

تأثیر اسید سالیسیلیک بر خصوصیات رشد و فیتوشیمیایی گیاه آویشن دنايي (*Thymus daenensis* Celak) در شرایط کم آبیاری

لیلا عبدی^۱، حمیدرضا اصغری^{۱*}، مجید تولیت ابوالحسینی^۲، محمدرضا عامریان^۱، حسنعلی نقدی بادی^۲

^۱ گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، ^۲ مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، کرج
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۵، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۱۰/۱۴)

چکیده

خشکی به عنوان مهم ترین مشکل توسعه کشاورزی در ایران یکی از بازدارنده های اصلی در تولید محصولات کشاورزی به شمار می رود. از آنجا که رویکرد جهانی در تولید گیاهان دارویی به سمت بهبود کمیت و کیفیت ماده مؤثره است، امروزه کاربرد اسید سالیسیلیک به عنوان یکی از هورمون های گیاهی در افزایش مقاومت گیاهان به تنش های همچون خشکی افزایش یافته است. در این پژوهش اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر خصوصیات رشد و فیتوشیمیایی گیاه آویشن دنايي (*Thymus daenensis* Celak) در شرایط کم آبیاری مورد مطالعه قرار گرفت. بدین منظور آزمایشی به صورت اسپلینت پلات در قالب طرح بلوک های کاملاً تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی واقع در هلجرد کرج در سال ۱۳۹۶ انجام شد. نتایج نشان داد تنش کم آبیاری سبب کاهش معنی دار ارتفاع بوته، تعداد شاخه های جانبی، عملکرد سرشاخه های گلدار، کلروفیل a و کلروفیل b، درصد اسانس و ترکیبات تشکیل دهنده اسانس شامل تیمول، کارواکرول، پاراسیمین و بتاکاریوفیلین شد. از طرفی کاربرد اسید سالیسیلیک اثرات منفی شرایط کم آبیاری را کاهش داد. همچنین بالاترین شاخص های رشدی و فیتوشیمیایی در گیاهان تیمار شده با اسید سالیسیلیک مشاهده شد. نتایج نشان داد اسید سالیسیلیک با القای تحمل تنش موجب تعدیل خسارت های ناشی از تنش کم آبیاری در گیاه آویشن دنايي شده و سبب افزایش میزان رشد و نمو گیاهان تحت تنش شدند. یافته های این پژوهش می تواند برای کاهش خسارت گیاهان در مناطق کم آب مورد استفاده قرار گیرند.

کلمات کلیدی: اسید سالیسیلیک، کم آبیاری، اسانس، ترکیبات تشکیل دهنده اسانس

مقدمه

به شدت معطر هستند که توسط غده های خارجی گیاه تولید می شوند (Sharafzadeh, 2012). آویشن همواره به عنوان یک گیاه دارویی مهم و ارزشمند شناخته شده است. جز اصلی اسانس آویشن تیمول است که به همراه ترکیبات فنلی دیگر مثل کارواکرول، پاراسیمین و گاماترپنین سبب خصوصیات ضد عفونی و بازدارندگی آن می شود. علاوه بر این اسانس آویشن ضددرد و ضد اسپاسم و مفید برای مشکلات کبدی و

گیاه دارویی آویشن دنايي *Thymus daenensis* celak گیاهی چند ساله از خانواده نعنائیان (Lamiaceae) است. این گیاه دارای گل های کوچک، بنفش رنگ و بذره های ریز با تنوع رنگی متفاوت است. رنگ بذرها عمدتاً قهوه ای متمایل به تیره است (Omid Beigi, 2005). خانواده Lamiaceae از بزرگ ترین خانواده های دولپه ای است. بسیاری از گونه های متعلق به آن

کسی بنزوئیک اسید یا اورتو هیدرکسی بنزوئیک اسید و با فرمول شیمیایی $C_7H_6O_3$ است (Pal et al., 2013). به عنوان یک گروه از ترکیبات فنلی، دارای یک حلقه آروماتیک متصل به یک گروه هیدروکسیل و کربوکسیل متصل بوده است (Klessig et al., 2018). نقش اسید سالیسیلیک هم چنین به عنوان یک تنظیم کننده رشد در القای تحمل به بسیاری از تنش‌ها زیستی و غیرزیستی همچون باکتری‌ها، قارچ‌ها، ویروس‌ها (Al-Hakimi, 2008)، تنش سرمازدگی و تنش خشکی (Senaratna et al., 2000) مورد توجه قرار گرفته است. گزارش‌های متعددی مبنی بر نقش اسید سالیسیلیک در کاهش اثرات ناشی از تنش خشکی وجود دارد. اسید سالیسیلیک می‌تواند فتوستتر کل را در گیاهان در معرض تنش خشکی افزایش دهد (Larque, 1979).

مطالعات زیادی در خصوص اثرات محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در غلظت‌های مختلف در مراحل رشدی متفاوت روی خصوصیات فیتوشیمیایی تعدادی گونه‌های گیاهان دارویی نظیر علف لیمو (Idrees et al., 2010)، ملیس یا بادرنجبویه (Ghasemi Pirbalouti et al., 2019) نعنای فلفلی (Saharkhiz and Goudarzi, 2014) رازیانه (Forouzande et al., 2019) و انواع گونه‌های آویشن (Ghasemi Pirbalouti et al., 2019; Mohammadi et al., 2014) حاکی از تغییرات (کاهش یا افزایش) کمیت و کیفیت ماده مؤثره گیاهان دارویی است. کاهش رشد انتهایی گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill. (Shahba et al., 2010) و تولید مواد فنولی و کاهش تجمع یون‌های سمی بواسطه اثرات آنتی‌اکسیدانی در آویشن (*Thymus membranaceus* L. (Victor Perez et al., 2012) و نعنای فلفلی (*Mentha piperita* L. (Figurera et al., 2014) می‌شود. اسید سالیسیلیک در گیاهانی که تحت تنش‌های محیطی قرار دارند نقش حفاظتی دارد.

اسید سالیسیلیک نقش مهمی در سازگاری گیاهان بالاخص در شرایط تنش‌های زنده و غیرزنده یا محیطی ایفا می‌کند و به عنوان یکی از محرک‌ها یا ایستورها، در رشد، نمو و عملکرد

گوارشی و ارتقادهنده سطح هوشیاری است (Al-Mariri et al., 2013). کیفیت فرآورده‌های گیاه آویشن ممکن است توسط شرایط محیطی مختلف مانند کیفیت و کمیت نور، تغذیه کودی، تراکم گیاهی، رطوبت خاک و دما که توانایی تغییر محتوای ماده مؤثره دارویی گیاه را دارند، تحت تأثیر قرار گیرند (Odabas et al., 2014).

در بین عوامل محیطی، احتمالاً آب محدودکننده‌ترین عامل برای کیفیت و عملکرد محصول تولیدی گیاهان زراعی و دارویی است (Roche et al., 2009). تنش خشکی از جنبه‌های گوناگون گیاه را تحت تأثیر قرار داده است (Agayi and Mohebbali pour, 2014). تنش کم‌آبی با تأثیر بر پتانسیل آبی و آماس سلول‌های گیاه کارایی طبیعی گیاه را مختل می‌کند و باعث تغییر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در گیاه می‌شود (Parakash and Singh, 2020). تحت شرایط تنش خشکی مشکلات دیگری از جمله وضعیت نامناسب تغذیه‌ای و همچنین دمای بالا نیز شدیدتر می‌گردد که باعث پیچیده‌تر نمودن آثار مخرب تنش خشکی می‌شود (Da Costa et al., 2019). گیاهان دارویی ممکن است واکنش‌های متفاوتی در مقابل تنش کم‌آبی در عملکرد و مواد مؤثر تولیدی نشان دهند که برای فهم بیشتر این ویژگی‌ها، تحقیقات وسیعی بر روی گیاهان با ارزش دارویی همراه با اعمال تیمارهای مختلف نیاز است (Shirani Bidabadi and Mehralian, 2020). تنش خشکی از جمله تنش‌های محیطی مهم است که با ایجاد اختلال در عمل روزنه‌ها و سیستم فتوسنتزی و کاهش سطح برگ موجب ریزش گل و میوه گیاهان و در نهایت کاهش عملکرد گیاه می‌شود (Jaleel et al., 2008). تنش خشکی می‌تواند باعث کاهش ارتفاع، تعداد و سطح برگ، وزن خشک، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش میزان کلروفیل در گیاهان دارویی شود (Nemeth et al., 1993). خشکی منجر به کاهش فتوستتر گیاه، تغییر در محتوای کلروفیل و صدمه به ساختارهای فتوستتری می‌گردد (Fu and Huang, 2001). یکی از رهیافت‌های نوین در بهبود کمی و کیفی محصولات کشاورزی استفاده از تنظیم کننده‌های رشد است. اسید سالیسیلیک (SA) بانام ۲- هیدرو

ویژگی‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد و نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است.

