

## Effect of irrigation regimes and application of humic acid on some morphological and physiological characteristics of Savory (*Satureja hortensis* L.)

Farnoosh Sabouri<sup>1\*</sup>, Alireza Sirousmehr<sup>2</sup>, Hossein Gorgini Shabankareh<sup>3</sup>

<sup>1</sup>. Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

<sup>2</sup>. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

<sup>3</sup>. Department of Horticulture, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

### Abstract

This experiment was conducted in 2014 at research greenhouse, in a completely randomized design based on factorial arrangement with three replications. Treatments included irrigation regimes at 50, 75 and 100 % FC and humic acid spraying at three levels 0, 150 and 300 mg. lit<sup>-1</sup>. The greatest and the least plant height, fresh and dry weight, number and length of leaves, chlorophyll a and carbohydrates was achieved at 100 and 50% FC, respectively. Plant cultivated at 300 mg. lit<sup>-1</sup>humic acid had the greatest growth components. Interaction of irrigation at 100% of field capacity and 300 mg l<sup>-1</sup> of humic acid had the greatest plant height, fresh and dry weight, leaf length and carbohydrates. While the greatest proline was obtained at irrigation at 50% FC and no humic acid spraying. Interaction effects was not significant for number of leaves, chlorophyll (a and b) and carotenoids. Growth parameters decreased with increasing drought severity. The results suggested savory planted at 300 mg. lit<sup>-1</sup>of humic acid and no drought stress had the greatest productivity.

**Keywords:** Drought stress, Medicinal plants, Organic acid, Prolin

---

\* Corresponding Author: asirousmehr@uoz.ac.ir

## اثر رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی هیومیک اسید بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه دارویی مرزه (*Satureia hortensis*)

فروش صبوری<sup>۱</sup>، علیرضا سیروس مهر<sup>۲\*</sup>، حسین گرگینی شبانکاره<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

<sup>۲</sup>گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

<sup>۳</sup>گروه باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

### چکیده

گیاهان در دوران رشد خود با تنش‌های متعدد محیطی مواجه می‌شوند که هریک از آنها با توجه به میزان حساسیت و مرحله رشد گیاه آثار متفاوتی بر رشد و عملکرد آن دارند. آزمایش حاضر با هدف بررسی اثر رژیم‌های هیومیک اسید بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه دارویی مرزه (*Satureia hortensis* L.) به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در خرداد سال ۱۳۹۳ در شرایط گلخانه انجام شد. تیمارهای بررسی شده شامل رژیم‌های آبیاری در ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی هیومیک اسید در سه غلظت صفر، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بودند. گیاهان محلول‌پاشی شده با ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید، بیشترین مقدار شاخص‌های رشد را داشتند. بیشترین ارتفاع بوته، وزن تر و خشک، طول برگ و محتوای کربوهیدرات در شرایط آبیاری در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی با ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید به دست آمد؛ در حالی که بیشترین مقدار پرولین از تیمار آبیاری در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و بدون کاربرد هیومیک اسید حاصل شد. برهم‌کنش رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی هیومیک اسید بر ویژگی‌های تعداد برگ، محتوای کلروفیل a، b و کارتنوئید اثر معنی‌داری نداشت. نتایج پژوهش حاضر نشان دادند گیاهان مرزه محلول‌پاشی شده با ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید با آبیاری در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، بیشترین تولید را داشتند.

**واژه‌های کلیدی:** اسید آلی، پرولین، تنش خشکی، گیاه دارویی

\* نگارنده مسئول: نشانی پست الکترونیک: asirousmehr@uoz.ac.ir، شماره تماس: ۰۵۴-۳۱۲۳۲۱۴۱

## مقدمه

تنش خشکی یکی از مهم ترین تنش های محیطی است که بر رشد و عملکرد گیاهان تأثیر می گذارد. علاوه بر این، کاهش جذب آب از ریشه گیاه؛ کاهش تعرق، هدایت روزنه ای، فتوسنتز و همچنین به هم خوردن موازنه هورمونی را در گیاه باعث می شود (Khalafallah and Abo Ghalia, 2008). خشکسالی مهم ترین عامل محدود کننده رشد گیاه و تولید محصول در سراسر جهان است. زمانی که از دست دادن آب به صورت تعرق بر میزان آب جذب شده از خاک پیشی می گیرد، تنش آب رخ می دهد. تنش طولانی مدت بر همه فرایندهای متابولیک گیاه اثر می گذارد و در نتیجه، اغلب کاهش تولید گیاه را موجب می شود (Abedi and Pakniat, 2010).

گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) از خانواده Lamiaceae (نعناعیان) است و به صورت بوته ای رشد می کند. این گیاه گل های متعدد با اندازه 1/5 میلی متر، برگ های نیزه ای شکل و غدد ترشحی حاوی اسانس دارد (Omidbeigi, 2000). سرشاخه های گل دار و به طور کلی قسمت های هوایی گیاه *S. hortensis* از مهم ترین بخش استفاده شدنی این گیاه هستند که معمولاً در زمان گل دهی برداشت و در سایه خشک می شوند. این گیاه بوی معطر دارد و نیروبخش، تسهیل کننده عمل هضم، مقوی معده، مدر، بادشکن، قابض خفیف، ضد نزله، رفع کننده اسهال و ضد کرم است (Zargari, 1997). این گیاه در نواحی مختلف ایران

به ویژه در مناطق شمال غرب، غرب، مرکز، شمال، جنوب غرب، شمال شرق از جمله حوالی آذربایجان، همدان، کرمانشاه، تهران، کردستان، اصفهان، کهگیلویه و بویراحمد، بختیاری، فارس، کرمان، مازندران، لرستان، ایلام، گرگان، گیلان و خراسان می روید (Jamzad, 2012). مرزه یک ساله یا مرزه تابستانه (*S. hortensis*) یکی از مهم ترین گیاهان متعلق به خانواده نعناعیان است که بیش از ۳۰ گونه آن در شرق مدیترانه می رویند (Hadian et al., 2008).

بر اساس نتیجه پژوهش Fabriki ourang و Poorbonab Mehrabad (۲۰۱۶)، تنش شوری تأثیر منفی بر صفات مورفولوژیک مرزه نداشت؛ در حالی که تنش خشکی کاهش معنی دار را در همه ویژگی های مورفولوژیک گیاه سبب شد. همچنین نتایج پژوهش های Sodaizadeh و همکاران (۲۰۱۶) بیان می کنند گیاه مرزه با به کارگیری برخی سازوکارهای دفاعی، تاحدی در مقابل تنش خشکی مقاومت می کند.

در بررسی انجام شده بر بادرنجوبه (*Melisa officinalis* L.) عملکرد اندام هوایی، عملکرد و بازده اسانس، ارتفاع، تعداد پنجه و طول میانگره تأثیر می گذارد (Ardakani et al., 2007). پژوهشگران بیان کردند تنش خشکی؛ ارتفاع بوته، تعداد ساقه جانبی و وزن خشک اندام های رویشی آویشن را کاهش می دهد (Babai et al., 2010).

استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود کمی

روی و آهن برگ و در نتیجه، افزایش فتوسنتز، تولید کربوهیدرات و پروتئین را سبب شد (Minai and Heidari, 2013). در پژوهشی، کاربرد هیومیک اسید به میزان ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک؛ افزایش طول هیپوکوتیل، قطر ساقه، طول ساقه، وزن خشک و میزان عناصر غذایی را در گیاه فلفل (*Capsicum annum* L.) موجب شد (Tan, 2003). تنش خشکی در گل گاوزبان اروپایی بر میزان پرولین و کربوهیدرات‌های محلول برگ همچنین بر عملکرد زیستی گل و سرشاخه‌های گل‌دار تأثیر معنی‌داری داشت. میزان پرولین با تأثیر متقابل تنش خشکی و هیومیک اسید تغییر کرد؛ اما میزان کربوهیدرات‌های محلول و کلروفیل تغییر نکرد (Arnon, 1997).

رویکرد جهانی در تولید گیاهان زراعی و باغی به‌سوی استفاده از نظام‌های کشاورزی پایدار و به‌کارگیری روش‌های مدیریتی آنها مانند کاربرد کود زیستی و آلی برای ارتقاء عملکرد کمی و کیفی گیاهان است. از سوی دیگر، استفاده از کودهای زیستی برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش عملکرد گیاهان مسئله مهمی برای حرکت به سوی کشاورزی پایدار است که در تنش کم‌آبی، اهمیت مضاعفی دارد. خشکی و کم‌آبی در ایران همواره از مهم‌ترین مسائل کشاورزی بوده است و از این پدیده طبیعی و تغییرنیافتنی راه فراری نیست. از سویی، مصرف منابع انرژی، آب و مواد غذایی به‌طور روز افزونی در جامعه افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه مساحت

و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج فراوان یافته است. مقادیر بسیار اندک از اسیدهای آلی به‌علت وجود ترکیبات هورمونی، آثار درخور توجهی بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و افزایش تولید و کیفیت محصولات کشاورزی دارند (Sabzevari et al., 2010)؛ بنابراین، استفاده از انواع کودهای طبیعی از جمله هیومیک اسید، بدون اثر مخرب زیست‌محیطی ممکن است برای افزایش عملکرد، مؤثر واقع شود. 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 به کار گرفته شود. از مزایای مهم هیومیک اسید، کلات‌کنندگی عناصر غذایی مختلف مانند سدیم، پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن، مس و غیره برای غلبه بر کمبود عناصر غذایی است که افزایش طول، وزن ریشه و ایجاد ریشه‌های جانبی را سبب می‌شوند (Abedi and Pakniat, 2010). هیومیک اسید با اصلاح فیزیکی و بهبود دانه‌بندی خاک فضای بیشتری برای نفوذ آب ایجاد می‌کند. علاوه‌براین، مولکول‌های هیومیک اسید با مولکول‌های آب، پیوندی تشکیل می‌دهند که تا حد زیادی مانع تبخیر آب می‌شود (Mirhajian, 2012). همچنین هیومیک اسید با افزایش فعالیت آنزیم رویسکو، افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه را سبب می‌شود (Delfine and et al., 2005). در چای ترش، تیمار محلول‌پاشی هیومیک اسید، بهبود تحرک و کارایی عناصر غذایی، افزایش مقدار

زیادی از کشور ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود، صرفه‌جویی در مصرف آب ضرورت دارد و تعیین نیاز آبی و دوره آبیاری گیاهان، از نخستین اقدامات مهم در کشت گیاهان در سطح وسیع است. همچنین با توجه به اهمیت فراوان تغذیه در عملکرد و کیفیت مواد مؤثر گیاهان دارویی و اینکه تاکنون پژوهش‌های اندکی درباره واکنش گیاهان خانواده نعناعیان به ویژه گیاه مرزه انجام شده‌اند، بنابراین، پژوهش حاضر برای ارزیابی اثر رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی هیومیک اسید بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه مرزه انجام شد.

## مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر، در سال ۱۳۹۳ در شرایط گلخانه انجام شد. متوسط دمای گلخانه، ۲۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی، ۷۰ درصد بود.

در پژوهش حاضر تأثیر دو عامل رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی هیومیک اسید بر ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه مرزه به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار بررسی شدند. محلول‌پاشی هیومیک اسید در سه غلظت صفر، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و رژیم‌های آبیاری در سه سطح آبیاری ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی اعمال شدند. پودر هیومیک اسید با نام تجاری ORYX HUM (حاوی ۷۳ تا ۷۴ درصد هیومیک اسید و ۱۰ تا ۱۲ درصد پتاسیم به شکل پتاسیم اکسید ( $K_2O$ )) تهیه شده از شرکت فنی مهندسی سروستان پاک ایرانیان، در آزمایشگاه

دانشکده کشاورزی به‌دقت وزن شد؛ سپس رقت‌های مد نظر آن تهیه و برای اعمال تیمار هیومیک اسید استفاده شدند. بذر گیاه مد نظر از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه و تعداد ۱۰ بذر داخل هر کدام از گلدان‌ها (گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۴۵ و ارتفاع ۳۲/۵ سانتی‌متر) کشت شدند. کاشت به صورت هیرم کاری با آب معمولی، پایان خرداد ماه در عمق ۱ تا ۰/۵ سانتی‌متری انجام شد. در مجموع، ۲۷ گلدان برای کشت استفاده شدند. پس از سبز شدن، بوته‌ها در چند مرحله تنک شدند و در نهایت، داخل هر گلدان سه بوته نگهداری شد. تا ۲۰ روز پس از کاشت (مرحله ۴ تا ۶ برگ‌گی شدن بوته‌ها)، گلدان‌ها در رژیم‌های یکسان آبیاری شدند. پس از این مرحله، برای تعیین دوره‌های آبیاری، رطوبت هر کدام از گلدان‌ها به‌طور روزانه اندازه‌گیری می‌شد و برای دوره‌های آبیاری (تیمار آبیاری) که درصد حجمی رطوبت خاک به حد مد نظر می‌رسید آبیاری برای هر تیمار انجام می‌شد. برای اعمال این تیمارها ابتدا پس از کاشت، گلدان‌ها وزن و آبیاری شدند و پس از ۳ ساعت (برای خارج شدن آب زهکش) گلدان‌ها دوباره توزین شدند. اختلاف حاصل از وزن اولیه و ثانویه، همان مقدار آب در حد ظرفیت زراعی بود (Hajebi and Heidari Sharifabad, 2006). درصد حجمی رطوبت، در ظرفیت زراعی، ۲۸/۵ درصد و در نقطه پژمردگی، ۱۲/۵ درصد بود. آبیاری برای ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (۲۸/۵ درصد حجمی) و برای ۷۵ درصد ظرفیت زراعی (۲۱/۳۷ درصد حجمی) و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی

(۱۴/۲۵ درصد حجمی) انجام شد.

هیومیک اسید در غلظت‌های متمایز، با کودپاش دستی به صورت کودآبیاری و در سه مرحله، محلول‌پاشی شد. مرحله اول محلول‌پاشی، زمانی که گیاهان در مرحله ۴ تا ۶ برگی بودند و مرحله دوم و سوم آن به فاصله ۱۰ روز یکبار انجام شد.

حدود ۸ هفته پس از آغاز تیمارهای تنش (زمانی که ۵۰ درصد بوته‌ها در مرحله گل‌دهی کامل بودند) صفاتی مانند ارتفاع بوته، طول برگ، تعداد برگ، وزن خشک و تر بوته (گرم در گلدان)، محتوای کلروفیل a، b، پرولین و کربوهیدرات برای هر گلدان اندازه‌گیری شدند.

**اندازه‌گیری میزان رنگیزه‌ها: مقادیر کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-160A، شرکت Shimadzu، ژاپن) و روش Arnon (۱۹۹۷) تعیین شدند. بدین منظور، مقدار ۰/۲ گرم از بافت سبز برگ‌های جوان در ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد سائیده شد. نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه و با سرعت ۱۶۰۰ دور سانتریفیوژ شدند. در نهایت، قسمت بالایی عصاره، جدا و جذب آن با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد؛ سپس مقدار کلروفیل a در طیف جذبی ۶۶۳ نانومتر، کلروفیل b در طیف جذبی ۶۴۵ نانومتر و کاروتنوئید در ۴۷۰ نانومتر خوانده و اندازه‌گیری شدند.**

