Archiv

نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد دوازدهم، شماره سوم، پاییز ۹۸
۱۰۱-۱۲۰
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejcp.2019.16177.2205

اثر فواصل آبیاری بر شاخص‌های رشدی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی سرخارگل (*Echinaceae purpurea* (L.) Monch.) تحت محلول‌پاشی اسیدهیومیک

حسین گرگینی شبانکاره[1*]، سارا خراسانی‌نژاد[2]، مرتضی صادقی[3]، پونه ابراهیمی[4]

[1]دانشجوی دکتری علوم باغبانی-گیاهان دارویی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[2]استادیار گروه علوم باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[3]معاون بهبود تولیدات گیاهی جهاد کشاورزی گلستان،
[4]دانشیار گروه شیمی دانشگاه گلستان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۲۲

چکیده

سابقه و هدف: خشکی از مهمترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان در سرتاسر جهان و شایع‌ترین تنش محیطی است. باتوجه به خطر جدی خشکی و کمبود آب، استفاده از روش‌های مناسب جهت بهبود اثرات منفی ناشی خشکی موردتوجه گرفته است. اخیراً استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج فراوان یافته‌است. 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. لذا در همین راستا آزمایشی با هدف بررسی اثر رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی اسیدهیومیک بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی سرخارگل انجام شد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه غیرانتفاعی بهاران گرگان به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش در چهار سطح دورآبیاری (شامل سه روز به‌عنوان شاهد، شش، نه و دوازده روز یکبار آبیاری) و چهار سطح محلول‌پاشی اسیدهیومیک (شامل صفر، ۱۵۰، ۳۰۰ و ٤٥٠ میلی‌گرم‌درلیتر) در کرت‌هایی با ابعاد یک در یک‌ونیم متر لحاظ گردید. صفات موردارزیابی عبارت از ارتفاع بوته، طول ریشه، وزن تازه و خشک بوته، وزن تازه و خشک ریشه، پرولین برگ، محتوای نسبی آب برگ، کارتنوئید، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل‌کل و قند محلول بودند.

یافته‌ها: نتایج حاکی از آن بود که افزایش فاصله آبیاری سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، طول ریشه، وزن تر گیاه، وزن تر و خشک ریشه گردید. در حالی‌که بیشترین میزان وزن خشک گیاه (۹/٤١ گرم در گیاه) و طول ریشه (٤٠/١٠ سانتی‌متر) به‌ترتیب از شش و نه روز یکبار آبیاری مشاهده شد. همچنین اثر دور آبیاری در بالاترین سطح منجربه کاهش ۲۹/۸۸ درصدی محتوای نسبی آب برگ و افزایش ٦٩/٢٩ درصدی پرولین نسبت به شاهد گردید. میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی و قند محلول در اثر دور آبیاری افزایش یافت و در سطح سوم آبیاری (نه روز یکبار آبیاری) به‌ترتیب ۷۹/۳۲ و ۵۰/۲۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر به حداکثر مقدار خود رسید. تیمار اسیدهیومیک نیز بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده مورد بررسی به‌جز کارتنوئید اثر معنی‌داری داشت و این تأثیر در ٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر به حداکثر خود رسید در شرایط نه روز یک‌بار آبیاری محلول‌پاشی با ٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش ۰/۵۸ درصدی پرولین نسبت به عدم مصرف آن در این شرایط گردید. حداکثر مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی (٨٢/٦٧ میلی‌گرم در

*مسئول مکاتبه: h.shabankareh92@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

میلی‌لیتر) از سطح سوم دور آبیاری و کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک و بیشترین مقدار قند محلول (۵۳/۵۶ میلی‌گرم در گرم) از سطح سوم دور آبیاری و کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتراسیدهیومیک مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش فاصله آبیاری به‌طور معنی‌داری سبب کاهش صفاتی نظیر ارتفاع بوته، طول ریشه، وزن تازه و خشک بوته، وزن تازه و خشک ریشه و محتوای نسبی آب برگ، گردید. در مقابل میزان برخی صفات نظیر پرولین، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل‌کل و قند محلول افزایش یافت. با این‌حال اسیدهیومیک از گیاهان سرخارگل در برابر تنش خشکی محافظت کرد و سبب کاهش خسارات ناشی از خشکی گردید. به‌طورکلی نتایج این آزمایش، کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک در شرایط ۹ روز یکبار آبیاری را به‌عنوان بهترین تیمار از لحاظ اقتصادی معرفی می‌کند، زیرا با مصرف کمتر آب و اسیدهیومیک، می‌توان به همان میزان عملکرد متابولیت‌ها که سطوح بالاتر این کاربردها دارند، دست یافت.

واژه‌های کلیدی: اسیدآلی، پرولین، تنش کم‌آبی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، قند محلول

مقدمه

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 به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک دنیاست (۲۳). تنش طولانی مدت رطوبتی برتمام فرآیندهای متابولیکی گیاه اثر می‌گذارد و اغلب موجب کاهش تولید گیاه می‌شود (۱). در مطالعه‌ای که روی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) انجام شد، مشاهده گردید که تنش کم‌آبی بر عملکرد اندام هوایی، عملکرد و بازده اسانس تأثیر می‌گذارد به‌طوری‌که با افزایش سطوح خشکی صفات مورفولوژیکی کاهش و در مقابل خشکی تا سطح ۸۰ درصد ظرفیت زراعی سبب افزایش درصد اسانس و عملکرد اسانس می‌گردد (۲۰). همچنین اثر تنش خشکی روی برخی خصوصیات مورفولوژیکی، کمیت و کیفیت اسانس در اسطوخودوس نشان داد که در سطوح اولیه تنش خشکی درصد اسانس افزایش یافت درحالی‌که با شدید شدن تنش (۵۵ درصد ظرفیت‌زراعی) علی‌رغم کاهش در درصد اسانس تولید شده، کیفیت اسانس افزایش یافت (۲۶). بررسی اثر تنش خشکی روی برخی خصوصیات مورفولوژیکی، کمیت و کیفیت اسانس نعناع‌فلفلی نشان داد که سطوح اولیه تنش خشکی درصد اسانس افزایش یافت درحالی‌که با افزایش تنش (۷۰ درصد ظرفیت‌زراعی) علی‌رغم کاهش در درصد اسانس تولیدشده، کیفیت اسانس افزایش یافت که دلیل آن را اثر کم‌آبی بر مسیرهای بیوسنتزی متابولیت‌های ثانویه دانسته‌اند (۲۵).

فراهم نمودن حاصلخیزی مناسب خاک با استفاده متعادل از کودهای شیمیایی و تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه یکی از جنبه‌های مهم مدیریت زراعی جهت حصول حداکثر عملکرد و کیفیت مطلوب محصولات دارویی و حداقل نمودن اثرات مضر آن‌ها بر محیط زیست می‌باشد (۱۹). لذا درهمین راستا اخیراً استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج فراوان یافته‌است. مقادیر بسیار کم از اسیدهای آلی به دلیل وجود ترکیبات هورمونی، اثرات قابل ملاحظه‌ای در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارند (۳۸). بنابراین استفاده از انواع کودهای طبیعی از جمله اسیدهیومیک، بدون اثر مخرب

www.SID.ir

Archive of SID

زیست محیطی، جهت بالا بردن عملکرد می تواند مثمرثمر واقع شود. اسیدهیومیک ترکیب پلیمری طبیعی آلی است که درنتیجه پوسیدگی مواد آلی خاک، پیت، لیگنین و غیره به‌وجود می‌آید که می‌تواند جهت افزایش محصول و کیفیت آن به‌کار گرفته شود (۱). از مزایای مهم اسیدهیومیک می‌توان به کلات‌کنندگی عناصر غذایی مختلف مانند سدیم، پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن، مس و سایر عناصر در جهت غلبه بر کمبود عناصر غذایی اشاره کرد که سبب افزایش طول و وزن ریشه و آغازش ریشه‌های جانبی می‌شود (۱). اسیدهیومیک با اصلاح فیزیکی و بهبود دانه‌بندی خاک فضای بیشتری برای نفوذ آب ایجاد می‌کند. به‌علاوه، مولکول‌های اسیدهیومیک با مولکول‌های آب پیوندی تشکیل می‌دهند که تاحدود زیادی مانع تبخیر آب می‌شود (۳۱). همچنین اسیدهیومیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو، سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌شود (۱۶). در انگور، تیمار محلول‌پاشی اسیدهیومیک سبب بهبود تحرک و کارایی عناصر غذایی و افزایش مقدار روی و آهن برگ و درنتیجه افزایش فتوسنتز و افزایش تولید کربوهیدرات و پروتئین شد (۴۵). مطالعه اثر تنش خشکی و اسیدهیومیک روی گیاه چای‌ترش نشان داد که اسیدهیومیک سبب افزایش محتوای کلروفیل a و b و کارتنوئید و کاهش میزان پرولین می‌گردد، شد (۴۵).

بررسی اثر اسیدهیومیک بر پروتئین‌های محلول و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی 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 که نقش محافظتی در برابر تنش ایفا می‌کنند، افزایش یافت (۳). بررسی اثر رژیم‌های آبیاری و کاربرد اسیدهیومیک بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی خرفه در شرایط گلخانه نشان داد که محلول‌پاشی ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک به‌ترتیب در شرایط رژیم آبیاری ۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی موجب افزایش ۱۲/۳۴ درصدی فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ۳۶/۹ درصدی قندهای محلول گردید (۴). همچنین بررسی اثر تنش خشکی و اسیدهیومیک بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه دارویی چای‌ترش نشان داد که با افزایش تنش خشکی و اسیدهیومیک از محتوای کارتنوئید (۷۹/۶۳ درصد) و محتوای رطوبت نسبی (۱۲/۵۹ درصد) کاسته شد درحالی‌که بر غلظت پرولین (۲۶/۸ درصد) افزود که کاربرد اسیدهیومیک از شدت اثرات منفی تنش خشکی بر گیاه کاسته است (۱).