پس از عملیات تهیه زمین کاشت انجام شد. در این آزمایش کرت‌های فرعی به طول ۳ متر و عرض ۱/۵ متر و فاصله بین کرت‌ها نیم متر و بلوک‌ها از یکدیگر یک متر بود. تراکم گیاهان براساس سه بوته در هر متر مربع تنظیم شد. زمانی که نشاءها حدود ۱۱-۱۰ برگی بودند به زمین اصلی منتقل شد. بعد از نشاءکاری اولین آبیاری در مزرعه به صورت غرقابی انجام شد. زمانی که گیاهان استقرار کامل پیدا کردند اعمال تیمار کم‌آبی با روش آبیاری قطره‌ای و براساس نقشه طرح انجام گرفت که حجم آب‌آبیاری در هر بار برای تمامی تیمارها یکسان بود (با قراردادن کنتور از حجم آب یکسان استفاده شد). مقدار آب موردنیاز در هر مرحله بر اساس تبخیر و تعرق بالقوه برای هر تیمار براساس آبدهی در طول هر یک از لوله‌ها در فشار طراحی و تیمار آبیاری اعمال شد. تبخیر و تعرق بالقوه را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$ET_0 = K_p E_{pan}$$

که در آن E_{pan} تبخیر از تشک برحسب میلی‌متر در روز و نشان‌دهنده میانگین روزانه تبخیر در طول دوره موردنظر است و K_p ضریب تشک تبخیر است. بنابراین در این پژوهش جهت برآورد آب مورد نیاز گیاه ابتدا از روی آمار گذشته مربوط به تبخیر از تشک E_{pan} مشخص و سپس با مراجعه به جدول مربوط به تشک کلاس A و با توجه به عوامل اقلیمی و محل استقرار تشک، ضریب K_p تعیین شد. پس از تعیین ضریب K_0 ، ET_0 نیز محاسبه شد (Golkr *et al.*, 2009).

آبیاری کرت‌ها تا زمان جوانه‌زنی و استقرار کامل گیاه در زمین به صورت منظم و قطره‌ای صبح زود هنگام طلوع آفتاب انجام شد. زمان اعمال تیمار اسید سالیسیلیک با غلظت‌های مورد نظر در چهار مرحله با فاصله زمانی یک هفته (۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روز) قبل از شروع گلدهی بر روی گیاهان انجام گردید. محلول‌ها به غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۲ مولار تهیه و صبح زود محلول‌پاشی انجام شد. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با کمک سم‌پاش دستی انجام شد. نحوه محلول‌پاشی به این صورت

کمی و کیفی گیاهان زراعی، باغی و دارویی مؤثر است (Ghasemi Pirbalouti *et al.*, 2014). کاربرد الیسیتورهای غیرزیستی مانند اسید سالیسیلیک از مهمترین راهکارهای جهت القاء تولید متابولیسیم‌های ثانویه و افزایش عملکرد کمی و کیفی مواد مؤثره ارزشمند در گیاهان دارویی است (Ghasemi Pirbalouti *et al.*, 2019). بنابراین تحقیق حاضر با هدف ارزیابی اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر گیاه دارویی آویشن دناپی در شرایط کم‌آبیاری مورد تحلیل قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک بر خصوصیات رشد و فیتوشیمیایی گیاه آویشن دناپی تحت شرایط کم‌آبیاری، آزمایشی به صورت اسپلینت پلات و در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار و در سال زراعی ۱۳۹۶ در مزرعه زراعی گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی واقع در هلجرد کرج اجرا شد.

موقعیت جغرافیایی منطقه، با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۲۹۷ متر از سطح دریا است. تیمارهای مورد آزمایش در این بررسی شامل سه سطح آبیاری شاهد (آبیاری معمول A1)، قطع آبیاری قبل از گل‌دهی (A2) و قطع آبیاری بعد از گل‌دهی (A3) به عنوان عامل اصلی و اسید سالیسیلیک شامل: تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی C1)، اسید سالیسیلیک (۰/۱ مولار C2) و اسید سالیسیلیک (۰/۲ مولار C3) به عنوان فاکتور فرعی لحاظ شد. در این آزمایش بذرهاى گیاه آویشن دناپی در بهار سال ۱۳۹۵ از عرصه طبیعی از منطقه کوه‌رنگ اصفهان جمع‌آوری شده بود، استفاده شد. در اواخر شهریورماه همان سال به تعداد پنج عدد و با فواصل یکسان به عمق حدود ۲ میلی‌متر در گلدان‌های پلاستیکی کوچک (جیفی پات) که محتوی خاک گلدان، ماسه و خاکبرگ با نسبت وزنی ۱:۱:۲ هستند کشت شدند. سپس در اوایل آذرماه به زمین اصلی منقل شده است. قبل از انتقال نشاء به زمین اصلی، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش نمونه‌برداری انجام گرفت و

جدول ۱- مشخصات اقلیمی و خاکشناسی منطقه مورد مطالعه

فسفر	پتاسیم	نیتروژن	هدایت الکتریکی	کربن آلی	اسیدیته	متوسط بارندگی سالیانه	متوسط درجه حرارت سالیانه	متوسط حداکثر	متوسط حداقل
میلی گرم بر لیتر	dS/m	درصد	میلی متر	درجه سانتی گراد	میلی متر	درجه حرارت	درجه حرارت	درجه حرارت	درجه حرارت
۱۴/۸	۱۹۰/۸	۰/۰۲۹	۲/۰۵	۰/۳۳۹	۷/۶۶	۳۷۲/۲	۱۶/۷	۲۲/۹	۱۰/۵

بازداری آنها و مقایسه آن با شاخص‌های موجود در کتب مرجع و مقالات و با استفاده از طیف‌های جرمی ترکیبات استاندارد صورت گرفت (Adams, 2001).

اندازه‌گیری میزان کلروفیل a و b: این اندازه‌گیری بر مبنای روش Arnon و همکاران (۱۹۶۷) انجام شد. میزان جذب عصاره استخراج‌شده در طول موج‌های ۶۴۵ نانومتر، ۶۶۳ نانومتر خوانده شد. سپس با استفاده از روابط زیر میزان کلروفیل a و کلروفیل b برحسب میلی‌گرم در هر گرم برگ تر محاسبه شد.

$$\text{Chl a} = [(12.7 \times A_{663}) - (2.69 \times A_{645})] \times V / 1000 \times W$$

$$\text{Chl b} = [(22.9 \times A_{645}) - (4.69 \times A_{663})] \times V / 1000 \times W$$
 در نهایت داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS ver 9.4 مورد تجزیه آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین از روش حداقل اختلاف معنی‌دار LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که دو تیمار آبیاری و اسید سالیسیلیک روی صفات ارتفاع بوته و عملکرد سرشاخه‌های گلدار تأثیر معنی‌داری داشتند و صفت کلروفیل a فقط تحت اثر معنی‌دار آبیاری قرار گرفت. تعداد شاخه‌های جانبی و کلروفیل b تحت تأثیر اسید سالیسیلیک قرار گرفتند. اثر متقابل آبیاری و اسید سالیسیلیک تنها بر ارتفاع بوته معنی‌دار نبود (جدول ۲).

ارتفاع بوته: نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها اثر آبیاری بر ارتفاع بوته نشان داد که شرایط کم‌آبیاری موجب کاهش ارتفاع بوته گردید. به‌طوریکه بیشترین ارتفاع با میانگین

انجام گرفت که بر روی تمام قسمت‌های بوته قطرات محلول جاری شده، به‌طوریکه اندام‌های هوایی خیس شدند. همه مراحل محلول‌پاشی در هنگام صبح (Malek and Yadegari, 2012) صورت گرفت تا تبخیر از سطوح برگ به حداقل برسد. در طول فصل رشد و چین علف هرز به‌صورت دستی انجام شد. اعمال آبیاری تا پایان حداکثر گلدهی بوته ادامه یافت و برداشت سه ماه پس از تاریخ کاشت، در اواخر تیرماه و در مرحله گلدهی کامل یعنی زمانی که تقریباً ۹۰ درصد بوته‌ها به گل رفته بودند، صورت گرفت.

اندازه‌گیری صفات: در مرحله گلدهی کامل جهت اندازه‌گیری عملکرد ماده خشک، بوته‌ها همزمان و بطور تصادفی و با رعایت اثرات حاشیه انتخاب و به آرامی از گیاه جدا و پس از خشک‌شدن با ترازوی دقیق دیجیتال Soehnle ساخت کشور آلمان و به دقت ۰/۰۱ گرم، اندازه‌گیری گردید. همچنین ارتفاع بوته و نیز تعداد شاخه‌های جانبی در سه بوته انتخابی در هر کرت صورت گرفت.

