



به زراعی کشاورزی

دوره ۱۹ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۶

صفحه‌های ۱۴-۱

## اثر تنش کم‌آبیری و اسیدهیومیک بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی ریشه سرخارگل

عباس علیزاده‌احمدآبادی<sup>۱</sup>، سارا خراسانی‌نژاد<sup>۲\*</sup>، خدایار همتی<sup>۳</sup>

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گیاهان دارویی، دانشکده تولیدگیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۲. استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده تولیدگیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۳. دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده تولیدگیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۳/۰۹

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۱۷

### چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش کم‌آبیری و اسیدهیومیک بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی سرخارگل (*Echinacea purpurea*) آزمایشی در قالب فاکتوریل برپایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار و هر تکرار شامل چهار واحد آزمایشی، در مزرعه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. تیمارهای مورد بررسی شامل تنش کم‌آبیری در چهار سطح (شاهد (عدم مصرف)، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی) و تیمار اسیدهیومیک شامل چهار سطح صفر (شاهد)، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بودند. در زمان گلدهی، ویژگی‌های رشدی و مورفولوژیکی شامل ارتفاع گیاه، طول ریشه، تعداد برگ، وزن تر ریشه و اندام هوایی، وزن خشک ریشه و اندام هوایی، میزان فنل، فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی ریشه ارزیابی شد. نتایج نشان داد تنش کم‌آبیری اثر معنی‌داری روی تمامی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده به‌جز طول ریشه داشت. اسیدهیومیک نیز باعث افزایش ویژگی‌های رشدی و مورفولوژیکی در سطح یک‌درصد شد. درحالی‌که در مورد صفات فیتوشیمیایی فقط بر میزان فلاونوئید اثر معنی‌دار داشت و آنرا افزایش داد. اثر متقابل تنش کم‌آبیری و اسیدهیومیک بر میزان وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی و نیز فنل کل و فلاونوئیدکل معنی‌دار بود. بنابراین، تنش کم‌آبیری اثرات منفی بر رشد گیاه داشت و در مقابل گیاه برای مقابله با این اثرات ترکیبات فنلی و آنتی‌اکسیدانی خود را افزایش داد. در گیاهانی که با تنش مواجه شدند اسیدهیومیک باعث بهبود رشد و افزایش عملکرد شد.

**کلیدواژه‌ها:** آنتی‌اکسیدان، فلاونوئید کل، فنل کل، عملکرد، وزن خشک.

## ۱. مقدمه

[۱۷] دارای مکانیسم‌های دفاع غیرآنزیمی برای مقابله با تنش اکسیداتیو القاء شده توسط خشکی در گیاهان می‌باشند به گونه‌ای که این ترکیبات به‌عنوان گیرنده رادیکال‌های آزاد عمل کرده و سبب تحمل گیاهان در برابر تنش‌های اکسیداتیو می‌شوند [۳۴].

تغذیه مطلوب گیاهی یکی از روش‌های مؤثر بر توانمندسازی گیاهان در مقابله با شرایط تنش کم‌آبی معرفی شده و اسیدهیومیک یکی از موادآلی پراهمیت در کاهش اثرات ناشی از تنش است [۱۵]. مولکول‌های اسیدهیومیک با ملکول‌های آب، پیوندی تشکیل می‌دهد که تا حدود زیادی مانع تعرق آب می‌شود و با افزایش فعالیت آنزیم رویسکو، سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌شود [۹]. در گزارشی استفاده از اسیدهیومیک در شرایط تنش خشکی باعث کاهش تولید پرولین و کاهش اثر تنش خشکی و افزایش عملکرد چای ترش شد. همچنین در این آزمایش اسیدهیومیک باعث افزایش تولید کلروفیل گردید که این خود باعث افزایش در عملکرد می‌شود [۵].

سرخارگل (*Echinacea purpurea*) یکی از گیاهان تیره میناسانان (*Asteraceae*) و بومی آمریکای شمالی است، ولی امروزه در اکثر نقاط اروپا و آسیا و همچنین ایران کشت می‌شود [۱۹] و دارای گل‌های مخروطی شکل، به‌رنگ ارغوانی تا صورتی می‌باشد [۲۸]. در گذشته این گیاه را برای درمان مارگزیدگی، بیماری‌های لثه و دهان، سرماخوردگی، سرفه و گلودرد استفاده می‌نمودند. در ۵۰ سال اخیر این گیاه به دلیل خواص ضدویروسی، ضدقارچی و ضدباکتریایی شهرت جهانی یافته است و ترکیبات حاصل از آن در گروه مواد تقویت کننده سیستم ایمنی بدن به‌شمار می‌روند. فرآورده‌های سرخارگل هم‌اکنون به‌عنوان تصفیه‌کننده خون، ضد عفونی کننده و آرام‌بخش معرفی می‌شوند [۱۹].

باتوجه به نکات مذکور و این‌که خشکی و کم‌آبی در

از آنجایی که برای انجام فتوسنتز و تبادلات گازی باز بودن روزنه‌ها ضروری است، بنابراین در اثر کمبود آب و بسته شدن روزنه‌ها، تبادلات گازی کاهش یافته، دی‌اکسیدکربن کمتری در دسترس گیاهان قرار می‌گیرد و شدت فتوسنتز کاهش می‌یابد. کاهش فتوسنتز همراه با کاهش رشد و عملکرد تولیدی در گیاهان خواهد بود [۳۲]. آب یکی از منابع کمیاب در ایران است که تحت تأثیر میزان بارندگی بوده و اثر تنش کم‌آبی به مدت زمان، دوام و اندازه کمبود آن بستگی دارد [۳۱]. خشکی یکی از مهمترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان در سرتاسر جهان و شایع‌ترین تنش محیطی است و به‌خوبی مشخص شده که اثر تنش آبی بر رشد و عملکرد بستگی به ژنوتیپ گیاه دارد [۱۱]. به‌طوری‌که در تحقیقی تنش خشکی سبب کاهش شدید ارتفاع بوته و تعداد گل گیاه همیشه بهار شد [۳۶]. در گیاه بادرشبو (*Dracocephalum moldavica*) بیشترین میزان قند، اسانس و کلروفیل به ترتیب در شرایط آبیاری مطلوب، تنش شدید و تنش ملایم کم‌آبی حاصل شد [۷]. همچنین بررسی‌های دیگر نشان داد که اعمال تنش خشکی در دو گونه ریحان‌شیرین و آمریکایی (*Ocimum basilicum*)، درصد اسانس و ترکیبات اسانس را افزایش داد [۲۴].

