به‌زراعی کشاورزی
دوره ۱۹ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۶
صفحه‌های ۸۳۵-۸۱۷

ارزیابی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) تحت تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک

علی‌اصغر قادری[1]*، براتعلی فاخری[2] و نفیسه مهدی‌نژاد[3]

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۲. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۳. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۵/۲۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۸/۲۲

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک بر شاخص‌های رشد و صفات فیزیولوژیک آویشن باغی تحت تنش خشکی آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه زابل اجرا شد. عامل اصلی تنش خشکی در سه سطح آبیاری در ۷۵، ۵۵ و ۳۵ درصد ظرفیت زراعی و عامل فرعی محلول‌پاشی در سه سطح آب مقطر (شاهد)، ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک بود. آثار اصلی تنش خشکی و محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک برای تمامی صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنادار بود. اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک فقط برای میزان پرولین معنادار شد. اعمال تنش شدید، صفات کلروفیل کل، کارتنوئید، وزن خشک ریشه و وزن خشک شاخساره را به ترتیب ۲۹/۰، ۳۹/۹، ۵۰/۵ و ۴۳/۰ درصد نسبت به شاهد کاهش، درحالی که میزان پرولین برگ و طول ریشه را به میزان ۴۴/۲ و ۲۶/۶ درصد افزایش داد. محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک (۲۰ میلی‌مولار) موجب افزایش معنادار میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، طول شاخساره، وزن ریشه و وزن شاخساره شد. ضرایب همبستگی ساده صفات، ارتباط مثبت و معنا دار وزن خشک شاخساره را با سایر صفات مورد بررسی در شرایط اعمال تنش و کاربرد اسیدآسکوربیک با غلظت ۲۰ میلی‌مولار نشان داد. تجزیه به عامل‌ها چهار عامل برای شرایط نرمال و چهار عامل برای شرایط تنش شدید استخراج کرد که در مجموع به‌ترتیب ۹۸ و ۹۵ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کردند. در کل استنباط شد که رنگیزه‌های فتوسنتزی و صفات مرتبط با ریشه از معیارهای مهم مرتبط با عملکرد (وزن خشک شاخساره) بودند که می‌توانند در اصلاح آویشن با عملکرد بیشتر در شرایط تنش سودمند باشند.

کلیدواژه‌ها: آنتی‌اکسیدان، اسمولیت‌ها، تنش خشکی، رنگیزه‌های فتوسنتزی، عملکرد شاخساره.

* نویسنده مسئول Email: Drghaderi2013@gmail.com

۱. مقدمه

آویشن باغی[1] گیاهی دارویی از خانواده نعناییان[2] است که اسانس آن ضد اسپاسم، بادشکن، ضدقارچ، ضدباکتری، ضدعفونی‌کننده، ضدکرم، خلط‌آور و آنتی‌اکسیدان است و جایگاه خاصی در تجارت جهانی دارد [۴۲]. سرشاخه ها و برگ های آویشن دارای مواد شیمیایی متعددی است که دو ایزومر تیمول و کارواکرول از مهم ترین آنها هستند [۴۲]. از برگ آویشن در فرآورده های غذایی و همچنین از اسانس گیاه در نوشیدنی ها و صنایع دارویی، بهداشتی و آرایشی استفاده می شود [۴۲]. با توجه به اینکه اندام رویشی آویشن استفاده می شود عوامل محیطی و زراعی در مقدار تولید اندام رویشی و در نهایت مادهٔ مؤثرهٔ آن تأثیرگذار هستند [۷].

درک پاسخ گیاهان دارویی به تنش های محیطی برای تولید و اصلاح گیاهان متحمل به تنش، کاملاً ضروری است [۱۱]. تنش خشکی از جمله تنش‌های محیطی مهم است که با ایجاد اختلال در عمل روزنه ها و سیستم فتوسنتزی [۵۰]، تخریب پروتئین ها و آنزیم ها [۶]، کاهش سطح برگ [۱۶]، ریزش گل و میوه [۱۲]، کاهش وزن تر و خشک گیاه [۱۱] و کاهش طول ریشه [۱۶] موجب کاهش عملکرد گیاهان دارویی [۶ و ۱۸] می شود. در همین راستا محققان دریافتند که وزن تر و خشک نعناع فلفلی[3] [۱۶] و مریم گلی لوله‌ای[4] [۱۱] با افزایش تنش آبی به‌طور معنادار کاهش یافت. گیاهان قادرند با تغییراتی نظیر کاهش سطح تعرق کننده، افزایش طول و حجم ریشه و تولید اسمولیت‌های سازگار آثار تنش خشکی را تا حدود زیادی کاهش دهند [۱۱]. محققان گزارش کردند که اعمال تنش خشکی در گیاه نعناع فلفلی به افزایش میزان پرولین می‌انجامد [۲].

گیاهان برای کاهش اثر مخرب گونه‌های اکسیژن فعال از مکانیسم سیستم دفاع متفاوتی از جمله دفاع آنتی‌اکسیدانی استفاده می‌کنند [۲۶]. در این میان اسید آسکوربیک از مهم‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های سلولی و گیاهی است که عامل پاسخ به تنش و کوفاکتور آنزیم است [۴۸]. اسید آسکوربیک با خنثی‌سازی رادیکال‌های اکسیژن آزاد از طریق مصرف انواع اکسیژن فعال و تولید مونودی‌هیدروآسکوربات از بروز آسیب به سلول و چربی‌های غشایی جلوگیری می‌کند و بدین ترتیب از پراکسیداسیون لیپیدها کاسته می‌شود [۱۷]. آسکوربات نخستین آنتی‌اکسیدان مهمی است که به‌طور مستقیم با پراکسید هیدروژن، رادیکال‌های هیدروکسیل، سوپراکسید و اکسیژن یکتایی واکنش می دهد و نقش مهمی در حفاظت کلروپلاست سلول های گیاهی در برابر تنش اکسیداتیو دارد [۳۸]. همچنین، این ماده به‌عنوان احیاکننده در بازهٔ تولید – αتوکوفرول، چرخهٔ گزانتوفیل و حفاظت از آنزیم های با گروه پروستتیک عناصر واسطه دخالت می‌کند [۴۹]. این اسید ساختارهای سلولی را در مقابل حملهٔ اکسیدان ها به هنگام سوخت‌وساز سریع در گیاهان حفظ می‌کند و به‌عنوان آنتی‌اکسیدان سلولی، عامل پاسخ به تنش و کوفاکتور آنزیم است [۸، ۱۹ و ۳۴]. تغذیهٔ برگی با اسید آسکوربیک کلزا[5] تحت تنش شوری سبب‌کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی شد، به گونه‌ای که اسید آسکوربیک به‌کار رفته سبب شد تا اکسیداسیون چربی غشاء سلولی و محتوی مالون‌دی‌آلدئید در برگ و ریشه کاهش یابد. اسید آسکوربیک ترکیبی است که بر میتوز و رشد سلول ها در گیاهان نیز تأثیر دارد [۴۹]. این ماده به‌عنوان سیگنال فیتوهورمونی طی انتقال از فاز رویشی به زایشی دخالت دارد [۳۰]. اسید آسکوربیک نقش مهمی در حفاظت از گیاهان در برابر تنش های محیطی از قبیل فلزات سنگین، شوری، آفت کش ها و تابش فرا بنفش دارد [۲۵ و

1 *Thymus vulgaris* L.
2. Lamiaceae
3. *Mentha piperita* L.
4. *Salvia macrosiphon* Boiss
5. *Brassica napus* L.

۵۶]. کاربرد اسید آسکوربیک خارجی سبب فعال شدن مکانیزم‌های آنتی‌اکسیدانی شده و تحمل تنش را در گیاه افزایش داده است [۴۷]. محلول‌پاشی اسید آسکوربیک موجب افزایش معنادار رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوای نسبی آب برگ و درصد روغن تحت تنش کم آبی در گیاه ریحان[1] شده است [۵۲].

عملکرد شاخساره بالا و میزان مادهٔ مؤثره، بیشتر به عنوان اهداف اساسی در اصلاح گیاهان دارویی مطرح است. علاوه بر این، سودمندی هر برنامهٔ اصلاحی بستگی به میزان ارتباط بین عملکرد با این اجزاء و سایر صفات مؤثر بر عملکرد و اهمیت نسبی هر یک از آنها دارد [۳۲]. در این راستا، مطالعهٔ ارتباط دو جانبه بین همهٔ صفات براساس ضرایب همبستگی ساده مفید است. ولی تجزیهٔ همبستگی ساده به ارتباط صفات با یکدیگر بدون در نظر گرفتن سایر صفات توجه دارد و تصویر دقیقی از اهمیت نسبی هر جزء در تعیین عملکرد ارائه نمی‌دهد. تجزیه‌وتحلیل چند متغیره ابزار مناسبی در شناسایی و توصیف روابط بین صفات است. تعیین چگونگی اثر صفات مستقل بر صفت وابسته (عملکرد)، تعیین هر صفت در تنوع کل، طبقه‌بندی صفات و کاهش حجم متغیرهای اصلی در قالب عوامل جدید از جمله موارد کاربرد این روش‌ها است [۲۷].