درصد و ترکیبات اسانس: گیاهان در مراحل مختلف رشد برداشت شده و به‌منظور اسانس‌گیری در سایه با تهویه مناسب در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد و به‌مدت ۱۰ روز کاملاً خشک شدند. اسانس‌گیری به روش تقطیر با آب بوسیله دستگاه کلونجر مدل بریتانیایی انجام شد، اسانس گیاهان موردنظر پس از آماده‌سازی، جهت شناسایی ترکیبات به دستگاه کروماتوگرافی گازی GC مدل Agilent 6890 و GC/MS مدل Agilent 5975 C مجهز به ستون موئینه HP-5MS به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میکرون و ضخامت لایه ۰/۲۵ میکرومتر با محدوده دمایی آون ستون از ۶۰ تا ۲۴۰ درجه سانتیگراد تزریق گردید. شناسایی طیف‌ها به کمک شاخص

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر آبیاری و اسید سالیسیلیک بر صفات مورد مطالعه آویشن دناپی تحت تنش آبی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		ارتفاع بوته	تعداد شاخه‌های جانبی	عملکرد سرشاخه‌های گلدار	کلروفیل a
تکرار	۲	۵/۱۱ ^{ns}	۱۸/۰۲ ^{ns}	۴/۳۳ ^{ns}	۵/۷۸ ^{ns}
آبیاری	۲	۶۳/۳*	۷۰۳۰/۴۴ ^{ns}	۳۳۵/۴۱**	۱۶/۳*
خطا اصلی	۴	۳/۷۲	۲/۱۰	۳/۲۷	۰/۰۰۲
اسید	۲	۹/۳۶*	۲۲۲۵/۵۲**	۴۵/۸۲**	۵۰/۲ ^{ns}
آبیاری × اسید	۴	۲/۲۶ ^{ns}	۷۵۸/۷۵*	۵۱/۷۳**	۲۰/۱**
خطا فرعی	۲۶	۰/۹۵	۰/۵۶	۱/۳۲	۰/۳۴
ضریب تغییرات (درصد)	—	۵/۸۲	۲/۰۳	۶/۴۴	۰/۲۵

ns, *, **, به ترتیب عدم اختلاف معنادار، اختلاف معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر آبیاری بر ارتفاع، درصد کارواکرول و درصد بتاکاریوفیلین در گیاه آویشن دناپی تحت تنش آبی

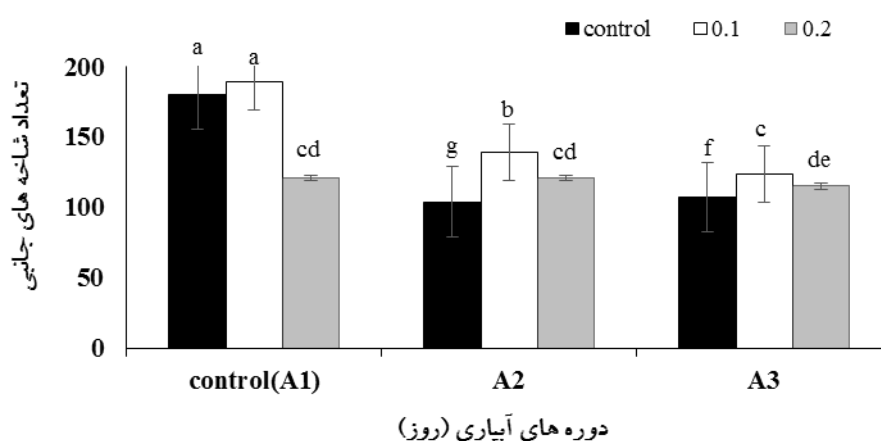
منبع تغییرات	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	کارواکرول (درصد)	بتاکاریوفیلین (درصد)
تا پایان دوره رشد	۱۸/۳۳ ^a	۶/۶۶ ^a	۵/۸ ^a
قطع آبیاری قبل از گلدهی	۱۴/۶۶ ^c	۴/۳۵ ^c	۴/۹۶ ^c
قطع آبیاری بعد از گلدهی	۱۶/۲۸ ^b	۶/۰۰ ^b	۴/۲ ^b

جدول ۴- مقایسه میانگین تأثیر اسید سالیسیلیک بر ارتفاع، درصد کارواکرول و بتاکاریوفیلین در گیاه آویشن دناپی تحت تنش آبی

منبع تغییرات	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	کارواکرول (درصد)	بتاکاریوفیلین (درصد)
شاهد	۱۸/۹۷ ^b	۶/۵۰ ^b	۳/۹ ^b
۰/۱ مولار	۱۹/۷۷ ^a	۷/۳۳ ^a	۴/۴ ^a
۰/۲ مولار	۱۳/۶۵ ^c	۴/۹۴ ^c	۳/۳ ^c

تعداد شاخه‌های جانبی: نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر دوگانه تیمارهای آزمایشی بر تعداد شاخه‌های جانبی گیاه نشان داد که در مجموع بیشترین تعداد شاخه‌های جانبی در تیمار آبیاری معمول و کاربرد اسید سالیسیلیک (C2) ۰/۱ مولار با میانگین ۱۸۹/۳۳ عدد و کمترین میزان آن مربوط به تیمار قطع آبیاری قبل از گلدهی و عدم کاربرد اسید سالیسیلیک C1 (شاهد) با میزان ۱۰۳/۸۳ عدد بدست آمد. نتایج حاکی از آن بود که اثر برهمکنش آبیاری و کاربرد اسید سالیسیلیک روی تعداد شاخه‌های جانبی به گونه‌ای بود که در شرایط کم‌آبیاری

۱۸/۳۳ سانتی‌متر در تیمار آبی آبیاری تا پایان دوره رشد (A1) و کمترین آن با میانگین ۱۴/۶۶ سانتی‌متر در تیمار آبی قطع آبیاری قبل از گلدهی (A2) مشاهده شد (جدول ۳). محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک تنها در غلظت ۰/۱ مولار موجب بهبود ارتفاع بوته نسبت به سطح شاهد گردید. با کاربرد اسید سالیسیلیک (C2) ۰/۱ مولار بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۱۹/۷۷ سانتی‌متر و کمترین میزان ارتفاع با میانگین ۱۳/۶۵ سانتی‌متر در تیمار اسید سالیسیلیک (C3) ۰/۲ مولار مشاهده شد (جدول ۴).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و اسید سالیسیلیک بر تعداد شاخه های جانبی در گیاه آویشن دناپی

میلی گرم در گرم و کمترین آن مربوط به تیمار آبی (A3) قطع آبیاری بعد از گلدهی و عدم کاربرد اسید سالیسیلیک (C1) به میزان ۲/۰۵ میلی گرم در گرم است.

کلروفیل b: اثر متقابل دوگانه تیمارهای آزمایش بر کلروفیل b نشان داد محلول پاشی اسید سالیسیلیک در شرایط کم آبیاری موجب افزایش کلروفیل b در گیاه گردید. نتایج نشان داد بیشترین میزان کلروفیل b مربوط به تیمار آبی آبیاری تا پایان دوره رشد (A1) و عدم کاربرد اسید سالیسیلیک (C1) به میزان ۲/۸۰ میلی گرم در گرم و کمترین آن مربوط به تیمار آبی (A3) قطع آبیاری بعد از گلدهی و عدم کاربرد اسید سالیسیلیک (C1) به میزان ۱/۹۸ میلی گرم در گرم است (شکل ۴).

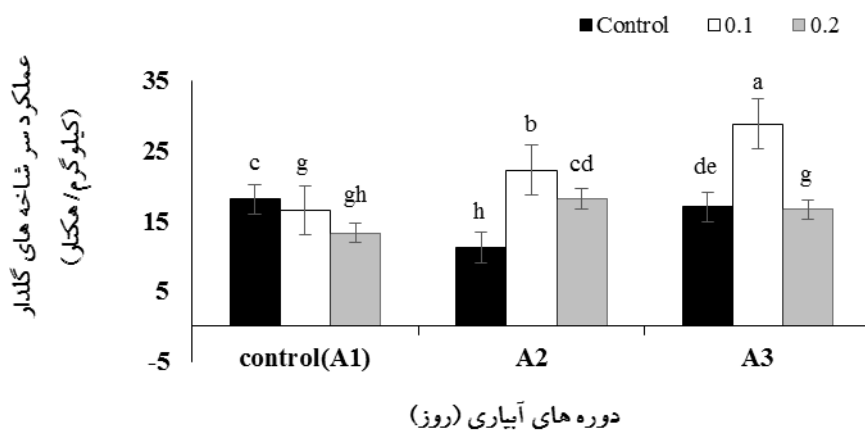
نتایج حاصل از آنالیز واریانس داده ها نشان داد که اثرات ساده تیمار آبیاری بر کارواکرو، پاراسیمن، بتاکاریوفیلین معنی دار بود. اسید سالیسیلیک بر تمامی صفات بجز پاراسیمن معنی دار بود. اثر متقابل دوگانه کم آبیاری و اسید سالیسیلیک بر تمامی صفات بجز کارواکرو و بتاکاریوفیلین معنی دار بود (جدول ۵).