تنش خشکی از طریق کاهش تبادلات گازی روزنه‌ای که جریان  $CO_2$  درون برگ‌ها را محدود می‌کند، باعث تنش اکسیداتیو می‌شود به‌طوری‌که  $CO_2$  درون برگ که به صورت کاهش یافته است، از طریق نشت افزایشی الکترون‌ها برای تشکیل انواع اکسیژن فعال (ROS) به اکسیژن مولکولی، هدایت می‌شود [۱۲]. در مقابل ترکیبات فنولی شامل گروه بزرگی از متابولیت‌های ثانویه در گیاه هستند که خواص آنتی‌اکسیدانی از خود نشان می‌دهند [۳۰]. این ترکیبات که در پنج زیرگروه کومارین، لیگنین‌ها، فلاونوئیدها، اسیدهای فنولی و تانن‌ها دسته‌بندی می‌شوند

ایران همواره از مهمترین مسائل و مشکلات کشاورزی است و از این پدیده طبیعی و غیرقابل تغییر راه فراری نیست و با عنایت به تأثیر منفی خشکی در محدود نمودن تولید محصولات، معرفی روش‌های مدیریتی نظیر کاربرد کودهای زیستی و آلی از طریق چنین بررسی‌هایی ضروری است. بنابراین، هدف از انجام پژوهش حاضر ارزیابی اثر اسیدهیومیک بر برخی صفات رشدی، مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی ریشه گیاه دارویی سرخارگل تحت تنش کم آبیاری، جهت تعیین بیشترین سطح تحمل به تنش کم آبیاری و بهترین غلظت اسیدهیومیک می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تنش کم آبیاری و اسیدهیومیک بر برخی شاخص‌های رشدی، مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی سرخارگل (*Echinacea purpurea*) آزمایشی گلدانی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار سطح آبیاری (D<sub>1</sub>: شرایط ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای، D<sub>2</sub>: شرایط ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای، D<sub>3</sub>: شرایط ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای و D<sub>4</sub>: شرایط ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) و اسیدهیومیک (۲۰٪ اسیدفولیک و ۸۰٪ اسیدهیومیک) با چهار سطح (H<sub>1</sub>: صفر میلی‌گرم بر کیلوگرم، H<sub>2</sub>: ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، H<sub>3</sub>: ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و H<sub>4</sub>: ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در سه تکرار و هر تکرار شامل چهار واحد آزمایشی، در سال ۱۳۹۳ در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد.

اعمال تیمارهای تنش کم آبیاری، به روش وزنی آغاز گردید؛ به طوری که ابتدا در کف هر کدام از گلدان‌ها به مقدار مساوی سنگ‌ریزه (جهت انجام زهکشی) ریخته شد و با استفاده از ترازو به صورت هم‌وزن از خاک پر شدند (در داخل هر گلدان ۸ کیلوگرم خاک). سپس با افزودن

آب، خاک هر گلدان را به درجه اشباع رسانده و به مدت ۴۸ ساعت روی سطح مشبک قرار داده شد تا هر گلدان پس از زهکشی آب اضافی به ظرفیت زراعی مزرعه برسد. در این مرحله گلدان‌ها به سرعت وزن شده و خاک آنها در دمای ۱۰۵ درجه به مدت ۴۸ ساعت کاملاً خشک گردید. در ادامه پس از مشخص شدن درصد وزنی رطوبت خاک در ظرفیت زراعی مزرعه، میزان رطوبت موجود در خاک برای اعمال تیمارهای رطوبتی مختلف مشخص گردید. برای کنترل وزن خشک بوته‌ها، هر تیمار رطوبتی دارای گلدان اضافی بود تا وزن خشک بوته‌ها به وزن خشک گلدان‌ها اضافه شده و مقدار صحیحی از آب در زمان اعمال تیمارهای رطوبتی به هر گلدان اختصاص یابد [۹].

بذر مورد نیاز برای انجام آزمایش از توده مجارستانی بود و از شرکت پاکان‌بذر تهیه گردید. برای شکست نهفتگی بذر، بذور به مدت سه هفته در محیط کاملاً مرطوب، در دمای چهار درجه سانتی‌گراد قرار دادند و در اسفندماه به منظور تهیه نشاء در شاسی کشت شدند. پس از گذشت حدود سه ماه، نشاءها در مرحله‌ی سه تا چهار برگی به گلدان‌هایی با قطر دهانه ۲۵ سانتی‌متر منتقل شدند. اسیدهیومیک نیز در دو زمان قبل از کاشت نشاءها و قبل از ظهور ساقه‌ی گل‌دهنده با مقادیر ذکر شده، به خاک گلدان‌ها اضافه شد.

در شروع گلدهی، شاخص‌های رشدی و مورفولوژیکی نظیر ارتفاع بوته، تعداد برگ، وزن تر و خشک اندام‌هوایی، وزن تر و خشک و طول ریشه اندازه‌گیری گردید که طول ریشه پس از شستن ریشه‌ها، به وسیله خط‌کش انجام شد [۷]. به منظور تهیه عصاره متانولی جهت اندازه‌گیری فنل، فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدان، یک گرم از ریشه خشک وزن کرده بعد ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ به آن اضافه گردید و به مدت ۲۴ ساعت روی شیکر قرار داده شد و بعد از کاغذ صافی عبور داده شد.

استات پتاسیم یک مولار و  $\frac{2}{8}$  میلی لیتر آب مقطر اضافه شد و پس از ۳۰ دقیقه نگره‌داری در دمای محیط، جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۱۵ نانومتر خوانده شد. منحنی کالیبراسیون محلول‌های کوئرستین در دامنه ۵۰- صفر میکروگرم بر میلی لیتر در متانول تهیه شد. جهت رسم منحنی استاندارد از غلظت‌های مختلف استاندارد کوئرستین (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر) استفاده شد. از معادله خط به دست آمده برای تعیین میزان فلاونوئید درصد گرم ماده خشک استفاده گردید (شکل ۲).

فعالیت آنتی اکسیدانی توسط اندازه‌گیری میزان رادیکال آزاد و پایدار DPPH اندازه‌گیری شد [۲۰]. در این روش یک میلی لیتر از محلول متانولی یک مولار DPPH با یک میلی لیتر از عصاره متانولی به شدت مخلوط شد. مخلوط حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق در تاریکی نگره‌داری و در نهایت جذب آنها در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. فعالیت برحسب درصد نسبی DPPH طبق رابطه (۱) محاسبه شد.

رابطه (۱)

درصد جذب - درصد جذب شاهد) = درصد DPPH

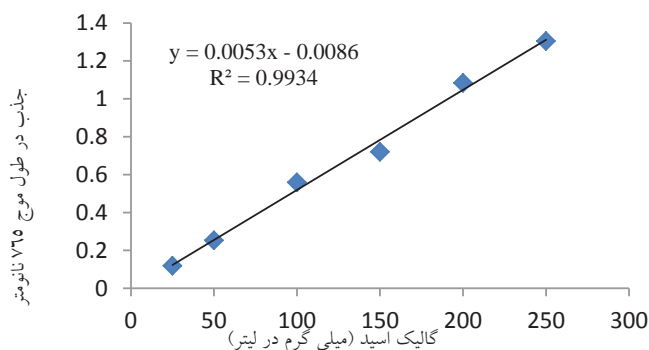
$100 \times$  درصد جذب شاهد (نمونه)

داده‌های حاصل با استفاده از برنامه آماری SAS

(نسخه ۹/۱) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD انجام شد.

