نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، ص. ۱۶۲-۱۵۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 30, No. 1, Spring 2016, P. 162-151
ISSN: 2008 - 4730

اثر اسید سالیسیلیک بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک گل‌های بستری خانواده آفتابگردان تحت شرایط کم آبی

سید مجید زرگریان[۱]- علی تهرانی فر[۲*]- سید حسین نعمتی[۳]- بهرام سیاوش پور[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۹/۰۳

چکیده

کم آبی یکی از مهم‌ترین مشکلات مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. هرگاه میزان آب دریافتی گیاه کمتر از تلفات آن باشد کم آبی پدید می‌آید که در این شرایط استفاده از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی مانند اسید سالیسیلیک راهکاری برای جلوگیری از اثرات مخرب کم آبی و افزایش سازگاری گیاه می‌باشد. به منظور بررسی اثر اسید سالیسیلیک بر برخی از ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک تعدادی از گل‌های بستری خانواده آفتابگردان شامل ابری (*Ageratum houstonianum* 'Blue Danube')، جعفری آفریقایی (*Tagets erecta* 'Discovery Yellow')، جعفری فرانسوی (*Tagets patula* 'Hero Harmony')، آهار (*Zinnia elegans* 'Lilliput rose') و وصال (*Callistephus chinensi* 'Milady Mix') تحت شرایط کم آبی، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در محوطه گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۲ انجام شد. فاکتور اصلی دو حجم آبیاری (۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی)، فاکتور فرعی اسید سالیسیلیک (۰ و ۱ میلی‌مولار) بودند. ویژگی‌های مورفولوژیکی اندازه‌گیری شده (ارتفاع، سطح برگ، تعداد گل، وزن خشک گل، ریشه و اندام هوایی) و ویژگی‌های فیزیولوژیکی (کلروفیل های a، b و کل، کاروتنوئید، هدایت روزنه‌ای، محتوای نسبی آب برگ و نشت یونی) بودند. نتایج نشان داد کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط کم آبی به علت تفاوت‌های مورفولوژیکی و ژنتیکی گل‌ها بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی آن‌ها اثرات یکسانی نداشت. در شرایط کم آبی کاربرد اسید سالیسیلیک موجب بیشترین بهبود صفات مذکور در آهار و جعفری آفریقایی گردید. کمترین اثر نیز در گیاه وصال مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: آهار، ابری، جعفری آفریقایی، جعفری فرانسوی، وصال

مقدمه

با رشد فزاینده جمعیت و گسترش زندگی شهرنشینی، به منظور بالابردن سلامت روح و جسم انسان‌ها، گسترش فضای سبز شهری امری ضروری به نظر می‌رسد. گل‌های بستری با توجه به تنوع رنگ بسیار زیاد از عناصر بسیار مهم فضای سبز شهرها بوده و بسیار مورد توجه طراحان فضای سبز می‌باشند (۱۸). از طرف دیگر به علت ویژگی‌های بذور اصلاح شده خارجی، از جمله صفت پاکوتاهی، درشت بودن گل‌ها و تنوع و تفکیک در رنگ، این بذور بسیار مورد توجه برای کشت در فضاهای سبز شهری قرار گرفته است و این در صورتی است که مطالعه سازگاری این ارقام خارجی با اقلیم و مدیریت نگهداری فضاهای سبز شهری ما انجام نشده است. تنش‌های محیطی اثرات سوءیی در کاهش گلدهی و نقصان جذابیت گل‌های فصلی دارد. کمبود آب به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، تأمین آب جهت نگهداری فضای سبز این مناطق را روز به روز مشکل تر ساخته و نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی را تأمین نمی‌کند (۴۲). پاسخ گیاهان به کم آبی در سطوح فیزیولوژیک، سلولی و مولکولی می‌باشد (۱۴). این پاسخ به گونه و ژنوتیپ گیاه (۴۴) طول دوره و شدت کمبود آب و سن و مرحله نموی آن (۵۸) بستگی دارد. تنش ناشی از کمبود آب سبب کاهش رشد قسمت‌های مختلف گیاه اعم از ریشه‌ها و اندام‌های هوایی (۵۷)، سطح برگ، ارتفاع بوته، وزن خشک، شدت فتوسنتز، بسته شدن روزنه‌ها، تعرق، تخریب آنزیم‌ها، پروتئین‌ها و تغییر در سنتز پروتئین‌ها، تجمع اسیدهای آمینه و کاهش کلروفیل می‌شود (۱۶). ارتفاع و تعداد گل در گیاه همیشه بهار در شرایط کم آبی به شدت کاهش نشان داد (۵۱). در شرایط کمبود آب یکی از

۱ - دانشجوی دکتری باغبانی، دانشگاه فردوسی مشهد، پردیس بین الملل
۲ و ۳ - به ترتیب استاد و استادیار گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: tehranifar@um.ac.ir
۴- استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه حکیم سبزواری

روش‌های فیزیولوژیک استفاده از مواد تخفیف دهنده تنش و تنظیم کننده‌های رشد گیاهی مانند اسید سالیسیلیک می‌باشد که می‌تواند به عنوان یک استراتژی برای جلوگیری از اثرات مخرب کم آبی موثر بوده و زمینه سازگاری گیاه را فراهم آورد. اسید سالیسیلیک یکی از ترکیبات فنلی تولیدی در گیاهان، و هورمونی است که در مقادیر کم (میلی‌گرم بر گرم وزن تر یا کمتر)، به فرم آزاد و گلیکوزیل وجود دارد و نقش مهمی در مقاومت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی ایفا می‌کند و بر رشد گیاه، جوانه‌زنی دانه، ساختار غشا، جذب و انتقال یون، میزان فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، مقدار کلروفیل، گلدهی و رسیدن میوه تأثیر می‌گذارد (۸ و ۵۵). اسید سالیسیلیک بسته به غلظت به کار رفته بر روی گیاه، گونه، دوره رشدی و شرایط محیطی، تأثیرات متفاوتی را از نظر فرایندهای مختلف فیزیولوژیک مانند شروع برخی فرایندها و ممانعت برخی دیگر می‌گذارد (۲۰). در مطالعه اثرات متقابل محلول پاشی اسید سالیسیلیک و تیمارهای مختلف آبیاری بر برخی ویژگی‌های کمی، کیفی و تنظیم کننده‌های اسمزی ریحان مشاهده شد که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک سبب افزایش کلیه ویژگی‌های مورد بررسی شد (۴۳).

خانواده آفتابگردان Asteraceae با بیش از ۲۰۰۰۰ گونه با پراکنش جهانی، یکی از بزرگ‌ترین خانواده‌های گیاهی است که در مناطق معتدل و حاره‌ای پراکنده اند و بسیاری از گل‌های بستری این خانواده به طور گسترده در فضای سبز شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۳و۲۰). با توجه به اهمیت فضای سبز شهری و کمبود آب به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، به منظور انتخاب گیاهان مقاوم به خشکی و استفاده از مواد کاهنده اثرات مضر تنش، این تحقیق به منظور بررسی اثر اسید سالیسیلیک بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک تعدادی از گل‌های بستری خانواده آفتابگردان تحت شرایط کم آبی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در محدوده پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، در محوطه گروه باغبانی دانشکده کشاورزی به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. فاکتور اصلی حجم آبیاری (۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی)، و فاکتور فرعی اسید سالیسیلیک (۰ و ۱ میلی مولار) و با ۴ تکرار بود. تیمارهای آبیاری در دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی اعمال شد به گونه‌ای که روزانه میزان تبخیر از سطح تشت تبخیر کلاس A (واقع در محوطه دانشکده کشاورزی) قرائت شده و به روش غیر مستقیم (فائو) و بشرح زیر نیاز آبی روزانه گیاهان مورد آزمایش محاسبه گردید (۲).