**اندازه‌گیری میزان کربوهیدرات‌ها: ۰/۵ گرم برگ تازه در هاون چینی سائیده و سپس به آن ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد اضافه شد. روش‌ناور در لوله آزمایش ریخته شد و برای حذف ناخالصی آن دوباره ۵ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد اضافه و کاملاً**

سائیده شد و در نهایت به محتویات لوله آزمایش اضافه شد؛ سپس در دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۱۵ دقیقه و در دور ۱۵۰۰ قرار داده شده و ناخالصی‌های آن به طور دقیق جدا شد. این عصاره، عصاره پایه برای اندازه‌گیری قند در نظر گرفته شد. ۳ میلی‌لیتر معرف آنترون به ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره تهیه شده یا استانداردها اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده شد تا واکنش انجام و رنگی شود. پس از خنک شدن نمونه‌ها جذب آنها در طول موج ۶۲۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. برای رسم نمودار استاندارد از گلوکز خالص استفاده شد. غلظت‌های ۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر تهیه و مراحل انجام شده بر نمونه‌های اصلی بر آنها اعمال شد (Irrigoyen et al 1992).

**اندازه‌گیری میزان پرولین: برای اندازه‌گیری مقدار پرولین از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد. در این روش ۰/۵ گرم ماده تر گیاهی با ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۳ درصد سولفوسالسیلیک اسید سائیده شد. از مخلوط همگن حاصل پس از صاف کردن، ۲ میلی‌لیتر برداشته شد. پس از افزودن ۲ میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین اسید و ۲ میلی‌لیتر استیک اسید خالص به آن، در بن‌ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۰ دقیقه و سپس در حمام آب یخ قرار داده شد. پس از افزودن ۴ میلی‌لیتر تولوئن مقدار جذب در طول موج ۵۲۰ نانومتر به کمک اسپکتروفتومتر خوانده شد و مقدار پرولین با نمودار استاندارد آن به دست آمد.**

**تحلیل آماری: تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه**

اظهار شده است صفت تعداد برگ به‌طور ژنتیکی تنظیم می‌شود؛ ولی شرایط محیطی نیز بر آن اثر می‌گذارد که در شرایط آزمایش حاضر، کاهش بیشتر آب آبیاری در سطح اول (A1) به کاهش تعداد برگ منجر شده است. با افزایش میزان کاربرد هیومیک اسید، بر تعداد برگ افزوده شد (جدول ۵). برهم‌کنش محلول‌پاشی هیومیک اسید و رژیم‌های آبیاری برای شاخص‌های وزن تر و وزن خشک بوته، ارتفاع بوته و طول برگ معنی‌دار بودند (جدول ۱).

میانگین با روش چنددامنه‌ای دانکن و با نسخه ۹/۲ نرم‌افزار SAS انجام شد.

## نتایج و بحث

### ویژگی‌های مورفولوژیک: تأثیر ساده رژیم

آبیاری و هیومیک اسید بر تعداد برگ در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار ولی اثر متقابل تیمارها بر این صفت غیرمعنی‌دار بود (جدول ۱). برای اثر رژیم آبیاری بر تعداد برگ مشخص شد در سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، کمترین تعداد برگ بود و دو سطح دیگر بدون اختلاف معنی‌دار تعداد برگ بیشتری داشتند (جدول ۲). در این زمینه

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی هیومیک اسید بر ویژگی‌های رشد مرزه

میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد برگ	وزن تر بوته	وزن خشک بوته	ارتفاع بوته	طول برگ
رژیم‌های آبیاری	۲	۶۲/۷۰**	۱۷۰/۰۶**	۱/۴۹**	۱۴/۴۲**	۱/۴۹**
هیومیک اسید	۲	۵۰/۸۱**	۱۸/۵۹**	۰/۰۴۵**	۲۹/۶۲**	۲/۳۶**
هیومیک اسید * خشکی	۴	۸۷/۲ <sup>ns</sup>	۰/۸۵**	۰/۰۰۱*	۱/۸۵**	۰/۱۸**
خطا	۱۸	۱/۲۹	۰/۰۹	۰/۰۰۰۲	۰/۱۸	۰/۰۰۳
ضریب تغییرات (درصد)	—	۸/۸۰	۲/۳۱	۸/۵۲	۳/۴۴	۲/۱۲

\*\*\*،\*\* و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح  $P \leq 0.05$  و  $P \leq 0.01$  و غیرمعنی‌دار

مقدار وزن تر و وزن خشک بوته، طول برگ و ارتفاع بوته مرزه از برهم‌کنش کاربرد تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید (A3B3) و کمترین مقدار آنها از برهم‌کنش تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و بدون مصرف هیومیک اسید به دست آمد (A1B1). به‌طور کلی، مرزه کشت‌شده در تیمار آبیاری در مرحله ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و ۳۰۰ میلی‌گرم

به‌طور کلی در تیمارهای برهم‌کنش در هر سطح هیومیک اسید، با کاهش میزان آبیاری تا ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، مقادیر شاخص‌های مورفولوژیک کاهش یافت؛ درحالی‌که با افزایش کاربرد هیومیک اسید تا ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر در هر سطح آبیاری، مقادیر این شاخص‌ها افزایش یافت؛ به‌بیان دیگر از شدت اثر تنش کم‌آبی کاسته شد. براساس مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶)، بیشترین