سرخارگل (*Purpleconeflower*) با نام علمی *Echinaceae purpurea* (L.) Monch گیاهی علفی و چندساله است. این گیاه متعلق به تیره Asteraceae و منشأ آن شمال آمریکا گزارش شده است. سرخارگل در درمان بیماری‌های دستگاه ادراری، اختلالات تنفسی و عفونت‌های ویروسی استفاده می‌شود (۵۰). باتوجه به این که خشکی و کم‌آبی در ایران همواره از مهمترین مسائل و مشکلات کشاورزی است و از این پدیده طبیعی وغیرقابل تغییر راه فراری نیست و با عنایت به تأثیر منفی خشکی در محدود نمودن تولید محصولات، استفاده از نظام‌های کشاورزی پایدار و معرفی روش‌های مدیریتی نظیر کاربرد کودهای زیستی و آلی از طریق چنین بررسی‌هایی ضروری است و از طرفی علی‌رغم خصوصیات دارویی منحصر به‌فرد گیاه سرخارگل و مقاومت بالای این گیاه به شرایط تنشی، پژوهش حاضر، به‌منظور ارزیابی کاربرد اسیدهیومیک در جهت نیل به اهداف کشاورزی پایدار و تعیین نیاز آبی گیاه دارویی سرخارگل در شرایط

www.SID.ir

Archive of SID

رژیم‌های آبیاری برای افزایش کارایی مصرف آب، اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر دورآبیاری و سطوح مختلف اسیدهیومیک بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی سرخارگل، آزمایشی درسال زراعی ۹۶- ۱۳۹۵ درمزرعه تحقیقاتی مؤسسه غیرانتفاعی بهاران شهر گرگان که در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و به طول ۵۳ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۵۵ متر از سطح دریا در استان گلستان قرار دارد، اجراشد.این تحقیق به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای دور آبیاری درچهار سطح شامل ۳ (D1)، ۶ (D2)، ۹ (D3) و ۱۲ (D4) روز به‌عنوان عامل اصلی و محلول‌پاشی اسیدهیومیک در چهار غلظت (صفر(H1)، ۱۵۰ (H2)، ۳۰۰ (H3) و ٤٥٠ (H4) میلی‌گرم در لیتر به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند.جهت اعمال تیمار هیومیک از پودر اسیدهیومیک ٪۹۵ با نام تجاری هیومکس (Humax-®) WSG 95) ساخت کشور آمریکا (حاوی ٪۸۰ اسیدهیومیک و ٪۲۰ اسیدفولیک) در آزمایشگاه مؤسسه غیرانتفاعی بهاران به‌دقت وزن شد، سپس غلظت‌های مدنظر آن تهیه و برای اعمال تیمار اسیدهیومیک استفاده شدند.

مراحل آماده‌سازی زمین شامل شخم با گاوآهن برگردان‌دار، خرد نمودن کلوخه‌ها با دیسک و ایجاد کرت‌هایی با مساحت داخلی ۱×۱/۵ متر و فواصل کاشت ٤٠ ×٤٠ سانتی‌متر روی ردیف و بین ردیف، فاصله هر کرت از کرت مجاور ۵۰ سانتی‌متر توسط فارووِر در اوایل اسفندماه انجام شد. اواخر اسفندماه نشاءهای سرخارگل تهیه شده از شرکت زرین‌گیاه ارومیه، در کرت‌های آماده شده به تعداد ٦ نشاء در هر کرت کشت شدند. وجین علف‌های هرز در واحدهای آزمایشی در سه نوبت (یک مرحله قبل از اعمال تیمارهای آبیاری، مرحله دوم در اواسط دوره رشدی گیاه و مرحله سوم در قبل از دوره گل‌دهی) به‌صورت دستی انجام شد. جهت شناسایی خصوصیات فیزیکیوشیمیایی خاک محل آزمایش، نمونه خاکی از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری برداشت که نتایج در جدول ۱ ارائه شده‌است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physical and chemical propertiesof soil

شماره آزمایشگاه Lab.No	مشخصات نمونه Description	pH	هدایت الکتریکی (دسی سیمنس بر متر) EC*10(ds/m)	اشباع(درصد) SP(%)	مواد خنثی شونده(درصد) T.N.V(%)	ازت(درصد) N(%)	کربن آلی(درصد) O.C(%)	فسفر قابل‌جذب(پی‌پی‌ام) P(ava)(ppm)	پتاسیم قابل‌جذب (پی‌پی‌ام) K(ava)(ppm)	رس(درصد) Clay(%)	لای(درصد) Silt(%)	ماسه(درصد) Sand(%)	بافت Texture
947	گرگان Gorgan	7.29	5.005	54.93	16.34	0.11	1.1	794	5.4	42	44	14	Clay-Silty

www.SID.ir

Archive of SID

به‌منظور ایجاد شرایط مناسب برای استقرار بوته‌ها، گیاهان چندین مرحله تا ۱۵ فروردین‌ماه ۱۳۹٦ به‌صورت یکسان آبیاری شدند. سپس اعمال تیمار دور آبیاری در چهار سطح ۳، ٦، ۹ و ۱۲ روز یکبار آبیاری برای هر کرت تا پایان دوره رشد انجام شد. جدول ۲ بیانگر میزان بارش و متوسط دمای ماهیانه در فروردین لغایت شهریور ۱۳۹٦ می‌باشد.

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی نیمه اول سال ۱۳۹٦ شهرگرگان (مأخذ از مرکز هواشناسی گرگان، ۱۳۹٦)

Table 2- Meteorological info of Gorgan-Between March to August 2017

شش ماه سال ۱۳۹٦ Six mounths in 2017	بارش متوسط ماهانه Mean of Monthly rainfall	دمای متوسط ماهانه Mean of Monthly Temprature
فروردین March	53.4	14.9
اردیبهشت April	5.2	22
خرداد May	0.3	26.4
تیر June	8	29
مرداد July	0	29.6
شهریور August	72.3	26.5

حدود ۱۲هفته پس از شروع تیمارهای رژیم آبی (زمانی که ٪۵۰ بوته‌ها در مرحله گلدهی کامل بودند)، اقدام به اندازه‌گیری ویژگی‌های مورفولوژیکی (ارتفاع بوته، طول ریشه، وزن خشک و ترساقه، وزن خشک و تر ریشه) فیزیولوژیکی و بیوشمیایی (رطوبت نسبی آب برگ، پرولین، قند محلول، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل‌کل و کارتنوئید) گردید. به‌طوری‌که از هر تیمار، سه نمونه برای هر کرت انتخاب شده، طول ریشه و اندام هوایی با خط‌کش، وزن خشک ریشه و اندام هوایی، پس از قراردهی دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت، پرولین و رطوبت نسبی آب برگ اندازه‌گیری گردید. بعد از حذف ریشه و خشک نمودن سرشاخه هوایی در دمای اتاق، اندازه‌گیری وزن خشک گیاه، عصاره متانولی از اندام هوایی تهیه و صفاتی نظیر فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل، فنل‌کل، پرولین برگ، قند محلول و کارتنوئید برای هر تکرار اندازه‌گیری شد.

میزان فنل‌کل برگ، به‌روش فولین‌سیوکالتو اندازه‌گیری شد (۲۹). اندازه‌گیری میزان مهار رادیکال‌های آزاد (فعالیت آنتی‌اکسیدانی) از روش DPPH (دی‌فنیل پیکریل‌هیدرازیل) انجام شد. سنجش و استخراج قندهای محلول با استفاده از روش اوموکولو انجام شد (۳٤). برای تعیین غلظت کارتنوئید از روش بارنس (۱۹۹۲) استفاده شد (۱۰). برای اندازه‌گیری پرولین برگ از روش بیتز استفاده (۲۸) وتعیین درصد محتوای نسبی آب برگ، از روش یاماساکی و دیلنبارگ (۱۹۹۱) انجام شد (۵۱). تجزیه و تحلیل داده‌ها (تجزیه واریانس و مقایسه میانگین به‌روشLSD) با استفاده از نسخه ۹/۲ نرم‌افزار SAS و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) تیمارهای آبیاری اعمال شده بر تمامی صفات مورد اندازه‌گیری در سطح یک درصد اثر معنی‌دار داشتند. همچنین اثر اسیدهیومیک بر تمامی خصوصیات گیاه به‌جز کارتنوئید معنی‌دار شد و اثر متقابل دور آبیاری و اسیدهیومیک به جز کارتنوئید، بر فنل کل وطول ریشه اثر معنی‌دار داشت.