$$ET_O = K_P . E_{Pan}$$
$$ET_C = K_C . ET_O$$

در روابط فوق، ET_O میزان تبخیر و تعرق مرجع، E_{Pan} میزان تبخیر از تشت و ET_C میزان تبخیر و تعرق محصول می باشد. ضریب تشت تبخیر(K_P) برابر ۰/۷۷ و ضریب گیاهی (Kc) برای گلهای یکساله برابر ۰/۸ در نظر گرفته شد (۵۰,۴۱). در مرحله بعد ویژگی های رطوبتی خاک شامل ظرفیت مزرعه (FC)[1] و نقطه پژمردگی دائم (PWP)[2] توسط دستگاه صفحات فشاری[3] مشخص شد و ضریب مدیریت مجاز نقصان یا تقلیل رطوبت (MAD)[4] معادل ۰/۴ در نظر گرفته شد. سپس بر اساس روش پنمن مانتیث فائو (۳) میزان آبیاری محاسبه شد و در نهایت حجم آب مورد نظر برای هر تیمار با استفاده از کنتور آب (مدل Inaddalena- udin-Italia) با دقت لیتر و به صورت دقیق داده شد. عامل دوم تیمار اسید سالیسیلیک با غلظت‌های ۱میلی‌مولار و شاهد (بدون تیمار) بود. گل های بستری به کار رفته در این تحقیق شامل ابری(*Ageratum houstonianum* ‘Blue Danube’)، جعفری آفریقایی (*Tagets erecta* ‘Discovery Yellow’)، جعفری فرانسوی (*Tagets patula* ‘Hero Harmony’)، آهار (*Zinnia elegans* ‘Lilliput rose’) و وصال (*Callistephus chinensi* ‘Milady Mix’) بودند. ابتدا بذرهای خریداری شده از شرکت Sakata ،Benary ،Sahin ،Hem Zaden ،BV ،Takii seed و Pan American seed در اوایل اردیبهشت در سینی‌های کشت محتوی مخلوط کوکوپیت، پرلایت و پیپ خزه (به ترتیب ۷۰، ۲۰، ۱۰ درصد) کشت شده و سپس در مرحله ۶ برگی (حدود ۴۰– ۴۵روز پس از کاشت بذر) به کرت های زمین اصلی که از قبل آماده شده بودند، منتقل شدند. مخلوط خاکی پیش از شروع آزمایش مورد آنالیز گرفت و میزان عناصر N، P، K و EC، pH و نوع بافت خاک تعیین شد (جدول ۱).

حدود یک ماه پس از استقرار نشاء ها اولین محلول‌پاشی برگی با تیمار اسید سالیسیلیک انجام شد و به فواصل ۱۵ روز یکبار تکرار شد. ۱۰ روز پس از اولین محلول پاشی اسید سالیسیلیک، تیمارهای سطوح آبیاری در دو سطح ۱۰۰ درصد و ۵۰ درصد نیاز آبی اعمال شد. پس از یک ماه از اعمال تیمارهای آبیاری موارد زیر اندازه‌گیری و ثبت شدند.

1- Field capacity (FC)
2- Permanent wilting point (PWP)
3- Pressure plate
4- Management allowable depletion

جدول۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده

Table 1- Physicochemical characteristics of used soil

بافت خاک Soil texture	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	ماسه Sand (%)	پتاس K (mg/kg)	فسفر P (mg/kg)	ازت کل N (mg/kg)	EC (ds/m)	pH
لومی loamy	18	30	52	142.3	142.7	0.175	3.6	7.04

صفات ارزیابی شده: در این پژوهش ویژگی های مورفولوژیکی شامل ارتفاع بوته، سطح برگ، تعداد گل، وزن خشک گل و ریشه و وزن خشک اندام هوایی با استفاده از روش‌های رایج مورد ارزیابی قرار گرفت. برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه سطح سنج برگ[1] استفاده شد. جهت تعیین وزن خشک اندام ها پس از برداشت، به مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و در نهایت توزین شدند. ویژگی فیزیولوژیکی میزان هدایت روزنه‌ای با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای[2] (مدل SC-1) انجام شد. میزان پایداری غشاء از طریق اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیتی برگ بر اساس روش سایرام و همکاران (۴۸) ارزیابی گردید. محتوای نسبی آب برگ (RWC) به روش اسمارت و بینگام (۵۳) محاسبه شد. اندازه گیری کلروفیل بر اساس روش آرنون (۵) و کارتنوئید بر اساس روش رانگان (۴۵) صورت گرفت.

آنالیز آماری: آنالیز آماری و تحلیل داده‌های این تحقیق توسط نرم افزار MiniTab 316 و رسم نمودارها با نرم افزار Excel 3 انجام شد و از آزمون LSD در سطح ۵ درصد برای مقایسه کلیه میانگین‌ها استفاده گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد تیمار کم آبی و اسید سالیسیلیک بر ارتفاع تمام گیاهان مورد مطالعه اثر معناداری داشت. بیشترین ارتفاع در تیمارهای بدون کم آبی همراه با اسید سالیسیلیک حاصل شد (جدول ۲). اثر متقابل کم آبی و اسید سالیسیلیک فقط بر ارتفاع آهار در سطح احتمال ۵ درصد معنادار شد که بیشترین ارتفاع آهار در تیمار شاهد همراه با کاربرد اسید سالیسیلیک بدست آمد (جدول ۳). در دسترس بودن آب از طریق افزایش طول میان گره‌ها و تعداد گره‌ها ارتفاع گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند. از آنجا که تقسیم و افزایش اندازه سلول به کم آبی بسیار حساس است لذا به نظر می‌رسد که در تیمارهای تحت کم آبی، افزایش اندازه سلول تحت تأثیر قرار گرفته و با ممانعت از رشد طولی ساقه، سبب کاهش ارتفاع می‌شود (۴). نتایج این تحقیق نیز حاکی از کاهش ارتفاع در اثر عوامل فوق الذکر می باشد. رزمجو و همکاران (۴۷) گزارش کردند که کم آبی در اطلسی، رعنازیبا و شمعدانی منجر به کاهش ارتفاع گیاه گردید ولی این کاهش ارتفاع معنادار نبود که با نتایج حاصل از این تحقیق تا حدودی همخوانی ندارد. در پژوهشی تیمار کم آبی بر طول ساقه اصلی گیاه همیشه بهار معنا دار بود (۳۵). مطابق با نتایج حاصل از این پژوهش کاربرد اسید سالیسیلیک به صورت محلول پاشی برگی در گیاه ذرت باعث افزایش ارتفاع شد (۲۴). در شرایط کم آبی استفاده از اسید سالیسیلیک ارتفاع گیاه را به طور صعودی افزایش میدهد این اثر در تحقیق حسین و همکاران (۱۹) در خصوص کاربرد اسید سالیسیلیک بصورت محلول پاشی روی گیاهچه های گندم و بر روی دانهال‌های خیار (۷ و ۳۱) مشاهده شد که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. بنظر می‌رسد اسید سالیسیلیک سبب بهبود جذب عناصر غذایی در شرایط کم آبی می شود که این خود می تواند افزایش رشد را به همراه داشته باشد که افزایش ارتفاع گیاه نیز یکی از این موارد است (۱۰). از طرفی به نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک می تواند با افزایش میزان کلروفیل در برگ‌هایی که در آغاز فرایند پیری هستند، سبب افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد گردد.