در تولید گیاهان دارویی، علاوه بر عوامل ژنتیکی، شرایط محیطی تحت کشت نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. زیرا عوامل محیطی با تأثیری که بر رشد رویشی و فیزیولوژی گیاهان دارند، بر کیفیت و کمیت اسانس محصول مؤثر هستند. در این راستا، مطالعه حاضر با هدف تأثیر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه دارویی آویشن باغی تحت تنش خشکی پیاده شده است.

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک بر رنگیزه های فتوسنتزی، پرولین و رشد گیاه دارویی آویشن باغی، آزمایشی در بهمن ماه سال ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل (سد سیستان) اجرا شد. شهرستان زابل در موقعیت جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقهٔ طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقهٔ شمالی و در ارتفاع ۴۸۱ متر از سطح دریا قرار دارد. خاک محل آزمایش دارای بافت شنی- رسی- لومی بود. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر خاک تعیین و در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر

هدایت الکتریکی (ds/cm)	pH	درصد نیتروژن	درصد ماده آلی	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	درصد کربن آلی	درصد لای	درصد رس	درصد شن
۱/۴۶	۷/۴	۴۶/۳	۰/۸۱	۸/۲	۱۱۵	۰/۴۷	۲۰/۴	۳۱/۶	۴۸

1. *Ocimum basilicum* L.

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا در آمد. تنش خشکی عامل اصلی در سه سطح، آبیاری در زمان تخلیه ۳۵، ۵۵ و ۷۵ درصد آب قابل استفاده خاک و محلول پاشی عامل فرعی در سه سطح محلول پاشی با آب مقطر (شاهد)، ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک بودند. گیاه مورد مطالعه در این پژوهش، آویشن باغی بود و نهال ها از شهرستان آباده، استان فارس تهیه شدند.

برای آماده سازی زمین در بهمن ماه ۱۳۹۳، شخم عمیق زده شد و سپس دو دیسک عمود بر هم و تسطیح انجام شد. کرت هایی به ابعاد دو در سه مترمربع تهیه شد. هر کرت دارای شش ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتی متر و فاصله روی ردیف ۱۵ سانتی متر در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌های آزمایش ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین تکرارها یک متر بود. نهال‌ها در تاریخ پنجم اسفند ماه ۱۳۹۳ کاشته شدند و پس از استقرار نشاءها در اواخر فروردین ماه (حدود دو ماه پس از کاشت)، همهٔ آن‌ها تا ارتفاع یکسان سرزنی شدند تا در زمان شروع تیمارها دارای ارتفاع هم اندازه باشند. پس از استقرار نهال ها تیمار تنش خشکی در دو مرحله بر روی آنها اعمال شد. یک ماه پس از سر زنی گیاهان در تاریخ ۱۵ اردیبهشت و دو هفته قبل از گل دهی در تاریخ ۲۰ خرداد.

تیمار اسید آسکوربیک در دو مرحله روی گیاه مورد نظر محلول‌پاشی شد. یک مرحله هفت روز قبل از اعمال تنش آبیاری و یک مرحله سه هفته قبل از گل دهی. برای اندازه گیری رطوبت خاک از دستگاه TDR[1] استفاده شد. اساس کار دستگاه تی‌دی‌آر بر این اصل استوار است که دستگاه گیرنده علائمی را به داخل سنسور میله ای ارسال کرده که از میلهٔ اصلی (میلهٔ وسطی) این علائم خارج و توسط میله‌های کناری دریافت می‌شوند. هنگامی که سنسور در داخل خاک قرار گرفت و بین میله‌ها را خاک فرا گرفت بسته به میزان رطوبت خاک، زمان عبور موج الکترومغناطیس تغییر می کند و دستگاه برحسب واحدهای مختلف (بسته به تنظیم دستگاه بر روی کدام واحد که معمولاً میلی‌ولت، درصد رطوبت حجمی و یا مجموع هر دو است) میزان رطوبت را مستقیماً قرائت می‌کند. برای اندازه گیری رطوبت پروب های(پروب P_3 سه شاخه‌ای به طول ۲۰ سانتی‌متر)تی‌دی‌آر به‌صورت عمودی در داخل خاک اشباع شده کار گذاشته شدند. سپس در روزهای متوالی، اندازه‌گیری رطوبت خاک به‌وسیلهٔ دستگاه صورت گرفت و زمانی که رطوبت خاک به هر یک از مقادیر مشخص شده رسید، آبیاری مزرعه به روش نشتی انجام شد. محلول‌پاشی ها در ساعت چهار و نیم بعد از ظهر و در هوای صاف و ملایم طوری که برگ‌های گیاه کاملاً خیس شدند، انجام شد. به‌منظور بهبود جذب برگی اسید آسکوربیک، از تریتون X100 با غلظت ۰/۰۱ درصد به‌عنوان واکنش‌گر استفاده شد. پس از پایان دورهٔ تنش، در تاریخ ۲۰ تیر ماه زمان رسیدگی مورفولوژیک شاخساره ها از سطح خاک قطع و همچنین ریشه ها با دقت از خاک خارج و گل و لای ریشه‌ها به‌طور کامل با فشار آب شسته شد و نمونه‌های گیاهی به آزمایشگاه برای اندازه‌گیری صفات طول ریشه (طول ریشه اصلی)، شاخساره، وزن تر و خشک ریشه و شاخساره، مقدار پرولین، کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کارتنوئید منتقل شد. برای اندازه گیری غلظت پرولین از روش بیتس و همکاران [۳۱] استفاده شد. غلظت پرولین با توجه به منحنی استاندارد پرولین در دستگاه طیف سنج نوری[2] در طول موج ۵۲۰ نانومتر تعیین شد. از محلول ال-پرولین با غلظت‌های مختلف برای رسم منحنی استاندارد استفاده شد. غلظت پرولین موجود در نمونه براساس میکرومول در هر گرم وزن تر نمونه از

1. Time Domain Reflectometry

2. Spectrophotometer

منحنی استاندارد محاسبه شد. میزان کلروفیل a و b و کلروفیل کل نمونه ها به روش آرنون [۲۹] در طول موج ۶۶۰ و ۶۴۲/۵ با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل یونیکو یووی-۲۱۰۰[1] ساخت آمریکا قرائت شد [۱۳].

تجزیهٔ واریانس، مقایسهٔ میانگین به روش دانکن و ضرایب همبستگی ساده بین صفات محاسبه شد. به‌منظور کاهش حجم داده‌ها و تفسیر بهتر روابط علی و معلولی بین صفات از تجزیه به عامل‌ها استفاده شد. تجزیه به عامل‌ها با استفاده از مؤلفه‌های اصلی و چرخش عامل‌ها به روش وریماکس[2] انجام شد. در هر عامل اصلی و مستقل، ضرایب عاملی بزرگتر از ۰/۵، عامل تعیین‌کننده در نظر گرفته شد. برای انجام محاسبات آماری از نرم‌افزار SAS نسخه ۹.۱ و مقایسهٔ میانگین ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. همچنین برای رسم نمودارها، نرم افزار EXCEL نسخه ۲۰۱۰ استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

۱.۳. کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید

صفات کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید به‌طور معنادار ($p<۰/۰۱$) تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۲). کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی بر اثر افزایش دور آبیاری و ایجاد تنش در گیاه توسط محققان به اثبات رسیده است [۲۵ و ۴۶]. در آزمایش حاضر نیز تنش آبیاری تا ۳۵ درصد ظرفیت زراعی کلروفیلa، b، کل و کارتنوئید را به ترتیب ۲۴/۹۱، ۳۶/۷۴، ۲۹/۰۸ و ۳۹/۹۰ درصد نسبت به شاهد (آبیاری تا ۷۵ درصد ظرفیت زراعی) کاهش داد. آبیاری در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی نسبت به تیمار عدم تنش اثر معنادار بر میزان کلروفیل b و کارتنوئید نداشت (جدول ۳). کاهش فتوسنتز تحت تأثیر افزایش دور آبیاری به‌دلیل اختلال در فرایندهای شیمیایی مسیر فتوسنتزی است. در تنش خشکی آب بافت های گیاهان تحت تنش کاهش می‌یابد و این مسئله موجب محدود شدن فتوسنتز می‌شود. واکنش گیاه به کمبود آب، بستن سریع روزنه ها برای جلوگیری از دست دادن آب بیشتر از طریق تعرق است. در نتیجه انتشار CO_2 از برگ محدود می شود و این مسئله موجب محدودشدن فتوسنتز در محل پذیرش ریبولوز ۱، ۵ بیوفسفات کربوکسیلاز/ اکسیژناز [۳۳] یا بازداری مستقیم آنزیم های فتوسنتزی مانند روبیسکو [۳۷] یا ساخت ATP [۴۴] می‌شود. هرچند که فتوسیستم II تا حد زیادی نسبت به تنش خشکی متحمل است، ولی تنش خشکی می تواند مانع انتقال الکترون در این نظام شود. از این رو از کارایی فتوسنتز کاسته می شود [۲۵]. علاوه بر این در شرایط تنش، کمبود آب باعث تجزیهٔ کلروفیل شده و گلوتامات که پیش ماده کلروفیل و پرولین است، در اثر این تنش به پرولین تبدیل شده و در نتیجه از محتوی کلروفیل کاسته می شود [۱۵]. کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی و به‌طور خاص کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید [۲۵ و ۴۶] در گیاهان در اثر تنش خشکی به اثبات رسیده است [۴۱ و ۵۳]. در گزارشی [۹] با بررسی همبستگی رنگیزه‌های فتوسنتزی بر روی گیاه دارویی چای[3] اعلام شده است که رنگدانه های کلروفیلی همبستگی مثبت و بسیار معنی دار با هم دارند که نتایج ما (جدول ۶) این مسئله را تأیید کرد.