ارتفاع بوته، وزن تر و خشک بوته: شاخص‌های رشدی نظیر ارتفاع بوته، وزن تر و خشک بوته به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر تیمارهای دور آبیاری،

www.SID.ir

Archive of SID

اسیدهیومیک و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفتند (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان ارتفاع بوته با میانگین ۲۸/۹۲سانتی‌متر مربوط به سطح اول تیمار دور آبیاری (هر سه روز یکبار آبیاری) و کمترین مقدار آن با میانگین ۲۰/٤۸ سانتی‌متر مربوط به سطح چهارم دور آبیاری (دوازده روز یکبار آبیاری) بود (جدول ٤).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر دور آبیاری و اسیدهیومیک بر شاخص‌های رشدی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی سرخارگل

Table 3- Analysis of variance of Irrigatian Cycle and Humic acid on Morphophysiologycal and biocemical of (*Echinaceae purpurea*)

منبع تغییرات (S.O.V)	Mean of squares میانگین مربعات						
	درجه آزادی df	طول ریشه Length of root	وزن خشک گیاه Dry weight of plant	وزن تازه گیاه Fresh weight of plant	ارتفاع بوته Plant height	وزن خشک ریشه Dry weight of root	وزن تازه ریشه Fresh weight of root
تکرار Replicate	2	1.07	3.04	5.01	0.43	0.98	4.79
دورآبیاری Irrigatian Cycle	3	95.13**	51.97**	99.06**	168.10**	19.37**	232.67**
اسیدهیومیک Humic acid	3	28.25**	45.54**	78.19**	15.41**	31.02**	377.29**
دور آبیاری×اسید هیومیک Irrigatian Cycle×Humic acid	9	3.46ns	12.76**	13.22*	5.84**	11.14**	227.53**
خطا Error	24	1.43	0.53	2.35	0.82	0.78	2.49
ضریب تغییرات (CV)		3.22	11.24	6.77	3.61	10.48	3.88

*،** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌دار بودن می‌باشد.

*,** and ns are significant at 5% and 1% probability levels and non-significant, respectively

ادامه‌جدول۳- تجزیه واریانس اثر دور آبیاری و اسیدهیومیک بر شاخص‌های رشدی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی سرخارگل

Table 3- Analysis of variance of Irrigatian Cycle and Humic acid on of on Morphophysiologycal and biocemical of (*Echinaceae purpurea*)

منبع تغییرات (S.O.V)	Mean of squares میانگین مربعات						
	درجه آزادی df	فنل کل Total Phenol	پرولین Proline	قند محلول Soluble Suger	فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity	کارتنوئید Carotenoid	محتوای نسبی آب برگ RWC
تکرار Replicate	2	0.0001	0.011	11.84	33.90	0.004	7.46
دورآبیاری Irrigatian Cycle	3	0.0009**	0.198**	1009.57**	1127.58**	0.019**	2044.77**
اسیدهیومیک Humic acid	3	0.0013**	0.319**	187.07**	158.15*	0.012ns	188.82**
دور آبیاری × اسید هیومیک Irrigatian Cycle × Humic acid	9	0.0001ns	0.057*	66.01*	109.97*	0.001ns	30.26*
خطا Error	24	0.00003	0.010	11.99	18.57	0.001	5.77
ضریب تغییرات(CV)		8.83	5.37	9.12	6.46	8.18	3.84

*،** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌دار بودن می‌باشد.

*,** and ns are significant at 5% and 1% probability levels and non-significant, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

کاربرد ٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک موجب افزایش معنی‌دار این صفت نسبت به شاهد گردید. البته کاربرد ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک نیز بهبود در این صفت را نسبت به شاهد تحت‌تاثیر قرار داد (جدول ٥). با کاهش سطح آبیاری ناشی از افزایش فاصله آبیاری،وزن تر و خشک بوته به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ٦). بیشترین میزان وزن تازه و خشک گیاه از محلول‌پاشی ٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک حاصل شد به‌طوری‌که این اختلاف به‌ترتیب برای وزن تازه و خشک گیاه نسبت به شاهد ۱۲/٦۳ و ۳/٥۲ درصدی را تحت‌تاثیر قرار داد (جدول ٤). در تیمارهای ترکیبی، با افزایش دور آبیاری مقادیر صفات ارتفاع بوته کاهش ولی در مقابل صفات وزن تازه و خشک گیاه تا سطح سوم دور آبیاری (نه روز یکبار) افزایش یافت. همچنین در تیمارهای ترکیبی با افزایش کاربرد اسیدهیومیک تا٤٥٠ میلی‌گرم درلیتر مقادیر این صفات افزایش یافت. به‌طور کلی برای صفت ارتفاع بوته کاربرد ٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک در شرایط هر سه روز یکبار آبیاری باعث بیشترین تاثیر بر صفت ارتفاع گردید (جدول ٦). در حالی‌که برای صفات وزن تازه و خشک گیاه بیشترین مقدار به‌ترتیب ٦۳/٦۲ و ۱٥/۱۹ گرم در گیاه از تیمار ترکیبی ٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر و نه روز آبیاری حاصل شد (جدول ٦). کاهش درصفات مورفولوژیک مورد بررسی ممکن است از کمبود آب حاکی باشد. چراکه در شرایط تنش ملایم خشکی، گیاهان با سازوکارهای مختلف قادر به جلوگیری و یا تحمل پسایدگی و ممانعت از کاهش شدید رشد می‌باشند، ولی در شرایط تنش شدید به‌دلیل کاهش شدید آماس سلولی، رشد و تقسیم سلول‌ها منجربه کاهش رشد رویشی گیاه می‌شود (۳۹).

تنش خشکی ناشی از کمبود آب در اثر افزایش فاصله آبیاری سبب کاهش رشد در قسمت‌های مختلف گیاه از جمله ارتفاع بوته، وزن تر و خشک گیاه می‌گردد. نتایج همسانی نیز در بررسی روی گیاه بادرشبو گزارش شده است (۳۷). با کاربرد اسیدهیومیک اثرات منفی تنش خشکی کاهش یافت که این تعدیل اثر را می‌توان ناشی از نقش مؤثر اسیدهیومیک دانست. سازوکار اسیدهیومیک به‌گونه‌ای می‌باشد که از یک طرف با تولید بیشتر اسیدهای نوکلئیک و اسیدهای آمینه، تکثیر سلولی را در کل گیاه و به‌ویژه در ریشه‌ها افزایش می‌دهد. از طرف دیگر با اصلاح و دانه‌بندی خاک فضای بیشتری برای نفوذ آب ایجاد می‌کند. مولکول‌های اسیدهیومیک با پیوند با مولکول‌های آب در سطح ذرات خاک، تاحدود زیادی مانع تبخیرآب می‌گردند (۲۷). مولکول اسیدفولویک (بخش ریزمولکول از اسیدهیومیک) که به درون بافت‌های گیاهی نفوذ می‌کنند با کاهش پتانسیل اسمزی سلول، تعرق و تعریق گیاه را کاهش داده به حفظ آب در درون گیاه کمک می‌کند. اسیدهیومیک با کلات کردن عناصر ضروری سبب افزایش جذب عناصر و باروری خاک شده و تولید گیاهان را افزایش می‌دهند (٤). همچنین پلیمرهای اسیدهیومیک شبیه یک چسب آلی عمل می‌کنند و ذرات معدنی خاک را بهم چسبانده و ضمن ایجاد گرانول‌های درشت‌تر، فضای مناسب برای موجودات میکروسکوپی و ماکروسکوپی، نفوذ بیشتر هوا، آب و ریشه فراهم می‌کند. درنتیجه این پلیمرها یک عامل کلیدی در اصلاح ساختار خاک هستند (٤٦). اسیدهیومیک برای افزایش فعالیت زیستی خاک، ترکیب مناسبی است و باعث بهبود جذب و حرکت مواد معدنی و همچنین تعادل عناصر غذایی و رشد گیاه می‌شود (٤۳). استفاده از اسیدهیومیک باعث رشد اندام‌های هوایی می‌گردد، که دلیل آن افزایش جذب عناصری نظیر ازت، کلسیم، فسفر، پتاسیم، منگنز، آهن، روی و مس می‌باشد (۱۷). به‌طور کلی اثر اسیدهیومیک سبب کاهش تنش

www.SID.ir

Archive of SID

خشکی گردید که در این پژوهش نیز تأثیرپذیری صفات مورفولوژیکی از اسیدهیومیک نیز مبین مؤثر بودن این کود است. در پژوهش صورت‌گرفته روی گیاه خرفه، تأثیر کاربرد اسیدهیومیک در شرایط تنش خشکی موردبررسی قرار گرفت که مشخص شد بیشترین میزان ارتفاع بوته، وزن تازه و خشک گیاه از بالاترین سطح کاربرد اسیدهومیک (۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بدست آمد (٤).

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات اصلی دور آبیاری بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی سرخارگل

Table 4- Mean comparison of main effect of Irrigatian Cycle on Morphophysiologycal and biocemical of (*Echinaceae purpurea*)

دورآبیاری Irrigatian Cycle	وزن خشک ریشه (گرم در گیاه) Dry weight of root (g/plant)	وزن تازه ریشه (گرم در گیاه) Fresh weight of root(g/plant)	طول ریشه (سانتی‌متر) Length of root (cm)	وزن خشک گیاه (گرم در گیاه) Dry weight of plant(g/plant)	وزن تازه گیاه (گرم در گیاه) Fresh weight of plant(g/plant)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)
هر سه روز یکبار (شاهد) every 3 (D1) days	8.89[a]	25.31[a]	33.88[d]	9.41[a]	42.70[a]	28.92[a]
شش روز یکبار every 6 (D2) days	7.01[b]	23.73[b]	35.60[c]	9.29[a]	42.60[a]	27.24[a]
نه روز یکبار every 9 (D3) days	6.24[c]	22.91[b]	38.58[b]	8.36[b]	42.33[a]	23.85[c]
دوازده روز یکبار every 12 (D4) days	3.86[d]	18.60[c]	40.10[a]	6.66[c]	34.09[b]	20.48[d]

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معناداری ندارند.