سطح برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثرات ساده کم آبی نشان داد، اسید سالیسیلیک بر سطح برگ تمام گیاهان مورد مطالعه معنادار بود (جدول ۲). مصرف اسید سالیسیلیک در شرایط کم آبی اثر معناداری بر سطح برگ داشت و موجب افزایش سطح برگ در تمامی گیاهان مورد آزمایش شد (جدول۳). ممانعت از رشد گیاه، در طی کم آبی با کاهش محدود شدن سطح برگ و بنابراین کاهش تعرق و مصرف آب توسط گیاه مطابقت دارد (۲۲). کاهش سطح برگ از اولین پاسخ‌های مورفولوژیک در برابر کم آبی و راهکاری برای بهبود تحمل به کم آبی می‌باشد. مطابق با نتایج حاصل از این تحقیق، کاهش سطح برگ در شرایط کم آبی در سایر بررسی‌ها نیز گزارش شده است (۴۹). احتمالاً کاهش سطح برگ به دلیل کاهش محتوای نسبی آب و متعاقباً کوچک شدن اندازه سلول‌ها، کاهش تقسیم سلول‌های مریستمی و در

1 - Leaf area meter
2 - Leaf Prometer

نتیجه کند شدن رشد برگ، توقف تولید برگ، تسریع پیری و متعاقب آن ریزش برگ ها می‌باشد (۲۸ و ۳۹). علاوه بر این، کاهش سطح برگ سبب کاهش خسارت تابش نوری به سطح برگ می‌شود که این نیز به نوبه خود کاهش تنش‌های اکسیداتیو در گیاه را به دنبال خواهد داشت (۱۱). نتایج حاصل از تحقیقات پیشین در مورد کاربرد اسید سالیسیلیک بر روی دانهال‌های خیار (۷ و ۳۱)، گیاه همیشه بهار (۳۵) و ذرت (۲۴) تحت شرایط کم آبی نشان داد که سطح برگ با افزایش کم آبی کاهش و با کاربرد اسید سالیسیلیک افزایش یافت که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. نتایج حاصل از مطالعات سایر محققان نیز با موارد مذکور همخوانی داشت (۱۷).

بررسی اثرات متقابل اسید سالیسیلیک و کم آبیاری در گیاه همیشه بهار حاکی از آن بود که استفاده از اسید سالیسیلیک اثرات کم آبیاری را کاهش داد، به طوری که سطح برگ به طور معناداری افزایش یافت (۳۵) که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. اسید سالیسیلیک از طریق حفظ سلامت سیستم ریشه‌ای در برابر اثرات مضر کم آبی میزان رشد آن را افزایش داده و باعث جذب بیشتر آب و مواد غذایی شده که در نهایت منجر به افزایش رشد گیاه می‌شود. این افزایش رشد همراه با تولید برگ‌های جدید خواهد بود که در نهایت سطح برگ کل افزایش خواهد یافت. با توجه به اینکه کم آبی سبب کاهش فعالیت آنزیم روبیسکو می‌گردد، به نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و در نتیجه بهبود شدت فتوسنتز، سبب افزایش سطح برگ می‌شود (۳۱).

تعداد گل

کم آبی بر تعداد گل تمام گیاهان مورد مطالعه اثر معناداری داشت، اثر ساده اسید سالیسیلیک و اثر متقابل کم آبی و اسید سالیسیلیک تنها بر تعداد گل گیاه آهار و جعفری آفریقایی معنادار بود. بیشترین تعداد گل در آهار و جعفری آفریقایی در تیمار حاوی اسید سالیسیلیک بدست آمد (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات ساده کم آبی و اسید سالیسیلیک بر صفات مورفولوژیک برخی از گل‌های بستری خانواده آفتابگردان

Table 2- Mean comparison of simple effects of water deficit and salicylic acid on morphological characteristics of border flowers from Asteraceae family

گیاه Plant	صفت Trait / تیمار Treatment	ارتفاع بوته Plant height (cm)	سطح برگ Leaf area (cm^2)	تعدادگل Flower number	وزن خشک گل Flower dry weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	وزن خشک بخش هوایی Shoot dry weight (g)
ابری *Ageratum houstonianum*	D_1	15.25 a	1531.8a	1749.62a	11.01a	1.47a	22.98a
	D_2	13.25b	793.4b	724.5b	2.56b	0.52b	8.58b
	S_1	13.63b	994.1b	1046a	6.61a	0.93b	14.40b
	S_2	14.88a	1331.1a	1131.13a	6.96a	1.06a	17.15a
آهار *Zinnia elegans*	D_1	75.13a	12142a	42.5a	50.38a	7.87a	261.5a
	D_2	69.88b	9996b	21.5b	20.36b	2.52b	131.1b
	S_1	96.63b	10757b	29.88b	33.37b	5.11a	184.1b
	S_2	75.38a	11382a	34.13a	37.38a	5.28a	208.5a
جعفری آفریقایی *Tagets erecta*	D_1	32.38a	1844.3a	20a	14.86a	5.58a	56.09a
	D_2	27.63b	863.15b	10.87b	7.78b	3.78b	27.31b
	S_1	28.38b	1219.99b	14.25b	10.61b	4.31b	38.64b
	S_2	31.63a	1487.46a	16.62a	12.02a	5.06a	44.76a
جعفری فرانسوی *Tagets patula*	D_1	27.38a	2148.01a	56.75a	14.33a	4.10a	54.09a
	D_2	24b	873.64b	19.88b	4.03b	1.33b	20.22b
	S_1	24.38b	1303.42b	36a	8.76a	2.56b	34.04b
	S_2	27a	1718.08a	40.63a	9.60a	2.87a	40.26a
وصال *Callistephus chinensis*	D_1	25.12a	418.8a	27.88a	78.18a	2.16a	83.39a
	D_2	17.88b	215.9b	13b	32.89b	0.71b	35.30b
	S_1	21b	291b	19.38a	53.82a	1.44a	57.15a
	S_2	22a	343.7a	21.5a	57.24a	1.44a	61.54a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر عامل و گیاه از نظر آزمون LSD ($P<0.05$) معنی‌دار نیستند.

($\mathbf{D_1}$: شاهد، $\mathbf{D_2}$: تنش کم آبی)؛ ($\mathbf{S_1}$: بدون اسید سالیسیلیک، $\mathbf{S_2}$: اسید سالیسیلیک)

Mean in each column, for each factor and plant with the same letters are not significantly different using LSD ($P<0.05$)
($\mathbf{D_1}$: control, $\mathbf{D_2}$: water deficit); ($\mathbf{S_1}$: without salicylic acid, $\mathbf{S_2}$: with salicylic acid)

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل کم آبی و اسید سالیسیلیک بر صفات مورفولوژیک برخی از گل‌های بستری خانواده آفتابگردان

Table 3- Mean comparison of interaction effects of water deficit and salicylic acid on morphological characteristics of border flowers from Asteraceae family

گیاه Plant	صفت Trait / تیمار Treatments		ارتفاع بوته Plant height (cm)	سطح برگ Leaf area (cm^2)	تعداد گل Flower number	وزن خشک گل Flower dry weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	وزن خشک بخش هوایی Shoot dry weight (g)
ابری *Ageratum houstonianum*	D_1	S_1	a 14.75	1327.5b	1682.5a	10.75a	1.40b	21.07b
		S_2	15.75a	1736.2a	1816.75a	11.26a	1.54a	24.89a
	D_2	S_1	12.5b	660.8d	409.5b	2.47b	0.45c	7.73d
		S_2	14ab	926c	445.5b	2.65b	0.59c	9.42c
آهار *Zinnia elegans*	D_1	S_1	71.5b	11718b	39b	46.86b	7.88a	241.3b
		S_2	78.75a	12567a	46a	53.9a	7.86a	281.6a
	D_2	S_1	67.75c	9796c	20.75c	19.88c	2.34b	126.8d
		S_2	72b	10197b	22.25b	20.85d	2.71b	135.3c
جعفری آفریقایی *Tagets erecta*	D_1	S_1	31.25a	1662.60b	18.25b	13.87b	5.30a	52.08b
		S_2	33.5a	2026a	21.75a	15.94a	5.87a	60.10a
	D_2	S_1	25.5b	777.38d	10.25c	7.45d	3.32b	25.20d
		S_2	29.75b	948.93c	11.5b	8.11c	4.24b	29.42c
جعفری فرانسوی *Tagets patula*	D_1	S_1	26.75ab	1855.35b	54a	13.7a	3.98a	49.99b
		S_2	28a	2440.67a	59.5a	14.96a	4.22a	58.19a
	D_2	S_1	22b	751.50d	18b	3.86b	1.15b	18.10d
		S_2	26ab	995.78c	21.75b	4.24b	1.52b	22.34c
وصال *Callistephus chinensis*	D_1	S_1	24.75a	377.8b	26.75a	76.84a	2.16a	81.45a
		S_2	25.5a	459.8a	29a	79.52a	2.16a	85.33a
	D_2	S_1	17.25b	204.3c	12b	30.8b	0.72b	32.85b
		S_2	18.5b	227.6 b	14b	34.97b	0.72b	37.75b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر گیاه از نظر آزمون LSD ($P<0.05$) معنی‌دار نیستند.