(*al.*, 2002). استفاده از هیومیک اسید رشد اندام‌های هوایی را باعث می‌شود که علت آن افزایش جذب عناصری مانند ازت، کلسیم، فسفر، پتاسیم، منگنز، آهن، روی و مس است (*Erkossa et al.*, 2002). هیومیک اسید با کلات کردن عناصر ضروری، افزایش جذب عناصر و باروری خاک و افزایش تولید گیاهان را سبب می‌شوند (*Salehi et al.*, 2010). همچنین پلیمرهای هیومیک اسید مانند چسبی آلی عمل می‌کنند که ذرات معدنی خاک را به هم می‌چسبانند و ضمن ایجاد گرانول‌های درشت‌تر؛ فضای مناسب را برای موجودات میکروسکوپی و ماکروسکوپی، نفوذ بیشتر هوا، آب و ریشه فراهم می‌کنند؛ در نتیجه، این پلیمرها عواملی کلیدی در اصلاح ساختار خاک هستند (*Sebastiano et al.*, 2005). کاربرد هیومیک اسید آثار تنش خشکی را کاهش داد. از یک سو، هیومیک اسید با تولید بیشتر نوکلئیک اسیدها و آمینو اسیدها، تکثیر سلولی را در کل گیاه و به ویژه در ریشه‌ها افزایش می‌دهند (*Bronick and Lal*, 2005)، از سوی دیگر، هیومیک اسید با اصلاح دانه‌بندی خاک فضای بیشتری برای نفوذ آب ایجاد می‌کند. مولکول‌های هیومیک اسید با پیوند با مولکول‌های آب، تا حد زیادی از تبخیر آب ممانعت می‌کنند (*Aiken et al.*, 1985). در پژوهش حاضر نیز تأثیرپذیری صفات مورفولوژیک از هیومیک اسید، بیان‌کننده مؤثر بودن این کود است.

هیومیک اسید بیشترین تولید را برای شاخص‌های مورفولوژیک داشت. کاهش در صفات مورفولوژیک بررسی شده ممکن است نشان‌دهنده کمبود آب باشد؛ زیرا تنش خشکی کاهش مقدار آب، آماس، پتانسیل کل آب، پژمردگی، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در بزرگ شدن سلول‌ها و رشد رویشی را موجب می‌شود. کمیت و کیفیت رشد رویشی گیاه به تقسیم سلولی، بزرگ شدن سلول‌ها و تمایز بستگی دارد و همه این حوادث متأثر از تنش خشکی است (*Harp et al.*, 2000). از نخستین نشانه‌های کمبود آب، کاهش فشار آماس و در نتیجه، کاهش رشد و توسعه سلول به ویژه در ساقه و برگ‌هاست. کاهش تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها؛ کاهش سطح برگ و در نتیجه، کاهش فتوسنتز و اجزای رشد رویشی را موجب می‌شوند. با کاهش رشد و نمو سلول، اندازه اندام محدود می‌شود؛ به عبارت دیگر، کاهش مواد فتوسنتزی تولیدی به علت کاهش سطح برگ و کاهش انتقال مواد همانندسازی شده به سوی اندام‌های زایشی بر اثر تنش کمبود آب، کاهش عملکرد سرشاخه‌های گل‌دار را موجب می‌شود. به همین علت، نخستین تأثیر محسوس کم‌آبی بر گیاهان، از اندازه کوچک‌تر برگ‌ها و ارتفاع کمتر گیاهان تشخیص داده می‌شود. عناصر غذایی و آب به شدت بر ارتفاع بوته، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گل‌دار مانند هر اندام رویشی یا زایشی اثر می‌گذارند (*Dursun et*

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر رژیم‌های آبیاری بر تعداد برگ مرزه

رژیم آبیاری	۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (A3)	۷۵ درصد ظرفیت زراعی (A2)	۵۰ درصد ظرفیت زراعی (A1)
تعداد برگ	۱۴/۶۶a	۱۴/۲۲a	۹/۸۸b

حروف غیرمشترک بیان‌کننده تفاوت معنی‌دار در سطح  $P \leq 0.05$  است.

**شاخص‌های فیزیولوژیک:** رژیم آبیاری بر کلروفیل a اثر معنی‌داری ( $p \leq 0.01$ ) داشت (جدول ۳). بیشترین و کمترین مقدار برای کلروفیل a، از تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و تیمار آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد (جدول ۴).  
اثر هیومیک اسید بر کلروفیل a، در مرزه معنی‌دار ( $p \leq 0.01$ ) بود؛ درحالی‌که بر شاخص‌های

کلروفیل b و کارتنوئید اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۳). بیشترین مقدار کلروفیل a از گیاهان تیمار شده با ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید و کمترین مقدار آن هنگام مصرف نشدن هیومیک اسید حاصل شد (جدول ۵). اثر تیمارهای آزمایشی بر میزان کلروفیل b و کارتنوئید معنی‌دار نبود (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی هیومیک اسید بر ویژگی‌های فیزیولوژیک مرزه