In the each column for every treatment, common letters demonstrate not significant at 0.05 probability levels.

ادامه جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات اصلی دور آبیاری بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی سرخارگل

Table 4- Contious. Mean comparison of main effect of Irrigatian Cycle on Morphophysiologycal and biocemical of (*Echinaceae purpurea*)

دورآبیاری Irrigatian Cycle	فنل کل(میلی‌گرم در گرم) Total Phenol (mg/g)	پرولین(گرم در گیاه خشک) Proline (g/plant)	قند محلول(میلی‌گرم در میلی‌لیتر) Soluble Sugermg/ml)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی (میلی‌گرم در میلی‌لیتر) Antioxidant activity(mg/ml)	کارتنوئید Carotenoid	محتوای نسبی آب برگ(درصد) RWC %
هر سه روز یکبار (شاهد) every 3 days(D1)	0.057[d]	1.58[d]	28.06[d]	55.75[c]	0.54[a]	76.64[a]
شش روز یکبار every 6 days(D2)	0.064[c]	1.76[c]	35.94[b]	65.05[b]	0.48[b]	68.98[b]
نه روز یکبار every 9 days(D3)	0.070[b]	2.09[b]	50.21[a]	79.32[a]	0.49[b]	57.88[c]
دوازده روز یکبار every 12 days(D4)	0.078[a]	2.28[a]	37.54[b]	66.65[b]	0.45[c]	46.76[d]

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک درسطح احتمال پنج درصد تفاوت معناداری ندارند

In the each column for every treatment, common letters demonstrate not significant at 0.05 probability levels.

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین با بررسی اثر کود دامی و محلول‌پاشی اسیدهیومیک بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گندم مشخص شد که بیشترین مقدار وزن تر (۰/۹۶ گرم در بوته) و وزن خشک (۰/۵۹ گرم در بوته) اندام هوایی از محلول‌پاشی اسیدهیومیک (یک در هزار لیتر) حاصل شد (۳۶). درتحقیقی دیگر مشخص شد که کاربرد اسیدهیومیک سبب افزایش معنی‌دار شاخص‌های رشدی گیاه دارویی نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) شد. به‌طوری‌که بیشترین میزان عملکرد وزن تر (۱۷۳۹۳/۲ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد ماده خشک (۳۶۲۸/۹ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کاربرد اسیدهیومیک نسبت به عدم کاربرد اسیدهیومیک بدست آمد (۹). **طول ریشه، وزن تازه و خشک ریشه**-صفات طول ریشه، وزن تازه و خشک ریشه به‌طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) تحت‌تأثیر تیمارهای دور آبیاری و اسیدهیومیک قرار گرفتند (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان طول ریشه با میانگین ۴۰/۱۰ سانتی‌گرم مربوط به تیمار دور آبیاری دوازده روز یکبار و کمترین آن با میانگین ۳۳/۸۸ سانتی‌گرم مربوط به سطح اول دور آبیاری (هر سه روز آبیاری) است (جدول ٤). کاربرد ٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک موجب افزایش معنی‌دار این صفت نسبت به شاهد گردید. البته کاربرد اسیدهیومیک با غلظت ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیز بهبود در این صفت را به‌عنوان صفت مثبت، نسبت به شاهد تحت‌تاثیر قرار داد (جدول ۵).مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد در سطوح اول تا چهارم دور آبیاری به‌ترتیب مقادیر وزن تازه ریشه برابر با۲۵/۳۱، ۲۳/۳۷، ۲۲/۹۱ و ۱۸/٦۰ گرم در گیاه شد که نشان‌دهنده کاهش میزان وزن تازه ریشه با افزایش فاصله آبیاری است (جدول ٤). سطوح ۱۵۰، ۳۰۰ و ٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک موجب افزایش این صفت نسبت به شاهد گردید (جدول ۵).

با افزایش فاصله آبیاری، وزن خشک ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ٤). تیمارهای آبیاری دوازده، نه و شش روز یکبار آبیاری با میانگین‌های ۳/۸٦، ٦/۲٤ و ۷/۰۱ گرم در گیاه به‌ترتیب سبب کاهش ۵/۰۳، ۲/٦۵ و ۱/۸۸ درصدی در میزان وزن خشک ریشه نسبت به شاهد گردید (جدول ٤). صفت طول ریشه تحت‌تاثیر کاربرد اسیدهیومیک در شرایط رژیم‌های آبیاری مختلف هیچ تغییر معنی‌داری نداشت (جدول ٦). تیمار ترکیبی ٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر درشرایط هر سه روز آبیاری بیشترین میزان وزن خشک ریشه (۱۵/۷۱ گرم در گیاه) را تحت‌تاثیر قرار داد. در حالی‌که در سطوح بالای تنش خشکی، کاربرد اسیدهیومیک توانست میزان صفات وزن تازه ریشه را افزایش دهد، به‌طوری‌که بیشترین مقدار وزن تازه ریشه (۳۲/٦۲ گرم در گیاه) از کاربرد ٤٥٠ میلی‌گرم اسیدهیومیک در ترکیب با تیماری دور آبیاری نه روز حاصل شد (جدول ٦). کاهش معنی‌دار ماده خشک ریشه در اثر افزایش دور آبیاری، دلالت بر تحت‌تأثیر قرار گرفتن ریشه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اجزاء گیاه در اثر این پدیده محیطی دارد. در واقع با پیشرفت تنش خشکی همچنان که فتوسنتز برگ کاهش پیدا می‌کند، احتیاجات قندی برای تنظیم اسمزی در گیاه افزایش یافته به‌دنبال آن رشد ریشه به‌طور اجتناب ناپذیری متوقف می‌گردد (٤). به‌طورکلی رفتار ریشه گیاه متأثر از تنش رطوبتی خاک بوده و با افزایش تنش رطوبتی به‌عنوان یک عامل محدودکننده، ریشه‌ها به‌دنبال رطوبت بوده و در اعماق که رطوبت بیشتری در دسترس بوده است، توسعه بیشتری یافته‌اند (٤٨). خزاعی و کافی (۱۳۸۸) با بررسی تاثیر تنش خشکی بر رشد ریشه و توزیع ماده خشک بین ریشه و بخش هوایی ارقام حساس و مقاوم گندم بیان کردند که در ارقام مقاوم در برابر ارقام حساس در شرایط تنش خشکی طول ریشه بیشتری داشتند (۲٤).

www.SID.ir

Archive of SID

کاربرد اسیدهیومیک توانست وزن تر و خشک ریشه را افزایش دهد. اسیدهیومیک باعث افزایش رشد، افزایش متابولیسم، افزایش جذب عناصر، افزایش تولید ریشه، افزایش مقاومت به خشکی، افزایش تنفس و افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها می‌شود. مواد هیومیکی به‌صورت غیرمستقیم از طریق فراهم آوردن عناصر معدنی و اغلب نیتروژن، فسفر و پتاسیم و همچنین عناصر کم‌مصرف برای ریشه، بهبود ساختمان خاک و در نتیجه افزایش نفوذپذیری بستر به آب و هوا، افزایش جمعیت میکروبی خاک از جمله میکروارگانیسم‌های مفید افزایش تبادل کاتیون (CEC) و توانایی بافر کردن pH بستر یا محلول غذایی و غیره باعث افزایش حاصلخیزی خاک می‌شوند (٤٧). افزایش وزن تر و خشک ریشه توسط اسیدهیومیک را می‌توان یک شاخص مطلوب در استفاده از منابع محدود محیطی در شرایط تنش توسط گیاه قلمداد کرد و به‌طورکلی می‌توان چنین استنباط کرد که با افزایش غلظت اسیدهیومیک زیست‌توده ریشه افزایش معنی‌داری می‌یابد. طبق پژوهش‌های صورت گرفته اسیدهیومیک می‌تواند تأثیر بسیار مثبتی بر فیزیولوژی گیاه داشته باشد و باعث توسعه ریشه و ریشه‌های جانبی گردند (۲۷). یافته‌های این تحقیق با نتایج بسیاری از محققین در خصوص اثر اسیدهیومیک بر رشد ریشه مطابق است. در تحقیقی که روی گیاه دارویی نعناع فلفلی (*Mentha piperata* L.) انجام گرفت مشاهده شد که اسیدهیومیک بر صفاتی از قبیل وزن تازه و خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد ماده تر و خشک افزایش معنی‌داری داشته است (۹). نتایج تحقیقات حاکی از آن است که هرگونه افزایش در وزن ریشه در دسترسی بهتر به عناصر خاک و بنابراین بالا بردن حاصلخیزی و باروری خاک نتیجه می‌دهد (۲۸). همچنین محققان دریافتند که غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک سبب افزایش معنی‌داری در رشد ریشه گیاه گلتاب (*Gerbera Jamesonii* L.) رشدیافته در محلول غذایی شد (Nikbakht et al., 2008).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات ساده اسیدهیومیک بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی سرخارگل

Table 5- Mean comparison of simple effect of Humic acid on Morphophysiologycal and biocemical of (*Echinaceae purpurea*)

اسیدهیومیک Humic acid	وزن خشک ریشه (گرم در گیاه) Dry weight of root (g/plant)	وزن تازه ریشه (گرم در گیاه) Fresh weight of root (g/plant)	طول ریشه (سانتی‌متر) Length of root (cm)	وزن خشک گیاه (گرم در گیاه) Dry weight of plant (g/plant)	وزن تازه گیاه (گرم در گیاه) Fresh weight of plant (g/plant)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)
عدم مصرف No use(H1)	5.08^{c}	19.89^{d}	35.25^{c}	6.82^{d}	34.80^{d}	24.45^{c}
۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر 150 mg/L(H2)	6.44^{b}	21.68^{c}	36.60^{b}	7.42^{c}	37.68^{c}	24.73^{b}
۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر 300 mg/L(H3)	5.21^{c}	23.03^{c}	37.39^{b}	9.14^{b}	42.67^{b}	24.50^{b}
٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر 450 mg/L(H4)	9.28^{a}	25.95^{a}	38.92^{a}	10.34^{a}	47.49^{a}	26.81^{a}

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک درسطح احتمال پنج درصد تفاوت معناداری ندارند.

