نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷، ص. ۵۲۹-۵۱۹
شاپا: ۴۷۳۰-۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No. 4, Winter 2019, p. 519-529
ISSN: 2008 - 4730

تأثیر تنش آبی بر صفات فیزیومورفولوژیک و محتوای پرولین سه رقم گل اطلسی

مریم کمالی[۱]- محمود شور[۲*]- سید حسین نعمتی[۳]- امیر لکزیان[۴]- حمیدرضا خزاعی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۱۷

چکیده

کمبود آب از تنش‌های مهم غیرزیستی است که رشد گیاه را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. به منظور بررسی اثر تنش آبی بر سه رقم گل اطلسی پرکاربرد در فضای سبز شهر مشهد آزمایشی گلدانی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار طراحی و اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۴ سطح آبیاری (۱۰۰ درصد (شاهد))، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) و ۳ رقم اطلسی (Supercascade، Tango blue و Tango white) بود. نتایج نشان داد برهمکنش اثر رقم و سطوح آبیاری بر وزن خشک، سطح برگ، تعدادگل، قطر گل، طول جام گل، کلروفیل کل، نشت الکترولیت، محتوای رطوبت نسبی و میزان پرولین معنی‌دار بود. بیشترین وزن خشک ساقه (۱/۷۶گرم) در شاهد تنش (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و در رقم Tango White بود. ضمن اینکه بیشترین وزن خشک برگ (۲/۰۷ گرم) و وزن خشک ریشه (۰/۴۳ گرم) در رقم Tango Blue مشاهده شد. با افزایش تنش از ۱۰۰ درصد به ۴۰ درصد ظرفیت زراعی، سطح برگ در رقم Supercascade از ۳۱۴ به ۴۹، در رقم Tango Blue از ۴۰۵ به ۴۴ و در رقم Tango White از ۴۵۹ به ۶۹ سانتی متر مربع رسید. بعد از اعمال تنش ۸۰ درصد در رقم Supercascade ۲ درصد، در رقم Tango Blue ۱۰ درصد و در رقم Tango White ۳ درصد و بعد از اعمال تنش ۴۰ درصد در رقم Supercascade ۱۷ درصد، در رقم Tango Blue ۹ درصد و در رقم Tango White ۱۰ درصد نشت الکترولیت نسبت به شاهد افزایش یافت. مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و رقم بر مقدار پرولین نیز نشان داد بیشترین مقدار پرولین در رقم Tango White و در تنش خشکی ۴۰ درصد ظرفیت زراعی و پس از آن در رقم Tango Blue و در تنش ۴۰ درصد تجمع یافته است. به طور کلی دو رقم Tango Blue و Tango White هم در شرایط شاهد آبیاری رشد بهتری داشتند و هم در شرایط کم آبیاری مقاوم تر بودند.

واژه‌های کلیدی: پرولین، تعداد گل، سطح ویژه برگ، کلروفیل کل، نشت الکترولیت

مقدمه

خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که مراحل مختلف رشد و نمو گیاه مانند مرحله جوانه‌زنی، استقرار گیاهچه و تولید محصول را در سرتاسر جهان تحت تأثیر قرار می‌دهد. نواحی تحت تنش به نواحی گفته می‌شود که میزان بارندگی سالیانه آن‌ها کمتر از ۵۰۰ میلی‌متر باشد (۱۹). ایران با متوسط بارندگی ۲۴۰ میلی متر جزء این نواحی می‌باشد. در سال‌های اخیر، به علت تغییرات در شرایط آب و هوایی و نیز افزایش سطح دی‌اکسیدکربن اتمسفری، تنش خشکی بسیار شدیدتر شده است. به این ترتیب شناسایی واریته های گیاهی مقاوم به تنش خشکی یک ضرورت است. از طرفی ایجاد و احداث فضای سبز در بسیاری از کشورهای دنیا و به خصوص کشورهای توسعه یافته بر اساس پتانسیل‌های محل و از جمله آب، هوا و خاک صورت می‌پذیرد. کاهش نزولات، کمبود آب و هزینه‌های بالای نگهداری یکی از معضلات اساسی در احداث فضای سبز هر منطقه متناسب با تمام شرایط میکروکلیمائی آن منطقه و با توجه به مقاومت گیاهان نسبت به عوامل نامساعد تصمیم‌گیری می‌شود (۲۲). بررسی مکانیسم‌هایی که گیاهان را قادر می‌سازد تا با تنش خشکی سازش پیدا کنند و رشدشان را تحت آن شرایط حفظ نمایند، در نهایت می‌تواند در انتخاب گیاهان مقاوم به تنش برای کشت در مناطق خشک و نیمه خشک کمک کند. عکس‌العمل گیاهان مختلف و حتی ارقام مختلف از یک گیاه نسبت به تنش خشکی متفاوت است (۲۶). هارد اولین کسی بود که تهیه ارقام متحمل به خشکی در شرایط تنش آبی مصنوعی را به روش انتخاب، مطرح نمود و انتخاب محیط

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش آموخته دکتری باغبانی، دانشیار و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: shoor@um.ac.ir
۴- استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۵- استاد گروه زراعت و اصلاح و نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i2.58195

