

تأثیر دور آبیاری و اسیدهیومیک بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی آویشن (*Thymus vulgaris* L.)

حسین گرگینی شبانکاره^{۱*}، ساراخراسانی نژاد^۱، مرتضی صادقی^۲، علیرضا طبعی^۳

گیاهان دارویی، گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

آمعاونت تولیدات گیاهی، سازمان جهاد کشاورزی گلستان، گرگان، ایران

آموسسه غیرانتفاعی بهاران^۳

تاریخ دریافت: ۹۷/۵/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۱۰

چکیده

به منظور بررسی اثر دور آبیاری و کاربرد اسیدهیومیک بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی آویشن (*Thymus vulgaris* L.) آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه غیرانتفاعی بهاران گرگان در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش در چهار سطح دور آبیاری (شامل سه، شش و نه روز یکبار و هر روز آبیاری به‌عنوان شاهد) و سه سطح محلول‌دهی اسیدهیومیک (شامل ۳۰۰، ۱۵۰ و صفر میلی‌گرم در لیتر)، لحاظ گردید. نتایج نشان داد افزایش میزان دور آبیاری سبب افزایش معنی‌دار در ترکیبات فنلی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، پرولین و قندهای محلول گردید. اثر فاصله آبیاری در بیشترین سطح (نه‌روز یکبار)، منجر به افزایش به‌ترتیب ۱۰/۰۷، ۰/۰۱۶، ۱۴/۵۳، ۱/۸۷ و ۳/۷۲ درصدی پرولین، ترکیبات فنلی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و قندهای محلول گردید. همچنین بالاترین میزان اسانس با ۱۵ درصد اختلاف نسبت به شاهد از سطح سوم دور آبیاری (شش روز یکبار) مشاهده شد. از طرفی افزایش فاصله دور آبیاری سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، وزن تازه و خشک گیاه گردید. کاربرد اسیدهیومیک نیز بر تمامی صفات مورد بررسی اثر معنی‌داری داشت. همچنین اثر متقابل دور آبیاری و کاربرد اسیدهیومیک روی تمام صفات به‌جز ترکیبات فنلی اثر معنی‌دار داشت به‌طوری‌که فعالیت آنتی‌اکسیدانی و درصد تیمول در شرایط محلول‌پاشی با ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک و آبیاری نه‌روز یکبار به بیشترین حد رسیدند. در همین راستا حداکثر درصد اسانس در سطح سوم آبیاری (شش‌روز یکبار) با کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک به‌دست آمد و پرولین گیاه نیز در شرایط آبیاری نه‌روز یکبار و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک بیشترین مقدار را نشان داد. به‌طورکلی نتایج این آزمایش، کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک را در فاصله آبیاری نه‌روز یکبار به‌عنوان بهترین تیمار از لحاظ صرفه‌اقتصادی معرفی می‌کند، زیرا با مصرف کمتر آب همراه با کاربرد اسیدهیومیک، می‌توان در این گیاه به همان میزان عملکرد که در سطوح بالاتر مصرف آب دارند، دست یافت.

واژه‌های کلیدی: اسانس، پرولین، ترکیبات فنلی، تیمول، فعالیت آنتی‌اکسیدانی.

مقدمه

آلی خاک، پیت، لیگنین و غیره به وجود می‌آید که می‌تواند جهت افزایش محصول و کیفیت آن به کارگرفته شود (Abedi and Pakniyat, 2010). از مزایای مهم اسیدهیومیک می‌توان به کلات‌کنندگی عناصر غذایی مختلف مانند سدیم، پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن، مس و سایر عناصر می‌باشد (Abedi and Pakniyat, 2010). اسیدهیومیک با اصلاح فیزیکی و بهبود دانه‌بندی خاک فضای بیشتری برای نفوذ آب ایجاد می‌کند (Mirhajian, 2011) و با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو، سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌شود (Delfine et al., 2005). بررسی اثر اسیدسالیسیلیک و اسیدهیومیک به خصوص اسیدهیومیک، بر گیاه دارویی سیاهدانه تحت سطوح مختلف تنش شوری و خشکی نشان داد که غلظت پروتئین‌های محلول با افزایش تنش شوری و خشکی کاهش یافته و تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و پرولین افزایش یافت (Ahmadpoor Dehkordi and Tadayan, 2015). همچنین بررسی اثر تنش خشکی و اسیدهیومیک بر گیاه دارویی چای ترش نشان داد که با افزایش تنش خشکی تحت تیمار اسیدهیومیک، از محتوای کارتوتنئید و محتوای رطوبت نسبی کاسته شده و غلظت پرولین افزایش یافت که نشان می‌دهد کاربرد اسیدهیومیک شدت اثرات منفی تنش خشکی بر گیاه کاهش داده است (Sanjarimijani et al., 2015).

آویشن (*Thymus vulgaris* L.) گیاهی خشبی و چندساله معطر و متعلق به خانواده نعنائیان می‌باشد که در مناطق مختلف جهان رشد می‌کند (Davis, 1982). اسانس در تمامی قسمت‌های گیاه وجود دارد، ولی بیشتر در سرشاخه‌های گلدار دیده می‌شود که مهم‌ترین ترکیب و عامل ارزش‌گذاری اسانس آن ترکیب تیمول می‌باشد. به‌عنوان یک گیاه دارویی

گیاهان طی دوران رشد خود با تنش‌های متعدد محیطی مواجه می‌شوند، که هریک از آن‌ها می‌توانند با توجه به میزان حساسیت و مرحله رشدی گیاه اثرات متفاوتی بر رشد و عملکرد داشته باشند. کمبود آب از مهم‌ترین عوامل محیطی کاهش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی، باغی و دارویی به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیاست (Gorgini et al., 2015). تنش طولانی‌مدت رطوبتی بر تمام فرآیندهای متابولیکی گیاه اثر می‌گذارد و اغلب موجب کاهش تولید گیاه می‌شود (Abedi and Pakniyat, 2010). به طوری که در آزمایشی گلدانی، با اعمال تنش خشکی بر شاخص‌های رشدی، عملکرد و اسانس گیاه دارویی آویشن (*Thymus vulgaris* L.)، میزان رشد و عملکرد اسانس کاهش یافت (Mohammadpour Vashvaeiet al., 2015). همچنین نتیجه مطالعه اثر تنش خشکی بر گیاهچه‌های کلزا (*Brassica nupus*) نشان داد که خشکی سبب افزایش میزان پرولین، گلوکز، مانوز و رامنوز در بافت‌های ارقام کلزا شده (Mirzaee et al., 2013) و در سه رقم نخود سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌گردد (Nasr Esfahani, 2013).

اخیراً استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج فراوان یافته است. مقادیر بسیار کم از اسیدهای آلی به دلیل وجود ترکیبات هورمونی، اثرات قابل‌ملاحظه‌ای در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارند (Sabzevari et al., 2009). بنابراین استفاده از انواع کودهای طبیعی از جمله اسیدهیومیک، بدون اثر مخرب زیست‌محیطی، جهت بالابردن عملکرد می‌تواند مثرتر واقع شود. اسیدهیومیک ترکیب پلیمری طبیعی آلی است که در نتیجه پوسیدگی مواد

ارزشمند، آنتی اکسیدان می باشد (Dapkevicius et al., 2002).

با توجه به این که خشکی و کم آبی در ایران همواره از مهمترین مسائل و مشکلات کشاورزی است و با عنایت به اهمیت استفاده از نظام های کشاورزی پایدار و معرفی روش های مدیریتی، پژوهش حاضر، به منظور ارزیابی کاربرد اسیدهیومیک در جهت نیل به اهداف کشاورزی پایدار و تعیین نیاز آبی گیاه دارویی آویشن در شرایط رژیم های آبیاری در مزرعه برای افزایش کارایی مصرف آب، اجرا گردید.

مواد و روش ها

طرح آزمایشی: به منظور بررسی اثر فواصل آبیاری و اسیدهیومیک بر برخی ویژگی های مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی آویشن، آزمایشی درسال ۹۶-۱۳۹۵ در محوطه تحقیقاتی مؤسسه غیرانتفاعی بهاران گرگان اجراء شد. در این تحقیق اثرات دو عامل رژیم آبیاری و اسیدهیومیک به صورت کرت های خردشده بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. فواصل آبیاری در چهار سطح آبیاری هر روز آبیاری، سه، شش و نه روز یکبار به عنوان کرت اصلی و محلول پاشی اسیدهیومیک در سه غلظت ۳۰۰، ۱۵۰ و صفر میلی گرم در لیتر به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند. برای سهولت در جاگذاری تیمارها در جداول، حروف اختصاری به صورت فاصله آبیاری (D₁: شاهد یا هر روز آبیاری، D₂: سه روز یکبار، D₃: شش روز یکبار و

D₄: نه روز یکبار)، تیمار اسیدهیومیک (H₁: صفر (شاهد)، H₂: ۱۵۰ میلی گرم در لیتر و H₃: ۳۰۰ میلی گرم در لیتر) معرفی گردید.