محلول‌پاشی اسید آسکوربیک موجب افزایش معنادار میزان کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید ($p<۰/۰۱$) شد (جدول ۴). به‌طوری که سطوح ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک به‌ترتیب موجب افزایش ۱۳/۲۹ و ۲۳/۴۱ درصدی کلروفیل a نسبت به شاهد شدند. مقدار کلروفیل b، کل و کارتنوئید در سطح ۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک به ترتیب افزایش ۴۴/۷۳، ۳۱/۰۳ و ۳۱/۴۸ درصدی نسبت به شاهد نشان دادند (جدول ۵).

1. Unico UV. 2100
2. Varimax
3. *Camellia sineasis* L.

جدول ۲. تجزیهٔ واریانس برخی از صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه دارویی آویشن باغی تحت تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئید	پرولین	طول شاخساره	طول ریشه
بلوک	۲	ns۰/۹۲	ns۷/۳۷	۳/۹۹ ns	۱۳/۵۹**	ns۴/۸۲	۵۱/۸۱**	۱۳/۷۵ns
تنش خشکی	۲	۲۹/۵۷**	۱۴/۲۰**	۸۶/۵۶**	۱۴/۶۳**	۵۰۴/۱۴**	۱۰۷/۸۴**	۶۶/۱۸**
بلوک× تنش خشکی	۴	۰/۴۱	۱/۲۴	۱/۸۷	۱/۴۵	۲/۹۸	۳/۸۱	۱/۸۴
اسید آسکوربیک	۲	۲۵/۸۵**	۲۳/۵۸**	۱۰۱/۷۰**	۸/۱۰**	۴۴۱/۲۰**	۱۴۳/۴۳**	۱۸/۷۷**
تنش خشکی× اسید آسکوربیک	۴	ns ۲/۸۳	۱/۰۶ns	۳/۲۱ns	۰/۳۰ns	۱۵/۳۳**	۹/۳۱ns	ns ۵/۹۱
خطا	۱۲	۲/۵۴	۰/۷۱	۲/۹۲	۰/۴۰	۲/۷۱	۵/۳۵	۲/۵۸
ضریب تغییرات(٪)		۱۲/۴۸	۱۵/۲۱	۹/۳۴	۱۲/۷۰	۶/۲۱	۷/۵۱	۹/۵۵

ns، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ غیرمعنادار و اختلاف معنادار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین آثار اصلی برخی از صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه دارویی آویشن باغی تحت تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی اسید آسکوربیک

سطوح تیمارها	کلروفیل a (mg/g.fw)	کلروفیل b (mg/g.fw)	کلروفیل کل (mg/g.fw)	کارتنوئید (mg/g.fw)	پرولین (µg/g.fw)	طول شاخساره (cm)	طول ریشه (cm)
تنش خشکی (درصد ظرفیت زراعی)							
۷۵ (تنش نرمال)	۱۴/۵۳a	۶/۸۳a	۲۱/۳۲a	۶/۳۴a	۱۸/۱۶c	۳۳/۸۵a	۱۴/۵۵b
۵۵ (تنش ملایم)	۱۲/۹۲b	۵/۴۸ab	۱۸/۴۱b	۴/۸۶ab	۲۸/۸۸b	۳۱/۴۶a	۱۶/۱۰b
۳۵ (تنش شدید)	۱۰/۹۱c	۴/۳۲b	۱۵/۱۲c	۳/۸۱b	۳۲/۵۸a	۲۷/۰۳b	۱۹/۸۳a
اسید آسکوربیک (میلی مولار)							
صفر	۱۱/۰۹c	۳/۹۹b	۱۴/۹۳c	۳/۹۴b	۳۳/۰۳a	۲۷/۲۴c	۱۵/۵۹b
۱۰	۱۲/۷۹b	۵/۴۳b	۱۸/۲۹b	۵/۳۲ab	۲۷/۴۶b	۳۰b	۱۶/۴۸b
۲۰	۱۴/۴۸a	۷/۲۲a	۲۱/۶۵a	۵/۷۵a	۱۹/۱۲c	۳۵/۱۱a	۱۸/۴۱a

در هر ستون و برای هر جزء، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنادار در سطح احتمال پنج درصد آزمون دانکن است.

اسید آسکوربیک به سه طریق در واکنش‌های بیوشیمیایی در گیاهان ایفای نقش می کند. نخست اینکه، این اسید به‌عنوان آنتی‌اکسیدان به‌طور مستقیم در از بین بردن پراکسیدهیدروژن تولید شده به وسیلهٔ احیای نوری اکسیژن در فتوسیستم Iعمل می‌کند. دوم اینکه، مونودهیدروآسکوربات تولید شده به‌وسیلهٔ آسکوربات پراکسیداز به‌طور مستقیم پذیرندهٔ الکترون در فتوسیستم I است. سوم اینکه، اسید آسکوربیک کوفاکتوری برای چرخهٔ آنزیمVDE (ویولا گزانتین دپوکسیداز) کاتالیزکننده ویولاگزانتین به زاگزانتین (در چرخه گزانتوفیل) است که برای فعالیت خود نیاز به آسکوربات دارد. این چرخه گیاهان را در برابر آسیب های ناشی از اکسیداسیون نوری حفاظت می‌کند [۴۹].

اسید آسکوربیک در گندم[1] نقش مؤثری در افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی، کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید ها دارد [۲۸]. با کاربرد اسید آسکوربیک مقادیر کلروفیل a، b، کاروتنوئیدها و کلروفیل کل در گیاه مرزنجوش[2] افزایش یافته است. این نشان می دهد که اسید آسکوربیک به‌عنوان آنتی‌اکسیدان قوی توانسته است از فعالیت رادیکال های آزاد اکسیژن ناشی از تنش و به‌دنبال آن تخریب غشای کلروپلاستی جلوگیری کرده و محتوای کلروفیل گیاه را حفظ کند [۱۰]. بر اساس گزارش های موجود، نوعی سیستم آنتی‌اکسیدانی که سبب تولید مجدد اسید آسکوربیک می شود در حفاظت گیاهان در مقابل تنش‌های اکسیداتیو ناشی از فلزات سنگین نقش دارد [۳۵]. به نظر می رسد که تنش خشکی موجب کاهش میزان کلروفیل در آویشن باغی می‌شود و اسید آسکوربیک به‌دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی ضمن جلوگیری از تخریب کلروفیل، موجب افزایش آن می‌شود [۱۷].

۲.۳. طول ریشه و شاخساره

طول ریشه و شاخساره تحت تأثیر معنادار (p<۰/۰۱) تنش خشکی و محلول پاشی اسید آسکوربیک قرار گرفت (جدول ۳). تأخیر در آبیاری تا زمان تخلیه ۷۵ درصد رطوبت قابل استفاده خاک موجب کاهش ۱۴/۲۰ درصدی در طول شاخساره و افزایش ۲۶/۶۳ درصدی در طول ریشه شد (جدول ۴). تنش خشکی سبب افزایش طول ریشه شد. در شرایط بدون تنش ریشه ها قطورتر هستند. در صورتی که در شرایط تنش خشکی ریشه ها نازک و دارای وزن کمی هستند که این مسئله موجب کاهش عملکرد ریشه نسبت به شرایط بدون تنش می‌شود. این نتایج با یافته‌های محققان بر روی گیاه بادرشبو[3] و نعناع فلفلی مطابقت داشت [۱۶و۲۰]. سازگاری و تحمل تنش خشکی دو مقوله جدا از هم هستند. از نظر فیزیولوژیک تحمل ممکن است با توانایی گیاه به رشد همراه با ریسک در شرایط تحت تنش و تکمیل دوره رشد همراه باشد. از طرف دیگر ممکن است بعضی گیاهان روش سازگاری را نشان دهند که به موجب آن رشد خود را تحت شرایط تنش محدود کنند. در حالی که کمبود رطوبت در منطقهٔ ریشه هنوز وجود دارد، رشد ریشه کمتر از قسمت های هوایی به کمبود آب حساس است. با توجه به این امر کمبود آب منجر به افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی می‌شود. بدین ترتیب ظرفیت گیاه برای جذب مواد غذایی و آب از خاک افزایش می‌یابد [۱۶].