درصد اسانس سرشاخه های هوایی گلدار: اثر متقابل دوگانه تیمارهای آزمایش بر درصد اسانس نشان داد محلول پاشی اسید سالیسیلیک موجب افزایش درصد اسانس در گیاه تحت شرایط کم آبیاری گردید، به طوری که بیشترین درصد اسانس به مقدار ۲/۸۴ درصد در تیمار آبی قطع آبیاری بعد از گلدهی (A3) و کاربرد اسید سالیسیلیک (C2) ۰/۱ مولار و

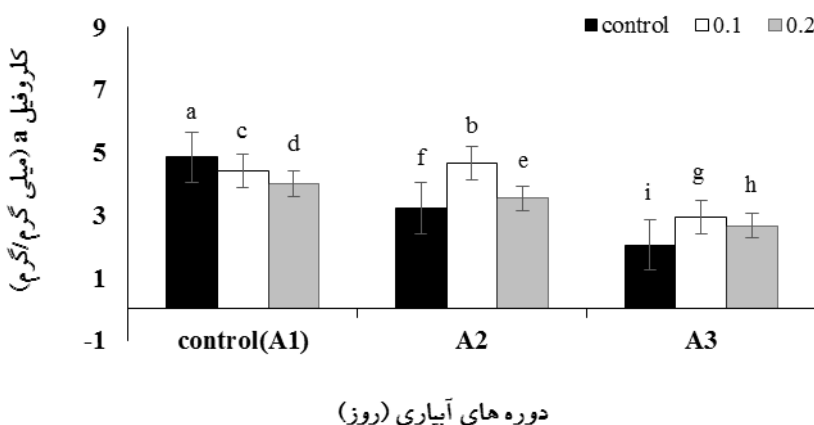
مصرف اسید سالیسیلیک در هر دو سطح ۰/۱ و ۰/۲ مولار موجب تولید تعداد شاخه های جانبی بیشتری در گیاه گردید (شکل ۱).

عملکرد سر شاخه های گلدار: تنش کم آبیاری باعث کاهش معنی دار در عملکرد سرشاخه های گلدار گیاهان آویشن دناپی شد. نتایج نشان داد که کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط کم آبیاری عملکرد سرشاخه های گلدار را بطور معنی داری نسبت به شاهد افزایش می دهد. بیشترین میزان این صفت (۲۸/۸ کیلوگرم بر هکتار) در ترکیب تیمار آبی قطع آبیاری بعد از گلدهی (A3) و کاربرد اسید سالیسیلیک (C2) ۰/۱ مولار و کمترین آن با میانگین ۱۱/۲ کیلوگرم بر هکتار از تیمار آبی قطع آبیاری قبل از گلدهی (A1) و عدم کاربرد اسید سالیسیلیک بدست آمد (شکل ۲).

کلروفیل a: در شکل ۳ دیده می شود که کم آبیاری در دو سطح قطع آبیاری قبل از گلدهی و قطع آبیاری بعد از گلدهی کلروفیل a را بطور قابل توجهی کاهش داد. در حالیکه استفاده از اسید سالیسیلیک ۰/۱ و ۰/۲ مولار اثر منفی کم آبیاری را خنثی کرد. در بین ترکیبات تیماری مورد مطالعه کلروفیل a در گیاهان در معرض کم آبیاری که با اسید سالیسیلیک محلول پاشی شدند نسبت به شاهد افزایش داشت. بررسی بر همکنش کم آبیاری و اسید سالیسیلیک نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a مربوط به تیمار آبی، آبیاری تا پایان دوره رشد (A1) و عدم کاربرد اسید سالیسیلیک (C1) به میزان ۴/۸۵



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و اسید سالیسیلیک بر عملکرد سر شاخه های گلدار در گیاه آویشن دناپی. در هر شکل میانگین های دارای حرف یا حروف مشابه، از نظر آماری تفاوت معنی داری براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند. بارها در هر ستون نمودار نشان دهنده خطای استاندارد است.



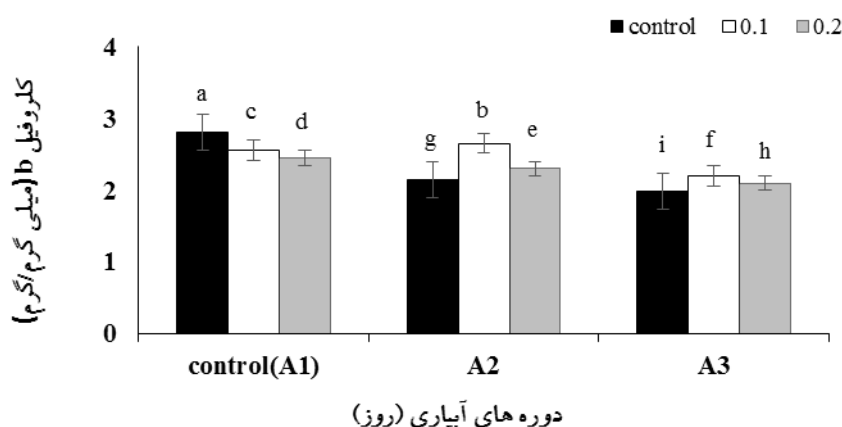
شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و اسید سالیسیلیک بر کلروفیل a در گیاه آویشن دناپی. در هر شکل میانگین های دارای حرف یا حروف مشابه، از نظر آماری تفاوت معنی داری براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند. بارها در هر ستون نمودار نشان دهنده خطای استاندارد است.

شاهد شد. بیشترین درصد تیمول در تیمار آبی قطع آبیاری بعد از گلدهی (A3) و کاربرد اسید سالیسیلیک (C2) ۰/۱ مولار به میزان ۶۳/۹ درصد و کمترین درصد تیمول ۴۰/۵ درصد مربوط به تیمار آبی قطع آبیاری قبل از گلدهی (A2) و کاربرد اسید سالیسیلیک (C3) ۰/۲ مولار است.

کارواکروئل: هر دو غلظت اسید سالیسیلیک اثر مثبت و معنی داری بر درصد کارواکروئل سرشاخه های هوایی گلدار داشتند؛ به طوری که بالاترین درصد کارواکروئل از کاربرد اسید

کمترین درصد اسانس به میزان ۱/۲۴ درصد در تیمار آبی قطع آبیاری قبل از گلدهی (A2) و عدم کاربرد اسید سالیسیلیک (C1) مشاهده شد (شکل ۵).

تیمول: نتایج مقایسه میانگین برهمکنش دوگانه آبیاری و اسید سالیسیلیک برای درصد تیمول در شکل ۶ نشان داده شده است. طبق نتایج با افزایش کم آبیاری میزان درصد تیمول کاهش یافت. کاربرد اسید سالیسیلیک در غلظت های ۰/۱ و ۰/۲ مولار موجب افزایش درصد تیمول را نسبت به سطح



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و اسید سالیسیلیک بر کلروفیل b در گیاه آویشن دناپی. در هر شکل میانگین‌های دارای حرف یا حروف مشابه، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند. بارها در هر ستون نمودار نشان‌دهنده خطای استاندارد است.