www.SID.ir

Archive of SID

آزمایش متناسب با اقلیم منطقه تنش را شرط نهایی موفقیت در آزمایش دانست (۸). درصد مادهٔ خشک، محتوای نسبی آب برگ، تنظیم اسمزی و دمای گیاه از جمله صفات فیزیولوژیکی‌اند که می‌توانند تا حدود زیادی به عنوان شاخص‌هایی برای شناسایی ارقام مقاوم به تنش به کار گرفته شوند. کاهش محتوای نسبی آب برگ، بسته شدن روزنه‌ها را تحریک می‌کند و به دنبال بسته شدن روزنه‌ها سرعت فتوسنتز نیز کاهش می‌یابد. بنابراین هرچه محتوای نسبی آب برگ در یک رقم در شرایط خشکی بیشتر باشد مقاومت آن نیز بیشتر خواهد بود (۱۷). تجمع پرولین در بافت‌های گیاهی که آب از دست داده اند اولین بار در سال ۱۹۵۴ گزارش شد (۱۷). افزایش غلظت این اسید آمینه که به تنظیم اسمزی کمک می‌کند، ناشی از چند عامل گزارش شده است از جمله: ممانعت از تجزیه پرولین، جلوگیری از ورود پرولین به پروتئین و یا افزایش تجزیه پروتئین که ممکن است با کاهش رشد همراه باشد (۱۰). نتایج آزمایشات نشان داده‌اند که تجمع پرولین وکربوهیدرات‌های محلول درجهت تنظیم اسمزی درصورتی روی می‌دهد که پتانسیل آب بیش از یک مگاپاسکال کاهش یابد (۱۰). شمس و همکاران (۱۳۸۹) با مطالعه سه رقم اطلسی گزارش کردند تنش ۵۰ درصد باعث کاهش معنی‌دار تعداد شاخه اصلی، تعداد شاخه‌ی فرعی، تعدادگل و قطر گل در هر سه رقم گردید (۲۳). در تحقیقات بر روی شمعدانی و گل حنا نیز تنش آبی، تفاوت معنی‌داری در ارتفاع گیاه با تغییر سطوح محتوی آب خاک ایجاد نکرد و فقط در تنش شدید نسبت به حالت متوسط، ارتفاع در گل حنا کمی کاهش یافت (۶). رزمجو و همکاران (۱۳۸۳) گزارش کردند که تنش خشکی در اطلسی ایرانی، رعنا زیبا و شمعدانی منجر به کاهش ارتفاع گیاه گردید ولی این کاهش ارتفاع معنی‌دار نبود (۲۰). تقلیل آب مصرفی در گیاه همیشه بهار منجر به کاهش اندازه و تاج پوش گیاه گردید (۱۸). یکی از گل‌های رایج در فضای باز اطلسی می‌باشد. گل اطلسی با نام علمی *Petunia hibrida* گیاهی یکساله و یا چندساله از خانواده Solanaceae می‌باشد. این گیاه به سرما حساس بوده و گونه اصلی آن بومی آرژانتین است. گل اطلسی به رنگ‌های سفید، قرمز، بنفش، صورتی، زرد، آبی و ابلق دیده می‌شود (۷). علی‌رغم استفاده وسیع از گل اطلسی در فضای سبز شهری، پژوهش‌های اندکی در ارتباط با مقایسه اراقام مختلف گل اطلسی صورت گرفته است. بنابراین آزمایش فوق با هدف مقایسه ویژگی‌های رشدی سه رقم پرکاربرد اطلسی در فضای سبز شهری و بررسی مقاومت به تنش خشکی (کم آبیاری) این سه رقم طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در پاییز و زمستان ۱۳۹۳ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با میانگین دمای روزانه ۲۷ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۷۵٪ و شدت نور ۳۵ کیلو لوکس و به صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملا تصادفی طراحی و اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل ۴ سطح تنش خشکی (۱۰۰ (سطح بدون تنش و شاهد)، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) و سه رقم گل اطلسی بود. بذر گل اطلسی (*Petunia* spp.) هیبرید F1 از شرکت فضای سبزسازان تهران تأمین شد. بذر سه رقم گل اطلسی به شرح ذیل بود: اطلسی گلبهی *Petunia hybrida* var Salmon Supercascade از شرکت PanAmerican آمریکا با ۹۱ درصد جوانه‌زنی، اطلسی بنفش تیره کم پر *Petunia grandiflora* F1 var Tango blue از شرکت Hemgenetics هلند با ۸۹ درصد جوانه‌زنی، اطلسی سفید *Petunia grandiflora* F1 var Tango white از شرکت Hemgenetics هلند با ۸۶ درصد جوانه‌زنی. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده

Table 1- Physico-chemical properties of the used soil

EC (ds/m)	pH	N (%)	Organic matter (%)	Lime (%)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	K (ppm)	Na (ppm)	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)
0.98	7.0	0.049	3.41	9	1.5	3.2	0.59	1.2	24.8	25.4	49.8

برای تعیین میزان آب مورد نیاز هر گلدان در هر بار آبیاری در ابتدای آزمایش ظرفیت زراعی خاک مورد نظر مشخص گردید. جهت انجام این کار پنج گلدان با وزن و اندازه یکسان انتخاب و درون تمام آن‌ها به میزان مساوی از خاک تهیه شده برای آزمایش پر شد و به اندازه کافی با آب اشباع گردید. گلدان‌ها در زیر نایلون قرار گرفت تا آب فقط از طریق ثقلی خارج گشته و هر هشت ساعت یکبار وزن آنها یادداشت شد. بعد از ثابت شدن منحنی آب با توزین گلدان‌ها میزان آب در ظرفیت زراعی مشخص و با وزن شدن روزانه گلدان‌ها بر اساس کمبود آب نسبت به سطح مربوطه میزان آب آبیاری تعیین شد. بذرها در سینی های کشت حاوی مخلوط کوکوپیت و پیت ماس با نسبت ۱:۱ کشت شدند. بعد از طی چهار هفته و در مرحله ۴ برگی نشاهای فوق به گلدان‌های دو کیلویی حاوی خاک مزرعه، ماسه، کود

www.SID.ir

Archive of SID

دامی و خاکبرگ به نسبت حجمی ۱:۱: ۰/۵: ۰/۵ منتقل شدند. دو هفته پس از کشت، بعد از استقرار کامل نشا در گلدان، تیمارهای تنش خشکی بر سه رقم گل اطلسی اعمال شد. به این ترتیب گیاهان جمعا به مدت ۴۰ روز تحت تیمار کم آبی قرار گرفتند. طی دوره گلدهی تعداد گل‌های کاملا شکوفا شمارش شده، قطر گل، طول دمگل و طول جام گل با کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد و بعد از برداشت به منظور تعیین وزن خشک، گل‌های برداشت شده در آون ۷۲ درجه خشک و با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ توزین شد. به منظور تعیین میزان پایداری غشای سلولی از شاخص نشت الکترولیت استفاده شد. در این روش ابتدا قطعاتی برگی با اندازه ۲ سانتی‌متر تهیه شد. این قطعات پس از شست و شو همراه با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر در لوله‌های آزمایش قرار گرفتند. سپس لوله‌ها به مدت ۱۷ تا ۱۸ ساعت به وسیله شیکر تکان داده شدند. در این مرحله هدایت الکتریکی اولیه (EC1) بوسیله دستگاه هدایت‌سنج (EC متر)، اندازه‌گیری شد. سپس لوله‌های آزمایش به اتوکلاو با درجه حرارت ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه انتقال داده شدند. و بدین طریق هدایت الکتریکی ثانویه (EC2) نیز پس از سرد شدن محتویات داخل لوله‌های آزمایش انجام گرفت. در نهایت مقادیر نشت الکترولیت از طریق رابطه زیر محاسبه شد:

$$El\ (\%) = (EC1/EC2) \times 100$$

تعیین میزان کلروفیل a، b ،کل و کارتنوئید با نمونه‌گیری تصادفی از برگ‌های بالغ مطابق روش لیچتنتالر و همکاران (۱۲) بود. بدین منظور ابتدا با استفاده از استون، عصاره‌گیری انجام و نهایتا میزان جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۵۴ و ۴۷۰ قرائت شد.

معادله (۱) $CHLa = 12.5A_{663} - 2.79A_{645}$

معادله (۲) $CHLb = 21.51A645 - 5.1A663$

معادله (۳) $CHLt = CHLa + CHLb$

معادله (۴) $Car. = ((1000A470) - (1.8CHLa) - (85.02CHLb))/198$

محتوای رطوبت نسبی آب برگ نیز در برگ‌های کاملا توسعه یافته بعد از مشاهده علایم تنش مطابق با رابطه زیر محاسبه شد:

$$RWC\ (\%) = (Fw-Dw) / (Tw-Dw) \times 100$$

FW، DW و TW به ترتیب نشانگر وزن تر، خشک و آماس نمونه‌های برگی می‌باشد. در پایان آزمایش یعنی بعد از مشاهده علایم تنش در فاز زایشی صفات مورفولوژیک شامل ارتفاع گیاه، تعداد برگ و سطح برگ اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری وزن خشک ریشه و اندام هوایی (ساقه، برگ و گل) به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به آون منتقل شدند.

