



انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران

نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد نهم، شماره سوم، پاییز ۹۵
۱۷۵-۱۵۳
<http://ejcp.gau.ac.ir>



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گنجان

اثر مقادیر آبیاری بر اساس درصد ظرفیت زراعی و کاربرد اسیدهیومیک بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاه دارویی خرفه (*Portulaca oleracea L.*)

سوننا مظفری^۱، سارا خراسانی‌نژاد^{۲*} و حسین گرگینی‌شبانکاره^۳

^۱دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گیاهان دارویی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۲استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۳دانشجوی دکتری گیاهان دارویی گروه علوم باغبانی، دانشکده تولید گیاهی،

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۳/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۶

چکیده

سابقه و هدف: خشکی از مهمترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان در سرتاسر جهان و شایع‌ترین تنش محیطی است. بنابراین با استفاده از انواع کودهای طبیعی از جمله اسیدهیومیک، می‌توان از حداقل آب استفاده نموده و موجب کاهش تبخیر آب از خاک، حفظ و ذخیره آب در خاک گردید. لذا در همین راستا و به دلیل اهمیت بالای گیاه خرفه در درمان بیماری‌های قلبی-عروقی، سرطان، آسم، دیابت نوع یک و بیماری‌های عفونی، آزمایشی با هدف بررسی اثر رژیم‌های آبیاری و کاربرد اسیدهیومیک بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه دارویی خرفه (*Portulaca oleracea L.*) انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده تولیدگیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش در چهار سطح رژیم‌های آبیاری شامل مقادیر ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت‌زراعی و چهار سطح اسیدهیومیک شامل صفر، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر لحاظ گردید. صفات مورد ارزیابی عبارت از ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی، قطر ریشه، طول ریشه، وزن خشک و تر ساقه، وزن خشک و تر برگ، شاخص سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ، پرولین، محتوای کلروفیل *a*، *b* و کل بودند.

*مسئول مکاتبه: khorasaninejad@gau.ac.ir

یافته‌ها: افزایش سطوح رژیم آبیاری سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی، طول ریشه، وزن تر و خشک ساقه، شاخص سطح برگ، وزن تر و خشک برگ گردید. همچنین اثر رژیم آبیاری در بالاترین سطح منجر به کاهش ۶/۵۳ درصدی محتوای نسبی آب برگ و افزایش ۱/۰۹ درصدی پرولین نسبت به شاهد گردید. میزان کلروفیل a, b و کل در اثر رژیم آبیاری کاهش یافت و در کمترین مقدار آبیاری در ظرفیت زراعی (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) به ترتیب ۰/۴۰، ۰/۲۵ و ۰/۶۶ میلی‌گرم در گرم به حداقل مقدار خود رسید. تیمار اسیدهیومیک نیز بر تمامی صفات مورفولوژیک مورد بررسی بجز وزن تر و خشک ساقه اثر معنی‌داری داشت و این تأثیر در ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر به حداکثر خود رسید. همچنین اسیدهیومیک بر میزان پرولین و محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار بود در حالی که برای صفات کلروفیل (a, b و کل) اثر معنی‌داری مشاهده نشد. اثر متقابل رژیم آبیاری و کاربرد اسیدهیومیک بجز صفات وزن تر و خشک ساقه، شاخص سطح برگ و کلروفیل b برای سایر صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. در شرایط رژیم آبیاری محلول‌پاشی با ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش ۱/۷۲ درصدی پرولین نسبت به شاهد گردید. حداکثر مقدار کلروفیل a و کل از آبیاری در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک و بیشترین مقدار محتوای نسبی آب از آبیاری در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کاربرد ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش شدت تنش خشکی باعث کاهش صفات بررسی شده می‌گردد، با این حال تیمار کودی اسیدهیومیک از گیاهان خرفه در برابر تنش خشکی محافظت کرد و باعث کاهش خسارت‌های ناشی از تنش خشکی شد. نتایج به‌دست آمده از این آزمایش، تیمار ۷۵ درصد ظرفیت زراعی و کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم اسیدهیومیک را به‌عنوان بهترین تیمار از لحاظ صرفه‌اقتصادی معرفی می‌کند، زیرا با مصرف کمتر آب و اسیدهیومیک می‌توان به همان عملکرد که سطوح بالاتر کاربرد این تیمارها دارند دست یافت. به‌طورکلی نتایج این مطالعه نشان داد که می‌توان اعمال اسیدهیومیک را در صورت انجام آزمایش‌های تکمیلی جهت کاهش اثرات سوء رژیم‌های آبیاری توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: اسید آلی، پرولین، تنش کم آبی، کلروفیل، گیاه دارویی.

مقدمه

گیاه دارویی خرفه (*Portulaca oleracea* L.) از خانواده *Portulacaceae* گیاهی چهار کرینه و یکساله می‌باشد. این گیاه عمدتاً به‌عنوان علف هرز رشد نموده و در شرایط گرم و خشک گسترش می‌یابد (۱۸). این گیاه که معمولاً به‌صورت خودرو در باغچه منازل و کنار جوی‌ها می‌روید، شاید زیاد مورد توجه نباشد، اما تاکنون کشف‌های مهمی در مورد آن انجام شده است. این گیاه توسط سازمان بهداشت جهانی لقب اکسیر جهانی (*Global panacea*) به آن داده شده است. در این گیاه معمولاً قسمت‌های هوایی آن که شامل برگ، ساقه و دانه است، مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۸).

گیاهان در طی دوران رشد خود با تنش‌های متعدد محیطی مواجه می‌شوند، که هر یک از آنها می‌تواند 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 (۱۶). عموماً خشکسالی مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد گیاه و تولید محصول در سراسر نقاط جهان است، رژیم‌هایی که از دست دادن آب به‌صورت تعرق بر میزان آب جذب شده از خاک پیشی می‌گیرد، تنش آب رخ می‌دهد. تنش طولانی مدت بر تمام فرآیندهای متابولیک گیاه اثر می‌گذارد و در نتیجه اغلب موجب کاهش تولید گیاه می‌شود (۲ و ۱۵).

در تحقیقات انجام شده روی گیاه دارویی آنیسون (*Pimpinella anisum* L.) مشخص شد که کم‌آبایی سبب کاهش خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد می‌گردد (۳). بررسی اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر خصوصیات جوانه‌زنی خرفه (*Portulaca oleracea* L.) نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی شاخص بنیه گیاهچه، وزن خشک گیاهچه، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند (۲۸). در مطالعه‌ای صورت گرفته روی بادرنجبویه (*Melisa officinalis* L.) مشخص شد که تنش کم آبی بر عملکرد اندام هوایی، عملکرد و بازده اسانس، ارتفاع، تعداد پنجه و طول میانگره تأثیر می‌گذارد (۴). محققان اذعان داشتند که تنش خشکی ارتفاع بوته، تعداد ساقه جانبی و وزن خشک اندام‌های رویشی *Tymus vulgaris* L.) را کاهش می‌دهد (۷).