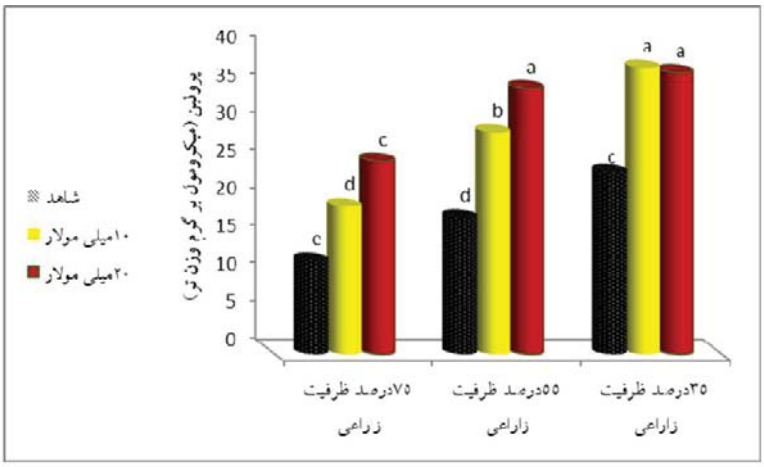
محلول‌پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰ میلی مولار موجب افزایش معنادار طول ریشه و شاخساره (به‌ترتیب ۱۵/۳۱ و ۲۲/۴۱ درصد) نسبت به شاهد شد (جدول ۳). اسید آسکوربیک در فعالیت سیکل تغذیه ای گیاهان عالی مؤثر است [۱۳]. براساس تحقیقات انجام شده کاربرد اسید آسکوربیک سبب افزایش قابل توجه رشد رویشی و ترکیبات شیمیایی در سیاه دانه[4] [۱۸] شده است.

1. *Triticum* spp.
2. *Origanum Majorana* L.
3. *Dracocephalum moldavica* L.
4. *Nigella sativa* L.

۳.۳. پرولین

پرولین به‌طور بسیار معنادار (p<۰/۰۱) تحت تأثیر تنش خشکی، محلول پاشی اسید آسکوربیک و برهم کنش آنها قرار گرفت (جدول ۲). تنش خشکی و محلول پاشی با اسید آسکوربیک موجب افزایش میزان پرولین شد. تأخیر در آبیاری تا زمان تخلیه ۷۵ درصد رطوبت قابل استفادهٔ خاک موجب افزایش ۴۴/۲۶ درصدی میزان پرولین شد (شکل ۱). بیشترین میزان پرولین با میانگین ۳۷/۸۴ میکرومول بر گرم وزن تر در تیمار برهم‌کنش تنش شدید خشکی (۳۵ درصد ظرفیت زراعی) و محلول پاشی اسید آسکوربیک (۱۰ میلی مولار) و کم ترین آن با ۶۷/۲۸ درصد کاهش در تیمار محلول پاشی با آب مقطر (شاهد) و در شرایط عدم تنش خشکی (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) به‌دست آمد (شکل ۱).

افزایش غلظت اسمولیت‌های سازگار مانند کربوهیدرات‌ها و پرولین تحت تأثیر تنش محیطی مانند خشکی به اثبات رسیده است [۵ و ۴۰]. به‌نظر می رسد که تجمع ترکیباتی همانند پرولین و کربوهیدرات در بافت سبز گیاه تحت تنش خشکی می‌تواند تا حدی شرایط لازم برای ادامهٔ جذب آب از محیط ریشه را برای گیاه فراهم آورد، ولی اتکای گیاهان به این ترکیب های آلی برای تنظیم اسمزی هزینه‌بر بوده و گیاه این هزینه را از طریق کاهش عملکرد جبران می‌کند [۳۶]. مهار فتوسنتزی، مهار تولید ATP، پراکسیداسیون لیپیدها و آسیب مولکول های DNA از عوارض تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن محسوب می‌شوند که این وقایع می‌توانند به مرگ سلول‌ها نیز منتهی شوند. در سطح کل گیاه نیز توقف رشد طولی ریشه و ساقه و کاهش ماده‌سازی از علائم معمول تنش اکسیداتیو است [۴۶]. با وجود گزارش‌های متعدد مبنی بر نقش اسید آسکوربیک در حفاظت گیاهان در مقابل تنش و کاهش مقدار پرولین [۸ و ۵۶] در این آزمایش برخلاف انتظار نتوانست نقش زیادی در کاهش مقدار پرولین داشته باشد. همان طور که در شکل (۱) مشخص است، تیمار ۱۰ میلی مولار محلول پاشی نسبت به شاهد موجب افزایش پرولین و استفاده از ۲۰ میلی‌مولار آن نسبت به ۱۰ میلی مولار موجب کاهش میزان پرولین شده است، چرا که نقش اسید آسکوربیک به‌عنوان مولکول انتقال دهندهٔ پیام تنش در گیاهان حساس و مقاوم به تنش و حتی بین ارقام یک گونه می‌تواند متفاوت باشد.



شکل ۱. اثر برهمکنش تنش خشکی و محلول پاشی اسید آسکوربیک بر محتوای پرولین گیاه دارویی آویشن باغی

جدول ۴. تجزیهٔ واریانس برخی از صفات مورفولوژیک گیاه دارویی آویشن باغی تحت تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی اسید آسکوربیک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن تر شاخساره	وزن خشک ریشه	وزن خشک شاخساره	وزن تر ریشه
بلوک	۲	۱۸/۶۸ *	۰/۶۹**	۳۶/۳۴**	۸۱/۵۶**
تنش خشکی	۲	۲۶۷۱/۳۵**	**۲۹/۱۱	۴۹۲/۹۱**	۶۸۸/۷۸**
بلوک×تنش خشکی	۴	۴/۳۹	۰/۰۷	۰/۸۶	۲/۰۶
اسید آسکوربیک	۲	۱۶۹/۳۳**	**۱/۱۴	۸۶/۷۹**	۴۳/۰۳**
اسید آسکوربیک×تنش خشکی	۴	۱۱/۴۹ns	ns ۰/۰۷	۴/۸۳ns	۱/۳۸ns
خطا	۱۲	۳/۶۴	۰/۰۳	۱/۵۷	۱/۰۹
ضریب تغییرات (٪)		۴/۰۳	۳/۶۷	۴/۸۳	۴/۸۱

ns، * و ** به‌ترتیب نشان دهندهٔ غیرمعنادار و اختلاف معنادار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

جدول ۵. مقایسه میانگین آثار اصلی برخی صفات مورفولوژیک گیاه دارویی آویشن باغی تحت تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک

سطوح تیمارها	وزن تر شاخساره (gr)	وزن خشک ریشه (gr)	وزن خشک شاخساره (gr)	وزن تر ریشه (gr)
تنش خشکی (ظرفیت زراعی)				
۷۵	۶۶/۲۸a	۷/۰۶a	۳۳/۹۶a	۳۰/۹۸a
۵۵	۴۳/۲۹b	۴/۸۹b	۲۴/۶۰b	۲۰/۵۳b
۳۵	۳۲/۵۶c	۳/۴۹c	۱۹/۳۵c	۱۳/۶۰c
اسید آسکوربیک (میلی مولار)				
صفر	۴۳/۴۴c	۴/۷۶b	۲۳/۱۰c	۱۹/۳۹b
۱۰	۴۶/۶۶b	۵/۲۱a	۲۵/۵۴b	۲۱/۹۹a
۲۰	۵۲/۰۳a	۵/۴۷a	۲۹/۲۷a	۲۳/۷۳a

در هر ستون و برای هر جزء، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنادار در سطح احتمال پنج درصد آزمون دانکن است.

