادامه پیدا کرد. سپس میزان کلروفیل، میزان پرولین، تبادل یونی، وزن تر و خشک ریشه‌ها و ساقه‌ها اندازه‌گیری گردید. وزن تر و خشک: گیاهان مورد نظر به صورت تصادفی در ٤ تکرار جمع آوری شدند. ابتدا گیاهان با آب شسته شدند تا هرگونه گرد وخاک و ذرات خارجی از آنها جدا شود. ساقه و ریشه هر گیاه از هم جدا گردید، سپس وزن هر کدام جداگانه توسط ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد تا وزن‌تر (FW) آنها بدست آید. به منظور محاسبه وزن خشک (DW) نمونه‌های گیاهی به مدت ٤٨ ساعت در آون با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. تمام اندازه گیری‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم انجام شد. **نشت یونی:** اندازه‌گیری نشت یونی به منظور تعیین میزان نفوذ پذیری غشاء ضروری می‌باشد. میزان نشت یونی با استفاده از دستگاه EC متر اندازه‌گیری گردید و سپس بر طبق روش استاندارد Bulm & Ebercon (1981) محاسبه شد. چهار گیاه به صورت تصادفی با چهار تکرار استفاده شد و ۱۰ عدد دیسک از گیاهان هر تیمار جدا شد. نمونه‌های گیاهی به منظور از



[ Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.26765993.1395.1.2.7.2 ]

بین بردن خاک و ذرات خارجی سه بار با آب مقطرشسته شدند و در ظروف شیشه‌ای که حاوی ۲۵ میلی لیتر آب مقطر بود قرار داده شدند. دهانه ظروف به وسیله آلومینیوم فویل پوشیده و در دمای اتاق (۲۵°C) به مدت ۲٤ ساعت بر روی همزن (۱۰۰ دور در دقیقه) قرار داده شد. پس از خارج کردن نمونه‌ها از انکوباتور، $EC_1$ اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها مجددا در انکوباتور با دمای ۱۲۰°C به مدت ۲۰ دقیقه قرار داده شد. پس از خنک شد محلول در دمای اتاق، $EC_2$ انداره گردید. نشت یونی به صورت $EC_1/ EC_2$ محاسبه و به صورت درصد بیان شد.

**پرولین**

میزان پرولین بر اساس روش استاندارد Troll & Lindsey (1955) اندازه‌گیری می‌گردد. در ابتدا ۰/۵ گرم از گیاه جدا شده و در هاون با کمک ۱۰ میلی‌لیتر از aqueous sulphosalicylic acid سه درصد به صورت بافت نرم و یکنواخت درآورده شد. سپس با کاغذ فیلتر Whatman شماره ۲ صاف شد. استخراج دوبار تکرار و محلول فیلتر شده جمع‌آوری شد. به ۲ میلی لیتر از محلول فیلتر شده، glacial acetic acid (۲ میلی‌لیتر) و ninhydrin (۲ میلی‌لیتر) اضافه و با یکدیگر مخلوط شدند. سپس نمونه‌ها را برای ۱ ساعت در حمام آب گرم گذاشته و پس از آن با گذاشتن در حمام یخ خنک شدند. میزان ٤ میلی‌لیتر toluene به نمونه‌ها اضافه گردید و به مدت ۳۰-۲۰ ثانیه کاملا مخلوط شدند. لایه toluene را جدا کرده و دمای نمونه‌ها به دمای اتاق رسانده شد. جذب رنگ قرمز در ۵۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد و در نهایت میزان پرولین (میکرومول پرولین در هر گرم بافت گیاهی) از طریق فرمول زیر محاسبه گردید.

$$\text{Proline} = \frac{\mu g\ \text{proline/ ml} \times \text{ml toluene}}{115.5\ (\text{پرولین مولکولی وزن})} \times \frac{5}{\text{g sample}}$$

کلروفیل

برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل، یک گرم نمونه گیاهی در یک هاون تمیز ساییده شد، ۲۰ میلی لیتر استون ۸۰٪ به آن اضافه کرده و به له کردن نمونه گیاهی ادامه داده شد تا جایی که بافت نرم و یکدست حاصل گردید. سپس نمونه را به مدت ۵ دقیقه در سانتریفیوژ (۵۰۰۰ دور در دقیقه) قرار داه و پس از آن به ارلن مدرج با حجم ۱۰۰ میلی لیتر منتقل گردید. این فرایند تکرار گردید تا باقیمانده نمونه گیاهی موجود در استون بی‌رنگ شد. حجم محلول درون ارلن را با اضافه کردن استون ۸۰٪ به میلی لیتر رسانده شد. میزان جذب محلول در طول موج ٦٤٥، ٦٦٣ و ٦٥٢ نانومتر اندازه‌گیری و در نهایت میزان کلروفیل (میلی‌گرم کلروفیل در هر گرم بافت گیاهی) توسط فرمول زیر محاسبه گردید.