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 به‌دلیل وجود ترکیبات هورمونی، اثرات قابل ملاحظه‌ای در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارند (۳۱). بنابراین، استفاده از انواع کودهای طبیعی از جمله اسیدهیومیک،

بدون اثر مخرب زیست‌محیطی، جهت بالا بردن عملکرد می‌تواند مثر ثمر واقع شود. اسیدهیومیک ترکیب پلیمری طبیعی آلی است که در نتیجه پوسیدگی مواد آلی خاک، پیت، لیگنین و غیره به وجود می‌آید که می‌تواند جهت افزایش محصول و کیفیت آن به کار گرفته شود (۲، ۲۴). 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 (۲، ۳۵). 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 تا حدود زیادی مانع تبخیر آب می‌شود (۲۳). همچنین اسیدهیومیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو، سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌شود (۱۱). در انگور، تیمار محلول‌پاشی اسیدهیومیک سبب بهبود تحرک و کارایی عناصر غذایی و افزایش مقدار روی و آهن برگ و در نتیجه افزایش فتوسنتز و افزایش تولید کربوهیدرات و پروتئین شد (۳۲). در مطالعه‌ای، کاربرد اسیدهیومیک به میزان ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، باعث افزایش طول هیپوکوتیل، قطر ساقه، طول ساقه، وزن خشک و میزان عناصر غذایی گیاه فلفل (*Capsicum annum L.*) شد (۳۶). محققین در یک آزمایش گلخانه‌ای اثر اسیدهیومیک را بر وزن تر و خشک و عملکرد یولاف بررسی کردند و دریافتند که با کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم اسیدهیومیک به ازای هر گلدان، وزن تر و خشک گیاه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (۲۲). در بررسی اثر مواد هیومیکی بر محتوای کلروفیل برگ‌ها در گندم، نشان داده شد که اسپری برگی اسیدفولیک روی برگ‌های گندم سبب افزایش معنی‌داری در محتوای کلروفیل برگ‌ها شد (۳۴). با توجه به این‌که خشکی و کم‌آبی در 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، پژوهش حاضر، به‌منظور ارزیابی اثر رژیم‌های آبیاری و کاربرد اسیدهیومیک بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه دارویی خرفه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده‌ی تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در ۱۳۹۳ اجراء شد. در این تحقیق اثرات دو عامل رژیم‌های آبیاری و کاربرد اسیدهیومیک بر

ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه خرفه به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار که هر تکرار شامل مورد بررسی قرار گرفت. محلول پاشی اسیدهیومیک در چهار غلظت صفر، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر و رژیم‌های آبیاری در چهار سطح آبیاری در ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی اعمال شدند. از پودر اسیدهیومیک ۹۵ درصد با نام تجاری هیومکس ساخت کشور امریکا (حاوی ۸۰ درصد اسیدهیومیک و ۲۰ درصد اسیدفولیک با فرمول $C_{19}H_{19}N_7O_6$) جهت اعمال تیمار اسیدهیومیک استفاده گردید. بذر گیاه موردنظر از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه و تعداد ۱۰ بذر در داخل هر کدام از گلدان‌ها (گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۲۰ و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر) کشت گردید. در گلخانه تونلی پلاستیکی مورد استفاده در این تحقیق، سعی شده است دمای روز در محدوده دمایی ۳۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد و دمای شب ۲۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شود. کاشت پس از آبیاری گلدان‌ها با آب معمولی، اواخر پاییز (آذر ماه) در عمق ۱-۰/۵ سانتی‌متری صورت گرفت. در مجموع ۴۸ گلدان برای کشت استفاده شد. بعد از سبز شدن، بوته‌ها در طی چند مرحله تنک شدند و در نهایت داخل هر گلدان سه 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.

Table 1. Soil physical and chemical characteristics.

S.P	T.N.V (%) درصد	K (ppm) پی‌پی‌ام	P (ppm) پی‌پی‌ام	N (ppm) پی‌پی‌ام	EC (dS/m) دسی‌زیمنس بر متر	pH	بافت خاک
22.07	43	224	8.5	0.14	0.29	7.25	سیلتی-رسی-لوم Cilt-clay-loam

اعمال تیمارهای تنش بر اساس روش وزنی انجام شد. ابتدا در کف هر کدام از گلدان‌ها به مقدار مساوی سنگ‌ریزه (جهت انجام زهکشی) ریخته شد و با استفاده از ترازو به صورت هم وزن 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 (۳۲). تا ۲۰ روز پس از کاشت (مرحله ۶ تا ۸ برگی شدن بوته‌ها)، گلدان‌ها در رژیم‌های یکسان آبیاری گردیدند و از این مرحله به بعد، برای تعیین رژیم‌های آبیاری به‌طور روزانه رطوبت از هر کدام از گلدان‌ها اندازه‌گیری و رژیم‌هایی که درصد وزنی رطوبت خاک به درصد موردنظر می‌رسید آبیاری در هر تیمار انجام می‌شد. اسیدهیومیک در غلظت‌های مشخص با کودپاش دستی محلول‌پاشی شد. مقدار مورد نیاز اسیدهیومیک در این طرح برای هر تیمار محاسبه و در طی سه مرحله، محلول‌پاشی برای مرحله اول زمانی که گیاهان در مرحله ۴ تا ۶ برگی بودند آغاز و در طی سه مرحله رشد رویشی، شروع گلدهی و گلدهی کامل به‌صورت محلول همراه با آب آبیاری اعمال گردید. حدود ۸ هفته پس از شروع تیمارهای تنش (زمانی که ۵۰ درصد بوته‌ها در مرحله گلدهی کامل بودند) صفاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی، قطر ریشه، طول ریشه، وزن خشک و تر ساقه، وزن خشک و تر برگ، شاخص سطح برگ توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Leaf area meter model: BURWELL ENGLAND)، پرولین، محتوای کلروفیل a ، b و کل برای هر گلدان اندازه‌گیری شد. مقادیر کلروفیل a و b ، با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر و روش آرنون تعیین شد (۵). همچنین برای پرولین از روش بیتز و همکاران استفاده شد (۸). برای تعیین درصد محتوای نسبی آب برگ، از قسمت انتهایی ساقه سه برگ توسعه‌یافته از تمام واحدهای آزمایشی جدا کرده، قطعاتی یک سانتی‌متری برگ تهیه و وزن تر آن‌ها به کمک ترازو دیجیتالی اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن شیباع 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 آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت تعیین گردید و در نهایت RWC با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (۳۷).