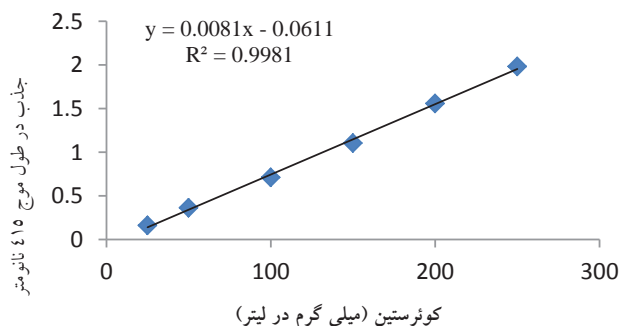
اندازه‌گیری فنل کل به روش فولین سیوکالتیو [۲۹] انجام و به این منظور ۲۰ میکرولیتر از عصاره تهیه شده با  $\frac{1}{6}$  میلی لیتر آب مقطر مخلوط و ۱۰۰ میکرولیتر معرف فولین به محلول فوق اضافه شد، پس از پنج دقیقه ۳۰۰ میکرولیتر محلول کربنات سدیم ۲۰ درصد به محلول اضافه نمونه‌ها بعد از همزدن به مدت ۳۰ دقیقه در بن‌ماری با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد نگره‌داری شد، سپس جذب نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۰ نانومتر خوانده شده و نتایج برحسب میلی گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم نمونه خشک محاسبه شد. برای رسم منحنی کالیبراسیون از غلظت‌های متفاوت گالیک اسید (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر) در متانول ۸۰ درصد استفاده گردید (شکل ۱). این مقدار برای یک گرم در لیتر محاسبه شده و فنل کل بر حسب میلی گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم برگ خشک بدست آمد. که از رابطه  $Y=0.0063X$  محاسبه می‌شود و Y عددی است که مقابل بلانک خوانده می‌شود و از این طریق X بدست می‌آید. که برای یک گرم به دست آمده و پس از آن برای ۱۰۰ گرم محاسبه می‌شود.

فلاونوئید کل به روش نورسنجی کلرید آلومینیوم [۱۳] اندازه‌گیری شد که در این روش  $\frac{0}{5}$  میلی لیتر عصاره گیاهی،  $\frac{1}{5}$  میلی لیتر متانول،  $\frac{0}{1}$  میلی لیتر محلول یک درصد کلراید آلومینیوم،  $\frac{0}{1}$  میلی لیتر محلول



شکل ۱. منحنی استاندارد گالیک اسید جهت اندازه‌گیری فنل کل ریشه سرخارگل

اثر تنش کم آبیاری و اسیدهیومیک بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی ریشه سرخارگل



شکل ۲. منحنی استاندارد کونرستین جهت اندازه‌گیری ترکیبات فلاونوئیدی کل ریشه سرخارگل

## نتایج و بحث

ریشه معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل تنش کم آبیاری و اسیدهیومیک (جداول ۱ و ۲) بر تعداد برگ، وزن تر و خشک ریشه و میزان فنل و فلاونوئید ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار شد.

جداول تجزیه واریانس (جداول ۱ و ۲) نشان داد اثر تنش کم آبیاری و اسیدهیومیک بر همه‌ی صفات اندازه‌گیری شده به جز طول ریشه در سطح یک درصد و اثر اسیدهیومیک نیز بر تمامی ویژگی‌های مورفولوژیک و نیز میزان فلاونوئید

جدول ۱. تجزیه واریانس تاثیر تنش کم آبیاری و اسیدهیومیک بر شاخص‌های رشدی و مورفولوژیکی سرخارگل (*Echinacea purpurea*)

میانگین مربعات								
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع اندام هوایی	طول ریشه	تعداد برگ	وزن تر ریشه	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوایی
بلوک	۲	۲/۸۷ <sup>ns</sup>	۵۴/۴۳ <sup>ns</sup>	۱/۸۹ <sup>ns</sup>	۴/۱ <sup>ns</sup>	۱/۶۹ <sup>ns</sup>	۰/۳۳۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۵ <sup>ns</sup>
تنش کم آبیاری	۳	۱۲۸/۸ <sup>**</sup>	۸۴/۷۲ <sup>ns</sup>	۳۳/۱۳ <sup>**</sup>	۷۹۱/۲۱ <sup>**</sup>	۷۰/۲۵ <sup>**</sup>	۴۳/۵۸ <sup>**</sup>	۳/۱۴ <sup>**</sup>
اسیدهیومیک	۳	۱۱/۲۴ <sup>**</sup>	۶۱۴/۷۷ <sup>**</sup>	۲۱/۳۶ <sup>**</sup>	۳۳۱/۱۵ <sup>**</sup>	۲۲/۷۵ <sup>**</sup>	۱۷/۳۸ <sup>**</sup>	۳/۲۶ <sup>**</sup>
تنش کم آبیاری × اسیدهیومیک	۹	۳/۲ <sup>ns</sup>	۴۱/۶۸ <sup>ns</sup>	۲۳/۹۲ <sup>**</sup>	۶۶/۱۰ <sup>**</sup>	۴/۶۳ <sup>ns</sup>	۵/۵۹ <sup>**</sup>	۰/۳۹ <sup>ns</sup>
خطا	۳۰	۲/۲۷	۳۱/۴۱	۲/۰۳	۵/۱۶	۲/۴۶	۰/۳۴	۰/۴۱
ضریب تغییرات (%)	-	۵/۸۶	۱۴/۸۴	۱۳/۱۹	۵/۴۸	۶/۴۷	۷/۰۹	۱۲/۰۹

ns و \*\*،\*\*\*: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱ و ۵ درصد و عدم معنی‌داری

جدول ۲. تجزیه واریانس تاثیر تنش کم آبیاری و اسیدهیومیک بر برخی خصوصیات فیتوشیمیایی ریشه سرخارگل

(Echinacea purpurea)

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		فصل ریشه	فلاونوئید ریشه
بلوک	۲	۶۲/۵۴ <sup>NS</sup>	۲۰۸/۱۳ <sup>NS</sup>
تنش کم آبیاری	۳	۲۱۷۷۰ <sup>**</sup>	۴۰۱/۹ <sup>**</sup>
اسیدهیومیک	۳	۱۳۸۹/۳۳ <sup>NS</sup>	۷۳۹/۳۳ <sup>**</sup>
تنش کم آبیاری × اسیدهیومیک	۹	۱۱۹۶/۲۳ <sup>**</sup>	۴۴۱۰ <sup>**</sup>
خطا	۳۰	۳۸۴/۴۷	۸۱/۸۱
ضریب تغییرات (%)	-	۱۰/۲۱	۳۱/۵۴
		۲۷/۸	