جدول ۵- تجزیه واریانس تأثیر آبیاری و اسید سالیسیلیک بر صفات مورد مطالعه آویشن دناپی تحت تنش آبی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		اسانس	تیمول	کارواکرول	پاراسیمین
تکرار	۲	۰/۰۵ ^{ns}	۲۸/۵۶ ^{ns}	۱۲/۰۲ ^{ns}	۲۳/۵۶ ^{ns}
آبیاری	۲	۱/۵ ^{ns}	۵۶/۹۶ ^{ns}	۳۵/۸۷*	۱۳۰/۹۷**
خطا اصلی	۴	۰/۰۱	۳۳/۳۲	۳/۵۲	۳/۵۲
اسید	۲	۰/۱۶*	۱۲/۴۱**	۴۲/۴۱*	۲۷/۵۵ ^{ns}
آبیاری × اسید	۴	۰/۰۱**	۱۵/۵۳*	۲/۱۳ ^{ns}	۶/۷۱*
خطا فرعی	۲۶	۰/۰۶	۳/۵۸	۳/۷۹	۳/۵۲
ضریب تغییرات (درصد)	—	۳/۰۳	۰/۹۵	۰/۱۲	۰/۱۰

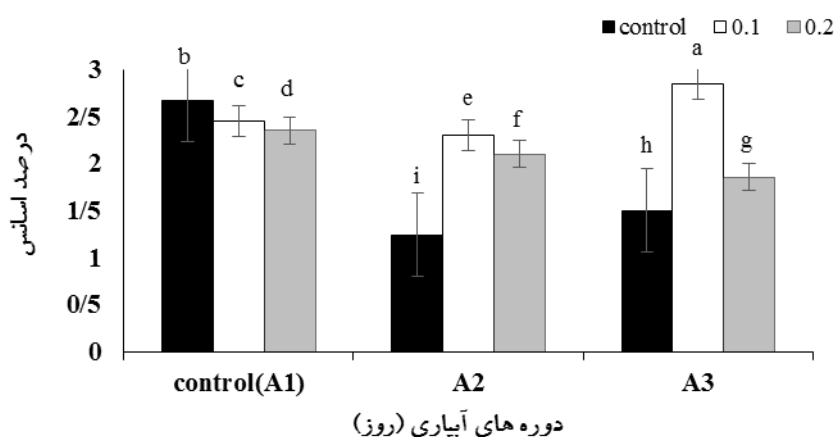
ns، *، **، به ترتیب عدم اختلاف معنادار، اختلاف معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

بالاترین مقادیر درصد پاراسیمین مربوط به تیمار آبی قطع آبیاری بعد از گلدهی (A3) و کاربرد اسید سالیسیلیک (C1) ۰/۱ مولار به میزان ۲/۸۴ درصد و کمترین درصد پاراسیمین مربوط به تیمار آبی قطع آبیاری قبل از گلدهی (A2) و کاربرد اسید سالیسیلیک (C3) ۰/۲ مولار به میزان ۱/۵ درصد بدست آمد. این ماده به‌عنوان پیش‌ماده تیمول آویشن دناپی است. با مصرف اسید سالیسیلیک در شرایط آبیاری معمول بطور معنی‌داری درصد تیمول کاهش یافت (شکل ۷).

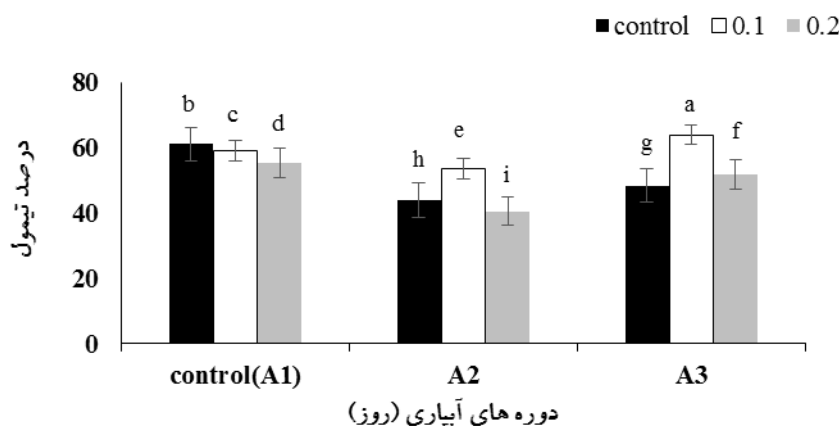
بتا کاروفیلین: تنش کم آبیاری باعث کاهش معنی‌دار درصد بتا کاروفیلین سرشاخه‌های گلدار آویشن دناپی شد. به‌طوریکه

سالیسیلیک (C1) ۰/۱ مولار به میزان ۷/۳۳ درصد و آبیاری معمول (A1) به میزان ۶/۶۶ درصد بدست آمد. البته بین دو تیمار آبیاری و اسید سالیسیلیک اختلاف معنی‌داری از نظر آماری وجود نداشت. با قطع آبیاری قبل از گلدهی درصد کارواکرول به کمترین میزان ۴/۳۵ درصد شد. به‌طوریکه استفاده از اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۲ مولار کارواکرول را به میزان ۴/۹۴ درصد کاهش داد.

پاراسیمین: مقایسه بررسی برهمکنش دوگانه آبیاری و کاربرد اسید سالیسیلیک بر میزان پاراسیمین تأییدکننده اثر مثبت اسید سالیسیلیک در بروز تنش کم آبیاری بود. به‌طوریکه



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و اسید سالیسیلیک بر درصد اسانس در گیاه آویشن دناپی. در هر شکل میانگین‌های دارای حرف یا حروف مشابه، از نظر آماری تفاوت معنی داری براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند. بارها در هر ستون نمودار نشان‌دهنده خطای استاندارد است.



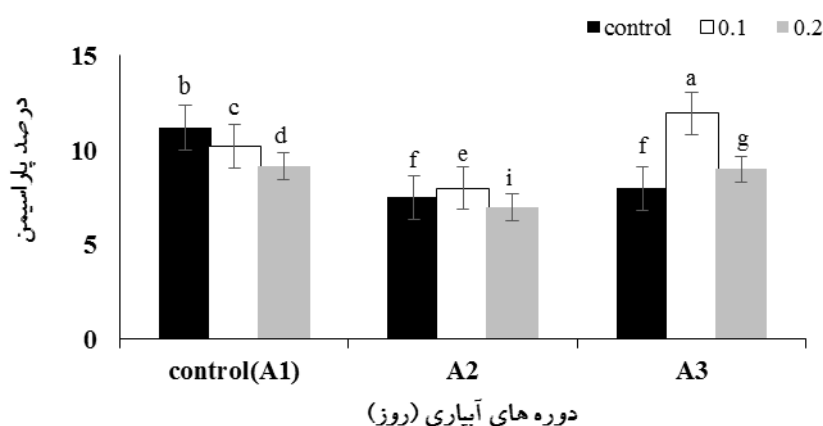
شکل ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و اسید سالیسیلیک بر درصد تیمول در گیاه آویشن دناپی. در هر شکل میانگین‌های دارای حرف یا حروف مشابه، از نظر آماری تفاوت معنی داری براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند. بارها در هر ستون نمودار نشان‌دهنده خطای استاندارد است.

(جدول ۵).

بحث

با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش، ویژگی‌های رشدی تحت تأثیر کم آبیاری یا تنش خشکی قرار گرفتند. اثر تنش خشکی بر کاهش رشد مانند ارتفاع را می‌توان در نتیجه کاهش فتوسنتز گیاه بیان کرد، بدین گونه که تنش خشکی از طریق بستن روزنه‌ها اختلال در ساختار غشاء تیلاکوئیدها، تأثیر بر فعالیت آنزیم روبیسکو، کاهش انتقال و ذخیره مواد فتوسنتزی

کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۱ میلی مولار سبب افزایش درصد بتاکاریوفیلین نسبت به شاهد گردید. نتایج نشان داد بیشترین درصد بتاکاریوفیلین به میزان ۵/۸ و ۴/۴ درصد به ترتیب در تیمارهای آبیاری تا پایان دوره رشد (A1) و کاربرد اسید سالیسیلیک (C2) ۰/۱ مولار رسید. کمترین درصد بتاکاریوفیلین از کاربرد اسید سالیسیلیک (C3) ۰/۲ مولار به میزان ۴/۹۶ درصد و تیمار آبی، قطع آبیاری قبل از گلدهی به میزان ۳/۳ درصد مشاهده شد (جدول ۳ و ۴). البته بین دو تیمار اختلاف معنی داری از نظر آماری وجود نداشت



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و اسید سالیسیلیک بر درصد پاراسمین در گیاه آویشن دنایی. در هر شکل میانگین‌های دارای حرف یا حروف مشابه، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند. بارها در هر ستون نمودار نشان‌دهنده خطای استاندارد است.

مشاهده شده است (Pirjalili and Omid, 2017). محققان اذعان داشتند که تنش خشکی ارتفاع بوته، تعداد ساقه‌های جانبی، وزن خشک اندام رویشی آویشن را کاهش می‌دهد (Babaei et al., 2010). نتیجه یک بررسی نشان داد با افزایش تنش خشکی، تعداد ساقه جانبی گیاه مرزه کاهش یافت (Rahimi et al., 2016). کاهش تعداد شاخه‌های جانبی گیاه در شرایط تنش به دلیل کاهش رطوبت خاک بوده که باعث کاهش رشد رویشی گردیده است (Rahimizadeh et al., 2010).