رابطه (۱):
 محتوای نسبی برگ = وزن تازه - وزن خشک / وزن آماس - وزن خشک $\times 100$
 تجزیه و تحلیل داده‌ها (تجزیه واریانس و مقایسه میانگین به روش LSD) در سطح ۵ درصد با استفاده از نسخه ۹/۲ نرم‌افزار SAS و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

خصوصیات مورفولوژیکی: تمام صفات مورفولوژیکی به طور معنی داری ($p \leq 0/01$) تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری قرار گرفتند (جدول ۲). بیشترین مقدار برای این صفات از ۷۵ درصد ظرفیت زراعی و کمترین مقدار این صفات از ۲۵ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد. در حالی که بجز صفات شاخص سطح برگ، وزن تر و خشک برگ برای صفات دیگر بین تیمار ۱۰۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی اختلاف معنی داری وجود نداشت و همه در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۳). کاربرد اسیدهیومیک برای صفات مورفولوژیکی به جز وزن تر و خشک ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار صفات مورد بررسی مربوط به کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک و کمترین مقدار این صفات مربوط به تیمار عدم کاربرد اسیدهیومیک می‌باشد (جدول ۴). کاربرد اسیدهیومیک موجب افزایش معنی دار این صفات نسبت به شاهد گردید. کاربرد اسیدهیومیک در شرایط رژیم آبیاری برای صفات ارتفاع، تعداد ساقه فرعی، طول ریشه، وزن تر و خشک برگ معنی داری ($p \leq 0/01$) بود. در حالی که برای پارامترهای شاخص سطح برگ، وزن تر و خشک ساقه اثر معنی داری مشاهده نشد (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفوفیزیولوژیکی خرفه تحت رژیم‌های آبیاری و کاربرد اسیدهیومیک.

Table 2. Analysis of variance of Morpho-physiological traits of Purslane under Irrigation regime and humic acid.

منابع تغییرات	df	ارتفاع بوته plant height	تعداد ساقه فرعی number of stem	طول ریشه root length	وزن تر ساقه stem wet weight	وزن خشک ساقه stem wet weight	وزن تر برگ leaf wet weight	وزن خشک برگ leaf wet weight	شاخص سطح برگ leaf area index
Drought خشکی	3	388.03**	80.30**	14.85**	18.29**	0.06*	1.2**	0.004**	117.12**
Humic acid اسیدهیومیک	3	82.14**	6.31**	70.74**	3.53 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.33**	0.002**	86.36**
خشکی × اسیدهیومیک Drought × Humic acid	9	2.79**	1.49**	3.32**	4.81 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.24**	0.001**	0.66 ^{ns}
Error خطا		0.93	0.25	0.48	2.4	0.02	0.07	0.0003	1.06
ضریب تغییرات Coefficient of variation		2.38	5.79	8.81	24.53	26.42	19.35	19.73	4.15

** معنی دار در سطح ۱ درصد، * معنی دار در سطح ۵ درصد و ^{ns} غیر معنی دار.

** Significant at 1% level, * significant at 5% and ns non-significant

در تیمارهای ترکیبی با افزایش رژیم‌های آبیاری مقادیر صفات مورفولوژیکی کاهش یافت. در حالی که در تیمارهای ترکیبی با افزایش کاربرد اسیدهیومیک تا ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر مقایسه این صفات افزایش یافت. به‌طورکلی کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم اسیدهیومیک در شرایط آبیاری با ۷۵ درصد ظرفیت زراعی بیشترین مقدار را برای صفات مورد بررسی به دنبال داشت (جدول ۵). کاهش در صفات مورفولوژیک مورد بررسی ممکن است از کمبود آب حاکی باشد. چراکه در شرایط تنش ملایم خشکی، گیاهان با مکانیسم‌های مختلف قادر به جلوگیری و یا تحمل پسابدگی و ممانعت از کاهش شدید رشد می‌باشند، ولی در شرایط تنش شدید به دلیل کاهش شدید آماس سلولی، رشد و تقسیم سلول‌ها منجر به کاهش رشد رویشی گیاه می‌شود (۲۹). همچنین کاهش تقسیم سلولی و بزرگ‌شدن سلول‌ها موجب کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز و اجزای رشد رویش می‌گردد. با کاهش رشد و نمو سلول، اندازه اندام محدود می‌شود. به‌عبارت دیگر کاهش مواد فتوسنتزی تولیدی به علت کاهش سطح برگ و کاهش انتقال مواد آسمیلاتی به سمت اندام‌های زایشی در اثر تنش کمبود آب سبب کاهش عملکرد سرشاخه‌های گلدار می‌گردد. به همین دلیل اولین اثر محسوس کم‌آبی بر گیاهان را می‌توان از روی اندازه کوچکتر برگ‌ها و ارتفاع کمتر گیاهان تشخیص داد. ارتفاع بوته، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار مانند هر اندام رویشی یا زایشی دیگر شدیداً تحت تأثیر عناصر غذایی و آب قرار می‌گیرند. در تحقیق صورت گرفته روی گیاه آویشن (*Thymus vulgaris* L.) خصوصیات مورفولوژیک در سطوح مختلف تنش خشکی (۱۰۰، ۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد ظرفیت زراعی) مورد بررسی قرار گرفت که نتایج نشان داد با افزایش تنش خشکی ارتفاع بوته، تعداد ساقه جانبی، وزن خشک و تر اندام رویشی کاهش می‌یابد (۷). با کاربرد اسیدهیومیک اثرات منفی تنش خشکی کاهش یافت که این تعدیل اثر را می‌توان ناشی از نقش مؤثر اسیدهیومیک دانست. مکانیسم عمل اسیدهیومیک به گونه‌ای 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، تا حدود زیادی مانع تبخیر آب می‌گردند. مولکول اسیدفولویک (بخش ریزمولکول از اسیدهیومیک) که به درون بافت‌های گیاهی نفوذ می‌کنند با پیوند شدن به مولکول‌های آب 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 (۱۹، ۲۴).

و ۳۴). 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 (۱۴). در پژوهش صورت گرفته روی گیاه شب‌بو رقم Hanza، تأثیر غلظت و زمان کاربرد مختلف اسیدهیومیک بر ویژگی‌های کمی و کیفی مورد آزمون قرار گرفت که بیشترین تعداد برگ، ارتفاع بوته از تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک به‌دست آمد (۳۳). 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 (۱۲). در تحقیقی 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 به‌دست آمد (۶).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده رژیم‌های آبیاری بر صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاه دارویی خرفه.

