اثر کم آبیاری بر روابط آبی، رشد رویشی و تغییرات فیزیوشیمیایی ارقام گل اطلسی (*Petunia garandiflora*)

مریم کمالی[۱]، محمود شور[۱*]، سید حسین نعمتی[۱]، امیر لکزیان[۲] و حمیدرضا خزاعی[۳]

[۱] گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، [۲]گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، [۳]گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۲۰، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۰۸/۲۶)

چکیده

تنش خشکی یکی از مهمترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را با محدودیت روبرو ساخته است. به منظور بررسی اثر سطوح مختلف کم آبیاری بر برخی خصوصیات سه رقم اطلسی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با چهار تکرار به اجرا در آمد. فاکتورهای مورد آزمایش شامل تنش خشکی در ٤ سطح (۱۰۰، ۸۰، ٦۰ و ٤۰٪ ظرفیت زراعی) و سه رقم اطلسی (**Supercascade**، **Tango blue** و **Tango white**) بودند. صفات مورد اندازه گیری شامل وزن تر اجزای گیاه، وزن خشک کل، قطر ساقه، عدد اسپد، فعالیت آنتی‌اکسیدانتی، نسبت وزن برگ، نسبت سطح برگ، میزان آب از دست رفته برگ، میزان کمبود آب به حالت اشباع و موجودی آب هر واحد سطح برگ بود. نتایج نشان داد با افزایش تنش خشکی میزان عدد اسپد زیاد شد و از ۳۵/٤ در شاهد خشکی به ٤٦/۲ در تنش شدید (٤۰٪ ظرفیت زراعی) رسید. درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانتی، هدایت روزنه‌ای و کربوهیدارت کل در رقم **Tango White** و **Tango Blue** بیشتر از **Supercascade** بود. بیشترین وزن تر برگ در رقم **Tango White** و در دو سطح تنش شاهد (٦/۰۸ گرم) و تنش کم ۸۰ ٪ ظرفیت زراعی (۵/۹ گرم) و بیشترین وزن تر ساقه و گل در رقم **Tango White** و در شاهد تنش به ترتیب به میزان ۹/۷ و ۱۵/۱ گرم در هر بوته بود. بیشترین وزن خشک کل نیز در رقم **Tango White** و در شاهد تنش مشاهده شد. **LAR** در رقم **Tango White** و در ۱۰۰، ۸۰ و ٦۰٪ ظرفیت زراعی به ترتیب با مقدار ۲۹۱، ۱۸۰ و ۱۷۹ نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. مقدار **LWR** در سه رقم **Supercascad**، **Tango Blue** و **Tango White** به ترتیب ۰/۲۸۳، ۰/۵۳۸ و ۰/٤۹٦ بود. مقادیر **WSD** (۷۲) و **RWL** (٦۵٪) در رقم **Supercascade** و در تنش شدید ٤۰٪ با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. به طور کلی نتایج نشان داد رقم **Tango White** و **Tango Blue** هم در شرایط شاهد و هم تحت تنش کم آبی وزن تر، وزن خشک و فعالیت آنتی‌اکسیدانتی بیشتر و همچنین **WSD** و **RWL** کمتری داشته و بنابراین نسبت به رقم **Supercascad** به کم آبی مقاوم‌تر هستند.

کلمات کلیدی: اسپد، خشکی، فعالیت آنتی‌کسیدانتی، هدایت روزنه‌ای

مقدمه:

تنش خشکی یکی از مهمترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را با محدودیت روبرو ساخته و یکی از مسائل عمده در کاهش عملکرد در کشاورزی، به

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: shoor@um.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.20.3]

ویـژه در مناطق خشک و نیمه خشـک جهـان مـی‌باشـد (Blum, 2011). ایران به دلیل موقعیت مکانی (عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۳۸ درجه شمالی)، اقلیمی و ساختار طبیعی خود جزء مناطق خشک (٦٥ درصد) تا نیمه خشک (۲۵ درصد) محسوب می‌شود. اثر تنش خشکی به میزان و طول دوره آن، مرحله رشد گیاه، ظرفیت ژنوتیپی گونه‌ها و برهمکنش عوامل محیطی بستگی دارد (Leung and Griaudat, 1998). وقوع تنش شدید و یا ادامه‌ی آن برای مدت طولانی، ممکن است منجر به ایجاد وضعیت غیرقابل تحمل متابولیک در سلول‌ها گردد و از آنجا که در گیاهان مختلف میزان تحمل متفاوت است، این تغییرات موجب کاهش رشد و در شرایط ویژه منجر به مرگ گیاه می‌گردد (Bohnert *et al*., 1995). مقاومت به خشکی یک صفت ساده و منحصر به فرد نبوده، بلکه ترکیبی از صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک است که با میزان نسبی آب برگ، میزان نسبی آب از دست رفته، تجمع پرولین و آبسیزیک اسید، فلورسنس کلروفیل، تنظیم اسمزی، اندازه ریشه و پارامترهای دیگر نظیر تبادل روزنه‌ای در ارتباط می‌باشد. صفات فیزیولوژیک اهمیت حیاتی در بقا و سازگاری گیاهان به تنش‌های محیطی دارند و از این رو توجه به شاخص‌های فیزیولوژیک یکی از جنبه‌های مهم مطالعه مقاومت به خشکی در گیاهان محسوب می‌شود (Cattivelli *et al*., 2008, Jia *et al*., 2006). فقدان شاخص مناسب برای انتخاب رقم برتر مانعی جهت اجرای برنامه‌های انتخاب گیاهان برای تحمل به خشکی است. در میان ویژگی‌های فیزیولوژیک، وضعیت آب برگ، میزان آب از دست رفته و پایداری غشا از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. گزارش‌های متعددی بیان می‌کنند که میزان آب از دست رفته برگ شاخص مناسبی برای بیان وضعیت آب در گیاهان بوده و وضعیت فراگیرتری از تعادل بین میزان عرضه نسبی آب برگ و میزان تعرق را نشان می‌دهد. محتوای نسبی رطوبت به عنوان معیار انتخاب برای تحمل به خشکی پیشنهاد شده است. در حقیقت آنچه که به کاربرد روز افزون این معیار اعتبار بخشیده است، ارتباط مستقیم آن با پتانسیل آب برگ است (Matin *et al*., 1989). این صفت تحت تاثیر تنظیم اسمزی، جذب آب و میزان تعرق قرار داشته و وراثت پذیری بالایی را در شرایط تنش خشکی نشان داده است (Alidib *et al*., 1990). بنابراین برای انتخاب ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مواجه با خشکی، محتوای نسبی آب برگ موفق عمل می‌کند. گزارش‌های متعددی مبنی بر کاهش محتوای نسبی آب در شرایط تنش خشکی در گیاهان مختلف وجود دارد. Munne و Alegre (۲۰۰۰) با بررسی تأثیر تنش خشکی بر گیاهان دارویی رزماری و بادرنجبویه نشان دادند که محتوای نسبی آب برگ در این گیاهان به ترتیب به میزان ٤۰ و ۳٤ درصد نسبت به حالت طبیعی کاهش داشته است. همچنین، فرشادفر و جوادی نیا (۱۳۹۰) نتیجه گرفتند که میزان آب از دست رفته به همراه محتوای نسبی آب گیاه جزو صفات فیزیولوژیکی بودند که بیشترین تغییرات عملکرد بین ژنوتیپ‌های نخود را توجیه می‌کردند. استفاده از میزان آب از دست رفته گیاه به عنوان یک شاخص فیزیولوژیک جهت انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی توسط محمدی و فرشادفر (۱۳۸۲) نیز گزارش شده است. Simane و همکاران (۱۹۹۳) گزارش کرده‌اند که انتخاب به منظور تعیین سرعت رشد نسبی (Relative Growth Rate (RGR)) معمولا پیچیده است. لذا انتخاب در جهت اجزاء آن صورت می‌گیرد. آنها دریافتند که نسبت سطح برگ (Leaf Area Ratio (LAR)) عامل تعیین کننده سرعت رشد نسبی است. در این میان نسبت وزن برگ (Leaf Weight Ratio (LWR)) در مقایسه با سطح ویژه برگ (Specific Leaf Area (SLA)) همبستگی بیشتری با LAR داشت. مشاهده شده است که نسبت وزن برگ ارقام حساس بیشتر از ارقام مقاوم است (Simane *et al*., 1993). با این وجود Clarke و همکاران (۲۰۰۰) رابطه‌ای بین شاخص‌های رشد با مقاومت به خشکی در گندم به دست نیاوردند. یکی از گل‌های رایج در فضای باز اطلسی می‌باشد. 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. Razmju و همکاران (۱۳۸۳) گزارش کردند که تنش خشکی در اطلسی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.20.3]

