نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و ششم، شماره اول، ۱۳۹۸
http://jwsc.gau.ac.ir
۲۱۹-۲۳۲

تأثیر تنش رطوبتی و محلول‌پاشی هیومیک اسید بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک گیاه مرزه

سید حمزه حسینیان[۱]، *نیازعلی ابراهیمی پاک[۲]، اشکان یوسفی[۳] و اصلان اگدرنژاد[۴]

[۱]دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران، [۲]دانشیار بخش آبیاری و فیزیک خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، [۳]دانشجوی دکتری علوم و مهندسی خاک، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران، [۴]استادیار گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۵/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۹/۲۷

چکیده

سابقه و هدف: گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis*) گیاهی یک‌ساله، علفی و متعلق به خانواده نعناعیان و از گیاهان دارویی مهم می‌باشد که به‌عنوان گیاه دارویی و ادویه‌ای و همچنین به‌عنوان سبزی تازه مورد استفاده قرار می‌گیرد. گونه‌های مختلف گیاهی از نظر مقاومت به خشکی دامنه وسیعی را نشان می‌دهند که به‌دلیل سازگاری‌های فیزیولوژیک، مورفولوژیک و بیوشیمیایی آن‌ها می‌باشد. استفاده از انواع کودهای آلی از جمله هیومیک اسید، برای بهبود کمّی و کیفی محصولات زراعی و باغی بدون اثر مخرب زیست‌محیطی رواج فراوان یافته است. اثرات هورمونی و بهبود جذب عناصر غذایی جهت بالا بردن عملکرد به‌خصوص در شرایط تنش از اثرات اسید هیومیک حاصل از هوموس و سایر منابع طبیعی و باکتری‌های محرک رشد است. با توجه به خشک و نیمه‌خشک بودن مساحت زیادی از کشور ایران، صرفه‌جویی در مصرف آب ضرورت دارد؛ از طرف دیگر تغذیه در عملکرد و کیفیت مواد مؤثر گیاهان دارویی اهمیت زیادی دارد. بنابراین هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر تنش خشکی و هیومیک اسید بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه مرزه بوده است.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار، در سال ۱۳۹۶ در شرایط گلخانه انجام شد. رژیم‌های رطوبتی در چهار سطح آبیاری ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بر اساس سیستم توزین گلدان‌ها و محلول‌پاشی هیومیک اسید در چهار غلظت صفر، ۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اعمال شدند. در مرحله ۶ تا ۸ برگی، تیمارهای خشکی بر گلدان‌ها اعمال شد. هیومیک اسید در غلظت‌های مدنظر در دو مرحله محلول‌پاشی شد. مرحله اول محلول‌پاشی، زمانی که گیاهان در مرحله ۴ تا ۶ برگی بودند و مرحله دوم به فاصله دو هفته پس از محلول‌پاشی اول انجام شد. حدود ۷ هفته پس از اعمال تیمارهای خشکی، صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ، طول برگ، وزن خشک بوته، پرولین، کلروفیل a، b و کل، کارتنوئید و کربوهیدرات اندازه‌گیری شد.

* مسئول مکاتبه: nebrahimipak@yahoo.com

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد شاخه فرعی و وزن خشک بوته در شرایط آبیاری در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی با ٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید به‌دست آمد؛ در حالی‌که بیش‌ترین میزان طول برگ، کلروفیل a، b و کل، کارتنوئید و کربوهیدرات از تیمار آبیاری در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید حاصل شد. همچنین بیش‌ترین مقدار پرولین از تیمار آبیاری در ٤٠ درصد ظرفیت زراعی و بدون کاربرد هیومیک اسید به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: با بالا رفتن شدت تنش و رسیدن به ٤٠ درصد ظرفیت زراعی، کاهش میزان صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک در گیاه مرزه رخ داد. در این بین تیمار اسیدهیومیک تأثیر مثبت و معنی‌داری بر صفات مذکور داشته است، در نهایت با بهبود جذب عناصر غذایی و توسعه بخش‌های رویشی و زایشی سبب افزایش صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک گردید. بیش‌ترین تأثیر تیمار اسیدهیومیک در طی بروز تنش خشکی در گیاه مرزه، مربوط به تیمار ٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر بود. بر اساس نتایج به‌دست آمده به‌نظر می‌رسد اسید هیومیک می‌تواند در بهبود خصوصیات موفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه مرزه مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، کارتنوئید، کربوهیدرات، کلروفیل، وزن خشک بوته

مقدمه

گیاهان در طول چرخه زندگی با انواع تنش‌های محیطی مواجه می‌شوند. رشد و عملکرد در بسیاری از مناطق دنیا توسط شرایط نامساعد محیطی مانند تنش‌های کمبود آب، گرما، سرما و شوری محدود می‌گردد (۱). تنش خشکی از متداول‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را از طریق اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیک با محدودیت روبه‌رو کرده و بازده عملکردی گیاه را کاهش می‌دهد (۳). گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis*) گیاهی یک‌ساله، علفی و متعلق به خانواده نعناعیان و از گیاهان دارویی مهم می‌باشد که به‌عنوان گیاه دارویی و ادویه‌ای و همچنین به‌عنوان سبزی تازه مورد استفاده قرار می‌گیرد (۸). مواد مؤثره پیکره رویشی این گیاه برای معالجه نفخ شکم و بی‌اشتهایی، کمک به هضم غذا و همچنین برای درمان برخی ناراحتی‌های عصبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اسانس مرزه خاصیت ضد قارچی و ضد باکتریایی داشته و در صنایع غذایی، آرایشی، بهداشتی و عطرسازی کاربرد فروان دارد (۲).