(**D_1**: شاهد، **D_2**: تنش کم آبی)؛ (**S_1**: بدون اسید سالیسیلیک، **S_2**: اسید سالیسیلیک)

Mean in each column, for each plant with the same letters are not significantly different using LSD ($P<0.05$)
(**D_1**: control, **D_2**: water deficit); (**S_1**: without salicylic acid, **S_2**: with salicylic acid)

در بررسی اثر متقابل کم آبی و اسید سالیسیلیک بیشترین تعداد گل در آهار و جعفری آفریقایی در تیمار شاهد همراه با کاربرد اسید سالیسیلیک بدست آمد، در عین حال کاربرد اسید سالیسیلیک در سایر گیاهان بکار رفته در این پژوهش توانست روند گلدهی را تا حدودی بهبود بخشد (جدول ۳).

در مطالعه‌ای بر روی گیاه اطلسی اثر سطوح مختلف کم آبیاری بر تعداد گل نشان داد بیشترین تعداد گل مربوط به ظرفیت مزرعه تا حد ۷۵ درصد بود (۵۶). مطابق با نتایج حاصل از این تحقیق رزمجو و همکاران (۴۷) گزارش کردند که کم آبی در اطلسی، رعنازیبا و شمعدانی منجر به کاهش تعداد گل می‌شود. به طور معمول در برابر تنش‌های مختلف، گلدهی گیاه به منظور حفظ آسیمیلاسیون و ذخیره کربوهیدرات و ترکیبات غذایی، کاهش می‌یابد (۶). نتایج گزارشات نشان داد که اسید سالیسیلیک باعث افزایش گل‌دهی در گیاه بنفشه آفریقایی (*Saintpaulia ionantha* Wendl.) شد (۲۱) که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. اسید سالیسیلیک از طریق افزایش سنتز پروتئین و ظهور باندهای ایزوزایم جدید باعث القا و افزایش تعداد جوانه گل می‌شود. نتایج حاصل از یک تحقیق در مورد ارزیابی سطوح مختلف اسید سالیسیلیک بر تعدادی شاخص‌های رشد گیاه همیشه بهار تحت شرایط کم آبیاری نشان داد که سطوح مختلف اسید سالیسیلیک اثر معناداری بر تعداد گل در بوته داشت همچنین نتایج اثرات متقابل اسید سالیسیلیک و کم آبیاری حاکی از آن بود که مصرف اسید سالیسیلیک اثر کم آبیاری را کاهش داد به طوری که تعداد گل را به طور معناداری افزایش داد (۳۵). در این تحقیق اثر اسید سالیسیلیک تنها بر تعداد گل آهار و جعفری آفریقایی معنادار بود و گرچه کاربرد اسید سالیسیلیک در ابری، وصال و جعفری فرانسوی نتوانست تغییر معناداری را در تعداد گل نشان دهد ولی باعث بهبود گلدهی در این گیاهان شد که به نظر می‌رسد این تفاوت‌ها مربوط به ساختار مورفوفیزیولوژیکی آن‌ها باشد.

وزن خشک گل، ریشه و اندام هوایی

کم آبی بر وزن خشک گل، ریشه و اندام هوایی در تمام گیاهان

مورد مطالعه اثر معناداری داشت. اسید سالیسیلیک بر وزن خشک ریشه تمام گیاهان مورد مطالعه به جز آهار و وصال اثر معنادار داشت (جدول ۲). مصرف اسید سالیسیلیک در کم آبی بر وزن خشک گل آهار و جعفری آفریقایی اثر معناداری داشت و موجب افزایش وزن خشک گل شد. اثر متقابل کم آبی و اسید سالیسیلیک بر وزن خشک اندام هوایی تمام گیاهان مورد مطالعه به جز وصال معنادار بود. هرچند در وصال موجب ۱۴/۹ درصد افزایش وزن خشک هوایی شد (جدول ۳). بیشترین میزان وزن خشک گل، ریشه و اندام هوایی در مواردی که اثرمعناداری داشت مربوط به تیمار شاهد همراه با اسید سالیسیلیک بود (جدول ۳).

مطابق با نتایج حاصل از این تحقیق در مطالعه ای بر روی گیاه اطلسی با کاهش میزان آبیاری، وزن خشک ریشه و بخش هوایی کاهش یافت. در شرایط کم آبی شدید 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 (۵۶). به نظر می رسد به علت فرآیند قرینگی[1] ، کمبود آب، وزن خشک گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از آنجا که با کاهش محتوای رطوبت خاک، پسابیدگی پروتوپلاسم توأم با کاهش تورژسانس سلول اتفاق می افتد، اندازه سلول و سرعت تقسیم سلول روند کاهش شدیدی پیدا می کند که منجر به کاهش میزان رشد و توسعه سلول به خصوص در ریشه ها و سطح فتوسنتز کننده گیاه می‌شود، همچنین این شرایط باعث افزایش فعالیت متابولیسمی، رشد و سرعت توسعه ریشه می‌گردد، به طوری که با رشد ریشه جذب یون‌های غذایی بیشتر شده و با تولید اندام هوایی زیادتر، انرژی موجود از طریق فتوسنتز نیز افزایش می‌یابد (۱۶). افزایش سطح کم آبی سبب کاهش وزن ریشه جعفری (۴۰)، وزن خشک بوته و گل در گیاه همیشه بهار (۳۵) و وزن خشک اندام‌های هوایی ریحان (۴۶) گردید که با یافته‌های حاصل از این پژوهش همخوانی دارد. مطابق با نتایج حاصل از این گزارش استفاده از محلول‌پاشی برگی با اسید سالیسیلیک تحت شرایط کم آبی باعث افزایش وزن خشک شاخساره و ریشه در خیار (۷ و ۳۱)، افزایش وزن خشک گیاه و ریشه در ذرت (۲۴) و وزن خشک بوته و گل در گیاه همیشه بهار (۳۵) گردید. مردانی و همکاران (۳۱) گزارش کردند اثر متقابل اسید سالیسیلیک و کم آبی بر وزن خشک ریشه دانهال های خیار معنادار نشد که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. در شرایط کم آبی به دلیل نقصان مواد فتوسنتزی به علت کاهش سطح برگ، وزن خشک برگ در واحد سطح کاهش یافته و این رفتار سبب کاهش تولید مواد فتوسنتزی می‌گردد. با کاهش مواد فتوسنتزی از وزن خشک ساقه در واحد سطح به دلیل کاهش تعداد ساقه فرعی نیز کاسته می شود و در نهایت وزن خشک کل گیاه کاهش می‌یابد همچنین به دلیل نقصان مواد فتوسنتزی به علت کاهش سطح برگ، انتقال مواد به سمت گل‌ها نیز کاهش یافت. افزایش رشد سیستم ریشه‌ای و حفظ سلامت آن به وسیله اسید سالسیلیک باعث جذب بیشتر آب و مواد غذایی شده که در نهایت منجر به افزایش رشد گیاه می‌شود. افزایش مشاهده شده در وزن خشک شاخساره، ریشه و زیست توده را می‌توان به بهبود فتوسنتز در اثر کاربرد اسید سالیسیلیک نسبت داد (۱۵).

کلروفیل و کاروتنوئید

کم آبی بر میزان کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید تمام گیاهان مورد مطالعه اثر معناداری داشت (جدول ۴). اثر ساده کاربرد اسید سالیسیلیک بر میزان کلروفیل a، b، و کل تمامی گیاهان (بجز کلروفیل a در گیاه ابری) معنادار شد و موجب بهبود آن‌ها گردید همچنین مصرف اسید سالیسیلیک تنها بر کارتنوئید ابری و وصال توانست اثر معنادار بگذارد. اثر متقابل کم آبی و اسید سالیسیلیک بر کلروفیل a و b و کل جعفری آفریقایی و نیز کلروفیل b در جعفری فرانسوی معنادار شد (جدول ۵).