\*، \*\*، ns: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال خطای ۱ و ۵ درصد و عدم معنی داری

به نحوی که بیشترین مقادیر در تیمار ۱۰۰۰ میلی گرم اسیدهیومیک به دست آمد. از آنجایی که اسیدهیومیک با افزایش ریشه دهی، دسترسی بیشتر به عناصر غذایی را برای گیاه فراهم می کند در نتیجه موجب افزایش اندام های هوایی می شود [۲۲]. طبق تحقیقی که در این ارتباط انجام شد، مشخص گردید که اسیدهیومیک می تواند تاثیر بسیار مثبتی بر فیزیولوژی گیاه داشته باشد و باعث توسعه ریشه و ریشه های جانبی گردد [۱۶]. همچنین تاثیر اسیدهیومیک روی رشد ریشه ذرت مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد اسیدهیومیک با غلظت ۳ میلی مولار در حضور غلظت های کم و زیاد NO<sub>3</sub> می تواند باعث توسعه ریشه ذرت شود و نسبت وزن تازه و خشک ریشه را افزایش دهد [۲۱]. همچنین در آزمایش دیگری روی برهمکنش اسیدهیومیک و پتاسیم، بیشترین تعداد برگ مربوط به تیمار کاربرد اسیدهیومیک و کمترین در عدم کاربرد اسیدهیومیک و پتاسیم به دست آمد [۸]. در همین راستا در تحقیقی روی تاثیر کود کندرهاشونده و اسیدهیومیک بر بهبود عملکرد گل حنای گینه نو (*Impatiens hawkeri*) مشخص شد که اسیدهیومیک تاثیر مثبت معنی داری در ارتفاع گیاه، تعداد برگ و ساقه، سطح برگ، کلروفیل کل، وزن تازه ساقه، قطر گل، طول عمر تک گل و تعداد گل دارد [۴].

باتوجه به جدول مقایسه میانگین اثرات ساده (جدول ۳)، با افزایش تنش کم آبیاری، ارتفاع و وزن خشک اندام هوایی کاهش یافت به طوری که بیشترین ارتفاع مربوط به شاهد و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین مربوط به ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی بود و بیشترین طول ریشه مربوط به ۶۰ درصد ظرفیت زراعی بود و بیشترین تعداد برگ تحت تاثیر تیمار شاهد و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین آن در ۴۰ درصد ظرفیت زراعی بدست آمد. همچنین بیشترین وزن تر اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه مربوط به ۸۰ درصد ظرفیت زراعی بود. باتوجه به این نتایج می توان اظهار داشت در شرایط تنش خشکی تورژسانس سلول و سطح تعرق کنندگی گیاه کاهش می یابد، در این شرایط جذب مواد غذایی کند شده و رشد و توسعه سلول ها در اندام هوایی برگ و ساقه کم شده و ارتفاع و نیز حجم اندام هوایی گیاه کاهش می یابد [۲۶] که نتایج این آزمایش با نتایج اثر تنش خشکی روی گیاه بادربو مطابقت داشت [۲]. همچنین کاهش تعداد برگ در اثر تنش خشکی به کم شدن تقسیم سلولی و کاهش پتانسیل آب خاک منجر به کاهش تولید برگ جدید می شود [۱۰].

جدول مقایسه میانگین ها (جدول ۳) نشان داد که با افزایش اسیدهیومیک ارتفاع گیاه، تعداد برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن تر و خشک ریشه افزایش یافت.

## به زراعی کشاورزی

جدول ۳. مقایسه میانگین اثرات ساده تنش کم آبیاری و اسیدهومیك بر شاخص‌های رشدی و فیتوشیمیایی سرخارگل (*Echinacea purpurea*)

آنتی‌اکسیدان	فلاونوئید	فیل ریشه (mg.L <sup>-1</sup> )	وزن خشک		وزن خشک ریشه (gr)	وزن تر اندام هوایی (gr)	وزن تر ریشه (gr)	تعداد برگ	طول ریشه (cm)	ارتفاع اندام هوایی (cm)	تیمار
			اندام (gr)	هوائی (gr)							
۵۳/۶۷ <sup>b</sup>	۲۲/۰۷ <sup>b</sup>	۱۴۲/۴۳ <sup>c</sup>	۵/۶۵ <sup>a</sup>	۸۷/۲ <sup>b</sup>	۲۴/۷۹ <sup>b</sup>	۲۳/۷۹ <sup>b</sup>	۱۱/۷۵ <sup>a</sup>	۳۴/۵۸ <sup>b</sup>	۲۸/۱۹ <sup>a</sup>	D <sub>1</sub>	
۶۵/۴۵ <sup>b</sup>	۳۳/۳۳ <sup>a</sup>	۱۵۶/۸۹ <sup>c</sup>	۵/۷۷ <sup>a</sup>	۱۰/۶۴ <sup>a</sup>	۲۶/۹۳ <sup>a</sup>	۵۱ <sup>a</sup>	۱۲/۴۱ <sup>a</sup>	۳۷/۱۶ <sup>ab</sup>	۲۸/۱۹ <sup>a</sup>	D <sub>2</sub>	
۸۶/۲۴ <sup>a</sup>	۲۵/۵۵ <sup>b</sup>	۱۹۲/۹ <sup>b</sup>	۵/۱۹ <sup>b</sup>	۷/۵۷ <sup>c</sup>	۲۴/۰۴ <sup>b</sup>	۳۹/۵۲ <sup>c</sup>	۱۰/۳۳ <sup>b</sup>	۹۴ <sup>a</sup>	۲۵/۳ <sup>b</sup>	D <sub>3</sub>	
۶۳/۱۱ <sup>b</sup>	۳۳/۷۱ <sup>a</sup>	۲۷۳/۴۳ <sup>a</sup>	۴/۶۵ <sup>c</sup>	۶/۱۳ <sup>d</sup>	۲۱/۰۱ <sup>c</sup>	۳۱/۵۵ <sup>d</sup>	۸/۶۶ <sup>c</sup>	۳۸/۴۵ <sup>ab</sup>	۲۵/۱۶ <sup>c</sup>	D <sub>4</sub>	
۶۳/۷ <sup>a</sup>	۲۷/۷۱ <sup>b</sup>	۱۸۰/۹۲ <sup>b</sup>	۵ <sup>b</sup>	۷/۲ <sup>c</sup>	۲۲/۶۹ <sup>c</sup>	۲۵/۹۴ <sup>d</sup>	۹/۳۳ <sup>b</sup>	۳۵/۶۶ <sup>b</sup>	۲۵/۱۶ <sup>b</sup>	H <sub>1</sub>	
۶۶/۰۴ <sup>a</sup>	۲۲/۹۱ <sup>b</sup>	۱۸۷/۸ <sup>b</sup>	۴/۸۷ <sup>b</sup>	۷/۴۷ <sup>c</sup>	۲۳/۶۹ <sup>ab</sup>	۳۸/۵۱ <sup>c</sup>	۱۰ <sup>b</sup>	۴۸/۱۶ <sup>a</sup>	۲۵/۴۷ <sup>b</sup>	H <sub>2</sub>	
۶۸/۹۷ <sup>a</sup>	۲۴/۰۱ <sup>b</sup>	۱۶۸/۶۱ <sup>b</sup>	۵/۳۸ <sup>b</sup>	۸/۵۶ <sup>b</sup>	۲۴/۸۲ <sup>ab</sup>	۳۳/۵۷ <sup>b</sup>	۱۰/۷۵ <sup>a</sup>	۳۱/۸۳ <sup>b</sup>	۲۵/۱۴ <sup>b</sup>	H <sub>3</sub>	
۶۹/۷۶ <sup>a</sup>	۴۰/۱۳ <sup>a</sup>	۱۹۳/۶۴ <sup>a</sup>	۶/۰۳ <sup>a</sup>	۹/۸۳ <sup>a</sup>	۲۵/۷۸ <sup>a</sup>	۴۷/۷۳ <sup>a</sup>	۱۲/۰۳ <sup>a</sup>	۳۵/۳۳ <sup>b</sup>	۲۷/۱۷ <sup>a</sup>	H <sub>4</sub>	