$$\text{Cholorophyll} = 20.0\ (A645) + 8.02\ (A663) \times \frac{V}{1000 \times W}$$

A = جذب در طول موج خاص

V = حجم نهایی کلروفیل استخراج شده در استون ۸۰٪

W = وزن تر بافت جدا شده

این آزمایش در طرح بلوک کاملا تصادفی (CRBD) با چهار تکرار انجام گردید. آنالیز واریانس با (ANOVA) بر طبق (Panse & Sukatme 1985) انجام شد. آنالیز داده‌ها با نرم افزار SAS و میانگین داده‌ها با LSD در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد جداسازی شدند.

**نتایج و بحث**

وزن‌تر و خشک ریشه‌ها و ساقه‌ها در همه گیاهان گوشتی با افزایش دوره‌های آبیاری کاهش پیدا کرد، اما میزان پرولین، تبادل یونی و میزان کلروفیل کل با افزایش دوره-های آبیاری از ۵ به ۳۰ روز، افزایش پیدا کرد. اثر جنس بر میزان کلروفیل کل، پرولین، تبادل یونی و وزن‌تر و خشک ریشه‌ها و ساقه‌ها در سطح احتمال ۱٪ برای همه گیاهان معنی‌دار بود. هر چند وزن‌تر ریشه‌ها از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. اثر متقابل بین جنس و دوره‌های آبیاری برای میزان پرولین معنی‌دار و برای سایر خصوصیات معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین کلروفیل کل در همه گیاهان گوشتی نشان داد (شکل ۱) که بالاترین



[ Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18 ]

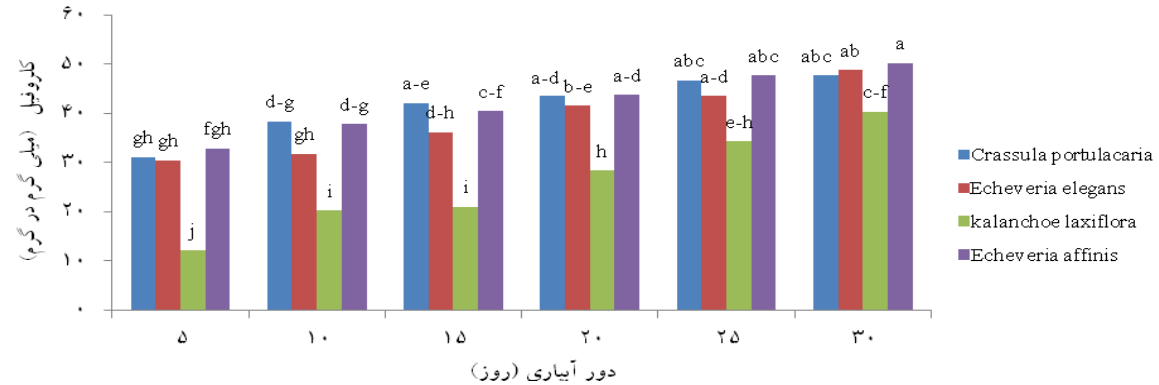
[ DOR: 20.1001.1.26765993.1395.1.2.7.2 ]