۴.۳. وزن تر ریشه و اندام هوایی

تنش خشکی اثر معنادار (p<۰/۰۱) بر وزن تر اندام هوایی و ریشه داشت (جدول ۴). آبیاری در ۳۵ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید) موجب کاهش ۵۰/۸۷ و ۵۶/۱۰ درصدی وزن تر اندام هوایی و ریشه به‌ترتیب با میانگین های ۳۲/۵۶ و ۱۳/۶۰ گرم در بوته نسبت به شاهد (آبیاری در ۷۵ درصد ظرفیت زراعی) گردید (جدول ۵). تنش خشکی موجب کاهش مقدار آب، آماس، پتانسیل کل

آب، پژمردگی، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش در بزرگ شدن سلول‌ها و رشد رویشی می‌شود. کمیت و کیفیت رشد رویشی گیاه بستگی به تقسیم سلولی، بزرگ شدن سلول‌ها و تمایز دارد و تمامی این حوادث متأثر از تنش خشکی هستند [۳۹]. ازنخستین نشانه‌های کمبود آب، کاهش فشار آماس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول به‌ویژه در ساقه و برگ هاست [۲۱]. کاهش تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول ها موجب کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز و اجزای رشد رویشی می شود. با کاهش رشد و نمو سلول، اندازهٔ اندام محدود می‌شود. به عبارت دیگر کاهش مواد فتوسنتزی تولیدی به علت کاهش سطح برگ و کاهش انتقال مواد آسیمیلاتی به سمت اندام‌های زایشی در اثر تنش کمبود آب سبب کاهش عملکرد سرشاخه های گلدار می شود [۲۱]. به همین دلیل نخستین اثر محسوس کم آبی بر گیاهان را می‌توان از روی اندازهٔ کوچکتر برگ‌ها و ارتفاع کمتر گیاهان تشخیص داد. کاهش تولید ماده خشک در اثر قطع آبیاری و بروز تنش خشکی توسط محققان درگیاه نعناع فلفلی و مریم گلی لوله ای نیز گزارش شده است [۱۱و۱۶]. در شرایط تنش کمبود آب، کاهش مادهٔ خشک اندام هوایی می تواند به دلیل کاهش فشار آماس سلول و یا ناشی از کاهش سطح برگ گیاه باشد [۱۱]. اثر محلول پاشی بر وزن تر ریشه و اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد معنادار شد (جدول ۴). با افزایش اسید آسکوربیک به میزان ۲۰ میلی‌مولار وزن تر اندام هوایی و ریشه نسبت به شاهد به‌ترتیب ۱۸/۰۸ و ۱۸/۲۸ درصد افزایش یافت (جدول ۵). در تحقیقی مشخص شد که با افزایش تنش، از میزان وزن تر اندام های هوایی و ریشه کاسته شد ولی کاربرد اسید آسکوربیک به عنوان عاملی محرک موجب شد که وزن تر ریشه و اندام هوایی افزایش یابد [۱۹].

۵.۳. وزن خشک ریشه و اندام هوایی

تأثیر تنش خشکی بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه معنادار (p<۰/۰۱) بود (جدول ۴). تنش شدید (آبیاری در ۳۵ درصد ظرفیت زراعی) نسبت به شاهد موجب کاهش ۴۳/۰۲ و ۵۰/۵۶ درصدی وزن خشک اندام هوایی و ریشه به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۹/۴۵ و ۳/۴۹ گرم در بوته شد (جدول ۵). در آزمایشی روی مریم گلی لوله ای گزارش شد که تنش خشکی به کاهش معنادار وزن تر و خشک ساقه می‌انجامد [۱۱] که تأییدکنندهٔ نتایج به‌دست آمده در تحقیق حاضر بود. وزن خشک ریشه و اندام هوایی نیز در اثر محلول پاشی اسید آسکوربیک در سطح احتمال یک درصد معنادار شد (جدول ۲). محلول پاشی باعث افزایش وزن خشک ساقه و ریشه شد. بیشترین وزن خشک ریشه و ساقه به‌ترتیب با ۱۲/۹۷ و ۲۶/۷۰ درصد افزایش نسبت به شاهد در سطح سوم اسید آسکوربیک (۲۰ میلی مولار) حاصل شد (جدول ۳). اسید آسکوربیک خارجی ترکیبی است که بر میتوز و رشد سلول ها در گیاهان تأثیر دارد. آسکوربات در تنظیم چرخهٔ سلولی و در عبور از مرحله G1 به مرحله S چرخه سلولی مؤثر است [۵۱]. آسکوربیک اسید خارجی به عنوان عاملی مهم در تنظیم بیوسنتز و علامت‌دهی هورمون‌های گیاهی در سطح بافت، می تواند تأثیر حیاتی در تنظیم فرآیندهای رشد داشته باشد [۵۴]. همچنین، در دیواره سلولی می تواند بر اتصال عرضی پروتئین و پلی ساکارید دیواره سلولی، تأثیر گذاشته و منجر به شل شدن دیواره سلولی شود [۴۳]. علاوه بر این، آسکوربات کوفاکتوری برای پرولیل هیدروکسیلاز است که با انتقال باقی مانده‌های هیدروکسی پرولین به دیوارهٔ سلولی در تقسیم سلولی و توسعهٔ دیوارهٔ بسیار مؤثر است [۴۳]. گزارش شده است که آسکوربیک اسید تقسیم سلولی را تقویت کرده، سطح برگ و وزن تر و خشک

برگ را افزایش می‌دهد و با خاصیت آنتی‌اکسیدانی، آسیب ناشی از رادیکال های اکسیژن که در شرایط تنش تولید می‌شوند را کاهش می‌دهد [۴۵]. در این زمینه می توان به گزارش‌هایی روی کلزا [۸]، سیاهدانه[1] [۱۸]، نخود[2] [۵۵] و گل مریم[3] [۱۸] اشاره کرد. همچنین اسید آسکوربیک موجب افزایش معنادار وزن تر و خشک ساقهٔ گیاه ریحان[4] شده است [۲۴].

۶.۳. تجزیهٔ ضرایب همبستگی و عامل‌ها

برای برنامه‌ریزی بهتر در برنامه‌های اصلاحی، لزوم توجه به همبستگی صفات مورد تأکید قرار گرفته است [۳۲]. استفاده از همبستگی صفات در به‌نژادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا در مواردی که صفتی در گیاهی وراثت‌پذیری پایینی دارد، می‌توان از صفاتی با وراثت‌پذیری بالاتر و همبسته با آن، به‌عنوان معیار غیرمستقیم در گزینش استفاده کرد. همبستگی صفات مختلف با عملکرد به تصمیم گیری دربارهٔ اهمیت نسبی این صفات و ارزش آنها به‌عنوان معیارهای انتخاب کمک می کند [۲۷]. ضرایب همبستگی ساده فنوتیپی برای ۱۱ صفت اندازه گیری شده در دو شرایط بدون تنش (آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت زراعی) و تنش شدید (۳۵ درصد ظرفیت زراعی) و محلول‌پاشی اسید اسکوربیک با غلظت ۲۰ میلی مولار در جدول (۶) نشان داده شده است. در شرایط آبیاری همبستگی عملکرد (وزن خشک شاخساره) با صفت کلروفیل a و b و وزن تر ریشه در سطح احتمال پنج درصد و با صفات طول ریشه، وزن تر و طول شاخساره در سطح احتمال یک درصد معنادار شد. به نظر می رسد که جذب بهتر رطوبت و نور توان فتوسنتزی گیاه را افزایش و در نتیجه رشد رویشی بهبود یافته است. افزایش مشاهده شده در وزن تر و خشک شاخساره و بیوماس را می‌توان به بهبود فتوسنتز در اثر کاربرد اسید آسکوربیک نسبت داد. این ماده ازطریق افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و افزایش کلروفیل، میزان فتوسنتز کل را افزایش می‌دهد. افزایش سیستم فتوسنتزی، در نهایت باعث افزایش رشد و نمو گیاه می شود و افزایش رشد و نمو، افزایش وزن خشک و همچنین افزایش میزان اسانس گیاه را در پی خواهد داشت [۳]. نتایج حاصل با نتایج برخی پژوهش گران [۲۳ و ۵۶] مطابقت داشت. افزایش عملکرد شاخساره از طریق وزن خشک شاخساره (r=۰/۹۱**) و طول شاخساره (r=۰/۸۹**) حاصل شد. طول ریشه با وزن تر و خشک ریشه و شاخساره همبستگی مثبت نشان داد. این نتایج با آنچه دربارهٔ گیاه جو[5] اعلام شده است مطابقت داشت [۴]. گزارشی [۱] بر روی گیاه چندمنظورهٔ کافوری[6] تأییدکننده نتایج ما در این پژوهش بود. در هر دو شرایط صفت طول شاخساره با وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک شاخساره بیشترین مقدار همبستگی مثبت را داشت که با نتایج گزارش شده دربارهٔ کاهوی ایرانی[7] [۲۲]، جعفری[8] [۱۴] و نخود [۲۳] مطابقت داشت. وزن تر شاخساره با وزن خشک شاخساره و وزن تر ریشه با وزن تر و خشک شاخساره همبستگی بسیار معنادار داشت. با افزایش سیستم ریشه‌ای جذب عناصر غذایی و رطوبت بیشتر صورت می گیرد و در نتیجه موجب افزایش رشد نمو و در نهایت باعث افزایش وزن تر و خشک شاخساره می‌شود.

1. *Nigella sativa* L.
2. *Cicer arietinum* L.
3. *Polianthes tuberose* L.
4. *Ocimum basilicum* L.
5. *Hordeum vulgare* L.
6. *Camphorosma monspliaca* L.
7. *Lactuca sativa* L.
8. *Petroselinum Crispum* Mill.

جدول ۶. همبستگی ساده بین صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک آویشن باغی در شرایط عدم تنش آبیاری (پایین جدول) و تنش خشکی (بالای جدول).