ایرانی، رعنا زیبا و شمعدانی منجر به کاهش ارتفاع گیاه گردید ولی این کاهش ارتفاع معنی‌دار نبود. کمالی و گلدانی (۱۳۹۵) گزارش کردند با افزایش سطح تنش از ۵۰٪ ظرفیت زراعی به ۲۵٪ ظرفیت زراعی کلروفیل a در اطلسی ایرانی کم شد. این در حالی است که میزان کلروفیل b، کارتنوئید و کلروفیل کل روند رو به افزایش داشت.

گل اطلسی با نام علمی *Petunia grandiflora* گیاهی یکساله و یا چندساله از خانواده سیب‌زمینی‌سانان (*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 (قهرمان، ۱۳۷۳). شناسائی صفات خاص فیزیولوژیک به عنوان واکنش‌های تطابقی و استفاده از آن‌ها در گزینش ارقام با ویژگی های سازگار با شرایط کمبود رطوبتی یکی از مراحل مهم در مطالعات تنش خشکی است. علی رغم استفاده وسیع از گل اطلسی در فضای سبز شهری، پژوهش‌های اندکی در ارتباط با مقایسه اراقام مختلف گل اطلسی از نظر صفات رشدی و میزان مقاومت به تنش‌های محیطی صورت گرفته است. در این راستا مطالعه فوق با هدف ارزیابی و مقایسه صفات فیزیولوژیک RWL، LAR، LWCA (Leaf Water Content Area)، WSD (Water Saturation Different) و سایر صفات فیزیومورفولوژیک در سه رقم پرکاربرد اطلسی در فضای سبز شهری در شرایط تنش خشکی 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 و به صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملا تصادفی طراحی و اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل ٤ سطح تنش خشکی ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (سطح بدون تنش و شاهد)، ۸۰ درصد (تنش کم)، ٦۰ درصد (تنش متوسط) و ٤۰ درصد (تنش شدید) و سه رقم گل اطلسی بودند. بذر گل اطلسی برای انجام آزمایش به صورت F1 از شرکت فضای سبزسازان تهران تأمین شد. بذور سه رقم گل اطلسی شامل اطلسی گلبهی *Petunia hybrid* var Salmon Supercascade از شرکت PanAmerican آمریکا با ۹۱٪ جوانه‌زنی، اطلسی بنفش تیره کم پر *Petunia grandiflora* F1 var Tango blue از شرکت Hemgenetics هلند با ۸۹٪ جوانه‌زنی و اطلسی سفید *Petunia grandiflora* F1 var Tango white از شرکت Hemgenetics هلند با ۸٦٪ جوانه‌زنی تهیه شدند. نتایج آنالیز خاک مورد آزمایش در جدول ۱ آمده است.

برای تعیین میزان آب مورد نیاز هر گلدان در هر بار آبیاری در ابتدای آزمایش ظرفیت زراعی خاک مورد نظر مشخص گردید. بدین منظور، 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. گلدان 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 (Heydari Sharif Abadi, 2000). بذرها در سینی‌های کشت حاوی مخلوط کوکوپیت و پیت موس با نسبت ۱:۱ کشت شدند. بعد از طی چهار هفته و در مرحله ٤ برگی نشاهای فوق به گلدان های ۲ کیلویی حاوی خاک مزرعه، ماسه، کود 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 ٤۰ روز تحت تیمار کم آبی قرار گرفتند. تعداد کل گل در تمام دوره گلدهی مورد شمارش قرار گرفت. در پایان آزمایش و پس از مشاهده علایم ناشی از اعمال تیمار در برگ‌ها، قطر ساقه با استفاده از کولیس دیجیتال اندازه گیری شد. وزن تر ساقه، برگ و گل گیاهان اطلسی توزین شد. ریشه‌ها به صورت کامل و با حداقل آسیب دیدگی از خاک خارج شد. جهت جلوگیری از پلاسیدگی ریشه‌ها بلافاصله پس از توزین جهت اندازه گیری وزن تر به یخچال انتقال

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.20.3]

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده

شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	سدیم (ppm)	پتاسیم (ppm)	کلسیم (ppm)	منیزیم (ppm)	آهک (%)	ماده آلی (%)	نیتروژن (%)	عصاره اشباع pH	EC (ds/m)
٤٩/٨	٢٥/٤	٢٤/٨	١/٢	٠/٥٩	٣/٢	١/٥	٩	٣/٤١	٠/٠٤٩	٧	٠/٩٨

یافتند. سپس ریشه و اندام هوایی گیاه جهت اندازه‌گیری وزن خشک کل به مدت ٤٨ ساعت در دمای ٧٥ درجه سانتی‌گراد به آون منتقل شدند و با ترازوی دیجیتال مدل GF-300 با دقت ٠/٠٠١ مورد اندازه گیری قرار گرفتند. نسبت سطح برگ (LAR) از تقسیم سطح برگ هر بوته به وزن خشک کل بوته به دست آمد. نسبت وزن برگ (LWR) طبق رابطه فوق بدست آمد:

رابطه ١ $LWR=LDW/TDW$

در این رابطه LDW ماده خشک برگ و TDW وزن خشک کل می‌باشد.

به منظور اندازه گیری میزان آب از دست رفته از برگ (RWL) قطعات یک سانتیمتری برگ گیاهان انتخاب و بلافاصله وزن شدند. سپس نمونه‌های وزن شده به مدت ٢ ساعت در دمای ٣٠ درجه سانتی گراد قرار داده شدند تا وزن پژمردگی آنها بدست آید، در نهایت نمونه‌ها در دمای ١٠٠ درجه سانتیگراد به مدت ٢٤ ساعت در آون برای بدست آوردن وزن خشک قرار گرفتند. میزان کاهش آب بر حسب گرم آب از دست رفته از وزن خشک برگ در ٢ ساعت محاسبه شد. میزان آب از دست رفته بر حسب g.g-1h-1 بوسیله رابطه ٢ محاسبه گردید، که در آن t_1 و t_2 زمان‌های لازم برحسب ساعت برای وزن پژمردگی و وزن خشک و W1، W2 و W3 به ترتیب وزن‌های تر، پژمرده و خشک می‌باشد.