کلروفیل‌ها، ملکول‌های ضروری هستند که مسئول دریافت انرژی خورشیدی در سیستم‌های فتوسنتزی و معیاری بسیار مفید جهت ارزیابی وضعیت فیزیولوژیک گیاه می‌باشند. مطابق با یافته‌های حاصل از این پژوهش، برخی محققان گزارش کرده‌اند که تحت کم آبی محتوای کلروفیل کاهش می‌یابد و مقدار کاهش در این صفت بسته به نوع گونه، مدت زمان و سطح تنش متفاوت است مطالعات قبلی نشان داد که مقدار کلروفیل ریحان (۱۶)، نعناع (۳۴) پروانش (۱) و مریم گلی (۳۶) تحت کم آبی کاهش یافت. کاهش میزان کلروفیل و کاروتنوئید در شرایط کم آبی در سایر بررسی‌ها نیز گزارش شده است (۴۹ و ۵۸) که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. تنش باعث تخریب کلروپلاست‌ها و کاهش میزان کلروفیل شد (۳۴). اعمال تنش کم آبی در زمان گلدهی سبب کاهش محتوای کلروفیل گیاهان می‌شود که این کاهش می تواند به دلیل کاهش در پروتئین‌های غشایی خاص (پروتئین کلروفیل a/b برداشت کننده نور)، افزایش فعالیت آنزیم های کلروفیلاز و پراکسیداز، تولید گونه‌های واکنش گر اکسیژن و متعاقب آن پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب کلروفیل باشد (۵۷). همزمان با کاهش مقدار آب خاک و پتانسیل آب برگ، برخی هورمون‌ها مانند اتیلن و اسید ابسیزیک افزایش یافته و فعالیت کلروفیلاز زیاد شده و به علت هیدرولیز کلروپلاست و پروتئین‌های تیلاکوئیدی، محتوای کلروفیل کل و نسبت کلروفیل a به b نیز کاهش پیدا می‌کند (۲۹). علاوه بر این رادیکال‌های آزاد باعث تجزیه این رنگیزه‌ها می‌گردند (۵۴). در مطالعه‌ای دیگر به نقش کاروتنوئیدها در محافظت از غشاهای تیلاکوئیدی و جلوگیری از فتواکسیداسیون

1 - Allometry

کلروفیل‌ها اشاره گردید (۲۷). اولیورا–نتو و همکاران (۳۸) تغییرات متابولیکی را عامل کاهش سطوح رنگیزه های فتوسنتزی در گیاه ذرت خوشه ای در شرایط کم آبی بیان نمودند. این محققان گزارش کردند که کاهش کارآیی استفاده از کربن و افزایش تولید اتانول و لاکتات سبب کاهش سنتز کاروتنوئیدها و کلروفیل ها می شود. همچنین اعمال کم آبی در مرحله زایشی گیاه، تسریع پیری برگ و تجزیه رنگدانه های فتوسنتزی را در پی داشت. افزایش کلروفیل برگ در اثر کاربرد اسید سالیسیلیک در گیاهان گندم (۵۲)، خربزه (۲۵) و ذرت (۲۴) گزارش شده است که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد. استفاده از سطوح مختلف اسید سالیسیلیک تحت شرایط کم آبی سبب افزایش محتوای کلروفیل در دانهال های خیار (۳۱) و همیشه بهار (۳۵) گردید. اسید سالیسیلیک محتوای کلروفیل گیاهانی که در معرض کم آبی قرار دارند را افزایش داد (۳۱ و ۴۳). همچنین این نتایج با مشاهدات الیزابت و همکاران (۹) در مریم گلی مطابقت دارد. می‌توان گفت که احتمالاً استفاده از اسید سالیسیلیک با جلوگیری از فعالیت آنزیم های کلروفیل اکسیداز مانع تجزیه و در نتیجه افزایش کلروفیل و فعالیت آنزیم روبیسکو شده و از این طریق سبب افزایش میزان فتوسنتز کل می شوند (۳۱ و ۵۲).

هدایت روزنه‌ای

کم آبی بر میزان هدایت روزنه‌ای تمام گیاهان مورد مطالعه اثر معنادار داشت، در حالی‌که اثر ساده اسید سالیسیلیک تنها بر هدایت روزنه ای جعفری آفریقایی معنادار بود. اثر متقابل کم آبی و اسید سالیسیلیک بر هیچ کدام از گیاهان مورد مطالعه معنادار نبود. کمترین میزان هدایت روزنه ای در مواردی که اثر معناداری داشت در تیمار حاوی اسید سالیسیلیک بدست آمد (جدول ۳). مطابق با نتایج حاصل از این تحقیق با کاهش میزان آبیاری هدایت روزنه ای به طور معناداری در گیاه همیشه بهار کاهش یافت (۳۵). گیاهان در شرایط طبیعی هدایت روزنه‌ای بالایی داشتند اما در حین کم آبیاری، روزنه‌ها را بسته و مقدار هدایت روزنه ای را به شدت کاهش دادند و با این عمل از اتلاف آب گیاه جلوگیری کرده که این عمل می‌تواند به عنوان یکی از مکانیسمهای مقاومتی این گیاهان در برابر تنش خشکی محسوب شود (۳۴). کاربرد اسید سالیسیلیک هدایت روزنه‌ای را در برگ‌های لوبیا و دانهال‌های خیار (۲۶ و ۳۱) کاهش داد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. احتمالاً این کاهش هدایت روزنه‌ای به اثر ضد تعرقی ایجاد شده به وسیله محلول‌پاشی برگی با اسید سالیسیلیک برمی‌گردد. بنابراین به نظر می‌رسد که این امر باعث حفظ آب داخل گیاه شده و شادابی آن را به همراه خواهد داشت (۲۴).

محتوای نسبی آب برگ

کم آبی بر محتوای نسبی آب برگ تمام گیاهان مورد مطالعه اثر معناداری داشت. اسید سالیسیلیک محتوای نسبی آب برگ را در گیاه ابری حدود ۱/۲ درصد بهبود بخشید و بر سایر گیاهان اثر معنا داری را از لحاظ آماری نشان داد (جدول ۴). اثر متقابل کم آبی و اسید سالیسیلیک تنها بر آهار معنادار بود (جدول ۵). یکی از پارامترهای فیزیولوژیکی پاسخ دهنده به کم آبی محتوای نسبی آب برگ است. محتوای نسبی آب برگ ممکن است تعادل بین آب تأمین شده برای برگ و سرعت تعرق را بهتر از سایر اجزای روابط آبی منعکس نماید و آن را شاخص مناسبی برای نشان دادن وضعیت آبی برگ سازد. در مطالعه ای روی گیاه اطلسی با افزایش شدت کم آبی محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت (۵۶) که با نتایج بدست آمده از پژوهش‌هایی بر آفتابگردان (۴۶) و این پژوهش همسویی دارد. مطابق با نتایج حاصل از این تحقیق با افزایش شدت کم آبی در ریحان محتوای رطوبت نسبی برگ کاسته شد و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ شد (۴۳). می توان علت کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ را کاهش پتانسیل آب برگ و کاهش جذب از ریشه‌ها در شرایط خشک دانست. کم آبی محتوای نسبی آب، پتانسیل آب برگ و پتانسیل اسمزی سلول‌ها را کاهش می‌دهد (۳۰). در شرایط کم آبی به دلیل کاهش سطح برگ، تجمع کلروفیل افزایش می‌یابد اما به علت تعرق بالا گیاه آب بیشتری از دست می‌دهد و در نتیجه محتوای آب نسبی و به دنبال آن فتوسنتز نیز کاهش می‌یابد. تغییرات محتوای رطوبتی برگ به عنوان یک واکنش کوتاه مدت به تنش و معیاری از توان حفظ قدرت منبع در شرایط کم آبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به نقش کلروفیل و پروتئین در حفظ فتوسنتز و مقاومت به خشکی، می‌توان از محتوای نسبی آب برگ به عنوان یک شاخص در جهت مقاومت به خشکی استفاده کرد (۳۲).