بدین منظور بذر گیاه موردنظر از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه و در سینی نشاء و در شرایط گلخانه در آذرماه ۱۳۹۵ اقدام به تولید نشاء گردید. عملیات شخم، تسطیح و آماده سازی زمین در نیمه دوم فروردین ماه ۱۳۹۶ انجام پذیرفت. در مجموع ۴۸ کرت برای کشت استفاده شد. در داخل هر کدام از کرت های آزمایش تعداد ۹ نشاء تولید شده، به روش جوی و پشته در سه ردیف ۱/۶ متری با فاصله ۴۰ سانتی متری بر روی ردیف و ۴۰ سانتی متری بین ردیف کشت شدند (Lebaschi et al., 2018). بعد از کاشت بلافاصله آبیاری صورت گرفت. آبیاری تا دو هفته بعد از استقرار بوته ها، به صورت هر روزه صورت پذیرفت و سپس آبیاری تا پایان دوره رشد بر حسب تیمارهای آبیاری (سه، شش و نه روز یکبار) به میزان ۳۰۰ میلی لیتر برای هر بوته انجام شد. از پودر اسیدهیومیک ۹۵٪ با نام تجاری هیومکس ساخت کشور امریکا (حاوی ۸۰٪ اسیدهیومیک و ۲۰٪ اسیدفلوئیک) جهت اعمال تیمار اسیدهیومیک استفاده گردید که به صورت محلول پاشی برگی به همراه آب آبیاری بود. بعد از سبزشدن، بوته ها در طی چند مرحله تنک شدند و در نهایت داخل هر کرت شش بوته نگهداری شد. جهت شناسایی خصوصیات کمی و کیفی خاک محل آزمایش، نمونه خاکی به آزمایشگاه منتقل و تجزیه شیمیایی و فیزیکی انجام گرفته و نتایج حاصل از تجزیه خاک در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

آزمایشگاه	شماره نمونه	مشخصات نمونه	pH	انرژی خاک	درصد ماده آلی	درصد ماده معدنی	درصد نیتروژن	درصد فسفر	درصد پتاسیم	درصد کلسیم	درصد منگنز	درصد روی	درصد بور	درصد سدیم	درصد کل
۹۴۷	گرگان	۰-۳۰	۷/۳۴	۴/۰۷۶	۱۴۱/۸۶	۵/۵۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۹	۲۴/۸	۲۵۶	۱۲	۴۲	۴۲	Silty -Clay

S.P: دانه بندی خاک

T.N.V: درصد کل مواد خشتی شونده

حدود ۸ هفته پس از شروع تیمارهای رژیم آبی (زمانی که ۵۰ درصد بوته‌ها در مرحله گلدهی کامل بودند)، اقدام به اندازه‌گیری ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی (ارتفاع بوته، وزن تازه و خشک گیاه، رطوبت نسبی آب برگ، پرولین و قند محلول) و بیوشیمیایی (فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات فنلی، تیمول و درصد اسانس) گردید به طوری که از هر تیمار، سه تکرار انتخاب شده، بعد از حذف ریشه و خشک نمودن اندام‌های هوایی در دمای اتاق (حدود ۲۶ درجه سانتی‌گراد) و سایه، اندازه‌گیری وزن خشک گیاه، عصاره متانولی تهیه و صفاتی نظیر فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، پرولین، قند محلول برای هر کرت اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری ترکیبات فنلی: میزان ترکیبات فنلی برگ به روش فولین سیوکالتو اندازه‌گیری شد. ابتدا ۲۰ میکرولیتر از عصاره برداشته و با ۱/۱۶ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۰۰ میکرو فولین سیوکالتو به آن اضافه شد، بعد از ۸-۵ دقیقه استراحت، ۳۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم یک مولار به محلول افزوده و به مدت ۳۰ دقیقه در حمام بخار ۴۰ درجه سانتی‌گراد در تاریکی قرار گرفت. در شاهد متانول خالص جایگزین عصاره متانولی گردید. سپس نمونه‌ها در طول موج ۷۶۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UNICO 2800) قرائت گردید. برای رسم منحنی کالیبراسیون از غلظت‌های متفاوت اسیدگالیک (۲۵۰، ۲۰۰، ۱۵۰، ۱۰۰، ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) در متانول ۸۰٪ استفاده گردید. این مقدار برای یک میلی‌گرم در لیتر محاسبه شد و فنل کل بر حسب میلی‌گرم اسیدگالیک در ۱۰۰ گرم برگ خشک بدست آمد (McDonald and Ho, 2002).

سنجش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی با روش DPPH: برای اندازه‌گیری میزان مهار رادیکال‌های آزاد DPPH (دی فنیل پیکریل هیدرازیل)، ابتدا یک میلی‌لیتر از

عصاره متانولی (متانول ۸۰ درصد) با یک میلی‌لیتر DPPH با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار مخلوط گردید. برای نمونه شاهد یک میلی‌لیتر متانول خالص به جای یک میلی‌لیتر عصاره متانولی قرار داده شد و برای بلانک از متانول خالص استفاده شد. بعد از ۳۰ دقیقه تاریکی، نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل؟ قرائت شدند. اعداد بدست آمده از جذب نمونه توسط رابطه ۱ به درصد مهار رادیکال آزاد تبدیل شد (Miliauskas et al., 2004).

رابطه (۱)

(درصد جذب شاهد) = درصد DPPH

۱۰۰ × درصد جذب نمونه درصد جذب شاهد

اعداد بدست آمده برابر با درصد مهار رادیکال‌های آزاد در عصاره متانولی (۱ ppm) نمونه‌ها می‌باشد (Brahmilariski et al., 2012).

اندازه‌گیری قندهای محلول: استخراج قندهای محلول با استفاده از روش اوموکولو انجام شد. طبق این روش ۴۰ میلی‌گرم از بافت تر برگ گیاه با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد مخلوط و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم (بن‌ماری) با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. عصاره الکلی به دست آمده به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۰۰۰۰g^۱ سانتریفیوژ گردید و محلول شفاف به دست آمده که حاوی قندهای محلول بود به یک بشر منتقل شد و عمل فوق ۴ مرتبه دیگر روی بقایای بافت به جا مانده تکرار گردید. در نهایت عصاره الکلی با حرارت غیرمستقیم تغلیظ شد به طوری که حجم آن به یک پنجم حجم اولیه رسید. برای حذف کلروفیل، عصاره به دست آمده به نسبت ۱ به ۵ با کلروفرم مخلوط گردید و بعد از هم‌زدن، محلول به مدت ۵ دقیقه به حال سکون رها شد. این عمل سبب جدا شدن کلروفیل از فاز آبی گردید. فاز آبی رویی به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ g

سانتریفیوژ شد. فاز شفاف بالایی جدا شده و از آن برای اندازه‌گیری انواع قندهای محلول توسط دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده گردید (Omokolo et al., 2002).

اندازه‌گیری پرولین: برای اندازه‌گیری پرولین ۰/۵ گرم برگ تر گیاه را با هاون خرد شده و درون یک تیوب ریخته شد، سپس ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالسیلیک‌اسید ۳ درصد آماده شده به آن اضافه و نمونه درون یخ قرار داده شد. تیوب در ۱۵۰۰۰ دور به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد تا مواد اضافی از محلول جدا گردد. می‌توان به‌جای سانتریفیوژ از قیف شیشه‌ای و کاغذ صافی برای صاف کردن نمونه‌ها استفاده کرد. مقدار ۲ میلی‌لیتر از عصاره صاف شده درون تیوب جدید ریخته شد و ۲ میلی‌لیتر اسید ناین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسیداستیک گلاسیال به آن افزوده و سپس خوب مخلوط شد. همزمان مقدار ۲ میلی‌لیتر از محلول‌های استاندارد صفر، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر پرولین درون تیوب‌های جدید ریخته شد و ۲ میلی‌لیتر اسیدناین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسیداستیک گلاسیال به آن‌ها افزوده و سپس خوب مخلوط شد. نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت در حمام آب گرم و سپس درون حمام یخ قرار داده شد. مقدار ۴ میلی‌لیتر تولوئن به محلول اضافه و به مدت ۲۰ ثانیه با دستگاه ورتکس به هم زده شد. استانداردهای پرولین محلول در فاز تولوئن را به اندازه‌ی لازم در کووت دستگاه اسپکتروفتومتر ریخته و مقدار پرولین در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت و منحنی استاندارد رسم شد. سپس میزان جذب در نمونه‌های گیاهی قرائت و با قراردادن آن در معادله خطی مقدار پرولین به دست آمد (Bates et al., 1973).