رابطه ٢ $RWL = (W1-W2/W3)/(t1-t2/60)$

موجودی آب هر واحد سطح برگ (LWCA) از طریق رابطه ٣ تعیین شد:

رابطه ٣ $LWCA=(LFW-LDW)/LA$

LFW، LDW و LA به ترتیب وزن تر برگ، وزن خشک برگ و سطح برگ می‌باشند.

برای اندازه گیری میزان کمبود آب نسبت به حالت اشباع (WSD)از رابطه ٤ استفاده شد که در اینجا میزان کمبود آب نسبت به ١٠٠٪ رطوبت برگ در نظر گرفته می‌شود.

رابطه ٤ $WSD = 100 – RWC$

جهت اندازه گیری RWC ذکر شده در رابطه ٣، ٠/٥گرم از جوان‌ترین برگ‌های توسعه یافته هر گیاه جدا شده و سپس نمونه‌ها به مدت ٢١ ساعت روی آب مقطر شناور شدند. چهار ساعت پس از آب گیری، قطعات برگ بلافاصله وزن شدند تا وزن برگ‌ها در حالت تورژسانس به دست آید. پس از آنکه قطعات برگ در آون ٧٠ درجه به مدت ١٨ ساعت خشک شدند تا وزن خشک نمونه برگی به دست آید و برای محاسبه محتوی نسبی آب برگ‌ها از رابطه ٥ استفاده شد.

رابطه ٥ $RWC\% = 100 \times [(FW - DW) / (TW - DW)]$

جهت تعیین درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانتی به ٢ گرم نمونه خشک ١٠ سی سی متانول ٩٨٪ اضافه شد، سپس به مدت ٢٤ ساعت شیک شده و سپس سانتریفیوژ (٦٠٠٠ دور به مدت ١٠ دقیقه) کرده، ٠/١سی سی عصاره را با ٤ سی‌سی DPPH مخلوط کرده به مدت ٣٠ دقیقه در تاریکی گذاشته و سپس در طول موج ٥١٧ خوانده شد (Brand-Williams *et al*., 1995). عدد اسپد یا شاخص سبزینگی برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج SPAD-502 (Konica, Minolta, Tokyo) و هدایت روزنه‌ای با دستگاه پرومتر قرائت و ثبت گردید. به منظور اندازه گیری کربوهیدرات کل، ٠/٥ گرم نمونه از برگ گیاه توزین شد و سپس در هاون چینی ساییده و به مقدار ٥ میلی لیتر اتانول ٩٥ درصد به آن اضافه شد. قسمت بالای محلول (روشناور) جدا گردید و با ٥ میلی لیتر اتانول ٧٠ درصد مجدداً استخراج عصاره بر روی رسوبات باقیمانده ادامه یافت. عصاره استخراج شده به مدت ١٥ دقیقه در ٤٥٠٠ دور در دقیقه سانتریوفوژ شد. به ١٠٠ میکرولیتر از عصاره تهیه شده، ٣ میلی لیتر معرف آنترون (١٥٠ میلی‌گرم آنترون خالص

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.20.3]

+ ۱۰۰ میلی‌لیتر سولفوریک اسید ۷۲ درصد) اضافه گردید. سپس به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده و پس از خنک شدن نمونه‌ها، جذب آن‌ها در طول موج ٦٢٥ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت و با استفاده از محلول استاندارد منحنی آن رسم گردید. جهت اندازه گیری میزان پرولین از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTAT-C صورت گرفت و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث:

عدد اسپد، هدایت روزنه‌ای: نتایج نشان داد اثر ساده خشکی بر عدد اسپد و هدایت روزنه‌ای در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد ولی اثر رقم بر هدایت روزنه‌ای معنی‌دار گردید. ضمن اینکه اثر رقم و برهمکنش رقم و خشکی بر عدد اسپد و هدایت روزنه‌ای در هیچ یک از سطوح مورد بررسی معنی‌دار نبود (جدول ۲).

به این ترتیب با افزایش تنش خشکی میزان عدد اسپد زیاد شد و از ۳۵/٤ در شاهد خشکی به ٤٦/۲ در تنش شدید ٤۰٪ظرفیت زراعی رسید (جدول ۳). در بین سه رقم مورد مطالعه رقم Tango White با ۲۸/٦۹ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه بیشترین هدایت روزنه‌ای را داشت. با افزایش تنش خشکی تا سطح ٤۰٪ ظرفیت زراعی، هدایت روزنه‌ای از ۲۸/۲۱ به ۲۱/٤٤ میلی مول بر متر مربع در ثانیه کاهش یافت.

Bredemeier (۲۰۰۵) اظهار داشت اعداد کلروفیل متر در تنش خشکی نسبت به شاهد در گیاه گندم و ذرت بیشتر بود، وی همچنین نتیجه گرفت که تجمع زیست توده توسط تنش خشکی نسبت به جذب نیتروژن بیشتر تحت تأثیر قرار گرفته است و به همین علت، غلظت بیشتر نیتروژن و در نتیجه کلروفیل در برگ‌های گیاه در تیمار تنش خشکی مقادیر بالاتری دارد که با نتیجه آزمایش اخیر مینی بر افزایش عدد اسپد (کلروفیل متر) در شرایط تنش خشکی مطابقت دارد. همچنین در تحقیق آن‌ها برگ‌های گیاهان تحت تیمار تنش خشکی نسبت به برگ‌های گیاهان تحت آبیاری مطلوب، دارای عدد کلروفیل‌متر بالاتری بود.

با افزایش تنش خشکی بر روی گیاه ذرت مقدار کلروفیل a از ۱/۱۸ (در شرایط آبیاری مطلوب) به ۲/۲۵ (در تنش خشکی) میلی‌گرم در گرم ماده خشک افزا یش یافت (Bredemeier, 2005). مرادی و همکاران (۱۳۸۷) اعلام کردند که تنش خشکی در مرحله رویشی هدایت روزنه‌ای را در گیاه ماش به میزان زیادی کاهش داد و عمده‌ترین اثر تنش خشکی روی کاهش آسیملاسیون دی‌اکسیدکربن ناشی از بسته شدن روزنه می‌باشد. تیمارهای شاهد و تنش شدید خشکی به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان تعرق و هدایت روزنه‌ای را به خود اختصاص دادند (قادری و همکاران، ۱۳۸۵). عمده تفاوت‌های مشاهده شده در تعرق و هدایت روزنه‌ای میان تیمارهای رطوبتی است. گیاه برای اینکه بتواند از خشکی اجتناب نماید و از مقدار آب محدودی که در اختیار دارد نهایت استفاده را نماید، اقدام به بستن روزنه‌های خود می‌کند، تا از هدر روی آب جلوگیری شود (Lopez *et al.*, 1998). بنابراین با شروع دوره خشکی تا مدتی گیاه تعرق و هدایت روزنه‌ای خود را در سطح حداکثر نگه می‌دارد ولی با تداوم دوره خشکی اقدام به کم کردن اندازه روزنه‌های خود و در نهایت بستن آن‌ها می‌نماید (Lopez *et al.*, 1998). تداوم باز بودن روزنه به آماس سلول‌های محافظ روزنه که خود آن‌ها نیز جزئی از بافت اپیدرم برگ می‌باشند وابسته است. بنابراین کاهش در میزان محتوی نسبی آب برگ می‌تواند دلیل دیگر تفاوت هدایت روزنه‌ای و تعرق بین رژیم‌های مختلف رطوبتی باشد. تجمع اسید آبسایزیک در سلول محافظ روزنه در اثر ارسال پیام تنش از ریشه به برگ و کاهش محتوی نسبی آب برگ از جمله مهم‌ترین دلایل بسته شدن روزنه در اثر تنش خشکی در مرحله رویشی می‌باشد (Rosalesserna *et al.*, 2004). منطبق با نتایج پژوهش حاضر بسته شدن روزنه‌ها منجر به کاهش هدایت روزنه‌ای می‌گردد.

درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانتی، کربوهیدارت کل و مقدار پرولین

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.20.3]

جدول ۲- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در گل اطلسی

منابع تغییر	درجه آزادی	اسپد	هدایت روزنه‌ای	فعالیت آنتی اکسیدانتی	کربوهیدرات کل	پرولین
رقم	۲	۷/۹۵ ns	۱۷۷/٤٦**	۰/۰۰۱**	۳۱٤٥/٥۲**	۰/۰٥**
تنش خشکی	۳	۱۸۹/۰٦**	۷۲/٤۳**	۰/۰۰۳**	۱۱۳۹/٤۳**	۰/۱۷**
رقم*تنش خشکی	٦	۲۹/۱٦ ns	٤/۸۹ns	۰/۰۰۱*	۱۰۰/۸۲	۰/۰۰۷**
خطا	۲٤	۲۱/۰٦	۲/٥٥	۰/۰۰۱	٥۸/٤٤	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات		۱۱/۳٥	٦/٤٤	٥/۳۰	۷/۸۸	۷/۸۸

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

ادامه جدول ۲-

وزن تر برگ	وزن تر ساقه	وزن تر ریشه	وزن تر گل	وزن خشک کل	قطر ساقه
۱٤/۳۸**	۱۲/۲۱**	۰/۱۱ns	٥۰/۹۸**	٤/٥۰**	۲/۳۱**
۲٤/۰۱**	٤۹/۰۳**	۰/۸۹**	۹۸/۸۹**	۱٤/۸۹**	۱/۳۰**
۲/۳٦*	۱۱/٦۱**	۰/۰۸*	۲۸/۳٦**	۱/۸٤**	۰/۰۷ns
۰/٦٦	۱/۰۹	۰/۰۷	۲/۳٥	۰/۳۱	۱/٥۳
۲٤/۱۰	۲۹/٤٥	۳۸/۹۳	٥/۰۹	۲٤/٦۷	۱۷/۲۳

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

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

رقم	اسپد	هدایت روزنه‌ای ($mmol/m^2.s$)	قطر ساقه(mm)
Supercascade	٤۰/۳٤	۲۱/۰۱ c	۲/٦۸ b
Tango Blue	۳۹/۷۰	۲٤/۷۳ b	۳/۲٦ a
Tango White	٤۱/۳۱	۲۸/٦۹ a	۲/٤۰ b
LSD Value	ns	۱/۳٤	۰/٤۰
تنش خشکی (%FC)			
۱۰۰	۳٥/٤٦ c	۲۸/۲۱ a	۳/۳۰ a
۸۰	۳۸/٥۳ bc	۲٥/٥۹ b	۲/۷۸ b
٦۰	٤۱/٦۰ b	۲٤/۰۱ c	۲/٦٦ b
٤۰	٤٦/۲۱ a	۲۱/٤٤ d	۲/۳۹ b
LSD Value	٤/٤٦	۱/٥٥	۰/٤٦

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

نتایج حاصل از پژوهش حاضر در ارتباط با فعالیت آنتی اکسیدانی نشان دهنده اثر معنی دار تنش خشکی، رقم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.20.3]

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و رقم بر برخی صفات اندازه گیری شده در گل اطلسی

رقم	تنش خشکی (%FC)	فعالیت آنتی‌اکسیدانتی (%)	پرولین (µmol/gfw)	وزن تر برگ (g/plant)	وزن تر ساقه (g/plant)	وزن تر ریشه (g/plant)	وزن تر گل (g/plant)	وزن خشک کل (g/plant)
Supercascade	۱۰۰	۸/۳۳^{b}	۰/٦۸^{i}	۳/۹٤^{bc}	۳/٤٤^{c}	۰/۹٥^{abc}	۳/٦٦^{bc}	۲/٥٥^{cd}
Supercascade	۸۰	۱۰/٤۰^{ab}	۰/۷۲^{hi}	۱/۸٥^{d}	۲/۱۲^{cd}	۰/٦۱^{cde}	۱/۰۳^{d}	۱/۳۹^{efg}
Supercascade	٦۰	۱۱/٦۱^{ab}	۰/۹۳^{de}	۱/۷۱^{d}	۲/٤۱^{cd}	۰/٤٤^{de}	۱/۹۷^{cd}	۱/۱٥^{efg}
Supercascade	٤۰	۱۲/۹۰^{ab}	۱/۰٤^{bc}	۱/۳۰^{d}	۲/۲۱^{cd}	۰/۳٤^{de}	۰/۱۸^{d}	۱/۳۱^{efg}
Tango Blue	۱۰۰	۷/۸۰^{b}	۰/۸۲^{fg}	٤/۹٦^{ab}	٥/۹۰^{b}	۰/۰۱^{abc}	٤/٦۳^{b}	۳/۸۳^{b}
Tango Blue	۸۰	۹/٦۰^{b}	۰/۸۷^{ef}	٥/۰٦^{ab}	٥/۲٤^{b}	۱/۱٦^{a}	۱/٦۹^{cd}	۳/۱۹^{bc}
Tango Blue	٦۰	۱۱/۱۱^{ab}	۰/۹۷^{cd}	۳/۳۳^{c}	۱/۹٥^{cd}	۰/٦۹^{bcde}	۱/٥۸^{cd}	۱/۸۷^{de}
Tango Blue	٤۰	۱۲/٦^{ab}	۱/۰۷^{ab}	۱/۰٦^{d}	۱/۰۱^{d}	۰/۲۷^{e}	۰/۲۷^{d}	۰/۸۳^{fg}
Tango White	۱۰۰	۹/۲۰^{b}	۰/۷۸^{gh}	٦/۰۸^{a}	۹/۷۷^{a}	۱/۱۱^{ab}	۱٥/۱۱^{a}	٥/۲۸^{a}
Tango White	۸۰	۱۱/۷۰^{ab}	۰/۹۷^{cd}	٥/۹٥^{a}	٦/۲٥^{b}	۰/۷٥^{abcd}	٥/۱۸^{b}	۳/٤۳^{bc}
Tango White	٦۰	۱۲/٥^{ab}	۱/۰٤^{bc}	۳/۹۲^{bc}	۱/۱۹^{d}	۰/۳٦^{de}	۱/۳۹^{cd}	۱/۷۳^{def}
Tango White	٤۰	۱۳/٦۰^{a}	۱/۱۲^{a}	۱/٤۷^{d}	۱/۰٤^{d}	۰/۳۹^{de}	۰/۰۷^{d}	۰/۷۳^{g}
LSD Value		۱۲/۲	۰/۰۷	۱/۳٦	۱/۷٥	۰/٤٤	۲/٥۸	۰/۹۳

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

($P\leq$۰/۰۱) و برهمکنش خشکی و رقم در مقادیر این صفت بود ($P\leq$۰/۰٥). درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانتی در رقم Tango White و Tango Blue بیشتر از Supercascade بود.