In the each column for every treatment, common letters demonstrate not significant at 0.05 probability levels.

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات ساده اسیدهیومیک بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی سرخارگل

Table 5- Contious. Mean comparison of simple effect of Humic acid on Morphophysiologycal and biocemical of (*Echinaceae purpurea*)

اسیدهیومیک Humic acid	فنل کل(میلی‌گرم در گرم) Total Phenol(mg/g)	پرولین(گرم در گیاه خشک) Proline (g/plant)	قند محلول (میلی‌گرم) Soluble Suger(mg/ml)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی (میلی‌گرم در میلی‌لیتر) Antioxidant activity(mg/ml)	کارتنوئید Carotenoid	محتوای نسبی آب‌برگ(درصد) RWC %
عدم مصرف No use(H1)	0.063[b]	1.80[c]	35.38[b]	63.56[c]	0.452[c]	56.69[b]
۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر 150 mg/L(H2)	0.060[b]	1.81[c]	37.80[b]	67.70[b]	0.487[b]	63.74[a]
۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر 300 mg/L(H3)	0.064[b]	1.94[b]	43.56[a]	71.39[a]	0.510[ab]	64.55[a]
٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر 450 mg/L(H4)	0.083[a]	2.15[a]	35.00[b]	64.11[bc]	0.582[a]	56.68[b]

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معناداری ندارند.

In the each column for every treatment, common letters demonstrate not significant at 0.05 probability levels.

در پژوهشی روی گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) بر همکنش سوپرجاذب و اسیدهیومیک بر تعداد بذر در بوته، ارتفاع بوته، عملکرد ماده‌خشک و وزن بذر تاثیر معنی‌داری داشته است (۱۷). **قند محلول، کارتنوئید و پرولین:** نتایج تجزیه واریانس در جدول ۳ نشان می‌دهد که تیمار دور آبیاری، اسیدهیومیک و اثر متقابل آنها تأثیر معنی‌داری بر میزان قند محلول داشت (جدول ۳). بیشترین میزان قند محلول با میانگین ۵۰/۲۱ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک از تیمار آبیاری به فواصل نه روز یکبار و کمترین آن با میانگین ۲۸/۰٦ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک از هر دوازده‌روز آبیاری حاصل شد (جدول ٤). کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک با میانگین ٤۳/٥٦ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک موجب افزایش ۸/۱۸ درصدی این صفت نسبت به شاهد گردید (جدول ۵). در تیمارهای ترکیبی با افزایش فواصل آبیاری تا نه روز یکبار آبیاری و کاربرد اسیدهیومیک میزان قند محلول افزایش یافت به‌طوری‌که بیشترین میزان قند محلول (۵۳/٥٦ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) از برهمکنش فواصل آبیاری شش روزه و کاربرد ۳۰۰ میلی گرم در لیتر اسیدهیومیک حاصل شد (جدول ٦). می‌توان گفت احتمالاً علت افزایش قندهای محلول طی افزایش دورآبیاری در این آزمایش به دلیل تجزیه نشاسته و کاهش انتقال قندها از برگ به منابع مصرف به منظور تنظیم اسمزی و نگهداری تورژسانس و پایداری غشاءها و حفظ پروتئین است تجمع قندهای محلول به دنبال افزایش آنزیم اینورتاز طی تنش است (۱۸). قندهای محلول در شرایط تنش خشکی تجمع یافته و به‌عنوان عوامل حفاظتی در گیاهان عمل می‌کنند. در شرایط تنش، قندها از سلول‌ها از طریق تنظیم اسمزی و نگهداری تورژسانس و همچنین پایداری غشاءها و پروتئین‌ها محافظت می‌کنند. قندها در طول آبزدایی سلول‌ها به شیشه‌ای شدن سیتوپلاسم سبب تحمل گیاهان به خشکی می‌شود (۲۷).به‌طورکلی با افزایش تنش خشکی میزان قندهای محلول که به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های ژن هستند و به‌عنوان یک مولکول پیام‌رسان ایفای نقش می‌کنند افزایش می‌یابد. علاوه بر آن، انباشتگی قندها در سلول‌های گیاهی سبب کاهش پتانسیل اسمزی سلول گردیده و از این‌رو سبب ادامه و حفظ جذب آب و فشار تورژسانس می‌گردد (۸).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٦- برش‌دهی اثرات متقابل اثر دور آبیاری و اسیدهیومیک بر شاخص‌های رشدی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی سرخارگل

Table 6- Mean comparison of interaction effects of irrigation intervals and Humic acid on Morphophysiologycal and biocemical of (*Echinaceae purpurea*)

دور آبیاری Irrigatian Cycle	اسیدهیومیک Humic acid	وزن تازه ریشه (گرم در گیاه) Fresh weight of root (g/plant)	وزن خشک ریشه (گرم در گیاه) Dry weight of root (g/plant)	وزن خشک گیاه (گرم در گیاه) Dry weight of plant (g/plant)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	وزن تازه گیاه (گرم در گیاه) Fresh weight of plant (g/plant)
هر سه روز یک‌بار آبیاری –cotrol every 3 (D1) days	عدم مصرف No use(H1)	6.79^{a}	21.22^{b}	6.24^{c}	38.87^{c}	26.97^{b}
	۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر 150 mg/L(H2)	6.05^{b}	23.14^{b}	8.32^{b}	39.98^{c}	28.08^{b}
	۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر 300 mg/L(H3)	7.01^{b}	24.10^{b}	9.75^{a}	48.72^{a}	28.88^{b}
	٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر 450 mg/L(H4)	15.71^{a}	32.80^{a}	9.13^{ab}	43.24^{b}	31.75^{a}
شش روز یک‌بار every 6 (D2) days	عدم مصرف No use(H1)	5.44^{b}	21.37^{b}	9.18^{b}	43.87^{b}	28.50^{a}
	۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر 150 mg/L(H2)	8.53^{a}	25.62^{a}	9.30^{a}	44.38^{b}	26.09^{c}
	۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر 300 mg/L(H3)	5.21^{b}	21.97^{a}	10.08^{a}	48.62^{a}	26.79^{bc}
	٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر 450 mg/L(H4)	8.88^{a}	25.97^{a}	9.07^{a}	36.46^{c}	27.60^{ab}
نه روز یک‌بار every 9 (D3) days	عدم مصرف No use(H1)	4.58^{b}	20.34^{b}	6.29^{c}	28.14^{d}	23.80^{b}
	۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر 150 mg/L(H2)	7.66^{a}	24.75^{a}	6.37^{c}	35.02^{c}	22.97^{b}
	۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر 300 mg/L(H3)	4.97^{b}	21.73^{b}	9.30^{b}	43.63^{b}	22.13^{c}
	٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر 450 mg/L(H4)	7.76^{a}	24.83^{a}	15.19^{a}	63.62^{a}	26.51^{a}
دوازده روز یک‌بار every 12 (D4) days	عدم مصرف No use(H1)	3.51^{b}	16.65^{b}	5.57^{a}	28.30^{c}	18.55^{c}
	۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر 150 mg/L(H2)	3.52^{b}	18.61^{ab}	5.67^{a}	31.36^{b}	21.79^{a}
	۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر 300 mg/L(H3)	3.66^{ab}	18.94^{a}	7.42^{a}	30.06^{bc}	20.20^{a}
	٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر 450 mg/L(H4)	4.76^{a}	20.19^{a}	7.96^{a}	46.66^{a}	21.41^{ab}

درهرستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک درسطح احتمال پنج درصد تفاوت معناداری ندارند.

In the each column for every treatment, common letters demonstrate not significant at 0.05 probability levels.