محتوای رطوبت نسبی برگ همبستگی بالایی با پتانسیل آب برگ دارد و کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ منجر به بسته شدن روزنه ها، کاهش فتوسنتز و در مقادیر شدید منجر به توقف انتقال الکترون، ممانعت نوری و تخریب غشا می‌شود (۲۳).

نشت یونی

کم آبی، اسید سالیسیلیک و اثر متقابل آن‌ها بر نشت یونی تمام گیاهان مورد مطالعه اثر معناداری داشت (جدول ۴). بیشترین مقدار نشت یونی مربوط به تیمار کم آبی بدون کاربرد اسید سالیسیلیک بود (جدول ۵).

مطالعات قبلی نشان داد که اسید سالیسیلیک بر میزان نشت یونی تحت شرایط کم آبی مؤثر بود و تیمار با آن مقدار نشت یونی برگ را کاهش داد (۷). کورکماز و همکاران (۲۵) نیز چنین افزایشی را در میزان نشت یونی برگ های خربزه گزارش کردند.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات ساده کم آبی و اسید سالیسیلیک بر صفات فیزیولوژیک برخی از گل‌های بستری خانواده آفتابگردان

Table 4- Mean comparison of simple effects of water deficit and salicylic acid on physiological characteristicsof border flowers from Asteraceae family

گیاه Plant	صفت Trait / تیمار Treatments	کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$ fw)	کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$ fw)	کلروفیل کل Total Chlorophyll ($mg.g^{-1}$ fw)	کاروتنوئید Carotenoide ($mg.g^{-1}$ fw)	هدایت روزنه‌ای Stomata conductance ($m^{-2}.s^{-1}$ mmol)	محتوای نسبی آب برگ RWC (%)	نشت یونی Electrolyte leakage (%)
ابری *Ageratum houstonianum*	D_1	1.590a	0.865a	2.455a	0.656a	34.725a	76.690.a	35.978b
	D_2	0.830b	0.306b	1.136b	0.378b	30.012b	62.582b	52.356a
	S_1	1.185a	0.572b	1.757b	0.510b	34.575a	68.628a	46.268a
	S_2	1.235a	0.598a	1.833a	0.525a	30.162a	69.643a	42.066b
آهار *Zinnia elegans*	D_1	1.662a	0.441a	2.053a	0.545a	27587a	70.378a	38.357b
	D_2	0.895b	0.310b	1.205b	0.40b	22.10b	74.767b	46.941a
	S_1	1.185b	0.352b	1.487b	0.467a	24.65a	57.642b	44.350a
	S_2	1.372a	0.398a	1.771a	0.477a	25.037a	60.503a	40.948b
جعفری آفریقایی *Tagets erecta*	D_1	1.920a	0.926a	2.846a	1.021a	33.877a	84.250a	30.998b
	D_2	1.374b	0.406b	1.780b	0.596b	18.175b	70.630b	42.288a
	S_1	1.619b	0.645b	2.264b	0.771a	27.925a	76.376b	38.708a
	S_2	1.675a	0.687a	2.363a	0.846a	24.137b	78.503a	34.578b
جعفری فرانسوی *Tagets patula*	D_1	2.330a	0.679a	3.008a	0.946a	29.950a	82.92a	35.89b
	D_2	1.662b	0.536b	2.199b	0.670b	19.675b	58.87b	50.64a
	S_1	1.980b	0.576b	2.556b	0.800a	25.987a	67.38b	45.50a
	S_2	2.012a	0.639a	2.651a	0.816a	23.637a	74.42a	41.03b
وصال *Callistephus chinensis*	D_1	1.006a	0.426a	1.40a	0.577a	36.612a	71.521a	36.460b
	D_2	0.821b	0.245b	1.084b	0.450b	23.912b	56.956b	47.987a
	S_1	0.883b	0.312b	1.20b	0.449b	31.212a	63.070b	43.217a
	S_2	0.944a	0.358a	1.284a	0.479a	29.312a	65.407a	41.230b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر عامل و گیاه از نظر آزمون LSD ($P<0.05$) معنی‌دار نیستند.

(**D_1**: شاهد، **D_2**: تنش کم آبی)؛ (**S_1**: بدون اسید سالیسیلیک، **S_2**: اسید سالیسیلیک)

Mean in each column, for each factor and plant with the same letters are not significantly different using LSD ($P<0.05$)
(**D_1**: control, **D_2**: water deficit); (**S_1**: without salicylic acid, **S_2**: with salicylic acid)

اثر متقابل اسید سالیسیلیک و کم آبی در دانهال های خیار بر هدایت روزنه‌ای معنی‌دار نشد که با نتایج حاصل از این تحقیق همخوانی ندارد (۷). اسید سالیسیلیک از طریق افزایش فعالیت آنزیم های آنتی‌اکسیدانی، گیاه را از صدمات ناشی از واکنش اکسیداتیو حفظ می‌کند. همچنین کاربرد اسید سالیسیلیک میزان پلی آمین‌های پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین را در گیاه افزایش می‌دهد که می تواند به یکپارچگی و حفظ غشا تحت شرایط کم آبی کمک کند (۳۷). یکی از مهم‌ترین عوامل حفظ بقاء در شرایط تنش، قدرت بالای گیاه در حفظ آب سلولی می‌باشد. تنش خشکی یکسری تغییرات را در فسفولیپیدهای غشاء در دنباله‌های اسید چرب ایجاد می‌کند و اسیدهای چرب غیر اشباع، افزایش می‌یابند. در تنش‌های شدید بعضی از قسمت‌های فسفولیپیدهای دو لایه‌ای غشاء به حالت هگزاگونا (شش وجهی) در آمده و ساختار غشاء به ساختار منفذدار تبدیل می‌شود و نشت مواد رخ می‌دهد همچنین تنش خشکی باعث افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها و در نهایت کاهش شاخص پایداری غشای سلول در گیاهان مختلف می‌شود (۳۳).

در واقع تنش خشکی سبب کاهش محتوای نسبی آب برگها، تغییر در غشای یاخته‌ای و در نتیجه افزایش نشت یونی از یاخته‌ها می‌گردد که در نتایج حاصل از مطالعات سایر محققان نیز تأیید شده است (۱۲).

نتیجه‌گیری کلی

مورفولوژی و فیزیولوژی گل های زینتی از موارد مهمی است که برای ارزیابی کیفیت گل از آن‌ها استفاده می‌شود. به طور کلی می‌توان چنین نتیجه گرفت که کم آبی موجب کاهش میزان تمام صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاهان مورد مطالعه شد.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل کم آبی و اسید سالیسیلیک بر صفات فیزیولوژیک برخی از گل‌های بستری خانواده آفتابگردان

Table 5- Mean comparison of interaction effects of water deficit and salicylic acid on physiological characteristics of border flowers from Asteraceae family