Table 3. Continuation Mean comparison of simple effect of Irrigation regime on Morpho-physiological of Purslane.

خشکی (درصدظرفیت زراعی)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد ساقه فرعی	طول ریشه (سانتی‌متر)	وزن تر ساقه (گرم‌در گیاه)	وزن خشک ساقه (گرم در گیاه)	وزن تر برگ (گرم در گیاه)	وزن خشک برگ (گرم در گیاه)	شاخص سطح‌برگ
Drought (%FC)	palnt height(cm)	number of stem	root length(cm)	stem wet weight (g/plant)	stem wet weight(g/plant)	leaf wet weight(g/plant)	leaf wet weight(g/plant)	leaf area index
100	46.17 ^a	10.83 ^a	9.33 ^a	7.12 ^{ab}	0.53 ^{ab}	1.06 ^b	0.07 ^c	2.651 ^b
75	45.67 ^a	10.63 ^a	8.08 ^b	7.39 ^a	0.6 ^a	1.73 ^a	0.11 ^a	2.848 ^a
50	38.58 ^b	7.50 ^b	7.08 ^c	6.09 ^b	0.54 ^{ab}	1.58 ^a	0.11 ^a	2.231 ^c
25	33.58 ^c	5.50 ^c	6.92 ^c	4.66 ^c	0.43 ^b	1.2 ^b	0.09 ^b	2.22 ^c

در هر ستون برای هر تیمار، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

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

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات ساده اسیدهیومیک بر صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاه دارویی خرفه.

Table 4. Continuation Mean comparison of simple effect of humic acid on Morpho-physiological of Purslane

اسیدهیومیک (میلی گرم در لیتر) Humic acid (ml/L)	ارتفاع بوته (سانتی متر) palnt height(cm)	تعداد ساقه فرعی number of stem	طول ریشه (سانتی متر) root length(cm)	وزن تر ساقه (گرم در گیاه) stem wet weight (g/plant)	وزن خشک ساقه (گرم در گیاه) stem wet weight(g/plant)	وزن تر برگ (گرم در گیاه) leaf wet weight(g/plant)	وزن خشک برگ (گرم در گیاه) leaf wet weight(g/plant)	شاخص سطح برگ leaf area index
0	37 ^b	8 ^b	6.08 ^c	5.69 ^a	0.47 ^a	1.22 ^b	0.08 ^c	2.296 ^b
200	42.42 ^a	9.17 ^a	10.42 ^a	6.67 ^a	0.55 ^a	1.60 ^a	0.11 ^a	2.754 ^a
400	42.58 ^a	9.33 ^a	9.42 ^b	6.04 ^a	0.54 ^a	1.43 ^{ab}	0.10 ^{ab}	2.681 ^a
600	40.50 ^a	8 ^b	5.50 ^d	6.86 ^a	0.54 ^a	1.43 ^b	0.09 ^{bc}	2.221 ^b

در هر ستون برای هر تیمار، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

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

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات برهمکنش تنش خشکی و اسیدهیومیک بر صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاه دارویی خرفه

Table 5. Mean comparison of intraction effects of Irrigation regime and humic acid on Morpho-physiological traits of Purslane

تیمار treatment	ارتفاع بوته (سانتی متر) palnt height(cm)	تعداد ساقه فرعی number of stem	طول ریشه (سانتی متر) root length (cm)	وزن تر ساقه (گرم در گیاه) stem wet weight (g/plant)	وزن خشک ساقه (گرم در گیاه) stem wet weight(g/plant)	وزن تر برگ (گرم در گیاه) leaf wet weight(g/plant)	وزن خشک برگ (گرم در گیاه) leaf wet weight(g/plant)	شاخص سطح برگ leaf area index
D1H1	40.67 ^c	10 ^b	7.33 ^e	7.27 ^{b-d}	0.5 ^c	1.23 ^{d-h}	0.09 ^{b-e}	2.584 ^{de}
D1H2	47.67 ^{bc}	11.33 ^a	12.67 ^a	8.33 ^{ab}	0.74 ^{ab}	1.47 ^{b-t}	0.09 ^{b-e}	2.874 ^{bc}
D1H3	49.33 ^a	12 ^a	12 ^{ab}	6.3 ^{b-e}	0.48 ^c	0.72 ^t	0.05 ^t	2.832 ^c
D1H4	48 ^{ab}	10 ^b	5.33 ^t	6.56 ^{b-e}	0.41 ^c	0.8 ^{hi}	0.04 ^t	1.413 ^c
D2H1	41 ^e	10 ^b	6 ^t	5.57 ^{de}	0.49 ^c	1.56 ^{a-e}	0.10 ^{b-d}	2.587 ^d
D2H2	43 ^d	11.33 ^a	11.33 ^b	8.16 ^c	0.59 ^{a-c}	1.72 ^{a-c}	0.10 ^{b-d}	3.018 ^b
D2H3	46 ^c	11.33 ^a	9.67 ^c	10.06 ^a	0.57 ^{a-c}	1.99 ^a	0.14 ^a	3.193 ^a
D2H4	46.67 ^{bc}	10 ^b	5.33 ^t	6.27 ^{b-e}	0.76 ^a	1.65 ^{a-d}	0.10 ^{b-d}	2.94 ^d
D3H1	35.67 ^b	8 ^c	6 ^t	6.32 ^{b-e}	0.53 ^{bc}	1.06 ^{t-1}	0.07 ^{et}	2.067 ^t
D3H2	38.33 ^t	8 ^c	9 ^{cd}	5.7 ^{c-e}	0.52 ^{bc}	1.95 ^a	0.14 ^a	2.464 ^{de}
D3H3	40 ^{et}	8 ^c	8 ^{de}	6.16 ^{b-e}	0.58 ^{a-c}	1.86 ^{ab}	0.12 ^{ab}	2.462 ^{de}
D3H4	40.33 ^{et}	6 ^d	5.33 ^t	6.18 ^{b-e}	0.53 ^{a-c}	1.47 ^{b-t}	0.10 ^{b-d}	1.931 ^t
D4H1	30.67 ^t	4 ^e	5 ^t	4.10 ^e	0.36 ^c	1.02 ^{g-1}	0.07 ^{et}	2.044 ^t
D4H2	33.67 ^h	6 ^d	8.67 ^{cd}	4.48 ^e	0.38 ^c	1.27 ^{c-g}	0.09 ^{b-e}	2.485 ^{de}
D4H3	35 ^{gh}	6 ^d	8 ^{de}	5.44 ^{de}	0.52 ^{bc}	1.16 ^t	0.09 ^{b-e}	2.411 ^e
D4H4	35 ^{gh}	6 ^d	6 ^t	4.46 ^e	0.45 ^c	1.34 ^{c-g}	0.1 ^{a, bcde}	1.947 ^f