گونه‌های مختلف گیاهی از نظر مقاومت به خشکی دامنه وسیعی را نشان می‌دهند که به‌دلیل سازگاری‌های فیزیولوژیک، مورفولوژیک و بیوشیمیایی آن‌ها می‌باشد (۲٤). عوامل مورفولوژیک مانند تغییر در سطح برگ، سطح و حجم تاج پوشش، وزن کل بیوماس و یا وزن تاج پوشش، ارتفاع، قطر، طول میان‌گره، قطر تنه، سطح مقطع تنه، زاویه انشعاب شاخه با تنه اصلی، زاویه انشعاب برگ با شاخه، رشد افقی و عمودی ریشه، تراکم ریشه در واحد حجم خاک می‌توانند بر میزان مقاومت گیاه به تنش خشکی نقش داشته باشند (۲۵). نوری و همکاران (۲۰۱٤) نشان دادند تنش خشکی به‌طور قابل‌توجهی ارتفاع گیاه، تعداد شاخه جانبی، عملکرد شاخساره تر و خشک و همچنین عملکرد روغن فرار گیاه مرزه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد، هر چند تأثیر چشمگیری روی درصد روغن نداشت و کم‌ترین میزان این خصوصیات در تیمار شاهد مشاهده شد (۱۹).

استفاده از انواع کودهای آلی از جمله هیومیک اسید، برای بهبود کمّی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج فراوان یافته است. این کودهای طبیعی بدون اثر مخرب زیست‌محیطی ممکن است برای افزایش عملکرد، مؤثر واقع شوند. هیومیک اسید ترکیب پلیمری طبیعی آلی است که در نتیجه پوسیدگی مواد آلی خاک، پیت، لیگنین و غیره به وجود می‌آید که ممکن است برای افزایش محصول و کیفیت آن به‌کار گرفته شود (۲۱). درجه باز بودن روزنه‌های برگ می‌تواند به‌وسیله هیومیک اسید برای کم کردن تبخیر آب کاهش یابد به‌طوری‌که گیاهان و خاک با نگه‌داشتن مقدار آب نسبت به خشکی و سرما مقاوم می‌شوند (۲۰). اثرات هورمونی و بهبود جذب عناصر غذایی جهت بالا بردن عملکرد به‌خصوص در شرایط تنش از دیگر اثرات هیومیک اسید حاصل از هوموس و سایر منابع طبیعی و باکتری‌های محرک رشد است (۲۳). محلول‌پاشی هیومیک اسید روی گیاه چای ترش سبب افزایش ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه فرعی در بوته، وزن تر و خشک برگ و شاخه، تعداد میوه، وزن تر و خشک کاسبرگ‌ها، عملکرد بذر و مقدار کل آنتوسیانین گردید (۱). تورکمن و همکاران (۲۰۰۵) گزارش نمودند که کاربرد هیومیک اسید در خاک موجب افزایش قطر ساقه، طول ساقه و عملکرد گیاه فلفل شد (۲٦). دلفین و همکاران (۲۰۰۵) اعلام کردند در شرایط تنش خشکی هیومیک اسید با افزایش آنزیم روبیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه گندم می‌شود (۷). با توجه به موارد ذکر شده هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر تنش خشکی و هیومیک اسید بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه مرزه بوده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی و هیومیک اسید بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه دارویی مرزه، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار، در سال ۱۳۹٦ در شرایط گلخانه انجام شد. رژیم‌های رطوبتی در چهار سطح آبیاری ٤۰، ٦۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی هیومیک اسید در چهار غلظت صفر، ۱۵۰، ۳۰۰ و ٤۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اعمال شدند. برای کشت بذرهای گیاه مرزه از گلدان‌های مناسب و زهکش‌دار به ارتفاع ۳۰ و قطر ۲٤ سانتی‌متر و ظرفیت هفت کیلوگرم خاک استفاده شد. به‌منظور بهبود وضعیت زهکشی، در کف گلدان‌ها سنگریزه ریخته شد. قبل از شروع تیمار تنش، همه گلدان‌ها به‌طور منظم در حد ظرفیت زراعی آبیاری شدند. جهت اعمال سطوح تنش خشکی از روش وزنی استفاده شد. به این ترتیب که ابتدا یکی ازگلدان‌های آزمایش با خاک و ماسه پر شده و توزین گردید. سپس گلدان چندین مرتبه به فاصله یک ساعت به یک ساعت از آب اشباع شد، برای جلوگیری از تبخیر، سطح گلدان توسط یک فویل پوشیده شد. با خروج آب ثقلی، وزن گلدان به‌طور مرتب یاداشت می‌شد و به‌طور مرتب کم می‌شد تا زمانی که وزن آن ثابت ماند (نشان‌دهنده رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی). با تفاضل وزن اخیر و وزن خاک خشک، مقدار آب لازم برای رسیدن خاک هر گلدان به حد ظرفیت زراعی مشخص گردید. بدین‌منظور گلدان‌ها روزانه وزن می‌شدند و مقدار آب لازم برای رسیدن به هر کدام از سطوح اضافه می‌شد. در مرحله ٦ تا ۸ برگی، تیمارهای خشکی بر گلدان‌ها اعمال شد. به‌منظور اندازه‌گیری رطوبت خاک از سیستم توزین گلدان‌ها استفاده و آبیاری بر اساس تغییر وزن خاک گلدان‌ها نسبت به ظرفیت‌های زراعی تعیین شده، انجام گرفت

(۱۳). هیومیک اسید در غلظت‌های مدنظر در دو مرحله محلول‌پاشی شد. مرحلهٔ اول محلول‌پاشی، زمانی که گیاهان در مرحله ٤ تا ٦ برگی بودند و مرحله دوم به فاصله دو هفته پس از محلول‌پاشی اول انجام شد. حدود ۷ هفته پس از اعمال تیمارهای خشکی (در این مرحله حدود ۵۰ درصد بوته‌ها به مرحله گلدهی کامل رسیدند)، صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ، طول برگ، وزن خشک بوته، پرولین، کلروفیل a، b و کل، کارتنوئید و کربوهیدرات اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری مقدار پرولین از روش بیتس و همکاران (٦) استفاده شد. در این روش ۰/۵ گرم ماده تر گیاهی توزین شد و ضمن ساییدن داخل هاون چینی به‌تدریج ۱۰ میلی‌لیتر محلول سه درصد سولفوسالیسیلیک اسید به آن اضافه شد. محلول حاصل پس از انتقال به لوله آزمایش درب‌دار به‌مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. از مخلوط همگن حاصل پس از صاف‌کردن، دو میلی‌لیتر برداشته شد. پس از افزودن دو میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین اسید و دو میلی‌لیتر استیک اسید خالص به آن، در بن‌ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت یک ساعت و سپس در حمام آب یخ قرار داده شد. پس از افزودن ٤ میلی‌لیتر تولوئن، در هر لوله، دو فاز تشکیل شد. فاز بالایی که حاوی کمپلکس رنگی بود، برای اندازه‌گیری مقدار پرولین استفاده شد و مقدار جذب آن در طول موج ۵۲۰ نانومتر به‌کمک اسپکتروفتومتر خوانده شد و مقدار پرولین با نمودار استاندارد آن به‌دست آمد.

برای سنجش اجزای کلروفیل و کارتنوئید، مقدار ۰/۱ گرم بافت تازه گیاهی در هاون چینی به‌وسیله نیتروژن مایع ساییده شد. پس از افزودن ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به آن، مخلوط همگن شده به تیوپ‌ها انتقال و به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ٦۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. سپس فاز رویی جدا و مقداری از آن را در کووت اسپکتروفتومتر ریخته و میزان جذب نور در طول موج‌های ٦٦۳ نانومتر برای کلروفیل a، ٦٤۵ نانومتر برای کلروفیل b و ٤۷۰ نانومتر برای کارتنوئیدها توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد. در نهایت با استفاده از فرمول‌های زیر میزان کلروفیل a (رابطه ۱)، کلروفیل b (رابطه ۲) و کاروتنوئیدها (رابطه ۳) بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه به‌دست آمد (٤).

$$\text{ChloChlophyll a} = (19.3 \times A663 - 0.63 \times A645)\, V \div 100\, W \quad (۱)$$

$$\text{ChloChlophyll b} = (19.3 \times A645 - 3.6 \times A663)\, V \div 100\, W \quad (۲)$$

$$\text{Carotenoids} = 100(A470) - 3.27\ (\text{mg chl.a}) - 104\ (\text{mg chl.b}) \div 227 \quad (۳)$$

که در آن‌ها، V حجم محلول سیانتریفیوژ شده، A جذب نور در طول موج‌های ٦٦۳، ٦٤۵ و ٤۷۰ نانومتر و W وزن تر نمونه بر حسب گرم است.

برای اندازه‌گیری میزان کربوهیدرات‌ها پس از افزودن ۱۰ میلی‌متر اتانول ۹۵ درصد به ۰/۲ گرم بافت تازه نمونه و قرار دادن آن در حمام بن‌ماری به‌مدت یک ساعت با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد، یک میلی‌متر فنول ۰/۵ درصد و پنج میلی‌متر اسید سولفوریک ۹۸ درصد به یک میلی‌متر از این محلول اضافه شد و جذب آن در طول موج ٤۸۳ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. میزان کربوهیدرات استخراجی براساس میکروگرم گلوکز بر گرم وزن تر نمونه و بر اساس منحنی استاندارد گلوکز به‌دست آمد (۱۵).

داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل شد و مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت. رسم نمودارها به‌وسیله نرم‌افزار Excel 2016 انجام شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های مورفولوژیک: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد تأثیر ساده رژیم آبیاری و همچنین هیومیک اسید بر همه ویژگی‌های مورفولوژیک مورد بررسی مرزه تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت، همچنین اثر متقابل تیمارها نیز معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین صفات در تیمارهای مختلف خشکی نشان داد بیش‌ترین میزان تمام صفات مورفولوژیک مورد بررسی شامل ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد شاخه فرعی، طول برگ و وزن خشک بوته مربوط به تیمار ۱۰۰ ظرفیت زراعی بود و با افزایش شدت تنش خشکی تمام صفات مورفولوژیک مذکور در گیاه مرزه کاهش یافت و کم‌ترین مقادیر نیز در شرایط تنش آبی شدید (٤٠ درصد ظرفیت زراعی) به دست آمد (جدول ۲). مختاری و برادران (۲۰۱۰) نیز بیان کردند که تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته، وزن تر و خشک گیاه و تعداد شاخه‌های فرعی گیاه دارویی مرزه شد، به‌طوری‌که بیش‌ترین آن‌ها مربوط به تیمار بدون تنش (آبیاری معمول منطقه هر ۵ روز یک‌بار) و کم‌ترین میانگین صفات مربوط به تیمار دور آبیاری ۹ روز بود (۱۸). اسماعیل‌پور و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش دادند که با افزایش شدت تنش خشکی تمام صفات رویشی مانند تعداد برگ، مساحت سطح و وزن خشک برگ، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، وزن خشک ساقه، طول و وزن خشک ریشه در گیاه مرزه کاهش یافت؛ به‌طوری‌که بیش‌ترین مقادیر برای تمامی این صفات در تیمار آبیاری کامل حاصل شد و کم‌ترین مقادیر نیز در شرایط تنش آبی شدید به‌دست آمد (۱۱). پیشنهاد شده است که رشد کم، یک حالت سازگارکننده برای زنده‌ماندن گیاه در شرایط تنش است، به این دلیل که گیاه، مواد غذایی و انرژی را به جای استفاده برای رشد شاخساره، به‌سمت مولکول‌های نگهداری‌کننده در برابر تنش، هدایت می‌کند (١٦). تأثیر تنش خشکی بر کاهش ماده خشک گیاهان را می‌توان این گونه بیان داشت که به‌طورکلی، کمبود آب در هر مرحله از رشد گیاه، جذب، انتقال و مصرف عناصر غذایی را کاهش می‌دهد که پیامد آن کم شدن ذخیره کربن و کاهش ماده خشک است (۱۲). از مهم‌ترین دلایل کاهش در وزن گیاه در طول دوره تنش را می‌توان به اثرات سوء تنش بر رشد و فیزیولوژی گیاه شامل رشد رویشی، سیستم فتوسنتزی، جذب عناصر غذایی و متابولیسم نیتروژن دانست. رشد و نمو یک گیاه به تقسیم سلولی، رشد و تمایز سلول‌ها وابسته است. رشد سلولی یکی از حساس‌ترین واکنش‌های گیاهی در برابر تنش خشکی است. نتیجه کاهش اندازه سلول در رابطه با الگوی رشد گیاه به زمان وقوع کمبود آب از نظر فنولوژی گیاه بستگی دارد. اگر تنش آبی در ابتدای چرخه رشد گیاه اتفاق بیفتد، سطح برگ کاهش یافته و در نتیجه تثبیت کربن در فصل رشد کاهش خواهد یافت (۱۰).

مقایسه میانگین سطوح مختلف هیومیک اسید نشان داد که بیش‌ترین مقادیر تمام صفات مورفولوژیک مورد بررسی مربوط به تیمار محلول‌پاشی ٤٥٠ میلی‌گرم بر لیتر بود و کم‌ترین آن‌ها مربوط به تیمار بدون محلول‌پاشی بود (جدول ۲). در آزمایش مشابهی، آیاس و گالسر گزارش کردند که هیومیک اسید از طریق افزایش محتوای نیتروژن برگ‌ها و حفظ ماندگاری برگ‌ها سبب بهبود رشد، افزایش زیست‌توده تولیدی و ارتفاع بوته می‌شود (۵).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر رژیم‌های رطوبتی و محلول‌پاشی هیومیک اسید بر ویژگی‌های مورفولوژیک مرزه.

Table 1. Analysis of variance of moisture regimes and humic acid spraying on morphological characteristics *Satureja hortensis.*

منابع تغییر Sources of variations	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean squares				
		ارتفاع بوته Bush Height	تعداد برگ Number of leaves	تعداد شاخه‌های فرعی Number of branches	طول برگ Leaf Length	وزن خشک بوته Dry Weight
تنش خشکی Drought Stress	3	134.04**	237.20**	237.20**	0.27**	0.06**
هیومیک اسید Humic Acid	3	40.01**	129.85**	129.85**	3.19**	0.10**
خشکی × هیومیک اسید Drought × Humic Acid	9	0.47**	0.0003^{ns}	0.0003^{ns}	0.57**	0.002**
خطای آزمایشی Error	48	0.0009	0.0016	0.0016	0.0011	6.67
ضریب تغییرات (٪) CV(%)	-	0.13	0.17	0.17	1.11	3.65

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

^{ns}, *, ** Not significant and significant at P<0.05 and P<0.01, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات ساده رژیم‌های رطوبتی و محلول‌پاشی هیومیک اسید بر ویژگی‌های مورفولوژیک مرزه.

Table 2. Compares the average effects of moisture regimes and application of humic acid on morphological characteristics *Satureja hortensis.*

تیمار Treat	ارتفاع بوته Bush Height	تعداد برگ Number of leaves	تعداد شاخه‌های فرعی Number of branches	طول برگ Leaf Length	وزن خشک بوته Dry Weight
سطوح خشکی Drought Stress					
D1	19.50^{d}	19.52^{d}	15.83^{d}	2.85^{d}	0.15^{d}
D2	22.83^{c}	22.04^{c}	16.63^{c}	2.89^{c}	0.19^{c}
D3	24.48^{b}	25.58^{b}	17.33^{b}	2.98^{b}	0.27^{b}
D4	26.31^{a}	28.26^{a}	18.73^{a}	3.14^{a}	0.28^{a}
سطوح هیومیک اسید Humic Acid					
H1	21.51^{d}	20.69^{d}	15.63^{d}	3.49^{d}	0.11^{d}
H2	22.60^{c}	22.74^{c}	16.43^{c}	3.15^{c}	0.22^{c}
H3	23.83^{b}	24.57^{b}	17.63^{b}	2.75^{b}	0.26^{b}
H4	25.18^{a}	27.40^{a}	18.83^{a}	2.47^{a}	0.30^{a}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.

براساس مقایسه میانگین اثرات متقابل رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی هیومیک اسید (جدول ۳)، بیش‌ترین مقدار ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد شاخه فرعی و وزن خشک بوته از برهم‌کنش کاربرد تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و ٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید (D4H4) و کم‌ترین مقدار آن‌ها به غیر از تعداد برگ از برهم‌کنش تیمار ٤٠ درصد ظرفیت زراعی و بدون مصرف هیومیک اسید (D1H1) به‌دست آمد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم‌های رطوبتی و محلول‌پاشی هیومیک اسید بر ویژگی‌های مورفولوژیک مرزه.

Table 3. Comparison of the average interactions of moisture regimes and application of humic acid on morphological characteristics *Satureja hortensis*.

وزن خشک بوته Dry Weight (g)	طول برگ Leaf Length (cm)	تعداد شاخه‌های فرعی Number of branches	تعداد برگ Number of leaves	ارتفاع بوته Bush Height (cm)	خشکی × هیومیک اسید Drought × Humic Acid
0.07^{o}	2.21^{o}	14.33^{o}	16.34^{p}	18.25^{o}	D1H1
0.15^{l}	2.79^{i}	15.13^{n}	18.43^{o}	18.94^{n}	D1H2
0.17^{k}	3.07^{g}	16.33^{k}	20.24^{m}	19.78^{m}	D1H3
0.21^{i}	3.32^{d}	17.53^{g}	23.07^{i}	21.02^{l}	D1H4
0.10^{n}	2.38^{n}	15.13^{n}	18.88^{n}	21.03^{l}	D2H1
0.19^{j}	2.56^{l}	15.93^{l}	20.93^{l}	22.24^{k}	D2H2
0.22^{h}	3.20^{f}	17.14^{i}	22.76^{j}	23.47^{i}	D2H3
0.26^{g}	3.45^{c}	18.33^{d}	25.59^{f}	24.60^{f}	D2H4
0.13^{m}	2.53^{m}	15.84^{m}	22.42^{k}	22.75^{j}	D3H1
0.27^{f}	2.72^{k}	16.63^{j}	24.47^{h}	23.64^{h}	D3H2
0.32^{d}	3.06^{g}	17.83^{f}	26.31^{e}	24.93^{e}	D3H3
0.36^{b}	3.60^{a}	19.03^{c}	29.13^{b}	26.60^{c}	D3H4
0.15^{l}	2.77^{j}	17.23^{h}	25.11^{g}	24.02^{g}	D4H1
0.28^{e}	2.93^{h}	18.03^{e}	27.14^{d}	25.60^{d}	D4H2
0.33^{c}	3.28^{e}	19.23^{b}	28.98^{c}	27.14^{b}	D4H3
0.37^{a}	3.59^{b}	20.43^{a}	31.81^{a}	28.49^{a}	D4H4

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. D1 (٤٠ درصد ظرفیت زراعی)، D2 (٦٠ درصد ظرفیت زراعی)، D3 (٨٠ درصد ظرفیت زراعی)، D4 (١٠٠ درصد ظرفیت زراعی)، H1 (بدون کاربرد هیومیک اسید)، H2 (١٥٠ میلی‌گرم هیومیک اسید)، H3 (٣٠٠ میلی‌گرم هیومیک اسید)، H4 (٤٥٠ میلی‌گرم هیومیک اسید).

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test. D1 (40% of field capacity), D2 (60% of field capacity), D3 (80% of field capacity), D4 (100% of field capacity), H1 (control), H2 (150 $mg.l^{-1}$ humic acid), H3 (300 $mg.l^{-1}$ humic acid), H4 (450 $mg.l^{-1}$ humic acid).

بیش‌ترین میزان طول برگ از برهم‌کنش کاربرد تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و ٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید (D3H4) حاصل شد. به‌طورکلی در تیمارهای برهم‌کنش در هر سطح هیومیک اسید، با کاهش میزان آبیاری تا ٤٠ درصد ظرفیت زراعی، مقادیر صفات مورفولوژیک کاهش یافت؛ در حالی‌که با افزایش کاربرد هیومیک اسید تا ٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر در هر سطح آبیاری، مقادیر این صفات افزایش

یافت؛ به بیان دیگر از شدت اثر تنش کم‌آبی کاسته شد. هیومیک اسید از طریق افزایش محتوای نیتروژن برگ‌ها و حفظ ماندگاری برگ‌ها سبب بهبود رشد، افزایش زیست‌توده تولیدی و ارتفاع بوته می‌شود. استفاده از هیومیک اسید با فراهم کردن افزایش جذب عناصر غذایی باعث رشد مطلوب اندام‌های هوایی می‌شود (۹). همچنین مولکول‌های هیومیک اسید از طریق پیوند با مولکول‌های آب، تا حد زیادی از تبخیر آب ممانعت می‌کنند (۲). هیومیک اسید با تولید بیش‌تر نوکلئیک‌اسیدها و آمینواسیدها، تکثیر سلولی را در کل گیاه و به‌ویژه در ریشه‌ها افزایش می‌دهند، از سوی دیگر، هیومیک اسید با اصلاح دانه‌بندی خاک فضای بیش‌تری برای نفوذ آب ایجاد می‌کند. در پژوهش حاضر نیز تأثیرپذیری مثبت صفات مورفولوژیک از هیومیک اسید، بیان‌کننده مؤثر بودن این کود است.

ویژگی‌های فیزیولوژیک: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد تأثیر ساده رژیم آبیاری و هیومیک اسید و همچنین اثر متقابل آبیاری در محلول‌پاشی هیومیک اسید بر همه ویژگی‌های فیزیولوژیک مورد بررسی مرزه تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ٤).

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر رژیم‌های رطوبتی و محلول‌پاشی هیومیک اسید بر ویژگی‌های فیزیولوژیک مرزه.

Table 4. Analysis of variance of moisture regimes and humic acid spraying on physiological characteristics *Satureja hortensis.*

منابع تغییر Sources of variations	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean squares						
		پرولین Proline	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	کارتنوئید Carotenoid	کربوهیدرات Carbohydrate
تنش خشکی Drought Stress	3	1335.87**	0.26**	0.26**	1.04**	0.26**	0.26**
هیومیک اسید Humic Acid	3	387.06**	3.21**	3.21**	12.84**	3.22**	3.21**
خشکی × هیومیک اسید Humic Acid×Drought	9	13.85**	0.056**	0.055**	0.22**	0.054**	0.053**
خطای آزمایشی Error	48	0.0019	0.0013	0.0014	0.0054	0.0018	0.0017
ضریب تغییرات (٪) CV(%)	-	0.16	0.53	0. 63	0.57	2.36	1.31

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *, ** Not significant and significant at P<0.05 and P<0.01, respectively.

مقایسه میانگین صفات در تیمارهای مختلف رژیم رطوبتی نشان داد بیش‌ترین میزان تمام صفات فیزیولوژیک مورد بررسی شامل کلروفیل a، b و کل، کارتنوئید و کربوهیدرات به غیر از پرولین مربوط به تیمار ۱۰۰ ظرفیت زراعی بود و با افزایش شدت تنش خشکی تمام صفات فیزیولوژیک مذکور به غیر از پرولین در گیاه مرزه کاهش یافت و کم‌ترین مقادیر نیز در شرایط تنش آبی شدید (٤۰ درصد ظرفیت زراعی) به‌دست آمد (جدول ۵). بیش‌ترین و کم‌ترین میزان پرولین به‌ترتیب در تیمارهای ٤۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد. سنجری‌میجانی و همکاران (۲۰۱۵) در آزمایشی با هدف بررسی اثر تنش خشکی

و هیومیک اسید بر چای ترش گزارش دادند که با افزایش تنش خشکی میزان کلروفیل a، b و کارتنوئید کاهش و غلظت پرولین افزایش یافت که با یافته‌های این آزمایش همخوانی دارد. از صدمات اکسیداتیو مهمی که در شرایط تنش خشکی ایجاد می‌شود، تخریب مولکول کلروفیل است. کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی مانند کلروفیل a، تحت‌تأثیر خشکی ممکن است ناشی از کاهش سنتز کمپلکس اصلی رنگدانه کلروفیل، تخریب نوری کمپلکس پروتئینی رنگدانه‌های a و b که محافظت‌کننده دستگاه فتوسنتزی هستند، صدمه اکسیداتیو لیپیدهای کلروپلاست، رنگدانه‌ها و پروتئین‌ها یا افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز باشد (۲۲). هنگامی‌که گیاه در معرض تنش‌ها قرار می‌گیرد، غلظت اسمولیت‌هایش را افزایش می‌دهد و با تنظیم اسمزی جذب آب در شرایط تنش را ادامه دهد. بین اسمولیت‌های آلی، پرولین احتمالاً فراوان‌ترین و عمومی‌ترین ماده حل‌شده سازگار است که تجمع می‌یابد (۲۱).

مقایسه میانگین سطوح مختلف هیومیک اسید نشان داد که بیش‌ترین مقادیر تمام صفات فیزیولوژیک مورد بررسی به غیر از پرولین مربوط به تیمار محلول‌پاشی ٤٥٠ میلی‌گرم بر لیتر بود و کم‌ترین آن‌ها مربوط به تیمار بدون محلول‌پاشی بود (جدول ٥). بیش‌ترین و کم‌ترین میزان پرولین به‌ترتیب در تیمارهای بدون محلول‌پاشی و ٤٥٠ میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد.

جدول ٥- مقایسه میانگین اثرات ساده رژیم‌های رطوبتی و محلول‌پاشی هیومیک اسید بر ویژگی‌های فیزیولوژیک مرزه.

Table 5. Compares the average effects of moisture regimes and application of humic acid on physiological characteristics *Satureja hortensis*.

کربوهیدرات Carbohydrate (mg.gr)	کارتنوئید Carotenoid (mg.gr)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg.gr)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg.gr)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg.gr)	پرولین Proline (µmol.gr)	تیمار Treat
						سطوح خشکی Drought Stress
3.11[d]	1.67[d]	12.58[d]	5.87[d]	6.71[d]	36.7[a]	D1
3.17[c]	1.73[c]	12.68[c]	5.92[c]	6.76[c]	30.26[b]	D2
3.25[b]	1.81[b]	12.85[b]	6.00[b]	6.84[b]	24.62[c]	D3
3.40[a]	1.96[a]	13.16[a]	6.16[a]	7.00[a]	15.15[d]	D4
						سطوح هیومیک اسید Humic Acid
2.73[d]	1.29[d]	11.83[d]	5.49[d]	6.34[d]	32.60[a]	H1
3.02[c]	1.58[c]	12.38[c]	5.77[c]	6.61[c]	28.66[b]	H2
3.42[b]	1.98[b]	13.20[b]	6.18[b]	7.02[b]	23.84[c]	H3
3.75[a]	2.31[a]	13.86[a]	6.51[a]	7.35[a]	21.63[d]	H4

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.

براساس مقایسه میانگین اثرات متقابل رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی هیومیک اسید (جدول ٦)، بیش‌ترین میزان صفات فیزیولوژیک مورد بررسی به غیر از پرولین از برهم‌کنش کاربرد تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و ٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید (D3H4) و کم‌ترین مقدار آن‌ها به غیر از پرولین از

برهم‌کنش تیمار ٤٠ درصد ظرفیت زراعی و بدون مصرف هیومیک اسید (D1H1) به‌دست آمد (جدول ٦). بیش‌ترین میزان پرولین از برهم‌کنش تیمار ٤٠ درصد ظرفیت زراعی و بدون مصرف هیومیک اسید (D1H1) و کم‌ترین مقدار آن از برهم‌کنش کاربرد تیمار ١٠٠ درصد ظرفیت زراعی و ٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید (D4H4) به‌دست آمد. هیومیک اسید با قدرت کلات‌کنندگی عناصر غذایی و با کاهش تبخیر، تعرق و درنتیجه، قراردادن آب و مواد غذایی بیش‌تر و مناسب‌تر در اختیار گیاه می‌تواند ساخت رنگیزه‌ها را افزایش دهد و انتقال مواد فتوسنتزی را در گیاه آسان‌تر کند (٢١). به‌همین علت، کلروفیل a و b مقادیر بیش‌تری در تیمار با هیومیک اسید نشان دادند. کاربرد برگی هیومیک اسید می‌تواند فتوسنتز را تقویت کند و تحمل به تنش‌های زنده و غیرزنده را افزایش دهد (٢٣). در بررسی سطوح مختلف آبیاری و اسید هیومیک بیر صنوبر مشخص شد که با افزایش آب و استفاده از هیومیک اسید مقدار کلروفیل افزایش یافت (١٤). همچنین در شرایط خشکی هیومیک اسید با افزایش فعالییت آنزیم روبیسیکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌شود (٧). در حالت تنش متوسط مقدار کربوهیدرات افزایش نشان داد. توزیع مواد هیدروکربنی به‌طور مستقیم تحت‌تأثیر تنش‌ها مانند کمبود آب و به‌طور غیرمستقیم تحت‌تأثیر هورمون‌های گیاهی قرار می‌گیرد. کاربرد هیومیک اسید به‌دلیل افزایش فتوسنتز و تولید هیدرات‌های کربن تحمل گیاه را به شرایط تنش افزایش می‌دهد (١٧).

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم‌های رطوبتی و محلول‌پاشی هیومیک اسید بر ویژگی‌های فیزیولوژیک مرزه.

Table 6. Comparison of the average interactions of moisture regimes and application of humic acid on physiological characteristics *Satureja hortensis*.

کربوهیدرات Carbohydrate (mg.gr)	کارتنوئید Carotenoid (mg.gr)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg.gr)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg.gr)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg.gr)	پرولین Proline (µmol.gr)	خشکی × هیومیک اسید Drought × Humic Acid
2.47^{o}	1.03^{o}	11.30^{o}	5.23^{o}	6.08^{o}	44.79^{a}	D1H1
3.06^{i}	1.62^{i}	12.47^{i}	5.81^{i}	6.66^{i}	39.90^{b}	D1H2
3.34^{g}	1.90^{g}	13.03^{g}	6.09^{g}	6.94^{g}	33.37^{d}	D1H3
3.57^{d}	2.13^{d}	13.51^{d}	6.33^{d}	7.18^{d}	28.75^{g}	D1H4
2.65^{n}	1.21^{n}	11.65^{n}	5.41^{n}	6.25^{n}	37.20^{c}	D2H1
2.85^{l}	1.41^{l}	12.02^{l}	5.59^{l}	6.43^{l}	32.76^{e}	D2H2
3.46^{f}	2.02^{f}	13.30^{f}	6.22^{f}	7.07^{f}	26.12^{h}	D2H3
3.71^{c}	2.27^{c}	13.77^{c}	6.46^{c}	7.31^{c}	24.98^{j}	D2H4
2.79^{m}	1.35^{m}	11.95^{m}	5.55^{m}	6.40^{m}	29.11^{f}	D3H1
2.98^{k}	1.54^{k}	12.31^{k}	5.74^{k}	6.58^{k}	25.56^{i}	D3H2
3.34^{g}	1.90^{g}	13.02^{g}	6.09^{g}	6.93^{g}	22.80^{k}	D3H3
3.89^{a}	2.45^{a}	14.10^{a}	6.63^{a}	7.47^{a}	21.00^{l}	D3H4
3.01^{j}	1.57^{j}	12.40^{j}	5.77^{j}	6.63^{j}	19.31^{m}	D4H1
3.20^{h}	1.76^{h}	12.74^{h}	5.95^{h}	6.79^{h}	16.42^{n}	D4H2
3.55^{e}	2.11^{e}	13.45^{e}	6.31^{e}	7.15^{e}	13.09^{o}	D4H3
3.86^{b}	2.42^{b}	14.07^{b}	6.61^{b}	7.46^{b}	11.78^{p}	D4H4

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. D1 (٤٠ درصد ظرفیت زراعی)، D2 (٦٠ درصد ظرفیت زراعی)، D3 (٨٠ درصد ظرفیت زراعی)، D4 (١٠٠ درصد ظرفیت زراعی)، H1 (بدون کاربرد هیومیک اسید)، H2 (١٥٠ میلی‌گرم هیومیک اسید)، H3 (٣٠٠ میلی‌گرم هیومیک اسید)، H4 (٤٥٠ میلی‌گرم هیومیک اسید).

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test. D1 (40% of field capacity), D2 (60% of field capacity), D3 (80% of field capacity), D4 (100% of field capacity), H1 (control), H2 (150 mg.l^{-1} humic acid), H3 (300 mg.l^{-1} humic acid), H4 (450 mg.l^{-1} humic acid).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش بیانگر این است که با بالا رفتن شدت تنش و رسیدن به ٤٠ درصد ظرفیت زراعی، کاهش میزان صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک در گیاه مرزه رخ داد. در این بین تیمار اسید هیومیک تأثیر مثبت و معنی‌داری بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ، طول برگ، وزن خشک بوته، پرولین، کلروفیل a، b و کل، کارتنوئید و کربوهیدرات داشت، در نهایت با بهبود جذب عناصرغذایی و توسعه بخش‌های رویشی و زایشی سبب افزایش صفات مذکور گردید. نقش حفاظتی و تعدیل‌کنندگی کاربرد هیومیک اسید بر تنش خشکی ممکن است به تأثیر مثبت کود آلی هیومیک اسید در بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاهان در رژیم‌های وقوع تنش، نسبت داده شود. بیش‌ترین تأثیر تیمار هیومیک اسید در طی بروز تنش خشکی در گیاه مرزه، مربوط به تیمار ٤٥٠ میلی‌گرم در لیتر بود. بنابراین به‌نظر می‌رسد اسید هیومیک می‌تواند در بهبود خصوصیات موفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه مرزه در شرایط تنش خشکی، نقش حفاظتی و تعدیل‌کنندگی داشته باشد.

منابع

1. Ahmad, Y.M., Shahlaby, E.A., and Shnan, N.T. 2011. The use of organic and inorganic cultures in improving vegetative growth, yield characters and antioxidant activity of roselle plants (*Hibiscus sabdariffa* L.). Afr. J. Biotechnol. 10: 11. 1988-1996.
2. Aiken, G.R., McKnight, D.M., Wershaw, R.L., and Mac Carthy, P. 1985. An introduction to Humic Substances in Soil, Sediment, and Water. P 1-9, In: Humic substances in soil, sediment and water: Geochemistry, isolation and characterization. (Eds. Aiken, G.R. et al.). Wiley InterScience, New York.
3. Armand, N., Amiri, H., and Ismaili, A. 2016. Interaction of methanol spray and water-deficit stress on photosynthesis and biochemical characteristics of *Phaseolus vulgaris* L. cv. Sadry. Photochem Photobiol. 92: 1. 102-110.
4. Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24: 1-10.
5. Ayas, H., and Gulser, F. 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. J. Biol. Sci. 5: 6. 801-804.
6. Bates, S., Waldern, R.P., and Teare, E.D. 1973 .Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 39: 205-207.
7. Delfin, S., Tognetti, R., Dsiderio, 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.
8. Emarat Pardaz, J., Hami, A., and Gohari, Gh. 2016. Evaluation of Growth Characteristics and Function of *Satureja Hortensis* L. Essential Oil under Salinity and Zinc Foliar Application. J. Agric. Know. Sust. Prod. 26: 3. 141-131. (In Persian)
9. Erkossa, T., Stahr, K., and Tabor, G. 2002. Integration of organic and inorganic fertilizers: effect on vegetable productivity. EIAR. 82: 247-256.
10. Eskandari, M. 2013. Growth parameters and changes in the essential oil content of *Satureja bachtiarica* Bunge under the influence of 28-hobrosrinolide and drought stress. Research on medicinal plants and aromatic herbs of Iran. 29: 1. 186-176. (In Persian)
11. Esmailpour, B. Jalilvand, P., and Hadian, J. 2013. Effect of Drought Stress and Mycorrhizal Fungus on Some Morphophysiological Traits and Performance *Satureja* (*Satureja Hortensis* L.). J. Agric. Ecol. 5: 2. 177-169. (In Persian)

12.Hu, Y., and Schmidhalter, U. 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. J. Plant Nutr. 168: 541-549.
13.Jacob, H., and Clark, G. 2002. Methods of Soil Analysis. Part IV Physical Method. Soil Science Inc. Madison, Wisconsin, USA. 1692p.
14.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 Cons. 6: 1-42.
15.Keles, V., and Oncel, I. 2004. Growth and solute composition on two wheat species experiencing. CSSA. 40: 470-475.
16.Khalid, K.A. 2006. Influence of water stress on growth, essential oil and chemical composition of herbs (*Ocimum* sp.). Int. Agrophysics. 20: 4. 289-296.
17.Liu C., Cooper, R.J., and Bowman, D.C. 1998. Humic acid application affects photosynthesis, root development and nutrient content of creeping bentgrass. Horticulture Science. 33: 6. 1023-1025.
18.Mokhtari, A., and Baradaran, R. 2010. Effect of Drought Stress on Some Growth Indices of *Satureja Hortensis*, Regional Conference-E Ecophysiology of Crops. Shushtar. Pp: 1-3. (In Persian)
19.Nouri, M., Asadi, P., Dehghan Rahimabadi, A., and Golchin, A. 2014. The Effect of Drought Stress and Nitrogen Fertilizer Levels on Growth and Essential Oil of Savory (*Satureja hortensis* L.). Bull. Env. Pharmacol. Life Sci. 3: 10. 71-77.
20.Peleg, Z., Apse, M.P., and Blumwald, E. 2011. Engineering Salinity and Water-Stress Tolerance in Crop Plants: Getting Closer to the Field. Advances in Botanical Research. 57: 405-443.
21.Sabouri, F., Siroosmehr, A.R., and Gorgini Shabankareh, H. 2017. Effect of irrigation regimes and humic acid solution on some morphological and physiological characteristics of *Satureja hortensis*. Iran. J. Plant Biol. 9: 34. 13-24. (In Persian)
22.Sanjari, M., Siroosmehr, A.R., and Fakheri, B.A. 2015. Effect of Drought Stress and Humic Acid on Some Physiological Properties of Sour Tea. J. Agric. 17: 2. 403-414. (In Persian)
23.Sanjari, M., Siroosmehr, A.R., and Fakheri, B.A. 2016. Effect of Drought Stress and Humic Acid on Morphological Traits, Performance and Anthocyanin Levels of Sour Tea (*Hibiscus sabdariffa* L). Agric. Ecol. J. 8: 3. 346-358. (In Persian)
24.Sudeyazadeh, H., Shamsai, M., Tajamolian, M., Mirmohammadi Meybodi, M., and Hakimzadeh, M. 2016. Effect of drought stress on some morphological and physiological traits of *Satureja hortensis*. J. Proc. Plant Func. 5: 15. 1-12. (In Persian)
25.Thomas, M.T., and Gausling, T. 2000. Morphological and physiological responses of oak (*Quercus petraea* and *Q. robur*) to moderat drought. Ann. For. Sci. 57: 325-333.
26.Turkmen, O., Demir, 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 saline soil conditions. J. Bio. Sci. 5: 5. 568-574.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 26(1), 2019
http://jwsc.gau.ac.ir

Effect of water stress and humic acid foliar application on morpho-physiological characteristics of *Satureja hortensis*

S.H. Hosseinian[1], *N.A. Ebrahimipak[2], A. Yusefi[3] and A. Egdernezhad[4]

[1]Ph.D. Student of Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorram Abad, Iran, [2]Associate Prof., Dept. of Irrigation and Soil Physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, [3]Ph.D. Student, Dept. of Soil Sciences and Engineering, Shahid Chamran University of Ahwaz, Iran, [4]Assistant Prof., Dept. of Water Sciences and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
Received: 08.08.2018; Accepted: 12.18.2018

Abstract

Background and Objectives: *Satureja hortensis* plant is a medicinal, annual, Herbaceous belonging to the family Lamiaceae, which is used as a medicinal plant and spice, as well as fresh vegetable. Various plant species show a wide range of resistance to drought due to their physiological, morphological and biochemical adaptations. The use of various organic fertilizers, including humic acid, has been widely used to improve the quality and quantity of crops and gardens without harmful environmental effects. Hormonal effects and enhancement of the absorption of nutrients to enhance performance, especially under stress conditions, are the effects of humus derived humic acid and other natural sources and growth stimulating bacteria. Considering the dry and semi-dry nature of a large area of Iran, it is necessary to save water; on the other hand, nutrition is important in the yield and quality of the effective materials of medicinal plants. Therefore, the purpose of this study was to investigate the effects of drought stress and humic acid on morphological and physiological characteristics of *Satureja hortensis*.

Materials and Methods: The experiment was conducted as a factorial based on a completely randomized design with four replications in greenhouse conditions in 2017. The moisture regimes were applied at four levels of 40, 60, 80 and 100% irrigation, based on the weighing system of pots and humic acid solution in four concentrations of 0, 150, 300 and 450 mg/l. In the 6 to 8 leaves stage, Drought treatments were applied to the pots. Humic acid was applied in two stages in the desired concentrations. The first stage of spraying was when the plants were in the 4 to 6 leaves stage and the second stage was done two weeks after the first spraying. About 7 weeks after application of drought treatments, traits such as plant height, number of branches, number of leaves, leaf length, plant dry weight, proline, chlorophyll a, b and total, carotenoid and carbohydrates were measured.

Results: The results showed that the highest plant height, leaf number, number of branches and plant dry weight were obtained under irrigation conditions at 100% FC and spraying with 450 mg/l humic acid; While the highest leaf length, chlorophyll a, b and total, carotenoid and carbohydrate were obtained from irrigation treatment at 100% FC and 300 mg/l humic acid. Also, the highest proline content was obtained from irrigation treatments at 40% FC without humic acid application.

* Corresponding Author; Email: nebrahimipak@yahoo.com

Conclusion: Along with increasing stress and reaching 40% of FC, decrease in the amount of physiological and morphological traits of *Satureja hortensis* occured. Meanwhile, humic acid had a positive and significant effect on these traits. Finally, by improving the absorption of nutrients and the development of vegetative and reproductive parts, the physiological and morphological traits increased. The highest effect of humic acid treatment on drought stress of *Satureja hortensis* was in 450 mg/l treatment. Therefore, using of humic acid may improve morphological and physiological characteristics of *Satureja hortensis*.

Keywords: Carbohydrate, Carotenoid, Chlorophyll, Plant dry weight, Proline