گیاه Plant	صفت Trait / تیمار Treatments		کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$ fw)	کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$ fw)	کلروفیل کل Total Chlorophyll ($mg.g^{-1}$ fw)	کاروتنوئید Carotenoide ($mg.g^{-1}$ fw)	هدایت روزنه‌ای Stomata conductance ($m^{-2}.s^{-1}$ mmol)	محتوای نسبی آب برگ RWC (%)	نشت یونی Electrolyte leakage (%)
ابری	D_1	S_1	1.570a	0.847a	2.417a	0.645b	37.50a	75.187a	37.357c
Ageratum		S_2	1.610a	0.882a	2.492a	0.667a	31.95a	76.192a	34.60d
houstonianum	D_2	S_1	0.80b	0.297b	1.097b	0.375c	31.65a	62.070b	55.180a
		S_2	0.86b	0.315b	1.175b	0.382c	28.375a	63.095b	49.532b
آهار	D_1	S_1	1.550a	0.422a	1.872b	0.542a	26.850a	69.237b	39.585c
Zinnia		S_2	1.775a	0.460a	2.235a	0.547a	28.325a	71.52a	37.130d
elegans	D_2	S_1	0.820b	0.282b	1.102c	0.392b	22.450b	46.047d	49.115a
		S_2	0.970b	0.337b	1.307c	0.407b	21.750b	49.487c	44.767b
جعفری	D_1	S_1	1.912a	0.920a	2.832a	0.972a	36.725a	83.695a	32.677c
آفریقایی		S_2	1.928a	0.932a	2.860a	1.070a	31.05a	84.805a	29.320d
Tagets	D_2	S_1	1.325c	0.370c	1.695c	0.570b	19.125b	69.057b	44.740a
erecta		S_2	1.423b	0.442b	1.865b	0.622b	17.225b	72.202b	39.837b
جعفری	D_1	S_1	2.315a	0.662a	2.978a	0.937a	31.80a	80.27a	37.30c
فرانسوی		S_2	2.345a	0.695a	3.040a	0.955a	28.10a	85.58a	34.49d
Tagets	D_2	S_1	1.645b	0.490c	2.135b	0.662b	20.175b	54.48b	53.71a
patula		S_2	1.468b	0.582b	2.262b	0.678b	18.175b	63.27b	47.56b
	D_1	S_1	0.985a	0.402b	1.387a	0.462a	37.425a	71.387a	37.615c
وصال		S_2	1.027a	0.450a	1.412a	0.492a	35.80ab	71.655a	35.305d
Callistephus	D_2	S_1	0.782b	0.222c	1.012b	0.495a	25ab	54.752b	48.820a
chinensis		S_2	0.860b	0.267c	1.155b	0.405a	22.825b	59.160b	47.155b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر گیاه از نظر آزمون LSD ($P<0.05$) معنی دار نیستند.

($\mathbf{D_1}$: شاهد، $\mathbf{D_2}$: تنش کم آبی)؛ ($\mathbf{S_1}$: بدون اسید سالیسیلیک، $\mathbf{S_2}$: اسید سالیسیلیک)

Mean in each column, for each plant with the same letters are not significantly different using LSD ($P<0.05$)
($\mathbf{D_1}$: control, $\mathbf{D_2}$: water deficit); ($\mathbf{S_1}$: without salicylic acid, $\mathbf{S_2}$: with salicylic acid)

اگرچه استفاده از اسید سالیسیلیک در افزایش مقاومت گیاهان به کم آبی در بیشتر ویژگی‌ها تأثیر یکسانی نداشت، اما در تمام گیاهان مورد مطالعه اثر مثبت نشان داد. کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط کم آبی موجب کاهش اثرات مخرب تنش بر کلیه ویژگی های مورد بررسی گردید. میزان بهبود صفات در کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط کم آبی احتمال دارد به ویژگی های ژنتیکی، سرعت رشد و ویژگی‌های مورفولوژیکی گونه گیاهی مرتبط باشد. به نظر می‌رسد استفاده از اسید سالیسیلیک در شرایط کم آبی، به دلیل توانایی اسید سالیسیلیک در تولید آنتی اکسیدان‌ها در زمان تنش و برضد اکسیژن‌های فعال، سبب بهبود فتوسنتز گیاه شده و درنتیجه مقاومت گیاه در شرایط کم آبی افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد استفاده از غلظت‌های متفاوت اسید سالیسیلیک برای بررسی دقیق‌تر اثر آن در شرایط تنش کم آبی بر روی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاهان مفید باشد.

منابع

1- Abdul Jaleel C., Manivannan P., Sankar B., Kishorekumar A., and Gopi R. 2007. Induction of drought stress

tolerance by ketoconazole in *Catharanthus roseus* L. is mediated by enhanced antioxidant potential and secondary metabolite accumulation. Colloids and Surfaces, 60: 201-206.
2- Alizadeh A. 2006. The principles of designing irrigation systems. First edition, Astan Ghods Razavi Press (in Persian).
3- Allen, R.G., Pereira, L.S., Rase D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements, irrigation and drainage, Paper No. 56, FAO Rom, Italy, 300 p.
4- Amiri dah Ahmadi S.R., Rezvani Moghaddam P., and Ahyaii H.R. 2012. Effect of drought stress on some morphological properties and yield of dill (*Anethum graveolens*), coriander (*Coriandrum sativum*) and fennel (*Foeniculum vulgare*) in greenhouse conditions. Iranian Journal of Field Crops Research, 10(1): 116-124 (in Persian).
5- Arnon D.T. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenol oxidas in beta vulgaris. Plant physiology, 24: 1-15.
6- Auge R.M., Stodola A.J.W., Moore J.L., Klingeman W.E., and Duan X. 2003. Comparative dehydratation tolerance of foliage of several ornamental crops. Scientia Horticulturae, 98:511–516.
7- Bayat, H., Aroyi H., and Selahvarzi Y. 2010. Effect of salicylic acid on morphological and physiological properties cucumber seedling (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) under drought stress conditions. Journal of Crop Product Research, 18(3): 63-76 (in Persian).
8- Belkhadi A., Hediji H., Abbes Z., Nouairi I., Barhoumi Z., Zarrouk M., Chaibi W., and Djebali W. 2010. Effects of exogenous salicylic acid pre-treatment on cadmium toxicity and leaf lipid content in *Linum usitatissimum* L. Ecotoxicology and Environmental Safety, 73(5):1004-1011.
9- Elizabeth M.A., and Munn´e-Bosch S. 2008. Salicylic acid may be involved in the regulation of drought-induced leaf senescence in perennials: A case study in field-grown Salvia officinalis L. plant Environmental and Experimental Botany, 64:105–112.
10- Eraslan F., Inal A., Gunes A., and Alpaslan M. 2007. Impact of exogenous salicylic acid on growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. Scientia Horticulturae, 113: 120–128.
11- Erusha K.S., Shearman R.C., Rioradan T.P., and Wit L.A. 2002. Kentucky Blue grass cultivar root and top growth responses when grown in hydroponics. Crop Science, 42:848-852.
12- Fu J., Fry J., and Huang, B. 2004. Minimum water requirements of four turf grasses in the transition zone. Horticultural Science, 39: 1740-1744.
13- Funk V.A., Chan R., and Holland A. 2007. Cymbonotus (Compositae: Arctotideae, Arctotidinae): an endemic Australian genus embedded in a southern African clade. Botanical Journal of the Linnean Society, 153: 1-8.
14- Ghaderi N., Talayi A., Ebadi A., and Lesani H. 2010. Effect of drought stress and reirrigation on some physiological properties of grape varieties Sahany, Farokhi and white currants. Iranian Journal of Horticultural Science, 41(2), 179-188 (in Persian with English summary).
15- Hamada A.M., and Al-Hakimi A.M.A. 2001. Salicylic acid versus salinity drought induced stress on wheat seedlings. Rostlina Vyroba, 47: 444-450.
16- Hassani A., and Omidbaigi R. 2002. Effect of water stress on some morphological, physiological and metabolic characteristics of basil. Agricultural Science, 12(3): 47-59 (in Persian).
17- Hayat Q., Hayata S.H., Irfan M., and Ahmad A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. Environmental and Experimental Botany, 68:14–25.
18- Hekmatee J. 2003. Season flowers (Outdoor flowers). Agricultural sciences publications, First edition [In Persian].
19- Hussein M.M., Balbaa L.K., and Gaballah M.S. 2007. Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 3: 321-328.
20- Iqbal D., Habib U., Abbasi N.A., and Chaudhry A.N. 2012. Improvement in postharvest attributes of Zinnia (*Zinnia elegans* cv. Benarys Giant) cut flowers by the application of various growth regulators. Pakistan Journal of Botany, 44: 1091-1094.
21- Jabbarzadeh Z., Khosh-Khui M., and Salehi H. 2009. The effect of foliar-applied Salicylic Acid on flowering of Africanviolet. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3(4): 4693-4696.
22- Jenks M.A., and Hasegawa P. M. 2014. Plant abiotic stress. Second edition. Wiley-Blackwell. 270 P.
23- Kamali M., Kharrazi S.M., Selahvarzi Y., and Tehranifar A. 2012. Effect of salicylic acid on growth and some morphological properties of (*Gomphrena globosa* L.). Journal of Horticultural Science, 26(1): 104-112 (in Persian).
24- Khodary A.S.E. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. International Journal of Agriculture & Biology, 226:1560–8530.
25- Korkmaz A., Uzunlu M., and Demirkiran A.R. 2007. Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. Acta Physiologiae Plantarum, 29: 503-508.
26- Larqué S.A. 1979. Stomatal closure in response to acetalsalicylic acid treatment. Z. Pflanzenphysiol, 93: 371–5.
27- Lawlor D.W., and Cornic G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant, Cell and Environment, 25: 275-294.