اسیدهومیك (میلی گرم بر کیلوگرم)

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌داری معنی‌دار نیستند.

D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> و D<sub>4</sub> به ترتیب برابر است با کم آبیاری در سطح ۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub> و H<sub>4</sub> اسیدهومیك در سطح ۲۵۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم

(جدول ۴). باتوجه به داده‌های مقایسه میانگین با افزایش تنش کم‌آبیاری تا سطح ۸۰ درصد ظرفیت زراعی، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی افزایش یافت. سپس، با افزایش تنش کم‌آبیاری، کاهش یافت به‌نحوی که بیشترین و کمترین وزن به‌ترتیب در تیمارهای ۸۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش کم‌آبیاری و اسیدهیومیک (جدول ۴) نشان داد که بیشترین تعداد برگ در تیمار شاهد خشکی و اسیدهیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، ۸۰ درصد ظرفیت زراعی تنش کم‌آبیاری و شاهد و ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اسیدهیومیک و کمترین تعداد برگ در تیمار ۴۰ درصد ظرفیت زراعی تنش کم‌آبیاری و صفر میلی‌گرم بر کیلوگرم اسیدهیومیک به‌دست آمد

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات متقابل کم‌آبیاری و اسیدهیومیک بر شاخص‌های رشدی و مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی سرخارگل (*Echinacea purpurea*)

تیمار	تعداد برگ	وزن تر ریشه (gr)	وزن خشک ریشه (gr)	فنل ریشه (mg.g <sup>-1</sup> )	فلاونوئید ریشه (mg.g <sup>-1</sup> )
D <sub>1</sub> H <sub>1</sub>	۱۵/۶۶ <sup>a</sup>	۳۰/۸۳ <sup>kl</sup>	۸/۰۷ <sup>e-i</sup>	۱۲۴/۵۴ <sup>i-l</sup>	۲۳/۹۶ <sup>c-e</sup>
D <sub>1</sub> H <sub>2</sub>	۱۳/۶۶ <sup>a-c</sup>	۴۰/۹ <sup>e-i</sup>	۸/۱۲ <sup>d-h</sup>	۱۴۰/۱۳ <sup>g-l</sup>	۲۶/۸۸ <sup>c-e</sup>
D <sub>1</sub> H <sub>3</sub>	۱۰/۳۳ <sup>e-g</sup>	۴۹/۶۶ <sup>b</sup>	۹/۷۸ <sup>b</sup>	۱۴۷/۱۸ <sup>g-k</sup>	۱۵/۱۱ <sup>e</sup>
D <sub>1</sub> H <sub>4</sub>	۷/۳۳ <sup>j</sup>	۴۴/۳۶ <sup>d-g</sup>	۸/۹ <sup>b-e</sup>	۱۵۷/۸۷ <sup>g-i</sup>	۲۲/۳۱ <sup>c-e</sup>
D <sub>2</sub> H <sub>1</sub>	۱۵/۶۶ <sup>a</sup>	۴۴/۷۸ <sup>de</sup>	۸/۸۴ <sup>b-f</sup>	۱۳۶/۱۷ <sup>h-l</sup>	۲۰/۵ <sup>c-e</sup>
D <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	۱۵/۶۶ <sup>a</sup>	۴۵/۱۸ <sup>cd</sup>	۹/۲۶ <sup>bc</sup>	۱۵۷/۷۴ <sup>g-j</sup>	۱۹/۱ <sup>de</sup>
D <sub>2</sub> H <sub>3</sub>	۱۰/۳۳ <sup>e-g</sup>	۴۹/۴ <sup>b</sup>	۹/۵ <sup>b</sup>	۱۶۸/۴۴ <sup>d-f</sup>	۲۸/۳۶ <sup>cd</sup>
D <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	۸ <sup>g-j</sup>	۶۴/۶۲ <sup>a</sup>	۱۴/۹۷ <sup>a</sup>	۱۶۵/۲۳ <sup>e-g</sup>	۶۵/۳۶ <sup>a</sup>
D <sub>3</sub> H <sub>1</sub>	۹/۳۳ <sup>f-i</sup>	۳۰ <sup>l</sup>	۶/۱ <sup>k</sup>	۲۰۹/۴۴ <sup>bc</sup>	۳۱/۹۸ <sup>c</sup>
D <sub>3</sub> H <sub>2</sub>	۹/۳۳ <sup>f-j</sup>	۳۵/۸۳ <sup>j</sup>	۶/۴۵ <sup>k</sup>	۱۹۷/۰۵ <sup>cd</sup>	۲۱/۰۸ <sup>c-e</sup>
D <sub>3</sub> H <sub>3</sub>	۱۰/۶۶ <sup>ef</sup>	۴۴/۴۱ <sup>d-f</sup>	۸/۷۶ <sup>c-g</sup>	۱۶۲/۷۷ <sup>gh</sup>	۲۶/۵۹ <sup>c-e</sup>
D <sub>3</sub> H <sub>4</sub>	۱۲ <sup>b-e</sup>	۴۷/۸۵ <sup>bc</sup>	۸/۹۶ <sup>b-d</sup>	۲۰۶/۳۰ <sup>c</sup>	۲۲/۵۶ <sup>c-e</sup>
D <sub>4</sub> H <sub>1</sub>	۷/۶۶ <sup>h-j</sup>	۲۹/۱۴ <sup>l</sup>	۵/۷۳ <sup>k</sup>	۲۵۳/۵۳ <sup>a</sup>	۳۴/۴۱ <sup>c</sup>
D <sub>4</sub> H <sub>2</sub>	۸/۳۳ <sup>f-j</sup>	۳۲/۱۵ <sup>jk</sup>	۶/۰۶ <sup>k</sup>	۲۵۶/۲۳ <sup>a</sup>	۲۴/۵۸ <sup>c-e</sup>
D <sub>4</sub> H <sub>3</sub>	۸/۶۶ <sup>f-j</sup>	۳۰/۸۳ <sup>kl</sup>	۶/۲۱ <sup>k</sup>	۱۹۶/۰۵ <sup>cde</sup>	۲۵/۹۷ <sup>c-e</sup>
D <sub>4</sub> H <sub>4</sub>	۱۰ <sup>e-h</sup>	۳۴/۰۸ <sup>j</sup>	۶/۵۱ <sup>f-k</sup>	۲۴۵/۱۶ <sup>ab</sup>	۴۹/۸۸ <sup>b</sup>

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌داری معنی‌دار نیستند.