نتایج بدست آمده در این پژوهش نشان دادند که تیمار گیاه آویشن دنایی تحت شرایط تنش کم‌آبیاری با اسید سالیسیلیک سبب بهبود فاکتورهای رشدی ذکر شده می‌شود. اسید سالیسیلیک با افزایش در مقدار هورمون‌های اکسین و سیتوکینین سبب افزایش رشد گیاه می‌شود (Shakirova et al., 2003). از آنجا که محلول‌پاشی با غلظت‌های کم اسید سالیسیلیک باعث افزایش تقسیم و تمایز سلول‌ها و افزایش تعداد روزنه‌ها می‌گردد و از طرفی سبب افزایش بافت‌های استحکامی و جلوگیری از تخریب دیواره‌های سلولی می‌شود (Madah et al., 2006). از طرفی به نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک با افزایش میزان کلروفیل در برگ‌هایی که در آغاز فرایند پیری هستند، می‌تواند سبب افزایش مجدد فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد گردد (Moradi and Goldani, 2012).

موجب کاهش رشدونمو می‌شود (Anjum et al., 2011). کاهش ارتفاع گیاه در هر ساقه دلیلی است برای اینکه تنش خشکی باعث کاهش تقسیم سلولی گردید و رشد رویشی گیاه را کاهش داده است. بررسی‌های متعدد نشان می‌دهد که ارتفاع گیاه در اثر کمبود آب قابل استفاده کاهش می‌یابد (Amiri Deh, 2010). همان‌گونه که انتظار می‌رفت در این تحقیق تنش کم‌آبیاری یا تنش خشکی سبب کاهش ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی و عملکرد سرشاخه‌های گلدار گردید. از آنجا که اندام‌های هوایی حساسیت بیشتری به تنش کم‌آبی دارند و محدودیت نموی گیاه در اثر کمبود رطوبت خاک در قسمت‌های هوایی زودتر اتفاق می‌افتد. هر گونه کمبود آب موجب تقلیل بیشتر آماس سلولی، کاهش تقسیم و توسعه سلولی به‌خصوص در ساقه و برگ‌ها می‌شود، به همین دلیل اولین اثر محسوس کم‌آبی روی گیاه را می‌توان از روی کاهش ارتفاع یا اندازه کوچک‌تر برگ‌ها تشخیص داد (Blum, 2005). از جمله می‌توان به مطالعات انجام‌شده بر روی گیاه رازیانه که با کاهش سطوح آبیاری گیاه مواد فتوسنتزی بیشتری را به ریشه اختصاص می‌دهد. در نتیجه سهم مواد فتوسنتزی به اندام‌های هوایی از جمله ساقه کاهش می‌یابد که این امر منجر به کاهش ارتفاع بوته رازیانه شد (Rezaei-chianeh, 2012). نتایج مشابه کاهش عملکرد در تنش آبی بر روی زیره و بالنگو

رنگیزه‌های سبز، کلروفیل‌های a و b بیانگر افزایش تنش اکسیداتیو است. کاهش میزان کلروفیل را می‌توان به پراکسیداسیون غشاء کلروپلاست‌ها مربوط دانست (Prasad *et al.*, 2001). در شرایط تنش آبی، عدم وجود آب به میزان کافی، باعث از بین رفتن کلروپلاست می‌شود و در پی نقص در انجام وظایف کلروفیل‌ها مانند جذب و انتقال انرژی در گیاه می‌گردد (Parakash and Singh, 2020). کاهش میزان کلروفیل می‌تواند به‌واسطه کاهش سنتز کلروفیل و همچنین ناشی از تخریب آن باشد. تخریب مولکولی کلروفیل به‌علت جدا شدن زنجیره فیتولی از حلقه پورفیرین در اثر رادیکال‌های آزاد اکسیژن و یا آنزیم کلروفیل اکسیداز صورت می‌گیرد (Parvaiz and Satyawati, 2008). در اثر تنش خشکی غشاء کلروپلاست‌ها پایداری خود را از دست می‌دهند و شکسته می‌شوند که پیامد آن کاهش میزان کلروفیل است (Taibi *et al.*, 2016). به‌نظر می‌رسد کاربرد اسید سالیسیلیک توانسته با القاء تأثیر مثبت بر فرآیندهای فیزیولوژیکی موجب کاهش تولید رادیکال‌های آزاد می‌گردد و در نتیجه از میزان آنزیم‌های کلروفیل اکسیداز کاسته می‌شود از این طریق سبب افزایش فتوسنتز می‌شوند (Elizabeth and Munne-Bosch, 2008).

در مطالعه حاضر، درصد اسانس و اجزای تشکیل‌دهنده اسانس گیاه آویشن دنیایی بطور معنی‌داری توسط اسید سالیسیلیک تحت شرایط کم‌آب‌باری افزایش یافت. کمبود رطوبت بر عملکرد و تغییرات کمی و کیفی مواد مؤثره گیاهان دارویی واکنش‌های متفاوتی نسبت به تنش خشکی دارند (Ashiri *et al.*, 2010) و کمبود آب بطور معنی‌داری بر تغییرات عملکرد اسانس و اجزای اسانس مؤثر است (Pirbalouti *et al.*, 2014). ولی با کاهش آب آبیاری میزان دسترسی به عناصر غذایی کمتر شده و رشد گیاه بیش از فتوسنتز محدود می‌شود و در نتیجه، بخش بیشتری از مواد فتوسنتزی به تولید متابولیت‌های ثانویه و اسانس‌ها اختصاص می‌یابد (Pouryousef, 2015). در مطالعه Arazmjo و همکارانش (۲۰۱۰) تأثیر تنش خشکی بر گیاه بابونه، بیشترین درصد اسانس تولیدی را در ۷۰ درصد ظرفیت زراعی گزارش

بنابراین به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی با غلظت‌های کم اسید سالیسیلیک می‌تواند با جلوگیری از کاهش تقسیمات سلولی و کاهش اندازه سلولی اثرات مضر تنش خشکی را بر میزان رشد گیاه کاهش دهد. احتمال داده می‌شود اسید سالیسیلیک بتواند سبب بهبود جذب عناصر غذایی به‌خصوص در شرایط تنش شود که این خود می‌تواند افزایش رشد را به‌همراه داشته باشد (Elizabeth and Munne-Bosch, 2008). تجمع اسید سالیسیلیک در گیاه تحت شرایط تنش خشکی تأیید نمود، که اسید سالیسیلیک نقش اساسی در افزایش تحمل به تنش خشکی را دارا است (Munne-Bosch and Penuelas, 2003). Bakery و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که اسید سالیسیلیک با افزایش تقسیم و طول‌شدن سلولی، افزایش فعالیت‌های آنزیمی و تولیدات فتوسنتزی توانست رشد گیاه کتان را بهبود و منجر به افزایش ارتفاع گیاه گردد. در یک بررسی اسید سالیسیلیک از طریق افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی رشد و ارتفاع گیاهان ریحان و مرزنوجوش را افزایش داد (Fatma and Gharib 2007). در تحقیقی دیگر، کاربرد سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی سبب افزایش ارتفاع گیاه کدو تخم کاغذی گردید (Shirzad *et al.*, 2011).

در مرحله زایشی، گیاه حساسیت خاصی نسبت به تنش آب دارد. تنش خشکی از میزان ظهور سلول‌های بنیادی گل جلوگیری می‌کند. لذا ثابت شده است که با رفع تنش سلول‌های بنیادی در مقایسه با گیاهان آبیاری‌شده با سرعت بیشتری تشکیل می‌گردند، کاربرد اسید سالیسیلیک نمی‌تواند به تنهایی باعث گلدهی شود ولی در صورت بروز تنش، گلدهی را تحریک می‌کند (Al-Wahaibi *et al.*, 2011). نتایج آزمایشی بر گیاه گشنیز نشان داد که خشکی باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد شد در مقابل اسید سالیسیلیک سبب افزایش معنی‌دار در صفات مذکور گردید (Yeganpour *et al.*, 2016). نتایج تحقیق حاضر نشان‌دهنده تأثیر منفی کم‌آب‌باری بر میزان کلروفیل گیاه آویشن دنیایی بود. تنش کمبود آب با بستن روزه‌ها و تخریب کلروفیل و کلروپلاست باعث کاهش فتوسنتز می‌شود (Waraich *et al.*, 2011). کاهش تولید

نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده نشان دادند که تنش کم‌آبایی بر صفات فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه آویشن دناپی اثر منفی دارد. تنش کم‌آبایی با ایجاد اختلال در رشد و نمو طبیعی گیاه آویشن دناپی سبب کاهش عملکرد گیاه می‌گردد. در حالیکه، استفاده از اسید سالیسیلیک با کاهش تنش موجب بهبود رشد و در نهایت افزایش عملکرد گیاه آویشن دناپی می‌شود. همچنین تنش کم‌آبایی سبب کاهش کلروفیل a و b گردید در حالیکه مصرف اسید سالیسیلیک با کم کردن اثرات تنش و کاهش میزان رادیکال‌های آزاد اکسیژن، میزان کلروفیل را افزایش داد. درصد اسانس و ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس از جمله تیمول، کارواکرول، بتاکاریوفیلین و پاراسیمن نیز در شرایط تنش کاهش یافت. در حالیکه مصرف اسید سالیسیلیک با کم کردن اثرات تنش کم‌آبایی میزان آنها افزایش یافت. در مجموع نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک با کاهش اثرات سو تنش موجب بهبود رشد گیاه آویشن دناپی در شرایط کم‌آبایی گردید. همچنین نتایج نشان داد که کاربرد غلظت ۰/۱ مولار اسید سالیسیلیک نسبت به سایر تیمارها از کارایی بهتری برخوردار بود. با توجه به نتایج این تحقیق استفاده از کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۱ مولار در شرایط تنش کم‌آبایی برای گیاه آویشن دناپی پیشنهاد می‌شود.