سطح ویژه برگی (SLA) از رابطه مقابل در زمان معین تعیین شد:

(وزن ماد ه خشک برگ/ سطح برگ در گیاه)= سطح ویژه برگی

جهت اندازه‌گیری میزان پرولین ۰/۱ گرم برگ خشک شده را در هاون چینی همراه با ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالسیلیک ۳/۳ ٪ ابتدا به خوبی سائیده و سپس با عبور دادن از صافی، عصاره حاصل را در لوله آزمایش ریخته و در مخلوط آب و یخ نگهداری گردید. در مرحله بعد ۲ میلی‌لیتر از معرف ناین هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال (خالص) به هر یک از لوله‌های محتوی عصاره و یا استاندارد افزوده شد. لوله‌ها به مدت یک ساعت درحمام آب جوش (بن ماری) در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و سپس به منظور خنک شدن به داخل مخلوط آب و یخ منتقل شدند. در این مرحله و در زیر هود ۶ میلی‌لیتر تولوئن به‌هر یک از لوله‌های آزمایش افزوده و به مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه شدیداً تکان داده شدند. دراین حالت دو فاز تشکیل می‌شود. بنابراین ۱ میلی‌لیتر از فاز بالایی که محتوی پرولین بوده و طیف رنگی از صورتی تا بنفش را شامل بود، برداشته و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر میزان جذب نور قرائت شد (۴). تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C صورت گرفت و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار EXCEL استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

وزن خشک برگ، ساقه، ریشه و نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی (R/S): تجزیه واریانس مربوط به صفات وزن خشک ریشه، ساقه، برگ و همچنین نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی نشان داد بین رقم‌های مختلف کشت شده، سطوح مختلف تنش خشکی و همچنین بر همکنش دو تیمار مورد بررسی (رقم و تنش خشکی) اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۲). با کاهش میزان آب آبیاری، وزن خشک اجزا گیاه کم شد به‌طوری‌که با کاهش میزان آب ظرفیت زراعی از ۱۰۰ درصد به ۴۰ درصد به ترتیب ۷۷، ۵۶ و ۶۳ درصد کاهش وزن خشک برگ، ساقه و ریشه مشاهده شد (جدول ۳). این در حالی است که در ظرفیت زراعی ۴۰ درصد نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی ۵۰ درصد نسبت به شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) افزایش یافت. این نتایج با نتایج زاده باقری و همکاران (۱۳۹۳) بر گل اطلسی رقم 'دیورد' مبنی بر کاهش وزن شاخساره و ریشه در تنش ۷۵ درصد ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی مطابقت دارد (۲۸). در بین سه رقم اطلسی مورد بررسی، بیشترین وزن خشک ساقه در رقم Tango White و بیشترین وزن خشک ریشه در رقم Tango Blue مشاهده شد. ضمن اینکه وزن خشک برگ در هر دو رقم Tango White و Tango Blue نسبت به Supercascade مقادیر بیشتری داشتند (جدول ۳). بررسی برهمکنش تیمار رقم و تنش خشکی نشان داد بیشترین وزن خشک ساقه (۱/۷۶گرم) در شاهد تنش (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و در رقم Tango White بود. ضمن اینکه بیشترین وزن خشک برگ (۲/۰۷

www.SID.ir

Archive of SID

گرم) و وزن خشک ریشه (۰/۴۳ گرم) در رقم Tango Blue مشاهده شد (جدول ۴). با افزایش سطح تنش خشکی از ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به ۴۰ درصد وزن خشک کل در رقم Supercascade ۵۴ درصد، در رقم Tango Blue ۷۸ درصد و در رقم Tango White ۸۶ درصد کاهش یافت. همچنین بیشترین نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی در رقم Tango Blue و در تنش شدید ۴۰٪ ظرفیت زراعی مشاهده شد (جداول ۴ و ۳). کاهش زیست توده تولیدی در طی افزایش سطح تنش خشکی می‌تواند مربوط به کاهش ارتفاع گیاه، کاهش تعداد گل، شاخه جانبی در بوته، کاهش سطح برگ تولیدی و افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش هوایی گیاه باشد (۹). یکی از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش تورژسانس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول‌ها خصوصاً در ساقه و برگ‌ها است که با کاهش رشد سلول، اندازه اندام محدود می‌شود و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم آبی بر گیاهان را می‌توان از روی اندازه کوچکتر و تعداد کمتر برگ‌ها تشخیص داد. به علاوه در شرایط کم آبی، جذب مواد و عناصر غذایی نیز کاهش یافته و در نتیجه رشد و توسعه برگ‌ها محدود می‌گردد. متعاقب کاهش سطح برگ، جذب نور نیز کاهش یافته و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد و بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و نهایتاً عملکرد آن دچار نقصان می‌شود (۱). منطبق با نتایج این پژوهش، کاهش مقدار آب آبیاری از ۱۰۰٪ به ۵۰٪ ظرفیت زراعی منجر به کاهش وزن خشک ریشه، برگ و ساقه در اطلسی ایرانی شد (۹).

ارتفاع، تعداد برگ، سطح برگ، سطح ویژه برگ: بررسی نتایج آزمایش نشان داد اثرات ساده رقم و خشکی و همچنین برهمکنش دو تیمار مورد آزمایش در تمام سطوح مورد بررسی در صفات تعداد برگ، سطح برگ و سطح ویژه برگ معنی‌دار بود. اثر ساده رقم و برهمکنش تیمار رقم با تنش خشکی در هیچ یک از سطوح اندازه‌گیری بر ارتفاع گل اطلسی معنی‌دار نشد، ضمن اینکه تیمار تنش خشکی اثر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال ۱ درصد داشت. مقایسه میانگین اعداد مربوط به صفت ارتفاع نشان داد با افزایش تدریجی تنش خشکی ارتفاع گیاه کاهش یافت و از ۱۱/۵۴ سانتی‌متر در شاهد تنش به ۱۳/۴۲ سانتی‌متر در ۸۰ درصد ظرفیت زراعی رسید. ارتفاع گیاه در ۴۰ درصد ظرفیت زراعی ۷ سانتی‌متر بود (جداول ۴ و ۷). کاهش مقدار آب آبیاری تعداد برگ و سطح ویژه برگ را کم کرد. در سطح بهینه آبیاری (عدم اعمال تنش) سطح برگ ۳۹۲ سانتی‌متر مربع بود و بعد از کاهش مقدار آب آبیاری در ۴۰٪ ظرفیت زراعی به ۵۴ سانتی‌متر مربع رسید. در بین ارقام اطلسی مورد مطالعه دو رقم Tango Blue و Tango White تعداد برگ بیشتری داشتند.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک اندازه‌گیری شده (میانگین مربعات) در گل اطلسی