D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> و D<sub>4</sub> به ترتیب برابر است با تنش کم‌آبیاری در سطح ۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی

H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub> و H<sub>4</sub> اسیدهیومیک در سطح ۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم

## به‌زراعی کشاورزی



تنش شد، به طوری که بیشترین وزن ریشه‌تر در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اسیدهیومیک و کمترین در تیمار تنش شدید ۴۰ درصد زراعی و اسیدهیومیک شاهد به دست آمد (جدول ۴). در این راستا، پژوهشی روی اثر اسیدهیومیک روی چند نوع گراس مورد مطالعه قرار گرفت و مشخص شد کاربرد اسیدهیومیک موجب افزایش شاخه و برگ گیاهان مرتعی می‌شود [۳۸]. یکی از دلایل آن می‌تواند دسترسی بیشتر به عناصر غذایی توسط اسیدهیومیک برای گیاه باشد که در نتیجه موجب افزایش اندام‌های هوایی می‌شود [۲۲].

نتایج مقایسه میانگین نشان داد با افزایش تنش خشکی، ترکیبات فنلی و فلاونوئید ریشه افزایش یافت (جدول ۳). اثر اسیدهیومیک فقط بر میزان فلاونوئید کل معنی‌دار بود (جدول ۲)، به گونه‌ای که بیشترین مقدار فلاونوئید در سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اسیدهیومیک و کمترین در سطح شاهد به دست آمد (جدول ۳). اثر متقابل کم‌آبیاری و اسیدهیومیک بر میزان هر دوی فنل کل و فلاونوئید کل معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان فنل کل در کم‌آبیاری ۴۰ درصد ظرفیت زراعی و شاهد و ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اسیدهیومیک حاصل شد و کمترین آن در تیمار کم‌آبیاری و اسیدهیومیک شاهد مشاهده گردید. بیشترین میزان فلاونوئید کل در کم‌آبیاری ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و اسیدهیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمترین مقدار در تیمار شاهد کم‌آبیاری و اسیدهیومیک به دست آمد. در شرایط تنش خشکی، به علت تضعیف سیستم ایمنی گیاه بادام‌زمینی (*Arachis hypogea* L.) دفاعی در مقاومت علیه میکروارگانیسم‌ها افزایش می‌یابد [۲۶]. از جمله مکانیسم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاهان تحت تنش خشکی، افزایش سطوح ترکیبات فنلی است، چرا که این گونه ترکیبات به عنوان پالاینده‌های گونه‌های واکنشگر اکسیژن عمل کرده و در نتیجه سبب ثبات غشاهای سلولی و مانع از پراکسیداسیون لیپیدها می‌شوند [۱۴].

نتایج این آزمایش با نتایج آزمایش دیگری روی اثر تنش خشکی بر گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis*) مطابقت داشت، به طوری که وزن خشک ساقه، اندام هوایی و ریشه افزایش یافت ولی در تنش متوسط و شدید، وزن خشک این اندام‌ها کاهش نشان داد [۳]. همچنین گزارش شده است که تنش کم‌آبیاری باعث کاهش وزن خشک ریشه می‌شود [۱]. اثر کاهنده کمبود آب بر عملکرد اندام هوایی بادربشو نیز گزارش شده است [۷]. احتمالاً در اثر تنش میزان تورژسانس سلول کاهش و در نتیجه رشد سلول‌ها نیز بر اثر تنش و اثر پدیده پلاسمولیز کمتر شده و در نتیجه میزان رشد گیاه کمتر و کاهش میزان وزن تر نیز به دلیل کاهش فتوسنتز می‌باشد. یکی دیگر از علل اصلی کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه در طول تنش، به تولید گونه‌های فعال اکسیژن یا ROS مربوط می‌باشد.

در طول تنش خشکی، گونه‌های فعال اکسیژن، افزایش یافته که موجب اختلال در سیستم انتقال الکترون شده و باعث ایجاد فعالیت‌های اکسیدانی در کلروپلاست، میتوکندری و میکروبادی‌ها می‌گردند [۳۳]. با افزایش سطح اسیدهیومیک وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی افزایش یافت، حداکثر و حداقل وزن به ترتیب در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و شاهد به دست آمد (جدول ۳). در تحقیقی روی سیب‌زمینی، گزارش شد که می‌توان افزایش وزن خشک ریشه را با کاربرد ترکیبات هیومیکی به این دلیل دانست که اسیدهیومیک با اثرات شبه‌هورمونی که دارد موجب افزایش رشد ریشه و بالطبع افزایش وزن خشک ریشه می‌شود [۸]. همچنین گزارش شده است اضافه کردن ۸ میلی‌گرم در لیتر هومات سدیم به خاکی با مواد آلی پایین که در آن ذرت کشت شده، به صورت معنی‌داری مقدار ریشه را افزایش می‌دهد [۱۸]. مقایسه میانگین اثر متقابل کم‌آبیاری و اسیدهیومیک روی وزن تر و خشک ریشه نشان داد که اسیدهیومیک باعث افزایش وزن ریشه در تمامی سطوح

جدول ۵. همبستگی بین صفات بررسی شده سر خار گل تحت تاثیر تنش کم آبیاری و اسیدهیومیک (*Echinacea purpurea*)