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ٦- برش‌دهی اثرات متقابل اثر دور آبیاری و اسیدهیومیک بر شاخص‌های رشدی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی سرخارگل

Table 6.contious. Mean comparison of interaction effects of irrigation intervals andHumic acid on Morphophysiologycal and biocemical of (*Echinaceae purpurea*)

دور آبیاری Irrigatian Cycle	اسیدهیومیک Humic acid	پرولین (گرم در گیاه خشک) Proline (g/plant)	قند محلول (میلی‌گرم) Soluble Suger(mg)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی (میلی‌گرم در میلی‌لیتر) Antioxidant activity (mg/ml)	محتوای نسبی آب برگ(درصد) RWC %
هر سه روز یک‌بار آبیاری –cotrol every 3 (D1) days	عدم مصرف No use(H1)	1.40[b]	21.15[b]	44.59[c]	74.84[b]
	۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر 150 mg/L(H2)	1.54[b]	23.86[b]	52.97[b]	76.08[b]
	۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر 300 mg/L(H3)	1.65[ab]	35.73[a]	64.84[a]	75.18[b]
	٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر 450 mg/L(H4)	1.73[a]	31.49[ab]	60.60[a]	80.47[a]
شش روز یک‌بار every 6 (D2) days	عدم مصرف No use(H1)	1.71[a]	39.15[a]	68.26[a]	65.01[b]
	۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر 150 mg/L(H2)	1.61[b]	34.74[ab]	63.85[a]	69.90[a]
	۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر 300 mg/L(H3)	1.81[ab]	39.00[a]	68.11[a]	70.16[a]
	٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر 450 mg/L(H4)	1.92[a]	30.89[b]	60.00[a]	70.85[a]
نه روز یک‌بار (D3) every 9 days	عدم مصرف H1(No use)	1.94[b]	48.44[a]	79.50[a]	52.00[b]
	۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر 150 mg/L(H2)	2.14[a]	50.39[a]	82.67[a]	59.74[a]
	۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر 300 mg/L(H3)	20.08[ab]	53.56[a]	77.55[a]	60.85[a]
	٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر 450 mg/L(H4)	2.22[a]	48.45[a]	77.56[a]	59.22[a]
دوازده روز یک‌بار every 12 (D4) days	عدم مصرف No use(H1)	2.17[bc]	32.80[bc]	61.91[b]	34.92[b]
	۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر 150 mg/L(H2)	1.96[c]	42.22[ab]	71.33[a]	49.52[a]
	۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر 300 mg/L(H3)	2.23[b]	45.96[a]	75.97[a]	52.02[a]
	٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر 450 mg/L(H4)	2.75[a]	29.18[c]	58.29[a]	50.57[a]

درهرستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک درسطح احتمال پنج درصد تفاوت معناداری ندارند.

In the each column for every treatment, common letters demonstrate not significant at 0.05 probability levels.

کارتنوئید به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) تحت‌تأثیر فواصل مختلف آبیاری قرار گرفت (جدول ٤). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد در سطوح اول تا چهارم دور آبیاری به‌ترتیب مقادیر کارتنوئید برابر ۰/٥٤، ۰/٤٩، ۰/٤٨ و ۰/٤٥ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک شد که نشان‌دهنده کاهش میزان کارتنوئید با افزایش سطح رژیم آبیاری می‌باشد (جدول ٤). همچنین از کاربرد اسیدهیومیک واثر متقابل اسیدهیومیک و خشکی بر

www.SID.ir

Archive of SID

این صفت اثر معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). همان‌گونه که در جدول ٤ نشان داده می‌شود تیمارهای دوازده، نه و سه روز یکبار آبیاری به‌ترتیب با میانگین‌های ۲/۵۸، ۱/۷۷ و ۱/٦٦ درصد سبب افزایش میزان پرولین نسبت به شاهد شدند. در شرایط سطح چهارم دور آبیاری (دوازده روز یکبار آبیاری) کاربرد هر سه سطح ۱۵۰، ۳۰۰ و ٤۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک موجب افزایش پرولین نسبت به شاهد گردید (جدول ٦). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین مقدار پرولین (۲/۷۵ گرم در گیاه خشک) از برهمکنش رژیم آبیاری در نه روز یکبار آبیاری و کاربرد ٤۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک حاصل شد (جدول ٦).با افزایش فواصل آبیاری، میزان پرولین افزایش یافت. تجمع یا ساخت موادی مانند آنزیم‌ها، پروتئین‌ها، متابولیت‌های ثانویه و عناصر معدنی یکی از پاسخ‌های گیاهان به تنش کم آبی است. بنابراین، تجمع پرولین یکی از پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاهان در برابر تنش خشکی است. تنش خشکی از طریق افزایش ساخت آنزیم‌هایی که تولید پرولین را تحریک و ممانعت از عمل آنزیم‌هایی که پرولین را تخریب می‌کنند، سبب افزایش میزان پرولین می‌شود (۲۲). هنگامی‌که گیاه تحت‌تأثیر 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(٤۵). پرولین، اسیدآمینه ذخیره شده در سیتوپلاسم بوده و احتمالاً در حفاظت از ساختمان ماکرومولکول‌های درون سلول در طی تنش خشکی نقش مؤثری دارد. پرولین در واقع به عنوان یک شاخص در تعیین میزان حساسیت به تنش شوری و خشکی در گیاهان به‌شمار می‌رود. بالا رفتن میزان این ترکیب در بافت‌های گیاهان به نوعی بیانگر فعال شدن سازوکار تنظیم اسمزی است که شرایط را برای جذب بیشتر آب و املاح از محیط ریشه فراهم می‌آورد. افزایش پرولین طی تنش خشکی در گیاهان دارویی آویشن و بابونه نیز گزارش شده است (۸). نتایج آزمایشی در آفتاب‌گردان نشان داد که تنش خشکی سبب افزایش تجمع پرولین می‌شود (٤۵). اسیدهیومیک با بالا بردن میزان تولید ترکیبات آلی نیتروژن‌دار همانند پروتئین و اسیدهای‌آمینه سرعت رشد و تولید بیوماس در گیاه را افزایش می‌دهد. محققان با بررسی اثر اسیدهیومیک در شرایط تنش مشاهده کردند که میزان تنظیم کننده‌های 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 (۲۳).

فنل‌کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی: صفات فنل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) تحت‌تأثیر تیمارهای رژیم آبیاری و اسیدهیومیک قرار گرفتند (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان فنل‌کل با میانگین ۰/۰۷۸ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک مربوط به سطح چهارم تیمار دور آبیاری (هر دوازده روز آبیاری) و کمترین آن با میانگین ۰/۰۵۷ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک مربوط به سطح اول تیمار دور آبیاری (هر سه روز آبیاری) می‌باشد (جدول ٤). کاربرد ٤۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک موجب افزایش معنی‌دار این صفت نسبت به شاهد گردید. البته کاربرد اسیدهیومیک با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیز بهبود در این صفت را به‌عنوان صفت مثبت، نسبت به شاهد تحت‌تاثیر قرار داد (جدول ۵). با افزایش سطوح دور آبیاری میزان فنل افزایش یافت. ترکیبات فنلی موجود در برگ به‌عنوان گیرنده رادیکال‌های آزاد عمل می‌کنند و گیاهان را در برابر تنش‌های اکسیداتیو محافظت می‌کنند. همچنین، این ترکیبات به‌دلیل داشتن نقش

www.SID.ir

Archive of SID

آنتی‌اکسیدانی، به‌طور مستقیم با وارد شدن در واکنش‌های احیایی و یا به‌طور غیرمستقیم به‌وسیله کلات کردن آهن، مانع تنش اکسیداتیو می‌شوند (۵۲). به‌طور کلی در گیاهان مختلف، به‌دلیل وجود درجات متفاوتی از مقاومت به خشکی، میزان تجمع ترکیبات فنولیک برای پاکسازی رادیکال‌های آزاد متغییر است (۱۳). بررسی اثر غلظت‌های مختلف ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک بر خصوصیات کمی و کیفی گل همیشه بهار نشان داد که غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک می‌تواند سبب افزایش فنل‌کل گردد (۲). بررسی اثر رژیم‌های آبیاری و کاربرد اسیدهیومیک بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیای گیاه دارویی خرفه نشان داد که افزایش تنش خشکی تا ۲۵ درصد ظرفیت زراعی سبب افزایش ۰/۷۲ درصدی فنل نسبت به شاهد گردید (٤). بر اساس تحقیقات انجام شده مسیر فنل‌پروپانوئید مسئول سنتز طیف متفاوتی از متابولیت‌های فنولیک است که اغلب آن‌ها در اثر تنش تولید می‌شوند و دارای پیش‌سازها و مواد حد واسط مشترکی است (٤٤). به‌طوری‌که در بررسی اثر تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن‌گلایکول در گندم مشخص شد که علت بالا رفتن سطوح ترکیبات فنلی، افزایش فعالیت و میزان آنزیم بیوسنتزی فنل‌ها (فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز) است (٤۹).

با کاهش سطح آبیاری، فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ٤). تیمارهای آبیاری دوازده، نه و شش روز یکبار آبیاری با میانگین‌های ٦٦/٦٥، ۷۹/۳۲ و ٦٥/۰٥ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک به‌ترتیب باعث افزایش ۱۰/۹۰، ۲۳/۵۷ و ۹/۳ درصدی در میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبت به شاهد گردید (جدول ٤). در شرایط تنش خشکی در سطوح بالا، کاربرد اسیدهیومیک توانست میزان آنتی‌اکسیدانی را افزایش دهد (جدول ٦). در تحقیقی روی گندم نتیجه‌گیری شد که تنش خشکی به‌طور معنی‌داری سبب افزایش مقاومت روزنه‌ها و فعالیت آنزیم‌های فعالیت آنتی‌اکسیدانی در همه ژنوتیپ‌های گندم گردید (٢٤). امروزه برخی از محققان معتقدند که افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز، سوپراکسیددیسموتاز و پراکسیداز، تحمل گیاه را به تنش‌های محیطی افزایش می‌دهند (۲۱). با افزایش سطح اسیدهیومیک بر میزان فعالیت‌آنتی‌اکسیدانی افزوده شد (جدول ۳). نوع خاک و میزان ترکیبات هیومیکی موجود در خاک می‌تواند اثرات قابل توجهی داشته باشد به‌گونه‌ای که هرچه ترکیبات هیومیکی خاک بیشتر باشد، فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن بیشتر است (٤۰). در آزمایشی که در رابطه با تاثیر اسیدهیومیک بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و کیفیت میوه‌ی فلفل انجام شد، میزان فنل‌کل تحت‌تاثیر اسیدهیومیک قرار نگرفت ولی فعالیت آنتی‌اکسیدانی افزایش یافت (۵).