28- Lobato A.K.S., Oliveira Neto C.F., Santos Filho B.G., Costa R.C.L., Cruz F.J.R., Neves H.K.B., and Lopes M.J.S. 2008. Physiological and biochemical behavior in soybean (*Glycine max* cv. Sambaiba) plants under water deficit. Australian Journal Crop Science, 2: 25-32.
29- Loggini B., Scartazza A., Brugnoli E., and Navari Izzo F. 1999. Antioxidative defense system pigment composition and photosynthetic efficiency in two wheat cultivars subjected to Drought. Plant Physiology, 119:1091- 1100.
30- Ma Q.Q., Wang W., LI Y.H., Li D.Q., and Zou Q. 2006. Alleviation of photoinhibition in drought-stressed wheat (*Triticum aestivum*) by foliar applied glycinbetaine. Journal of Plant Physiology, 163: 165-175.
31- Mardani H., Bayat H., and Azizi M. 2010. Effect of foliar spray of salicylic acid on morphological and physiological properties cucumber seedling (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) under drought stress conditions. Journal of Horticultural Science, 25(3): 320-326 (in Persian).
32- Masumi A., Kafi M., Khazaii H.R., Davari K., and Zare Mehrjerdi M. 2010. Effect of drought stress on water condition and electrolyte leakage, photosynthesis and chlorophyll fluorescence at different growth stages of two native masses of *Kochia Scoparia in salinity conditions.* Iranian Journal of Field Crops Research, 10(3): 476-484 (in Persian).
33- Mirjalili A. 2005. Plants in stressful inviroments. Noorbakhsh Publications (in Persian).
34- Misra A. and Sricastatva N.K. 2000. Influence of water stress on Japanese mint. Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants, 7:51-58.
35- Moradi M., and Goldani M. 2010. Evalution of different levels of salicylic acid on some growth indexes of (*Calendula officinalis* L.) under low irrigation conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences, 4(1): 33-45 (in Persian).
36- Munne-Bosch S., Jubany-Mari T., and Alegre L. 2001. Drought-induced senescence is characterized by a loss of antioxidant defences in chloroplasts. Plant, Cell Environment, 24: 1319-1327.
37- Nemeth M., Janda T., Hovarth E., Paldi E., and Szali G. 2002. Exogenous salicylic acid increases polyamine content but may decrease drought tolerance in maize. Plant Science, 162: 569-574.
38- Oliviera-Neto C.F., Silva-Lobato A.K., Goncalves-Vidigal M.C., Costa R.C.L., Santos. Filho B.G., Alves G.A.R., Silva-Maia W.J.M., Cruz F.J.R., Neres H. K. B. and Santos Lopes M. J. 2009. Carbon compounds and chlorophyll contents in sorghum submitted to water deficit during three growth stages. Science and Technology, 7: 588-593.
39- Osuagwu G.G.E., Edeoga H.O., and Osuagwu A.N. 2010. The influence of water stress (drought) on the mineral and vitamin potential of the leaves *Ocimum gratissimum* L. Recent Research in Science and Technology, 2: 27-33.
40- Petropoulos S.A., Dimitra D., Polissiou M.G., and Passam H.C. 2008. The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. Scientia Horticulturae, 115: 393-397.
41- Pittenger D.R., and Shaw D.A. 2013. Making sense of ET adjustment factors for budgeting and managing landscape irrigation. Proc. Technical Session of Irrigation Show and Education Conf., Austin, TX. Falls Church, VA: Irrigation Association. 11 pp.
42- Rahmani N., Taherkhani T., and Daneshian J. 2009. Effect of nitrogen application on physiological yield indexes under conditions of drought stress in calendula medicinal plants (*Calendula officinalis* L.). New Findings in Agriculture, 4: 355-365. (in Persian with English Summery).
43- Ramrudi M., and Khamar A.R. 2013. Interaction effects of foliar spray of salicylic acid and different irrigation treatments on some of the quantity, quality and osmotic regulators of basil. Journal of Plant Ecophysiology Applied Research, 1(1): 19-31 (in Persian).
44- Rampino P., Spano G., Pataleo S., Mita G., Napier J.A., Di Fonzo N., Shewry P.R., and Perrotta C. 2006. Molecular analysis of a durum wheat stay green mutant: Expression pattern of photosynthesis- related genes. Journal of Cereal Science, 43: 160-168.
45- Rangan S. 1977. Mannual for analysis of fruit and vegetable product. Tata Mc raw Hill Co. Pvt. Ltd., New Dalhi., pp. 73-76, 82-83.
46- Razi H., and Assad M.T. 1999. Comparison of selection criteria in normal and limited irrigation in sunflower. Euphytica, 105: 83-90.
47- Razmjoo J., Shariatmadari H., Etemadi N., Khajealdin J., Landi A., Namazi Y., Borhani M., and Aslsni H. 2004. Effect of environmental stresses on the most important landscaping plants and optimized selected conditions. Proceeding of Isfahan municipality landscaping and Parks organization. Research Presenter: Isfahan Industerial University (in Persian).
48- Sairam, R.K., Rao K.V., and Srivastava G.C. 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Sci. 163: 1037-1046.
49- Setayeshmehr Z., and Ganjali A. 2013. Evaluation of drought stress on growth and physiological properties of dill (*Anethum graveolens*). Journal of Horticultural Science, 27(1): 27-35 (In Persian).
50- Shaw, D.A., and Pittenger, D.R. 2004. Performance of landscape ornamentals given irrigation treatments based on reference evapotranspiration. Acta Hortic. (ISHS) 664: 607-614.
51- Shubhra K., Dayal J., Goswami C.L., and Munjal R. 2004. Effects of water-deficit on oil of Calendula aerial parts. Biology Planta, 48(3): 445-448.

52- Singh B., and Usha K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regulator, 39: 137-141.
53- Smart R. and GE Bingham. 1974. Rapid estimates of relative water content. Plant Physiology, 53: 258–260.
54- Xiao X., Xu X., and Yang F. 2008. Adaptive responses to progressive drought stress in two *Populus cathayana* populations. Silva Fennica, 42: 705-719.
55- Yuan S., and Lin H.H. 2008. Role of salicylic acid in plant abiotic stress. Zeitschrift fur Naturforschung, 63: 313-320.
56- Zadehbagheri M., Al Buali F., Sadeghi H., and Javanmardi Sh. 2014. Evaluation of low irrigation on ionic changes, RWC, proline content and some apparent characteristics of Petunia. 2014. Journal of Horticultural Science, 28(3): 347-359 (in Persian).
57- Zehtab Salmasi S., Javanshir A., Omidbaigi R., Alyari H., Ghasemi Golozani K., and Afshar, J. 2003. Effect of sowing date and irrigation deletion on the amount of essential oil and anthole in (*Pimpinella anisum* L.). Agricultural Science, 13(2): 47-56 (in Persian).
58- Zhu X., Kandola J., Ghahramani Z., and Lafferty J. 2005. Nonparametric transforms of graph kernels for semisupervised learning. In L. K. Saul, Y. Weiss and L. Bottou (Eds.), Advancesin Neural Information Processing Systems (nips) 17. Cambridge, MA: MIT Press.