صفات بررسی شده	ارتفاع اندام هوایی	طول ریشه	تعداد برگ	وزن تر ریشه	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوایی	فصل کل ریشه	فصل کل ریشه	فلاونوئید کل ریشه	آنتی اکسیدان ریشه
ارتفاع اندام هوایی	۱										
طول ریشه	۰/۱۶۷ <sup>ns</sup>	۱									
تعداد برگ	۰/۳۹۱ <sup>o</sup>	۰/۱۰۸ <sup>ns</sup>	۱								
وزن تر ریشه	۰/۶۸۰ <sup>oo</sup>	-۰/۲۹۷ <sup>o</sup>	۰/۱۵۳ <sup>ns</sup>	۱							
وزن تر اندام هوایی	۰/۶۵۶ <sup>oo</sup>	۰/۲ <sup>ns</sup>	۰/۲۹ <sup>ns</sup>	۰/۸۱۳ <sup>oo</sup>	۱						
وزن خشک ریشه	۰/۶۱۳ <sup>oo</sup>	-۰/۳۵۲ <sup>oo</sup>	۰/۰۸۸ <sup>ns</sup>	۰/۹۶۲ <sup>oo</sup>	۰/۷۹۳ <sup>oo</sup>	۱					
وزن خشک اندام هوایی	۰/۳۳۴ <sup>o</sup>	-۰/۲۷۷ <sup>ns</sup>	-۰/۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۶۷۰ <sup>oo</sup>	۰/۷۰۷ <sup>oo</sup>	۰/۶۱۴ <sup>oo</sup>	۱				
فصل کل ریشه	-۰/۷۰۲ <sup>oo</sup>	۰/۲۲۴ <sup>ns</sup>	-۰/۵۳ <sup>oo</sup>	-۰/۵۳۱ <sup>oo</sup>	-۰/۵۵ <sup>oo</sup>	-۰/۴۸۵ <sup>oo</sup>	-۰/۳۹۸ <sup>o</sup>	۱			
فلاونوئید کل ریشه	-۰/۰۷۳ <sup>ns</sup>	-۰/۱۷ <sup>ns</sup>	-۰/۲۷ <sup>ns</sup>	۰/۲۴۹ <sup>ns</sup>	۰/۲۱۳ <sup>ns</sup>	۰/۳۳۳ <sup>o</sup>	۰/۱۵۷ <sup>ns</sup>	۰/۲۱۳ <sup>ns</sup>	۱		
آنتی اکسیدان ریشه	-۰/۰۷۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۱۱ <sup>ns</sup>	-۰/۰۷۰ <sup>ns</sup>	-۰/۰۳۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۸ <sup>ns</sup>	-۰/۰۸۳ <sup>ns</sup>	-۰/۱۳۹ <sup>ns</sup>	۰/۱۷۸ <sup>ns</sup>	-۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۱	

ns و oo: به ترتیب معنی دار در سطح ۱ و ۵ درصد. و عدم معنی داری

### همبستگی صفات بررسی شده

ضرایب همبستگی صفات بررسی شده نشان داد که بین طول ریشه و ارتفاع اندام‌هوایی رابطه منفی و بین ارتفاع اندام‌هوایی و طول ریشه با وزن تر و خشک آن‌ها همبستگی مثبت در سطح یک درصد وجود داشت. از روابط بین صفات رشدی، مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی می‌توان به همبستگی منفی بین طول اندام‌هوایی و میزان فنل کل، فلاونوئیدکل و آنتی‌اکسیدان اشاره کرد. همین‌طور بین طول ریشه و میزان فلاونوئید و آنتی‌اکسیدان همبستگی منفی وجود داشت. طبق نتایج همبستگی (جدول ۵)، بین میزان فنل ریشه و فلاونوئید ریشه همبستگی مثبت وجود دارد. همچنین میزان فنل کل با افزایش تعداد برگ، وزن تر و خشک ریشه و اندام‌هوایی، کاهش می‌یابد. در تحقیقی رابطه مستقیمی بین ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی در بای‌بری (Bayberry) گزارش شد [۱۴].

### نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج حاصله در این آزمایش می‌توان بیان نمود کم‌آبایی تأثیر معنی‌داری بر گیاه دارویی سرخارگل دارد. طی بروز تنش کم‌آبایی طول اندام‌هوایی گیاه، تعداد برگ و وزن تر و خشک اندام‌هوایی و ریشه کاهش و ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی برای مقابله با اثرات آسیب‌رسان تنش اکسیداتیو ناشی از کم‌آبایی افزایش یافت. استفاده از اسیدهیومیک اثرات مثبت و معنی‌داری بر گیاه سرخارگل در مواجهه با تنش خشکی داشت، به‌طوری‌که سبب بهبود خصوصیات مورفولوژیکی و افزایش در فنل کل ریشه سرخارگل شد. در نهایت می‌توان گفت کاربرد اسیدهیومیک در خاک با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در شرایطی که آب در دسترس گیاه تا حد ۶۰ درصد ظرفیت‌زراعی است، می‌تواند مفید واقع شود.

در بررسی اثر تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن‌گلاکول در گندم مشخص شده است که علت بالا رفتن سطوح ترکیبات فنلی، افزایش فعالیت و میزان آنزیم بیوستتزی فنل‌ها (فنیل‌آل‌انین‌آمونیا‌لیاز) است [۲۵ و ۳۵]. در آزمایشی روی تأثیر اسیدهیومیک بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و کیفیت میوه‌ی فلغل، میزان فنل کل تحت تأثیر اسیدهیومیک قرار نگرفت ولی فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی افزایش یافت [۲۷].

باتوجه به جدول مقایسه میانگین در سطح احتمال ۵ درصد، با افزایش تنش کم‌آبایی میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی ریشه افزایش یافت به‌گونه‌ای که حداکثر آن در کم‌آبایی ۶۰ درصد ظرفیت‌زراعی به‌دست آمد (جدول ۳). در تحقیقی روی گندم مشخص شد تنش کم‌آبایی به‌طور معنی‌داری سبب افزایش مقاومت روزنه‌های و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در همه ژنوتیپ‌های گندم گردید [۲۳ و ۳۷]. امروزه برخی از محققان معتقدند که افزایش میزان آنتی‌اکسیدان‌های  $SOD^1$ ،  $CAT^2$  و  $GPX^3$  تحمل گیاه را به تنش‌های محیطی افزایش می‌دهند [۲۰]. با افزایش سطح اسیدهیومیک بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی ریشه افزوده شد ولی اثر آن معنی‌دار نبود (جدول ۳). نوع خاک و میزان ترکیبات هیومیکی موجود در خاک می‌تواند اثرات قابل‌توجهی داشته باشد به‌گونه‌ای که هرچه ترکیبات هیومیکی خاک بیشتر باشد، فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن بیشتر است [۳۳]. در همین راستا نتایج تحقیقی روی اثر اسیدهیومیک و تنش شوری بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه سرخارگل نشان داد کاربرد اسیدهیومیک سبب افزایش معنی‌دار میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در این گیاه می‌شود [۶].