نمودند و در سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی میزان بازده اسانس کاهش یافت. به نظر می‌رسد کاربرد اسید سالیسیلیک توانسته است با القاء تأثیر مثبت بر اسانس و اجزای تشکیل‌دهنده اسانس موجب افزایش آنها گردد. Horvath و همکاران (۲۰۰۷) در گزارش‌های خود بیان نمودند که کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک باعث ایجاد مقاومت نسبت به تنش خشکی از طریق بسته‌تر شدن روزنه‌ها در گیاهان می‌شود. به گزارش Preciado-Rangel و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر روی خیار در شرایط در پنج غلظت مختلف (۰/۰۷۵، ۰/۱، ۰/۱۵، ۰/۲۵، ۰/۵ میلی‌مولار) و یک گروه شاهد (آب مقطر) بطور هفتگی بر روی گیاه خیار مورد بررسی قرار گرفت و گزارش شد که غلظت‌های پایین اسید سالیسیلیک باعث افزایش عملکرد و محتوای فیتوشیمیایی و غلظت‌های زیاد آن سبب کاهش ترکیبات فعال زیستی می‌شود، بطور کلی مشخص شد که غلظت‌های متوسط اسید سالیسیلیک بر روی خیار، باعث افزایش عملکرد و ترکیبات فیتوشیمیایی آن می‌شود. نتایج ما نشان داد که با مصرف اسید سالیسیلیک میزان اسانس و اجزای اسانس در شرایط تنش بیشتر می‌شود. احتمال دارد اسید سالیسیلیک با بستن روزنه‌ها و تخصیص مواد فتوسنتزی از ریشه به قسمت هوایی گیاه و با فعال کردن مکانیسم دفاعی گیاه اثرات منفی تنش را کاهش و در نتیجه میزان تولید متابولیت‌های ثانویه را افزایش دهد.

منابع

- Adams, R. P. (2001) Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/ Mass Spectrometry. Allured Publishing Corporation Carol Stream.
- Agayi, F. and Mohebalpour, N. (2014) Effect of different level of foliar spraying of salicylic acid, methyl jasmonate and medium on shoot growth characteristics of lemon balm to in vitro culture. First International and 13th Iranian of Crop Sciences Congress and 3rd Iranian Seed Science and Technology Conference, Seed and Plant Improvement Institute Karaj.
- Al-Mariri, A., Swied, G., Oda, A. and Al-Hallab, L. (2013) Antibacterial activity of *Thymus syriacus* Boiss essential oil and its components against some syrian gram-negative bacteria isolates. Journal of Medicinal 38: 180-186.
- Al-Hakimi, A. M. A. (2008) Effect of salicylic acid on biochemical changes in wheat plants under khat leaves residues. Plant Soil Environment 54: 288-293.
- Al-Whaibi, M. H., Siddiqui, M. H. and Basalah, M. O. (2011) Salicylic acid and calcium- induced protection of wheat against salinity. Protoplasma 249: 769-778.
- Amiri Deh Amadi, S. R., Parsa, M., Nazemi, A. and Ganjeali, A. (2010) The effects of drought stress at different phenological stages on growth indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in greenhouse conditions. Scientific Information Database 1: 69-84.
- Anjum, S., Xie, X., Wang, L., Man, C. and Lei, W. (2011) Morphological, physiological and biochemical responses of plant to drought stress. African Journal of Agricultural Research 6.

- Arnon, A. N. (1967) Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agron* 23: 112-121.
- Arazmjo, A., Heidari, M. and Ghanbari, A. (2010) The effect of water stress and three sources of fertilizers on flower yield, physiological parameters and nutrient uptake in chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 25: 482-494.
- Ashiri, F., Khoskhai, M., SaharKhiz, M., Firouzi, O. and Javidnia, K. (2010) Effects of water deficit stress on morphological characteristics, chlorophyll and proline contents and antioxidant activity of garden thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology* 11: 163-174.
- Bakery, B. A., El-Hariri, D. M., Mervat, S. S. and El-Bassiouny, H. M. S. (2012) Drought stress mitigation by foliar application of salicylic acid in two linseed varieties grown under newly reclaimed sandy soil. *Journal of Applied Sciences Research* 7: 3503-3514.
- Babaei, K., Amini Dehghi, M., Secondary Teacher, S. M. and Vajbari, R. (2010) The effect of drought stress on morphological traits, proline content and thymol content in thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Plant Research Iranian Pharmaceutical and Aromatic* 239-251.
- Blum, A. (2005) Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential are they compatible, dissonant, or mutually exclusive?. *Australian Journal of Agricultural Research* 56: 1159-1168.
- Da Costa, R. M. F., Simister, R., Roberts, L. A., Timms-Taravella, E., Cambler, A. B., Corke, F. M. K., Han, J., Ward, R. J., Buckeridge, M., Gomez, L. D. and Bosch, M. (2019) Nutrient and drought stress: Implications for phenology and biomass quality in miscanthus. *Annals of Botany* 124: 553-566.
- Elizabeth Abreu, M. and Munne-Bosch, S. (2008) Salicylic acid may be involved in the regulation of droughtinduced leaf senescence in perennials: A case study in field-grown *Salvia officinalis* L. plants. *Environmental and Experimental Botany* 64: 105-112.
- Fatma, A. E. and Gharib, L. (2007) Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of basil and majoram. *International Journal of Agriculture and Biology* 4: 485-492.
- Figuerera, P., Marely, G., Rocha, N. E. and Reynosa, R. (2014) Effect of chemical elicitors on peppermint (*Mentha piperita*) plants and their impact on the metabolite profile and antioxidant capacity of resulting infusion. *Food Chemistry* 156: 273-278.
- Fu, J. and Huang, B. (2001) "Involvement of antioxidant and lipid peroxidation in the adaptation of two cool-season grasses to localized drought stress" *Environmental and Experimental Botany* 45: 105-114.
- Forouzandeh, M., Mohkami, Z. and Fazelinassab, B. (2019) Evaluation of biotic elicitors foliar application on functional changes, physiological and biochemical parameters of fennel (*Foeniculum vulgare*). *Journal of Plant Production Research* 25: 49-65.
- Ghasemi Pirbalouti, A., Samani, M. R., Hashemi, M. and Zeinali, H. (2014) Salicylic acid affects growth, essential oil and chemical compositions of thyme (*Thymus daenensis* Celak.) under reduced irrigation. *Plant Growth Regulation* 72: 289-301.
- Ghasemi Pirbalouti, A., Nekoei, M., Rahimmalek, M. and Malekpoor, F. (2019) Chemical composition and yield of essential oil from lemon balm (*Melissa officinalis* L.) under foliar applications of jasmonic and salicylic acids. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 19: 101-144.
- Golkr, F., Farahmand, A. and Fardad, H. (2009) Investigating the effect of irrigation water on yield and water use efficiency. *Journal of Water Engineering* 1: 13-20.
- Horvath, E., Szalai, G. and Janda, T. (2007) Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. *Journal of Plant Growth Regulation* 26: 290-300.
- Idrees, M., Khan, M. M. A., Aftab, T., Naeem, M. and Hashmi, N. (2010) Salicylic acid-induced physiological and biochemical changes in lemongrass varieties under water stress. *Journal of Plant Interaction* 5: 293-303.
- Jaleel, C. A., Gopi, R. and Panneerselvam, R. (2008) Growth and photosynthetic pigments responses of two varieties of *Catharanthus roseus* to triadimefon treatment. *Comptes Rendus Biologies* 331: 272-277.
- Klessig, D. F., Choi, H. W. and Dempsey, D. M. A. (2018) Systemic acquired resistance and salicylic acid: Past, present, and future. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 31: 871-888.
- Larque, S. A. (1979) Stomatal closure in response to acetylsalicylic acid treatment. *Z. Pflanzenphysiol* 93: 371-375.
- Malek, R. and Yadegari, M. (2012) Jasmonic and salicylic acid effects on phytochemical properties of sage leaf, herbal remedies *Journal of Herbal Drugs* 3: 89-94.
- Madah, M., Falahian, F., Sabaghpour, H. and Chalbian, F. (2006) Effect of salicylic acid on performance, performance components and anatomical structure of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Science* 16:61-70.
- Mohammadi, H., Amirikia, F., Ghorbanpour, M., Fatehi, F. and Hashempour, H. (2019) Salicylic acid induced changes in physiological traits and essential oil constituents in different ecotypes of *Thymus kotschyanus* and *Thymus vulgaris* under well-watered and water stress conditions. *Industrial Crop and Products* 129: 561-574.
- Moradi, M. and Goldani, M. (2012) Evaluation of different levels of salicylic acid on a number of growth indices of marigold under low irrigation conditions. *Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences* 4: 33-45.