تیمار خشکی (D₁: ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی (شاهد یا بدون تنش)، D₂: ۷۵٪ ظرفیت زراعی، D₃: ۵۰٪ ظرفیت زراعی و D₄:

۲۵٪ ظرفیت زراعی مزرعه)، تیمار اسیدهیومیک (H₁: صفر (شاهد)، H₂: ۲۰۰ میلی گرم در لیتر، H₃: ۴۰۰ میلی گرم در لیتر،

H₄: ۶۰۰ میلی گرم در لیتر)

در هر ستون برای هر تیمار، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

Drought (D₁: 100% FC, D₂: 15% FC, D₃: 50% FC, D₄: 25% FC), Humicacid (H₁: 0, H₂: 200, H₃: 400, H₄: 600 ml/L)

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

کلروفیل a, b, کل و پرولین: اثر رژیم‌های آبیاری برای کلروفیل a, b, کل و پرولین معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۲). بیشترین مقدار برای پارامترهای کلروفیل a, b و کل از ۱۰۰ درصد ظرفیت‌زراعی و کمترین مقدار آن‌ها از تیمار آبیاری در ۲۵ درصد ظرفیت‌زراعی بدست آمد (جدول ۳). درصد پرولین گیاه در اثر شرایط رژیم آبیاری افزایش یافت و در بیشترین سطح رژیم آبیاری (۲۵ درصد ظرفیت‌زراعی) با ۱/۰۹ درصد افزایش نسبت به شرایط ۱۰۰ درصد ظرفیت‌زراعی به حداکثر خود رسید. تیمار اسیدهیومیک تنها برای صفت پرولین اثر معنی‌داری داشت و این تأثیر در محلول‌پاشی با ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک به حداکثر مقدار (۲/۰۶ درصد) خود رسید. اثر متقابل رژیم آبیاری و کاربرد اسیدهیومیک برای صفات مورد بررسی به غیر از کلروفیل b معنی‌دار بود. بیشترین مقدار صفات کلروفیل a و کل از شرایط آبیاری در ۱۰۰ درصد ظرفیت‌زراعی و کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک بدست آمد که با گیاهان آبیاری شده در ۷۵ درصد ظرفیت‌زراعی همراه با کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم اسیدهیومیک در یک گروه قرار گرفتند. همچنین بیشترین میزان پرولین مربوط به ترکیب تیماری رژیم آبیاری در ۲۵ درصد ظرفیت‌زراعی و کاربرد ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود (جدول ۵).

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفوفیزیولوژیکی خرفه تحت رژیم‌های آبیاری و کاربرد اسیدهیومیک

Table 2. Continuation Analysis of variance of Morpho-physiological traits of Purslane under Irrigation regime and humic acid.

منابع تغییر	میانگین مربعات					پرولین Prolin
	df	کلروفیل a a chlorophyll content	کلروفیل b b chlorophyll content	کلروفیل کل Total chlorophyll content	محتوای نسبی آب Leaf Water ratio	
Drought خشکی	3	0.42**	0.144**	0.99**	106.51**	2.83**
Humic acid اسیدهیومیک	3	0.006 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.01 ^{ns}	50.37**	0.6**
خشکی × اسیدهیومیک acid Humic × Drought	9	0.01*	0.001 ^{ns}	0.02*	5.7**	0.059**
Error خطا		0.004	0.001	0.007	0.1	0.02
ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation		9.46	14.31	9.27	0.59	6.89

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ^{ns} غیرمعنی‌دار.

** Significant at 1% level, * significant at 5% and ns non-significant.

به نظر می‌رسد که در شرایط تنش ملایم، کاهش میزان فتوسنتز خالص گیاه در درجه اول، ناشی از بسته شدن روزنه‌ها باشد، اما در شرایط محدودیت شدید آبی، اثر روزنه‌ای ممکن است با افزایش مقاومت مزوفیلی و تأثیر سوء که تنش بر غشاء تیلاکوئیدها می‌گذارد، تشدید شود. اسیدهیومیک از طریق قدرت کلات‌کنندگی عناصر غذایی و با کاهش تبخیر و تعرق و در نتیجه قرار دادن آب و مواد غذایی بیشتر و مناسب‌تر در اختیار گیاه می‌تواند ساخت رنگیزه‌ها را افزایش دهد و انتقال مواد فتوسنتزی را در گیاه راحت‌تر کند (۲۶). به همین دلیل کلروفیل a و b مقادیر بیشتری در تیمار با اسیدهیومیک نشان دادند. محلول‌پاشی اسیدهیومیک در لوبیا سبب افزایش پروتئین و کلروفیل در گیاه از طریق افزایش سرعت و میزان جذب مواد غذایی شد (۱۳). تأثیرات مثبت اسیدهیومیک بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش مقدار رنگیزه‌های کلروفیل تأیید شده است. اسیدهیومیک با قرار دادن آب و مواد غذایی بیشتر و مناسب‌تر در اختیار گیاه می‌تواند ساخت کلروفیل a را افزایش دهد و انتقال مواد فتوسنتزی را راحت‌تر کند (۱۱). در بررسی سطوح مختلف آبیاری و اسیدهیومیک بر صنوبر مشخص شد که با افزایش آب و استفاده اسیدهیومیک، مقدار کلروفیل افزایش یافت (۱۹). همچنین نتایج این تحقیق با نتایج آزمایشی که کاربرد تیمارهای مختلف اسیدهیومیک موجب افزایش کلروفیل در گیاه گوجه‌فرنگی شد، مطابقت دارد (۲۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین مقدار برای پرولین از برهمکنش از رژیم آبیاری در ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و کاربرد ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک بدست آمد. در برخی 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 (۱). 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 (۲۰). همچنین هنگامی که گیاه تحت تأثیر تنش‌ها قرار می‌گیرد، غلظت اسمولیت‌هایش را افزایش می‌دهد تا جذب آب تحت شرایط تنش ادامه یابد. در بین اسمولیت‌های آلی، پرولین احتمالاً فراوان‌ترین و عمومی‌ترین ماده حل‌شونده سازگار است که تجمع می‌یابد (۳۲). احتمالاً گیاه به دلایل یاد شده پرولین خود را افزایش داده است. افزایش پرولین طی تنش خشکی در گیاهان دارویی آویشن و بابونه نیز گزارش شده است. نتایج آزمایشی در آفتاب‌گردان نشان داد که تنش خشکی سبب افزایش تجمع پرولین می‌شود (۱۵ و ۳۲).