Table 2- ANOVA for morphological traits (Mean of squares) measured in Petunia

درجه آزادی df	منابع تغییر source of variations	طول جام گل length of flower cup	قطر گل Flower diameter	وزن خشک گل Flower dry weight	تعداد گل Flower number	سطح ویژه برگ Specific leaf area	سطح برگ Leaf area	تعداد برگ Leaf number	ارتفاع Height	نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی Root/ Shoot	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight
2	رقم Variety	60.16**	120.45*	0.50**	210.33**	775293.87**	29255.36**	1149.69**	1.46ns	0.01**	0.024*	0.49**	1.714**
3	تنش خشکی Drought stress	70.28**	232.27**	1.62**	437.36**	176164.75**	193774.58**	1628.33**	121.66**	0.0004*	0.076**	0.78**	2.117**
6	رقم×تنش خشکی Variety × Drought stress	31.35**	88.48*	0.32**	85.88*	182019.76**	6794.19**	119.91*	8.76ns	0.01**	0.026**	0.42**	0.327**
24	خطا Error	7.32	39.78	0.07	12.02	11064.6	655.21	51.44	7.28	0.001	0.005	0.04	0.067
	ضریب تغییرات CV (%)	10.43	11.02	59.54	46.76	30.30	11.04	24.22	23.11	29.84	31.55	28.13	29.52

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱ و ۵ درصد و ns بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

*, ** and ns significant at the 0.05 and 0.01 level of probability, no significant, respectively

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده تنش خشکی و رقم بر برخی صفات مورفولوژیک اندازه‌گیری شده در گل اطلسی

Table 3- Effects of drought stress and varity on some morphological traits measured in Petunia

تیمار Treatment		طول جام گل Length of flower cup (mm)	قطر گل Flower diameter (mm)	وزن خشک گل Flower dry weight (g/plant)	تعداد گل Flower number	سطح ویژه برگ Specific leaf area	سطح برگ Leaf area (cm^2)	تعداد برگ Leaf number	ارتفاع height	نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی Shoot Root/	وزن خشک ریشه Root dry weight (g/plant)	وزن خشک ساقه Stem dry weight (g/plant)	وزنخشک برگ Leaf dry weight (g/plant)
رقم Variety	Supercascade	23.58b	55.33b	0.39b	4.91b	205.07b	185.57c	18.75b	11.54a	0.14a	0.203b	0.55b	b۰0.45
	Tango Blue	28.04a	60.88a	0.30b	5.08b	195.81b	226.25b	32.33a	12.07a	0.14a	0.267a	0.67b	1.19b
	Tango White	26.18a	55.44b	0.69a	12.25a	640.62a	283.83a	37.75a	11.41a	0.08b	0.181b	0.94a	0.97a
	LSD Value	2.28	5.17	0.22	2.92	88.63	21.57	6.04	2.27	0.02	4.73	0.16	0.21
تنش خشکی Drought stress	100% FC	29.57a	64.19a	1.01a	16.77a	522.93a	392.46a	39.66a	15.67a	0.10b	0.324a	1.10a	1.44a
	80%FC	24.50bc	56.20b	0.53b	8.33b	258.27b	299.62b	36.77ab	13.42a	0.10b	0.257b	0.81b	1.06b
	60% FC	26.52b	56.48b	0.26c	3.77c	325.33b	181.56c	32.00b	10.38b	0.13ab	0.167c	0.50c	0.65c
	40%FC	23.14c	52.00b	0.02c	0.77c	182.15c	53.88d	10.00c	7.22c	0.15a	0.119c	0.48c	0.33d
	LSD Value	2.6	5.98	0.25	3.37	102.3	24.90	6.97	2.62	0.03	5.46	0.19	0.25

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر عامل دارای حروف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون LSD ($p < 0.05$) اختلاف معنی‌داری ندارند.

Mean that in every column with the same letters are not statistically different according LSd test

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی × رقم بر برخی صفات مورفولوژیک اندازه‌گیری شده در گل اطلسی

Table 4- Comparison of interaction effects of drought stress ×Variety on some morphological traits measured in Petunia

تنش خشکی Drought stress(%FC)	رقم Variety	طول جام گل Length of flower cup (mm)	قطر گل Flower diameter (mm)	وزن خشک گل Flower dry weight (g/plant)	تعداد گل Flower number	سطح برگ ویژه Specific leaf area	سطح برگ/گیاه Leaf area (cm^2)	تعداد برگ/گیاه Leaf number	نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی Root /Shoot	وزن خشک ریشه Root dry weight (g/plant)	وزن خشک ساقه Stem dry weight (g/plant)	وزن خشک برگ Leaf dry weight (g/plant)
100	Supercascade	27.79ab	63.70ab	0.81b	12.00bc	212.61d	313.72c	27.66cd	0.17b	0.380ab	0.62cde	0.73cd
80	Supercascade	26.67bc	53.53bcd	0.52bc	4.33de	146.84d	198.00de	20.00de	0.08de	0.114h	0.42ef	0.33d
60	Supercascade	22.58cd	56.98abcd	0.20cd	2.33e	262.47d	181.28de	18.33def	0.18b	0.180e	0.31ef	0.45cd
40	Supercascade	17.29e	47.13d	0.03d	1.00e	198.38d	49.28f	9.00ef	0.12cd	0.138g	0.83bcd	0.30d
100	Tango Blue	32.04a	62.13abc	0.51bc	9.00cd	205.20d	405.00b	40.33ab	0.09de	0.330abc	0.91bc	2.07a
80	Tango Blue	25.37bcd	66.83a	0.26cd	5.66de	211.23d	298.75c	44.66ab	0.16bc	0.437a	0.97b	1.52b
60	Tango Blue	27.63ab	59.88abc	0.39bcd	4.66de	251.59d	157.50e	37.33bc	0.08de	0.138g	0.55def	0.79c
40	Tango Blue	27.13bc	54.66bcd	0.04d	1.00e	115.23d	43.75f	7.00f	0.24a	0.161f	0.25f	0.38cd
100	Tango White	28.90ab	66.74a	1.72a	29.33a	657.00b	458.68a	51.00a	0.05e	0.262c	1.76a	1.53b
80	Tango White	21.47de	48.24d	0.83b	15.00b	1210.72a	402.13b	45.66ab	0.06e	0.220cd	1.03b	1.34b
60	Tango White	29.36ab	52.58cd	0.20cd	4.33de	461.93c	205.90d	40.33ab	0.12cd	0.183e	0.63cde	0.71cd
40	Tango White	25.01bcd	54.22bcd	0.01d	0.33e	232.85d	68.63f	14.00ef	0.09de	0.057i	0.35ef	0.31d
	LSD Value	4.55	10.36	0.44	5.84	177.3	43.14	12.09	0.05	9.46	0.33	0.43

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون LSD ($p < 0.05$) اختلاف معنی‌داری ندارند.