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	پرولین	کربوهیدرات
رژیم‌های آبیاری	۲	۶/۶۱**	۰/۴۷ <sup>ns</sup>	۰/۱۸ <sup>ns</sup>	۶۳۰/۰۱**	۱/۳۲**
هیومیک اسید	۲	۳/۶۹**	۳/۴۵ <sup>ns</sup>	۰/۱۷ <sup>ns</sup>	۱۳۴/۵۷**	۱/۷۰**
هیومیک اسید * خشکی	۴	۰/۱۰ <sup>ns</sup>	۰/۹۷ <sup>ns</sup>	۳/۳۴ <sup>ns</sup>	۴۳/۴۱**	۰/۰۳۱**
خطا	۱۸	۰/۰۲۷	۲/۶۴	۰/۱۶	۰/۳۷	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)	—	۲/۹۸	۳۰/۴۹	۳۴/۸۵	۲/۵۶	۱/۱۹

ns و \*\*،\* به ترتیب معنی‌دار در سطح  $P \leq 0.05$  و  $P \leq 0.01$  و غیرمعنی‌دار

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر رژیم‌های آبیاری بر رنگدانه‌های مرزه

رژیم‌های آبیاری	کلروفیل a (mg/gr)	کلروفیل b (mg/gr)	کاروتنوئید (mg/gr)
۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (A3)	۶/۲۱a	۵/۵۳a	۱/۱۳a
۷۵ درصد ظرفیت زراعی (A2)	۵/۷۵b	۵/۳۷a	۱/۰۵a
۵۰ درصد ظرفیت زراعی (A1)	۴/۶۱c	۵/۰۸a	۱/۳۳a

در هر ستون، حروف غیرمشترک بیان‌کننده تفاوت معنی‌دار در سطح  $P < 0.05$  هستند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی هیومیک اسید بر رنگدانه‌های مرزه و تعداد برگ

محلول‌پاشی هیومیک اسید	کلروفیل a (mg/gr)	کلروفیل b (mg/gr)	کاروتنوئید (mg/gr)	تعداد برگ
۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر (B3)	۶/۱۸a	۵/۹۹a	۳/۳۱a	۱۵a
۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر (B2)	۵/۴۹b	۵/۲۳a	۱/۱۷a	۱۳b
بدون مصرف (B1)	۴/۹۰c	۴/۷۶a	۱/۰۳a	۱۰c

در هر ستون، حروف غیرمشترک بیان‌کننده تفاوت معنی‌دار در سطح  $P \leq 0.05$  است.

شده است. هیومیک اسید با قراردادن آب و مواد غذایی بیشتر و مناسب‌تر در اختیار گیاه می‌تواند ساخت کلروفیل a را افزایش دهد و انتقال مواد فتوسنتزی را راحت‌تر کند (Babai *et al.*, 2010). همچنین نتایج بررسی حاضر با نتایج آزمایش Kamari shahmeleki و همکاران (۲۰۱۲) مبنی بر افزایش کلروفیل در گیاه گوجه‌فرنگی با کاربرد تیمارهای مختلف هیومیک اسید مطابقت دارد. برای تغییرات پرولین در برهم‌کنش تیمارها علت‌های زیرارایه شده است. در برخی از گیاهان ثابت شده است تغییرات میزان پرولین با توانایی آنها برای تحمل یا سازش به شرایط تنش خشکی مرتبط است و شاخصی برای انتخاب گیاهان مقاوم به تنش خشکی است (Abbaszadeh *et al.*, 2007). 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 (El-Khateeb *et al.*, 2011). همچنین هنگامی که گیاه در معرض تنش‌ها قرار می‌گیرد، غلظت اسمولیت‌هایش را افزایش می‌دهد تا جذب آب در شرایط تنش ادامه یابد (تنظیم اسمزی). بین اسمولیت‌های آلی، پرولین احتمالاً فراوان‌ترین و عمومی‌ترین ماده حل‌شده سازگار است که تجمع می‌یابد (Sabzevari *et al.*, 2010). افزایش پرولین در تنش خشکی در ژنوتیپ‌های بادام‌زمینی نیز گزارش شده است (Ranganayakulu *et al.*, 2015).

برهم‌کنش تیمارهای رژیم آبیاری و هیومیک اسید بر شاخص‌های پرولین و کربوهیدرات معنی‌دار ( $p \leq 0.01$ ) بود (جدول ۳)؛ به‌طوری‌که بیشترین مقدار پرولین از آبیاری در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و بدون هیومیک اسید (A1B1) و بیشترین مقدار کربوهیدرات از برهم‌کنش آبیاری در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید (A3B3) حاصل شد (جدول ۴).