میزان کلروفیل (۴۲/۱۳ میلی‌گرم بر گرم) برای *Echeveria affinis* ثبت گردید و پایین‌ترین میزان را (۲۶/۱ میلی‌گرم بر گرم) برای *Kalanchoe laxiflora* نشان داد و اختلاف آنها در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. در شرایطی با میزان کم تنش آبی، میزان کلروفیل کل افزایش پیدا کرد و با افزایش تنش خشکی، میزان آنها به بالاترین مقدار رسید. نتایج این آزمایش با یافته‌های بیفلینک و همکاران (۱۹۸۵) که افزایش میزان کلروفیل در پیاز را تحت تنش خشکی گزارش کردند، مطابقت دارد. بر اساس نتایج کاهش معنی‌داری در میزان کلروفیل در شرایط تنش آبی بالا، در مقایسه با کنترل مشاهده گردید. این نتایج موافق با (Bradford & Hsiao 1982) روی گیاهان مختلف و (Chartzoulakis *et al.* 1993) روی میوه کیوی می‌باشد. اثر متضاد تنش آبی بر روی میزان کلروفیل روی درخت هلو نیز مشاهده شده است (Steinberg *et al.* 1990). مقایسه میانگین داده‌ها اختلاف معنی‌داری در میزان پرولین، بین گیاهان *Crassual portulacaria*، *Kalanchoe laxiflora* و *Echeveria affinis* با *Echeveria elegans* نشان داد (شکل ۲). بالاترین میزان پرولین (۰/۴۵ میکرومول بر گرم) برای *Kalanchoe laxiflora* ثبت شد که اختلاف معنی داری با *Crassula portulacaria* و *Echeveria affinis* نداشت و کمترین میزان پرولین (۰/۰۶ میکرومول بر گرم) برای *Echeveria elegans* بدست آمد که با گیاهان دیگر اختلاف معنی‌داری داشت. یکی از محلول‌هایی که به دفعات مورد مطالعه قرار گرفته است آمینو اسید پرولین می‌باشد و میزان بالای پرولین در گیاهان تحت تنش آبی در گونه‌های مختلف مکرر مشاهده شده است (Clifford *et al.* 1998; Bajji *et al.* 2001) و ممکن است نقش پرولین به عنوان یک تنظیم کننده یا هدایت کننده مولکولی برای فعال کردن پاسخ‌های گوناگون که قسمتی از پروسه مقاوم سازی می‌باشد (Maggio *et al.* 2002; Claussen 2005). در حقیقت یک رابطه مستقیم بین میزان کلروفیل و تولیدات کمبود آبی در گیاهان در زمان‌های متفاوت از این پروسه می‌توان مشاهده کرد (Díaz *et al.* 2005). این نتایج با در نظر گرفتن اینکه جمع شدن پرولین ممکن است هم نتیجه بیوسنتز پرولین و هم جلوگیری از اکسید شدن آن باشد، به آسانی قابل توضیح است (Hong *et al.* 2000). در بیشتر موارد گزارش‌هایی وجود دارند که فعال‌سازی سنتز pyrroline-5-carboxylate synthetase به عنوان آنزیمی که از بیوسنتز پرولین حاصل می‌شود و هم کم شدن پرولین دهیدروژناز (proline dehydrogenase) آنزیمی که از تجزیه پرولین حاصل می‌شود، هر دو در تنش خشکی شدید، شدیدتر از خشکی کم، وجود دارند (Sanada *et al.* 1995). باور بر این است که جمع شدن پرولین نقش مقاومتی در مقاومت به تنش در گیاهان ایجاد می‌کند (Verbruggen & Hermans, 2008). جمع شدن پرولین به عنوان یک شاخص انتخابی برای مقاومت به تنش شناخته شده است (Mafakheri *et al.* 2010; Yancy *et al.* 1982; Jaleel *et al.* 2007). در این آزمایش نشان داده شد که *Kalanchoe laxiflora* اختلاف معنی‌داری در میزان تبادل یونی با سایر گیاهان دارد. بالاترین مقدار تبادل یونی (۷/۸۷ میلی زیمنس بر گرم بر سانتیمتر) برای *Echeveria affinis* و کمترین مقدار (۶/۷۳ میلی زیمنس بر گرم بر سانتیمتر) برای *Kalanchoe laxiflora* ثبت گردید. تیمار تنش آبی باعث افزایش معنی‌داری در میزان تبادل یونی در مقایسه با کنترل گردید (شکل ۳). نتیجه این است که افزایش در تبادل یونی که در شرایط تنش آبی مشاهده شد مربوط به کاهش جذب آب می‌باشد. که این نتایج با گزارش پرماچاندارا و همکاران (۱۹۹۲) همسو می‌باشد. مک دونالد و آرکبولد (۱۹۹۸) نشان دادند که کاهش استفاده آب بر نشت یونی اثر گذار است. در حالی که سایر محققین افزایش نشت یونی را به کاهش غلظت کلروفیل با پیری برگ مرتبط دانستند (Kirnak *et al.* 2001; Dhindsa *et al.* 1981; Chen *et al.* 1991).