Mean that in every column with the same letters are not statistically different according LSd test

www.SID.ir

Archive of SID

سطح برگ در سه رقم Supercascade، Tango Blue و Tango White به ترتیب ۱۸۵، ۲۲۶ و ۲۸۳ سانتی‌متر مربع بود. ضمن اینکه سطح برگ ویژه در رقم Tango White نسبت به سایر ارقام بیشتر بود (جدول ۳). در تنش ۴۰ درصد ارتفاع گیاه در ارقام Supercascade، Tango Blue و Tango Withe به ترتیب ۹، ۷ و ۱۴ سانتی‌متر بود. با افزایش تنش از ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به ۴۰ درصد ظرفیت زراعی سطح برگ در رقم Supercascade از ۳۱۴ به ۴۹، در رقم Tango Blue از ۴۰۵ به ۴۴ و در رقم Tango White از ۴۵۹ به ۶۹ سانتی‌متر مربع رسید. بیشترین سطح ویژه برگ در رقم Tango White و در تنش ۸۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد (جدول ۴). اختلاف ارتفاع در اغلب گیاهان ناشی از خصوصیات ژنتیکی و تغییر شرایط محیطی است و از آنجا که تقسیم و افزایش اندازه سلول به تنش خشکی بسیار حساس است لذا به نظر می‌رسد که در تیمارهای تحت تنش آبی، افزایش اندازه سلول تحت تأثیر قرار گرفته و با ممانعت از رشد طولی ساقه، سبب کاهش ارتفاع گیاه گردید. طبیعتا در شرایط تنش خشکی گیاه با کاهش تعداد و کوچکتر کردن برگ، سطح فتوسنتز کننده خود را کاهش می‌دهد و متعاقب کاهش سطح برگ، ظرفیت فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد و این رویداد باعث تلفات بیشتر برگ و کاهش سطح فتوسنتز کننده می‌گردد (۲). مطالعات احمدیان و همکاران بر گل بابونه (۱) نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی، صفات قطر ساقه و طبق افزایش و تعداد گل، تعداد شاخه جانبی در گیاه و ارتفاع بوته کاهش معنی‌داری یافت.

وزن خشک گل، تعداد گل، قطر گل، طول جام گل: طبق نتایج جدول ۳ مقایسه میانگین مربعات مربوط به صفات تعداد گل اطلسی، وزن خشک گل و طول جام گل نشان داد اثرات ساده رقم و تنش خشکی و همچنین برهمکنش دو تیمار در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است. در صفت قطر گل نیز عامل رقم و برهمکنش رقم و خشکی در سطح احتمال خطای ۵ درصد و اثر ساده خشکی در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. با کاهش ظرفیت زراعی از ۱۰۰ درصد به ۸۰ درصد، گلدهی اطلسی ۵۰ درصد کاهش یافت. در ۶۰ درصد ظرفیت زراعی تعداد گل ۵۴ درصد نسبت به سطح ۸۰ درصد کم شد. وزن خشک گل از ۱/۰۱ گرم در هر بوته در شرایط شاهد به ۰/۲ گرم در شدیدترین تنش خشکی اعمال شده رسید. قطر گل و طول جام در شاهد تنش به ترتیب ۶۴ و ۲۶ میلی‌متر بود و بعد از اعمال تنش خشکی به طور معنی‌دار کاهش یافت. مقایسه بین میانگین تعداد گل در بین سه رقم نشان داد ارقام Tango White، Supercascade و Tango Blue به ترتیب تعداد گل بیشتری داشتند (جدول ۳). رقم Tango White ۲/۴ برابر ارقام Supercascade و Tango Blue گلدهی داشت. بر این اساس وزن خشک گل در رقم Tango White با میانگین ۰/۶۹ گرم در هر بوته نسبت به دو رقم دیگر بیشتر بود. قطر گل در رقم Tango Blue با میانگین ۶۰/۵۸ میلی‌متر بیشتر از دو رقم دیگر و کمترین طول جام گل در رقم Supercascade با میانگین ۲۳/۵۸ میلی‌متر مشاهده شد. مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و رقم بر تعداد گل نشان داد رقم Tango White در شرایط عدم اعمال تنش با ۲۹ گل در هر بوته تعداد گل بیشتری و با میانگین وزن ۱/۷۲ گرم وزن خشک گل بیشتری داشته است (جدول ۴). قطر گل و طول جام گل در هر سه رقم با کاهش مقدار آب کاهش یافت. بر این اساس با کاهش آب از سطح شاهد تا ۴۰ درصد ظرفیت زراعی در سه رقم Supercascade، Tango Blue و Tango White قطر گل به ترتیب ۲۶، ۱۲ و ۱۸ درصد و طول جام گل به ترتیب ۳۸، ۱۶ و ۱۳ درصد کم شد. کاهش زیست توده تولیدی و عملکرد گل در طی افزایش سطح تنش خشکی براساس نظر اسریوالی و همکاران (۲۴) می‌تواند مربوط به کاهش ارتفاع گیاه، کاهش تعداد گل و شاخه جانبی در بوته، کاهش سطح برگ تولیدی و افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش هوایی گیاه باشد. مطالعات شمس و همکاران (۲۳)، بر سه رقم اطلسی نیز نشان داد که تنش خشکی ۵۰ درصد، کاهش معنی‌داری در تعداد گل و قطر گل در همه ارقام مورد مطالعه داشته است (۲۳). کمالی و گلدانی (۹) گزارش کردند با افزایش تنش از ۱۰۰ درصد به ۲۵ درصد ظرفیت زراعی میانگین تعداد گل در اطلسی ایرانی از ۱۶/۴۱ به ۲/۱۶ رسید. مطالعات بر روی اطلسی ایرانی نشان داد وزن خشک ده گل در تنش خشکی ۵۰٪ ظرفیت زراعی ۴۴ درصد نسبت به شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) کاهش داشت (۹). همچنین تنش خشکی در حد ۵۰ درصد ظرفیت زراعی عملکرد گل در بابونه را نسبت به شاهد کاهش داد (۱).

کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئید: براساس نتایج بدست آمده از جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) اثرات ساده و متقابل تیمار رقم و تیمار خشکی بر کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئید در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود ($p\leq ۰/۰۱$) در بین سه رقم مورد بررسی Supercascade کلروفیل a بیشتر و کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئید کمتری داشت. نتایج نشان داد با افزایش تدریجی تنش، مقادیر کلروفیل b، کل و کارتنوئید به تدریج کم و مجدد افزایش داشته است. به این ترتیب کلروفیل کل در شاهد تنش (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) ۲۰/۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود، در تنش ۸۰ درصد و ۶۰ درصد به ترتیب به ۱۴/۶ و ۱۳ میلی‌گرم کاهش یافت و در تنش شدید ۴۰ درصد به ۱۷/۶ میلی گرم بر گرم وزن تر رسید. به همین ترتیب مقدار کارتنوئید در شاهد تنش با ۶/۷ میلی‌گرم بیشترین مقدار بود و در تنش ۶۰ درصد به کمترین مقدار (۱/۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر) رسید (جدول ۶). بنظر می‌رسد که کاهش غلظت کلروفیل در تنش ملایم ۸۰ درصد و تنش

www.SID.ir

Archive of SID

متوسط ۶۰ درصد بواسطه اثر کلروفیلاز، پراکسیداز و ترکیبات فنلی و در نتیجه تجزیه کلروفیل باشد (۱۰). ضمن اینکه این احتمال وجود دارد که خشکی در تنش شدید ۴۰ درصد با کاهش سطح برگ، باعث تجمع کلروفیل در سطح کم تر برگ ها و بنابراین افزایش غلظت آن شده باشد. موحدی دهنوی و همکاران (۱۶) نیز افزایش میزان کلروفیل در اثر تنش خشکی در گلرنگ را تأیید کردند. در سیب زمینی نیز افزایش فاصله بین دوره‌های آبیاری باعث افزایش محتوای کلروفیل شد (۱۱). برهمکنش رقم و خشکی نشان داد بیشترین مقدار کلروفیل a در رقم Supercascade در خشکی ۶۰ و ۴۰ درصد به میزان ۹/۵ و ۸/۲ و بعد از آن در رقم Tango Blue در تنش ۴۰ درصد به میزان ۷/۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود. رقم Tango Blue با میانگین ۲۵ میلی‌گرم و رقم Tango White با میانگین ۲۴/۴ میلی گرم به‌طور معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها کلروفیل کل بیشتری داشتند. این نتایج با نتایج مربوط به کارتنوئید مشابه بود و بیشترین مقادیر کارتنوئید در دو رقم Tango Blue و Tango White در شرایط بدون تنش (شاهد) مشاهده شد (جدول ۷).