اسیدهیومیک از طریق ایجاد شرایط مناسب برای افزایش محتوای نیتروژن گیاهان سبب افزایش عملکرد می‌شود. همچنین اسیدهیومیک با بالا بردن میزان تولید ترکیبات آلی نیتروژن‌دار همانند

پروتئین و اسیدهای آمینه سرعت رشد و تولید بیوماس را در گیاهان افزایش می‌دهد (۳۵). محققان با بررسی اثر اسیدهیومیک روی گاوزبان 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 (۱۷).

پرولین، اسید آمینه ذخیره شده 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 به شمار می‌رود. بالا رفتن میزان این دو ترکیب در بافت‌های گیاهان به نوعی بیانگر فعال شدن مکانیسم تنظیم اسمزی است که در شرایط را برای جذب بیشتر آب و املاح از محیط ریشه فراهم می‌آورد.

ادامه جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده رژیم‌های آبیاری بر صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاه دارویی خرفه

(*Portulaca oleracea* L.)

Table 3. Continuation Mean comparison of simple effect of Irrigation regime on Morpho-physiological of Purslane

خشکی (درصد)	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	محتوای نسبی آب (%)	پرولین (میکروگرم بر گرم)
Drought (%FC)	a chlorophyll content (mg/g)	b chlorophyll content (mg/g)	Total chlorophyll content (mg/g)	Leaf Water Ratio (%)	Prolin (mM g ⁻¹)
100	0.805 ^a	0.396 ^a	1.2 ^a	56.149 ^a	1.494 ^d
75	0.796 ^a	0.296 ^b	0.914 ^c	54.588 ^b	1.66 ^c
50	0.701 ^b	0.213 ^c	1.091 ^b	51.343 ^c	1.773 ^b
25	0.405 ^c	0.141 ^d	0.546 ^d	49.613 ^d	2.586 ^a

در هر ستون برای هر تیمار، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

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

ادامه جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات ساده اسیدهیومیک بر صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاه دارویی خرفه.

Table 4. Continuation Mean comparison of simple effect of humic acid on Morpho-physiological of Purslane

اسیدهیومیک	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	محتوای نسبی آب (%)	پرولین (میکروگرم بر گرم)
Humic acid (ml/L)	a chlorophyll content (mg/g)	b chlorophyll content (mg/g)	Total chlorophyll content (mg/g)	Leaf Water Ratio (%)	Prolin (mM g ⁻¹)
0	0.644 ^a	0.251 ^a	0.895 ^a	50.153 ^d	1.564 ^c
200	0.68 ^a	0.252 ^a	0.932 ^a	52.923 ^c	1.876 ^b
400	0.693 ^a	0.273 ^a	0.965 ^a	55.044 ^a	2.01 ^a
600	0.689 ^a	0.271 ^a	0.96 ^a	53.573 ^b	2.063 ^a

در هر ستون برای هر تیمار، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

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

محتوای آب نسبی 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 ۵۶/۱۴ درصد مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین آن با میانگین ۴۹/۶۱ درصد مربوط به سطح چهارم رژیم آبیاری (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) می‌باشد (جدول ۳). کاربرد اسیدهیومیک در هر سه سطح (۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر) موجب افزایش معنی‌دار این صفت نسبت به شاهد گردید. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در سطوح اول تا سوم رژیم آبیاری به ترتیب مقادیر محتوای نسبی آب برگ برابر با ۵۴/۵۸، ۵۱/۳۴ و ۴۹/۶۱ درصد شد که نشان‌دهنده کاهش میزان این صفت با افزایش رژیم آبیاری می‌باشد (جدول ۳). سطوح ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک به ترتیب موجب افزایش ۲/۷۷، ۳/۴۲ و ۴/۸۹ درصدی این صفت نسبت به شاهد گردید (جدول ۴). کاربرد اسیدهیومیک در شرایط رژیم آبیاری اثر معنی‌داری بر محتوای نسبی آب داشت. به طوری که کاربرد ۴۰۰ میلی‌گرم از این ماده در شرایط رژیم آبیاری حداکثر مقدار این صفت را به دنبال داشت (جدول ۵). به طوری که با افزایش رژیم آبیاری، محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت. محتوای آب برگ، یک شاخص مناسب برای تنش آبی گیاه است. تنش خشکی با کاهش محتوای نسبی آب (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 روی گیاه بادرشبی نشان دادند با افزایش شدت تنش آبی، میزان محتوای نسبی آب برگ کاهش می‌یابد (۲۷). نتایج تحقیقات بر روی گیاه ارزن دم‌روباهی (*Setaria italica*) نشان داد که با کاهش میزان آبیاری، میانگین صفت محتوای آب نسبی به طور معنی‌داری کاهش یافت (۹). همچنین گزارش شده که بالاترین RWC در گیاه تاج‌خروس در گیاه شاهد (۹۴/۰۷ درصد) و کمترین آن تحت شرایط تنش کم‌آبی شدید (۶۴/۰۳ درصد) کاهش یافته است. تنش خشکی، سبب کاهش محتوای نسبی آب (RWC)، پتانسیل کل آب و کاهش رشد گیاهان می‌شود. سازوکار تنظیم اسمزی در گیاهان متحمل به خشکی، سبب حفظ و بالا نگه داشتن RWC در گیاه می‌شود (۱۰). در یک بررسی، تنش خشکی موجب کاهش محتوای نسبی آب گیاه بادرنجبویه شد (۱). اگر مقدار نسبی آب برگ در محدوده ۷۰-۳۵ ظرفیت فتوسنتزی کاهش می‌یابد که علت اصلی ممکن است مانع نوری باشد. بنابراین به نظر می‌رسد گیاه مقاوم خرفه با حفظ مقادیر زیاد RWC به نحوی از عوامل محدودکننده غیرروزنه‌ای در شرایط تنش فرار می‌کند.

ادامه جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات برهمکنش تنش خشکی و اسیدهیومیک بر صفات مورفوفیزیولوژیکی خرفه

(*Portulaca oleracea* L.)

Table 5. Continuation Mean comparison of inraction effects of Irrigation regime and humic acid on Morpho-physiological traits of Purslane

تیمار treatment	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم) a chlorophyll content (mg/g)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم) b chlorophyll content (mg/g)	کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم) Total chlorophyll content (mg/g)	محتوای نسبی آب (%) Leaf Water Ratio (%)	پرولین (میکروگرم بر گرم) Prolin (mM g ⁻¹)
D1H1	0.76 ^{abc}	0.4 ^a	1.157 ^{abc}	54.50 ^{de}	1.27 ⁱ
D1H2	0.86 ^a	0.41 ^a	1.271 ^a	55.40 ^c	1.6 ^{efgh}
D1H3	0.84 ^a	0.385 ^{ab}	1.226 ^{ab}	58.29 ^a	1.53 ^{efgh}
D1H4	0.76 ^{abc}	0.389 ^{ab}	1.148 ^{abc}	56.40 ^b	1.57 ^{efgh}
D2H1	0.71 ^c	0.221 ^{ef}	0.928 ^{de}	53.66 ^f	1.44 ^{hi}
D2H2	0.82 ^{ab}	0.334 ^{bc}	1.15 ^{abc}	54.86 ^d	1.7 ^{efg}
D2H3	0.69 ^c	0.214 ^{ef}	0.901 ^e	54.21 ^e	1.78 ^{de}
D2H4	0.69 ^c	0.208 ^{ef}	0.899 ^e	55.62 ^c	1.72 ^{ef}
D3H1	0.82 ^{ab}	0.256 ^{de}	1.086 ^{bc}	48.2 ^j	1.49 ^{gh}
D3H2	0.79 ^{abc}	0.268 ^{de}	1.046 ^{cd}	51.21 ^h	1.69 ^{efg}
D3H3	0.72 ^{bc}	0.211 ^{ef}	0.93 ^{de}	52.31 ^g	1.94 ^{cd}
D3H4	0.77 ^{abc}	0.317 ^{cd}	1.084 ^{bc}	53.65 ^f	1.97 ^{cd}
D4H1	0.29 ^e	0.119 ^g	0.411 ^g	44.25 ^k	2.06 ^c
D4H2	0.39 ^e	0.117 ^g	0.51 ^g	50.21 ⁱ	2.51 ^b
D4H3	0.39 ^e	0.16 ^{fg}	0.554 ^g	51.38 ^h	2.79 ^a
D4H4	0.54 ^d	0.169 ^{fg}	0.709 ^f	52.61 ^g	2.99 ^a

تیمار خشکی (D₁: ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی (شاهد یا بدون تنش)، D₂: ۷۵٪ ظرفیت زراعی، D₃: ۵۰٪ ظرفیت زراعی و D₄: ۲۵٪ ظرفیت زراعی (مزرعه)، تیمار اسیدهیومیک (H₁: صفر (شاهد)، H₂: ۲۰۰ میلی گرم در لیتر، H₃: ۴۰۰ میلی گرم در لیتر، H₄: ۶۰۰ میلی گرم در لیتر)

در هرستون برای هر تیمار، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد می باشد.

Drought (D₁: 100% FC, D₂: 15% FC, D₃: 50% FC, D₄: 25% FC), Humicacid (H₁: 0, H₂: 200, H₃: 400, H₄: 600 ml/L)

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

بررسی نتایج این پژوهش نشان داد که با کاربرد اسیدهیومیک از اثرات تنش خشکی کاسته می شود که همبستگی مثبت بین میزان محتوای نسبی آب برگ و رطوبت خاک را می توان به مصرف کودهای زیستی ربط داد چرا که اسیدهیومیک از یک طرف با بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، ایجاد فضای بیشتر برای نفوذ آب با اصلاح و دانه بندی خاک و از طرف دیگر با برقراری پیوند با مولکول های آب برای ممانعت از تبخیر آب، سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش

خشکی می‌گردد (۲۷). 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 کاهش پایداری غشاء سلول می‌شود تا زمینه برای رشد سلول بدست آید. باتوجه‌به این‌که شرایط رشد سلول فشار تورگر در حد ماکزیمم، شامل شل شدن دیواره سلولی و رسوب‌گذاری در دیواره سلولی می‌باشد بنابراین به‌نظر می‌رسد با مصرف کودهای زیستی و بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله ظرفیت نگهداری آب در خاک، گیاه کمتر با شرایط خشکی مواجه شده و تمایل کمتری به سرمایه‌گذاری برای افزایش غشاء نشان می‌دهد، همچنین با افزایش بهبود ساختمان خاک، تحریک بیشتر رشد گیاه را به‌دنبال دارد (۲۵). همچنین 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 (۲۶). 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 (۳۰).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست آمده در مطالعه پیش‌رو می‌توان اظهار داشت که افزایش شدت تنش خشکی باعث کاهش صفات مورد بررسی می‌گردد، با این حال تیمار کودی اسیدهیومیک با افزایش شاخص‌های رشدی مانند طول ریشه و افزایش میزان پرولین و آب نسبی برگ، از گیاه موردنظر در برابر تنش خشکی محافظت نموده و باعث کاهش خسارت‌های ناشی از تنش گردید. نقش حفاظتی و تعدیل‌کنندگی کاربرد کود بر تنش خشکی را می‌توان، به تأثیر مثبت کودهای زیستی در بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاهان در زمان وقوع تنش، نسبت داد به‌طوری‌که در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و نیل به اهداف کشاورزی پایدار می‌شود بخش زیادی از نیاز عناصر غذایی گیاه خرفه را با کاربرد اسیدهیومیک تأمین نمود.

منابع

1. Abbaszadeh, B., Sharifi Ashurabadi, A., Ardakani, M., and Aliabadi Farahani, H. 2007. Effect of nitrogen fertilizer on quantity and quality of lemon balm

- (*Melissa officinalis* L.). 2nd Iranian Ecological Agriculture National Conference. Gorgan University Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)
2. Abedi, T., and Pakniyat, H. 2010. Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Czech J. Genet. Plant Breed., 46: 27-34.
 3. Arabi, Z., Kaboosi, K., Rezvantalab, N., and Torke Lalebagh, J. 2015. Effects of irrigation and super-absorbent hydrogels on morphological characteristics, yield and essential oil of Anise (*Pimpinella anisum* L.). Elec. J. Crop Prod., 8(4): 51-66. (In Persian)
 4. Ardakani, M.R., Abbaszadeh, B., Sharifi Ashourabadi, E., Lebaschi M.H., and Packnejad, F. 2007. The effect of water deficit on quantitative and qualitative characters of balm (*Melissa officinalis* L.). Iran. J. Med. Aroma. Plant Rec., 23(2): 251-260. (In Persian)
 5. Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agron. J. 23, 112-121. Induced by drought stress. Angewandte-Batanik. 69: 110-118.
 6. Asgari, M., Habibi, D., and Brojerdi G.N. 1391. Effect of vermicompost, plant growth promoting rhizobacteria and humic acid on growth factors of *Mentha piperita* L., in Central province. Iran. Agro. Plant Breed., 7(4): 41-54. (In Persian)
 7. Babaei, K., Amini dehaghi, M., Modares Sanavati, S.A.M., and Jabari, R. 2010. Water deficit effect on morphology, proline content and thymol percentage of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Iran. J. Med. Aroma. Plant Rec., 2 (48): 239-251. (In Persian)
 8. Bates, S., Waldern, R.P., and Teare, E.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant soil. 39: 205-207.
 9. Chehelgerdi, A., Saffari, M., and Abdolshahi, R. 2014. Effect of super absorbent polymer, potassium sulphate and farmyard manure on physiological characteristics of millet (*Setaria italica*) under optimum irrigation and drought stress conditions. Electron. J. Crop Prod., 7(2): 43-60. (In Persian)
 10. 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. J. Med. Plants Res., 5: 4041-4048.
 11. 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.
 12. Dolatabadi, A., Masoud Sinaki, J., Abbaspour, H., and Ebadi, A. 2014. Effect of manure and foliar application of humic acid on morphological and physiological traits of wheat. J. Plant Eco., 6(17): 28-38. (In Persian)
 13. El-Bassiony, Fawzy, A.M., Abd El-Baky, Z.F., Mahmoud M.M.H., and Asmaa, R. 2010. Response of snap bean plants to mineral fertilizers and humic acid application. Res. Agric. Biol. Sci., 6(2): 169-175.

14. Erkossa, T., Stah, K., and Tabo, G., 2002. Integration of Organic and Inorganic Fertilizers: Effect on Vegetable Productivity. Ethiopian Agricultural research Organization, Debre Zeit. EIAR., 82: 247-256
15. Ghafari, M., and Pashapur, H. 2006. Evaluation of variety and inbred lines of sunflower for drought tolerance. Scientific and Applications of oil plant industrial Congress, Tehran, Iran. (In Persian)
16. Heydari, M., Bakhshande, A.M., Nadyan, H., Fathi, GH., and Alamisaaed, KH. 2004. Impact of different levels of salinity and nitrogen on yield and nutrient uptake of sodium and potassium and osmotic regulators in Chamran wheat. Iran. J. Agri. Sci., 37(3): 501-510. (In Persian)
17. Heydari, M., and Minaei, M. 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. Plant Prod. Res., 21(1): 167-182. (In Persian)
18. Hoseini, E., Forouzanfar, M., and Paye dar, A. 2013. The effect of hydroalcoholic extract of purslane (*Portulaca oleracea* L.) on serum concentration of esterogen, progesterone, prolactin and gonadotropins in mature female rats. J. Shahrekord Univ Med. Sci., 15(5): 12-21. (In Persian)
19. Jing-min, Z., Shang-jun, X., Mao-peng, S., Bingyao, M., Xiu-mei, C., and Chunsheng, L. 2010. Effect of Humic acid on poplar physiology and biochemistry properties and growth under different water level. J. Soil Water Conserv.
20. Kafi, M., Borzoei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Maasoumi, A., and Nabati, J. 2009. Physiology of Environmental Stresses in Plants. Mashhad Jahad daneshgahi. p502. (In Persian)
21. Kamari shahmaleki, S., Peyvast, GH., and Ghasemnejad, M. 2013. Effect of humic acid on growth and yield of Tomato CV. Isabella. Iran. J. Hort. Sci. Technol., 26(4): 358-363. (In Persian)
22. Maccarthy, P. 2001. The principles of humic substances. Soil Sci., 166: 738–751.
23. Mirhajian, A. 2011. What is humic acid? Monthly News Analysis, Agric. Engin., 33: 7-16. (In Persian)
24. Mishra, B., and Srivastava, L.L. 1988. Physiological properties of has isolated form major soil associations of Bihar. Soil Sci., 36: 1-89.
25. Nagananda, G.S., Das, A., Bhattacharya, S., and Kalpana, T. 2010. In vitro studies on the effects of biofertilizers (*Azotobacter* and *Rhizobium*) on seed germination and development of *Trigonella foenum-graecum* L. using a novel glass marble containing liquid medium. Int. J. Botany., 6: 394-403.
26. Nasooti miandoab, R., Samavat, S., and Tehrani, M.M. 2010. Humic acid fertilizer on plants and soil properties. Agric. Food. 101: 53-55. (In Persian)

27. 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*). J. plant Eco., 2(1): 13-19. (In Persian)
28. Rahimi, Z., and Kafi, M. 2009. Effect of drought stress on germination in Purslane (*Portulaca Oleracea* L.). J. Enviro. Stress Agri., 2: 87-91.
29. Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zare Fizabady, A., Madani, H., and Soltani, E. 2010. Effect of micronutrient fertilizers on sunflower growth and yield in drought stress condition. Electron. J. Crop Prod., 3(1): 57-72. (In Persian)
30. Rashtbari, M., Alikhani, H.A., and Ghorchiani, M. 2012. Effect of vermicompost and municipal solid waste compost on growth and yield of canola under drought stress conditions. Int. J. Agric. Res., 2(4): 395-402.
31. Sabzevari, S., and Khazaei, H. 2009. Effect of Solution Spraying (Foliar) of various amounts of humic acid on growth specifications, performance and components of yield of wheat with "Pishtaz" cultivar. Agric. Ecosyst. Environ., 1(2): 53- 63.
32. Sanjari Mijani, M., Sirousmehr, A.R., and Fakheri, B.A. 2015. The effects of drought stress and humic acid on some physiological characteristics of roselle (*Hibiscus sabdariffa*). J. Crop Improv., 17(2): 403-414. (In Persian)
33. Shahsavan Markadeh, M., and Chamani, E. 2014. Effects of various concentrations and time of humic acid application on quantitative and qualitative characteristics of cut stock flower (*Matthiola incana* 'Hanza'). J. Greenhouse Cult. Sci. Technol., 5(19): 157-17134. (In Persian)
34. 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. Aust. J. Biol. Sci., 25: 183-191.
35. Tan, K.H. 2003. Humic Matter in Soil and Environment. Marcel Dekker, New York. P408.
36. Turkman, O., Demi, S., Sensoy, S., and Dursun, A. 2005. Effect of arbuscular mycorrhizal fungus and humic acid on the seedling development and nutrient content of pepper grown under salin soil conditions. J. Biol. Sci., 5: 565-574.
37. Yamasaki, S., and Dillenburg, L.R. 1999. Measurements of leaf Relative water content in *Araucaria* and *Angustifolia*. Revista Árvore., 11(2): 69-75.