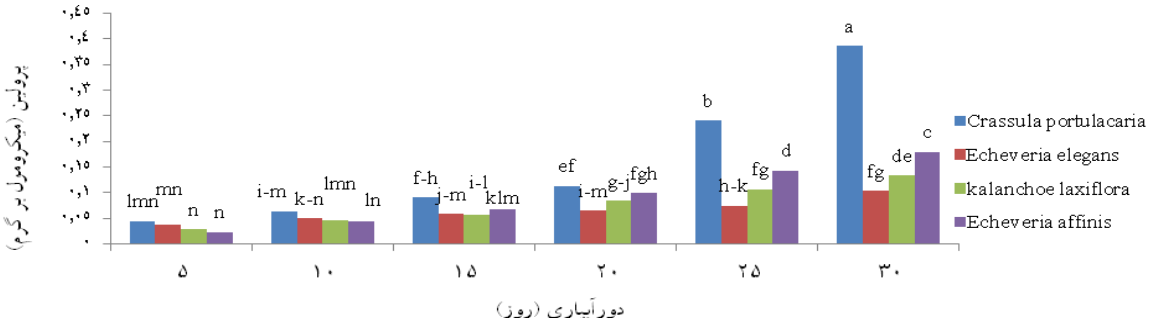
[ Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.26765993.1395.1.2.7.2 ]



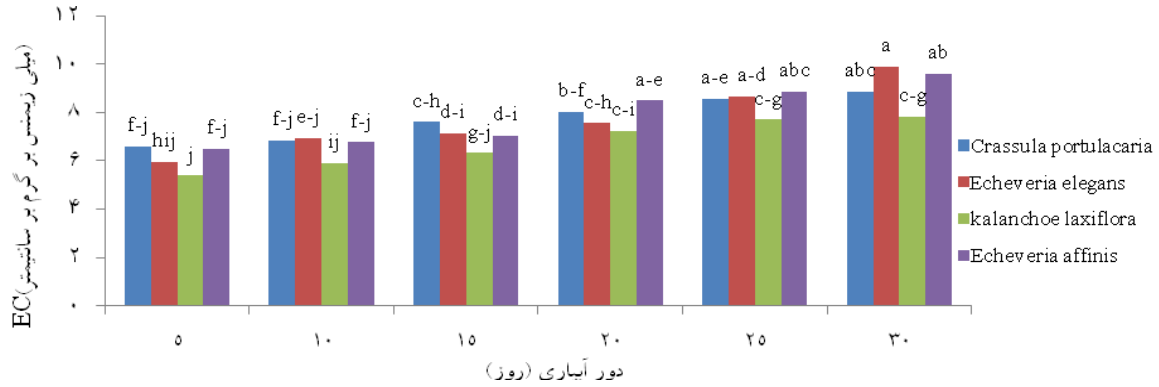

شکل ۱- مقایسه میانگین اثر تنش آبی بر میزان کلروفیل در گیاهان گوشتی

حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین تیمارها براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد است.




شکل ۲- مقایسه میانگین اثر تنش آبی بر میزان پرولین در گیاهان گوشتی

حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین تیمارها براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد است.




شکل ۳- مقایسه میانگین اثر تنش آبی بر میزان تبادل یونی (میلی زیمنس بر گرم بر سانتیمتر) در گیاهان گوشتی

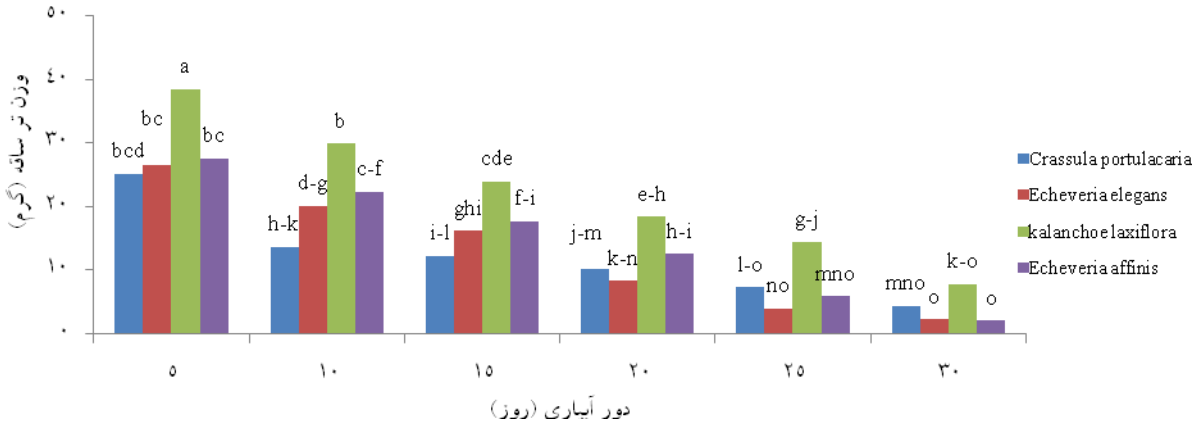
حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین تیمارها براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد است.



[ Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18 ]

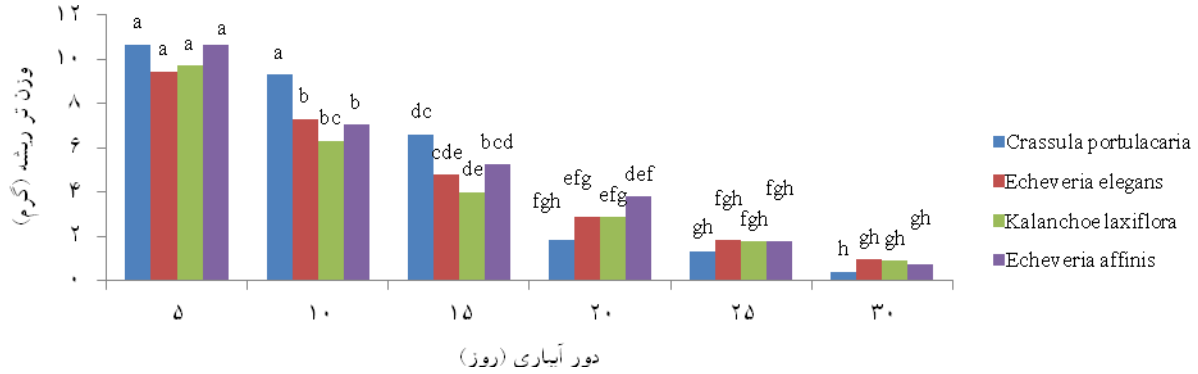
[ DOR: 20.1001.1.26765993.1395.1.2.7.2 ]

مقایسه میانگین هر چهار جنس نشان داد که اختلاف معنی-داری در میزان وزن‌تر ساقه‌ها در هر چهار جنس مشاهده شد. بیشترین مقدار وزن‌تر ساقه‌ها (۲۲/۱۸ گرم) برای *Kalanchoe laxiflora* و کم‌ترین مقدار (۱۱/۶۳ گرم) برای *Echeveria elegans* ثبت گردید که در عین حال اختلاف معنی‌داری با *Crassula portulacaria* نشان نداد. اما با بقیه گیاهان در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌داری نشان داد (شکل ٤). مقایسه میانگین نشان داد که اختلاف معنی‌داری در میزان وزن‌تر ریشه بین گیاهان مورد نظر وجود نداشت. بیشترین مقدار وزن‌تر ریشه (٤/۵۳ گرم) برای *Echeveria elegans* و کم‌ترین مقدار (۳/٦۹ گرم) برای *Kalanchoe laxiflora* ثبت گردید (شکل ۵). مقایسه میانگین برای همه گیاهان در شرایط تنش آبی نشان داد که بالاترین میزان وزن خشک ساقه‌ها (۵/۵۲ گرم) برای *Kalanchoe laxiflora* و پایین‌ترین مقدار (۲/۹۱ گرم) برای *Crassula portulacaria* ثبت گردید که در ضمن اختلاف معنی‌داری با همدیگر در سطح احتمال ۱٪ داشتند (شکل ٦).




شکل ٤- مقایسه میانگین اثر تنش آبی بر وزن تر ساقه در گیاهان گوشتی

حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین تیمارها براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد است.




شکل ۵- مقایسه میانگین اثر تنش آبی بر وزن‌تر ریشه در گیاهان گوشتی

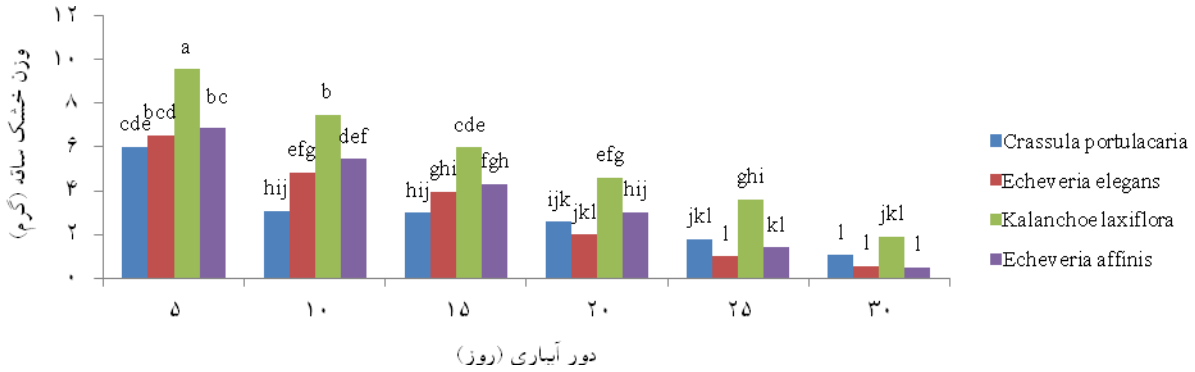
حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین تیمارها براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد است.



[ Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18 ]

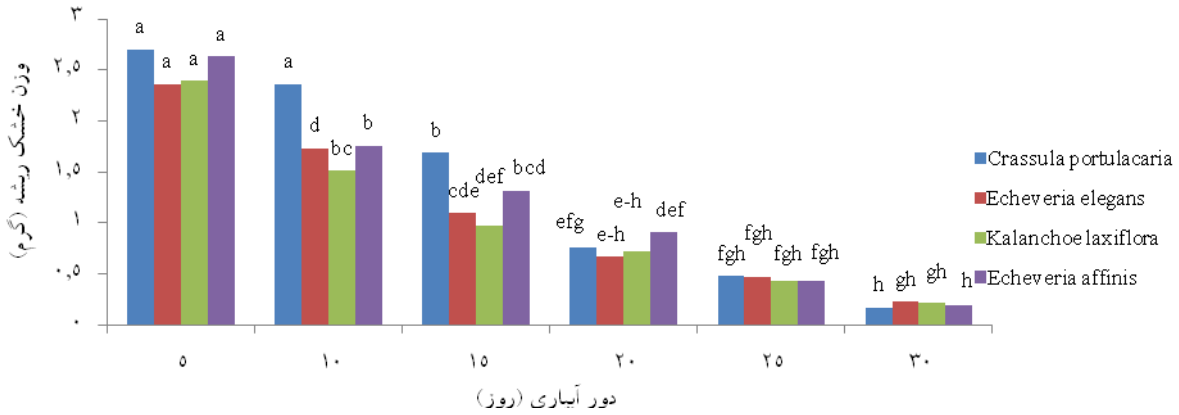
[ DOR: 20.1001.1.26765993.1395.1.2.7.2 ]

به عبارت دیگر *Kalanchoe laxiflora* مقاومت بالاتری به کمبود آب دارد و در مقایسه با جنس دیگر کمتر تحت تاثیر قرار می‌گیرد. مقایسه میانگین برای همه گیاهان نشان داد که اختلاف معنی‌داری در میزان وزن خشک ریشه‌ها در سطح احتمای ۱٪ وجود داشت. *Crassula portulacaria* و *Echeveria affinis* اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند و شرایط همانند برای *Echeveria elegans* و *Kalanchoe laxiflora* وجود داشت. بالاترین مقدار وزن خشک ریشه (۱/۳۵ گرم) برای *Crassula portulacaria* و پایین‌ترین مقدار (۱/۰۳ گرم) برای *Kalanchoe laxiflora* گزارش گردید (شکل ۷). سیستم ریشه که توانایی گیاه را برای بدست آوردن آب افزایش می‌دهد یک مکانیسم مقاومتی اساسی به شرایط خشکی می‌باشد. علاوه بر آن رشد گیاهان با تنش خشکی تحت تاثیر قرار می‌گیرد و خشکی اثرات معنی‌دار شدیدتری بر وزن‌تر و خشک ریشه‌ها و ساقه‌ها دارد. به طور میانگین، همه گیاهان حداکثر وزن‌تر و خشک ساقه را در دوره آبیاری ۵ روزه و حداقل را در دوره آبیاری ۳۰ روزه نشان دادند.




شکل ٦- مقایسه میانگین اثر تنش آبی بر وزن خشک ساقه در گیاهان گوشتی

حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین تیمارها براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد است.




شکل ۷- مقایسه میانگین اثر تنش آبی بر وزن خشک ریشه در گیاهان گوشتی

حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین تیمارها براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد است.



[ Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.26765993.1395.1.2.7.2 ]

وزن‌تر بالاتر ساقه در *Kalanchoe laxiflora*، ممکن است به خاطر اندازه بزرگتر گیاه باشد که نتیجه‌اش می‌تواند تولید توده سبز بیشتر در گیاه باشد. تولید توده خشک مستقیما به میزان بخار شدن آب مربوط می‌باشد و از آنجاییکه کاهش رشد گیاهان با تبدیل راندمان فتوسنتز کننده‌هایی که به رشد جدید کمک می‌کنند یا تبدیل سرعتی که از آن برای نگهداری ماده خشک موجود استفاده می‌شود (Dubey 1997). رشد گیاه و بارآوری آن در شرایط تنش خشکی شدیدا به فرایندی که توده خشک در آن نقش دارد و توزیع ریشه طیفی و موقتی مربوط می‌باشد. تخصیص توده گیاهی به ریشه و کمیت آن و طول ریشه‌های کاربردی تحت تنش آبی افزایش می‌یابد (Pardo *et al*. 1998; Morgan & Candon 2002). که رشد بالاتر ریشه تحت شرایط کمبود آب می‌تواند مقاومت به خشکی را در گیاهان افزایش دهد (Chaves & Oliveria 2004).