صفات	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)	(۹)	(۱۰)	(۱۱)
(۱) کلروفیل a	۱	۰/۳۴^{ns}	۰/۸۰**	۰/۲۲^{ns}	۰/۳۲^{ns}	۰/۲۶^{ns}	۰/۲۵^{ns}	۰/۲۸^{ns}	۰/۲۵^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۰/۱۵^{ns}
(۲) کلروفیل b	۰/۵۶^{ns}	۱	۰/۸۳**	۰/۷۸*	۰/۷۷*	۰/۴۹^{ns}	۰/۸۱**	۰/۹۲**	۰/۵۸^{ns}	۰/۸۷**	۰/۶۲^{ns}
(۳) کلروفیل کل	۰/۹۳**	۰/۸۲**	۱	۰/۶۱^{ns}	۰/۶۷*	۰/۴۲^{ns}	۰/۶۴^{ns}	۰/۷۵*	۰/۵۴^{ns}	۰/۶۲^{ns}	۰/۴۷^{ns}
(۴) کارتنوئید	۰/۲۹^{ns}	۰/۷۳*	۰/۵۱^{ns}	۱	۰/۴۶^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۰/۷۳*	۰/۷۳*	۰/۴۲^{ns}	۰/۵۰^{ns}	۰/۳۱^{ns}
(۵) طول شاخساره	۰/۵۲^{ns}	۰/۵۲^{ns}	۰/۵۸^{ns}	۰/۵۴^{ns}	۱	۰/۶۳^{ns}	۰/۸۴**	۰/۸۶**	۰/۷۰*	۰/۸۲**	۰/۸۱**
(۶) طول ریشه	۰/۶۳^{ns}	۰/۹۰**	۰/۸۲**	۰/۷۹*	۰/۶۰^{ns}	۱	۰/۴۰^{ns}	۰/۳۵^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۰/۴۹^{ns}	۰/۴۹^{ns}
(۷) وزن تر ریشه	۰/۳۸^{ns}	۰/۸۲**	۰/۶۱^{ns}	۰/۹۲**	۰/۶۷*	۰/۸۸**	۱	۰/۹۰**	۰/۵۳^{ns}	۰/۷۸*	۰/۸۵**
(۸) وزن خشک ریشه	۰/۶۰^{ns}	۰/۸۸**	۰/۷۹*	۰/۸۸**	۰/۷۲*	۰/۹۴**	۰/۹۶**	۱	۰/۷۲*	۰/۹۰**	۰/۷۷*
(۹) پرولین	۰/۸۱**	۰/۷۵*	۰/۸۹**	۰/۵۹^{ns}	۰/۸۲**	۰/۸۲**	۰/۷۴*	۰/۸۶**	۱	۰/۵۷^{ns}	۰/۴۰^{ns}
(۱۰) وزن تر شاخساره	۰/۶۹*	۰/۶۲^{ns}	۰/۷۴*	۰/۵۶^{ns}	۰/۸۰**	۰/۷۲**	۰/۷۳*	۰/۸۲**	۰/۹۵**	۱	۰/۸۲**
(۱۱) وزن خشک شاخساره	۰/۶۹*	۰/۷۵*	۰/۸۱**	۰/۶۲^{ns}	۰/۸۹**	۰/۸۴**	۰/۷۹*	۰/۸۷**	۰/۹۵**	۰/۹۱**	۱

نتایج تجزیه به عامل های اصلی برای صفات در شرایط آبیاری ۴ عامل با مقدار ویژه بزرگ‌تر از یک استخراج کرد که به‌ترتیب ۸۲، ۰/۰۸، ۰/۰۵ و ۰/۰۲ و در مجموع ۹۸ درصد از تغییرات کل را توجیه کردند. در عامل نخست صفات کلروفیلb، کارتنوئید، طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه، در عامل دوم صفات کلروفیل a، کلروفیل کل و اسید آمینه پرولین، در عامل سوم صفات طول شاخساره، اسید آمینه پرولین، وزن تر و خشک شاخساره و در عامل چهارم صفت وزن تر شاخساره دارای بار عامل بزرگ‌تر از ۰/۵ بودند (جدول ۷). در شرایط تنش خشکی نیز ۴ عامل با مقدار ویژه بزرگ تر از یک استخراج شدند که نخستین عامل ۶۴ درصد، عامل دوم ۱۶ درصد، عامل سوم ۰/۰۹ درصد و عامل چهارم ۰/۰۴ درصد و در مجموع ۹۵ درصد از تغییرات کل را توجیه کردند (جدول ۹). در عامل نخست طول شاخساره، وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک شاخساره، در عامل دوم صفات کلروفیلb، کلروفیل کل، کارتنوئید، وزن تر و خشک ریشه، وزن تر شاخساره، در عامل سوم صفات کلروفیل aو کلروفیل کل و در عامل چهارم صفات طول شاخساره و اسید آمینه پرولین دارای بیشترین بار عامل بودند (جدول ۸). در هر دو شرایط، عامل نخست مهم‌تر از عوامل دوم، سوم و چهارم و صفات موجود در این عامل سهم عمده‌ای را در تنوع کل داده ها داشتند. در شرایط عدم تنش خشکی صفات کلروفیلb، کارتنوئید، طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه و در شرایط تنش خشکی صفات طول شاخساره، وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک شاخساره سهم عمده‌ای را در تنوع کل داده‌ها داشتند. لذا می‌توان آنها را به‌عنوان شاخص‌های مهمی در اصلاح برای عملکرد شاخسارهٔ آویشن معرفی کرد.

جدول ۷. تجزیه به عامل‌های صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در شرایط عدم تنش خشکی

صفات	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم	مؤلفه چهارم
کلروفیل a	۰/۱۲	۰/۹۴	۰/۲۷	۰/۰۹
کلروفیل b	۰/۷۲	۰/۴۸	۰/۱۷	۰/۰۱
کلروفیل کل	۰/۳۹	۰/۸۵	۰/۲۶	۰/۰۸
کارتنویید	۰/۹۲	۰/۱۲	۰/۲۴	۰/۰۵
طول شاخساره	۰/۳۲	۰/۲۵	۰/۹۱	۰/۰۲
طول ریشه	۰/۷۴	۰/۴۷	۰/۲۶	۰/۱۲
وزن‌تر ریشه	۰/۸۸	۰/۱۵	۰/۳۷	۰/۱۹
وزن خشک ریشه	۰/۷۹	۰/۴۰	۰/۳۹	۰/۱۷
پرولین	۰/۳۹	۰/۶۲	۰/۵۷	۰/۳۱
وزن تر شاخساره	۰/۳۷	۰/۴۵	۰/۶۰	۰/۵۳
وزن خشک شاخساره	۰/۴۴	۰/۴۵	۰/۶۹	۰/۲۰
مقادیر ویژه	۱۱۶/۸۹	۱۱/۸۰	۸/۳۴	۳/۴۶
درصد واریانس نسبی	۰/۸۲	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۲
درصد واریانس تجمعی	۰/۸۲	۰/۹۰	۰/۹۶	۰/۹۸

جدول ۸. تجزیه به فاکتورهای صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در شرایط تنش خشکی

صفات	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم	مؤلفه چهارم
کلروفیل a	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۹۸	۰/۰۷
کلروفیل b	۰/۳۴	۰/۷۶	۰/۲۲	۰/۳۱
کلروفیل کل	۰/۲۲	۰/۵۲	۰/۷۲	۰/۲۷
کارتنویید	۰/۲۰	۰/۹۱	۰/۱۴	۰/۱۲
طول شاخساره	۰/۶۴	۰/۲۶	۰/۱۹	۰/۵۰
طول ریشه	۰/۲۸	۰/۰۲	۰/۱۶	−۰/۰۲
وزن‌تر ریشه	۰/۷۷	۰/۵۶	۰/۱۴	۰/۲۰
وزن خشک ریشه	۰/۵۷	۰/۶۲	۰/۱۶	۰/۴۴
پرولین	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۱۶	۰/۹۲
وزن تر شاخساره	۰/۵۶	۰/۵۰	−۰/۰۰۶	۰/۳۵
وزن خشک شاخساره	۰/۹۲	۰/۱۷	۰/۰۷	۰/۱۴
مقادیر ویژه	۵۶/۶۲	۱۴/۱۳	۸/۴۷	۳/۹۳
واریانس نسبی	۰/۶۴	۰/۱۶	۰/۰۹	۰/۰۴
واریانس تجمعی	۰/۶۴	۰/۸۱	۰/۹۰	۰/۹۵

۴. نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این پژوهش، تنش خشکی و محلول پاشی اسید اسکوربیک بر ویژگی‌های کمی و کیفی آویشن بسیار مؤثر بود و آنها را به شدت تحت تأثیر قرار داده است. اعمال تنش در مراحل مختلف آثار منفی متفاوتی بر فرایندهای فیزیولوژیک گیاه داشته است. از سوی دیگر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک به خصوص سطح ۲۰ میلی‌مولار آثار مثبتی در افزایش صفات ارزیابی شده و کاهش آثار سوء تنش داشته است. اسپری برگی اسید آسکوربیک بر گیاه آویشن باغی در شرایط تنش خشکی سبب افزایش تحمل این گیاه به شرایط تنش شده است و همچنان که نتایج تحقیق نشان داد اسید آسکوربیک به عنوان آنتی‌اکسیدان صدمات ناشی از تنش اکسیداتیو حاصله از شرایط خشکی را کاهش داده و گیاه توانسته است پارامترهای رشدی و فیزیولوژیک خود را بهبود بخشد. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده می توان کاربرد اسید آسکوربیک را به صورت محلول پاشی برای افزایش رشد گیاه و عملکرد شاخسارهٔ آویشن پیشنهاد کرد.

تقدیر تشکر

بخشی از این تحقیق نیز درپژوهشکدهٔ زیست فناوری دانشگاه زابل انجام گرفته و مجریان این تحقیق مراتب سپاسگزاری خود را از مسئولان مرکز، ابراز می‌دارند.

منابع

۱. اردکانی م.، عباس‌زاده ب.، عصاره م.ح.، پاک نژاد ف.، کاشانی ع. و لایق حقیقتی م. (۱۳۹۱) بررسی صفات مورفولوژیک درصد اسانس و برخی از عناصر معدنی موجود در گیاه چندمنظورهٔ کافوری (*Camphorosma monspliaca* L.) فصلنامهٔ علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۸ (۲): ۲۶۷-۲۷۹.

۲. ایزدی ز.، اثنی‌عشری م. و احمدوند گ. (۱۳۸۸) تأثیر تنش خشکی بر عملکرد، میزان پرولین، قندهای محلول، کلروفیل، محتوای نسبی آب و میزان اسانس در نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) مجلهٔ علوم و فنون باغبانی ایران .۱۰ (۳):۲۲۳- ۲۳۴.

۳. بیات ح.، مردانی ح.، آرویی ح. و سلاح‌ورزی ی. (۱۳۹۰) تأثیر سالیسیلیک اسید بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دانهال‌های خیار (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) تحت شرایط تنش خشکی. مجلهٔ پژوهش‌های تولید گیاهی. ۱۸(۳): ۶۳-۷۶.

۴. حیدری ر.، صبوری ع.، صبوری ح. و فلاحی ح. (۱۳۹۲) شناسایی متحمل‌ترین ژنوتیپ‌های جو (*Hordeum vulgare* L.) نسبت به تنش غرقابی با استفاده از خصوصیات ریشه و شاخص‌های تحمل به تنش. مجلهٔ پژوهش های تولید گیاهی. ۲۰ (۲): ۹۵-۱۲۰.

۵. حیدری م. و کرمی و. (۱۳۹۲) بررسی اثرات تنش خشکی و گونه‌های میکوریزا بر عملکرد، اجزای عملکرد، کلروفیل و ترکیب بیوشیمیایی آفتابگردان. مجلهٔ تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۶(۱): ۱۷-۲۶.

۶. حیدری م. و مینایی ا. (۱۳۹۳) تأثیر تنش خشکی و اسیدهیومیک بر عملکرد گل و غلظت عناصر غذایی پر مصرف در گیاه دارویی گاوزبان. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی. ۲۱ (۱): ۱۶۷-۱۸۲.

۷. خزایی م.، حبیبی ح.، زند ا.، کردناییج ع.، امینی دهقی م. و هادی‌زاده ح. (۱۳۹۱) تعیین دورهٔ بحرانی کنترل علف‌های هرز آویشن باغی. مجلهٔ دانش علف های هرز. ۸: ۱۵-۳۷.

۸. دولت‌آبادیان ا.، مدرس‌ثانوی س.ع.م. و شریفی م. (۱۳۸۸) اثر تغذیهٔ برگ با آسکوربیک اسید بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، تجمع پرولین و لیپید پراکسیداسیون کلزا در شرایط تنش شوری. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۳ (۴۷): ۶۱۱-۶۲۰.

۹. راهداری پ و صادق‌حسینی م. م. (۱۳۹۳) بررسی مقدار رنگدانه‌های کلروفیلی، کاروتنوئیدی،کافئین، تئافلاوین، تئاروبیجین و تانن چای و تأثیر آن‌ها در کیفیت چای خشک در ۱۳ کلون (ژنوتیپ) مورد آزمایش. نشریهٔ پژوهش‌های اکوفیزیولوژی گیاهی ایران.۳۳ (۱): ۴۶-۵۶.

۱۰. سلاح‌ورزی ی.، گلدانی م.، نباتی، ج. و علیرضایی، م. (۱۳۹۰). تأثیرکاربرد برونزای آسکوربیک اسید بر برخی از تغییرات فیزیوشیمیایی مرزنجوش تحت تنش شوری. مجلهٔ علوم باغبانی ایران. ۴۲(۲): ۱۵۹-۱۶۷.

۱۱. سودایی زاده ح. و منصوری ف. (۱۳۹۳) اثر تنش خشکی بر مادهٔ خشک، غلظت عناصر غذایی و قندهای محلول گیاه دارویی مریم گلی لوله‌ای (*Salvia macrosiphon* Boiss). فصلنامهٔ خشک بوم، ۴(۱): ۱-۹.

۱۲. صفوی ف. (۱۳۹۱) تأثیر پلیمر سوپر جاذب، پتاسیم و کود دامی بر مقاومت کدوی پوست کاغذی به تنش خشکی. رسالهٔ ارشد، دانشگاه زابل. زابل. صص. ۱۱۹-۱۳۵.

۱۳. طباطبایی ج. (۱۳۸۸) اصول تغذیه معدنی گیاهان. جلد اول، انتشارات دانشگاه تبریز، تبریز، ۵۶۲ صفحه.

۱۴. عالم‌زاده ن.، صفاییان ن.، موسوی م. و بیرانوند ز. (۱۳۹۳) ارزیابی تنوع ژنتیکی برخی توده‌های بومی جعفری ایران با استفاده از صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی. مجلهٔ به‌نژادی گیاهان زراعی و باغی. ۲(۲): ۱۳۹-۱۵۲.

۱۵. عیسی‌زاده‌پنجعلی‌خرابسی، ج. (۱۳۹۱) اثر محلول‌پاشی متانول بر برخی ویژگی های کمی و کیفی سویا تحت تنش خشکی. پایان نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه زابل. زابل. **صص. ۹۹-۱۲۶.**

۱۶. فروزنده م.، سیروس‌مهر ع.، قنبری ا.، اصغری‌پور م.ر. و خمری ع. (۱۳۹۰). تأثیر تنش خشکی و کمپوست زباله بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی نعناع فلفلی. نشریهٔ پژوهش‌های زراعی ایران. ۴: ۶۷۰-۶۷۷.

۱۷. قادری ع.ا.، فاخری ب. و مهدی‌نژاد، ن. (۱۳۹۴) تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و جاسمونیک اسید بر ارتفاع و محتوای کلروفیل گیاه دارویی آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.). اولین همایش علمی پژوهشی زیست شناسی و علوم باغبانی ایران، انجمن توسعه و ترویج علوم و فنون بنیادین، تهران. ۲۱ و ۲۲ مرداد ماه: ۱-۷.

۱۸. قربانلی م.، ادیب‌هاشمی ن. و پیوندی م. (۱۳۸۹) بررسی اثر شوری و اسید آسکوربیک بر برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک در گیاه سیاه دانه. فصلنامهٔ علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۳: ۳۸۸-۳۷۰.

۱۹. قربانلی م.، فرامرزی سپهر م. و نوروزی ف. (۱۳۸۹) مطالعهٔ اثر خشکی و اسیدآسکوربیک بر دو رقم کلزا و پاسخ گیاه سویا به عصارهٔ گیاهان تیمار دیده. فصلنامهٔ علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۲(۳): ۷۳-۹۶.

۲۰. قلی‌زاده آ.، اصفهانی م. و عزیزی م. (۱۳۸۵) مطالعهٔ اثر تنش آب به همراه کاربرد زئولیت طبیعی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.). مجلهٔ پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی. ۷۳: ۹۶-۱۰۲.

۲۱. محمدپور وشوایی ر.، گلوی م. و فاخری ب.ع. (۱۳۹۴) اثرات تنش خشکی و تلقیح کودهای زیستی بر رشد، عملکرد و ترکیبات اسانس آویشن (*Thymus vulgaris* L.). بوم‌شناسی کشاورزی. ۷ (۲): ۲۳۷-۲۵۳.

۲۲. موسوی س. ح.، حسندخت م.ر.، چوکان ر.، سپهوند ن.ع. و خسروشاهلی م. (۱۳۹۲) تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های کاهوی ایرانی براساس صفات مورفولوژیک. به‌نژادی نهال و بذر. ۱(۲۹): ۱۰۳-۱۲۱.

۲۳. نصری ر.، حیدری‌مقدم ع.، سیادت ع.، پاک‌نژاد ف. و صادقی‌شعاع م. (۱۳۹۱) مطالعهٔ همبستگی صفات و تجزیه علیت آبیاری تکمیلی بر روی عملکرد و اجزاء عملکرد نخود دیم در ایلام. مجلهٔ زارعت و اصلاح نباتات. ۸ (۲): ۱۶۱-۱۷۲.

۲۴. یدالهی ده‌چشمه پ.، اصغری‌پور م.ر. و شیخ‌پور س. (۱۳۹۲) اثر اسیدآسکوربیک بر رشد و رنگیزه‌های فتوسنتزی ریحان تحت تنش آرسنیک. نشریهٔ علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۴(۳۲): ۵۵۳-۵۶۶.

۲۵. یدالهی ده‌چشمه پ.، باقری ع.ا.، امیری، ا. و اسمعیل‌زاده (۱۳۹۳). اثر تنش خشکی و محلول پاشی کیتوزان بر عملکرد و رنگیزه‌های فتوسنتزی آفتابگردان. فصلنامهٔ علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۶(۲۱): ۷۳-۸۳.

26. Agarwal S. and Pandey, V. (2004) Antioxidant enzyme resposes to NaCl stress in *Cassia angustifolia*. Journal of Plant Biology. 48: 555-560.

27. Agrama H.A.S. and Moussa, M.E. (1996) Mapping QTLs in breeding for drought tolerance in maize (*Zea mays L.*). Euphytica 91, 89–97.

28. Amin A.A., Rashad E.M. and Gharib A.E. (2008) Changes in morphological, physiological and reproductive characters of wheat plants as affected by foliar application with Salicylic acid and Ascorbic acid. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 2(2): 252-261.

29. Arnon A. N. (1987) Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal, 23:112-121.

30. Barth C., Tuillo M.D. and Conklin P.L. (2006) The role of ascorbic acid in the control of flowering time and the onset of senescence. Journal of Experimental Botany. 57: 1657-1665.

31. Bates L.S., Waldern R.P. and Teave, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and soil. 39: 107-205.

32. Bhatt G.M. (1973) Significance of path coefficient analysis in determining the nature of character association. Euphytica. 22: 338–343.

33. Coronic G., Hashghaie J.G., Genty B. and Briantais J.M. (1992) Leaf photosynthesis is resistant to a mild drought stress. Photosynthetica. 27: 295-300.

34. Debolt S., Melino V. and Ford C.M. (2007) Ascorbate as a biosynthetic precursor in plants. Annals of Botany. 99: 3-8.

35. Fecht Christoffers M.M., Maier P. and Horst W.J. (2003) Apoplastic peroxidase and ascorbate are involved in manganese toxicity and tolerance of *Vigna unguiculata*. Physiologia Plantarum. 117: 237-244.

36. Good A.G. and Zaplachiniski S.T. (1994) The effects of drought stress on free amino acid accumulation and protein synthesis in *Brassica napus*. PhysiologiaPlantarum. 90: 9-14.

37. Haupt-Herting S. and Fock H.P. (2000) Exchange of oxygen and its role in energy dissipation during drought stress in tomato plants. Journal of Plant Physiology. 110: 489-495.

38. Horemans N., Foyer C.H., Potters G. and Asard H. (2000) Ascorbate function and associated transport system in plants. Plant Physiology and Biochemistry. 38: 531-540.

39. Kusaka M., Lalusin A.G. and Fujimura T. (2005) The maintenance of growth and turgor in pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) cultivars with different root structures and osmo-regulation under drought stress. Plant Science. 168: 1-14.

40. 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.

41. Ma Q.D., Turner W., Levy D. and Cowling, W.A. (2001) Solute accumulation and osmotic adjustment in leaves of Brassica oil seeds in response to soil water deficit. Australian Journal of Agricultural Research. 55: 39-945.

42. Naghdi badi H. and Makkizadeh M. (2003) Review of common thyme. Journal of Medicinal Plants Research. 2 (7):1-12.

43. Nogues S. and Baker N.R. (2000) Effect of drought on photosynthesis in Medetrarnean plants grown under enhanced UV-Bradiation. Journal of Experimental Botany. 51: 1309-1317.

44. Padh H. (1990) Cellular functions of ascorbic-acid biochemistry and cell biology. Biochemistry and cell Biology. 68:1166–1173.

45. Rosales M.A., Ruiz J.M., Hernandez J., Soriano T., Castilla N. and Romero L. (2006) Antioxidant content and ascorbate metabolism in cherry tomato exocarp in relation to temperature and solar radiation. Journal of the Science of Food and Agriculture. 86:1545–1551.

46. Ruley A. T., Sharma N. C. and Sahi S.V. (2004) Antioxidant defense in a lead accumulation plant *(Sesbania drummondii* L.). Plant Physiology and Biochemical. 42: 899-906.

47. Shalata A. and Neumann P.M. (2001) Exogenous ascorbic acid increase resistance to salt stress and reduces lipid peroxidation. Journal of Experimental Botany. 52: 2207-2211.

48. Shamsi K. (2010) The effects of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrates and chlorophyll of bread wheat cultivars. Journal of Animal and Plant Sciences. 8:1051- 1060.

49. Shigeoka S., Ishikawa T., Tami M. and Miyagawa Y. (2002) Regulation and function of ascorbate peroxidase isoenzymes. Journal of Experimental Botany. 53: 1305-1319.

50. Smirnoff N. and Wheeler G.L. (2000) Ascorbic acid in plants: Biosynthesis and function. Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology. 19(4): 291-314.

51. Smirnoff N. (1996) The function and metabolism of ascorbic acid. plants Annals of Botany. 78: 661-669.

52. Soha E., Nahed G. and Bedour H. (2010) Effect of water stress, Ascorbic acid and spraying time on some morphological and biochemical composition of *Ocimum basilicumplant*. American Journal of Science. 6(12): 33-44.

53. Soussi M., Lluch C. and Ocana A. (1999) Comparative study of nitrogen fixation and carbon metabolism in two chickpea cultivars under salt stress. Journal of Experimental Botany. 50: 1701-1708.

54. Taqi A.K., Mohd M. and Firoz M. (2011) Ascorbic acid an enigamatic molecule to developmental and environmental stress in plants. International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology. 2: 468-483.

55. Toker C. and Cagirgan M.I. (2004) The use of phenotypic correlations and factor analysis in determining characters for grain yield selection in chickpea (*Cicer arietinum L.*). Hereditas. 140: 226- 228.

56. Vwioko E.D., Osawaru M. E. and Erugun O. L. (2008). Evaluation of okra (*Abelmoschusesculentus* L. Moech). Exposed to paint waste contaminated soil for growth, ascorbic acid and metal concentration. African Journal of Agricultural Research. 4(1): 39-48.

Crops Improvement
(Journal of Agricultural Crops Production)
Vol. 19 ■ No. 4 ■ Winter 2017

Evaluation of the morphological and physiological traits of thyme (*Thymus vulgaris* L.) under water deficit stress and foliar application of ascorbic acid

Ali Asghar Ghaderi[1*], *Baratali Fakheri*[2], *Nafiseh Mahdi Nezhad*[3]

1. M.Sc. Student, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
2. Associate Professor, Plant Breeding and Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
3. Assistant Professor, Plant Breeding and Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zabol, Iran

Received: August 17, 2016 **Accepted: November 12, 2016**

Abstract

In order to investigate the effects of foliar application of ascorbic acid on the growth indexes and physiological traits of thyme under drought stress, an experiment was conducted in the split plots based on randomized complete block design with three replications at the Research Farm, Faculty of Agriculture University of Zabol, Iran. The main factor was drought stress and applied based on the irrigation at 75, 55 and 35% FC and the subplot was foliar application with three levels including distilled water (control), 10 mM and 20 mM ascorbic acid. Main effects of drought stress and foliar application of ascorbic acid were significant ($P \leq 0.01$) for all studied traits. The interaction of water stress and foliar application of ascorbic acid was significant only for proline. Applying severe stress compared with control was decreased the total chlorophyll, carotenoid, root and shoot dry weight (29.0, 39.9, 50.5 and 43.0%, respectively), while the leaf proline and the root length were increased (44.2 and 26.6%, respectively). The foliar application of ascorbic acid (20 mM) significantly increased the amounts of photosynthetic pigments, shoot length, root and shoot weight. Simple correlation coefficients of the traits showed a significant and positive relationship between shoot dry weight and other traits, in drought stress and 20 mM foliar application of ascorbic acid conditions. Factor analysis was identified four factors for normal and four factors for severe stress conditions that at overall were explained 98 and 95% of total variation, respectively. In general, it was concluded that photosynthetic pigments and root-related traits would be the important yield related criteria (shoot dry weight), that can be beneficial in the development of thyme with higher performance under stress conditions.

Keywords: antioxidant, drought stress, osmolyte, photosynthetic pigment, shoot yield.

Corresponding Author: Drghaderi2013@gmail.com