در شرایط تنش کم‌آبیاری با بسته شدن روزنه‌های ظرفیت انتقال الکترون فتوسنتزی کاهش، که این عامل موجب تجمع الکترون‌ها و افزایش انواع اکسیژن فعال می‌گردد. تولید انواع اکسیژن فعال در سلول‌های گیاهی طی تنش باعث پراکسیداسیون DNA می‌شود و گیاه برای مقابله با این تغییرات، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز را برای خنثی‌سازی فعالیت این رادیکال‌های آزاد افزایش می‌دهد. افزایش فعالیت آنزیم‌های ضداکسایشی و کاهش میزان انواع اکسیژن فعال در سلول گیاهی موجب حفاظت گیاه در برابر تنش‌های محیطی می‌شوند (٤۵). در بررسی اثر منابع مختلف کودی بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک کاسنی تحت تنش خشکی مشخص شد که افزایش تنش خشکی سبب افزایش میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شد به‌طوری‌که بیشترین فعالیت فعالیت آنزیم‌ها در مقایسه با شاهد در شرایط تنش شدید حاصل شد (٤۲). بررسی اثر تنش خشکی بر

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص‌های رشدی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه دارویی شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) نشان داد که با افزایش شدت تنش میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی این گیاه افزایش می‌یابد (٤١).

محتوای نسبی آب برگ: محتوای نسبی آب تحت تأثیر رژیم آبیاری، اسیدهیومیک و اثرمتقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ با میانگین ٧٦/٦٤ درصد مربوط به تیمار اول دور آبیاری و کمترین آن با میانگین ٤٦/٧٦ درصد مربوط به سطح چهارم دور آبیاری (دوازده روز یکبار آبیاری) بود که باتوجه نوع گیاه منطقی به‌نظر می‌رسد (جدول ٤). کاربرد اسیدهیومیک در هر سه سطح (٤٥٠، ۳۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر) موجب افزایش معنی‌دار این صفت نسبت به شاهد گردید. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در سطوح اول تا چهارم کاربرد اسیدهیومیک به‌ترتیب مقادیر محتوای نسبی آب برگ برابر با ٥٦/٦٩، ٦٣/٧٤، ٦٤/٥٥ و ٥٦/٦٩ درصد شد که نشان‌دهنده افزایش میزان این صفت با افزایش کاربرد اسیدهیومیک می‌باشد (جدول ٤). کاربرد اسیدهیومیک در شرایط اعمال آبیاری اثر معنی‌داری بر محتوای نسبی آب داشت. به‌طوری‌که کاربرد ٤٥٠ میلی‌گرم از این ماده در شرایط آبیاری روزانه، حداکثر مقدار این صفت (٨٠/٤٧ درصد) را تحت‌تاثیر قرار داد (جدول ٦). به‌طورکلی با افزایش فواصل آبیاری، میزان محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت. محتوای آب برگی، یک شاخص مناسب برای تنش آبی گیاه است. در واقع محتوای آب نسبی برگ گیاه سرخارگل با افزایش فاصله آبیاری کاهش یافت و کاهش محتوای آب نسبی برگ از طریق تأثیر روی تنظیم اسمز برای تحمل گیاه به خشکی کمک می‌کند (۱۸).

محتوای نسبی آب برگ یک اندازه‌گیری از وضعیت آب گیاه در نظر گرفته می‌شود و منعکس‌کننده فعالیت متابولیک در بافت‌ها و به‌عنوان شاخصی برای تعیین تحمل کم‌آبیاری در گیاه است. گیاهانی که تحت تنش قرار می‌گیرند، فضای بین سلولی و میزان آب در پیکره خود را از طریق افزایش مواد اسمزی در درون بافت‌ها به‌حداقل می‌رسانند تا آب از بافت خاک با نیروی بیشتری وارد آن‌ها شود که این موضوع موجب کاهش میزان آب نسبی در شرایط تنش خشکی می‌گردد (۳۵). بسته شدن روزنه نخستین پاسخ گیاه به تنش خشکی است، که به کاهش سرعت فتوسنتز می‌انجامد. با بسته شدن روزنه برگ‌ها از CO_2 محروم شده و جذب کربن فتوسنتزی به نفع تنفس نوری کاهش می‌یابد. سطح برگ با هدایت روزنه‌ای اثر متقابل داشته و بین پتانسیل آب برگ و هدایت روزنه‌ای همبستگی وجود دارد. در خاک خشک جریان تعرق منجر به بسته شدن روزنه‌ها می‌شود (٦). 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 (۳۷). بنابراین با افزایش میزان محتوای نسبی برگ‌ها، فشار درون سلولی برای رشد سلول فراهم می‌شود و امکان اتساع دیواره سلولی را فراهم می‌سازد و در نهایت باعث افزایش انعطاف‌پذیری غشاء سلول می‌شود تا زمینه برای رشد سلول بدست آید. باتوجه‌به این‌که شرایط رشد سلول فشار تورگر در حد ماکزیمم، شامل انعطاف‌پذیری دیواره سلولی و رسوب‌گذاری در دیواره سلولی می‌باشد بنابراین به‌نظر می‌رسد با مصرف کودهای

www.SID.ir

Archive of SID

زیستی و بهبود شرایط فیزیکی خاک از جمله ظرفیت نگهداری آب در خاک، گیاه کمتر با شرایط خشکی مواجه شده و تمایل کمتری به سرمایه‌گذاری برای افزایش تولید غشاء نشان می‌دهد، همچنین با افزایش بهبود ساختمان خاک، تحریک بیشتر رشد گیاه را به‌دنبال دارد. همچنین از آن‌جاکه سازوکار اثر اسیدهیومیک در گسترش ریشه و در نتیجه قابلیت جذب آب و عناصر غذایی کاراست، می‌توان تأثیر مثبت آن را انتظار داشت (۳۲). بررسی کاربرد اسیدهیومیک بر ویژگی‌های فیزیولوژیک چای‌ترش در شرایط تنش خشکی نشان داد که با افزایش میزان خشکی محتوای آب نسبی برگ کاهش یافت به‌طوری‌که میزان صفت مذکور در شدیدترین حالت تنش (۱۵۰ میلی‌لیتر تبخیر از تشتک تبخیر) ۱۲/۵۹ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (٤٥).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه‌به 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 سرخارگل را با کمک محلول‌پاشی اسیدهیومیک تعدیل نمود. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش فاصله آبیاری، از مقادیر صفات رشدی مورد بررسی و محتوای آب نسبی کاسته می‌شود و در مقابل، محتوای پرولین، فنل‌کل، قند محلول و آنتی‌اکسیدان افزایش می‌یابد که نوعی سازگاری گیاه با شرایط تنش محسوب می‌شود، اما وابستگی گیاهان در این شرایط به ترکیباتی مانند پرولین 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 تحت‌رژیم آبیاری نسبت داد و مهم‌تر آن‌که کاربرد اسیدهیومیک به عنوان کود آلی به‌جای کودهای شیمیایی، می‌تواند نویدبخش کشاورزی پایدار و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی در آینده باشد. بنابراین دور آبیاری هر نه روز یکبار با کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک قابل‌توصیه می‌باشد.

سپاسگزاری

این تحقیق در قالب طرح سفارشی با اعتبارات سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان انجام شده است که بدین وسیله از معاونت و مدیریت محترم بخش باغبانی این سازمان صمیمانه تشکر می‌گردد.

Refrences

1.Abedi, T., and Pakniyat, H. 2010. Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassicanapus* L.). Czech J. Genet. Pl. Breed. 46: 27-34.

2.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. J. No. App. Sci. 4: 10. 1100-1103.

3.Ahmadpour Dehkordi, S., and Balouchi, H.R. 2012. Effect of seed priming on antioxidant enzymes and lipids peroxidation of cell membrane in Black cumin (*Nigella sativa*) seedling under salinity and drought stress. J. Crop. Sci. 5: 63-85. (In Persian)

4.Alizade ahmad abadi, A., khorasaninejad, S., and Hemmati, Kh. 2017. The Effect of Limited irrigation Stress and Humic Acid on the Some Morphological and Root Phytochemical Characteristics of Purple coneflower. J. Crop Improvement. 19: 1. 1-14. (In Persian)

5.Aminifard, M.H., Aroiee, H., Azizi, M., Nemati, H., and Jaafar, H.Z. 2012. Effect of humic acid on antioxidant activities and fruit quality of hot pepper

www.SID.ir

Archive of SID

(*Capsicum annuum* L.). J. Herbs Spices Med Plants. 18: 360-369.

6.Anjum, S.A., Xie, X.Y., Wang, L.C., Saleem, M.F., Man, C. and Lei, W. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. Afr. J. Agric. Res. 6: 2026-2032.

7.Asgari, M., Habibi, D., and Brojerdi, G.N. 2012. Effect of vermicompost, plant growth promoting rhizobacteria and humic acid on growth factors of *Mentha piperita* L. in Central province. J. Agro. plant Breed. 7: 4. 41-54. (In Persian)

8.Ashrafi, M., Azimi-moqadam, M., Moradi, P., Mohsenifard, E., Shekari, F., and Kompany-zareh, M. 2018. Effect of drought stress on metabolite adjustments in drought tolerant and sensitive thyme. Plant Physiol. Biochem. 132: 391-399.