## دستور العمل ترویجی

جهت استفاده از گیاهان گوشتی در فضای سبز شهری موارد ذیل پیشنهاد می‌شوند:

۱) همه گیاهان مورد بررسی (*Crassula portulacaria*، *Echeveria elegans*، *Kalanchoe laxiflora*، *Echeveria affinis*) به عنوان گیاهان متحمل به کم آبی برای استفاده در فضای سبز شهری توصیه می‌شوند .

۲) دور آبیاری ۵ روزه در گرم‌ترین ماه‌های سال برای تولید گیاهان با کیفیت بیشتر و عملکرد بالاتر توصیه می شود.

## سپاسگذاری

این پژوهش به طور کامل توسط بنیاد ملی نخبگان حمایت شد. همچنین نویسندگان مقاله از مرکز تحقیقاتی باغ گیاه شناسی ارم برای فراهم کردن گیاهان و امکانات گلخانه ای کمال تشکر را دارند.

## منابع

Bajji M, Lutts S, Kinet JM (2001).Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. Plant Sci. 160: 669-681.

Beeflink WG, Rozema J, Huiskes AEL (1985). Ecology of coastal vegetation. 2nd Edn. W. Junk Publication, USA. pp. 640.

Blum A, Ebercon A (1981). Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. Crop Sci. 21: 43-47.

Bradford KJ, Hsiao TC (1982). Physiological responses to moderate water stress. P. 263–324. In: Lange O, Nobel PS, Osmond CB, Zeigler H (eds.) Physiological plant ecology: II. Water relations and carbon assimilation. Encyclopedia Plant Physiology Springer, Berlin- Heidelberg. Vol. 12B.

Chartzoulakis K, Noitsakis B, Therios I (1993). Photosynthesis, plant growth and dry matter distribution in kiwifruit as influenced by water deficits. Irrig Sci. 14: 1-5.

Chaves MM, Oliveria MM (2004). Mechanisms underlying plant resilience to water deficit prospects for water saving agriculture. J Exp Bot. 55(407): 2365-2384.

Chen CT, Li CC, Kao CH (1991). Senescence of rice leaves XXXI. Changes of chlorophyll, protein and polyamine contents and ethylene production during senescence of a chlorophyll-deficient mutant. J Plant Growth Regul. 10: 201-205.



[ Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.26765993.1395.1.2.7.2 ]

Claussen W (2005). Proline as a measure of stress in tomato plants. Plant Sci. 168: 241-248.

Clifford SC, Arndt SK, Corlett JE, Joshi S, Sankhla N, Popp M, Jones HG (1998).The role of solute accumulation, osmotic adjustment and changes in cell wall elasticity in drought tolerance in *Ziziphus mauritiana* (Lamk.). J Exp Bot. 49: 967-977.

Dhindsa RS, Plumb DP, Thorpe TA (1981). Leaf senescence correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. J Exp Bot. 32: 93–101.

Díaz P, Monza J, Márquez A (2005). Drought and saline stress in *Lotus japonicus*. In: Márquez AJ (ed.) *Lotus japonicus* Handbook. Springer, the Netherland. pp. 39-50.

Dubey RS (1997). Photosynthesis in plants under stressful conditions. In: Handbook of Photosynthesis. (ed.): M. Passakarli, New York, Marcel Decker. 859-875.

Hong Z, Lakkineni K, Zhang Z, Verma D (2000). Removal of feedback inhibition of Δ1-pyrroline-5-carboxylate synthetase results in increased proline accumulation and protection of plants from osmotic stress. Plant Physiol. 122: 1129-1136.

Jaleel CA, Gopi R, Sankar B, Manivannan P, Kishorekumar A, Sridharan R, Panneerselvam R (2007). Studies on germination, seedling vigour, lipid peroxidation and proline metabolism in Catharanthus roseus seedlings under salt stress, South Afr J Bot. 73: 190 -195.

Kirnak H, Kaya C, Tas I, Higgs D (2001). The influence of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and quality in eggplants. Bulgarian J Plant Physiol. 27(3–4): 34–46.

Kirnak H, Cengiz K, David H, Sinan G (2001). A long-term experiment to study the role of mulches in physiology and macro-nutrition of strawberry grown under water stress. Austral J Agric Res.52 (9) (In press).