1 Superoxide dismutase  
2 Catalase  
3 Glutathione peroxidase

## منابع

۱. آرمین م و کیوانلوع (۱۳۹۴) اثر محلول پاشی متانول بر خصوصیات ریخت شناسی ریشه و اندام هوایی ذرت در شرایط تنش خشکی. پژوهش های به زراعی. ۳۹-۲۷: (۱)۷.
۲. حسنی ع (۱۳۸۵) بررسی اثر کمبود آب بر رشد و عملکرد و میزان اسانس گیاه بادرشبو (*Dracocephalum moldavica*) تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۲ (۳): ۲۶۱-۲۵۶.
۳. رسام ق ع، دادخو ع ر و خشودیزدی ا (۱۳۹۳) ارزیابی تأثیر کمبود آب بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه دارویی زوفا. دانش زراعت. ۵ (۱۰): ۱-۱۲.
۴. ریزی ش، محمدی ل، محمدخانی ع ا و برزگر ر (۱۳۹۴) بهبود کیفیت گل حنای گینه نو (*Impatiens hawkeri*) با کاربرد کود کندرهش و اسیدهیومیک در بستر کشت. به زراعی کشاورزی. ۱۷ (۴): ۴۴۰-۴۳۱.
۵. سنجر میجانی م، سیروس مهر ع ر و فاخری ب ع (۱۳۹۴). اثر تنش خشکی و اسیدهیومیک بر برخی ویژگی های فیزیولوژیک چای ترش (*Hibiscus sabdarifa*). به زراعی کشاورزی. ۱۷ (۲): ۴۱۴-۴۰۳.
۶. سهیلی ص و افتخاریان جهرمی ع ر (۱۳۹۴) ارزیابی اثر هیومیک اسید و تنش شوری بر فعالیت آنتی اکسیدانی گیاه سرخارگل *Echinacea purpurea*. کنفرانس بین المللی علوم و مهندسی. ۶ ص.
۷. صفی خانی ف، حیدری شریف آباد ح، سیادت س ع، شریفی عاشورآبادی ا، سیدنژاد س م و عباس زاده ب (۱۳۸۶). تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و صفات مورفولوژیک گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum*
۸. قاسمی ا، توکلوم ر و ذبیحی ح ر (۱۳۹۱) تأثیر نیتروژن، پتاسیم و اسیدهیومیک بر رشد رویشی، جذب عناصر نیتروژن و پتاسیم در مینی تیوبر سبب زمینی تحت شرایط گلخانه ای. زراعت و اصلاح نباتات. ۸ (۱): ۵۶-۳۹.
۹. کریم زاده اصل خ د، مظاهری س و پیغمبری ع (۱۳۸۲) اثر چهار دور آبیاری بر عملکرد و صفات کمی سه رقم آفتابگردان. علوم کشاورزی ایران. ۳۴ (۲): ۳۰۱-۲۹۳.
۱۰. میرحاجیان (۱۳۹۱) اسیدهیومیک چیست؟ ماهنامه تحلیلی خبری، آموزشی مهندسی کشاورزی. ۳۳: ۱۶-۷.
11. Abdul Jaleel C, Manivannan P, Wahid A, Farooq M, Somasundaram R and Panneerselvam R (2009) Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agricultural Biology. 11: 100-105.
12. Aminifard M H, Aroiee H, Azizi M, Nemati H and Hawa Z E (2012) Effect of Humic Acid on Antioxidant activities and fruit quality of Hot Pepper (*Capsicum annuum* L.). Journal of Herbs Spices and Medicinal Plants. 18: (4) 360-369.
13. Bannayan M, Nadjafi F, Azizi M, Tabrizi L and Rastgoo M (2008) Yield and seed quality of *Plantago vate* and *Nigella sativa* under different irrigation treatments. Industrial Crops and Products. 27: 11-16.
14. Blokhina O, Virolainen E and Fagerstedt K (2003) Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. Annals of Botany 91: 179- 194.

15. Chang C C, Yang M H, Wen H M and Chern J C (2002) Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*. 10: 178-82.
16. 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.
17. Chevallier J, (1996) *The encyclopedia of medicinal plants*. Dorling Kindersley Ltd. Publ. London.
18. Cordeiro F, Catarina C, Silveira V and Souza S (2011) Humic acid effect on catalase activity and the generation of reactive oxygen species in corn (*Zea mays*). *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*. 75:70-74.
19. Gumul D, Korus J and Achremowicz B (2007) The influence of extrusion on the content of polyphenols and antioxidant/antiradical activity of rye grains (*Secale cereal L.*). *ACTA Scientiarum Polonorum*. 6:103-111.
20. 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.
21. Gladisheva O N (1995) Experimental studies on production and processing technology, and establishment of raw material uses and seed plantation of *E. Purpurea* under samara region. *Russian Academic Agricultural Science*. (1995) p: 214 – 3.
22. Hui Y H (1996) *Beiley's industrial oil and fat products*. 5th ens Vol 1-V Wiley- Interscience Pub New York.
23. Jones C A, Jacobsen J S and Mugaas A (2004) Effect of humic acid phosphorus availability and spring wheat yield. *Fertilizer Facts*. No 32, Extension service, Montana State University USA.
24. Khalid K A (2006). Influence of water stress on growth, essential oil and chemical composition of herbs (*Ocimum sp.*). *International Agrophysics*. 20: 289-296.
25. Khazaie H R and Borzooei 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.
26. 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.
27. Lee Y S and Bartlett R J (2010) Stimulatin of plant growth by humic subectances. *Soil science*. 40:876-879.
28. Mahajan S and Tuteja N (2005) Cold, salinity and drought stress: an overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 444(2): 139-158.
29. Mrozikiewicz P M, Bogacz A, Karasiewicz M, Mikołajcza P L, Ozarowski k M, Seremak-Mrozikiewicz A, Czerny B, Bobkiewicz-Kozłowska T and Grzeskowiak E (2010) The effect of standardized *Echinacea purpurea* extract on rat cytochrome P450 expression level. *Phytomedicine*. 17: 830-833.
30. Naczka M and Shahidi F (1989) The effect of methanol-ammonia-water treatment on the content of phenolic acids of canola. *Food Chem*. 31:159-164.
31. Oszmanski J (1995) Polyphenols as antioxidants in food. *Przem Spoz* 3:94-96 (in Polish).

32. Pandey R K, Maranville J W and Admou A (2001) Tropical wheat response to irrigation and nitrogen in a Sahelian environment. I. Grain yield, yield components and water use efficiency. *European Journal of Agronomy*. 15: 93-105.
33. Reddy A R, Chaitanya KV and Vivekanandan M (2004) Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *J. Plant Physiol.* 161:1189-1202.
34. Rimmer D L (2006) Free radicals, antioxidants, and soil organic matter recalcitrance. *Eur. J. Soil Sci.* 57:91-94.
35. Schaller G and Kieber J (2002) Ethylene. *American Society Plant Biologists*. 1-17.
36. Shubhra K, Dayal J, Goswami G L and Munjal R (2004) Effects of water-deficit on oil of *Calendula* aerial parts. *Biologia Plantarum*. 48(3): 445-448.
37. Tian X and Lei Y (2006) Nitric oxide treatment alleviates drought stress in wheat seedlings. *Biologia Plantarum*. 50(4):775-778.
38. Verlinden G, Coussens T, DeVliegher A and Baert G (2010) Effect of humic substances on nutrient uptake by herbage and on production and nutritive value of herbage from sown grass pastures. *Grass and Forage Science*. 65: 133-144.