از آنجا که میزان افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در ارقام متحمل به تنش بیشتر بوده و ارتباط زیادی بین تحمل به خشکی با فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاه اطلسی و سایر گیاهان وجود دارد (Farooq *et al.*, 2009)، بنابراین به نظر می‌رسد رقم Supercascade مقاومت کمتری به تنش داشته باشد.

بررسی برهمکنش دو تیمار رقم و خشکی (جدول ٤) نشان داد رقم Tango White در تیمار ٤۰٪ ظرفیت زراعی ۱۳/٦ ٪ فعالیت آنتی‌اکسیدانتی داشته است. در این زمینه Hsu و Kao (۲۰۰۳) بیان کردند که فعالیت آنتی‌اکسیدانتی در گیاهان متحمل به خشکی، نقش مهمی در مقاوم کردن آن‌ها در مقابل تنش دارد. اثرات ساده رقم و خشکی بر مقدار کربوهیدارت کل و پرولین موجود در برگ گیاه اطلسی معنی دار شد (جدول ۲).

همچنین برهمکنش رقم و خشکی بر پرولین در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. کمترین مقدار کربوهیدارت برگی در رقم Supercascade با میانگین ۷۹ میلی گرم بر گرم وزن تر و بیشترین کربوهیدرات در رقم **Tango White** مشاهده شد. کاهش مقدار آب آبیاری منجر به کم شدن میانگین کربوهیدرات کل برگ شد. اگرچه بین دو سطح تنش ٦۰ و ٤۰٪ ظرفیت زراعی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی مقدار کربوهیدارت به طور معنی دار در این دو سطح نسبت به سطح ۱۰۰ و ۸۰٪ ظرفیت زراعی بیشتر بود. قندهای محلول از اسمولیت‌های سازگار هستند که در شرایط خشکی تجمع یافته و به عنوان عامل تنظیم اسمزی عمل می‌نمایند. افزایش قندهای محلول خود یکی از دلایل افزایش فشار اسمزی داخل گیاه است که باعث می‌شود در شرایط کاهش رطوبت خاک، جذب آب به مدت طولانی تری ادامه یابد (Kim *et la.*, 2009). مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و رقم بر مقدار پرولین نشان داد بیشترین مقدار پرولین در رقم Tango White

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.20.3]

و در تنش خشکی ٤٠٪ ظرفیت زراعی و پس از آن در رقم Tango Blue و در تنش٤٠٪ تجمع یافته است. منطبق با نتایج فوق تجمع پرولین طی تنش خشکی در پژوهش‌های متعدد گزارش شده است (Turkan *et al*., 2005; Wang *et al*., 2009). Yamada و همکاران (۲۰۰۵) نیز گزارش کردند در رقم‌های مقاوم به تنش اطلسی هیبریدی میزان تجمع پرولین بیشتری مشاهده شده است. 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 (Mahajan & Tuteja, 2005). انباشت پرولین در شرایط تنش ممکن است به علت فعال سازی آنزیم‌های بیوسنتزی پرولین، کاهش اکسیداسیون و تبدیل آن به گلوتامات و کاهش استفاده از پرولین در سنتز پروتئین‌ها باشد (Maggio *et al*., 2002). 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 بیش‌ترین میزان مربوط به تیمار ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای و کم ترین میزان مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد بود (Zade Bagheri, *ea al*., 2014). با توجه به مطالب فوق به نظر می‌رسد رقم Supercascade با داشتن فعالیت آنتی‌اکسیدانتی، کربوهیدارت و پرولین کمتر مقاومت به تنش کمتری داشته باشد. ضمن اینکه دو رقم Tango White و Tango Blue به عنوان دو رقم مقاوم به خشکی در شدیدترین خشکی اعمال شده (٤٠٪ ظرفیت زراعی)، بیشترین مقدار آنتی‌اکسیدانت، کربوهیدارت و پرولین را داشتند.

اثرات ساده عامل رقم و عامل خشکی بر وزن تر اجزای گیاه (برگ، ساقه، ریشه و گل)، وزن خشک کل گیاه اطلسی و همچنین قطر ساقه اطلسی در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد (جدول ۲). برهمکنش دو تیمار مورد بررسی (رقم و خشکی) نیز بر صفات وزن تر برگ، ساقه، ریشه و گل و وزن خشک کل بوته اثر معنی‌دار داشت. خشکی منجر به کاهش صفات مورفولوژیک ذکر شده شد. بیشترین قطر ساقه گل با اختلاف معنی‌دار نسبت به سطوح تحت تنش در شرایط شاهد ۳/۳ میلیمتر بود (جدول۳). بررسی اثر رقم نیز نشان داد در بین سه رقم مورد بررسی رقم Tango Blue میانگین قطر ساقه بیشتری نسبت به دو رقم دیگر داشت. مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و خشکی نیز نشان داد بیشترین وزن تر برگ در رقم Tango White و در دو سطح تنش شاهد (٦/۰۸گرم) و تنش کم ۸۰ ٪ ظرفیت زراعی (۵/۹ گرم) و بیشترین وزن تر ساقه و گل در رقم Tango White و در شاهد تنش به ترتیب به میزان ۹/۷ و ۱۵/۱ گرم در هر بوته بود. وزن تر ریشه در شرایط عدم اعمال تنش خشکی (شاهد) و در رقم Tango Blue برابر ۱/۱٦ گرم در هر بوته بود که نسبت دو رقمTango White و Supercascade به ترتیب ۱۸ و ۵٪ برتری داشت (جدول ٤). بیشترین وزن خشک کل نیز در رقم Tango White و در شاهد تنش مشاهده شد. تنش کمبود آب ایجاد شده در اثر افزایش دور آبیاری، وزن تر و خشک گیاه را کاهش داد. وزن تر علف لیمو (Baher *et al*., 2002)، اسفرزه، بومادران، مریم گلی، همیشه بهار و بابونه (لباسچی و شریفی، ۱۳۸۳) و مرزه (Baher *et al*., 2002) با کاهش رطوبت خاک، مقدار ماده خشک گیاه به طور معنی‌داری کاهش یافت. کاهش وزن تر در شرایط خشکی می‌تواند در اثر کاهش رشد و گسترش یاخته‌ها به دلیل کاهش فشار شادابی باشد. کم شدن وزن خشک کل گیاه ممکن است با کاهشی قابل ملاحظه در رشد، فتوسنتز، پیری برگ‌ها و ساختار شاخساره گیاه در ارتباط باشد (کافی، ۱۳۸۱). از آن جا که با کاهش محتوای رطوبت خاک، پسابیدگی پروتوپلاسم توام با کاهش آماس سلول اتفاق می‌افتد، اندازه سلول و سرعت تقسیم سلول روند کاهش شدیدی پیدا می‌کند که منجر به کاهش میزان رشد و سطح فتوسنتز کننده گیاه می‌شود (کافی و همکاران، ۱۳۸۰). به نظر می‌رسد به علت فرآیند قرینگی (Allometry) کمبود آب وزن خشک گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و همان طور که کمبود آب باعث کاهش رشد و تقسیم سلول می‌گردد، تعداد و وزن خشک اندام گیاه را نیز کاهش می‌دهد. گیاه در شرایط بدون تنش خشکی از وضعیت آماس سلولی مناسبی برخوردار است که در این شرایط، پتانسیل فشاری لازم برای توسعه سلول و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.20.3]