Mafakheri A, Siosemardeh A, Bahramnejad B, Struik PC, Sohrabi E (2010) Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. Aust J Crop Sci. 4(8):580-585

Maggio A, Miyazaki S, Veronese P, Fujita T, Ibeas JI, Damsz B, Narasimhan ML, Hasegawa PM, Joly RJ, Bressan RA (2002). Does proline accumulation play an active role in stress-induced growth reduction? Plant J. 31: 699-712.

McDonald S, Archbold D (1998). Membrane competence among and within *Fragaria* species varies in response to dehydration stress. J Amer Soc Hort Sci. 123(5): 808-813.

Morgan JM AG Condon (2002). Water use, grain yield and osmoregulation in wheat. Aust J Plant Physiol. 13: 523-532.

Pardo JM, Reddy MP, Yang S, Maggio A, Huh GH, Mutasumoto T, Coca MA, Koiwa H, Yun DJ, Watad AA, Bressan RA PM Hasegawa (1998). Stress signaling through $Ca_2$+calmodulin-dependent protein phosphatase calcineurin mediates salt adaptation in plants. Proc. Natl Acad Sci USA. 95: 9681-9686.

Premachandra GS, Saneoka H, Fufita K, Ogata S (1992). Leaf water relations, osmotic adjustment, cell membrane competence, epicuticular wax load and growth as affected by increasing water deficits in sorghum. J Exp Bot. 43: 1569-1576.

Salehi Lisar SY, Motafakkerazad R, Mosharraf M Mosharraf Hossain M, Rahman IMM (2012). Water stress in plants: causes, effects and responses. Water Stress, Prof. Ismail Md. Mofizur Rahman (Ed.): ISBN-978-953-307-963-9.In Tech. DOI: 10.5772/39363 Available from: https//www.intechopen.com/book/water stress in plants-causes-effects-and-responses.

Sanada Y, Ueda H, Kuribayashi K, Andoh T, Hayashi F, Tamai N, Wada K (1995). Novel light-dark change of proline levels in halophythe (*Mesembryanthemum crystallinum* L.) and glycophytes (Hordeum vulgare L. and *Triticum aestivum* L.): Leaves and roots under salt stress. Plant Cell Physiol. 36: 965-970.

Steinberg SL, Miller JC, McFarland MJ (1990). Dry matter patitioning and vegetative growth of young peach trees under water stress. Aust J Plant Physiol. 17: 6-23.

Troll W, Lindsey J (1955) A photometric method for the determination of proline. J Biol Chem. 215: 655-660.



[ Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.26765993.1395.1.2.7.2 ]

Verbruggen N, Hermans C (2008). Proline accumulation in plants: a review. Amino Acids. 35: 753 759.

Yancey PH, Clark ME, Hand SC, Bowlus RD, Somero GN (1982). Living with water stress: evolution of osmolyte systems. Science. 217: 1214–1222.

# Introduction of Drought Tolerant Succulents Suitable for Urban Landscaping

Mirzaei Sahar[1*], Khosh-Khui Morteza[2], Dastoory Mona[2]

1. Ornamental Plants Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mahallat, Iran.
2. Department of Horticulture Science, Shiraz University, Iran.

*sahar_mirzaei81@yahoo.com

## Abstract

Drought is the most important abiotic factor that limits at least 25% of production of world fields. The quantity and quality of plant growth depend on cell division, enlargement and differentiation and all of these factors may be affected by water stress. Also, different plant compounds are strongly influenced by different environmental conditions. The present study was carried out in Eram Botanical Garden Research Center to investigate the degree of drought tolerance in succulents (*Crassula portulacaria*, *Echeveria elegans*, *Kalanchoe laxiflora*, *Echeveria affinis*) by measuring morphological and physiological characters (amount of chlorophyll, proline, electrical conductivity, wet weight of shoot and root, dry weight of shoot and root) under water deficit conditions. Uniform plants were planted (in 20 cm pots) and kept at open area where they would be finally planted in landscape. Six irrigation intervals (5, 10, 15, 20, 25 and 30 days) were applied until the plant soils reached to field capacity for about 2 critical warmest months of June and July in the area. The experiment was conducted as a complete randomized block design with four replications for each treatment. Results showed that water deficit stress decreased shoot and root fresh and dry weights. Proline content, electrical conductivity and total chlorophyll content was significantly increased in all the succulents under the condition of this experiment. In conclusion, a 5 –day irrigation interval resulted in the highest growth and all of the plants in this study were recommended as drought tolerant plants for landscape design.

**Key words:** Chlorophyll, Dry weight, Electrolyte leakage, Fresh weight, Proline, Succulent, Water stress.

[ Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.26765993.1395.1.2.7.2 ]