به نظر می‌رسد در شرایط تنش ملایم، کاهش میزان فتوسنتز خالص گیاه در درجه اول، به علت بسته‌شدن روزنه‌ها باشد؛ اما در شرایط محدودبودن شدید آب، اثر روزنه‌ای ممکن است با افزایش مقاومت مزوفیلی و تأثیر سوء تنش بر غشای تیلاکوئیدها تشدید شود (Mishra and Sivstava, 1988). هیومیک اسید با قدرت کلات‌کنندگی عناصر غذایی و با کاهش تبخیر، تعرق و در نتیجه، 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 (Nasuti Miandoab *et al.*, 2010). به‌همین علت، کلروفیل a و b مقادیر بیشتری در تیمار با هیومیک اسید نشان دادند. محلول‌پاشی هیومیک اسید در لوبیا افزایش پروتئین و کلروفیل گیاه را با افزایش سرعت و میزان جذب مواد غذایی سبب شد (El-Bassiony *et al.*, 2010). آثار مثبت هیومیک اسید بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش مقدار رنگیزه‌های کلروفیل تأیید

جدول ۶- اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی هیومیک اسید بر ویژگی‌های رشدی و فیزیولوژیک مرزه

هیومیک اسید*خشکی (A*B)	وزن تر (gr in plant)	ارتفاع بوته (cm)	طول برگ (cm)	وزن خشک (gr in plant)	پروлін (μmol/gr)	کربوهیدرات (mg/gr)
A1B1	۷/۶۴h	۱۰/۱۳f	۲/۰۱g	۰/۱۰f	۳۶/۱۵a	۲/۸۳g
A1B2	۸/۵۸g	۱۱/۱۰e	۲/۳۴e	۰/۱۶cd	۳۲/۹۲b	۳/۳۴e
A1B3	۱۰/۲۱f	۱۲/۲۱d	۲/۴۹d	۰/۱۹c	۲۶/۱۵d	۳/۴۴d
A2B1	۱۳/۷۰e	۹/۸۷f	۲/۲۴f	۰/۱۱ef	۲۸/۳۳c	۳/۰۲f
A2B2	۱۴/۱۵e	۱۳/۵۴c	۲/۸۱c	۰/۲۶ab	۲۴/۳۵e	۳/۸۵c
A2B3	۱۵/۹۳c	۱۴/۰۳bc	۳/۵۹a	۰/۲۷ab	۲۱/۶۸f	۳/۸۹c
A3B1	۱۵/۲۶d	۱۱/۱۷e	۲/۴۰ed	۰/۱۳ed	۱۸/۱۹g	۳/۴۲d
A3B2	۱۷/۶۴b	۱۴/۵۴b	۳/۱۲b	۰/۲۵b	۱۵/۳۷h	۴/۱۶b
A3B3	۱۹/۰۷a	۱۵/۳۲a	۳/۶۵a	۰/۲۹a	۱۱/۷۰i	۴/۳۴a

در هر ستون، حروف غیرمشترک بیان‌کننده تفاوت معنی‌دار در سطح  $P \leq 0.05$  هستند. A1 (۵۰ درصد ظرفیت زراعی)، A2 (۷۵ درصد ظرفیت زراعی)، A3 (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، B1 (بدون کاربرد هیومیک اسید)، B2 (۱۵۰ میلی گرم هیومیک اسید)، B3 (۳۰۰ میلی گرم هیومیک اسید)

## جمع بندی

باتوجه به نتایج پژوهش حاضر، در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و نیل به اهداف کشاورزی پایدار می‌توان بخش زیادی از نیاز عناصر غذایی گیاه مرزه را با کاربرد کودهای آلی هیومیک اسید تأمین کرد. همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان دادند افزایش شدت تنش خشکی، کاهش صفات بررسی شده را سبب شد؛ با این حال تیمارهای هیومیک اسید از گیاهان در برابر تنش خشکی محافظت کردند و خسارت‌های ناشی از تنش خشکی را کاهش دادند. 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. همچنین می‌توان در صورت انجام مطالعات تکمیلی برای افزایش عملکرد گیاه مرزه در شرایط آب و هوایی

مشابه و در مواجهه با تنش‌های ملایم کم‌آبی، کاربرد کودهای حاوی اسید هیومیک را پیشنهاد کردند.

## سپاسگزاری

از مسئولان محترم آزمایشگاه علوم باغبانی و تحقیقات گیاهان دارویی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان به علت همکاری در انجام پژوهش حاضر سپاسگزاری می‌شود.

## References

Abbaszadeh, B., Sharifi Ashurabadi, E., Lebaschi, M. H., Naderi Hajibagher, M. and Moghadami, F. (2007) Effect of drought stress on proline, soluble sugar, chlorophyll and relative water content (RWC) lemon balm (*Melical officinalis* L.). Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 23(4): 504-513 (in Persian).

- Abedi, T. and Pakniyat, H. (2010) Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Czech Journal of Genetics and Plant Breeding 46(1): 27-34.
- Aiken, G. R., McKnight, D. M., Wershaw, R. L. and Mac Carthy, P. (1985) An introduction to Humic Substances in Soil, Sediment, and Water. In: Humic substances in soil, sediment, and water: Geochemistry, isolation and characterization. (Eds. Aiken, G. R. *et al*) 1-9. Wiley InterScience, New York.
- Ardakani, M. R., Abaszadeh, B., Ashurabadi, A., Lebaschi, M. H. and Paknezhad, F. (2007) The effect of water shortages on the quantity and quality of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). Journal of Medicinal and Aromatic Plant Research 23(2): 251-261 (in Persian).
- Aron, A. N. (1997) Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy journal 23: 112-121.
- Babai, K., Amini dahaghi, M., Modaress sanavi, S. A. and Jabari, R. (2010) Effect of drought stress on morphological traits, proline and thymol in thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Medicinal and Aromatic Plant Research 26(2): 251-259 (in Persian).
- 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.
- Bronick, C. J. and Lal, R. (2005) Soil structure and management: A review. Geoderma 124: 3-22.
- Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E. and Alvino, A. (2005) Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy for Sustainable Development 25: 183-191.
- Dursun, A., Guvenc, I. and Turan, M. (2002) Effects of different levels of humic acid on seedling growth and macro and micronutrient contents of tomato and eggplant. Acta Agronomy Botanica 56: 81-88.
- El-Bassiony, A. M., Fawzy, Z. F., Abd El-Baky, M. M. H. and Mahmoud Asmaa, R. (2010) Response of snap bean plants to mineral fertilizers and humic acid application. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 6(2): 169-175.
- El-khateeb, M. A., El-lethy, A. S. and Alyemaa, B. A. (2011) Effect of mycorrhizal fungi inoculation and humic acid on vegetative growth and chemical composition of *Acacia saligna* Labill. seedlings under different irrigation intervals. Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants 3(3): 283-289.
- Erkossa, T., Stahr, K. and Tabor, G. (2002) Integration of organic and inorganic fertilizers: effect on vegetable productivity. Ethiopian institute of Agricultural Research 82: 247-256.
- Fabriki ourang, S. and Mehrabad-Poorbonab, S. (2016) Effects of drought and salinity on morphological and biochemical properties of medicinal plant (*Satureja hortensis* L.). Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants 15(3): 23-35.
- Hadian, J., Tabatabaei, S. M. F., Naghavi, M. R., Jamzad, Z. and Ramak-Masoumi, R. (2008) Genetic diversity of Iranian accession of *Satureja hortensis* L. based on horticultural traits and RAPD markers. Scientia Horticulturae 115: 196-202 (in Persian).
- Hajebi, A. and Heidari Sharif Abad, H. (2006) Investigation of effect of drought on growth and nodulation of three species of clover. Pajouhesh and Sazandegi in Agronomy and Horticulture 66: 13-22 (in Persian).
- Harp, S. M., Kerven, G. L., Edwards, D. G. and Ostatek-Boczynski, Z. (2000)

- Characterisation of fulvic and humic acids from leaves of *Eucalyptus camaldulensis* and from decomposed hay. *Soil Biochemical* 32: 1331-1336.
- Irrigoyen, J. H., Emerich, D. W. and Sanchez, D. M. (1992) Water stress induced changes in concentration of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa plant. *Physiology of Plant* 84: 55-66.
- Jamzad, Z. (2012) Flora of Iran, Lamiaceae, Research Institute of Forests and Rangelands 76: 691 (in Persian).
- Kamari shahmaleki, S., Peivast, G. H. A. and Ghasemnezhad, M. (2012) The effect of humic acid on growth characteristics and yield of tomato cultivar *Isabella*. *Journal of Horticulture Science* 26(4): 358-363 (in Persian).
- Khalafallah, A. A. and Abo Ghalia, H. H. (2008) Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the metabolic products and activity of antioxidant system in wheat plants subjected to short-term water stress, followed by recovery at different growth stages. *Journal of Applied Sciences Research* 4(5): 559-569.
- Minai, A. and heidari, M. (2013) The impact of drought and humic acid on performance and concentration of macro elements in the herb boage flowers (*Borago officinalis* L.). *Journal of Plant Production* 21(1): 167- 182 (in Persian).
- Mirhajian, A. (2012) What is humic acid. *Agricultural Engineering* 33: 7-16 (in Persian).
- Mishra, B. and Srivastava, L. L. (1988) Physiological properties of has isolated form major soil associations of Bihar. *Soil Science* 36: 1-89.
- Nasuti Miandoab, R., Samavat, S. and Tehrani, M. M. (2010) Humic acid fertilizer on plants and soil properties. *Food Agriculture* 101: 53-55 (in Persian).
- Omidbeigi, R. (2000) Approaches to production and processing of medicinal plants. 2<sup>nd</sup> edition, vol. 2, Fekre ruz press, Tehran (in Persian).
- Ranganayakulu, G. S., Chinta, S. and Sivakumar Reddy, P. (2015) Effect of water stress on proline metabolism and leaf relative water content in two high yielding genotypes of Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) with contrasting drought tolerance. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences* 3(1): 97-103.
- Sabzevari, S., Khazaii, H. and Kafi, M. (2010) The effect of humic acid on the growth of roots and aerial parts Sayvz and Sabalan cultivars of wheat (*Triticuma estivum* L.). *Journal of Soil Water Conservation* 94: 23-87 (in Persian).
- Salehi, B., Bagherzadeh, A. and Ghasemi, M. (2010) The effect of organic matter and humic acid on growth characteristics, yield, and three varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Journal of Agroecology* 2(4): 640-647 (in Persian).
- 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. *Journal Agricultural Research* 25: 183-191.
- Sodaizadeh, H., Shamsai, M., Tajamolian, M. and Mirmohammadi Meibodi, A. M. (2016) Effect of drought stress on morphological and physiological traits of satureja (*Satureja hortensis* L.) *Plant Process and Function* 5(15): 1-12 (in Persian).
- Tan, K. H. (2003) Humic matter in soil and environment. Marcel Dekker, New York.
- Zargari, A. (1997) Medicinal plants. vol. 4, 6<sup>th</sup> edition, Tehran university publication, Tehran (in Persian).