- Munne-Bosch, S. and Penuelas, J. (2003) Photo and antioxidative protection, and a role for salicylic acid during drought and recovery in field-grown *Phillyrea angustifolia* plants. *Planta* 217: 758-766.
- Nemeth, E. Z., Tarjan, G. and Bernath, G. (1993) Essential oil composition of *Achillea crithmifolia* identification of chemovarieties grown in wild populations. *Journal of Essential Oil Research* 5: 349-357.
- Omid Beigi, R. (2005) Production and Use of Medicinal Plants. 1th d. Astan Quds Razavi Publications.
- Odabas, M. S., Temizel, K. E., Caliskan, O., Senyer, N., Kayhan, G. and Ergun, E. (2014) Determination of reflectance values of hypericum's leaves under stress conditions using adaptive network based fuzzy inference system. *Neural Network World* 24: 79-87.
- Parakash, V. and Singh, S. (2020) A review on potential plant-based water essential oil yield of *Dracocephalum kotschy* Boiss, an endangered medicinal plant in iran. *Gesunde Pflanzen* 72: 17-27.
- Pal, M., Szalai, G., Kovacs, V. G. and Janda, O. K. (2013) Salicylic acid-mediated abiotic stress tolerance 183-247.
- Parvaiz, A. and Satyawati, S. (2008) Salt stress and phyto biochemical responses of plants. *Plant Soil Environment* 54: 89-99.
- Pirbalouti, A. G., Samani, M. R., Hashemi, M. and Zeinali, H. (2014) Salicylic acid affects growth, essential oil and chemical compositions of thyme (*Thymus daenensis* Celak.) under reduced irrigation. *Plant Growth Regulation* 72: 289-301.
- Pirjalili, F. and Omid, H. (2017) Effects of drought stress on grain yield and qualitative characteristics of three populations of *Lallemantia royleana* Benth. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 33: 25-38.
- Pouryousef, M. (2015) Effects of terminal drought stress and harvesting time on seed yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 30: 889-897.
- Prasad, M. N. V., Malec, P., Waloszek, A., Bojko, M. and Strzalka, K. (2001) Physiological responses of *Lemna trisulca* L. (duckweed) to cadmium and copper bioaccumulation. *Plant Science* 161: 881-889.
- Preciado-Rangel, P., Reyes-Perez, J. J., Ramirez-Rodriguez, S. C., Salas-Perez, L., Fortis-Hernandez, M., MurilloAmador, B. and Troyo-Dieiguez, E. (2019) Foliar asperion of salicylic acid improves phenolic and flavonoid compounds, and also the fruit yield in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plants* 8: 44.
- Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zare Fizabady, A., Madani, H. and Soltani, E. (2010) Effect of micronutrient fertilizers on sunflower growth and yield in drought stress condition. *Electron* 3: 57-72.
- Rahimi, A., Jahanbin, Sh., Salehi, A. and Faraji, H. (2016) The effect of root fungus on morphological characteristics, phenolic compounds and chlorophyll fluorescence of *Borago officinails* L. *Plant Environmental Physiology* 42: 46-55.
- Rezaei-Chianeh, E. (2012) Effect of different irrigation treatments on essential oil accumulation, its compounds and some ecophysiological traits in fennel (*Foeniculum vulgare*). Ph.D. Thesis. Department of Plant Eco-physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz.
- Roche, J., Hewezi, T., Bouniols, A. and Gentzbittel, L. (2009) Real-time PCR monitoring of signal transduction related genes involved in water stress tolerance mechanism of sunflower. *Plant Physiology and Biochemistry* 47: 139-145.
- Saharkhiz, M. J. and Goudarzi, T. (2014) Foliar application of salicylic acid changes essential oil content and chemical compositions of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 17: 435-440.
- Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E. and Dixon, K. (2000) Acetyl salicylic acid (asprin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulator Figure* 130: 157-161.
- Shahba, Z., Baghizadeh, A. and Yosefi, M. (2010) The salicylic acid effect on the tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) germination, growth and photosynthetic pigment under salinity stress (NaCl). *Journal of Stress Physiology and Biochemistry* 6: 4-16.
- Shakirova, F. M., Sakhabutdinova, A. R., Bozrutkova, M. V., Fatkhutdinova, R. A. and Fatkhutdinova, D. R. (2003) Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science* 164: 317.
- Sharafzadeh, S. (2012) Growth and secondary metabolites of basil, mint and thyme as affected by light. *International Journal of Pharma and Bio Sciences* 3: 43-49.
- Shirzad, S., Hosein, A. and Daliri Moghadam, R. (2011) Influence of drought stress and interaction with salicylic acid on medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seedling growth. *Botany Research Journal* 4: 35-40.
- Shirani Bidabadi, S. and Mehralian, M. (2020) Seed bio-priming to improve germination, seedling growth and essential oil yield of *Dracocephalum kotschy* Boiss, an endangered medicinal plant in Iran. *Gesunde Pflanzen* 72: 17-27.
- Taibi, K., Taibi, F., Ait Abderrahim, L., Ennajah, A., Belkhodja, M. and Mulet, J. M. (2016) Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L. *South African Journal of Botany* 105: 306-312.
- Victor Perez, T., Antonio Lopez, O., Asception Martinez, P. and Antonio, A. C. (2012) Antioxidant activity and rosmarinic acid changes in salicylic acid tread *Thymus membranceus* L. shoots. *Food Chemistry* 130: 362-369.
- Waraich, E. A., Amad, R., Ashraf, M. Y. and Ahmad, M. (2011) Improving agricultural water use efficiency by nutrient management. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil and Plant Science* 61: 291-304.

Yeganpour, F., Zahtab Salmasi, S., Shafagh Kalavagh, J. and Qasemi Golazani, K. (2016) Effect of drought stress chemical and biofertilizer and salicylic acid on grain yield and yield components of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Journal of Crop Production 9: 37-55.

Effect of salicylic acid on growth and phytochemical characteristics of *Thymus daenensis* under drought irrigation

Leila Abdi¹, Hamid Reza Asghari^{1*}, Majid Tolyat Abolhassani², Mohammad Reza Amerian¹, Hassan Naghdi Bodi²

¹Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood of University, Iran.

²Medicinal Plants Research Center, Jihad University Medicinal Plants Research Institute, Karaj, Iran

(Received: 17/10/2021, Accepted: 04/01/2022)

Abstract

Drought as the most important problem of agricultural development in Iran is one of the main obstacles in the production of agricultural products. Due to the global approach in the production of medicinal plants is effective in improving the quantity and quality of the substance, today the use of salicylic acid as one of the plant hormones in increasing plant resistance to stresses such as drought has increased. In this study, the effect of foliar application of salicylic acid on the growth and phytochemical characteristics of *Thymus daenensis* Celak in low irrigation conditions was studied. The experiments were performed as a split plot in the form of a randomized complete block design with 3 replications in research field of Jihad University Medicinal Plants Research Institute located in Heljard, Karaj in 2017. The results showed that low irrigation stress significantly reduced plant height, number of lateral branches, yield of flowering branches, chlorophyll a and chlorophyll b, percentage of essential oil as well as essential oil constituents including thymol, carvacrol, paracetamol and beta-caryophylline. On the other hand, the use of salicylic acid reduced the negative effects of poor irrigation conditions. Also, the highest growth and phytochemical indices were observed in plants treated with salicylic acid. The results showed that salicylic acid by inducing stress tolerance moderated the damage caused by under irrigation stress in thyme and increased the growth rate of stressed plants. The findings of this study can be used to reduce plant damage in low water areas.

Keywords: Salicylic acid, Low irrigation, Essential oils, Constituents of essential oils

Corresponding author, Email: Hamidasghari@gmail.com