جدول ۵- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی اندازه‌گیری شده در گل اطلسی

Table 5- Analysis of variance mean square physiological and biochemical measurements in Petunia

منابع تغییر Source of variations	درجه آزادی df	پرولین Proline	نشت الکترولیت Electrolyte leakage	محتوای رطوبت نسبی Relative water content	کارتنوئید Carotenoids	کلروفیل کل Total chlorophyll	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a
رقم Variety	2	0.05**	20.397**	788.89**	22.61**	74.43**	144.07**	11.406**
تنش خشکی Drought stress	3	0.17**	1093.84**	651.22**	38.49**	88.97**	138.83**	19.684**
رقم×تنش خشکی Varieties × Drought stress	6	0.007**	31.17*	43.97*	5.26**	55.76**	22.93**	18.467**
خطا Error		0.002	10.00	24.49	0.979	3.86	6.12	2.437
ضریب تغییرات (%) CV		4.80	5.92	9.47	25.54	12.01	22.55	28.92

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱ و ۵ درصد و ns بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد

*, ** and ns significant at the 0.05 and 0.01 level of probability, no significant, respectively

جدول ٦- مقایسه میانگین اثرات ساده تنش خشکی و رقم بر صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی اندازه‌گیری شده در گل اطلسی

Table 6- The simple effects of Varieties and drought stress on physiological and biochemical measurements in Petunia

تیمار Treatment		پرولین Proline (mg/gfw)	نشت الکترولیت Electrolyte leakage (%)	محتوای رطوبت نسبی Relative water content (%)	کارتنوئید Carotenoids (mg/gfw)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg/gfw)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg/gfw)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg/gfw)
رقم Variety	Supercascade	0.84c	49.95b	42.91b	2.34b	13.60b	7.10b	6.49a
	Tango Blue	0.93b	57.99a	56.75a	4.28a	17.08a	12.a	5.07b
	Tango White	0.98a	52.38b	57.13a	4.99a	18.42a	13.80a	4.62b
	LSD Value	0.03	2.66	4.17	0.83	1.65	2.08	1.31
تنش خشکی Drought stress	100% FC	0.76d	43.34	62.13a	6.78a	20.13a	16.56a	3.57c
	80%FC	0.86c	48.02	53.72b	3.43b	14.63c	9.39bc	5.24b
	60% FC	0.98b	53.71b	51.83b	1.89c	13.07c	7.47c	5.59b
	40%FC	1.07a	68.71a	41.42c	3.37b	17.62b	10.45b	7.17a
	LSD Value	0.04	3.07	4.81	0.96	1.91	2.40	1.51

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون LSD ($p < 0.05$) اختلاف معنی‌داری ندارند.

Mean that in every column with the same letters are not statistically different according LSd test

www.SID.ir

Archive of SID

محتوای رطوبت نسبی، نشت الکترولیت و مقدار پرولین: اثرات ساده رقم و تنش خشکی بر محتوای رطوبت نسبی (RWC)، نشت الکترولیت (EL) و مقدار پرولین موجود در برگ معنی‌دار بود. همچنین برهمکنش رقم و خشکی بر صفات محتوای رطوبت نسبی در سطح ۵ درصد و در نشت الکترولیت و پرولین در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). در بین سه رقم مورد آزمایش محتوای رطوبت نسبی در دو رقم Tango White و Tango Blue، نشت الکترولیت در ر قم Tango Blue و مقدار پرولین در رقم Tango White بیشتر بود (جدول ۶). با افزایش تنش خشکی از ۱۰۰ درصد به ۴۰ درصد ظرفیت زراعی درصد محتوای رطوبت نسبی اطلسی از ۶۲ درصد به ۴۱ درصد کاهش یافت. با افزایش شدت خشکی میزان نشت الکترولیت به تدریج افزایش یافت و در شدیدترین تنش خشکی اعمال شده برابر ۶۸/۷ درصد بود. مقدار پرولین در تنش ۴۰ درصد برابر ۱/۰۷ میلی‌گرم در هرگرم وزن تر بود. با اعمال تنش خشکی از شاهد تا سطح ۸۰ درصد سه رقم Supercascade، Tango Blue و Tango White به ترتیب ۱۳، ۶ و ۱۲ درصد و با اعمال تنش خشکی از شاهد تا سطح ۶۰ درصد به ترتیب ۱۸، ۱۷ و ۱۴ درصد کاهش محتوای رطوبت نسبی داشتند. محتوای رطوبت نسبی برگ یکی از بهترین شاخص‌ها در تشخیص تعادل بین آب تأمین شده برای برگ و سرعت تعرق است، لذا به عنوان شاخصی مهم در انتخاب گیاهان مقاوم به خشکی در نظر گرفته می‌شود. محتوای رطوبت نسبی برگ بالاتر به این معناست که در شرایط تنش خشکی برگ قادر است آب بیشتری را حفظ و ریشه نیز می‌تواند آب بیش‌تری را جذب کند (۴). گزارش ها نشان می‌دهد که آسیب به غشا تحت تنش‌های خشکی با افزایش در میزان تولید گونه‌های فعال اکسیژن مرتبط است و بنابراین، ثبات غشاهای زیستی دال بر مقاومت به تنش خشکی است. تنش خشکی در ۷۰ و ۵۵ درصد ظرفیت زراعی موجب کاهش صفات فیزیولوژیکی، از جمله هدایت روزنه‌ای، نرخ تعرق، فتوسنتز، کارایی فتوسنتز، پتانسیل آب برگ و میزان نسبی آب برگ در گل مکزیکی گردید (۱۶). در شرایط عدم اعمال تنش خشکی نشت الکترولیت در سه رقم Supercascade، Tango Blue و Tango White به ترتیب ۳۷/۳، ۴۸/۵ و ۴۴/۱ درصد بود. بعد از اعمال تنش ۸۰ درصد در رقم Supercascade ۱۷/۶٪، در رقم Tango Blue ۷/۴٪ و در رقم Tango White ۸/۶ درصد و بعد از اعمال تنش ۴۰ درصد در رقم Supercascade ۷۰ درصد، در رقم Tango Blue ۵۷٪ و در رقم Tango White ۵۰/۴ درصد نشت الکترولیت نسبت به شاهد افزایش یافت. مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و رقم بر مقدار پرولین نیز نشان داد بیشترین مقدار پرولین در رقم Tango White و در تنش خشکی ۴۰ درصد ظرفیت زراعی و پس از آن در رقم Tango Blue و در تنش ۴۰ درصد تجمع یافته است. منطبق با نتایج فوق تجمع پرولین طی تنش خشکی در پژوهش‌های متعدد گزارش شده است (۲۱، ۲۵ و ۲۷). پرولین از جمله موادی است که در پاسخ به تنش خشکی غلظت آن در سلول افزایش می‌یابد و در نتیجه باعث حرکت آب سلول‌های برگ و افزایش فشار تورگر می‌شود (۱۴). انباشت پرولین در شرایط تنش ممکن است به علت فعال‌سازی آنزیم‌های بیوسنتزی پرولین، کاهش اکسیداسیون و تبدیل آن به گلوتامات و کاهش استفاده از پرولین در سنتز پروتئین‌ها باشد (۱۳). اثر سطوح مختلف کم آبیاری بر میزان پرولین نشان داد که با کاهش میزان آبیاری میزان پرولین در اطلسی رقم 'دیو رد' افزایش یافت. به طوری‌که بیش ترین میزان مربوط به تیمار ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه ای و کم‌ترین میزان مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد بود (۲۸).