9.Askari, M., Habibi, D., and NaderiBrujerdi, G. 2012. Effect of vermicompost, plant growth, porpmitingRhizobacteria and humicasid on grieth factor of *Menthapiperata* L. in Centaralprovience. J. Agron. plant Breeding. 4: 41-54.

10.Barnes, J.D., Balaguer, L., Manrique, E., Elvira, S., and Davison, A.W. 1992. A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophyll a and b in lichens and higher plants. Environ. Exp. Bot. 32: 2. 85-90.

11.Bartels, D., and Sunkar, R. 2005. Drought and salt tolerance in plants. Crit. Rev. Plant Sci. 24: 23-58.

12.Bates, S., Waldern, R.P., and Teare, E.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil. 39: 205-207.

13.Boscaiu, M., Sanchez, M., Bautista, I., Donat, P., Lidon, A., Llinares, J., Llul, C., Mayoral, O., and Vicente, O. 2010. Phenolic compounds as stress markers in plants from gypsum habitats. Bulletin of the University of 14. Bulletin UASVM Agriculture. 67: 44-49.

15.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*. Geochim. Cosmochim. Acta. 99: 146-158.

16.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. Agron. Sustain Dev. 25: 183-191.

17.Erkossa, T., Stahr, K., and Tabor, G. 2002. Integration of Organic and Inorganic Fertilizers: Effect on Vegetable Productivity. Ethiopian Agricultural research Organization, Debre Zeit Agricultural Research Centre, Ethiopia. 82: 247-256.

18.Esmaeilizadeh, M., Lotfi, A., Mirdehghan, S.H., and Shamshiri, M.H. 2018. Effects of irrigation intervals on some physiological and biochemical characteristics in four Iranian grapevine cultivars. J. Crop Improv. 20: 1. 1-15.

19.Farzanian, M., and Yarnia, M. 2014. Effects of microelement fertilizers and phosphate biofertilizer on some morphological, physiological traits, yield and essence of Purple coneflower in water stress conditions. Electron. J .Crop Prod. (EJCP), 7: 3. 145-161. (In Persian)

20.Gorgini Shabankareh, H., Fakheri, B.A., and Mohammadpour Vashvaie, R. 2017. The Effect of Bio-fertilizers on Growth, Grain and Essential Oil Yield of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under Drought Stress. J. Agric. Sci. Technol., 19: 1. 50-62. (In Persian)

21.Guo, Z., Tan, H., Zhu, Z., Lu, S., and Zhou, B. 2005. Effects of intermediates on ascorbic acid and oxalate. Res. J. Agric. Biol. Sci., 1: 3. 210-215.

22.Hashemi Fadaki, S.E., Fakheri, B.A., Nezhad, N., and Mohammad Pour, R. 2018. Effects of nano and nano bio-fertilizer on physiological, biochemical characteristics and yield of roselle under drought stress. J. Crop Improv, 20: 1. 45-66. (In Persian)

23.Heidari, M., and Minaei, A. 2014. Effects of drought stress and humic acid application on flower yield and content of macro-elements in medical plant borage (*Borago officinalis* L.). J. of Plant Prod. Res., 21: 1. 159-170. (In Persian)

24.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

www.SID.ir

Archive of SID

in Biological Water Saving (ICTPB) Beijing China.
25. Khorasaninejad, S., Mousavi, A., Soltanloo, H., Hemmati, Kh., and Khalighi, A. 2011. The effect of drought stress on growth parameters, essential oil yield and constituent of Peppermint (*Mentha piperita* L.). J. Medicin. J. Plant Res, 5: 22, 5360-5365. (In Persian)
26. Khorasaninejad, S., Soltanloo, H., Ramezanpour, S.S., Hadian, J., and Atashi, S. 2015. The Effect of Drought Stress on the Growth, Essential Oil Yield and Chemical Composition of Lavender. J. Crop Improv, 17: 4. 979-988. (In Persian)
27. Khorasaninejad, S., Alizadeh Ahmadabadi, A., and Hemmati, K. 2018. The effect of humic acid on leaf morphophysiological and phytochemical Properties of *Echinacea purpurea* L. under water deficit stress. Sci. Hortic. 239: 314–323.
28. Liu, C., and Cooper, R.J. 2000. Humic substances influence creeping bentgrass growth. Golf Course Management. 12: 49-53.
29. McDonald, R.P., and Ho, M.H.R. 2002. Principles and practice in reporting structural equation analyses. Psy. Meth. 7: 1. 64.
30. Miliauskas, G., Venskutonis, P.R., and Van Beek, T.A. 2004. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. Food chem. 85: 2. 231-237.
31. Mirhajian, A. 2011. What is humic acid? Monthly News Analysis. Agricultural Engineering, 33: 7-16.
32. Nasoutimiandob, R., Samavat, S., and Tehrani, M. 2010. Characterization of humic acid fertilizer on plants and soil. J. Sci. Food Agric. 101: 55-53. (In Persian)
33. Nikbakht, A., Kafi, M., Babalar, M., Xia, YP., Luo, A., and Etemadi, N.A. 2008. Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of Gerbera. J. Plant. Nut. 31: 2155-2167.
34. Omokolo, N.D., Nankeu, D.J., Niemenak, N. and Djocgoue, 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. J. Crop Prot. 21: 5. 395-402.
35. Parkhideh, J., Barzegar, T., Nekonam, F., and Nikbakht, J. 2018. Evaluation of growth, yield, and physiological responses of Bitter Apple (*Citrullus colocynthis*) under deficit irrigation stress conditions. J. Crop Improv. 20: 2. 357-369. (In Persian)
36. Rad, M.H., Assareh M.H., and Soltani M. 2010. Response of the root of Eucalyptus camaldulensis Dehnh. to drought stress. I.J. Forest Pop. Res. 18: 2. 286-296.
37. Rahbarian, P., Afsharmanesh, G., and Shirzadi, M.H. 2010. Effects of drought stress and manure on relative water content and cell membrane stability in dragonhead (*Dracocephalum moldavica*). Scientific J. Plant. J. Ecophys, 2: 1. 13-19.
38. Ramroudi, M., and Khamar, A.R. 2013. Interaction effects of salicylic acid spraying and different irrigation levels on some quantity and quality traits, and osmoregulators in basil (*Ocimum basilicum*). App. Res. Plant. Ecophy. 1: 1. 19-31.
39. Ramroudi, M., Chezgi, M., and Galavi, M. 2017. Effect of methanol spraying on quantitative traits and osmatic adjustments in Moldavian (*Dracocephlum moldavica* L.) under low irrigation conditions. J. Crop. Prod. 48: 1. 149-158. (In Persian)
40. Rimmer, D.L. 2006. Free radicals, antioxidants, and soil organic matter recalcitrance. Eur. J. Soil Sci. 57: 91-94.
41. Sadat Hosseini, M., Samsampour, D., Ebrahimi, M., Abadía, J., and Khanahmadi, M. 2018. Effect of drought stress on growth parameters, osmolyte contents, antioxidant enzymes and glycyrrhizin synthesis in licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) grow. Phytochem. 156: 124-134.
42. Saedi, F., Mosavi Nik, S.M., and Rahimian Boger, A.R. 2017. Effects of different fertilizers on the morphophysiological characteristics of chicory under drought stress. J. Crop Improv. 19: 1. 119-132.

www.SID.ir

Archive of SID

43. Safaei, Z., Azizi, M., Davarynejad, GH., and Aroiee, H. 2014. The effect of foliar application of humic acid and nanofertilizer on yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). J. Medic. Plant By-Prod. 2: 133-140.
44. Safari, M., Arghavani, M., and Kheiri, A. 2018. Effect of salicylic acid on morphological and physiological characteristics of vetiver grass under water deficit stress conditions. J. Crop Improv. 19: 3. 591-603. (In Persian)
45. Sanjari mijani, M., Siroosmehr, A.R., and Fakheri, B.A. 2015. The effects of drought stress and humic acid on some physiological characteristics of roselle. J. Crop Improv. 17: 2. 403-414. (In Persian)
46. Sebastiano, D., Roberto, T., Ersilio, D., and Arturo, A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. J. Agri. Res. 25: 183-191.
47. Sharif, M., Khattak, R.A., and Sarir, M.S. 2002. Effect of different levels of lignitic coal drivedhumic acid on growth of maize plants. Commun. Soil. Sci. Plant Anal. 33: 3567-3580.
48. Sodaii zadeh, H., Shamsaie, M., Tajamoliyan, M., Mohammad Mirmohammady maibody, A., and Hakim zadeh, M.A. 2016. The Effects of Water Stress on some Morphological and physiological Characteristics of *Satureja hortensis*. J. Plant Proc. Func. 5: 15, 1-12. (In Persian)
49. Tian, X., and Lei, Y. 2006. Nitric oxide treatment alleviates drought stress in wheat seedlings. Biol. Plant. 50: 4. 775-778.
50. Tsai, Y.L., Chiou, S.Y., Chan., K.C., Sung, J.M., and Lin, S.D. 2012. Caffeic acid derivatives, total phenols, antioxidant and anti-mutagenic activities of Echinacea purpurea flower extracts. LWT-Food Sci. Technol. 46: 169-176.
51. Yamasaki, S., and Dillenburg, L.R. 1999. Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. Rev. Brasill. Fisio. Veg. 11: 2. 69-75.
52. Yousefi, M., Enteshari, Sh., and Saadatmand, M. 2014. Effects of silica treatment on some morphological, anatomical and physiological characteristics of Iranian borage (Echium amoenum Fisch & C.A. Mey). Soil. Cultu. Res. Center. SCRC. 5: 2. 83-94.

www.SID.ir