تعیین محتوی نسبی آب برگ: برای تعیین درصد محتوی نسبی آب برگ، از قسمت انتهایی ساقه سه

برگ توسعه یافته از تمام واحدهای آزمایشی جدا کرده، قطعاتی یک سانتی‌متری برگ تهیه و وزن تر آن‌ها به کمک ترازو دیجیتالی اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن شباع آن‌ها را به پتری‌دیش‌های درب دار حاوی آب مقطر منتقل کرده و به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از خارج کردن قطعات از آب مقطر جهت حذف رطوبت اضافی سطح قطعات برگ آن‌ها را در بین دو لایه کاغذ صافی خشک نموده و سپس وزن آماس آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس وزن خشک با قرار دادن همان نمونه گیاهی در آن ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت تعیین گردید و در نهایت رطوبت نسبی آب برگ (RWC^1) با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد (Yamasaki and Dillenburg, 1999).

$$\text{رابطه (۲): } RWC(\%) = \left[\frac{\text{وزن خشک-وزن تر}}{\text{وزن خشک-وزن آماس}} \times 100 \right]$$

استخراج اسانس و اندازه‌گیری میزان تیمول: برای استخراج و اندازه‌گیری اسانس، سرشاخه‌های گلدار بوته‌ها در مرحله گلدهی کامل برداشت شده و در دمای اتاق (حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و در سایه خشک شد. سپس از هر نمونه خشک شده ۱۰۰ گرم آسیاب شده و به‌روش تقطیر با آب (۱۰۰ سی‌سی) آب و کمک دستگاه کلونجر اسانس‌گیری شدند (Yamasaki and Dillenburg, 1999). برای تعیین مقدار تیمول موجود در اسانس از دستگاه گاز کروماتوگراف دانشگاه شهید بهشتی، مجهز به ستون DB-5 به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه نازک ۰/۲۵ میکرومتر استفاده شد. دمای آن از ۶۰ درجه سانتی‌گراد تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۵ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه افزایش یافت و به مدت ۵ دقیقه در ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد نگه داشته‌شد. از گاز حامل هلیوم با

سرعت جریان ۱/۱ میلی‌متر بر دقیقه استفاده شد و از انرژی یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت استفاده شد. **آنالیز داده‌ها:** تجزیه و تحلیل داده‌ها (تجزیه واریانس و مقایسه میانگین به روش LSD) با استفاده از نسخه ۹/۲ نرم‌افزار SAS (SAS Institute, 2013, Cary, NC) صورت گرفت. و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) تیمارهای اعمال شده بر تمامی صفات مورد اندازه‌گیری اثر معنی‌دار داشته‌اند به طوری که دور آبیاری در سطح معنی‌داری یک درصد بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده موثر بوده است. همچنین اثر اسیدهیومیک بر تمامی خصوصیات گیاه به جز فنل کل و تیمول که در سطح پنج درصد معنی‌دار بوده‌اند در سطح یک درصد معنی‌دار شده است و اثر متقابل دور آبیاری و اسیدهیومیک به جز درصد اسانس، فنل کل و مقدار تیمول بر باقی صفات اثر معنی‌دار داشته‌اند که معنی‌داری بر صفات وزن خشک، پرولین و درصد آب نسبی برگ در سطح پنج درصد معنی‌دار بوده و بر باقی صفات در سطح یک درصد اثر معنی‌دار داشته است.

ارتفاع، وزن تازه و خشک گیاه: ارتفاع، وزن تازه و خشک به طور معنی‌داری ($p < 0.01$) تحت تأثیر فواصل مختلف آبیاری قرار گرفتند (جدول ۲). که بیشترین مقدار برای این صفت از سطح اول آبیاری (هر روز آبیاری) بدست آمد (جدول ۳). همچنین کاربرد اسیدهیومیک نیز برای صفات مذکور در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). به طوری که بیشترین مقدار ارتفاع بوته، وزن تازه و خشک گیاه به ترتیب ۲۵/۱۱، ۶۷/۴۸، ۳۴/۳۶ درصد مربوط به کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک بود (جدول ۴). در

تیمارهای ترکیبی با افزایش فواصل آبیاری میزان صفات مذکور کاهش یافت به طوری که کمترین میزان ارتفاع بوته (۱۵/۳۰ سانتی‌متر)، وزن تازه گیاه (۳۰/۴۵ درصد) و وزن خشک گیاه (۱۴/۳۴ درصد) از شرایط نه روز یکبار آبیاری و عدم کاربرد اسیدهیومیک حاصل شد (جدول ۵). به طور کلی کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک در شرایط آبیاری روزانه بیشترین مقدار صفات مورد بررسی را به دنبال داشت (جدول ۵).

ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی: صفات فنل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی به طور معنی‌داری ($p \leq 0.01$) تحت تأثیر تیمارهای فواصل آبیاری و اسیدهیومیک قرار گرفتند (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان فنل کل با میانگین ۰/۰۷۶ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک مربوط به تیمار فاصل آبیاری نه روز یکبار و کمترین آن با میانگین ۰/۰۵۰ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک مربوط به سطح اول تیمار فواصل آبیاری (هر روز آبیاری) است (جدول ۳). کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک موجب افزایش معنی‌دار این صفت نسبت به شاهد گردید. البته کاربرد اسیدهیومیک با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر نیز بهبود در این صفت را به عنوان صفت مثبت، نسبت به شاهد به دنبال داشت (جدول ۴). با افزایش فواصل آبیاری، آنتی‌اکسیدان به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۲). فواصل آبیاری نه، شش و سه روز یکبار با میانگین‌های ۸۱/۸۵، ۷۲/۰۸ و ۶۹/۶۲ درصد به ترتیب باعث افزایش ۱۴/۵۳، ۴/۷۶ و ۲/۳ درصدی در میزان آنتی‌اکسیدان نسبت به شاهد گردید (جدول ۳). در شرایط فواصل آبیاری در سطوح بالا، کاربرد اسیدهیومیک توانست میزان آنتی‌اکسیدان را افزایش دهد، به طوری که بیشترین مقدار آنتی‌اکسیدان (۸۴/۷۳ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) به ترتیب از کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم اسیدهیومیک در ترکیب تیماری با نه روز فاصله آبیاری حاصل شد (جدول ۵).

جدول ۲: تجزیه واریانس فواصل آبیاری و اسیدهیومیک بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی اندام هوایی گیاه دارویی آویشن