نتیجه‌گیری

کاهش مقدار آب آبیاری منجر به کاهش تمام صفات مورفولوژیک اندازه‌گیری شده شامل وزن خشک ریشه، ساقه، برگ و گل، سطح برگ، تعداد برگ، تعداد گل، قطر گل و طول جام گل شد. بیشترین وزن خشک ساقه در شاهد تنش (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و در رقم Tango White بود. ضمن اینکه بیشترین وزن خشک برگ و وزن خشک ریشه در رقم Tango Blue مشاهده شد. با افزایش تنش از ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به۴۰ درصد ظرفیت زراعی سطح برگ در رقم Supercascade نسبت به دو رقم دیگر کمتر و نشت الکترولیت بیشتر بود. مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و رقم بر مقدار پرولین نیز نشان داد بیشترین مقدار پرولین در رقم Tango White و در تنش خشکی ۴۰ درصد ظرفیت زراعی و پس از آن در رقم Tango Blue و در تنش ۴۰ درصد تجمع یافته است. به طور کلی دو رقم Tango Blue و Tango White هم در شرایط شاهد آبیاری رشد بهتری داشتند و هم در شرایط کم آبیاری مقاوم‌تر بودند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و رقم بر صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی اندازه‌گیری شده در گل اطلسی

Table 7- Interaction effects of variety and drought stress on physiological and biochemical traits measured in Petunia

رقم		پرولین	نشت الکترولیت	محتوای رطوبت نسبی	کارتنوئید	کلروفیل کل	کلروفیل b	کلروفیل a
Varietiy		Proline (mg/gfw)	Electrolyte leakage (%)	Relative water content (%)	Carotenoids (mg/gfw)	Total chlorophyll (mg/gfw)	Chlorophyll b (mg/gfw)	Chlorophyll a (mg/gfw)
Supercascade	100	0.68i	37.34f	54.74cd	3.35c	12d	9.16bcd	3.84de
Supercascade	80	0.72hi	43.91e	47.59de	2.81c	14.07cd	7.69d	6.38bc
Supercascade	60	0.93de	55.09c	44.44e	0.53d	12.98d	3.48e	9.50a
Supercascade	40	1.04bc	63.49b	27.90f	2.66c	16.33bc	8.09cd	8.24ab
Tango Blue	100	0.82fg	48.56de	66.00ab	8.54a	25.01a	21.44a	3.56de
Tango Blue	80	0.87ef	52.20cd	61.92b	2.36c	10.92d	7.40de	3.51de
Tango Blue	60	0.97cd	54.96c	54.39cd	2.47c	13.65cd	8.14cd	5.51cd
Tango Blue	40	1.07ab	76.26a	44.57e	3.74bc	18.74b	11.03bcd	7.71abc
Tango White	100	0.78gh	44.12e	66.64a	8.46a	24.40a	19.09a	5.31cd
Tango White	80	0.97cd	47.95de	58.66bc	5.12b	18.90b	13.07b	5.83bcd
Tango White	60	1.04bc	51.10cd	56.65c	2.69c	12.58d	10.81bcd	1.77e
Tango White	40	1.12a	66.37b	51.81cde	3.71bc	17.81b	12.23bc	5.57cd
LSD Value		0.07	5.33	8.33	1.66	3.31	4.16	2.62

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون LSD ($p < 0.05$) اختلاف معنی‌داری ندارند

Mean that in every column with the same letters are not statistically different according LSd test

منابع

1- Ahmadian A., Ghanbari V., and Siah Sar B. 2011. Effect of drought stress and use of organic and minerals fertilizers on remnants of the yield of German chamomile, Journal of Agricultural Ecology, 3(3): 383-395.
2- Ashraf M., and Foolad M.R. 2007. Roles of glycine, betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany, 59: 206-216.
3- Ashraf M.Y., Azmi A.R., Khan A.H., and Ala S.A. 1994. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat. Acta Physiologiae Plantarum, 16(3): 18 5-191.
4- Bates L.S., Waldren R.P., and Teare I.D. 1973. Rapid determination of free Pro for water stress studies. Plant Soil, 39: 205–217.
5- Blum A., and Ebercon A. 1981. Cell membrane stability as a measure of ought and heat tolerance in wheat. Crop Science, 21: 43-47.
6- Chylinski K.W., Lukaszewska A., and Kutnik K. 2007. Drought response of two bedding plants. Acta Physiology Plant, 29: 399-406.
7- Ghahraman A. 1994. Plant Systematics. Volume III. Tehran. Press center of academic publishing. 306 p.
8- Jensen N.F. 1988. Plant Breeding Methodology. Cornell Univercity. New York. Jogn Wiley, Pp: 379-380.
9- Kamali M., and Goldani M. 2016. Impact of manure treatments, compost and vermicompost on growth and flowering of *Petunia hybrida* in drought stress. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, in press
10- Kao C.H. 1981. Senescence of rice leaves. VI. Comparative study of the metabolic changes of senescing turgid and water–stressed excised leaves. Plant and Cell Physiology, 22: 683–685.
11- Khosravi-Far S., Yarnia M., Khorshidi Benam M.B., and Hossein-Zade Moghbeli A.H. 2008. Effect of potassium on drought tolerance in potato variety Agria. In: Proc 10th Ir. Agron and Plants Breed Cong, 358p.
12- Lichtenthaler H. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymol, 148: 350-382.
13- Maggio A., Miyazaki S., Veronese P., Fujita T., Ibeas J.I., Damsz B., Narasimhan M.L., Hasegawa P.M., Joly R.J. and Bressan R.A. 2002. Does proline accumulation play an active role in stress-induced growth reduction? Plant Journal, 31(6): 699-712.
14- Mahajan S., and Tuteja N. 2005. Cold, salinity and drought stress: an overview. Archives of Biochemistry and Biophysics, 444: 139-158.