تقسیم آن فراهم می‌باشد. لذا این شرایط باعث افزایش فعالیت متابولیسمی و رشد و سرعت توسعه ریشه می‌گردد، به طوری که با رشد ریشه جذب یون‌های غذایی بیش تر می‌شود و با تولید اندام هوایی زیادتر، انرژی موجود از طریق فتوسنتز نیز افزایش می‌یابد (کافی و همکاران، ۱۳۸۰). ولی در شرایط تنش خشکی محدودیت‌های تغذیه‌ای که از طریق کاهش جذب فسفر، پتاسیم، نیترات و کلسیم ایجاد می‌شود، رشد و سرعت توسعه ریشه را کاهش داده و به دنبال آن تولید اندام هوایی کم تر و انرژی موجود از طریق فتوسنتز کاهش می‌یابد (Martin and Torres, 1992). مطالب فوق نشان می‌دهد که در شرایط تنش خشکی شدید (٤٠٪ ظرفیت زراعی) و وضعیت نامناسب آماس سلولی، اختصاص مواد غذایی به ریشه نسبت به ساقه افزایش یافته و گیاه قادر نخواهد بود کربوهیدرات مورد نیاز برای ادامه رشد را فراهم کند.

شاخص‌های رشدی: نتایج جدول ۵ نشان داد اثر ساده رقم بر LAR، LWR، WSD، RWL و LWCA در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد. تنش خشکی اثر معنی داری بر LWR نداشت. ولی با اعمال تنش خشکی در صفات LAR، WSD، RWL و LWCA اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ مشاهده شد. همچنین برهمکنش تیمار رقم و تنش خشکی در صفات LAR، LWR، WSD و RWL معنی‌دار بود.

در بین سه رقم اطلسی مورد بررسی مقدار LWCA در رقم Tango White با اختلاف معنی دار نسبت به دو رقم دیگر بیشتر بود. مقدار WSD و RWL در رقم Supercascade به ترتیب ۵۷ و ٤٦٪ بود که در مقایسه به دو رقم دیگر مقادیر بالاتری داشت. ضمن اینکه بین دو رقم Tango White و Tango Blue از نظر مقدار RWL و WSD اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. با توجه به اینکه زیاد بودن میزان آب اولیه برگ و کم بودن آب از دست رفته نسبی (RWL) از ویژگی‌های ژنوتیپ‌های سازگار به تنش خشکی است و می‌تواند به عنوان معیار انتخاب در جهت تحمل به تنش خشکی مورد استفاده قرار گیرد (McCaig and Romugosa, 1989)، به نظر می‌رسد در بین سه رقم مورد بررسی رقم Supercascade مقاومت کمتری به تنش خشکی داشته است.

همچنین بیشترین مقدار LWCA در شاهد تنش (۱۰۰٪ ظرفیت زراعی) مشاهده شد. آب موجود در سلول‌ها و بافت‌های گیاهی، متأثر از بیلان آبی گیاه در شرایط آب و هوایی منطقه رشد می‌باشد. بدین صورت که اگر مقدار رطوبت موجود در خاک به اندازه‌ای باشد که جبران خروج آب از گیاه را که عمدتاً از مسیر تعرق (حدود ۹۰ درصد) خارج می‌شود را بنماید، در این صورت سلول‌ها و بافت‌های گیاه همواره در سطح بالایی از تورژسانس قرار خواهند داشت و بدون هیچگونه مشکلی، مراحل رشد و تقسیم سلولی را دنبال خواهند نمود. اما اگر به دلیل کمبود رطوبت در خاک مزرعه، مقدار آب خروجی گیاه به طور صد در صد توسط ریشه ها جبران نشود، درصد آب موجود در بافت‌های گیاه دچار نقصان خواهد شد و این نقصان اثرات نامطلوبی را بر رشد و عملکرد گیاهان خواهد داشت. با افزایش شدت تنش کمبود آب، شاهد کاهش درصد آب برگ خواهیم بود. بنابراین طبق نتایج پژوهش حاضر با افزایش شدت تنش خشکی، شاهد افزایش WSD و RWL و همچنین کاهش LWCA بودیم. مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و خشکی نشان داد LAR در رقم Tango White و در ۱۰۰، ۸۰ و ٦٠٪ ظرفیت زراعی به ترتیب با مقدار ۲۹۱، ۱۸۰ و ۱۷۹ نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. تنش رطوبتی از طریق تسریع پیری و ریزش برگ ها اثر خود را روی کاهش سطح برگ می‌گذارد که بدین ترتیب نسبت سطح برگ را متأثر می‌کند. نسبت سطح برگ، بیان کننده‌ی نسبت بین سطح پهنک یا بافت‌های فتوسنتزکننده به کل بافت‌های تنفس کننده یا وزن گیاه است.LAR نشانه پربرگی یک گیاه است (Silim *et al.*, 1993). سطح برگ از طریق تاثیر در جذب تابش خورشیدی، در مقدار ماده خشک گیاهی اثر تعیین کننده‌ای دارد. بیشتر بودن شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ به ترتیب سبب افزایش میانگین سرعت رشد محصول و حفظ این سرعت برای زمان طولانی‌تری در دوره رشد گیاه می‌شود و سرانجام افزایش در تولید ماده خشک و احتمالاً عملکرد اقتصادی را به دنبال خواهد داشت (بالجانی و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.20.3]

جدول ۵- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در گل اطلسی

منابع تغییر	درجه آزادی	LAR	LWR	WSD	RWL	LWCA
رقم	۲	۳۶۰۷۵/۰۲**	۰/۰۹۸**	۷۸۸/۸۹**	۳۴۹/۶۸**	۰/۰۰۱**
تنش خشکی	۳	۱۳۴۰۳/۹۱**	۰/۰۰۳^{ns}	۶۵۱/۲۲**	۴۳۱/۸۲**	۰/۱۰۰**
رقم*تنش خشکی	۶	۹۳۲۴/۵۹**	۰/۰۱۷*	۴۳/۹۷*	۱۶۰/۵۵**	۰/۰۰۰۱^{ns}
خطا	۲۴	۷۴۱/۵۵	۰/۰۰۶	۲۴/۴۹	۴۴/۶۳	۰/۰۰۰۱
ضریب تغییرات		۲۴/۱۵	۲۱/۱۹	۱۰/۳۷	۱۶/۸۶	۹/۳۶

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

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و رقم بر برخی صفات اندازه گیری شده در گل اطلسی

رقم	تنش خشکی (%FC)	LAR (cm^2/g)	LWR (g/g)	WSD (%)	RWL (%)
Supercascade	۱۰۰	۶۲/۱۶^{def}	۰/۲۸۳^{cd}	۴۵/۲۵^{bcd}	۳۲/۴۲^{cd}
Supercascade	۸۰	۵۹/۳۶^{ef}	۰/۲۴۴^{d}	۵۲/۴۰^{bc}	۴۰/۳۲^{bc}
Supercascade	۶۰	۱۰۸/۵۹^{c}	۰/۳۹۸^{bc}	۵۵/۵۶^{b}	۴۴/۹۵^{b}
Supercascade	۴۰	۷۲/۰۹^{cdef}	۰/۲۲۷^{d}	۷۲/۰۹^{a}	۶۵/۴۱^{a}
Tango Blue	۱۰۰	۱۰۶/۱۷^{cd}	۰/۵۳۸^{a}	۳۳/۹۹^{ef}	۲۷/۹۷^{d}
Tango Blue	۸۰	۹۷/۶۹^{cde}	۰/۴۷۳^{ab}	۳۸/۰۷^{d}	۳۲/۱۹^{cd}
Tango Blue	۶۰	۹۱/۶۰^{cdef}	۰/۴۰۶^{bc}	۴۵/۶۰^{cd}	۴۰/۳۳^{bc}
Tango Blue	۴۰	۵۲/۶۰^{ef}	۰/۴۵۷^{ab}	۵۵/۴۳^{b}	۴۲/۰۹^{bc}
Tango White	۱۰۰	۲۹۱/۲۹^{a}	۰/۴۹۶^{ab}	۳۳/۳۶^{f}	۳۵/۹۹^{bcd}
Tango White	۸۰	۱۸۰/۵۶^{b}	۰/۴۰۷^{bc}	۴۱/۳۳^{de}	۳۶^{bcd}
Tango White	۶۰	۱۷۹/۵۵^{b}	۰/۴۱۳^{abc}	۴۳/۳۴^{d}	۴۱/۷۵^{bc}
Tango White	۴۰	۵۱/۵۲^{f}	۰/۴۰۸^{abc}	۴۸/۱۹^{bcd}	۳۶/۱۸^{bcd}
LSD Value		۴۵/۸۹	۰/۱۳۰	۸/۳۳	۱۱/۲۶

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

شکاری، ۱۳۹۱). منطبق با نتایج فوق مبینی بر کاهش LAR در شرایط تنش خشکی، بالجانی و شکاری (۱۳۹۱) گزارش کردند که در تیمار قطع آبیاری و به عنوان مکانیسم اجتناب و فرار از تنش، زوال سریعتر سطح برگ و کاهش دوره رشد اتفاق می‌افتد که موجب کاهش پارامترهای LAI و LAR و کاهش سبزمانی گیاه می‌گردد.

در تیمار آبیاری نرمال مقدار LWR در سه رقم Supercascad، Tango Blue و Tango White به ترتیب ۰/۲۸۳، ۰/۵۳۸ و ۰/۴۹۶ بود. با کاهش آب آبیاری از ۱۰۰ به ۸۰٪ ظرفیت زراعی، LWR در ارقام Supercascade و Tango Blue به ترتیب ۱۳و ۱۲ و در رقم Tango White ۱۷٪ کاهش داشت. مقادیر WSD (۷۲) و RWL (۶۵٪) در رقم Supercascade و در تنش شدید ۴۰٪ با اختلاف معنی دار نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود (جدول۶). به نظر می رسد کاهش آب برگ به دلیل تعرق زیاد و جایگزین نشدن آن به علت عدم دسترسی ریشه گیاه به آب کافی در تیمار تنش خشکی باشد. کاهش شاخص آب از دست رفته از برگ در اثر تنش خشکی در گندم توسط Golestani و Assad (۲۰۰۰) نیز

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.20.3]

گزارش شده است. این محققین نشان دادند که مقدار کاهش RWL در ارقام مقاوم کمتر می‌باشد. یکی از مکانیسم‌های اصلی مقاومت به خشکی در گیاهان، کاهش میزان تعرق از طریق بستن روزنه ها می‌باشد که منجر به افزایش دمای کانوپی و کاهش میزان آب از دست رفته برگ می‌شود. از آنجا که ارقام متحمل کنترل بیشتری بر باز و بسته کردن روزنه ها دارند، میزان تعرق در این ارقام و آب از دست رفته برگ کمتری خواهند داشت که با یافته های حاصل از این پژوهش مطابقت دارد (Karimizadeh and Mohammadi, 2011).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانتی در رقم Tango White و Tango Blue بیشتر از Supercascade بود. بیشترین وزن تر برگ در رقم Tango White و در دو سطح تنش شاهد (۶/۰۸گرم) و تنش کم ۸۰ ٪ ظرفیت زراعی (۵/۹ گرم) و بیشترین وزن تر ساقه و گل در رقم Tango White و در شاهد تنش بود. بیشترین وزن خشک کل نیز در رقم Tango White و در شاهد تنش مشاهده شد. LAR در رقم Tango White و در ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰٪ ظرفیت زراعی به ترتیب با مقدار ۲۹۱، ۱۸۰ و ۱۷۹ نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. مقدار LWR نیز در سه رقم Supercascad، Tango Blue و Tango White به ترتیب ۰/۲۸۳، ۰/۵۳۸ و ۰/۴۹۶ بود. مقادیر WSD (۷۲) و RWL (۶۵٪) در رقم Supercascade و در تنش شدید ۴۰٪ با اختلاف معنی دار نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. به طور کلی نتایج نشان داد رقم Tango White و Tango Blue هم در شرایط شاهد و هم تحت تنش کم آبی وزن تر، وزن خشک و فعالیت آنتی‌اکسیدانتی بیشتر و همچنین WSD و RWL کمتری داشته و بنابراین نسبت به رقم Supercascad به کم آبی مقاوم‌تر هستند.

منابع

بالجانی، ر. و شکاری، ف. (۱۳۹۱) تاثیر پیشتیمار با سالیسیلیکاسید بر روابط شاخصهای رشد و عملکرد در گیاه گلرنگ تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۲(۱): ۸۷-۱۰۳.

شمس، ج.، اعتمادی، ن.، نجفی، پ. و رضایی، ع. (۱۳۸۹) بررسی اثر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیک سه رقم گل اطلسی. پنجمین همایش ملی ایده های نو در کشاورزی.

فرشادفر، ع. و جوادی‌نیا، و. ج. (۱۳۹۰) ارزیابی ژنوتیپهای نخود از نظر تحمل به خشکی. مجله به نژادی نهال و بذر ۵۱۷ : ۲۷

قادری، ن.ع.، سی سه مرده، س. و شاهویی، ص. (۱۳۸۵) بررسی اثرات تنش بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی در دو رقم انگور. مجله علوم کشاورزی ایران ۱: ۵۰ -۴۵.

قهرمان ا. (۱۳۷۳) کورموفیت های ایران (سیستماتیک گیاهی). جلد سوم. تهران. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی. ۳۰۶ ص.

کافی م.، زند ا.، کامکار ب.، شریفی ح. و گلدانی م. (۱۳۸۰) فیزیولوژی گیاهی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۲.۳۷۹ص.

کمالی، م. و گلدانی، م. (۱۳۹۵) ارزیابی اثر کودهای آلی بر شاخص‌های رشد و گلدهی توده اطلسی ایرانی در شرایط کم آبیاری. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، سال بیستم. شماره هفتادو هفتم

لباسچی، م.ح. و شریفی عاشور آبادی، ا. (۱۳۸۳) شاخص های رشد برخی گونه های گیاهان دارویی در شرایط مختلف تنش خشکی . فصلنامه پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۰: ۲۴۹- ۲۶۱.

مرادی، ع.، احمدی، ع. و حسین زاده، ا. (۱۳۸۷) واکنش زراعی- فیزیولوژی ماش (رقم پرتو) به تنش شدید و خفیف خشکی در مراحل رشد رویشی و زایشی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی،.۴۵: ۶۵۹ -۶۷۱ .

محمدی، ر. و فرشادفر، ع. (۱۳۸۲) تعیین کروموزومهای کنترل کننده صفات فیزیولوژیک مرتبط با تحمل به خشکی در چاودار. مجله علوم زراعی ایران ۵: ۱۳۲-۱۱۷.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.20.3]

Alidib, T., Monneveux, P.H. and Araus, J.L. (1990) Breeding durum wheat for drought tolerance. Analytical, synthetical approaches and their connection. In: Wheat Breeding-Prospects and Future Approaches (Eds: Panayotov, I. and Pavlova, S.) pp. 224–240. Varna, Bulgaria.

Baher, Z.F., Mirza, M., Ghorbanil, M. and Rezaii, M.Z. (2002) The influence of water stress on plant helight, herbal and essential oil yield and composition in Satueja hortensis L., Flavor Fragrance Journal 17: 275-277.

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.

Blum, A. (2011) Drought resistance– is it really a complex trait? Functional Plant Biology 38: 753–757.

Bohnert, H.J., Nelson, D.E. and Jensen, R.G. (1995) Adaptations to environmental stresses. Plant Cell 7: 1099-1111.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. (1995) Use of a free radical method to evaluate antioxidantactivity. Lebensmittel-Wissenschaft und- Technologie, 28:25-30.

Bredemeier, C. (2005) Laser-induced chlorophyll fluorescence sensing as a tool for site-specific nitrogen fertilizer evaluation under controlled environmental and field conditions in wheat and maize. PhD. Thesis.Technical University of Munich, Germany. pp 219.

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

Clarke, J.M., Smith, T., Caig, T. and Green, G. (2000) Growth analysis of spring wheat cultivars of varing drought-resistance. Crop Science 24:537-541.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S.M.A. (2009) Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development, 299: 185-212

Golestani, S. and Assad, M.T. (2000) Evaluation of four screening techniques for drought resistance and their relationship to yield reduction ratio in wheat. Euphytica 103: 293-299.

Heydari Sharif Abadi, H. (2000) Plant, Aridity and Drought. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran (In Persian).

Karimizadeh, R. and Mohammadi, M. (2011) Association of canopy temperature depression with yield of durum wheat genotypes under supplementary irrigated and rainfed conditions. Australian Journal of Crop Science, 5(2): 138-146.

Kim, E.H., Kim, Y.S., Park, S.H., Koo, Y.J., Choi, Y.D., Chung, Y.Y., Lee, I.J. and Kim, J.K. (2009) Methyl jasmonate reduces grain yield by mediating stress signals to alter spikelet development in

rice. Plant Physiology, 149: 1751-1760.

Leung, J. and Griaudat, J. (1998) Abscisic acid signal transduction. Plant Physiol. 49: 199-222.

Li, Y., Ma, J., Wang, H.Z., Zhang, R.P. and Li, X.Y. (2005) Studies on screening of the drought resistance assessmentindexes and comprehensive evaluation of rice varieties during seedling stage. Southwest China Journal of Agriculture Science, 18:250-255.

Lopez, F.B., Setter , T.L. and Mc David , C.R. (1988) Photosynthesis and Water vapor Exchange of Pigeon pea leaves in response to water deficit and recovery. Crop Science, 28: 141-145.

Martin, B., and Torres, N.A.R. (1992) Effects of water deficits stress on photosynthesis, it is components and component limitations and on water use efficiency in wheat. Plant Physiology, 100:733-739.

Matin, M.A., Brown, J.H. and Fergusen, H. (1989) Leaf water potential relative water content and diffusive resistance as screening techniques for drought resistance in barley. Agronomy Journal, 81: 100-105.

McCaig, T. N. and Romugosa, I. (1989) Measurement and use of excised-Leaf water status in wheat. Crop Science 29: 1140-1145.

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.

Mahajan, S., and Tuteja, N. (2005) Cold, salinity and drought stress: an overview. Archives of Biochemistry and Biophysics, 444: 139-158.

Munne-Bosch, S. and Alegre, L. (2000) Role of dew on the recovery of water stressed Melissa officinalis L. plants.Journal of Plant Physiology 154(5-6): 759-766.

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.

Rosalesserna, R., Kohashishbata, J., Acosta Gallegos, J.A., Trejo Lopez, C., Ortiz Cereceves J., and Kelly, J.D. (2004) Biomass distribution, maturity, 135-143.

Silim, S.N., Saxana, M.C. and Singh, K.B. (1993) Adaptation of Spring-Sown Chickpea to the Mediterranean Basin. II. Factors influencing yield under drought. Field Crops Research, 34: 137-141.

Simane, B., Peacock, J.M. and Stuik, P.C. (1993) Diffrence in developmental plasticity and growth rate among drought resistant and susceptible cultivars of durum wheat. Plant and Soil 157:155-166.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.20.3]

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.

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.

Yamada, M., Morishita, H., Urano, K., Shiozaki, N., Yamaguchi-Shinozaki, K., Shinozaki, K., Yoshiba, Y. (2005) Effects of free proline accumulation in petunias under drought stress, Journal of Experimental Botany, 56: 1975–1981.

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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.20.3]

Effect of irrigation deficit on water relations, growth and physicochemical changes in Petunia (*Petunia garandiflora*) cultivars

Maryam Kamali[1], Mahmoud Shoor[1*], Seyyed Hossein Neamati[1], Amir Lakzian[2], Hamid Reza Khazaei[3]

[1]Horticulture Department, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
[2]Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran[3], Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

(Received: 10/08/2016, Accepted: 16/11/2016)

Abstract

Drought stress is one of the most important and most common environmental stresses limiting agricultural production. To evaluate the effect of different levels of irrigation deficit on some properties of three varieties of petunia, a factorial experiment based on completely randomized design with four replications was conducted in research greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad. Treatments were irrigation deficit in four levels (100, 80, 60 and 40% of field capacity) and three varieties of petunia (Supercascade, Tango blue and Tango white). Traits included fresh weight of plant components, total dry weight, stem diameter, spad, antioxidant activity, leaf weight ratio (LWR), leaf area ratio (LAR), Relative Water Loss (RWL), Water Saturation Defficient (WSD) and Leaf Water Content per unit leaf Area (LWCA). The results showed that with increasing drought from control to severe stress (40% FC) Spad increased from 35.4 to 42.6. Percentage of antioxidant activity in Tango White and Tango Blue was more than Supercascade. the most leaf fresh weight was in Tango White and in control stress levels (6.08 g) and 80% of field capacity (5.9 g) and the maximum stems fresh weight (9.7g/plant) and flower fresh weight (15.1 g/plant) were observed in Tango White varity and control stress. the highest dry weight was observed in Tango White and 100% FC. LWR value in Supercascad, Tango Blue and Tango White were 0.283, 0.538 and 0.496 respectively. WSD (72) and RWL (65%) in Supercascade varity and under severe stress (40% FC) with a significant effect was higher than other treatments. Generally, the results showed Tango White and Tango Blue varities, in control and also under water stress conditions had more fresh weight, dry weight and antioxidant activity and had WSD and RWL less than Supercascad and therefore, they are more resistant.

Keywords: Antioxidant Activity, Drought, Spad, Stomatal conductance

*** correspounding author: shoor@um.ac.ir**

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.20.3]