میانگین مربعات											
منبع تغییرات	درجه آزادی	پرویلین	درصد اسانس سرشاخه‌های گلدار	وزن خشک کل	وزن تازه کل	ارتفاع بوته	ترکیبات فنلی	فعالیت آنتی‌اکسیدانی	درصد رطوبت نسبی آب	قند محلول	تیمول
تکرار	۲	۰/۰۰۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۱۷ ^{ns}	۰/۴۰ ^{ns}	۸/۲۵ ^{ns}	۰/۰۶۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۹۱ ^{ns}	۲/۱۴ ^{ns}	۱/۱۷ ^{ns}	۰/۲۴
دور آبیاری	۳	۲/۱۴ ^{°°}	۰/۰۰۱۲ ^{°°}	۹۱/۹۶ ^{°°}	۳۷۴/۶۶ ^{°°}	۴۳/۳۸ ^{°°}	۰/۰۰۱ ^{°°}	۳۶۷/۷۰ ^{°°}	۱۱۳/۱۵ ^{°°}	۴۳۶/۶۲ ^{°°}	۴/۶۴ ^{°°}
تکرار × دور آبیاری	۶	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۲ ^{ns}	۰/۸۴ ^{ns}	۵/۷۳ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۲ ^{ns}	۱/۳۶ ^{ns}	۱/۷۴ ^{ns}	۱/۲۱ ^{ns}	۰/۲۷ ^{ns}
اسیدهیومیک	۲	۰/۸۵ ^{°°}	۰/۰۰۰۰۰۸۵ ^{°°}	۶۱۲/۶۴ ^{°°}	۱۵۷۸/۵۲ ^{°°}	۱۵۵/۸۶ ^{°°}	۰/۰۰۰۰۰۶ ^{°°}	۹۳/۶۲ ^{°°}	۱۸۰/۲۸ ^{°°}	۲۴۰/۰۶ ^{°°}	۰/۲۷ ^{°°}
دور آبیاری × اسیدهیومیک	۶	۰/۰۳ ^{°°}	۰/۰۰۰۰۰۱۲ ^{ns}	۱۱/۹۰ ^{°°}	۷۳/۴۰ ^{°°}	۱/۵۶ ^{°°}	۰/۰۰۰۰۰۱ ^{ns}	۱۱/۲۷ ^{°°}	۱۳/۰۸ ^{°°}	۱۴/۰۷ ^{°°}	۰/۵۴ ^{ns}
خطا	۱۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۶۴	۱/۲۳	۸/۶۸	۰/۲۰	۰/۰۰۰۰۰۰۵	۱/۳۳	۱/۶۲	۱/۲۶	۰/۱۷
ضریب تغییرات	۳/۱۰	۴/۱۸	۳/۸۸	۲/۹۴	۲/۰۳	۱/۵۸	۳/۸۵	۲/۴۸	۳/۴۹	۴/۵۵	۴/۵۵

ns و * و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار بودن می‌باشد.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثرات ساده دور آبیاری بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی آویشن

دور آبیاری	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	وزن تازه (گرم)	وزن خشک (گرم)	اسانس (درصد)	پرویلین (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک)	قند محلول (میلی‌گرم بر گرم)	درصد رطوبت نسبی آب (درصد)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی (درصد)	ترکیبات فنلی (میلی‌گرم در میلی‌لیتر)	تیمول (درصد)
هر روز	۲۵/۰۹a	۶۵/۳۲a	۳۲/۲۸a	۰/۱۸d	۱/۵۲d	۲۴/۳۱d	۵۴/۸۳a	۶۷/۳۲d	۰/۰۵۰c	۸/۶۶d
سه روز یکبار	۲۳/۰۶b	۶۱/۲۱b	۲۹/۹۵b	۰/۲۶c	۱/۶۱cd	۲۸/۹۸c	۵۳/۰۸ab	۶۹/۶۲c	۰/۰۵۲c	۸/۹۶c
شش روز یکبار	۲۱/۰۶c	۵۴/۸۳c	۲۷/۰۲bc	۰/۳۴a	۱/۸۱b	۳۵/۲۴b	۴۹/۹۶c	۷۲/۰۸b	۰/۰۶۲b	۹/۳۷b
نه روز یکبار	۲۰/۱۶d	۵۰/۸۶d	۲۵/۰۲c	۰/۳۲b	۲/۵۹a	۴۰/۱۸a	۴۶/۷۹d	۸۱/۸۵a	a/۰۰۷۶	۱۰/۳۹a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

محلول با میانگین ۴۰/۱۸ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک از تیمار آبیاری نه روز یکبار آبیاری و کمترین آن با میانگین ۲۴/۳۱ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک از سطح اول تیمار فاصله آبیاری (هر روز آبیاری) حاصل شد (جدول ۳). کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک با میانگین ۳۷/۰۲ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک موجب افزایش ۱۰/۸۱ درصدی این صفت نسبت به شاهد گردید (جدول ۴).

با توجه به جدول مقایسه میانگین، با افزایش فاصله آبیاری میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی افزایش یافت به گونه‌ای که حداکثر مقدار آن از سطح نه روز یکبار آبیاری بدست آمد (جدول ۳).

قند محلول و پرویلین: نتایج تجزیه واریانس در جدول ۲ نشان می‌دهد که تیمار رژیم آبیاری، اسیدهیومیک و اثر متقابل آنها تأثیر معنی‌داری بر میزان قند محلول داشت (جدول ۲). بیشترین میزان قند

جدول ۴: مقایسه میانگین اثرات ساده اسیدهیومیک بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی آویشن

اسید هیومیک	ارتفاع بوته (سانتی متر)	وزن تازه (گرم)	وزن خشک (گرم)	درصد اسانس (درصد)	۱۰۰ گرم وزن خشک پرولین (میلی گرم در ۱۰۰ گرم)	تزیینات فنی (میلی گرم در م)	فعالیت آنتی اکسیدانی (درصد)	آب (درصد)	درصد رطوبت نسبی	قند محلول (میلی گرم در گرم)	تیمول (درصد)
عدم مصرف	۱۸/۲۷c	۴۵/۲۸c	۲۰/۵۸c	۰/۲۶b	۱/۵۹c	۰/۰۵۸c	۶۹/۵۲b	۴۶/۷۷c	۲۸/۲۱c	۸/۹۶c	
۱۵۰ میلی گرم در لیتر	۲۳/۶۵b	۶۱/۴۰b	۳۰/۷۵b	۰/۲۸ab	۱/۹۵b	۰/۰۶۰b	۷۳/۹۶a	۵۲/۶۳b	۳۱/۳۰b	۹/۵۶a	
۳۰۰ میلی گرم در لیتر	۲۵/۱۱a	۶۷/۴۸a	۳۴/۳۶a	۰/۲۹a	۲/۱۱a	۰/۰۶۳a	۷۴/۶۷a	۵۴/۰۹a	۳۷/۰۲a	۹/۵۴b	

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

این صفت نسبت به شاهد گردید (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین مقدار پرولین (۲/۸۶ میلی‌گرم در گیاه خشک) از برهمکنش تیمار شش روز یکبار آبیاری و کاربرد ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک حاصل شد (جدول ۵).

همان‌گونه‌که در جدول ۳ نشان داده می‌شود فواصل آبیاری نه، شش و سه روز یکبار آبیاری با میانگین ۱/۶۱، ۱/۸۱ و ۲/۵۹ گرم در گیاه خشک باعث افزایش میزان پرولین نسبت به شاهد شدند. در شرایط سطح چهارم فاصله آبیاری کاربرد هر دو سطح ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک موجب افزایش

جدول ۵: مقایسه میانگین اثرات متقابل فواصل آبیاری و اسیدهیومیک بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آویشن

دور آبیاری x اسیدهیومیک	ارتفاع بوته (سانتی متر)	وزن تازه (گرم)	وزن خشک (گرم)	۱۰۰ گرم وزن خشک پرولین (میلی گرم در ۱۰۰ گرم)	فعالیت آنتی اکسیدانی (درصد)	درصد رطوبت نسبی آب (درصد)	قند محلول (میلی گرم در گرم)
عدم مصرف	۲۱/۱۱f	۵۵/۶۳ef	۲۶/۴۹e	۱/۲۲f	۶۱/۸۵h	۵۱/۶۳cd	۲۱/۲۵i
هر روز ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر	۲۵/۶۴b	۶۴/۸۰bc	۳۴/۱۳ab	۱/۵۹d	۶۹/۷۵f	۵۵/۳۹ab	۲۳/۵۰h
۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۲۸/۵۲a	۷۵/۵۴a	۳۶/۲۲a	۱/۷۵c	۷۰/۳۵ef	۵۷/۴۸a	۲۸/۱۸fg
عدم مصرف	۱۹/۳۳g	۵۲/۶۴f	۲۳/۱۰f	۱/۴۲e	۶۶/۶۷g	۵۰/۳۲d	۲۷/۲۱g
هر سه روز آبیاری	۲۴/۰۷c	۶۲/۱۰cd	۳۱/۷۵c	۱/۶۴d	۶۹/۸۹f	۵۳/۶۲bc	۲۸/۲۸gf
۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر	۲۵/۷۷b	۶۸/۸۸b	۳۴/۹۸ab	۱/۷۷c	۷۲/۳۱e	۵۵/۳۰ab	۳۱/۴۵e
۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۱۷/۳۲h	۴۲/۴۲g	۱۸/۴۰g	۱/۵۸d	۷۰/۴۰ef	۴۶/۲۸e	۳۰/۱۴ef
عدم مصرف	۲۲/۴۸e	۵۹/۴۷ed	۲۹/۵۵d	۱/۸۱c	۷۱/۴۸ef	۵۱/۲۵cd	۳۵/۱۴d
هر شش روز آبیاری	۲۳/۳۷cd	۶۲/۶۰cd	۳۳/۱۱bc	۲/۰۵b	۷۴/۳۶d	۵۲/۳۴cd	۴۰/۴۵b
عدم مصرف	۱۵/۳۰i	۳۰/۴۵h	۱۴/۳۴h	۲/۱۳b	۷۹/۱۵c	۳۸/۸۵f	۳۴/۲۳d
هر نه روز آبیاری	۲۲/۴۸e	۵۹/۲۴ed	۲۷/۵۵e	۲/۷۸a	۸۴/۷۳a	۵۰/۲۷d	۳۸/۳۱c
۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر	۲۲/۷۷de	۶۲/۹۰cd	۳۳/۱۴bc	۲/۸۶a	۸۱/۶۷b	۵۱/۲۵cd	۴۸/۰۱a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

۴۰/۱۸ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک به بیشترین سطح خود رسید (جدول ۴).

با افزایش فاصله آبیاری تا نه روز یکبار آبیاری میزان قندهای محلول افزایش یافت و با میانگین

محتوای نسبی آب برگ: محتوای نسبی آب تحت تأثیر رژیم آبیاری، اسیدهیومیک و اثر متقابل ($P < 0/01$) قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ با میانگین ۵۴/۸۳ درصد مربوط به تیمار شاهد (هر روز آبیاری) و کمترین آن با میانگین ۴۶/۷۹ درصد مربوط به نه روز یکبار بود که باتوجه به نوع گیاه منطقی به نظر می‌رسد (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در سطوح اول تا چهارم فواصل آبیاری به ترتیب مقادیر محتوای نسبی آب برگ برابر با ۵۴/۸۳، ۵۳/۰۸، ۴۹/۹۶ و ۴۷/۷۹ درصد شد که نشان‌دهنده کاهش میزان این صفت با افزایش فواصل آبیاری می‌باشد (جدول ۳). سطوح ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک موجب افزایش این صفت نسبت به شاهد گردید (جدول ۴). کاربرد اسیدهیومیک در هر دو سطح ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب موجب افزایش ۵/۸۶ و ۷/۳۲ درصدی این صفت نسبت به شاهد گردید (جدول ۴). کاربرد اسیدهیومیک در شرایط اعمال فواصل آبیاری اثر معنی‌داری بر محتوای نسبی آب داشت. به‌طوری‌که کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم از این ماده در شرایط تنش خشکی، حداکثر مقدار (۵۷/۴۸ درصد) این صفت را به دنبال داشت (جدول ۵). به‌طورکلی با افزایش فواصل آبیاری (افزایش رژیم آبیاری)، محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت.

درصد اسانس درصد اسانس تحت تأثیر فواصل آبیاری و اسیدهیومیک ($P < 0/01$) قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین درصد اسانس با میانگین ۰/۳۴ درصد مربوط به سطح سوم فاصله آبیاری (شش روز یکبار آبیاری) و کمترین آن با میانگین ۰/۱۸ درصد مربوط به سطح اول فاصله آبیاری (هر روز آبیاری) بود (جدول ۳). کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش معنی‌دار این صفت

نسبت به شاهد گردید. البته قابل‌ذکر است که کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر نیز سبب بهبود این صفت نسبت به عدم کاربرد اسیدهیومیک گردید (جدول ۴).

مقدار تیمول - درصد تیمول تحت تأثیر فواصل آبیاری ($P < 0/01$) و اسیدهیومیک ($P < 0/05$) قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین مقدار تیمول با ۱۰/۳۹ درصد مربوط به سطح چهارم فاصله آبیاری (نه روز یکبار آبیاری) و کمترین آن با میانگین ۸/۶۶ درصد مربوط به سطح اول فاصله آبیاری (هر روز آبیاری) بود (جدول ۳). کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش معنی‌دار این صفت نسبت به شاهد گردید. البته قابل‌ذکر است که کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیز دارای کمترین اثر می‌باشد (جدول ۵).

بحث

همان‌طور که از نتایج مشخص می‌باشد با افزایش فاصله آبیاری، از میزان ارتفاع بوته، وزن تازه و خشک گیاه و محتوای آب نسبی کاسته شد که کاربرد اسیدهیومیک توانست اثرات منفی کم‌آبی را جبران نموده و سبب افزایش بیومس گیاه گردید. از طرف دیگر محتوای پرولین، ترکیبات فنلی، درصد اسانس و فعالیت آنتی‌اکسیدانی افزایش یافت که منجر به افزایش کیفیت گیاه حاصله گردید در همین راستا علت کاهش ارتفاع بوته در شرایط تنش کم‌آبی، می‌تواند کاهش فشار تورژسانس و متعاقب آن کاهش تقسیم و بزرگ شدن سلولی نسبت به شرایط مطلوب آبیاری باشد. به‌عبارتی افزایش فواصل آبیاری و تنش ناشی از کمبود آب موجب کاهش پتانسیل آب بافت‌های مرستمی در طول دوره رشد که موجب نقصان پتانسیل فشاری به حدی کمتر از میزان لازم برای بزرگ شدن سلول‌ها می‌گردد و سبب کاهش

ارتفاع گیاه خواهد شد (Nakheinejad and Mosavi, 2017).

در ارتباط با افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی تحت تنش کم آبی، یکی از تغییرات بیوشیمیایی که در گیاهان تحت شرایط تنش خشکی اتفاق می افتد، تجمع گونه های فعال اکسیژن (ROS^1) است. در گزارش های متعددی بیان شده است که تنش خشکی میزان تولید ROS را افزایش می دهد. سلول های گیاهی قادرند از طریق القا سیستم دفاع آنتی اکسیدانی بر شرایط تنش اکسیداتیو ایجاد شده تحت تنش غلبه کنند. بنابراین، توانایی برای به دام انداختن گونه های فعال اکسیژن یک راهکار سازشی در گیاهان است که گونه های گیاهی از آن برای مقابله با تنش اکسیداتیو استفاده می کنند (Foyer and Noctor, 2003). مقاومت گیاه به تنش های مختلف محیطی ممکن است با سطح فعالیت آنزیم های مسئول به دام انداختن رادیکال های آزاد اکسیژن مرتبط باشد. پاسخ آنتی اکسیدان ها به کمبود آب، به شدت تنش و نوع گونه گیاهی بستگی دارد. گونه های گیاهی مقاوم معمولاً ظرفیت حفاظتی کارآمدتری در مقابل تنش اکسیداتیو القاشده توسط تنش کم آبی دارند که می تواند از طریق بالا بردن میزان فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان افزایش پیدا کند (Hosseini Boldaji et al., 2012). از جمله مکانیسم های آنتی اکسیدانی گیاهان تحت تنش خشکی، افزایش سطوح ترکیبات فنلی است، چراکه این گونه ترکیبات به عنوان پالاینده های گونه های واکنش گر اکسیژن عمل کرده و در نتیجه سبب ثبات غشاهای سلولی و مانع از پراکسیداسیون لیپیدها می شوند (Chang et al., 2002). در تحقیقات صورت گرفته روی گندم مشخص شد که تنش خشکی به طور معنی داری سبب افزایش مقاومت روزنه ها و فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان در همه ژنوتیپ های گندم

گردید (Khazaie and Borzooei, 2006). امروزه برخی از محققان معتقدند که افزایش میزان آنتی اکسیدان های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز تحمل گیاه را به تنش های محیطی افزایش می دهند (Guo et al., 2005). با افزایش سطح اسیدهیومیک بر میزان فعالیت آنتی اکسیدانی افزوده شد (جدول ۳). نوع خاک و میزان ترکیبات هیومیکی موجود در خاک می تواند اثرات قابل توجهی داشته باشد به گونه ای که هرچه ترکیبات هیومیکی خاک بیشتر باشد، فعالیت آنتی اکسیدانی آن بیشتر است (Rimmer, 2006).

با افزایش فواصل آبیاری میزان ترکیبات فنلی افزایش یافت. در همین ارتباط محققان در بررسی اثر غلظت های مختلف ورمی کمپوست و اسیدهیومیک بر خصوصیات کمی و کیفی گل همیشه بهار دریافتند که غلظت ۵۰۰ میلی گرم در لیتر اسیدهیومیک می تواند سبب افزایش ترکیبات فنلی گردد (Abedini et al., 2015). همچنین در شرایط تنش خشکی، به علت تضعیف سیستم ایمنی گیاه بادام زمینی (*Arachis hypogea*) مواد فنلی به همراه سایر آنزیم های دفاعی در مقاومت علیه میکروارگانیسم ها افزایش می یابند (Latha et al., 2007). همچنین در بررسی اثر تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلیکول در گندم مشخص شد که علت بالا رفتن سطوح ترکیبات فنلی، افزایش فعالیت و میزان آنزیم بیوسنتزی فنل ها (فنیل آلانین آمونیا لایاز) است (Tian and Lei, 2006). در آزمایشی که در رابطه با تاثیر اسیدهیومیک بر فعالیت آنتی اکسیدانی و کیفیت میوه ی لفل انجام شد، میزان ترکیبات فنلی تحت تاثیر اسیدهیومیک قرار نگرفت ولی فلاونوئید و فعالیت آنتی اکسیدانی افزایش یافت (Aminifard et al., 2012). در این تحقیق نیز میزان ترکیبات فنلی تحت تاثیر تیمار ترکیبی فاصله

1. Reaction oxygen species

در گیاه بنت‌گراس (*Agrostis stolonifera*) را افزایش داد (Ghorbani et al., 2010). نتایج مطالعه اثر اسیدهیومیک در شرایط تنش نشان داد که میزان تنظیم‌کننده‌های اسمزی همچون پرولین در بالاترین سطح تنش خشکی و محلول‌پاشی اسیدهیومیک به میزان ۱/۵ تا ۳ لیتر در هزار لیتر آب بیشترین مقدار را دارد (Heidari and Miri Azad Minaei, 2014). پرولین، اسیدآمینو ذخیره‌شده در سیتوپلاسم بوده و احتمالاً در حفاظت از ساختمان ماکرومولکول‌های درون سلول در طی تنش خشکی نقش مؤثری دارد. پرولین در واقع به‌عنوان یک شاخص در تعیین میزان حساسیت به تنش شوری و خشکی در گیاهان به‌شمار می‌رود. بالا رفتن میزان این ترکیب در بافت‌های گیاهان به‌نوعی بیانگر فعال شدن مکانیسم تنظیم اسمزی است که شرایط گیاه را برای جذب آب و املاح از محیط ریشه بهینه می‌کند.

همان‌گونه که از نتایج مشخص است با افزایش فواصل دور آبیاری، میزان قندهای محلول در گیاه آویشن افزایش یافت از طرف دیگر کاربرد اسیدهیومیک توانست به تجمع آن کمک کرده و در نتیجه مقاومت گیاه را به شرایط تنشی افزایش دهد. کربوهیدرات‌ها در فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، تعرق و تنفس، نقش مستقیم داشته و از این رو تغییر در مقدار آن‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. در گیاهان، قندها طی فرآیند فتوسنتز تولید می‌شوند. نقش قندها به‌عنوان پیش‌ماده تولید مواد کربنی و انرژی شناخته شده است. حفاظت از گیاه در مقابل از دست دادن آب به افزایش قندها بستگی دارد. مطالعات نشان داده است که تنش خشکی تبدیل هگروزها و سایر کربوهیدرات‌ها مانند ساکارز و نشاسته را به الکل‌های قندی (پلی‌اول‌ها) و پرولین در پی دارد (Najaf Zadeh Asland Ehsanpour, 2012). توزیع مواد هیدروکربنی به‌طور مستقیم

آبیاری و کاربرد اسیدهیومیک قرار نگرفت و در مقابل فعالیت آنتی‌اکسیدانی افزایش یافت.

با افزایش فواصل دور آبیاری، میزان پرولین در گیاه آویشن افزایش یافت از طرف دیگر کاربرد اسیدهیومیک توانست به تجمع پرولین کمک کرده و در نتیجه مقاومت گیاه را به شرایط تنشی افزایش داد. در بسیاری از گیاهان ثابت شده است که تغییرات میزان پرولین با توانایی آنها برای تحمل یا سازش به شرایط تنش خشکی مرتبط است و می‌تواند به‌عنوان شاخصی برای انتخاب گیاهان مقاوم به تنش خشکی استفاده شود (Niknam et al., 2006). هنگامی که گیاه در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرد، تجزیه پروتئین‌ها و در نتیجه افزایش آمینواسیدها و آمیدها تسریع می‌شود که یکی از این آمینواسیدها پرولین است (Kafi et al., 2009). همچنین هنگامی که گیاهان تحت تأثیر تنش‌ها قرار می‌گیرند، غلظت اسمولیت‌هایشان را افزایش می‌دهند تا جذب آب تحت شرایط تنش ادامه یابد. در بین اسمولیت‌های آلی، پرولین احتمالاً فراوان‌ترین و عمومی‌ترین ماده حل‌شده سازگار است که تجمع می‌یابد (Sanjarimijani et al., 2015). احتمالاً گیاه به دلایل یادشده پرولین خود را افزایش داده است. افزایش پرولین طی تنش خشکی در گیاه آویشن (*Thymus vulgaris*) نیز گزارش شده است (Babaei et al., 2010). همچنین بررسی اثر تنش خشکی و اسیدهیومیک بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک چای‌ترش (*Hibiscus abdarifa*) نشان داد که تنش خشکی سبب افزایش تجمع پرولین می‌گردد (Sanjarimijani et al., 2015) که با نتایج تحقیق حاضر منطبق می‌باشد. همچنین اسیدهیومیک از طریق ایجاد شرایط مناسب برای افزایش محتوای نیتروژن گیاهان سبب افزایش عملکرد می‌شود و با بالا بردن میزان تولید ترکیبات آلی نیتروژن‌دار همانند پروتئین و اسیدهای آمینه سرعت رشد و تولید بیوماس

کربن دار را تولید می کنند. فرضیه دوم یا موازنه رشد- تمایز، عنوان می کند تا زمانی که شرایط اجازه رشد و تقسیم سلولی را بدهد کربن صرف رشد می شود. با وقوع تنش کم آبی رشد متوقف شده، سلول ها تمایز یافته و مخازن متابولیت های ثانویه را تشکیل می دهند. گیاه کربن را به تولید مواد مؤثره دارویی اختصاص می دهد. هر کمبودی که رشد را بیش از فتوستتز محدود کند، تولید متابولیت های ثانویه را افزایش می دهد (Soltaninejhad et al., 2013). در همین ارتباط بررسی اثر کودهای زیستی بر اسانس گیاه دارویی بادرشوبیه (*Dracoecephalum moldivica* L.) تحت شرایط رژیم های کم آبی نشان داد که افزایش تنش خشکی تا ۶۰٪ ظرفیت زراعی سبب افزایش درصد اسانس گردید (Gorgini et al., 2015) که با نتایج Shabankarehet et al., 2015 از تحقیق حاضر مطابقت دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که برای دسترسی به درصد بالای اسانس در گیاه آویشن که سبب افزایش کیفی محصول می شود، اعمال تنش رطوبتی می تواند مناسب باشد. تصور بر این است که در شرایط وقوع تنش خشکی و کم آبی، میزان تولید مواد مؤثره به دلیل جلوگیری از اکسیداسیون درون سلولی افزایش می یابد و از طرف دیگر با کاهش سطح اندام رویشی در اثر تنش خشکی، تعداد غده های مترشحه اسانس افزایش می یابد، در نتیجه میزان اسانس افزایش خواهد یافت (Najaf Zadeh Asl and Ehsanpour, 2012). هر کمبودی که رشد را بیش از فتوستتز محدود کند، تولید متابولیت های ثانویه را افزایش می دهد (Soltaninejhad et al., 2013). در تحقیق صورت گرفته روی چای ترش در شرایط تنش خشکی مشخص شد که بیشترین میزان اسانس از تیمار آبیاری ۴۰ درصد ظرفیت زراعی بدست آمد (et al., 2015). همچنین محققان در گزارشی

تحت تأثیر تنش هایی نظیر کمبود آب و به طور غیرمستقیم تحت تأثیر هورمون های گیاهی قرار می گیرد. کاربرد اسیدهیومیک به دلیل افزایش فتوستتز و تولید هیدرات های کربن تحمل گیاه را به شرایط تنش افزایش می دهد (Sanjarimijani et al., 2015). از طرف دیگر اسیدهیومیک دارای فعالیت شبه هورمونی است و جذب عناصر معدنی همانند فسفر و پتاسیم را در گیاهان افزایش می دهد که این امر نیز به نوبه خود سبب بهبود در فتوستتز و افزایش مقدار قندهای تولیدی خواهد شد (Thi Lua and Bome, 2001). اسیدهیومیک در تیمار کامل آبیاری گیاه آکاسیا (*Acaciasaligna*) بیشترین مقدار کربوهیدرات برگ را تولید کرد (El-khateeb et al., 2011) که با نتایج آزمایش حاضر از بعد تأثیر اسیدهیومیک مطابقت دارد.

درصد اسانس با عرضه آب قابل استفاده رابطه عکس نشان داد، بدین ترتیب که در همه اندام های گیاهی با افزایش مقدار آب در دسترس درصد اسانس کاهش یافت و در تیمارهایی که هر روز آبیاری شده بودند و یا به نوعی فاصله آبیاری اعمال نشده بود، کمترین درصد اسانس مشاهده شد. دلایل اثبات شده- ای مبنی بر نحوه واکنش متابولیت های ثانویه گیاهان دارویی به تنش خشکی وجود ندارد. تنها دو فرضیه در مورد نحوه تأثیر شرایط محیطی بر متابولیت های ثانویه این گیاهان تکوین یافته است. فرضیه اول با عنوان موازنه کربن-عناصر غذایی (CNB)، میزان هزینه کربن برای تولید متابولیت های ثانویه را به عنوان موازنه بین فتوستتز و رشد توضیح می دهد (Kafi et al., 2009). بر اساس این فرضیه هنگامی که عناصر غذایی در دسترس باشند گیاه کربن را برای رشد اختصاص می دهد. کمبود عناصر غذایی رشد را بیش از فتوستتز محدود می کند و منجر به تشکیل هیدرات های کربنی می شود که متابولیت ثانویه

حاضر مطابقت دارد. بنابراین به نظر می‌رسد گیاه مقاوم خرفه با حفظ مقادیر زیاد RWC به‌نحوی از عوامل محدودکننده غیرروزنه‌ای در شرایط تنش فرار می‌کند. در تحقیقی دیگر بررسی کاربرد کودهای زیستی در شرایط تنش خشکی بر روی گیاه کلزا نشان داد که افزایش سطح تنش (ملایم و شدید) سبب کاهش میزان محتوای نسبی آب برگ نسبت به آبیاری نرمال گشت که کاربرد چهار درصد کود زیستی ورمی‌کمپوست در شرایط آبیاری ملایم و شدید باعث افزایش محتوای نسبی آب و عملکرد گیاه گردید (Mirzaee et al., 2013). بررسی نتایج این پژوهش نشان داد که با کاربرد اسیدهیومیک از اثرات تنش خشکی کاسته می‌شود که همبستگی مثبت بین میزان محتوای نسبی آب برگ و رطوبت خاک را می‌توان به مصرف کودهای زیستی ربط داد چرا که اسیدهیومیک از یک طرف با بهبود خواص فیزیکی خاک، ایجاد فضای بیشتر برای نفوذ آب با اصلاح و دانه‌بندی خاک و از طرف دیگر با برقراری پیوند با مولکول‌های آب برای ممانعت از تبخیر آب، سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش خشکی می‌گردد (Rahbarian et al., 2010). همچنین با افزایش بهبود ساختمان خاک، تحریک بیشتر رشد گیاه را به‌دنبال دارد و از آن‌جاکه مکانیسم اثر اسیدهیومیک در گسترش ریشه و در نتیجه قابلیت جذب آب و عناصر غذایی کاراست، می‌توان تأثیر مثبت آن را انتظار داشت (Nasouti Miandoab et al., 2010).

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به نتایج به‌دست آمده از مطالعه پیش‌رو می‌توان اظهار داشت که در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و نیل به اهداف کشاورزی پایدار می‌توان بخش زیادی از اثرات تنش خشکی بر گیاه آویشن را با کاربرد اسید هیومیک تعدیل نمود.

نشان دادند که کاربرد اسیدهیومیک تا ۳ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش میزان اسانس در گیاه دارویی زنیان (*Carum copticum* (L.)C.B. Clarke) گردید (Barghamadiand Najafi, 2015).

در نتایج این طرح مشخص شد که با افزایش تنش کم‌آبی، میزان محتوی نسبی آب برگ کاسته شد ولی کاربرد اسیدهیومیک توانست تا حدی این کاهش را جبران نموده و سبب افزایش آن و در نتیجه مقاومت گیاه به شرایط کم‌آبی گردد. محتوای آب برگ، یک شاخص مناسب برای تنش آبی گیاه است. تنش خشکی با کاهش RWC و پتانسیل کل آب سبب کاهش رشد گیاهان می‌شود. سازوکار تنظیم اسمزی در گیاهان متحمل به خشکی، سبب حفظ و بالا نگه داشتن RWC در گیاه می‌شود. در آزمایشی محققین روی گیاه بادرشبی (*Dracocephalum moldavica*) نشان دادند که با افزایش شدت تنش آبی، میزان محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت (Rahbarian et al., 2010). همچنین نتایج تحقیقات روی گیاه ارزن دم‌روباهی (*Setaria italica*) نشان داد که با کاهش میزان آبیاری، میانگین صفت محتوای آب نسبی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Chehelgerdi et al., 2015). در همین راستا گزارش شده که بالاترین RWC در گیاه تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus*) در گیاه شاهد (۹۴/۰۷ درصد) و کمترین آن تحت شرایط تنش کم‌آبی شدید (۶۴/۰۳ درصد) کاهش یافته است (Cunhua et al., 2011). تنش خشکی، سبب کاهش RWC، پتانسیل کل آب و کاهش رشد گیاهان می‌شود. سازوکار تنظیم اسمزی در گیاهان متحمل به خشکی، سبب حفظ و بالا نگه‌داشتن RWC در گیاه می‌شود. در یک بررسی، تنش خشکی موجب کاهش محتوای نسبی آب گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis*) شد (Abbaszadeh et al., 2008) که نتایج آزمایشات فوق با نتایج به‌دست آمده در طرح

پروکلین نیز برای گیاه هزینه‌بر است. به‌طورکلی نقش حفاظتی و تعدیل‌کنندگی کاربرد اسیدهیومیک بر تنش خشکی را می‌توان، به تأثیر مثبت آن در بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاهان و تنظیم اسمزی تحت رژیم آبیاری نسبت داد و مهم‌تر آن‌که کاربرد آن به‌جای کودهای شیمیایی، می‌تواند نویدبخش کشاورزی پایدار و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی در آینده باشد.

همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش فاصله آبیاری، از میزان ارتفاع بوته، وزن تازه و خشک گیاه و محتوای آب نسبی کاسته می‌شود و در مقابل، محتوای پروکلین، ترکیبات فنلی، درصد اسانس و فعالیت آنتی‌اکسیدانی افزایش می‌یابد که نوعی سازگاری گیاه با شرایط تنش محسوب می‌شود، اما وابستگی گیاهان در این شرایط به ترکیباتی مانند

References

- Abbaszadeh, B., Sharifi ashourabadi, E. Lebaschi, M.H., Naderi hajibagher Kandy, M. and Moghadami, F. (2008).** The effect of drought stress on proline contents, soluble sugars, chlorophyll and relative water contents of balm (*Melissa officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 4 (23): 504-513. (In Persian)
- Abedi, T. and Pakniyat, H. (2010).** Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassicinapus* L.). Czech Journal. Genetic Pl. Breed, 46: 27-34.
- Abedini, T., Moradi, P. and Hani, A. (2015).** Effect of organic fertilizer and foliar application of humic acid on some quantitative and qualitative yield of Pot marigold. Journal of Novel Applied Sciences, 4(10):1100-1103.
- Ahmadpoor Dehkordi, E. and Tadayon, M.R. (2015).** The effect of irrigation with urban wastewater and applied fertilizer type on quantitative and qualitative traits of sugar beet. Journal of Water and Soil Science, 8 (2): 97-116. (In Persian)
- Aminifard, M. H., Aroiee, H., Azizi, M., H. Nemati and H. Z. Jaafar. (2012).** Effect of humic acid on antioxidant activities and fruit quality of hot pepper (*Capsicum annuum* L.). Journal of herbs, spices & medicinal plants, 18(4): 360-369.
- Babaei, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S.A.M. and Jabari, R. (2010).** Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of thyme (*thymus vulgaris* l.) iranian journal of medicinal and aromatic plants, 2 (48): 239 - 251. (In Persian)
- Barghamadi, K. and Najafi, S. (2015).** Effect of different levels of nitroxin and humic acid on quantitative properties and essential oil of Ajowan (*Carum copticum* (L.) C. B. Clarke). Journal of Horticulture Science, 321-341. (In Persian)
- Bates, S., Waldern, R.P. and Teare, E.D. (1973).** Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soli, 39: 205-207.
- Brahmi, C., Kopp, C., Domart-Coulon, I., Stolarski, J. and Meibom, A. (2012).** Skeletal growth dynamics linked to trace-element composition in the scleractinian coral *Pocillopora damicornis*. Geochimica et Cosmochimica Acta, 99: 146-158.
- Chang, W.C., Kim, S.C., Hwang, S.S., Choi, B.K. and Kim, S.K. (2002).** Antioxidant activity and free radical scavenging capacity between Korean medicinal plants and flavonoids by assay-guided comparison. Plant Science, 163: 1161-1168.
- Chehelgerdi, A., Saffari, M. and Abdolshahi, A. (2015).** Effect of super absorbent polymer, potassium sulphate and farmyard manure on physiological characteristics of millet (*Setaria italica*) under optimum irrigation and drought stress conditions. Electronic Journal of Crop Production, 7 (2): 43-60. (In Persian)
- Cunhua, S., Jian-jie, S., Dan, W., Bai-Wei, L. and Dong, S. (2011).** Effects on physiological and biochemical characteristics of medicinal plant pig

- weed by drought stresses. *Journal of Medicinal plants Research*, 5: 4041-4048.
- Dapkevicius, A., Van Beek, T.A., Lelyveld, G.P., Veldhuizen, A., Groot, A., Linssen J.P.H. and Venskutonis, R. (2002).** Isolation and structure elucidation of radical scavengers from *Thymus vulgaris* leaves. *Journal of Natural Production*, 65: 892-896.
- Davis, P.H. (1982).** *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. University Press, Edinburgh 7: 320-354.
- Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E. and Alvino, A. (2005).** Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy for Sustainable Development*, 25: 183-191.
- El-khateeb, M.A., El-lethy, A.S. and Alyemaa, B.A. (2011).** Effect of mycorrhizal fungi inoculation and humic acid on vegetative growth of acacia (*Saligna iabill*). *Horticultural Science*, 3(3): 283-289.
- Foyer, C. and Noctor, G. (2003).** Redox sensing and signaling associated with reactive oxygen in chloroplasts, peroxisomes and mitochondria. *Physiologia Plantarum*. 119: 355-364.
- Ghorbani, S., Khazaei, H.R., Kafi, M. and Bannayan Aval, M. (2010).** Effects of humic acid application with irrigation water on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.) *Journal of Agroecology*, 2(1) 111-118. (In Persian)
- Gorgini Shabankareh, H., Asgharipour, M.R., and Fakheri B.A. (2015).** The effect of bio fertilizers on some growth parameters and essential oil of Moldavian dragonhead under drought condition. *Journal of Plant Ecophysiology*, 7(23): 185-194. (In Persian)
- Guo, Z., Tan, H., Zhu, Z., Lu, S. and Zhou, B. (2005).** Effects of intermediates on ascorbic acid and oxalate. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 1(3): 210-215.
- Heidari, M. and Miri Azad Minaei, H.R. (2014).** Antioxidant enzymes activity and biochemical components of borage (*Borago officinalis*) in response to water stress and humic acid treatment. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 6(2): 159-170. (In Persian)
- Hosseini Boldaji, S.A., Khavari-Nejad, R.A., Hassan Sajedi, R., Fahimi, H., and Saadatmand, S. (2012).** Water availability effects on antioxidant enzyme activities lipid peroxidation, and reducing sugar contents of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Acta Physiologia Plantarum*, 34: 1177-1186.
- Kafi, M., Borzoei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoomi, A. and Nabati. J. (2009).** The physiology of environmental stress in plants. *Jahad-e Daneshgahi Press*, Mashad: Iran (In Persian).
- Khazaie, H.R. and Borzoei, A. (2006).** Effects of water stress on antioxidant activity and physiological characteristics of wheat. The first international conference on the theory and practices in Biological Water Saving (ICTPB) Beijing China.
- Latha, P., Sudhakar, P. and Sreenivasula, Y. (2007).** Relationship between total phenol and aflatoxin production of peanut genotypes under end-of-season drought conditions. *Acta Physiology Plant*, 29: 563-566.
- Mohammad Hosein Lebaschi, M. H., Sharifi Ashoorabadi, E., Makizadeh Tafti, M. and Asadi-Sanam, S. (2018).** Effect of plant density on quality and quantity yield of *Thymus vulgaris* in dry farming conditions in seven provinces of Iran. *Crops Improvement (Journal of Agricultural Crops Production)*, 20 (1). (In Persian)
- Mirzaee, M., Moieni, A. and Ghanati, F. (2013).** Effect of drought stress on proline and soluble sugar content in canola (*Brassica napus* L.) seedlings. *Iranian Journal of Biology*, 26(1): 90-98. (In Persian)
- McDonald, R.P. and Ho, M.H.R. (2002).** Principles and practice in reporting structural equation analyses. *Psychological methods*, 7 (1), 64.
- Miliauskas, G., Venskutonis, P.R. and Van Beek, T.A. (2004).** Screening of radical scavenging activity of some

- medicinal and aromatic plant extracts. Food chemistry, 85(2), 231-237.
- Mirhajian, A. (2011).** What is humic acid? Monthly News Analysis. Agricultural Engineering, 33:7-16.
- Mohammadpour Vashvaei, R., Galavi, M., Ramroudi, M. and Fakheri, B.A. (2015).** Effects of drought stress and biofertilizers inoculation on growth, essential oil yield and constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Agroecology, 7 (2):237-253. (In Persian)
- Najaf Zadeh Asl, S. and Ehsanpour, A. (2012).** Effect of drought stress on some physiological parameters of two potato cultivars (Kenebec and Concord) under in vitro culture condition. Arid Biome Scientific and Research Journal (2)1: 70-82. (In Persian)
- Nakheinejad, B. and Mosavi, G.R. (2017).** Effect of irrigation interval, humic acid and sulfur fertilizer on morphological and yield traits of fenugreek (*Trigonella foenum-gracum* L.). Journal of Plant Ecophysiology 8(30):40-51.
- Nasouti Miandoab, R., Samavat, S. and Tehrani, M.M. (2010).** Humic acid properties on plant and soil. Agriculture and Food, 101: 53-55. (In Persian)
- Nasr Esfahani, M. (2013).** Effect of dry stress on growth and antioxidant system in three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. Journal of Plant Biology, 5(15): 111-124. (In Persian)
- Niknam, V., Razavi, N., Ebrahimzadeh, H. and Sharifizadeh, B. (2006).** Effect of NaCl on biomass, protein and proline contents and antioxidant enzymes in seedlings and calli of two *Trigonella* Species. Biologia Plantarum, 50 (4): 591-5
- Omokolo, N.D., Nankeu, D.J., Niemenak, N. and Djogoue, P.F. (2002).** Analysis of amino acids and carbohydrates in the cortex of nine clones of *Theobroma cacao* L. in relation to their susceptibility to *Phytophthora megakarya* Bra. and Grif. Crop Protection, 21(5): 395-402.
- Rahbarian, P., G. Afsharmanesh and M.H. Shirzadi. (2010).** Effects of drought stress and manure on relative water content and cell membrane stability in dragonhead (*Dracocephalum moldavica*). Scientific Journal of Plant Ecophysiology, 2(1): 13-19.
- Rimmer, D.L. (2006).** Free radicals, antioxidants, and soil organic matter recalcitrance. Eur. J. Soil Sci., 57:91-94.
- Sabzevari, S., Khazaie, H.R. and Kafi, M. (2009).** Effect of humic acid on root and shoot growth of two wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) Journal of Water and Soil, 23(2): 87-94. (In Persian)
- Sanjary-Mijani, M., Syrosmehr, A. and Fakhery, B. (2015).** Effect of drought stress and humic acid on some physiological characteristics of hibiscus (*Hibiscus sabdarifa*). Crops Improvement, 2: 403-414.
- Soltaninejad, F., Fallah, S. and Heidari, M. (2013).** Effect of different sources and rates of nitrogen fertilizer on the growth and biomass production of purslane (*Portulaca oleracea*). Electronic Journal of Crop Production, 6 (3): 125-143. (In Persian)
- Thi Lua, H. and Bome, M. (2001).** The influence of humic acid on tomato in hydroponic system. Acta Horticulturae, 548,451-458.
- Tian, X and Lei, Y. (2006).** Nitric oxide treatment alleviates drought stress in wheat seedlings. Biologia Plantarum, 50(4):775-778.
- Yamasaki, S. and Dillenburg, L.R. (1999).** Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal. 11(2): 69-75.