www.SID.ir

Archive of SID

15- Mandal K., Saravanan R., and Maiti S. 2008. Effect of different levels of N, P and K on downy mildew (*Peronospora plantaginis*) and seed yield of *Plantago ovata*. Crop Protection, 27(6): 988-995.
16- Movahhedi Dehnavi M., Modarres Sanavi A.M., Soroush-Zade A., and Jalali M. 2004. Changes of proline, total soluble sugars, chlorophyll (SPAD) content and chlorophyll fluorescence in safflower varieties under drought stress and foliar application of zinc and manganese. Biaban, 9(1): 93-110.
17- Pessarkli M. 1999. Hand book of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Inc. 697 Pages.
18- Rahmani N., Aliabadi Farahani H., and Valadabadi S.A.R. 2008. Effects of nitrogen on oil yield and its component of calendula (*Calendula officinalis* L.) in drought stress conditions. Abstracts Book of the world Congress on Medicinal and Aromatic Plants, South Africa p.364.
19- Rajaram S., Van Ginkel M., and Fischer R.A. 1994. CIMMYT's wheat breeding mega-environments (ME). Proceeding of the 8th International Wheat Genetics Symposium, pp.1101-1106. China Agricultural Scientech, Beijing, China.
20- Razmju J., Shariatmadari N., Khajedin J., Landi A., Namazi Y., Borhani M., and Aslani H. 2004. Effect of environmental stresses on plants of landscape and optimal conditions selected plants. Order of the Municipal Department of Parks and green spaces. Isfahan University of Technology.
21- Selahvarzi Y., Tehrani far A., and Gezanchian A. 2008. Physiomorphological changes under drought stress and rewatering in endemic and exotic turfgrasses. Journal of Horticultural Science and Technology, 9(3): 193-204.
22- Shaban M., Khaje A.A.A., Karim Zade H., Panah Pour A. 2009. Study on Drought Resistance of woody species suitable for green space development. Research in Agricultural Sciences, 1: 57-67.
23- Shams J., Etemdi N., Najafi P., and Rezaii A. 2010. Effect of drought stress on morphological characteristics of three varieties of petunias. Fifth National Conference on New Ideas in Agriculture.
24- Sreevalli Y., Baskaran K., Chandrashekara R., kuikkarni R., SuShil Hasan S., Samresh D., Kukre J., Ashok A., Sharmar Singh K., Srikant S., and Rakesh T. 2001. Preliminary observations on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in petriwinkle. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Science, 22: 356-358.
25- Turkan I., Bor M., Ozdemir F., and Koca H. 2005. Differential response of lipid peroxidation and antioxidant in the leaves of drought tolerance (*P. acutifolius* Gray) and drought sensitive (*P. vulgaris* L.) subjected to polyethyleneglycol mediated water stress. Plant Science, 168: 223-231.
26- Vieira R.D., Teerony D.M., and Egli D.B. 1991. Effect of drought stress on soybean seed germination and vigor. Journal Seed Technology, 16: 12-21.
27- Wang F., Zeng B., Sun Z., and Zhu C. 2009. Relationship between proline and Hg+2-induced oxidative stress in tolerant rice mutant. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 56(4): 723-731.
28- Zade Bagheri M., Al buali F., Sadeghi H., and Javanmardi Sh. 2014. The effect of irrigation on ionic changes, relative water content, proline content and appearance of Petunia. Journal of Horticultural Science (Agricultural Science and Technology), 28(3): 347-359.

www.SID.ir

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No. 4, Winter 2019, p. 519-530
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷، ص. ۵۳۰-۵۱۹
شاپا: ۴۷۳۰-۲۰۰۸

Effect of Drought Stress on Physio-morphological Characteristics and Proline Content of Three Varieties of Petunia

M. Kamali[2]- M. Shoor[2]*- S.H. Neamati[3]- A. Lakzian[4]- H.R. Khazaei[5]

Received: 03-09-2016
Accepted: 07-01-2018

Introduction: Water deficiency is one of important abiotic stresses that severely effects on plant growth. The effects of drought range from morphological to molecular levels and are evident at all phenological stages of plant growth at whatever stage the water deficit takes place. Growth is accomplished through cell division, cell enlargement and differentiation, and involves genetic, physiological, ecological and morphological events and their complex interactions. The quality and quantity of plant growth depend on these events, which are affected by water deficit. Cell growth is one of the most drought-sensitive physiological processes due to the reduction in turgor pressure. Under severe water deficiency, cell elongation of higher plants can be inhibited by interruption of water flow from the xylem to the surrounding elongating cells. Impaired mitosis, cell elongation and expansion result in reduced plant height, leaf area and crop growth under drought. Chlorophyll content is one of the major factors affecting photosynthetic capacity changing in chlorophyll content of plant under drought stress has been observed in different plant species and its intensity depends on stress rate and duration. Chlorophyll content of leaf is indicator of photosynthetic capability of plant tissues. In the mid-80s, RWC was introduced as a best criterion for plant water status which, afterwards was used instead of plant water potential as RWC referring to its relation with cell volume, accurately can indicate the balance between absorbed water by plant and consumed through transpiration.

Materials and Methods: To study the effects of drought stress on three varieties of petunia, a factorial experiment based on randomized complete block design with four replications was conducted. The treatments consisted of four irrigation levels ((100% control), 80%, 60% and 40% of field capacity) and three varieties of petunia (Supercascade, Tango blue and Tango white). After planting and transplanting and after full deployment in the pot, water stress treatments were applied on three varieties of petunias. At the end of each week fully blossomed flowers were counted, flower diameter, peduncle length and corolla length were measured. In order to determine the stability of the cell membrane electrolyte leakage index was measured. Specific leaf area (SLA) was determined. The amount of chlorophyll a, b, total and carotenoid and relative water content in the leaves were measured. Statistical analysis was performed using the software MSTAT-C. EXCEL was used for diagramming software. Means were compared using LSD test with a 0.05 significance level.

Results and Discussion: Results indicated that interaction impacts of variety and irrigation on dry weight, leaf area, flower number, flower diameter, length Corolla, chlorophyll content, electrolyte leakage, relative water content and proline content was significant. The most shoot dry weight (76/1 g) was in control stress (100% FC) and Tango White variety. Also the most leaf dry weight (07/2 g) and root dry weight (g 43/0) were in Tango Blue variety. With increasing drought stress from 100% FC to 40% FC, leaf area decreased in Supercascade from 314 to 49, in Tango Blue from 405 to 44 and in Tango White from 459 to 69 cm^2. In 80% FC, electrolyte leakage increased in all varieties (Supercascade variety 2%, Tango Blue 10% and in Tango White 3%) compared to control. Also electrolyte leakage increased in Supercascade 17%, in Tango Blue 9% and in Tango White10% in 40% FC compared to control. Comparison of interaction effects of drought stress and variety also showed the most proline had accumulated in Tango White and drought 40% of field capacity and then in Tango Blue and stress 40% of field capacity. Generally two varieties of Tango Blue and Tango White in control irrigation had better growth and also in low irrigation were more resistant.

Keywords: Chlorophyll, Electrolyte leakage, Flower number, Proline, Specific leaf area

1, 2 and 3- Ph.D. Graduate, Associate Professor and Assistant Professor, Horticulture Department, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, Respectively
4- Professor of Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: shoor@um.ac.ir)
5- Professor Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir